

Grands projets d'infrastructures de transport et développement économique



Rapport de la table ronde

Grands projets d'infrastructures de transport et développement économique



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 de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

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.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE/FIT (2015), *Grands projets d'infrastructures de transport et développement économique*, Tables rondes FIT, No. 154, Éditions OCDE/ITF.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789282107737-fr>

ISBN 978-92-82-10765-2 (imprimé)
ISBN 978-92-82-10773-7 (PDF)

Collection : Tables rondes FIT
ISSN 2074-3394 (imprimé)
ISSN 2074-3386 (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 © Crossrail Ltd; Photographer: John Zammit.

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

© OCDE/FIT 2015

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.

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

Le Forum International des Transports, lié à l'OCDE, est une organisation intergouvernementale comprenant 54 pays membres. Le Forum mène une analyse politique stratégique dans le domaine des transports avec l'ambition d'aider à façonner l'agenda politique mondial des transports, et de veiller à ce qu'il contribue à la croissance économique, la protection de l'environnement, la cohésion sociale et la préservation de la vie humaine et du bien-être. Le Forum International des Transports organise un sommet ministériel annuel avec des décideurs du monde des affaires, des représentants clés de la société civile ainsi que des chercheurs éminents.

Le Forum International des Transports a été créé par une Déclaration du Conseil des Ministres de la CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports) lors de la session ministérielle de mai 2006. Il est établi sur la base juridique du Protocole de la CEMT signé à Bruxelles le 17 octobre 1953 ainsi que des instruments juridiques appropriés de l'OCDE.

Les pays membres du Forum sont les suivants : Albanie, Allemagne, Arménie, Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Bélarus, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Canada, Corée, Croatie, Danemark, ERYM, Espagne, Estonie, États-Unis, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Hongrie, Inde, Irlande, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, Moldavie, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie, Ukraine.

Le Centre de Recherche du Forum International des Transports recueille des statistiques et mène des programmes coopératifs de recherche couvrant tous les modes de transport. Ses résultats sont largement disséminés et aident la formulation des politiques dans les pays membres et apporte également des contributions au sommet annuel.

Pour des informations plus détaillées sur le Forum International des Transports, veuillez consulter :

www.internationaltransportforum.org

Cette publication 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

Synthèse	7
1. Introduction	9
2. Grand Paris et Crossrail : caractéristiques et méthodes d'évaluation.....	11
3. Problèmes d'évaluation des projets majeurs et solutions nouvelles.....	18
4. Conclusions	24
Notes	26
Bibliographie.....	27
Chapitre 1 Évolution du Projet Crossrail de Londres et mise en place du Département des méthodes d'évaluation économique des transports par Tom Worsley (Royaume-Uni)	29
1. Introduction	31
2. Développement du réseau ferré londonien de transport de voyageurs, de 1835 à 1960	31
3. Méthodes d'évaluation des transports en usage au Royaume-Uni entre 1965 et 2000.....	33
4. Renforcement des capacités du rail londonien	34
5. Élargissement de la portée des méthodes d'évaluation.....	38
6. Avantages économiques élargis et Crossrail	47
7. Méthodes d'évaluation fondées sur des paramètres autres que l'impact sur le bien-être.....	52
8. Évaluation <i>ex post</i> des avantages économiques élargis.....	57
9. Conclusions	58
Annexe	61
Références.....	62
Chapitre 2 Le projet du Métro Grand Paris : caractéristiques et problèmes posés par Jean-Claude Prager (France).....	65
1. Le caractère majeur des investissements envisagés	67
2. Le projet du Grand Paris est également un projet majeur de développement	67
Chapitre 3 Le Grand Paris : Quels outils, quels enjeux ? par André de Palma (France).....	73
1. Introduction	75
2. Modélisation des grands systèmes urbains.....	76
3. L'approche des modèles non linéaires	78
4. Cadrage des études sur le Grand Paris	82

5. Les effets d’agglomération.....	90
6. Précautions économétriques.....	92
7. Conclusions.....	94
Notes.....	96
Bibliographie.....	98
Chapitre 4 Hypothèses de base et questions soumises à examen?	
par Marc Gaudry (Canada) et Emile Quinet (France).....	103
1. Introduction : D’une analyse partielle à une analyse plus globale.....	105
2. Les modèles de demande.....	106
3. Effets globaux sur l’agglomération.....	113
4. Évaluation.....	117
5. Conclusion.....	120
Annexe.....	121
Notes.....	123
Bibliographie.....	125
Liste des Participants.....	130

Synthèse

**Grands projets d'infrastructures de transport et
développement économique :**

Évaluation et mise en œuvre

1. Introduction

L'évaluation socioéconomique des investissements et des politiques de transport est généralement reconnue comme un outil de décision utile ou même indispensable, bien que les avis diffèrent quant à son rôle exact et que la discussion se poursuive sur le point de savoir si les outils standard en la matière sont adaptés à la tâche dans tous les cas. Un élément de préoccupation important tient au fait que l'application des méthodes d'évaluation standard, qui sont axées sur les avantages directs pour les usagers des transports, peut aboutir à une estimation inexacte de l'ensemble des avantages. Les méthodes standard ne sont par ailleurs guère utiles pour mesurer la distribution finale des avantages et des coûts d'un projet ou pour estimer son impact sur la production globale (valeur ajoutée brute) et l'emploi. Ces problèmes se font sentir avec une intensité particulière dans le cas des « grands projets », c'est-à-dire des projets susceptibles d'avoir des effets très étendus, au-delà de la perspective étroite des transports, qui est au cœur de l'analyse coûts-avantages (ACA) classique.

Ce document examine les enjeux et améliorations possibles de l'évaluation socioéconomique au regard de deux grands projets : Crossrail à Londres et le Métro du Grand Paris dans la région parisienne. Il s'appuie sur les discussions menées entre des experts de premier plan lors d'une table ronde tenue à Paris en décembre 2011 sur les défis que pose l'évaluation des grands projets. Cette table ronde a été consacrée à l'examen des points forts et des défauts des techniques d'évaluation les plus fréquemment utilisées, et des moyens de surmonter leurs limites actuelles. Les discussions ont couvert une vaste gamme de sujets, notamment dans le domaine de la méthodologie, de l'économie politique et de la communication. Le présent document vise à fournir un aperçu concis et accessible des points principaux. La section 1 décrit la portée des projets de Londres et de Paris, et résume brièvement les résultats de l'évaluation. La section 2 aborde plus en détail les difficultés qui se posent à l'évaluation.

Il n'est pas inutile, en guise de préambule, de définir plusieurs termes et expressions, même si ceux-ci conservent nécessairement un sens assez large, la pratique en ce domaine n'étant ni constante, ni tout à fait uniforme

- **Impacts directs des transports** : ces impacts désignent les avantages/ revenus/coûts du projet pour les usagers, les opérateurs, les fournisseurs d'infrastructure et les administrations publiques, ainsi que les impacts environnementaux ou autres sur la société. Les estimations des coûts et avantages sont généralement effectuées sur la base d'un modèle des transports prenant en compte les réponses comportementales aux modifications apportées aux réseaux de transport tels que les changements d'itinéraire dans un même mode, le transfert modal, la redistribution entre points de départ et destinations dans la zone considérée et le développement de trajets entièrement nouveaux. Les avantages du projet pour les usagers (temps de transport, fiabilité, atténuation de l'encombrement), ses effets sur les revenus des opérateurs et des fournisseurs d'infrastructure et les impacts environnementaux (bruit, NO_x, CO₂) doivent être calculés dans le modèle d'une manière cohérente pour toute la durée de vie du projet. Il s'agit là, bien entendu, d'une tâche difficile mais c'est l'objectif de l'évaluation classique des projets de transport. On présume généralement un mode fixe d'utilisation des sols au regard du projet ; même si l'on admet qu'elle varie dans le temps en fonction de l'évolution démographique ou économique, l'utilisation des sols n'est pas censée être modifiée par le projet.

- **Changement induit de l'utilisation des sols** : le présupposé d'immuabilité de l'utilisation des sols est inadéquat, en particulier pour les grands projets urbains, et, dans certains cas, passe à côté du but du projet, qui peut viser, au moins en partie, à supprimer les goulets d'étranglement dans le système urbain et à favoriser le changement économique. Des modèles (DELTA, par exemple) ont été mis au point pour aider à estimer la modification de l'utilisation des sols résultant de la fourniture de nouvelles capacités de transport, à la fois en termes de développement commercial et de logement. Cependant, ces modèles montrent la redistribution spatiale des activités plutôt que les effets nets induits. En outre, la prise en compte complète de la modification de l'utilisation des sols dans le calcul des avantages à des fins d'évaluation, bien que faisable d'un point de vue théorique, pose des problèmes dans les calculs proprement dits. C'est notamment le cas lorsqu'une infrastructure de transport modifie non seulement l'accessibilité d'un quartier mais aussi son attrait. Il est parfois nécessaire d'envisager les projets de transport susceptibles d'avoir un fort impact en termes de développement urbain dans une optique globale, plurisectorielle, et non comme des éléments infrastructurels distincts.
- **Impacts économiques plus larges** : ces impacts sont abordés en détail plus bas. Ils appartiennent à la catégorie des effets économiques sur le marché de l'emploi et le marché des biens/services qui s'ajoutent aux avantages directs des transports et ne sont pas pris en compte dans l'évaluation des impacts directs. Les principaux mécanismes en jeu à cet égard sont les économies d'agglomération et l'amélioration de l'efficacité du marché du travail grâce à un meilleur appariement des individus et des emplois. Ces impacts comprennent aussi les avantages que retire la société d'une modération du coin fiscal¹, qui découlent de l'augmentation de l'emploi résultant de l'amélioration de la qualité des transports.
- **Évaluation macroéconomique** : d'un point de vue théorique, les catégories d'effets économiques ci-dessus peuvent toutes trois être prises en compte dans l'évaluation microéconomique complète de l'impact d'un projet de transport. Tout dépendra du champ considéré – effets sur le marché des transports, effets sur l'aménagement, et effets sur la productivité et l'emploi – mais les techniques d'évaluation microéconomiques permettent de procéder à une estimation, s'il est possible d'inclure des données suffisamment détaillées dans la modélisation. Toutefois, lors de tables rondes antérieures, on a fait valoir que l'approche microéconomique ignore les effets dynamiques en retour à long terme sur la structure et la compétitivité économiques (FIT, 2011 ; FIT, 2008). Si de tels effets peuvent être ignorés pour la plupart des projets de transport, il ressort implicitement de nombreuses discussions politiques qu'il n'en va pas de même dans le cas des projets majeurs. La question du lien entre les méthodes microéconomiques qui sous-tendent l'analyse coûts-avantages et certaines approches macroéconomiques, comme les modèles d'équilibre général calculable ou les méthodes d'analyse dynamique des systèmes, doit être prise en compte dans ces cas afin d'introduire un certain degré de rigueur dans l'analyse des effets « transformationnels » revendiqués.
- **Effets dynamiques et structurants** : un aspect spécifique important des modifications de très grande envergure du système de transport est qu'elles influent souvent fortement sur les modalités de développement de l'économie régionale et du système d'utilisation des sols à long terme. Dans le cas de projets évolutifs, il est normalement tout à fait acceptable de présupposer que la population, le niveau et les formes d'emploi sont immuables, en définissant ainsi clairement les éléments contrefactuels au regard desquels est évalué le projet. Dans le cas des grands projets, la question se pose fréquemment de savoir *quels sont*

exactement les éléments contrefactuels ? Si l'on n'étend pas les capacités de la ville, où les gens vont-ils vivre et travailler ? Comment absorbera-t-on la croissance démographique prévue ? La rigueur de l'ACA – et de l'analyse des politiques en général – dépend de l'existence d'options alternatives bien définies et comparables, prévoir ce qui se passera dans la situation de référence étant parfois tout aussi difficile que de prévoir ce qui se passera si l'on réalise le projet.

2. Grand Paris et Crossrail : caractéristiques et méthodes d'évaluation

Le projet du Grand Paris

Le projet du Grand Paris a pour but de renforcer le potentiel économique de la région du Grand Paris et d'améliorer la qualité de vie en supprimant deux obstacles au développement de ce potentiel : (1) l'insuffisance des liaisons de transport entre les pôles émergents de l'activité économique, non pas tant à l'intérieur de Paris mais dans ses environs ; et (2) la pénurie de logements. Le projet prévoit de nouveaux services de transport publics – un métro automatisé à grande vitesse – et de logements selon des modalités « structurantes », ce qui veut dire que de nouveaux centres d'activité seront créés autour des stations de métro, en contenant l'étalement urbain et la motorisation. Le projet vise, par conséquent, à cadrer l'utilisation des sols dans la région de Paris selon une structure de pôles d'activité reliés entre eux par des moyens de transport publics rapides.

Le projet est parfois conçu comme un « nouvelle modernisation » de Paris et de ses environs, qui permettra à la ville de continuer à tenir son rang de métropole de renommée mondiale. Les projets à grande échelle antérieurs ont été la restructuration de la ville par Haussmann, la création du réseau de métro et du réseau RER (lignes ferroviaires radiales et transversales Paris-banlieue) et le développement des villes nouvelles reliées à Paris par le RER. Le métro du Grand Paris comprend trois lignes formant une boucle autour de Paris, avec un réseau complémentaire au nord et à l'est de la ville. La boucle desservira essentiellement la « petite couronne », c'est-à-dire les trois départements² entourant Paris qui se caractérisent par une forte densité démographique (environ 9 000 habitants au km²), avec une population totale d'environ 6.6 millions d'habitants (Paris compte environ 2.2 millions d'habitants, avec une densité d'environ 21 000 habitants au km²). Le projet complet se traduira par l'ajout de 175 km de lignes de métro nouvelles et la création de 60 stations, ce qui représente une extension de 70 % du réseau de métro actuel. La durée de transport sur de nombreux itinéraires, en particulier en banlieue, diminuera de 50 % (Prager, 2011). Outre l'interconnexion de la région parisienne, le nouveau réseau améliorera fortement l'accès aux deux aéroports de la région et aux gares de trains à grande vitesse.

Le Grand Paris peut se vanter de disposer actuellement d'une plus grande part modale de transport public que de nombreuses autres grandes villes. En moyenne chaque semaine, environ 70 % des trajets entre Paris et la région environnante sont effectués par transport public (Viora, 2012), cette part élevée tenant à la structure radiale des réseaux de transport public actuels. Cette structure est beaucoup moins pratique pour les trajets à l'intérieur de la région qui entoure Paris. Ces derniers représentent maintenant les deux tiers environ de l'ensemble des trajets effectués en Île-de-France (*ibid.*), et la grande majorité d'entre eux (80 % d'après Prager, 2011) sont effectués en voiture. Le projet du Grand Paris a pour but d'aider à faire face à la croissance prévue de la demande de transport (+15 à 20 % par rapport à 2010) et de faire en sorte qu'une part plus grande de cette demande soit satisfaite par les transports publics. La

hausse de fréquentation des transports publics entraînera aussi une plus forte utilisation du réseau de métro actuel, mais les segments les plus encombrés connaîtront une baisse de trafic, du fait de la réduction du nombre de trajets entre banlieues effectués en passant par le centre de Paris³.

L'objectif clé est d'améliorer le dynamisme économique de la région. Cependant, l'idée que l'extension et/ou l'amélioration de l'infrastructure de transport contribue de fait à la réalisation d'un tel objectif ne peut en général être tenue pour acquise. Dans une économie déjà bien connectée, les données attestant de l'impact positif du développement de l'infrastructure de transport sur la croissance sont en moyenne assez faibles. Cela tient aux rendements marginaux décroissants qui caractérisent la fourniture d'infrastructures, ainsi qu'au fait que les économies avancées misent davantage sur les services et le savoir pour accroître la prospérité, domaines d'activité qui sont moins dépendants des transports que les moteurs de croissance antérieurs. Les avantages économiques peuvent en outre être réduits par l'allocation de ressources à des projets dont le rendement économique attendu est faible (voir discussion dans *Perspectives de transports*, FIT, 2013).

Le scepticisme général en la matière ne devrait-il donc pas s'appliquer aussi au projet du Grand Paris ? Il est vrai, premièrement, que ce scepticisme n'exclut pas la possibilité que certains projets se révèlent bénéfiques. Deuxièmement, les arguments en faveur du projet soulignent précisément l'insuffisance actuelle de la connectivité entre centres de production de savoir et centres d'activité de création d'entreprises, et le fait que ce goulet d'étranglement freine l'innovation et la croissance. Alors que l'activité industrielle était bien desservie par l'infrastructure existante, les nouvelles activités sont situées dans des lieux reliés uniquement par des routes encombrées.

Prager (2011) montre le manque d'interaction entre établissements de recherche et activités de création d'entreprises dans le Grand Paris. Les deux formes d'activités étant présentes, l'amélioration des liens entre elles stimulerait le potentiel d'innovation de la région. Pour ce faire, il ne s'agit pas seulement d'améliorer les moyens de transport mais aussi de restructurer les universités (y compris, mais pas seulement, géographiquement). Le but est de structurer la région autour de centres d'activité économique, avec une dizaine de sous-centres autour de Paris. L'extension de l'aire métropolitaine sera ainsi non pas stoppée mais maîtrisée. Le RER et les villes nouvelles qu'il dessert n'ont pas réussi à contenir l'étalement urbain dû à la motorisation car l'augmentation des revenus, la préférence accordée à la voiture individuelle comme moyen de transport et les politiques d'aménagement privilégiant cette dernière ont agi en sens inverse. Le projet du Grand Paris vise à réduire de façon significative la dépendance à l'égard de la voiture.

Le projet a aussi pour but d'améliorer la qualité de vie dans la région parisienne. Bien que le niveau des revenus soit en moyenne assez élevé à Paris, ses habitants sont confrontés à une dégradation des conditions de transport (encombrement élevé et faible fiabilité des transports tant privés que publics) et à un prix élevé du logement (qui se traduit par une offre de logements exigus et parfois de faible qualité et une baisse du revenu disponible). L'amélioration des transports contribuera à celle des conditions de vie, mais une augmentation très substantielle de l'offre de logement constitue un élément indispensable du projet. Pour assurer la coordination entre le projet de métro et l'augmentation de l'offre de logements dans les zones regroupées autour des stations de métro, l'autorité du Grand Paris collabore avec les collectivités locales et régionales dans le cadre de contrats de développement territorial (CDT) avec un horizon de 15 années. Le développement du logement et, en particulier, du logement abordable contribuera à améliorer la qualité de vie. La pénurie actuelle de logements est considérée comme un obstacle majeur au dynamisme économique du Grand Paris, en particulier à cause de la difficulté croissante à attirer les jeunes ménages.

Évaluation du projet du Grand Paris

L'évaluation économique de la composante transports du projet du Grand Paris nécessite, comme le requiert la législation, d'estimer les avantages résultant de l'amélioration des services de transport, mais elle doit encore aller bien au-delà, car la méthodologie habituelle est trop restrictive pour un projet de cette ampleur et de cette ambition. L'évaluation standard des projets de transport, bien que loin d'être parfaite, est bien adaptée pour mesurer les retombées positives des investissements visant à améliorer la qualité de l'infrastructure et des services existants. Cependant, elle ne prend pas en compte toute la gamme des effets induits par une modification significative de l'infrastructure de transport, sans parler évidemment d'un projet ayant explicitement pour but de renforcer le potentiel économique d'une région en modifiant les modes d'utilisation des sols (polycentrisme accru), en réduisant très sensiblement la durée des trajets de transport et en augmentant fortement l'offre de logements⁴. Une difficulté supplémentaire tient au fait que les effets se feront sentir dans un avenir assez lointain ; par conséquent, avec les méthodes d'actualisation standard, l'attrait d'un tel projet se trouve réduit par rapport aux projets dont le rendement est à court terme, et ceci de manière sans doute injustifiée⁵.

Étendre la portée de l'évaluation ne va pas non plus sans difficultés, car l'impact élargi des investissements infrastructurels n'est pas aussi bien connu que leur impact direct, et aussi parce que les avis divergent sur la méthode la mieux adaptée pour mesurer le premier type d'impact. Dans le cas du projet du Grand Paris, on a recouru à une approche prudente en tenant compte de la fiabilité moindre des résultats de l'évaluation quant aux retombées élargies du projet, en utilisant toute une gamme d'approches différentes pour vérifier la solidité des résultats obtenus et en s'appuyant sur des hypothèses modérées afin de réduire le risque de surestimation des avantages. Les résultats essentiels de l'évaluation socio-économique du projet sont présentés succinctement dans le Tableau 0.1 ci-dessous.

Tableau 0.1. **Avantages sur le plan des transports et autres avantages plus larges du projet du Grand Paris au regard de trois hypothèses de création d'emploi dans le Grand Paris**
en milliards EUR (prix 2010)⁶

	Nombre d'emplois créés par rapport à la situation sans le projet		
	0	115 000	315 000
Avantages sur le plan des transports	31.3	44.6	41.1
Autres avantages	8.0	29.0	61.9
Total	39.3	73.6	103.0

Source : SGP, Avis du Conseil Scientifique (2012).

Les avantages sur le plan des transports comprennent les gains de temps (élément de loin le plus important), les avantages liés à la fréquence accrue et à l'amélioration du confort des transports et la réduction des impacts sur l'environnement. Ils sont calculés à l'aide des méthodes prescrites par la législation, ce qui veut dire qu'ils sous-estiment probablement les avantages véritables au regard d'un niveau donné de demande de transport. En effet, on considère généralement que le modèle de choix de mode de transport sous-estime la part des transports publics ; en outre, les avantages résultant de l'amélioration de la fiabilité ne sont pas pris en compte et les valeurs-temps nationales ont été utilisées au lieu des valeurs plus élevées que l'on s'attendrait à voir utilisées en région parisienne.

Les autres avantages comprennent : (a) les économies d'agglomération, c'est-à-dire la productivité accrue de l'emploi existant due à la densification économique ; (b) l'évolution de l'emploi sous l'effet de la réallocation spatiale à l'intérieur du Grand Paris ; et (c) la relocalisation de l'emploi, dont on considère

prudemment qu'elle est entièrement représentée par les déplacements d'emplois depuis l'extérieur de la région, sans modification de l'emploi national, afin de prendre en compte uniquement la plus forte productivité de la localisation dans le Grand Paris. Ces avantages représentent 20 % du total dans le premier scénario d'emploi (pas de création d'emplois supplémentaires), 40 % dans le second (création de 115 000 emplois) et 60 % dans le troisième (création de 315 000 emplois). Autrement dit, alors que les avantages sur le plan des transports ne dépendent que modérément des scénarios d'emploi, les autres avantages augmentent fortement avec eux. La probabilité que se réalisent les hypothèses d'emploi les plus optimistes étant liée aux composantes du projet qui ne concernent pas les transports, en particulier l'augmentation de l'offre de logements, il s'ensuit que les autres avantages dépendent de façon cruciale de la mise en œuvre de l'ensemble du projet et non de la seule composante de transport.

L'analyse qui sous-tend les résultats présentés au Tableau 2.1 met à profit les diverses méthodes existantes, ce qui montre notamment que ces résultats sont assez peu sensibles à l'utilisation de techniques de modélisation différentes. Toutefois, certaines insuffisances subsistent, en particulier l'absence d'évaluation d'autres projets susceptibles de produire des avantages similaires, ou de mises en œuvre partielles de l'ensemble du projet de transport et de mesures d'accompagnement comme les politiques de stationnement et de tarification des transports.

Le projet Crossrail à Londres⁷

Le projet Crossrail a pour but principal d'accroître fortement les capacités du réseau ferroviaire de Londres, afin de réduire l'encombrement actuel de ce réseau, de permettre la densification de l'emploi dans le centre de Londres et de réaliser ainsi des gains de productivité. Crossrail est un tunnel ferroviaire qui reliera au centre de Londres les principaux réseaux suburbains de l'est et de l'ouest en permettant de les connecter aux grandes lignes et, en temps voulu également, à la nouvelle ligne de train à grande vitesse (*High Speed 2*) partant de Londres pour les Midlands et le nord du pays. La liaison Crossrail se traduira par une augmentation de 6 % des capacités ferroviaires à Londres et de 10 % dans le centre de la ville. Il facilitera les déplacements dans le centre, en réduisant de moitié dans de nombreux cas la durée des trajets de quai à quai.

Lors de la construction du réseau ferroviaire de la région londonienne au XIX^e siècle, aucune liaison ferroviaire n'a été créée à travers la ville ; les gares ont été installées aux bords de l'agglomération. Au XX^e siècle ont été construits des réseaux de tramway et de métro reliant les gares de grandes lignes aux lieux de travail du centre de Londres, ouvrant ainsi l'accès à des quartiers qui étaient mal desservis par les gares ferroviaires. Ce système oblige les usagers du rail à changer de réseau puisque les réseaux ne sont pas interopérables, ce qui n'est pas pratique et entraîne une perte de temps. L'importance accrue du centre de Londres comme lieu d'emploi est cause d'encombrement et met en évidence le manque de capacités des réseaux de transport à l'intérieur de la ville et à certains points clés de correspondance. Le projet Crossrail vise principalement à répondre au besoin de renforcer ces capacités, en réduisant les correspondances et en supprimant les goulets d'étranglement. Sa fonction est, en ce sens, similaire au réseau RER existant en région parisienne.

Le plan Abercrombie (1944-46) avait proposé un modèle coordonné d'utilisation des sols et de développement des transports dans la région du Grand Londres. Certains éléments de ce plan ont été (partiellement) mis en œuvre, notamment la « ceinture verte » autour de Londres, la création de villes satellites et le déplacement des activités manufacturières hors de la ville. Le plan prévoyait aussi la construction d'une grande ligne ferroviaire à travers Londres mais celle-ci n'a pas été construite. À la fin des années 80, les pressions croissantes auxquelles était soumis le réseau de transport du centre de Londres ont suscité un regain d'intérêt pour l'extension des capacités. L'étude sur les chemins de fer du centre de Londres (CLRS, 1988-89) était favorable au développement du réseau ferroviaire régional

plutôt qu'à l'extension du métro mais des problèmes de financement et l'entrée dans une phase de récession, ainsi que la baisse du trafic pendulaire, ont temporairement détourné l'attention de ce projet. Les options d'itinéraires et de financement offertes par le projet Crossrail ont connu un regain d'intérêt lors de l'examen de ce projet en 2002, puis du projet commercial des Cross London Rail Links (CRLR) en 2003. Ce dernier projet reposait sur une évaluation classique des avantages directs pour les usagers des transports. Diverses hypothèses d'augmentation de l'emploi ont alors été examinées, en tenant compte du fait que le manque de capacités risquait de peser sur la croissance de l'emploi, mais elles n'ont pas donné lieu à une évaluation. Le projet commercial a été révisé en 2005, avec une correction à la baisse du rapport coûts-avantages quant aux avantages directs sur le plan des transports (de 2 à 1.8), et en accordant une plus grande attention aux retombées économiques plus larges. D'une manière générale, cette analyse révisée et élargie a contribué à renforcer les arguments en faveur du projet Crossrail.

Évaluation du projet Crossrail

L'évaluation socioéconomique du projet Crossrail a été réalisée en 2005 dans un contexte d'intérêt accru pour l'impact des investissements de transport sur la productivité et la croissance, et pas seulement leurs effets directs sur les usagers des transports. La volonté de mesurer les impacts économiques élargis, qui ne concernait pas seulement Crossrail, s'est exprimée avec une force particulière dans ce projet, compte tenu de son objectif explicite de renforcer le potentiel et les performances économiques du centre de Londres. La possibilité de concevoir des dispositifs de financement conformes aux avantages économiques escomptés a donné un élan supplémentaire au projet. C'est pourquoi, même si les lignes directrices du ministère des transports britannique sur l'évaluation des impacts économiques élargis étaient encore en cours d'élaboration au moment de l'évaluation du projet Crossrail, l'évaluation chiffrée de ces avantages est devenue un aspect essentiel de cet exercice. Les résultats sont présentés succinctement dans le Tableau 0.2 ci-dessous.

Tableau 0.2. **Avantages sur le plan des transports et autres avantages plus larges du projet Crossrail.**
Évaluations du Ministère des Transports et de Transport for London
 en milliards GBP (prix 2002)⁸

	Ministère des Transports	Transport for London
Avantages sur le plan des transports	11.0	15.5
Autres avantages	6.4	7.0 - 18.0
Total	17.4	22.5 - 33.5

Source : Worsley (2011b).

Les avantages élargis sont importants, puisqu'ils atteignent entre 31 % et 54 % des avantages totaux selon les scénarios. Ces chiffres sont semblables à ceux obtenus dans l'évaluation du projet du Grand Paris. Ils englobent les facteurs suivants : économies externes d'agglomération, réallocation au profit des emplois les plus productifs, participation accrue au marché du travail, ainsi qu'une évaluation corrigée du temps de transport pour les entreprises afin de prendre en compte l'imperfection de la concurrence⁹. L'analyse du projet du Grand Paris prend en compte une série d'effets similaire, mais sans inclure l'évaluation corrigée pour imperfection de la concurrence, qui représente un avantage moins important. Dans l'évaluation du ministère des transports, l'agglomération et la réallocation sont de loin les effets les plus importants et représentent 80 % de l'ensemble des autres avantages.

Les analyses antérieures de coûts/avantages du projet Crossrail s'appuyaient sur des hypothèses exogènes des effets sur la croissance de l'emploi et la productivité, mais cette approche a été jugée insatisfaisante compte tenu de l'intérêt premier accordé à l'apport du projet en termes de croissance et d'emploi. Dans son évaluation, le ministère a utilisé une élasticité de la productivité de 0.059 au regard de la densité effective, en estimant les économies d'agglomération à 3.1 milliards GBP. *Transport for London*, en appliquant une élasticité plus élevée (0.075), a estimé ces avantages à 4.5 milliards GBP. Pour évaluer l'augmentation de l'offre de main-d'œuvre, le ministère a traduit les changements de coût des trajets pendulaires en modifications de cette offre sur la base d'un indice d'élasticité de l'offre de travail. *Transport for London* a adopté une approche différente : (a) en estimant les effets de la suppression des contraintes de capacité concernant les trajets pendulaires sur la croissance de l'emploi conformément aux tendances évolutives antérieures (considérées comme non affectées par les capacités de transport) ; et (b) en évaluant dans quelle mesure la croissance de l'emploi serait inférieure au scénario d'absence de contraintes dans la situation avec et sans Crossrail. On présuppose que la totalité de la croissance de l'emploi dans le centre de Londres est due à la migration de salariés vers des emplois londoniens plus productifs, avec un niveau de productivité accrue fixé à 30 % ou un pourcentage plus élevé dans certains scénarios étudiés dans l'évaluation de *Transport for London*. L'analyse du ministère est considérée comme prudente du point de vue des avantages élargis du projet, notamment parce que la densification de l'emploi dans le centre de Londres jusqu'à un niveau comparable à celui observé dans certains quartiers de New York, Paris ou Tokyo se traduirait par des avantages élargis beaucoup plus importants.

Comparaison entre les deux projets : Grand Paris et Crossrail

Les projets de Paris et de Londres sont tous deux des projets « majeurs » car il s'agit de projets coûteux, qui posent d'importants défis techniques et de construction et qui, une fois achevés, modifieront profondément les options de transport existantes. Cependant, si l'on n'en reste pas à l'idée générale selon laquelle chacun de ces projets devrait promouvoir la croissance économique, il est clair que les effets qui en sont attendus sur l'économie régionale ne sont pas les mêmes. Le projet Crossrail vise à améliorer l'accessibilité du centre de Londres pour les salariés, afin de stimuler la productivité de l'emploi dans une partie déjà prospère de la ville. Le but principal est de supprimer un facteur de contrainte pesant sur la croissance. Cela est sans doute conforme à une idée essentielle de l'étude Eddington sur les transports (2006) qui est que, dans une économie déjà bien connectée, la contribution principale de l'infrastructure de transport à la croissance est de supprimer les goulets d'étranglement dans les endroits où existe un potentiel de croissance, et non de créer de nouveaux pôles de croissance.

Le projet du Grand Paris est présenté comme un « projet structurant ». Son but est d'orienter la distribution spatiale de l'activité économique dans la région parisienne, en améliorant ainsi son potentiel productif. Il ne s'agit pas de stopper l'étalement urbain mais de le maîtriser, dans l'idée que la création de centres secondaires d'activité productive autour de Paris est meilleure pour la croissance et la qualité de vie qu'un étalement urbain mal contrôlé sous l'effet de la motorisation (situation actuelle), et aussi meilleure que de chercher à intensifier l'utilisation du centre de Paris (autre alternative envisagée). Comme indiqué dans la section 1, les composantes de transport et de logement du projet sont complémentaires et il est certain que l'ensemble des avantages escomptés ne pourront devenir réalité si l'une ou l'autre de ces composantes est absente (comme le montre la comparaison de l'ensemble des avantages dans les différents scénarios de création d'emplois). Ce qui est moins clair, et qui n'a pas fait l'objet d'une évaluation, est de savoir quels avantages résulteraient de la réalisation partielle de la composante de transport du projet.

Bien qu'ils cherchent à y parvenir par des moyens différents, les deux projets ont pour ambition de stimuler la croissance dans une aire métropolitaine. Dans les deux cas, l'évaluation socioéconomique

cherche à quantifier les effets de productivité, ainsi que les avantages directs pour les usagers des transports, et l'approche utilisée est en gros similaire. Des modèles détaillés ont été utilisés pour calculer les avantages sur le plan des transports, conformément aux lignes directrices nationales sur l'évaluation des projets de transport (bien que cela présente certains inconvénients dans les deux cas). Il n'existe pas encore d'outils standardisés comparables pour l'évaluation des avantages économiques élargis ou supplémentaires (bien que certains soient en cours d'élaboration au Royaume-Uni), et cela exige de recourir à des méthodes innovantes, en acceptant des niveaux de fiabilité moindres. Le cœur de l'évaluation des avantages élargis d'un projet se situe au niveau de l'évaluation des économies d'agglomération et de la réallocation et la relocalisation des salariés, et des effets que cela entraîne pour la productivité. Dans le cas du Grand Paris comme dans celui de Crossrail, la prise en compte des avantages économiques élargis accroît de façon appréciable le total des avantages du projet, qui font plus que doubler dans certains scénarios. Dans les scénarios intermédiaires, ces avantages représentent entre un tiers et la moitié du total des avantages escomptés.

Plus on attend d'une intervention dans le domaine des transports des effets structurels et macroéconomiques, plus il est pertinent d'en examiner l'impact sur la valeur ajoutée brute (VAB) comme autre méthode d'évaluation quantitative. En pareil cas, il est indiqué pour le ministère des finances d'effectuer des comparaisons aussi bien avec d'autres interventions en dehors du secteur des transports qu'avec d'autres projets de transport. La VAB peut se substituer à l'ACA (ou la compléter) pour établir des priorités de financement entre projets, afin de tenir compte des contraintes budgétaires. La modélisation de la VAB prend en compte la modification de l'utilisation des sols et permet d'estimer les augmentations de la productivité locale à partir des décisions de relocalisation des entreprises et des salariés sous l'effet de l'évolution de l'accessibilité. Worsley (2011a) décrit le développement de cette technique par KPMG et la LSE à l'intention des collectivités régionales du Royaume-Uni (LSE, 2009). Les résultats, qui présentent évidemment un grand intérêt pour la prise de décision au niveau local, ne distinguent pas généralement entre relocalisation des emplois et création nette d'emplois. Ils ne fournissent donc pas d'indication sur la valeur globale du projet pour l'économie comme le fait la valeur actuelle nette dans l'évaluation coûts-avantages. KPMG a récemment élargi le modèle afin d'examiner les effets nationaux potentiels du projet de ligne ferroviaire à grande vitesse devant relier Londres au nord de l'Angleterre (KPMG, 2013), en identifiant les régions gagnantes ou perdantes. Cependant, les résultats obtenus ont été largement contestés, en partie à cause des difficultés à isoler les facteurs de causalité et à distinguer les améliorations de l'accessibilité de tous les autres changements susceptibles de se produire, un volume important de données détaillées étant nécessaire dans les deux cas pour obtenir des résultats convaincants. Ce point est abordé plus en détail dans la section 3.

3. Problèmes d'évaluation des projets majeurs et solutions nouvelles

Évaluation des projets structurants et pluridimensionnels de longue durée

Bien que le projet du Grand Paris soit motivé par le constat d'un problème actuel (retard des performances économiques de la région dû au moins en partie à la qualité insuffisante des transports), la solution envisagée s'appuie sur une certaine idée de l'avenir structurel de la région et ne se limite pas à proposer un moyen de résoudre progressivement le problème de transport existant. Cela suscite certaines questions et préoccupations :

- La réussite du projet exige la coordination et l'achèvement de ses différentes composantes. Étant donné que l'engagement relatif aux composantes publiques du projet ne se maintiendra pas nécessairement dans le temps, et que celui concernant les éléments qui dépendent du secteur privé est encore moins sûr, le projet se caractérise par un fort degré d'incertitude – et ce trait est exacerbé par sa nature de projet à très long terme. Dans l'idéal, des dispositifs de coordination et de renforcement de la cohérence du projet dans le temps devraient être intégrés à sa conception. Il conviendra aussi de déterminer la répartition adéquate des risques entre acteurs publics et privés.
- Les raisons pour lesquelles le projet proposé a été retenu plutôt qu'un autre ne sont pas tout à fait claires. D'autres approches sont possibles, par exemple l'amélioration de l'utilisation des capacités routières actuelles à l'intérieur et autour de Paris, ou le renforcement des capacités et de la fiabilité des réseaux ferroviaires régionaux existants, ou encore la levée des contraintes qui s'opposent à la densification du développement à l'intérieur de Paris. Ces autres options pourraient donner ou non de meilleurs résultats, sont ou ne sont peut-être pas faisables pour des raisons politiques, mais les scénarios correspondants n'ont fait l'objet d'aucune évaluation.
- Il serait aussi indiqué de procéder à l'analyse explicite de la réalisation partielle du projet, c'est-à-dire d'en étudier le caractère modulaire.
- Des préoccupations se sont exprimées sur le fait que le projet ne résout pas certaines des causes potentielles du niveau assez faible des performances de la région. On peut en effet considérer que le système actuel de transport public de Paris est supérieur à celui de nombreuses villes homologues. Le manque de compétitivité de la région tient peut-être à des raisons qui ne sont pas liées aux transports. Si tel est le cas, il existe peut-être d'autres moyens moins coûteux que les transports de stimuler la productivité et/ou le projet lui-même pourrait se révéler moins efficace qu'espéré si d'autres obstacles ne sont pas aplanis.
- Les participants à la Table ronde se sont déclarés sceptiques quant à la possibilité de résoudre les problèmes de coordination. L'importance du besoin de coordination constitue sans doute la différence essentielle entre un projet non marginal comme Crossrail et un projet porteur de transformations comme celui du Grand Paris.

Ces préoccupations mises à part, le défi subsiste de parvenir à évaluer les avantages probables du projet présenté. La difficulté tient notamment au fait que ces avantages se feront sentir dans un avenir lointain et, par conséquent, avec les méthodes d'actualisation standard, la comparaison avec d'autres options susceptibles de produire des avantages à plus court terme sera défavorable à ce projet. Le projet du Grand Paris prévoit de structurer et de développer les capacités dans des zones de densité actuellement peu élevée. Il va à l'encontre de l'idée fondamentale de l'étude Eddington sur les transports, qui privilégie les projets permettant de supprimer les goulets d'étranglement dans les endroits où l'encombrement et la densité sont déjà élevés. L'accent y est mis sur les avantages à court terme, et non sur les projets « structurants » ou à long terme. Et l'on peut considérer qu'une telle « vision à court terme » gagne en attrait dans un contexte de crise macroéconomique.

Évaluation des économies d'agglomération et de l'impact sur la productivité

Les économies d'agglomération font partie des effets économiques élargis qui ne sont pas pris en compte dans l'analyse coûts-avantages axée uniquement sur les avantages directs pour les usagers. On admet de plus en plus que le fait de mesurer uniquement les avantages directs pour les usagers peut conduire à sous-estimer ou surestimer le total des avantages, en particulier dans le cas de projets majeurs comme ceux discutés ici (voir FIT, 2007). Une solution consiste à évaluer les avantages s'ajoutant aux avantages directs, approche dont l'intérêt tient à son caractère modulaire mais qui peut entraîner un risque de double comptage. Une autre option, non examinée ici mais mentionnée brièvement dans la sous-section suivante, consiste à mesurer les effets économiques à l'aide de modèles macroéconomiques régionaux ou nationaux.

On distingue couramment, sur la base des études britanniques, quatre types d'avantages économiques élargis : les effets d'agglomération, les changements intervenant dans la production sur des marchés concurrentiels imparfaits, l'évolution de l'offre de main d'œuvre et la migration des salariés vers des emplois plus productifs. La possibilité de distinguer ces effets – et donc de les additionner – est parfois contestée (voir, par exemple, Kidokoro, 2012), et des méthodes d'identification empirique différentes peuvent conduire à des interprétations différentes de notions apparemment identiques. Lors de la Table ronde, la discussion a porté essentiellement sur les problèmes potentiels que pose la mesure des économies d'agglomération.

La productivité des entreprises et des salariés dépend, entre autres choses, du degré de densité de la localisation des entreprises ou, plus généralement, du degré d'accessibilité de la masse critique économique qui est associé à leur localisation. La proximité est source de gains, notamment sous les formes suivantes : possibilités accrues de partage du marché du travail, possibilités de spécialisation sectorielle, augmentation de l'efficacité du partage des connaissances et des technologies, et amélioration des possibilités d'apparier intrants et extrants. L'évolution de l'accessibilité due à l'amélioration de la qualité des transports se traduit en fait par une plus grande proximité.

Lorsqu'un projet de transport peut modifier l'accessibilité, il est intéressant de mesurer les changements qu'il induira en termes de productivité, comme cela a été fait dans l'évaluation de Crossrail et du projet du Grand Paris. La quantification des effets d'agglomération, cependant, est grevée de difficultés et d'incertitudes. Cela ne veut pas dire qu'il faut ignorer ce type d'avantages mais que les données existantes doivent être maniées avec le plus grand soin. Au fur et à mesure de leurs progrès, les études sur les économies d'agglomération ont eu tendance à accorder des valeurs de plus en plus faibles (bien que toujours significatives) à cette catégorie d'impact, plus faibles même que ce que suggérerait une simple corrélation entre la productivité et certaines mesures de l'accessibilité.

Si l'agglomération est associée à une productivité plus forte, on ne voit pas aussi clairement sous quelles conditions une réduction des coûts de transport – suite, par exemple, à la construction d'une infrastructure supplémentaire – peut contribuer à l'augmentation de la productivité. En voici plusieurs raisons (qui se recoupent en partie) :

- Causalité : les salariés plus productifs, comme l'attestent certaines données, trouvent en général un emploi dans les zones de plus forte densité et la productivité, par conséquent, est plus forte dans ces zones. Mais dans quel sens fonctionne la causalité ? Est-ce la forte productivité qui conduit à l'amélioration de l'infrastructure urbaine ou l'inverse ? Il faudrait parvenir à isoler l'effet de l'augmentation de l'accessibilité sur la productivité mais cela est difficile d'un point de vue économétrique.
- Variabilité d'échelle : la variabilité de l'accès à la masse critique économique utilisée dans les estimations économétriques des effets d'agglomération est généralement beaucoup plus élevée que l'évolution induite de l'accessibilité, y compris par des investissements de transport importants, et il n'est pas évident que les mêmes résultats puissent s'appliquer à des échelles différentes.
- Effets de seuil : certains éléments indiquent que les effets d'agglomération sont fixes sur de larges plages de densité et que les changements doivent dépasser un certain seuil pour qu'il soit possible de mesurer ces effets ; cela peut être considéré comme une forme très nette d'absence de variabilité d'échelle.
- Données : dans l'analyse transversale, la densité est utilisée comme substitut de l'agglomération mais cela ne va pas sans problèmes ; dans les séries chronologiques, la variation de densité est limitée ; à l'intérieur des villes, les groupes étudiés et les groupes témoins se recoupent ; en conséquence, les mécanismes en jeu dans l'agglomération sont mal identifiés, même lorsqu'ils sont bien définis d'un point de vue théorique, et l'estimation chiffrée qui en résulte demeure une « boîte noire ».
- Présupposés microéconomiques : on présuppose par exemple que le secteur des administrations publiques, qui est généralement important dans les grandes villes, fonctionne de la même manière que le secteur du marché.

Par conséquent, bien que les enquêtes et la recherche aient beaucoup progressé au cours de la dernière décennie (voir, par exemple, Graham, 2007), on ne dispose toujours pas d'un corps de données stables sur la valeur ajoutée des investissements de transport due à l'exploitation des économies d'agglomération.

