

Etude technique
et analyse
socio-économique
des scénarios
de ligne nouvelle
et d'aménagements
de la ligne existante



LGV • Bordeaux • Toulouse •

Projet de ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse

2
phase

Modèle
de trafic

Note
Méthodologique

AVRIL 2005



CONTEXTE ET OBJET DU DOCUMENT

Général

Le présent document est un livrable de l'étude réalisée par le groupement SCETAUROUTE – SEMALY – ISIS pour RFF dans le but de préparer le débat public pour la création d'une ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse.

Particulier

Cette note méthodologique présente le **processus de calcul** et les **hypothèses** adoptés pour les **prévisions de trafic**.

Attendus

L'étude de trafic a pour objectif d'évaluer le **volume** et la **nature des gains de clientèle ferroviaire** générés par la LGV Bordeaux – Toulouse, sur les relations susceptibles d'emprunter cette LGV ou de bénéficier d'une amélioration des dessertes sur les lignes classiques existantes (grâce à la création de la LGV).

Le modèle utilisé doit à la fois :

- Fournir des résultats suffisamment précis, pour pouvoir optimiser les scénarios (en vérifiant l'adéquation entre l'offre et la demande ferroviaires) et établir leur bilan socio-économique ;
- Être automatisé, afin d'étudier rapidement de nombreuses configurations ;
- Être modulable, pour permettre de tester la sensibilité des résultats aux principaux paramètres.

SOMMAIRE

CONTEXTE ET OBJET DU DOCUMENT	1
SOMMAIRE	3
1. INTRODUCTION	5
1.1 Conception du modèle	5
1.2 Justifications	6
2. FLUX ETUDIES	7
2.1 Zonage	7
2.2 Relations retenues	9
3. PROCESSUS DE CALCUL	13
3.1 Description générale	13
3.2 Sous-modèle 1 (monomodal ferroviaire)	14
3.3 Sous-modèle 2 (bimodal route/fer)	15
3.4 Sous-modèle 3 (bimodal air/fer)	17
3.5 Reconstitution de la demande de déplacement actuelle	19
3.5.1 Mode aérien	19
3.5.2 Mode ferroviaire	20
3.5.3 Mode routier	21
3.6 Segmentation du trafic ferroviaire par type de trains	22
4. HYPOTHESES	23
4.1 Croissance de la demande (tous modes confondus)	23
4.2 Coûts et temps de parcours actuels	24
4.2.1 Mode aérien	24
4.2.2 Mode ferroviaire	25
4.2.3 Mode routier	28
4.3 Coûts et temps de parcours futurs	28
TABLE DES ILLUSTRATIONS	31
ANNEXE 1 : DESCRIPTION GENERAL DU CALCUL	33
ANNEXE 2 : PRESENTATION DU MODELE SAMI	35

1. INTRODUCTION

1.1 CONCEPTION DU MODELE

Il s'agit d'un modèle **multimodal (air/fer/route)**.

Il est basé dans sa logique sur celui conçu par le groupement SCETAUROUTE – SEMALY – ISIS pour l'étude d'amélioration des services ferroviaires sur l'axe Bordeaux – Toulouse – Narbonne (dite « étude BTN »). De **nombreuses améliorations** ont cependant été apportées pour être en mesure de différencier l'impact de chacun des scénarios en terme de trafic.

Le découpage en zones de l'aire d'étude a ainsi été sensiblement affiné, puisqu'il comporte désormais 29 zones au total (contre 20 dans l'étude BTN pour le modèle national), ce qui a conduit à une multiplication par 2,7 du nombre de relations étudiées (87 au total, contre 32 dans l'étude BTN).

Quelques paramètres ont par ailleurs été **ajustés**, dans un double objectif :

1. Garantir une certaine homogénéité avec les études réalisées simultanément ou récemment pour des projets similaires (amélioration et développement des services ferroviaires dans le corridor atlantique, LGV Sud-Europe-Atlantique, prolongement de la LGV Méditerranée vers Toulon et la Côte d'Azur,...) ;
2. Tenir compte des nouvelles hypothèses du SES (Service Economique et Statistique du Ministère de l'Equipelement) en matière :
 - De croissance du PIB (Produit Intérieur Brut) au cours des vingt prochaines années (1,9 % par an en moyenne, au lieu de 2,3 %¹),
 - D'élasticité² de la demande de déplacement nationale (tous modes confondus) au PIB, à offre constante (0,9 et non plus 1,0³).

