

Guide méthodologique

# Évaluation des projets d'infrastructures routières

Pilotage des études de trafic



Guide méthodologique

# Évaluation des projets d'infrastructures routières

Pilotage des études de trafic



collection les outils

Cet ouvrage a été rédigé, sous le pilotage de Pascaline Cousin (Sétra), par un groupe de spécialistes des études de transport du Réseau scientifique et technique de l'Équipement composé de :

- Pierre Baillet (CETE du Sud-Ouest)
- Michel Baudrin (CETE Nord-Picardie)
- Frédérique Reffet (CETE Méditerranée)
- Serge Villette (CETE de l'Ouest)
- Patrice Danzanvilliers (Sétra)

Au cours de son élaboration, il a été relu par un groupe de maîtres d'ouvrage de l'Etat, des Directions Régionales de l'Équipement et de collectivités locales en Services Techniques Départementaux. Il a été validé par la Direction Générale des Routes, commanditaire de l'ouvrage, et par l'Association des Services Techniques Départementaux.







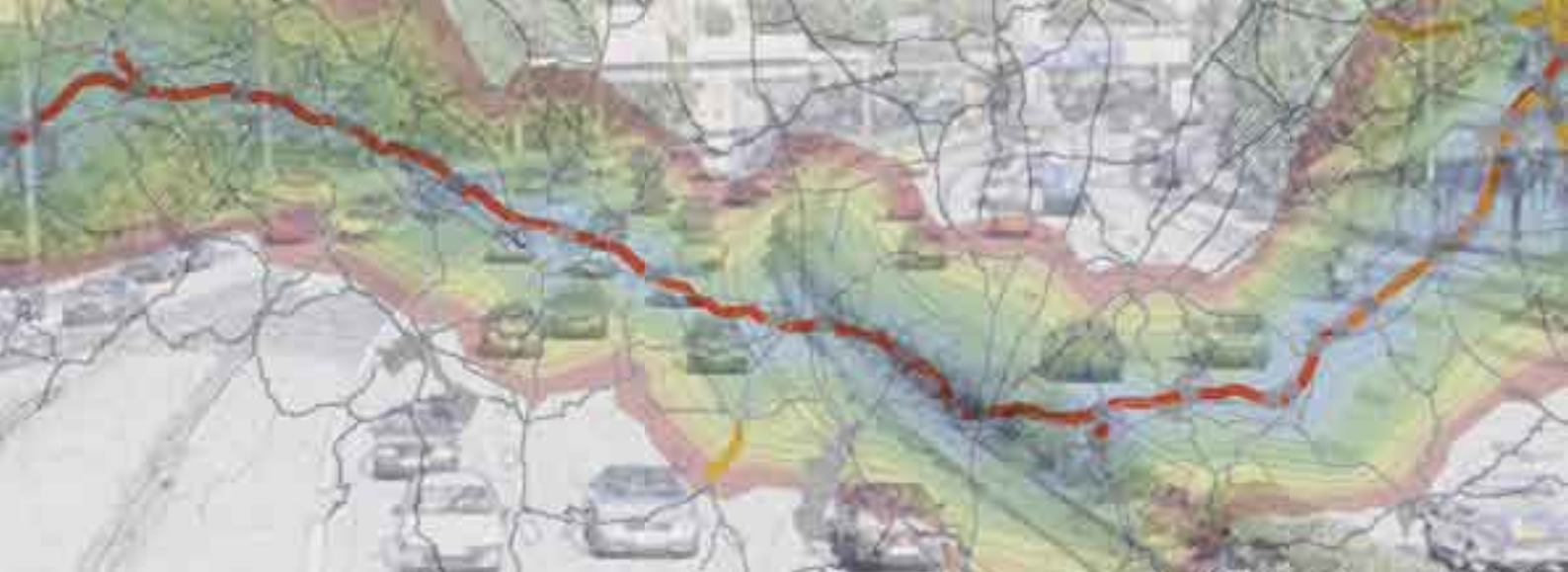
## Sommaire

<b>Objectifs de l'ouvrage</b>	<b>5</b>
<b>Introduction - Définition des études de trafic</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1 - Pilotage de la construction d'un modèle de transport</b>	<b>9</b>
1 - Description de la demande de transport	9
1.1 - Définition de l'aire d'étude et du zonage	9
1.2 - Recueil de données	12
1.3 - Constitution de la matrice OD représentant la demande de déplacements	13
1.4 - Découpage temporel et segmentation des flux	14
1.5 - Points de vigilance	15
2 - Description de l'offre de transport	16
2.1 - Données nécessaires à la description des réseaux de transport	18
2.2 - Points de vigilance	18
3 - Modélisation des flux : adéquation offre - demande	19
3.1 - Affectation de la demande routière	19
3.2 - Calage et validation des modélisations d'affectation	19
3.3 - Points de vigilance	20
<b>Chapitre 2 - Pilotage de l'exploitation d'un modèle de transport</b>	<b>21</b>
1 - Evolution de la demande de transport - cadrage économique de l'étude	21
1.1 - Les facteurs déterminants de l'évolution de la demande de transport	21
1.2 - Elaboration d'un scénario de cadrage économique	22
1.3 - Points de vigilance	25
2 - Exploitation du modèle : simulation, calculs d'indicateurs	25
2.1 - Les indicateurs de trafic, sorties directes du modèle de trafic	25
2.2 - Les indicateurs élaborés à partir des études de trafic	28
2.3 - Points de vigilance	28
<b>Chapitre 3 - Analyse critique des études de trafic et cohérence globale des études de projets d'infrastructure</b>	<b>29</b>
1 - Analyse critique des études de trafic	29
2 - Cohérence globale de l'étude de projet : insertion de l'étude de trafic	30

<b>Annexes</b>	<b>31</b>
Annexe 1 - Délais de réalisation d'une étude de trafic	31
Annexe 2 - Les étapes de la modélisation des déplacements	33
Annexe 3 - La modélisation de l'affectation des flux de trafic	34
Annexe 4 - Courbes temps-débit	35
Annexe 5 - Les outils de modélisation des déplacements	36
Annexe 6 - Modélisation à l'interface urbain - interurbain	37
Annexe 7 - La fiabilité des études de trafic	38
Bibliographie	39
Glossaire	40

---

---



## Objectifs de l'ouvrage

L'étude de trafic est un élément important de l'étude d'un projet de transport car :

- elle fournit les éléments permettant de faire le diagnostic des situations actuelle et future de l'infrastructure (qualité de service, dimensionnements, etc.) ;
- elle permet de préciser la fonctionnalité des infrastructures actuelles, ce qui est un élément déterminant pour la définition de leur parti d'aménagement ;
- elle contribue à la définition des scénarios d'aménagement ;
- elle constitue un des éléments de la concertation avec les partenaires associés au projet et de l'information du public.

En conséquence, elle mérite d'être menée avec soin et, dans le cas où le maître d'ouvrage du projet commande ce travail à un prestataire extérieur à sa structure, elle doit être pilotée avec attention.

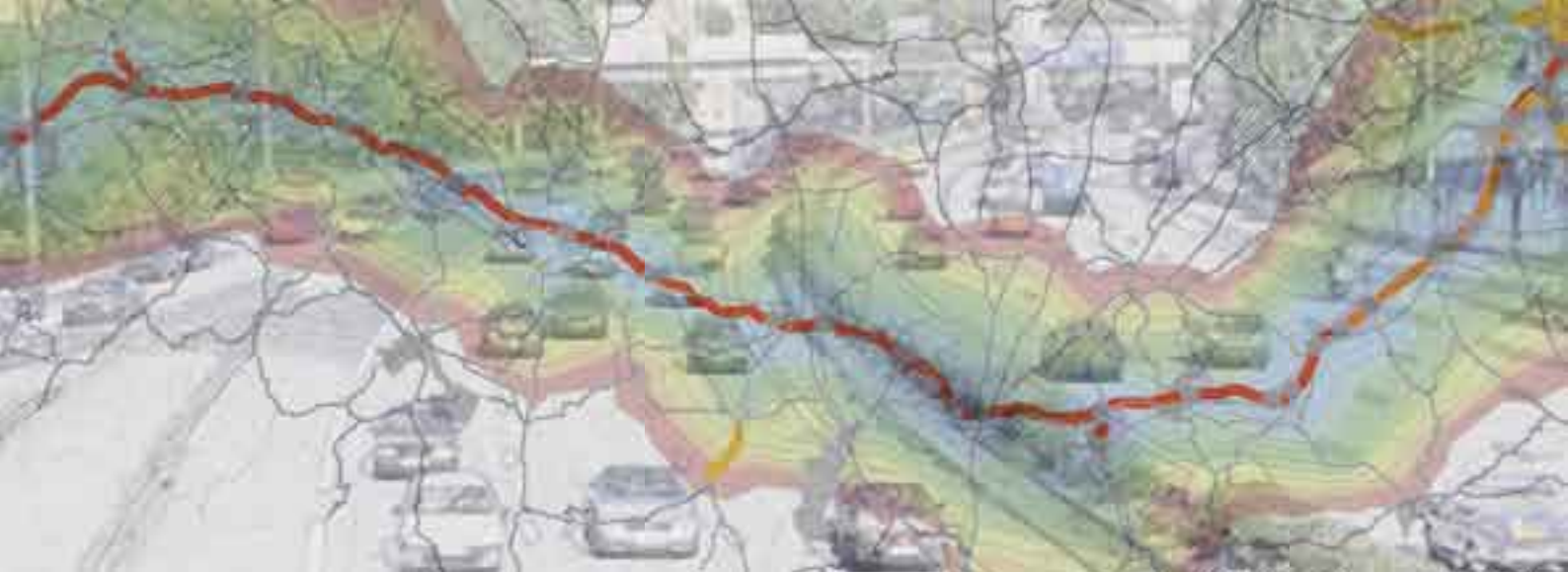
Ce type d'étude fait appel à des connaissances techniques et méthodologiques propres à l'ingénierie du trafic mais elles ne doivent pas pour autant échapper au contrôle du maître d'ouvrage. Ce guide apporte donc à ce dernier les connaissances de base nécessaire pour :

- définir les prestations confiées à un tiers ;
- définir les hypothèses de travail ;
- comprendre les pré-requis de l'étude et les moyens d'en disposer ;
- contrôler et évaluer les études confiées à un prestataire ;
- mesurer les limites des résultats fournis ;
- faciliter la communication sur les résultats devant le grand public ;

- rendre possible la contre-expertise des études produites et assurer le contrôle des études.

Etant donné la diversité des commandes possibles en matière d'études de trafic, le champ de ce guide a volontairement été limité aux cas d'études de déplacement destinées à alimenter l'étude et l'évaluation d'un projet d'infrastructure routière de grande ampleur (appréciation de l'opportunité, définition de ses caractéristiques et de ses fonctionnalités, analyse des diverses variantes, évaluations, ...) en milieu interurbain et/ou périurbain. Il s'adresse en priorité aux maîtres d'ouvrage confiant la réalisation de ces études à un prestataire extérieur mais son sujet pourra utilement intéresser les chargés d'études réalisant les études de trafic.





## Introduction

### Définition des études de trafic

Construire puis exploiter un modèle de trafic : voici les deux tâches que doit réaliser tout prestataire en charge d'une étude de trafic.

Pour ce faire, le prestataire développe lui-même, à l'aide d'outils et de logiciels (*cf.* Annexe 5) qui peuvent varier d'un prestataire à l'autre, un modèle de trafic lui permettant de simuler la situation actuelle des déplacements sur la zone d'étude. Construire un tel modèle de transport est une tâche technique qui, dans un premier temps, ne donne que peu de résultats puisqu'il s'agit seulement de reconstituer virtuellement la situation actuelle des déplacements. Elle est cependant indispensable pour pouvoir effectuer dans un deuxième temps des simulations en situation de projet ou en faisant varier les différents paramètres d'entrée du modèle.

Ainsi, après avoir construit son modèle, le prestataire devra simuler les effets d'une modification des paramètres d'entrée du modèle pour répondre aux attentes du maître d'ouvrage : modification de l'offre de transport dans le cas de la réalisation d'un nouveau projet d'infrastructure, augmentation des trafics sur la zone d'étude, changement de politique tarifaire, ... En conséquence, le modèle que le prestataire aura construit devra être à un niveau de détail adapté aux résultats attendus in fine.

Le déroulement de la construction puis de l'exploitation d'un modèle de trafic est propre à chaque étude mais il est possible de décrire les opérations que le prestataire devra réaliser pour répondre aux questions du maître d'ouvrage. Ce document présente ainsi les grandes étapes de la réalisation des études de trafic. En mettant en avant les difficultés de l'exercice, il

indique les points sur lesquels le maître d'ouvrage devra s'impliquer afin de piloter correctement le travail du prestataire :

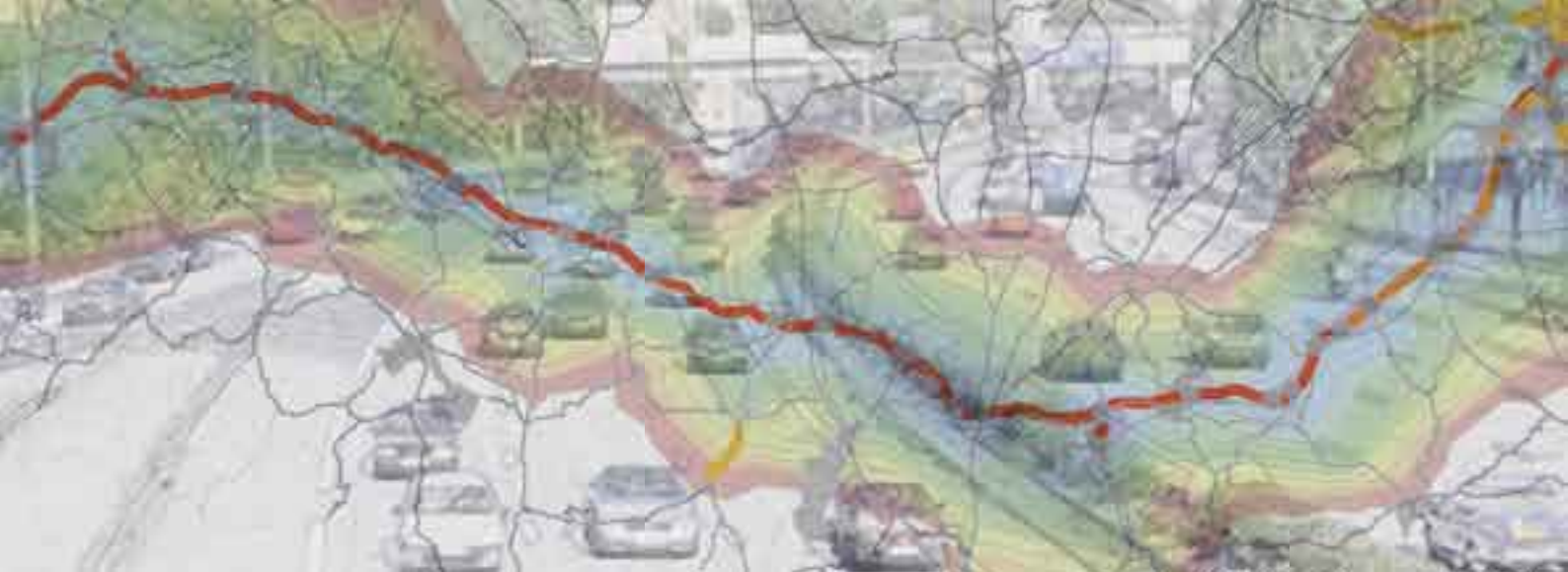
- dans la construction de son modèle de transport :
  - construction de l'offre de transport ;
  - construction de la demande de transport ;
  - calage du modèle de trafic ;
- dans son exploitation :
  - construction d'un scénario de cadrage économique ;
  - simulations et mise en forme des résultats.