Dans la pratique d'évaluation des projets, il importe de déterminer à un stade précoce du processus quels types de relations entre transport et économie seront certainement activés par le projet. Par exemple, un projet de rénovation urbaine prévoyant l'ouverture de nouveaux terrains à l'aménagement exige une méthode de modélisation et d'évaluation différente d'un grand projet interurbain, dont les effets sur l'utilisation des sols resteront extrêmement diffus. La question de la proportionnalité doit également être prise en compte dans l'évaluation, notamment sous l'angle de l'ampleur des fonds publics exposés en cas de décisions incorrectes, mais cette ampleur n'est pas le seul facteur important. Tant que les budgets d'infrastructure de transport sont limités et ne sont pas eux-mêmes étroitement associés à certaines attentes en termes d'avantages globaux, le point principal est de savoir si les effets d'agglomération peuvent affecter le classement des projets. Cela est peu probable dans le cas de projets représentant essentiellement des options différentes pour la mise en œuvre de modifications assez

semblables des conditions de transport (par ex., le percement de tunnels ou la construction de ponts, la création de voies express ou l'augmentation des capacités de voies de transit existantes), mais le classement des projets peut être affecté lorsqu'il s'agit de :

- a) comparer des projets situés dans des lieux différents (par ex., zone urbaine ou zone rurale, grande ville ou petite ville), même si leurs coûts et avantages directs sont similaires ; ou de
- b) comparer des projets majeurs différents dans une même région (par ex. le plan du Grand Paris et un plan mobilité axé sur le centre de Paris).

Les études aussi bien théoriques qu'empiriques de l'agglomération montrent qu'il existe une relation de réciprocité entre encombrement et agglomération. Renforcer l'agglomération en atténuant l'encombrement est probablement plus efficace que les mesures qui cherchent à la renforcer directement, par exemple au moyen d'aides publiques car celles-ci sont en général cause de déplacements. Il convient de noter qu'agglomération et forte productivité ne sont pas synonymes de densité. Au contraire, toutes choses égales par ailleurs, les zones les plus denses sont moins productives. Des coûts de transport moins élevés permettent aux villes de s'étendre et de remplacer le foncier par le travail, en obtenant ainsi des augmentations de productivité. Des projets comme Crossrail joueront probablement dans les deux sens à différents points du système, en renforçant l'agglomération dans le centre et en favorisant le remplacement du foncier par le travail dans la périphérie. Le renforcement de l'agglomération s'effectue en réduisant le coût des interactions productives entre acteurs économiques, ce qui accroît l'accessibilité de la masse critique économique. Des coûts de transport moins élevés favorisent l'agglomération en général et celle-ci fait augmenter le prix des terrains, ce qui conduit à son tour à accroître la densité.

Tandis que, dans le premier cas (a), la compréhension actuelle des effets d'agglomération fournit une certaine indication de la manière dont le classement des projets est susceptible de changer lorsque l'agglomération est prise en compte, cela est beaucoup moins vrai dans le second (b), d'où potentiellement le grand intérêt d'études de cas spécifiques à cet égard.

Le projet du Grand Paris a pour but de créer de nouveaux centres d'activité économique au voisinage de Paris, en maîtrisant l'expansion de la région urbaine. La densité d'emploi dans les zones environnantes sera ainsi appelée à augmenter, ainsi que le niveau de l'emploi. Pour calculer l'impact sur la productivité, il est nécessaire de disposer d'estimations de la densification de l'emploi et de l'effet qui en résulte sur la productivité (effet d'agglomération), ainsi que de données estimées sur l'origine et les caractéristiques des salariés qui entrent dans la région. Combes et Lafourcade (2012) fournissent à titre indicatif un ordre de grandeur pour les effets concernés. Par exemple, si l'emploi dans les zones autour de Paris devait augmenter de 500 000¹⁰, la densité dans ces zones augmenterait de 9.6% et la productivité des salariés de 0.18% (avec une élasticité de 0.02, conformément aux données sur la France, après contrôle pour la composition de la force de travail et l'endogénéité). L'endogénéité signifie que cette augmentation attirerait les salariés et c'est pour en tenir compte que l'on utilise une élasticité de 0.024.

Si la productivité des 500 000 nouveaux salariés est conforme à la moyenne française, leur productivité dans la région parisienne augmentera de 6.6%. Il s'agit là cependant de la limite supérieure de l'estimation car : (a) il est probable que les nouveaux salariés migreront à partir de zones où la productivité est supérieure à la moyenne ; (b) l'augmentation de productivité dans les zones situées autour de Paris sera moins forte que si les salariés étaient relocalisés dans le centre de Paris ; et (c) certains salariés pourront migrer depuis le centre de Paris, ce qui entraînera une baisse de productivité. En outre, le calcul de l'augmentation de productivité repose sur l'hypothèse que les nouveaux salariés conserveront leurs caractéristiques initiales. Cependant, si les salariés attirés dans la région sont plus qualifiés que la moyenne, le gain de productivité s'en trouvera réduit. Toutefois, conformément à la méthode britannique, l'effet de l'accroissement de l'agglomération sur la productivité de la force de

travail actuelle de la région parisienne devrait aussi être pris en compte. Cet effet, bien que moins important, est réparti sur un nombre beaucoup plus grand d'individus.

Ce que montre cet exemple, c'est qu'il est possible d'assigner une limite inférieure et une limite supérieure aux gains de productivité associés à une hypothèse donnée de relocalisation des salariés. Les modèles d'interaction entre utilisation des sols et transports permettent d'établir des scénarios de relocalisation systématiques pour un projet de transport donné, même si les décisions de localisation des ménages et, en particulier, des entreprises sont encore mal comprises. En résumé, l'estimation systématique des limites inférieure et supérieure des gains de productivité est à notre portée mais, dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas encore possible d'assigner aux différents scénarios des probabilités sur la base des données.

Bien-être, productivité et croissance

Évaluer les avantages économiques nets probables d'un investissement potentiel demeure fondamental dans l'optique de l'économie du bien-être et peut même être conçu comme un moyen concret d'appliquer une mesure générale du bien-être économique (Stiglitz, Sen et Fitoussi, 2009). Cependant, les décideurs et les parties prenantes sont souvent au moins aussi fortement intéressés par la distribution des impacts positifs et négatifs, les effets sur l'emploi à court et à long terme, et l'impact sur la productivité et l'économie tel que mesuré par l'évolution de la valeur ajoutée brute (VAB). Ce décalage entre l'information que permet d'obtenir l'analyse coûts-avantages et celle qui intéresse les clients n'est pas nouveau mais s'accroît dans la situation d'après-crise et de faible croissance qui est celle de nombreuses économies de l'OCDE. La réticence du secteur de l'évaluation à répondre aux besoins des clients n'est pas due à un désaccord sur le bien-fondé de leur demande d'information (même s'il insiste parfois sur l'importance – ou la plus grande importance – de l'évaluation en termes d'économie du bien-être) mais à l'absence d'outils opérationnels (et *a fortiori* d'outils standardisés) pour effectuer le travail d'analyse nécessaire.

Il est aussi difficile, en pratique, d'expliquer aux décideurs pourquoi des méthodes de mesure différentes peuvent donner des résultats aussi différents. L'explication, en bref, est la suivante :

- l'ACA et les méthodes VAB ne mesurent pas la même chose ;
- l'ACA repose généralement sur l'hypothèse de plein emploi dans l'économie, avec un avantage marginal d'augmentation de l'emploi équivalent à zéro ou au coin fiscal sur le marché de l'emploi. Les méthodes VAB tiennent compte en général de la valeur brute de la production/l'emploi supplémentaire, en supposant implicitement que le coût social marginal de cette production est égal à zéro ;
- l'ACA est presque toujours appliquée dans une perspective nationale ; la difficulté d'identifier la distribution régionale des avantages est en effet reconnue comme l'un de ses points faibles. Les méthodes VAB, par contre, sont parfois utilisées au niveau régional et, dans ce cas, la redistribution de l'emploi depuis l'extérieur de la région est comptabilisée comme un avantage. Ce n'est donc pas une différence de méthode mais une raison pratique qui explique ici les différences de résultats ;
- l'ACA s'appuie principalement sur des valeurs temporelles et d'autres avantages de transport directs comme bases principales des calculs, les effets d'agglomération et les effets sur le marché de l'emploi étant pris en compte de façon seulement complémentaire. Les méthodes

VAB s'appuient sur la relation entre infrastructure et densité/capacités d'emploi, puis entre densité et productivité, pour produire les résultats. Beaucoup dépend de la mesure exacte de certaines relations économétriques et les problèmes que cela pose ont été évoqués plus haut.

Le ministère des transports britannique (DfT, 2005) a examiné les recoupements et les écarts entre méthodes VAB et mesures de bien-être dans l'évaluation des retombées des projets de transport. Les mesures de bien-être comprennent les avantages en termes de temps de loisirs et de temps de transport quotidien, les coûts ou avantages liés aux impacts sur l'environnement et à la sécurité ; les méthodes VAB ignorent ces effets. Les éléments pris en compte dans les mesures de bien-être et non dans les méthodes VAB ne sont pas des éléments mineurs, puisqu'ils représentent jusqu'à 50 % ou plus de l'ensemble des avantages (Laird et Mackie, 2010), et c'est la raison pour laquelle les mesures de bien-être sont préférables du pur point de vue de l'évaluation.

Les méthodes VAB prennent en compte certains effets sur le marché de l'emploi qui ne sont pas pertinents du point de vue du bien-être car ils se rapportent à l'augmentation de l'offre de main-d'œuvre, ces avantages étant saisis sous forme de gains de temps dans l'approche fondée sur le bien-être. Lorsqu'un projet a d'importants effets sur l'emploi, cette différence n'est pas négligeable. L'analyse coûts-avantages présuppose généralement une pleine utilisation des ressources, ce qui fait que les salariés potentiels à la marge sont indifférents (emploi/non-emploi). En cas de chômage involontaire, il y a un écart entre le salaire et le coût d'opportunité du temps passé à travailler mais, tant que ce coût d'opportunité n'est pas égal à zéro, comptabiliser le salaire complet comme un avantage constitue une surestimation.

Le ministère des transports britannique (DfT, 2005) soutient qu'il est possible en principe de calculer les effets sur la VAB mais que cela nécessite certaines informations, par exemple quant à l'impact du projet sur la localisation de l'emploi, qui ne sont pas produites dans une évaluation ordinaire. Dans le cas des projets majeurs, cependant, l'analyse de scénarios sur la localisation et la productivité de l'emploi fait partie de l'évaluation et, par conséquent, les données sur les intrants nécessaires pour une évaluation VAB selon les modalités proposées par le ministère (DfT, 2005, p. 50-54) sont disponibles. Laird et Mackie (2010), qui ont examiné les méthodes d'évaluation de la valeur ajoutée sur la base des extrants, considèrent que ces méthodes « en sont encore à leurs débuts et qu'il faut poursuivre les travaux pour s'assurer qu'elles répondent aux critères de cohérence interne et de solidité ».

Transports et macro-économie

Les méthodes décrites plus haut sont des variantes de l'approche d'équilibre partiel. Elles se distinguent les unes des autres par le degré de prise en compte de la relation entre transports et utilisation des sols et entre transports et productivité et emploi. Mais, en dehors de l'objet d'analyse, elles présupposent que le reste de l'économie demeure constant, toutes choses égales par ailleurs. Pour au moins deux séries de raisons, cela n'est sans doute pas satisfaisant en ce qui concerne les projets structurants à très grande échelle.

Premièrement, dans le cas d'une entreprise potentiellement aussi transformatrice que le Grand Paris, il est possible que le projet affectera la dynamique concurrentielle de l'ensemble de l'économie française ou, tout au moins, de secteurs importants de cette économie. Cela fait certainement partie des considérations politiques qui animent ce projet. Il serait donc souhaitable de modéliser des secteurs comme l'enseignement supérieur, les services financiers et d'autres dont on prévoit qu'ils seront affectés par le projet. Cela est très difficile mais, étant donné les ambitions de ce type de projets, il semble logiquement indispensable que la modélisation économique prenne en compte leurs effets structurants.

Deuxièmement, il est essentiel que les projets majeurs soient évalués à l'intérieur d'un cadre macroéconomique clair et cohérent, dans lequel des contraintes comme la disponibilité du capital et du travail, les taux de change et d'autres variables macroéconomiques sont explicitement prises en compte. Le modèle d'évaluation devrait pouvoir représenter les interactions entre les transports et le reste de l'économie et devrait boucler la boucle fiscale au lieu de présupposer simplement que le coût du capital est de 3% (ou tout autre taux de rendement standard utilisé dans les évaluations microéconomiques). La relation entre les échelons micro et macro peut être ignorée dans le cas d'un projet de rocade, par exemple, mais non dans celui des projets qui absorbent un volume très important de capitaux publics par ailleurs limités et/ou dont on attend qu'ils agissent en faveur du changement économique.

Les propriétés souhaitables du modèle économique à utiliser devront faire l'objet de discussions ; cependant, les modèles d'équilibre général spatial calculable, qui ont déjà été appliqués diversement aux transports, offrent un cadre potentiellement pertinent (Venables et Gasiorek, 1999 ; Elhorst et Oosterhaven, 2008 ; Broucker et Mercenier, 2011). Les modèles d'équilibre général calculable ont été mis au point pour analyser des effets comme l'évolution des obstacles commerciaux, qui sont en général uniformes entre pays. Pour étendre par analogie l'application de ces modèles aux transports, il faut lier une production et une consommation sectorielles à un réseau de transport en modélisant les changements, notamment à l'aide de boucles de rétroaction pour représenter les effets d'encombrement, afin de prévoir les impacts au niveau régional ou d'une ville. Toutefois, certaines hypothèses fortes comme l'augmentation globale des rendements et l'imperfection de la concurrence ne seront pas toujours indiquées. Obtenir des données spatiales et sectorielles adaptées pose également des difficultés dans nombre de pays. Néanmoins, d'un point de vue théorique, l'utilisation de modèles d'équilibre général spatial calculable pour l'évaluation des projets majeurs semble prometteuse.

4. Conclusions

L'analyse coûts-avantages des projets de transport a été développée depuis de nombreuses années comme un outil spécifique d'aide à la décision dans le secteur des transports, en partant de l'idée que les avantages sur le plan des transports fournissent une approximation raisonnable de l'ensemble des avantages économiques systémiques. Dans le cas de la plupart des projets marginaux, une modélisation et une évaluation de bonne qualité des impacts directs demeurent suffisantes pour évaluer et classer les projets. Cependant, dans le cas des projets non marginaux ou de type transformationnel, les relations entre transports, accessibilité, utilisation des sols et performances économiques sont trop importantes et occupent une place trop essentielle dans la finalité même du projet pour qu'il soit possible de les ignorer.

La conclusion de la Table ronde est que l'analyse coûts-avantages reste un cadre utile pour l'évaluation de ces projets, à condition d'effectuer des analyses complémentaires en s'appuyant sur des méthodes solides permettant d'évaluer les effets de ces projets sur l'ensemble de l'économie, ainsi que la modification de l'utilisation des sols qui en résultera. La Table ronde a également souligné combien il importe d'évaluer l'impact total de chaque projet dans l'analyse coûts-avantages. Une ligne ferroviaire à grande vitesse, par exemple, peut avoir un impact direct modeste – bien qu'il reste beaucoup à faire pour comprendre la manière dont la connectivité interurbaine affecte les performances économiques – mais ses effets indirects, en libérant des capacités sur les lignes traditionnelles et en permettant à ces dernières de prendre en charge une partie plus importante du trafic pendulaire, peuvent être importants. En ce qui

concerne les effets économiques élargis, les travaux de Graham, Lafourcade et d'autres sont extrêmement utiles pour déterminer les économies d'agglomération.

La comparaison entre le projet de la Société du Grand Paris (SGP) et Crossrail montre la pertinence de l'évaluation du changement d'utilisation des sols. Le second est un projet non marginal pour lequel il paraît indiqué et faisable de compléter l'évaluation des avantages directs sur le plan des transports par une évaluation des impacts économiques élargis. Le projet de la SGP est en fait un projet plurisectoriel d'aménagement visant à transformer l'économie régionale de l'Île-de-France. En tant que tel, il requiert un plan d'aménagement de haut niveau incluant des évaluations plurisectorielles, des mesures incitatives en faveur de l'investissement dans les domaines du développement commercial et du logement, des investissements publics dans l'éducation et des partenariats politiques/commerciaux pour le financement des infrastructures et le développement des pôles de croissance. L'analyse des transports, bien qu'essentielle, doit donc s'inscrire dans un cadre d'évaluation plus large.

Dans le cas de plans d'aménagement aussi ambitieux, il est impossible de ne pas prendre en compte les effets structurels sur l'économie régionale. Il est vrai que l'évaluation de ces effets est moins sûre et moins précise que celle des impacts de transport directs, mais ce n'est pas une raison pour les ignorer. Comme pour toute analyse des politiques, le point crucial est de parvenir à développer une situation de référence crédible au regard de laquelle évaluer l'impact du plan d'investissement.

La crédibilité est en effet décisive dans le cas des évaluations économiques à très grande échelle. Elle exige de mettre les résultats obtenus à l'épreuve du « sens commun », afin de distinguer clairement ce qui relève d'une analyse réaliste et les assertions non fondées. Plus nous apprendrons des analyses de projets effectuées *a posteriori*, mieux nous serons en mesure de produire des évaluations crédibles et de fournir aux responsables politiques et aux contribuables l'information dont ils ont besoin.

Notes

1. Le « coin fiscal » tient ici au fait que, tandis que les travailleurs décident de changer d'emploi sur la base des différences de salaire net, la valeur du rendement marginal pour la société est liée à l'évolution des salaires bruts (Mackie, 2010).
2. Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne.
3. Selon une estimation, le trafic sur la partie la plus encombrée du RER A augmentera de 18 % en l'absence du projet mais baissera de 11 % si le projet est mis en œuvre (Viora, 2012).
4. En termes techniques, l'évaluation standard est bien adaptée pour mesurer les améliorations marginales mais, en tant que projet de transport, le projet du Grand Paris ne constitue pas une amélioration marginale du système de transport, et le projet complet n'est pas uniquement un projet de transport.
5. L'exemple standard à cet égard est celui des projets de métro qui réussissent, dont on considère que les avantages *ex post* excèdent les estimations *ex ante* bien qu'il n'existe pas de données systématiques à ce sujet.
6. Valeur actualisée des avantages sur une période de cinquante ans à compter de l'achèvement du projet.
7. Les paragraphes de cette section sont basés sur Worsley (2011a).
8. Valeur actualisée des avantages sur une période de vie de soixante ans, y compris la période de construction.
9. Une concurrence imparfaite signifie que la production est maintenue en-dessous du niveau efficient et que l'avantage lié à une unité de production marginale est supérieur au coût des ressources correspondantes. Si la baisse des coûts de transport entraîne une augmentation de la production, cet écart doit être pris en compte dans l'évaluation, ce qui dans la logique des avantages directs de l'analyse coûts-avantages signifie une majoration des gains de temps pour les entreprises (les directives britanniques prévoient dans ce cas une majoration de 10%).
10. Chiffre plus élevé que ceux utilisés au Tableau 0.1.

Bibliographie

- Brocker, J. et J. Mercenier, (2011), « General equilibrium models for transportation economics », dans : A. De Palma, R. Lindsey, E. Quinet et R. Vickerman (2011), *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Combes, P.-P. et M. Lafourcade (2012), Revue de la littérature académique quantifiant les effets d'agglomération sur la productivité et l'emploi, Rapport final pour la Société du Grand Paris, Mission d'études des éléments de l'évaluation socio-économique du réseau de transport du Grand Paris, Lot 3.
- DfT (2005), Transport, wider economic benefits and impacts on GDP, document de travail.
- Elhorst, J.P. et J. Oosterhaven (2008), « Integral cost-benefit analysis of Maglev projects under market imperfections », *Journal of Transport and Land Use*, 1 (1), p. 65-87.
- Graham, D. (2007), « Agglomeration, productivity and transport investment », *Journal of Transport Economics and Policy*, 41, p. 317-343.
- Kidokoro, Y. (2012), Cost-benefit analysis for transport projects in agglomeration economy, inédit, communication présentée à la Conférence de l'ITEA, Berlin.
- KPMG (2013), HS2 Regional Economic Impacts, Report on behalf of High Speed Two Limited.
- Laird J. et P. Mackie (2010), Review of methodologies to assess transport's impacts on the size of the economy, ITS, Université de Leeds.
- LSE (2009), Henry G. Overman, Stephen Gibbons, Sabine D'Costa, Giordano Mion, Panu Pelkonen, Guilherme Resende et Mike Thomas, Strengthening Economic Linkages between Leeds and Manchester : Feasibility and Implications, novembre 2009, <http://eprints.lse.ac.uk/30806/>
- Mackie, P. (2010), Analyse coûts-avantages dans les transports : l'approche britannique, Document de référence 2010-16, OCDE/FIT, www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP201016F.pdf
- OECD/ITF (2011), *Améliorer la pratique de l'évaluation des projets de transport*, Tables rondes FIT, No. 149, Éditions OCDE, <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103098-fr>
- OECD/ITF (2008), *Bénéfices économiques élargis du secteur des transports: Instruments d'investissement et d'évaluation macro-, méso- et micro-économiques*, Tables rondes FIT, No. 140, Éditions OCDE, <http://dx.doi.org/10.1787/9789282101865-fr>

Prager, J.-C. (2011), Le projet du métro Grand Paris : caractéristiques et problèmes posés, Exposé présenté à la Table ronde OCDE/FIT, décembre 2011.

SGP, Société du Grand Paris (2012), Avis du conseil scientifique sur l'évaluation socio-économique du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris présentée dans le projet de dossier d'enquête public du tronçon T0 (Pont de Sèvres-Noisy-Champs), octobre.

Stiglitz, J.E., A. Sen et J.-P. Fitoussi (2009), Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social, Institut d'études politiques de Paris (IEP), www.sitglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.htm

Venables, A.J. et M. Gasiorek (1999), *The welfare implications of transport improvements in the presence of market failure*, SACTRA, Department for the Environment, Transport and the Regions, Londres.

Viora, M. (2012), « Le « Grand Paris » face aux évolutions de la mobilité en Île-de-France », *Transport/Environnement/Circulation*, 214 (juin 2012), p. 6-11.

Worsley, T. (2011a), Évolution du projet Crossrail de Londres et mise en place du Département des méthodes d'évaluation économique des transports, Document de référence 2011-27, OCDE/FIT, www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/jtrcpapers.html

Worsley, T. (2011b), Appraisal practice : The Crossrail approach, presentation Powerpoint à la Table ronde OCDE/FIT, décembre 2011, www.internationaltransportforum.org/jtrc/Roundtables/2011-dec-Worsley.ppt

Chapitre 1

Évolution du Projet Crossrail de Londres et mise en place du Département des méthodes d'évaluation économique des transports

Tom Worsley¹

Résumé

L'analyse coûts/avantages est une méthode d'évaluation des projets routiers qui est utilisée au Royaume-Uni depuis cinquante ans. Elle est moins communément utilisée dans les chemins de fer, où la plus grosse partie des investissements a toujours été consacrée au renouvellement du réseau existant. L'étude sur les chemins de fer du centre de Londres (1988) fait appel à l'analyse coûts/avantages pour cerner le problème de l'encombrement du réseau ferré londonien. Le projet Crossrail présenté dans l'étude a été interrompu pour cause de récession et aussi parce que la priorité allait désormais à l'établissement de liaisons avec les Docklands de Londres. Il a redémarré en 2002, au moment où le ministère s'est mis à repenser ses méthodes d'évaluation pour y incorporer les avantages économiques élargis. La quantification de ces avantages additionnels, la découverte d'une source de financement et les interventions du maire ont poussé le gouvernement à conclure à la nécessité de la concrétisation du projet. L'identification de certains avantages élargis pose à la modélisation des transports des problèmes qui ne sont que partiellement résolus par l'utilisation de modèles des interactions entre les transports et l'aménagement du territoire. La prise en compte de la valeur ajoutée brute est une autre méthode d'évaluation des impacts économiques d'un projet, mais elle ne peut pas se substituer à l'analyse coûts/avantages comme aide à la prise de décision pour les ministres.

¹ Institute for Transport Studies (ITS), Université de Leeds, Royaume-Uni.

1. Introduction

Le rôle joué par l'analyse coûts/avantages comme source d'informations propres à aider les décideurs à optimiser leurs décisions est toujours resté mal défini. À l'heure d'aujourd'hui où la priorité va au développement économique, beaucoup de décideurs veulent comprendre l'incidence d'un projet sur l'économie réelle, rejoints en cela par les responsables de l'aménagement du territoire et d'autres encore qui veulent cerner son impact sur l'activité économique de leur ville ou région. Plusieurs études réalisées pour le ministère des transports attestent de la réalité des avantages élargis générés par les transports sous la forme d'avantages d'agglomération et d'impact sur le marché de l'emploi. La prise en compte de ces avantages comble dans une certaine mesure le fossé qui sépare l'approche fondée sur le bien-être de celle qui s'appuie sur la valeur ajoutée brute et, partant, le PIB.

D'aucuns avancent que la mise en lumière de ces avantages additionnels a joué un rôle dans le cas du projet Crossrail de Londres. Elle a en effet démontré que le projet était hautement rentable et contribué à justifier la participation de la ville au projet, ce que les méthodes traditionnelles d'évaluation n'avaient pas pu faire lors du premier exercice d'évaluation des années 80. La détermination de la valeur actualisée des économies mesurées en termes de PIB ou la quantification de la valeur ajoutée brute générée par un projet sont des méthodes qui, à la différence de l'approche fondée sur le bien-être, visent à apporter aux décideurs des informations sur l'impact économique d'un projet, mais qui restent moins utilisées. Il n'empêche que malgré les avantages théoriques de la méthode d'estimation des impacts économiques élargis sur le bien-être économique, les quelques études d'évaluation ex-post de ces avantages réalisées à ce jour n'ont pas pu démontrer leur matérialité.

2. Développement du réseau ferré londonien de transport de voyageurs, de 1835 à 1960

Les grandes lignes de chemin de fer construites au milieu du dix-huitième siècle pour relier Londres au reste de la Grande-Bretagne n'arrivaient pas au centre de la ville ou ne le traversaient pas. Toutes les compagnies de chemin de fer avaient construit leur gare terminus à la périphérie de la ville parce que le prix élevé des terrains et les contraintes techniques rendaient les traversées ferroviaires de la ville financièrement irréalisables et que le Parlement, qui devait approuver tous les projets pour faciliter l'achat des terrains, s'opposait à tous les projets de prolongement des lignes de chemin de fer jusqu'au centre de la ville. Les voyageurs devaient rejoindre le centre à pied ou en empruntant un tramway hippomobile. Les voyages étaient lents et les rues encombrées.

A mesure que le nombre d'emplois augmentait dans le centre de Londres et que ces emplois se spécialisaient dans le domaine notamment de la finance et du commerce, l'agglomération s'est étendue à

la faveur d'une augmentation du revenu des ménages et de la demande d'espace habitable. La population de Londres est passée de 2 millions d'âmes en 1841 à 4 millions en 1871 et 7 millions en 1911, le plus gros de cette augmentation se concentrant dans la périphérie de la ville. Les principales compagnies de chemin de fer ont mis des services de banlieue en place pour répondre à cette demande. Des réseaux de tramways électriques et de métro souterrain ont été construits au début du XXe siècle pour transporter les migrants alternants entre les gares de chemin de fer et leur lieu de travail au centre de Londres ou vers des lieux mal desservis par les compagnies de chemin de fer. Le métro souterrain a été enterré dans des tunnels plus étroits que ceux par où les trains passaient. Ce manque de capacité et d'interopérabilité avec les lignes de chemin de fer a longtemps été synonyme de coûts, en termes de correspondances et d'encombrement, pour les usagers des chemins de fer londoniens.

Le réseau de transport du centre de Londres ne s'est guère étendu entre les deux guerres, si ce n'est celui des bus. Une grande partie des modestes investissements en nouvelles capacités a été réalisée dans le but de desservir les nouveaux quartiers bâtis en périphérie dans un rayon de 10 à 30 km. La plus grande partie des nouvelles capacités été construite par l'Office public des transports londoniens tandis que les compagnies privées de chemin de fer rechignaient plus à augmenter leurs capacités et investissaient surtout pour réduire leurs coûts d'exploitation et améliorer leur qualité de service en électrifiant leurs lignes.

En 1944, le gouvernement britannique a publié un plan pour le Grand Londres, communément appelé "Plan Abercrombie" du nom du président du comité auteur de ce plan¹. La période de rédaction de ce plan a de quoi surprendre puisqu'il s'agit d'une période de guerre, mais elle apporte la preuve que le gouvernement avait conscience des bénéfices à tirer d'une intervention active dans la planification des transports et de l'aménagement du territoire. À la différence des gouvernements permissifs de l'avant-guerre, le gouvernement d'après-guerre comptait bien continuer à décider de l'utilisation des ressources dans un sens conforme à la poursuite d'objectifs nationaux.

Le plan Abercrombie proposait de mieux coordonner l'aménagement du territoire et la planification des transports dans un rayon de 60 à 70 km autour de Londres et de sortir les activités industrielles et la population de la ville où la forte densité démographique et le manque d'espaces libres étaient considérés comme inacceptables dans une économie d'après-guerre. Le plan proposait donc de créer une "ceinture verte" autour de Londres, de créer des villes satellites, d'agrandir les villes existantes du sud-est et de construire des nouvelles lignes de chemin de fer. La réflexion sur ces lignes s'est poursuivie au sein du comité des chemins de fer (Plan de Londres) dont le rapport de 1946 recommandait effectivement la construction de plusieurs nouvelles traversées ferroviaires du centre de Londres. Les objectifs du plan Abercrombie ont été entérinés pendant les années d'après-guerre au cours desquelles la population et les emplois industriels ont migré du centre de Londres vers les villes en croissance situées à la périphérie de la ceinture verte. La ligne C est la seule de ces lignes de chemin de fer prévues par le plan Abercrombie à avoir vu le jour et quoiqu'elle suive le tracé de la ligne que le plan de 1944 voulait tracer entre Walthamstow au nord-est de Londres et Victoria dans le centre, le projet réalisé par les Transports de Londres au cours des années 60 a pris la forme d'une nouvelle ligne de métro souterraine plutôt que d'une ligne de chemin de fer de grande capacité. Le non-financement et la non-construction des infrastructures qui constituaient un des volets essentiels du plan du Grand Londres témoignent clairement de la réticence de la Grande-Bretagne à s'engager sur la voie d'une planification nationale à haut niveau.

3. Méthodes d'évaluation des transports en usage au Royaume-Uni entre 1965 et 2000

Intégration de l'analyse coûts-avantages dans la planification des transports : La Ligne Victoria et projets routiers britanniques

La ligne Victoria est le premier exemple britannique d'utilisation de l'analyse coûts/avantages comme moyen de justification des investissements nécessités par un projet de transports publics qui devait, en permettant de traverser Londres plus directement, réduire le produit de la vente des titres de transport à une époque où le prix de ces titres de transport était fonction de la distance parcourue. L'étude novatrice de Foster et Beesley² attribuait une valeur actualisée nette positive au projet, même en limitant ses avantages aux gains de temps réalisés par les usagers des transports publics et à la réduction de la congestion routière consécutive à l'abandon de la voiture par un certain nombre d'usagers.

L'étude a été réalisée quelques années après que le gouvernement eut décidé de financer le projet et n'a donc pas influé sur la décision de mise en œuvre. Le modèle COBA d'analyse coûts/avantages que le ministère des transports utilisait à la fin des années 60 est devenu un moyen de classement par ordre de priorité d'une multitude de projets de construction d'autoroutes et d'amélioration du réseau routier imaginés à une époque où le trafic routier se développait à un rythme accéléré. Ce modèle COBA avait toutefois pour objectif premier de démontrer la réalité des avantages générés par un projet dans le cadre des consultations publiques menées pour convaincre un public de plus en plus sceptique de la valeur du projet et du bien-fondé du choix du tracé retenu.

Plusieurs consultations ayant donné lieu à des réactions plutôt hostiles, le gouvernement a chargé un comité consultatif composé d'universitaires et d'autres experts de réfléchir aux méthodes utilisées par le ministère des transports. Le rapport établi par ce comité en 1977³ estime que l'analyse coûts/avantages permet effectivement de fournir aux décideurs les informations qui leur sont nécessaires, mais recommande aussi, tout en se ralliant à la méthode dans son ensemble, de tenir compte explicitement des impacts environnementaux et autres impacts non quantifiables des projets routiers. Il suggère en outre au ministère d'adopter les méthodes, en cours de mise au point à l'époque, qui pronostiquent l'évolution prévisible du trafic routier en tenant compte du prix du carburant et du coût des voitures et d'attirer l'attention sur les implications des incertitudes qui planent sur les informations fournies aux décideurs.

À une époque où les investissements allaient dans leur majorité aux routes interurbaines, le ministère n'avait aucune raison de modifier radicalement les objectifs du processus d'évaluation, un processus qui devait donc aider, d'une part, les ministres à classer les projets par ordre de priorité pour identifier ceux qui devaient faire l'objet d'une consultation publique et, d'autre part, le modérateur du débat public mené sur les mérites du projet dans le cadre de la politique nationale des transports à asseoir ce débat sur des informations solides et en tirer les conclusions. L'approche fondée sur le bien-être économique reste la norme et tout a été fait, en application essentiellement des recommandations de la SACTRA (Commission consultative d'évaluation des grands axes routiers), pour élargir l'éventail des impacts pris en compte en réponse aux préoccupations croissantes soulevées par les interrelations entre les transports et l'environnement. Quoique ces méthodes ne tiennent pas explicitement compte des objectifs poursuivis en matière de développement économique, les projets approuvés par les pouvoirs

publics en comprenaient chaque année plusieurs qui devaient être mis en œuvre, malgré leur faible ratio avantages/coûts, dans des régions à taux de chômage élevé. Il s'ensuit que la contribution du programme d'infrastructures de transport à l'atteinte des objectifs poursuivis en matière de développement économique est le fruit de décisions politiques plutôt que d'une analyse économique.

Investissements ferroviaires et minimisation des coûts d'exploitation des services ferroviaires calculés sur la totalité de leur vie utile

Pendant toute cette période de construction d'infrastructures routières, la plus grosse partie des investissements ferroviaires a été affectée au remplacement au moindre coût des équipements existants. Même le premier projet Thameslink (1987), qui a rouvert une ancienne ligne marchandises pour créer un premier service de transport nord-sud de voyageurs reliant les gares de King's Cross et de London Bridge entre elles en longeant les limites de la City, a permis de réduire les coûts dans leur ensemble. Le projet a permis de fusionner l'exploitation de deux lignes précédemment distinctes et de vendre les terrains sur lequel un des ateliers d'entretien était installé. Il n'avait pas été besoin d'une analyse économique coûts/avantages pour un projet qui réduisait les coûts d'exploitation des chemins de fer et rien n'a été fait pour évaluer l'impact de ce projet sur l'économie londonienne.

Les lignes de banlieue desservant la zone d'attraction du nord de Londres ont elles aussi été électrifiées pendant les années 1980 (celles qui desservent la banlieue sud avaient été électrifiées entre les deux guerres) dans une optique de réduction des coûts. Ce programme d'électrification a eu pour conséquence de gonfler considérablement le trafic de migrations alternantes à longue et moyenne distance venant du nord où les maisons sont moins chères et où beaucoup de nouvelles résidences avaient été construites parce que les permis de construire y sont plus faciles à obtenir que dans la banlieue de Londres. Les gares du centre de Londres où ces lignes aboutissent sont toutes situées à deux ou trois kilomètres des principaux bassins d'emploi et ces nouveaux migrants alternants prennent donc le métro dans la zone centrale pour se rendre à leur travail, encombrant ainsi le réseau. En dehors de Londres, les principaux investissements dans les transports publics urbains ont été réalisés dans six villes où il s'est avéré possible de remplacer des lignes classiques de chemin de fer par des métros légers et de faciliter ainsi l'accès au centre. Quelque significatifs qu'ils aient pu être pour les villes où ils ont été réalisés, les investissements ainsi réalisés au Royaume-Uni restent très inférieurs à ce qui s'est fait dans la plupart des autres pays européens.

4. Renforcement des capacités du rail londonien

Augmentation du volume des migrations alternantes et de l'encombrement des trains : Étude des transports ferroviaires du centre de Londres, 1988-89

L'augmentation des migrations alternantes à longue distance et des emplois au centre de Londres pèse lourdement sur le réseau ferré, notamment sur les lignes de métro qui le desservent et les points de correspondance des terminus des grandes lignes. A la différence d'autres capitales européennes, Londres n'a pas de RER ou de *Stadtbahn* qui desservent ou traversent son centre. En 1988, le gouvernement a chargé un groupe d'étude des chemins de fer du centre de Londres⁴ de réfléchir aux moyens de lutte

contre l'encombrement. Le groupe a étudié diverses options envisageables avec London Transport, l'organisme responsable de la planification et de l'exploitation du réseau londonien de transports publics, et le département de British Rail responsable de l'exploitation du réseau sud-est.

L'analyse réalisée pour le groupe d'étude s'appuie sur un modèle de transport détaillé quadriphasé couvrant toute la partie intéressante du réseau. Le modèle des études des transports londoniens mis au point par le Conseil du Grand Londres et le ministère des transports s'appuie sur des données tirées d'une enquête menée auprès des ménages ainsi que sur des informations détaillées relatives au réseau et des estimations des coûts des usagers qui ont été combinées avec des données relatives aux origines/destinations et aux itinéraires provenant d'interviews d'usagers des transports publics que des comptages des usagers et des véhicules routiers ont complétées et validées. Comme les méthodes de répartition du trafic entre les différents modes de transport public utilisées dans les études des transports londoniens accusent quelques faiblesses, un autre modèle appelé RAILPLAN a été élaboré dans le but de mieux modéliser les choix opérés par les voyageurs entre les différents itinéraires ferroviaires possibles, des choix qui constituent un paramètre qu'une évaluation du bien-fondé de nouveaux projets ferroviaires doit obligatoirement prendre en compte. A l'instar de la plupart des modèles de son temps, celui des études des transports londoniens intègre des hypothèses exogènes sur le volume et la distribution géographique de l'emploi et ne peut donc pas montrer ce qu'un projet peut apporter en termes de développement. Un fossé commençait ainsi à se creuser entre la méthode rigoureuse d'évaluation et de modélisation et la recherche par les décideurs d'un système propre à épauler le développement de l'activité économique à Londres.

L'analyse sur laquelle l'étude repose postule la mise en œuvre d'un vaste programme d'optimisation de l'utilisation du réseau existant. L'hypothèse est raisonnable parce que beaucoup de projets étaient déjà programmés et sûrs d'être financés. Le choix devait alors dans ses grandes lignes s'opérer entre la construction de nouvelles lignes souterraines de métro, d'une part, et de nouvelles lignes de train traversant le centre de Londres en souterrain (programme Crossrail), d'autre part. Le programme Crossrail impliquait le percement de tunnels commençant un peu en dehors de la zone centrale ainsi que la construction de nouvelles gares sous les gares terminus existantes et en d'autres endroits de la zone centrale. L'étude des transports ferroviaires du centre de Londres ne s'étend pas à la desserte des Docklands, dans la banlieue est de Londres, qui est en revanche analysée dans l'étude sur le réseau ferré de l'est de Londres (voir infra).

L'analyse coûts/avantages était à l'époque largement utilisé pour déterminer le degré de priorité des investissements. Le ratio avantages/coûts des projets a été pris en compte dans l'étude comme critère d'identification des options à analyser en détail. Les avantages se limitaient aux gains de temps réalisés par les usagers des transports publics, des gains qui sont importants s'ils se réalisent sur les temps de marche et d'attente dans les lieux où les services avec correspondance sont remplacés par des services directs. Des enquêtes ayant révélé que les voyageurs jugent le temps de marche et d'attente plus "coûteux" que le temps passé dans un train, la valeur unitaire des gains réalisés sur le temps passé à bord des véhicules a été doublée pour estimer la valeur à accorder à chacune des minutes que les nouvelles traversées directes du centre de Londres permettent de gagner sur les temps de marche et d'attente. Le temps passé à bord de véhicules bondés a également été pondéré par majoration de la valeur type des gains de temps. L'utilisation du modèle de choix des itinéraires de déplacement en transports publics a permis d'estimer la modification du taux d'encombrement des réseaux et, partant, les avantages engrangés par les voyageurs sur les lignes abandonnées par ceux qui empruntent la nouvelle ligne. Diverses études portant sur la disposition des voyageurs à laisser passer un train bondé pour en prendre un autre qui l'est moins ont montré que l'encombrement est réellement perçu comme étant pénalisant.

D'autres avantages procèdent d'une réduction de la congestion induite par les transferts modaux dont l'ampleur est mise en lumière par le module "choix modaux" intégré dans le modèle utilisé dans les

études des transports londoniens. Les recettes générées par l'augmentation de la fréquentation des transports publics sont classées parmi les avantages en tant que révélateurs de la disposition des voyageurs à payer pour une amélioration des services. La couverture géographique du réseau examiné dans l'étude des transports londoniens a permis de séparer les recettes additionnelles générées par les projets Crossrail des transferts de recettes effectués entre les différents opérateurs ferroviaires inclus dans l'étude des transports londoniens.

Les projets Crossrail affichaient dans leur ensemble des meilleurs ratios avantages/coûts, l'indicateur sur la base duquel le ministère classe les projets par ordre de priorité, que les projets de construction de nouvelles lignes souterraines de métro. Ils permettent en effet de transporter plus de voyageurs, de libérer des capacités dans les gares terminus en réduisant le nombre de points de correspondance et, comme dans le cas du projet Thameslink, de réduire le coût d'exploitation des trains en remplaçant un système d'exploitation qui impose un retournement des trains dans les gares terminus par un système de services directs exploitables avec moins de personnel et moins de matériel roulant. Les ratios avantages/coûts des projets Crossrail est-ouest et nord-sud ont été estimés égaux à respectivement 1.9 et 1.6 sur la base du taux d'actualisation de 7 % considéré comme normal à l'époque.

A l'instar de nombreuses autres études britanniques sur les transports, l'étude des chemins de fer du centre de Londres n'a pas servi de fondement à une décision de construction d'une ligne nouvelle, mais a proposé d'approfondir l'analyse et de peaufiner les projets Crossrail nord-sud et est-ouest et constaté que la principale pierre d'achoppement était à rechercher du côté du financement. L'État avait établi en principe que les usagers des transports publics devaient payer les avantages qu'ils tiraient de leur amélioration et le ministre avait clairement précisé dans l'introduction de l'étude qu'il ne pouvait y avoir aucune raison de faire participer les contribuables d'autres parties du pays au financement de projets profitables aux seuls usagers des chemins de fer londoniens. Les auteurs de l'étude estiment quant à eux que les promoteurs qui tirent avantage des projets doivent eux aussi contribuer volontairement à leur financement sous le couvert d'un accord négocié avec les opérateurs ferroviaires. Si le surcroît de recettes généré par les voyageurs et les contributions des promoteurs ne suffisent pas pour couvrir le coût des projets, l'État pourrait envisager d'intervenir à hauteur de la valeur des avantages externes. L'évaluation économique ne s'est pas étendue aux modalités possibles de financement des projets.

Le travail de réflexion sur la voie à suivre pour amener les usagers à payer les avantages qu'ils pourraient tirer des projets Crossrail n'a jamais démarré. L'analyse est partie de l'hypothèse que les tarifs des transports publics allaient augmenter au même rythme que le PIB, mais rien n'a été fait pour comparer l'impact de cette hypothèse avec celui d'un quelconque autre mode de tarification propre à assurer le financement des projets. Au moment où l'étude des tracés et de l'aménagement des gares est arrivée à son terme, l'entrée en récession de la Grande-Bretagne s'est concrétisée par une contraction du marché de l'emploi dans le centre de Londres et une inversion de la tendance à l'augmentation des arrivées pendant les heures de pointe de la matinée. La plupart des investissements prévus par le grand programme de modernisation destiné à optimiser l'utilisation des infrastructures existantes ont été menés à leur terme, mais le ministère des finances n'a pas voulu affecter d'autres crédits au financement des projets Crossrail. Un projet de loi habilitant les opérateurs ferroviaires à acheter les terrains nécessaires à l'agrandissement des gares de la ligne Crossrail est-ouest a été examiné au Parlement en 1991, mais la levée de boucliers provoquée par le projet de tracé et le caractère très vague de son financement ont fait obstacle au vote de la loi, avec cette restriction toutefois que les terrains nécessaires à la réalisation du projet ont été préservés afin qu'ils ne puissent pas être affectés à des fins qui interdiraient toute réalisation ultérieure du projet. Le projet a effectivement été reporté à une date ultérieure et la ligne Crossrail est-ouest n'a plus guère mobilisé les esprits pendant les années 90 au cours desquelles l'attention s'est reportée sur les Docklands de la banlieue est de Londres où un besoin plus urgent de renforcement des capacités s'était manifesté.

Desserte des Docklands : Étude relative au réseau ferré de l'est de Londres

Les plans de reconversion des Docklands de la banlieue est de Londres tablaient au départ sur le développement d'activités à relativement faible densité d'emploi telles que l'imprimerie, l'entreposage et quelques autres services d'aide aux entreprises à faible valeur ajoutée. La zone est desservie depuis 1987 par un métro aérien léger qui fait circuler des trains modernes à unités multiples sur des lignes séparées du réseau routier. Sa capacité reste limitée en dépit de la mise en service, en 1987, de la station Bank au cœur de la City et de l'achat de trains de deux voitures.