¹ Taux adopté dans l'étude BTN (qui a démarré en février 2002), correspondant à l'hypothèse médiane retenue dans les Schémas Multimodaux de Services Collectifs de Transport (adoptés en avril 2002).

² Rapport entre deux variations, qui permet de mesurer la sensibilité d'une grandeur à la variation d'une autre (en l'occurrence la sensibilité de la demande de déplacement à la variation du PIB).

³ Coefficient adopté dans l'étude BTN, calculé à partir des projections de trafic figurant dans les Schémas Multimodaux de Services Collectifs de Transport.

Ce modèle repose néanmoins sur une **reconstitution simplifiée des trafics actuels**, dans la mesure où aucune enquête de grande envergure n'a encore été réalisée pour obtenir des informations plus détaillées que celles qui sont disponibles (cette approche reste toutefois compatible avec le niveau de détail des études en cours). En particulier :

- Les différents motifs de déplacement ne sont pas distingués ;
- Le zonage (décrit plus loin) manque de finesse malgré tout.

1.2 JUSTIFICATIONS

Pour les éléments de méthode dont la justification nécessiterait des investigations ou des enquêtes lourdes, inappropriées à ce niveau d'analyse, il est fait référence :

- Soit au **retour d'expérience** et au **savoir-faire d'ISIS**, issus d'études antérieures semblables ;
- Soit aux **hypothèses adoptées habituellement par la SNCF** pour des prévisions de trafic du même type.

2. FLUX ETUDIÉS

Cinq catégories de flux sont susceptibles de bénéficier, à des degrés très divers, de la création de la LGV Bordeaux – Toulouse :

- Des flux internationaux, du type (Bordeaux ↔ Barcelone) ;
- Des flux nationaux, du type (Toulouse ↔ Paris) ;
- Des flux régionaux de grande distance, du type (Bordeaux ↔ Toulouse) ;
- Des flux régionaux de moyenne distance, du type (Bordeaux ↔ Agen) ;
- Des flux régionaux de courte distance, du type (Montauban ↔ Toulouse).

Les effets du projet en terme de trafic ont donc été étudiés sur un **périmètre très large**, qui comprend la France entière et la Catalogne en Espagne.

2.1 ZONAGE

L'aire d'étude a été divisée en **29 zones** (voir tableau et carte ci-après).

Le découpage choisi a une finesse :

