

# PRÉVISIONS DE TRAFIC ET RECETTES DE ROUTES À PÉAGE

Guide pour les prêteurs et les investisseurs

**Robert Bain**

**Sylvain Sénéchal**



### Remerciements

L'auteur tient à remercier la Banque européenne d'investissement (BEI) pour avoir commandé une version antérieure de ce guide en vue d'une publication interne. Le guide a été ultérieurement étendu et enrichi, mais l'auteur reste reconnaissant au personnel de la BEI pour son aide, ses conseils et ses contributions. Les opinions exprimées ici sont toutefois celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement la position de la BEI. L'auteur demeure seul responsable des éventuelles erreurs qui pourraient subsister dans cette version étendue du guide.

Première édition 2009  
Droits d'auteur © 2009, Robert Bain  
Traduction française par Sylvain Sénéchal, 2025  
Tous droits réservés

Le droit de Robert Bain à être identifié comme l'auteur de cette œuvre a été affirmé conformément à la loi Copyright, Designs and Patents Act 1988.

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'enregistrement ou tout autre système de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'auteur. Les autorisations peuvent être demandées directement à Robert Bain – courriel : [rob.bain@csrbbgroup.com](mailto:rob.bain@csrbbgroup.com).

### Avis

L'éditeur n'assume aucune responsabilité pour toute blessure et/ou tout dommage causé aux personnes ou aux biens en raison de la responsabilité du fait des produits, de la négligence ou autre, ou de toute utilisation ou exploitation de toute méthode, produit, instruction ou idée contenue dans le présent document.

**Données de catalogage avant publication de la British Library**  
Une notice de catalogue pour ce livre est disponible à la British Library

ISBN : 978-0-9561527-6-3

Mise en page par Route One Publishing Ltd (UK)

10 9 8 7 6 5 4 3 2



## Préface

Je travaille avec des modèles de prévision du trafic depuis plus de trente ans; d'abord en tant que consultant en transport chargé de construire des modèles, puis en tant qu'analyste de crédit évaluant les résultats des modèles (les prévisions de trafic et de recettes) et, plus récemment, en tant qu'examineur technique indépendant de ces modèles et de leurs prévisions pour le compte des investisseurs. Après trente ans, ma principale conclusion est simple. Dans un monde caractérisé par l'incertitude, il est presque certain que les prévisions de trafic seront erronées.

Prenons un peu de recul et examinons la précision des modèles. Serait-il vraiment possible de prévoir avec précision les habitudes de déplacement des individus en 2035, par exemple, si les paramètres du modèle reflétaient complètement et précisément les préférences et le comportement des conducteurs, et si toutes les hypothèses et attentes sous-jacentes se concrétisaient comme prévu? Non. Cela permet de faire avancer utilement la discussion, de passer des arguments obsolètes sur l'exactitude de la modélisation à un dialogue plus constructif sur l'erreur de modélisation (sa nature et son ampleur) et sur l'importante considération de la tolérance aux erreurs de modélisation.

La tolérance individuelle à l'erreur de modélisation dépendra de l'objectif des prévisions de trafic. Si nous concevons une nouvelle route et devons décider si elle doit avoir deux ou quatre voies, nous pouvons tolérer une certaine marge d'erreur. En revanche, si nous évaluons si un plan de financement rigoureusement structuré pour une nouvelle route à péage permettra de respecter les obligations de remboursement de la dette en totalité et en temps voulu, notre tolérance est nettement réduite. Les prévisions de trafic et de recettes ne peuvent être évaluées qu'en fonction du contexte dans lequel elles sont utilisées – en analyse de crédit, cela signifie les comparer à d'autres sources de risques du projet et les examiner dans la structure contractuelle et de financement spécifique à chaque accord.

Dans le secteur des services financiers, notre tolérance aux erreurs de modélisation est généralement faible. Les promoteurs de projets de routes à péage et leurs ingénieurs financiers accordent généralement une plus grande confiance à la précision des prévisions (et à la fiabilité des recettes) que ne le permettraient les données empiriques examinées dans ce guide. Pour l'analyste crédit, cela met l'analyse de sensibilité

au premier plan. Cependant, pour que l'analyse de sensibilité soit la plus utile possible, nous devons nous assurer que les sensibilités sont élaborées autour d'un scénario de base qui représente des hypothèses raisonnables sur l'avenir. Les scénarios de base conçus pour raconter une histoire spécifique ou vendre une offre particulière aux acteurs du marché sont moins utiles et les résultats de tout test de sensibilité resteront, au mieux, confus.

Ce guide a pour but de fournir aux utilisateurs de prévision de trafic une compréhension du processus de modélisation et présente quelques outils simples qui peuvent aider à interpréter ces prévisions. Une grande partie de ce guide repose sur un jugement raisonnable et pondéré. Nous pouvons accorder plus de crédibilité à une histoire de trafic simple qui correspond immédiatement à l'intuition (« semble juste ») qu'à une histoire compliquée qui nécessite des explications considérables, détaillées et complexes pour l'étayer. Rien ne remplace le bon sens. J'espère que vous trouverez ce guide utile.

**Robert Bain PhD CEng**  
[www.csrbgroup.com](http://www.csrbgroup.com)

# Table des matières

1-5	<b>1. Introduction</b> Ce guide Risques liés aux projets d'autoroutes à péage – aperçu
6-19	<b>2. Modélisation et prévision du trafic</b> Introduction Prévisions de trafic : le point de vue des utilisateurs Enquêtes de circulation Calibration et validation du modèle de l'année de référence Prévisions de trafic Prévisions de recettes Principaux intrants du modèle : un aperçu Modélisation du trafic : remarques finales
20-28	<b>3. Risques liés au trafic : preuves empiriques</b> La précision prédictive des modèles de prévision du trafic Preuves empiriques – Commentaires Sources courantes d'erreurs de prévision Autres sources d'erreurs de prévision Approches de modélisation des risques
29-45	<b>4. Que rechercher dans une étude de trafic et de recettes</b> Introduction Approches analytiques alternatives Pratiques optimales pour la communication des résultats Comment gonfler les prévisions Testez-vous... Remarques finales
46-51	<b>Glossaire</b>
52	<b>Bibliographie</b>
53-58	<b>Annexes</b> <b>Annexe A</b> : L'indice de risque de trafic de Standard & Poor's <b>Annexe B</b> : L'indice de risque de la circulation : exemple pratique I <b>Annexe C</b> : L'indice de risque de la circulation : exemple pratique II <b>Annexe D</b> : Table des matières suggérée pour un rapport d'étude sur le trafic et les recettes des prêteurs
59	<b>Biographie</b>



# 1. Introduction

## Ce guide

### Objectif du guide

Ce guide a été préparé à l'intention des utilisateurs de prévision de trafic et de recettes, principalement ceux qui sont impliqués dans l'analyse de crédit des infrastructures routières à péage (routes, ponts et tunnels). Il n'a pas pour objectif d'enseigner les principes de la modélisation du trafic, même si un certain nombre de ces principes sont résumés dans les pages suivantes. Il a plutôt été élaboré pour faciliter l'interprétation et pour promouvoir un débat et une discussion éclairés sur les intrants et les extrants des modèles de prévision du trafic.

Les rapports d'étude sur le trafic et les recettes se présentent sous de nombreuses formes. Pour le lecteur dont l'expertise se situe ailleurs, il s'agit souvent de documents intimidants contenant un langage spécialisé et des détails techniques, intégrant des mathématiques sophistiquées et s'étalant sur des centaines de pages. Ces caractéristiques ne doivent pas masquer le fait que les modèles de trafic restent des simplifications grossières et incomplètes de ce qui constitue, dans la vie réelle, des modèles complexes et évolutifs de prise de décision individuelle concernant les

déplacements et les interactions avec les réseaux de transport. Les résultats des modèles de prévision doivent toujours être considérés avec prudence et dans le contexte de leurs limites inhérentes.

Néanmoins, lorsqu'ils sont appliqués de manière appropriée, les modèles de trafic fournissent des informations utiles sur les réactions comportementales probables des usagers de la route face à d'éventuels états futurs du monde. Ils facilitent la mise à l'essai de propositions alternatives de transport et de déplacement, ainsi que l'examen de la sensibilité des résultats (volumes de trafic par lien) aux changements des variables d'entrée clés.

La lecture des pages qui suivent ne fera pas de vous un modélisateur de trafic (ne vous inquiétez donc pas!). Elle mettra cependant en lumière certains des problèmes auxquels les conseillers en trafic doivent faire face, certaines des techniques à leur disposition et certaines des contraintes pratiques auxquelles ils sont confrontés. Une familiarité avec le processus, même à un niveau élevé, offre le potentiel d'améliorer l'interface entre ceux qui doivent interpréter et utiliser les prévisions de trafic et de recettes des routes à péage et ceux qui

les préparent. De nombreux conseillers en trafic développent une connaissance approfondie des problèmes qu'ils tentent de modéliser sur des projets spécifiques, parfois au-delà des capacités de leur modèle. Profitez de cette expertise et vous obtiendrez davantage de votre conseiller en trafic.

### Portée du guide

Ce guide est principalement axé sur les prévisions des recettes : comment elles sont élaborées, ce qu'il faut rechercher et ce qui peut mal se passer – involontairement (erreur) ou intentionnellement (biais). Le lecteur cible est l'analyste de crédit, et les actifs étudiés sont issus du secteur des routes à péage. Le guide devrait également intéresser le groupe plus large de contreparties de projets intéressées par les investissements en infrastructures et, en particulier, par la fiabilité des flux de trésorerie futurs – et il conserve une pertinence au-delà des routes à péage. Passons un instant de la route au rail et considérons l'un des plus grands exploits de l'ingénierie du 20<sup>e</sup> siècle en Europe : le tunnel sous la Manche.

*« Ce que l'on ignorait à l'époque, c'est que les prévisions des compagnies ferroviaires concernant la demande de voyageurs... étaient une supercherie. Un haut responsable... a admis l'année dernière que les prévisions étaient délibérément optimistes afin de justifier le bien-fondé du tunnel. Les prévisions initiales prévoyaient que les trains transporterait 17 millions de voyageurs en 2003; en fait, ce chiffre a été légèrement supérieur à 7 millions. Si des prévisions exactes avaient été faites à l'époque, le tunnel n'aurait jamais été construit. »*

*The Guardian, 7 avril 2004*

Dans les transactions de grande envergure et à fort enjeu, lorsque les prêts sont accordés uniquement sur la base des flux de trésorerie générés par un actif unique et dépendants de la demande – plutôt que sur la solidité du bilan – l'investissement en infrastructures devient une entreprise risquée, où des incitations puissantes entrent en jeu. Le processus de prévision, imparfait dès le départ, est rarement à l'abri de ces influences. Les analystes de crédit doivent poser les bonnes questions à leurs conseillers techniques, et une bonne compréhension du processus de prévision constitue une condition préalable essentielle à cet égard. Cela est aussi vrai pour les routes à péage que pour d'autres projets de transport (et dans d'autres secteurs) lorsque les prêteurs à recours limité sont exposés au risque du marché.

### Structure du guide

Le reste de ce chapitre prépare le terrain en plaçant le risque de circulation dans le contexte plus large des risques de projet qui peuvent avoir un impact sur les flux de trésorerie des projets de routes à péage. Le risque de circulation n'est cependant pas homogène, c'est pourquoi nous examinons ses caractéristiques potentielles (et le rôle de divers facteurs d'atténuation). À la fin du chapitre 1, l'attention se tourne vers l'analyse de crédit et l'impact que joue le risque de circulation en termes d'évaluation globale de la qualité de crédit et des vulnérabilités d'un projet.

Le chapitre 2 présente les prévisions de trafic et décrit les différentes étapes de la construction d'un modèle de transport typique. Il décrit les façons dont les caractéristiques de l'offre et de la demande des marchés locaux de transport sont représentées, ainsi que les types d'enquêtes dont dispose le modélisateur. Il examine les prévisions de trafic, en particulier dans le contexte de la façon dont la croissance est traitée, et explique la relation entre les prévisions de trafic et de recettes. Le chapitre se termine par un examen des principales entrées du modèle et un résumé du processus de modélisation des transports dans son intégralité.

Le chapitre 3 met en lumière les risques liés aux prévisions de trafic. Une approche fondée sur des données probantes est utilisée sous la forme d'une revue de la littérature. Elle est suivie d'une analyse de certaines des sources les plus courantes d'erreurs de modélisation – et, par conséquent, des causes d'échecs prédictifs. Le chapitre se termine par une description de la manière dont l'incertitude peut être intégrée au sein du processus de prévision.

Enfin, le chapitre 4 s'éloigne des détails de la modélisation des transports et de l'évaluation de la précision prédictive pour suggérer des approches alternatives pour l'analyse des prévisions de trafic. Il est suivi d'observations sur les meilleures pratiques en termes de format et de contenu des rapports de prévision du trafic et des recettes, en réponse au constat que, dans certains cas, l'importance des points d'attention des investisseurs est insuffisamment prise en compte. Les façons dont les prévisions peuvent être gonflées sont décrites, afin que les analystes puissent se méfier de telles astuces, et une liste de contrôle récapitulative est présentée à la fin du chapitre – incitant les analystes à revoir leur compréhension des questions clés pertinentes pour toute étude du trafic et des recettes des routes à péage.

Un glossaire et quatre annexes complètent ce guide. Le glossaire porte sur les termes techniques couramment utilisés dans les rapports d'étude de trafic sur les routes à péage. L'annexe A contient une liste de contrôle complète pour évaluer l'exposition possible d'un projet de route à péage au risque de prévision; il s'agit du modèle d'Indice de risque de trafic développé par Standard & Poor's. Deux exemples concrets de l'Indice de risque de trafic - illustrant des approches alternatives - sont présentés dans les annexes B et C. L'annexe D présente une table des matières recommandée pour les études de trafic et de recettes destinées spécifiquement à un public d'investisseurs.

## Risques liés aux projets d'autoroutes à péage – aperçu

### Risques du projet et leur répartition

Les concessions de routes à péage partagent de nombreuses caractéristiques de risque avec d'autres projets d'infrastructures financés par le secteur privé. Les risques préalables à la construction comprennent l'obtention des plans du site, des permis et des licences, les risques liés à l'environnement (tels que l'approbation de l'EIE<sup>1</sup>) et les risques associés à la conception des infrastructures. Les risques de construction représentent souvent, voire principalement, le risque majeur associé à tout nouveau projet de construction. Les risques immédiats après la construction comprennent le risque lié aux essais et à la mise en service, avant le début des opérations du projet.

Dans la phase d'exploitation des projets de routes à péage, les risques incluent ceux découlant des itinéraires concurrents, des modes concurrents, des systèmes/technologies de péage et, bien sûr, du risque lié au volume de trafic. S'ajoutent à cela les risques associés aux responsabilités d'exploitation et de maintenance, ainsi qu'à l'obligation de restitution de l'actif au secteur public à la fin de la concession. Outre ces risques, il existe les risques habituels d'ordre politique, juridique, réglementaire, économique, de force majeure et financier qui ont un impact plus ou moins important sur tout projet d'infrastructure financé par des fonds privés. Une matrice type de répartition des risques de haut niveau est présentée dans le **Tableau 1.1**.

**Tableau 1.1** : Matrice de répartition des risques<sup>2</sup>

Catégorie de risques	Répartition des risques	
	Secteur public	Secteur privé
Risques liés à la livraison du projet		
Planification/Permis	✓	
Questions environnementales	✓	
Conditions du site/du terrain		✓
Archéologie et fossiles	✓	
Manifestants		✓
Vices cachés		✓
Conception		✓
Construction		✓
Mise en service		✓
Risques liés aux recettes		
Volume de trafic		✓
Système de péage		✓
Itinéraires concurrents	✓	✓
Risque de changement de loi	✓	✓
Risque de force majeure		✓
Risques liés à l'exploitation et à la maintenance		
Maintenance et cycle de vie		✓
Obsolescence technologique		✓
Restitution des actifs		✓
Risques financiers		
Disponibilité du financement	✓	
Risque de financement		✓
Gain de refinancement	✓	✓
Taux d'intérêt/de change		✓

<sup>1</sup> Étude d'impact environnemental.

<sup>2</sup> Cette matrice de risques est fournie à titre d'illustration uniquement. Certains risques peuvent être partagés entre les secteurs public et privé. La répartition des risques varie et doit être comprise au cas par cas pour chaque projet.

Dans la plupart des concessions de routes à péage, la majorité des risques liés aux projets sont transférés au secteur privé. Au Royaume-Uni, le secteur public conserve si peu de risques sur ses concessions routières qu'il identifie dans les contrats uniquement les risques qu'il conserve. Tous les autres risques sont considérés comme relevant de la responsabilité du secteur privé. Les risques conservés par la National Highways du Royaume-Uni sont les suivants :

- Acquisition de terrain,
- Ordres de modification (initiés par la National Highways),
- Archéologie imprévisible,
- Compensation pour le concessionnaire, si la National Highways impose des péages aux usagers sur ses routes à péage fantôme (décrites plus loin).

En examinant les matrices de répartition des risques sur une gamme de projets, il devient rapidement évident que la principale caractéristique distinctive de la plupart des projets de routes à péage – par rapport à d'autres partenariats public-privé basés sur les infrastructures – est qu'elle expose les investisseurs au risque de la demande (trafic)<sup>3</sup>.

### Risques liés à la circulation

Avant d'examiner le risque de trafic sous quelque forme que ce soit, précisons tout d'abord que, d'un point de vue crédit, c'est l'exposition des prêteurs au risque de recettes qui est au cœur de l'attention, et non le risque de trafic en soi. Les deux risques peuvent être liés – et le sont généralement – mais il existe un nombre croissant de

projets routiers en développement dans le monde qui sont basés sur la performance et la disponibilité et dans lesquels les paiements sont versés aux concessionnaires du secteur privé, quelle que soit l'utilisation des actifs. Cela ne signifie pas que les analystes qui examinent de tels projets ne devraient pas s'intéresser aux prévisions de trafic. Les prévisions des volumes de trafic futurs – en particulier pour les poids lourds – sont utilisées pour établir le profil des dépenses d'entretien, par exemple. Cependant, le point de départ de l'analyse de toute installation à péage est la question clé :

### *Dans quelle mesure les prêteurs sont-ils exposés au risque de recettes lié à la demande?*

Les projets de routes à péage sont de plus en plus variés. À une extrémité du spectre se trouve le modèle basé sur la disponibilité mentionnée ci-dessus (dans ce cas, les analystes peuvent traiter assez rapidement la plupart des problèmes de trafic). À l'autre extrémité du spectre se trouve les routes à péage classique avec une exposition totale et sans entrave des prêteurs au risque de trafic – et donc au risque de recettes. Entre les deux, on trouve une variété de modèles conçus pour atténuer/partager le risque de trafic : projets de routes à péage payés par les usagers avec des garanties minimales de trafic ou de recettes, avec des mécanismes de rééquilibrage financier (rééquilibrage)<sup>4</sup>, avec des durées de concession dépendantes du rendement et des projets de routes à péage fantôme. Les garanties de recettes minimums sont souvent dimensionnées pour couvrir la dette sénior en totalité ou en partie –

auquel cas l'analyse doit se concentrer sur la garantie elle-même (et le garant), sur l'écart entre la garantie et les obligations de service de la dette, et sur le rôle des recettes de péage pour combler cet écart.

Sous un système de péage fantôme, le concessionnaire est remboursé en fonction de l'utilisation. Toutefois, les paiements sont effectués par l'agence publique d'approvisionnement, et non par les usagers de la route<sup>5</sup>. Aucune redevance au point d'utilisation n'est imposée et il n'est donc pas nécessaire de calculer la « volonté de payer » (voir plus loin). Les conducteurs utilisent l'infrastructure comme n'importe quelle autre route, souvent sans se rendre compte qu'elle est fournie et financée par le secteur privé. Le fait que les paiements soient basés sur l'utilisation du trafic signifie cependant que, comme pour les routes à péage classique payées par les utilisateurs, les prêteurs sont exposés au risque de demande. Par conséquent, les prévisions de trafic et l'interprétation de ces prévisions restent des considérations analytiques importantes.

Dans le cadre d'un système de péage fantôme, les analystes doivent également tenir compte de la grille tarifaire. Elle peut imiter le type de structure de péage utilisé sur les routes à péage payées par l'utilisateur (avec une différenciation par type de véhicule), mais un certain nombre de routes à péage fantôme – en Espagne, au Portugal et au Royaume-Uni, par exemple – intègrent en outre un système de « tranches » de paiement, comme indiqué dans le **Tableau 1.2**.

<sup>3</sup> D'autres projets de transport peuvent exposer les prêteurs à un risque de demande (comme les tramways). La plupart des conseils contenus dans ce guide s'appliquent également dans de telles circonstances.

<sup>4</sup> De tels mécanismes rétablissent « l'équilibre » économique d'un projet si, par exemple, le TRI du projet tombe en dessous d'un seuil prédéterminé.

<sup>5</sup> Dans certains pays, les péages fantômes ne sont pas très populaires. Les prêteurs préfèrent avoir les automobilistes comme contrepartie de paiement plutôt qu'une agence gouvernementale!

**Tableau 1.2 :** Tranches de paiement du péage fantôme au Royaume-Uni<sup>6</sup>

Tranche de circulation	Taille de la tranche (millions de kilomètres-véhicule/an)	Péage fantôme (par kilomètre-véhicule)
Tranche 1	0 – 70	9 p
Tranche 2	71 – 100	6 p
Tranche 3	101 – 130	3 p
Tranche 4	plus de 130	0 p

Les tranches de péage fictives décrites ci-dessus ont pour effet de partager le risque lié aux recettes du trafic entre les secteurs public et privé. Dans la plupart des cas, les définitions des tranches sont spécifiées par les soumissionnaires. La tranche 1 est généralement utilisée pour couvrir le service de la dette sénior et les coûts fixes d'exploitation et de maintenance (E&M). Elle attire le paiement le plus élevé par kilomètre/mile de véhicule et peut être liée aux volumes de trafic existants (permettant ainsi le remboursement de la dette sénior même dans un scénario conservateur de non-croissance). Les tranches suivantes attirent des taux inférieurs à la tranche 1. La tranche 2 est souvent dimensionnée pour couvrir les coûts variables d'exploitation et de maintenance et toute dette secondaire. La tranche 3 peut être utilisée pour distribuer des liquidités aux capitaux propres par le biais de dividendes et pour le service de la dette en quasi-fonds propres (prêt des *sponsors*). Tout trafic de la tranche 4 ne génère aucune recette supplémentaire au concessionnaire, ce qui limite les obligations de l'autorité contractante et les rendements du concessionnaire.

Le mécanisme de paiement par tranches du péage fantôme décrit ci-dessus souligne l'importance de comprendre non

seulement le risque de demande, mais aussi le lien essentiel entre le trafic routier à péage et les recettes, de manière à pouvoir évaluer l'exposition du prêteur au risque de recettes. Le lien entre le trafic et les recettes est réexaminé plus loin dans le contexte des routes à péage payées par les usagers. Le modèle dominant des infrastructures routières financées par le secteur privé dans le monde est le thème central du reste de ce guide.

#### Analyse du risque de crédit

Avant de se plonger dans les prévisions de trafic, de péage et de recettes, il convient de revenir sur certains fondamentaux du crédit. En termes d'évaluation de la qualité du crédit, l'exposition au risque de recettes est clairement importante, même si elle doit être replacée dans un contexte plus large. Les projets de routes à péage sous-capitalisés peuvent connaître des difficultés pour de nombreuses raisons autres que la performance opérationnelle. Les problèmes découlant de l'indisponibilité des terrains, de l'opposition du public, de l'insolvabilité des entrepreneurs ou sous-traitants, au choix des technologies ou des matériaux de construction, aux obligations d'expropriation, aux interprétations contractuelles erronées et aux recours juridiques tardifs ont déjà causé des

problèmes par le passé – et se situent en dehors des modèles financiers; ils constituent trop souvent le seul objectif de l'évaluation et de l'atténuation des risques.

Prenons un indicateur clé de la solidité financière : le Ratio de Couverture du Service de la Dette<sup>7</sup> (DSCR). Deux projets de routes à péage peuvent partager les mêmes DSCR minimum et moyen, mais réagir de manière très différente aux tests de sensibilité; l'un étant très sensible aux tensions ou aux chocs tandis que l'autre reste résilient. Les évaluations de la qualité de crédit doivent refléter cette différence. De même, deux projets ayant des DSCR très différents peuvent être considérés comme équivalents en termes de qualité de crédit en raison de performances comparables aux tests de sensibilité (et/ou d'autres caractéristiques de transaction compensatoires). Les tests de sensibilité sont abordés en détail plus loin.

Les indicateurs de crédit tels que les ratios financiers ne peuvent pas être considérés de manière isolée. La solidité financière d'un projet – qu'elle soit issue ou non de frais d'utilisation – doit être évaluée dans le contexte des dispositions structurelles de la transaction et des protections contractuelles pour les prêteurs. Pour cette raison, et pour celles mentionnées plus haut, il existe peu de règles empiriques simples pour évaluer la qualité de crédit des routes à péage. Il n'existe pas de ratio de couverture magique qui définisse une route, un pont ou un tunnel à péage de qualité d'investissement. Les analystes de crédit doivent comprendre les enjeux de trafic et de recettes projet par projet, et une appréciation générale de la modélisation du trafic – le sujet du prochain chapitre – est un outil puissant à cet égard.

<sup>6</sup> L'exemple illustré montre des tranches de paiement de péage fantôme qui diminuent à mesure que l'utilisation de la route augmente. Le concessionnaire reçoit la majeure partie de son paiement en fonction des niveaux de trafic les plus bas (sur lesquels il existe le plus de certitude). De cette manière, une partie du risque de recettes est partagée avec l'autorité contractante. Bien que rares, il existe des mécanismes de paiement de péage fictif qui fonctionnent en sens inverse, récompensant le concessionnaire en fonction des volumes de trafic les plus élevés. Cela exacerbe le risque de recettes auquel sont confrontés les prêteurs.

<sup>7</sup> Le DSCR (*Debt Service Coverage Ratio*) est le ratio entre les liquidités provenant des opérations et les obligations en principal et intérêts. Le ratio doit exclure tout solde de trésorerie sur lequel un projet pourrait puiser pour assurer le service de la dette, comme les fonds de réserve.

## 2. Modélisation et prévision du trafic

### Introduction

Les modèles de trafic sont des ensembles d'équations mathématiques conçus pour refléter la manière dont les gens prennent des décisions en matière de déplacements. Développés pour la première fois dans les années 1950, ils sont devenus progressivement plus sophistiqués au fil des ans. Cependant, comme la plupart des modèles, ils restent des représentations simplifiées de systèmes beaucoup plus complexes. Les décisions en matière de déplacements sont influencées par de nombreuses influences telles que les caractéristiques personnelles, les circonstances familiales et les choix concernant les déplacements (où voyager, dans quel but, quand voyager et comment voyager). Les modèles de trafic tentent de représenter ces décisions par le biais de relations mathématiques construites autour d'hypothèses sur le comportement humain et éclairées par des données provenant de sources existantes ou de nouvelles enquêtes.

Les modèles de trafic se présentent sous de nombreuses formes. Il n'existe pas de processus prescrit ni de consensus pour déterminer le type de modèle à utiliser dans des circonstances particulières, si ce n'est qu'il doit être adapté à l'objectif visé. Les modèles vont de simples modèles basés sur des feuilles de calcul à ceux élaborés à l'aide de progiciels spécialisés et prêts à l'emploi.<sup>8</sup> Dans le domaine des prévisions de trafic sur les routes à péage, l'utilisation de modèles basés sur des feuilles de calcul tend à se limiter à des modèles de « planification schématique » conçus pour fournir une évaluation générale des installations à un stade précoce de la conception et la préparation de prévision à court terme pour les installations matures et établies avec de bonnes données historiques. La plupart des prévisions de trafic sur les routes à péage préparées pour l'examen des investisseurs internationaux résultent de l'application de l'un des progiciels de modélisation des transports les plus populaires sur le marché aujourd'hui.

Bien que différents en termes de détails et d'importance, la plupart des logiciels de modélisation reposent sur une méthodologie commune utilisée pour la prévision des déplacements, connue sous le nom de procédure en quatre étapes. Une description technique complète de la procédure en quatre étapes – la base théorique des modèles de demande de déplacements traditionnels – dépasse heureusement le cadre de ce guide. Cependant, son application à la prévision du trafic routier à péage est si répandue qu'elle mérite d'être mentionnée ici, ne serait-ce que pour présenter certains des concepts et du langage fréquemment mentionnés dans les rapports d'études sur le trafic et les recettes. Les quatre étapes en termes de simulation du comportement des déplacements sont, dans l'ordre :

- Génération de déplacements
- Distribution des déplacements
- Choix modal
- Affectation au réseau

<sup>8</sup> Les progiciels les plus utilisés incluent des noms tels que EMME, SATURN, Cube, TransCad et VISUM.

### La génération de déplacements

pose la question suivante : Combien de déplacements sont générés dans la zone d'étude? Un ensemble d'équations ou de taux de déplacements est utilisé pour estimer le nombre de déplacements (« extrémités de déplacements ») produits par et – séparément – attirés par différentes parties de la zone d'étude en fonction de l'utilisation des sols et de facteurs sociodémographiques tels que les caractéristiques résidentielles et les emplois.