Au cours des années 80, période de croissance accélérée de l'emploi dans le centre de Londres, les promoteurs opérant dans les Docklands ont cru – hypothèse réaliste au vu des restrictions imposées par les urbanistes à l'implantation d'immeubles de bureaux dans la City – pouvoir concurrencer la ville de Londres comme lieu d'implantation des sièges centraux de groupes financiers et commerciaux. Cette politique urbanistique restrictive pouvait peut-être trouver une justification dans des considérations d'ordre esthétique, mais elle n'en a pas moins eu pour principale conséquence de faire augmenter la valeur des immeubles de bureaux de la City.

Plusieurs projets de création de nouveaux services de transport public desservant les Docklands offrant la capacité et la qualité de service requises par la densité des aménagements envisagés ont alors vu le jour. Le déclic est venu de l'entrée en scène des promoteurs canadiens Olympia & York qui ont proposé à l'État de contribuer largement à la création d'une nouvelle ligne souterraine de chemin de fer reliant la gare de Waterloo au quartier d'immeubles de bureaux qu'ils projetaient de créer sur Canary Wharf, à quelque 7 kilomètres de distance vers l'est. Le prolongement de cette nouvelle ligne jusqu'à Greenwich, au sud-est de Londres, était également prévu dans leurs plans. Le gouvernement a toutefois estimé, avec l'aval de London Transport, qu'une nouvelle ligne appelée à desservir Canary Wharf devait être reliée au réseau souterrain de Londres et a donc chargé un groupe d'étude des transports de l'est de Londres de réfléchir au tracé de cette ligne. Ce groupe a proposé de prolonger la ligne Jubilee pour qu'elle relie Westminster, Waterloo, le pont de Londres, North Greenwich et Stratford à Canary Wharf. Le projet devait, d'après les premières estimations, coûter £ 1 milliard, une somme à laquelle les promoteurs étaient prêts à contribuer à hauteur de £ 400 millions qu'ils verseraient en plusieurs tranches si certaines conditions étaient remplies, notamment si la date d'ouverture de la ligne était fixée de façon ferme. Le projet a été mis à l'étude immédiatement après le vote par le Parlement, en 1992, de la loi qui conférait à London Transport le droit d'acheter les terrains nécessaires à la réalisation des travaux. Les coûts réels se sont élevés à £ 3.5 milliards. En raison du retard pris par l'ouverture de la ligne et des difficultés financières rencontrées par Olympia & York et leurs successeurs au cours de la récession du début des années 90, la contribution des promoteurs ne représente plus en valeur actualisée que 5 % des coûts réels d'investissement.

L'estimation de la fréquentation attendue du prolongement de la ligne Jubilee a permis de faire la lumière sur le potentiel recelé par le modèle utilisé dans les études des transports londoniens, notamment parce qu'il était prévu que l'aménagement du Canary Wharf, dont le projet dépendait, allait faire augmenter le nombre d'emplois concentrés dans la zone couverte par l'étude alors que le modèle utilisé dans les études ne pouvait qu'évaluer les retombées d'une redistribution d'un nombre d'emplois déterminé par des facteurs exogènes. Par ailleurs, les méthodes d'évaluation économique en usage à l'époque ne prenaient en compte que les seuls raccourcissements de la durée des déplacements, ces raccourcissements étant pondérés sur la base du coût de l'encombrement et de la valeur du temps de marche, d'attente et de correspondance. Le ratio avantages/coûts calculé par les méthodes courantes de l'époque était proche de 0.9:1, c'est-à-dire nettement inférieur à celui en deçà duquel le ministère des finances n'accorde normalement pas le financement. Le ministère l'a néanmoins approuvé parce qu'il pouvait alors compter sur la contribution substantielle des promoteurs et que la réhabilitation devait

encore générer d'autres avantages que ceux que l'estimation des avantages procurés par le projet avait identifiés. A la différence du projet Crossrail, le prolongement de la ligne Jubilee répondait aux conditions fixées par l'État, notamment à celle qui voulait que les bénéficiaires du projet, en l'occurrence les promoteurs de Canary Wharf, contribuent largement à son financement. Le retard pris par l'achèvement du projet et les difficultés financières des promoteurs ayant toutefois raboté la contribution du secteur privé, le ministre des transports Steve Norris a clairement donné à entendre⁵ que les avantages non quantifiés générés par le projet jouent un rôle de premier plan dans la poursuite du subventionnement public.

5. Élargissement de la portée des méthodes d'évaluation

Transports et économie : Problèmes et recommandations

Rapport de 1999 de la SACTRA

Après avoir présenté son rapport de 1977, la Commission consultative d'évaluation des grands axes routiers est devenue une commission consultative permanente appelée SACTRA qui a par la suite été invitée à établir des rapports sur un certain nombre de questions qu'elle dominait bien, notamment sur les modalités de prise en compte des impacts environnementaux des projets de transport dans le processus d'évaluation ainsi que dans la modélisation et l'évaluation du trafic routier qu'ils génèrent⁶. Ce dernier thème d'étude lui a été assigné parce que le ministère modélisait à l'époque les projets routiers en utilisant une matrice fixe des déplacements.

En 1996, les ministres des transports et des finances ont demandé à la commission un avis sur les interrelations entre les transports et l'économie. La poursuite du subventionnement de la jonction entre la ligne Jubilee et les Docklands de Londres montre que les ministres avaient conscience que les méthodes classiques d'évaluation ne permettaient pas de cerner l'effet revitalisant des projets de grande envergure. Le ministre a donc demandé à la SACTRA de l'aider à faire la synthèse de la multitude croissante d'ouvrages scientifiques traitant de la question et de lui faire mieux comprendre les nouveaux modèles d'aménagement du territoire et autres modèles géo-économiques annonciateurs de possibilités d'application pratique de la théorie. Il l'a plus particulièrement chargée de réexaminer les méthodes habituelles d'évaluation coûts/avantages de son ministère et de lui préciser comment ces méthodes devraient être alignées sur les conclusions de ses réflexions. Il lui a demandé en outre, eu égard au fait que le trafic routier a continué à augmenter pendant toutes les années 90, de réfléchir aux interrelations entre croissance économique et trafic routier ainsi qu'aux effets économiques de mesures destinées à ralentir la croissance du trafic.

La SACTRA a conclu⁷ qu'il y avait de quoi moderniser et améliorer les méthodes de modélisation et d'évaluation et estimé que ces méthodes devaient servir de fondement à l'évaluation économique des projets de transport. Les méthodes classiques permettent d'évaluer le raccourcissement de la durée des déplacements ainsi que l'évolution des coûts d'exploitation et des recettes des opérateurs de transport. La SACTRA recommande d'intégrer l'impact des modifications de la fiabilité dans les avantages recueillis par les usagers et de tenir compte, partant, de la réduction de la variabilité des temps de parcours induite par le renforcement de la capacité des réseaux de transport. Elle suggère aussi d'évaluer les coûts environnementaux quand les données disponibles le permettent, trouve indiqué d'améliorer les méthodes

de prévision de l'évolution et de modélisation des déplacements à finalité professionnelle et des transports de marchandises et considère que l'analyse coûts/avantages classique décrite dans les paragraphes qui précèdent donne, en situation de concurrence parfaite, une bonne idée des avantages générés par un projet quand le marché est concurrentiel et que le prix des transports ainsi que des biens et des services qui circulent sur le réseau de transport reflète les coûts marginaux.

La SACTRA a cru pouvoir constater que les imperfections du marché sont, dans certaines circonstances, suffisamment importantes pour invalider les estimations obtenues par les méthodes classiques. Tel est le cas par exemple quand le marché foncier et le marché de l'emploi dysfonctionnent ou quand des subventions ou des externalités creusent un écart sensible entre les prix payés par les utilisateurs des transports et les coûts marginaux. La SACTRA a pensé que des modèles LUTI ou EGCS pourraient prendre en compte certaines conséquences d'un renoncement partiel à l'hypothèse de la concurrence parfaite. Quelques modèles LUTI adaptés aux réalités britanniques, dont les modèles MEPLAN et DELTA, ont effectivement été mis au point, mais ils ne sont guère utilisés parce qu'ils sont complexes et n'ont pas de lien direct avec les méthodes d'évaluation du ministère. Les modèles EGCS en étaient alors au stade expérimental et il n'y a aujourd'hui pas encore d'exemple d'utilisation d'un tel modèle comme aide à l'évaluation de la justification économique des projets de transport. La SACTRA admet d'ailleurs que les modèles EGCS conviennent mieux à l'analyse de modifications profondes des services ou des prix de transport qu'à l'établissement d'une évaluation économique de projets britanniques de transport quelque importants qu'ils puissent être.

Rapport Eddington de 2006

Les autorités publiques ne se sont pas satisfaites du seul rapport de la SACTRA pour essayer de mieux comprendre les interrelations à long terme entre transports et productivité. En 2005, les ministères des finances et des transports ont ainsi chargé Sir Rod Eddington de se pencher sur la contribution des transports au renforcement de la productivité et de la compétitivité. Le rapport Eddington⁸ recommande de se focaliser sur l'amélioration des réseaux de transport existants en donnant la priorité aux projets axés sur les zones urbaines encombrées, les corridors interurbains et les portes d'entrée internationales parce que les projets qui prennent les éléments économiquement les plus importants du réseau pour cible sont de nature à avoir la rentabilité économique la plus élevée. Le rapport avalise les méthodes d'évaluation du ministère en arguant du fait qu'il est en train de les revoir afin d'y englober les avantages économiques élargis et de les amener à fournir l'indicateur plus complet de la rentabilité des investissements dont il sera question ci-dessous. Il les accrédite aussi en affirmant pouvoir trouver dans les ratios avantages/coûts estimatifs d'un grand nombre de projets une preuve du haut degré de rentabilité des investissements effectués. Le rapport met en garde contre les "projets de grande envergure" au motif qu'ils affichent rarement les ratios avantages/coûts élevés communs à de nombreux petits projets et que rien ne prouve vraiment qu'ils seraient à l'origine des mutations bénéfiques qu'ils sont censés générer. Le rapport admet, sans faire explicitement référence aux projets Crossrail, que la construction de nouvelles liaisons ferrées urbaines peut se justifier là où elles approfondissent le marché de l'emploi.

Le rapport Eddington ne recommande pas de modifier les méthodes d'évaluation économique adoptées ou mises au point par le ministère à l'époque et a eu pour effet principal non seulement de mettre l'accent sur la contribution des transports à l'amélioration de la productivité, mais aussi de rationaliser le mode de traitement des projets de transport. Il recommande ainsi d'identifier les priorités stratégiques avant de cerner les problèmes et de proposer un large éventail de solutions possibles en recourant aux méthodes d'évaluation appropriées pour déterminer les priorités dans le contexte du budget des transports. Il est permis d'affirmer que l'adoption du Guide d'évaluation économique des projets de transport (voir section 5.5) par le gouvernement actuel s'inscrit, du moins jusqu'à un certain point, dans la ligne de ces recommandations.

Réaction du ministère au rapport de la SACTRA⁹

Mise à jour et amélioration des techniques existantes

Le ministère a répondu aux recommandations de la SACTRA en mettant en avant le travail qu'il avait déjà accompli pour mettre à jour et améliorer bon nombre des intrants intégrés dans les analyses coûts/avantages classiques. Il a lancé un programme de recherche pour redéfinir la valeur des gains de temps et de l'amélioration de la fiabilité, fait réaliser des nouvelles études pour estimer les élasticités clés par rapport au prix des carburants sur lesquelles l'estimation des réactions des usagers de la route aux variations des coûts généralisés repose et poussé plus avant la réflexion sur les modèles LUTI, mais a aussi décidé de ne pas bâtir de modèles EGCS ou entrée/sortie parce que la collecte des données nécessaires coûte très cher, que les données disponibles sont lacunaires et que les avantages directs sont incertains. En fait, l'élaboration de modèles économiques régionaux aurait dû procéder d'une initiative commune de tous les ministères plutôt qu'être le fruit de la volonté du seul ministère des transports.

Impact sur l'économie des zones à redynamiser

Le ministère a également répondu aux recommandations de la SACTRA en publiant, à l'intention des promoteurs des projets, un guide sur l'évaluation de la contribution des projets à la redynamisation de l'activité économique et, plus précisément, de celle des régions à taux de chômage jugé officiellement élevé. Les règles d'évaluation actuelles requièrent des promoteurs qu'ils chiffrent le nombre d'habitants de la zone à redynamiser mis au travail par le projet de transport ainsi que le nombre total d'emplois créés et occupés par des travailleurs venant de la zone ou d'ailleurs. Le guide¹⁰ relatif à l'établissement des rapports sur l'effet redynamisant des projets précise par quels moyens il y a lieu de prouver au ministère que les nouveaux emplois ont été créés par le projet de transport, s'ajoutent aux emplois préexistants et vont être occupés par des travailleurs qui seraient autrement restés chômeurs. Les informations nécessaires proviennent des statistiques locales du chômage, d'enquêtes menées auprès d'entreprises locales, de l'analyse des demandes de permis de bâtir et d'une évaluation de la contribution du projet en cause à l'amélioration de l'accessibilité.

Avantages économiques élargis

Le ministère s'est également appliqué à peaufiner son guide WebTAG (guide sur l'évaluation des avantages économiques élargis des projets de transport) en étendant le champ d'évaluation aux impacts économiques élargis des projets afin de développer et d'améliorer l'approche coûts/avantages classique plutôt que d'opter pour une approche plus holistique fondée sur l'utilisation de modèles EGCS ou entrée/sortie. Après avoir analysé les recommandations de la SACTRA et des études scientifiques récentes, le ministère a pu identifier les principaux facteurs de dysfonctionnement du marché qui n'étaient pas pris en compte dans le guide WebTAG et publié un document de réflexion intitulé *Transport, Wider Economic Benefits and Impacts on GDP* (« Transports, retombées économiques élargies et impacts sur le PIB »)¹¹ détaillant les méthodes utilisables par les promoteurs pour évaluer les impacts économiques élargis de leurs projets de transport. Ce document fait également la lumière sur certaines des différences entre les composantes d'une évaluation économique fondée sur l'analyse coûts/avantages et la contribution au bien-être social et les éléments de cette évaluation économique qui font d'une façon ou de l'autre partie du processus d'élaboration des comptes nationaux pour mesurer l'évolution du PIB.

Le document publié par le ministère en 2005 identifie quatre facteurs de dysfonctionnement du marché susceptibles d'influer sur une évaluation de l'amélioration du bien-être réalisée dans le respect des règles définies dans le guide WebTAG. Ces facteurs peuvent se décrire comme suit :

- Génération d'externalités d'agglomération par une modification de la densité effective d'une zone urbaine et modification de la production par le biais des interrelations entre cette densité effective et la productivité ;
- Intensification de la concurrence sur les marchés consommateurs de transport entraînée par les projets de transport ;
- Modification de la valeur de la réduction des coûts de transport due à l'imperfection de la concurrence qui s'exerce dans les secteurs consommateurs de transport ;
- Évolution de l'offre de main-d'œuvre entraînée par la modification du nombre de travailleurs occupés due à la modification des coûts d'accès au marché de l'emploi et par la migration de certains travailleurs vers des emplois plus productifs.

Le document conclut que le réseau britannique de transport est suffisamment développé pour que la concurrence entre entreprises consommatrices de transport soit déjà satisfaisante et, ce qui est plus important encore, que l'amélioration des transports n'influe pas sur les dysfonctionnements existants du marché. Les prix de nombreux biens de consommation sont sans doute plus élevés que dans des régions éloignées, mais cet état de fait est généralement la conséquence d'un éloignement des centres de production qu'aucune amélioration raisonnable des transports ne peut compenser. Il convient de souligner que les méthodes d'évaluation en usage en Écosse¹², où la facilitation de l'accès des centres d'habitat isolés est une priorité, permettent de faire entrer l'intensification de la concurrence en ligne de compte.

Quantification des avantages économiques élargis comme aide à l'évaluation des projets de transport

Le document publié par le ministère en 2005 passe les études récentes sur les économies d'agglomération en revue. Il est depuis longtemps manifeste que même si la majorité des projets de transport urbains affichent un meilleur ratio avantages/coûts que la plupart des projets interurbains, les décideurs acceptent de financer certains de ces projets apparemment moins méritants. Le coût de ces projets est élevé parce que les terrains coûtent plus cher en ville et que la modification de réseaux encombrés dans des zones urbaines de haute densité fait monter les coûts de construction à des niveaux plus élevés. Ces coûts plus élevés sont toutefois imputables en partie au prix que les entreprises attachent à leur implantation dans des zones urbaines de haute densité, un paramètre que la méthode d'évaluation du ministère ne quantifie pas.

Des études réalisées à la demande du ministère¹³ définissent une unité de mesure de la densité effective et quantifient l'interrelation entre densité effective et productivité, une interrelation qui varie d'un secteur à l'autre et qui tend, comme l'on pouvait s'y attendre, à être plus étroite dans les deux secteurs de la finance, d'une part, et des communications, de la distribution et des transports, d'autre part, qui tendent à se concentrer dans les centres-villes. La densité effective de chaque secteur et zone d'emploi dépend de la proximité de tous les autres emplois, cette proximité étant mesurée en termes de coût généralisé tiré du modèle de transport et du niveau de l'emploi observé dans chaque zone. L'interrelation peut être représentée par l'équation suivante:

$$d_i^{S,k,f} = \sum_{j,m} \frac{E_j^{S,f}}{(g_{i,j}^{S,m,f})^{\alpha k}}$$

dans laquelle :

$E_j^{S,f}$ représente le nombre cumulé d'emplois de tous les secteurs k présents dans la zone j dans le scénario S au cours de l'année f . Si la forme d'aménagement du territoire reste fixe, le nombre d'emplois est le même dans les deux scénarios (intervention minimaliste et mise en œuvre complète du projet),

$g_{i,j}^{S,m,f}$ représente le coût généralisé moyen d'un déplacement effectué pendant l'année f dans le scénario S de la zone i vers la zone j en empruntant le mode de transport m ,

α^k représente le paramètre d'affaiblissement de la distance qui varie selon le secteur k .

La densité effective de l'emploi est donc une grandeur qui permet de comparer le nombre et la proximité des emplois occupés dans un secteur présent dans une zone urbaine avec ceux de tous les autres emplois de cette zone. Elle reflète, dans la mesure où elle quantifie le degré d'agglomération et ses variations, la valeur d'un ensemble d'avantages économiques qui sont extérieurs au travailleur et à l'entreprise et s'ajoutent par conséquent aux avantages constitués par le raccourcissement de la durée des déplacements et d'autres réductions de coûts généralisés dont la valeur a été calculée par les méthodes classiques. Les problèmes soulevés par l'estimation sans biais de cette élasticité de la productivité par rapport à la densité effective et par l'estimation de l'incidence du paramètre sur la fonction d'affaiblissement de la distance ont été décrits dans d'autres études¹⁴.

Le document de 2005 aborde aussi la question de l'existence éventuelle d'une concurrence imparfaite entre les entreprises consommatrices de transport. Il montre que les prix de marché excèdent régulièrement les coûts de production (après ajustement, conformément aux recommandations du guide WebTAG, de l'estimation des impacts du financement public dans les cas où les dépenses sont entraînées par l'achat de biens détaxés tels que des billets d'autobus ou d'autres modes de transport public plutôt que de biens soumis à la TVA ou à d'autres taxes). Les prix britanniques dépassant les coûts d'en moyenne 10 %, le document de 2005 recommande de multiplier la valeur estimative des gains de temps et des économies réalisées par les voyageurs par 1.1 pour remédier à cette imperfection du marché.

La quatrième cause de dysfonctionnement du marché propre à déboucher sur une sous-estimation de l'impact des projets de transport urbains sur le bien-être est à chercher du côté de l'offre de main-d'œuvre. Le coût des déplacements domicile - travail étant par hypothèse un déterminant du nombre de personnes actives dont l'importance est comparable à celle des salaires nets, le ministère a estimé, après avoir fait le tour des études qui traitent de l'élasticité de l'offre de main-d'œuvre par rapport aux salaires nets, devoir lui attribuer une valeur de 0.1. L'addition de la valeur estimative attribuée par le modèle de transport au coût des migrations alternantes et aux modifications de ce coût induites par le projet de transport au montant estimatif des salaires nets moyens touchés par les nouveaux entrants sur le marché de l'emploi permet d'estimer la modification des revenus du travail générée par le projet, l'élasticité donnant quant à elle une idée de l'ampleur de la réponse à ce changement. La volonté d'entrée d'un travailleur dans le monde des actifs est déterminée par le montant des rémunérations nettes, les coûts de déplacement et diverses autres considérations relatives à la désutilité du travail sur lesquelles le projet de transport reste sans influence. La productivité du travailleur que le nouveau projet amène à rejoindre le marché du travail se mesure toutefois à l'aune de la rémunération brute. Le surcroît de recettes fiscales généré par l'augmentation de la population active est assimilé dans le guide WebTAG à un gain de bien-être additionnel parce qu'il permet effectivement de réduire les taxes payées par tous les autres citoyens.

Il peut en être dit autant de l'estimation du deuxième impact sur le marché du travail évoqué dans le guide, à savoir le choix d'emplois plus productifs par certains membres de la population active. Le coût

moins élevé de l'exercice d'un emploi dans des endroits plus urbanisés et plus productifs incite les travailleurs occupés dans des lieux moins productifs à migrer vers des emplois plus productifs tandis que les entreprises changent de lieu d'implantation pour pouvoir accéder à un marché de l'emploi plus large, contribuant ainsi à générer des économies d'agglomération dont elles tirent aussi profit. Quoiqu'ils soient associés aux économies d'agglomération décrites ci-dessus, ces avantages sont estimés pour les travailleurs occupés dans la zone urbaine qui tire avantage d'une augmentation de sa densité effective. L'incidence positive sur le bien-être se limite à nouveau à l'augmentation des taxes acquittées parce que les travailleurs rechignent, même s'il y a réduction des coûts de transport, à choisir un emploi plus productif, mais aussi plus exigeant.

Les promoteurs de grands projets pourraient se plier aux recommandations du document de 2005 s'ils avaient l'impression d'ainsi pouvoir aider les décideurs à mieux comprendre l'importance potentielle d'une source d'avantages qui a été jugée plaider en faveur d'un projet, mais n'a encore jamais été quantifiée. Une mise à jour du document, qui laisse tomber l'impact sur le PIB, a été publiée en 2009 sous la forme d'une nouvelle section du guide WebTAG qui précise les sources de données nécessaires à l'estimation de chacun de ces impacts élargis. Aujourd'hui encore, six ans après la première édition du document, ses recommandations restent toujours à intégrer dans la liste des conditions auxquelles la justification des projets doit obligatoirement répondre. Le retard s'explique en partie par le fait que la nouvelle administration a décidé de revoir le processus de prise des décisions relatives au transport mis en place par le gouvernement précédent et de resituer le processus d'évaluation économique dans la cadre d'un processus d'évaluation plus holistique des mérites des projets de transport.

Il est aujourd'hui de pratique courante au Royaume-Uni d'estimer l'impact de tous les projets de transport de plus de 20 millions £ sur le marché de l'emploi en considérant que les avantages se confondent avec le surcroît de recettes fiscales et les gains additionnels de bien-être imputables aux imperfections de la concurrence entre marchés de produits consommateurs de transport. Les effets d'agglomération sont estimés pour la plupart des grands projets à réaliser dans des aires urbaines fonctionnelles. Le ministère a publié un manuel, fondé sur le manuel classique TUBA d'évaluation des avantages des utilisateurs de transport, qui explique la marche à suivre pour quantifier ces avantages directement au départ du modèle de transport. Quoiqu'elle ne soit pas obligatoire, cette façon de faire est adoptée par la majorité de ceux qui cherchent à justifier un projet. L'impact de la conversion à des emplois plus productifs induite par la redistribution des activités entre les zones n'est évalué que pour celles d'entre elles pour lesquelles il existe un modèle LUTI approprié et la contribution à cet impact est traitée comme un test de sensibilité des impacts élargis du système plutôt que comme un élément de l'estimation générale. Il existe dans la pratique peu de modèles de ce type et le coût de conception et d'application d'un modèle LUTI va en règle générale au-delà des avantages qu'il peut procurer en termes d'enrichissement des sources d'informations.

Avantages économiques élargis et modélisation des transports

La mise en œuvre pleine et entière du guide du ministère requiert un modèle de transport multimodal pour estimer les modifications de la densité effective et du coût global des migrations alternantes et, par là même, l'impact sur le marché de l'emploi. Le guide WebTAG précise les conditions auxquelles les modèles de transport doivent répondre pour que les informations qu'ils fournissent puissent être utilisées à des fins d'évaluation. La plupart, sinon la totalité, des villes qui s'activent à promouvoir des grands projets de transport ont accès à un modèle qui répond aux conditions définies par le ministère, mais ces modèles, qui sont conçus dans la pratique pour évaluer un large éventail d'options envisageables, en réduire le nombre, peaufiner les plus prometteuses et, en bout de course, préciser à quoi doit ressembler celle qui mérite d'être retenue, se focalisent sur les modifications de la mobilité plutôt que sur l'aménagement du territoire. Les modèles tablent habituellement sur l'immuabilité de

l'offre de main-d'œuvre et limitent leur aire de couverture à la superficie administrative de l'agglomération. Il s'en suit que si le projet de guide d'évaluation fait bien entrer les avantages procurés par l'augmentation de l'offre de main-d'œuvre en ligne de compte, l'augmentation des déplacements domicile - travail reste la plupart du temps ignorée des modèles de transport. Il est dans certains cas possible de remédier à cette insuffisance en donnant aux migrations alternantes une origine située en dehors de la zone étudiée. Un tiers environ des déplacements effectués en train vers des lieux de travail situés dans le centre de Londres viennent d'en dehors de l'agglomération londonienne et sont exclus de l'aire de couverture du modèle, de sorte que leurs perspectives d'évolution doivent être inférées d'un modèle de la demande basé sur l'élasticité. Le modèle de transport est toutefois formulé dans d'autres cas de façon à exclure les migrations alternantes tant générées qu'attirées par la zone étudiée, donnant ainsi naissance à une autre incohérence entre la théorie économique de la main-d'œuvre et son traitement dans l'évaluation des avantages élargis.

L'avantage généré par le choix d'un emploi plus productif se limite à ceux qui changent de lieu d'emploi et s'ajoute donc à l'effet d'agglomération. Le guide du ministère recommande d'utiliser un modèle LUTI de transport/d'aménagement du territoire pour pronostiquer les changements de lieu d'installation dont les entreprises et les travailleurs vont décider en réponse à une modification des coûts de transport. Une autre méthode consiste à pronostiquer les modifications de l'affectation des sols et de l'emploi en se fondant sur les plans d'aménagement qui dépendent du projet et ne seront approuvés que si le projet lui-même est approuvé. Il y a plusieurs exemples de cas, notamment celui de Crossrail, dans lesquels cette source d'avantage a été estimée et ajoutée aux avantages attribués au projet. L'attribution de tous ces avantages d'une augmentation des extrants au projet de transport ne va toutefois pas sans problème étant donné qu'ils peuvent aussi procéder de modifications de l'aménagement du territoire qui peuvent avoir des coûts et des avantages externes qui devraient être pris en compte dans une évaluation couvrant l'impact tant des transports que de l'aménagement du territoire.

L'évaluation de beaucoup de projets ferroviaires repose sur l'utilisation de modèles monomodaux parce qu'il manque souvent de données couvrant tous les modes utilisés et les finalités de tous les déplacements effectués sur les vastes réseaux de transport qui peuvent être affectés par un projet ferroviaire dans un modèle multimodal courant. Il n'a pas été possible de combiner plusieurs modèles multimodaux couvrant toutes les zones en cause parce que les spécifications et la structure de tels modèles qui couvrent des zones urbaines de forte densité diffèrent de celles des modèles qui couvrent des zones où la voiture occupe le haut du pavé. Le projet Thameslink, qui améliore les services ferroviaires dans un large corridor de 250 km de long reliant la côte sud de l'Angleterre aux confins septentrionaux du marché londonien des migrations alternantes ferroviaires en passant par Londres, irrigue toute une zone couverte par plusieurs modèles différents. En l'absence de modèle multimodal approprié, l'estimation des avantages élargis générés par les projets ferroviaires oblige à recourir à des sources de données étrangères au modèle.

La redistribution des migrations alternantes a d'autres retombées sur les avantages d'un projet étant donné que le glissement du pôle d'attraction des déplacements vers les centres urbains est de nature à modifier le lieu de destination des migrants alternants ainsi que leur mode de déplacement, ce dernier changement étant concrétisé par la substitution d'un déplacement à longue distance en chemin de fer à un déplacement plus court en voiture. La réduction de la congestion routière entraînée par ce glissement ajoute un argument à ceux qui plaident en faveur du projet et constitue une externalité qui justifie dans une certaine mesure le subventionnement des services ferroviaires empruntés par les migrants alternants. L'estimation de l'impact de cette redistribution des déplacements et de la modification des flux routiers qui en résulte est un véritable défi pour les spécialistes de la modélisation des transports et il faudra se contenter d'approximations quand les modifications s'opèrent en dehors de l'aire géographique couverte par le modèle de transport.

La cohérence du modèle de transport et de l'évaluation économique est depuis longtemps considérée comme indispensable à une bonne analyse coûts/avantages. L'évaluation économique se fonde les changements d'équilibre des coûts des usagers mis en évidence par le modèle. Les modèles utilisés en Grande-Bretagne pour les projets de transport ne tiennent pas compte de l'influence exercée sur le marché de la main-d'œuvre par les modifications du coût du travail. La plupart de ces modèles posent en hypothèse que le projet ne modifie pas le volume de l'emploi dans les zones qu'il affecte. Les modèles LUTI peuvent aider à cerner les effets éventuels d'un assouplissement de cette hypothèse, mais ils ne sont pas couramment utilisés parce qu'ils coûtent cher à tenir à jour et à mettre en œuvre et que l'estimation des avantages proposée par ceux qui sont mis en œuvre reste délicate à interpréter. La modification de la demande de mobilité est le produit conjoint du projet de transport et de la modification de l'affectation des sols et ne doit pas être imputée au seul projet de transport. Il semble qu'avec une modélisation et une évaluation à la britannique, l'estimation des impacts économiques élargis et la représentation de ces impacts dans un modèle de transport présentent certaines incohérences.

Rôle du ratio avantages/coûts dans le processus décisionnel : Guide de calcul de la rentabilité du ministère des transports et justification des projets de transport

Le guide WebTAG d'évaluation des projets de transport élaboré par le ministère distingue, conformément aux objectifs poursuivis par les pouvoirs publics et aux recommandations de plusieurs rapports de la SACTRA, plusieurs catégories d'impacts selon qu'ils s'exercent sur l'économie, l'environnement, le corps social ou les comptes publics. La plupart de ces impacts étaient exprimés en termes monétaires et intégrés dans la valeur estimative de la modification du bien-être économique, avec les principaux avantages des utilisateurs des transports et, par le biais de l'attribution d'une valeur estimative à une vie statistique, la plupart des impacts sur la sécurité. Le ratio avantages/coûts d'un projet était calculé au départ des coûts et avantages exprimés en termes monétaires. Il est admis depuis longtemps que le ratio avantages/coûts ne donne qu'une image très partielle des avantages sociaux possibles d'un projet parce qu'il laisse beaucoup d'impacts importants, dont la plupart des impacts sur l'environnement, dans l'ombre. Le guide WebTAG explique aux promoteurs des projets comment ils doivent estimer ces impacts et les décrire dans l'aide-mémoire qui explique aux décideurs pourquoi ils devraient approuver les projets. La description de l'impact d'un projet sur la biodiversité doit par exemple préciser l'impact sur un site d'intérêt scientifique particulier, la force de l'impact par rapport à l'étendue et à l'importance du site et la nature des mesures envisagées pour tempérer l'impact. La collecte de ces informations permet aux décideurs de juger du poids relatif des valeurs monétaires et des impacts non quantifiés.

Afin de mettre les décideurs en mesure d'opérer ces arbitrages et d'expliquer le processus décisionnel aux acteurs extérieurs au ministère de façon plus formelle, le ministère a publié en 2004 un nouveau guide de calcul de la rentabilité qu'il a depuis lors encore mis à jour¹⁵. Ce guide définit la rentabilité comme étant un concept qui englobe tant les avantages évalués par la méthode classique que les impacts environnementaux et autres qui ne sont pas pris en compte dans le calcul du ratio avantages/coûts. Il distingue en outre plusieurs catégories de rentabilité et explique qu'en raison de la limitation des dépenses publiques et de l'absence, dans le Livre vert du ministère des finances sur l'évaluation, d'un facteur qui tienne compte du coût de la mobilisation des ressources, les projets dont les avantages l'emportent sur les coûts ne sont pas tous sûrs d'être approuvés. Les projets sont classés dans différentes catégories de rentabilité en deux phases, sur la base de leur ratio avantages/coûts d'abord et des coûts et avantages additionnels non monétarisés et partant non pris en compte dans le calcul du ratio avantages/coûts ensuite. Les projets dont le ratio avantages/coûts est inférieur à 1.0 sont dits être "non" rentables et sont sûrs de ne pas être approuvés. Ceux dont le ratio se situe entre 1.0 et 1.5 sont qualifiés de "peu" rentables et seul un petit nombre d'entre eux est approuvé, pour autant qu'il y en ait. Ceux dont

le ratio se situe entre 1.5 et 2.0 sont qualifiés de "moyennement" rentables et certains d'entre eux peuvent être approuvés tandis que ceux dont le ratio est supérieur à 2.0:1 sont généralement approuvés et financés. Ce premier classement provisoire par ordre de rentabilité fondé sur le ratio avantages/coûts calculé par les méthodes classiques est ensuite réexaminé par des analystes et les décideurs qui vérifient si les coûts et les avantages qui n'interviennent pas dans le calcul du ratio ne justifieraient pas une modification du premier classement par glissement de certains projets vers une catégorie de rentabilité supérieure ou inférieure. Le guide a aujourd'hui été mis à jour, avec création d'une nouvelle catégorie "de très haute rentabilité" où se rangent les projets dont le ratio avantages/coûts est supérieur à 4.0/1. Le système de classement des projets sur la base de leur ratio avantages/coûts, d'analyse des impacts non quantifiés et autres ignorés dans le calcul classique du ratio avantages/coûts et d'estimation de la rentabilité des projets sur cette double base reste néanmoins inchangé.

Le ministère a publié récemment une note¹⁶ qui inscrit la justification économique des projets dans le contexte de l'évaluation de la justification des investissements en grands projets de transport. Les décideurs doivent tenir compte de cinq types d'informations, à savoir :

- Les informations stratégiques qui définissent le degré de nécessité de l'investissement, justifient le changement par référence aux objectifs poursuivis par les pouvoirs publics et détermine la compatibilité des projets avec ces objectifs ;
- Les informations économiques tirées de l'analyse coûts/avantages réalisée conformément aux prescriptions du guide WebTAG ;
- les informations financières relatives au degré de suffisance des moyens financiers, aux modalités de financement et à la tenue des comptes ;
- Les informations administratives relatives à la planification, la réalisation et la gestion des projets ainsi qu'à la répartition et la gestion des risques ;
- Les informations commerciales relatives aux procédures de passation des marchés et à la viabilité commerciale des projets, notamment celles qui concernent la répartition du risque financier inhérent à la procédure de passation des marchés qu'il est proposé d'adopter et le recours au marché des capitaux là où le financement privé est envisageable.

Comme la note date d'avril 2011, il est encore trop tôt pour dire si elle permettra de remédier à certains des inconvénients présentés par la focalisation sur l'évaluation économique sans qu'il soit veillé dans le même temps à faire exécuter et gérer les projets de la façon la plus efficace possible, à assurer leur financement et à répartir judicieusement les risques. La saga de Crossrail et du prolongement de la ligne Jubilee est toutefois là pour rappeler qu'il est nécessaire d'adjoindre à une évaluation économique solide une évaluation minutieuse de tous les autres éléments du dossier de justification qui doivent être mis en place pour garantir la réalisation des projets.

6. Avantages économiques élargis et Crossrail

Crossrail : Remise du projet à l'ordre du jour

La tendance à la diminution du nombre de migrants alternants empruntant le train pour rejoindre le centre de Londres qui avait motivé la mise au frigo du programme Crossrail en 1990 s'est inversée en 1995 (voir annexe) et l'augmentation aujourd'hui ininterrompue de leur nombre à amené, avec l'aggravation de l'encombrement qui en résulte, à sortir le programme Crossrail de sa léthargie en 2002. Le gouvernement a décidé à cette date de créer une association appelée "*Cross London Rail Links*" (traversées ferroviaires de Londres) réunissant la *Strategic Rail Authority* (Office public d'orientation de la stratégie ferroviaire), l'organisme indépendant chargé par l'État de définir la stratégie et d'épauler la planification du secteur ferroviaire et *Transport for London* (société des transport londoniens). Cette association a présenté un projet de ligne est-ouest qui traverse le centre de Londres en suivant le même tracé que celui qui avait été proposé par l'étude sur les chemins de fer du centre de Londres de 1989 et pousse jusqu'à l'aéroport d'Heathrow et Kingston à l'ouest et Shenfield et Ebbsfleet à l'est. Les méthodes de modélisation, de prévision et d'évaluation adoptées dans cette dernière étude ont été mises à jour pour tenir compte des modifications du réseau, de l'évolution aujourd'hui prévue des principaux intrants exogènes du modèle des études des transports londoniens et des modifications apportées par le ministère à ses méthodes d'évaluation pour les conformer aux priorités publiques en matière d'évaluation. Les hypothèses relatives à l'évolution de la demande tiennent compte des plans de renforcement de la capacité d'Heathrow déposés par le gouvernement. Le dossier de justification établi par *Cross London Rail Links* en 2003¹⁷ se bornait à quantifier, par la méthode classique, les avantages procurés aux utilisateurs des transports, situait le ratio avantages/coûts du projet au niveau de 1.99:1 et chiffrait le nombre d'emplois que le projet devrait créer, en posant en hypothèse que le niveau d'encombrement à attendre sans Crossrail exercerait un effet réducteur sur l'emploi au centre de Londres et que le plan de développement du Grand Londres ne pourrait donc se concrétiser qu'en cas de réalisation du projet Crossrail. Il s'essayait en outre à prévoir le nombre d'emplois que le projet devrait créer dans la zone de réaménagement desservie par la branche d'Ebbsfleet, conformément au guide WebTAG. La valeur économique de ces avantages liés à l'emploi n'a toutefois pas été calculée.

Crossrail : Rapport Montague

Le gouvernement a soumis le projet Crossrail de *Cross London Rail Links* à un groupe d'experts indépendants présidé par Sir Adrian Montague, qui avait auparavant occupé des postes de haut niveau dans la City et assuré la direction du groupe du ministère des finances sur les partenariats public/privé. Cette démarche peut s'expliquer par la réticence du gouvernement à approuver le projet sans tenir compte des enseignements à tirer de la, à l'époque, très récente mise en service du prolongement de la ligne Jubilee qui a été ouvert au public 20 mois plus tard que prévu et a coûté 63 % de plus que ce qui avait été annoncé au début des travaux ou encore 79 % de plus que les premières estimations de 1989 qui avaient servi de base à l'évaluation économique.

Le rapport¹⁸ formule plusieurs recommandations. Il recommande ainsi de peaufiner les stratégies de passation des marchés et de financement, de réfléchir aux possibilités de mobilisation d'autres sources de financement et de soumettre les options trouvées à l'appréciation de spécialistes. Il estime que

Cross London Rail Links est une association qui, dans la mesure où elle réunit l'Office public d'orientation de la stratégie ferroviaire et *Transport for London*, ne pourra pas être incitée à porter et réaliser le projet Crossrail de la façon la plus efficace qui soit et qu'il est nécessaire de modifier la gouvernance du projet pour l'asseoir sur des principes plus commerciaux. Le rapport formule aussi plusieurs recommandations d'ordre plus technique parce que les experts membres du groupe jugeaient irréalisable de faire passer 25 trains par jour dans chacune des deux directions par le tunnel creusé sous le centre de Londres. Les trains de Crossrail devaient aussi, en dehors de la section en tunnel, partager les voies et les gares avec d'autres trains de banlieue et grandes lignes et les perturbations de ces derniers services se répercuteraient sur la ponctualité des trains Crossrail ainsi que sur la capacité de la section du centre de Londres.

Le projet de loi Crossrail soumis au Parlement en 2005 vise à conférer à *Crossrail Limited*, successeur de *Cross London Rail Links*, le droit d'acheter les terrains temporairement ou définitivement nécessaires à la mise en œuvre du projet et à tenir compte des observations formulées par d'autres parties intéressées. Votée en juillet 2008, la loi connue sous le nom de loi Crossrail marque une étape importante sur la voie de la concrétisation du projet. Les premiers travaux d'ouverture du chantier ont démarré dans la deuxième moitié de 2008 tandis que les travaux de construction proprement dits ont débuté à Canary Wharf, dans les Docklands, en 2009.

Le rapport Montague a notamment eu pour conséquence importante d'induire le vote, en 2007, d'une loi habilitant le maire de Londres à lever un supplément à l'impôt sur les bénéfices des sociétés établies à Londres pour financer Crossrail et d'autres projets. Les grandes sociétés londoniennes ont commencé à acquitter ce supplément, de 2 pence par livre, en 2010. Les £ 14.7 milliards nécessaires à Crossrail ont été couverts par le supplément à l'impôt sur les bénéfices des sociétés à hauteur de 4.7 milliards, auxquels sont venus s'ajouter 7.1 milliards apportés par *Transport for London*, 4.7 milliards accordés à titre d'aide directe par l'État et 2.3 milliards apportés par British Rail, le reste venant des promoteurs qui tirent directement avantage du projet. Ces modalités de financement sont confirmées dans le "bleu budgétaire" de 2010. L'écart entre les chiffres avancés dans l'évaluation du projet Crossrail et les besoins de financement est ainsi effacé.

Impacts économiques élargis de Crossrail

Le rapport Montague conclut, après avoir analysé la justification économique du projet, que le ratio avantages/coûts estimatif de 1.99:1 est sain et que cette justification s'inscrit dans la ligne des prescriptions du guide du ministère. Il se penche aussi sur l'évaluation des avantages élargis que Crossrail devrait générer. Le dossier justificatif de 2003 estime que les emplois que la levée d'une restriction pesant sur les migrations alternantes devrait créer dans le centre de Londres pourraient ajouter en valeur actualisée quelque £ 8 à 9 milliards au PIB britannique. Une première estimation de l'effet positif exercé par ces emplois supplémentaires sur le bien-être économique et de leur impact en termes d'agglomération laisse entendre qu'ils pourraient majorer de £ 4.5 milliards, soit 20 % environ, les avantages générés par le projet. Le projet pourrait en outre, si l'on suit les directives du guide WebTAG sur l'évaluation de l'effet régénérateur, créer 56 000 à 100 000 emplois supplémentaires dans le *Thames Gateway* (projet d'aménagement des bords de la Tamise en aval de Canary Wharf) ainsi que dans d'autres zones de reconversion où le chômage est important et où Crossrail pourrait améliorer non seulement l'accessibilité, mais aussi les perspectives d'emploi en attirant des entreprises.

Le rapport avance que le projet Crossrail devrait contribuer à la régénération du Thames Gateway et à la réalisation des objectifs du plan de développement du Grand Londres et qu'il aiderait aussi Londres à conserver sa réputation de place dominante dans le monde des services financiers et des services aux entreprises. Ses auteurs ne se sont toutefois pas étendus sur les méthodes utilisées par *Cross London Rail*

Links pour estimer l'importance des avantages d'agglomération et expriment quelques doutes quant aux possibilités d'estimation probante de ces impacts.

Crossrail a publié en 2005 une version révisée de son dossier justificatif¹⁹ qui tient compte des modifications des spécifications et propose d'arrêter le prolongement vers le sud-est à Abbey Wood, c'est-à-dire à une quinzaine de kilomètres à l'est d'Ebbsfleet, et de simplifier l'exploitation des services Crossrail à l'ouest de Londres en arrêtant la ligne à Maidenhead. Le calcul du ratio avantages/coûts a été mis à jour pour tenir compte de nouvelles prévisions exogènes et des modifications entraînées par l'application des règles définies dans le guide d'évaluation actuel du ministère. Les calculs effectués sur ces nouvelles bases chiffrent le ratio avantages/coûts de Crossrail à 1.80:1 et les avantages des utilisateurs des transports à £16 milliards en valeur actualisée nette.

