



PREMIER MINISTRE

Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective

Département
Développement durable

**RAPPORTS
& DOCUMENTS**

Juillet 2013

Les modèles de trafic et l'évaluation économique

Contribution

David Meunier

Travaux du sous-groupe « Modèles de trafic » de la Commission

Tome 2

Rapport

« *L'évaluation socio-économique des investissements publics* »

Groupe de travail
présidé par Émile Quinet

Sommaire

1	QU'EST-CE QU'UN MODELE DE TRAFIC ?.....	5
2	AXES DE TRAVAIL DU SOUS-GROUPE.....	7
3	RESUME DU RAPPORT BOITEUX 2 RELATIVEMENT AUX MODELES DE TRAFIC	8
4	ANALYSE DES MODELES DE TRAFIC UTILISES ACTUELLEMENT EN FRANCE.....	9
5	RECOMMANDATIONS.....	12
5.1	ASSURER LA SOLIDITE DES PRINCIPES A LA BASE DES MODELES DE TRAFIC	12
5.2	ÉVALUER ET AMELIORER LA ROBUSTESSE DES MODELES.....	17
5.3	LA GOUVERNANCE DES MODELES.....	20
5.4	DEVELOPPEMENT DE L'UTILISATION DES INFORMATIONS FOURNIES PAR LES MODELES DE TRAFIC	22
	BIBLIOGRAPHIE.....	25

Les modèles de trafic ont un rôle primordial pour la qualité des résultats des évaluations socioéconomiques des projets de transport : ils fournissent la fréquentation de la nouvelle infrastructure, mais également nombre d'estimations quantifiées dimensionnant les effets externes des projets. Par leur capacité de représentation de la fonction de demande et son interaction avec l'offre de transport, ils sont le socle de la détermination d'une large part des avantages apportés par le projet à évaluer, à la base du calcul socio-économique. Leur degré de pertinence pour le calcul socio-économique, leur fiabilité et leur robustesse ont donc une importance primordiale ; le sous-groupe de la Commission dédié aux modèles de trafic a donc accordé à ces questions une place centrale dans ses réflexions.

Dans ce chapitre, après avoir rappelé ce que sont les modèles de trafic et comment ils ont évolué, les axes de réflexion suivis par le sous-groupe sont présentés ainsi que les conclusions du rapport Boiteux 2. Les résultats de l'analyse des principaux modèles de trafic actuellement utilisés en France sont alors exposés, pour aboutir aux recommandations du groupe de travail. Ces dernières portent sur les propriétés des modèles jugées désirables pour assurer la qualité de l'évaluation socioéconomique, sur la question du contrôle qualité des modèles, de leurs données et résultats, sur l'utilisation des informations fournies par les modèles et sur la gouvernance de l'utilisation des modèles.

1 Qu'est-ce qu'un modèle de trafic ?

Un modèle de trafic utilise des hypothèses sur la demande des usagers potentiels du système de transport et des hypothèses sur l'offre de transport, pour simuler le comportement des usagers et obtenir des estimations des trafics résultant de l'interaction entre offre et demande, ainsi que, très fréquemment, de divers autres effets de cette interaction.

La qualité des résultats de ces modèles est essentielle pour l'évaluation économique des projets de transport. En effet, les modèles de trafic fournissent en premier lieu les gains (ou pertes) de temps liés au projet, dont la valorisation constitue généralement la très grande majorité des avantages. De plus, les trafics affectés par les modèles sur les différents modes et infrastructures permettent d'estimer d'autres indicateurs soit directement soit avec des modèles complémentaires : consommations de carburant, émissions de CO₂, pollution de l'air, bruit, etc. L'évolution des modèles est avant tout guidée par la recherche d'une meilleure correspondance entre les comportements simulés et les comportements observés. Toutefois, elle répond également aux demandes exprimées lors des concertations sur les projets, visant à estimer des effets de natures diverses. Dans la mesure où ces modèles vont très largement au-delà de la seule estimation des trafics, on pourrait d'ailleurs tout aussi bien les qualifier de modèles de transport que de modèles de trafic.

Représentation de la demande et structure générale des modèles de trafic

La demande de transport émerge des agents économiques répartis sur le territoire. Ceux-ci peuvent être des individus qui se déplacent pour des raisons (motifs) personnelles ou professionnelles, ou des entreprises, qui doivent transporter les marchandises qu'elles utilisent et produisent. La modélisation de la demande repose donc sur une représentation du comportement des agents. Celui-ci dépend dans une large mesure des caractéristiques

des agents, qui peuvent être plus ou moins précisément prises en compte dans les modèles, notamment à travers une segmentation des usagers.

Les modèles de trafic sont généralement organisés selon quatre étapes, qui correspondent chacune à une étape de choix par l'utilisateur : génération des déplacements (se déplacer ou non ?), distribution des déplacements (vers où se déplacer ?), choix du mode transport (quel mode utiliser ?), et affectation (quel itinéraire emprunter ?). Ce schéma à quatre étapes représente la structure la plus fréquente, mais certains modèles adoptent une organisation différente, en regroupant certaines étapes ou en en modifiant l'ordre. De plus, plusieurs étapes supplémentaires peuvent être introduites pour représenter d'autres niveaux de choix : choix du moment du déplacement (quelle période, quelle heure au sein d'une journée ?), choix du chaînage des activités ou de la logistique (quelle organisation des déplacements retenir ?)

Niveau de détail spatial

Le territoire pris en compte par un modèle de trafic est généralement découpé en *zones* dont la taille a une importance essentielle et doit être choisie en cohérence avec la qualité des données disponibles sur les réseaux et les trafics observés. Les indicateurs tirés des trafics modélisés doivent également tenir compte de ce niveau de détail. En particulier, certains indicateurs (niveau de bruit, émission de polluants locaux, niveaux d'accessibilité, notamment) nécessitent de disposer d'informations relativement précises sur la localisation des flux afin de caractériser les milieux traversés (urbain/périurbain/rural). Il est à noter que certains modèles, dits désagrégés, n'utilisent pas de zones mais nécessitent des données de localisation extrêmement précises (à l'adresse), généralement très difficiles à obtenir.

Les zones constituent la base de représentation de la demande de transport, exprimée par des segments de demande sous la forme de flux origine-destination (O/D) inter-zones, qui peuvent le cas échéant être subdivisés selon des critères comme les motifs de déplacement par exemple.

Niveau de détail temporel

La demande comme l'offre de transport sont variables dans le temps, au sein d'une journée ou selon les périodes de l'année, par exemple. Pour rendre compte de cette variabilité (dont l'impact peut être important car de nombreux phénomènes liés au transport dépendent de manière non linéaire des trafics), plusieurs types de modèles existent. Si les modèles dits *statiques* ne représentent pas explicitement la variation temporelle de la demande et de l'offre, il leur est cependant possible de distinguer plusieurs périodes et de modéliser séparément ces périodes avec une modélisation statique. Cette méthode permet déjà de distinguer par exemple des heures de pointes au sein d'une journée, des périodes de pointe dans l'année, etc. Il existe également des modèles dits *dynamiques* qui traitent explicitement la dimension temporelle du trafic. Cet aspect dynamique ne concerne généralement que l'étape d'affectation, éventuellement celle de choix du mode. Comme pour le détail spatial, le niveau de détail temporel doit être cohérent avec les données disponibles, ainsi qu'avec les indicateurs souhaités.

Représentation de l'offre

L'offre de transport est constituée des réseaux d'infrastructures des différents modes de transport ainsi que des services qui y circulent. De nombreuses variables caractérisent cette offre : longueur des tronçons, vitesses de circulation, capacités, fréquence des services, possibilité et temps de correspondance, etc. De la finesse et du niveau de détail de la représentation de l'offre dépend grandement la qualité des résultats.