### La distribution des déplacements

pose la question suivante : Où vont les déplacements? La distribution des déplacements correspond à toutes les extrémités des déplacements (estimées précédemment) créant ainsi des déplacements réels. On suppose que la plupart des déplacements produits dans une zone spécifique se dirigeront vers des lieux accessibles à proximité; tandis que relativement peu parcourront de grandes distances vers des attractions éloignées – imitant une sorte d'interaction gravitationnelle entre les zones. En effet, le modèle gravitationnel reste la formulation la plus largement utilisée pour la distribution des déplacements et est couramment mentionné dans les rapports de trafic. Le modèle gravitationnel suggère que, dans le cas de deux villes, les déplacements entre elles augmenteront à mesure

que la population de l'une ou des deux augmentera. Cependant, plus les deux villes sont éloignées (en termes de temps, de distance et/ou de coût), moins les déplacements entre elles seront importants. Les résultats de l'étape de distribution des déplacements sont des matrices de déplacements (ou tables de déplacements) – décrites plus loin.

**Le choix modal** pose la question suivante : Quel mode de transport les usagers choisissent-ils? Les navetteurs, par exemple, peuvent choisir la voiture privée, le covoiturage ou les transports publics, en fonction de la disponibilité et de l'attrait relatif des options alternatives. Dans une étude typique sur les routes à péage, le choix du mode de transport sera une considération mineure. Il existe relativement peu de circonstances dans lesquelles les transports publics constituent une menace concurrentielle significative pour les infrastructures routières à péage. Pour cette raison, de nombreux modèles de demande de routes à péage ignorent complètement les services de transport en commun. Cependant, s'il existe une concurrence modale (ou, surtout, si elle est susceptible d'exister à l'avenir – par exemple, dans le cas d'un nouveau service ferroviaire ou aérien en concurrence avec une route à péage longue distance), le choix du mode de transport devient une considération importante.

**L'affectation au réseau** pose la question suivante : Quel itinéraire est emprunté pour chaque déplacement? Il s'agit d'une étape cruciale (sinon la plus critique) dans la prévision de trafic pour les routes à péage. L'affectation des déplacements détermine le choix de l'itinéraire, c'est-à-dire le chemin qu'un voyageur emprunte à travers le système routier informatisé (réseau) pour atteindre sa destination souhaitée. Le chemin le plus souhaitable à travers le réseau est supposé être celui qui minimise le temps, la distance ou le coût pour le voyageur. Ces « meilleurs chemins » tiennent pleinement compte des caractéristiques des routes, telles que les capacités des liens. Lors de l'exécution du modèle de trafic, certains chemins deviennent populaires et la congestion augmente. Les temps de déplacement plus longs dus à la congestion sont ensuite réinjectés dans l'étape précédente de distribution des déplacements dans le modèle de simulation par le biais d'une série d'itérations afin que le trafic soit dispersé de manière plus réaliste sur l'ensemble du réseau routier modélisé. Ce processus est appelé affectation à l'équilibre : l'équilibre étant atteint lorsqu'aucun conducteur ne peut améliorer son choix d'itinéraire.

## Prévisions de trafic : le point de vue des utilisateurs

Heureusement, peu d'analystes de crédit seront exposés en détail au processus traditionnel de modélisation des transports en quatre étapes. En effet, de nombreux praticiens de ces modèles n'ont qu'une compréhension vague du fonctionnement précis de leurs logiciels de modélisation de type « boîte noire ».

Cependant, les concepts clés et le langage associé trouvent leur expression dans les rapports d'étude sur le trafic et les recettes des routes à péage, d'où l'introduction de ce chapitre. La section suivante s'éloigne de la théorie de base pour considérer la modélisation du trafic du point de vue des utilisateurs. Dans

ce contexte, il est utile de considérer les modèles de prévision du trafic comme des tentatives de reproduire et de représenter « l'économie » des déplacements dans la zone étudiée. Cette économie est composée d'un côté de l'offre et d'un côté de la demande, chacun étant présenté séparément aux pages suivantes.

### L'offre dans l'économie des déplacements

L'offre de l'économie des déplacements reflète la configuration du réseau de transport. Dans le cas des routes à péage, cela concerne principalement les infrastructures autoroutières (routes présentant des caractéristiques différentes et intersections de divers types). Le modèle de trafic traite le réseau routier comme une série de liens ou de canalisations; certains sont à grande vitesse et à fort débit (comme les autoroutes à plusieurs voies) tandis que d'autres ont un diamètre plus étroit (comme les rues résidentielles) avec des caractéristiques de performance inférieures – voir la **Figure 2.1**. L'utilisation d'une analogie avec les canalisations est appropriée car certains principes des modèles de réseau découlent en fait de la mécanique des fluides<sup>9</sup>!

Les intersections peuvent être modélisées de manière explicite, et parfois de manière très détaillée (en fonction de leur conception géométrique ou du temps de passage au vert dont bénéficient les conducteurs à l'approche d'un ensemble de feux de circulation). Les intersections sont souvent appelées « nœuds ». Les caractéristiques des intersections peuvent également être représentées de manière moins détaillée. Le retard qu'une intersection impose aux conducteurs peut par exemple être reflété dans les caractéristiques attribuées aux liens qui y mènent.

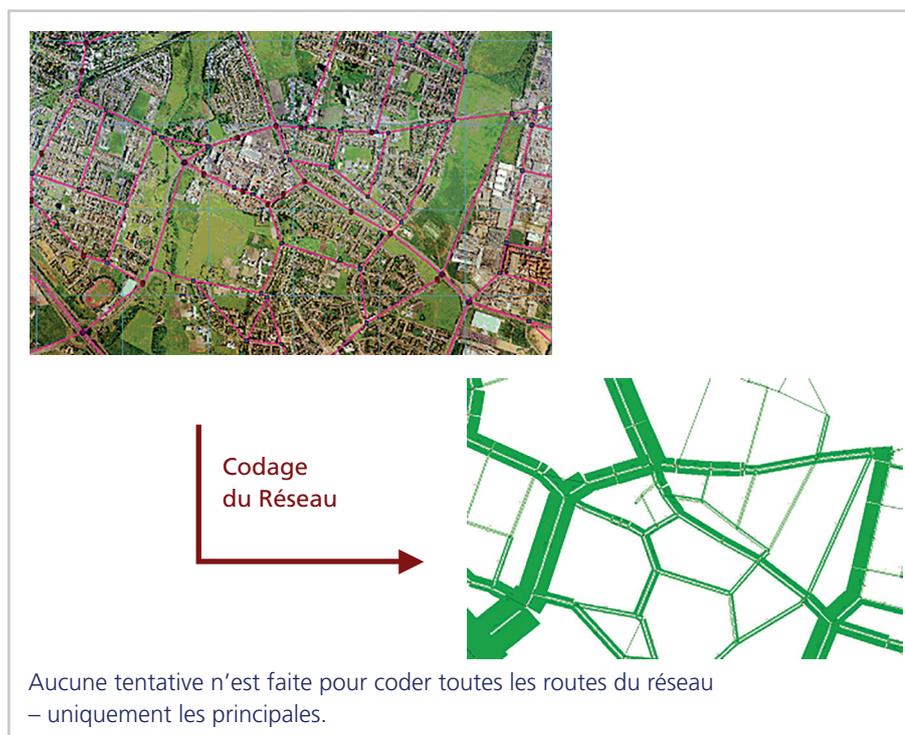
Le choix du niveau de détail sélectionné pour décrire (coder) un réseau routier par le modélisateur sera guidé par de nombreux facteurs, dont, en premier lieu, le niveau de détail requis pour les résultats du modèle. La disponibilité des données

et du temps, ainsi que les ressources disponibles, imposent généralement des contraintes pratiques sur le niveau de détail de la modélisation. Le langage utilisé dans les rapports sur le trafic et les recettes donne généralement un aperçu du niveau de détail. On s'attend à ce qu'un « modèle de simulation » se situe à l'extrémité la plus détaillée du spectre, tandis qu'un « modèle stratégique » suggère l'utilisation d'une approche plus générale. Une fois encore, il n'existe pas de méthode universellement correcte ou incorrecte – seulement des outils adaptés à l'objectif visé. Cependant, il est important de noter qu'il n'existe aucune preuve suggérant qu'un niveau de détail ou un effort de modélisation plus élevé améliore systématiquement la précision des prévisions.

En termes de représentations du côté de l'offre (réseau routier), les prévisionnistes du trafic peuvent être amenés à construire plusieurs réseaux différents pour refléter les futurs développements routiers (nouvelles routes principales, nouveaux carrefours, etc.). Cela introduit une source potentielle d'erreurs de modélisation si, en réalité, les améliorations routières s'écartent des attentes initiales du modèle, en particulier si ces améliorations routières viennent compléter ou concurrencer la route à péage.

La modélisation du trafic est souvent décrite comme étant à la fois une science et un art. La modélisation de l'offre de l'année de référence – la représentation du réseau routier actuel – est la partie scientifique. Elle est souvent modélisée avec une précision militaire, grâce à des données cartographiques provenant des satellites GPS. Ce niveau de précision ne s'étend toutefois pas à la représentation de la demande de l'économie des déplacements, ce qui expose l'analyste de crédit à l'aspect plus artistique de la modélisation du trafic.

**Figure 2.1 :** Autoroutes codées comme une série de liens



<sup>9</sup> Contrairement au comportement de déplacement, l'écoulement de l'eau dans un tuyau suit une équation simple et connue (débit = section de passage \* vitesse) et peut donc être calculé avec précision.

## La demande dans l'économie du voyage

Les modèles de trafic ne tentent pas de simuler le comportement des déplacements pour chaque période de la journée ou de la semaine. Les modélisateurs se concentrent sur les périodes de pointe et/ou les heures de la journée qui reflètent des schémas de déplacements importants et distinctifs. La période la plus couramment modélisée est la période de pointe du matin (A.M.) en semaine, par exemple de 6 h à 9 h, ou une heure moyenne au sein de cette période. Cette « tranche horaire » peut être complétée par des modèles distincts pour une période de pointe de l'après-midi (P.M.) en semaine, par exemple une heure moyenne entre 16 h et 19 h, et pour la période intermédiaire qui se situe entre les deux. Si elle est importante, une période de week-end devrait également être modélisée. Ces choix incombent au prévisionniste du trafic et la décision doit être basée sur la nature du marché local des déplacements. L'estimation de modèles satisfaisants pour les périodes intermédiaires et de week-end présente toutefois des défis particuliers pour les modélisateurs du trafic. Pour cette seule raison, la plupart des études de trafic négligent de manière quelque peu commode l'importance des déplacements intermédiaires et de week-end et se concentrent exclusivement sur la modélisation des périodes de pointe.

Les périodes modélisées sont en réalité des échantillons. Moins il y a de périodes, plus l'échantillon est petit, ce qui implique une dépendance accrue aux facteurs d'expansion permettant d'extrapoler les données de l'échantillon afin de refléter le comportement de déplacement quotidien ou annuel. Les facteurs d'expansion (ou d'annualisation) sont abordés plus loin dans ce chapitre dans le contexte de la relation entre les prévisions de trafic et

de recettes, car les prévisions de recettes sont généralement requises sur une base annuelle. Au minimum, les modélisateurs de trafic doivent justifier leur sélection et leur définition des périodes modélisées par rapport aux caractéristiques de l'infrastructure à péage et du marché local des déplacements.

Les modèles de trafic ne tentent pas de représenter le comportement des déplacements des individus, mais plutôt de refléter le comportement global des déplacements. La région étudiée est divisée en zones<sup>10</sup> généralement définies par des caractéristiques d'utilisation du sol homogènes (par exemple, un quartier résidentiel) ou par la présence d'une attraction de trafic majeure telle qu'un centre commercial. Les zones sont les endroits où les déplacements dans le modèle commencent et se terminent. Elles sont de taille réduite dans les parties de la région sous-étude qui intéressent le plus le modélisateur, ce qui permet une analyse détaillée. Elles s'élargissent progressivement en s'éloignant du centre de l'étude, là où moins de détails sont nécessaires.

Des informations sur l'occupation des sols et les aspects sociodémographiques sont recueillies pour chaque zone, telles que les niveaux actuels et prévus de population, de ménages, de surfaces commerciales, de motorisation et d'emploi. Pour faciliter cette tâche, les limites des zones d'un modèle de trafic seront souvent définies de manière à assurer un certain degré de compatibilité avec les zones de recensement. Selon l'application, ces données peuvent être utilisées dans le modèle à des fins différentes, telles que l'estimation de la génération de déplacements pour l'année de référence ou pour des projections futures. L'élément clé à retenir est que l'unité spatiale d'analyse dans les modèles de prévision est la zone de trafic. Celles-ci sont numérotées et cela permet de décrire le comportement de déplacement, qu'il soit estimé à partir de modèles synthétiques de génération/distribution ou révélé à partir d'observations d'enquêtes, en termes de matrices de demande (également appelées « tableaux de déplacements »). Une matrice de demande pour un modèle de trafic simple à trois zones est présentée dans la **Figure 2.2** :

Figure 2.2 : Matrice de demande illustrative

		Vers la zone...			
		1	2	3	Total
De la zone...	1	0	13	35	48
	2	4	0	0	4
	3	23	1	0	24
	Total	27	14	35	76

<sup>10</sup> Connues sous le nom de « travel analysis zones » (TAZ) aux États-Unis.

Les données de la **Figure 2.2** sont interprétées comme suit :

- 13 voyages sont effectués de la zone 1 à la zone 2,
- 23 déplacements sont effectués de la zone 3 vers la zone 1,
- Aucun déplacement n'est effectué de la zone 2 à la zone 3,
- Au total, 24 voyages sont générés par la zone 3 (le total de la ligne),
- Au total, 14 voyages sont attirés par la zone 2 (le total de la colonne),
- Le nombre total de déplacements enregistrés est de 76 (le total de la matrice).

Prendre note que la diagonale principale de la matrice de demande est remplie de zéros. Cela est courant dans les modèles de trafic, où les déplacements très courts à l'intérieur d'une même zone (par exemple, de la Zone 1 vers la Zone 1) ne sont pas pris en compte. Dans les études de routes à péage, ce problème n'est généralement pas important, car les routes à péage sont rarement attrayantes pour les personnes effectuant des trajets de courte distance.

Les matrices de demande représentent les résultats de l'étape de distribution des déplacements dans le modèle de transport en quatre étapes. Elles peuvent également être établies à partir de données d'enquêtes. Dans les stations d'enquêtes par entretiens routiers, par exemple, un échantillon de conducteurs sont arrêtés et interrogés sur divers aspects, notamment leur origine et leur destination. Ces informations sont ensuite codées (attribuées à leurs zones respectives) et les données de l'échantillon sont extrapolées pour représenter tous les conducteurs passant par le point d'enquêtes (dont beaucoup, sinon la plupart, n'auront pas été interrogés). Cela introduit un risque supplémentaire

d'erreurs d'échantillonnage. De plus, les enquêtes par entretiens routiers ne seront menées qu'à des endroits sélectionnés, ce qui (a) augmente le risque d'erreurs d'échantillonnage, et (b) signifie que certains (généralement la plupart) des déplacements entre zones ne seront que partiellement observés, voire pas du tout. Dans la **Figure 2.2**, aucun déplacement n'est enregistré de la zone 2 à la zone 3. Personne ne s'est-il réellement déplacé? Peut-être que personne n'a été observé? L'analyste ne le sait pas.

D'autres techniques d'enquêtes peuvent être employées pour construire des matrices de demande. Les personnes peuvent être interrogées à leur domicile (enquêtes auprès des ménages) ou être invitées à tenir un carnet de déplacements. Ces deux techniques – et d'autres – permettent d'enregistrer les informations sur l'origine et la destination des déplacements, qui peuvent ensuite être codées dans les zones correspondantes. Néanmoins, ces techniques d'enquêtes reposent sur l'échantillonnage, et les tailles d'échantillon utilisées dans les études de trafic ont tendance à être limitées.

En pratique, la construction des matrices de demande utilisées dans la plupart des études sur les routes à péage repose rarement sur des relations de génération/distribution de déplacements estimées à partir de principes de base ou à partir de données d'enquêtes (nouvelles). Dans de nombreuses régions du monde, il existe déjà une certaine forme de modèle de trafic et certaines matrices de demande ont déjà été compilées. Il est très courant que les prévisionnistes du trafic prennent ces matrices existantes et les développent en utilisant des informations mises à jour ou en fournissant un niveau de détail plus élevé dans et autour de la zone qui les intéresse le plus.

### Relier l'offre et la demande

Les zones de transport sont reliées aux réseaux routiers par des liens appelés connecteurs centroïdes. Ces connecteurs permettent au trafic d'entrer ou de sortir du réseau à partir des zones et suivent généralement le schéma des rues locales (par exemple, l'entrée principale d'un quartier résidentiel).

Le processus d'acheminement du trafic à travers un réseau pour passer d'une zone à une autre est appelé affectation. Des règles mathématiques spécifiques régissent l'affectation, mais le principe général est que les conducteurs emprunteront l'itinéraire le moins cher (le chemin de coût minimal) pour se déplacer de leur zone d'origine à leur zone de destination. Il est important de noter que, dans ce contexte, le « coût » fait référence à une combinaison de coûts en temps et en argent. C'est pourquoi on parle de coût généralisé.

Considérer l'exemple suivant :

- Coût généralisé (CG) =  $\alpha(\text{temps}) + \beta(\text{péage})$
- la valeur du gain de temps<sup>11</sup> est de 8c/min
- Le péage est de 1 €
- Le temps de trajet en empruntant la route à péage est de 10 minutes
- Le temps de trajet par la route gratuite est de 30 minutes
- Par conséquent, le coût généralisé de l'utilisation de la route gratuite est :  
 $GC_{(\text{gratuit})} = (30 * 8c) + 0 \text{ €} = 2,40 \text{ €}$
- ...et le coût généralisé de l'utilisation de l'autoroute à péage est :  
 $GC_{(\text{péage})} = (10 * 8c) + 1 \text{ €} = 1,80 \text{ €}$

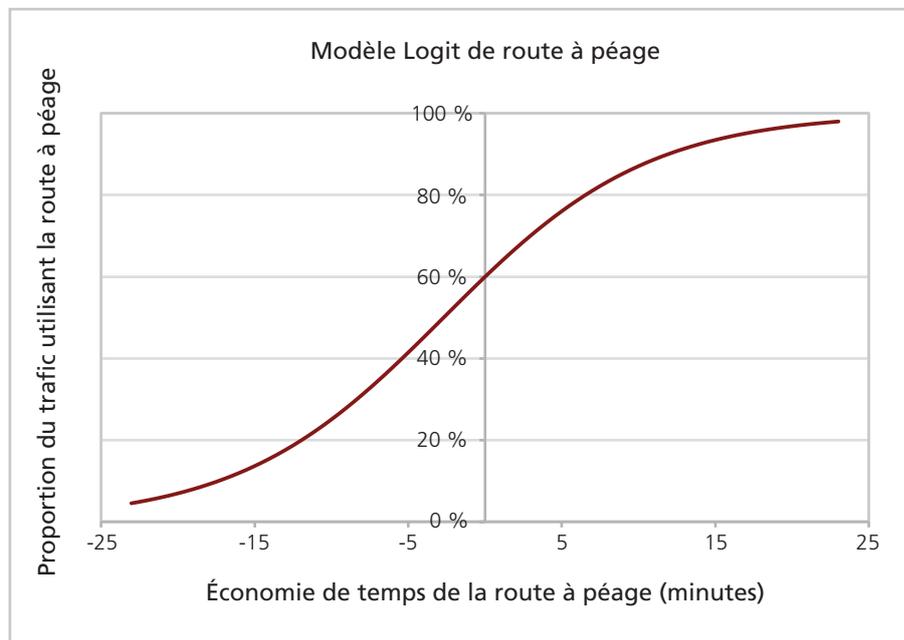
<sup>11</sup> La valeur du gain de temps (*value of time savings*) est la valeur monétaire attribuée au temps économisé par les usagers d'un système de transport. Il s'agit d'un concept clé dans la prévision du trafic des routes à péage.

Étant donné que la route à péage est moins chère en termes de coût généralisé, le modèle suppose que les automobilistes l'emprunteront plutôt que la route gratuite. La route à péage offre des gains de temps et, dans ce cas, les conducteurs sont prêts à payer pour bénéficier de ces économies de temps – c'est pourquoi ils l'utilisent. Ce concept simple est au cœur de la plupart des modèles de prévision du trafic pour les routes à péage.

Il a déjà été noté que l'affectation du trafic est un processus itératif qui prend explicitement en compte les niveaux de congestion à travers le réseau. Les relations vitesse/débit déterminent les vitesses qui résultent de niveaux particuliers de flux (volumes de trafic). À mesure que davantage de trafic tente d'utiliser un lien bon marché (le chemin le plus rapide), les vitesses se dégradent et les temps de trajet augmentent jusqu'à un point où le lien cesse d'être le chemin le moins cher et le trafic commence à utiliser des itinéraires alternatifs à faible coût. Le processus itératif se poursuit jusqu'à ce que le trafic soit réparti sur tous les liens concernés. En langage technique, le modèle converge vers un équilibre stationnaire.

Il existe plusieurs manières de représenter une route à péage dans un modèle de réseau. Elle peut être codée comme un lien avec un coût supplémentaire reflétant le tarif du péage. Ce coût est converti en une pénalité de temps, et cette pénalité de temps est prise en compte par le modèle lors de l'étape d'affectation du trafic, déterminant ainsi quels usagers empruntent la route à péage et lesquels ne le font pas. En pratique, l'attrait du lien est dégradé. Les voyageurs n'emprunteront la route à péage que si le gain de temps l'emporte sur le coût supplémentaire.

Figure 2.3 : Modèle Logit de choix d'itinéraire illustratif



Une autre approche repose sur l'usage du modèle Logit<sup>12</sup>, un modèle de choix binaire simple permettant de prédire la proportion de trafic qui empruntera une route à péage en fonction de ses caractéristiques concurrentielles. Par caractéristiques concurrentielles, nous entendons généralement le coût et le temps de déplacement sur la route à péage par rapport au coût et au temps de déplacement sur une installation concurrente gratuite. D'autres préférences ou biais qui ont un impact sur le choix de l'itinéraire des conducteurs peuvent également être intégrés dans les modèles Logit s'ils s'avèrent avoir un impact sur le choix de l'itinéraire, comme l'aversion pour les conditions de circulation avec démarrage/arrêt ou les volumes élevés de camions.

Les prévisionnistes du trafic peuvent estimer et utiliser un certain nombre de modèles Logit pour faire la distinction entre les voyageurs (segments de marché) en fonction de leurs caractéristiques ou des raisons de leur déplacement (motifs de déplacement). La Figure 2.3 illustre la courbe en « S »<sup>13</sup> caractéristique associée à un modèle Logit. Dans cet exemple simplifié, l'axe horizontal reflète la différence de temps de trajet entre la route à péage et un concurrent sans péage. Compte tenu de cette différence, l'axe vertical indique la proportion de trafic qui utiliserait la route à péage. La Figure 2.3 montre que lorsque le temps de trajet sur la route à péage est égal à celui de son concurrent gratuit – lorsque la différence entre les deux est nulle – le trafic ne se répartit pas de manière égale entre les deux alternatives.

<sup>12</sup> Les rapports de trafic font souvent référence aux modèles Logit sous les termes de modèles de déviation du trafic à péage (toll diversion models) ou de courbes de probabilités de choix (choice probability curves).

<sup>13</sup> Le nom technique de cette courbe en « S » est la « frontière de choix ».

La route à péage est généralement préférée (60 %). Cela peut sembler contre-intuitif dans le contexte simplifié basé uniquement sur le temps de trajet, mais c'est souvent suggéré dans le contexte plus large des coûts généralisés.

Ce phénomène est une caractéristique récurrente des études de prévision de trafic et reflète un biais de préférence en faveur des routes à péage, toutes choses égales par ailleurs. On l'appelle communément la prime à péage (ou modale) et elle est abordée plus loin dans ce guide.

Les modèles Logit sont généralement estimés à partir des données d'enquêtes sur les préférences déclarées, l'une des nombreuses techniques d'enquêtes populaires employées par les prévisionnistes du trafic – sur lesquelles ce guide se penche maintenant.

## Enquêtes de circulation

Les prévisionnistes du trafic disposent d'une gamme de techniques d'enquêtes pour fournir un aperçu des caractéristiques et habitudes de déplacement locales. Avant de définir un programme d'enquêtes, le prévisionniste examinera les sources de données existantes collectées lors d'études précédentes ou dans le cadre d'un programme local d'enquêtes. Les enquêtes sont coûteuses à réaliser, de sorte que le prévisionniste aura tendance à les utiliser de manière ciblée pour compléter les informations manquantes ou obsolètes, ou pour obtenir plus de détails spécifiques à la route à péage sous-étude. Certaines des approches les plus couramment utilisées sont résumées ci-dessous sous les rubriques « enquêtes de trafic » et « enquêtes auprès des conducteurs ».

### Enquêtes de trafic

Il s'agit notamment de :

- **Comptages automatiques du trafic (CAT).** Ces systèmes utilisent des détecteurs sur route pour compter automatiquement les véhicules (ou les essieux des véhicules, qui sont ensuite convertis en véhicules équivalents). Ils fournissent des données sur les volumes de trafic par direction, par heure de la journée, par jour de la semaine, par mois de l'année, etc.

- **Recensements manuels du trafic.** Ces systèmes font appel à des géomètres pour compter les véhicules et sont donc plus coûteux et moins flexibles que les CAT. Cependant, ils fournissent des données que les CAT ne peuvent pas fournir (par exemple, le nombre de véhicules effectuant des mouvements de virage spécifiques aux intersections ou la répartition du trafic par catégorie de véhicules, tels que motos, voitures, bus, camions, etc.).
- **Mesures de temps de parcours.** Les équipes d'enquêtes enregistrent, dans leurs voitures, le temps nécessaire pour se déplacer d'un point à un autre sur des itinéraires spécifiques (généralement des itinéraires concurrents de l'autoroute à péage) à des heures particulières de la journée ou à des jours particuliers de la semaine. Ces données sont ensuite comparées aux temps de parcours modélisés et le modèle est calibré pour refléter les conditions de déplacement observées.
- **Enquêtes par interview en bord de routes.** Comme mentionné précédemment, ces enquêtes consistent à arrêter un échantillon de conducteurs (ou à mener l'enquête là où les conducteurs sont déjà arrêtés,

par exemple aux feux de circulation) et à leur poser des questions sur eux et sur leurs déplacements. Les informations sur l'origine et la destination sont collectées pour être ensuite codées en zones et intégrées dans la construction de la ou des matrices de demande. Des informations supplémentaires peuvent être enregistrées concernant l'occupation du véhicule, la fréquence des déplacements, la catégorie de revenu du conducteur, etc. Une variante de ce type d'enquêtes est l'enquête par retour de carte postale - des cartes postales contenant des questions d'enquêtes sont distribuées aux conducteurs pour qu'ils les remplissent plus tard et les renvoient par courrier à l'équipe d'enquêtes.

- **Enquête ménages déplacements.** Il s'agit de méthodes alternatives de collecte d'informations sur l'origine et la destination des déplacements (et d'autres données) en interrogeant les personnes à leur domicile. Les carnets de voyage peuvent être utilisés pour se faire une idée des habitudes de déplacement des personnes sur une période donnée (par exemple une semaine).

Cette liste d'enquêtes n'est pas exhaustive. Parmi les autres types d'enquêtes, on peut citer les enquêtes par reconnaissance de plaques d'immatriculation, les enquêtes vidéo, les entretiens avec des sous-groupes de conducteurs (par exemple, les camionneurs), etc. Les programmes d'enquêtes doivent refléter les problèmes particuliers examinés par les modélisateurs de la circulation et la nature de leurs recherches. Comme indiqué au début, de nombreux types d'enquêtes sont coûteux à mener et les contraintes budgétaires dictent généralement le choix des techniques utilisées et la manière dont elles sont appliquées – notamment, de manière critique, la définition des tailles d'échantillon.

#### Enquêtes auprès des conducteurs

Deux techniques d'enquêtes comportementales couramment utilisées pour étayer la modélisation du trafic routier à péage sont connues sous le nom de préférences révélées et de préférences déclarées. La préférence révélée fait simplement référence à l'observation de ce que font les gens ou de la façon dont ils réagissent à des situations de choix. Se tenir à une bifurcation sur la route et compter le nombre de véhicules empruntant une route à péage par rapport à une autre route gratuite serait un exemple d'enquêtes sur les préférences révélées (bien que davantage d'informations soient nécessaires pour que ces observations soient utiles aux prévisionnistes). L'idée est que le choix que font les conducteurs est révélateur de leur préférence.

Les enquêtes sur les préférences révélées sont des sources d'informations très puissantes. Le modélisateur n'a pas besoin de faire d'hypothèses sur les réactions des usagers dans des situations de choix. Il se contente d'observer et d'apprendre.

**Figure 2.4 :** Compromis typique d'une enquête de préférences déclarées

	Route gratuite	Route à péage
Durée du trajet	45 minutes	30 minutes
Coût (péage)	0 €	0,60 €

Mais que se passe-t-il si la situation de choix pertinente n'existe pas encore? Comment un modélisateur de la demande pourrait-il en savoir plus sur les préférences locales en matière d'utilisation d'une route à péage dans une région ou un pays où il n'existe pas de routes à péage? Comment un modélisateur de la demande pourrait-il en savoir plus sur les préférences locales en matière d'adoption et d'utilisation des technologies de péage électronique lorsque les routes à péage existantes utilisent des techniques de perception manuelle du péage? Les techniques d'enquêtes sur les préférences déclarées (choix) sont largement utilisées dans de telles circonstances.

Dans une enquête de préférences déclarées, les répondants sont confrontés à des scénarios de choix hypothétiques, mais réalistes, et doivent exprimer leur préférence. Un exemple très simple est présenté dans la **Figure 2.4**.