L'évaluation économique du projet Crossrail réalisée en 2005 au moment même où le ministère rédigeait son mémorandum de 2005 sur les avantages économiques élargis est la première pour laquelle le projet de guide d'évaluation a pu être mis en pratique. En effet, l'évaluation économique de 2005 anticipe parfois sur ces principes et les experts travaillant pour *Transport for London* ont eux aussi attribué à certains paramètres une valeur estimative qui a servi de base à l'estimation du poids de ces sources d'avantages. Le modèle utilisé par *Transport for London* a permis d'estimer l'évolution du coût généralisé des différentes zones et des différents modes et de rassembler ainsi les chiffres nécessaires à l'estimation de l'impact du projet sur la densité effective et le nombre d'emplois. L'évaluation économique qui a été publiée donne des chiffres comparables à ceux du document de 2005 et quantifie des sensibilités au départ de valeurs tirées de recherches effectuées à la demande de *Transport for London*. Le ministère a estimé que si le rapport entre la productivité et la densité effective augmentait de 0.059, les avantages d'agglomération monteraient à £3.1 milliards et majoreraient ainsi de 20 % les avantages générés par le projet. Le montant passe à 4.5 milliards si l'élasticité est portée au niveau de 0.075 pronostiqué par les consultants de *Transport for London*. L'augmentation du nombre de personnes actives a été estimée en partant des valeurs attribuées à l'offre de main-d'œuvre, aux salaires et au taux d'imposition par le document de 2005 ainsi que de l'estimation de la modification du coût des migrations alternantes donnée par le modèle. Les avantages estimés par la méthode classique ont par ailleurs été majorés des effets imputables à l'imperfection de la concurrence, limités toutefois à la modification de la durée des déplacements à finalité professionnelle. Ces deux additions ajoutent encore £ 0.8 milliard aux avantages.

En l'absence de modèle LUTI utilisable pour pronostiquer les modifications des structures urbanistiques que la réaction des employeurs et des travailleurs à la réduction du coût de l'accès au centre de Londres et, partant, les avantages économiques présentés par la migration des travailleurs vers les emplois plus productifs du centre de Londres, *Transport for London* a choisi d'évaluer plutôt la mesure dans laquelle la pénurie de capacité inhibait l'augmentation du nombre d'emplois dans le centre de Londres et de se demander si le renforcement de la capacité généré par Crossrail pouvait mettre fin à ce blocage. Le nombre, calculé par extrapolation de l'évolution passée, des emplois qui devraient se concentrer dans le centre de Londres en 2026 a été considéré par hypothèse comme étant indépendant de la capacité du réseau de transport.

Après avoir ainsi pronostiqué cette évolution libre de toute contrainte, les auteurs de l'analyse ont voulu estimer le nombre de migrants alternants potentiels que l'encombrement dissuadera d'accéder au réseau. L'analyse des traversées du périmètre de la zone écomobile et de certains tronçons des réseaux de train et de métro montre qu'il existe une relation claire entre l'augmentation de la demande et le niveau de congestion en ce sens que l'encombrement freine l'augmentation. Cette constatation a mené à imaginer un scénario d'augmentation réfrénée, d'une part, et un scénario d'augmentation plus libre explicable par la mise en place du projet Crossrail, d'autre part. Comme l'augmentation de l'offre de main-d'œuvre a déjà été calculée par la méthode fondée sur l'élasticité, l'augmentation du nombre d'emplois dans le centre de

Londres entraînée par la résolution des problèmes de capacité a été imputée dans sa totalité à la migration d'un certain nombre de travailleurs vers des emplois plus productifs au centre de Londres. L'évaluation économique de 2005 estime à £ 3.2 milliards les avantages procurés par ce transfert permis par Crossrail en partant de l'hypothèse, retenue par le ministère, que la production par travailleur augmente de 30 % dans le centre de Londres. *Transport for London* fixe le taux d'augmentation à un niveau plus élevé qui a été utilisé dans des analyses ultérieures pour générer une panoplie d'avantages.

La prise en compte de ces impacts élargis a fait passer le ratio avantages/coûts global du projet Crossrail de 1.80 à 2.60 dans le dossier justificatif de 2005 où il oscille en fait entre 2.3 et 3.2 en fonction des hypothèses relatives à l'élasticité et à d'autres paramètres intervenant dans l'évaluation de ces avantages élargis. La mise en lumière des avantages élargis du projet Crossrail a conduit à le faire passer de la catégorie des projets moyennement rentables à celle des projets très rentables.

Le travail réalisé par Crossrail et les experts du projet constitue un exercice instructif de mise en pratique du mémorandum du ministère sur les avantages économiques élargis. Il a aidé à codifier les hypothèses que le ministère a réunies ultérieurement dans la section du guide WebTAG de 2009 relative aux impacts élargis afin que les méthodes soient appliquées et les projets évalués de façon cohérente. Il a aussi mis l'importance des avantages élargis en lumière et montré ce qu'ils ajoutent à l'estimation classique. L'analyse est toutefois davantage qu'un exercice de mise en pratique d'une nouvelle partie jusque là non testée du guide d'évaluation parce qu'il semble improbable que le lancement d'une nouvelle phase d'un projet aussi important que Crossrail puisse être décidé sur la seule base d'une nouvelle version encore mal testée de la méthode d'évaluation du ministère. Il ne fait toutefois aucun doute que la démonstration, à un stade crucial de l'évolution du projet, de l'importance prévisible de ses impacts économiques élargis et de sa rentabilité a joué un rôle dans le vote de la loi Crossrail ainsi que de la loi qui permet d'affecter le produit d'un supplément à l'impôt sur les bénéfices des sociétés au financement du projet.

Les méthodes appliquées et les valeurs recommandées par le ministère ont été analysées avec attention, notamment par certains organes soucieux de promouvoir le projet Crossrail et d'autres projets londoniens. Un rapport traitant des avantages économiques de Crossrail²⁰ rédigé par des experts en 2007 avance que l'estimation des impacts élargis figurant dans le dossier justificatif de 2005 pêche "par excès de prudence" et révoque en doute l'idée que la croissance de la demande ne dépassera pas en 2026 le niveau prévu dans l'étude de 2005, comme le dossier justificatif de Crossrail l'affirme en arguant du respect des directives du guide WebTAG relatives aux projets ferroviaires. L'analyse réalisée par les experts, qui n'a pas été incluse dans le dossier justificatif, quantifie les conséquences que pourrait avoir l'attribution à la production par tête dans le centre de Londres d'une valeur plus élevée qui refléterait mieux la spécificité du secteur financier de la City et son rôle de lieu d'implantation des sièges centraux des entreprises. Les experts ont estimé en outre l'incidence d'une poursuite de l'augmentation du nombre d'emplois après 2026 sur les avantages générés par la migration vers des emplois plus productifs au centre de Londres. Les prévisions relatives à l'évolution à long terme de l'emploi dans le centre de Londres se fondent sur la densité actuelle de l'emploi dans certains quartiers de New York, Paris et Tokyo qui est de loin supérieure à ce qu'elle est actuellement dans des quartiers très comparables de Londres. Les densités plus élevées observées dans les villes concurrentes devraient être atteintes dans la City, le quartier de Westminster et les Docklands en 2070. Ces changements par rapport aux hypothèses retenues dans le dossier justificatif de 2005 ont pour effet de doubler les avantages économiques du projet.

L'évaluation économique de Crossrail a encore été remise à jour en 2010 et 2011 en réponse à la modification de la portée, de la nature et du calendrier des travaux ainsi qu'à celle d'intrants exogènes des procédures d'évaluation et de modélisation, notamment le ralentissement prévu de la croissance économique au Royaume-Uni. L'évaluation économique de 2010 a été peaufinée afin d'étayer solidement

les décisions à prendre au sujet de l'avenir du projet dans le contexte des coupes opérées dans les dépenses publiques par la loi de financement d'octobre. Les dépenses déjà effectuées ne sont pour cette raison pas prises en compte. La poursuite du projet amène le ratio avantages/coûts, avantages élargis compris, à osciller entre 4.07 et 7.74, ce dernier niveau étant atteint si l'estimation des avantages générés par le choix d'emplois plus productifs englobe le surcroît de productivité que *Transport for London* attribue aux emplois du centre de Londres. Les estimations de *Transport for London* et du ministère diffèrent aussi par la valeur qu'elles accordent aux gains de temps. Abstraction faite de ces différences, le dossier justificatif du projet Crossrail datant de 2011 respecte le guide d'évaluation du ministère et ceci a permis aux décideurs de se prononcer sur le degré de priorité du projet Crossrail et d'autres projets et de se mettre d'accord sur les implications de la poursuite ou de l'arrêt du projet.

Contribution de Crossrail à la préservation de la place occupée par Londres dans le concert des villes d'importance mondiale

Le projet Crossrail est porté à la fois par *Transport for London* et le ministère des transports. Il a acquis ce statut particulier parce que les lignes suburbaines de chemin de fer que le tunnel creusé sous le centre de Londres va relier entre elles sont exploitées par des compagnies privées sous le couvert de concessions accordées par le ministère. Celui-ci spécifie le niveau de service à assurer et invite les opérateurs privés à se porter candidats à l'attribution d'une concession pour une période de généralement sept années, mais qui peut aussi être plus longue. Les opérateurs privés conservent toutes les recettes, de telle sorte que les candidatures à l'octroi d'une concession se confondent en règle générale avec des appels à l'octroi de subventions étant donné que la plupart des services concédés exploités dans l'aire londonienne de concentration des migrations alternantes sont déficitaires. Les infrastructures situées de part et d'autre du tunnel appartiennent à Network Rail, une société privée sans but lucratif qui les entretient et les gère et qui possède aussi les infrastructures de tous les chemins de fer du pays. Le métro de Londres appartient à *Transport for London* et est géré par elle. L'intérêt accordé par *Transport for London* à Crossrail s'explique par le fait que les transports publics relèvent, dans la zone centrale très encombrée, de sa seule responsabilité et que Crossrail devrait remédier à la congestion de plusieurs lignes de métro très fréquentées à l'est et à l'ouest du centre de Londres, ce qui oblige *Transport for London* à participer à la planification de Crossrail. *Transport for London* est donc un partenaire essentiel du processus de planification et de réalisation du projet Crossrail.

La participation de *Transport for London* a aussi une dimension politique très marquée. Le modeste budget des transports attise la convoitise de nombreuses régions et grandes villes. La *Greater London Authority*, organe administratif responsable de la politique urbanistique et de la politique des transports de la capitale qui laisse à *Transport for London* le soin d'exploiter et de gérer le réseau de transport, demande depuis sa création en 2000 avec insistance aux membres du gouvernement de soutenir le projet Crossrail. L'autorité a conscience qu'une recherche de haut niveau qualitatif peut enrichir le capital de données analytiques sur lequel le processus décisionnel s'appuie et a fait réaliser plusieurs études en vue d'identifier le profit que l'économie londonienne pouvait tirer de Crossrail et d'autres projets de transport. Londres n'est pas seule à pratiquer une telle politique et d'autres grandes villes ont également usé de nouveaux moyens pour démontrer la valeur de la contribution des transports à leur économie. Il ne serait au demeurant pas téméraire de penser que la création de la *Greater London Authority* en 2000 a servi de catalyseur à la poursuite de l'étude du projet. Le rôle joué par un chantre solide et influent des bienfaits de Crossrail ne doit pas être sous-estimé. Les propositions présentées dans l'étude de 1989 sur les transports ferroviaires du centre de Londres n'étaient pas portées par un organisme capable de jouer un rôle tant de maître que de promoteur du projet. L'interface entre le réseau des transports londoniens et les lignes de chemin de fer était telle qu'aucun de leurs deux opérateurs n'a voulu jouer ce rôle parce qu'ils préféraient que l'argent aille à leur propre réseau plutôt que d'être partagé entre les deux.

L'interface entre le ministère et *Transport for London* créée par le dossier justificatif de Crossrail a amené à opérer entre leurs objectifs stratégiques une différence intéressante pour l'analyse. Les projets de transport financés par la subvention versée par le ministère à *Transport for London* sont évalués par cette dernière et le ministère n'a aucun rôle à jouer dans la détermination des priorités sur le réseau de *Transport for London*. Le montant de la subvention est fonction d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels se rangent notamment les coûts d'entretien et d'exploitation du réseau de *Transport for London* et les recettes qu'il devrait générer. La rentabilité financière des nouveaux projets n'intervient qu'à peine dans la prise de décision finale. *Transport for London* se conforme généralement au guide d'évaluation WebTAG, à cette restriction près qu'elle attribue aux gains réalisés sur le temps de travail, d'une part, et autre que de travail, d'autre part, une valeur supérieure de respectivement 58.0 % et 29.3 % à la valeur moyenne nationale. Le ministère fait depuis longtemps de la valeur moyenne nationale des gains de temps un moyen plus ou moins efficace d'assurer l'équité de la répartition du budget national des transports entre les régions plus et moins prospères du pays. L'attribution d'une valeur différente aux gains réalisés sur le temps autre que de travail par deux électeurs différents ne va en outre pas sans questionnement politique très réel. La majoration de la valeur moyenne nationale décidée par *Transport for London* tient au simple fait que la rémunération moyenne des Londoniens est plus élevée que la moyenne nationale. L'étude de 2003 sur la valeur du temps²¹ chiffre, en analysant les données d'une série chronologique, l'élasticité de la valeur du temps par rapport aux revenus à 0.8, chiffre utilisé dans le guide WebTAG pour prévoir l'augmentation des avantages des utilisateurs des transports. L'analyse des valeurs transversales donne des résultats moins évidents. Une valeur spécifiquement londonienne devrait en outre refléter les caractéristiques des utilisateurs londoniens des transports ainsi que, entre autres choses, la mesure dans laquelle le coût plus élevé de leurs logements pourrait entamer leur disposition à payer plus que la moyenne nationale parce qu'ils gagnent plus.

L'inégalité des valeurs attribuées aux gains de temps et autres avantages connexes générés par Crossrail a pour conséquence que l'estimation des avantages du projet n'est pas la même dans les versions 2010 et 2011 du dossier justificatif du projet Crossrail, l'estimation la plus basse reposant sur les valeurs moyennes nationales du guide WebTAG et la plus haute sur les valeurs londoniennes. Quoique les chiffres soient accompagnés d'une brève explication des raisons de la différence, il est manifestement décevant qu'il puisse y avoir deux évaluations différentes des avantages générés par un projet d'importance nationale.

7. Méthodes d'évaluation fondées sur des paramètres autres que l'impact sur le bien-être

Impact des projets sur le PIB

Beaucoup de décideurs doutent des mérites de l'analyse coûts/avantages en dépit des avantages théoriques qu'elle présente. Il est difficile de dire, à l'examen des conclusions d'une évaluation d'un projet réalisée par analyse coûts/avantages, si ce projet a ou n'a pas généré tous les avantages attendus. Les spécialistes ont même, comme il le sera montré ci-dessous, trouvé très difficile de dire au terme d'une évaluation ex post d'une série de projets s'ils avaient réellement généré les avantages qu'ils étaient censés avoir produits. Certains décideurs, notamment des décideurs issus du secteur privé, ont du mal à se rallier à l'idée qu'ils devraient avoir pour but de réaliser des projets et de mettre en œuvre des mesures qui visent

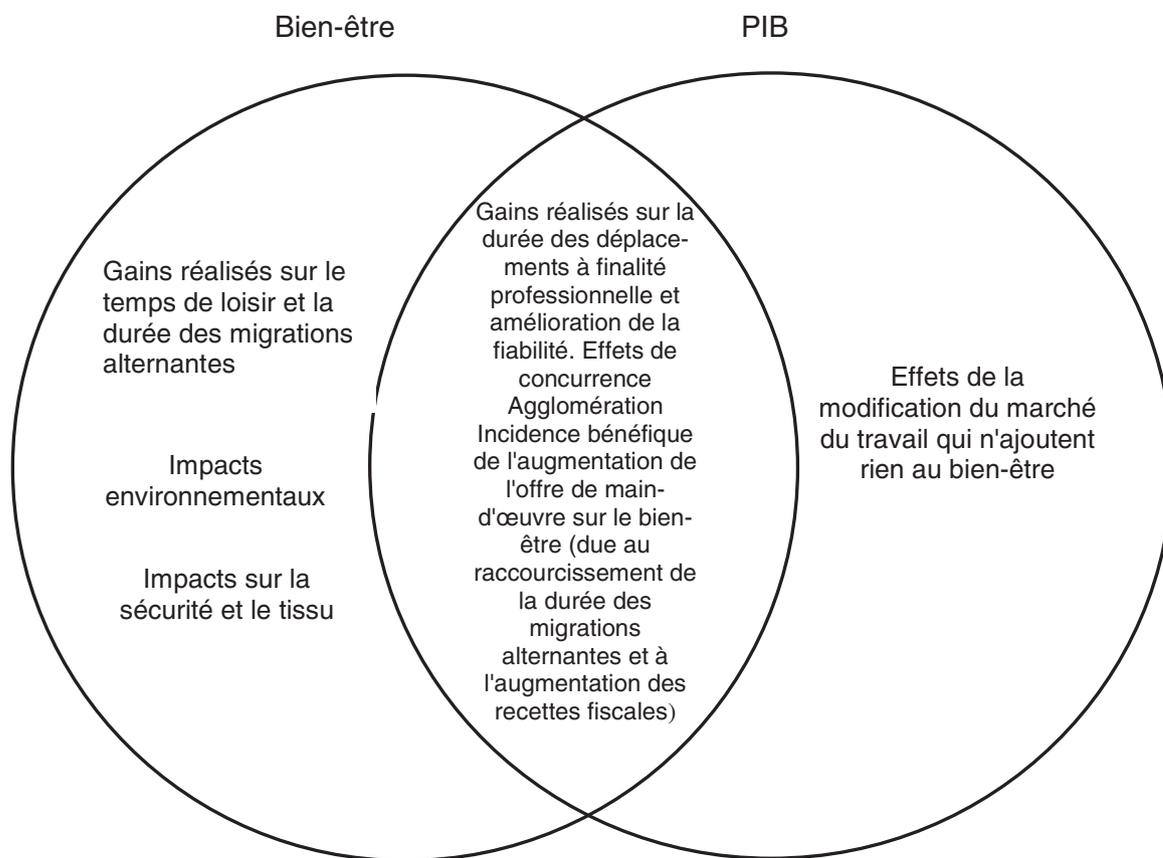
à maximiser le bien-être économique net dans la mesure permise par les contraintes budgétaires. La priorité accordée par les États à l'accélération de la croissance économique vient juste après celle qu'ils accordent à la réduction du déficit budgétaire. Les ministres des transports veulent savoir ce qu'un projet peut apporter à la croissance économique parce que cet apport est à leurs yeux gage de son financement par un Trésor très gêné aux entournures. Dans les circonstances actuelles, une mesure fondée sur le PIB convaincra sans doute davantage qu'une mesure des avantages économiques qu'un ministre des transports avait-il y de nombreuses années qualifiés de promesses de conte de fées.

Les ouvrages qui traitent de la contribution au PIB étant légion, la présente étude se bornera à esquisser le rôle qu'elle peut jouer dans la prise des décisions relatives à Crossrail et à d'autres projets britanniques de transport. En réponse à la SACTRA, le ministère s'est prononcé contre l'élaboration de modèles économiques, y compris les modèles entrée/sortie et EGCS, qui pourraient, en théorie du moins, être utilisés pour identifier l'impact d'une modification des coûts de transport sur le PIB ainsi que les implications de la levée des capitaux nécessaires au financement de ces interventions. Les modèles existants couvrant l'ensemble de la Grande-Bretagne ne peuvent pas être revus ou adaptés à ces fins spécifiques et il n'est pas possible de bâtir de tels modèles sans disposer d'une vaste mine de nouvelles données, ce qui obligerait à convaincre d'autres ministres qui n'ont pas besoin d'un tel modèle dans l'immédiat. Quoique le projet IASON de l'Union européenne ait montré aux analystes du ministère comment un modèle EGCS peut s'appliquer à un niveau stratégique de l'Union européenne, une étude critique des modèles EGCS réalisée à la demande du ministère²² a confirmé qu'il est infaisable de créer un tel modèle pour répondre aux besoins du ministère.

Le rapport de 2005 intitulé "Transports, avantages économiques élargis et PIB"²³ avait notamment pour objectif d'étayer le débat sur l'analyse coûts/avantages et le PIB. Le Fonds public d'aide à l'innovation dans les transports, qui finance les projets de transport et autres pour lesquels les autorités locales faisaient offre, a été créé alors même que le rapport était en cours d'élaboration. Ce rapport explique aux promoteurs des projets comment ils doivent procéder pour prouver que leurs projets peuvent contribuer à promouvoir la croissance de l'économie locale.

Le diagramme de Venn utilisé dans le rapport de 2005 pour opérer une distinction entre les impacts positifs sur le bien-être, d'une part, et le PIB, d'autre part, est reproduit ci-dessous. Tous les effets d'agglomération et de concurrence, tous les raccourcissements de la durée des déplacements à finalité professionnelle, toutes les réductions de coût et tous les effets bénéfiques exercés par l'amélioration de l'offre de main-d'œuvre sur le bien-être sont pris en compte dans le calcul du bien-être économique et contribuent, par le biais de l'amélioration de l'efficacité économique, à l'augmentation du PIB. Le rapport constate que des effets de la main-d'œuvre font augmenter le PIB, mais n'interviennent pas dans l'augmentation du bien-être économique. L'augmentation des rémunérations générée par l'augmentation du nombre de personnes actives induite par le projet de transport est intégrée dans l'impact sur le PIB. L'évaluation de l'impact sur le bien-être, avec un marché du travail en théorie parfait, part en revanche de l'hypothèse que ceux qui entrent sur le marché du travail ou se tournent vers des emplois plus productifs avaient toujours été en mesure d'occuper ces emplois, mais avaient choisi de ne pas le faire en raison de leur désutilité, et qu'ils avaient été incités à les occuper parce que le coût généralisé de leurs déplacements domicile-travail avait diminué, compte tenu du niveau de leur rémunération nette. A ce type d'avantage, habituellement calculé en déterminant la modification de la rente du consommateur induite par une modification mineure de l'offre en situation de demande constante, vient s'ajouter l'impact positif exercé sur le bien-être (et également inclus dans l'impact sur le PIB) par l'augmentation du produit de l'impôt perçu sur le revenu de ces travailleurs. Cette augmentation des recettes fiscales est assimilée à un gain de bien-être parce qu'elle permet de jouir d'une plus grande quantité de biens publics ou de réduire la charge fiscale générale. Elle constitue un plus généré par l'augmentation de l'emploi et de la productivité et n'est pas un transfert.

Figure 1.1. Distinction entre bénéfiques en termes de bien-être et de PIB



Source: Department for Transport (2005).

Le rapport de 2005 accepte que la méthode courante d'estimation de l'augmentation pluriannuelle du PIB, de l'écart relatif entre PIB observé et PIB potentiel et des modifications du taux tendanciel présente ces paramètres en termes de pourcentages, bien que ce mode de présentation ne se concilie pas avec celui qui exprime l'impact estimatif des transports sur le PIB en termes de valeur actualisée nette. Une note de bas de page du rapport affirme que "...il est rare, mais légitime d'exprimer ces impacts (sur le PIB) – qui sont essentiellement des modifications de l'évolution tendancielle du PIB – en termes de valeur actualisée nette." Les commentateurs peuvent au demeurant convenir avec le ministère de la rareté de telles descriptions du PIB. Les calculs ne font pas entrer en ligne de compte ce qu'il serait advenu du PIB en cas d'abandon du projet et, partant, de contraction des dépenses publiques. Il n'empêche qu'en dépit de ses limitations, cette description de l'impact exercé sur le PIB par chaque livre (en valeur actualisée nette) dépensée a pesé d'un grand poids sur les discussions menées entre les ministres des transports et le Trésor sur le financement des grands projets de transport, y compris les deux projets Thameslink et Crossrail londoniens que les autorisations d'engagement de dépenses adoptées par le Chancelier de l'Échiquier en 2011 ont laissés en grand partie indemnes.

Calcul de l'augmentation de la valeur ajoutée brute générée par les transports dans les grandes villes

Le ministère encourage, dans son rapport de 2005, à adopter d'autres méthodes d'estimation de la contribution des projets de transport au développement de l'économie, dans le contexte en particulier du Fonds d'aide à l'innovation dans les transports. Le Grand Manchester a ainsi été incité à se focaliser sur la valeur ajoutée brute créée au niveau local et régional au lieu d'essayer d'estimer un impact national net. La demande introduite par le Grand Manchester devant le Fonds d'aide à l'innovation dans les transports a été rejetée, notamment parce qu'un référendum postal a révélé que les électeurs étaient hostiles au relèvement des péages pendant les heures de pointe prévu dans le paquet des mesures de régulation des transports, mais la méthode de calcul de l'impact des projets de transport sur l'économie de Manchester n'est pas moins devenue un outil opérationnel.

La *Greater Manchester Passenger Transport Executive (GMPTE)* a élaboré, avec l'aide du bureau de consultants KPMG, une méthode d'estimation de l'impact d'un projet sur la valeur ajoutée brute créée dans la zone étudiée, une méthode qui diffère donc de celle du ministère des Transports qui évalue l'impact sur le bien-être économique et de cette autre qui fait appel au ratio avantages/coûts pour classer les investissements par ordre de priorité. L'évaluation de l'impact sur la valeur ajoutée brute a servi à classer l'ensemble des projets envisagés par ordre de mérite, à détailler leur impact sur les collectivités locales comprises dans l'aire de compétence de la GMPTE et à expliquer aux contribuables locaux et à l'État ce que les investissements à réaliser dans les transports et l'aménagement du territoire peuvent apporter à l'économie de la région.

Le modèle de KPMG assouplit l'hypothèse de l'immuabilité de l'occupation des sols et permet d'estimer la réponse des entreprises et des travailleurs à une amélioration de l'accessibilité. Une amélioration de l'accessibilité encourage des entreprises plus productives à se substituer à celles qui créent moins de valeur ajoutée. Les activités à faible densité d'emplois et à faible potentiel de création de valeur ajoutée (garages automobiles et autres ateliers, imprimeries, entreprises de récupération, etc.) sont nombreuses à la périphérie du centre des grandes villes. Les statistiques transversales montrent qu'une amélioration de l'accessibilité induit une redistribution des activités économiques qui se traduit par une augmentation du nombre d'emplois plus productifs.

L'élasticité de la productivité par rapport à l'accessibilité du rail a été chiffrée à 0.11, valeur obtenue en combinant l'impact sur la productivité à l'intérieur des secteurs (0.9) avec l'impact sur la productivité dans l'ensemble des secteurs (0.2). L'augmentation de la valeur ajoutée brute a été imputée en second lieu à l'implantation d'entreprises attirées par l'amélioration de l'accessibilité du rail. La densité de l'emploi, exprimée en nombre d'emplois par kilomètre carré, est étroitement liée à l'accessibilité du rail puisqu'une amélioration de cette accessibilité de 10 % va de pair avec une augmentation de l'emploi de 13 %. L'élasticité varie d'un secteur et d'une région à l'autre et est maximale dans le secteur des services aux entreprises et des banques. L'amélioration de l'accessibilité fait augmenter tant la production par travailleur que le nombre d'emplois dans les zones qui bénéficient de cette amélioration.

Le modèle conçu pour la GMPTE ne permet pas de distinguer les emplois transférés d'autres lieux des emplois réellement nouveaux. Une grande partie de l'augmentation de la valeur ajoutée nette est certes profitable à la zone étudiée, mais provient de transferts venant de zones moins productives. La proportion des emplois qualifiables de libres d'attaches avec la branche d'activité dans laquelle ils s'exercent a été déterminée en définissant un nombre minimum d'emplois par résident dans chaque région et chaque secteur. L'étude montre que 14.1 % de tous les emplois de la région ne s'exercent pas dans des lieux où ils servent directement aux habitants et aux entreprises qui y sont installés et a ainsi pu déterminer les dimensions du marché qu'une modification de l'accessibilité pourrait inciter à déménager.

Une étude réalisée par le centre de recherche en géographie économique de la *London School of Economics*²⁴ à la demande de Northern Way, un consortium des autorités locales et autres entités intéressées du nord de l'Angleterre, qui n'existe plus aujourd'hui, suit une approche largement identique puisqu'elle évalue l'accessibilité sur la base du coût généralisé en opérant une distinction entre la route et le chemin de fer pour déterminer la masse économique ou la densité effective. L'équation des rémunérations, qui lie la productivité à la masse économique, est tirée de micro-données relatives aux individus plutôt que d'estimations agrégées par lieu et niveau de masse économique. En faisant entrer les caractéristiques des individus en ligne de compte, la méthode du centre de recherche en géographie économique distingue effectivement les effets de l'installation dans un lieu rendu plus productif par les économies d'agglomération de l'impact exercé sur la valeur ajoutée brute par l'entrée en scène de personnes qui sont plus productives partout où elles pourraient se trouver et qui migrent vers des lieux rendus plus attrayants par la réduction des coûts de transport. Cette approche permet d'opérer une distinction entre l'effet de redistribution et les économies d'agglomération au sens restreint du terme, mais n'aide pas à elle seule à faire la lumière sur l'origine de la redistribution.

Évaluation de l'augmentation de la valeur ajoutée brute générée par les transports dans les grandes villes

Le modèle présenté ci-dessus est un deuxième moyen d'évaluer l'impact des dépenses publiques sur la valeur ajoutée brute qui ne se substitue pas au premier puisqu'il définit les changements au niveau local et régional et ne sert pas à quantifier l'effet net sur la valeur ajoutée brute nationale. La valeur ajoutée brute est un concept que de nombreux décideurs locaux trouvent plus simple à comprendre que celui d'amélioration du bien-être et il serait pour cette raison permis de penser que la prise de décision a gagné en qualité. La méthode laisse entrevoir la distribution géographique prévisible des modifications de l'activité économique et peut aider à montrer si les politiques de construction de logements et autres politiques spatiales sont compatibles avec la localisation de l'emploi. Elle offre la possibilité de modéliser plus complètement les effets d'un projet sur les émissions de CO₂ parce qu'elle permet d'établir un lien entre les émissions produites par les transports, telles que le modèle de transport les fait apparaître, et les modifications de l'usage des sols en partant de données relatives à l'utilisation de l'énergie à des fins domestiques par catégorie de densité des logements et des commerces.

Certains impacts sur le bien-être, notamment le raccourcissement de la durée de tous les déplacements autres que les déplacements domicile-travail et les déplacements à finalité professionnelle, ne sont toutefois pas pris en compte en dépit de la contribution de ces activités à la qualité de vie urbaine. On pourrait en outre soutenir que le modèle illustre l'augmentation potentielle de la valeur ajoutée brute et n'en donne pas la meilleure estimation possible. Cette augmentation est le fruit non seulement de l'amélioration de l'accessibilité, mais aussi d'autres programmes d'investissement dont certains pourraient être irréalisables sans contribution publique ou faire peser des externalités sur ceux qui travaillent ou habitent dans la zone urbaine en cause et qui requièrent tous des décideurs et des promoteurs prêts à mettre des nouveaux plans d'aménagement en œuvre pour compléter les effets de l'amélioration de l'accessibilité.

Le calcul de l'impact des dépenses sur la valeur ajoutée brute ou le PIB permet de classer les projets par ordre de mérite et de donner la priorité à ceux qu'il est possible de réaliser avec les moyens prévus. Le paramètre ainsi défini laisse toutefois dans l'ombre l'enseignement essentiel à tirer d'une bonne analyse coûts/avantages puisqu'il ne dit pas si le projet vaut la peine d'être réalisé. Il ne fournit pas non plus d'élément comparable au taux de rentabilité qui puisse aider à agir sur le volume des moyens budgétaires mobilisables. Il a en revanche pour mérite de fournir plus d'informations et des informations différentes sur des projets qui répondent déjà aux conditions minimales de rentabilité.

L'analyse critique des méthodes utilisées bute sur le manque de documents écrits détaillant les méthodes d'estimation et les valeurs utilisées pour calculer l'élasticité de l'accessibilité par rapport à la productivité et à l'emploi. Les problèmes posés par l'identification des liens de cause à effet existant entre ces paramètres sont connus de tous, comme le sont d'ailleurs aussi ceux que posent la distinction à opérer entre l'amélioration de l'accessibilité et tous les autres changements qui peuvent s'observer.

8. Évaluation *ex post* des avantages économiques élargis

Quoique les projets de transport soient souvent tenus pour être capables de transformer l'économie des zones urbaines, les études britanniques qui démontrent de façon péremptoire la réalité du rôle joué par l'un ou l'autre projet restent peu nombreuses. L'expérience apprend que la réalisation de la partie "après" d'une étude "avant - après" est une entreprise complexe et coûteuse qui n'apporte pas grand-chose à l'amélioration des méthodes de prévision et d'évaluation, notamment de celles qui sont utilisées pour estimer les impacts économiques élargis. La plupart des premières études britanniques traitent de projets routiers et de leur impact sur le développement régional²⁵, mais deux études récentes présentent plus d'intérêt pour les projets ferroviaires de Londres et leurs impacts élargis.

Transport for London a fait réaliser une vaste étude d'impact du prolongement de la ligne Jubilee²⁶ qui a été inauguré en 2000. La modélisation et l'évaluation économique de ce projet ont été décrites dans un chapitre précédent dans le contexte de l'étude sur le réseau ferré de l'est de Londres. L'étude d'évaluation rassemble une foule de données sur l'utilisation de la ligne, l'évolution des prix de l'immobilier, l'emploi et les loyers et compare les statistiques actuelles des flux de voyageurs avec les prévisions faites pour l'étude sur le réseau ferré de l'est de Londres dans laquelle l'augmentation du prix des terrains était considérée comme source potentielle de financement de projets ultérieurs. L'étude du ministère ne s'est toutefois pas essayée à imaginer ce que le niveau et la répartition géographique de l'emploi auraient pu être si la ligne n'avait pas été construite. Elle constate que l'aménagement des Docklands a constitué une occasion unique d'agrandir le district financier de Londres et affirme que la densité du développement et le volume de l'emploi auraient été moindres dans les Docklands en l'absence de la ligne, mais n'a pu ni quantifier cet effet, ni en trouver la cause.

Le ministère des transports a fait réaliser plus récemment une étude longitudinale²⁷ afin d'analyser l'interrelation entre amélioration de l'accessibilité et augmentation de la productivité. L'étude se limite aux projets routiers réalisés entre 1998 et 2003. La réduction estimative des coûts de transport générée par ces projets a été mise en relation avec un ensemble de données classant les entreprises en plusieurs catégories sur la base de leurs effectifs, de leur production, de leur secteur d'appartenance et de leur lieu d'implantation. L'amélioration de la productivité des entreprises qui avaient le plus progressé sur le plan de l'accessibilité à l'emploi a été comparée à celle d'autres entreprises. L'analyse, réalisée en fait dans le but de cerner l'ampleur des effets d'agglomération, a constaté que l'amélioration des possibilités d'accès aux emplois et, partant, la modification de la densité effective n'a pas eu d'impact significatif sur la productivité de ces entreprises. Ses auteurs ont estimé que cette constatation n'autorisait pourtant pas à conclure à l'inexistence d'effets d'agglomération et se sont bornés à penser que ces effets sont simplement difficiles à déceler parce que l'élasticité de l'agglomération par rapport à la productivité est faible, une augmentation de 10 % de l'agglomération n'ajoutant que 0.15 point à la productivité. Les projets routiers ont fait augmenter la densité effective de 1.8 % en moyenne dans un rayon de 10 km autour de leur lieu de réalisation, des chiffres dont il faut également conclure que les effets sont trop faibles pour être pris en

compte dans l'étude. Cette étude s'est bornée à évaluer les impacts bénéfiques élargis des projets routiers et n'a pas traité de l'influence que la réduction des coûts de transport des entreprises utilisatrices des nouvelles infrastructures exerce sur les coûts et la productivité.

Aucune de ces études d'évaluation des impacts élargis des transports n'a dégagé des informations qui pourraient aider à comprendre l'importance de ces impacts et les voies par lesquelles les projets de transport les génèrent. Dans le cas des Docklands, le prolongement de la ligne Jubilee fait partie d'un vaste programme de réhabilitation radicale de la zone qui s'inscrit dans l'optique d'une politique de transformation de cette zone en lieu d'implantation des sièges de grandes multinationales. Cette politique a aujourd'hui été traduite dans les faits, mais l'étude du ministère n'a pas pu faire le départ entre le rôle joué par les transports, d'une part, et les nombreux autres facteurs en jeu, d'autre part, dans la réussite du projet des Docklands.

9. Conclusions

L'analyse coûts/avantages est un moyen utilisé depuis longtemps au Royaume-Uni pour informer les décideurs et le public sur les impacts des projets de transport et la solidité de leurs dossiers justificatifs, aider à classer les projets par ordre de priorité et distribuer le budget d'investissement du ministère. Le ministère des Transports doit expliquer aux promoteurs des projets quelles méthodes ils doivent utiliser et s'est acquitté de cette obligation en publiant son guide WebTAG. La méthodologie s'articule autour du thème du bien-être économique, mais vise à refléter les priorités du ministère. Dans ce cadre sans doute restrictif, l'impact des transports sur l'économie se ramène à un impact sur le bien-être qui s'ajoute aux impacts mis en lumière par l'analyse coûts/avantages classique. Cet impact se compose des avantages liés à l'augmentation de l'agglomération, de l'effet exercé sur la valeur des avantages par l'imperfection de la concurrence sur les marchés des produits consommateurs de transports et des effets produits sur l'offre de main-d'œuvre. Les méthodes restent fermement marquées au coin des principes de l'analyse coûts/avantages qui guident l'action de tous les ministères britanniques et sont codifiés dans le Livre vert du Trésor²⁸. Ces impacts élargis sont des additions nettes au bien-être économique national. Le ministère a expliqué qu'il définit l'impact d'un projet de transport sur le PIB comme étant constitué par la réduction des coûts d'exploitation des entreprises et l'augmentation de la production entraînées par l'adaptation de la main-d'œuvre à la baisse du coût des déplacements domicile-travail et des entreprises à l'amélioration de l'accessibilité, mais ces paramètres restent étrangers à la justification économique des projets, même s'ils peuvent revêtir une importance stratégique pour les décideurs. Contrairement à l'analyse coûts/avantages, cette approche ne permet pas de voir si les avantages d'un projet l'emportent sur ses coûts dans des proportions suffisamment importantes pour en faire un projet hautement rentable.

Le projet Crossrail a été lancé pour résoudre le problème de l'encombrement croissant des trains de banlieue de Londres. Le projet initial de 1989 a été évalué au moyen d'analyses coûts/avantages classiques, mais a alors été gelé pour toute une série de raisons telles que, par exemple, la récession économique, l'absence de défenseur du projet et le blocage des discussions sur le financement du projet. Au moment de la relance du projet en 2003, le ministère mettait ses directives sur l'évaluation des avantages économiques élargis en chantier et la *Greater London Authority*, jouant son rôle de défenseur des valeurs du projet, a repris ces directives à son compte en les complétant pour qu'elles reflètent les contraintes que la congestion fait peser sur l'accès de la main-d'œuvre au centre de Londres ainsi que sur

la disposition des entreprises à s'y installer. La prise en compte des avantages économiques élargis apporte la preuve de la solidité du dossier justificatif du projet et montré qu'il est ainsi hautement rentable. Cette analyse explicite également les avantages que Crossrail procure aux entreprises et pourrait ainsi avoir contribué à faire passer la loi sur la surtaxe foncière sur les entreprises (« *Business Rate Supplement* ») qui a contribué au financement du projet Crossrail.

Les méthodes d'évaluation existantes, complétées par une évaluation des avantages économiques élargis, ont bien rempli leur office dans le cas de Crossrail. Crossrail accroît la capacité ferroviaire du centre de Londres de 6 % et plusieurs projets de modernisation de nombreuses lignes de métro existantes, de reconstruction de plusieurs stations très fréquentées du centre de Londres et d'allongement de nombreux trains de banlieue auront encore augmenté cette capacité de 18 % supplémentaires au terme de la présente décennie. Crossrail a lui-même déjà entrepris de rénover des immeubles de bureaux et d'autres bâtiments proches de ses gares, mais ne vise pas, à la différence du prolongement de la ligne Jubilee jusqu'aux Docklands, à créer des nouvelles capacités de desserte de zones précédemment difficiles d'accès. Toutes les gares de Crossrail se trouvent en des endroits déjà bien desservis par le métro et les chemins de fer.

Le guide WebTAG a l'avantage de rassembler des estimations des impacts économiques élargis que le modèle des transports peut généralement mettre en évidence et qui correspondent assez bien aux effets que, d'après la plupart des décideurs, les transports exercent sur l'économie. Il n'est pas toujours simple d'estimer ces effets et de les prendre en compte dans l'analyse qui étaye le dossier justificatif d'un projet. L'estimation de l'interrelation entre la densité effective, quel qu'en soit le mode de mesure, et la productivité est source de problèmes bien connus. Le traitement de la main-d'œuvre en termes d'élasticité par rapport aux revenus du travail occulte les interactions complexes entre les mesures prises par les employeurs et le comportement adopté par les travailleurs en réponse à une modification des coûts de transport. Les modèles LUTI restent, en raison de leur coût de mise en oeuvre, insuffisamment développés et utilisés en Angleterre pour pouvoir servir couramment à estimer l'effet de la migration des travailleurs vers des emplois plus productifs et des entreprises vers des lieux plus productifs situés dans le centre des villes. Les modèles LUTI existants ne sont pas non plus intégrés dans le processus d'évaluation économique et ne peuvent donc pas procurer aux décideurs des informations complètes sur les coûts et les avantages de modifications urbanistiques. La détermination de l'aire géographique couverte par le modèle et, partant, du niveau et de la portée de l'estimation de ces effets élargis ne fait qu'ajouter à la complexité de l'exercice. La politique britannique des transports a toujours tendu vers un renforcement épars des capacités plutôt que vers l'élaboration d'un vaste plan national. Le dernier plan national à avoir vu le jour, à savoir le plan décennal des transports publié par le gouvernement travailliste en 2000 qui prévoyait d'investir généreusement dans les transports routiers, ferroviaires et locaux, n'a été réalisé qu'en partie, mais un de ses objectifs, à savoir le ralentissement de la croissance de la congestion, doit à la récession économique et à la hausse du prix des carburants d'avoir pu être largement atteint. Cette façon de résoudre les problèmes de transport du pays par renforcement progressif des capacités explique pourquoi l'analyse coûts/avantages bénéficie d'une telle faveur et pourquoi il est difficile de motiver la recherche de solutions alternatives.

Il n'y aucune raison de se reposer sur ses lauriers. Les urbanistes et les économistes des transports ne cessent pas de débattre de l'utilité des méthodes d'évaluation des projets de transport et, plus particulièrement, de l'utilisation des gains de temps comme indicateur de la majorité des avantages générés par un projet. Ceux qui critiquent la méthode adoptée par le ministère avancent que les gains de temps se convertissent rapidement en d'autres avantages, notamment, dans le cas de projets urbains, en offre aux migrants alternants de la possibilité d'aller habiter plus loin de leur lieu de travail et d'acheter plus d'espace habitable et aux entreprises de la possibilité de déménager pour tirer avantage d'une amélioration de l'accessibilité. Il est clair que les décideurs aimeraient disposer d'informations plus complètes et différentes sur les impacts élargis des projets de transport, notamment sur ceux des

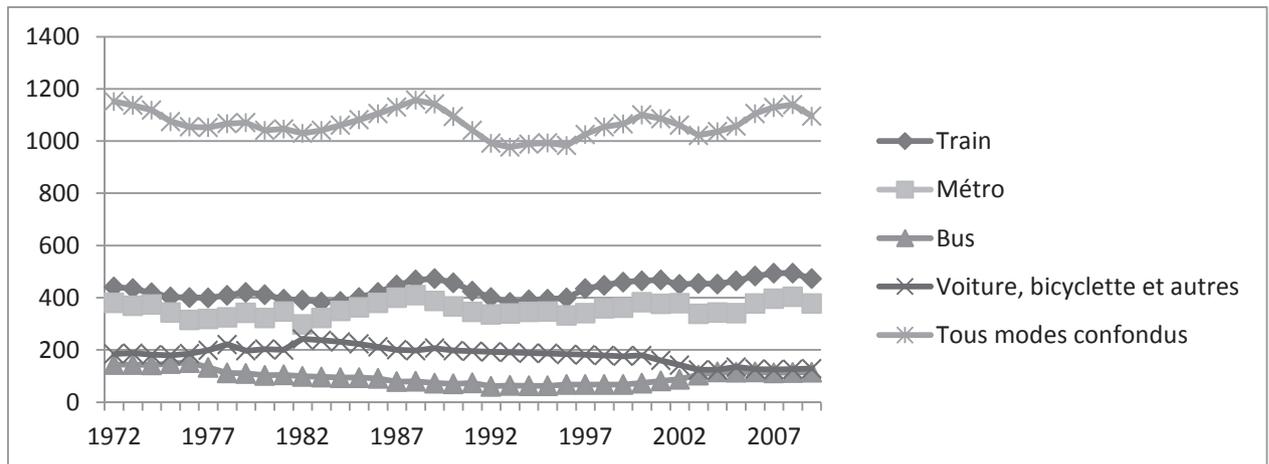
quelques très rares projets qui visent à transformer l'économie de la zone qu'ils vont desservir. Ces informations complémentaires permettent aussi aux promoteurs des projets de mieux défendre leur cause quand ils demandent des moyens de financement et des permis de bâtir.

Il reste par contre à se mettre d'accord sur la nature des autres informations que les décideurs pourraient trouver intéressantes. En dépit de la priorité accordée à la croissance économique, un indicateur de la contribution des projets de transport à l'augmentation du taux tendanciel du PIB n'est pas un outil garant de l'amélioration des décisions. Il est clair qu'un modèle bien conçu d'aménagement du territoire complétant le modèle des transports pourrait aider les décideurs à mieux cerner les effets probables d'un projet ainsi que sa capacité de génération de nouvelles modifications futures, mais l'utilisation de ce genre de modèle n'est pas encore entrée dans les habitudes en Angleterre.