Représentation de l'interaction offre-demande

Les modèles de trafic visent à représenter le résultat de l'interaction entre une demande potentielle émanant des agents et une offre de transport. Au sein des modèles, cette interaction est représentée à travers des lois de comportement de l'offre (les infrastructures et les services de transport) à une sollicitation de la demande, et, en retour, à travers une représentation de la réponse de la demande à des *niveaux de service* offerts par le système de transport. La modélisation de ces interactions repose en grande partie sur des estimations réalisées à partir de l'observation de ces comportements, tant du côté de l'offre que de celui de la demande. Ainsi, la dépendance du temps de parcours d'un tronçon routier au niveau de trafic qui y circule est généralement représentée par des courbes débit-vitesse estimées à partir de l'observation du trafic. De même, le choix du mode de transport ou de l'itinéraire par les usagers dépend des caractéristiques de ces modes ou itinéraires et peut être représenté par une modélisation du choix reposant en général sur la théorie des choix discrets et sur des estimations statistiques des comportements. On utilise pour cela une modélisation du choix des usagers (modèles logit, prix-temps, loi d'Abraham,...) à partir de fonctions d'utilité plus ou moins formalisées mathématiquement, dont on estime les valeurs numériques des paramètres grâce à des données obtenues par enquêtes.

Ces interactions offre/demande sont normalement représentées sur l'ensemble des réseaux pertinents pour le projet étudié, c'est-à-dire que le modèle de trafic doit être capable de rendre compte des effets de la réalisation du projet sur les réseaux existants.

Rappelons que, conformément à la logique de l'évaluation socio-économique, les modèles de trafic sont utilisés pour simuler les situations futures projetées avec et sans réalisation du projet, afin d'apprécier par différence les effets relatifs du projet.

2 Axes de travail du sous-groupe

Le groupe de travail a décidé de partir des besoins de l'analyse socioéconomique pour apprécier en quoi les modèles de trafic y répondent plus ou moins satisfaisante et pour mieux cerner les enjeux de qualité correspondants.

L'élément prépondérant dans les évaluations demeure encore les gains de temps et paramètres assimilés (temps de trajet, temps d'attente,...): l'estimation de ces derniers dépend à double titre du modèle de trafic, à travers les niveaux de trafic bien entendu mais également à travers les gains de temps unitaires (représentation du niveau de service effectif des réseaux, résultant de l'interaction entre offre et demande).

La qualité de la représentation de l'interaction offre/demande (forme des fonctions d'utilité et qualité du paramétrage, formulation des interactions physiques offre/demande – courbes débit/vitesse par ex.) est donc essentielle pour l'analyse socio-économique.

Dans la mesure où le modèle de trafic est l'outil qui dispose du plus grand détail de représentation des segments de demande couplés aux gains de temps après répartition entre modes et itinéraires, c'est le modèle de trafic qui pourra fournir un calcul désagrégé le plus précis possible des gains de temps. Pour autant, la différenciation croissante des valeurs du temps tutélaires impose que la logique de segmentation de la demande utilisée dans le modèle demeure cohérente avec la logique de différenciation des valeurs de temps de référence (segmentation / différenciation par motif, urbain/rural, etc.). Cette cohérence porte sur la nature de la segmentation et de la différenciation, mais peut conduire également à analyser la cohérence logique voire numérique (par exemple, en pratique, un modèle prix-temps

va répartir un segment de demande entre les modes selon des gammes de valeurs du temps résultant des calculs faits par le modèle pour le projet étudié, et ces gammes pourront être éloignées des valeurs du temps de référence utilisées pour chaque mode).

Pour les autres éléments de l'évaluation socioéconomique, typiquement, la valorisation d'un paramètre dans l'analyse socioéconomique résultera d'un indicateur de pression plus ou moins différencié (en général le niveau de trafic) couplé avec un ratio d'impact (ou de performance) permettant d'estimer la variation d'état physique (ex : tonnes CO₂ émises) induite par la variation de l'indicateur de pression. Là encore, s'il y a cohérence entre la différenciation des valeurs unitaires de référence utilisées dans l'analyse socioéconomique et la logique du modèle, le calcul de valorisation normé peut être fait directement par le modèle (ce qui est en général plus facile et devrait réduire des sources d'erreurs matérielles de calcul, à condition que la cohérence ait été bien vérifiée¹).

Plus généralement, dans la mesure où les modèles de trafic représentent et renseignent de façon fine les fonctions d'utilité des usagers du système de transport, la question se pose d'un calcul de surplus des usagers qui serait établi directement à partir des fonctions et valeurs de paramètres du modèle.

3 Résumé du rapport Boiteux 2 relativement aux modèles de trafic

Les modèles de trafic et leur utilisation dans l'évaluation des rentabilités

Le rapport « Boiteux 2 » abordait tout d'abord les modèles de trafic à propos de l'analyse des valeurs du temps, constatant que si, du point de vue de la logique économique, il serait intéressant d'utiliser des valeurs du temps issues du calage des modèles, la dispersion des résultats obtenus, sa dépendance envers le choix des autres paramètres utilisés dans le modèle, et les nombreuses sources d'incertitudes ou d'erreurs liées aux modèles incitaient plutôt à utiliser des valeurs normalisées (valeurs du temps de référence). Distinguant les modèles interurbains des modèles urbains, le rapport observait la grande variabilité entre les modèles du niveau de différenciation des valeurs du temps, et de leurs valeurs numériques, ainsi que des divergences importantes dans les résultats des estimations de trafic issues de ces modèles.

Indépendamment du sujet de la valeur du temps, le rapport proposait d'utiliser un même modèle pour hiérarchiser les projets d'un même mode afin, sous réserve que les pratiques de paramétrages de modèles soient harmonisées, d'éliminer l'effet des biais systématiques et d'aboutir à une bonne précision dans le classement des projets

(1) Les choix méthodologiques faits pour l'estimation de certaines composantes du calcul socio-économique, particulièrement les externalités environnementales, peuvent être en relation directe avec les modalités d'utilisation du modèle de trafic. Ainsi, si le mode de valorisation utilisé pour le bruit routier utilise simplement une valeur d'externalité au véhicule.kilomètre définie pour quelques types de tronçons, le modèle pourra se contenter de fournir les circulations totales par type de tronçon, alors que si les niveaux de bruit doivent être estimés, le modèle devra fournir des niveaux de trafic détaillés par petits tronçons finement localisés pour alimenter des modèles et études spécialisés sur le bruit.

obtenu.

Reconnaissant toutefois qu'il n'est pas toujours possible d'utiliser un même modèle de trafic, notamment lorsque l'on compare des projets concernant des modes différents, le rapport demandait une vigilance accrue dans les comparaisons des résultats issus de modèles différents et préconisait de confronter les résultats issus de plusieurs modèles, pour améliorer l'évaluation du projet examiné, mais aussi pour mieux identifier les voies d'amélioration futures des modèles utilisés.

Il était demandé qu'une réflexion soit « enfin menée sur les modèles eux-mêmes pour juger de leur pertinence dans l'évaluation des projets et pour fixer les règles minimales à observer lors de leur utilisation (informations à fournir, précautions d'emploi à faire respecter). De nombreuses questions demeurent, en effet, sur les études de trafic ; elles incitent à s'interroger sur les procédures d'audit auxquelles les études de trafic devraient être soumises, ainsi que sur les informations statistiques dont il conviendrait de disposer pour les améliorer ».

Il était souligné que cette recommandation sur les modèles rejoignait l'une de celles présentées dans le rapport de 1994, et recommandait en conséquence la constitution d'une commission dont l'une de ses premières tâches serait d'expertiser et de comparer les performances des modèles actuels, et ce tant pour les voyageurs que pour les marchandises.