Enfin, nous concluons notre propos par une mise en perspective des études de trafic vis-à-vis :

- des limites intrinsèques de l'exercice ;
- d'autres études permettant d'en apprécier la qualité.







## Chapitre 1

# Pilotage de la construction d'un modèle de transport

Avant de détailler les opérations de construction d'un modèle de trafic, il faut savoir que le modèle que le prestataire construira devra être adapté à la situation de la zone d'étude :

- s'il s'agit d'une zone urbaine, le prestataire pourra proposer de construire un modèle dit « à 4 étapes ». Il faut savoir que la réalisation d'un tel type de modèle est très lourde et se justifie uniquement si le maître d'ouvrage éprouve le besoin de mener régulièrement des études de trafic avec ce modèle. Pour plus de renseignements sur ces modèles, nous vous renvoyons au guide des pratiques sur la *Modélisation des déplacements urbains de voyageurs* de 2003 du Certu [6] et à l'Annexe 2 de ce document ;
- s'il s'agit d'une zone interurbaine, le prestataire proposera rarement de construire un modèle à 4 étapes. Il préférera proposer un modèle reposant sur des enquêtes de circulation, plus simple et plus facile à mettre en œuvre ;
- enfin s'il s'agit d'une zone à la fois urbaine et interurbaine (typiquement dans le cadre d'une étude de projet routier de contournement d'agglomération), le prestataire pourra proposer plusieurs solutions hybrides que le maître d'ouvrage devra étudier attentivement (cf. Annexe 6).

Nous rappelons que le présent guide illustre son propos en s'appuyant sur le cas d'une étude de projet routier en milieu interurbain. Dans ce contexte, le travail de construction du modèle consiste à modéliser la demande de déplacement, puis l'offre de transport afin de confronter ces deux éléments dans un troisième temps pour reconstituer les flux de trafic sur la zone d'étude.

## 1 - Description de la demande de transport

Les flux de marchandises, de véhicules ou encore de personnes sur les réseaux de transport sont la manifestation de besoins de déplacements. En modélisation des trafics, ces besoins de déplacements représentent la « demande de transport ». On quantifie cette demande de transport à l'aide de « matrices origine-destination » (appelées matrices OD) qui représentent pour une origine et une destination données définies sur l'aire d'étude les flux de personnes, de marchandises et/ou de véhicules sur cette liaison origine-destination. L'objectif de cette partie est donc d'expliquer :

- comment le prestataire construit ces matrices OD ;
- et quelle doit être l'implication du maître d'ouvrage dans cette tâche.

Les exemples qui illustrent cette partie sont issus de l'étude de trafic du contournement autoroutier d'Arles réalisée par le CETE Méditerranée.

### 1.1 - Définition de l'aire d'étude et du zonage

La définition de l'**aire d'étude** est la première étape de toute étude de trafic : il s'agit de déterminer quel est le territoire concerné directement ou indirectement par le projet de transport à étudier. Cette aire d'influence du projet est définie comme le périmètre à l'intérieur duquel circulent des flux susceptibles d'être intéressés par le projet.

Sur cette aire d'étude, il faut ensuite définir un **zonage** pertinent par rapport au projet étudié. En pratique, il s'agit de paver l'aire d'étude avec des zones homogènes du point de vue des déplacements. On considèrera par la suite que les comportements de chaque catégorie d'usagers des transports intéressés par le projet et issus d'une même zone seront similaires en termes de choix de modes et d'itinéraires. En conséquence, le zonage sera détaillé autour du projet et de plus en plus grossier au fur et à mesure que l'on s'en éloigne ; il devra tenir compte du réseau de transport étudié. Il est par ailleurs nécessaire de privilégier un découpage géographique qui suive les limites des entités administratives (quartiers, arrondissements, communes, départements, régions, ...) pour pouvoir utiliser des données sur l'occupation du sol, réutiliser des données recensées lors de précédentes études et pérenniser les enquêtes complémentaires à mener. Ce sera sur la base de ce zonage que seront construites les matrices OD : elles quantifieront pour chaque couple de zones originelles et destinations le nombre de déplacements.

Ensuite, pour chaque zone, le prestataire définira au moins un « point d'injection » du trafic sur le réseau de transport : tous les flux ayant pour origine ou destination une zone donnée passeront par ce point. La définition de ce point est en conséquence stratégique : le maître d'ouvrage devra veiller à ce que

les choix retenus pour ces points ne jouent pas sur les résultats des simulations. Par exemple, il vérifiera que les points d'injection des zones éloignées du projet sont positionnés de manière pertinente pour ne pas biaiser le choix d'itinéraire du trafic de transit.

Cette étape de construction du zonage peut paraître technique mais il est fondamental de comprendre quel est son impact sur la qualité des résultats finaux de l'étude de trafic. Si le zonage retenu est trop détaillé par rapport aux données de trafic dont on dispose, les résultats seront très fragiles et peu fiables statistiquement. En revanche, si le zonage choisi est trop grossier, il ne sera pas possible d'utiliser le modèle pour analyser des comportements à une échelle infra-zonale. Par exemple, si une zone englobe plusieurs échangeurs d'une liaison autoroutière, il ne sera pas possible d'analyser l'utilité relative de ces échangeurs pour les flux ayant pour origine ou destination cette zone. Le maître d'ouvrage devra donc valider cette première étape de la modélisation en examinant une carte du zonage retenu par le prestataire ; il pourra s'appuyer sur une assistance à maîtrise d'ouvrage pour ce travail.

Les figures 1, 2 et 3 montrent à titre d'exemple des extractions du zonage retenu pour l'étude du contournement de la ville d'Arles par le CETE Méditerranée. Les trois niveaux de zoom permettent de se rendre compte du raffinement du zonage à proximité de l'infrastructure étudiée.



Figure 1 : découpage global de l'aire d'étude



Figure 2 : découpage plus fin au niveau du projet

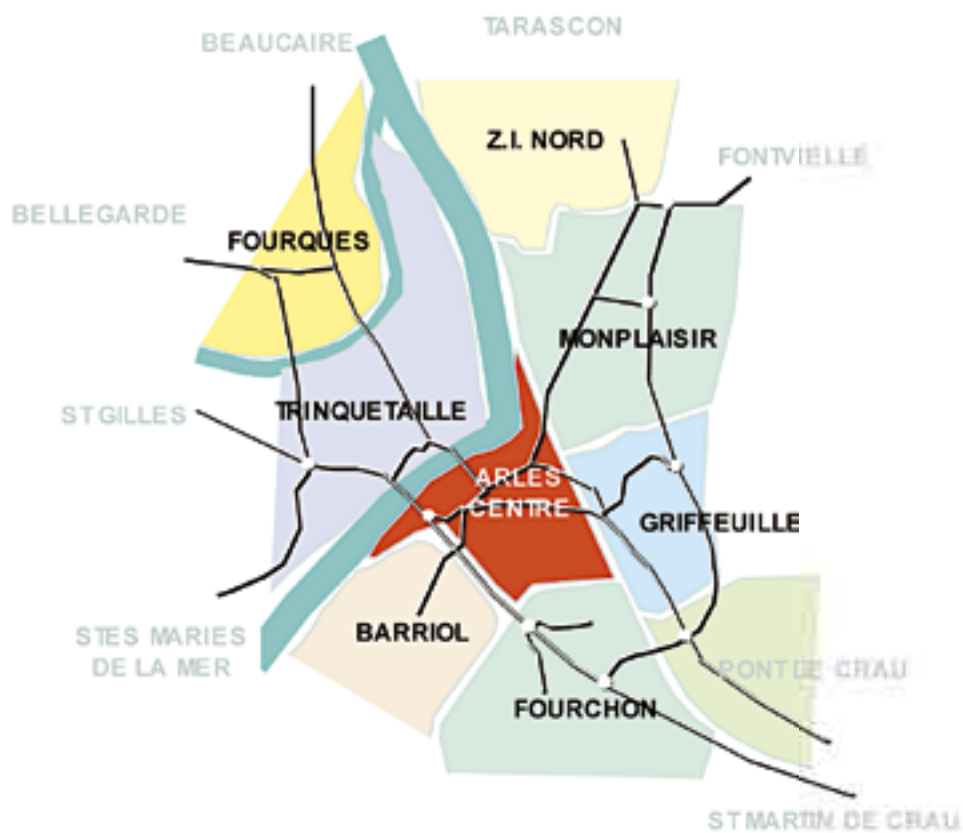


Figure 3 : découpage local, au niveau des quartiers concernés par le projet



## 1.2 - Recueil de données

Une fois l'aire d'étude et le zonage définis, le maître d'ouvrage doit faire le bilan des données dont il dispose et qui lui permettront, ainsi qu'à ses partenaires, de qualifier et quantifier la demande de transport sur l'aire d'influence du projet. Parmi les données généralement disponibles, on distingue les données liées aux territoires des données sur les trafics.

Les données sur les territoires permettent de mener une analyse de l'occupation des sols et de l'activité des zones étudiées. Il s'agit en général de la population, du nombre d'emplois, du nombre de places en université ou en école, de la surface de commerces, ... Dans les modèles urbains, elles servent à alimenter des modèles de génération de la demande de transport (cf. Annexe 2). Dans les modèles interurbains, elles jouent un rôle moins central ; en effet, on préfère généralement utiliser directement des données de trafic observées pour reconstituer la demande.

Les données de trafic sont elles-mêmes de diverses formes. Il peut s'agir :

- de données « brutes » : comptages (routiers, voyageurs, ...), enquêtes de circulation (dans le cadre juridique défini par le décret n° 2006-235 du 27 février 2006 [14]) ou enquêtes ménages-déplacements non exploitées, ... ;
- de données déjà exploitées : matrices OD partielles ou complètes sur l'aire d'étude ;
- de données partiellement exploitées : études diverses de déplacements sur la zone concernée, ...

Ces données servent à établir pour tous les couples de zones origines et destinations de l'aire d'étude les flux de personnes, marchandises et/ou véhicules sur la relation.

Si des données sont manquantes, le maître d'ouvrage doit mettre en place les méthodes de collecte adaptées pour combler ces lacunes ou prévoir ces collectes dans l'appel d'offre du prestataire chargé de l'étude de trafic. Dans les deux cas, il devra prévoir ces actions dans son calendrier (cf. Annexe 1) et les financements associés nécessaires ; ces opérations sont généralement longues et coûteuses.

Nous attirons ici l'attention du lecteur sur le cas particulier des enquêtes de circulation pour lesquelles il peut y avoir des difficultés pour obtenir les autorisations et pour interrompre le trafic. De plus, pour ce type de collecte de données, le maître d'ouvrage devra s'assurer qu'il a fait le bon choix en matière de type d'enquête (nous renvoyons au *Guide des études de trafic interurbain* de 1992 du Sétra [1] à ce sujet) et de localisation des postes d'enquêtes (il s'agit de capter la totalité des flux susceptibles d'être concernés par le projet).

Dans l'exemple figure 4, nous présentons le choix des postes d'enquêtes OD pour l'étude du contournement routier au sud d'Arles : le but est d'intercepter les flux de transit ou d'échange avec Arles susceptibles d'emprunter le contournement routier. Les points d'enquêtes sont donc situés sur les principaux axes routiers en prolongement du projet de contournement.



Figure 4 : exemple de positionnement des postes d'enquêtes pour l'étude du contournement autoroutier d'Arles

Si le choix des dispositifs d'enquêtes complémentaires est laissé à l'appréciation du prestataire, le maître d'ouvrage pourra faire appel à une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour l'aider à juger de la pertinence des enquêtes proposées par le bureau d'études et de l'exploitation qu'il fait des données collectées.

### 1.3 - Constitution de la matrice OD représentant la demande de déplacements

Les matrices OD sont constituées par les flux de zone à zone déterminés à partir de l'exploitation d'enquêtes de circulation. Toutefois, comme il est impossible d'interroger tous les véhicules passant par un poste d'enquête, il faut redresser les résultats par rapport aux niveaux de trafic observés. Ceci impose de réaliser les enquêtes à proximité d'un poste de comptage automatique ou d'effectuer parallèlement à l'enquête des comptages manuels. Le redressement est une opération qui doit être clairement détaillée par le prestataire. En particulier, il devra justifier que l'échantillon de trafic intercepté est suffisamment représentatif de la population totale ayant circulé au niveau du poste de sondage. Cette condition assurera par la suite la qualité de la matrice OD, élément fondamental de la modélisation.

Les flux OD non renseignés par les enquêtes de circulation peuvent être estimés, soit grâce à des « modèles de génération des déplacements » basés sur des données d'occupation des sols (du type des modèles utilisés pour la génération et la distribution dans les modèles à 4 étapes - *cf.* Annexe 2), soit grâce à des ratios qui permettent de fournir les ordres de grandeur des trafics recherchés. Le maître d'ouvrage veillera à ce que ces pratiques soient limitées à quelques OD et justifiées par le prestataire.

Au final, la matrice OD devra être extrapolée avec soin pour obtenir des flux moyens annuels ou journaliers. Nous reviendrons sur ces questions dans le paragraphe suivant sur la segmentation et le découpage temporel de la demande. Enfin, il faut savoir que la matrice OD obtenue in fine devra être projetée à l'horizon de la réalisation du projet étudié afin de disposer d'une estimation de la demande de transport pertinente pour l'étude. Les opérations de projections seront présentées dans la partie 1 du prochain chapitre.

Le plus souvent, une matrice OD représentant la moyenne des trafics journaliers d'une année est symétrique (cela revient à dire qu'il y a autant de véhicules de la zone A vers la zone B que de la zone B vers la zone A). Sur une période plus courte, ce n'est pas le cas : en effet, à l'heure de pointe du matin, les flux de véhicules ont tendance à être majoritaires vers les zones d'emplois, et inversement, à l'heure de pointe du soir, ils sont à destination des zones résidentielles.

Finalement, pour réaliser une matrice OD, il convient d'avoir :

- des enquêtes OD relativement récentes : on estime habituellement qu'une enquête de circulation est exploitable sur 5 ans après sa réalisation tandis qu'une « enquête ménages-déplacements » est exploitable sur 10 ans (*cf.* Annexe 1 pour une description des enquêtes OD) ;
- des comptages actuels au niveau des postes d'enquêtes pour le redressement ;
- éventuellement des données sur la population, les emplois, les zones d'activités et commerciales, ... afin de pouvoir estimer les flux OD manquants.

## 1.4 - Découpage temporel et segmentation des flux

Sur un même zonage, il est possible de définir plusieurs matrices OD correspondant aux plages temporelles que l'on souhaite modéliser : journée moyenne de l'année, heure de pointe du matin ou du soir, journée ouvrable, journée d'été, ... ou aux types des différents flux empruntant le réseau de transport : on peut distinguer les PL des VL, différencier les PL par le type de marchandise qu'ils transportent, séparer les VL en fonction du motif de déplacement du conducteur, ... Ainsi, on pourra définir une série de matrices OD en fonction du découpage temporel nécessaire à l'étude de l'infrastructure et de la segmentation des flux.

### 1.4.1 - Découpage temporel

Pour comptabiliser le trafic routier, on utilise le plus souvent les notions suivantes :

- **trafic horaire** : il correspond au nombre de véhicules qui s'écoulent en un point donné par heure. Il est généralement mesuré par sens de circulation ;
- **trafic moyen journalier annuel** : il mesure le nombre moyen de véhicules qui s'écoulent en un point donné par jour. Il est donné, soit par sens, soit pour les deux sens de circulation.