Si une personne choisit l'option de la route à péage, elle suggère qu'il vaut la peine de payer 0,60 € pour économiser 15 minutes sur son trajet. Cela implique que la valeur du gain de temps de trajet de la personne – dans ce contexte – est de 4 c/minute (60/15) ou plus. Il s'agit de l'équivalent monétaire que les voyageurs attribuent aux économies de temps, élément clé de l'offre des routes à péage. La valeur (ou les valeurs) du gain de temps est utilisée dans l'étape d'affectation des déplacements dans le processus de modélisation, afin de déterminer le choix d'itinéraire des conducteurs – y compris leur décision d'emprunter ou non une route à péage.

Différentes valeurs de gain de temps s'appliquent à différents segments de marché et à différents objectifs de voyage. On s'attend à ce qu'un navetteur domicile-travail à revenu élevé ait une valeur de gain de temps plus élevée qu'un voyageur de loisirs en dehors des heures de pointe. Les valeurs de gain de temps sont un concept essentiel dans les prévisions et seront généralement estimées à partir d'enquêtes de préférences déclarées

Les enquêtes de préférences déclarées peuvent être élaborées en s'appuyant sur des groupes de discussion locaux (focus groups). Ces groupes servent à identifier les caractéristiques des routes (ou des trajets spécifiques) que les usagers apprécient ou détestent. Certains conducteurs peuvent ne pas aimer circuler dans des conditions de congestion, par exemple, ou sur des routes mal entretenues – et seraient prêts à payer pour éviter de telles conditions. Des enquêtes sur les préférences déclarées bien conçues permettent au prévisionniste d'examiner non seulement les compromis entre les coûts et les gains de temps, mais aussi les valeurs monétaires que les gens accordent à d'autres caractéristiques de l'utilisation des routes à péage – ces informations sont ensuite utilisées pour estimer les modèles de choix probabiliste (Logit) décrits précédemment.

Il convient toutefois de faire preuve de prudence avec les résultats des enquêtes sur les préférences déclarées. Après tout, elles révèlent ce que les gens disent qu'ils choisiraient, et pas nécessairement ce qu'ils choisiraient en réalité s'ils devaient justifier leurs choix par des engagements réels. De plus, les réponses fournies par les répondants peuvent être conditionnées par le contexte dans

lequel (et comment) certaines questions sont posées. Une bonne conception de l'enquête par des praticiens expérimentés contribue dans une certaine mesure à réduire ces problèmes. Les méthodes d'enquêtes sur les préférences déclarées obtiennent probablement leurs meilleurs résultats lorsque les caractéristiques d'une installation à péage peuvent être clairement définies et articulées. Il peut

s'avérer nécessaire de masquer l'objectif précis de l'enquête pour éviter un « biais politique » – les répondants à l'enquête indiquant leurs préférences de manière à influencer la politique (par exemple en réagissant négativement à une proposition de péage pour un nouveau passage fluvial dans l'espoir qu'il sera fourni gratuitement).

## Calibration et validation du modèle de l'année de référence

Lorsqu'un modèle de prévision du trafic est initialement construit, il reproduit rarement avec précision les conditions de circulation de l'année de référence. Les flux de trafic sur certains liens peuvent être supérieurs ou inférieurs aux observations et les temps de parcours modélisés peuvent être erronés. Le processus de calibration du modèle vise à améliorer la précision du modèle en ajustant plusieurs éléments. Cela peut prendre de nombreuses formes, comme la modification du codage du réseau en fonction de la configuration des routes, l'ajustement des vitesses sur les liens ou la révision de certaines des hypothèses clés (résumées plus loin). Le modèle de l'année de référence est dit « validé » lorsqu'il reproduit avec succès les conditions de trafic de l'année de référence par rapport à des critères de performance prédéfinis tels que des volumes de lien ou de ligne écran<sup>14</sup> se situant à +/- 15 % des valeurs réelles, ou des temps de parcours à +/- 10 % de ceux enregistrés.

Un outil particulièrement puissant, souvent utilisé pour calibrer des modèles de trafic, est l'estimation matricielle. L'une des difficultés rencontrées par les modélisateurs de trafic lorsqu'ils tentent de calibrer un modèle est que les performances du modèle peuvent être

compromises non pas par de simples erreurs du côté de l'offre (codage du réseau), mais par d'importantes lacunes du côté de la demande (cellules vides dans les matrices de demande). Ces lacunes sont difficiles à corriger, car le modélisateur ne sait pas combien de personnes devraient réellement se déplacer entre toutes les zones de la zone d'étude – et il peut y avoir plus de 1 000 zones! Il est courant que seule une petite proportion des cellules d'une matrice de demande contienne des informations sur les déplacements. Cela peut poser des problèmes pour représenter précisément les conditions de trafic et les niveaux de congestion.

L'estimation de matrice prend une matrice existante (déficente) – appelée matrice antérieure – et utilise les comptages de trafic récemment observés sur les liens du réseau pour ajuster la matrice. La technique utilise une méthode statistique puissante appelée estimation de vraisemblance maximale pour ajuster au mieux la matrice aux comptages observés. En gros, elle génère la matrice de demande – non pas de manière certaine, mais celle qui est la plus probable d'avoir généré les comptages de trafic observés, compte tenu des informations disponibles. Les puristes de la modélisation hésitent

à recourir trop rapidement à l'estimation matricielle. Bien que leur matrice puisse être déficiente dans certains sens, elle peut avoir été construite à partir de nombreuses observations recueillies sur une longue période. Il s'agit d'enregistrements de déplacements réels et une utilisation excessive de l'estimation matricielle pourrait transformer la matrice d'une matrice observée (bien que déficiente) en une matrice synthétique, quelque peu éloignée de la réalité. L'utilisation de l'estimation matricielle peut également avoir des effets secondaires indésirables (entraînant une distorsion de la distribution des déplacements, par exemple). Il convient donc d'y aller avec prudence. C'est une technique si puissante que, dans certaines circonstances, elle peut faire en sorte que la matrice la plus imprécise reproduise les comptages de trafic observés. C'est clairement dangereux. Les comptages de trafic semblent corrects et à toutes fins utiles, le modèle semble calibré – cependant, la matrice de demande sous-jacente reste fondamentalement défectueuse. Ce n'est pas une base solide à partir de laquelle des prévisions précises peuvent être faites, mais personne ne le détectera avant que l'avenir ne se produise.

<sup>14</sup> Une ligne écran (Screenline) est une ligne imaginaire tracée à travers plusieurs routes parallèles représentant un corridor de déplacement (suivant souvent une barrière physique telle qu'une rivière) qui est utilisée pour analyser les flux globaux d'un ensemble de zones ou « secteur » à un autre.

L'estimation matricielle a une place légitime, voire essentielle, dans l'arsenal du modélisateur de trafic, mais les utilisateurs de prévision doivent être conscients que le fait qu'un modèle de l'année de référence semble fonctionner correctement ne signifie

pas nécessairement que la matrice de demande sous-jacente est exacte. Les rapports de prévision du trafic des routes à péage accordent souvent une grande importance au modèle calibré de l'année de référence (et aux diverses activités – telles que les enquêtes – qui y mènent).

Cependant, pour les analystes de crédit, cela ne constitue pas la fin d'un processus important, mais le début de celui-ci. Un bon modèle de l'année de référence est le tremplin à partir duquel le processus de prévision du trafic peut vraiment commencer.

## Prévisions de trafic

### Introduction

Dans la plupart des rapports d'étude sur le trafic et les recettes des routes à péage, vous trouverez un passage à la fin du chapitre sur la calibration du modèle qui se lit :

*« Ayant réussi à calibrer le modèle de l'année de référence, celui-ci représente désormais une plateforme robuste à partir de laquelle préparer les prévisions de trafic pour les années futures. »*

Il est facile de passer rapidement sur de telles déclarations ou de s'y conforter sans réellement considérer ce qui est dit. Cette affirmation implique qu'un modèle de trafic qui recrée les conditions de circulation d'aujourd'hui (ou semble le faire) est automatiquement adapté pour prédire les conditions de trafic de demain. Cela ne tient que tant que demain ressemble à aujourd'hui. Un modèle de référence bien calibré est un élément important du processus de prévision mais, en soi, il ne donne aucune indication ni garantie de performance prédictive.

### Prévisions de l'offre

Le texte précédent décrit comment la représentation du côté de l'offre (le réseau routier codé) est reconfigurée pour représenter les années futures. Les principaux développements routiers sont intégrés dans une série de réseaux

des années futures. Toutes les années ne seront pas modélisées – peut-être seulement les années clés coïncidant avec les aménagements majeurs dans la zone d'étude. Deux sources d'erreurs possibles sont introduites à ce stade. Les développements routiers anticipés peuvent ne pas être réalisés comme prévu – ou l'échéancier qui leur est associé peut changer. Néanmoins, les hypothèses futures du côté de l'offre ont tendance à être une source d'incertitude beaucoup plus faible que celles associées à la demande de déplacements future.

### Prévisions de la demande

La prévision de la demande est un art – peut-être mieux décrit comme un art obscur! De multiples approches peuvent être adoptées pour intégrer la croissance dans les modèles de trafic et, il convient de le souligner dès le départ, la plupart d'entre elles sont relativement peu sophistiquées.

Une approche simple consiste à appliquer un facteur de croissance unique (par exemple 2 % par an) à l'ensemble d'une matrice de déplacements, en extrapolant chacune des valeurs des cellules en se basant éventuellement sur une relation historique entre la croissance du trafic et le PIB de la zone, et sur des projections de croissance future du PIB. L'utilisation de cette approche simple et grossière tend à être limitée aux cas dans lesquels le

modélisateur de trafic dispose de données sociodémographiques ou d'utilisation du sol très limitées – ou dans les juridictions hôtes dans lesquelles ces données ne sont pas fiables ou n'existent pas.

Une technique légèrement plus avancée consiste à ajuster les totaux des lignes et des colonnes des matrices de demande en fonction de la croissance projetée pour les variables de planification telles que les niveaux de population ou d'emploi dans la zone d'étude. En se référant à la **Figure 2.2** (page 9), le total des lignes dans une matrice de demande représente le nombre total de déplacements générés par (quittant de) une zone. Le total des colonnes représente tous les déplacements attirés par (entrant dans) une zone. Les projections de croissance de la population sont généralement utilisées pour guider le nombre futur de déplacements générés par une zone résidentielle, tandis que les projections de croissance de l'emploi sont utilisées pour donner un aperçu du nombre futur de déplacements attirés par une zone dans le centre commercial d'une ville. Il existe plusieurs variantes de cette approche, et les analystes doivent se référer à des rapports d'études spécifiques (et à leurs auteurs) pour un aperçu plus approfondi. Cependant, de nombreux prévisionnistes des routes à péage se concentrent sur l'ajustement des totaux des lignes

et des colonnes dans une matrice de demande; ces ajustements étant basés sur des hypothèses sur la façon dont les déplacements zonaux peuvent changer en réponse aux évolutions démographiques ou d'utilisation du sol prévues. En bref, une approche assez simple et directe est adoptée pour intégrer la croissance de la demande dans la plupart des modèles de prévision des routes à péage. Il s'agit de l'état de la pratique (la science appliquée de la modélisation du trafic n'a guère évolué au-delà de cela) et représente l'une des limites les plus importantes en termes de fiabilité prédictive de tout modèle de transport.

Après avoir ajusté les totaux des lignes et des colonnes à la hausse, les valeurs de chacune des cellules ne correspondent plus à ces nouveaux totaux. Un processus mathématique itératif appelé « répartition proportionnelle »<sup>15</sup> est utilisé pour rééquilibrer les valeurs des cellules individuelles (zone à zone) afin qu'elles correspondent aux nouveaux totaux. Cela dépasse le cadre de ce guide, mais l'utilisation de cette technique courante impose une contrainte très importante sur la capacité des modèles de trafic à s'adapter aux conditions futures. Cette contrainte est connue sous le nom de « contrainte de matrice de parcours fixe », largement reconnue dans les cercles de modélisation du trafic, mais rarement partagée avec le monde extérieur.

Lorsqu'une amélioration est apportée à une autoroute (comme la construction ou l'extension d'une route à péage), plusieurs changements dans les habitudes de déplacement peuvent en résulter. L'un d'eux est la réaffectation. Le trafic se déplaçant de A à B peut être transféré vers un itinéraire différent, peut-être vers la route à péage. Un autre est la redistribution. Il s'agit du trafic qui

#### Exemple :

Aujourd'hui, je me rends à « x » pour travailler, à « y » pour faire des courses et à « z » pour mes loisirs. Une nouvelle route à péage ouvre dans ma région. Le modèle de prévision tient compte du fait que je pourrais désormais utiliser la route à péage pour me rendre à « x », « y » ou « z » (en fonction de son attractivité relative, discutée plus tôt). Cependant, le modèle ne tiendra pas compte du fait que, en raison de la nouvelle route et de l'accessibilité améliorée, je pourrais me rendre à « b » pour faire mes courses, à « c » pour mes loisirs ou (au fil du temps) déplacer mon lieu de travail à « a ».

change de destination en réponse aux améliorations apportées à l'autoroute<sup>16</sup>. La majorité des modèles de prévision des routes à péage prennent en compte la réaffectation des déplacements, mais pas leur redistribution. Il s'agit là d'une faiblesse. Pour comprendre ce que cela signifie, examinons l'exemple ci-dessous.

S'éloigner de l'hypothèse d'une matrice de déplacements fixes s'est révélé être un défi technique. La plupart des prévisionnistes reconnaissent cette contrainte et s'en accommodent. Est-ce important? À long terme, la réponse est sans aucun doute « oui », mais en pratique, on ne peut pas faire grand-chose à ce sujet. Cependant, cela rappelle de manière frappante que les modèles de trafic restent des simplifications grossières et imparfaites de la vie réelle et de toutes ses complexités.

Après avoir ajusté les totaux des lignes et des colonnes des matrices, les valeurs des cellules individuelles sont ajustées proportionnellement pour obtenir de nouvelles valeurs de cellules (qui s'additionnent pour correspondre aux nouveaux totaux des lignes et des colonnes). Nous disposons désormais d'une matrice de demande pour l'année future. Celle-ci est affectée au réseau routier de l'année future pour fournir les

flux futurs sur les liens, y compris le flux sur notre lien clé d'intérêt : la route à péage.

Plusieurs années futures seront modélisées, peut-être à des intervalles de cinq ou dix ans, mais pas toutes – et les modèles sont rarement exécutés sur des périodes supérieures à 30 ans. L'interpolation sera utilisée pour dériver les prévisions de trafic pour les années intermédiaires (non modélisées) et l'extrapolation sera utilisée si des prévisions s'avèrent nécessaires au-delà de l'horizon de 30 ans. Cela soulève une autre question importante pour les analystes de crédit. Les prévisions de trafic se concentrent sur la prévision de tendances stables à long terme. Elles ne tiennent pas compte des variations annuelles inévitables par rapport à ces tendances, qui peuvent être importantes. Les structures de transaction de qualité investissement doivent être capables de résister aux fluctuations à court terme et aux écarts par rapport aux attentes, malgré ce que le modèle de trafic peut suggérer. Une structuration financière qui repose trop fortement sur des prévisions de croissance linéaire et ininterrompue du trafic ne reflète pas les limites pratiques des méthodes de prévision actuelles.

<sup>15</sup> Ce processus peut également être mentionné dans les rapports comme l'utilisation de l'algorithme Fratar.

<sup>16</sup> La réaffectation et la redistribution ne sont que deux des changements possibles dans les habitudes de déplacement. Parmi les autres changements possibles, on peut citer les déplacements effectués à des heures différentes de la journée, les déplacements transférés vers d'autres modes (par exemple, le bus) et la génération de déplacements (la libération d'une demande refoulée). Tous ces changements, à l'exception de la redistribution, peuvent être relativement faciles à prendre en compte par les modélisateurs du trafic.

## Prévisions de recettes

Les prévisions de trafic impliquent la modélisation d'une partie d'une journée de semaine, généralement des « tranches horaires » de périodes de pointe. Les modèles de recettes ou, plus généralement, les lignes de recettes dans les modèles financiers détaillés, ont tendance à nécessiter des données annuelles ou semestrielles. Ainsi, le trafic des périodes de pointe doit être converti en équivalents annuels (ou semestriels) et les péages agrégés générés par ce trafic doivent être calculés. Ce processus en deux étapes n'est pas aussi simple qu'il peut paraître à première vue, et doit être parfaitement compris par quiconque prend des décisions basées sur des prévisions de recettes de péage.

Les facteurs d'expansion sont utilisés pour extrapoler le trafic des heures de pointe en trafic quotidien, puis en estimés annuels – et ces estimations annuelles sont très sensibles aux facteurs d'expansion choisis. Des ajustements relativement modestes et parfaitement crédibles des hypothèses sur les facteurs d'expansion peuvent avoir un impact amplifié sur les calculs du trafic annuel (et des recettes). Il est donc de la responsabilité du modélisateur de trafic d'expliquer et défendre les hypothèses sur les facteurs d'expansion qu'il/elle a utilisés. Des soupçons devraient surgir si ces calculs ne sont pas simples et transparents.

Une autre complication se pose avec les facteurs d'expansion. Faut-il les maintenir constants sur toute la période de prévision? Après tout, la croissance des volumes de trafic par le passé a modifié le comportement des conducteurs. Pour éviter les embouteillages, les gens partent au travail plus tôt aujourd'hui qu'il y a dix ou même cinq ans. C'est ce qu'on appelle « l'étalement des heures de pointe » et rien ne laisse penser que ce phénomène ne se poursuivra pas. On peut donc s'attendre à ce que la relation entre, par exemple, le trafic aux heures de pointe du matin et les flux quotidiens continue d'évoluer. Ce n'est pas le lieu pour une discussion détaillée sur l'étalement des heures de pointe, mais toute hypothèse de modèle formulée à cet égard doit être explicite et défendue dans les rapports d'étude du trafic et des recettes.

En ce qui concerne les projections financières, le lien entre le trafic d'une route à péage et les prévisions de recettes était autrefois assez simple;

### **Chiffre d'affaires = Trafic \* Péage**

*...où le Trafic peut être divisé en un mélange de différentes catégories de véhicules,*

*...et Péage représente les tarifs respectifs.*

Des ajustements pourraient être apportés pour tenir compte des programmes de réduction spécifiques à chaque installation et pour estimer l'évasion du péage (pertes de recettes). Cependant, les installations de péage actuelles sont de plus en plus sophistiquées en termes de grilles tarifaires, en grande partie grâce à la popularité croissante des technologies de collecte électronique des péages (télépéage). Dans une étude récente examinée par l'auteur, les péages étaient différenciés par catégorie de véhicule, par segment de route, par sens de circulation et par plage horaire. Cela complique considérablement le lien entre trafic et recettes. Des prévisions de demande très désagrégées sont nécessaires (dans le cas ci-dessus, par catégorie de véhicule, par segment de route, par sens de circulation et par plage horaire) de sorte que ces volumes de demande désagrégés puissent être multipliés par leurs tarifs respectifs avant d'être consolidés en recettes totales. Et cette situation risque de devenir plus complexe. Dans certaines régions du monde, notamment aux États-Unis, une tarification variable est en cours d'introduction; le coût d'utilisation d'une route à péage change de manière dynamique en réponse au nombre de véhicules qui l'empruntent. Face à ces évolutions, il est essentiel que les conseillers en matière de trafic expliquent clairement les relations entre le trafic et les tarifs de péage, ainsi que la fondation de leurs projections de recettes.

## Principaux intrants du modèle : un aperçu

La plupart des éléments à prendre en compte dans le processus de prévision du trafic ont déjà été mentionnés. Pour récapituler, ils sont résumés ci-dessous sous forme de liste de contrôle, accompagnée des questions auxquelles un conseiller ou une étude de trafic devrait répondre.

- Le modèle de transport.** Quelle approche (package) de modélisation est utilisée (et pourquoi)? Combien de zones sont utilisées et comment ont-elles été définies? Quelle(s) période(s) de temps est/sont modélisée(s), quelles sont les limites de l'approche adoptée et pourquoi? Quels facteurs d'expansion sont utilisés pour dériver les estimations annuelles des déplacements/recettes et dans quelle mesure les projections de recettes sont-elles sensibles à l'utilisation de facteurs alternatifs (mais plausibles)? Comment le péage est-il représenté dans le modèle de trafic? S'agit-il d'un modèle routier uniquement ou est-ce que la concurrence multimodale est prise en compte? Différentes classes de véhicules sont-elles utilisées dans le modèle? Si oui, comment ont-elles été définies et pourquoi?
- Le réseau de transport.** À quel niveau de détail le réseau routier est-il représenté et pourquoi? Combien de réseaux futurs sont définis et pour quelles années? En quoi ces réseaux diffèrent-ils? Quelle certitude existe-t-il autour des développements futurs du réseau qui ont été modélisés – et de l'échéancier de ces améliorations? Quels itinéraires alternatifs sont les sources de concurrence les plus importantes?
- Données de planification.** Quelles variables sociodémographiques ou d'utilisation du sol sont utilisées dans le modèle et comment? Quels développements ont été pris en compte, sont-ils actés ou purement spéculatifs? Quelles sources de données ont été utilisées et quelles sont leur crédibilité/fiabilité?
- Données d'enquêtes.** Quelles enquêtes sur la circulation ont été menées et pourquoi? Où? Quand? Quelle est la taille des échantillons? Quels sont les niveaux de confiance appliqués aux résultats de l'échantillon? Quelles enquêtes auprès des conducteurs ont été menées et pourquoi? A-t-on calculé des valeurs de temps? Quelles sont-elles et quel(s) niveau(x) de confiance les entourent? Ces valeurs sont-elles censées augmenter à l'avenir? Si oui, de combien et pourquoi?
- Croissance du trafic.** Quels taux de croissance ont été supposés et pourquoi? Comment la croissance a-t-elle été intégrée dans le modèle de prévision? Quelles hypothèses ont été formulées concernant la phase de montée en charge<sup>17</sup> et pourquoi? Dans quelle mesure les projections de recettes sont-elles sensibles aux hypothèses de croissance alternatives (mais plausibles)?

Chacun de ces intrants (ou ensemble d'intrants) doit être décrit dans les rapports d'étude du trafic et des recettes, accompagné (a) d'une justification de la ou des valeurs adoptées, (b) d'une discussion sur la manière dont elles ont été utilisées et (c) d'indications sur les tests de sensibilité et de rentabilité appropriés qui ont dû être effectués – et leurs résultats.

<sup>17</sup> La phase de montée en charge est la période suivant l'ouverture d'une route à péage, caractérisée par une forte croissance de l'utilisation, partant d'un niveau initial bas, à mesure que les usagers se familiarisent avec l'infrastructure et ses caractéristiques. Elle peut également refléter une période de protestation et une certaine réticence initiale des consommateurs aux péages. La phase de montée en charge prend fin lorsque l'utilisation arrive à maturité, que les habitudes de déplacement se stabilisent et que les tendances de déplacement à long terme deviennent plus évidentes.

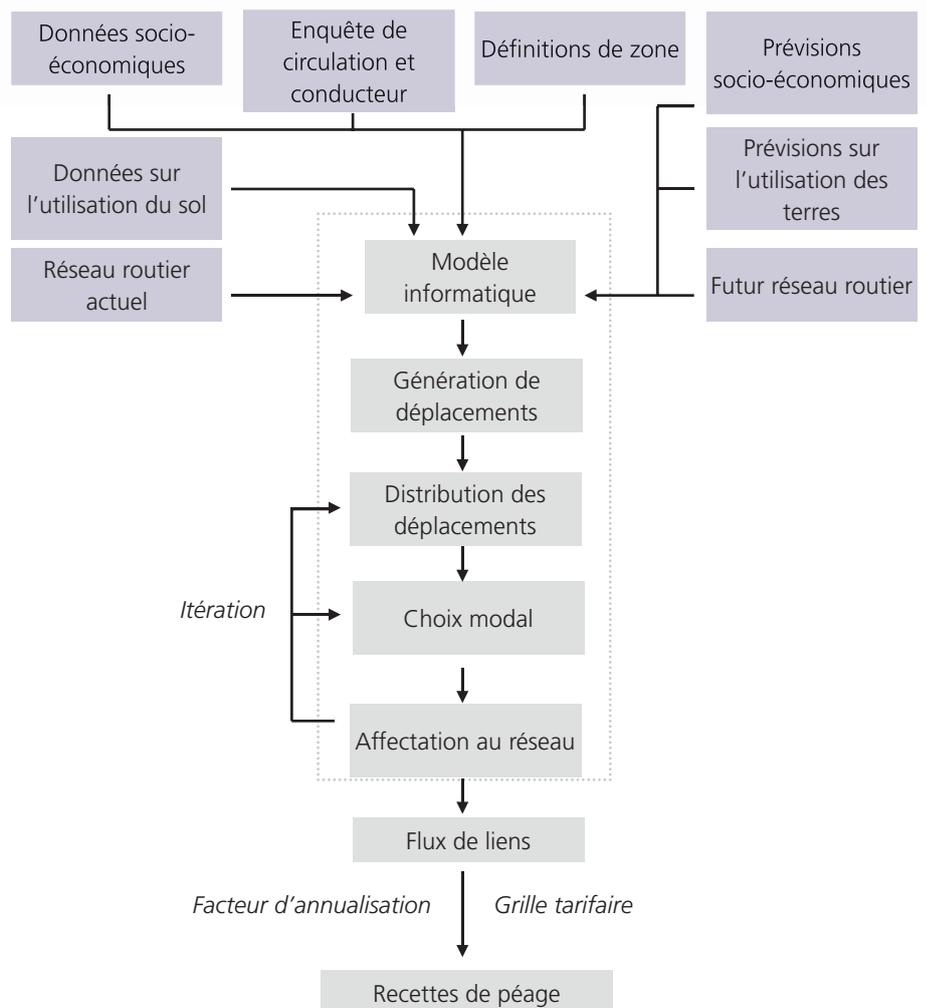


## Modélisation du trafic : remarques finales

La modélisation de l'offre de l'économie des déplacements – le réseau routier – a été abordée au début de ce chapitre. En raison de l'utilisation fréquente de la cartographie dérivée du GPS, l'offre est souvent représentée avec une précision (littéralement) militaire. Il est très important que les utilisateurs des prévisions de trafic et de recettes ne se laissent pas séduire par la science de l'offre et ne croient pas que le modèle global de trafic est plus rigoureux qu'il ne l'est en réalité. Ces modèles sont aussi solides que leurs maillons les plus faibles – et les maillons les plus faibles ont inévitablement à voir avec « l'art » de la représentation de la demande et du traitement de la croissance de la demande. Les bons analystes et les investisseurs informés concentrent l'essentiel de leur attention critique sur ce point.

Par souci d'exhaustivité, la **Figure 2.5** résume dans son intégralité le processus traditionnel de prévision du trafic et des recettes des routes à péage.

**Figure 2.5** : Le processus de prévision du trafic et des recettes





### 3. Risques liés au trafic : preuves empiriques

#### La précision prédictive des modèles de prévision du trafic

Bien que les modèles de prévision du trafic soient utilisés depuis plus de 75 ans, il existe relativement peu de publications sur leur précision prédictive. Cependant, six axes de recherche (reflétant des études menées dans différentes parties du monde) méritent une certaine attention :

- JP Morgan (1997) – États-Unis.
- Standard & Poor's (2002, 2003, 2004 et 2005) – International.
- Flyvbjerg et coll. (2005) – International.
- US Transportation Research Board (2006) – États-Unis.
- Vassallo (2007) – Espagne.
- Li & Hensher (2009) – Australie.

Dans ce chapitre, chacune de ces études est examinée à tour de rôle et leurs résultats et conclusions sont résumés. Un commentaire s'ensuit. S'appuyant sur les résultats de l'étude, les principales sources d'erreurs de prévision sont mises en évidence et des approches alternatives pour l'évaluation du risque de prévision sont décrites.

#### J.P. Morgan (1997)

En 1997, la banque d'investissement JP Morgan a publié les résultats d'une étude sur un échantillon restreint de prévisions de trafic sur les routes à péage<sup>18</sup>. L'étude a examiné 14 routes à péage urbaines récemment construites aux États-Unis, en comparant les performances réelles – dans ce cas, les recettes de péage – aux prévisions initiales. La banque a présenté ses résultats sous forme de pourcentages, reflétant le ratio entre les performances réelles et les prévisions. Cette méthode présente l'avantage de regrouper les résultats de chaque installation en un seul chiffre, les résultats supérieurs à 100 % indiquant des incidences de sous-estimation des prévisions. Peu de résultats ont été supérieurs à 100 %.

Au cours de la première année d'exploitation, une seule des 14 routes à péage a dépassé les prévisions de recettes. Trois d'entre elles ont manqué la cible de 25 %. Pour quatre des routes à péage, les recettes réelles ont été inférieures à 30 % de l'équivalent prévu. En réponse, la banque a noté que :

*« Réduire l'incertitude associée à ces prévisions représente l'un des défis majeurs pour les agences de transport, les consultants en trafic, les banquiers d'affaires et les investisseurs. »*

Les partenaires des projets de routes à péage sont encore aujourd'hui confrontés à ce défi majeur.

#### Standard & Poor's (2002, 2003, 2004 et 2005)

En 2002, Standard & Poor's a publié l'un des quatre rapports annuels de recherche sur le crédit examinant de manière critique la précision des prévisions de trafic sur les routes à péage<sup>19</sup>. Pendant quatre ans, l'agence de notation financière a compilé des données provenant de plus de 100 routes, ponts et tunnels à péage internationaux, ce qui a permis de comparer les prévisions avec les volumes de trafic réels (résultats).