4 Analyse des modèles de trafic utilisés actuellement en France

Évolutions observées depuis le rapport Boiteux 2

Pour les études (auto)routières, le principal modèle préconisé au niveau national est maintenant celui développé par le SETRA sous forme de modules intégrés à l'architecture logicielle TRANSCAD.

Les opérateurs et autorités organisatrices de transport historiques (SNCF, STIF, RATP) ont fait évoluer leurs modèles et RFF s'est également doté de modèles.

Des modèles multimodaux ont été développés (ex : modèles de concurrence aérien/ferroviaire, modèle national MODEV du Commissariat Général au Développement Durable, dont le développement remonte à 2002, et qui devient un outil partagé avec les services techniques et Centres d'études techniques de l'équipement).

Il faut signaler également le développement de divers autres types de modèles de simulation intéressant l'évaluation socioéconomique (modèles dynamiques de trafic, modèles « LUTI » ou « OST » - acronymes anglais et français respectivement - qui sont des modèles d'interaction entre transports et usages du sol), ainsi que la publication de divers guides du SETRA dont « Calage et validation des modèles de trafic » (juillet 2010), et « Modèles de trafic routier », juin 2012.

Par contre, il apparaît qu'aucun exercice important de comparaison entre modèles de trafic n'a été mené depuis ceux réalisés en 1999 dans le cadre du PREDIT. Quelques

références académiques (revues de modèles, incertitude des modèles, ...) figurent cependant en annexe à la présente note.

Un groupe de travail mis en place par la DGMT (aujourd'hui DGITM) sur la révision des coefficients « Hautreux¹ » a abordé la question des modèles urbains multimodaux il y a quelques années. Ses conclusions préconisent l'utilisation graduée de 3 types de méthodes selon les caractéristiques du cas de figure rencontré (pour les cas les plus simples, utilisation de coefficients mis à jour ; pour les autres, utilisation d'un modèle de trafic statique avec rétroaction, ou d'un modèle dynamique pour les cas plus complexes).

Synthèse des informations techniques recueillies sur les principaux types de modèles de trafic utilisés en France

Les modèles ont évolué vers des fonctions d'utilité non linéaires et/ou des formulations en prix-temps, moins directement comparables avec les formulations linéaires de l'analyse socioéconomique (ASE), et qui peuvent poser des questions de cohérence interne entre les étapes du modèle, du point de vue économique.

La segmentation de la demande est allée en augmentant dans les modèles comme dans l'ASE mais pas de façon identique, chaque modèle segmentant la demande en fonction de la nature des trafics concernés par le champ d'application principal du modèle, selon la nature et la précision des données disponibles et selon les contraintes ou habitudes techniques des progiciels à partir desquels les modèles de trafic sont développés.

Tout ceci rend plus difficile la réalisation des analyses de cohérence entre modèle de trafic et ASE, et les analyses de la qualité des modèles et de leur utilisation.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques des modèles généralement utilisés pour les projets de transport en France.

(1) Coefficients permettant d'estimer un ordre de grandeur très approché des gains de décongestion occasionnés par un report de trafic depuis la route sur les transports en commun.

- Les modèles de trafic et l'évaluation économique -

Modèle	Type	Bouclage sur la demande	Concurrence	Critères étalonnage (paramètres structurels)	Critères calage (paramètres annexes pour une étude spécifique)	Comparaison VdT	Base estimation demande	Base logiciel
SNCF LD voyageurs	Prix-temps (choix modal), avec distribution lognormale des valeurs du temps + Gravitaire à CG	au niveau G-D par modèle gravitaire selon CG	Rail-aérien	Reconstitution de l'évolution du trafic entrée situation de référence et situation de projet	Médiane des valeurs du temps	VdT moyennes proches de Boiteux II	sources internes SNCF, ENAC	Logiciel interne
MODEV voyageurs	GD selon ENT (groupes de population et jours types), choix modal logit non linéaire (Box-Cox sur prix), A avec itinéraires route fer air (avec rabattements)	au niveau D par modèle gravitaire selon temps	tous modes	reconstitution des circulations par tronçon, des trafics régions-régions, par aéroport	sans objet (modèle national sans calage spécifique ultérieur)	VdT sous forme de TMS pour un cas de figure standard : globalement cohérent avec Boiteux II, mais plus élevées	ENTD, Recensement	Cube
MODEV marchandises	GD par NST, D selon distance, CM 4 modes logit, A sur réseaux route fer fleuve	au niveau CM	4 modes : route, fer conv., TC rail-route, fleuve	reconstitution des circulations par tronçon, des trafics départ-départ ou région-pays	sans objet (modèle national sans calage spécifique ultérieur)	?	TRM, CAFT, TRM européen	Cube
MNV Modèle RFF voyageurs	Choix modal logit (non linéaire : Box cox des variables prix, temps et fréquence) puis A itinéraires rail	au niveau D selon amélioration de l'offre (gravitaire selon CG ?)	Rail 2 classes aérien routier	parts de marché	?	VdT sous forme de TMS pour certains cas de figure, car logit non linéaire : cohérent avec Boiteux II	sources SNCF DGAC SETRA MATISSE enquêtes voyageurs LGV	?
Modules SETRA Transcad	A par prix-temps sur distribution lognormale	non	non en général mais potentiellement faisable	Les Cétés vérifient : reconstitution des circulations par tronçon + vérification itinéraires / des temps de parcours sur les OD importantes			Principalement enquêtes de circulation	Transcad
MONAPL SETRA	G par régn lin emploi/popn/etc selon exp(-p^distance) A prix-temps routier par tranches avec débit/vitesse route	non	non	reconstitution des circulations par tronçon + vérification des itinéraires / temps de parcours sur les OD importantes	modèle national	Les tranches de VdT PL semblent utiliser des hypothèses globalement supérieures à Boiteux II	TRM + enquêtes transit, CAFT, TRM européen	Transcad
Modèle Fret SETRA	GD par filière de marchandises ("matériaux de construction" pour fin 2012)	en cours	oui, pour BTP : route, fer, fluvial / pour produits pétroliers, a priori prise en compte des oléoducs (recherche de données en cours donc susceptible de ne pas aboutir)	Vérification des tonnages générés reconstitution des circulations par tronçon + vérification des temps de parcours sur les OD importantes.	en cours	en cours	TRM + données spécifiques à chaque NST recueillies auprès des organisations professionnelles (par exemple UNICEM pour données sur les carrières...) recherche en cours	TransCAD
SNCF Transilien	4 étapes, sur IledeFrance régression linéaire // opportunités D gravitaire // portée déplaçts EGT CM logit 5 motifs (8 motifs orientés type Domicile travail) A HPM W/androp capacité route (biensôt capacité TC)	G D gravitaire prenant en compte	TC VP vélo/marche	G par régression lin. sur opportunités // EGT2001 D par gravitaire sur structure portées déplacements EGT	?	?	EGT2001	VISUM
Modèles pour études TC hors IledeFrance	?	?	Modèles purement TC ?	?	?	?	?	1)DAVISUM 1 VISEM 2) BIOGEME 3)Transcad Freturb
STIF Antonin	4 étapes, sur Ile de France, voyageurs de 10 types de boucles de déplacement D et CM par logit multinomial ou hiérarchique A prix-temps routier par tranches avec débit/vitesse route	pas de bouclage du niveau de service ou CG sur la demande en G mais un peu en D par choix de destination avec allongé éventuel des parcours	10 modes (VP conducteur VP passager 2roues/marche train bus métro+bus train+métro train+métro+bus)	calage G sur EGT2001 ainsi que D+CM	?	modèle non linéaire (aT+InC) : ordres de grandeur indicatifs reconstitués de 3€ à 50€ selon segment	EGT2001 TMJA écalés selon HPM HC HPS selon les ratios EGT2001	Cube
DRIEA MODUS	4 étapes, sur Ile de France, voyageurs G calé sur EGT 2001, par trajet D gravitaire (// utilité) CM logit 6 motifs* captif ou non * 3 modes A HPM HPS depuis matrices journalières	bouclage de l'utilité (CG) sur la demande en D	3 modes (VP, TC, modes doux)	calage G sur EGT2001 ainsi que D+CM ?	?	?	EGT2001	?