Le trafic moyen journalier annuel (TMJA), qui est parfois la seule donnée disponible, peut être mal adapté à certaines problématiques. Ainsi, il est quelquefois nécessaire d'adopter un découpage temporel plus fin en fonction des études menées afin de refléter les plus grosses difficultés à résoudre en matière de satisfaction des niveaux de service. Par exemple, il peut être utile d'étudier les heures de pointe du soir et/ou du matin pour mesurer les conditions de circulation à ces heures particulièrement chargées de la journée. Mais il est également possible d'adopter d'autres unités de mesures, liées à des plages temporelles d'étude plus ou moins pertinentes en fonction des projets. Le tableau 1 propose la liste des unités les plus utilisées (en trafic journalier ou horaire), avec leur contexte d'utilisation.

Tous ces trafics sont exprimés généralement à l'aide d'unités adaptées à la description d'un trafic hétérogène, composé à la fois de PL et de VL. Ainsi, pour tenir compte de l'impact plus pénalisant des PL sur les conditions de circulation, on introduit généralement la notion d'unité de véhicule particulier (ou uvp) qui consiste à convertir les PL en équivalent VL. On utilise pour cela un coefficient d'équivalence PL/VL, d'une valeur usuellement prise entre 2 et 3.

Unité	Définition	Contexte d'utilisation
TMJA : trafic moyen journalier annuel	Moyenne des trafics sur l'ensemble des jours d'une année	Études des axes interurbains Monétarisation des avantages du projet et calcul socio-économique Modélisation pour les études de bruit et pour les études de pollution de l'air (effets globaux)
TMJO : trafic moyen jours ouvrés	Moyenne sur l'année des trafics journaliers des jours ouvrés (de lundi à vendredi)	Études des trafics de marchandises (les PL ne circulant en effet que très peu les week-ends)
TMJE : trafic moyen journalier estival	Moyenne des trafics journaliers sur les mois de juillet et d'août	Études d'infrastructures de desserte des stations balnéaires
TMJH : trafic moyen journalier hivernal	Moyenne des trafics journaliers sur les mois d'hiver	Études d'infrastructures de desserte des stations de ski
HPM : heure de pointe du matin	Moyenne sur les jours ouvrés de l'année des trafics à l'heure de pointe du matin (en général 8h à 9h)	Problématiques urbaines : études de transports en commun ou études de contournement d'agglomération ; études de congestion, des phénomènes d'hyper pointe et de niveau de service ; modélisation pour les études air (effets aigus)
HPS : heure de pointe du soir	Moyenne sur les jours ouvrés de l'année des trafics à l'heure de pointe du soir (en général 18h à 19h)	
HC : heure creuse	Moyenne sur les jours ouvrés de l'année des trafics à l'heure creuse	Problématiques urbaines : études de transport en commun ou études de contournement d'agglomération

Tableau 1 : découpages temporels utilisés dans les études de trafic

Par ailleurs, il est important de savoir qu'il est possible de passer d'une unité de mesure à une autre par des ratios. Pour avoir une idée des ordres de grandeurs, on estime en moyenne qu'en milieu urbain le TMJA par sens équivaut à 10 HPS par sens tandis qu'en interurbain, le TMJA équivaut à 15 HPS. Mais attention, pour avoir des ratios fiables, il faut que ces derniers aient été paramétrés pour l'infrastructure considérée à partir de données suffisamment consolidées localement. Généralement, il faut pouvoir effectuer des relevés de trafic horaire sur une année complète pour les établir ; dans certains cas, il existe des stations de comptage permanent qu'il est possible d'exploiter. Ces ratios sont particulièrement utiles lorsque l'infrastructure à étudier se situe à l'interface entre milieux urbain et interurbain (pour des contournements d'agglomérations importantes) car ils permettent de passer de l'échelle urbaine à l'échelle interurbaine souvent traitées dans des modèles distincts (cf. Annexe 6).

#### 1.4.2 - Segmentation des flux

On peut, comme expliqué précédemment, chercher à obtenir une matrice OD en uvp par heure ou par jour pour étudier un projet. Toutefois, il peut être utile de chercher au contraire à avoir plusieurs matrices OD représentant les différents types de flux et donc de chercher à segmenter la demande de transport.

Les segmentations les plus courantes sont les suivantes :

- segmentation entre VL et PL : elle permet de rendre compte du fait que les PL circulent toute la journée et toute l'année, y compris la nuit, tandis que les VL ont un comportement qui varient fortement en fonction des saisons et de l'heure de la journée. Cette segmentation minimale est indispensable dans les études de trafic interurbaines. Dans les études multimodales, il faudra de même segmenter la demande entre voyageurs et marchandises. Par ailleurs, on peut également segmenter les PL en fonction des marchandises transportées ;
- segmentation en fonction de la longueur des parcours ou en fonction de la caractéristique du trajet : elle témoigne du fait que trafic local, trafic d'échange et trafic de transit obéissent à des logiques différentes ;
- segmentation par motifs de déplacement : elle permet de distinguer les comportements de VL en fonction de l'objectif de déplacement du conducteur (motif de travail ou de loisir par exemple) ;
- segmentation entre trafic captif (i.e. qui ne peut pas se reporter sur un autre mode de transport) et trafic volatil (qui peut se reporter sur un autre mode de transport) : ceci est particulièrement important pour les études de trafic comportant un volet multimodal afin d'estimer les reports modaux.

Ce travail de segmentation revient finalement à créer plusieurs sous-matrices, chacune d'entre elles

illustrant les flux d'une catégorie de véhicule en fonction de la segmentation retenue. La segmentation permet d'affiner l'étude de trafic pour caractériser le comportement de certains types d'usagers mais elle est souvent difficile à obtenir car il faut avoir des enquêtes adaptées pour caractériser tous ces flux. Le maître d'ouvrage devra spécifier la segmentation minimale qu'il souhaite adopter dès le début de son étude.

#### 1.4.3 - Estimation de reports modaux

A partir de la matrice OD, PL ou VL, il est possible d'identifier les OD sur lesquelles des reports modaux de la route vers le ferroviaire ou la voie maritime sont envisageables et de faire également des simulations de ces reports, même si aucune modélisation multimodale n'est réalisée. Il suffit en effet de définir des « filtres » (ces filtres peuvent être la distance, le volume minimum de marchandises permettant la massification, l'équilibre des sens, le temps de rabattement sur une gare ou un site multimodal, ...) qui permettront à partir de la matrice de demande d'estimer le volume de VL ou de PL qui pourra se reporter sur les transports en commun en site propre (train, tramway, ...), l'aérien, la voie d'eau ou le maritime. A partir de ces filtres, on peut ainsi déduire des matrices de flux reportables sur les modes alternatifs à la route et des matrices routières « tronquées », compte tenu des rapports modaux attendus.

Cette méthode est valable seulement dans le cas ici traité des études de projet routier interurbain. Dans le cas de modèles urbains ou de modèles où les transports collectifs représentent des parts de marché importantes, il peut être nécessaire de préciser la demande pour ces modes. Il convient alors de récupérer des données auprès des opérateurs, voire de réaliser des enquêtes spécifiques. Ces données conduisent à une matrice spécifique qui pourra servir notamment dans les modèles à 4 étapes (cf. Annexe 2) pour validation du choix modal.

### 1.5 - Points de vigilance

Le maître d'ouvrage doit s'attacher à vérifier et valider les différentes étapes de la caractérisation de la demande de transport sur l'aire d'étude du projet. Nous rappelons ici les points sur lesquels il devra être particulièrement vigilant :

- les délais d'enquête qui devront être intégrés dans sa planification de l'étude (cf. Annexe 1) ;
- la vérification des sources de données qui servent à constituer la matrice de demande et, en cas d'enquêtes nouvelles, il devra exiger des rapports d'enquêtes pour vérifier la représentativité des échantillons sondés ;
- l'ensemble des hypothèses qui conditionnent l'estimation de la matrice OD : aire d'étude, zonage, découpage temporel, segmentation des flux. Tous ces choix devront être validés par le maître d'ouvrage ;



- la prise en compte de la concurrence modale : le maître d'ouvrage veillera à ce que le prestataire n'oublie pas d'étudier la nécessité de prendre en compte un autre mode de transport que la route dans ses modèles ;
- les analyses du prestataire ou de son assistance à maîtrise d'ouvrage sur l'ensemble des caractéristiques de la demande lui permettant de vérifier, à partir de sa connaissance du territoire, la pertinence de la (ou des) matrice(s) OD.

Au terme de la phase de description de la demande, le prestataire doit montrer au maître d'ouvrage que la matrice de demande reflète la réalité en termes de répartition des trafics par origine destination et par nature des flux.

## 2 - Description de l'offre de transport

Aux besoins de déplacements évoqués dans la partie précédente et représentés en modélisation par des matrices OD, les systèmes de transports répondent en supportant les flux de véhicules ou de personnes entre une origine et une destination données. Ces systèmes de transport constituent ce que l'on appelle « l'offre de transport » et sont caractérisés par leur capacité à accueillir des flux plus ou moins importants, à proposer une qualité de service variable en termes de temps de parcours, de confort, ... et par leur coût.

La description de l'offre de transport dépend du niveau de précision de l'étude et de l'importance du scénario d'aménagement. Dans le cas présent d'une étude de projet routier en interurbain, le système de transport

décrit doit comporter toutes les infrastructures routières supportant un trafic susceptible d'être intéressé par le scénario d'aménagement donc qui pourrait être touché par une modification du volume et de la structure de son trafic.

Par ailleurs, la réalisation d'une étude de trafic pour l'étude d'un projet routier nécessite la construction de plusieurs réseaux :

- **le réseau actuel** (figure 5) ou le réseau de calage : c'est le réseau qui servira de base au calage du modèle (cf. partie 3 de ce chapitre). Il doit permettre de vérifier que la matrice de la demande s'affecte correctement sur le réseau actuel et reproduit la réalité des flux de trafic observés ;
- **le réseau de référence** (figure 6) est celui supposé exister aux horizons de modélisation envisagés à partir de la mise en service du projet : il sert de base à la comparaison des différents scénarios étudiés, il ne comporte pas le projet étudié mais intègre au fur et à mesure de leur réalisation les autres projets de transport de la zone d'étude. Il évolue donc dans le temps et à chaque horizon de modélisation correspondra un réseau de référence différent. Il convient d'intégrer dans ce réseau de référence : les « coups partis » (projets en travaux), les opérations actées dans les documents de planification en cours et plus généralement, tout élément extérieur au projet ayant une influence notable sur ce dernier. La définition de ce réseau de référence doit être faite sous la responsabilité du maître d'ouvrage (les gestionnaires de réseaux et autres partenaires doivent également être associés à la définition du réseau). Le maître d'ouvrage devra fixer les horizons de prise en compte des différentes opérations à intégrer dans le réseau de



Figure 5 : exemple de réseau actuel (zoom autour du projet du contournement d'Arles)

référence ; il peut être également intéressant de tester l'influence de la mise en service d'infrastructures réalisées postérieurement au projet. Dans l'exemple de l'étude du contournement d'Arles, le réseau de référence comprend la réalisation des contournements de Millau, de Montpellier, la réalisation de l'A750 et d'une portion de l'A8, représentés en rouge ;

- le (ou les) **réseau(x) de projet** (figure 7) : il s'agit le plus souvent du réseau de référence auquel le projet a été ajouté (représenté en violet). Il peut être différent si la réalisation du projet est conditionnée par la réalisation d'autres projets par exemple.

Pour une étude multimodale, les réseaux routiers seront complétés par les réseaux des autres modes établis selon les mêmes règles que celles énoncées précédemment.



Figure 6 : exemple de réseau de référence (zoom autour du projet du contournement d'Arles)



Figure 7 : exemple de réseau de projet (zoom autour du projet du contournement d'Arles)

## 2.1 - Données nécessaires à la description des réseaux de transport

Les données qu'il convient de réunir pour la description de l'offre de transport (actuelle et future) sont celles qui permettent d'évaluer les niveaux de service des infrastructures étudiées. Ainsi, pour décrire le mode routier, il s'agira de recueillir le graphe du réseau routier, la capacité des différentes sections routières, leurs caractéristiques géométriques, les vitesses maximales autorisées et les temps de parcours sur ces sections, les niveaux de péages appliqués pour les sections payantes.

Du point de vue technique, la plupart des données recueillies pour la description des réseaux routiers servent à paramétrer les courbes temps-débit (cf. Annexe 4) qui elles-mêmes permettent de relier temps de parcours et fréquentation. Ces données conditionneront par la suite les choix d'itinéraires sur le réseau routier modélisé. S'il n'est pas possible de mesurer directement sur l'infrastructure la valeur des paramètres de ces courbes, on les estimera en se basant sur les caractéristiques géométriques de l'infrastructure : types de routes (autoroutes, routes bidirectionnelles, routes de traversée d'agglomération, ...), contexte (interurbain, urbain ou périurbain), longueur, profil en travers, pente, visibilité, péage, interdiction de circulation, limitation de vitesse (complétée par la vitesse à vide ou vitesse libre), capacité des voies, contraintes diverses, ...

Les temps de parcours observés sont également des éléments qu'il conviendra de collecter sur des sections significatives afin de vérifier par la suite, au moment du calage du modèle, que la description du réseau est correcte et permet une bonne affectation de la matrice de la demande.

Quant aux péages, ils doivent être recueillis avec précision car ils serviront à évaluer le coût du déplacement par itinéraire.

Enfin, le prestataire devra étudier les intersections du réseau pour modéliser correctement les mouvements interdits (échangeurs incomplets) et les délais occasionnés lors de certains mouvements aux carrefours (appelés « mouvements tournants » par les modélisateurs). Dans le cas d'études sur des aires urbaines, il pourra être nécessaire de modéliser les feux à ces carrefours.

Le prestataire, en préalable à la modélisation, devra faire, à partir des données collectées pour la description de l'offre, une analyse des points durs du réseau, des capacités des différentes sections, de l'hétérogénéité d'un itinéraire, ...

### *Prise en compte des modes non routiers*

Dans le cas d'études multimodales, il faudra caractériser les missions des transports en commun avec un niveau de détail suffisant pour pouvoir comparer les caractéristiques des itinéraires entre les différents modes. Par ailleurs, les points d'interconnexion devront être étudiés afin d'estimer les temps et coût de rabattement sur les gares ou stations, les pénalités liées à l'inconfort des changements de mode, ... Enfin, il faut savoir que la description des systèmes de transport non routiers est largement plus complexe car il faut représenter non seulement l'infrastructure, mais aussi les missions offertes par les opérateurs utilisant l'infrastructure.

Ainsi, il convient d'apprécier l'intérêt de prendre en compte la concurrence modale sur l'étude de trafic et de réfléchir au mode de prise en compte de cette concurrence avant de se lancer dans la modélisation de l'offre de transport non routière. Par exemple, sur un itinéraire avec concurrence fer-route où la part de marché du fer est inférieure à 10 % et où il n'existe pas de projet d'amélioration de la desserte ferroviaire, on peut estimer qu'il n'est pas nécessaire d'élaborer un modèle multimodal complet.