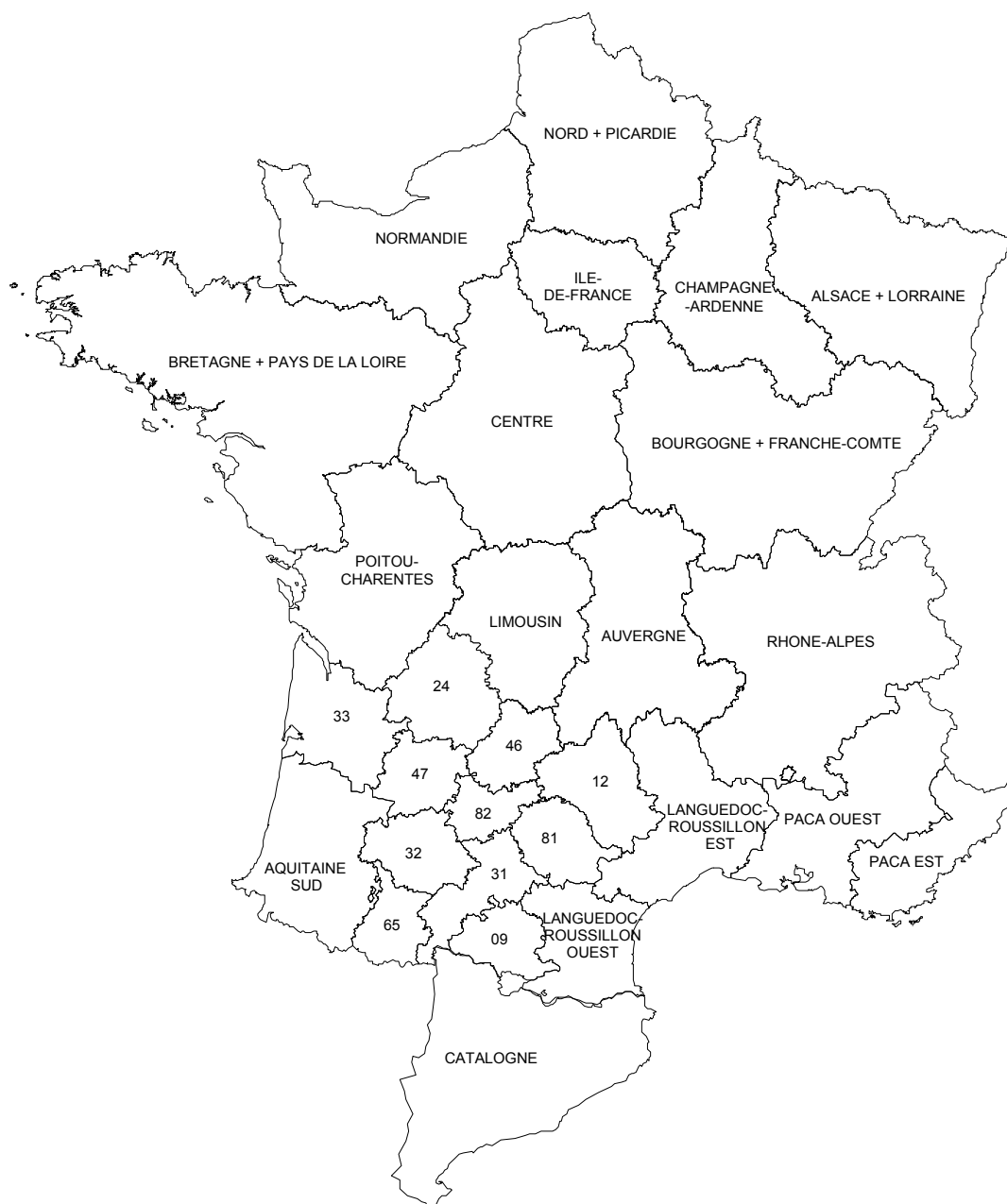
- Départementale dans l'aire d'influence directe du projet, qui recouvre approximativement le nord de la région Aquitaine et l'ensemble de la région Midi-Pyrénées ;
- Régionale voire suprarégionale dans le reste de la France et en Espagne.

A chacune des zones a été associée une ville, appelée centroïde, considérée comme le point unique d'origine ou de destination des flux.

Tableau 1 : Liste des zones

N°	Nom	Département(s) ou région(s)	Centroïde
1	Gironde (33)	Gironde	Bordeaux
2	Dordogne (24)	Dordogne	Périgueux
3	Lot-et-Garonne (47)	Lot-et-Garonne	Agen
4	Tarn-et-Garonne (82)	Tarn-et-Garonne	Montauban
5	Haute-Garonne (31)	Haute-Garonne	Toulouse
6	Gers (32)	Gers	Auch
7	Hautes-Pyrénées (65)	Hautes-Pyrénées	Tarbes
8	Ariège (09)	Ariège	Foix
9	Lot (46)	Lot	Cahors
10	Tarn (81)	Tarn	Albi
11	Aveyron (12)	Aveyron	Rodez
12	Aquitaine Sud	Landes, Pyrénées-Atlantiques	Bayonne
13	Languedoc-Roussillon Ouest	Aude, Pyrénées-Orientales	Narbonne
14	Languedoc-Roussillon Est	Gard, Lozère, Hérault	Montpellier
15	PACA Ouest	Alpes-de-Hte-Provence, Htes-Alpes, Bouches-du-Rhône, Vaucluse	Marseille
16	PACA Est	Alpes-Maritimes, Var	Nice
17	Poitou-Charentes	Poitou-Charentes	Poitiers
18	Limousin	Limousin	Limoges
19	Auvergne	Auvergne	Clermont-Ferrand
20	Rhône-Alpes	Rhône-Alpes	Lyon
21	Bretagne + Pays de la Loire	Bretagne, Pays de la Loire	Nantes
22	Centre	Centre	Tours
23	Bourgogne + Franche-Comté	Bourgogne, Franche-Comté	Besançon
24	Normandie	Basse-Normandie, Haute-Normandie	Caen
25	Ile-de-France	Ile-de-France	Paris
26	Champagne-Ardenne	Champagne-Ardenne	Reims
27	Alsace + Lorraine	Alsace, Lorraine	Strasbourg
28	Nord-Pas-de-Calais + Picardie	Nord-Pas-de-Calais, Picardie	Lille
29	Catalogne	Catalogne (Espagne)	Barcelone

Figure 1 : Plan du découpage en zones



2.2 RELATIONS RETENUES

Parmi les 155 relations sur lesquelles le projet a un impact en terme d'offre ferroviaire, qui se traduit par une modification du temps de parcours et/ou de la fréquence, **seules celles sur lesquelles cet impact est a priori significatif (soit 87 relations) ont été étudiées** (voir tableau ci-après).