<sup>18</sup> « Examining Tollroad Feasibility Studies », Municipal Finance Journal, vol. 18, n° 1, printemps 1997.

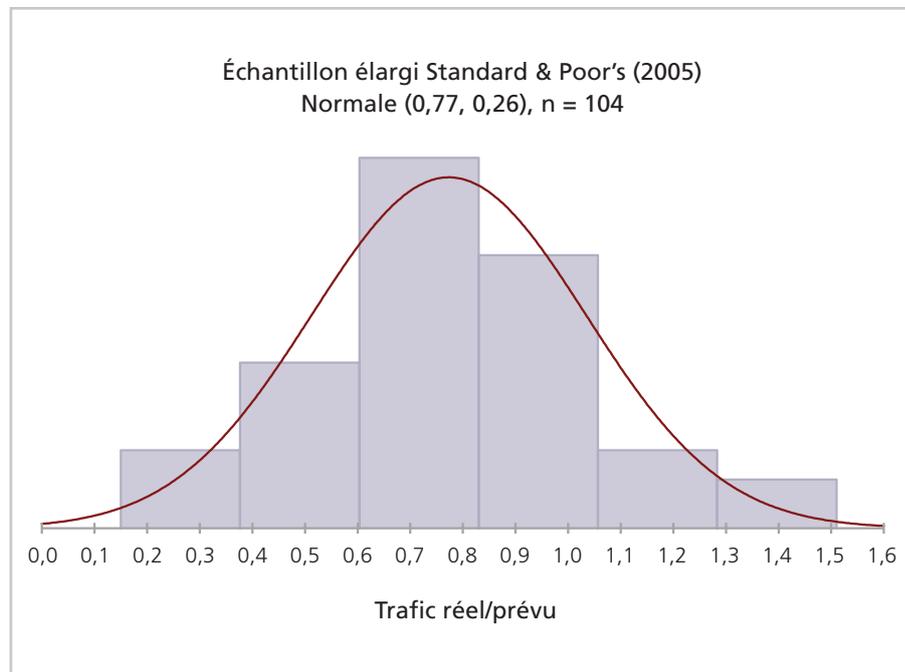
<sup>19</sup> « Traffic Risk in Start-Up Toll Facilities », Standard & Poor's, septembre 2002.

Conformément à la convention adoptée par JP Morgan, l'agence de notation a présenté ses conclusions sous forme de ratios de performances réelles/prévues, bien que cette fois-ci des indices aient été utilisés plutôt que des pourcentages. Un indice (ratio) supérieur à 1,0 représente une sous-estimation. Comme dans les conclusions de JP Morgan, la majorité des études de cas ont révélé des ratios inférieurs à 1,0, ce qui reflète le fait que les volumes de trafic réels utilisant les installations à péage étaient systématiquement inférieurs à leurs prévisions respectives.

La **Figure 3.1** résume les résultats de Standard & Poor's pour 2005, issus de 104 études de cas de prévision du trafic routier à péage. La moyenne de la distribution se situe à 0,77, ce qui suggère, en moyenne, une surestimation (biais d'optimisme) de 20 à 25 %. Ce résultat est cohérent avec les conclusions publiées par l'agence de notation dans ses rapports annuels antérieurs.

Au départ, les recherches de Standard & Poor's se sont concentrées sur l'analyse des performances du trafic des routes à péage au cours de la première année d'opération. Dans des études ultérieures<sup>20</sup>, l'agence a étendu son examen aux performances des prévisions de trafic au cours des années suivantes. Bien que limitée par la disponibilité des données, S&P a indiqué qu'il n'y avait aucune preuve d'une quelconque amélioration des performances prédictives après la première année. L'agence de notation a attribué une grande partie du biais d'optimisme révélé au fait que les concessions de routes à péage sont fréquemment attribuées aux soumissionnaires prédisant les chiffres de trafic et de recettes les plus élevés, récompensant ainsi l'optimisme, et non la précision. Ce point de vue est soutenu par Flyvbjerg (discuté plus loin).

**Figure 3.1** : Ratio trafic réel/prévu (S&P)



Source : Standard & Poor's, 2005

Des projections de recettes élevées sont également nécessaires pour soutenir les niveaux d'endettement importants, parfois agressifs, associés à de nombreux financements de routes à péage.

Outre le fait qu'elle révèle un biais d'optimisme systématique, l'étude de Standard & Poor's démontre l'ampleur des erreurs associées aux prévisions de trafic sur les routes à péage. L'extrémité gauche de la distribution présentée ci-dessus représente des projets où le trafic réel était inférieur de 20 % de celui prévu. L'extrémité droite montre un trafic dépassant les prévisions de plus de 50 %. Toutefois, cette hausse intéresse davantage les analystes en actions que les analystes en obligations.

L'espace limité dont dispose ce guide ne permet pas de traiter en détail de toutes les recherches et de tous les résultats de Standard & Poor's. Cependant, leurs principales conclusions sont résumées ci-dessous :

- Les prévisions faites pour le compte des banques se sont révélées moins optimistes (plus conservatrices) que celles préparées pour les soumissionnaires.
- Les prévisions faites dans les pays où les routes à péage étaient en place depuis un certain temps étaient plus précises que celles faites dans les juridictions où le péage était nouveau.
- La complexité des barèmes tarifaires et des mécanismes de paiement a accru l'incertitude entourant les prévisions de performance.

<sup>20</sup> « Traffic Forecasting Risk Study Update 2005: Through Ramp-Up and Beyond », Standard & Poor's, août 2005.

- Les modèles probabilistes ont une contribution à apporter – mais doivent être spécifiés de manière réaliste (les modèles probabilistes sont abordés plus loin dans ce chapitre).
- Les prévisions faites pour les routes sans péage où les conducteurs ne paient pas au point d'utilisation (y compris les routes à péage fantôme) partagent les mêmes caractéristiques d'erreurs que celles faites pour les routes à péage payées par les utilisateurs.
- Les prévisions concernant l'utilisation des camions se sont révélées encore plus incertaines que celles concernant les voitures. Standard & Poor's souligne les implications de cette constatation en termes de recettes. Les camions représentent généralement une faible proportion du trafic (généralement moins de 10 %) mais, en raison des différences de tarifs, ils peuvent contribuer à plus de 25 % de l'ensemble des recettes d'un projet<sup>21</sup>.
- En raison d'hypothèses de croissance agressives, les projets qui sous-performent au cours de leur première année risquent de ne jamais rattraper leurs prévisions initiales au cours des années suivantes.

En outre, Standard & Poor's a identifié des raisons courantes pour lesquelles les prévisions n'étaient pas exactes dans le passé. À partir de ces constats, l'agence a élaboré un indice de risque de trafic qui permet d'évaluer les projets en fonction de leur exposition éventuelle à un échec prédictif. L'indice de risque de trafic de S&P est abordé plus en détail au chapitre 4.

#### **Flyvbjerg et al (2005)**

En 2005, Flyvbjerg et al. ont publié les résultats d'une enquête auprès d'un large échantillon sur la performance des prévisions de la demande de transport routier et ferroviaire<sup>22</sup>. En ce qui concerne le trafic routier, les auteurs se sont concentrés hors du secteur des routes à péage sur les routes ordinaires (sans péage) - cependant, un certain nombre de leurs conclusions restent pertinentes dans notre contexte. L'analyse de Flyvbjerg suggère que :

- La précision des prévisions de trafic n'a montré aucune amélioration au cours des 30 dernières années.
- Pour la moitié des projets routiers analysés, l'écart entre le trafic réel et prévu était supérieur à +/- 20 %.
- Pour un quart des projets routiers, l'écart était supérieur à +/- 40 %.

Standard & Poor's a ensuite publié une analyse comparative de ses résultats (routes à péage) avec ceux de Flyvbjerg (routes gratuites). Cette analyse suggère que la tendance systématique au biais d'optimisme démontrée par l'étude sur les routes à péage ne se retrouvait pas dans l'ensemble de données sur les routes gratuites. Les prévisions sur les routes gratuites ont une chance égale de sous-estimation et surestimation. Cependant, en termes d'erreurs prédictives, les prévisions sur les routes à péage et les routes gratuites sont similaires, avec des marges d'erreurs très larges.

#### **US Transportation Research Board (2006)**

Dans le cadre de son programme national de recherche coopérative sur les autoroutes, le Transportation Research Board (TRB) des États-Unis a publié en 2006 une « synthèse des pratiques autoroutières » qui s'intéresse spécifiquement aux études sur la demande et les recettes des routes à péage. Cette synthèse présente notamment les recettes réelles des péages en pourcentage de celles prévues pour 26 installations à péage américaines au cours de leurs cinq premières années d'exploitation. Les recettes réelles se sont avérées inférieures de 30 à 40 % aux prévisions. Sur 104 observations distinctes, seuls 13 des chiffres de recettes réelles se situaient à +/- 10 % (et seulement un tiers se situait à +/- 25 %) des recettes projetées.

#### **Vassallo (2007)**

En 2007, Vassallo a publié les résultats d'une étude sur un échantillon réduit de prévisions de routes à péage en Espagne<sup>23</sup>. Contrairement aux conclusions de S&P, l'auteur rapporte que, dans son échantillon, la précision des prévisions de trafic s'est améliorée après la première année. Cependant, la tendance générale qu'il signale est qu'il existe un biais clair en faveur de la surestimation du trafic. Vassallo affirme que l'ampleur de cette surestimation est conforme aux conclusions précédentes de S&P, bien que légèrement supérieure (+35 %).

<sup>21</sup> Les camions circulant sur certaines routes à péage nord-américaines – la Pennsylvania Turnpike, par exemple – contribuent jusqu'à 50 % des recettes du projet.

<sup>22</sup> « How (In)accurate are Demand Forecasts in Public Works Projects? », Journal of the American Planning Association, vol. 71, n° 2, printemps 2005.

<sup>23</sup> « Why Traffic Forecasts in PPP Contracts are Often Overestimated », Programme de parrainage de la recherche universitaire de la BEI, BEI, Luxembourg, 2007.

### Li et Hensher (2009)

Une contribution importante à la littérature se concentre sur le secteur des routes à péage en Australie<sup>24</sup>. Li et Hensher ont examiné 13 routes, ponts et tunnels à péage à Sydney, Melbourne et Brisbane. Des chiffres comparatifs (réels et prévus) du trafic sont présentés pour dix de ces installations, bien que l'ensemble de données en termes de données comparatives annuelles pour chaque route soit incomplet. Des comparaisons sur la première année étaient toutefois

disponibles pour cinq routes, et elles ont démontré que les volumes de trafic prévus étaient de 45 % supérieurs aux volumes réels. Les auteurs font remarquer que « ces chiffres sont supérieurs aux chiffres cités par Standard & Poor's ».

En accord avec Vassallo, Li et Hensher signalent quelques améliorations progressives dans les prévisions de performance après la première année d'exploitation du projet. Une route est passée d'une sous-performance de 33 %

la première année à une surperformance de 3 % neuf ans plus tard. Le trafic sur une autre route est passé de 48 % des prévisions à 55 % sur une période de trois ans – une lente reprise après les piètres performances de la première année. En conclusion, les auteurs signalent que « le trafic réel sur les routes à péage peut s'ajuster aux prévisions, mais cela pourrait prendre beaucoup de temps », ajoutant qu'une autre route à péage était toujours inférieure de 19 % aux prévisions après six ans d'exploitation.

<sup>24</sup> « Toll Roads in Australia », Institute of Transport and Logistics Studies, Université de Sydney, 2009.

## Preuves empiriques – Commentaires

Les données empiriques sur les prévisions de trafic et de recettes des routes à péage sont claires et cohérentes, et devraient envoyer trois avertissements nets aux analystes : les erreurs sont courantes, elles sont généralement importantes et la surestimation – le biais d'optimisme – est un thème récurrent. L'échantillon du TRB a démontré que les deux tiers des prévisions de recettes étaient erronées de plus de

25 %. Il s'agit d'un résultat frappant en termes de précision prédictive. Il est plus inquiétant du point de vue du crédit de noter que la grande majorité (> 90 %) de ces erreurs étaient des surestimations. Très peu d'observations (seulement 5 sur 105) reflétaient des circonstances dans lesquelles les recettes de péage avaient été sous-estimées de plus de 25 %!

Cela reflète la réalité des prévisions actuelles en matière de routes à péage. Comment un analyste peut-il détecter si un projet examiné est particulièrement exposé à des erreurs ou à des biais? Le reste de ce guide aborde cette question centrale. Un bon point de départ consiste à examiner les sources d'erreurs les plus courantes qui ont entraîné des échecs prédictifs dans le passé, afin que les analystes de crédit puissent être attentifs aux signes avant-coureurs.

## Sources courantes d'erreurs de prévision

### Facteurs d'erreurs

À l'issue de quatre années d'enquêtes sur les prévisions de trafic de routes à péage, Standard & Poor's a dressé une liste des sources courantes d'erreurs de prévision. Les dix principales sources sont résumées ci-dessous (aucune hiérarchie d'importance n'est impliquée).

### Tarifs de péage élevés

L'agence de notation a identifié les tarifs de péage élevés comme une source récurrente d'erreurs dans les prévisions. Il s'agit de tarifs qui se situent en dehors des tarifs par mile (ou par kilomètre)

habituellement observés – et la réaction des consommateurs qui en découle n'étant pas bien comprise. Des tarifs de péage élevés sont parfois appliqués sur les nouvelles installations à péage urbaines afin de récupérer les coûts d'investissement initiaux importants liés aux travaux de démolition et de construction dans les zones bâties. L'agence de notation a également souligné que la réaction des utilisateurs fréquents (les navetteurs, par exemple) aux tarifs de péage élevés a été exagérée par le passé.

### Scénarios d'utilisation future du sol ou performances économiques qui ne se sont pas concrétisées

Les prévisions de la croissance future du trafic reposent sur des hypothèses concernant l'évolution future de l'utilisation du sol autour des installations à péage. Par exemple, certaines routes à péage en Amérique du Nord n'ont pas atteint les prévisions de trafic en raison d'une réduction imprévue et importante du développement commercial et résidentiel local.

De même, la croissance du trafic dépend souvent d'hypothèses clés sur les performances économiques futures d'une zone d'étude. Si les performances économiques ne répondent pas aux attentes, le volume de trafic des routes à péage peut ne pas augmenter comme prévu, voire pas du tout.

### **Des gains de temps inférieurs aux prévisions**

Si les conducteurs ne perçoivent pas ou ne réalisent pas les avantages en termes de gain de temps offerts par l'utilisation des infrastructures à péage – en particulier sur les installations urbaines de courte distance – il est peu probable que les volumes de trafic et les recettes correspondent aux attentes. Les analystes doivent s'assurer que l'érosion possible du gain de temps soit comprise et intégrée dans leurs évaluations. Les routes à péage qui se terminent dans les centres-villes peuvent entraîner des retards pour les automobilistes qui, ayant économisé du temps en empruntant ces infrastructures, doivent ensuite faire la queue pour rejoindre un réseau gratuit congestionné. Ce phénomène est connu sous le nom de « se dépêcher pour attendre ».

### **Amélioration des itinéraires concurrentiels (sans péage)**

Certains contrats de concession de routes à péage confèrent l'exclusivité au concessionnaire, lui offrant ainsi une protection contre la concurrence. D'autres prévoient que l'attractivité des routes concurrentes sera dégradée ou prévoient le versement d'une compensation si de nouvelles routes concurrentes viennent soustraire des recettes de l'infrastructure à péage.

Cependant, de nombreux accords ne mentionnent pas le contexte concurrentiel dans lequel les routes à péage fonctionnent (aujourd'hui et à l'avenir), ce qui expose les routes à la concurrence. Ce risque doit être bien compris car il peut entraîner une perte au flux de trésorerie importante sur laquelle le concessionnaire n'a que peu ou pas de contrôle.

### **Moins d'utilisation par les camions**

Le manque de fiabilité des prévisions de poids lourds, combiné au fait qu'ils sont souvent des contributeurs clés aux recettes, souligne l'importance de comprendre dans quelle mesure les flux de trésorerie des routes à péage dépendent de la demande de camions. Les camionneurs, en particulier les propriétaires/chauffeurs, évitent souvent les routes à péage, surtout lors de leur ouverture. Cette période de protestation peut être intense et plus longue que prévu, même dans le cadre de tests de sensibilité à la baisse. L'autoroute M6 Toll au Royaume-Uni est un bon exemple d'une route transportant moins de camions que prévu initialement, bien qu'elle soit loin d'être la seule dans cette situation. Par la suite, les prévisions de recettes ont été révisées pour tenir compte de l'utilisation réelle des camions.

### **Moins de trafic en dehors des heures de pointe ou le week-end**

Les modèles de trafic simulent généralement les conditions de trafic aux heures de pointe. Des hypothèses sont formulées sur la relation entre les heures de pointe et hors-pointe, et ces hypothèses sont appliquées dans le calcul de la demande globale (journalière ou annuelle). Cependant, les périodes de pointe sont caractérisées par des déplacements sensibles au temps, comme les déplacements domicile-travail, où les conducteurs sont confrontés à de la forte congestion et accordent une grande importance au gain de temps.

En dehors de ces périodes de pointe, les déplacements (pour faire du shopping ou pour les loisirs) deviennent moins critiques en termes de temps, les réseaux deviennent moins encombrés et les conducteurs peuvent être moins disposés à payer pour des gains de temps relativement faibles. Les analystes doivent comprendre la composition des recettes de péage entre les heures de pointe et hors-pointe et s'assurer que les hypothèses sur le comportement des déplacements sur les routes à péage en dehors des heures de pointe en semaine ou le week-end sont bien fondées.

### **Complexité du barème des tarifs de péage**

Le développement et l'application de plus en plus répandus des technologies de télépéage permettent aux opérateurs de routes à péage ou aux organismes adjudicateurs de devenir très sophistiqués en termes de stratégies de tarification. Par le passé, les conducteurs payaient généralement un tarif simple fixe ou lié à la distance pour parcourir la longueur de la route à péage. Aujourd'hui, ce tarif peut varier selon le tronçon de route, le sens de déplacement, l'heure de la journée, le jour de la semaine, la saison de l'année et, de manière dynamique, selon le niveau de congestion. La tarification est devenue plus sophistiquée, tout comme les options de paiement proposées aux clients. Les conducteurs peuvent être moins conscients du montant exact payé – et adopter un comportement différent – s'ils sont facturés via un compte de carte de crédit sur une base mensuelle. Tout cela complique le défi des prévisions de trafic. Les modèles de trafic doivent être appliqués à un niveau plus granulaire afin que les différentes composantes des flux de trésorerie puissent être estimées avant d'être agrégées. Les analystes doivent noter que cela s'éloigne de la préférence, notée au départ, pour une histoire de trafic simple et intuitive.

### Sous-estimation de la montée en charge

La phase de montée en charge est la période qui suit l'ouverture du projet, lorsque les conducteurs se familiarisent encore avec la nouvelle installation et l'expérimentent. Elle se caractérise généralement par une forte croissance à partir d'une base faible. Elle se termine lorsque les habitudes de déplacement atteignent un état stable et que la croissance s'installe dans une tendance à plus long terme. Anticiper la forme et la durée d'un profil de montée en charge est reconnu par beaucoup comme l'un des défis les plus difficiles auxquels sont confrontés les prévisionnistes du trafic. Beaucoup se contentent d'imposer simplement un profil « estimé » (comme 70 %, 90 %, 100 % sur trois ans) sans grande justification empirique. Une discussion approfondie sur la montée en charge dépasse le cadre de ce guide. Il convient toutefois de noter

que, en particulier pour les projets en site vierge, la montée en charge peut prendre beaucoup plus de temps que prévu, ce qui entraîne une baisse des flux de trésorerie au cours des premières années d'exploitation du projet, période particulièrement sensible sur le plan financier. Compte tenu de l'incertitude, il semblerait judicieux de procéder à des tests de sensibilité rigoureux, en évaluant la résilience du modèle financier à d'autres hypothèses de montée en charge.

### Erreur de calcul de la valeur du gain de temps

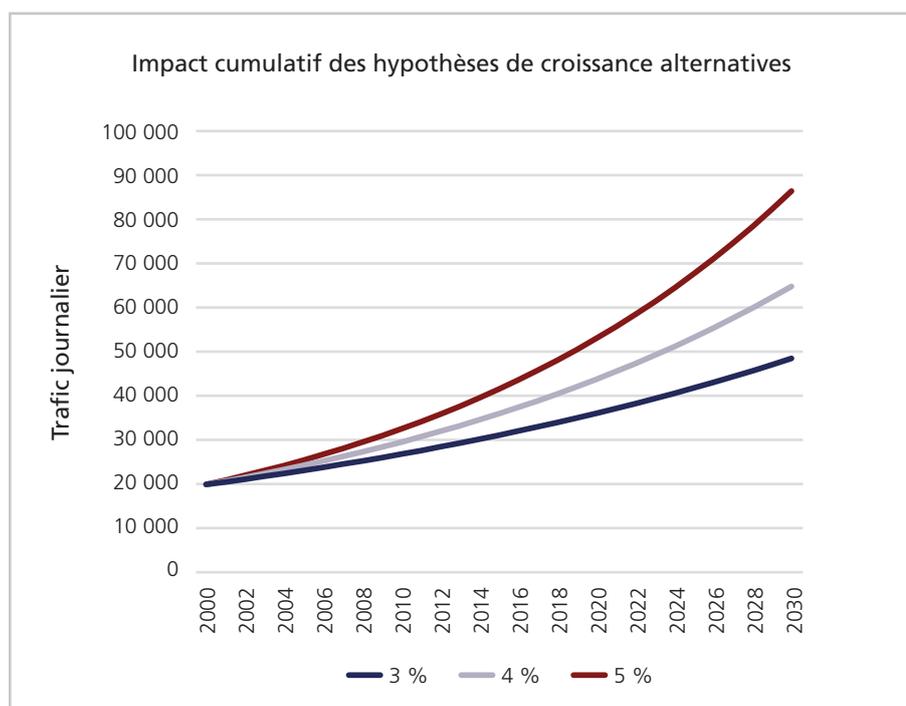
En tant que concept, la valeur du gain de temps est au cœur de tous les modèles de prévision du trafic routier à péage. Cependant, les valeurs du gain de temps varient selon les individus et, en fait, varient pour le même individu en fonction de facteurs tels que le but du déplacement.

Valeur du temps économisé lorsque nous nous rendons à un aéroport pour prendre un vol sera bien plus élevée que lorsque nous empruntons une route panoramique en vacances. Les rapports de prévision du trafic routier à péage doivent expliquer quelles valeurs du gain de temps ont été utilisées dans les modèles, comment elles ont été estimées et comment elles ont été appliquées – et fournir une justification solide dans chaque cas.

### Prévisions à long terme sensibles aux hypothèses du PIB

En raison des horizons de prévision à long terme, qui s'étendent généralement sur 30 ans ou plus, l'impact cumulé de différences relativement faibles dans les hypothèses formulées sur les taux de croissance du PIB ou du trafic peut s'avérer considérable. C'est ce qu'illustre la **Figure 3.2**. À la fin de l'horizon de prévision, le trafic suivant un taux de croissance de 3 % est environ la moitié de celui calculé dans le scénario d'un taux de croissance de 5 %. Peu de modèles financiers de routes à péage pourraient supporter une réduction de trafic de 50 %.

Figure 3.2 : Sensibilité des prévisions à long terme



## Autres sources d'erreurs de prévision

Hormis les travaux de Standard & Poor's, il existe peu d'études sur les sources potentielles d'erreurs de prévision du trafic. L'étude de Flyvbjerg a identifié des problèmes de précision découlant de l'utilisation de données d'enquêtes et de variables de planification obsolètes. Comme l'a fait S&P, Flyvbjerg relève en outre que certains scénarios d'utilisation du sol ne se sont pas concrétisés comme prévu.

De manière plus générale, les travaux de Flyvbjerg se sont concentrés non pas sur l'erreur, mais sur le biais d'optimisme<sup>25</sup>. Il met en garde contre ce qu'il appelle la « *fausse représentation stratégique* »<sup>26</sup> : Les parties à une transaction qui exagèrent délibérément les chiffres pour soutenir une action ou atteindre un objectif spécifique (comme lever un volume important de dette et/ou remporter un appel d'offres pour une concession de route à péage).

En 2002, Muller et Buono<sup>27</sup> ont étudié un certain nombre de prévisions de routes à péage aux États-Unis dans le but d'identifier les relations entre les performances des prévisions et les caractéristiques des routes à péage elles-mêmes. Leurs conclusions sont résumées dans le **Tableau 3.3**. Il existe une cohérence considérable entre les conclusions de Muller et Buono et les résultats de l'étude de Standard & Poor's. Muller et Buono ont associé une mauvaise performance des prévisions aux routes développées pour stimuler l'activité économique (plutôt que pour répondre à la demande existante) et aux tarifs de péage élevés – alors que des performances de prévision plus fiables ont été observées pour les routes à péage situées dans des couloirs très fréquentés, ayant une population aisée et avec une bonne connectivité avec le reste du réseau autoroutier.

**Tableau 3.3** : Performances prévues et caractéristiques de la route

Performance des prévisions	Caractéristiques des routes à péage
Les performances réelles ont égalé ou dépassé les prévisions	Partie urbaine/suburbaine bien développée d'une grande métropole
	Couloirs avec population aisée
	Trafic important sur le corridor
	Valeur élevée du gain de temps
	Bonne connectivité
	Pas d'alternatives concurrentes gratuites
Performances réelles entre 61 % et 67 % des prévisions	Croissance modeste du trafic prévue
	Modèles de trafic moins établis
	Moins intégrées au réseau existant
	Il s'agissait de périphériques partiels
	Desservant généralement des zones à recettes supérieures à la moyenne, mais avec des modèles de développement moins établis
	Plus loin des centres d'emploi
Performances réelles entre 51 % et 60 % des prévisions	Tarifs modérés à élevés (bien que l'usage soit inélastique car les conducteurs sont déjà habitués aux péages)
	Couloirs avec des schémas de circulation plus développés ou déjà établis
	Généralement construites dans de grandes zones métropolitaines ou des zones touristiques actives
	Des gains de temps « solides » prévus
Performances réelles entre 29 % et 50 % des prévisions	Croissance modérée des recettes prévues
	Générateur de trafic spécifique servant de base au projet (ex : aéroport)
	Situées dans une zone non développée
	La route à péage sensée stimuler le développement
	Taux de croissance des recettes élevé
	Augmentations périodiques des tarifs de péage prévus

Source : Adapté de Muller et Buono (2002)

Les facteurs d'erreurs résumés précédemment – dont beaucoup sont reflétés dans le **Tableau 3.3** – ont été repris par Standard & Poor's dans la compilation de son indice de risque de trafic (discuté plus loin).

<sup>25</sup> « Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition », B Flyvbjerg et al, Cambridge University Press, 2003.

<sup>26</sup> Giglio (1998) qualifie ce phénomène de « malhonnêteté intellectuelle ».

<sup>27</sup> « Start-Up Toll Roads: Separating Winners from Losers », Municipal Credit Monitor, JP Morgan, New York, 2002.

## Approches de modélisation des risques

### Tests de sensibilité et analyse de scénarios

Les analystes expérimentés se sont adaptés à l'incertitude du processus de prévision du trafic en plaçant les tests de sensibilité et l'analyse de scénarios au cœur de leur approche. Toutefois, avant de se lancer dans ces tests, il faut comprendre – et idéalement obtenir une adhésion générale – de ce que nous sensibilisons. Cela nous amène aux prévisions de trafic de base ou centrales.

L'objectif du scénario de base est de refléter ce que nous pensons être le scénario futur le plus probable. À ce stade, il est contre-productif d'intégrer des impressions subjectives sur la manière dont nous aimerions que certains intrants soient dimensionnés, car cela ne ferait qu'ajouter de la confusion. Notre appétit ou notre aversion pour le risque ne devrait pas trouver leur expression dans un scénario de base.

Les prévisions de trafic de base peuvent être accompagnées d'un scénario optimiste (généralement utilisé pour les actionnaires) et d'un scénario pessimiste (souvent appelé « scénario bancaire » dans le cadre du financement par la dette). Les considérations relatives aux actionnaires dépassent le cadre de ce guide. Le scénario bancaire résulte d'une analyse de scénarios, c'est-à-dire d'une série de tests de sensibilité individuels rassemblés en un ensemble cohérent (le scénario). C'est là que notre appétit pour le risque doit se refléter : dans les variables sélectionnées pour la sensibilisation et l'ampleur des ajustements apportés. N'oubliez pas, cependant, qu'un scénario pessimiste n'atteint ses objectifs que s'il constitue une dégradation d'un scénario de base crédible.

### Modélisation probabiliste

Dans le cadre des tests de sensibilité, le modélisateur de trafic adopte une valeur de paramètre différente de celle utilisée dans le cas de référence et l'impact sur les principaux résultats (généralement les flux de trafic le long du lien à péage du réseau autoroutier) est examiné. Dans le cadre de l'analyse de scénario, un certain nombre de tests de sensibilité sont combinés et exécutés ensemble. Dans les deux cas, toutes les variables d'entrée sont des estimations ponctuelles (par exemple, une valeur du gain de temps de 10 €/heure ou une croissance du PIB de 2,5 % par an). Le modèle suppose qu'il n'existe qu'une seule valeur possible pour chacune des variables, que le prévisionniste connaît cette valeur et qu'il a raison ! Un tel modèle est appelé modèle déterministe.