En revanche, si les analyses de la concurrence mènent à construire un modèle multimodal complet, le prestataire devra classiquement recueillir :

- en ferroviaire : le réseau ferré, les gares, les missions effectuées sur ce réseau (c'est-à-dire les itinéraires des trains et les arrêts effectués), le nombre et le type de trains, leur fréquence et leur capacité, les temps de parcours, le confort, les prix des billets ;
- en fluvial : le réseau des voies navigables, les ports, les écluses, le nombre et le type de bateaux, leur capacité et leur fréquence, les temps de parcours, les prix du transport ;
- en aérien : le réseau des liaisons aériennes, les aéroports, le nombre et le type d'avions sur chaque liaison, leur capacité, leur fréquence, les temps de parcours, le confort, les prix des billets, les temps de rabattement sur les aéroports ;
- en transports en commun urbains : les réseaux TC, les missions effectuées sur ces réseaux, la capacité des bus, des rames de métro ou de tram, leur fréquence, les temps de parcours, le confort, les prix des billets.

### 2.2 - Points de vigilance

Le prestataire doit fournir au maître d'ouvrage une carte du réseau modélisé et, parallèlement, des tronçons de voirie non pris en compte dans la modélisation. Ce rendu doit être l'occasion d'une validation par le maître d'ouvrage du réseau et peut permettre d'ajouter ou de supprimer certains liens au réseau modélisé.

Il doit également fournir les différents paramètres décrivant le réseau modélisé. Pour un réseau routier,

le maître d'ouvrage doit pouvoir connaître la capacité des voies, les vitesses considérées, les fonctions débit-vitesse que le prestataire utilisera, ... Il devra montrer que ces caractéristiques correspondent à une réalité de terrain. C'est pour cela que le maître d'ouvrage qui valide le modèle doit s'appuyer sur une connaissance (de sa part ou de celle de l'assistance à maîtrise d'ouvrage) de la zone étudiée. Par ailleurs, le maître d'ouvrage devra être attentif à la bonne description des intersections : il pourra demander au prestataire une carte des carrefours interdisant certains mouvements et les pénalités appliquées aux mouvements tournants.

Dans le cas d'une modélisation prenant en compte les poids lourds, il ne faut pas oublier de vérifier si les axes interdits à ce type de transport ont bien été décrits (centres interdits, tunnels interdits au trafic de matières dangereuses, interdiction de transit dans les petites agglomérations, ...).

Enfin, le maître d'ouvrage doit juger de la pertinence de la méthode de prise en compte de la concurrence entre les différents modes. Pour certains projets, il peut être suffisant de décrire sommairement l'offre de transport des modes non routiers car elle n'apporte pas d'alternative solide à la route mais pour d'autres, il faut que la description de ces autres réseaux et des missions qu'ils supportent soit aussi détaillée que pour le mode routier.

### 3 - Modélisation des flux : adéquation offre - demande

L'offre et la demande de transport étant représentées respectivement par des matrices OD et par des réseaux modélisés et renseignés, il faut maintenant chercher à utiliser ces données de base pour reproduire les conditions de circulation actuelles sur ces réseaux en termes de trafic, de temps de parcours, ... Il faut donc confronter offre et demande de sorte à obtenir des flux de véhicules ou de personnes sur les différents axes du réseau de transport étudié.

#### 3.1 - Affectation de la demande routière

Pour obtenir ces flux de véhicules sur les routes ou de personnes sur les lignes de transport en commun, on procède à « l'affectation » des matrices origine-destination sur le réseau de transport. Il s'agit de déterminer, pour chaque OD et pour chaque véhicule ou personne sur cette liaison, l'itinéraire emprunté.

Les modèles d'affectation utilisés pour tester les grands projets d'aménagement routier sont des modèles dits macroscopiques qui permettent de déterminer le flux de véhicules sur chaque section du réseau de transport étudié. Ils sont fondés sur le principe de la recherche du chemin de moindre coût généralisé.

Ce coût généralisé correspond à la monétarisation de toutes les contraintes liées à un déplacement : temps passé dans les transports, prix du transport, usure du véhicule, confort du déplacement, ... Une présentation des différentes méthodes d'affectation est donnée en Annexe 3.

#### 3.2 - Calage et validation des modélisations d'affectation

La modélisation des choix d'itinéraires est un processus mathématique qui fait intervenir un certain nombre de paramètres pour formaliser les lois débit-vitesse (cf. Annexe 4) et les coûts généralisés. Ces paramètres doivent être quantifiés de sorte que la modélisation restitue au mieux les données observées sur le terrain, c'est l'objet de la phase de calage. L'appréciation de la qualité de cet ajustement doit être ensuite examinée dans une étape de validation.

##### 3.2.1 - Calage de la modélisation d'affectation

Le processus de calage nécessite la réalisation d'un très grand nombre d'affectations avec bien souvent des allers-retours sur la définition du zonage, le positionnement des centroïdes, des connecteurs, le sectionnement du réseau, ... La durée de la phase calage est donc assez longue.

Les données utilisables pour le calage sont principalement :

- des mesures de temps de parcours pour ajuster les paramètres des lois débit-vitesse mais aussi pour affiner la description du réseau en relevant les sections à circulation difficile. Il est recommandé, surtout lorsque l'évaluation économique présente une importance particulière, de prévoir plusieurs mesures dans la journée de manière à réduire les biais dus à la fluctuation du trafic où d'événements aléatoires qui peuvent survenir au cours du trajet ;
- des données de comptage sur le réseau routier. Le calage consistant à réduire l'écart entre trafic affecté et trafic observé, les points de comptage à retenir sont ceux pour lesquels on est en mesure de quantifier le « trafic local » (ou trafic intra-zonal qui correspond au trafic non modélisé), c'est-à-dire :
  - tous les comptages disponibles sur le réseau autoroutier car le trafic local est marginal compte tenu de l'interdistance entre diffuseurs ;
  - les comptages réalisés dans le cadre d'enquête OD puisqu'il est possible d'estimer la part du trafic local ;
- les autres comptages situés sur le réseau non autoroutier ne seront utilisés qu'en tant que contraintes dans le processus d'ajustement : on veillera à ce qu'à chaque itération du processus les trafics affectés soient toujours inférieurs aux comptages ;



- les enquêtes origine - destination. Elles permettent d'estimer la répartition par itinéraire des relations les plus importantes et d'ajuster la valeur du temps pour certaines relations ;
- les matrices gare à gare des sociétés concessionnaires ventilées par classe de tarification qui permettent également d'estimer la valeur du temps.

Finalement, toutes ces données permettent de faire des ajustements sur les paramètres du calcul des coûts généralisés (valeur du temps, valorisation du confort de la route, ...) afin de faire converger le modèle d'affectation des flux vers la réalité observée sur le terrain.

### 3.2.2 - Validation de la modélisation d'affectation

Cette étape poursuit deux objectifs :

- vérifier que la modélisation est effectivement capable de reconstituer les comportements des usagers en situation actuelle ;
- tester la sensibilité du modèle aux variations de certains paramètres afin de mieux cadrer les prestations à commander pour la phase prospective.

Les données utilisées pour valider la modélisation doivent en toute rigueur être différentes de celles retenues pour le calage, ce qui peut poser quelques difficultés lorsque les données disponibles ne sont pas nombreuses. Parmi les données précédentes, il faut donc exclure les comptages pour lesquels on ne connaît pas la part du trafic local.

Il peut être utile dans cette phase de validation de vérifier la pertinence des lois débit-vitesse lorsque le trafic augmente, à partir de l'affectation des matrices OD actuelles multipliées par des facteurs de croissance progressifs. On vérifiera, par exemple, que les reports sur le réseau secondaire sont compatibles avec le niveau de congestion du réseau principal.

De même, lors de la phase de validation, il est recommandé de détecter les sections saturées assorties de vitesses faibles afin de vérifier la composition du réseau actuel. En effet, il peut ressortir de telles analyses que le réseau secondaire doit être décrit ou plus détaillé à ces points de congestion fictifs. Ces vérifications peuvent également mettre en évidence des aménagements qui devront figurer dans le réseau de référence.

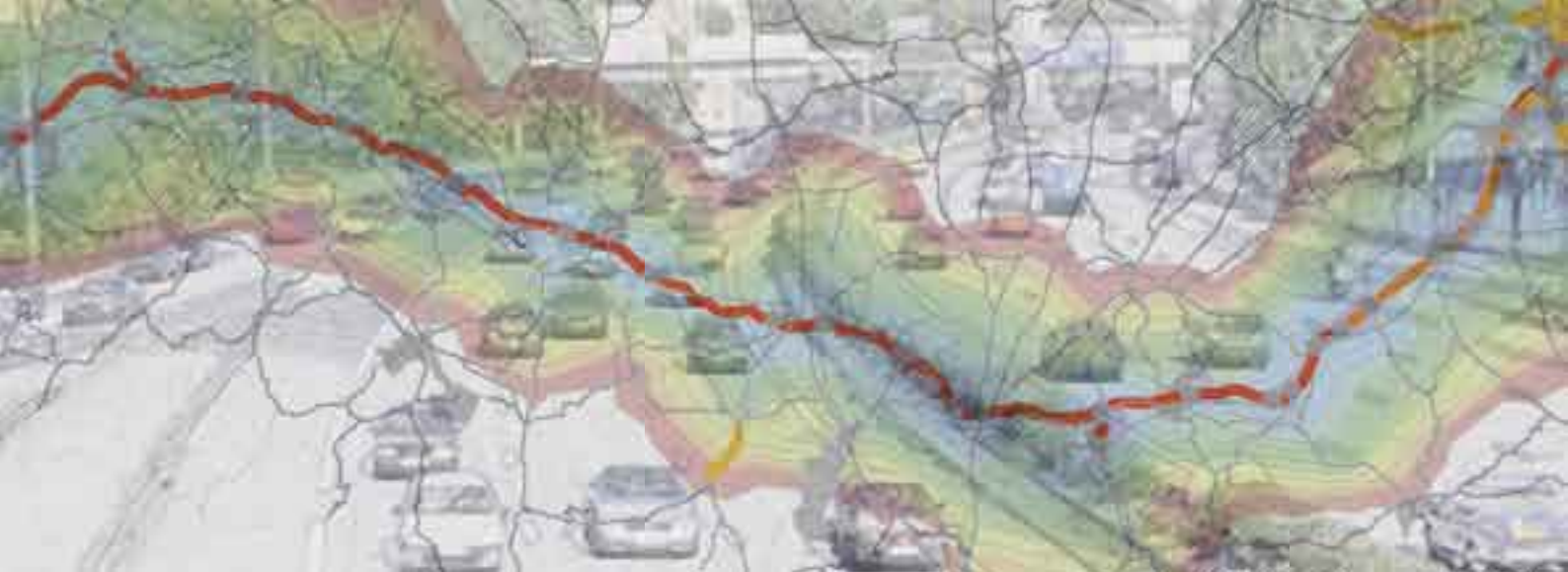
### 3.3 - Points de vigilance

La phase de calage du modèle d'affectation est une étape importante dans les études de trafic car elle conditionne la fiabilité des prévisions de trafic sur le projet routier et de l'évaluation économique si elle est demandée. Plus on impose de contraintes pour le calage, plus on fiabilise le modèle mais plus le travail est long et difficile.

C'est probablement aussi celle qui donne le plus lieu à des pratiques d'ajustement plus ou moins rigoureuses pour obtenir une qualité de reconstitution qui n'est qu'apparente, d'où la nécessité de prévoir une phase de validation distincte de la phase calage. Une description de la méthodologie de calage-validation envisagée par le soumissionnaire doit être demandée dans le cahier des charges ainsi que la remise d'un livrable spécifique exposant les difficultés et les principaux ajustements réalisés.

Pour pouvoir évaluer la qualité du travail du prestataire, le maître d'ouvrage pourra demander que le livrable expose et justifie :

- le choix du modèle mathématique d'affectation retenu : de manière générale, les modèles à contrainte de capacité avec affectation à l'équilibre sont les mieux indiqués pour les simulations à moyen et long termes pour tous types de réseaux (cf. Annexe 3) ;
- les écarts obtenus entre flux modélisés et comptages : plus ou moins 10 % apparaît comme une bonne fourchette sur les axes importants ;
- les corrections apportées sur le réseau lors de l'étape de calage ;
- les redressements effectués sur la demande de transport lors de l'étape de calage pour lever les incohérences éventuelles entre relevés de trafic, comptages et enquêtes ;
- quelques sorties immédiates de l'étude de trafic dont on pourra apprécier la cohérence :
  - trafics obtenus par segment de demande (au moins VL et PL) à comparer aux comptages ;
  - vitesses obtenues à comparer aux mesures de vitesses à disposition ;
  - répartition du trafic par itinéraire sur des relations importantes à comparer aux résultats des enquêtes ;
  - trafic sur une coupure à comparer aux flux OD ;
- une analyse de la sensibilité des flux de trafic modélisés aux paramètres définis à l'extérieur du modèle afin de mesurer la robustesse du modèle par des tests de sensibilité : variation des péages, des valeurs du temps, de la vitesse à vide, des paramètres des courbes débit-vitesse, ... On fera varier la valeur de chaque paramètre en gardant les autres fixes et on notera les variations de flux de trafic dans les sections routières sélectionnées. L'appréciation de la robustesse du modèle sera établie grâce à l'analyse graphique des variations des flux de trafic en fonction du paramètre en question. Cette analyse est cruciale car elle peut remettre en cause la formulation du calcul du coût généralisé des itinéraires : par exemple, si elle révèle une trop forte sensibilité du modèle aux niveaux de péage, on pourra demander au prestataire de modifier la prise en compte du facteur péage dans la formule du coût généralisé.



## Chapitre 2

# Pilotage de l'exploitation d'un modèle de transport

### 1 - Evolution de la demande de transport - cadrage économique de l'étude

L'étape de calage réalisée, le modèle construit permet de reconstituer, à partir de la description de la demande et de l'offre de transport, la situation actuelle des trafics sur les réseaux étudiés. Pour pouvoir étudier un projet d'aménagement routier, il faut non seulement modifier les paramètres de l'offre de transport pour tenir compte de ce projet, mais aussi déterminer la demande de transport à l'horizon de réalisation du projet afin d'affecter sur celui-ci les flux qu'il devra effectivement supporter à son ouverture et après celle-ci. Les éléments permettant de déterminer l'évolution de la demande de transport dans le temps sont issus de scénarios de cadrage socio-économiques que le maître d'ouvrage doit construire avec le prestataire. Cette partie donne les éléments pour comprendre les principes de construction de tels scénarios en analysant dans un premier temps les facteurs influant sur l'évolution de la demande de transport et dans un deuxième temps, les scénarios de croissance des trafics qui découlent de ces analyses.

#### 1.1 - Les facteurs déterminants de l'évolution de la demande de transport

La demande de transport varie en fonction de paramètres économiques connus qui évoluent eux-mêmes dans le temps. La liaison entre demande de transport et paramètres socio-économiques est suivie par le Service Economie, Statistique et Prospective du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables. Nous reportons ici les principales conclusions du SESP sur la corrélation entre demande de transport et économie pour les déplacements interurbains et urbains en expliquant la logique qui alimente ces résultats.

##### 1.1.1 - Les déplacements interurbains

###### *Rétrospective*

Durant la période 1980 à 2002, la circulation sur le réseau routier national (RRN) a augmenté au rythme de 3,5 % annuel. Les principaux facteurs qui sont à l'origine de cette augmentation sont la croissance du parc automobile d'une part et l'évolution des

DCFM/habitant	Prix des carburants	Parc automobile	Longueur des autoroutes	Total
1,2 %	0,3 %	1,5 %	0,5 %	3,5 %

Tableau 2 : contribution des différents facteurs à la croissance annuelle de la circulation sur le RRN

dépenses de consommation finale des ménages (DCFM) d'autre part. Ces deux facteurs expliquent 80 % de la croissance du trafic routier. Viennent ensuite l'allongement du réseau autoroutier et le prix des carburants dont le signe positif s'explique par la diminution du prix du carburant au km (conjugaison de la baisse du prix à la pompe, de la diésélisation accrue du parc et de la baisse des consommations unitaires) durant cette période.