Certaines d'entre elles ont été retenues pour des raisons très particulières, comme par exemple :

- La relation (Tarn-et-Garonne ↔ PACA Ouest), bien que les gains de temps envisageables entre Montauban et Toulouse soient négligeables par rapport au temps de parcours total, parce qu'elle pourrait bénéficier d'une liaison par TGV entre Bordeaux et Marseille (avec un arrêt à Montauban) ;
- La relation (Tarn-et-Garonne ↔ Lot), car le projet va permettre un doublement de la fréquence TER entre Toulouse et Cahors ;
- Toutes les relations entre la Haute-Garonne, le Tarn-et-Garonne et le Lot-et-Garonne d'une part, et la Champagne-Ardenne, ainsi que la zone (Alsace + Lorraine) d'autre part, puisqu'elles bénéficieront d'un gain de temps relativement important par rapport à la situation de référence (dans la mesure où le meilleur temps de parcours sera obtenu en passant par les LGV Bordeaux – Toulouse, Sud-Europe-Atlantique et Est).

En revanche, la plupart des relations avec le Limousin et l'Auvergne ont été écartées car les gains de temps et/ou de fréquence ne seront pas suffisamment importants pour générer du trafic supplémentaire.

Tableau 2 : Relations étudiées

	Gironde (33)	Dordogne (24)	Lot-et-Garonne (47)	Tarn-et-Garonne (82)	Haute-Garonne (31)	Gers (32)	Hauts-Pyrénées (65)	Ariège (09)	Lot (46)	Tarn (81)	Aveyron (12)	Aquitaine Sud	Languedoc-Roussillon Ouest	Languedoc-Roussillon Est	PACA Ouest	PACA Est	Poitou-Charentes	Limousin	Auvergne	Rhône-Alpes	Bretagne + Pays de la Loire	Centre	Bourgogne + Franche-Comté	Normandie	Ile-de-France	Champagne-Ardenne	Alsace + Lorraine	Nord-Pas-de-Calais + Picardie	Catalogne	
Gironde (33)			1	1	1	1	1	1	1	1	1																			1
Dordogne (24)			1	1	1	1	2	2	2	2	2		2	2	2	2					2									2
Lot-et-Garonne (47)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tarn-et-Garonne (82)				1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Haute-Garonne (31)					1	1	1	1	1	1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gers (32)						1	1	1	1	1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hauts-Pyrénées (65)							1	1	1	1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ariège (09)								1	1	1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lot (46)									1	1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tarn (81)										1	1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aveyron (12)											1						1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aquitaine Sud												1					1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Languedoc-Roussillon Ouest													1				1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Languedoc-Roussillon Est														1			1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PACA Ouest															1		1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PACA Est																1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poitou-Charentes																	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Limousin																		1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Auvergne																			1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Rhône-Alpes																					1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Bretagne + Pays de la Loire																						1	2	2	2	1	1	1	1	1
Centre																							1	2	2	2	1	1	1	1
Bourgogne + Franche-Comté																								1	2	2	2	1	1	1
Normandie																									1	2	2	2	1	1
Ile-de-France																										1	2	2	2	1
Champagne-Ardenne																											1	2	2	1
Alsace + Lorraine																												1	2	1
Nord-Pas-de-Calais + Picardie																													1	2
Catalogne																														1

- 1 Relations concernées et retenues
- 2 Relations concernées et non retenues
- Relations non concernées

Relations concernées = celles sur lesquelles le projet Bordeaux-Toulouse a un impact en terme d'offre ferroviaire (modification du temps de parcours et/ou de la fréquence)

Relations retenues = celles sur lesquelles cet impact est a priori significatif

3. PROCESSUS DE CALCUL

(Cf. Annexe 1)

3.1 DESCRIPTION GENERALE

Les principales étapes de la modélisation sont les suivantes (voir schéma ci-après), pour chaque mode :

1. Reconstitution de la demande de déplacement actuelle ;
2. Evaluation de la demande future si l'offre et la répartition modale actuelles étaient maintenues ;
3. Evaluation de la demande future en situation de référence (l'offre évolue par rapport à la situation actuelle) ;
4. Evaluation de la demande future en situation de projet (l'offre évolue par rapport à la situation de référence).