Il ne serait sans doute pas inutile de se demander si les modèles d'aménagement du territoire actuellement disponibles au Royaume-Uni peuvent, dans leur forme actuelle ou après quelques adaptations, fournir certaines des informations que les méthodes courantes d'évaluation ne parviennent pas à fournir sur les impacts spatiaux et les réponses aux améliorations de l'accessibilité. Il y aurait aussi intérêt à comparer l'estimation de la redistribution des activités économiques annoncée par ces modèles avec celle que le processus d'évaluation de Crossrail et les études réalisées pour le Grand Manchester et le Northern Way avaient prévue. Les conclusions d'une telle analyse seraient empreintes d'une grande incertitude. La nature restrictive de la politique britannique d'aménagement du territoire limite la portée de bon nombre des réponses modélisées à l'amélioration de l'accessibilité et réduit donc les avantages présentés par l'utilisation de ces modèles. La prise en compte des coûts et des avantages des modifications urbanistiques dans l'évaluation des projets de transport pose d'autres problèmes, notamment celui de savoir si ces avantages s'ajoutent à ceux que le modèle des transports met en évidence. Dans un monde où la recherche ne manquerait pas de moyens de financement, l'étude de ces questions serait un exercice intéressant et exigeant, aux résultats très incertains, mais les moyens mobilisables pour le présent programme de recherche sont très limités et il y a encore beaucoup d'autres priorités à satisfaire.

Annexe 1.A1

Figure 1.A1.1 : Évolution du nombre de personnes entrant dans le centre de Londres pendant la période de pointe du matin (1972-2009)



Les voyageurs qui passent du train au métro ou au bus dans les gares de chemin de fer du centre de Londres sont comptabilisés dans les clients des trains.

Références

1. Abercrombie, P. (1945), *Greater London Plan 1944*, HMSO.
2. Foster, C.D. et M.E. Beesley (1965), Estimating the social benefit of constructing an underground railway in London, *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 126 (1963), pp. 46-58.
3. Ministère des Transports (1977), *Rapport de la SACTRA* (commission consultative d'évaluation des grands axes routiers), HMSO.
4. Ministère des Transports (1989), Central London Rail Study, British Rail et Transports régionaux de Londres.
5. Chambre des Représentants (1992), *Hansard*, 18 mai, vol. 208, pp. 119-128, http://hansard.millbanksystem.com/commons/1992/may/18/jubilee-line-extension#S6CV0208PO_19920518_HOC_364
6. Ministère des Transports (1994), *Trunk Roads and the Generation of Traffic*, SACTRA.
7. Ministère de l'Environnement, des Transports et des Affaires régionales (1999), Transport and the Economy, http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20050301192906/http://dft.gov.uk/stellent/groups/dft_econappr/documents/pdf/dft_econappr_pdf_022512.pdf
8. Eddington, Sir Rod (2006), *The Eddington Transport Study*, HMSO. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090104005813/http://www.dft.gov.uk/about/strategy/transportstrategy/eddingtontstudy/>
9. Ministère des Transports, *Transport and the Economy – the Government Response to SACTRA*, HMSO, Cm 4711. <http://www2.dft.gov.uk/pgr/economics/sactra/transportandtheeconomygovern3149.html>
10. Ministère des Transports (2011), The Economy Objective; Regeneration Impacts, WebTAG Unit 3.5.8., <http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/unit3.5.8.php>
11. Ministère des Transports (2005), Transport, Wider Economic Benefits and Impacts on GDP. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/webia/webmethodology/sportwidereconomicbenefi3137.pdf>
12. Transport Scotland (2014), Scottish Transport Appraisal Guidance, <http://www.transportscotland.gov.uk/reports/stag/j9760-06.htm>
13. Ministère des Transports (2006), Projet de base de données sur la recherche du: Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link between City Size and Productivity <http://www.dft.gov.uk/rmd/project.asp?intProjectID=11775>

14. Graham, D.J. et Kurt Van Dender (2009), Document de référence n° 2009-32, Estimating the Agglomeration Benefits of Transport Investments: Some Tests for Stability, Forum International des Transports, Paris (en anglais).
15. Ministère des Transports (...), Guide on value for money <http://www2.dft.gov.uk/about/howthedftworks/vfm/>
16. Ministère des transports (2011), The Transport Business Case, avril. <http://assets.dft.gov.uk/publications/transport-business-case-tbc/transportbusinesscase.pdf>
17. CLRL, SRA et Transport for London (2003), Crossrail Economic Business Case, <http://www.crossrail.co.uk/railway/benefits>
18. Ministère des transports (2004), Crossrail Review – the Montague Report, <http://www.crossrail.co.uk/railway/benefits>
19. Crossrail Ltd (2005), Economic Appraisal of Crossrail, www.crossrail.co.uk/railway/benefits
20. Colin Buchanan et Volterra (2007), The Economic Benefits of Crossrail, <http://www.crossrail.co.uk/railway/benefits>
21. Mackie, P.J., M. Wardman, A.S. Fowkes, G. Whelan, J. Nellthorp and J. Bates (2003), Values of Travel Time Savings in the UK, Institut d'étude des transports, Université de Leeds.
22. Gunn H. (2005), "SCGE Models: relevance and accessibility for use in the UK, with emphasis on implications for evaluation of transport investments", Ministère des transports.
23. Ministère des transports (2005), Transport, Wider Economic Benefits and Impacts on GDP, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/webia/webmethodology/sportwidereconomicbenefi3137.pdf>
24. Spatial Economics Research Centre LES (2009), Strengthening the economic linkages between Leeds and Manchester, <http://thenorthernway.co.uk/document.asp?id=772>
25. De Rus, G. (2002), Les effets économiques de l'investissement dans le rail à grande vitesse, Forum International des Transports, *Table Ronde 145, Concurrence et interactions entre aéroports, services de transports aériens et ferroviaires*, OCDE, Paris.
26. Université de Westminster (2010), Jubilee Line Extension Impact Study, Transport Studies Group, <http://home.wmin.ac.uk/transport/jle/jle.htm>
27. Gibbons, S. *et al.* (2010), Evaluating the Productivity Impacts of Road Transport Schemes, Report on pilot study findings, <http://assets.dft.gov.uk/publications/pgr-evaluation-evaluationguidance-evalprodimpacts/final-report.pdf>
28. HM Treasury, *The Green Book*, http://www.hm-treasury.gov.uk/data_greenbook_index.htm, pdf, 118 pp.

Chapitre 2

Le projet du Métro Grand Paris : Caractéristiques et problèmes posés

Jean-Claude Prager¹

Résumé

Dans cette brève note introductive, l'auteur va souligner deux importantes caractéristiques de notre projet ainsi que notre défi qui est de mener une évaluation robuste des impacts socio-économiques de ce projet pour ensuite poser quatre questions qui semblent fondamentales à l'auteur.

Le Métro Grand Paris représente un changement structurel considérable qui va diviser par deux le temps de trajet de nombre de déplacements. Ce métro pose donc de nouvelles questions sur l'importance des effets de seuil dans les transports publics.

¹ Société du Grand Paris.

Dans cette petite introduction, je vais souligner les deux caractéristiques importantes de notre projet, notre défi d'ensemble pour faire une évaluation robuste de son impact socio-économique, et ensuite vais formuler quatre questions qui me paraissent fondamentales.

1. Le caractère majeur des investissements envisagés

Le Métro Grand Paris a la nature d'un changement structurel considérable qui va réduire de 50 % nombre de temps de parcours. Ce métro pose ainsi des questions nouvelles sur l'importance des effets de seuil dans les transports en commun.

Le métro automatique du Grand Paris est constitué d'environ 175 km de lignes nouvelles, et de 60 gares environ. Il va augmenter la taille du réseau de métro actuel de Paris de 70 % et permettra de transporter deux millions de voyageurs par jour (le métro actuel compte aujourd'hui 215 km environ avec 300 stations, transportant 4 millions de voyageurs par jour). Le métro Grand Paris roulera à environ 65 Km/h de vitesse commerciale en moyenne, soit le triple de la vitesse commerciale actuelle du métro. La fréquence des métros sera modulable, et pourra atteindre 85 secondes entre deux passages aux heures de pointe.

Aujourd'hui, 70% des déplacements en Ile-de-France s'effectuent de banlieue à banlieue, et 80% de ceux-ci se font en voiture. Le métro Grand Paris permettra également d'éviter de passer par Paris pour aller d'une ville de banlieue à une autre et entraînera une diminution de 10 à 15% en moyenne de l'affluence sur toutes les lignes du métro actuel. Sur certaines lignes la désaturation du réseau atteint même 25% comme pour la ligne 13, et 30% sur la partie centrale du RER. De tous les points de la région parisienne on pourra se rendre facilement aux 3 aéroports et aux gares TGV. On a pu évaluer également qu'entre 10 et 15% des utilisateurs abandonneront leur voiture au profit des transports en commun.

Le schéma d'ensemble du projet a été approuvé par le gouvernement en août 2011.

2. Le projet du Grand Paris est également un projet majeur de développement

Le Métro Grand Paris a pour objectifs explicites de favoriser le développement économique de la région capitale, en améliorant l'attractivité du territoire, le fonctionnement du marché de l'emploi, les échanges entre acteurs de la vie socio-économique et la mise en réseau des pôles d'excellence et de développement de la région.

Notre projet s'inscrit donc dans une politique nouvelle de croissance et d'innovation de la région Île de France. Cette politique comporte en plus une restructuration des grandes universités de la région et une stratégie de l'innovation conforme aux priorités définies dans le cadre de la stratégie de Lisbonne de

l'Union Européenne, ainsi qu'une politique renforcée de construction de logements pour accompagner cette croissance. Cette politique se veut une réponse aux questions posées par le déficit de rendement de la machine à innover de la région, par comparaison avec Tokyo, Londres et New York. La région a un potentiel considérable : le nombre de chercheurs, la diversité de sa structure industrielle et des ses services, son tissu riche d'artisans, de petites et moyennes entreprises, la puissance de ses filières industrielles, son attractivité pour les investissements étrangers, le nombre de ses grands sièges sociaux, sa force en tant que place financière, culturelle et touristique de classe mondiale. Mais la machine à innover de la région Île de France a un rendement économique moindre, comparé à celui de Londres, de Stockholm, de New York, de Los Angeles, sans parler de la Silicon Valley, notamment en raison d'échanges insuffisants entre la recherche et le monde économique dans la région Île de France.

De plus, les territoires de la Région sont très hétérogènes et mal reliés entre eux et à leurs aéroports, et du coup, le déficit de mobilité interne à la région est un handicap pour la circulation des idées et des travailleurs, pour la valorisation des initiatives et des ressources humaines. La ville, définie au sens de l'agglomération urbaine, est le lieu par excellence qui permet et facilite la connexion entre acteurs. Les infrastructures envisagées par le projet du Grand Paris sont de nature à faciliter l'interconnexion des territoires, et donc à renforcer l'efficacité des échanges aussi bien des personnes que des idées et de favoriser les forces d'agglomération.

Le défi : des techniques d'évaluation à adapter à un projet majeur

La finalité première de l'infrastructure est donc bien de contribuer à un « choc de croissance » positif pour la région et pour le pays, au-delà des avantages classiques des investissements de transport.

Les projets d'infrastructures financés sur ressources publiques sont soumis, en France comme dans la plupart des pays de l'OCDE, à une enquête publique qui comprend une évaluation de l'efficacité économique et sociale de l'opération. Cette évaluation du projet comporte un bilan prévisionnel des avantages et inconvénients entraînés, directement ou non et l'estimation d'un taux de rentabilité pour la collectivité. Le bilan calcule la somme actualisée de l'ensemble des coûts et des avantages monétaires ou monétarisables attendus et également les impacts qui ne peuvent être quantifiés ni a fortiori monétarisés. L'évaluation devra préciser l'impact du projet sur les différents agents économiques en cause, clients du futur métro, entreprises, État et autres collectivités publiques, et plus généralement l'ensemble de la population.

Les premières évaluations de la rentabilité socio-économique, réalisées en 2010 avec des approches classiques de valorisation des gains d'accessibilité et les effets d'agglomération ont mis en évidence une rentabilité prometteuse de l'ouvrage. Mais d'une part nous n'avons pas encore pu quantifier l'ensemble des effets de ce nouveau métro et d'autre part les fourchettes d'incertitude sur les calculs sont assez élevées.

Pour apprécier l'impact socio-économique d'un projet aussi innovant et anticipateur de la croissance future de la région dans toutes ses dimensions, nous nous devons donc d'évaluer des phénomènes dont nous savons qu'ils sont le lieu de débats entre spécialistes. Nous sommes dans une zone grise de la connaissance et les calculs ne peuvent être que fortement empreints d'incertitude. Notre souci est donc d'abord d'explicitier les termes des débats sur la base des connaissances disponibles aujourd'hui.

Je vais dans cette brève introduction présenter quelques questions importantes qui nous préoccupent.

Question 1. Le rôle des infrastructures de transport de masse dans la croissance des territoires est un débat encore insuffisamment documenté

Dans la mesure où une des finalités de la réalisation du Métro du Grand Paris est son impact sur la croissance, il est crucial de fournir des éléments de référence sur le lien entre infrastructures de transport et croissance économique. Le lien global entre niveau de capital public et croissance, comme entre infrastructures de transport et croissance, est documenté d'une manière générale même si les conclusions d'ensemble peuvent donner lieu à des débats vifs voire un peu idéologiques. La littérature tend à conclure à un lien positif entre infrastructures et croissance à long terme. Les élasticités calculées peuvent s'avérer significatives. Mais l'incidence des infrastructures prises isolément dépend fortement de la nature précise des infrastructures et des modes de calculs. Bref, elle peut être très variable.

La question de l'influence réciproque des investissements de transport et de la croissance des territoires est un sujet de discussions ; la relation de causalité s'exerce dans les deux sens. D'une part, on accompagne et on anticipe le développement urbain par les équipements de transports et dans l'autre sens certaines infrastructures contribuent à structurer et à anticiper le développement attendu des villes. Les décisions d'infrastructures, dans la mesure où elles correspondent le plus souvent à des arbitrages financiers difficiles, sont fondées sur des critères de rentabilité rapide et ont donc tendance à privilégier la construction des réseaux de transport dans les zones déjà densifiées. Donc on peut avancer que les infrastructures qui tirent ex post les conséquences du développement en termes de besoins de transports, qui « accompagnent » ce développement ont un impact économique et une rentabilité à court terme plus importante en apparence que les infrastructures qui anticipent le développement des agglomérations et tendent à les structurer car leur fréquentation est nécessairement plus faible au début, tant que leurs effets à long terme sur la structuration urbaine ne se sont pas faits sentir.

Certaines décisions de planification d'infrastructures de transport ont eu dans le passé des effets de long terme considérables. Par exemple, on peut se demander ce qu'auraient été les croissances urbaines, quels auraient été les formes et coûts de congestion aujourd'hui de grandes métropoles comme Londres, New York et Paris si les premières décisions structurantes de métro n'avaient pas été prises au cours de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle. Il serait intéressant de disposer d'un bilan économique ex post de ces décisions et de les comparer aux calculs qu'on aurait pu faire ex ante sur la base des prévisions de trafic faites sur la base des comportements de mobilité et de localisation de cette époque. Peut-être de semblables études ont-elles été réalisées mais nous ne les connaissons pas.

Le problème est donc d'être capable de caractériser par avance ces projets majeurs, et la manière dont on peut apprécier leurs effets économiques.

Question 2. Comment caractériser les infrastructures majeures et apprécier leurs effets?

Ces infrastructures majeures, qui représentent un choix à très long terme, comme le métro du Grand Paris, sont des infrastructures de rupture qui peuvent être qualifiées de « chocs de politiques publiques ». Elles posent la question des limites d'application des modèles classiques de transport.

Les infrastructures majeures de transport représentent en effet nettement plus que de simples améliorations incrémentales de réseaux existants, ce sont des infrastructures uniques par leurs conséquences immédiates et surtout à long terme. Ceci est le cas par exemple la création de rocade complètes autour des régions métropolitaines encore desservies d'une manière partielle, ou bien la réalisation d'un premier système de transports en commun par rail dans une métropole qui n'en n'avait pas (par exemple, les métros de Londres, New York ou Paris à la fin du XIXème siècle) ou enfin la réalisation aujourd'hui d'un système très innovant par ses caractéristiques (haute fréquence, automatisation, haute vitesse,...comme c'est le cas du Métro du Grand Paris).

Pour ces infrastructures, on peut considérer que l'effet d'ensemble est nettement supérieur à la somme des effets pris séparément de leurs composantes et que l'on se situe dans des zones de forte courbure des fonctions de demande où l'induction peut être très élevée et sous-estimée par des modèles encore trop souvent linéaires.

Par exemple, la réalisation d'un anneau circulaire périphérique devrait normalement avoir des effets plus importants que quatre fois l'impact économique de la réalisation d'un quart de cet anneau. La difficulté est d'apprécier les économies d'échelle dans la fonction de production, et dans quelle mesure et sous quelles conditions ces économies d'échelle peuvent se manifester. Concrètement, il s'agit de mesurer la différence d'impact entre, par exemple, 200 km d'extensions supplémentaires des lignes de métro et celui d'un système nouveau et différent, par exemple un ensemble de lignes radiales et interconnectées comme le RER des années 1960 ou des anneaux comme dans le projet du Grand Paris, avec une technologie radicalement différente, qui permet des gains de temps beaucoup plus importants que les habituels 5 ou 10 %. Et également d'apprécier les conditions dans ces économies d'échelle peuvent être amplifiées, par des politiques urbaines appropriées, ou au contraire à quelles conditions peut apparaître une concurrence au sein même d'un mode de transport, phénomène connu en économie industrielle sous le terme évocateur de cannibalisation.

Les effets économiques et sociaux des projets majeurs sont multiples et complexes, et les calculs classiques des gains d'accessibilité basés sur les modèles de transport capturent seulement une partie des impacts, même lorsque l'on décide d'y inclure des questions qui ne sont habituellement pas explicitées, comme par exemple les gains de productivité liés aux effets d'agglomération accompagnant l'émergence de nouveaux centres secondaires.

On peut faire un parallèle avec l'analyse de l'impact économique d'une innovation radicale. Apprécier la valeur de cette innovation requiert de mesurer des répercussions dans des champs très variés de l'activité économique, qui se produisent seulement à long terme et qui n'étaient pas nécessairement prévisibles lorsque l'innovation a eu lieu.

Afin de clarifier les choix publics à faire dans ce domaine, il est nécessaire de situer l'ensemble des effets possibles dans le très long terme et de tenter d'établir leur importance relative sans sortir des limites de la plausibilité scientifique.

Question 3. Comment mesurer les effets de bien-être engendrés par les structures urbaines ?

L'incidence des projets majeurs d'infrastructures de transports publics exerce un effet significatif sur la forme des villes mais cet effet est ambigu. Les infrastructures de transport favorisent à la fois l'étalement urbain au niveau de l'ensemble et une certaine densification autour des stations qui connaissent un surcroît de demande foncière.

Le métro automatique doit donc également contribuer à un développement polycentrique (le polycentrisme s'oppose à la polarisation monocentrique).

L'étalement urbain de la région parisienne est lié comme dans la plupart des autres villes à la manière dont se règle l'arbitrage entre surface des logements, prix du sol et coûts et temps de transports. Une certaine préférence pour le transport individuel a été encouragée de facto au cours des années 1960-2000 par le renouveau démographique, l'augmentation des niveaux de vie, le maintien des prix de l'essence à un niveau relativement bas, malgré les chocs pétroliers, la réalisation de deux anneaux d'infrastructures routières importantes, et la quasi absence de mesures réglementaires ou fiscales tendant à contrôler l'étalement urbain. Ces éléments de dispersion ont été suffisamment puissants pour contrebalancer la polarisation ou le contrôle de l'étalement urbain qu'auraient dû engendrer la réalisation du Réseau express régional de transport de masse associée à une politique de villes nouvelles décidée au cours des années 1960.

Le projet du Grand Paris s'inscrit dans un contexte différent. La mobilisation des disponibilités foncières dans la petite couronne parisienne et l'amélioration de la densité du réseau de transports en commun a déjà ainsi permis d'accompagner une certaine reconcentration de la population et de l'emploi. L'ambition de notre projet est de faire en sorte que la croissance démographique et de l'emploi, qui représentera 15 à 20% de la population et de l'emploi actuels, se concentre principalement, au cours des vingt à trente prochaines années, sur une dizaine de pôles secondaires. Ces pôles seront dotés de fonctions urbaines complètes et seront bien raccordées entre elles et au centre de l'agglomération Île de France grâce à un moyen de transport ultra rapide et efficace. L'option n'est pas de bloquer l'étalement urbain, ce qui demanderait la mise en œuvre de mesures réglementaires très strictes susceptibles de conduire à une perte d'efficacité sociale mais d'accepter la poursuite d'un développement spatial contrôlé de l'agglomération. Les prévisions de prix du pétrole laissent penser que les prix de l'essence vont se maintenir à un niveau élevé et ceci va donc accentuer dans le long terme le retour aux transports en commun.

Les textes réglementaires sur les projets d'infrastructure nous demandent d'apporter une évaluation de ces effets en termes de bien-être social.

Les effets s'exercent d'abord au niveau des anticipations des agents économiques et notamment des opérateurs fonciers et sur la valeur des sols. L'effet s'exerce aussi dans le long terme, une fois l'infrastructure réalisée. La polarisation est accentuée autour des stations et des points nodaux des systèmes de transport en termes de densité de population et de valeurs foncières. Elle semble être d'autant plus forte que l'investissement correspond à un choix stratégique de développement futur plutôt qu'à un accompagnement de la poursuite des développements urbains en cours ou aux besoins existants et mal satisfaits.

Nous allons calibrer des modèles d'utilisation des sols (land use) ayant la nature de modèles de simulation comme Urban Sim ou d'équilibre général comme Relu Trans pour apprécier les effets de la réalisation du métro. Nous sommes conscients de ce que ces techniques solides et établies peuvent nous

apporter et comptons beaucoup sur le soutien des Professeurs Anas et Waddell qui sont les pères de ces analyses pour nous aider à apprécier ces questions complexes.

Au-delà de l'analyse globale des effets prévisibles, la littérature reste relativement modeste pour quantifier les gains économiques d'un meilleur contrôle du développement urbain. La littérature existante tend à donner corps à l'idée que la politique urbaine proposée pour le Grand Paris est un second best. Mais notre problème est celui de la quantification de ces bénéfices. Il s'agit en fait de savoir ce qu'apporte en termes de bien-être social et de réduction des inégalités patrimoniales et de revenus un développement polycentrique par rapport à une urbanisation mono centrique ou diffuse. Les éléments de la réponse existent en matière de polarisation des activités économiques grâce à la littérature sur les effets d'agglomération. Pour la polarisation résidentielle, les effets sont moins documentés.

Question 4. Comment estimer les effets de l'amélioration de la position concurrentielle internationale de l'agglomération parisienne ?

L'analyse de l'impact sur la croissance doit distinguer la croissance interne des territoires et la croissance liée à une plus forte attractivité de la métropole sur les ressources mobiles (investissements immobiliers majeurs et investissements industriels ou de recherche). Cette grande question concerne les facteurs géographiques du développement urbain ainsi que le rôle joué par les anticipations des agents économiques dans la croissance à long terme de villes. Nous constatons déjà une augmentation de l'attractivité externe et internationale de l'agglomération au travers des multiples contacts. L'annonce d'un projet majeur et d'une politique nouvelle de dynamisation représentent un signal qui modifie les anticipations des agents économiques, et notamment les investisseurs industriels et immobiliers qui peuvent anticiper sur les avantages futurs des emplacements, contribuer à la polarisation autour de nœuds de transports, et donc à renforcer les effets économiques et sociaux de l'agglomération urbaine. Mais l'évidence empirique de l'influence des infrastructures sur l'attractivité des ressources mobiles est encore peu documentée alors que c'est probablement là une des clés du surcroît de croissance potentielle de l'agglomération.

Une partie de notre problème tient donc dans la difficulté d'apprécier l'effet sur notre part de marché des activités internationales « *footloose* » à valeur ajoutée élevée.

En conclusion, notre réponse ne peut être pour l'instant que celle de coups de projecteurs partiels sur ces sujets complexes, en ayant conscience de la nécessité d'approches diversifiées en l'absence d'une technique centrale reconnue par tous.

Chapitre 3

Le Grand Paris : Quels outils, quels enjeux ?

André de Palma¹

Résumé

On propose quelques réflexions sur la formulation des questions touchant les enjeux et les coûts des politiques sécuritaires. Cette formulation, comme on le montre un bref rappel historique, dépend fortement des instances qui s'expriment (particuliers, assureurs, commerçants, Puissance publique, etc.).

De même, aujourd'hui, la reconnaissance du fait que la sécurité doit être traitée comme un bien public, problématique où s'affrontent des intérêts divergents, impose une analyse différenciée des modes de formulation des préférences et de leur articulation.

On montre comment l'analyse économique propose de nouvelles approches et de nouveaux problèmes pour discuter l'agrégation de la perception des événements rares aux conséquences lourdes.

¹ École Normale Supérieure de Cachan, France.

1. Introduction¹

Le but de cette Table Ronde est d'évaluer les effets économiques des grands projets d'infrastructures de transport. On parle de grands projets pour désigner les bonds qualitatifs, qu'il s'agisse de négocier le tracé d'anneaux autoroutiers ou ferroviaires venant recouper la dispersion des voies de pénétration radiale, ou d'introduire des innovations plus ciblées, qu'elles visent la fréquence, la vitesse ou l'automatisation.

Ainsi que nos hôtes nous le rappellent judicieusement, ce n'est pas tout d'étendre la liste des effets directs de tels projets en termes de gains d'accessibilité. Encore faut-il prendre en compte les gains de productivité liés aux effets d'agglomération, et ne pas négliger les effets indirects, qui touchent à l'évolution de la structure urbaine et à la modulation de la croissance.

Sous quelles conditions pouvons-nous assurer des économies d'échelle croissantes et garantir des complémentarités dans les partenariats public-privé ? Comment participer aux discussions sur la définition d'indicateurs de bien-être propres à compléter et redéfinir les indicateurs de croissance ? Il s'agit là de nouveaux fronts ouverts à nos recherches.

Dans cet article, nous résumons quelques grandes lignes du projet qui nous occupe ici, en tant qu'il concerne les infrastructures de transports et leur interaction avec la dynamique urbaine.

Mais avant cela, rappelons brièvement les grandes lignes de l'aventure du Grand Paris. En septembre 2007, le Président de la République Nicolas Sarkozy a consacré l'idée d'un « nouveau projet d'aménagement global du Grand Paris ». La loi du 3 juin 2010 crée notamment la Société du Grand Paris maître d'ouvrage du projet de transport, qui aura la charge de le concevoir et d'assurer sa réalisation.

Ce projet récapitulera et arbitrera plusieurs idées. Train régional ou métro rapide, il reliera les aéroports Charles de Gaulle et Orly, et dotera la région de boucles qui brasseront la grande périphérie sans négliger le Sud-Ouest et ses centres d'excellence (Palaiseau, Saclay, Versailles). L'affluence journalière globale attendue se comptera dès bientôt en millions de voyageurs.

Cette entreprise résulte d'un bilan dans les domaines économiques, démographiques et urbains :

- la croissance annuelle moyenne du PIB francilien entre 2000 et 2008 est de 2 %, ce qui est faible comparé aux 3-4 % de New York ou Londres. De plus, en dépit d'un dynamisme économique, peu d'emplois sont créés ;
- la croissance démographique francilienne est dans la moyenne nationale au profit d'un solde naturel élevé, mais d'un solde migratoire négatif dû aux nombreux départs vers la province ;
- l'étalement urbain induit par la politique des « villes nouvelles » est important ce qui entraîne une faible desserte en transports en communs, des coûts élevés de congestion routière, de la ségrégation spatiale passive et active, et la baisse de l'emprise réservée aux terres agricoles. De grandes différences de densité sont observées entre Paris

(25 000 habitants/km²) et la grande couronne (1 000 habitants/ km²), mais l'évolution récente, entre 1990 et 2006, montre une croissance rapide en couronne. Les services publics et les équipements sont mal répartis ;

- de nombreux déplacements banlieue-banlieue, dont beaucoup se font en véhicule particulier² y compris pour les aéroports et gares ferroviaires ;
- la nécessité de maîtriser les rejets de gaz à effet de serre.

Ce projet relie huit pôles majeurs de développement franciliens et accompagne leur développement (voir section 4). Sur ces territoires de projet, les gains de population et d'emplois estimés sont respectivement de 1.5 million et 1 million à l'horizon 2030³. Cette nouvelle infrastructure permettra d'accroître la mobilité et la desserte en créant des connexions avec l'ensemble des lignes existantes et en renforçant les liaisons banlieue-banlieue. Indirectement, ce projet a aussi vocation à générer un essor économique et urbain, notamment dans les « zones de projet » citées ci-dessus, pour l'instant enclavées pour certaines. Le coût prévisionnel est estimé à quelque 20 milliards d'euros⁴.

Nous décrivons dans cet article comment les modèles intégrés transport-occupation du sol, ou modèles LUTI (*Land Use and Transport Interaction*), peuvent servir à évaluer les effets (local, régional et international) des projets d'infrastructure de transport.

2. Modélisation des grands systèmes urbains

Introduction

La nouvelle vague de modélisation des grands systèmes urbains repose en fait sur une tradition de réflexion théorique dont nous retraçons rapidement les grandes lignes ci-dessous. Ceci n'est pas un historique (traité de manière magistrale par Thisse, 2011), mais permet de reconstituer les chemins qui ont conduit aux modèles visant à décrire les grandes métropoles.

De l'économie agricole à l'économie urbaine

Certains concepts clés ayant conduit à l'économie urbaine ont fait l'objet de travaux publiés dès le début du 20^{ème} siècle sur l'organisation de l'espace dans le cadre des exploitations agricoles, et à la distribution des hiérarchies urbaines (von Thünen 1826 ; Lösch, 1940 ; Christaller, 1933). Agronome, von Thünen décrit selon un système d'anneaux concentriques les mécanismes d'allocation des terres aux activités par un processus d'enchères (la terre étant attribuée au plus offrant, dans le cadre de la concurrence parfaite). Économiste, Lösch part d'une plaine isotrope où des entités autosuffisantes maximisent leur accessibilité à certains biens et services, et contemple l'organisation progressive de la circulation des biens, des services et des personnes.

Le modèle monocentrique

On peut associer à Alonso (1964) l'application de ces idées d'enchères et d'optimisation au cadre de l'économie urbaine⁵. Alonso a contribué à mettre sur pied (avec Richard Muth et plus tard Edwin Mills), le modèle monocentrique de la ville, où tous les travailleurs se rendent chaque matin à un lieu de travail unique, désigné comme le *Central Business District* (voir à ce propos la revue de Quigley, 2008). Ce modèle, qui assigne les emplois au centre de la ville, ne décrit donc que les choix résidentiels des ménages. Il reste cependant utile pour comprendre les mécanismes de localisation des ménages et d'étalement urbain (voir les études préliminaire de Chiappori, de Palma et Picard, 2011).

Court terme *versus* long terme

Des travaux récents ont montré comment l'instauration d'une tarification de cordon, appliquée en Île-de-France peut affecter la structure de la ville, l'étalement urbain et la congestion (de Palma *et al.* 2011). Ils utilisent un modèle monocentrique, avec congestion du trafic automobile. Ce modèle a été ajusté sur les données disponibles en Île-de-France pour expliquer l'étalement urbain. Des études comparables ont été menées sur le court terme (où la résidence des ménages demeure fixée) et long terme (résidence variable). Elles montrent que dans le cas du court terme les effets de la tarification ne sont que la moitié de ce qu'ils sont sur le long terme. Ce chiffre, qui ne constitue qu'un ordre de grandeur, n'en justifie pas moins l'intérêt de prendre en compte les processus de relocalisation des ménages et des entreprises.

La prise en compte des effets de choix politiques majeurs nécessite d'une part la modélisation fine des systèmes de transport, et d'autre part une modélisation de la relocalisation des entreprises (ignorée dans le modèle monocentrique, mais prise en compte dans les modèles polycentriques, plus complexes. Ceci plaide pour les modèles intégrés transport-occupation du sol que nous développons plus loin.

Dans un modèle plus élaboré, on devra prendre en compte les externalités spatiales sur les ménages et les entreprises. Symétriquement, les décisions de mobilité des ménages et des entreprises modifient de fait (et sont affectées par) la valeur des densités et donc des externalités. Ces externalités, difficiles à mesurer (à part en ce qui concerne la congestion) sont largement ignorées de trop nombreux modèles, tant théoriques, qu'appliqués ; mentionnons de Palma *et al.* (2007), qui mesurent les externalités locales et leurs effets sur les choix résidentiels.

La concurrence spatiale, monopolistique et oligopolistique

Les modèles d'économie urbaine ont longtemps ignoré la concurrence de produits différenciés. Celle-ci a pourtant été mise en équation il y a un près d'un siècle par H. Hotelling (1929)⁶. Son modèle, très schématique, était uniquement spatial, bien que la plage où se déplacent ses marchands de crème glacée puisse être relue comme une gamme de différenciation entre produits.

La modélisation de la différenciation des produits a trouvé une contrepartie empirique à travers les modèles de choix discrets dont l'estimation est désormais opérationnelle. Cette approche a connu un franc succès dans des applications aux choix de localisation résidentielle. On mentionnera ici les travaux de Ben-Akiva et Lerman (1985), qui ont popularisé les modèles de choix discrets dans le domaine des transports. Parallèlement, les idées de différenciation ont fait leur chemin dans le domaine de l'économie urbaine grâce aux travaux d'Alex Anas. Cette première approche basée sur la différenciation, qui est devenue centrale dans la majorité des modèles appliqués de l'économie urbaine, ignore la concurrence, pourtant au centre du modèle d'Hotelling.

La concurrence oligopolistique entre firmes vendant des produits différenciés et localisées spatialement a été décrite pour la première fois par de Palma *et al.* (1985). Cette approche n'a pas encore, à notre connaissance, été développée dans le cadre de modèles urbains. Néanmoins, ces idées ont trouvé une niche dans un contexte spatial appliqué, celui du commerce international (Fajgelblum *et al.*, 2011).

Non que la concurrence soit absente de l'économie urbaine : elle y est entrée en force sous la forme de la concurrence monopolistique (intermédiaire entre la concurrence parfaite et la situation de monopole), introduite par Chamberlin (1933), et analysée par Dixit et Stiglitz (1977). Ces idées ont été reprises par la nouvelle économie géographique.

Cette description prend en compte des entreprises qui n'ont que peu de pouvoir de marché, et se prête bien au cas d'un grand nombre de petites entreprises, mais moins bien au cas de quelques entreprises de grande taille ayant chacune un pouvoir de monopole. La question reste ouverte de savoir si cette approche est utilisable pour décrire la concurrence entre entreprises au sein d'une grande agglomération, telle que Paris, Londres ou New York. Il nous semble que le choix de la concurrence monopolistique revient en un sens à faire trop confiance au marché. Mais ceci reste une question plus empirique que théorique.

Enfin, la concurrence entre grandes agglomérations, souvent oubliée par l'économie urbaine, relève aussi, probablement, de la concurrence imparfaite : il serait excessivement simplificateur de supposer, en effet, que des villes concurrentes telles que Londres et Paris constituent des options homogènes pour des multinationales désirant établir leur siège social.

3. L'approche des modèles non linéaires

Introduction

L'idée de développer des modèles opérationnels pour décrire le phénomène urbain, et plus tard la dynamique urbaine s'est imposée avec l'apparition d'ordinateurs assez puissants. Nous allons mentionner ici quelques éléments essentiels qui nous semblent avoir été quelque peu négligés durant ces dernières années.

Une première tentative de modélisation des formes urbaines a été réalisée par le modèle (statique) Metropolis (Lowry, 1964). Cet outil de simulation imbrique deux types d'allocation des espaces : un modèle de localisation des résidences et un modèle de localisation des emplois et des services. Ici la croissance d'une ville dépend de l'expansion de son secteur de base, industriel, qui détermine la répartition des ménages et des emplois induits. Les emplois du secteur de base sont fixes, et en ce sens l'outil est statique.

Dynamique urbaine

L'histoire des grands modèles de dynamique urbaine commence officiellement avec les travaux promus par le Club de Rome, et donc avec les modèles de J.W. Forrester, avec le célèbre ouvrage, *Urban*

Dynamics paru en 1969. Pour la première fois, on croyait avoir la possibilité de décrire les systèmes à l'échelle 1/1 (ou presque) et de prendre en compte une complexité inaccessible aux modèles analytiques.

Ces approches se réclamaient des travaux de L. von Bertalanffy et N. Wiener. Très vite, on appela théorie des systèmes qui étudiaient les systèmes d'interactions en termes de « boîtes » et de « flèches » décrivant les processus d'amplification et d'atténuation. L'objet de ces études est de réguler, en introduisant des boucles de rétroaction : les entrées du système sont fonction des valeurs de la sortie. Cette logique de propagation des effets évoque pour l'économiste la dynamique du multiplicateur keynésien. Dans cette perspective, la ville est un grand système non linéaire modélisé sous l'optique de la régulation, de sorte que dans ce cas, le travail de l'urbaniste, de l'ingénieur et du planificateur est de comprendre et d'agir sur les systèmes de régulation. Le but est de gérer au mieux le système complexe et hautement non linéaire qu'est la ville.

Validation

Les données disponibles pour ajuster ce type de modèle ne sont souvent pas assez nombreuses ni assez fines pour garantir le comportement voulu. Ceci fragilise les procédures d'ajustement des paramètres du modèle. Ces procédures seront plus tard partiellement remplacées par l'estimation économétrique, plus complexe. Mais pour le cas qui nous occupe ici, le calage des paramètres, trop nombreux, n'a pas permis d'élaborer des modèles satisfaisants.

Interdisciplinarité

Malgré ces éléments pessimistes, cette première vague de modélisation a été utile, car elle a permis de sortir l'économie et la planification urbaine de leur cadre étroit en leur offrant de se confronter à la réalité. Cette vague de modélisation a offert à ces disciplines des applications s'attaquant de front à la complexité des systèmes urbains. Elle a ainsi joué en un sens un rôle œcuménique.

De la modélisation à la réalité

Néanmoins, ces expertises pleines de promesses n'ont pas répondu aux espoirs que l'on pouvait y mettre initialement : la ville reste un système largement imprédictible et sa gestion continue à tenir plus souvent de la politique pragmatique et de l'expérience que de l'application de conseils et recommandations issus d'une quelconque expertise scientifique. Mais la roue est en marche.

Nous pensons que les raisons de l'échec de cette modélisation systémique sont multiples. Parmi les raisons expliquant l'échec relatif de la théorie des systèmes comme outil permettant de réguler la ville, comme un thermostat régule la température, on retiendra les suivantes :

Validation

Les systèmes urbains ne se résument pas à une série d'équations non linéaires traduisant au mieux les comportements qualitatifs en présence. Il faut aussi se baser sur une analyse microscopique de comportements individuels, très hétérogènes par nature : l'analyse des choix individuels. Cette analyse est arrivée un peu tard dans cette première épopée : elle n'a connu un véritable développement que bien après les travaux emblématiques liés au Club de Rome.

En effet, les modèles économétriques de décision ont vécu leurs débuts opérationnels dans les années 80, et ce n'est que depuis les années 90 qu'ils sont passés dans la pratique courante (ils peuvent désormais être estimés très facilement, sans nécessiter de programmation par l'utilisateur, à l'aide de logiciels commerciaux tels que SAS, GAUSS, ALOGIT et STATA, ou gratuits tels que R et BIOGEME).

Ceci ne signifie pas, comme on le verra, que les modèles de choix discrets peuvent servir dans le cadre de modèles urbains complexes. Un long chemin reste à parcourir pour leur pleine intégration.

Agrégation

La question de la relation entre comportements individuels et comportements agrégés doit figurer au centre de notre réflexion. Mais elle a été largement éludée par les spécialistes de l'économie régionale et urbaine (Schelling, 1971, constitue une exception notable), contrairement à la pratique dans d'autres branches de l'économie, où les questions d'agrégation ont retenu l'attention des chercheurs, qui s'interrogent sans cesse, par exemple, sur la pertinence de l'individu dit représentatif.

Éviter l'agrégation

La réponse de l'économie urbaine a été de plus en plus de passer d'un comportement agrégé quelque peu *ad hoc* (fonctions agrégées de type Cobb-Douglas) à une description individuelle des comportements. Le point de vue de l'économie urbaine est en un sens souvent celui du « *Small is beautiful* ». Quel monde plus réaliste en effet, pourrait-on croire, que celui où les modèles possèdent autant d'équations que d'agents : ménages (voire individus) et entreprises ? Les modèles de microsimulation, de plus en plus utilisés de nos jours, illustrent cette idée. Par exemple, dans le domaine des transports, il ne s'agit plus de décrire des flux de véhicules identiques, mais d'automobilistes dotés chacun d'objectifs et de vitesses de réaction distribués individuellement. Dans ces modèles, chaque automobiliste réagit en fonction de l'état de son environnement immédiat.

Or, la mise à l'épreuve de ces modèles, en ce qui nous concerne, est de savoir s'ils sont capables de rendre compte de processus macroscopiques, par exemple l'onde de choc se déplaçant à petite vitesse (fonction du temps de réaction et de la distance de sécurité) dans une direction inverse du sens de la circulation. Si un automobiliste arrivé au kilomètre 100 de l'autoroute freine soudain (parce qu'un lapin passe devant lui), observe-t-on sur l'écran du modèle, comme dans la réalité, un front de freinage se propageant vers l'arrière à environ 20 km/h, ce qui correspond à un processus macroscopique ? La réponse à cette question dépend des modèles, et elle est affirmative pour un certain nombre de modèles de microsimulation du trafic automobile. Hélas, d'après nous, cette problématique (qui reste encore à ce jour négligée par les modélisateurs des systèmes urbains) reste sans réponse. Des stratégies clairement définies de validation et de test de tels modèles vis-à-vis de chocs ou de changements politiques drastiques restent à être définies. Nous reviendrons plus tard sur cette question.

L'approche systémique a mis en évidence l'importance des non-linéarités, introduites par les boucles. Néanmoins, il n'est pas suffisant d'avoir réussi à construire un système non linéaire ; encore faut-il savoir analyser ses propriétés et déterminer les comportements à analyser. La question de l'agrégation de préférences hétérogènes dans un système hautement non linéaire reste le défi central des systèmes urbains.

Changement d'échelle : exemple de structuration

Étudier l'agrégation des comportements, c'est décrire les arrangements qui découlent de cette agrégation. Ces arrangements sont-ils voués au désordre ? Non, car la thermodynamique des systèmes soumis à des contraintes de non-équilibre nous a appris que seuls les systèmes isolés sont condamnés à voir leur entropie (on comprendra leur degré de désordre) augmenter. Les systèmes non isolés, en revanche, qui échangent énergie ou matière avec le monde extérieur, peuvent voir leur production interne d'entropie diminuer.

La physique et la chimie nous ont donné de beaux exemples de structures ordonnées émergeant sur base d'interactions locales. Tout le monde a entendu parler de l'expérience de Belousov-Zhabotinsky (voir YouTube), qui met en scène des structures spatio-temporelles macroscopiques, états instables aux transitions complexes, parfois reliés par des points de bifurcation, et entre lesquels peuvent s'établir des transitions périodiques, voire un chaos chimique macroscopique (voir de Palma et Lefèvre, 1983a et Prigogine, 1996).

Les auteurs de ces travaux ont étudié aussi le comportement de colonies de fourmis qui, par millions quelquefois, participent sans le savoir à de gigantesques édifices, dont l'agencement dépasse, et de loin, les capacités cognitives et mémorielles du cerveau de la fourmi. Les embouteillages, les applaudissements cadencés dans une salle de concert, ou les rumeurs ou organisations spontanées coordonnées par Facebook, ne participent-ils pas à ce type de logique ? Bien sûr, ces situations forment des cas extrêmes, des archétypes, qu'il y a lieu de tempérer (voir à ce propos l'approche de Mansour et de Palma, 1984).

Le cas des villes

Dans le cas des villes, les règles de la thermodynamique des systèmes isolés ne devraient pas s'appliquer, et de fait on n'y observe pas une dérive vers le désordre. Il faut donc modifier l'une des prémisses de notre problème. Le second principe est compatible avec l'apparition de structures ordonnées sous certaines conditions : contraintes de non-équilibre et présence d'interactions décrites par des non-linéarités.⁷ Alors, tout comme un système économique qui s'enrichirait constamment sans qu'aucun agent n'apporte de la valeur ajoutée est suspect, toute idée d'une ville qui s'autostructurerait sans que ses échanges avec le monde extérieur soient décrits est suspecte.