Ces différents facteurs ne sont pas totalement indépendants ; en particulier, l'évolution des revenus et celle du prix des carburants influent sur l'équipement des ménages en automobile. L'évolution des prix des carburants est quant à elle liée à celle des prix du brut mais aussi à la parité euro/dollar et au niveau de la TIPP. Enfin l'évolution de la DCFM est fortement dépendante de celle du PIB.

#### *Les tendances lourdes pour le futur*

La motorisation des ménages est arrivée à maturité : passée de 65 à 80 % de 1975 à 2002, elle reste stable entre 1998 et 2003. Ce taux progressera peu dans les 50 prochaines années, même si le nombre de ménages possédant deux voitures deviendra plus important. Par ailleurs, les vitesses offertes par les différents réseaux n'augmenteront plus et le prix des transports ne peut qu'augmenter en raison des règles plus sévères en matière d'environnement et de sécurité, et surtout du coût des ressources énergétiques. Enfin, la croissance annuelle du revenu des ménages sera moins élevée que par le passé. En conséquence, la croissance du trafic sur le RRN devrait ralentir.

#### **1.1.2 - Le transport de marchandises**

##### *Rétrospective*

Entre 1980 et 2002, le transport routier de marchandises a connu une forte croissance (+ 2,9 % par an) que l'on peut expliquer par l'amélioration des infrastructures routières et autoroutières, la baisse du prix des carburants, les gains de productivité consécutifs à la libéralisation du secteur, la parcellisation des envois et la modification structurelle de l'économie marquée par l'essor des biens d'équipements et des produits manufacturés et une diminution du poids relatif de l'industrie lourde.

Le transport de matières premières décroît alors que celui des produits finis augmente fortement. D'autre part, les distances de transport augmentent de façon continue, l'ouverture des frontières et la mondialisation des marchés entraînent l'externalisation d'une partie du processus de production vers des entreprises spécialisées. Les dépenses de transport sont largement compensées par les économies réalisées grâce à l'utilisation de la sous-traitance, même lointaine.

#### *Les tendances lourdes pour le futur*

Le transport de marchandises va structurellement évoluer comme les échanges industriels (c'est-à-dire à

un rythme plutôt inférieur à celui de la période passée), avec une part de plus en plus importante du trafic en provenance ou à destination des ports.

La part des échanges internationaux et de transit se développera plus vite que celle du trafic national (cela concerne surtout les trafics générés par l'Espagne) même si certaines décisions politiques prises par différents pays (le péage PL en Allemagne et en Autriche par exemple) pourraient ralentir cette croissance.

#### **1.1.3 - La mobilité locale**

##### *Rétrospective*

Trois facteurs contribuent à la croissance de ces déplacements :

- la croissance démographique ;
- l'augmentation de la mobilité (nombre de déplacements) ;
- l'allongement des distances des trajets.

La généralisation de la possession de l'automobile, l'évolution des modes de vie et les aspirations sociales des Français (maison individuelle, temps libre, ...), se sont traduites par une modification profonde des conditions de vie avec le développement de l'habitat périurbain de plus en plus éloigné des principaux centres d'activité.

Depuis une dizaine d'années, la croissance de la mobilité locale se ralentit : la mobilité urbaine (à l'intérieur des agglomérations) est très stable ; celle des échanges locaux non urbains (entre le périurbain et la ville ou sa banlieue, internes au périurbain, ...) s'accroît d'un peu plus de 1 %/an.

#### *Les tendances lourdes pour le futur*

Les tendances passées devraient se poursuivre mais de façon plus lente en raison du ralentissement de la croissance de la population, de la vitesse de déplacement qui n'augmentera plus (parallèlement, les distances parcourues augmenteront beaucoup moins que par le passé) et de la congestion urbaine en périphérie des aires urbaines supérieures à 300 000 habitants qui contribuera à limiter l'attractivité de l'habitat périurbain au profit des territoires desservis par les transports collectifs en site propre.

#### **1.2 - Elaboration d'un scénario de cadrage économique**

L'analyse des paramètres influant sur la demande de transport permet de justifier plusieurs scénarios d'évolution de la demande de transport qu'il est ensuite possible d'affiner en fonction des conditions économiques locales de la zone d'étude. Nous présentons ici les scénarios issus des travaux du SESP [12] et des réflexions du groupe de travail piloté par le CGPC [10]. Pour la période d'ici 2025, ils

comportent un scénario central tendanciel complété par des tests de sensibilité aux principaux facteurs d'évolution des transports. Les chiffres ici présentés datent de Mai 2007 et sont fournis à titre d'ordre de grandeur. Ils pourraient être remis en cause par des choix politiques tels que la mise en place d'une taxe carbone ou la modification de la tarification des transports. Il incombe au maître d'ouvrage de s'informer des dernières mises à jour de ces valeurs lorsqu'il fait une étude et d'évaluer s'il est opportun de définir d'autres scénarios mieux adaptés aux conditions économiques locales.

### 1.2.1 - Les scénarios retenus par le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables pour les trafics interurbains

Pour le mode routier, les prévisions de trafic à long terme dépendent principalement de l'évolution du PIB ; en conséquence, le scénario central tendanciel qui prévoit une croissance de 1,9 % par an de 2002 à 2025 a été complété par deux autres hypothèses de croissance de plus ou moins 0,4 point par rapport à l'hypothèse moyenne de 1,9 %. Les hypothèses concernant les autres facteurs d'évolution de la demande résultent d'une analyse probabiliste portant sur des plages de valeurs possibles pour les principaux facteurs d'évolution des transports.

Les valeurs retenues permettent d'avancer une hypothèse basse, une hypothèse moyenne et une

hypothèse haute de croissance du trafic interurbain pour un scénario de PIB fixé. Ce sont ces mêmes valeurs qui ont été utilisées pour simuler les deux autres hypothèses d'évolution du PIB. Les tests prennent en compte les interrelations entre les différents facteurs et les différents modes : les valeurs calculées correspondent à un intervalle de confiance de 90 %.

### 1.2.2 - Evolution des trafics routiers interurbains de 2002 à 2025

Les taux de croissance linéaires (base 100 en 2002) prévus dans le scénario central (PIB = 1,9 %) sont les suivants, après retrait de la part de la croissance liée aux nouvelles infrastructures (tableau4).

Les hypothèses de croissance figurant dans ce tableau sont des hypothèses nationales qui doivent être adaptées au contexte local, notamment en ce qui concerne la croissance du trafic PL, par exemple lorsque la croissance du PIB régional est significativement différente de celle du PIB national, ou lorsqu'il existe des politiques publiques locales volontaristes d'aménagement des capacités ferroviaires et des installations terminales (ports, chantiers de transport combiné, infrastructures dédiées ou à priorité fret, ...). Il en sera de même pour les projets qui s'inscrivent dans un grand corridor international et de transit et qui pourront faire l'objet d'organisation de transports combinés massifiés.

Paramètres explicatifs de la croissance de trafic	Hypothèse basse d'évolution du trafic	Hypothèse haute d'évolution du trafic
Prix du carburant liquide en dollar/baril	90	50
Taux de change euro/dollar	0,85	1,15
Rattrapage TIPP gazole VL/essence en %	75	25
Taux de réalisation des diminutions de consommation de carburant entre 2002 et 2025 en %	25	75
Variation entre 2002 et 2025 du produit ferroviaire moyen voyageurs	-5 %	5 %
Taux de croissance annuel moyen du parc automobile	+ 0,8 %	+ 0,9 %
Taux de croissance annuel moyen des prix du transport routier de marchandises (hors carburant)	+ 0,4 %	- 0,3 %

Tableau 3 : hypothèses d'évolution des paramètres explicatifs de la croissance de trafic

	Hypothèse basse d'évolution du trafic	Hypothèse moyenne d'évolution du trafic	Hypothèse haute d'évolution du trafic
VL < 20 km	1,25 %	1,25 %	1,25 %
VL > 20 km	1,6 %	2,1 %	2,5 %
PL	1,2 %	1,5 %	1,8 %

Tableau 4 : taux de croissance des trafics routiers



### 1.2.3 - Evolution des trafics routiers entre 2025 et 2050

On peut retenir pour chacune des classes de distance, des taux linéaires base 2002 équivalents à la moitié des taux indiqués pour la période 2002-2025.

Cette évolution s'appuie sur la « Démarche prospective transports 2050 - éléments de réflexion » menée par un groupe de travail piloté par le CGPC [10]. Les taux de croissance des trafics proposés pour cette période sont cohérents avec les niveaux de trafic des quatre scénarios exploratoires étudiés par le groupe de travail cité ci-dessus. Les principales hypothèses sont des taux de croissance géométrique du PIB de 1,0, 1,5 et 2,0 % par an et des évolutions des prix du pétrole conduisant à 60, 90 et 180 dollars le baril selon les scénarios (incluant pour certains la mise en place d'une taxe carbone).

### 1.2.4 - Le scénario retenu par le SESP pour l'évolution de la mobilité locale

Lorsque le projet dessert des aires urbaines denses, il convient de s'interroger sur l'évolution des trafics urbains et périurbains car ce sont généralement ces trafics qui sont à l'origine de la congestion du réseau routier alternatif ; le choix des taux de croissance pour ces déplacements locaux peut avoir une forte incidence sur l'attractivité du projet.

Les travaux menés par le SESP sur la croissance de la mobilité locale pour la période 2002-2025 conduisent à une stabilité pour les résidents des villes-centres et à une augmentation de 49 % à 88 % pour ceux de banlieue et de périphérie.

Le nombre de déplacements pour les résidents de banlieue et de périphérie devrait augmenter de 20 % en moyenne et la distance moyenne de 18 %.

La croissance démographique est variable selon la taille de l'aire urbaine et la couronne urbaine. L'INSEE peut fournir des projections démographiques sur tout territoire regroupant plus de 50 000 habitants, sous différentes hypothèses de solde migratoire. Ces projections doivent être ensuite spatialisées.

En l'absence de réflexions locales sur ces projections, le prestataire pourra s'appuyer sur les hypothèses d'évolution de la croissance démographique figurant dans le tableau ci-après qui découlent des travaux du SESP.

### 1.2.5 - L'induction de trafic

L'induction est généralement décrite comme le volume de trafic supplémentaire généré par une amélioration significative de l'offre de transport.

Il s'agit d'un trafic qui s'ajoute au trafic estimé pour les relations OD bénéficiant de cette amélioration et il peut avoir plusieurs origines :

- reports modaux (dans le cas d'affectations routières dans un modèle monomodal) ;
- changements de destination causés par une amélioration de leur accessibilité ;
- apparition de nouveaux déplacements ou augmentation de la fréquence de déplacements existants, que l'on nomme parfois « induit pur ».

La distinction entre ces différentes catégories est difficilement observable et leurs incidences respectives difficilement quantifiables. Par exemple, la formulation proposée dans la circulaire de la Direction des Routes de 1998 sur l'évaluation de projet, qui repose sur des observations nationales, englobe forfaitairement ces trois types d'effets. Dans tous les cas, l'induction de trafic doit faire l'objet d'une évaluation spécifique. Des simulations sans induction de trafic sont indispensables pour pouvoir quantifier et qualifier les reports entre itinéraires et valider les résultats des simulations.

Aires urbaines (hors IDF)		Taux annuel 1982-1999	Taux annuel 1999-2025
50 000 à 300 000 habitants	Ville-centre	- 0,3	- 0,6
	Banlieue et périphérie	0,7	1
Plus de 300 000 habitants	Ville-centre	0,8	- 0,9
	Banlieue	1,1	0,6
	Périphérie	1,9	1,5

Tableau 5 : évolution de la croissance démographique

### 1.3 - Points de vigilance

La définition du scénario de cadrage économique doit être très encadrée par le maître d'ouvrage. En particulier, le maître d'ouvrage doit décider d'appuyer la projection de la demande sur des données macroéconomiques nationales ou d'utiliser des projections localisées, voire de construire un scénario de cadrage propre au projet, afin de lui assurer une meilleure acceptabilité auprès des différents acteurs.

Pour apprécier la pertinence d'un scénario de cadrage, le maître d'ouvrage pourra :

- comparer le scénario retenu avec le scénario national défini par le SESP et présenté précédemment ;
- étudier les évolutions passées et les prolonger à l'horizon de l'étude pour évaluer la pertinence des projections de trafic. Cette méthode atteint rapidement ses limites mais elle permet d'avoir en tête quelques ordres de grandeur.

Si l'un des paramètres de cadrage économique est considéré comme trop volatile, le maître d'ouvrage pourra décider de définir pour ce paramètre une « fourchette » de valeurs possibles et demander au prestataire d'effectuer lors des simulations des tests de sensibilité à ce paramètre.

Enfin, il veillera à se faire expliquer les inductions de trafic obtenues afin de vérifier qu'elles correspondent aux effets attendus (en se reportant notamment à ce qui s'est passé ailleurs dans des situations similaires).

## 2 - Exploitation du modèle : simulation, calculs d'indicateurs

D'une manière générale, l'étude de trafic doit permettre de rendre compte de l'ensemble des fonctionnalités d'un projet. Elle doit ainsi favoriser le dialogue entre les divers acteurs concernés par un projet ou amenés à en analyser les effets. Les sorties des modèles, même exploitées, peuvent être « indigestes ». Une étape communicante peut donc être prévue à ce stade. Les indicateurs issus des résultats de simulation des trafics sont ainsi mis au service de la compréhension du projet, notamment à travers l'évaluation de ses performances socio-économiques.

Il ne peut pas y avoir de grille formelle d'indicateurs puisque chaque cas présente une spécificité qui évolue d'ailleurs selon le niveau d'études. Néanmoins, un certain nombre de pistes devront guider le maître d'ouvrage pour exiger du bureau d'études qu'il aille dans ses analyses largement au-delà des simples chiffres de volume de trafic. Les résultats des études de trafic sont le point de départ d'une analyse complexe qui rend compte des diverses facettes d'un projet sur lequel chaque sensibilité d'acteurs revendiquera le droit d'expertise des résultats.

### 2.1 - Les indicateurs de trafic, sorties directes du modèle de trafic

Le tableau ci-après propose un certain nombre d'exemples d'indicateurs qui placent le projet au cœur de l'ensemble du système de transport considéré à travers tous les modes voyageurs et marchandises.