Quatre aspects du processus sont détaillés ci-après :

- Les trois « sous-modèles » cités dans le schéma précédent (numérotés 1, 2 et 3) ;
- La phase de reconstitution de la demande de déplacement actuelle.

La répartition du trafic entre les modes routier et aérien, qui pourrait éventuellement évoluer entre la situation actuelle et la situation de référence à l'horizon considéré (mais pas entre la situation de référence et les situations de projet), a été supposée stable car, comme c'est l'usage, les reports potentiels sont jugés négligeables.

La concurrence air/route n'a donc pas été modélisée.

3.2 SOUS-MODELE 1 (MONOMODAL FERROVIAIRE)

Ce sous-modèle, de **type gravitaire**, permet de calculer le **trafic induit par une amélioration de l'offre ferroviaire**, correspondant à des nouveaux déplacements (qui n'existaient pas avant l'amélioration de l'offre) ou à des trajets plus fréquents.

Il est basé sur la formule qui suit (usuellement appliquée par la SNCF) :

$$T_{ij} = K \times (P_i \times P_j) / C_{ij}^n, \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 1)$$

- T_{ij} est le trafic entre deux zones (i) et (j) ;
- K est une constante ;
- P_i et P_j sont les populations respectives des zones (i) et (j) ;
- C_{ij} est le **coût généralisé** du déplacement, qui se calcule de la façon suivante pour le mode ferroviaire (formule employée habituellement par ISIS) :

$$C_{ij} = p + h \times (T + 0,5 \times I), \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 2)$$

- p est le prix du billet,
- h est la valeur du temps de l'utilisateur,
- T est le **temps de parcours complet** (de « porte à porte »), que l'on peut décomposer en trois séquences :

$$T = t + t_r + t_p, \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 3)$$

- t est le temps de trajet en train (de gare à gare),
- t_r est le temps de rabattement vers la gare de départ, auquel on ajoute le temps pour se rendre sur le lieu de destination finale à partir de la gare d'arrivée,
- t_p est le temps de précaution pris avant le départ d'un train,
- I est l'**intervalle moyen entre deux trains** pendant la période de la journée considérée qui correspond au rapport entre $(d - t)$ et $(f - 1)$, où :
 - (d) est la durée de la période,
 - (t) est le temps de trajet,
 - (f) la fréquence des trains pendant la période.

D'où l'expression :

$$T'_{ij} / T_{ij} = (C_{ij} / C'_{ij})^n, \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 4)$$

- T_{ij} et C_{ij} sont respectivement le trafic et le coût généralisé avant l'amélioration de l'offre ferroviaire ;
- T'_{ij} et C'_{ij} sont respectivement le trafic et le coût généralisé après l'amélioration de l'offre ferroviaire.

Le trafic induit est obtenu en faisant la différence entre T'_{ij} et T_{ij} .

Les valeurs retenues pour le **coefficient (n)** sont les suivantes :

- **1,5 sur les relations de moins de 300 km**, c'est-à-dire la plupart des relations (parmi celles étudiées) internes aux régions Aquitaine et Midi-Pyrénées réunies ;
- **2,0 sur les relations de longueur supérieure ou égale à 300 km.**

Ces valeurs résultent d'un **calage** effectué par ISIS sur un échantillon de flux du type (Paris ↔ Lyon), (Paris ↔ Marseille), (Paris ↔ Arras) et (Paris ↔ Lille), où il a été possible, à partir d'un certain nombre d'observations disponibles, de quantifier l'induction de trafic ferroviaire consécutive à la mise en service d'un TGV (respectivement le TGV Sud-Est et le TGV Nord-Europe).

3.3 SOUS-MODELE 2 (BIMODAL ROUTE/FER)

Le sous-modèle n°2, conçu et appliqué usuellement par ISIS, permet d'estimer les **reports de trafic du mode routier vers le mode ferroviaire** dus à une amélioration de l'offre ferroviaire, **tout en tenant compte de l'évolution des conditions de circulation sur le réseau routier** (notamment les phénomènes de congestion).