Une autre approche consiste à utiliser un modèle probabiliste. La forme la plus courante est le modèle de simulation Monte-Carlo. Un certain nombre de cabinets de conseil en trafic recommandent l'utilisation de modèles de simulation Monte-Carlo pour la prévision du trafic et des recettes des routes à péage. Ces modèles n'utilisent pas d'estimations ponctuelles. Ils utilisent plutôt des plages de valeurs et des probabilités associées. Supposons que la croissance du PIB ait varié entre 1 % et 4 % par an au cours des 20 dernières années, qu'il ait atteint en moyenne 2,5 % par an et que vous pensiez que l'avenir sera similaire au passé (généralement l'hypothèse la plus importante et la plus dangereuse du modèle de trafic). Un modèle probabiliste permet au prévisionniste de saisir ces informations. La croissance du PIB serait spécifiée comme suit :

Valeur minimale	Le plus probable	Valeur maximale
1,0 %	2,5 %	4,0 %

Cela définit une distribution triangulaire pour la croissance du PIB, comme le montre la **Figure 3.4** (page 28).

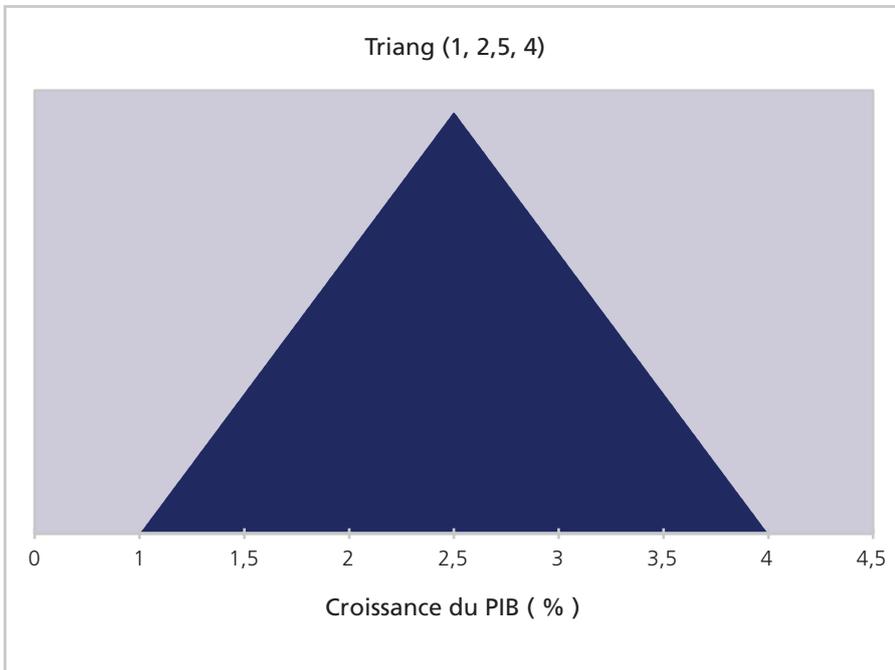
Les modèles probabilistes peuvent devenir très sophistiqués. Dans le modèle déterministe évoqué précédemment, nous avons supposé que la valeur du gain de temps était de 10 €/heure. La **Figure 3.5** (page 28) montre les résultats obtenus en supposant que les valeurs du gain de temps suivent une distribution<sup>28</sup> différente (cette fois, log-normale). La valeur moyenne du temps économisé est toujours de 10 €/heure, mais certaines personnes ont des valeurs de temps plus faibles tandis que d'autres ont des valeurs de temps beaucoup plus élevées – d'où l'asymétrie positive (la longue queue droite).

Le détail de la modélisation probabiliste n'a pas d'importance ici. C'est le concept de reformulation des estimations ponctuelles sous forme de probabilités (ou, plus précisément, de fonctions de distribution de probabilités) qui est important. Cependant, certaines précautions doivent être prises avec les modèles de probabilités :

- Le modélisateur de trafic doit définir quelles variables considérées comme des probabilités (et doit être en mesure de les justifier).
- Le modélisateur de trafic doit définir quelles fonctions de distribution de probabilités utilisées (et doit être capable de les justifier).

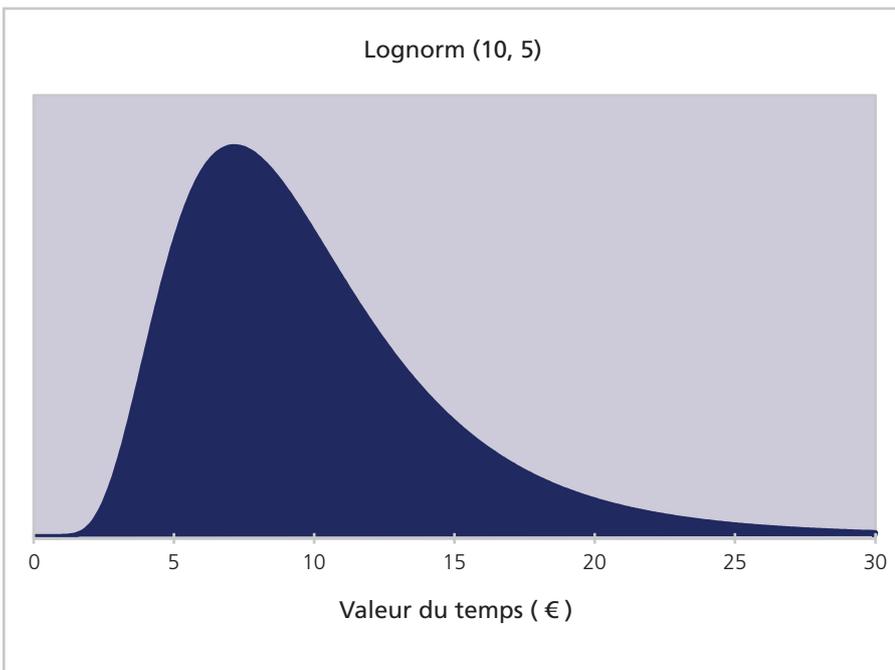
<sup>28</sup> Comme les niveaux de recettes sont généralement observés comme étant distribués de manière log-normale, une distribution log-normale est souvent suggérée pour les valeurs du gain de temps.

**Figure 3.4 :** Distribution triangulaire (1, 2,5, 4)



Source : @RISK (<http://www.palisade.com/>)

**Figure 3.5 :** Distribution log-normale (10, 5)



Source : @RISK (<http://www.palisade.com/>)

Certaines variables peuvent interagir entre elles. Le modélisateur doit donc définir (a) les variables qui interagissent et (b) la nature de cette interaction (covariance). Encore une fois, leur raisonnement doit être justifiable.

Les modèles probabilistes ne remplacent pas les modèles de trafic traditionnels. Ils en sont une extension. En pratique, les prévisionnistes du trafic prennent les résultats des modèles de trafic traditionnels et les utilisent comme données d'entrée dans les modèles probabilistes. En fait, ils modélisent le modèle.

Dans un modèle de simulation de Monte-Carlo, les probabilités remplacent les estimations ponctuelles en tant qu'intrants. Par conséquent, les résultats du modèle sont également présentés sous forme de probabilités ou de plages de valeurs. Cela peut être très utile pour indiquer l'incertitude entourant, par exemple, les volumes de trafic sur une route à péage en 2035. Cependant, l'adage GIGO (garbage in, garbage out) s'applique ici. Un prévisionniste du trafic utilisant des plages irréalistes pour certaines variables d'entrée produira une plage irréaliste pour le résultat (utilisation du trafic en 2035). Cela donnerait alors une illusion de précision et de certitude dans les résultats qui n'est tout simplement pas justifiée par les performances prédictives examinées précédemment.

## 4. Que rechercher dans une étude de trafic et de recettes

### Introduction

Ce dernier chapitre est divisé en cinq courtes sections. La première présente un ensemble de techniques analytiques qui peut être utilisé pour examiner les prévisions de trafic et de recettes des routes à péage sous des angles différents. La deuxième suggère des moyens par lesquels les conseillers en trafic pourraient mieux présenter les résultats de leurs recherches, en particulier à un public d'investisseurs.

Reconnaissant que des pressions peuvent être exercées pour gonfler les prévisions de trafic et de recettes des routes à péage dans certaines circonstances, la troisième section examine les moyens d'y parvenir – des astuces auxquelles les analystes de crédit doivent rester vigilants. La quatrième section contient une liste de vérification; un ensemble de question rapide que les analystes peuvent se poser pour vérifier leur compréhension de toute étude de prévisions de routes à péage.

Enfin, des conclusions sont tirées sur les prévisions de trafic des routes à péage aujourd'hui – et dans le futur – ainsi que les implications qui en découlent pour la structuration des transactions de qualité d'investissement.



## Approches analytiques alternatives

Jusqu'à présent, l'accent a été mis sur les détails de la modélisation du trafic et la préparation des prévisions de recettes afin que les lecteurs des rapports d'étude de la demande puissent mieux comprendre le matériel qui leur est présenté. Il est également utile d'aborder les prévisions de trafic et de recettes sous différents angles. Les différentes perspectives aident le lecteur du rapport à comprendre et peuvent servir de « test de sensibilité » intuitif. Cinq approches alternatives sont présentées aux pages suivantes à l'attention des analystes :

- Gardez ça simple,
- Déconstruction et reconstruction,
- Analyse des points critiques,
- Analyse incrémentale,
- Utilisation de l'indice de risque du trafic.

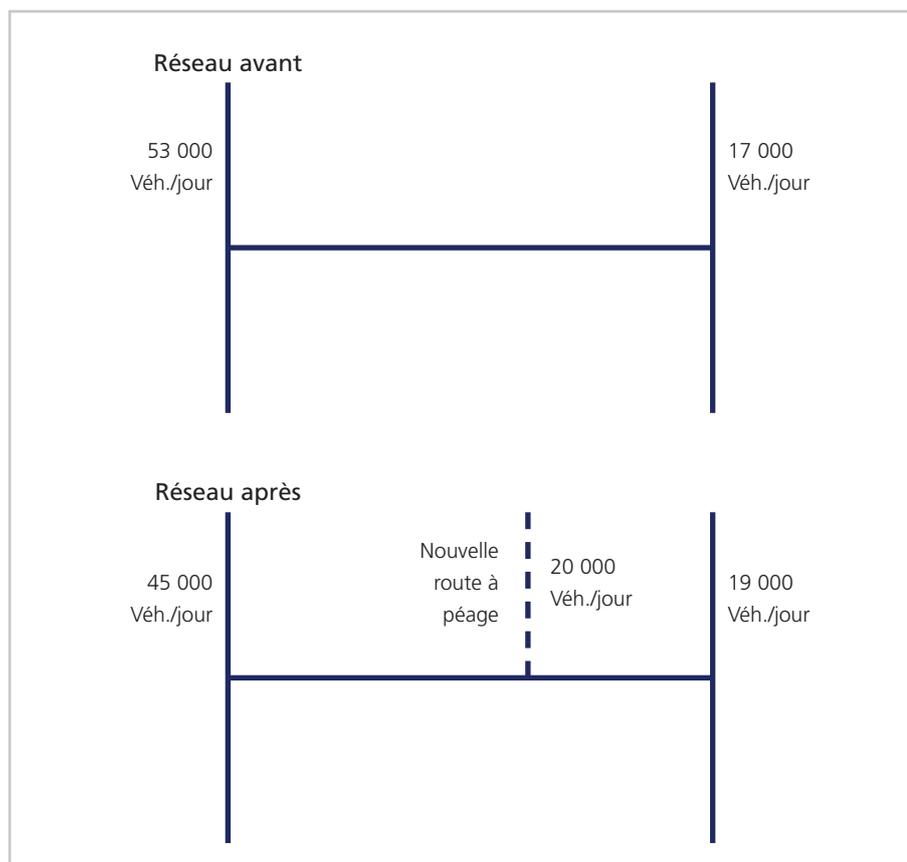
### Gardez ça simple

La simplicité consiste à éliminer une grande partie des détails souvent déroutants contenus dans les rapports d'étude de trafic et de recettes et à se concentrer sur les fondamentaux. Réduisez le réseau routier à un diagramme simplifié, par exemple, comme le montre la **Figure 4.1**.

La **Figure 4.1** montre que le mouvement total nord-sud est de 70 000 véhicules/jour avant la construction de la nouvelle route à péage et de 84 000 véhicules/jour après. Une explication est nécessaire. Cela peut être dû à la croissance naturelle du trafic, à du trafic induit<sup>29</sup>, ou à une combinaison des deux. Néanmoins, la simple représentation en diagramme allumette met en évidence le problème et suscite la question. De même, nous pouvons voir que la nouvelle route à péage capte environ 25 % du trafic total du corridor (20 000/84 000). Est-ce raisonnable? Quelles preuves le conseiller en trafic a-t-il présentées – peut-être à partir de projets comparables – pour justifier ce taux de capture élevé? Une simple représentation de la route à péage d'intérêt dans le contexte de ses principaux liens concurrents (montrant les volumes de trafic quotidiens) est un moyen utile d'améliorer votre compréhension de la façon dont les voyageurs devraient réagir à la nouvelle installation – et vous pouvez vous demander :

« *Est-ce que cela a du sens?* ».

**Figure 4.1** : Diagramme schématique des principaux liens routiers



<sup>29</sup> La construction d'une nouvelle autoroute peut, à elle seule, augmenter le nombre de déplacements dans une zone. Cette augmentation est censée être induite par l'amélioration du réseau – cependant, les données empiriques sur l'ampleur précise du trafic induit dans des circonstances données sont limitées

En restant fidèle à la philosophie « gardez ça simple », dresser un tableau de toutes les hypothèses de modélisation et de prévisions du conseiller en trafic sur une seule feuille de papier. Mieux encore, lui demander de le faire. Le **Tableau 4.2** illustre un modèle de présentation. De nombreux rapports d'étude sur le trafic et les recettes ne parviennent pas à rendre claires toutes leurs hypothèses de base, ou contiennent des références à celles-ci dispersées sur différentes pages. Cela n'est pas utile. Les regrouper sur une seule feuille concentre l'attention sur les facteurs qui déterminent les prévisions, suscitant des questions sur les hypothèses appuyées par peu, faiblement ou pas de preuves. La liste des hypothèses peut également être comparée aux tests de sensibilité décrits dans le rapport pour voir si les sensibilités les plus appropriées ont été réalisées, et pas seulement celles sélectionnées par le conseiller en trafic.

La philosophie de la simplicité repose sur l'idée introduite au tout début de ce guide : les scénarios de trafic simples et intuitifs sont les plus susceptibles d'obtenir une adhésion large. Les scénarios qui nécessitent des explications élaborées ou qui, en fin de compte, restent un mystère peuvent être crédibles, mais doivent être traités avec beaucoup de prudence par les analystes de crédit.

*Certaines de ces variables sont des sorties de modèle (par opposition aux intrants), mais il est instructif de les avoir résumées – et justifiées – dans un seul tableau. Cette liste n'est pas exhaustive. Les conseillers en trafic doivent adapter le tableau pour refléter les variables utilisées et les hypothèses formulées dans des circonstances particulières. Une justification doit également être fournie pour les hypothèses qui restent constantes (et celles qui changent) dans les années à venir.*

**Tableau 4.2** : Principales hypothèses de modélisation (à suivre à la page 32)

Variable	Hypothèse	Justification/Source/Commentaires
Général		
Logiciel de modélisation		
Période(s) de temps modélisée(s)		
Définitions des zones		
Année de référence		
Année d'ouverture		
Nombre de classes de véhicules		
Nombre de motifs de déplacement		
Variables de planification		
Croissance démographique		
Croissance des ménages		
Croissance de l'emploi		
Croissance du PIB		
Croissance des recettes		
Croissance du taux de motorisation		
Hypothèses de développement		
Variables réseau		
Capacité/voie		
Croissance de la capacité		
Limites de vitesse		

**Tableau 4.2** : Principales hypothèses de modélisation (à partir de la page 31)

Variable	Hypothèse	Justification/Source/ Commentaires
<b>Variables de trafic/chauffeur</b>		
Tarif de péage (ex, cents/mile)		
Valeur(s) du temps		
Croissance de la valeur du temps		
Pénétration télépéage		
Croissance télépéage		
Bonus télépéage		
Réductions/évasion télépéage		
Bonus autoroute		
Trafic induit		
Croissance du trafic (à court terme)		
Croissance du trafic (à long terme)		
<b>Variables d'annualisation/recettes</b>		
Facteurs d'expansion		
Répartition aux heures hors-pointe		
Grille tarifaire		
Croissance des tarifs		
Élasticité tarifaire		
Profil de montée en charge		
Année(s) future(s) modélisée(s)		
Croissance des recettes (à court terme)		
Croissance des recettes (à long terme)		

**Déconstruire et reconstruire**

L'objectif de la méthode de déconstruction et de reconstruction est d'analyser en détail les chiffres de prévisions afin d'identifier les principaux contributeurs au flux de recettes global. Cette technique est mieux illustrée par un exemple.

Une route à péage devrait accueillir 35 000 véhicules par jour peu après son ouverture. 20 000 véhicules seront transférés (réaffectés) depuis une installation gratuite très encombrée et de qualité inférieure, parallèle à la nouvelle route à péage. 10 000 véhicules seront transférés depuis d'autres routes locales de la région et 5 000 depuis deux autoroutes à une certaine distance de la nouvelle route. La nouvelle route générera des recettes annuelles de 10 millions d'euros. Le modèle financier montre que le projet doit générer 7,5 millions d'euros pour faire face aux obligations de service de la dette et couvrir les coûts d'exploitation.

Les analystes s'inquiètent de certaines hypothèses sur lesquelles reposent les prévisions et estiment qu'il existe une incertitude particulière quant au nombre de conducteurs qui effectueront des transferts depuis les deux autoroutes éloignées (et, dans une moindre mesure, depuis le réseau routier local). Une réunion avec les consultants en trafic suggère que différents niveaux de confiance peuvent être attribués aux différentes sources de trafic, bien que de manière subjective (voir **Tableau 4.3**).

**Tableau 4.3** : Déconstruction et reconstruction

Source de trafic	Trafic total par jour	Niveau de confiance	Trafic effectif par jour
Route parallèle	20 000	100 %	20 000
Routes locales	10 000	70 %	7 000
Autoroutes	5 000	0 %	0
<b>Total</b>			<b>27 000</b>

En déconstruisant le flux de trafic et en le reconstruisant (en tenant compte des inconnus, des incertitudes, de l'aversion au risque ou du malaise), l'équipe d'analyse se sent à l'aise avec des volumes de trafic autour de 27 000/jour. Étant donné que 27 000 véhicules/jour génèrent des recettes annuelles supérieures au seuil de rentabilité (7,5 millions d'euros), le comité de crédit adhère aux projections de recettes de la route à péage et peut porter son attention sur d'autres risques et sur les mesures d'atténuation prévues de la transaction.

Il s'agit d'un exemple simple. Tout ce que les analystes ont vu au départ, c'était une prévision de 35 000 véhicules par jour. En analysant les chiffres et en identifiant les principaux contributeurs au flux de recettes global, ils ont pu affiner leur compréhension. En essence, ils ont résolu le problème en se posant les questions suivantes :

- (a) De quoi avons-nous besoin, et
- (b) Que faudra-t-il pour y arriver?

Les conseillers en circulation ne présenteront pas toujours leurs résultats sous cette forme, car ils peuvent avoir une connaissance limitée de la réponse à la question (a).

#### Analyse des points critiques

Si l'on trace les prévisions du trafic d'une route à péage en fonction du temps, de nombreux résultats ressembleront au profil illustré dans la **Figure 4.4**.

Les trois cercles superposés sur la **Figure 4.4** représentent des points critiques et les prévisionnistes du trafic peuvent être invités à reformuler leurs arguments afin de justifier ces points critiques. En procédant à l'envers (de droite à gauche) :

- Quelle est la justification de la tendance à la croissance à long terme (en régime stable)?
- Quelle est la justification du profil de la phase de montée en charge?
- Quelle est la justification du volume de trafic de la première année d'exploitation?

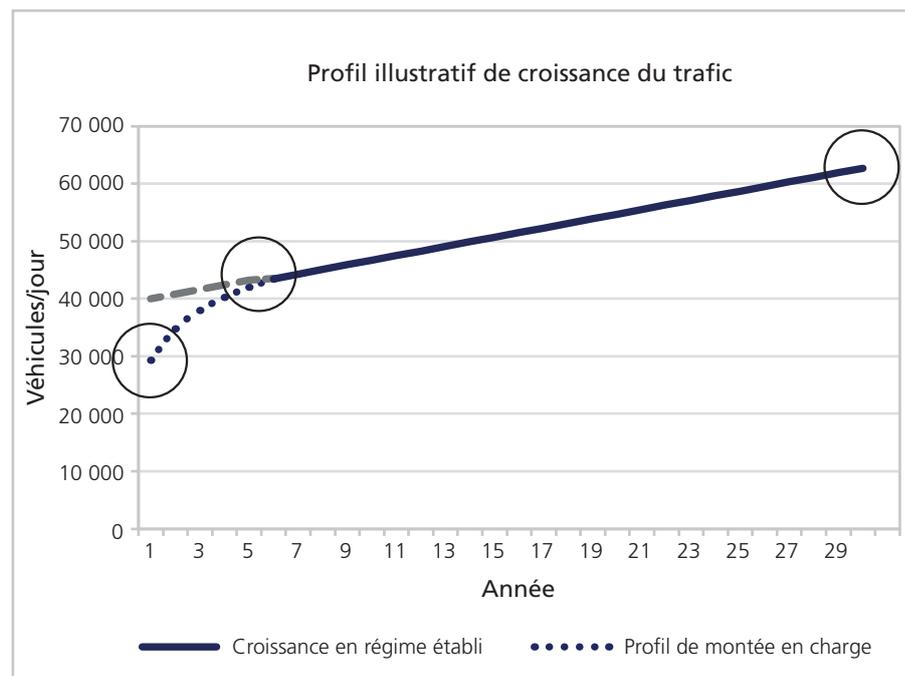
Il s'agit une fois de plus d'examiner les prévisions de trafic des routes à péage sous un angle différent. Toutefois, ces trois questions peuvent constituer une base précieuse pour des discussions approfondies entre les utilisateurs et les producteurs des prévisions de trafic.

#### Analyse incrémentale

Les rapports sur le trafic et les recettes présentent généralement des prévisions concernant l'ouverture d'une nouvelle installation à péage (ou l'extension d'une installation existante) à une date ultérieure. Les projections pour l'année d'ouverture reflètent une combinaison d'impacts : la croissance naturelle du trafic au cours des années précédentes, la demande associée à l'amélioration du réseau et l'imposition de péage. Il peut s'avérer instructif d'isoler ces impacts pour mieux comprendre leur contribution – individuellement et collectivement. C'est la base de l'analyse incrémentale.

Le conseiller en trafic peut modéliser la route à péage comme si elle était ouverte aujourd'hui, par exemple. Cela permet d'isoler l'impact de l'amélioration du réseau (la nouvelle route) des impacts de diverses hypothèses de croissance. Les résultats sont-ils cohérents? De même, le péage peut être activé ou désactivé dans le modèle, isolant l'impact associé au péage de celui associé au nouveau lien. Là encore, les résultats sont-ils cohérents?

**Figure 4.4** : Analyse des points critiques



Bien que purement hypothétique, l'analyse incrémentale peut être utilisée pour comprendre la période de transition importante (et les influences transitionnelles à l'œuvre) entre aujourd'hui et l'année d'ouverture du projet. Cela peut être particulièrement utile lorsque l'on prévoit un niveau d'utilisation élevé dès la première année d'exploitation.

### Indice de risque de trafic de Standard & Poor's

L'indice de risque de trafic de S&P a été présenté plus tôt et figure en intégralité à l'annexe A. Il s'agit d'une liste de contrôle exhaustive, élaborée à partir de données empiriques, qui évalue les caractéristiques des routes à péage en fonction d'une échelle subjective de dix points. Plus le score obtenu par rapport à cette échelle est élevé, plus le projet

est potentiellement exposé au risque et à l'incertitude liés aux prévisions. À un niveau simple, l'indice peut être utilisé comme une liste de problèmes que l'analyste (ou l'analyste avec son consultant en trafic) peut parcourir pour vérifier sa compréhension d'un projet et s'assurer qu'il n'a négligé aucun facteur à prendre en compte.

À un niveau plus avancé, une notation des risques peut être utilisée. Cette approche est illustrée dans les annexes B et C. Dans l'annexe B, des barres horizontales sont utilisées pour représenter l'exposition du prêteur à des risques spécifiques. Dans l'annexe C, les scores de risque sont accompagnés de commentaires expliquant la justification des notes attribuées. Les deux approches peuvent être utilisées pour mettre en évidence les problèmes qui nécessitent une enquête ou une analyse

plus approfondie – au point même de chercher à renégocier les conditions contractuelles concernant ces risques, à les réévaluer ou à les transférer à des tiers (assureurs par exemple).

Cela ne signifie pas que tous les risques qui donnent lieu à des notes basses sont sans importance. Cependant, ce simple registre des risques – sur une seule feuille de papier – met en évidence les principaux risques du projet qui nécessitent une attention particulière. Cette approche est logique et favorise la cohérence analytique en garantissant que les différents projets – peut-être sous la responsabilité de différents analystes de crédit ou équipes – sont évalués de manière similaire et peuvent être comparés à des références communes.

## Pratiques optimales pour la communication des résultats

Il peut paraître étrange que la question des pratiques optimales (en termes de communication des résultats d'une étude de trafic et de recettes) soit incluse dans un guide destiné aux *utilisateurs* de prévisions. Ces suggestions ne devraient-elles pas être adressées aux prévisionnistes eux-mêmes? Les meilleures pratiques sont ici prises en compte car :

- Cela permet aux lecteurs de rapports de prévision d'examiner en quoi un rapport particulier qu'ils examinent s'écarte des meilleures pratiques – et peut susciter des questions sur les raisons pour lesquelles cela se produit.

- Il y a souvent un dialogue entre les lecteurs et les rédacteurs du rapport, au cours duquel il peut être intéressant d'examiner certains des points mentionnés ci-dessous.
- Les utilisateurs de ce guide pourront éventuellement commander des études de trafic et de recettes (ou apporter leur contribution à l'élaboration de leurs termes de référence) et, dans ce contexte, des conseils sur les meilleures pratiques pourraient s'avérer utiles.

Il existe un certain nombre d'éléments qui pourraient être considérés comme des pratiques exemplaires en matière de conduite d'une étude de trafic et de recettes d'une route à péage et, plus particulièrement, de communication de ses résultats. Certains points clés sont examinés ci-dessous.

### Comprendre et communiquer la proposition commerciale

Trop de rapports d'étude sur le trafic et les recettes plongent directement dans des détails techniques sans prendre le temps de présenter clairement le produit (l'infrastructure à péage), de l'offre de valeur (gain de temps, temps de trajet fiable, absence de congestion, etc.) et de la réaction probable des usagers. Il a déjà été souligné qu'une histoire de trafic simple et intuitive est l'outil le plus puissant pour obtenir une large adhésion à la proposition commerciale que représente une route à péage. Les analystes de crédit devront discuter des projets-candidats avec des collègues et les présenter aux comités de crédit. Les rapports sur le trafic et les recettes doivent être rédigés de manière à faciliter cette communication et les présentations concises et précises par des tiers non techniques.

### **Hypothèses et justifications du cas de référence**

Les hypothèses de base doivent être consolidées dans un seul tableau dans un rapport d'étude de trafic et de recettes. Ces hypothèses doivent être solidement justifiées. Il est utile que le prévisionniste du trafic puisse expliquer non seulement pourquoi certaines hypothèses ont été formulées, mais aussi pourquoi d'autres ont été rejetées. Ces arguments sont considérablement renforcés lorsque des preuves empiriques sont fournies à l'appui.

Certaines hypothèses peuvent s'appuyer sur la poursuite de tendances historiques (par exemple, le PIB a augmenté en moyenne de 2 % par an au cours des 20 dernières années). Certains prévisionnistes imputent aux lecteurs du rapport la responsabilité d'expliquer pourquoi ces tendances ne se poursuivraient pas dans le futur. Ceci est une mauvaise approche. Il incombe clairement au prévisionniste d'expliquer pourquoi ces tendances devraient se poursuivre, sans changement de forme, pendant de nombreuses années.

Il est également utile pour le prévisionniste de critiquer son propre travail. Mieux que quiconque, il connaît les limites de son analyse<sup>30</sup> et des approches utilisées, et il sait où se situent les incertitudes résiduelles. Il doit les partager dès le départ avec le public visé, plutôt qu'elles soient révélées ultérieurement lors d'un examen critique. L'objectif principal d'un bon rapport d'étude de trafic et de recettes n'est pas d'énoncer une position pour ensuite la défendre avec acharnement. Les bons rapports visent à communiquer des informations et à partager l'expertise de manière à favoriser la discussion, le débat et la compréhension.

### **Équilibre dans la présentation du rapport**

Trop de rapports d'étude de trafic et de recettes sont chargés en amont, dans le sens où les trois quarts du texte sont consacrés à la calibration du modèle de l'année de référence (et à tout travail préparatoire qui l'a précédée). Un modèle de l'année de référence calibré n'est pas la fin d'un processus important. C'est le début d'un processus. Une grande partie du travail préparatoire – et des détails techniques qui l'accompagnent – pourrait utilement être présentée sous forme d'annexes au rapport. La calibration du modèle est importante, même s'il est difficile d'imaginer que les principaux cabinets de conseil dans ce domaine auraient du mal à produire des modèles de trafic calibrés pour l'année de référence, en particulier s'ils se limitent à la modélisation des périodes de pointe. C'est ce qui se passe une fois le modèle calibré qui constitue la principale préoccupation de l'analyste de crédit.