Les modélisations axées sur les non-linéarités et les échanges du système avec le monde extérieur ont vu le jour sous le nom de structures dissipatives (c'est-à-dire de structures qui s'auto-organisent ou se structurent en dissipant de l'énergie, au prix d'échanges avec le monde extérieur). Le concept de « structure dissipative » a été introduit par Prigogine de l'École de Bruxelles (voir Nicolis et Prigogine, 1977). Il est proche du concept de « synergie » introduit par Haken (voir Haken, 1993 et Weidlich et Haag, 1987). Dans ce nouveau cadre de référence se pose la question essentielle de la stabilité des états de tels systèmes dynamiques. Autrement dit, dans quelle mesure de petites causes peuvent-elles engendrer de grands effets sur ces états macroscopiques ? Est-il, par exemple, possible qu'une réforme de la tarification du stationnement à l'intérieur de Paris, ou une tarification de l'hypercentre de Paris, ait des effets sur l'ensemble de l'Île-de-France ?

Les études sur le Grand Paris ont ignoré jusqu'ici les conditions de circulation et les mesures d'accompagnement qui devront être mises en place. Or, on peut plaider, comme nous le faisons, que les effets du projet du Grand Paris ne toucheront pas uniquement les zones voisines des nouvelles infrastructures, mais l'ensemble de l'Île-de-France, et au-delà, les régions limitrophes. Penser système, penser interactions locales, mais aussi non locales est désormais possible dans le cadre de l'analyse des

systèmes non linéaires et ouverts, régis par une dynamique, encore assez myope, mais qui dépasse de loin les visions statiques et locales des économistes urbains et de leur précurseurs, aussi systémiques se disent-ils.

Auto-organisation

Bien sûr, les résidents ont la possibilité de choisir l'endroit où ils désirent habiter, mais mis à part les cas d'urbanisations anarchiques, peut-être comme les favelas en Amérique du Sud ou la première ruée vers l'or de la Californie, une série de travaux, de législations et de réglementations encadre ce type de dynamique. Nul ne peut dire que les travaux de Haussmann n'ont joué aucun rôle dans le développement urbain de Paris, encore moins prétendre que si Haussmann n'avait pas existé, les choses se seraient passées de la même façon, la ville étant guidée par des forces de l'Histoire qui dépasseraient nos moyens d'action.

Les dernières vagues de modèles sont ancrées, de manière bien plus sérieuse, sur la double logique des comportements individuels et des comportements collectifs.

L'équilibre entre ces deux niveaux d'interaction est délicat à atteindre et à décrire. Nous décrirons brièvement deux outils, RELU-TRAN et URBANSIM, qui s'opposent sur de nombreux points, tout en étant tous deux orientés vers le même objectif : celui de décrire et si possible prédire la dynamique de grosses agglomérations urbaines.

4. Cadrage des études sur le Grand Paris

Le découpage du Grand Paris

L'un des objectifs du projet du Grand Paris est de réorienter le développement économique de la Région. Une longue tradition de centralisation a concentré sur Paris les organes du pouvoir, polarisant du même geste le centre-ville au détriment de périphéries reléguées au rôle de banlieues de peuplement.

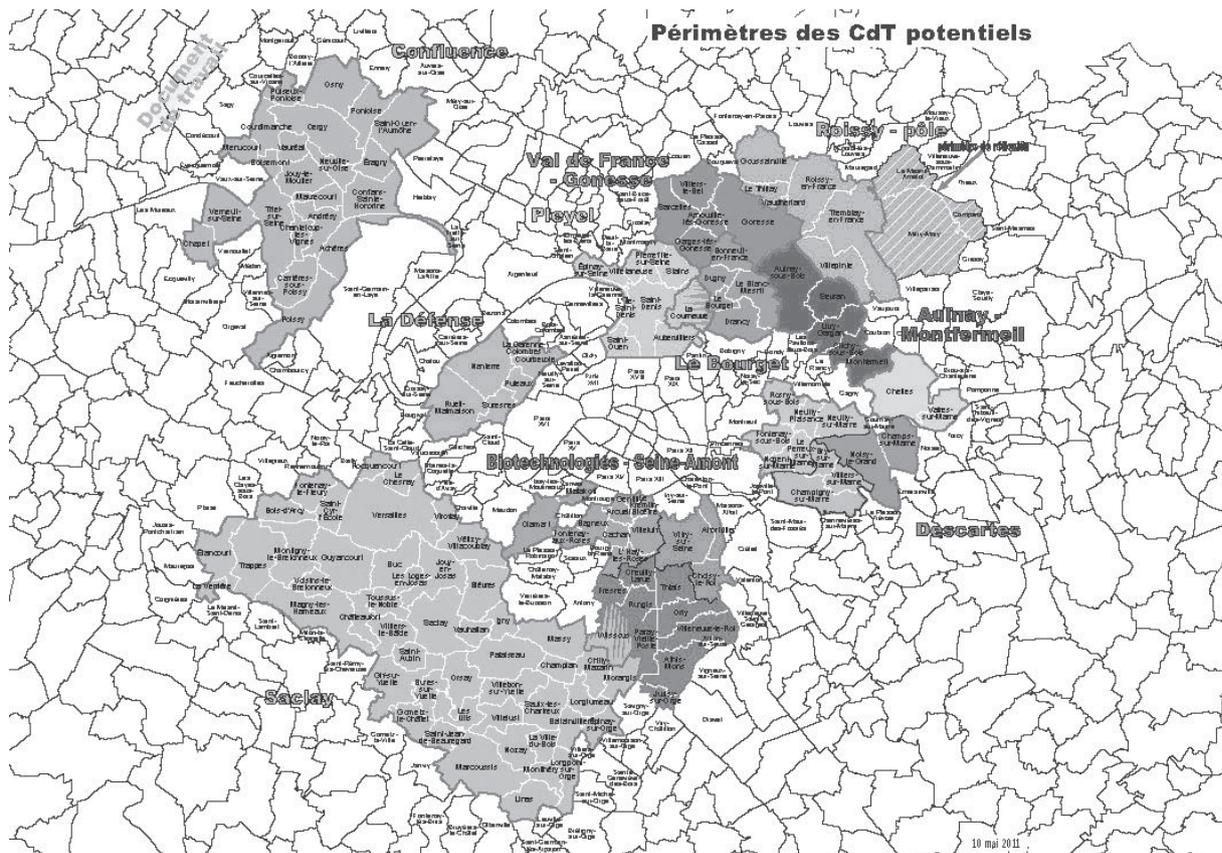
Depuis quelques décennies, la tendance est à la décentralisation. Mais on ne rompt pas en un jour avec une addiction. On ne s'étonnera pas que la planification ambitieuse du milieu du siècle dernier ait parlé de décentralisation industrielle, voire d'industrialisation des campagnes. On comprit bientôt qu'il ne fallait pas seulement parler de régions sous-industrialisées, et qu'il fallait assigner des pôles aux nouvelles cartes à tracer. Les *métropoles d'équilibre*, ainsi qu'on désigna les grandes villes ou conurbations, ont eu à articuler leurs espaces internes et leurs espaces régionaux (Cohen, 2002).

Les expériences des villes nouvelles des années 1960-80 ont révélé les limites de la politique de développement de bassins de vie. Les pouvoirs publics ont donc décidé de développer des bassins d'emplois et de recherche. Cette décision s'est concrétisée par l'élaboration de pôles de compétitivité, dont certaines fonctions sont désormais reprises par les CDT (Contrats de développement territorial). La Société du Grand Paris a lancé en juin 2011 une première série d'appels d'offres pour évaluer les conséquences socio-économiques du projet du Grand Paris. Une coordination des équipes repose sur une harmonisation des méthodes de travail, et un consensus sur le découpage des zones à étudier. L'Île-de-

France comporte 1 300 communes, et les 20 arrondissements parisiens correspondent à de grosses communes au sens large.

UrbanSim peut traiter un ensemble de 1 300 zones (communes), tandis que RELU-TRAN, plus agrégé, modélise idéalement une cinquantaine de zones. Un regroupement de communes en zones agrégées a été proposé par l'équipe de recherche constituant l'un des lots du projet. Il part dans un premier temps des CDT établis en juin 2011. Sont ensuite construits autour de ces CDT des agrégats de communes reposant en gros sur le découpage en arrondissements. Enfin, les communes isolées/enclavées sont affectées à l'une des zones préalablement construites, par défaut l'arrondissement contigu auquel elle est la plus similaire en termes de densité de population et se situant dans le même département ou à un CDT contigu situé dans un même département, lorsqu'il n'y a pas le choix. Le périmètre des CDT a considérablement fluctué au cours du temps, au gré des décisions politiques et administratives, et il n'est probablement pas stabilisé. Le zonage agrégé s'éloigne donc à la marge des périmètres officiels, afin d'assurer une cohérence et une homogénéité socio-économique au sein de chaque zone, au-delà des clivages politiques et administratifs, ainsi qu'une stabilité de la définition du périmètre des zones.

Figure 3.1. Périmètres des CDT potentiels



Source : DRIEA.

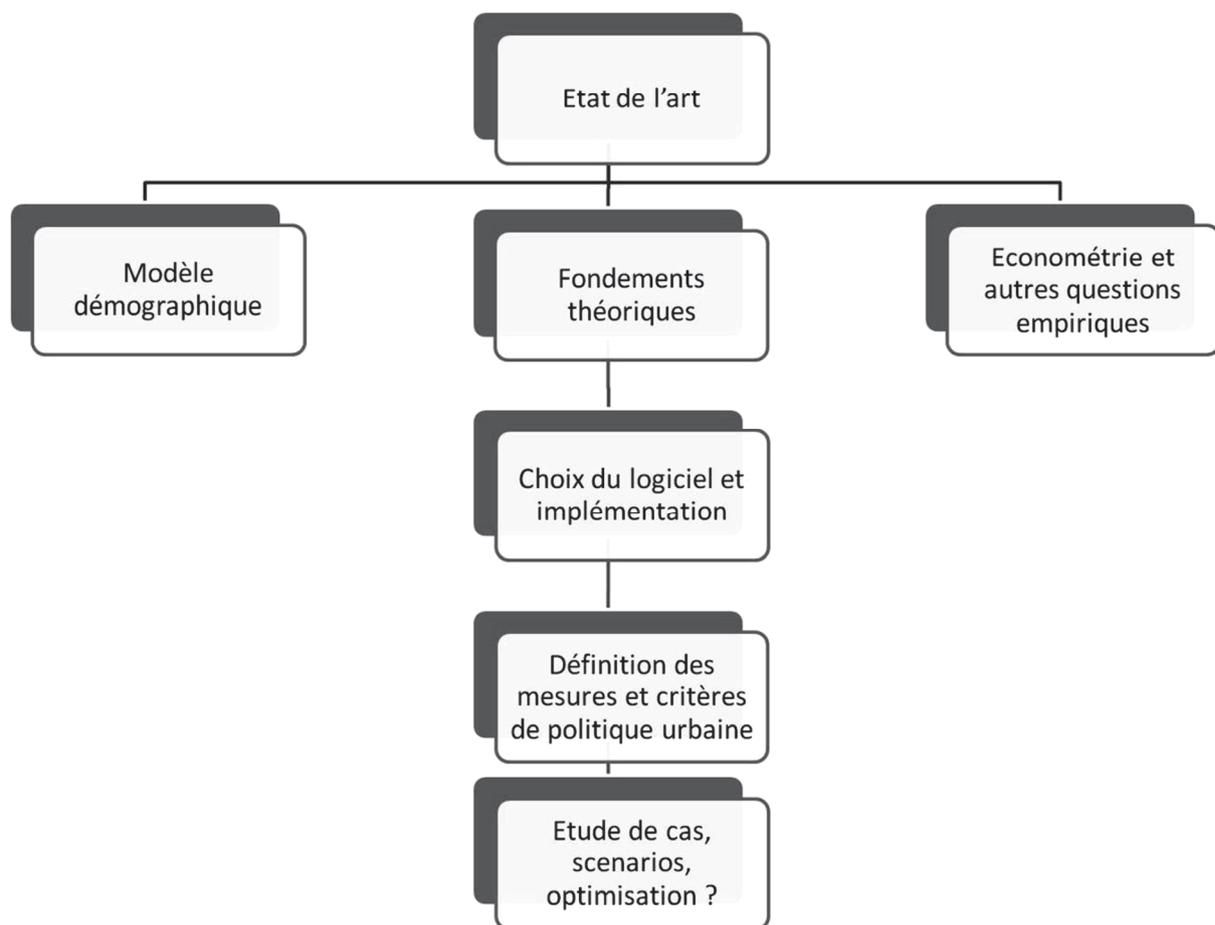
Initialement (en 2009), il y avait sept pôles de développement⁸. Depuis le 29 juin 2011, ils sont au nombre de dix. Il s'agit de : Confluence Seine-Oise, Est de la Seine-Saint-Denis, Est-parisien Cité Descartes, Gonesse Val de France, La Défense, Le Bourget, Plateau de Saclay, Roissy-Villepinte-Tremblay, Saint-Denis Pleyel et Biotechnologies Seine-Aval (Figure 3.1).

Le périmètre des dix pôles de compétitivité du Grand Paris intègre 150 communes de la Région Île-de-France (170 en incluant les 20 arrondissements de Paris, la capitale constituant un onzième pôle de développement).

Organisation des recherches

Il est difficile mais nécessaire de poser un cadre d'analyse aux études sur le Grand Paris. Cette réflexion s'inscrit dans un cadre global qui intègre l'ensemble des composantes présentées sur la Figure 3.2. Ce cadre, imparfait, permet de placer ces études dans un schéma unique, qui, nous l'espérons, améliorera la réflexion.

Figure 3.2. Schéma des tâches d'analyse et d'évaluation d'un projet



Les angles d'attaque

État de l'art

Les prémisses des modèles opérationnels développés relèvent, de manière plus ou moins explicite, du large corpus théorique de l'économie urbaine, régionale et spatiale, et plus récemment de l'économie géographique (abordé de manière succincte dans la section 3).

Trois disciplines doivent idéalement être conjuguées : (1) celle du corpus théorique/économique/géographique/des sciences régionales, (2) celle de l'économétrie et (3) celle des ingénieurs et informaticiens spécialisés dans le développement des grands modèles. Une plus grande collaboration entre ces disciplines est nécessaire, afin d'éviter une série d'écueils, dont les extrêmes seraient d'une part le cas d'un modèle théorique sans possibilité de confrontation aux données, et d'autre part, le cas d'un modèle opérationnel, reposant sur des hypothèses *ad hoc*, voire même opaques (et donc ne laissant pas de place à la discussion), et ne produisant aucune mesure recoupant les préoccupations du théoricien.

Entrepôts de données

Comme l'approche quantitative est privilégiée ici, les analyses sont tributaires de données : transport, population et tendances démographiques, emploi, occupation du sol et prix du terrain. On sait que trop souvent l'accès et le partage des données constituent une cause de blocage dans la modélisation.

Prise en compte du long terme

Les études effectuées pour prendre en compte l'impact de grandes infrastructures se situent sur un horizon de 10, 30 voire 50 ans. Les prévisions à long terme jouent donc ici un rôle essentiel. Il s'agit principalement :

- des évolutions économiques en terme de croissance (données extrapolées ou non au fil de l'eau), mais aussi évolution des préférences : comment décrire *ex ante* l'engouement des consommateurs pour les véhicules utilitaires ?
- de l'évolution de la technologie. Par exemple, quelles seront les conséquences des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur les conditions de travail, la mobilité et les économies d'agglomération ?
- des évolutions démographiques, en particulier, par le truchement de modèles de microsimulation sur une période longue (de 30 à 50 ans), mis au point par l'Institut National d'Études Démographiques, qui a une compétence acquise et démontrée sur ces matières. Prendre en compte le long terme nécessite aussi de posséder des prédictions des taux de croissance économique, d'emploi, de chômage, etc. Dans les deux cas, les prédictions doivent idéalement fournir différents scénarios qui jouent le rôle d'intrants pour le modélisateur. Ces intrants seront fournis par la SGP après collecte auprès des institutions compétentes.

Variable endogène vs variable exogène

Une question cruciale est celle du caractère endogène ou exogène des variables. Les études sur le Grand Paris vont retenir l'idée que la croissance démographique de l'Île-de-France est exogène au développement économique. Or, ce n'est que partiellement le cas. En fait, une série de décisions de nature démographique sont liées à l'économie : les mariages, les divorces, les naissances et la

participation des femmes au marché du travail peuvent dépendre des conditions de logement et de mobilité. De plus, l'immigration (vers) et l'émigration (hors de) l'Île-de-France dépendent de la santé économique de la Région. Ces boucles de rétroaction sont complexes, et il n'est pas certain qu'elles puissent être intégrées dans un proche avenir à un niveau spatial fin dans les modèles démographiques.

Choix de logiciels

Aucun logiciel ne peut tout faire, mais heureusement les outils sont complémentaires. En ce qui concerne les modèles de transport et d'occupation du sol, deux outils ont été retenus jusqu'ici pour le Grand Paris :

- RELU-TRAN, développé par Alex Anas (voir Anas et Liu, 2007) est un modèle d'équilibre général (pour une introduction aux modèles d'équilibre général, nous référons le lecteur à Broucker et Mercenier, 2011), qui travaille de manière semi-agrégée (50 zones et plusieurs centaines de nœuds dans le réseau de transport pour le cas de l'Île-de-France).
- URBANSIM(E), développé dans le cadre du projet européen SustainCity, constitue la version européenne d'URBANSIM (voir Waddell, 2007 et Borning, Waddell et Forster, 2008). Il s'agit d'un modèle de microsimulation, décrivant les comportements des agents (ménages et entreprises), les prix du terrain et les modes d'usage du sol.

Les deux modèles adoptent des positions extrêmes en ce qui concerne la dynamique : RELU-TRAN suppose que le système est à l'équilibre, tandis qu'URBANSIM(E) considère un processus d'ajustement d'année en année qui ne modélise pas explicitement l'anticipation des agents.

Définition des critères de politique urbaine

Puisque ces modèles ne nous donnent pas de perception du futur à proprement parler, il reste à définir les bons usages qu'il est possible d'en faire. On peut en distinguer trois types (de Palma, 2009), qui ont chacun leurs vertus.

Un premier type de bon usage consiste à calculer, c'est l'extrapolation. Elle part du principe qu'il est prudent de penser que les états futurs prolongent les tendances que nous déchiffrons plus ou moins bien dans le passé récent. Les investissements d'infrastructures reposent donc souvent sur des évaluations effectuées au fil de l'eau, sur base d'extrapolations log-linéaires du taux de croissance de la population et de la demande, par exemple. Que se passe-t-il au vrai ? Tel est son problème.

Un deuxième type de bon usage consiste à choisir des objectifs. Il se veut résolument volontariste et interventionniste. On part ici du futur : des buts ont été assignés, et il s'agit de savoir comment naviguer, c'est-à-dire comment mobiliser des ressources pour les atteindre. Par exemple, choisir de gérer la mobilité en se basant sur le parti pris de diviser par un facteur 4 les émissions de gaz à effet de serre relève de la gestion par objectifs. Que dois-je faire de bien ? Tel est son impératif.

Un troisième type de bon usage consiste à tenter d'évaluer la sensibilité locale et globale des outils que l'on s'est donné. Il sera attentif à leur élasticité aux modifications des paramètres de contrôle, mais aussi aux paramètres exogènes. Dans sa version la plus simple, il s'agit d'un simple exercice de statique comparative. Mais si l'on retient que les systèmes urbains sont vraiment non linéaires, nous savons donc, sans pouvoir en rien conclure, que de petites causes peuvent produire de grands effets, et que des changements de régime peuvent se produire. Que puis-je éprouver des choses ? Telle est sa quête.

Étude de cas et scénarios

Toutes ces considérations intéressent les preneurs de décision si elles sont présentées convenablement. Les critères d'évaluation sont multiples. Trop souvent, ils sont centrés sur des mesures physiques (niveau de congestion, niveau de pollution, densité urbaine).

- Ces grandeurs gagnent à être monétarisées. Bien évidemment, on retrouve le conflit habituel entre les valeurs monétaires basées sur l'économétrie et celle basée sur des Directives, moins précises, mais aussi moins sujettes aux manipulations (il s'agit des taux d'actualisation préconisés ou des valeurs tutélaires du temps, par exemple). Des index combinant ces grandeurs sont plus parlants.
- Ces grandeurs gagnent aussi à se combiner dans des index. Ainsi, l'accessibilité joue un rôle essentiel dans l'évaluation des infrastructures (voir Poulit, 1974 et Weibull, 1980).
- Des mesures agrégées sont possibles et désirables. Elles ne sont pas neutres. En effet la fonction de bien-être social, qui stipule comment les différentes valeurs de variables peuvent être additionnées, est déterminée par l'importance que le modélisateur désire accorder aux différents agents et acteurs de la ville.
- Enfin, et sans que notre discussion soit exhaustive, il est essentiel d'analyser l'équité (verticale mais surtout horizontale, c'est-à-dire spatiale) souvent oubliée ou mal définie. Cette dimension est examinée dans Trannoy (2011) dans le cadre de l'analyse coût-bénéfice. Cette discussion prend des orientations différentes selon que des transferts entre agents sont ou non possibles. Trannoy considère des mesures qui prennent en compte les questions d'équité en fonction du partage des bénéfices et des coûts de l'infrastructure.

Divers critères d'évaluation sont concevables, y compris des règles basées sur le maximum du coût minimal d'accès aux services (critère min-max). Comme souvent, il n'est pas difficile de construire des exemples pour lesquels la localisation équitable d'un service public est aussi totalement inefficace : efficacité et équité ne vont pas de pair.

Le traitement de l'incertitude

Les sources d'incertitude au moment de modéliser un projet comme celui du Grand Paris sont nombreuses, ce qui soulève les questions suivantes :

- À quel niveau doit-on introduire des termes d'erreurs, et comment les spécifier, afin d'accorder au mieux la structure des modèles utilisés à la réalité analysée ?
- Les valeurs des paramètres sont-elles cohérentes dans les différents modules d'un modèle intégré ?
- La connaissance du présent est-elle adaptée ?
- Quelles sont les erreurs dans les projections des états de référence ?

Les biais inhérents à la modélisation peuvent être abordés en effectuant une étude comparative des résultats de plusieurs modèles, en comparant différents scénarios, en simulant des événements qualitativement différents, ou en reconnaissant explicitement l'existence d'une incertitude, que l'on devra prendre en compte dans les analyses.

Enfin, il existe de très nombreuses situations pour lesquelles le modélisateur ne peut attacher de probabilités aux événements. On parle alors d'incertitude. Ceci ne signifie pas qu'aucune modélisation n'est possible, comme nous le verrons ci-dessous.

Précisons le sens de ces différents traitements de l'incertitude. Présentons tout d'abord l'apport des scénarios. Chaque scénario caractérise une situation jugée comme probable. La construction de scénarios cohérents reste toujours délicate, mais une discussion avec les praticiens permet de mieux envisager l'ensemble des configurations possibles. Une deuxième manière de prendre en compte le caractère non déterministe du futur est de simuler des événements. Il s'agit dans ce cas de recourir à des méthodes de simulation de type Monte Carlo. Il importe alors de tenir compte des corrélations entre les événements futurs. En effet, ces corrélations sont fondamentales pour obtenir des scénarios réalistes. Dans ce cas, le futur se présente comme un ensemble de trajectoires possibles (quelques centaines de milliers de simulations sont nécessaires pour obtenir des résultats significatifs dont il faudra extraire les informations pertinentes sur la base d'indicateurs).

En présence d'incertitude, on peut aussi utiliser des critères de types min-max, ou de regret minimal.

Quelle que soit sa nature, un regard critique doit être apporté sur le traitement de cette incertitude. *A priori*, il est nécessaire d'être à même d'obtenir une valeur modélisée « la plus probable » pour laquelle ces incertitudes se traduisent par des fourchettes basses et hautes associées aux résultats obtenus (voir l'exemple présenté au Tableau 3.1).

Tableau 3.1. **Forme schématique des résultats de la modélisation**

	Fourchette basse	Valeur la plus probable	Fourchette haute
Accessibilité			
Effets d'agglomération			
Dynamique propre			

Des indices plus élaborés peuvent mieux représenter le risque. Ces notions sont la « *Value at Risk* » ou la « *Conditional Value at Risk* », qui demandent le calcul de la distribution des taux de rendement d'une infrastructure. Notons qu'en présence de risque ou d'incertitude, des notions de base telles que le Taux de Rendement Interne sont moins à même de rester opérationnelles en présence de fluctuations importantes.

En présence de fluctuations, il y a lieu de s'interroger sur le biais que peut introduire la vision « moyennée » des résultats. À titre d'exemple, prenons ici le cas d'une fonction de la LogSum, notée ici $\Omega(C)$, qui dépend du vecteur des coûts de transport $\$C\C . De nombreuses études utilisent le coût moyen, sans rendre compte de l'amplitude ou de la valeur des biais ainsi générés.

Il est pourtant facile de montrer que l'utilisation de la LogSum, dans le cas où les coûts sont aléatoires va introduire un biais positif, c'est-à-dire que :

$$E(\Omega(C)) > \Omega(E(C))$$

Cette inégalité résulte de l'inégalité de Jensen et du fait que la LogSum est une fonction convexe des coûts. En d'autres mots, les accessibilités sont sous-estimées lorsque l'on remplace dans les formules d'accessibilité, les coûts stochastiques par les coûts moyens.

En résumé, pour intégrer l'incertitude de façon cohérente, il est souhaitable d'identifier les sources d'incertitude au cours de la démarche de modélisation, et de présenter les résultats avec des intervalles de confiance ; d'adapter les indicateurs de résultats à l'importance de la variabilité des mesures ; de contrôler le sens et l'amplitude du biais introduit lorsque l'on remplace des variables déterministes par les valeurs moyennes de variables aléatoires.

Notons pour terminer que la description déterministe peut, sous certaines conditions, n'avoir aucun sens (cf. Mansour et de Palma, 1984). Ces auteurs montrent qu'en prenant la version stochastique d'un processus déterministe, on peut obtenir une distribution de probabilité, dont les valeurs les moins probables correspondent à la solution du problème déterministe. La portée des interactions détermine ces conditions.

Effets de proximité

On discernera trois types d'effet de proximité.

- 1) La rentabilité des entreprises dépend de la plus ou moins grande proximité de la main-d'œuvre. De fait, la théorie microéconomique suggère que les salaires devraient être ajustés au coût de transport de la main-d'œuvre.
- 2) La productivité des entreprises diminue avec la proximité des autres entreprises de la même catégorie, étant donnée la concurrence en prix.
- 3) Les entreprises ont souvent tendance néanmoins à choisir des localisations proches. Les retombées technologiques dépendent de la proximité spatiale : l'échange d'information est en pratique fortement affecté par la proximité spatiale. Il s'agit dans ce cas de forces d'agglomération.

Nous verrons ci-dessous comment ces idées ont été prises en compte dans les modèles intégrés transport-occupation du sol, ou modèle LUTI (*Land Use and Transport Interaction*). Cette liste reste incomplète tant que les effets d'agglomération ne sont pas pris en compte.

5. Les effets d'agglomération

Introduction

Les villes se forment en conjuguant deux types de forces : les effets d'agglomération et les effets de « dés-agglomération ». Les effets de dés-agglomération sont simples à décrire et à quantifier. Ils répondent à des externalités négatives générées par des niveaux de congestion élevés associée à la pollution locale, au bruit et aux accidents. Ces effets sont pris en compte dans les modèles de transport existants. Leurs prises en compte dans les choix de mobilité et de résidence posent des questions économétriques difficiles mais solubles.

La situation est, remarquablement, plus complexe lorsque l'on parle des effets d'agglomération, qui répondent à des externalités positives. Les effets d'agglomération correspondent à une augmentation de la productivité (ou une diminution des coûts) des entreprises en fonction de la concentration des agents (voir par exemple, Anas, Arnott et Small, 1998). Ces effets, réels, sont mal définis. Ils se cachent souvent derrière les bénéfices du face-à-face (qu'il sera difficile d'expliquer aux générations Internet, voire des téléconférences). On peut demander pourquoi cette Table Ronde à laquelle l'OCDE nous accueille ne pouvait-elle pas s'organiser en échangeant des articles à faire annoter ? Prenons-y garde : ce sera peut-être le cas dans une dizaine d'années.

Le fait acquis de l'existence de pôles de développement d'entreprises innovantes suggère par ailleurs que ces entreprises ont intérêt à se localiser dans un voisinage commun. C'est le cas du *Research triangle* en Caroline du Nord, qui accueille les nanotechnologies, de la *Massachusetts Route 128*, près de Boston, et de la *Silicon Valley* dans la Baie de San Francisco. Le développement de ces trois pôles et leur effets régionaux induits ont été rendus possibles par la proximité géographique et les synergies locales : comment, par exemple, lever des fonds et trouver des *business angels*, si les jeunes entrepreneurs n'ont pas la possibilité d'exposer leurs idées de vive voix ? Les mêmes employés possèdent des besoins semblables en termes d'horaires, d'écoles, etc., ce qui induit des forces d'agglomération. Bien sûr l'Internet permet d'envoyer des mails dans toutes les régions du monde au même prix, mais il n'en reste pas moins que beaucoup emails sont envoyés à proximité. L'espace induit l'organisation des activités économiques. Et si les masses locales à leur tour infléchissent les distances spatiales, cet effet confirme, et ne contredit pas, le rôle critique de la localité.

Ces pôles, que l'on retrouve dans le Grand Paris, n'auront tout leur sens que s'ils induisent un développement régional ; à l'inverse, les densités régionales et urbaines voisines encouragent le développement des pôles. Le Grand Paris met en scène une équation compliquée reliant accessibilité, développement urbain et pôles technologiques.¹⁹

Estimation empirique

Si P est la productivité et C la concentration urbaine (souvent associée à des densités), alors l'élasticité de la productivité par rapport à la concentration urbaine est :

$$\epsilon = \frac{\frac{\Delta P}{P}}{\frac{\Delta C}{C}}$$

Cette élasticité est le rapport entre la variation de la productivité et celle de la concentration urbaine. Si cette élasticité est positive, cela traduit des effets d'agglomération. Bien sûr, cette formule ne spécifie pas pourquoi ces effets d'agglomération se produisent (via le face-à-face, la mise en commun de connaissances, l'espionnage, les retombées technologique, etc.).

Cependant, des études récentes ont montré que les élasticités ont souvent été surestimées : le gain de productivité observé en milieu urbain, attribué aux effets d'agglomération, peut-être dû au fait que les travailleurs plus qualifiés sont davantage attirés par les aires urbaines denses.

Cette hypothèse a été testée par De La Roca et Puga (2010) qui ont montré que si l'on fixe l'effet travailleur (en contrôlant le niveau de compétences des individus), l'élasticité de la productivité à la densité est plus faible.

Ces auteurs ont aussi discuté les gains de productivité en fonction du temps et de l'historique des localisations. Ils concluent qu'une partie des effets imputés à la localisation résulte d'un effet d'apprentissage, comme le montre la croissance continue des gains liés à la compétence. Ils montrent aussi que ces bénéfices sont en partie mobiles géographiquement, comme en témoigne le décrochage partiel des salaires : par exemple, baisse pour le travailleur allant de Madrid à Santiago, son salaire restant supérieur à celui des travailleurs de Santiago).

Les productivités diffèrent en Ile de France pour plusieurs raisons. Elles diffèrent par secteur. Une autre raison ; est que les densités varient et sont plus importantes au centre qu'à la périphérie. Supposons qu'on table sur la création de 500 000 nouveaux emplois en Ile-de-France, à la suite de la mise en place du projet du Grand Paris. Comme le nombre d'emplois en Ile-de-France est de 5,2 millions, cela signifie que la densité d'emplois augmentera d'environ 10%. L'élasticité de la productivité à la densité en France est évaluée à 2% (nous remercions Pierre-Philippe Combes et Miren Lafourcade, de nous avoir fourni ces chiffres et arguments). Il en résulte qu'une augmentation de 10% de la densité des travailleurs augmentera la productivité en Ile de France de 0.2%. Cela se traduit par une augmentation du PIB de plus d'un milliard d'euros. Il reste à définir quels seront les secteurs plus et moins bénéficiaires, et comment ces bénéfices seront distribués géographiquement.

Effets d'agglomération dans les modèles LUTI

- RELU-TRAN. D'après Alex Anas²⁰ les effets d'agglomération sont présents sous trois formes dans RELU-TRANS. La concentration des activités des agents (entreprises ou ménages) est déterminée par l'hétérogénéité spatiale (par exemple, inhomogénéités inhérentes aux réseaux de transport) ; par l'interdépendance entre les agents économiques (tributaires des coûts de transport, qui croissent avec la distance) ; et par les synergies positives entre agents (ménages et entreprises bénéficiant, par exemple, d'économies d'échelles plus fortes s'ils servent de plus grands marchés).

- UrbanSim(E). Les effets d'agglomération peuvent être pris en compte dans UrbanSim(E) dans les sous-modèles de localisation des ménages et des entreprises.

Pour les ménages, l'analyse économétrique montre que les critères de localisation résidentielle dépendent des aménités, mais aussi des densités de population. L'analyse des données montre que les ménages sont sensibles aux densités locales, mais aussi à la composition de la population. Ceci implique que ces modèles peuvent potentiellement produire des dynamiques non linéaires (voir section 3) et des bifurcations. En se basant sur l'approche des chaînes de Markov interactives, de Palma et Lefèvre (1983a et 1983b) ont étudié, dans le cadre d'un modèle théorique de choix discrets, l'impact d'externalités positives et négatives. La prise en compte des effets d'agglomération pour les entreprises est possible dans UrbanSim(E), mais n'a pas encore été effectuée.

6. Précautions économétriques²¹

Modèle Logit Multinomial et échantillonnage des alternatives

Pour estimer les modèles de localisation des agents (ménages ou entreprises), on utilise souvent un modèle de type Logit Multinomial (voir Ben-Akiva et Lerman, 1985 et Anderson, de Palma et Thisse, 1992). Selon ce modèle, la probabilité que l'agent i se localise dans la zone j , offrant les aménités locales Z_j est donnée par la formule suivante :

$$P_j^i = \frac{e^{Z_j \beta_i}}{\sum_{j' \in \mathcal{J}} e^{Z_{j'} \beta_i}},$$

où β_i est un vecteur de paramètres correspondant aux utilités marginales des aménités locales (préférences spécifiques au ménage i). Ce vecteur peut dépendre des caractéristiques X_i du ménage pour traduire l'hétérogénéité observable des préférences ; il peut comporter des termes aléatoires correspondant à l'hétérogénéité non observable des préférences. Dans ce dernier cas, on parle de mélanges de modèles Logit polytomiques, dont les modèles à coefficients aléatoires sont parmi les plus pratiqués.

Idéalement, les aménités locales sont mesurées à un niveau géographique fin, correspondant à la commune, à l'IRIS²² ou au quartier. On est parfois alors confronté à un nombre J d'options trop élevé pour pouvoir estimer le modèle décrit par la formule du Modèle Logit Multinomial. Ce problème peut aisément être contourné grâce à la technique d'échantillonnage des options : on tire aléatoirement un petit ensemble ϑ_i de zones (typiquement une dizaine) et pour chaque ménage i on estime les probabilités pour ce sous-ensemble d'option :

$$\tilde{P}_j^i(\mathcal{J}_i) = \frac{e^{Z_j \gamma_i}}{\sum_{j' \in \mathcal{J}_i} e^{Z_{j'} \gamma_i}}$$

Cette procédure est à la fois réaliste d'un point de vue comportemental, et maniable d'un point de vue économétrique. Sous l'hypothèse d'indépendance aux alternatives non pertinentes (*Independence of Irrelevant Alternatives*, ou IIA), les paramètres γ_i estimés avec échantillonnage des options sont des estimateurs sans biais des paramètres β_i correspondant au cas où l'ensemble de choix de chaque ménage est universel.

Lorsque le nombre de logements est inégal d'une zone à l'autre, il convient d'ajouter à la liste des aménités locales un terme correcteur correspondant à l'effet taille, $\log(N_j)$, où N_j représente le nombre de logements dans la zone j . En effet, si l'on néglige les caractéristiques propres des logements, généralement non observables, les logements d'une même zone peuvent être considérés comme semblables (d'où l'intérêt de choisir des zones suffisamment petites). Dans ce cas, tous les logements de la zone j ont la même probabilité d'être choisis par un ménage i donné. En notant \bar{P}_k^i la probabilité que le ménage i choisisse un logement k situé dans la zone j (les aménités locales valent donc $Z_k = Z_j$) vaut :

$$\sum_{k \in j} \bar{P}_k^i = \sum_{k \in j} \frac{e^{Z_k \beta_i}}{\sum_{j' \in \mathcal{J}} \sum_{k' \in j'} e^{Z_{k'} \beta_i}} = N_j \frac{e^{Z_j \beta_i}}{\sum_{j' \in \mathcal{J}} N_{j'} e^{Z_{j'} \beta_i}} = \frac{e^{Z_j \beta_i + \log(N_j)}}{\sum_{j' \in \mathcal{J}} e^{Z_{j'} \beta_i + \log(N_{j'})}}$$

Dans l'expression ci-dessus, le coefficient de $\log(N_j)$ est égal à l'unité, mais cette contrainte disparaît lorsque l'on normalise la variance des résidus à $\pi^2/6$, comme cela est de coutume dans le modèle logit multinomial. Par ailleurs, les ménages peuvent avoir des préférences pour la taille de la zone, mesurée par $\log(N_j)$, ce qui constitue une raison supplémentaire pour ne pas normaliser à un coefficient de $\log(N_j)$.

Lorsque les logements sont inégalement répartis d'une zone à l'autre et que l'on souhaite effectuer un tirage aléatoire des options, l'efficacité des estimations peut être améliorée par la technique d'échantillonnage proportionnel (*importance sampling*), qui consiste à effectuer un tirage des options avec une probabilité proportionnelle à N_j .

Modèle Logit emboîté

L'hypothèse IIA est généralement sujette à caution dans un modèle de localisation. Elle revient à supposer que, si une zone qui avait 10 % de chances d'être choisie par le ménage i devient inaccessible, alors la probabilité de chacune des autres zones augmente de façon égale. Mais on sait que certaines zones sont plus substituables entre elles que d'autres et que, lorsqu'une zone devient inaccessible à un ménage donné, la probabilité qu'il se localise dans une autre zone augmente plus que proportionnellement pour les zones qui lui sont plus substituables et moins que proportionnellement pour les zones qui lui sont moins substituables. Une solution simple consiste à construire un modèle Logit emboîté où ce ménage choisit un quartier d'une commune dans une zone : si ce quartier s'avère inaccessible, le choix se reporte sur un autre quartier de la même commune, etc. L'observation montre

qu'en cas de déménagement, les ménages ont une forte tendance à rester dans le même département (voir de Lapparent, de Palma et Picard, 2011).

Endogénéité des prix dans un modèle de localisation

L'augmentation de la demande locale de logements stimule la montée des prix de l'immobilier. Inversement, toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation du prix local de l'immobilier fait baisser la demande locale de logement. Lorsque l'on souhaite estimer l'élasticité-prix de la demande de logement, on est donc naturellement confronté au problème d'endogénéité du prix de l'immobilier.

En présence d'endogénéité, une solution simple consiste à recourir à des instruments, ici des variables qui influencent les prix de l'immobilier, mais n'ont pas d'effet direct sur la demande à prix de l'immobilier fixé. Or, toutes les aménités locales vont forcément influencer à la fois le prix de l'immobilier et la demande de logement à prix de l'immobilier fixé. Il est donc délicat de trouver un instrument dans ce contexte. Dans le cas où les logements et les bureaux sont en concurrence imparfaite pour l'occupation du sol, on peut penser que la fiscalité locale appliquée aux entreprises (mais pas aux ménages) est une source potentielle de tels instruments. Dans le cas de l'Île-de-France, le taux et la base de la taxe professionnelle se sont avérés de bons instruments pour corriger l'endogénéité des prix dans un modèle de localisation résidentielle.

7. Conclusions

Le champ de la recherche sur les dimensions économiques et sociales du Grand Paris est désormais ouvert. Les premiers résultats des modèles LUTI sont attendus dans les prochains mois. Il sera intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus pour d'autres grandes Métropoles comparables comme Londres, Moscou, New York, Tokyo, ou Beijing. Les grandes lignes du projet étant définies et votées, il reste surtout à trouver les leviers pour faire de cette aventure un parcours marqué de surprises et de rencontres favorables.

La diversité des acteurs mobilisés par cette idée dont le temps est venu inspire quelques idées optimistes, ou, à défaut, mystiques.

On sait que parmi les mots forts qui mobilisent les discussions citoyennes figure un mot qui pourrait sembler venu tout droit de la thermodynamique, encore un : *La densité se mesure, l'intensité se ressent*. Si la mixité sociale, l'accès au logement et au travail, la lisibilité des paysages urbains demeurent des perspectives ouvertes aux revendications, c'est que nous avons la chance d'habiter un coin de pays riche de ses puissances diverses et variées, et où il ne sera pas vrai qu'il n'y en ait pas pour tout le monde.

Pour être ouverts à ces futuribles, reprenons pour conclure nos trois règles du bon usage. Les auditeurs attentifs auront malheureusement compris qu'elles ne nous donnent guère le choix qu'entre la canne de la promenade aléatoire de l'aveugle au bord de l'eau, les somptueuses perspectives du maremagnum de la destinée que se donne le plongeur, ou l'orteil précautionneux, voire méfiant, du voyageur soucieux d'épier les autres baigneurs.

En période d'instabilité, soumis comme tout un chacun, politique, gestionnaire ou entrepreneur, à des contraintes fortes de non-équilibre, le chercheur, à défaut de s'en remettre aux signes des astres qu'il croit lire, ou d'écouter les appels de la destinée qu'il se donne, tentera de prendre le vent.

Le psalmiste, qui s'y connaît en traces sur le sable et en destinées grandioses, sait se taire devant les futurs indéchiffrables et trompeurs :

*Par la mer ton chemin, tes sentiers par les grandes eaux.
Et tes traces, nul ne les connut.*

Pas plus pour le passé, que nous tentons de déchiffrer, que pour le futur, que nous tentons de construire, nous ne sommes assurés de savoir où et comment nos tentatives rencontrent la réalité des processus collectifs. Cette dure conclusion s'impose à chaque fois que nous déposons les résultats d'un calcul.

Notes

1. Nous remercions la Société du Grand Paris et l'International Transport Forum de me donner le privilège de partager ces quelques réflexions avec ses participants. Nous tenons aussi à remercier les participants aux réunions organisées dans le cadre du Grand Paris, le 15 et 25 mars, 2011. En particulier, nous tenons à remercier C. Barbe (SGP), J.-J. Becker (CGDD), J.-V. Bonifas (SGP), G. Charasse (SGP), M. Gaudry, V. Gollain (ARD), P.-A. Jeanneney (SGP), C. Lecomte (CGEDD), S. Marchand (INSEE), F. Maurel (CGDD), A. Missoffe (SGP), J.-P. Ourliac (CGEDD), J. Poulit (DHUP), E. Quinet (ENPC), A. Sauvart (RFF), J. Senèze (SGP) et K. Van Dender (OCDE). Enfin, nous avons aussi bénéficié des commentaires de J.-C. Prager (SGP) et de J.-F. Thisse (UCL), ainsi que des suggestions de N. Picard (UCP) et de S. Pahaut (ULB). Je les en remercie très sincèrement. Une partie des éléments de ce présent document est discuté dans Beaudé et de Palma (2011). Guillaume Monchambert a contribué à la section sur les économies d'agglomération.
2. Ils représentent 70 % des déplacements motorisés en Île-de-France. Par ailleurs, la part modale des transports en commun est de 64 % à Paris *intra muros*, contre seulement 23 % et 10 % en petite et grande couronne, respectivement.
3. Selon l'INSEE, indépendamment de ce projet, un million de personnes supplémentaires habiteraient en Île-de-France en 2030 si les tendances démographiques et migratoires récentes se poursuivaient (Leon, 2006).
4. Pour le projet Arc Express (tracé de 60 kilomètres), le coût estimé est de 5 milliards d'euros pour les tronçons prioritaires (Nord et Sud) et de 6 milliards pour l'ensemble de la rocade.
5. On notera que ce type de mécanisme d'enchère est au centre du modèle d'équilibre général urbain, MUSSA (ce mécanisme est expliqué par Martinez, 1996).
6. Voir néanmoins la note historique de Dos Santos et Thisse (1996) sur W. Launhardt en 1885, prédécesseur d'Hotelling.
7. Pierre Mongin, l'un des acteurs du Grand Paris, insistait récemment sur le fait qu'il était essentiel de modéliser la ville comme un système ouvert.
8. http://www.wmaker.net/grandparis/Les-7-poles-de-developpement-du-Grand-Paris_a277.html.
9. Voir aussi les articles de la Table Ronde 140, Bénéfices économiques élargis du secteur des transports, en particulier l'article de D. J. Graham et celui de G. Weisbrod et de B. Alstadt : <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/08rt140F.pdf>.
10. *Source* : transparents préparés par Alex Anas pour le Grand Paris en 2011 : A Regional Economy, Land Use and Transportation Model, RELU-TRAN.

11. Le lecteur moins familier avec les questions techniques peut passer directement à la dernière section.
12. Il y a 1 300 communes et 5 200 IRIS en Île-de-France.