	Indicateur	Objet	Exemples de rendu
1	Volume et part du report modal entre les différents modes étudiés.	Il s'agit de rappeler ou de rendre compte des divers effets multimodaux voyageurs et marchandises associés au(x) corps d'hypothèses retenues dans l'étude de trafic.  Les éléments d'analyse sélectionnés doivent rendre compte d'une réelle vision multimodale des déplacements en cohérence avec la politique nationale multimodale des transports.	Graphiques relatifs à l'évolution prévisible des divers trafics voyageurs et marchandises par mode de transport et par catégorie de trafics ; tableaux.
2	Prévisions de trafic par catégorie d'usagers sur le réseau étudié en situation de référence et pour les différents scénarios d'études aux divers horizons.	Elles seront établies pour les VL et les PL (les voyageurs et les tonnages de marchandises pour les autres modes), à divers horizons et pour différentes hypothèses de trafic ou de péages dans le cas de concession. Elles concerneront le TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel), ou tout autre unité rendue opportune par l'étude (heure de pointe, jour moyen été, ...).	Cartes ; tableaux.
3	Analyses relatives à la structure des trafics pour les sections importantes de réseau.	Les trafics d'un axe peuvent être répartis entre trafic local, d'échange ou de transit. De la même manière ils peuvent être décomposés par référence aux flux d'échanges caractéristiques de la zone pour lesquels il est nécessaire d'avoir une analyse détaillée des affectations par itinéraire.	Tableaux.
4	Structure détaillée des trafics aux échangeurs.	Cet indicateur est déterminant dans l'appréhension des fonctionnalités et l'optimisation d'un dispositif d'échanges.	Tableaux VL, PL ; schémas d'analyse des échangeurs.
5	Variations de trafic entre le (s) scénario(s) de référence et les scénarios d'aménagement, pour les différents arcs du réseau modélisé.	Elles permettront de rendre compte de l'impact du projet sur les vitesses de circulation du réseau et de repérer les zones où les variations sont les plus élevées.	Tableaux ; cartes.
6	Analyse de la répartition des principaux courants d'échanges par itinéraire.	Ce type de tableau permet de valoriser les diverses fonctionnalités d'un projet du point de vue des diverses variantes qui lui sont associées.  Les flux traités pourront être décomposés à différents niveaux (flux de transit ou d'échanges internationaux, nationaux, régionaux, flux entre pôles régionaux, ...). Ils rendront compte des éventuels effets de réseau.	Tableaux et graphiques comparatifs ; cartes associées (« chevelus »).

	Indicateur	Objet	Exemples de rendu
7	Temps de parcours par section d'étude et par liaison OD retenue, dans les diverses configurations de réseau.	Ils permettront de repérer les effets du projet en termes de gains d'accessibilité entre la situation de référence et les situations de scénarios sur les sections de réseau ou par flux considéré.	Tableaux ; cartes.
8	Niveaux de service sur les axes étudiés.	Ils permettent de mesurer l'utilisation de l'infrastructure par rapport à sa capacité théorique. Ils mettent en évidence les points durs de l'écoulement des trafics ou leur résolution par le projet étudié. Cet indicateur est utilisé pour des études sur des trafics horaires (en général HP).	Cartes.
9	Analyse détaillée des recettes de péages sur le réseau étudié.	Il s'agit ici de mesurer les recettes par référence aux flux qui les induisent mais aussi d'évaluer éventuellement les effets de réseau financier sur l'ensemble de l'aire d'étude.	Tableaux ; graphes.
10	Gains d'accessibilité à des générateurs précis* ou au(x) nouveau(x) réseau(x) lié(s) au(x) scénario(s).	L'indicateur permet de valoriser les fonctionnalités du projet en calculant les « bandes » pour lesquelles l'accessibilité est équivalente en fonction du ou (des) critère(s) qui auront été retenu(s) (temps de parcours, coût généralisé, ...).	Cartes de bandes ou aires iso-accessibles ou isochrones.
11	Variation de l'indicateur de gêne sur des arcs caractéristiques du réseau.	Cet indicateur rend compte de la variation de congestion routière ou de gêne à l'utilisateur mais il ne s'agit pas d'une sortie directe du modèle. La méthode de calcul est exposée en détail dans la note méthodologique Calcul des indicateurs de temps gênés de 2007 du Séttra. [11]	Tableaux ; cartes.
12	Trafic induit prévisible par relation et par scénario et impact sur les autres modes de transport.	L'approche rendra compte des liaisons pour lesquelles l'abaissement relatif des coûts de transport est élevé et donc le trafic induit prévisible associé à cet abaissement. Ce trafic induit sera relié aux autres modes de transport pour vérifier qu'il ne correspond pas à un report de ces modes.	Tableaux ; cartes.

Tableau 6 : indicateurs de trafic

\* par exemple une plate-forme multimodale, un aéroport, un port, une zone touristique, un cœur de ville, un complexe hospitalier...



## 2.2 - Les indicateurs élaborés à partir des études de trafic

Les indicateurs de trafic cités dans la partie précédente ne sont pas les seuls à reposer sur les résultats des études de trafic. En effet, d'autres indicateurs servant des analyses complémentaires de l'étude de trafic en elle-même dans l'étude de projet globale reposent également sur les sorties des études de trafics, et en particulier sur les niveaux de trafic par section du réseau routier.

### 2.2.1 - Les indicateurs de l'évaluation socio-économique et de l'évaluation financière

Les indicateurs du calcul socio-économique et de l'évaluation financière présentés dans la mise à jour de l'Instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport [15] sont issus directement des études de trafic. Pour calculer ces derniers, les études de trafic fourniront : les niveaux des flux de personnes et de marchandises sur les différentes sections du réseau de transport en trafic moyen journalier annuel ainsi que les gains ou pertes de temps moyens sur ces sections. Ces données devront être évaluées pour les situations de référence et de projet afin de pouvoir mesurer les différences entre les deux situations.

De plus, les autres paramètres du calcul socio-économique ou financier devront correspondre aux hypothèses retenues pour l'étude de trafic. En particulier, le maître d'ouvrage veillera à ce que les niveaux de péage du calcul socio-économique soient identiques aux hypothèses de péage choisies dans l'étude de trafic.

### 2.2.2 - Les indicateurs de l'étude d'impact environnemental

De même que les indicateurs des calculs socio-économique et financier, les calculs effectués dans le cadre des études d'environnement découlent directement des études de trafic, qu'il s'agisse du calcul des émissions de polluants pour le cas du volet air [5,8] ou du bruit routier [13]. Pour pouvoir réaliser ces calculs, le maître d'ouvrage devra s'assurer qu'il dispose en sortie des études de trafic des flux de PL et de VL sur toutes les sections du réseau routier où des variations de trafic de plus de 10 % sont observables entre la situation de référence et la situation de projet, en trafic moyen journalier annuel au minimum. Suivant le contexte et en particulier en milieu urbain, les données de trafics en heure de pointe la plus chargée peuvent être nécessaires pour le calcul des émissions de polluants. Concernant le calcul du bruit, en général, le TMJA peut être suffisant (la note d'information n°77 du Sétra [13] sur le calcul du bruit routier permet de reconstituer des profils journaliers à partir du TMJA dans le cas de liaisons interurbaines) pour calculer les indicateurs de bruit, mais il est possible d'augmenter

la précision de ces études en modélisant dans les études de trafic les heures de jour (6h - 18h), de soirée (18h - 22h) et de nuit (22h - 6h).

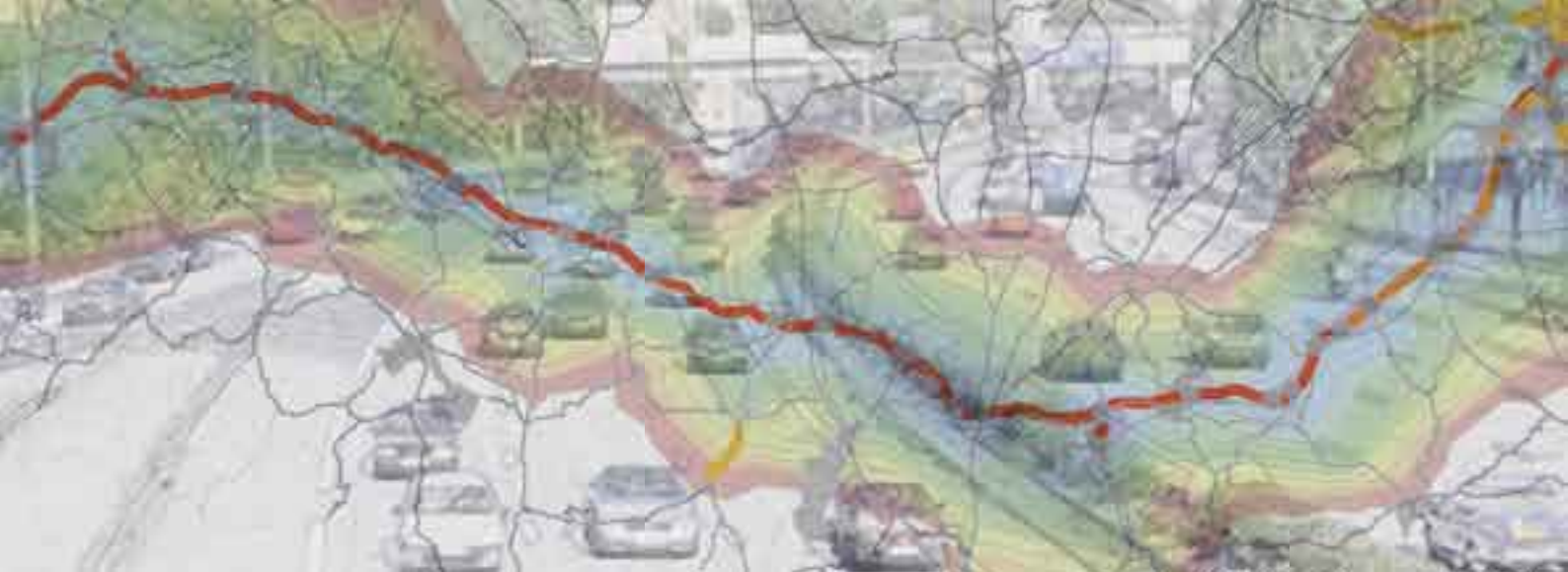
En outre, le maître d'ouvrage devra vérifier que les autres paramètres de calcul des indicateurs des études d'impact (vitesse, pente des routes, ...) restent cohérents avec les données des études de trafic.

## 2.3 - Points de vigilance

Si les étapes de modélisation de la demande et de l'offre de transport, de définition du cadrage économique et de calage du modèle d'affectation, précédemment présentées, ont été rigoureusement validées, l'étape de simulation et d'élaboration des indicateurs de sortie de l'étude de trafic ne devrait pas poser de problème majeur de réajustement du modèle. En réalité, il s'agit plus de mettre en forme les différents résultats de l'étude de trafic et d'alimenter les autres volets de l'étude de projet (études socio-économique et financière en particulier).

Finalement, lors de cette étape, le maître d'ouvrage devra plus s'attacher à vérifier la cohérence globale du travail effectué par le prestataire lors de l'étude de trafic avec les indicateurs et résultats agrégés qu'il voudra publier et avec les autres études qu'il devra mener. Il devra en particulier :

- vérifier que les indicateurs publiés ont un niveau de précision compatible avec le niveau de précision des données d'entrée du modèle ;
- vérifier que le prestataire a effectué les tests de sensibilité aux paramètres de cadrage économique identifiés lors de l'étape précédente de validation du cadrage économique et publié les indicateurs en conséquence de ces tests ;
- vérifier les avantages des bilans économiques en faisant la liste des gains calculés pour vérifier que les apports du projet (gain de temps, de sécurité, ...) correspondent à ses objectifs ;
- vérifier la cohérence entre étude financière et modélisation des trafics en regardant notamment si les niveaux de péage retenus sont bien les mêmes.



## Chapitre 3

# Analyse critique des études de trafic et cohérence globale des études de projets d'infrastructure

Les études de trafic fournissent des éléments indispensables pour apprécier la qualité d'un projet d'infrastructure de transport puis pour pouvoir défendre une option de réalisation par rapport à une autre. Le maître d'ouvrage devra donc, non seulement s'approprier ces résultats, mais aussi savoir les analyser et les critiquer pour en connaître les limites afin d'adresser un discours cohérent sur la qualité globale de l'étude de projet.

Ce dernier chapitre présente donc les principales limites des études de trafic que le maître d'ouvrage doit connaître pour faire l'analyse critique des résultats publiés par le prestataire avant de conclure sur la cohérence globale entre études de trafic et études de projet d'infrastructure de transport.

### 1 - Analyse critique des études de trafic

L'analyse critique des études de trafic doit porter sur les limites de la modélisation des flux de transports. Ces limites peuvent être regroupées en deux catégories :

- limites propres à l'exercice de la modélisation ;
- limites propres aux exercices de projection et de prospective.

Les limites propres à l'exercice de la modélisation sont liées aux imperfections de la représentation d'une situation réelle complexe via une formulation

mathématique globale qui ne tient pas compte de tous les comportements individuels réels. Ainsi, il faut savoir que les modèles de trafic ne permettent pas de reconstituer au véhicule près les flux de trafic sur les axes routiers ou d'évaluer au voyageur près les utilisateurs de telle ou telle ligne de transport en commun. Les résultats de trafic doivent être appréciés pour leur ordre de grandeur et le maître d'ouvrage devra veiller à publier des résultats de trafic arrondis, adaptés aux volumes de flux qu'il manipule et au niveau de détail qu'il doit afficher, lui-même déterminé par la phase d'étude de projet dans laquelle il se trouve.

Par ailleurs, les résultats de la modélisation dépendent directement de la qualité et du niveau de précision des données d'entrée du modèle. Nous avons déjà insisté sur ces aspects au fur et à mesure de la description du travail du prestataire quant à la prise en compte de la demande et de l'offre de transport, mais nous rappelons ici que la plus grande attention doit être portée à la collecte de données et que les paramètres d'entrée du modèle de trafic doivent être validés par le maître d'ouvrage, au regard de l'utilisation qu'il compte faire des résultats.

Les autres critiques que le maître d'ouvrage doit porter au modèle seront alimentées par l'analyse du paramétrage des projections des données d'entrée du modèle sur les années à venir, précédant et suivant la réalisation du projet étudié.

En effet, à court et moyen termes, les incertitudes liées à la projection des hypothèses du modèle sont faibles ; mais à 20 ou 30 ans, beaucoup de paramètres deviennent incertains : indicateurs socio-économiques (PIB, revenus des ménages, démographie, ...), prix du transport (prix du carburant mais aussi prix des transports en commun, coût d'entretien et d'achat des véhicules, ...), consistance du réseau de transport, organisation des territoires. En conséquence, le maître d'ouvrage doit être attentif aux conditions de projection retenues pour chacun de ces paramètres et demander, s'il juge certains paramètres trop volatiles, des tests de sensibilité au prestataire (comme recommandé au paragraphe 3.3. du chapitre 2).

De plus, il faut savoir que la prospective est un exercice fiable quand il s'agit de prolonger des tendances ou de les modifier à la marge mais qu'elle ne permet pas de prendre en compte des phénomènes de rupture. Etant donné le lien fort entre modélisation des trafics et développement économique, il est prudent de ne pas extrapoler les résultats de ces modèles dans le cadre d'un fort changement de contexte économique.

Pour mieux connaître la qualité des études de trafic qu'il produit, le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables a engagé une action d'évaluation de ces études menées ex-ante dans le cadre des études de projet d'infrastructure de transport via les bilans LOTI (Loi d'orientation des transports intérieurs) [16]. L'annexe 7 de ce document présente les résultats de ces analyses à ce jour.

## 2 - Cohérence globale de l'étude de projet : insertion de l'étude de trafic

Dans le précédent paragraphe, nous avons vu que l'étude de trafic doit être analysée par le maître d'ouvrage en confrontant les résultats obtenus aux limites intrinsèques du modèle et compte tenu des hypothèses faites sur les données d'entrée du modèle. Le maître d'ouvrage doit également replacer l'étude de trafic dans son contexte.