NB : TransCAD et les modules Setra sont des outils mis à disposition des Cétés et non des modèles, les modules Setra permettent de faire une affectation prix-temps

modèles en cours de développement, la recherche de données est toujours en cours, les spécifications des modèles sont largement dépendantes de la disponibilité des données

Légende : G= génération D= distribution CM= choix modal A= affectation
CG = coût généralisé TC= transports en commun PL= poids lourds
EGT= enquête générale transports TRM= transport routier de marchandises (enquête)
HPS = heure de pointe du soir HPM= heure de pointe du matin

* le calage des paramètres de loi lognormale sur la base de données de choix d'itinéraires issue d'enquêtes trafic semble indiquer des ordres de grandeur de valeurs du temps très élevées par rapport aux valeurs Boiteux II, surtout pour les moyennes et longues distances

5 Recommandations

Résumons les constats faits sur les modèles de trafic :

- les modèles ont évolué vers des fonctions d'utilité non linéaires et/ou des formulations en prix-temps, moins directement comparables avec les formulations linéaires de l'analyse socioéconomique (ASE), et qui peuvent poser des questions de cohérence interne entre les étapes du modèle, du point de vue économique ;
la segmentation de la demande s'est accrue dans les modèles comme dans l'ASE mais pas de façon identique ;
tout ceci rend plus difficile la réalisation des analyses de cohérence entre modèle de trafic et ASE, et les analyses de la qualité des modèles et de leur utilisation.

Ces évolutions, qui ne font d'ailleurs qu'accentuer des tendances que le rapport Boiteux 2 signalait déjà, vont dans le sens d'une meilleure représentation des comportements, et elles sont le signe d'une vitalité des études en ce domaine. On doit considérer que la diversité et la complexité des modèles font partie d'un mouvement inéluctable. Plutôt que de s'y opposer il vaut mieux l'accepter et profiter de la richesse qui résulte de la multiplicité ainsi créée. Mais il faut pallier les conséquences néfastes qui pourraient en résulter et cela passe par diverses exigences.

Il est donc proposé d'intégrer dans les évolutions futures des modèles, ainsi que dans leurs modalités d'utilisation, des modifications allant dans le sens d'une meilleure cohérence avec l'ASE et d'une plus grande qualité des modèles, et de lister dès à présent des propriétés désirables et contrôles qualité permettant de mieux apprécier cette cohérence. Des recommandations sont également formulées concernant la gouvernance des modèles.

5.1 Assurer la solidité des principes à la base des modèles de trafic

- **Assurer la cohérence avec le calcul des surplus, assurer la qualité des résultats du modèle**

Au vu des analyses menées sur les modèles et leur relation avec l'analyse socio-économique et ses évolutions, il est utile de réfléchir à une liste de propriétés désirables des modèles de trafic, de critères pour une typologie des modèles et de leur niveau de qualité, qui constituent autant de points-clef de la modélisation. En voici une proposition, étant précisé que les modalités de réponses techniques pour satisfaire ces propriétés pourront varier selon la structure des modèles de trafic, et que certaines propositions sont directement applicables à court terme alors que d'autres nécessitent des travaux de recherche :

- **Définition et arguments d'une fonction d'utilité**

Les modèles de trafic mettent en œuvre des concepts et paramètres qui caractérisent leur capacité à traduire plus ou moins complètement les comportements des usagers et permettent de juger de leur intégration dans le calcul économique des surplus : ces fonctions d'utilité – ou les coûts généralisés – qu'ils utilisent doivent donc être explicités. Il devrait être possible de vérifier si les propriétés demandées à ce type de fonction sont bien respectées, et leur rôle dans la représentation des décisions des

usagers devrait lui aussi être bien défini et connu de l'utilisateur des résultats du modèle.

→ Vérifier la cohérence avec les variables utilisées dans l'analyse socioéconomique

L'évolution de l'ASE, guidée par les avancées de la recherche, conduit à introduire de nouvelles variables, par différenciation des temps totaux de trajet (ex : temps d'attente) et/ou par de nouvelles natures de variables (ex : niveau de confort, fiabilité, ...). *Les nouvelles variables introduites par l'ASE qui visent à mieux refléter les conditions du transport telles qu'elles sont ressenties (et valorisées) par les usagers devraient pouvoir être renseignées de façon fiable par les modèles de trafic, si l'évaluation socioéconomique du projet les prend en compte. De même la segmentation de la demande utilisée dans le modèle doit être cohérente avec celle utilisée pour l'ASE.*

Certaines questions plus spécifiques ont été discutées au sein du sous-groupe :

- **évolution de la demande, ou des valeurs du temps et du confort, avec la distance du trajet ?** Diverses analyses laisseraient penser que, par exemple, la valeur du temps augmenterait avec la distance pour les motifs « obligés » comme le travail mais pas pour les motifs de pur loisir, ou que la demande diminuerait de façon accélérée avec la distance en milieu urbain mais au contraire « décélérée » en milieu interurbain ;
- **cas plus général de fonctions d'utilité capables de rendre compte de non linéarités** (notamment par rapport au temps de trajet : seuils de perception ou de réaction, sensibilité évolutive à certains paramètres en fonction de la durée de trajet,.... ?) l'amélioration de la connaissance des comportements peut faire apparaître de tels phénomènes, il serait alors souhaitable que les modèles de trafic puissent en rendre compte (et que l'évaluation socioéconomique en rende compte¹).

Des recherches devraient être approfondies sur ce thème et, au cas où elles viendraient valider (ou invalider) de tels constats, il faudrait en tenir compte sur la structure des modèles de trafic, et le cas échéant sur la différenciation des valeurs tutélaires.

- **Dans la fonction d'utilité, interpréter les constantes résiduelles éventuelles**

Ceci pose la question du traitement des **constantes résiduelles issues de l'étalonnage du modèle**, par exemple les constantes modales tirées de l'estimation des modèles logit. Ces constantes captent un différentiel d'utilité moyen constaté entre modes ou solutions de transport, que la structure du modèle ne peut représenter par ailleurs². Très clairement, elles doivent être utilisées par le modèle pour ses

(1) Ce type de sujet peut être particulièrement ardu à traiter, car il concerne directement les modalités de calcul des surplus, pour lesquelles, à titre d'exemple, les fonctions d'utilité non linéaires en prix posent des problèmes redoutables.

(2) Ainsi, si la fonction d'utilité du modèle ne contient aucun terme caractérisant, par exemple, le niveau de confort, et si ce niveau a une influence sur les choix des usagers, alors le différentiel d'utilité correspondant au confort tel qu'il est ressenti par les usagers selon les modes ou solutions de transport sera bien capté lors de l'étalonnage du modèle (pour reproduire correctement le

estimations de trafic. Faut-il alors systématiquement les ignorer dans l'analyse socio-économique, alors qu'intrinsèquement elles reflètent bien un différentiel d'utilité révélé ? C'est ainsi que, jusqu'ici, les études routières comptabilisent bien un « malus d'inconfort » (ou plutôt un « bonus de confort ») dans les évaluations socioéconomiques. On peut s'interroger sur l'opportunité de généraliser cette approche pour les autres différentiels d'utilité mis en évidence par les comportements. Ces constantes résiduelles, dans la mesure où elles sont l'expression de notre imparfaite connaissance de certains phénomènes, devraient se réduire au fur et à mesure que ces phénomènes seront pris en compte explicitement dans les modélisations.