En termes d'équilibre des rapports, une table des matières suggérée pour une étude du trafic et des recettes de routes à péage préparée spécifiquement pour l'examen des investisseurs est présentée à l'annexe D. Il ne s'agit pas d'une prescription définitive – c'est simplement une illustration. Il est recommandé de produire un rapport concis et clair d'environ 50 pages, dont 20 se concentrent, après la calibration du modèle, sur les prévisions elles-mêmes et leur interprétation, les tests de sensibilité et l'analyse de scénarios. Les tests de sensibilité sont essentiels pour comprendre la solidité et la résilience des flux de trésorerie du projet. Ils doivent cependant être menés de manière intelligente, et non pas simplement en modifiant certaines variables de 10 % pour voir ce qui se passe.

Le prévisionniste doit justifier (a) quelles variables doivent être sensibilisées, (b) pourquoi et (c) dans quelle mesure. Le résultat des tests de sensibilité doit produire des résultats exploitables, pas seulement des données. Ce qui compte, c'est ce que signifient les résultats.

### **Le rôle des évaluations par les pairs**

Le recours à une évaluation par les pairs d'une étude de trafic et de recettes peut être un moyen très utile pour un public non technique de se familiariser rapidement avec les principales questions analytiques. Les évaluations par les pairs sont courantes aux États-Unis, mais ne sont pas encore largement adoptées ailleurs – bien que la diligence raisonnable indépendante puisse remplir certaines de leurs fonctions. Cependant, les commissions de diligence raisonnable donnent souvent lieu à des évaluations documentaires, alors qu'il y a plus d'interaction entre le consultant en trafic initial et son évaluateur dans le cadre d'une évaluation par les pairs.

<sup>30</sup> La plupart des enquêtes sur le trafic reposent par exemple sur un échantillonnage, ce qui limite les résultats ultérieurs.

## Comment gonfler les prévisions

Les critères d'évaluation utilisés pour attribuer de nombreuses concessions de routes à péage financées par des fonds privés visent à maximiser les recettes (ou à minimiser les dépenses) des organismes adjudicateurs. Dans les appels d'offres, les critères d'évaluation sont généralement publiés, établissant dès le départ les « règles du jeu ». Les soumissionnaires sont incités à élaborer des stratégies optimisées qui répondent au mieux à ces critères, en présentant leurs offres sous le meilleur jour possible et maximisant leurs chances de remporter la compétition. Dans de telles circonstances, les prévisions de trafic et de recettes sont vouées à attirer une attention considérable.

La réussite d'une stratégie de soumission et la capacité à lever des sommes importantes de dette reposent souvent sur des projections optimistes de la demande, allant même jusqu'à s'avérer peu crédibles dans les situations où les avantages à court terme de remporter une soumission sont perçus comme éclipsant les éventuels coûts à long terme. Cela est particulièrement vrai lorsque les bénéfices sont concentrés au début de la concession ou dans les cas où, pour des raisons pratiques ou de réputation, les organismes adjudicateurs peuvent être ouverts à une renégociation ultérieure des contrats. En bref, le processus d'appel d'offres en général – et les critères d'évaluation des offres en particulier – récompensent les prévisions de trafic et de recettes élevées, et non celles qui sont précises. Cela exerce une pression asymétrique sur les conseillers en trafic en termes de résultats de leurs modèles de prévision. Dans ce contexte, les paragraphes suivants résumant 21 façons dont les projections de trafic et de recettes de routes à péage peuvent être gonflées – des astuces que les investisseurs et les analystes de crédit doivent surveiller.

### 1. Embellir l'infrastructure

La représentation d'une route à péage dans un modèle de trafic peut être valorisée de diverses manières. Un traitement incomplet des retards que subissent les conducteurs aux postes de péage ou lorsqu'ils quittent la route à péage (et rejoignent un réseau gratuit encombré) rend la route à péage plus attrayante pour les utilisateurs potentiels. Il en va de même pour l'exagération de la capacité des voies. Les modélisateurs de trafic utilisent généralement des hypothèses sur la manière dont la capacité d'une installation à péage augmentera dans les années à venir, malgré le fait que sa géométrie et sa configuration restent inchangées! Cela est censé refléter le fait que le comportement des conducteurs s'adapte au fil du temps - en termes de tolérance à la distance de suivi - de sorte que la capacité « effective » d'une route augmente. Naturellement, cela améliore l'attrait de la route. Les conseillers en trafic doivent fournir des preuves pour étayer ces hypothèses si elles doivent être intégrées dans les modèles de trafic de base.

Une autre approche consiste à affaiblir le paysage concurrentiel. La position concurrentielle d'une route à péage apparaîtra forte dans des circonstances où les installations alternatives offrent des niveaux de service particulièrement médiocres aux usagers. Cela peut être obtenu en dégradant la capacité d'une route concurrente en utilisant des rapports vitesse/flux punitifs ou des limitations de vitesse, ou en mettant trop l'accent sur les retards (tels que ceux subis par les conducteurs aux carrefours à feux). Cela peut également être obtenu en simplifiant à outrance le contexte concurrentiel – en ignorant les itinéraires de contournement dans un réseau urbain ou en négligeant le potentiel de concurrence d'autres routes ou modes de transport à l'avenir.

### 2. Sélection biaisée des variables de planification

Les variables sociodémographiques et de planification des années futures utilisées par les modèles de trafic sont généralement présentées sous forme de plages de valeurs. Une sélection systématique de variables situées aux extrémités supérieures de ces plages exercera, toutes choses étant égales par ailleurs, une pression à la hausse sur les prévisions de trafic. C'est l'une des raisons pour lesquelles toutes les hypothèses d'entrée d'un modèle doivent être présentées sous forme de tableau sur une seule feuille et justifiées, avec des preuves à l'appui fournies par le conseiller en trafic.

Une variante de ce thème consiste à utiliser des variables de planification conçues pour atteindre des objectifs politiques particuliers. Un rapport récent examiné parle de « *cibles de planification* ». Ces variables apparemment indépendantes et impartiales – telles que les projections démographiques – peuvent servir de base à l'allocation des fonds par l'État aux gouvernements régionaux. Les producteurs de ces prévisions de planification ont donc intérêt à gonfler leurs propres projections, qui peuvent ensuite être utilisées pour gonfler les prévisions de trafic. Comprendre la ou les sources de ces variables sociodémographiques et de planification « indépendantes » peut aider à atténuer ce risque. La présentation de prévisions de planification alternatives provenant de différentes sources des secteurs public et privé renforce la confiance des analystes de crédit et des investisseurs.

### 3. Sélection « stratégique » de la tendance historique

Avec une série de données chronologiques (par exemple sur le trafic ou les recettes de péage), il est souvent possible d'isoler différentes tendances en sélectionnant soigneusement la période à analyser. Déterminer l'histoire à raconter, puis trouver les données qui l'appuie. La tendance de croissance historique était-elle de 5 %, 7 % ou 3 % par an ?

La **Figure 4.5** montre la série chronologique historique des miles parcourus sur le Pennsylvania Turnpike aux États-Unis. Au cours de la période allant de l'ouverture en 1941 à 2006, le taux de croissance annuel composé était de 5 % par an. De 1952 à 2006, le taux n'était que de 3 %. Cependant, pour appuyer les prévisions de trafic élevées, de 1943 à 2006, le taux était très utile, de 7 %. Ces différents taux de croissance sont tous dérivés du même ensemble de données historiques, mais de différentes parties de celui-ci.

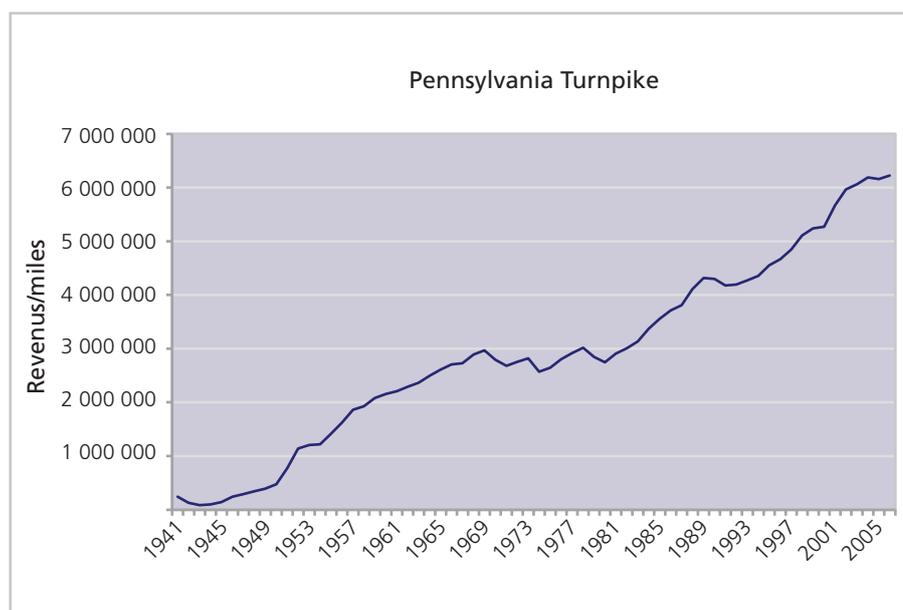
### 4. Application et présentation biaisées des facteurs de croissance

Les rapports d'étude sur le trafic et les recettes fournissent généralement des statistiques à l'échelle de la région pour appuyer leurs prévisions. Un rapport peut indiquer que, sur l'ensemble de la région sous-étude, de 2010 à 2030, une croissance démographique moyenne de 1,2 % par an est prévue. Cela semble raisonnable, voire conservateur. Mais qu'en est-il de la répartition de cette croissance ? Si le modèle est spécifié de telle sorte que la majeure partie de la croissance démographique devrait avoir lieu dans les zones adjacentes à la route à péage ou qui l'alimentent, il ne serait pas surprenant de constater des taux de croissance du trafic élevés sur l'actif lui-même – certainement supérieurs à 1,2 % par an !

### 5. L'avenir ressemblera exactement au passé

Certaines prévisions de routes à péage sont établies dans un contexte de forte croissance historique du trafic. Pourquoi de telles tendances devraient-elles se poursuivre sans relâche au cours des 25 à 30 prochaines années ou au-delà ? Et qu'en est-il des relations historiques, telles que l'élasticité entre la croissance du PIB et la croissance du trafic ? Pourquoi cette relation devrait-elle rester constante tout au long de l'horizon de prévision ? Il appartient au prévisionniste du trafic de justifier ces éléments, en particulier si la dette s'accumule ou si les calendriers d'amortissement de la dette sont décalés dans le temps. En l'absence de justification solide, les prévisions de base doivent être ajustées en conséquence pour refléter l'incertitude croissante associée aux projections à long terme et des tests de sensibilité doivent être utilisés pour évaluer l'impact des relations clés qui pourraient changer à l'avenir.

**Figure 4.5 :** Série chronologique des Recettes-miles sur le Pennsylvania Turnpike



Source : [www.paturnpike.com](http://www.paturnpike.com)

## 6. L'avenir ne ressemblera en rien au passé

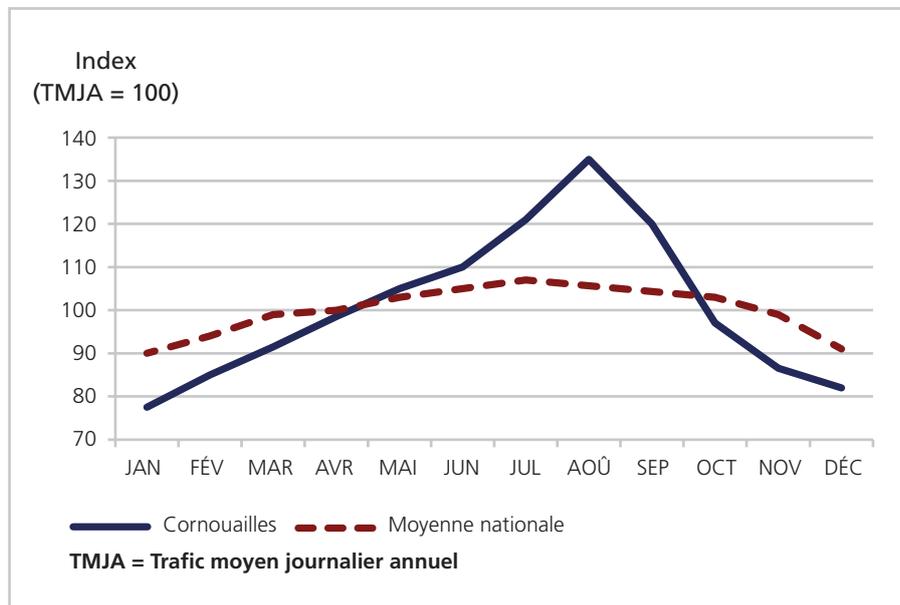
Une étude récente sur le trafic et les recettes examinée par l'auteur a clairement démontré, avec de bonnes preuves à l'appui, que la croissance historique du trafic dans la zone d'étude n'avait été ni forte ni constante. Le long de certains corridors clés, les volumes de trafic avaient diminué. Pourtant, selon les prévisions de trafic, l'avenir était celui d'une croissance forte et soutenue. Aucune explication n'a été fournie pour le changement dramatique entre le passé et l'avenir. Au mieux, cela suggère une forme d'aveuglement vis-à-vis du modèle. Le conseiller en trafic a été absorbé par la mécanique de construction du modèle au point de ne plus voir le manque de crédibilité des résultats du modèle. D'autres signes d'aveuglement aux limites du modèle ont été récemment observés, notamment des scénarios de faible croissance qui ont abouti à des projections de trafic et de recettes supérieures au cas de base et à des tests de sensibilité à la baisse qui ont eu peu d'impact sur les recettes du projet. Ce n'est pas parce que le modèle présente certains résultats que ceux-ci doivent être présumés crédibles.

## 7. Exploiter la saisonnalité à votre avantage

Les enquêtes sur le trafic doivent être menées les jours et les mois neutres de l'année. Ces jours sont typiques en termes de schémas de déplacement et de conditions de circulation. Les calendriers des projets ne permettent pas toujours de procéder ainsi. Toutefois, le fait de ne pas tenir compte de facteurs tels que la saisonnalité peut conduire à des résultats de modélisation erronés.

La **Figure 4.6** montre l'impact de la saisonnalité sur les routes en Cornouailles – une destination touristique populaire dans le sud-ouest de l'Angleterre – et compare les schémas de circulation dans cette région avec la moyenne du Royaume-Uni.

**Figure 4.6 :** Exemple de saisonnalité



Bien que la tendance nationale montre une certaine saisonnalité, elle est modérée par rapport à celle enregistrée en Cornouailles. En août, le trafic en Cornouailles est de 35 % supérieur à la moyenne annuelle. La **Figure 4.6** montre à quel point certains mois de l'année peuvent être atypiques. Les jours de la semaine peuvent présenter une variabilité similaire. Comparer le trafic des jours de marché à celui d'un jour de semaine moyen. Sans ajustement approprié, les enquêtes menées lors de journées ou de mois exceptionnellement chargés surévalueront le nombre de déplacements effectués dans une zone et, *toutes choses étant égales par ailleurs*, mèneront à des projections de trafic plus élevées.

## 8. Éliminer les vérités dérangeantes

Cela s'illustre mieux par un exemple concret. Supposons une étude de temps de parcours effectuée à cinq reprises distinctes le long d'une route gratuite, alternative à une route à péage proposée. Les temps de parcours individuels sont présentés dans le **Tableau 4.7**.

Le temps de parcours moyen est de 12 minutes (ligne supérieure). Cependant, le parcours 4 a été nettement plus rapide que les autres. Si l'on considère ce résultat comme une valeur aberrante et supprimée, le temps de parcours moyen passe à 13,5 minutes (ligne inférieure). Ce résultat est utile, car il dégrade l'attrait de l'infrastructure alternative et renforce la compétitivité de la route à péage.

**Tableau 4.7 :** Résultats des mesures de temps de parcours

Tous les temps de parcours en minutes					
Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Moyenne
17	11	14	6	12	12
17	11	14	N/A	12	13,5

La différence entre 12 et 13,5 minutes peut sembler insignifiante, mais certaines techniques d'estimation de la demande, notamment la formulation Logit décrite précédemment, peuvent être très sensibles aux petits changements dans les caractéristiques des alternatives concurrentes. Selon la forme de la courbe, ces petits changements peuvent avoir un impact disproportionné sur le pourcentage de trafic projeté qui utilisera la route à péage. Les conseillers en trafic qui utilisent des modèles Logit doivent indiquer dans quelle mesure leurs estimations de capture de marché sont stables face aux petits changements dans le paysage concurrentiel – mais ils le font rarement.

### 9. Concevoir et administrer des enquêtes pour obtenir les résultats requis

Les chercheurs en transport reconnaissent qu'il est possible d'obtenir des résultats spécifiques à partir de certains types d'enquêtes grâce à une conception et une administration stratégiques. De même, il est possible de biaiser les résultats en raison d'une conception et d'une administration médiocres. Cela est particulièrement vrai pour les enquêtes de préférences déclarées, où les choix des répondants entre différentes options de déplacement peuvent être influencés par des facteurs tels que la gamme de niveaux d'attributs qui leur sont présentés et l'absence de tout choix de refus (obligeant les répondants à prendre une décision).

Cela ne signifie pas que les techniques de préférences déclarées sont intrinsèquement défectueuses. Les bons praticiens sont attentifs aux problèmes mentionnés ci-dessus et devraient être capables de minimiser ces influences.

**Tableau 4.8 : Facteurs d'expansion et leur influence**

Facteurs d'expansion	Scénario A	Scénario B
Heure de pointe du matin en tant que fraction du trafic quotidien en semaine	1/8	1/10
Trafic quotidien en semaine en tant que fraction du trafic annuel	1/250	1/275
<b>Chiffre d'affaires annuel</b>	<b>4,8 M\$</b>	<b>6,6 M\$</b>

Cependant, les analystes de crédit devraient chercher un certain réconfort à cet égard – peut-être en s'assurant de faire appel à des sociétés internationalement reconnues et expérimentées dans ce domaine – conscients du fait qu'il reste possible d'influencer les résultats de l'enquête grâce à une contextualisation, une sélection et une définition judicieuses des questions posées aux répondants.

### 10. La magie des facteurs d'expansion/d'annualisation

Les modèles de trafic se concentrent sur les heures critiques de la journée, comme les heures de pointe du matin en semaine. Des facteurs d'expansion sont utilisés pour extrapoler les résultats, généralement sous forme d'estimations annuelles (recettes de péage par an, par exemple). Plus la période modélisée est courte, plus l'accent est mis sur ces facteurs d'expansion. De petites modifications des facteurs peuvent avoir un impact significatif sur les calculs de recettes finaux.

Supposons qu'un modèle de trafic suggère que, pendant une heure de pointe du matin en semaine, 1 600 véhicules emprunteront une route à péage en payant en moyenne 1,50 \$. Deux séries alternatives de facteurs d'expansion sont présentées dans le **Tableau 4.8** (scénarios A et B).

L'estimation des recettes annuelles à l'aide des facteurs d'expansion du scénario A se traduit par une estimation de 4,8 millions de dollars. En utilisant les facteurs alternatifs – mais toujours plausibles – du scénario B, les recettes sont de 6,6 millions de dollars (une hausse de près de 40 %). Cette différence significative n'a rien à voir avec le modèle de trafic. Elle résulte de l'utilisation de facteurs d'expansion différents. Les conseillers en trafic doivent expliquer leur choix des valeurs utilisées et doivent effectuer et communiquer les résultats des tests de sensibilité si les projections de recettes semblent particulièrement dépendantes de ces facteurs. Contrairement à l'exemple simple donné ici, le processus d'expansion derrière certaines prévisions peut être complexe. Il est important que les analystes comprennent bien ce processus.

### 11. Supposer que les consommateurs agissent de manière rationnelle

Il est facile de sous-estimer la réticence de certains (et parfois de nombreux) automobilistes à payer les péages. Même dans des circonstances où le gain de temps semble intéressant, il est possible d'observer des automobilistes coincés dans des embouteillages simplement pour éviter de payer un montant relativement modeste. Cela peut sembler défier la logique – et être contraire à ce que suggère un modèle de trafic – mais cela peut néanmoins être observé. C'est pourquoi les analystes de crédit doivent prêter une attention particulière à toute donnée de préférence révélée (issue d'infrastructures comparables) présentée par les conseillers en circulation à l'appui des projections de péage – ou, tout aussi bien, à l'absence de données de préférence révélée.

### 12. Supposer que les consommateurs font le même choix à chaque fois

Un pont à péage urbain à San Juan, à Porto Rico, illustre bien ce problème. Il est principalement destiné au trafic des navetteurs se dirigeant vers le quartier d'affaires du centre-ville de la capitale. Le tarif est de 1,50 \$ (voiture) et le modèle de trafic initial surestimait la demande

de 46 % au cours de la première année complète d'exploitation. Une analyse ultérieure des habitudes de déplacement sur le pont a révélé que les navetteurs n'utilisaient pas le pont dans chaque direction, ni tous les jours. Ils utilisaient le pont de manière sélective. Ils étaient plus enclins à payer pour rentrer chez eux rapidement que pour aller travailler rapidement – et cet effet devenait plus prononcé vers la fin de la semaine de travail.

Le modèle de trafic proposait un paiement unique de 1,50 \$ (pour x minutes de gain de temps). Cependant, si les usagers utilisaient le pont deux fois par jour, cinq jours par semaine, le coût proposé était de 15 \$/semaine. Bien que le modèle ne le prenne pas en compte, il s'agissait de la véritable contrainte budgétaire à laquelle les conducteurs étaient confrontés, et à laquelle ils ont réagi. D'où leur utilisation sélective de l'infrastructure. Les modèles qui ne tiennent pas compte de ce comportement produiront des prévisions de trafic et de recettes gonflées.

### 13. Biais hypothétique : un coup de pouce?

Les enquêtes sur les préférences déclarées (PD) sont largement utilisées dans les études sur les transports, car elles constituent l'une des rares techniques permettant de mesurer les valeurs marchandes et non marchandes associées à des initiatives telles que les nouvelles routes à péage. Cette technique reste quelque peu controversée. L'analyste ne peut pas être certain de l'exactitude des valeurs estimées par les enquêtes de PD puisque qu'elles sont hypothétiques à la fois en ce qui concerne le paiement et la mise en disposition du service en question. La plupart des recherches suggèrent que les gens surestiment le montant qu'ils seraient prêts à payer pour un service lorsqu'ils n'ont pas à justifier ce choix par un engagement réel (paiement en espèces). Ce phénomène est appelé biais hypothétique et est bien documenté en laboratoire et sur le terrain – voir, par exemple, Murphy et al. (2005). Leur méta-analyse suggère que les valeurs hypothétiques moyennes pourraient être 2,5 à 3 fois supérieures aux réels paiements.

Certaines recherches contradictoires (voir Brownstone et Small, 2005) suggèrent que les PD sous-estiment en réalité le montant que les gens seraient prêts à payer en réalité. Néanmoins, les analystes doivent être conscients des préoccupations professionnelles concernant les PD et le biais hypothétique, en particulier lorsque les personnes interrogées restent incertaines de leurs réponses. L'opinion majoritaire est que, lorsqu'il existe, le biais hypothétique est susceptible de surestimer (gonfler) la réponse du consommateur. C'est une raison de plus pour laquelle les données sur les préférences révélées – des preuves tangibles – devraient être fournies en même temps que les résultats de l'enquête de PD chaque fois que cela est possible.

#### **14. Augmenter la valeur du gain de temps**

La valeur du gain de temps est un concept central dans les études de demande de routes à péage. Il s'agit d'un sujet vaste en soi. Nous nous concentrerons ici sur trois aspects seulement. Le premier est le concept de croissance de la valeur du gain de temps, car il est courant pour les consultants en trafic d'utiliser des hypothèses de croissance de la valeur du gain de temps dans les modèles de prévision des routes à péage. La théorie sous-jacente suggère que les revenus disponibles augmenteront – en termes réels – à l'avenir et que, par conséquent, la valeur attribuée aux gains de temps devrait également augmenter à l'avenir. Les prévisions du PIB sont souvent utilisées comme indicateur de la croissance des revenus disponibles, bien que le facteur de croissance réel appliqué à la valeur du gain de temps puisse être plus élevé (par exemple, 1,2 fois la croissance des revenus disponibles).

L'augmentation de la valeur du gain de temps augmente l'utilisation des routes à péage dans les années à venir. Il peut y avoir des arguments en faveur d'une telle approche – et ceux-ci doivent être articulés comme il se doit – mais l'impact de cette croissance est généralement matériel et doit être isolé et compris par les analystes de crédit qui peuvent avoir l'impression que, dans certaines situations, cette hypothèse peut avoir un parfum d'optimisme excessif, ressemblant davantage à un scénario optimiste pour les actionnaires qu'à une prévision prudente.

Il convient de mentionner ici un deuxième problème concernant les gains de temps. Quand il s'agit de gain de temps mineur, l'approche conventionnelle consiste à dire que le conducteur qui évalue une heure de gain de temps à 20 \$ évalue automatiquement un gain de trois minutes à 1 \$. C'est ce qu'on appelle l'approche à valeur constante et elle a suscité de nombreuses critiques. Les chercheurs suggèrent que les petites économies de temps sont intrinsèquement moins utiles que les grandes – en particulier si vous ne pouvez rien faire avec le temps économisé – et que les petites économies de temps peuvent passer inaperçues (et donc non valorisées) par les voyageurs. Les hypothèses sur les gains de temps relativement faibles sont particulièrement pertinentes dans le contexte des courts tronçons de route, des ponts ou des tunnels à péage. La sous-performance récente des revenus de certains tunnels à péage urbains en Australie, par exemple, peut être en partie attribuée à une surestimation du prix que les consommateurs sont prêts à payer pour économiser des temps de déplacement relativement faibles.

Enfin, il y a la question de la valeur du gain de temps dans les conditions de congestion. Certains conseillers en trafic affirment que la valeur du gain de temps varie en fonction des niveaux de congestion et que des valeurs supérieures à 1,5 fois la valeur de base ont été observées. Les conseillers en trafic établissent un parallèle avec la valeur du temps d'attente dans les modèles de transport public (qui est généralement plus élevée que la valeur du temps de déplacement – reflétant la perception du temps qui passe plus lentement pendant l'attente). L'impact est que davantage de trajets dans le modèle sont attribués via l'installation à péage et l'effet s'amplifie à l'avenir à mesure que les niveaux de congestion se détériorent sur l'ensemble du réseau, encourageant encore plus de trafic à utiliser la route à péage.

#### **15. Surestimation de la prime de routes à péage**

Certains modèles de trafic intègrent l'utilisation d'une « constante modale » – une prime ou un bonus de péage – pour saisir l'attrait inhérent des routes à péage. Cela suggère que si une route à péage et son alternative gratuite ont un coût généralisé équivalent, au lieu d'une répartition du trafic de 50 : 50, un plus grand nombre de véhicules emprunteront la route à péage. La prime est censée englober les caractéristiques de la route qui ne sont pas entièrement estimées dans le modèle (peut-être des attributs plus difficiles à quantifier comme la qualité de conduite ou la sécurité perçue). L'impact de la prime est reproduit dans des modèles qui, à l'inverse, pénalisent les liens qui concurrencent la route à péage.

Le danger réside ici dans la surestimation de la prime, c'est-à-dire dans l'exagération de l'attrait intrinsèque de l'infrastructure. Cela gonflerait les recettes. Toute prime de routes à péage utilisée par les consultants de trafic devrait être explicite et justifiée, au point de réexécuter le modèle en son absence pour déterminer la contribution aux recettes apportée par l'hypothèse sur la prime seule.

### 16. Surestimer le rendement

Le rendement correspond aux recettes moyennes par véhicule. La plupart des routes à péage étant dominées par l'utilisation de voitures particulières, le rendement est généralement proche du tarif payé par ces véhicules. En raison des tarifs proportionnellement plus élevés, plus la contribution des camions et des autobus est importante, plus le rendement sera élevé. Une surestimation du nombre de camions utilisant une route à péage gonflera de manière disproportionnée les recettes globales. Cela est particulièrement préoccupant, car l'utilisation des routes à péage par les camions est notoirement difficile à prévoir et est souvent surestimée.

Les calculs de rendement peuvent également être surestimés si des hypothèses irréalistes sont formulées quant à l'adoption des programmes de réduction proposés par l'opérateur de routes à péage. De même, des estimations irréalistes de l'évasion et/ou des exonérations de péage surévalueront le rendement. Les analystes doivent comprendre non seulement les recettes prévues, mais aussi la composition de ces recettes et toutes les hypothèses qui les sous-tendent.

### 17. Dépendance aux projets de développement spéculatif

Les plans d'aménagement du territoire constituent un élément clé de la modélisation du trafic. Toutefois, certains projets de développement annoncés sont ambitieux. La confiance que l'on peut accorder aux plans d'aménagement du territoire est un problème complexe dans les économies en transition ou en croissance rapide, en particulier dans les pays où les régimes d'urbanisme sont moins réglementés. Cependant, c'est également un problème dans de nombreux pays développés.

Les projets purement spéculatifs devraient être exclus des prévisions de trafic de base. De même, les projets qui devraient découler de la construction d'une nouvelle route à péage doivent être traités avec prudence en termes de contribution au trafic et, par conséquent, aux recettes de péage. L'inclusion de développements spéculatifs et générés dans les modèles de demande de routes à péage ne sert qu'à gonfler les projections de trafic et de recettes.

### 18. La joie de la demande induite

Il est largement reconnu que la construction de nouvelles infrastructures routières génère du trafic. Cependant, la relation est loin d'être claire ou cohérente. Souvent, les prévisionnistes du trafic routier à péage émettent une hypothèse sur le trafic généré (induit) et l'ajoutent à leurs prévisions. Un ajustement à la hausse de 10 % n'est pas rare, mais il est rarement rigoureusement justifié.