Il a également été **calé** sur l'échantillon de flux évoqué ci-dessus, en analysant les baisses de trafic autoroutier⁴ constatées après la mise en service des TGV Sud-Est et Nord-Europe.

Lorsque la part de marché du fer est connue sur une relation donnée, ce qui est le cas pour la situation actuelle, le **coût généralisé routier « fictif »**, noté $C_{f\text{ route}}$, du déplacement d'un **usager de la route en situation de choix modal** peut être déduit de l'expression suivante :

$$(C_{f\text{ route}} / C_{\text{fer}})^n = t_{\text{fer}} / t_{\text{route}} = t_{\text{fer}} / (1 - t_{\text{fer}}), \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 5)$$

- C_{fer} est le coût généralisé du déplacement ferroviaire (calculé avec la formule n°2 présentée dans le sous-modèle 1) ;
- t_{fer} et t_{route} sont les parts de marché respectives des deux modes.

Le coût généralisé du déplacement routier défini ainsi est appelé coût fictif car il est différent de celui qui serait obtenu avec la formule classique recommandée par la Direction des Routes du Ministère de l'Équipement. En effet, il ne concerne pas l'ensemble des usagers de la route, mais uniquement ceux qui sont potentiellement en situation de choix modal.

La **variation du coût généralisé routier fictif** entre la situation actuelle et l'horizon considéré (due à la création de nouvelles infrastructures, à des aménagements de capacité, ou encore à la congestion de certains axes) est **supposée être du même ordre de grandeur que celle du coût généralisé routier « réel »** défini par la Direction des Routes⁵.

Ce dernier, noté C_{route} , se calcule comme suit :

$$C_{route} = m + (h \times T) + (i \times L), \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 6)$$

- m est la dépense monétaire nécessaire (coût du carburant consommé, coût de dépréciation et d'entretien du véhicule, montant éventuel du péage) ;
- h est la valeur du temps de l'utilisateur ;
- T est le temps de parcours ;
- i est le malus d'inconfort de l'infrastructure utilisée ;
- L est la longueur du trajet.

ISIS a développé un modèle, baptisé **SAMI** (dont une présentation détaillée est jointe en annexe), qui permet d'évaluer C_{route} sur chaque relation étudiée, en 2002 (année sur laquelle porte son dernier recalage global) et aux différents horizons souhaités, avec les valeurs unitaires préconisées par la Direction des Routes dans l'instruction de 1998 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne.

La nouvelle part de marché du fer (t'_{fer}) obtenue en raison des reports modaux dus à la fois à l'amélioration de l'offre ferroviaire et à l'évolution des conditions de circulation sur le réseau routier, est donc telle que :

$$(\alpha \times C_{f\ route} / C'_{fer})^n = t'_{fer} / t'_{route} = t'_{fer} / (1 - t'_{fer}), \text{ où :} \quad (\text{formule n}^\circ 7)$$

- α est le coefficient de croissance de C_{route} (coût généralisé du déplacement routier au sens de la Direction des Routes), calculé avec le modèle SAMI ;
- C'_{fer} est le coût généralisé du déplacement ferroviaire après l'amélioration de l'offre ferroviaire ;
- t'_{route} est la nouvelle part de marché de la route.

Le trafic routier induit par les aménagements de voirie les plus importants n'apparaît pas car il est supposé négligeable sur les relations étudiées.

Comme dans le sous-modèle 1, le **coefficient (n)** a pour valeur **1,5 sur les relations de moins de 300 km et 2,0 sur les autres relations**.

⁴ Baisses qui ont varié entre 4 et 18 % selon les flux.

⁵ Cette hypothèse résulte du calage du sous-modèle.

3.4 SOUS-MODELE 3 (BIMODAL AIR/FER)

Il s'agit d'un **modèle « prix-temps »** classique permettant d'évaluer les **reports de trafic du mode aérien vers le mode ferroviaire**, liés à une amélioration de l'offre ferroviaire.

Il repose sur l'hypothèse que le choix d'un voyageur entre le train et l'avion s'effectue en fonction de la valeur que celui-ci attribue à son temps, et des caractéristiques de coût et de temps de transport de chacun des deux modes.

Ainsi, le voyageur (k) choisit le mode dont le coût généralisé, compte tenu de sa valeur du temps h_k , est le plus faible.