Il conviendrait donc de mener des recherches pour estimer dans quelle mesure et sous quelles conditions l'information fournie par ces constantes résiduelles pourrait mériter d'être intégrée dans le CSE.

Voici un exemple illustratif de règle qui pourrait être étudiée.

Dans le cas où le modèle ferait apparaître des constantes modales non négligeables, dont les tests statistiques feraient apparaître le caractère significatif :

- tester la sensibilité de la valeur actualisée nette à la prise en compte de ces constantes modales, de deux façons (par addition aux effets valorisés selon les valeurs tutélaires ; par addition aux effets valorisés selon les fonctions d'utilité du modèle) ;
- si les deux tests montrent un impact relatif significatif (> 10 % par exemple), prendre en compte la correction correspondante, au moins à titre d'analyse de sensibilité.

- **Assurer la cohérence des passages entre étapes ou sous-modèles du point de vue de la fonction d'utilité**

Les modèles de trafic se décomposent en plusieurs étapes et il est souhaitable que les coûts généralisés ou utilités obtenus à l'issue d'une étape, par exemple l'étape d'affectation, soient cohérents avec ceux pris comme hypothèse à l'étape suivante, par exemple de choix modal (utilisation du logsum en cas de modèle logit).

Il convient que le modélisateur s'assure systématiquement de la cohérence globale de son exercice de simulation : les coûts généralisés (ou valeurs de la fonction d'utilité) obtenus à l'issue d'une étape doivent être cohérents avec ceux pris comme hypothèse aux étapes ultérieures. Ceci suppose une vérification formelle systématique.

- **Qualité de représentation des interactions entre offre et demande**

Prise en compte de l'induction de trafic

Même en l'absence de relocalisation des acteurs économiques, la mise en service d'un nouveau service de transport, en améliorant la palette des solutions de transport offertes aux usagers, est susceptible de déplacer une demande ou de générer une

comportement de choix des usagers) mais à travers les autres paramètres de la fonction d'utilité. Sauf à ce que l'influence du confort soit très corrélée avec un des termes explicites de la fonction d'utilité, c'est la constante résiduelle qui captera ce différentiel d'utilité moyen.

demande supplémentaire, directement (réponse à des besoins non satisfaits jusqu'ici) ou indirectement (diminution de la congestion diminuant le coût généralisé d'un trajet¹). ***La rétroaction de la qualité et de la diversité des services de transport sur la demande (génération, distribution) doit donc être prise en considération. En améliorant la palette des possibilités de déplacement, un nouveau service devrait très généralement augmenter l'utilité globale du système de transport et le modèle de trafic devrait prendre cela en compte².***

En parallèle, certains modèles qui ne représentent pas explicitement les concurrences entre l'ensemble des modes font une estimation du trafic induit pour le (ou les) mode qu'ils simulent. Cette estimation de trafic « induit » va intégrer non seulement des déplacements nouveaux ou plus fréquents mais aussi des transferts depuis ou à destination des modes non explicitement représentés : ceci peut interférer à la marge avec le calcul des surplus mais, à condition que les modalités de calcul du surplus correspondant soient correctement étudiées et documentées, cela ne devrait pas introduire de distorsion notable.

En tout état de cause, l'amélioration de la qualité de représentation des comportements par les modèles devrait conduire à utiliser au mieux les résultats de ces modèles pour le calcul des surplus. ***Ceci conduit à recommander fortement que chaque modèle soit accompagné progressivement d'une analyse scientifiquement validée sur la manière dont il pourrait permettre de calculer un surplus de l'usager en totale cohérence avec la définition de ses fonctions d'utilité.***

Prise en compte de la variation, éventuellement endogène, du choix de destination et cohérence avec les modèles OST/ LUTI – cf. chapitre relatif aux effets spatiaux

L'amélioration des niveaux de service du système de transport est de nature à modifier les choix de destination des voyageurs comme des marchandises, à court terme comme à plus long terme. En particulier, des relocalisations de population et d'emplois peuvent se produire, modifiant la structure des déplacements. ***Il est souhaitable que les modèles de trafic soient capables de prendre en compte les modifications de structure de court terme, et qu'ils puissent interagir avec des modèles OST / LUTI***, dont un des objectifs est de rendre compte de l'impact des infrastructures de transport sur la localisation des emplois et des ménages.

Il conviendra donc d'examiner la cohérence entre les hypothèses du ou des

(1) En particulier, l'amélioration du niveau de service de transport entre une origine O et une destination D est de nature à modifier le choix de destination des usagers provenant d'une autre origine O'. Or, la modélisation classiquement retenue pour l'étape de distribution des déplacements néglige généralement cette possibilité, en supposant que seul le choix de destination des usagers provenant de O est impacté par la modification des niveaux de service. Il en va de même pour le choix de mode.

(2) Ainsi le log-sum de l'utilité des divers modes disponibles (qui traduit l'espérance du maximum de l'utilité entre choix possibles) peut être utilisé pour résumer l'utilité d'un ensemble de modes. Cet usage s'est largement répandu, avec l'exception notoire du choix entre itinéraires multiples pratiqués, notamment TC. Dans un document de travail récent, Gaudry & Quinet (2012) ont montré que la pratique courante de calculer la moyenne (ou le minimum) des utilités des chemins TC utilisés plutôt que le log-sum de leurs utilités sous-estimait grandement l'utilité des investissements TC et défavorisait probablement les modes TC au profit du mode VP. Par ailleurs, la durée de montée en charge du trafic induit devrait être analysée et précisée.

modèles OST / LUTI utilisés pour le projet (surtout si les résultats de ces modèles sont utilisés directement ou indirectement dans le calcul de la VAN), ***et les hypothèses prises en compte au niveau des étapes de génération, distribution et choix modal*** du modèle de trafic utilisé pour le projet.

Traitement technique de l'interaction entre offre et demande (dont la congestion)

La demande influe en retour sur la qualité de l'offre de transport et les modèles doivent pouvoir capter ce type de phénomène.

Pour le routier, les courbes débit-vitesse telles que publiées par le SETRA, associées à un traitement algorithmique de recherche de l'équilibre (Wardrop, stochastique, etc.) répondent à cette exigence². Pour les transports collectifs, le traitement de l'interaction doit pouvoir tenir compte de la fréquence des services (ou de leurs horaires) et devrait intégrer la capacité du système (prise en compte de contraintes de capacité, progrès dans la représentation de la congestion des transports en commun, voire pour le déshorage - en lien avec une éventuelle intégration de la fiabilité dans la valorisation des temps de transport : en effet, la première adaptation des usagers à une situation de forte congestion consiste pour eux à déplacer leur heure de départ ou à changer leur agenda d'activité : la modélisation devrait idéalement en tenir compte³).

Les recherches sur une meilleure prise en compte des interactions entre offre et demande doivent être développées, ainsi que des modèles intégrant mieux ces effets, notamment pour la capacité des transports en commun.

Prendre en compte le phénomène d'étalement des pointes, qui apporte une souplesse au fonctionnement d'un système de transport : ainsi, les courbes débit-vitesse utilisées en routier reconduisent homothétiquement la répartition des trafics, proportionnellement au TMJA (trafic moyen journalier annuel), négligeant même à long terme le phénomène d'étalement des pointes, ce qui peut entraîner une surestimation des niveaux de congestion.

Le phénomène d'étalement des pointes devrait être mieux documenté et mieux analysé, et les écarts correspondants du point de vue prévisions des évolutions de trafic et du point de vue de la valorisation économique, s'ils s'avèrent non négligeables, devraient être pris en compte dans les hypothèses de projection utilisées par les modèles. Le développement de recherches relatives à la prise en compte du « déshorage » des usagers est à encourager (cf. rapport sur les valeurs du temps).