Les analystes doivent déterminer si un tel ajustement a été apporté aux trafics et examiner ensuite les éléments de preuve fournis à l'appui. Dans certains cas, la contribution du trafic induit a été supprimée des prévisions de base des recettes des routes à péage, ce qui reflète le fait qu'une incertitude considérable entoure cette contribution aux recettes. Comme auparavant, le trafic induit sert utilement à gonfler les recettes du projet.



### 19. Proposer votre propre réduction sur les péages

Certaines études suggèrent que, en termes d'utilisation des routes à péage, les conducteurs peuvent réagir différemment aux différents modes de paiement, notamment les options sans espèce. En utilisant les technologies de collecte électronique des péages (télépéage), les conducteurs n'ont pas à payer le péage au moment/au point d'utilisation. Le débit est effectué sur leur compte de carte de crédit et ils sont facturés, à terme échu, sur une base mensuelle. Il est suggéré que cela encourage l'utilisation des routes à péage au-delà de ce que l'on attendrait d'une opération en espèces uniquement. Pour capturer cet effet, les modélisateurs du trafic parlent de « remise perçue du télépéage » – la remise reflétant les perceptions erronées des utilisateurs du prix payé en raison du péage électronique et du report de paiement. Noter que cela est entièrement distinct (et en plus de) de toute remise réelle dont bénéficient les usagers du télépéage.

Dans une étude récente, la réduction perçue sur les péages a été fixée à 15 % et les tarifs ont été réduits à 0,85 x leur valeur nominale. Bien entendu, la réduction du prix encourage l'utilisation des routes à péage et gonfle les prévisions de trafic. Les analystes de crédit devraient rechercher des preuves à l'appui des réductions perçues sur les péages dans les études de trafic avant d'accepter les prévisions de recettes basées sur des tarifs artificiellement réduits.

### 20. Supposer une montée en charge instantanée ou rapide

Comme nous l'avons vu précédemment, la montée en charge est la période qui suit l'ouverture d'une nouvelle installation à péage et au cours de laquelle les conducteurs expérimentent de nouveaux itinéraires. Il s'agit d'une période généralement caractérisée par une forte croissance du trafic (à partir d'une base faible) et qui se termine lorsque les tendances de déplacement se stabilisent. Il est notoirement difficile de prédire son ampleur et sa durée. Les consultants en trafic supposent souvent un profil de montée en charge basé sur l'intuition ou sur des preuves faibles dont la transférabilité d'un projet à l'autre est douteuse.

L'utilisation d'hypothèses de montée en charge instantanée ou à court terme comporte le risque de gonfler les prévisions de recettes des premières années, à un moment où les modèles financiers peuvent être les plus sensibles. Les hypothèses de montée en charge doivent être remises en question pour comprendre leur raisonnement sous-jacent. Il peut être judicieux d'effectuer des tests de sensibilité en utilisant des hypothèses alternatives pour s'assurer que le modèle financier reste robuste pendant les premières années d'exploitation du projet et pendant toute la durée de la concession.

### 21. Ignorer les contraintes de capacité physique (ou opérationnelles)

Il peut paraître incroyable que certaines prévisions aient réellement dépassé la capacité physique de la route (en termes de volume/voie/heure), mais cela a été constaté – en particulier lorsque ces prévisions résultent non pas directement de modèles de trafic, mais de l'extrapolé dans le futur. En général, aucune mention n'est faite de l'élargissement ou des coûts (et des perturbations) impliqués dans l'expansion de la capacité. Si l'on passe du volume/heure au volume/jour,

un autre phénomène observé est le fait que certaines prévisions de trafic moyen journalier annuel (TMJA) nécessiteraient que les routes fonctionnent aux niveaux de congestion des heures de pointe pendant plus de 12 (parfois plus de 18) heures par jour. Ces profils de flux très inhabituels devraient certainement soulever des questions analytiques.

Le développement récent de voies régulées avec tarification dynamique, notamment aux États-Unis, suscite des inquiétudes quant à la possibilité que les prévisions dépassent la capacité opérationnelle d'une autoroute. Sur certaines voies régulées, le tarif est ajusté en fonction du volume de trafic utilisant l'infrastructure. À mesure que l'utilisation augmente, le péage augmente, dans le but de limiter la demande de manière à pouvoir offrir un certain niveau de service (ou mieux) aux conducteurs. Les prévisions de trafic récemment examinées dans le cadre d'un projet étaient toutefois si élevées qu'elles auraient dégradé le niveau de service en dessous de celui exigé contractuellement par le concessionnaire. Ce point n'a pas été commenté dans le rapport d'étude sur le trafic et les recettes. Les voies réservées aux véhicules à occupation multiple (*high-occupancy vehicle lanes – HOV lanes*) et les voies à péage réservées aux véhicules à occupation multiple (*high-occupancy toll lanes – HOT lanes*) – et d'autres initiatives qui relèvent du concept de « voie régulée » – sont relativement nouvelles et présentent des défis méthodologiques particuliers pour les modélisateurs du trafic. Elles sont généralement représentées de manière grossière ou incomplète dans le modèle – bien que ce fait soit rarement souligné. Les investisseurs et les analystes de crédit qui examinent ces applications de péage plus innovantes doivent s'assurer que les conseillers en trafic expliquent clairement ce qui a été réalisé, comment et – surtout – les limites de ces réalisations.

## Commentaires

La liste des 21 façons de gonfler les prévisions de trafic et de recettes des péages n'est pas exhaustive. Ce n'était pas l'intention. Elle est purement indicative. Il existe d'autres façons, dont certaines sont très techniques et nécessiteraient un examen approfondi pour être découvertes (comme le positionnement minutieux des connecteurs centraux).

D'autres techniques sont plus générales et reposent sur le brouillage des détails, comme le fait de masquer les volumes de trafic quotidiens (que les gens comprennent) en indiquant les kilomètres parcourus par les véhicules par an (ce que personne ne peut faire). Ou de masquer la relation entre le trafic et les recettes en indiquant simplement les recettes du projet. De cette façon, le lecteur n'a aucune idée de la quantité de trafic qui est censée payer quel tarif. Les résultats ne peuvent pas être comparés ou vérifiés avec les conclusions d'autres études.

Les bons consultants en trafic savent comment affiner leurs modèles. C'est précisément ce que signifie le calibrage des modèles. Dans un environnement où les prix sont généralement attribués à l'équipe d'enchères qui obtient les chiffres les plus élevés, l'affinage peut être source d'abus. L'objectif de cette liste n'est pas d'alarmer les investisseurs ou les analystes de crédit. Elle démontre simplement qu'il est parfaitement possible de gonfler les chiffres pour les clients qui le désirent, et met en évidence certains problèmes clés à surveiller.

Gonfler sciemment les prévisions de trafic et de recettes est un acte de tromperie – mais ce n'est pas le seul cas dans ce domaine. Les analystes de crédit qui examinent les études sur les routes à péage doivent rester attentifs à deux autres actes de tromperie potentiels. Le premier concerne les tests de sensibilité. Des soupçons doivent surgir lorsque les tests de sensibilité ont apparemment un impact négatif limité sur le trafic et/ou les recettes du projet. Cela est certainement possible (en raison de couvertures naturelles ou d'autres facteurs d'atténuation des risques) mais ce n'est pas la norme. De bonnes explications doivent être fournies à l'appui de tels résultats.

Le deuxième acte de tromperie concerne l'utilisation de pseudo-sciences pour suggérer une précision de prévisions qui n'est tout simplement pas corroborée par les preuves empiriques examinées plus haut. Les stratagèmes favoris incluent la présentation d'intervalles de confiance étroits autour des prévisions de base et l'abus des probabilités de dépassement. Les conseillers en trafic parlent parfois en termes de valeurs de prévision P95 – en déduisant qu'il n'y a que 5 % de probabilités que ce chiffre particulier (volume de trafic ou recettes) ne soit pas atteint.

Cependant, ces probabilités de dépassement sont différentes de celles associées à des phénomènes naturels scientifiquement mesurables tels que la mesure du vent pour déterminer les prévisions de rendement énergétique pour le financement des parcs éoliens. Au mieux, elles résultent de la tentative des consultants de reformuler leur modèle de trafic dans un cadre probabiliste simple. Au pire, ce ne sont que des estimations approximatives.

Une analyse correcte de toute projection de trafic ou de recettes de péage présentée sous forme de probabilités nécessite une bonne compréhension de la construction du modèle probabiliste, des variables probabilistes et de leurs distributions ainsi que des corrélations entre les variables probabilistes. Les chiffres du P95 ne doivent jamais être une source de réconfort. Si les prévisions étaient vraiment aussi peu incertaines que le suggèrent certains tests de sensibilité, intervalles de confiance et P95, les conseillers en trafic pourraient supprimer les mentions légales de leurs rapports et annuler leur assurance responsabilité civile professionnelle. Ces tendances n'ont pas été observées à ce jour.

### Testez-vous...

Après avoir examiné un rapport de prévision du trafic et des recettes de routes à péage, vous devriez être en mesure de répondre « oui » aux cinq questions suivantes :

1. Est-ce que je comprends le péage dans le pays hôte? (Historique, applications existantes, soutien politique, acceptabilité sociale).
2. Est-ce que je comprends la route? (Où elle se trouve, son but, ses caractéristiques, son prix, son contexte concurrentiel – aujourd’hui et dans le futur).
3. Est-ce que je comprends les données? (Sources des données, enquêtes, limites).
4. Est-ce que je comprends le marché? (Qui utilisera la route, pourquoi, la composition des utilisateurs, les niveaux de recettes, la sensibilité au prix, les conditions de conduite actuelles).
5. Est-ce que je comprends la croissance? (Hypothèses sous-jacentes, facteurs clés, montée en charge, comment les taux de croissance ont été appliqués).

## Remarques finales

Les modèles d'équilibre du réseau utilisés aujourd'hui comme base pour établir des prévisions de trafic ont été développés il y a 75 ans pour aider à la conception des réseaux autoroutiers d'après-guerre et pour l'évaluation des plans de transport urbains ou régionaux à un niveau stratégique. Avec quelques ajustements, ces modèles sont maintenant appliqués à des fins et avec un niveau de précision requis qui n'étaient pas prévus à l'origine. Ils ont été utilisés pour les calculs de conformité de la qualité de l'air, par exemple, mais se sont révélés déficients à cet égard. Les données empiriques présentées plus haut suggèrent que la même conclusion s'applique à leur utilisation dans la préparation de prévisions détaillées des recettes de péage. Cependant, ils représentent l'état de la pratique pour le consultant en trafic et, lorsqu'ils sont utilisés intelligemment et à l'intérieur de leurs limites, ils fournissent des informations utiles sur les comportements futurs possibles en matière de déplacements et d'utilisation du réseau. C'est la bonne nouvelle.

La mauvaise nouvelle est que l'avenir s'annonce encore plus compliqué pour le modèle et le modélisateur de trafic des routes à péage. Des initiatives telles que les voies HOT et les voies régulées avec tarification dynamique nécessiteront des capacités de modélisation encore plus sophistiquées et granulaires. Ajouter à cela le fait que les routes à péage, à l'échelle mondiale, continuent d'être l'une des classes d'actifs les plus populaires à proposer au secteur privé sous forme de concessions et vous comprendrez pourquoi les investisseurs – et les analystes agissant en leur nom – pourraient vouloir regarder à l'intérieur de la boîte noire d'un modèle de trafic. D'où ce guide.

Dans le monde du crédit, les rapports sur le trafic et les recettes des péages ne sont pas des documents isolés. Notre compréhension de l'histoire du trafic doit être replacée dans le contexte plus large de l'ensemble de la transaction. Au début, nous avons noté que la tolérance aux erreurs de modélisation est généralement faible dans le secteur des services financiers. Tout porte à croire que ce ne devrait pas être le cas. Les prêteurs ont besoin de flexibilité dans le cadre d'une transaction afin de tenir compte des inévitables écarts par rapport aux prévisions.

Cette flexibilité se manifeste généralement dans les caractéristiques financières d'une structure de transaction, telles que des charges d'endettement raisonnables et gérables, des comptes de réserve adéquats, des fonds de prévoyance, des ratios de couverture, un endettement avec une participation suffisante au capital et une « queue » de projet (générant des recettes supplémentaires du projet après l'échéance prévue du prêt). Cependant, les projets finançables doivent reposer sur des propositions commerciales solides et étayées. La liquidité du projet (et le soutien de la liquidité) est essentielle, mais la liquidité à elle seule ne fait pas de bons projets – et la structure est un piètre substitut à la substance.

Ce guide a pour but de fournir aux analystes des informations pratiques qui pourraient être utilisées pour les aider à interpréter les prévisions de trafic et de recettes des péages. Lorsqu'on envisage l'avenir, il n'est pas possible d'éliminer l'incertitude. Cependant, avec des informations et une bonne compréhension, associées à un esprit calme, nous pourrions peut-être vivre avec cette situation un peu plus confortablement.

# Glossaire

## A

### Affectation à l'équilibre

Un algorithme d'affectation du trafic qui prend en compte l'accumulation du trafic et les changements de temps de parcours qui en découlent lors de l'affectation des déplacements aux liens. L'algorithme résout une solution d'équilibre pour les flux du réseau (c'est-à-dire que la demande globale et les performances du système sont équilibrées dans le modèle).

### Affectation des déplacements

L'affectation des déplacements consiste à répartir l'ensemble des trajets (issus de la matrice de déplacements) sur le réseau. Au cours de l'affectation, le modèle effectue des itérations pour trouver les itinéraires minimisant les coûts généralisés pour les usagers à travers le réseau.

### Alignement

Le plan horizontal et vertical d'une route ou d'une autre installation.

### Analyse par lien sélectionné (*Select Link Analysis*)

L'analyse de liens sélectionnés permet de comprendre, de manière assez détaillée, les schémas de déplacement sur un seul lien du réseau du modèle de trafic. L'application de cette analyse sur une route à péage modélisée (le lien sélectionné) crée une matrice de déplacements qui décrit uniquement les origines et les destinations des voyageurs empruntant cette route particulière.

## B

### Boucle de détection

Un détecteur intégré à la chaussée (sous forme de boucle de fil inductif) qui détecte le passage ou la présence d'un véhicule à proximité du capteur.

## C

### Calibration

Processus de comparaison des paramètres d'un modèle de trafic avec des observations ou des mesures réelles et d'ajustements ultérieurs pour garantir que le modèle représente de manière réaliste l'environnement de trafic actuel. L'étalonnage compare généralement les flux de trafic modélisés avec les comptages de trafic sur des liens spécifiques ou les temps/vitesses de parcours modélisés avec les observations d'enquêtes.

### Capacité

Le débit maximal durable (véhicules/heure) d'un point défini ou sur une section de route pendant une période définie, dans les conditions de circulation et de chaussée existantes.

### Centroïde

Un point supposé dans une zone qui représente l'origine ou la destination de tous les voyages vers/depuis cette zone.

### Choix modal

Lors de l'affectation de déplacements à un réseau, un modèle de trafic doit répartir ces déplacements entre les différents modes de transport disponibles pour les voyageurs : il s'agit du choix modal. Le choix modal est principalement déterminé par le coût généralisé (les voyageurs choisissant l'option la moins chère qui leur est proposée) et par la disponibilité des voitures des ménages. S'il n'y a pas de concurrence modale avec une route à péage (que ce soit aujourd'hui ou dans le futur), le choix modal peut être ignoré et un modèle basé uniquement sur les routes peut se substituer à un modèle offrant des capacités de modélisation multimodale.

### Classification fonctionnelle

Le regroupement des autoroutes et des rues en classes selon la nature du service qu'elles sont censées fournir.

### Connecteur centroïde

Les connecteurs centroïdes relient les centroïdes des zones au réseau routier. Toutes les rues secondaires qui relient les maisons, les bureaux et/ou les usines d'une zone au réseau routier modélisé sont « regroupées » en un ou deux connecteurs centroïdes.

### Cordon

Limite imaginaire tracée à travers une région. Les volumes des liens traversant le cordon sont généralement additionnés pour comprendre le nombre de déplacements entrant et sortant d'une zone.

### Courbe d'indifférence

Un graphique de la demande relative pour deux itinéraires concurrents (peut être l'un, une route à péage) pour lesquels l'utilité dérivée est la même et par conséquent les conducteurs n'ont aucune préférence de choix.

### Coût généralisé

Coût composite du déplacement qui inclut les dépenses monétaires et le « coût » du temps de déplacement (c'est-à-dire le temps de déplacement exprimé sous forme de coût monétaire). Déterminant clé de la distribution et de l'affectation des déplacements dans les modèles de trafic.

### Covoiturage

Un arrangement dans lequel les gens partagent l'utilisation et le coût d'une voiture privée lorsqu'ils se déplacent vers et depuis des destinations convenues à l'avance.

## D

### Déplacement extérieur

Un voyage dont l'origine ou la destination se situe à l'extérieur de la zone d'étude.

### Déplacement interne

Un voyage dont l'origine et la destination se situent dans la zone d'étude.

### Désutilité du voyage

Une mesure de l'insatisfaction perçue par un usager qui est utilisée dans les modèles de trafic (et en économie) pour représenter le coût associé à un déplacement.

### Dissuasion

Comme dans une « fonction de dissuasion ». Une mesure de la dissuasion au voyage due à la séparation spatiale. Peut être un composite de la distance et du temps de parcours. Également connue sous le nom d'impédance.

### Distribution des déplacements

La distribution des déplacements, deuxième étape du modèle traditionnel en quatre étapes, fait correspondre les extrémités des déplacements (la demande de déplacement vers/depuis chaque zone) calculées à l'étape de génération des déplacements. Les déplacements générés par chaque zone sont distribués vers un ensemble de zones de destination. Le modèle détermine, pour chaque déplacement depuis chaque zone, vers quelle zone ce déplacement sera dirigé.

## E

### Élasticité (face au prix)

Mesure de la sensibilité de la demande d'une route à péage (ou d'un bien) à une variation de prix. Elle correspond à la variation en pourcentage de la demande d'une route à péage résultant d'une variation de prix de 1 %. Plus l'élasticité est grande, plus la demande est sensible au prix.

### Enquête par entretiens routiers

Une enquête par entrevue en bord de route consiste à arrêter un échantillon de conducteurs (ou à les interroger lorsqu'ils sont à l'arrêt) et à leur poser des questions portant principalement sur l'origine et de destination de leur trajet actuel. Ces informations sont ensuite attribuées (codées) à des zones.

### Estimation de matrice

Les matrices de déplacement fournissent un cadre pour représenter tous les déplacements origine-destination dans une zone d'étude (par exemple à Madrid). Cependant, il est clairement impossible d'obtenir des informations sur tous les habitants de Madrid et sur tous leurs déplacements. Les données d'enquêtes sont collectées auprès d'un échantillon représentatif de voyageurs et les données sont étendues pour représenter l'ensemble de la matrice. Ainsi, la matrice complète est estimée à partir des données d'enquêtes.

### Étalement de pointe

L'allongement de la période de pointe causé par les heures de départ plus tôt (et plus tard) des voyageurs qui tentent d'éviter les embouteillages accrus pendant la période de pointe en voyageant dans les « épaules » de la période de pointe.

### Extrémité de déplacement

Chaque déplacement dans le modèle comporte deux extrémités : une zone d'origine et une zone de destination. Dans une matrice de demande, les extrémités d'origine (ou production) sont obtenues en additionnant les totaux des lignes pour donner le nombre de trajets sortant de chaque zone. Les totaux des colonnes représentent le nombre de trajets entrant dans chaque zone (attractions).

## F

### Facteurs d'annualisation

Facteurs utilisés pour élargir les données des périodes modélisées afin de représenter une année complète.

### Facteurs d'heure de pointe

Le volume horaire (pendant l'heure de pointe de la journée) divisé par le débit de pointe sur 15 minutes. Mesure de la fluctuation de la demande de trafic au cours de l'heure de pointe elle-même.

### Facteur K

Un facteur qui reflète la proportion du trafic quotidien se produisant pendant l'heure de pointe.

## G

### GEH (statistique)

Utilisée dans la calibration des modèles, cette statistique d'adéquation mesure la différence entre les flux de trafic modélisés et les comptages de trafic réels, en tenant compte spécifiquement de l'ampleur absolue des comptages. Plus la correspondance est bonne, plus le score GEH est proche de zéro.

### Génération de déplacements

La génération de déplacements est le processus par lequel le nombre de déplacements produits par et – séparément – attirés par chaque zone du modèle est calculé. L'extrémité de production (origine du déplacement) reflète généralement la composition du ménage, le revenu ou la possession d'un véhicule dans une zone particulière. L'extrémité d'attraction (destination du déplacement) reflète généralement les niveaux d'emploi dans cette zone.

## I

### Itération

L'affectation des déplacements vise à garantir que chaque déplacement du modèle de trafic emprunte l'itinéraire au coût généralisé le plus bas entre son origine et sa destination. Pour ce faire, le modèle teste de nombreuses combinaisons d'itinéraires. Chacun de ces tests est une itération du modèle. Les itérations successives conduisent au point où le modèle atteint l'équilibre.

## J

### Jour/mois neutre

En matière d'enquêtes, un jour neutre est un jour typique en termes de comportements de déplacement et des conditions de circulation (proche de la moyenne). Le dimanche n'est pas un jour neutre. De même, août et décembre ne sont pas, dans la plupart des pays, des mois neutres. Les enquêtes menées en dehors des jours/mois neutres ne seront pas représentatives, ce qui peut nuire à la précision du modèle.

## K

### Kilomètres parcourus par véhicule (Km-Véhicule)

Une mesure du déplacement total calculée en multipliant le nombre total de véhicules par la distance parcourue par chacun.

## L

### Lien

Dans un modèle de trafic, un lien représente un tronçon de route et ses caractéristiques, telles que la longueur, le nombre de voies, la capacité, la vitesse de circulation libre et la relation vitesse/débit (voir relation vitesse/débit). Les liens sont définis par un nœud de départ et un nœud d'arrivée (voir nœud).

### Ligne du désir

Une représentation graphique de la demande de déplacement entre deux points, tracée sous forme de ligne droite allant d'une origine à une destination (la largeur de la ligne étant mise à l'échelle pour refléter la force de la demande).

### Ligne écran (screenline)

Une ligne imaginaire tracée à travers un certain nombre de routes (généralement parallèles) entrant dans une zone pour créer une image des mouvements de déplacement combinés le long d'un corridor, par opposition à ceux sur des routes individuelles.

### Logiciel de capacité des autoroutes

La mise en œuvre logicielle du Manuel de capacité des autoroutes.

## M

### Manuel de capacité des autoroutes

[*highway capacity manual*, États-Unis] Lignes directrices et procédures standard pour la conception et l'analyse des capacités des routes et des intersections.

### Matrice

Une matrice de déplacements (ou tableau de déplacements) est une représentation tabulaire indiquant le nombre de déplacements entre chaque zone d'origine et zone de destination dans un modèle de trafic.

### Modèle de l'année de référence

Une base de référence à partir de laquelle des prévisions peuvent être réalisées. Le modèle de l'année de référence fournit une représentation du système de transport et des modèles de déplacement tels qu'ils existent aujourd'hui.

### Modèle gravitationnel

Modèle d'interaction (par exemple, de déplacement) entre deux centres de population basé sur la loi de Newton. Deux corps dans l'univers s'attirent l'un l'autre proportionnellement au produit de leurs masses et inversement au carré de la distance qui les sépare.

### Modèle Logit

Modèle de choix supposant qu'un individu maximise son utilité en choisissant entre les alternatives disponibles. Dans un modèle de trafic, la fonction Logit permet d'estimer la probabilité qu'un usager emprunte une route à péage en fonction du coût relatif ou du temps de parcours entre l'itinéraire à péage et l'itinéraire sans péage.

### ME2

Estimation de matrice d'entropie maximale. Une technique efficace et particulièrement rentable pour estimer ou mettre à jour des matrices de déplacement en fonction des comptages de trafic observés.

### Micro-simulation

La modélisation des mouvements individuels des véhicules dans le but d'évaluer les performances du trafic – à un niveau détaillé – des routes ou des intersections

### Mode

Forme particulière de déplacement/transport : voitures, véhicules utilitaires légers (VUL), poids lourds (PL), bus et trains (y compris métros et tramways). La marche et le vélo sont également des modes de transport, mais restent largement hors de propos dans le contexte des études sur les routes à péage. L'intermodalité fait référence aux connexions entre les modes. Le multimodal fait référence à la disponibilité d'options de transport alternatives.

### Modèle de probabilités

Voir **Simulation de Monte-Carlo**.

### Modèle de trafic stratégique

Un modèle de trafic stratégique (par opposition à un modèle détaillé) se concentre sur les principaux mouvements qui se produisent dans une zone d'étude en empruntant les routes principales. Le modèle ne tente pas de représenter les routes secondaires du réseau.

### Montée en charge (*ramp-up*)

La montée en charge est la période qui suit l'ouverture d'une route à péage et qui se caractérise par une forte croissance de l'utilisation - à partir d'une base faible - à mesure que les voyageurs s'habituent à la nouvelle installation et à ses caractéristiques.

## N

### Niveau de service

#### (LOS – *Level of Service*)

Mesure qualitative (de « A » à « F ») des conditions de circulation sur une route, ainsi que de la perception de ces conditions par les conducteurs. Le niveau de service reflète la vitesse, le temps de parcours, la liberté de manœuvre, les interruptions de trafic, le confort. Le LOS A correspond à une circulation fluide sans entrave, tandis que LOS F reflète des conditions de circulation saturée, avec une faible vitesse et de nombreuses interruptions.

### Nœud

Un nœud est une connexion entre des sections de routes dans le modèle de trafic (liens) et constitue souvent – mais pas toujours – une forme d'intersection / jonction où des retards se produisent en raison de l'interaction du trafic passant d'un lien à un autre.

## O

### Objectif du déplacement

La raison pour laquelle une personne choisit de faire un déplacement. Dans les modèles de trafic, les motifs de déplacement sont généralement divisés en catégories telles que :

- **Domicile au travail** : déplacements du domicile au travail (et retour);
- **Domicile autre** : déplacements du domicile vers un lieu non professionnel (par exemple pour faire des courses ou pour les loisirs);
- **Domicile pour affaires** : se déplacer du domicile vers une destination lorsque vous êtes sur le temps de travail de votre employeur dès que vous quittez la maison;
- **Pour affaires** : déplacements pendant le temps de travail de votre employeur (par exemple, pour assister à une réunion d'affaires);
- **Autre déplacement hors domicile** : déplacements d'un lieu d'origine hors domicile vers une destination (comme pour se rendre au travail ou faire des courses pendant l'heure du midi).

## P

### Péage fantôme

#### (*shadow toll, ou péage virtuel*)

Paiements de remboursement effectués par les gouvernements (par opposition aux usagers de la route) aux exploitants privés de routes à péage, en fonction, au moins en partie, du nombre de véhicules utilisant la route.

### Peloton

Véhicules circulant ensemble en groupe (ou convoi) le long d'une route, en raison de contrôles de signalisation ou de la géométrie de l'autoroute.

### Préférence déclarée

#### (*stated preference*)

Méthodes largement utilisées dans les études sur le comportement des voyageurs pour identifier les réactions probables des usagers à des situations de choix qui ne sont pas révélées sur le marché. Les techniques de préférences déclarées basent les estimations de la demande sur une analyse de la réponse à des choix hypothétiques (mais réalistes).

### Préférence révélée

#### (*revealed preference*)

Préférence individuelle identifiée par l'observation d'un choix réel et des attributs associés à ce choix. À comparer avec **la préférence déclarée**.

## R

### Rapport volume/capacité (V/C)

Rapport entre le flux de véhicules sur une route et la capacité de cette route. Le rapport V/C est une mesure de la congestion (ou, alternativement, de la suffisance de la capacité d'une autoroute). Il peut être utilisé pour définir les zones à problèmes (points chauds) sur un réseau routier. Les rapports inférieurs à 0,5 indiquent des conditions de circulation fluide. Entre 0,5 et 0,8 suggèrent des conditions de ralentissement. Au-dessus de 0,8, on parle de conditions de démarrage-arrêt et au-delà de 1,0, on parle de rupture de flux.

### Relation vitesse/débit

Décrit la façon dont la vitesse de circulation varie le long d'un lien avec le flux. Permet de calculer les temps de parcours pour un volume flux donné de véhicules. D'une utilisation plus fréquente en dehors des zones urbaines (dans les zones urbaines, les temps de parcours sont davantage influencés par les intersections et leur capacité).

### Répartition proportionnelle

Méthode de modification de matrice utilisée pour extrapoler la distribution des déplacements sur la base de facteurs de croissance zonaux et d'un ajustement proportionnel itératif. Également connue sous le nom de « méthode Fratar ».

### Réseau

Le réseau routier tel qu'il est reflété dans le modèle de trafic – représenté par une série de liens et de nœuds.

## S

### Séparation des grades

La séparation verticale entre les routes qui se croisent, un flux de circulation se déplaçant au-dessus de l'autre - de sorte que les mouvements de croisement (qui autrement seraient en conflit) se font à des niveaux différents.

### Simulation de Monte-Carlo

Dans certaines circonstances, la simulation de Monte-Carlo peut être utile pour modéliser des phénomènes présentant une incertitude significative dans les données d'entrée. Au lieu d'utiliser des estimations ponctuelles pour les variables d'entrée, celles-ci sont définies en termes de distribution de probabilités. La variable de sortie (par exemple, le débit sur un lien à péage sur une période donnée) sera également présentée sous la forme d'une distribution de probabilités plutôt que d'un nombre unique.