Bibliographie

- Anas, A., R.J. Arnott et K. Small (1998), Urban Spatial Structure, *Journal of Economic Literature*, 36, 1426-1464.
- Anas, A. et Y. Liu (2007), A regional economy, land use, and transportation model (RELU-TRAN): formulation, algorithm design and testing, *Journal of Regional Science*, 47(3), 415-455.
- Anderson, S., A. de Palma et J.-F. Thisse (1992), *A Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, The MIT Press: Cambridge.
- Batty, M. (2008), Fifty years of Urban Modelling: Macro-Statics to Micro-Dynamics, dans: S. Albeverio, D. Andrey, P. Giordano et A. Vancheri (éds.), *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, Physica-Verlag, Heidelberg, 1-20.
- Ben-Akiva, M. et S. Lerman (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press: Cambridge.
- Borning, A., P. Waddell et R. Forster (2008), UrbanSim: Using simulation to inform public deliberation and decision-making, *Digital Government: Advanced Research and Case Studies*, 439–463.
- Brocker, J. et J. Merceinier (2011), General equilibrium models for transportation economics, dans: A. de Palma, R. Vickerman, R. Lindsey et E. Quinet (éds.), *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Chamberlin, E. (1933), *The Theory of Monopolistic Competition*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Chiappori, P.-A., A. de Palma et Nathalie Picard (2011), Couples' Residential Location and Spouses' Workplaces, University of Columbia, Département d'Économie, mimeo.
- Ciccone, A., et R.E. Hall (1996), Productivity and the density of economic activity, *American Economic Review*, 86(1), 54-70.
- Ciccone, A. (2002), Agglomeration effects in Europe, *European Economic Review*, 46(2), 213-227.
- Combes, P.-P., G. Duranton, L. Gobillon, D. Puga et S. Roux (2009), The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection, Discussion Paper 7191, Centre for Economic Policy Research.
- de Lapparent, M., A. de Palma et N. Picard (2011), A dynamic model of residential location and tenure choice, Centre d'économie de la Sorbonne, miméo.
- De La Roca, J. et D. Puga (2010), Learning by working in dense cities. 36^a Reunión da Asociación Española de Ciencia Regional, Badajoz, Princeton University.

- de Palma, A., V. Ginsburgh, Y.Y. Papageorgiou et J.F. Thisse (1985), The Principle of Minimum Differentiation Holds under Sufficient Heterogeneity, *Econometrica*, 53, 767-781.
- de Palma, A. (2009), Rationalité, aversion au risque et enjeu sociétal majeur, Forum International des Transports, *Table Ronde 145, La sécurité, la perception du risque et l'analyse coûts-bénéfices*, OCDE, 23-49.
- de Palma, A. et C. Lefèvre (1983a), Bifurcation and Behaviour of Complex Systems, *Applied Mathematics and Computation*, 14(18 B), 339-355.
- de Palma, A. et C. Lefèvre (1983b), Individual Decision-Making in Dynamic Collective Systems, *Journal of Mathematical Sociology*, 9, 103-124.
- de Palma, A., M. Kilani, M. De Lara et S. Piperno (2011), Cordon Pricing in the monocentric city: theory and application to the Paris Region, Louvain Economic Review, dans : F. Jouneau-Sion et M. Kilani (éds.), *Urban Studies and Economic Geography: A special Issue in Honour of Masahia Fujita*, 77(2-3), 105-124.
- de Palma, A., K. Motamedi, N. Picard et P. Waddell (2007), Accessibility and environmental quality: inequality in the Paris housing market, *European Transport*, 36, 47-74.
- de Palma, A., N. Picard, et P. Waddell (2007), Discrete choice models with capacity constraints: An empirical analysis of the housing market of the greater Paris region, *Journal of Urban Economics*, 62(2), 204-230.
- de Palma, A. et O. Beaude (2011), *État de l'art des méthodes d'analyse socio-économiques dans le cadre d'un projet urbain*, École Normale Supérieure de Cachan, Département Économie et Gestion.
- Dixit, A. et J.E. Stiglitz (1977), Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity, *American Economic Review*, 1977, 67 (3), 297-308.
- Dos Santos Ferreira, R. et J.-F. Thisse (1996), Horizontal and Vertical Differentiation : The Launhardt model, *International Journal of Industrial Organization*, 14, 485-506.
- Fajgelbaum, P., G. Grossman et E. Helpman (2011), *Income Distribution, Product Quality, and International Trade*, Université de Harvard, Département d'économie.
- Forrester, J.W. (1969), *Urban Dynamics*, Productivity Press.
- Fujita, M. et J.-F. Thisse (2001), *Economics of Agglomeration*, Cambridge: University Press.
- Haken, H. (1993), *Advanced Synergetics: Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices*, New York: Springer-Verlag.
- Henderson, J.V. (2005), Urbanization and growth, dans : P. Aghion et S. Durlauf (éds.), *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, 1543-1591.
- Hotelling, H. (1929), Stability in Competition, *The Economic Journal*, 39, 53, 41-57.
- Krugman, P.R. (1995), *Development, Geography, and Economic Theory*, Cambridge, MA: The MIT Press.

- Lafourcade, M. et J.-F. Thisse (2011), New economic geography: the role of transport costs, dans: A. de Palma, R. Vickerman, R. Lindsey et E. Quinet (éds.), *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Léon, O. et P. Godefroy (2006), *Projections régionales de population à l'horizon 2030*, Rapport technique, INSEE Pôle emploi-population.
- Lösch A. (1940), *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Iéna.
- Martínez. F.J. (1996), MUSSA: A Land-Use Model for Santiago City, *Transportation Research Record* 1552: Transportation Planning and Land Use at State, Regional and Local Levels, 126-134.
- Mansour, M. et A. de Palma (1984), On the Stochastic Modelling of Systems with Non-Local Interactions, *Physica*, 128a, 377-382.
- Mion, G. et P. Naticchioni (2009), The spatial sorting and matching of skills and firms, *Canadian Journal of Economics*, Canadian Economics Association, 42 (1), 2855.
- Nicolis, G. et I. Prigogine (1977), *Self Organization in Non-Equilibrium Systems*, J. Wiley and Sons: New York.
- Overman, H.G. et D. Puga (2010), Labour pooling as a source of agglomeration: An empirical investigation, dans: E.L. Glaeser (Ed.), *Agglomeration Economics*, Chicago University Press.
- Poulit, J. (1974), *Urbanisme et transport : les critères d'accessibilité et de développement urbain*, SETRA, Division urbaine, Ministère de l'équipement, Paris.
- Prigogine, Y. (1996), *La fin des certitudes*, Éditions Odile Jacob (avec la collaboration d'Isabelle Stengers).
- Quigley, J.M. (2008), Urban economics, dans: S.N. Durlauf et L.E. Blume (éds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Palgrave Macmillan.
- Rice, P., A. Venables et P. Patacchini (2006), Spatial Determinants of Productivity : Analysis of the regions of Great Britain, *Regional Science and Urban Economics*, 36, 727-752.
- Schelling, Thomas C. (1978), *Micromotives and macrobehaviour*, Norton and Co., New York.
- Strange, W.C. (2008), Urban Agglomeration, dans: S.N. Durlauf et L.E. Blume (éds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Palgrave Macmillan.
- Tabuchi, T. (2011), City formation and transport costs, dans: A. de Palma, R. Vickerman, R. Lindsey et E. Quinet (éds.), *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar, CheltenhamU.
- Thisse, J.F. (2011), Geographical Economics: An historical Perspective. *Louvain Economic Review*, dans : F. Jouneau-Sion et M. Kilani (éds.), *Urban Studies and Economic Geography: A special Issue in Honour of Masahia Fujita*, 77(2-3), 141-168.
- Thünen, J.H. von (1826), *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Hamburg, Perthes.

Trannoy, A. (2011), Equity dimensions of transport policies, dans : A. de Palma, R. Vickerman, R. Lindsey et E. Quinet (éds.), *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar, Cheltenham.

Waddell, P., G.F. Ulfarsson, J.P. Franklin et J. Lobb (2007), Incorporating land use in metropolitan transportation planning, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(5), 382-410.

Weibull, J.W. (1980), On the numerical measurement of accessibility, *Environment and Planning A*, 12, 53-67.

Weidlich, W. et G. Haag (1987), A dynamic phase transition model for spatial agglomeration processes, *Journal of Regional Science*, 27, 529-569.

Chapitre 4

Hypothèses de base et questions soumises à examen

Marc Gaudry¹

Émile Quinet²

Résumé

Nous proposons une liste de sujets soumis à discussion, relatifs à l'évaluation économique des grands projets d'infrastructure, en nous appuyant particulièrement sur les spécificités du projet « Grand Paris Express » de métro automatique régional. Ces sujets, présentés sous la forme d'affirmations à confirmer et de questions à résoudre, sont articulées autour de trois thèmes : les propriétés des modèles de demande, les effets sur la structure urbaine au sens large et les modifications à apporter aux méthodes d'évaluation usuelles.

¹ Agora Jules Dupuit (AJD), Université de Montréal, Canada.

² Paris-Jourdan Sciences Économiques (PSE), École des Ponts ParisTech (ENPC), France.

1. Introduction: D'une analyse partielle à une analyse plus globale

Une analyse partielle et à la marge

L'analyse usuelle des projets est fondée sur une modélisation des trafics et sur le calcul du surplus des usagers, censé représenter correctement le surplus collectif sous l'hypothèse que le reste de l'économie fonctionne de manière optimale. Mais cette analyse partielle, limitée au secteur des transports, n'est pas suffisante pour appréhender les conséquences des grands projets, pour lesquels les sources de non-optimalité sont nombreuses.

Cette analyse économique part en fait de l'hypothèse de projets marginaux. La modélisation est limitée aux trafics. Elle met l'accent sur les phases de choix du mode et de l'itinéraire. Elle est beaucoup plus cursive sur les phases de génération et de distribution ; ces deux dernières phases sont souvent réduites à l'hypothèse que la matrice origine-destination est constante. En outre la modélisation se limite souvent aux déplacements domicile-travail.

L'équivalence entre le surplus du consommateur et le surplus collectif

En matière d'évaluation, et à part une prise en compte des externalités d'environnement, l'intérêt du projet est représenté par le surplus des usagers : le surplus des usagers est bien égal à l'ensemble des surplus engendrés par les transformations subies par l'économie à la suite du projet, mais cette assimilation n'est valable que sous l'hypothèse que le reste de l'économie est à l'optimum. Cette hypothèse n'est jamais rigoureusement remplie, mais elle est particulièrement éloignée de la réalité pour les grands projets urbains.

Les spécificités des grands projets urbains

En premier lieu, ceux-ci ont un caractère non marginal par l'existence de trafics induits importants qui font que l'hypothèse de constance de la matrice O-D n'est pas réaliste, même à court terme.

Ensuite, ces projets ont à moyen terme des effets de relocalisation et de transformation des structures urbaines (Thisse, 2011). Or ces transformations mettent en jeu des mécanismes qui sont loin d'obéir aux hypothèses de marchés de concurrence parfaite et de tarification – et gestion optimale des biens publics. Par exemple, les marchés du logement fonctionnent avec de nombreuses imperfections ; pour de larges pans de ce marché, la puissance publique intervient en fonction de critères redistributifs. En outre, à côté des externalités négatives traditionnelles, apparaissent en zone urbaine des externalités positives, les effets d'agglomération qui faussent le calcul économique traditionnel.

En outre ces grands projets ont une durée de vie – probable – plus longue que les petits projets, ne serait-ce que par leur plus grande résilience et résistance à des chocs aléatoires¹. La prise en compte du

futur éloigné ajoute aux difficultés précédentes ; elle oblige à une analyse prospective de l'avenir, et pas seulement à une extrapolation, même raisonnée, des tendances présentes.

Dans ces conditions, l'analyse partielle ne peut rendre compte des conséquences et l'évaluation de l'analyse coût-bénéfice traditionnelle n'est pas valable (DfT, 2008).

Ajoutons aussi les particularités du processus de décision. Plus encore que pour les projets interurbains, la décision est multiple. Elle met en jeu de nombreuses instances entre lesquelles la décision est collective et résulte d'une concertation complexe et aléatoire : les usagers, les organisations associatives (ONG), les groupes de pression, les autorités publiques. La puissance publique elle-même est fragmentée, et ses différents éléments ont souvent des intérêts divergents dans des proportions dépendant largement des arrangements institutionnels².

Dans ces conditions, les principes de l'évaluation doivent être reconsidérés. Sur le plan de l'analyse positive, celle de la connaissance des phénomènes, il faut revoir les modalités de modélisation des trafics, et il est nécessaire d'explicitier les liens entre les transports et le reste de l'économie, une étape dont on pouvait se passer tant que l'hypothèse d'optimalité de l'économie était tenable. Sur le plan de l'analyse normative, c'est-à-dire de l'aide à la décision, il faut reconsidérer la mise en œuvre de l'analyse coût-bénéfice pour l'adapter au contexte du projet et aux spécificités du processus de décision.

Il faut donc développer une analyse des effets du projet sur l'ensemble de l'économie, et pour cela résoudre des problèmes à l'énumération desquels s'attache la présente note, en prenant appui sur l'expérience de l'évaluation du projet de métro automatique « Grand Paris Express » (GPE). Elle abordera successivement la modélisation de la demande, les effets sur la structure urbaine au sens large et les modifications à apporter aux méthodes d'évaluation usuelles.

2. Les modèles de demande

Les modèles de demande déterminent les flux de transport sous l'hypothèse de l'exogénéité des activités auxquels ils s'appliquent. Dans le cas de grands investissements, cette exogénéité est mise en défaut sur quatre aspects : les marchés à prendre en compte, la structure du modèle notamment dans la manière de caractériser les options de transport collectif, les propriétés des algorithmes d'affectation, la forme des fonctions d'utilité.

Les marchés pertinents : n'y a-t-il que des déplacements domicile-travail à l'heure de pointe ?

Comme dans beaucoup d'autres agglomérations, les modèles de demande habituellement mis en œuvre en Région Parisienne – ANTONIN-2 (Stif, 2004) et MODUS-2 (DRIEA-IF, 2010) – sont encore largement inspirés du modèle datant de plus de cinquante ans CATS (1959-62) et se concentrent sur les déplacements domicile-travail à l'heure de pointe. Une mise à jour semble nécessaire.

En particulier, la modélisation et d'abord les enquêtes doivent prendre en compte d'autres motifs. Cela est déjà fait dans beaucoup d'agglomérations pour les déplacements d'achats, mais est extrêmement

rarement mis en œuvre pour d'autres motifs tels que par exemple le tourisme, les déplacements personnels et les déplacements hors-pointe³. Contrairement aux transports interurbains où la politique commerciale des opérateurs induit de rapides variations de prix et la différenciation des services, avec en particulier l'apparition de services à bas coût, et joue sur les destinations et la fréquence des services, l'offre urbaine est enchaînée aux déplacements domicile-travail, à des tarifs fixes et à l'absence d'innovation dans les services offerts, malgré les succès de mesures éphémères telles que les journées à transport gratuit, qui montrent les possibilités offertes pour le développement des trajets autres que les trajets domicile-travail.

Nous n'allons pas ici traiter complètement des possibilités de développement des marchés de transports collectifs, si ce n'est pour remarquer que les autorités organisatrices encouragent rarement les minibus, les taxis collectifs ou encore les services innovants fondés sur l'initiative privée et le travail à temps partiel⁴. Les modèles de demande usuels reflètent les interdictions réglementaires frappant ces types de services qui pourraient fleurir en dehors des heures de pointe du matin où dominent (d'ailleurs pas tant que cela..) les navetteurs.

La mesure de Shannon et le logsum pour éviter la sous-estimation des trafics et des surplus

Comme les modèles utilisent majoritairement des fonctions logit, les logsums⁵ devraient être utilisés dans les équations (agrégées ou discrètes) définissant les fréquences de déplacements et représentant la valeur de l'offre fournies par les réseaux, comme c'est le cas en général pour les modèles interurbains.

Le danger vient de la pratique courante qui traite raisonnablement le choix modal mais ne donne pas une bonne représentation des réseaux routiers et de transports collectifs. Comme ces modes de transport sont caractérisés par la multiplicité des chemins entre les deux extrémités d'un même couple origine-destination, il est fréquent que ce soit une moyenne pondérée des caractéristiques des chemins qui soit utilisée dans la modélisation. On peut alors démontrer les points suivants :

(i) **La condition de positivité de Daly**: si p_c est la probabilité de choisir le chemin c , des modifications de V_c , utilité du chemin c (pour par exemple le mode ferroviaire), peut entraîner des changements de signe de \bar{V}_p , l'utilité moyenne pondérée par les probabilités de tous les itinéraires ferroviaires, avec des conséquences fâcheuses si l'inégalité $V_c - \bar{V}_p > -1$ n'est pas vérifiée (comme cela arrive souvent) et la condition de Daly (1999) n'est pas satisfaite:

$$(1) \quad \left[\frac{\partial \bar{V}_p}{\partial V_c} = p_c (1 + V_c - \bar{V}_p) \right] > 0 ;$$

(ii) **Un théorème d'agrégation des chemins**: la différence entre une mesure logsum de l'utilité de plusieurs chemins et la mesure de la moyenne des utilités de ces chemins est égale à la mesure d'information de Shannon, et correspond également à moins l'entropie (Gaudry & Quinet, 2011):

$$(2) \quad \bar{V}_p - \ln \sum_i \exp(V_i) = \sum_i p_i \cdot \ln(p_i),$$

Ce théorème d'agrégation des chemins est un cas particulier d'une formulation plus générale qui indique que toutes les moyennes pondérées des caractéristiques des chemins (avec des pondérations normalisées à l'unité) sous-estiment l'utilité de l'ensemble de ces chemins, et ceci indépendamment de la forme des fonctions d'utilité V_i forme qui va être examinée maintenant.

L'utilisation de moyennes pondérées des caractéristiques des chemins au lieu du logsum implique que les modèles de demande deviennent peu sensibles, et même aboutissent à des résultats dont le sens est erroné si la condition (1) n'est pas remplie, ce qui se produit spécialement lorsque les projets sont importants, comme c'est le cas pour GPE. Les modèles ne pourront pas donner une bonne rentabilité à GPE si on résume les situations de chemins multiples par des moyennes pondérées de leurs caractéristiques.

Certains modèles ont tenté de prendre en compte le choix entre plusieurs chemins de transport collectif en insérant une structure hiérarchique dans laquelle l'utilité des modes de rang "élevé" est résumée par leur logsum et les modes de rang « inférieur » sont réduits à fournir l'accès aux premiers. C'est par exemple le cas de SAMPERS pour Stockholm (Transek, 1999) et de PRISM pour Birmingham (Rand Europe, 2004), comme l'illustre la Figure A1 de l'Annexe qui discute de cette pratique nouvelle. L'élaboration de telles hiérarchies entre chemins de transport en commun urbain, encore très rares malgré l'ancienneté des hiérarchies entre modes, réduira sans doute l'erreur d'agrégation de Shannon commise par des moyennes mais, comme on l'explicite dans l'Annexe, elle est loin d'être entièrement satisfaisante, à supposer même qu'elle ait un sens dans le cas de l'offre TC pléthorique de la région parisienne où au bas mot dix modes TC sont présents et le bon sens suggère plutôt une structure multinomiale de choix entre itinéraires TC.

L'affectation: les algorithmes d'équilibre ont-ils une unique solution? Sont-ils sensibles à la séquence de chargement du réseau ? Ne faut-il pas abandonner Wardrop?

La critique ignorée de Dafermos

Le coût pertinent d'un chemin est toujours un coût généralisé. Si on utilise des méthodes d'équilibre pour définir les choix d'itinéraire, deux problèmes se posent avec acuité. En premier, même dans le cas simple où le temps intervient linéairement comme le coût, l'équilibre est unique seulement si les usagers n'ont qu'une seule valeur du temps (Dafermos, 1983). De plus, comme dans l'équilibre de Wardrop les flux sont uniques mais les chemins sont inconnus et non dérivables analytiquement de l'optimum⁶, les questions d'unicité et de reproductibilité (même indépendamment d'un calcul d'agrégation) doivent être explicitement considérées (même avant envisager l'agrégation des chemins utilisés) pour toute affectation par coût généralisé ; en particulier, la solution ne doit pas dépendre de la séquence de chargement du réseau.

La mort lente de l'équilibre de Wardrop

Dans ces conditions, et au vu de la nécessité d'identifier tous les itinéraires effectivement utilisés en raison du théorème d'agrégation des chemins, on doit s'attendre à ce que les analystes recourent de moins en moins aux méthodes d'affectation par équilibre et utilisent de plus en plus des procédures d'affectations fondées sur le modèle logit : par exemple le prochain programme EMME 3 (Florian & Constantin, 2011) devrait inclure une option en faveur du modèle logit, option qui se trouve déjà dans Cube Voyager (Citilabs, 2008) et VISUM (PTV AG). Ce dernier offre même plusieurs options non-linéaires telles que la distribution suivant la loi de Kirchhoff (Fellendorf & Vortisch, 2010), équivalente à la loi d'Abraham utilisée en France, ou encore la spécification Box-Cox.

La forme des fonctions d'utilité: s'affranchir de la contrainte de linéarité dès que les changements dans les attributs des trajets changent dans des proportions importantes

Courbure et seuils : l'utilité marginale est-elle vraiment constante ?

Pour les modèles de demande à appliquer aux grands projets, la capacité à traiter correctement de divisions par deux des temps de transport pour les trajets non radiaux ou d'autres changements majeurs dans le niveau de service est une qualité essentielle. De telles réductions des temps de transport soulèvent la possibilité de seuils dans le partage modal, seuils qui ne seraient peut-être pas perceptibles si la transformation se faisait, non pas d'un seul coup, mais par une suite de modifications marginales. La question de la courbure de la fonction de demande devient alors essentielle.

Y a-t-il des seuils ou, à plus proprement parler, des asymétries dans la fonction de réponse logit ?

L'affectation dépend de plusieurs variables, mais est-ce que les variables interviennent linéairement dans la fonction d'utilité ? La plupart des spécifications de qualité de service utilisées dans les modèles logit sont en fait des cas particuliers de la transformation Box-Cox (TBC) qui peut être appliquée à n'importe quelle variable strictement positive Var_v :

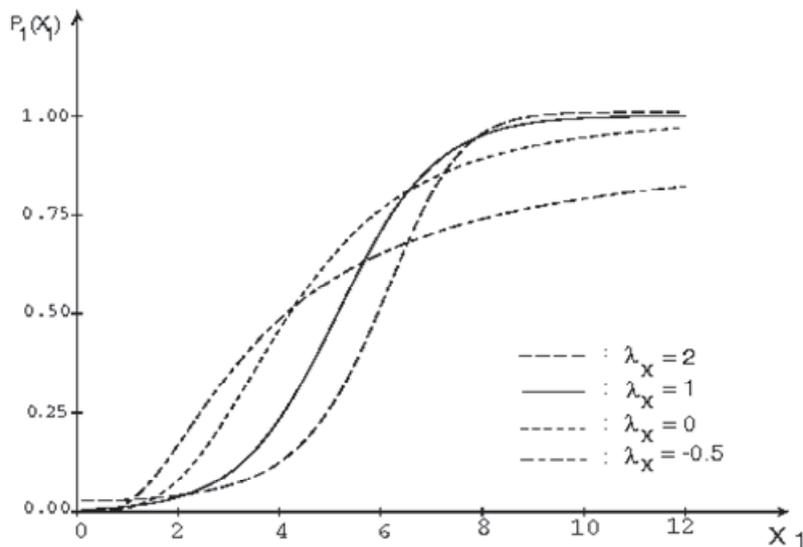
$$(3-A) \quad Var_v^{(\lambda)} \equiv \begin{cases} \frac{(Var_v)^\lambda - 1}{\lambda} & , \quad \lambda \neq 0, \\ \ln(Var_v) & , \quad \lambda \rightarrow 0. \end{cases}$$

Ceci est en particulier vrai des variables cruciales pour l'évaluation des grands projets, à commencer par le temps (pour les personnes) et le prix (pour le fret); elles apparaissent dans les fonctions d'utilité aléatoire (RUF) qui peuvent être écrites sous la forme :

$$(3-B) \quad V_i = \beta_{i0} + \sum_k \beta_{ik} X_{ik}^{(\lambda_{ik})}$$

Comme cela a été mentionné plus haut, et comme l'illustre la Figure 4.1 pour le cas de deux modes, la non-linéarité implique que la courbe de réaction à des changements de la variable X_l associée à l'alternative 1 sera asymétrique par rapport à son point d'inflexion: elle serait symétrique par rapport au point $p_1 = 0,50$ seulement si les données impliquées dans la relation (3-B) correspondaient à la valeur : $\lambda_{ik} = 1, \forall i, k$:

Figure 4.1. Réponses respectives d'un modèle standard logit et d'un modèle Box-Cox



L'asymétrie est donc particulièrement importante dans la mesure où, dans le cas de grands changements de qualité de service, tout est dans la courbure, à partir du moment où il n'y a pas de désaccord sur la définition des variables importantes ni sur le fait que les changements sont loin d'être marginaux – une division par deux des temps de transport dans le cas de GPE.

En fait, la réponse asymétrique de type logarithmique, impliquant une courbe située au-dessus de la réponse linéaire pour $[1 < X_1 < 5,5]$ dans le cas de la Figure 4.1, ressortait dans un des textes fondateurs des modèles de choix aléatoires (Abraham, 1961)⁷, qui traitait des choix d'itinéraires avec un souci remarquable d'empirisme raisonné, comme c'était le cas dans les premières analyses de choix d'itinéraires (Warner, 1962) où la forme logarithmique est retenue pour (3-B) suite à des tests et analyses des erreurs résiduelles. Il est raisonnable de penser que le premier TGV Paris-Lyon présentait ce type de réponse où les changements prévus dans les parts de marchés (de 2 à 4) dépassent largement ce que pourraient fournir des modèles linéaires bâtis sur les mêmes variables.

Si on préfère une spécification «*Mixed Logit*», on pourrait arguer du fait que, si les coefficients de régression sont aléatoires, la forme des variables devrait en toute logique être aussi distribuée aléatoirement. En fait on a démontré que les spécifications «*mixed logit*» peuvent souvent recouvrir la situation où la fonction d'utilité sous-jacente est non linéaire : Orro *et alii* (2005, 2010) ont en effet démontré avec des simulations fondées sur des modèles Box-Cox (utilisant deux transformations, l'une pour le temps et l'autre pour le coût) que la popularité récente des modèles multinomiaux logit mixtes («*mixed logit*») est peut-être due au fait que les vraies relations sont non-linéaires et qu'il conviendrait de laisser la courbure se dégager de l'ajustement statistique, plutôt que de l'imposer par la forme fonctionnelle choisie, comme d'ailleurs beaucoup de micro-économistes l'ont soupçonné.

Que donne la formulation Logit Box-Cox dans les zones urbaines, y compris Paris? Est-ce que les asymétries de réponse existent en zone urbaine, et en particulier pour le «*Gai Paris*»? Chaque fois que, pour la fonction d'utilité, la TBC a été testée, on a toujours trouvé, sauf dans le cas spécial du BART⁸ (McCarthy, 1982) qu'il n'y avait pas linéarité, comme l'illustre le Tableau 2.1:

Ce tableau fait apparaître les résultats suivants :

- i. **Valeurs absolues des paramètres TBC dans les zones urbaines.** Chaque fois que la TBC a été testée pour le temps et le prix avec une hypothèse alternative d'égalité à l'unité, il apparaît que λ_{Temps} est significativement supérieur à l'unité et $\lambda_{Coût}$ est inférieur à l'unité. Le premier résultat, $\lambda_{Temps} > 1$, signifie que la pente de la courbe de demande décroît (devient plus plate) à un rythme qui croît avec la distance pour le temps : voir les résultats encadrés. Mais c'est le contraire pour le coût où, comme on le constate à la colonne voisine, la demande diminue (devient plate) à un rythme qui décroît avec la distance puisque $\lambda_{Coût} < 1$.
- ii. **L'utilité marginale du temps et de l'argent n'est pas constante, même dans le Gai Paris.** La conclusion précédente est en particulier vérifiée pour les cinq modèles de la région parisienne⁹ (Modèles 20, 21, 32, 33 et 34 du Tableau 2.1)
- iii. **Ces résultats contrastent avec les résultats interurbains.** Les résultats présentés au Tableau 2.1 proviennent d'un recensement de 50 modèles urbains et interurbains où la TBC a été utilisée avec plusieurs variables de qualité de service pour la fonction d'utilité modale (Gaudry, 2011). Dans les modèles interurbains, tous estimés à partir de données de préférences révélées, on trouve en général le résultat inverse de celui rencontré en zone urbaine, à savoir $\lambda_{Temps} < 1$.

Tableau 4.1. Estimations TBC pour les variables de temps et coût de 18 modèles logit en zone urbaine

Colonne		1	2	3	4	Source
Temps (d'attente et dans le véhicule) et Coût						
<i>Sydney (2 modes)</i>	Motif	<input type="checkbox"/> Tatt	<input type="checkbox"/> Tvéh	<input type="checkbox"/> Coût	<input type="checkbox"/> Tvéh - <input type="checkbox"/> Coût	Hensher & Johnson, 1981; voir (2)
<i>CBD (VP et Train)</i>		voir (1)				
1. Faubourgs nord (1971)	Travail	1,000	0,50	0,00		Tab. 1, Col. 1 ($\square_k = 001$)
Washington, DC (2 modes)						Koppelman, 1981
2. Ville entière (1968)	Travail	2,57	0,56	2,01		Tab. 2, Col. 6
Région parisienne (6 modes)						Gaudry, 1985
3. Entière (1976)	Travail	1,000	0,50	0,00		Tab. 3
Hivert et al., 1988						
4. Origine aérop. Orly (1986-7)	Personnel	1,08	1,08	0,42	0,66	Modèle 5.2, p. 46
Région parisienne (2 modes)						Lapparent, 2004
5. Entière (1997, 11 variables)	Travail	1,19	1,19	-0,89	2,08	Tab. 4.8, p. 135
Santiago de Chile						Pong, 1991; et Gaudry, 1994
A-1. Corridors CBD (9 modes)						
6. Las Condes & San Miguel	Travail	0,13	1,37	-0,56	1,93	Série I-B-G; voir (3)
B-1. Ville ent. 1991 (11 modes)						Parra Granifo, 1995
7. Pointe 7:30-8:30 h.	Travail	0,32	1,000	0,82	0,18	Tab. 4, Col. 1; voir (4)
8. Hors-pointe 10:00-12:00 h.	Travail	0,31	1,000	0,69	0,31	Tab. 4, Col. 2; voir (4)
9. Pointe 7:30-8:30 h.	Études	0,21	1,000	-0,01	0,20	Tab. 4, Col. 3; voir (4)
Temps et ratio [Coût/Revenu] [voir (5)]						Pong, 1991, et Gaudry, 1994
<i>A-2. Corridors CBD (9 modes)</i>	Motif	<input type="checkbox"/> Tatt	<input type="checkbox"/> Tvéh	<input type="checkbox"/> C/s	<input type="checkbox"/> Tvéh - <input type="checkbox"/> C/s	
10. Las Condes & San Miguel	Travail	0,12	1,30	0,55	0,75	Série I-A-G
Gaudry et al., 1989						
11. Las Condes (1983) seul	Travail	0,44	1,56	0,23	1,33	Note 3 p. 156
12. Ajout de S. Miguel (1985)	Travail	0,33	1,57	0,60	0,97	Note 3 p. 156
B-2. Ville ent. 1991 (11 modes)						Parra Granifo, 1995
13. Pointe 7:30-8:30 h	Personnel	0,46	0,53	-0,09		Tab. 4, Col. 5; voir (6)
14. Hors-pointe 10:00-12:00 h	Personnel	0,54	0,64	-0,10		Tab. 4, Col. 6; voir (6)
15. Hors-pointe 10:00-12:00 h	Études	1,00	0,25	0,75		Tab. 4, Col. 4; voir (6)
Temps et différence [Revenu - Coût] [voir (7)]						
<i>Région parisienne (2 modes)</i>	Purpose	<input type="checkbox"/> Tatt	<input type="checkbox"/> Tvéh	<input type="checkbox"/> (I-C)	<input type="checkbox"/> Tvéh - <input type="checkbox"/> (I-C)	Lapparent et al., 2002
16. Entière (1997, 5 variables)	Travail	1,17	1,17	-0,03	1,20	Modèle M-2; voir (8)
Lapparent, 2002						
17. Entière (1997, 5 variables)	Travail	-0,05	1,11	0,07	1,18	Modèle M-2, p. 27;
Lapparent, 2003						
18. Entière (1997, 16 variables)	Travail	1,07	1,07	0,85	1,92	Tab. page I; voir (9)

(1) La valeur 1,000 désigne une variable non transformée qui apparaît linéairement dans un modèle.

(2) Lors d'une application antérieure à un seul faubourg (Hensher & Johnson, 1979), les auteurs avaient trouvé une valeur optimale de la TBC de 0,05 (proche du logarithme) mais il s'agissait d'un modèle linéaire de probabilité, pas d'un Logit.

(3) Le salaire horaire net sert de mesure du revenu.

(4) La variable de temps désigne le temps de marche.

(5) Conformément à la formulation de Train & McFadden (1978), le Tarif est divisé par le salaire horaire net.

(6) Il s'agit d'un Temps généralisé (poids de 1 dans le véhicule, 2 pour la marche et 4 pour l'attente).

(7) Le revenu net est obtenu en soustrayant le Coût C du Revenu I.

(8) Le Modèle 16 impose l'égalité des coefficients des composants du temps total, contrainte relaxée dans le Modèle 17.

(9) Le Modèle 18 ajoute 8 variables socio-économiques à la formulation du Modèle 17. En conséquence, la TBC du Revenu net passe à 0,85, i.e. devient presque égale à 1 sans que la différence soit significative.

Est-ce que les trains de banlieue et les métros sont de lents TGV ? Si ce résultat se confirme dans de futures études moins centrées sur les déplacements domicile-travail que ceux recensés au Tableau 4.1, on aura fait apparaître une différence structurelle générale entre les déplacements urbains et interurbains, la vitesse à laquelle la sensibilité de la demande au temps de trajet diminue en fonction de la distance : à un taux croissant en zone urbaine, et à un taux décroissant en rase campagne¹⁰. Cela voudrait dire que les trains de banlieue et les métros ne sont pas des TGV lents et que les TGV ne sont pas des métros rapides.

Valeur du temps et changements marginaux dans le temps ou le prix du trajet

Considérons la fonction typique d'utilité d'un modèle de choix modal pour un mode, disons le chemin de fer, contenant au moins le temps de trajet et le tarif ou coût, et remplaçons les termes de dépenses par les variables distance, prix et vitesse, en réutilisant les estimations du maximum de vraisemblance pour les paramètres β et λ du temps et du coût. La valeur du temps (VdT) peut alors s'écrire de manière à expliciter le rôle de la variable « distance » :

$$(4) \quad VdT \equiv \frac{\partial T_{rail} / \partial X_{rail, Temps}}{\partial T_{rail} / \partial X_{rail, Coût}} = \frac{\beta_{rail, X_{Temps}} X_{rail, Temps}^{(\lambda_{rail, X_{Temps}} - 1)}}{\beta_{rail, X_{Coût}} X_{rail, Coût}^{(\lambda_{rail, X_{Coût}} - 1)}} = \frac{\beta_{rail, X_{Temps}} [V_{rail, Vitesse}^{-1}]^{\lambda_{rail, X_{Temps}} - 1}}{\beta_{rail, X_{Coût}} P_{rail, Prix}^{\lambda_{rail, X_{Coût}} - 1}} D_{rail}^{\lambda_{rail, X_{Temps}}}$$

Il est intéressant de remarquer qu'on obtient bien $(\lambda_{Temps} - \lambda_{Coût}) > 0$ à la fois en zone urbaine et en rase campagne en exploitant les études du Tableau 4.1 : la valeur du temps croît avec la distance¹¹. Les rares situations où cette inégalité n'est pas satisfaite semblent être relatifs à des pays où la distance moyenne de trajets interurbains est très longue (Canada et Suède) et peut-être pour des motifs de déplacements autres que les motifs domicile-travail. Il serait donc utile de trancher le point de savoir si ce résultat, la croissance de la valeur du temps avec la distance, est également valable pour tous les motifs de déplacement en zone urbaine.

En tout cas, la TBC résout la vieille question de savoir si les petits gains de temps de trajet doivent être évalués avec la même valeur du temps que les grands : la valeur du temps n'est pas constante mais varie de façon continue avec la distance de trajet.

3. Effets globaux sur l'agglomération

Réhabiliter le concept de ville optimale dans la ligne de Mills

Comme l'a souvent fait remarquer Martin Beckmann, la ville optimale présenterait non seulement une topologie endogène du réseau mais aussi de nombreuses autres dimensions, y compris la troisième, celle de la verticalité. La ville circulaire et homogène où tous les emplois sont concentrés au centre de la ville est de peu d'intérêt pour reproduire des villes en trois dimensions, et lorsque diverses

réglementations et contraintes s'appliquent à la solution, où la topologie du réseau est également contrainte, et où les fonctions de production à respecter sont diverses.

De telles exigences ne semblent remplies que par l'approche de Mills (1972, 1974) où toutes les activités, incluant les flux de transports et leur degré de congestion sont réparties de façon optimale dans une cité tridimensionnelle où la topologie du réseau est donnée par hypothèse. Comme le problème est celui d'une maximisation sous contrainte, il existe un coût total minimum ainsi que des hauteurs de construction optimales et des prix fonciers optimaux dérivés de solutions uniques et reproductibles. Bien évidemment la répartition des activités et leur niveau varie avec la technologie, les différentes activités pouvant avoir des fonctions de production spécifiques, susceptibles de changer dans le temps. Curieusement, bien qu'enrichi en prenant en compte la multiplicité des modes de transports (Kim, 1978) et bien d'autres développements (Moore II & Kim, 1995), ce type de procédure n'a jamais donné lieu à un outil de simulation urbaine opérationnel et on est conduit à penser qu'il y a là une lacune importante dans notre arsenal de modélisation.

Les travaux actuels sur la ville décarbonée seraient une occasion favorable de le faire si on souhaitait traiter des gaz à effet de serre au niveau même des fonctions de production plutôt que comme une sorte de coût externe sans consistance et productivité propres.

Comment progresser avec les modèles LUTI? Polycentrisme, aérotrapolisme, comparaison des différents modèles et de leur opérationnalité

Il existe de nombreux modèles qui visent à coupler les modifications de l'offre de transport avec les modifications dans l'utilisation des sols et l'activité économique. Des classifications fort pertinentes [(cf. par exemple, Waddell *et al.* (2007), Bröcker & Mercenier (2011) ou Wegener (2011)] en ont été faites. Elles permettent de les différencier selon leurs hypothèses principales. Une des distinctions les plus significatives pour l'objectif d'évaluation des projets semble être la distinction entre modèles de simulation et modèles d'équilibre. Dans les modèles de simulation (proprement dits LUTI), la procédure d'interaction entre transports et urbanisme est itérative. Ces modèles sont par nature dynamiques (les ajustements transports/foncier/localisation se font à des étapes différentes et il n'y a pas à proprement parler d'équilibre). Les modèles d'équilibre général s'appuient sur la théorie microéconomique et aboutissent à des analyses de statique comparative.

Ces deux catégories ont des avantages et inconvénients qui ont été analysés par exemple dans de Palma (2011) et de Palma et Beaudé (2011). Les plus notables en termes d'évaluation sont, pour les modèles dynamiques, la difficulté de calage et le fait que, ne traduisant pas une situation d'équilibre, ils sont peu propres à aboutir à une analyse coût-bénéfice. Pour les modèles d'équilibre général, ils décrivent deux situations, l'une avec et l'autre sans projet, qui sont toutes deux fictives, et dont il n'est pas sûr que les cheminements temporels y aboutissent. Il serait utile de se faire une idée plus précise de ces avantages et inconvénients à travers une analyse théorique plus approfondie que le simple jugement qui vient d'être énoncé.

Polycentrisme. En particulier, il convient de vérifier la capacité des modèles LUTI à simuler le développement de pôles situés sur de grands cercles excentrés qui, type GPE, se croisent et dont l'union, la zone centrale parisienne, est caractérisée par de strictes restrictions de hauteur et de taille des constructions ainsi que d'accès routier. Cette capacité est essentielle pour arriver à s'écarter de la configuration où autour du centre de l'agglomération sont localisés des pôles satellites qui dépendent du centre. Il faudrait être conduit par le modèle à une spécialisation sectorielle des fonctions de production ou de la fourniture des facteurs de production sur des périphériques circulaires exigeant et autorisant des relations multipolaires ou polycentriques.

Aérotropolisme. Pour que l'évaluation économique soit vraiment complète, et pour bien incorporer les effets d'un saut qualitatif dans la compétitivité internationale de l'agglomération parisienne, il faut tenir compte du développement des activités liées au transport aérien, résultant de l'apparition de liaisons de transport collectif efficaces entre les aéroports de la région et le reste de l'agglomération. Cette dimension aérotropoliste¹² du projet GPE fait apparaître la possibilité d'une croissance nouvelle et sélective dans des activités à haute valeur ajoutée soutenue elle-même par une immigration à haute valeur ajoutée, et dans des services particulièrement utiles en période de rapide désindustrialisation.

Opérationnalité. Mais une tâche aussi importante du point de vue opérationnel serait de tester l'ensemble des hypothèses secondaires qui accompagnent chacun de ces modèles. La construction des grands modèles de ce type implique, on le sait, de nombreuses hypothèses secondaires, que l'analyste est amené à faire tout au long de la construction du logiciel. Elles sont moins visibles, moins facilement détectables à l'examen rapide, mais ont des conséquences déterminantes. Elles impactent le fonctionnement du modèle, son adaptation possible aux données existantes et les résultats qu'il fournit. Au-delà d'une expertise approfondie des logiciels, il serait intéressant de tester plusieurs de ces modèles sur une même – et si possible sur plusieurs agglomérations. Cela permettrait de comparer :

- la pertinence des hypothèses principales selon les différentes situations institutionnelles et de cadrage socio-économique ;
- la possibilité de disposer des données nécessaires, avec les arbitrages classiques en ce qui concerne le détail des données et celui des zonages, y compris la préservation des propriétés des modèles de trafic lors d'agrégations de leurs systèmes de zonage ;
- et aussi les résultats, ne serait-ce que pour vérifier que les ordres de grandeur sont comparables entre les modèles et pour analyser les apports respectifs de chaque modèle, en particulier pour l'analyse coût-bénéfice.

Unicité et reproductibilité. Enfin, une telle analyse comparative permettrait aussi de mettre en perspective nos savoirs sur le fonctionnement des principaux ingrédients à la base de ces modèles. Ceux-ci sont essentiellement constitués par le marché foncier, la localisation des ménages et la firmographie (conditions présidant à la vie des firmes : naissance, développement et disparition). Une amélioration de chacun de ces mécanismes indépendamment de leur inclusion dans un modèle plus général, est un champ de recherche. Se posent en particulier les questions d'unicité et de reproductibilité des solutions, tant des activités localisées que des flux et conditions de transport. Par ailleurs, dans la mesure où des puissances simples sont utilisées pour des fonctions de production ou de demande de type CES, le fait que, contrairement aux TBC, les puissances simples ne préservent pas l'ordre des données (Johnston, 1984, p. 63), est-il neutre pour les résultats ?

Consolider nos connaissances sur les effets d'agglomération?

Des travaux économétriques importants ont été effectués récemment concernant les effets d'agglomération. Une présentation générale, orientée vers les applications opérationnelles en est donnée, ainsi que la bibliographie de base correspondante, dans Prager et Thisse (2008) et des synthèses des principaux résultats se trouvent dans la littérature (Mackie *et al.*, 2011 ; Turner, 2009) et des avancées se produisent (Combes *et al.*, 2009) montrant le caractère actif de la recherche en ce domaine. Il ne s'agit pas ici de se substituer à ces travaux ni même d'en faire un résumé. On voudrait simplement marquer un certain nombre de points susceptibles de constituer des pierres d'achoppement pour l'intégration de ces effets dans l'évaluation des projets.

Une première question concerne l'équivalence entre les différentes variables représentant dans ces études l'effet d'agglomération : densité, accessibilité, coût ou temps de transport. En particulier, de nombreuses études montrent la dépendance entre la productivité et la densité. Est-il légitime de considérer qu'une réduction des coûts ou des temps de transports est équivalente à une augmentation de la densité ? La réponse à cette question est un point fondamental. En effet les projets de transports peuvent faire varier la densité, mais ont surtout comme premier effet de réduire le coût de transport ou le temps de transport.

Une autre tâche serait de préciser et conforter les résultats économétriques des études en cause. Ces études sont délicates en raison des problèmes d'endogénéité des données. Est-ce pour cela ou pour d'autres raisons, les résultats numériques présentent une forte dispersion¹³. Il conviendrait en particulier d'analyser dans la variance de ces résultats, la part due à la spécificité des agglomérations et des pays, la part due aux différences sectorielles, à commencer par la distinction entre services et industries. Il faudrait aussi pouvoir distinguer les effets inter-sectoriels et les effets intra-sectoriels.