Développements plus prospectifs

Prise en compte de la concurrence spatiale dans l'expression de la demande

Les déplacements pour le travail peuvent être considérés comme à localisations fixées, pour une structure d'occupation du sol donnée. Mais lorsque ces déplacements ne représentent plus que 25 % des déplacements urbains (aux États-

(1) Tout en tenant compte du fait que localisations et déplacements évoluent selon des échelles de temps différentes, avec des hystérésis propres.

(2) Cependant, si des considérations sur la fiabilité des transports venaient à être introduites dans la demande, ce ne serait plus seulement à l'interaction moyenne mais également à la distribution des fluctuations qu'il faudrait s'intéresser.

(3) Les modèles de représentation des agendas individuels d'activité (« *activity-based models* » en anglais) offrent une piste de recherche intéressante à cet égard.

Unis) et une proportion inférieure à 50 % dans beaucoup de pays, la question devient importante pour les autres motifs. Dans les modèles urbains, la concurrence spatiale a été introduite il y a plus de trente ans suite à l'usage du log-sum (des utilités modales) dans le choix de destination au motif *achats*, mais ce n'est guère le cas ailleurs, notamment dans les modèles interurbains où la concurrence spatiale est encore ignorée, même pour les déplacements aux motifs touristiques et personnels.

Quand la part des motifs touristiques et personnels (et achats en urbain ou périurbain) est conséquente, il conviendrait que l'étape de distribution (et de génération) prenne en compte dans ses expressions fonctionnelles le niveau d'attractivité relatif des diverses zones.

Cinquième étape ?

Le point précédent amène plus largement à aborder la question des modèles de représentation « logistique » de la demande de transport, par des chaînages de déplacement ou des simulations de groupage de trafics de fret : certains auteurs parlent à ce sujet d'une « ***cinquième étape*** » ***des modèles de trafic.***

Les développements de recherche appliquée sur ce thème sont à encourager.

5.2 Évaluer et améliorer la robustesse des modèles

5.2.1 ***Quelques éléments pour un contrôle qualité simple des modèles et de leurs résultats***

Le groupe de travail a souhaité proposer des règles simples facilitant un contrôle qualité rapide des modèles et de leurs résultats : les propriétés désirables évoquées ci-dessus peuvent être utilisées ainsi pour ce qui concerne la structure des modèles. Pour la valeur de leurs paramètres il pourrait être envisageable de définir des fourchettes de valeurs « classiques » obtenues habituellement pour certains paramètres ou certains ratios [ex : ordres de grandeur des élasticités observées dans un modèle de trafic (transfert modal, induction) : élasticités directes et croisées aux prix, aux temps de trajet, le cas échéant aux revenus,...].

Il ne s'agirait pas de standardiser les modèles en les figeant, mais de signaler des points de vigilance.

Cependant, au vu de la forte segmentation de la demande introduite dans la plupart des modèles, et du développement de l'usage de fonctions d'utilité non linéaires, la multiplicité des cas à prendre en compte et la technicité des analyses nécessaires met un tel travail hors de portée de la présente commission. Des propositions relatives à la gouvernance sont cependant formulées plus loin.

Tout d'abord, chaque modèle devrait être accompagné d'une fiche descriptive décrivant sa structure interne (étapes traitées, fonctions d'utilité,...) et les principaux paramètres et valeurs de référence utilisés, ainsi que ses points forts et limites d'utilisation.

- Incertitudes

Traitement de l'incertitude par les modèles

Il est souhaitable que les modèles de trafic précisent la nature des variables par rapport auxquelles leurs paramètres « structurels » ont été étalonnés, et la nature des variables par rapport auxquelles leurs paramètres ajustables sont calés pour une étude de projet spécifique (exemple : circulations sur les principaux tronçons du réseau, temps de parcours par tronçon), et qu'ils soient capables d'assortir les résultats qu'ils produisent d'une appréciation sur le niveau d'incertitude qui y est attaché (au moins sous forme de l'écart-type obtenu dans la simulation des variables de calage, pour le jeu initial de calage mais aussi pour un jeu « test » indépendant du jeu de calage ; de même pour l'étalonnage initial des paramètres structurels). L'idéal serait d'assortir les indicateurs agrégés issus du modèle d'une fourchette d'incertitude indicative.

Par ailleurs, l'incertitude inhérente aux évolutions futures des différents paramètres des modèles devrait pouvoir être prise en compte dans la modélisation, et occasionner des tests de sensibilité.

Des ruptures majeures dans la structure de la concurrence¹ pourront survenir pour certains modes : l'introduction de la concurrence dans l'offre ferroviaire voyageurs, par exemple, est susceptible d'avoir des incidences sur la nature des services proposés, leur localisation et leur tarification. Ce point intéresse en premier lieu la définition des hypothèses d'entrée des modèles de trafic, mais peut concerner également leur structure logique ou une différenciation de leurs paramètres : **une attention particulière devra être portée à ce type d'incertitudes.**

Au niveau du calage des modèles², diverses préconisations paraissent importantes à mentionner ; ainsi :

- ***l'étalonnage et le calage des modèles doit s'effectuer de façon cohérente sur l'ensemble des paramètres*** (les valeurs numériques obtenues pour les valeurs du temps, du confort et autres paramètres de la fonction d'utilité n'ont de sens que dans une utilisation conjointe par le modèle). Par conséquent, ces valeurs peuvent être différentes (et le sont généralement) des valeurs de référence telles que celles qui sont fixées par le présent exercice de la Commission Quinet. Il est cependant utile de vérifier que les différences demeurent raisonnables, au même titre que pour les élasticités citées précédemment, c'est-à-dire que cette comparaison devrait constituer, sinon un critère de jugement de la qualité du modèle, du moins un sujet de questionnement et d'approfondissement en cas d'écart notable. À ce propos, les constats faits sur les modèles prix-temps à loi lognormale amènent à s'interroger sur les queues de distribution prises en compte implicitement par ces modèles : il serait intéressant d'élargir le type de lois considérées, par exemple en utilisant des fonctions beta, qui pourraient permettre,

(1) Au-delà des ruptures majeures de contexte concurrentiel, nous renvoyons au chapitre sur la concurrence imparfaite pour un choix des données d'entrée des modèles plus pertinent et plus cohérent avec les comportements réels des acteurs économiques.

(2) On trouvera par ailleurs (voir par exemple le guide SETRA (2007)) des recommandations pratiques visant à améliorer la qualité des études de trafic et portant notamment sur divers choix techniques comme le nombre et la localisation des centroïdes (points d'émission ou de réception des trafics).

outre un meilleur ajustement statistique aux données, de borner les valeurs du temps par des extrêmes « raisonnables » ;

- ***la nature des variables servant de critères d'optimisation pour le calage (idem pour l'étalonnage) doit couvrir les principales variables utilisées pour l'évaluation socio-économique*** (donc au minimum les niveaux de trafic mais aussi les temps de parcours sur le réseau¹⁾ ***ainsi que les variables non exogènes utilisées dans la fonction d'utilité du modèle de trafic*** (le cas échéant : densité d'occupation, retards moyens,) ;
- pour apprécier la qualité du modèle du point de vue de l'analyse socioéconomique, ***il conviendrait d'assortir les résultats du modèle d'une appréciation sur le niveau d'incertitude qui y est attaché*** (au moins sous forme de l'écart-type obtenu dans la simulation des variables de calage, pour le jeu initial de calage mais aussi pour un jeu « test » indépendant du jeu de calage ; de même pour l'étalonnage) ;
- ***la vérification de la plausibilité de certaines valeurs-clé déduites de l'étalonnage ou du calage du modèle mériterait d'être réalisée*** (cf ci-dessus : élasticités du trafic induit et du trafic de chaque mode relativement au prix du mode, valeurs du temps déduites du modèle,...).

5.2.2 La qualité des données

La qualité des données a un impact majeur sur la disponibilité et la qualité des résultats. C'est pourquoi une attention particulière doit être apportée à ce point, et ce pour l'ensemble des modes modélisés.