## T

### Tableau des déplacements

Voir **Matrice**.

### Taux de capture

La proportion de **déplacements éligible** qui choisit d'utiliser une route à péage.

### Télépéage

Systèmes électroniques qui collectent les péages sans que les véhicules équipés d'un transpondeur (une « étiquette » électronique) ne s'arrêtent. Ils impliquent des communications radio bidirectionnelles entre les véhicules en mouvement et les capteurs montés sur portique ou en bord de route. Ils sont généralement constitués de trois sous-systèmes : un pour identifier le véhicule, un pour le classer et un pour détecter les contrevenants à des fins de contrôle.

### Trafic éligible

Le marché d'une autoroute à péage. Les mouvements de trafic dans une zone d'étude qui pourraient (dans les circonstances appropriées) utiliser l'autoroute à péage. À comparer avec **la capture du marché** : les mouvements de trafic qui *utiliseraient* l'autoroute à péage.

### Trafic généré

Trafic supplémentaire résultant d'une amélioration des transports (par exemple la construction d'une nouvelle route) qui n'aurait pas eu lieu autrement. Également appelé « trafic induit ».

### Trafic induit

Voir **Trafic généré**

### Trafic moyen journalier annuel (TMJA)

Trafic total de l'année divisé par 365.

## U

### Unité de voitures particulières (UVP)

Mesure consistant à convertir différents types de véhicules en leurs équivalences à une voiture particulière, en fonction de leurs caractéristiques de circulation. Un camion aurait un indice UVP de 2,5, ce qui signifie qu'il occupe généralement 2,5 fois l'espace routier d'une voiture particulière moyenne.

### Utilité

La valeur d'un choix particulier pour un décideur. On suppose qu'un décideur rationnel maximise l'utilité lorsqu'il fait un choix (par exemple, en sélectionnant un itinéraire particulier pour son déplacement).

## V

### Valeur du gain temps (value of time – VOT)

Valeur monétaire associée avec la possibilité de réduire le temps de parcours déterminé. Il s'agit de la catégorie de bénéfices la plus importante visant à justifier les investissements des administrations publiques dans les infrastructures de transport et un concept clé dans les études de demande de trafic routier à péage.

### Validation

La validation est le processus de vérification indépendant de la précision/robustesse de la calibration (ou étalonnage) du modèle. Elle doit être réalisée à l'aide de données mises de côté et non utilisées lors du processus de calibration. La validation détermine si un modèle de trafic est adapté à son objectif en comparant les prévisions du modèle avec les observations ou les mesures réelles.

### Véhicule à occupant unique (SOV – Single Occupant Vehicle)

Un véhicule privé dont le seul occupant est le conducteur.

### Vitesse de conception

Vitesse maximale sécuritaire pouvant être maintenue sur une section donnée de l'autoroute. Détermine les normes de conception géométrique utilisées. Diffère de la vitesse affichée (la limite de vitesse légale).

### **Vitesse d'écoulement libre**

La vitesse ininterrompue du trafic lorsqu'il n'y a pas ou peu d'autres véhicules présents (la densité du trafic est presque nulle).

### **Voie de collecte et de distribution**

Une route située entre les voies principales d'une autoroute et ses voies secondaires ou rues locales, et parallèle à celles-ci. Elle régule les accès et facilite la circulation entre les voies principales et les voies secondaires. Elle réduit également le zigzag et augmente la capacité de la route principale elle-même.

### **Voies dynamiques**

Voies de circulation désignées qui utilisent diverses stratégies de gestion du trafic telles que la tarification (par exemple, le péage variable en temps réel), la régulation des flux ou le contrôle d'accès pour optimiser l'utilisation de la capacité existante.

### **Voies HOT (*High Occupancy Toll lanes*)**

Dérivé des voies réservées aux véhicules à occupation multiple (voir Voies HOV). Ces voies de circulation sont accessibles gratuitement (ou à tarif réduit) aux véhicules à forte occupation, tandis que les véhicules faiblement occupés peuvent les emprunter moyennant un péage.

### **Voies HOV (*High Occupancy Vehicle*)**

Voies de circulation réservées à l'usage exclusif des véhicules avec un nombre minimum défini d'occupants (> 1) tels que les voitures partagées, les covoiturages, les minibus et les bus. Généralement désignées par HOV2+ ou HOV3+.

### **Voiture flottante**

Méthode de collecte de données reposant sur la conduite d'une voiture d'enquêteur dans un flux de circulation à la vitesse dominante, principalement utilisée pour collecter des données sur le temps de parcours et la vitesse.

### **Volonté de payer**

Montant qu'un individu est prêt à payer pour acquérir un bien ou un service (par exemple, utiliser une route à péage). Le bien ou le service peut être acheté et vendu (bien marchand) ou non (bien non marchand). La volonté de payer varie selon le niveau de revenu.

## **Z**

---

### **Zone**

La région étudiée d'un modèle de trafic est divisée en zones distinctes, principalement en fonction de l'homogénéité de l'utilisation du sol. Les zones urbaines très fréquentées et proches du centre d'intérêt du modèle (comme une route à péage) sont généralement plus petites, tandis que les zones rurales ou éloignées du périmètre d'analyse sont plus vastes. Par exemple, dans un modèle de trafic pour une route à péage en Écosse, l'Angleterre pourrait être représentée par une ou deux grandes zones, sans nécessité de détails supplémentaires. Aucun détail supplémentaire n'est requis. Les générateurs de demande de déplacements importants ou inhabituels (tels que les centres commerciaux ou les aéroports) peuvent se voir attribuer leur propre zone. Les limites des zones ont tendance à suivre des caractéristiques naturelles telles que les rivières et/ou à être cohérentes avec les zones administratives (par exemple, le recensement). Les zones sont les endroits où les déplacements commencent et se terminent.

### **Zone d'analyse du trafic (TAZ – *Traffic Analysis Zone*)**

[États-Unis] Une zone d'analyse du trafic est une zone spéciale destinée à la compilation de données relatives au trafic, notamment les statistiques sur les déplacements domicile-travail et sur le lieu de travail. Elle se compose généralement d'un ou plusieurs îlots de recensement, groupes d'îlots ou secteurs de recensement.

### **Zone/tronçon de tressaillement**

Une section de route où deux ou plusieurs flux de véhicules doivent se croiser lors de manœuvres de changement de voie (sans l'aide de feux de circulation).

## Bibliographie

- Bain, R. & Wilkins, M. (2002). *The Evolution of DBFO Payment Mechanisms: One More for the Road*. Standard & Poor's, Londres.
- Bain, R. & Wilkins, M. (2002). *The Credit Implications of Traffic Risk in Start-Up Toll Facilities*. Standard & Poor's, Londres.
- Bain, R. & Plantagie, J. W. (2003). *Traffic Forecasting Risk: Study Update 2003*. Standard & Poor's, Londres.
- Bain, R. & Plantagie, J. W. (2004). *Traffic Forecasting Risk: Study Update 2004*. Standard & Poor's, Londres.
- Bain, R. & Polakovic, L. (2005). *Traffic Forecasting Risk Study 2005: Through Ramp-Up and Beyond*. Standard & Poor's, Londres.
- Barton-Aschman Associates Inc. & Cambridge Systematics Inc. (1997). *Model Validation and Reasonableness Checking Manual*. Préparé pour le Travel Model Improvement Program, Federal Highway Administration.
- Beimborn, E., Kennedy, R., & Schaefer, W. (1996). *Inside the Blackbox: Making Transportation Models Work for Livable Communities*. Citizens for a Better Environment.
- Boyce, D. (2004). *Forecasting Travel on Congested Urban Transportation Networks: Review and Prospects for Network Equilibrium Models*. TRISTAN V: The Fifth Triennial Symposium on Transportation Analysis, Le Gosier, Guadeloupe, 13-14 juin 2004.
- Brinkman, P. A. (2003). *The Ethical Challenges and Professional Responses of Travel Demand Forecasters*. Thèse de doctorat, University of California, Berkeley.
- Brownstone, D. & Small, K. (2005). *Valuing Time and Reliability: Assessing the Evidence from Road Pricing Demonstrations*. Transportation Research Part A – Policy and Practice, 39(4), p. 279-293.
- Department for Transport (1995). *8th Scheme Forecast Monitoring Report*. Department for Transport, Royaume-Uni.
- Fitch Ratings (1999). *The Challenges of New Toll Roads*. Special Report on Project Finance.
- Fitch Ratings (2007). *Global Toll Road Rating Guidelines*. Criteria Report.
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2005). *How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects?* Journal of American Planning Association, Volume 71, No. 2, printemps 2005, American Planning Association, Chicago, IL.
- Giglio, J. (1998). *Why Governments Lie – Why Governments ALWAYS Lie About the Cost of Public Works Projects – and Why People Want Them To*. The American Outlook – Ideas for the Future, Vol. 1.
- Hensher, D. & Goodwin, P. (2003). *Using Values of Travel Time Savings for Toll Roads: Avoiding Some Common Errors*. Transport Policy, 11(2), p. 171-181, ISSN 0967070X.
- Lemp, J. & Kockelman, K. (2008). *Understanding and Accommodating Risk and Uncertainty in Toll Road Projects*. Submitted for presentation at the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 11-15 janvier 2009, Washington DC.
- Li, Z. & Hensher, D. (2009). *Toll Roads in Australia*. Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney, mars.
- Mackett, R. (1998). *Why Are Travel Demand Forecasts So Often Wrong (And Does It Matter)?* UTSG Annual Conference, janvier 1998, Dublin.
- Mierzejewski, E. (1997). *Recognizing Uncertainty in the Transportation Planning Process: A Strategic Planning Approach*. TRB 76th Annual Meeting, 12-16 janvier, 1997, Washington DC.
- Moody's Investor Service (2000). *Rating Methodology: Start-Up Toll Roads*.
- Moody's Investor Service (2006). *Rating Methodology: Operational Toll Roads*.
- Morgan, J.P. (1997). *Review of Toll Road Feasibility Studies*. Municipal Finance Journal, Volume 18, No. 1, printemps 1997.
- Muller, R. & Buono, K. (2002). *Start-Up Toll Roads: Separating the Winners from the Losers*. Municipal Credit Monitor, JP Morgan, New York NY.
- Murphy, J., Allen, P., Stevens, T., & Weatherhead, D. (2005). *A Meta-Analysis of Hypothetical Bias in Contingent Valuation*. Environmental and Resource Economics, 30(3), p. 313-325.
- Ortúzar, J. de D. & Willumsen, L.G. (2001). *Modelling Transport*. Third Edition, Wiley, Chichester.
- Pavithra, P. & Levinson, D. (2008). *Post-Construction Evaluation of Traffic Forecast Accuracy*. Department of Civil Engineering, University of Minnesota, Minneapolis MN.
- Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment (1994). *Trunk Roads and the Generation of Traffic*. HMSO, London.
- Florida Department of Transportation (2002). *Project Traffic Forecasting Handbook*.
- Transportation Research Board (2006). *Estimating Toll Road Demand and Revenue: A Synthesis of Highway Practice*. NCHRP Synthesis 364, Transportation Research Board, Washington DC.
- Transportation Research Board (2007). *Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction*. Special Report 288, Transportation Research Board, Washington DC.
- URS (2006). *Long-Term Traffic and Revenue Forecasting for Equity Analysis*. Toll Studies Group, URS Corporation.
- Vassallo, J.M. (2007). *Why Are Traffic Forecasts in PPP Contracts Often Overestimated?* EIB University Research Sponsorship Programme, EIB, Luxembourg.
- Washington State Transportation Commission (2006). *Limitations of Studies to Advance Tolling Projects*. Washington State Comprehensive Tolling Study, Final Report, Volume 2, Reference Document 6.
- Zhao, Y. & Kockelman, K.M. (2002). *The Propagation of Uncertainty Through Travel Demand Models: An Exploratory Analysis*. Annals of Regional Science 36(1).

**Annexe A** : L'indice de risque de trafic de Standard & Poor's (à suivre à la page 54)

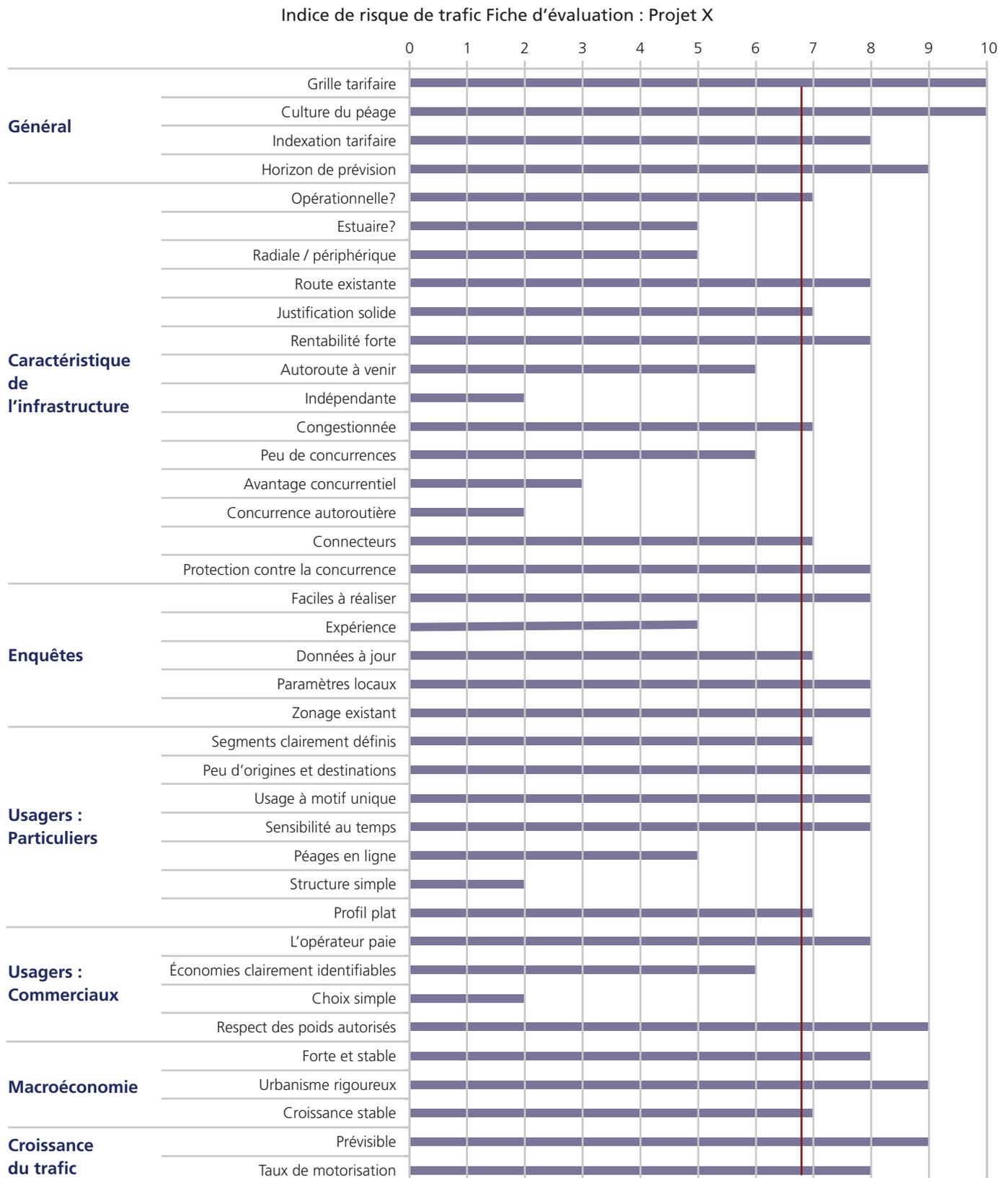
Attributs du projet	Indice de risque de trafic									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Régime de péage	Péages fantômes					Péages payés par l'utilisateur				
La culture du péage	Routes à péage bien établies					Aucun péage dans le pays				
Évolution des tarifs	Formule d'indexation généreuse, sans approbation gouvernementale					Toute augmentation tarifaire nécessite une approbation gouvernementale				
Horizon de prévisions	Prévisions à court terme requises					Prévisions à long terme (30+ ans) requises				
Détails de l'infrastructure	Installation déjà en service					Projet aux toutes premières phases de planification				
	Traversées estuariennes					Réseaux urbains denses				
	Extension d'une route existante					Nouveau tracé (greenfield)				
	Alignement : justification solide (y compris les points de péage et les intersections)					Objectifs routiers confus/peu clairs (Pas là où les gens veulent aller)				
	Alignement : fondé sur des critères économiques solides					Alignement : motivé par des raisons politiques!				
	Compréhension claire du futur réseau routier					Nombreuses options d'extension du réseau possibles				
	Corridor très congestionné					Peu ou pas de congestion				
	Peu de routes concurrentes					De nombreux itinéraires alternatifs				
	Avantage concurrentiel évident					Faible avantage concurrentiel				
	Concurrence uniquement autoroutière					Concurrence multimodale				
	Infrastructure autonome					Dépendance à d'autres améliorations routières proposées				
	Connecteurs de bonne qualité et de grande capacité					Connexions inefficaces (« hurry-up-and-wait »)				
	Protection « active » de la concurrence (par exemple, modération de la circulation, interdiction des poids lourds)					Autorités autonomes prenant des décisions indépendantes (parfois en défaveur du projet)				
Enquêtes/Collecte de données	Collecte de données facile (cadre légal en place)					Collecte difficile/dangereuse				
	Données récentes					Informations historiques uniquement				
	Paramètres calibrés localement					Paramètres importés d'ailleurs (autre pays?)				
	Cadre de zone existant (utilisation répandue)					Création d'un nouveau cadre de zonage				
	Enquêteurs expérimentés					Aucune culture de collecte de données				

**Annexe A : L'indice de risque de trafic de Standard & Poor's (à partir de la page 53)**

Attributs du projet	Indice de risque de trafic									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Usagers : Privés	Segment(s) de marché clair(s)					Segments de marché flous				
	Quelques origines et destinations clés					Origines et destinations multiples				
	Dominé par un seul motif de déplacement (par ex. : domicile-travail, aéroport)					Motifs de déplacement multiples				
	Marché à revenu élevé et sensible au temps					Marché à revenu moyen/ faible				
	Des péages en ligne avec les installations existantes					Des péages bien plus élevés que la norme				
	Structure de péage simple					Structure de péage complexe (remises locales, utilisateurs fréquents)				
	Profil de demande fixe (heure de la journée, jour de la semaine, etc.)					Profil de demande hautement saisonnier et/ou « de pointe »				
Usagers : Commerciaux	L'opérateur de flotte paie le péage					Le conducteur propriétaire paie le péage				
	Des gains de temps et de coûts d'exploitation évidents					Avantage concurrentiel peu clair				
	Choix d'itinéraire simple					Choix d'itinéraire complexe				
	Respect strict des restrictions de poids					Surcharge des camions est courante				
Macro-environnement	Une économie forte et stable					Économie faible/en transition				
	Un régime strict d'aménagement du territoire					Contrôles et application des règles d'urbanisme faibles				
	Croissance démographique stable et prévisible					Prévisions démographiques dépendantes de nombreux facteurs exogènes				
Croissance du trafic	Corrélée à des facteurs existants, établis et prévisibles					Dépendance à l'égard de facteurs futurs, de nouveaux développements, de changements structurels, etc.				
	Taux élevé de motorisation					Taux de motorisation faible/en croissance				

## Annexe B : L'indice de risque de trafic - exemple pratique I

Dans cet exemple concret, des barres horizontales sont utilisées pour représenter le niveau d'exposition des investisseurs par rapport à chacune des catégories de risque individuelles.



**Annexe C : L'indice de risque de trafic - exemple pratique II (à suivre à la page 57)**

Dans cet exemple pratique, les consultants en trafic ont étendu l'indice de risque du trafic pour inclure, à côté de leurs scores de risque, des commentaires reflétant leur justification.

Attributs du projet	Indice de risque de trafic										Route à péage	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Score de risque	Commentaires
Régime de péage	Péages fantômes					Péages payés par l'utilisateur					8	Sensible à la volonté de payer
La culture du péage	Routes à péage bien établies					Aucun péage dans le pays					7	Le péage est actuellement limité à deux sections d'autoroute existantes
Évolution des tarifs	Formule d'indexation généreuse, sans approbation gouvernementale					Toute augmentation tarifaire nécessite une approbation gouvernementale					6	Le gouvernement a le pouvoir de réduire les péages
Horizon de prévisions	Prévisions à court terme requises					Prévisions à long terme (30+ ans) requises					7	Prévisions requises sur plus de 30 ans à compter de l'année d'ouverture
Détails de l'infrastructure	Installation déjà en service					Projet aux toutes premières phases de planification					5	Des tronçons d'autoroute à péage sont déjà ouverts mais actuellement gratuits
	Traversées estuariennes					Réseaux urbains denses					5	Il s'agit d'une autoroute interurbaine
	Corridors radiaux vers les zones urbaines					Routes périphériques autour des zones urbaines					4	Relient les routes radiales aux villes
	Extension d'une route existante					Nouveau tracé (greenfield)					4	Mise à niveau partielle d'un corridor existant/en partie nouveau tracé
	Alignement : justification solide (y compris les points de péage et les intersections)					Objectifs routiers confus/ peu clairs (Pas là où les gens veulent aller)					2	Alignement établi de longue date avec des modèles de trafic éprouvés
	Alignement : fondé sur des critères économiques solides					Alignement : motivé par des raisons politiques!					5	Corridor nord-sud établi de longue date

**Annexe C : L'indice de risque de trafic - exemple pratique II (à partir de la page 56)**

Attributs du projet	Indice de risque de trafic										Route à péage	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Score de risque	Commentaires
Détails de l'infrastructure	Compréhension claire du futur réseau routier					Nombreuses options d'extension du réseau possibles					3	Informations sur le programme routier fournies par le gouvernement
	Infrastructure autonome					Dépendance à d'autres améliorations routières proposées					3	Les routes de desserte sont reconnues comme des priorités de financement
	Corridor très congestionné					Peu ou pas de congestion					5	Congestion localisée aux abords de la ville et aux intersections
	Peu de routes concurrentes					De nombreux itinéraires alternatifs					4	La concurrence des itinéraires alternatifs est entravée par la capacité limitée et la congestion urbaine
	Avantage concurrentiel évident					Faible avantage concurrentiel					3	Gain de temps considérable
	Concurrence uniquement autoroutière					Concurrence multimodale					2	Concurrence négligeable du rail
	Connecteurs de bonne qualité et de grande capacité					Connexions inefficaces (« hurry-up-and-wait »)					2	Connectent avec d'autres autoroutes interurbaines et contournent les zones urbaines
	Protection « active » de la concurrence (par exemple, modération de la circulation, interdiction des poids lourds)					Autorités autonomes prenant des décisions indépendantes (parfois en défaveur du projet)					4	Interdiction au poids lourds de circuler dans les centres urbains le long du corridor. Radars de contrôle de vitesse en service
Enquêtes/collecte de données	Collecte de données facile (cadre légal en place)					Collecte difficile/dangereuse					3	Le mauvais temps est le principal risque pour la collecte de données
	Enquêteurs expérimentés					Aucune culture de collecte de données					2	Nous avons fait appel à des spécialistes d'enquêtes expérimentés

## Table des matières [nombre indicatif de pages entre crochets]

### Résumé exécutif [5]

#### 1. Introduction [5]

- Description sommaire du projet. Concept. Cartes d'accompagnement – rester simple. Quel est exactement le « produit » proposé aux conducteurs?
- Contexte/justification de la planification. Objectifs du promoteur. Bref historique. Étendue du soutien et/ou de la controverse autour du projet. Plan/stratégie de péage.

#### 2. Aperçu du marché [10]

- Définir/décrire la zone d'étude ou aire d'influence. Utilisation(s) prédominante(s) du sol. Démographie.
- Caractéristiques de l'offre. Contexte concurrentiel de l'infrastructure – aujourd'hui/demain, concurrence multimodale? Risques liés à l'offre.
- Caractéristiques de la demande (aperçu). Tendances historiques. Principaux flux/volumes. Conditions de circulation. Principaux mouvements origine-destination. Répartition spatiale. Répartition temporelle. Saisonnalité. Motifs de déplacement. Composition du trafic.

#### 3. Méthodologie de l'étude [5] (ajouter des détails techniques en annexe si nécessaire)

- Aperçu non technique (schéma de flux?). Approche adoptée pour la modélisation. Pourquoi? Logiciel utilisé. Pourquoi?
- Système de zonage – description et justification de la définition/ utilisation. Forces/faiblesses.
- Périodes de modélisation? Pourquoi? Comment prendre en compte les périodes non modélisées?
- Facteurs d'expansion/annualisation.
- Contraintes et/ou risques associés à la méthodologie de l'étude.

#### 4. Données d'enquêtes (et/ou données d'entrée) [5]

- Définition du programme d'enquêtes. Pourquoi? Limites. Résultats.
- Autres sources de données. Intégrité? Résultats.
- Modèle d'attribution du trafic/choix du péage. Critique.

#### 5. Étalonnage/validation du modèle de l'année de référence [5]

- Hypothèses d'entrée. Méthode(s) d'étalonnage/validation. Pourquoi? Volumes lien / volumes de ligne écran. Cartes d'appui. Temps/vitesses de parcours. Étalonnage origine-destination? Utilisation de l'estimation matricielle (comment)?
- Résultats d'étalonnage/validation.
- Faiblesses/limites et implications.

#### 6. Prévisions de trafic et de recettes [10]

- Années modélisées versus interpolation/extrapolation. Changements de réseau.
- Hypothèses de croissance. Sources. Comment la croissance a-t-elle été intégrée? À quel niveau? Pourquoi? Projections socio-économiques. Projections d'utilisation du sol.
- Tableau récapitulatif de toutes les hypothèses de modélisation (avec justification).
- Explication claire du lien entre le trafic et les prévisions de recettes (chiffres réels/nominaux?).
- Présentation des résultats.

#### 7. Tests de sensibilité/Analyse de scénarios [10]

- Description franche des incertitudes du modèle : quelles variables sont concernées et dans quelle mesure?
- Tests de sensibilité/analyse de scénarios et résultats.
- Simulation de Monte-Carlo (si utilisée) – variables, distributions, justification, corrélations et analyse critique.
- Conclusions.

#### Annexes

- Joignez tout document justificatif (en particulier la documentation technique).



## Biographie

Robert Bain est ingénieur civil agréé. Pendant 15 ans, il a travaillé comme consultant en trafic et revenus, réalisant des études de faisabilité de route à péage à l'échelle internationale pour des investisseurs privés et des promoteurs publics. Plus récemment, il s'est orienté vers les services financiers et a été employé comme analyste crédit chez Standard & Poor's, où il a travaillé pendant cinq ans au sein du département Infrastructure Finance Ratings de l'agence. En tant que directeur de l'équipe londonienne spécialisée dans les transports, il était

responsable de crédits dans les secteurs routier, ferroviaire, aéroportuaire et des transports en commun. Le portefeuille de Robert couvrait des entreprises émettrices ainsi que des opérations de financement structuré – généralement des projets financés en mode « project finance » et des titrisations.

Robert est titulaire d'un doctorat de l'Institute for Transport Studies de l'Université de Leeds. Il est Fellow de l'Institution of Civil Engineers et Fellow du Chartered Institution of Highways & Transportation.



### Auteur

**Robert Bain** PhD CEng  
Associé senior  
CSRB Group (Londres, Royaume-Uni)  
[rob.bain@csrbgroup.com](mailto:rob.bain@csrbgroup.com)

Sylvain Sénéchal est associé-gérant chez CSRB Group. Il possède une vaste expérience dans le domaine de l'investissement en infrastructures de transport, avec une expertise en recherche de marché, modélisation trafic-revenus et due diligence commerciale. Avant de rejoindre CSRB Group, il occupait le poste de responsable de la recherche de marché pour le secteur des transports chez Brookfield, où il assurait un appui analytique aux investissements de l'entreprise à l'échelle mondiale. Il a participé à de nombreuses

transactions dans les domaines des routes à péage, du ferroviaire, des ports et des aéroports, principalement dans le cadre de fusions-acquisitions. Il a travaillé à l'international, notamment en Inde, au Brésil et en Amérique du Nord, où il a réalisé l'évaluation commerciale et la modélisation du trafic pour des projets d'infrastructure complexes.

Sylvain est titulaire d'un MBA de la National Chengchi University et détient la certification de Chartered Financial Analyst (CFA).



### Auteur correspondant Sylvain Sénéchal

Associé-gérant  
CSRB Group (Ottawa, Canada)  
[sylvain.senechal@csrbgroup.com](mailto:sylvain.senechal@csrbgroup.com)

CSRB Group est un cabinet de conseil spécialisé, de petite taille, basé au Royaume-Uni et au Canada. Nous réalisons des due diligences commerciales pour le compte d'investisseurs institutionnels (fonds souverains, caisses de retraite, gestionnaires d'actifs alternatifs et compagnies d'assurance), dans le cadre d'investissements envisagés dans le secteur routier et ferroviaire à l'échelle internationale. Nous comptons parmi nos clients 13 des 20 plus grands investisseurs mondiaux en infrastructures (par actifs sous gestion), ainsi que sept des membres du groupe canadien connu sous le nom de « Maple 8 ». Par ailleurs, nous intervenons en tant qu'experts techniques dans le cadre de litiges commerciaux et de procédures d'arbitrage international portant sur des projets routiers, pour le compte de cabinets d'avocats internationaux.



ISBN 978-0-9561527-6-3

US \$ 29.95

5 2995 >



9 780956 152763