Ces effets d'agglomération peuvent avoir plusieurs causes : émergence et diffusion d'idées nouvelles ; diversification des services aux entreprises ; accroissement des aires de marché. Distinguer leur importance relative permettrait de mieux les intégrer dans les calculs de surplus.

Peut-on se satisfaire de notre savoir des phénomènes migratoires?

Les migrations constituent un élément central dans les préoccupations des décideurs politiques locaux des grandes agglomérations. Ces grandes agglomérations sont en situation de compétition à la fois sur le plan national avec les autres grandes agglomérations du pays, et aussi sur le plan international avec les autres grandes agglomérations du globe. Un des aspects majeurs de cette compétition est la capacité d'attirer de la population ; cette attraction est jugée comme un facteur de richesse et de succès de l'agglomération.

Les décideurs nationaux ne sont pas non plus indifférents à ces migrations, car ils ont souvent des objectifs concernant l'équilibre des agglomérations de leur pays. On peut ainsi concevoir que les responsables nationaux d'un pays européen aient à la fois le souci que leur zone capitale fasse bonne figure vis-à-vis des zones capitales des pays étrangers, mais ne draine pas trop fortement les forces vives du pays, deux objectifs qui sont en général contradictoires. Si les décideurs sont sensibles au volume des migrations, ils le sont également aux aspects qualitatifs de ces migrations : concernent-elles la population active, les hautes qualifications ? Et ce qui est vrai pour les migrations de population s'applique aussi aux mouvements internationaux de capitaux.

La connaissance des migrations est également nécessaire à l'économiste à qui l'on demande d'évaluer l'intérêt économique d'un projet.

Mais force est de reconnaître que notre connaissance des migrations et des facteurs qui les commandent sont faibles (Lewis, 2010). Les migrations sont en général le maillon faible des études démographiques, celui sur lequel les prévisions sont les plus incertaines, qu'il s'agisse d'ailleurs de migrations intra-nationales, entre agglomérations du pays, ou de migrations internationales.

Nos connaissances de l'impact des améliorations des transports sur ces migrations sont encore plus faibles. De rares études (e.g. Turner, 2009, Crafts, 2009) permettent de dégager des sens de variations, mais les élasticités sont fragiles car étayées sur un très petit nombre de cas. Là aussi l'analyse statistique est rendue spécialement difficile en raison des endogénéités : d'un point de vue historique, sur longue

période, est ce que la population d'une ville a augmenté parce qu'on a amélioré les transports, ou est-ce que les transports ont été améliorés parce que la population croissait ?

4. Évaluation

L'analyse coût-bénéfice est-elle en défaut ?

La mise en œuvre de l'analyse coût-bénéfice des grands projets urbains mérite d'être reconsidérée à la fois dans sa mise en œuvre technique et dans son intervention dans le processus de décision (Vickerman, 2007a, 2007b).

En ce qui concerne la mise en œuvre technique, une première différence avec les projets usuels tient à la durée de vie des grandes infrastructures, qui est spécialement longue. A Paris, le pont neuf date de 500 ans et joue un rôle majeur dans l'écoulement de la circulation ; les grands boulevards percés par Haussman il y a environ 150 ans ont été le point de départ d'une urbanisation qui structure encore les valeurs foncières actuelles dans la région parisienne et la destination des quartiers. Dans ces conditions, est-il raisonnable de calculer la valeur actualisée sur une durée de cinquante ans au plus comme on le fait actuellement ? Et si on allonge la durée de vie quelle valeur prendre pour le taux d'escompte ? Si l'on se remet dans le débat correspondant intervenu au sujet des conséquences du réchauffement planétaire, faut-il prendre un taux d'actualisation à la Nordhaus ou à la Stern ?

Ceci est d'autant plus important que dans le long terme des modifications dans les prix relatifs risquent d'intervenir. Ces modifications peuvent trouver leurs sources dans les changements autonomes de préférences, et on peut penser ici au goût croissant pour l'environnement. Ils peuvent aussi résulter des transformations technologiques. Ainsi le développement des nouvelles technologies peut modifier les substitutions entre transport et communications par exemple en généralisant les téléconférences; il peut changer les relations au travail, en généralisant les horaires souples et le télétravail. D'autres modifications des prix relatifs peuvent venir des effets de rareté. Ainsi la politique de lutte contre l'effet de serre et la raréfaction de l'énergie pétrolière. On peut dans ces conditions s'interroger sur la stabilité des paramètres (valeurs du temps, coût du deshorage, coût du carburant) qui interviennent dans les modèles et qu'on prend tant de mal à caler sur les situations historiques et présentes. Ces considérations plaident pour le développement de l'analyse prospective dans le cas des grands projets. Cette analyse prospective devrait conduire à prendre en compte des futurs susceptibles de s'écarter largement des extrapolations de tendances usuelles à travers des variantes beaucoup plus largement différenciées que l'on ne le fait habituellement.

D'autres difficultés théoriques apparaissent quand il s'agit d'intégrer dans l'analyse coût-bénéfice des facteurs que l'analyse partielle n'avait pas à identifier car alors les effets sur le surplus collectif sont résumés par le surplus des usagers. C'est le cas pour l'emploi : comment valoriser le fait qu'un chômeur est devenu travailleur ; la solution britannique consistant à compter les changements dans les dépenses publiques occasionnées par son nouveau statut est une première réponse très élégante qui fournit un ordre de grandeur précieux. Mais elle mériterait peut-être une certaine attention notamment dans la mesure où elle laisse à l'analyste le soin de déterminer le montant de ces dépenses, une tâche délicate.

Le cas des migrations est aussi problématique : quel surplus collectif attribuer à un chômeur du Massif Central qui viendrait s'installer à Paris, comme conséquence indirecte de la réalisation d'une grande infrastructure ? Et qu'en est-il si ce chômeur vient, non pas d'une région française, mais d'un pays étranger¹⁴ ? Il est tentant, comme l'indique Worsley (2011), de recourir alors à un calcul de variation de PIB, pour lequel ces problèmes ne se poseront pas.

Ce dernier calcul de PIB régional est d'autant plus pertinent qu'il correspond à un souci des décideurs politiques. Ceux-ci ne sont en général beaucoup moins intéressés par le surplus collectif que les économistes. Leurs préoccupations essentielles portent sur les conséquences en termes d'activité économique et sur les effets redistributifs au sens large. Ils sont ainsi concernés par les impulsions données aux différents quartiers de la ville, par la connaissance des bénéficiaires et des perdants, et aussi par les effets en termes de cohésion sociale et de résorption des quartiers en difficulté. Ces conséquences ne sont pas abordées par l'analyse coût-bénéfice traditionnelle, même si les économistes ont des choses à dire sur ces sujets.

Ces exemples montrent que, vis-à-vis ou à côté de l'analyse coût-bénéfice traditionnelle, la description des effets et leur présentation intelligente est probablement un élément majeur dans la formation des opinions des décideurs sur chaque projet. Ceci déplace le centre de gravité de l'évaluation, de l'économie normative vers l'économie positive, ce qui est tout aussi exigeant pour l'économiste.

Combien de façades ont les gares ?

Dans les projets de transport public, les gares jouent un rôle particulier et peuvent même selon les cas devenir des éléments centraux du projet. Elles constituent d'abord un pic de valeur foncière et peuvent attirer des opérations d'aménagement majeures. On l'a vu autour des gares de lignes à grande vitesse. Ces processus engendrent des valeurs ajoutées considérables. Ces valeurs ajoutées, on a souvent cherché à les capter au profit du financement de l'opération principale ; et l'opinion courre que les chemins de fer japonais y trouvent l'essentiel de leurs bénéfices. Mais il faut reconnaître que les efforts pour capter ces plus-values foncières ont été jusqu'ici, au moins en Europe, peu couronnés de succès.

Les gares sont en outre des lieux privilégiés d'exercice de l'inter-modalité, une politique dont le développement est jugé souhaitable par la plupart des décideurs publics. Cette inter-modalité peut se développer par l'usage des technologies nouvelles, et une programmation adéquate des échanges autour de la gare peut considérablement changer l'efficacité d'un projet de ligne nouvelle. On peut à l'inverse citer des exemples (le cas d'Orly-Val pour la desserte de l'aéroport d'Orly) où une mauvaise organisation d'une gare met en péril la rentabilité d'une opération d'investissement.

Enfin la gare est un exemple de marché bi-face (*two-sided market*), un type de marché qui possède des propriétés particulières en termes de régulation et de tarification des deux côtés (ici les voyageurs et les commerces alentour). Ces diverses raisons militent pour des études sur l'économie des gares.

Jusqu'où étendre la définition des projets à évaluer ?

Les interactions entre le projet proprement dit et son environnement sont fortes. Selon la tarification qui lui sera appliquée, les effets d'agglomération se feront sentir plus ou moins fortement. De même les conséquences sur le développement urbain et sa répartition dans l'agglomération vont être modifiées. Il importe que la définition du projet comporte des indications sur sa tarification. Les conditions de réalisation et de financement importent également. Le recours à un partenariat public privé par exemple

peut avoir des conséquences importantes sur le coût du projet, sur son financement et sur la couverture des risques qui lui sont associés.

On voit bien aussi que le projet doit être accompagné d'une définition de la réglementation associée. Déjà le Pont Saint Michel construit à Paris entre le Palais Royal et la rive gauche de la Seine en 1387 aurait été l'objet d'une concession y autorisant notamment la présence d'habitations (Bezançon, 2004). Cette réglementation concerne d'abord l'urbanisme (destination des zones, volume constructible). Mais c'est aussi la réglementation fiscale qui est en cause. Ainsi, dans plusieurs pays, les subventions aux logements et la fiscalité des entreprises impliquent des localisations des ménages et des entreprises qui souvent contrarient, au moins dans certains pays, les tendances du marché et qui ont des impacts majeurs sur les déplacements.

D'une façon plus générale, les interactions entre les transports et les décisions urbaines jouent dans les deux sens. On considère en général comme exogènes les conséquences des réglementations et des décisions publiques. A partir de là, on évalue – ou on essaie d'évaluer – les conséquences en matière de localisation et de transports. Mais ne faudrait-il pas considérer aussi que les aménagements de transport peuvent avoir des conséquences sur les décisions publiques en matière d'urbanisation et de fiscalité ? Les études qui cherchent à endogénéiser les décisions publiques sont rares, les plus nombreuses portent sur certains aspects de la politique routière. Mais il n'y a pas de raison pour penser qu'une grande infrastructure n'aura pas d'effet dans le futur sur les plans d'urbanisme, même si actuellement les pouvoirs publics ne veulent pas déroger aux réglementations actuelles ? À défaut d'une endogénéisation en bonne et due forme, des hypothèses de variantes prospectives ne devraient-elles pas être définies à dire d'expert ?

Par ailleurs on sait bien qu'un grand projet est souvent modulable, et se réalise sur une longue période, avec des mises en service échelonnées. La définition du projet devrait inclure sa modularité et les phases de réalisation. Se pose alors les questions de savoir si les effets des projets sont additifs ou non, si en somme il y a des sortes d'économies d'échelle ? Normalement les études de modélisation des transports et d'interaction avec les activités économiques devraient fournir la réponse. À défaut, une analyse des expériences passées en ce domaine serait bienvenue.

5. Conclusion

Nous avons proposé, sans souci d'exhaustivité, une liste de problèmes non résolus, de lacunes dans les connaissances et d'avancées souhaitables dans le contexte d'un élargissement de l'analyse usuelle à laquelle il y aurait lieu de substituer une nouvelle analyse prenant en compte des effets du projet sur l'ensemble de l'économie. On peut regrouper les problèmes et les thèses présentées sous forme affirmative pour susciter la controverse :

En termes de modélisation des trafics :

1. Les pratiques usuelles doivent être revues et élargies pour tenir compte de la variété des catégories de déplacements et de la panoplie des comportements des usagers.
2. Le caractère non marginal des transformations impliquées par les grands projets impose de considérer des formes d'utilité plus souples que les formes linéaires usuelles.

En termes d'impact des projets en dehors des transports (structure urbaine, développement économique) :

- i. Il convient de capitaliser nos connaissances en ce qui concerne les différents modèles intégrant les transports et l'espace (modèles LUTI), pour mieux connaître leurs conditions de mise en œuvre et leurs performances respectives.
- ii. Les effets d'agglomérations ont fait l'objet d'analyses théoriques et économétriques. Ces analyses ont permis des avancées majeures durant ces dernières années. Il convient d'en tirer des ordres de grandeur opérationnels applicables aux projets de transports. Il faudrait aussi mieux connaître les origines de ces effets.
- iii. Les migrations sont une des conséquences majeures du développement des infrastructures urbaines. Mais on ne sait que très peu de choses sur les mécanismes auxquels elles obéissent. Comment combler cette lacune ?

En termes d'évaluation proprement dite des projets :

- a) Quelle est la pertinence de l'analyse coût-bénéfice pour l'évaluation des grands projets urbains ? Comment tenir compte des indivisibilités et du très long terme ?
- b) Comment mieux intégrer dans les analyses les spécificités et possibilité offertes par les lieux d'échanges que sont les gares ?
- c) Comment définir les projets soumis à l'analyse ?

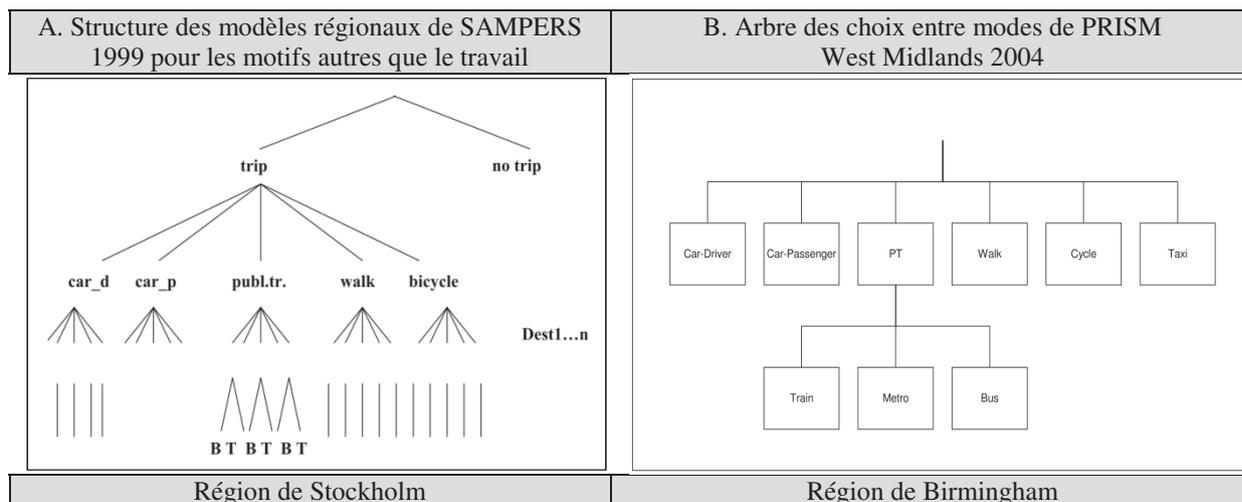
Annexe 4.A1

Scinder un choix MNL entre itinéraires TC en branches ?

Que penser de la pratique illustrée à la Figure 4.A1.1 qui, depuis à peine 10 ans et dans des cas très particuliers, tente de contourner le problème de calcul des moyennes des caractéristiques des chemins TC en ajoutant une couche nouvelle de branches, cette fois entre les divers modes TC eux-mêmes, certains modes « supérieurs » donnant lieu à un calcul de logsum et les autres ne servant que comme leurs modes d'accès ? Cette solution est peu satisfaisante :

- (i) **Le problème n'est que déplacé** : le nouveau niveau TC ne fait que transférer le problème de l'accès, nécessairement multiple, au niveau inférieur. Par exemple, SAMPERS 1999 utilisait pour l'accès au bus et au train un algorithme (la stratégie optimale mise en œuvre par EMME/2) qui est d'inspiration déterministe³⁷, avec le résultat que la répartition entre train et bus était instable et sensible à des variations infimes. La révision du modèle en 2003 a supprimé ce niveau de modélisation (Transek, 2003 ; 2004).
- (ii) **Treize à la douzaine** : quels sont les modes supérieurs et inférieurs dans le cas du GPE où il y a 4 différents types de bus³⁸ (ordinaire, Rapide, T-Zen, et minibus locaux des municipalités), deux sortes de tramways (étroits ou larges) et de métros (ordinaire et automatique) ainsi que des trains régionaux express (RER) dont les caractéristiques en termes de poids, longueur, type de cabine et confort sont très différentes. Si on veut établir une hiérarchie, lesquels de ces 10 modes sont « supérieurs » et lesquels sont « inférieurs », servant à apporter le trafic au réseau supérieur, et nécessitant de ce fait une modélisation propre ? Est-ce que certains modes sont « supérieurs » le matin et « inférieurs » le soir, est-ce que la hiérarchie est bi-directionnelle ?

Figure 4.A1.1. **Modèles hiérarchiques récents pour les transports collectifs en zone urbaine**



Si ces structures hiérarchiques, malheureusement non emboîtées au sens statistique du terme, semblent mal adaptées aux situations dans lesquelles les alternatives sont pléthoriques, cela ne signifie pas cependant que le choix multinomial devient simple. Notons en passant deux difficultés importantes qui peuvent être résolues dans l'état courant des techniques :

- i) **Effets communs à tous les chemins** : il est possible d'identifier une constante commune liée aux options (AGC) dans le problème de choix de chemin avec un modèle multinomial, et plus généralement toutes les constantes liées à chaque option (ASC) dans les problèmes de choix modaux logit (Gaudry et Tran 2011).

- ii) **Cohérence des variables non linéaires pour représenter la qualité de service** : il y a de nombreuses manières de vérifier la non-constance de l'utilité marginale de la qualité de service (fréquence, temps, coût) avec des fonctions d'utilité logit³⁹. Quelle que soit la méthode utilisée (nous résumons plus haut le travail fait avec des transformations Box-Cox), le logsum résout le vieux problème de la compatibilité entre la forme des variables de qualité de service apparaissant à la fois dans la modélisation des itinéraires et dans celle du choix du mode.

Notes

1. Il reste de l'Égypte ancienne les pyramides, gigantesques tombeaux des pharaons, les tombeaux plus modestes mais néanmoins imposants des rois et des reines, mais on n'a pas gardé trace des petites tombes des innombrables *fellahs* qui ont construit les premières.
2. Les logements situés dans une collectivité utilisent des biens publics locaux produits par une autre collectivité, sans que la tarification traduise ces externalités.
3. Dans les marchés aériens, les déplacements au motif professionnel sont depuis longtemps minoritaires.
4. Pour une discussion de ces possibilités, voir Klein *et alii* (1997).
5. Déjà utilisés pour expliquer les déplacements d'achats dans Antonin-2 et dans Modus-2.
6. Parfois, des astuces diverses sont mises en œuvre pour récupérer les chemins les plus vraisemblables (e.g. Bar-Gera, 2006).
7. Bien que les spécifications des fonctions d'utilité aléatoire dans les développements des modèles de choix à partir des lois normales ou rectangulaires publiées par Abraham en 1961 étaient linéaires, les applications étaient non linéaires; les premières études relatives au tunnel sous la Manche (Setec, 1959), explicitement fondées sur un modèle à utilité aléatoire, comparaient les formes linéaires et logarithmiques (voir pour les détails Gaudry et Quinet, 2011) et les ingénieurs français ont donné le nom de « loi d'Abraham » à un modèle logarithmique logit de choix d'itinéraire fondé sur une expression du coût généralisé de transport sans constante d'itinéraire.
8. La fonction d'utilité estimée pour le BART était linéaire si l'utilisateur utilisait deux modes (Auto et bus avant le BART) ou une décomposition plus complexe des modes publics en 3 sous-catégories (après le BART). Le résultat trouvé reste une exception et il n'est pas possible d'après le texte publié de savoir si des particularités de tarification locales (telles que des tarifs de bus variant dans un domaine très étroit) peuvent expliquer le résultat ou si celui-ci résulte d'une attitude particulière vis-à-vis de la distance urbaine.
9. Dans un travail récent sur la disponibilité des modes et le choix des modes en région parisienne, Lapparent (2010, p 382) reconnaît l'insuffisance de la fonction d'utilité log-linéaire et la nécessité de ré-estimation avec une TBC. Son choix, effectué à titre exploratoire, était dicté par l'accent mis surtout sur l'endogénéité de l'ensemble de choix dans ce travail.
10. Le recensement précédent essaie aussi d'expliquer les valeurs TBC brutes en les scindant entre une composante exprimant l'optimisme, le pessimisme ou la neutralité à l'égard de la distance (ou l'attitude vis-à-vis du risque) et une autre composante exprimant l'attitude vis-à-vis des caractéristiques du trajet lui-même, dans l'esprit de la théorie des prospects.

11. Selon Jara-Diaz (2007, Equation 2.34, p. 61), la valeur du temps doit toujours augmenter avec la distance.
12. Voir Kazarda et Lindsey (2011).
13. Analogie à la dispersion des résultats d'études économétriques relatives aux effets de croissance endogène menées dans la ligne et à la suite des premiers travaux d'Aschauer.
14. C'est d'une manière générale la question de savoir comment il faut compter la variation de surplus que connaissent les ressortissants d'un pays étranger.
15. L'idée est que les utilisateurs de transports collectifs vont toujours à pied à la station qui correspond pour eux au coût généralisé le plus bas.
16. Parmi les 1 433 lignes de bus qui couvrent les 24 660 km d'itinéraires, beaucoup sont complémentaires du système de desserte ferroviaire, mais beaucoup également sont en concurrence avec lui.
17. Les bus T-Zen, en service depuis 2011 dans la région parisienne, ont bénéficié de lignes de bus dédiées à haut niveau de service (BHNS) mais avec des portes et fenêtres de type tramway. Sont-ils très distincte des tramways sur pneus ?
18. Par exemple, dans un modèle Probit mis en œuvre pour la région Ile de France, de Palma et Picard (1995) utilisent une forme cubique pour le temps.

Bibliographie

- Abraham, C. (1961), La répartition du trafic entre itinéraires concurrents: réflexions sur le comportement des usagers, application au calcul des péages, *Revue générale des routes et aérodromes*, 357, pp. 57-60, 65-72, 75-76.
- Bar-Gera, H. (2006), Primal Method for Determining the Most Likely Route Flows in Large Networks, *Transportation Science*, 40, 3, 269-286.
- Bezançon, X. (2004), 2000 ans d'histoire du partenariat public-privé pour la réalisation des équipements et services collectifs, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- Bröcker, J. et J. Mercenier (2011), General Equilibrium models for transportation economics, dans: de Palma, A., R. Lindsey, E. Quinet et R. Vickerman (2011), *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar.
- CATS (1959-1962), Chicago Area Transportation Study, *Final report in three parts*. Study conducted under the sponsorship of [the] State of Illinois, Department of Public Works and Buildings, County of Cook, Board of Commissioners of Cook County. CONTENTS: v. 1, *Survey findings*, December, 1959; v. 2, *Data projections*, July, 1960; *Transportation plan*, April, 1962. Chicago.
- Citilabs (2008), *Cube Voyager Reference Guide Version 5.0*. Document révision 50-006-1, 1 000 pages, Citilabs, 12 Décembre.
- Combes, P.-P., G. Duranton, L. Gobillon, D. Puga, et S. Roux (2009), The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection. Document de référence 7191, Centre for Economic Policy Research.
- Crafts, N. (2009), Transport Infrastructure Investments: Implications for growth and productivity, *Oxford Review of Economic Policy*, 25, 3, 327-343.
- Dafermos, S. (1983), A Multicriteria Route-Mode Choice Traffic Equilibrium Model, *Bulletin of the Greek Mathematical Society*, 24, 13-32.
- Daly, A. (1999), The use of schedule-based assignments in public transport modeling, *Proceedings of the 27th European Transportation Forum*, Seminar F, Cambridge, England, 149-157.
- DfT (2008), Department for Transport: Economic Benefits in Transport appraisal. Publié le 1^{er} April. <http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/webia/webtheory/>.
- DRIEA IF (2010), *MODUS, modèle de déplacements en Île-de-France de la DRIEA IF*. 23 pp., Présentation au Comité technique du comité scientifique d'Éole, 16 novembre.

- Fellendorf, M. et P. Vortisch (2010), Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. Ch. 2 dans : J. Barceló (éd.), *Fundamentals of Traffic Simulation. International Series in Operations Research & Management Science*, 145, pp. 63-93, Springer Verlag.
- Florian, M. et I. Constantin (2011), *Emme strategy transit assignments with variants*, INRO, Montréal, 87 pages, 5 May, www.inro.ca/en/index.php.
- Gaudry, M. (1985), Modèles agrégés et désagrégés à forme variable : résultats sur Montréal et Paris. *Transports*, 304, 288-293.
- Gaudry, M. (1994), *Tópicos avanzados en analisis de demanda de transporte: rol de la forma funcional*. Présenté au Séminaire organisé par le Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte (SECTRA), 16 pages, Santiago de Chile, 7 janvier.
- Gaudry, M. (2011), Quebec-Windsor Corridor High Speed Rail Market Forecast Profiles in Context: Level-of-Service Response Curvature Sensitivity and Attitude to Risk or to Distance in Forty Logit Core Model Applications of the Law of Demand. 100 pages, février, www.e-ajd.net.
- Gaudry, M. et E. Quinet (2011), *Shannon's measure on information and the utility of multiple network paths in transport demand estimation and project appraisal*. Publication AJD-142, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, Version du 4 novembre, 24 pages.
- Gaudry, M. et Tran, C.-L. (2011), *Identifying all alternative-specific constants in Multinomial Logit models by Inverse Power Transformation Capture*. Publication AJD-141, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, 23 pages, juillet.
- Gaudry, M., Jara-Diaz, S. R. et J. de D. Ortuzar (1989), Value of Time Sensitivity to Model Specification. *Transportation Research B*, 23, 2, 151-158.
- Hensher, D.A. et L.W. Johnson (1979), External structure of variables in individual choice models of travel demand, *International Journal of Transport Economics*, 6, 51-62.
- Hensher, D.A. et L.W. Johnson (1981), Behavioural response and form of the representative component of the indirect utility function in travel choice models, *Regional Science and Urban Economics*, 11, 559-572.
- Hivert, L., J.-P. Orfeuil et P. Troulay (1988), *Modèles désagrégés de choix modal: réflexions méthodologiques autour d'une prévision de trafic*. Rapport INRETS n° 67, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Arcueil, 72 pages, juin.
- Jara-Diaz, S. (2007), *Transport Economic Theory*, Emerald Publishing.
- Johnston, J. (1984), *Econometric Methods*, Third Edition, McGraw-Hill Book Company.
- Kazarda, J.D. et G. Lindsay (2011), *Aerotropolis: The Way We'll Live Next*, Allan Lane, 466 pages.
- Kim, T.J. (1978), Effects of subways on urban form and structure, *Transportation Research*, 12, 231-239.
- Klein, D., R. Binyam et A.T. Moore (1997), *Curb Rights*, The Brookings Institution, juin.

- Koppelman, F.S. (1981), Non-linear utility functions in models of travel choice behavior. *Transportation*, 10, 127-146.
- Lapparent, M. de (2003), *Individual Demand for Travel Modes and Valuation of Time Attributes within the Regular Journey-to-Work Framework*. Publication AJD-70, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, 28 pp., janvier, www.e-ajd.net.
- Lapparent, M. de (2004), *La valeur du temps dans les déplacements réguliers professionnels*. Thèse d'économie, Université Paris I – Panthéon-Sorbonne. Publication AJD-81, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, 180 pp., juin. www.e-ajd.net.
- Lapparent, M. de (2010), Latent Class and Mixed Logit Models with Endogenous Choice Set Formation Based on Compensatory Screening Rules. Ch. 17 dans : S. Hess et A. Daly (éds.), *Choice Modelling: the state-of-the-art and the state-of-practice; Proceedings from the Inaugural International Choice Modelling Conference*, 371-396, Emerald Publishing.
- Lapparent, M., A. de Palma et C. Fontan (2002), *Nonlinearities in the Valuation of Travel Attributes*. Publication AJD-69, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, 22 pp., octobre, www.e-ajd.net.
- Lewis E.G. (2010), The Economics of Immigration: Theory and Policy. *Journal of Economic Literature*, 48, 4, 1028-1030, décembre.
- Mackie; P., D. Graham et J. Laird (2011); The direct and wider impact of transport projects: a review; dans : A. de Palma, R. Lindsey, E. Quinet et R. Vickerman (éds.) (2011), *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar.
- McCarthy, P.S. (1982), Further evidence on the temporal stability of disaggregate travel demand models, *Transportation Research B*, 16, 4, 263-278.
- Mills, E.S. (1972), Markets and efficient resource allocation in urban areas, *Swedish Journal of Economics*, 74, pp. 100-113.
- Mills, E.S. (1974), Mathematical models for urban planning, dans : A. Brown (éd.), *Urban and Social Economics and Market and Planned Economies*, 40, 2, 113-129, Praeger, New York.
- Moore II, J.E. et T.J. Kim (1995), Mills' urban system models : perspective and template for LUTE (Land Use/Transport/Environment) applications. *Computers, Environment and Urban Systems* 19, 4, 207-225.
- Orro, A., M. Novales et F.G. Benitez (2005), *Nonlinearity and Taste Heterogeneity Influence on Discrete Choice Model Forecasts*, 18 pp., Association for European Transport and contributors.
- Orro, A., M. Novales et F.G. Benitez (2010), Box-Cox mixed Logit model for travel behaviour analysis. Paper presented at the 8th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, Rhodes, 4 pages, septembre. A paraître dans : *American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings*.
- De Palma, A. et O. Beaudé (2011), État de l'art des méthodes d'analyse socio-économiques dans le cadre d'un projet urbain. Document de travail ENS Cachan.

- Palma A. de (2011), *Le Grand Paris : Quels outils, quels enjeux ?* Document de travail pour la Table Ronde 154, ITF, Paris.
- De Palma, A. et N. Picard (1995), Route choice decisions under uncertainty, *Transportation Research A*, 39, 295-324.
- Parra Granifo, R.S. (1995), Modelos de particion modal Logit Box-Cox para Santiago: interpretation microeconomica y valores del tiempo, dans : F.J. Martínez Concha (éd.), *Actas Septimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Santiago, pp. 169-186.
- Pong, S. (1991), L'application du modèle probabiliste et de la transformation de Box-Cox au choix du mode de transport au Chili. Thèse de Maîtrise, Département de sciences économiques, Université de Montréal.
- Prager J.-C. et J.-F. Thisse (2008), *Economie et Géographie du développement*, Paris, Repères La Découverte.
- PTV AG. PTV Vision: VISUM 11.5 – Bases théoriques, 812 pages.
- Rand Europe (2004), *PRISM West Midlands: Tour-based mode destination modelling*, 196 pages, 6 juillet, <http://www.prism-wm.com/>.
- Setec (1959), *Tunnel sous la Manche – Étude de Trafic et de Rentabilité: Partie B – Annexe*. The Economist Intelligence Unit Ltd (Londres), De Leuw, Cather and C^o (Chicago) and Société d'Études Techniques et Économiques (Paris), pages iii-ix (pages 196-202, Volume 3), novembre. http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0005494&qid=sdx_q0&n=1&q=.
- STIF (2004), Prévisions de trafic régional sur l'Île de France : Fonctionnalités des modèles – Méthodologie, Cas du STIF avec le modèle Antonin, 16 pp.
- Thisse, J.-F. (2011), Geographical Economics: A historical perspective. *Recherches Economiques de Louvain* ; 77, 3.
- Train, K.E. et D. McFadden (1978), The Goods/Leisure Trade-Off and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models, *Transportation Research*; 12, 5, 349-353.
- Transek (1999), *The SAMPERS System: Overview*. 25 pages, Transek AB, Solna.
- Transek (2003), *Utveckling av Sampers 2.1. Del 1 Estimeringen*. 143 pages, Transek AB, Solna, novembre.
- Transek (2004), *The SAMPERS System 2.1: Overview*, 29 pages, Transek AB, Solna.
- Turner, M. (2009), The effects of transportation infrastructure on cities: A review of the evidence. Lectures pour l'université d'été EAERE, Venise.
- Vickerman, R. (2007a), Cost-benefit analysis and large-scale infrastructure projects: state of the art and challenges, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 34, pages 598-610.

- Vickerman, R. (2007b), Macro-, Meso- and Micro- Infrastructure Planning and Assessment Tools. Recent Evolution of Research into the Wider Economic Benefits of Transport Infrastructure Investments, Report 2007/9, ECMT.
- Waddell, P., G.F. Ulfarsson, J.P. Franklin et J. Lobb (2007), Incorporating land use in metropolitan transportation planning; *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(5), 382-410.
- Warner, S.L. (1962), *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel : A Study in Binary Choice*. Northwestern University Press, 90 pages.
- Wegener, M. (2011), Transport in spatial models of economic development, dans : A. de Palma, R. Lindsey, E. Quinet et R. Vickerman (2011), *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar.
- Worsley, T. (2011), Évolution du Projet Crossrail de Londres, dans : Table Ronde 154, Grands Projets d'infrastructures de Transport et Développement Économique, FIT, OCDE, Paris.

Liste des Participants

Monsieur le Professeur Émile Quinet PSE-ENPC 48, boulevard Jourdan F-75014 Paris France	Président, Session 1
Professor Roger Vickerman Director University of Kent Centre for European, Regional and Transport Economics Keynes College GB-Canterbury CT2 7NP Royaume-Uni	Président, Session 2
Monsieur le Professeur Jacques Thisse Université Catholique de Louvain CORE 34 Voie du Roman Pays B-1348 Louvain-La-Neuve Belgique	Président, Session 3
Monsieur le Professeur Marc Gaudry 190 quai de Stalingrad, App. 111 F-92130 Issy les Moulineaux France	Rapporteur
Monsieur le Professeur André De Palma École Normale Supérieure de Cachan 61 avenue du Président Wilson F-94235 Cachan France	Rapporteur
Dr. Tom Worsley University of Leeds Institute for Transport Studies 36 University Road GB-Leeds LS2 9JT, Royaume-Uni	Rapporteur

Professor Alex Anas
Professor of Economics
State University of New York at Buffalo
Department of Economics
405 Fronczak Hall
14260 Amherst, N.Y.
Etats-Unis

Professor Joseph Berechman
Chairman
The City University of New York
The City College
Department of Economics
160 Convent Ave., NA 5/144
10031 New York, N.Y.
États-Unis

Monsieur le Professeur Alain Bonnafous
Professeur émérite de l'Université de Lyon
Laboratoire d'Économie des Transports (LET)
ISH
14 avenue Berthelot
F-69007 Lyon Cedex 07
France

Monsieur Xavier Bonnet
Ministère de l'Économie et des Finances
DGTPE
139, rue de Bercy
75572 Paris Cedex 12
France

Professor Dr. Johannes Bröcker
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Regionalforschung
Olshausenstr. 40
D-24098 Kiel
Allemagne

Monsieur Benjamin Bureau
Ministère de l'Économie et des Finances
139, rue de Bercy
75572 Paris Cedex 12
France

Professor Paul Cheshire
London School of Economics and Political Science
Houghton Street
GB-London WC2A 2AE
Royaume-Uni

Monsieur le Professeur Yves Crozet
Laboratoire d'Économie des Transports (LET)
Université de Lyon
LET-ISH
14 avenue Berthelot
F-69363 Lyon Cedex 07
France

Madame Julie de Brux
Vinci Concessions
Recherche appliquée en économie
1 cours Ferdinand de Lesseps
F-92851 Rueil-Malmaison Cedex
France

Monsieur Matthieu de Lapparent
Chargé de Recherche
IFSTTAR
2 avenue Général Malleret-Joinville
F-94114 Arcueil Cedex
France

Monsieur Hughes Duchateau
Stratec S.A.
69-71 avenue A Lacomblé
B-1030 Bruxelles
Belgique

Dr. Gilles Duranton
Associate Professor
University of Toronto
Department of Economics
Sidney Smith Hall
150 St. George Street
M5S 3G7 Toronto, Ontario
Canada

Professor Jonas Eliasson
Professor of Transport Systems Analysis
Royal Institute of Technology
Centre for Transport Studies
Teknikringen 72
SE-100 44 Stockholm
Suède

Professor Genevieve Giuliano
Sr. Assoc. Dean, Research and Technology/Director METRANS
University of Southern California
School of Policy, Planning and Development
METRANS Transportation Center
University Park Campus
90089-0626 Los Angeles, Ca.
Etats-Unis

Dr. Daniel Graham
Senior Research Fellow
University of London
Centre for Transport Studies
Civil and Environmental Engineering
Imperial College London
GB-London SW7 2BU
Royaume-Uni

Monsieur Loic Guinard
Agence de financement des infrastructures de transport
de France (AFITF)
Tour Pascal B
92055 La Défense Cedex
France

Monsieur Hakim Hammadou
Université de Lille
Faculté des Sciences Economiques et Sociales
Université des Sciences et Technologies de Lille
F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
France

Monsieur Isaac Tanguy
Consultant Principal
Stratec S.A.
69-71 avenue A Lacomblé
B-1030 Bruxelles, Belgique

Mr. Kjell Johansen
Deputy Managing Director
Institute of Transport Economics (TOI)
Gaustadalleen 21
N-0349 Oslo
Norvège

Professor Yukihiro Kidokoro
National Graduate Institute for Policy Studies
7-22-1 Roppongi, Minato-ku
Tokyo 106-8677
Japon

Professor Niels Buus Kristensen
Danish Council of Road Safety Research
Knuth-Winterfeldts Allé
Bygning 116 Vest
DK-2800 KGS Lyngby
Danemark

Madame Anne Laferrère
CTL enquête SHARE
INSEE
Timbre F301
18 Boulevard A. Pinard
F-75675 Paris Cedex 14
France

Dr. Tim Leunig
London School of Economics
Department of Economic History
Houghton Street
GB-London WC2A 2AE
Royaume-Uni

Professor Peter Mackie
Research Professor
University of Leeds
Institute for Transport Studies
36 University Road
GB-Leeds LS2 9JT
Royaume-Uni

Madame Françoise Maurel
INSEE
Directrice de la diffusion et de l'action régionale
18 bld Adolphe Pinard
F-75675 Paris
France

Madame Laure Ménéménis
Société du Grand Paris
30 avenue des Fruitières
F-93200 Saint Denis
France

Monsieur David Meunier
Ministère de l'Écologie et du Développement durable
École des Ponts (UMR LVMT)
6-8 Avenue Blaise Pascal
F-77455 Marne la Vallée Cédex 2
France

Monsieur Jean-Paul Nicolai
Département Économie-Finances
Commissariat général à la stratégie et à la prospective
18 rue de Martignac
F-75700 Paris Cédex 07
France

Monsieur Jean-Paul Ourliac
Président de section
Conseil général
Ministère de l'Écologie et du Développement durable
École des Ponts (UMR LVMT)
6-8 Avenue Blaise Pascal
F-77455 Marne la Vallée Cédex 2
France

Professor Christopher Nash
University of Leeds
Institute for Transport Studies
36 University Road
GB-Leeds LS2 9JT
Royaume-Uni

Mr. Sebastian Nieto-Parra
Development Centre
OECD
2 rue André-Pascal
F-75016 Paris
France

Monsieur Carlos Ordás Criado
Professeur adjoint
Département d'économique
Université Laval
Pavillon J.-A. DeSève, Local 2282
1025, Avenue des Sciences-Humaines
Québec, QC, G1V 0A6
Canada

Madame Nathalie Picard
THEMA
Université de Cergy-Pontoise
33 boulevard du port
F-95011 Cergy
France

Monsieur Vincent Piron
Urban Planning and Transport Consultant
Piron Consulting
Paris
France

Professor Mario Polese
INRS-Université du Québec
Centre Urbanisation Culture Société
385 rue Sherbrooke E.
Montréal, QC H2X 1E3
Canada

Monsieur Jean-Claude Prager
Directeur des études économiques
Société du Grand Paris
Le Cézanne
30 avenue des Fruitiers
F-93200 Saint Denis
France

Professor Stef Proost
Katholieke Universiteit Leuven
Faculty of Economics
Center for Economic Studies
Naamse Straat 69
B-3000 Leuven
Belgique

Professor Diego Puga
Social Sciences Department
Madrid Institute for Advanced Studies (IMDEA)
Issac Newton 2, 1ª planta
E-28760 Tres Cantos (Madrid)
Espagne

Dr. Marta Sanchez-Borras
Civil Engineer
Universitat Politècnica de Catalunya
CENIT
Jordi Girona 29, 2-A (Building NEXUS 2)
E-08034 Barcelone
Espagne

Mr. Neil Shorten
Deputy Director
Transport Appraisal and Strategic Modelling (TASM)
Department for Transport
Great Minster House
76 Marsham Street
GB-Londres SW1P 4DR, Royaume-Uni

Mr. Arjen T Hoen
Deputy Managing Director of KIM
Ministry of Infrastructure and the Environment
P O Box 20901
Plesmanweg 1-6
NL-2500 EX La Haye
Pays-Bas

Professor Dr. Bert Van Wee
Delft University of Technology
Faculty of Technology, Policy and Management,
Transport and Logistics
P.O. Box 5015
NL-2600 GA Delft, Pays-Bas

Professor Tony Venables
Professor of Economics
University of Oxford
Department of Economics
Manor Road Building
Manor Road
GB-Oxford OX1 3UQ
Royaume-Uni

Professor Paul Waddell
Department of City and Regional Planning
University of California, Berkeley
228 Wurster Hall #1850
Berkeley, Ca. 94720-1850
États-Unis

Délégations auprès de l'OCDE

Miss Chloe Dudley
Business Team Policy and Administrative Support Officer
Délégation du Royaume-Uni auprès de l'OCDE
Paris

Mr. Akdogan Kagan
Trainee
Délégation de la Turquie auprès de l'OCDE
Paris

Ms. Ayla Senol Gun
Trainee
Délégation de la Turquie auprès de l'OCDE
Paris

Secrétariat du Forum International des Transports

Mr. Michael Kloth
Secrétaire-Général par intérim

Centre Conjoint de Recherche sur les Transports OCDE/FIT

Mr. Stephen Perkins
Chef du Centre

Dr. Kurt Van Dender
Economiste en chef

Dr. Michel Violland
Administrateur

Dr. Jari Kauppila
Administrateur

Dr. Yuichiro Kawashima
Consultant

Dr. Sangjin Han
Consultant

Mlle. Françoise Roullet
Assistante Publications

Mrs. Julie Pailliez
Assistante

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux liés à la mondialisation. À l'avant-garde des efforts engagés pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles suscitent, l'OCDE aide les gouvernements à y faire face en menant une réflexion sur des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et la problématique du vieillissement démographique. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de confronter leurs expériences en matière d'action publique, de chercher des réponses à des problèmes communs, de recenser 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, 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. L'Union 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.

Grands projets d'infrastructures de transport et développement économique

Ce rapport aborde l'état des connaissances sur les effets économiques des grands projets d'infrastructures de transport. Les limites de l'analyse socio-économique coûts-bénéfices sont présentées et les approches complémentaires et alternatives pour évaluer les bénéfices d'investissements dans de grands projets, porteurs de transformations, sont examinées.

L'analyse coûts-bénéfices a fait ses preuves pour hiérarchiser des projets comparables et pour évaluer des investissements qui apportent des améliorations marginales au système de transport dans son ensemble. Elle convient moins pour des projets destinés à transformer l'économie ou pour comparer des investissements dans le transport destinés à renforcer la productivité économique régionale avec l'apport de fonds publics pour promouvoir la croissance au-delà même du seul domaine des transports. L'analyse coûts-bénéfices ne capture pas en particulier tous les bénéfices globaux des investissements dans les transports, notamment les effets d'agglomération et ceux sur le marché du travail liés à un meilleur accès aux emplois. En même temps, les effets positifs des investissements en termes d'impacts sur l'emploi et le PIB font l'objet d'une communication plus aisée auprès d'une large audience que les simples gains de temps ou autres bénéfices socio-économiques, qui sont eux le langage même de l'analyse coûts-bénéfices.

Pour toutes ces raisons, l'attention se porte au sein de nombreuses entités régionales sur l'examen des effets économiques élargis, en sus de l'approche traditionnelle d'évaluation des projets. Les instruments microéconomiques et macroéconomiques pour ce faire se sont beaucoup améliorés au cours de la dernière décennie mais sont loin d'avoir atteint leur maturité et ils requièrent des ressources significatives. Pour les investissements publics importants, en particulier pour ceux de projets destinés à promouvoir le développement et accroître la productivité, plus que de simplement résorber des goulets d'étranglement dans le réseau de transport existant, l'effort d'évaluation complémentaire se justifie et est essentiel à l'appréciation de la valeur totale du projet en question. Dans cette perspective, ce rapport se penche sur les instruments d'évaluation développés pour l'évaluation des projets de super-métro du Grand Paris et de Crossrail à Londres.

éditions **OCDE**
www.oecd.org/editions

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 : itf.contact@oecd.org
Web: www.internationaltransportforum.org



(74 2014 04 2P1)
ISBN 978-92-821-076-52