D'autres pays comme le Canada ou les États-Unis disposent de données autrement plus complètes, qualitativement et quantitativement, que ce dont on dispose en France. Ceci est vrai tant pour les déplacements interurbains que pour les déplacements urbains, et cela touche tant l'ampleur que la fréquence des recueils de données.

Les exigences accrues sur la représentation de la demande, tant dans le détail géographique que dans la description des comportements, font peser un poids croissant sur la qualité des bases de données. Le progrès des bases géolocalisées constitue déjà une réponse qui est déjà exploitée et devra l'être encore plus dans le futur. En revanche, le recensement des caractéristiques des flux n'évolue pas aussi favorablement. Depuis le début des années 1990, on constate une tendance à la diminution de la connaissance statistique dans ce domaine², bien que le rapport du Conseil national de l'information statistique réalisé en 2007³ et relatif à la qualité des données transport ait impulsé de nombreuses actions positives qui devraient être poursuivies et complétées.

(1) L'utilisation des NTIC devrait progressivement permettre des recueils de données plus fiables et moins coûteux sur les temps de parcours. Pour les trajets interurbains, en-dehors d'éventuels cas de congestion importante, une vérification générale de la fiabilité des courbes débit-vitesse devrait suffire à assurer la qualité de simulation des temps de parcours, à niveau de trafic correctement évalué.

(2) Due partiellement mais pas uniquement aux contraintes de secret commercial, qui imposent bien entendu des règles de confidentialité sur la présentation et l'utilisation des données.

(3) Cet audit sur la qualité des données, le rapport CNIS n°102, a suscité diverses améliorations du dispositif de recueil de données présentées dans la note SoeS-CGEDD (2013).

Face à l'enjeu majeur des grands projets ferroviaires notamment, on peut s'interroger sur la qualité et le niveau de détail des données disponibles sur les trafics ferroviaires¹ et la question se pose également pour l'ensemble des trafics de marchandises. Outre les trafics, la connaissance des prix devrait également être améliorée (niveaux moyens, différenciation liée par exemple aux pratiques de « yield management ») ainsi que la connaissance de la qualité des services offerts, tout particulièrement sur les caractéristiques qu'il est proposé de valoriser dans l'analyse monétarisée (cf. chapitre relatif aux valeurs du temps).

La nécessaire cohérence entre, d'un côté, la nature et le niveau de détail des données et, de l'autre côté, ceux du modèle, est un point important à souligner : ces vérifications de cohérence sont à effectuer pour chaque utilisation du modèle. Ceci porte bien entendu sur les données traditionnellement utilisées par les modèles, par exemple sur le niveau de détail spatial de la demande de transports. Mais ces vérifications sont également nécessaires pour les nouvelles dimensions explorées par les modèles de trafic².

Enfin, les recherches et études sur l'utilisation (anonyme) des données recueillies par les applications des NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication) sont à encourager.

5.3 La gouvernance des modèles

Face à la multiplicité et la diversité croissantes des modèles de trafic, il est apparu au groupe de de travail que la gouvernance des modèles devenait un enjeu majeur. Une bonne organisation dans ce domaine est fondamentale.

5.3.1 Gouvernance générale des modèles

Un premier élément d'organisation doit venir des contacts entre les modélisateurs. Il serait en effet utile de développer les comparaisons entre modèles, d'ouvrir plus largement les lieux de rencontre entre modèles et de faire connaître leurs travaux. L'objectif serait de rendre les modèles plus lisibles, de faire évoluer leur qualité scientifique et d'homogénéiser leurs types de sorties pour une meilleure qualité et comparabilité. Ainsi, un club des modélisateurs copiloté par le SETRA et le CERTU s'est constitué spontanément il y a 8 ans entre les services dépendant du ministère en charge des Transports. Il a pour objet de confronter les expériences. Son activité doit être encouragée et poursuivie, éventuellement pérennisée dans une structure plus officielle et plus ouverte, aboutissant à la mise en commun de programmes d'études ou à la définition de besoins en termes de données et de moyens permettant de les satisfaire.

Une autre préconisation est l'établissement d'un programme continu de recherches sur les modèles de trafic, qui pourrait être financé par exemple par un

(1) La faiblesse, voire l'absence, d'enquêtes de trafic pour des projets routiers peut également poser problème.

(2) Ainsi l'intégration de nouvelles variables comme le confort ou la fiabilité suppose que des statistiques permettent de nourrir les modèles en niveau de confort et en connaissance des changements de la fiabilité.

prélèvement sur les dépenses d'études des investissements candidats ou par le programme de recherches national Predit.

Pour asseoir la crédibilité des modèles, une expertise scientifique transparente et indépendante de chacun de ceux qui sont utilisés dans les évaluations de projets devrait être menée. Il faut bien voir qu'une telle expertise n'est valable que si elle s'exerce en profondeur ; elle ne peut être correctement effectuée que par une équipe de quelques experts internationaux¹ consacrant de 5 à 10 jours par modèle, dégageant les forces et faiblesses de chacun d'eux, les pistes de progrès et les conditions de comparaison de leurs résultats respectifs. L'objectif serait de rendre les modèles plus lisibles, de faire évoluer leur qualité scientifique et d'homogénéiser leurs types de sorties pour une meilleure qualité et comparabilité. Cette mesure nécessite certes des moyens financiers, mais qui représentent peu de chose au regard du coût des opérations dont on évalue la rentabilité.

Un de ses produits serait, pour atteindre une plus grande lisibilité, l'établissement pour chaque modèle de la fiche descriptive précédemment citée, et décrivant sa structure interne (étapes traitées, fonctions d'utilité,...) et les principaux paramètres et valeurs de référence utilisées, ainsi que ses points forts et limites d'utilisation. *Ces divers éléments devraient être joints aux études réalisées à l'aide des modèles, dans le dossier technique détaillé, mais aussi dans les documents destinés à un public plus large pour les informations de synthèse.*

5.3.2 Gouvernance de l'utilisation des modèles au niveau du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre

Afin de mieux structurer les contrôles qualité du modèle de trafic utilisé *pour un projet donné, il serait souhaitable, pour le type d'analyse socioéconomique de projet qui est à réaliser et pour les variantes méthodologiques de valorisation économique utilisées, de formaliser clairement les sorties attendues du modèle de trafic, et les usages possibles et souhaitables de ces sorties.*

Sur ces bases, le maître d'ouvrage pourra sélectionner le modèle le plus adapté pour l'étude à réaliser.

La réalisation d'analyses de sensibilité des résultats du modèle aux valeurs prises par quelques paramètres-clé du modèle, ou des hypothèses exogènes (exemple : tendance générale de croissance des trafics) est fortement préconisée.

Au niveau de l'utilisation des modèles, il serait souhaitable, au moins pour les grands projets, de procéder à une comparaison des simulations de trafic issues de deux modèles différents, afin d'avoir une meilleure idée de la robustesse des résultats pour les projets à forts enjeux et de mettre en lumière les phénomènes qui pourraient être spécifiquement mieux représentés par tel ou tel modèle. Pour ce faire, des modèles de référence dûment expertisés pourraient par exemple être utilisés pour les principaux types de grands projets rencontrés.

(1) Le cas échéant, ces expertises pourraient être animées par une instance publique compétente afin de garantir une certaine comparabilité et homogénéité des audits réalisés.

(2) Par exemple selon les phases d'étude du projet, son caractère urbain ou interurbain, la nature de l'investissement – capacité nouvelle, fiabilisation –, etc.

5.4 Développement de l'utilisation des informations fournies par les modèles de trafic

Cette dernière partie reprend certaines des recommandations précédentes en les développant pour ce qui intéresse l'information fournie par les modèles lors de la réalisation des études de trafic.