En effet, il est nécessaire de confronter l'étude de trafic aux autres analyses constituant l'étude globale du projet de transport. De plus, les études de trafic sont elles-mêmes les données d'entrée pour d'autres études liées à des domaines aussi variés que l'environnement, le dimensionnement des chaussées ou la rentabilité financière du projet. Au final, les études de trafic sont souvent accompagnées d'autres pièces portant sur différents aspects du projet global (impact économique sur les territoires, tracé,...), plus ou moins liés aux aspects de trafic. Le maître d'ouvrage doit donc assurer la cohérence globale entre ces différentes études et veiller à ce que l'ensemble des hypothèses faites restent en accord avec celles retenues lors de la modélisation des trafics. Pour ce faire, il doit garder à l'esprit l'influence des différents paramètres d'entrée des modèles de trafic sur les résultats.

En particulier, nous recommandons au maître d'ouvrage de mettre en regard les études de trafic et les analyses socio-économiques imposées par la LOTI [16], qu'il s'agisse « d'étude socio-économique » ou de « dossier d'évaluation économique et sociale ». Cette comparaison permettra entre autres de vérifier que les flux importants sont bien générés par les principales zones d'activités ou qu'il n'y a pas de « génération spontanée » de trafic ou à l'inverse, ...

Finalement, le maître d'ouvrage devra considérer l'étude de trafic, non pas comme un élément de contexte immuable, mais comme un outil permettant d'éclairer son jugement sur l'utilité, la définition et la justification du projet d'infrastructure qu'il étudie.





## Annexes

### Annexe 1 - Délais de réalisation d'une étude de trafic

Réaliser une étude de trafic en modélisant les déplacements sur une aire d'étude est un travail long et fastidieux. Cependant, cette charge de travail peut être réduite si le bureau qui mène l'étude possède déjà des données, ou s'il a déjà calé un modèle sur la zone. Par ailleurs, si un maître d'ouvrage sait qu'il devra mener plusieurs études de trafic sur un même périmètre, il peut être intéressant pour lui de construire (ou faire construire) un modèle détaillé qu'il entretiendra et exploitera pour plusieurs commandes.

Généralement, les études de trafic réalisées lors des études amont pour les projets de transport interurbains nécessitent de développer un modèle qu'il sera difficile de réutiliser par la suite (sauf s'il faut ré-étudier le projet, notamment dans le cadre des évaluations ex-post imposées par la LOTI [16] qui nécessitent de garder le modèle 15 ans). En revanche, sur les aires urbaines, il peut être utile de construire un modèle de déplacements à l'échelle de l'aire urbaine et de l'entretenir pour s'en servir par la suite afin de tester différents projets de transport.

Dans tous les cas, certaines étapes de l'étude de trafic sont incontournables et incompressibles. Voici les principaux points dont il faudra tenir compte dans un planning :

- **les enquêtes de trafic :**

- enquêtes de circulation OD : il faut environ 3 mois pour monter une telle enquête (routier ou TC) depuis la décision jusqu'à l'exploitation des résultats. Cette période peut être considérablement allongée si on veut étudier des mouvements saisonniers. Pour

- en savoir plus, reportez-vous au *Guide des études de trafic interurbain* de 1992 du Sétra [1] ;

- enquêtes ménages : elles durent entre 1 et 2 ans en fonction des tailles de l'agglomération et de l'échantillon depuis la décision de réalisation jusqu'à l'exploitation des résultats. Pour en savoir plus, reportez-vous au guide sur les enquêtes ménages déplacements de 1998 du Certu [2]. La plupart du temps, ces enquêtes devront être complétées par une « enquête cordon » dont la durée de réalisation avoisine 1 an ;

- comptages et autres enquêtes de trafic : le temps nécessaire à la constitution de bases de données de comptage sur une aire d'étude dépend de la méthode choisie pour effectuer les relevés (comptages permanents, ponctuels automatiques, manuels, enquêtes minéralogiques, ...). Nous renvoyons au Guide des études de trafic interurbain du Sétra pour plus de précisions sur ces éléments en routier ;

- **la construction du réseau :** cette étape dépend largement de la finesse de l'étude et des données déjà à disposition des modélisateurs. Pour information, le codage d'un arc prend environ plusieurs minutes, à multiplier par le nombre d'arcs du réseau, ... ;

- **la calage du modèle :** cette phase est cruciale pour s'assurer de la qualité du modèle et de sa capacité à représenter la réalité. Elle risque de remettre en cause le codage du réseau et la construction des matrices OD, ce qui peut considérablement augmenter le temps de travail. Par ailleurs, elle dépend du niveau de précision que l'on souhaite obtenir : plus les paramètres sur



lesquels on souhaite caler le modèle sont nombreux, plus le travail sera long ;

- **la production des simulations** : on peut compter une demi-journée de travail si le temps de calcul du modèle se limite à quelques minutes. En revanche, si le temps de calcul est de plusieurs heures, les délais peuvent rapidement augmenter ;

- **la mise en forme des rendus** : cette dernière étape n'est absolument pas à négliger. Aujourd'hui, les résultats des études de trafic doivent être susceptibles d'être exposés au grand public, ce qui entraîne des manipulations de mise en forme longues. Ici aussi, la durée de travail dépendra largement des compétences et de l'acquis de la personne manipulant les cartes, les graphes, les tableaux demandés par le maître d'ouvrage. Toutefois, il faut savoir que pour tracer une carte, le prestataire peut avoir besoin d'une demi-journée, voire d'une journée de travail même s'il existe de vrais gains de productivité lorsqu'il s'agit de répéter la même manipulation.

## Annexe 2 - Les étapes de la modélisation des déplacements

Modéliser les déplacements de voyageurs et de marchandises revient à représenter un ensemble de comportements ou de choix. Traditionnellement, on considère que ces choix sont faits successivement et, à chacun d'entre eux, on fait donc correspondre une étape de la modélisation des déplacements qui fait appel à des formulations mathématiques propres supposées rendre compte de la logique guidant la chaîne de déplacement.

Classiquement, on considère qu'un modèle de déplacements se décompose en 4 étapes :

### • Étape 1 : génération des déplacements

Pour une zone donnée, il s'agit de déterminer le nombre de déplacements de voyageurs et de marchandises qui seront émis ou attirés par cette zone. Pour cela, on travaille de préférence sur des zones homogènes du point de vue urbanistique (zones résidentielle, industrielle ou tertiaire par exemple) et on décrit des relations entre données géographiques (population, emplois, ...) et déplacements.

### • Étape 2 : distribution des déplacements

Une fois établi le nombre d'émissions et d'attractions suscitées par les différentes zones de l'aire d'étude, on cherche à relier à chaque émission une attraction afin de décrire chaque déplacement par une origine et une destination. Pour distribuer ces émissions (ou origines) entre les différentes destinations possibles, on tient compte de la distance en kilomètres mais aussi en temps, en coût des OD possibles. À la fin de cette étape, on a construit la matrice OD des déplacements.

### • Étape 3 : choix modal

Pour une origine et une destination données, il s'agit d'évaluer la répartition des voyageurs et marchandises entre les modes desservant l'OD.

### • Étape 4 : affectation des flux

Le choix modal effectué, il s'agit de déterminer les itinéraires empruntés pour chaque OD, puis le nombre de voyageurs, de véhicules, la quantité de marchandises empruntant chaque arc du réseau routier et du réseau de transports en commun.

Bien sûr, certaines de ces étapes sont liées et on procède donc par itérations : l'affectation va jouer sur les niveaux de congestion de certains arcs, ce qui peut modifier les choix d'itinéraires, voire les choix de modes. Les étapes 3 et 4 font donc souvent l'objet d'ajustements par itération jusqu'à convergence du modèle vers une situation d'équilibre ou aucun voyageur ou véhicule n'a plus intérêt à changer d'itinéraire ou de mode.

Ces 4 étapes constituent la colonne vertébrale du modèle de transports académique. Dans de nombreux cas, certaines étapes ne font pas l'objet d'un développement de modèle mathématique et sont traitées, soit par enquête, soit sur la base de diverses observations des comportements. Généralement :

- ces 4 étapes sont observées dans les modèles urbains multimodaux de voyageurs ;
- dans certains modèles interurbains de voyageurs et de marchandises, on remplace les étapes 1 et 2 par des enquêtes OD et des comptages qui permettent d'établir des matrices OD VL et PL ;
- dans les modèles monomodaux, l'étape 3 disparaît.

Finalement, le modèle de déplacements à 4 étapes est un repère pour les modélisateurs mais il est souvent possible de l'adapter en fonction des objectifs de l'étude et des moyens mis à disposition. La modélisation mathématique des déplacements est un outil puissant mais fastidieux à mettre en oeuvre ; dans de nombreux cas, il est donc plus simple de chercher à représenter directement certains comportements sans formuler mathématiquement les raisons de ces comportements.

## Annexe 3 - La modélisation de l'affectation des flux de trafic

L'étape d'affectation est la dernière étape de la modélisation des déplacements. Elle consiste à répartir pour chaque mode, chaque flux OD entre les multiples itinéraires possibles et permet donc de déterminer les flux de trafic sur chaque arc du réseau. Pour cela, les outils de modélisation possèdent des modules d'affectation variés reposant sur des principes différents de comparaison des itinéraires possibles, modélisés par des formules mathématiques, dont nous présentons les exemples les plus courants.

La loi la plus simple est celle du « *tout ou rien* » : elle affecte la totalité des flux sur l'itinéraire le plus intéressant du point de vue d'un critère défini initialement : le temps de parcours, le prix, ou encore le « coût généralisé » défini comme la somme du coût réel du voyage (péage, usure du véhicule, ticket de TC, ...) et de la monétarisation de sa pénibilité (temps de parcours mais aussi confort, temps d'attente, sécurité, ...).

Des lois plus élaborées permettent ensuite de tenir compte de la mauvaise perception du réseau qu'a en réalité l'utilisateur : ce sont des *lois stochastiques*. Elles affectent des usagers sur des chemins d'un intérêt second pour le critère retenu. La « *loi d'Abraham* » appartient à cette catégorie et répartit les flux par itinéraire selon une loi LOGIT-logarithmique au prorata du rapport des coûts généralisés à la puissance  $\alpha$  (en France, on utilise  $\alpha = 10$ ).

Ces deux lois d'affectation reposent généralement sur le calcul du coût généralisé afin de prendre en compte à la fois des paramètres de temps et de coûts. Pour cela, elles utilisent ce que l'on appelle la « valeur du temps » et que l'on multiplie par le temps de parcours. Or, cette valeur du temps est en réalité un paramètre qui varie d'une personne à l'autre (en fonction de ses revenus entre autres) et on utilise donc une moyenne pour la population étudiée. Une autre approche de l'affectation des flux consiste à considérer que la valeur du temps est répartie statistiquement sur la population et que le choix de l'itinéraire se résout en posant

l'arbitrage entre coût et temps : les personnes ayant la valeur du temps la plus élevée prendront les itinéraires les plus chers pourvu qu'ils gagnent du temps, tandis que les personnes ayant une valeur du temps faible emprunteront des itinéraires moins chers même s'ils sont plus lents. Il s'agit alors d'une affectation selon une « *loi prix-temps* ». Il est également possible de prendre en compte cette variabilité de la valeur du temps avec une loi d'affectation dite multi-classes. Il s'agit alors de définir plusieurs classes d'usagers ayant des caractéristiques propres (valeur du temps, sensibilité au péage), et de les affecter simultanément sur le réseau routier, en tenant compte pour chaque classe de ses paramètres propres.

Ces quatre lois sont ici présentées sans tenir compte d'un paramètre important : la congestion. En réalité, il convient bien évidemment de faire intervenir ce phénomène pour avoir un « modèle à contrainte de capacité » avec affectation à l'équilibre comme recommandé au paragraphe 3-3 du chapitre 1.

Dans la plupart des cas, on cherche à atteindre le « *premier équilibre de Wardrop* » pour lequel chaque usager n'a plus intérêt à changer d'itinéraire. Pour cela, il faut relier le temps de parcours au débit de véhicule (ce qui se fait via des « formules temps-débit » présentées en Annexe 4) et utiliser des algorithmes itératifs. Ainsi, on appliquera plusieurs fois la loi d'affectation choisie en recalculant à chaque itération les temps de parcours et coûts généralisés jusqu'à atteindre cet équilibre. Pour ce faire, on utilise fréquemment la « méthode des moyennes successives » qui permet de converger vers l'équilibre mais qui peut s'avérer très gourmande en itérations et donc en temps de calcul.

Pour les lois stochastiques, on cherche à atteindre le « Stochastic User Equilibrium », défini comme point pour lequel les basculements d'usagers d'un itinéraire à l'autre entre deux itérations n'ont plus d'effet sur la répartition totale des flux entre itinéraires.

Pour en savoir plus sur l'affectation des flux de trafic, nous vous conseillons de vous reporter aux ouvrages de référence sur le sujet cités dans la bibliographie [17 à 22].

## Annexe 4 - Courbes temps-débit

Les courbes temps-débit (ou débit-vitesse) représentent la relation entre le nombre de véhicules s'écoulant sur une section routière (ou le nombre de voyageurs s'écoulant sur une ligne de TC) et le temps de parcours sur la section. Elles sont la charnière de l'étape d'affectation des flux car elles permettent de rendre compte des effets du niveau de fréquentation d'une section sur les temps de parcours et donc sur le choix d'itinéraire, voire sur le choix modal. Elles sont le lieu de la prise en compte par le modélisateur des phénomènes de congestion puisqu'elles permettent de formuler mathématiquement la contrainte de capacité imposée par toute infrastructure. Par ailleurs, elles servent à calculer les temps de parcours (donc les vitesses) sur les infrastructures, ce qui permet de caractériser en partie leur niveau de service.

Ces courbes peuvent avoir des formulations mathématiques variées. La plus courante est la courbe BPR (pour Bureau of Public Roads), établie aux Etats-Unis dans laquelle le temps de parcours est

$$t = t_0 \times \left[ 1 + \gamma \times \left( \frac{Q}{C} \right)^\alpha \right]$$

où  $t_0$  représente le temps de parcours à vide,  $Q$  la demande de flux de véhicules et  $C$  la capacité de la section.  $\alpha$  et  $\gamma$  sont des paramètres de calage.

En France, des courbes BPR ont été paramétrées au Sétra en 2001 pour les autoroutes interurbaines et sont en cours de révision pour les routes bidirectionnelles et les routes express [4]; elles sont préconisées pour les études routières interurbaines.

Par ailleurs, elles sont très largement utilisées dans le monde entier et la référence sur le sujet reste le Highway Capacity Manual [19] publié par l'administration américaine.

Aujourd'hui, la plupart des logiciels de modélisation (cf. Annexe 5) proposent au modélisateur d'utiliser ce type de courbe. Mais ils peuvent également proposer d'autres types de courbes plus pertinentes sous certaines conditions de circulation, voire offrir la possibilité de définir soi-même une nouvelle formulation de courbe débit-vitesse. Dans toutes les formulations possibles, il faut remarquer la présence de paramètres à caler en fonction de la géométrie de l'infrastructure et du comportement des usagers. En pratique, les courbes temps-débit sont établies de manière expérimentale sur la base de relevés de débits et de vitesses individuels. Pour déterminer les paramètres d'une courbe, des mesures doivent être prises en situations fluide et congestionnée. Ce calage des courbes temps-débit est à répéter pour chaque type de section car une route bidirectionnelle urbaine n'aura pas les mêmes caractéristiques qu'une autoroute de même qu'une ligne de métro se caractérisera par une courbe temps-débit différente de celle d'une ligne de bus. Il s'agit d'un travail lourd et fastidieux qui nécessite de nombreuses données. La forme de ces courbes est ensuite implémentée dans les modules d'affectation des logiciels.