Les modèles de trafic, dans la mesure où ils représentent de façon fine les interactions entre offre et demande de transport, constituent une source d'information essentielle :

- *les estimations quantitatives qu'ils fournissent sur les variables d'utilité des usagers (temps passés dans les transports, confort,...) peuvent être valorisées au-delà des indicateurs socio-économiques agrégés, dans l'information livrée lors des échanges publics sur les projets, y compris en utilisant des supports cartographiques ;*
- *les modèles de trafic, une fois assurée leur cohérence du point de vue économique, peuvent également estimer les surplus directs des usagers en les calculant avec les fonctions d'utilité et les paramètres du modèle. Cette représentation ne correspond pas à l'analyse socioéconomique normalisée utilisant des valeurs de référence, mais elle peut à tout le moins fournir des indications sur la structure des surplus telle que le modèle les traduit sur la base de l'observation des comportements observés. L'éventualité d'une utilisation des constantes modales apparaissant dans les fonctions d'utilité des modèles, qui traduisent l'existence d'un différentiel d'utilité entre solutions de transport, est également à approfondir. Les recherches devraient donc être développées sur les possibilités d'utilisation des informations fournies par les modèles dans le cadre du calcul socio-économique normalisé, en respectant les principes d'équité et de transparence de ce dernier (les questions relatives au calcul des surplus sont développées plus avant dans le chapitre ...) ;*
- *ils peuvent également fournir des informations précieuses pour d'autres études menées sur les projets (analyse financière, études environnementales, analyses territoriales, ...) ; le développement des possibilités d'interfaçage avec les modèles d'occupation du sol/transport (LUTI, ou OST en français) est à encourager ;*
- parmi les nouvelles analyses développées à l'aide de modèles de trafic dans certains pays, on peut noter les analyses de résilience ou de vulnérabilité des réseaux, qui permettent d'une part de caractériser la robustesse des réseaux à un niveau global, mais peuvent également conduire à terme à valoriser des externalités de réseau procurées par les projets (ainsi, une nouvelle liaison dans un réseau maillé de transport en commun peut permettre de diminuer les conséquences des perturbations rencontrées dans une autre partie du réseau – le cas de l'agglomération parisienne est clair à cet égard)
- la demande croissante de précisions sur la localisation des effets des infrastructures et leur distribution spatiale ou sociale interpelle directement les modèles de trafic, qui disposent du plus haut niveau de détail sur la répartition détaillée des trafics, à travers notamment leur segmentation fine et géographique de la demande.

Il serait donc souhaitable que les modèles de trafic soient compatibles avec les

bases de données géolocalisées permettant d'apprécier des paramètres d'analyse de distribution des effets (densité de population, milieux traversés, ...).

- enfin, les modèles de trafic doivent pouvoir être utilisés pour la réalisation du bilan ex-post du projet : *il est donc nécessaire de conserver les versions successives de chaque modèle, avec ses fichiers détaillés, pour les analyses ex-post des projets traités avec ces modèles. Ceci relève au premier chef de la responsabilité du maître d'ouvrage pour chaque projet, mais aussi de la responsabilité de chaque porteur de modèle qui doit lui aussi conserver la mémoire technique de son modèle, gage de qualité.*

Bibliographie

Abraham C., Baumgart T. et Blanchet J.D. (1970), Un modèle de prévision du trafic aérien intérieur, Etudes et Techniques. p.15-28.

Bernadet M. et al (2007), Inventaire des besoins d'information sur les transports, Conseil National de l'Information Statistique, rapport n°102 (mars2007).

De Jong G. et al (2005), Using the logsum as an evaluation measure, Working paper - AVV, RAND Europe (mai 2005).

DGAC (2012), Note méthodologique sur les prévisions de trafic aérien réalisées par la DGAC (septembre 2012).

Distillate Project F., Appendix B (J.D. Shires): "Review of Public Transport Models", avril 2006.

Eva-Tren (2008), Improved decision aid methods and tools to support evaluation of investment for transport and energy networks in Europe (2008), Deliverable 3.2 Methodological developments, juin 2008.

Évaluation des modèles de prévision de trafic, Note de synthèse de la recherche PREDIT, NS1597/RATP-PREDIT/02000/V2.

Gaudry M. (2012), Quelques paragraphes sur les propriétés désirables des modèles de trafic (août 2012).

Gaudry M. (2012), Quelques points à souligner sur les modèles de trafic et leurs usages.

Hausman J.A. et Newey W.K. (1995), Nonparametric estimation of exact consumer surplus and deadweight loss, *Econometrica* 63/6, p.1445-1476.

LEURENT F. (1997), « Analyse et mesure de l'incertitude dans un modèle de simulation. Les principes, une méthode et l'exemple de l'affectation bi-critère du trafic », thèse ENPC 1997.

Leurent, F., Breteau, V., Wagner, N. (2009) : Coût social marginal de la congestion routière. Actualisation et critique de l'approche Hautreux. Rapport de convention pour la DGITM. 102 pages.

Modelling transport, JD Ortuzar, LG Willumsen, 4ème édition, Wiley, 2011.

Morellet O. (2001), Demande de transport de personnes : une théorie unifiée de l'urbain à l'intercontinental, *Recherche Transport Sécurité* 71, p.49-100.

Morellet O. (2013), Choix des lieux de résidence et de travail, et comportement de transport dans le modèle MATISSE, (à paraître en 2013).

Notes de présentation des modèles (modèle national voyageurs RFF, SNCF Transilien, SNCF longue distance voyageurs, MODEV voyageurs, MODEV marchandises, MODUS, ANTONIN, modèle fret SETRA, modules SETRA Transcad, MONAPL, fiches

de synthèse CERTU sur divers modèles urbains).

PREDIT (1999), « Évaluation des modèles de prévision de trafic, note de synthèse », PREDIT, 1999.

PREDIT (1999), « La modélisation dans les transports terrestres », rapport du groupe de travail PREDIT, 1999.

SETRA (2007), Évaluation des projets d'infrastructures routières – pilotage des études de trafic, Guide méthodologique SETRA, Collection Les outils (octobre 2007).

SETRA (2010), « Calage et validation des modèles de trafic », guide SETRA, juillet 2010.

SETRA (2012), « Modèles de trafic routiers », guide SETRA, juin 2012.

SETRA (2012), L'induction de trafic – revue bibliographique, Collection des rapports du SETRA, octobre 2012.

SETRA(2007), « Évaluation des projets d'infrastructures routières – Pilotage des études de trafic », guide méthodologique du SETRA, octobre 2007.

SoeS-CGEDD (2013), note SDST1212005 conjointe du SOeS et du CGEDD au président du CNIS sur le bilan de la mise en oeuvre des recommandations du rapport du CNIS n°102.

Zhao Y., Kockelman K.M. (2002), The propagation of uncertainty through travel demand models: an exploratory analysis, The Annals of Regional Science 36, p.145-163.

Liste des membres du groupe thématique

Abraham Claude; Bompard Jean-Pierre; Massé Emmanuel; Prager Jean-Claude; Riedinger Nicolas; Badré Michel; Coupe Charlotte; Kovarik Jean-Bernard ; Chambon Pascal; Douillard Pierre; Chargui Mondher; Ayoun Philippe; Ni Jincheng; Gueguen Anne-Elise; Roy Nathalie; Chouguiat Alain; Breteau Vincent; Accary Fabrice; Meret-Conti Anne-Eole; Pauget Nicolas; De Lapparent Matthieu; Croquette Gilles; Deval Emmanuel; Zerguini Seghir; Pradayrol Jean-Pierre; Domergue Philippe; Benetier Marlène; Chandesris Maguelonne; Taroux Jean-Pierre; Gaudry Marc; Leurent Fabien; Philippe Ventéjol; Didier Blazy; Allard Gérard; Dubromel Michel; Meunier David