Enfin, dans certains cas particuliers, on peut se rendre compte qu'il n'est pas pertinent de lier temps de parcours et capacité. C'est la conclusion de travaux du Réseau Scientifique et Technique du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables sur les routes traversant de petites agglomérations (moins de 5 000 habitants) pour lesquelles, les caractéristiques des voies sont les paramètres qui fixent le temps de parcours [9].



## Annexe 5 - Les outils de modélisation des déplacements

Pour construire un modèle de déplacements macroscopique, les modélisateurs utilisent des outils informatiques variés. Ces outils peuvent être issus de développements informatiques propres à un bureau d'études privé, à un laboratoire de recherches (comme MATISSE développé par l'Inrets) ou à un ministère (comme ARIANE développé pour le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables) mais généralement, les modélisateurs travaillent avec des logiciels du commerce, quitte à développer quelques modules complémentaires. Ces logiciels sont variés et intègrent diverses fonctionnalités nécessaires ou utiles pour la modélisation.

Parmi ces logiciels du commerce, nous pouvons citer les plus utilisés en France :

- **TransCAD** ([www.caliper.com](http://www.caliper.com)), développé par Caliper, société américaine, utilisé dans tous les CETE du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables ;
- **EMME/2** et prochainement **EMME/3** ([www.inro.ca.fr](http://www.inro.ca.fr)), développé par Inro, société canadienne, utilisé dans certains services du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables ;
- **CUBE** ([www.citilabs.com](http://www.citilabs.com)), développé par Citilabs (USA) et commercialisé par MVA France, utilisé dans certains services du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables ;
- **DAVISUM**, issu de la fusion VISEM/VISUM et DAVIS ([www.francais.ptv.de](http://www.francais.ptv.de)), développé par PTV en Allemagne, utilisé dans certains services du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables ;
- **OmniTRANS** ([www.omnitrans-international.com](http://www.omnitrans-international.com)), développé par Goudappel Coffeng, société néerlandaise ; etc.

Tous ces logiciels intègrent des outils pour représenter les réseaux de transport et des modules d'exécution de routes ou certaines étapes du modèle de déplacement global. Ils peuvent tous être utilisés pour des études routières ou multimodales, aussi bien en milieu urbain qu'interurbain. Les paramètres qui varient d'un logiciel à l'autre sont :

- l'intégration d'un système d'information géographique (SIG), qui permet de visualiser l'offre de transport mais aussi la demande et les résultats des simulations sur des cartes géo-référencées ;
- la mise à disposition du modélisateur d'un langage de programmation permettant d'implémenter des modules supplémentaires à l'intérieur de la plateforme ;
- l'interface : certains laisseront une grande liberté pour la conception du modèle global tandis que d'autres seront plus rigides ;
- la compatibilité avec d'autres logiciels du commerce (autres SIG, gestionnaires de bases de données, autres logiciels de modélisation, ...) ;
- les bibliothèques d'outils à disposition du modélisateur ;
- le temps de calcul.

Rappelons ici que ces logiciels ne sont que des outils ! Sur le même logiciel peuvent être développés des modèles complètement différents en fonction des choix de l'utilisateur en ce qui concerne la formulation mathématique des différentes étapes, le paramétrage des réseaux, la mesure de la demande, le calage du modèle, etc.

## Annexe 6 - Modélisation à l'interface urbain - interurbain

Nous avons expliqué dans ce guide que certaines pratiques de modélisation varient en fonction du milieu dans lequel on se place, urbain ou interurbain. Par exemple, nous avons vu qu'en milieu urbain, la modélisation des déplacements se déroule généralement en 4 étapes, depuis la génération des déplacements jusqu'à l'affectation des flux tandis qu'en milieu interurbain, la plupart des études se limite aux étapes de partage modal et d'affectation.

En fait, la modélisation des déplacements s'adapte à l'échelle à laquelle se situe l'étude et à ses objectifs. En interurbain, la plupart du trafic est liée à des déplacements de moyenne ou grande distance et le trafic PL est important toute la journée : ces flux empruntent généralement des grands axes de transit de sorte qu'il n'est pas toujours nécessaire de décrire le réseau de transport secondaire. Par ailleurs, la congestion joue un rôle secondaire sur le réseau interurbain, sauf dans des cas bien isolés et connus. En revanche, en urbain, les flux sont généralement dominés par des motifs domicile-travail de courte distance et les voyageurs sont des habitués qui connaissent bien le réseau de transport local : la plus grande attention doit alors être apportée à la nécessité de décrire correctement tous les arcs du réseau routier et tous les services de TC. De plus, la congestion joue un rôle primordial, ayant des effets non négligeables sur les choix d'itinéraire et de mode. En conséquence, les modèles développés en urbain et en interurbain sont optimisés pour décrire le mieux possible des flux dominants qui répondent à des logiques et des comportements différents.

Lorsqu'une étude de trafic se situe à l'interface entre milieux urbain et interurbain, pour un contournement

d'agglomération par exemple ou pour un projet de TC à la fois urbain et périurbain (RER, Tram-train, ...), la question de l'utilisation d'un modèle urbain ou d'un modèle interurbain se pose inévitablement.

Ce problème est un sujet d'étude en soi et les pratiques en la matière sont multiples. Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la solution choisie est en cohérence avec les modèles urbain et interurbain qui décrivent l'infrastructure étudiée des points de vue du zonage et des réseaux. Par ailleurs, pour ce type d'étude, il faut se poser impérativement la question de l'unité de trafic avec laquelle on souhaite travailler : se place-t-on en TMJA comme pour une étude interurbaine ou travaille-t-on à l'heure de pointe comme en urbain ? Dans le premier cas, il sera difficile d'évaluer le niveau de service de l'infrastructure aux heures de pointe alors qu'il s'agit a priori d'une infrastructure particulièrement sollicitée sur cette plage horaire tandis que dans le deuxième cas, l'étude sera incomplète, notamment pour faire du calcul socio-économique. De plus, dans les deux cas, une attention particulière devra être portée au traitement de plusieurs types de flux voyageant sur la même infrastructure. Par exemple, il faudra a priori différencier le traitement du transit de longue distance moins sensible à de petites pertes de temps connaissant partiellement l'offre de transport, des voyages de courtes distances très sensibles aux pertes de temps et susceptibles de se reporter sur divers itinéraires car connaissant bien les réseaux de transport.

Finalement, la question de la modélisation et des études de trafic à la frontière entre urbain et interurbain ne connaît pas aujourd'hui de solution unique mais il semble primordial d'accorder à ce type d'études une attention particulière, de développer des modèles adaptés aux objectifs finaux de l'étude et de rester prudents sur les interprétations des résultats.

## Annexe 7 - La fiabilité des études de trafic

La fiabilité des études de trafic s'analyse en comparant les mesures du trafic réel sur une infrastructure ou sur une aire d'étude après mise en service, aux résultats de simulations obtenus dans les études de trafic. Cette démarche est mise en œuvre dans les bilans LOTI qui évaluent a posteriori les grands investissements sur les infrastructures de transport et analysent les éventuelles différences entre résultats observés et prévisions. L'analyse des bilans LOTI doit permettre ensuite de qualifier les études de trafic entre autres et d'améliorer les pratiques d'évaluation a priori des projets.

Ces travaux d'analyse sont actuellement en cours pour les investissements routiers et ferroviaires ; on peut déjà en tirer certaines conclusions.

D'abord, il est difficile d'évaluer la qualité des études de trafic dans la mesure où celles-ci reposent sur des hypothèses posées indépendamment de l'étude en elle-même et qui influent largement sur les résultats. Par exemple, les premières analyses des projets routiers ont mis en évidence qu'une mauvaise prise en compte du réseau routier de référence (c'est-à-dire du réseau sans l'infrastructure étudiée mais en tenant compte de son évolution par ailleurs) avait de lourdes conséquences sur les estimations de trafic et qu'il s'agit de la principale source d'erreur. Sur 19 projets examinés en 2005, 13 présentaient des problèmes de décalage entre le réseau de référence et les infrastructures mises en service dans la réalité.

De même, une mauvaise évaluation du contexte macroéconomique et de son évolution peut avoir des effets similaires. Sur les projets routiers, les premières analyses montrent que le contexte macro-économique est suffisamment bien perçu, sauf dans un cas de crise majeure, imprévisible par définition. En revanche, dans les projets ferroviaires, il semblerait que les

études aient tendance à surestimer le trafic (sauf sur la LGV Paris-Lyon où le trafic avait été sous-estimé) à cause de l'appréciation du contexte économique : connaissance approximative du marché des transports, prix du pétrole aléatoire, apparition de concurrents (compagnies low-cost par exemple) non prévus, etc.

Ensuite, sur les projets routiers pour lesquels la comparaison entre études de trafic a priori et trafic réel est possible (c'est-à-dire pour 5 projets en 2005), les résultats sont plutôt satisfaisants. L'écart entre prévisions et réalisations est inférieur à 25 % sauf dans des cas où l'on peut trouver simplement des explications au phénomène comme la signalisation ou la gratuité de certains itinéraires non prise en compte dans les modèles de trafic. Toutefois, il faut rester prudent et le sujet mériterait des analyses plus poussées, notamment pour reprendre les études de trafic écartées de la comparaison à cause du réseau de référence et refaire l'exercice de la prévision de trafic en tenant compte du « bon » réseau de référence mais en conservant les autres hypothèses initiales.

Enfin, la qualité des études de trafic dépend largement des prévisions d'évolution de la demande de déplacements. En ce qui concerne le trafic interurbain routier, les paramètres de croissance du trafic global sont primordiaux. Il est possible d'analyser ces prévisions depuis les années 70. Il apparaît alors que les circulaires des années 70 fournissent des résultats satisfaisants jusque dans les années 90, que celles des années 80 et 86 ont été moins bien estimées car on n'a pas pu prendre en compte dans les modèles macroéconomiques les contre-chocs pétroliers. Puis, depuis 1989, les prévisions de croissance du trafic affichées dans les circulaires de la DGR sont très satisfaisantes puisqu'elles affichent des erreurs inférieures à 4 % pour l'appréciation du trafic 2003 sur le réseau routier national .

## Bibliographie

### Ouvrages publiés par le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables

- [1] Sétra, Guide des études de trafic interurbain. *Guide méthodologique*. 1992. Réf. : E9218.
- [2] Certu, L'Enquête ménages déplacements « méthode standard ». *Guide technique*. 1998.
- [3] Certu, Comportements de déplacements en milieu urbain : les modèles de choix discrets. *Guide méthodologique*. 1998.
- [4] Sétra, Fonctions temps-débit sur les autoroutes interurbaines. *Monographie*. 2001. Réf. : E0204.
- [5] Sétra - Certu - ADEME, Les études d'environnement dans les projets routiers, volet air : *annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers « volet air »*. 2001.
- [6] Certu, Modélisation des déplacements urbains de voyageurs - Guide des pratiques. *Guide méthodologique*. 2003.
- [7] SESP, La Demande de transport en 2025 - Projection des tendances et des inflexions. *Note de synthèse*. Décembre 2004
- [8] Certu. *Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières*. Février 2005.
- [9] CETE Nord-Picardie, Modélisation des temps de traversée des petites agglomérations. *Rapport d'étude*. Septembre 2005.
- [10] CGPC, Démarche prospective transports 2050 - éléments de réflexion, 54 p., Mars 2006
- [11] Sétra, Calcul des indicateurs de temps gêné. *Note méthodologique*. Mai 2007.
- [12] SESP, La Demande de transport en 2025 - Projection des tendances et des inflexions (*mise à jour de la note de synthèse de Décembre 2004* [7]). Mai 2007.
- [13] Sétra, Calcul prévisionnel du bruit routier - Profils journaliers de trafics sur routes et autoroutes interurbaines. *Note d'information Economie - environnement - conception n°77*. Février 2007 (en téléchargement sur le site internet du Sétra).

### Textes officiels pour l'évaluation des projets de transport

- [14] Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, Décret n° 2006-235 du 27 Février 2006 relatif aux enquêtes de circulation au bord des routes, 27 Février 2006.
- [15] Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, Mise à jour de l'Instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport (texte officiel), 27 mai 2005.
- [16] Loi n° 82-1153 d'Orientation des Transports Intérieurs modifiée par la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation de l'énergie et par la loi n° 99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire, 30 décembre 1982.

### Ouvrages de référence en modélisation des transports

- [17] E. Quinet, Analyse économique des transports, PUF, 1990.
- [18] J. de Dios Ortuzar, L. G. Willumsen, Modelling Transport, John Wiley and Sons, 2002.
- [19] Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2000.
- [20] P. Bonnel, Prévoir la demande de transport, Presses de l'ENPC, 2004.
- [21] Caliper, Travel Demand Modeling with TransCAD 4.8, 2005.
- [22] M. Boyle, K. Ozbay, The Future of Transportation Modeling, 2005. Réf. : FHWA-NJ-2005-016.



## Glossaire

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BPR	Bureau of Public Roads
Certu	Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques
CETE	Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement
CGPC	Conseil Général des Ponts et Chaussées
DCFM	Dépense de Consommation Finale des Ménages
DGR	Direction Générale des Routes
HC	Heure Creuse
HPM	Heure de Pointe du Matin
HPS	Heure de Pointe du Soir
HPS	Heure de Pointe du Soir
INRETS	Institut de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
LGV	Ligne à Grande Vitesse
LOTI	Loi d'Orientation des Transports Intérieurs
MEDAD	Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
MTETM	Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer
OD	Origine - Destination
PIB	Produit Intérieur Brut
PL	Poids Lourds
RER	Réseau Express Régional
RRN	Réseau Routier National
SESP	Service Economie, Statistiques et Prospectives
Sétra	Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SIG	Système d'Information Géographique
TC	Transport en Commun
TIPP	Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
TMJE	Trafic Moyen Journalier Estival
TMJH	Trafic Moyen Journalier Hivernal
TMJO	Trafic Moyen Jours Ouvrés
uvp	Unité de véhicule particulier
VL	Véhicule Léger

46 avenue  
Aristide Briand  
BP 100  
92225 Bagneux Cedex  
France  
téléphone :  
33 (0)1 46 11 31 31  
télécopie :  
33 (0)1 46 11 31 69  
internet : [www.setra.equipement.gouv.fr](http://www.setra.equipement.gouv.fr)

Cet ouvrage, à l'attention des maîtres d'ouvrage de l'État et des collectivités locales, explicite les éléments techniques et méthodologiques nécessaires pour comprendre, piloter et contrôler une étude de trafic.

Rédigé suite à une commande de la Direction Générale des Routes, il a vocation à guider les services de maîtrise d'ouvrage des DRE et les services techniques départementaux dans leur commande d'études de trafic pour l'évaluation de grands projets d'infrastructures routières interurbaines auprès de CETE ou de bureaux d'études privés.

Document disponible au bureau de vente du Sétra  
46 avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France  
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 53 - télécopie : 33 (0)1 46 11 33 55  
Référence : **0739** - Prix de vente : **13 €**

*Couverture, crédit photos : DREIF (J.M. Gobry), Sétra (G. Forquet)  
Conception graphique et mise en page : Domigraphic, 16 rue Diderot, ZAC Les Radars - 91353 Grigny  
Impression : Caractère - 2, rue Monge - BP 224 - 15002 Aurillac Cedex  
L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction, même partielle, de ce document.  
© 2007 Sétra - Dépôt légal : 4<sup>ème</sup> trimestre 2007 - ISBN : 978-2-11-094628-7*



Ce document participe à la protection de l'environnement.  
Il est imprimé avec des encres à base végétale sur du papier écolabellisé PEFC.  
CTBA/06-00743

Le Sétra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique  
de l'Équipement