Si P_a et P_f sont les prix respectifs du billet d'avion et du billet de train, et si T_a et T_f sont respectivement les temps de parcours complets (de « porte-à-porte ») en avion et en train, les coûts généralisés aérien et ferroviaire pour le voyageur (k) s'écrivent :

$$\blacksquare C_a^k = P_a + h_k \times T_a$$

$$\blacksquare C_f^k = P_f + h_k \times T_f$$

Sur une relation donnée, il existe une valeur du temps H telle que $C_a^k = C_f^k$:

$$H = (P_a - P_f) / (T_f - T_a) \quad (\text{formule n}^\circ 8)$$

H est appelée valeur d'indifférence du temps ou **valeur du temps de basculement**. En effet, si $h_k < H$, le voyageur (k) choisit le train, sinon il choisit l'avion. Cela s'applique aux usagers qui sont potentiellement en situation de choix modal.

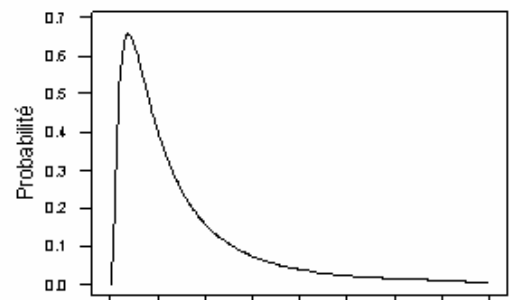
Pour cette raison, il faut donc **exclure du champ de la concurrence entre le train et l'avion les passagers aériens en correspondance avec un autre vol aérien**, dans l'aéroport d'arrivée ou de départ (voire les deux), sauf si le projet d'amélioration de l'offre ferroviaire est de nature à faire en sorte que ces passagers ne soient plus captifs du mode aérien sur une partie de leur trajet. Or ce n'est pas le cas pour le projet étudié, car la liaison Toulouse – Roissy qu'il permettra d'effectuer en TGV sera certainement peu attractive, dans la mesure où elle nécessitera la plupart du temps un changement à Bordeaux.

La loi de distribution de la valeur du temps des voyageurs est supposée être du type « **log-normale** » (voir exemple ci-dessous), par analogie avec la distribution des revenus dans la population française.

Figure 2 : Exemple de distribution log-normale

Trois types de relations ont été distingués :

- Les relations internationales, du type (Bordeaux ↔ Barcelone) ;
- Les relations radiales, du type (Toulouse ↔ Paris) ;
- Les relations transversales, du type (Toulouse ↔ Nantes).



- Les lois utilisées pour chaque type de relation proviennent d'un **calage** réalisé pour l'année 2002 sur 11 relations internationales, 8 relations transversales et 12 relations radiales, dans le cadre des études d'ISIS sur l'amélioration et le développement des services ferroviaires dans le corridor atlantique, et sur le prolongement de la LGV Méditerranée vers Toulon et la Côte d'Azur. Ce calage reconstitue convenablement la répartition modale air/fer constatée pour l'année 2002 sur les relations prises en compte dans la présente étude (bien qu'elles ne figurent pas toutes dans celles sélectionnées pour le calage).

Le **temps de parcours complet ferroviaire** (T_f) peut se décomposer en trois séquences (voir sous-modèle 1, formule n°3).

Le **temps de parcours complet aérien** (T_a) peut quant à lui se décomposer en quatre séquences :

$$T_a = t + t_r + t_p + t_e, \text{ où :} \quad \text{(formule n°9)}$$

- t est le temps de trajet en avion (d'aéroport à aéroport),
- t_r est le temps de rabattement vers l'aéroport de départ, auquel on ajoute le temps pour se rendre sur le lieu de destination finale à partir de l'aéroport d'arrivée ;
- t_p est le temps de précaution pris avant l'heure limite d'enregistrement ;
- t_e est la durée d'attente incompressible imposée par l'heure limite d'enregistrement.

Hormis la phase de calage, la principale difficulté d'application des modèles prix-temps réside dans le fait que **l'aire de chalandise d'un aéroport** englobe généralement plusieurs agglomérations desservies par le train, ce qui est notamment le cas pour l'aéroport de Toulouse. La répartition modale air/fer doit ainsi être calculée avec le trafic ferroviaire généré par toutes les zones situées dans l'aire de chalandise de l'aéroport considéré.

Le trafic aérien généré par **l'aéroport de Toulouse** a été décomposé de la façon indiquée dans le tableau suivant. Il s'agit de la répartition (issue d'enquêtes réalisées en 2002) qui figure dans l'étude complémentaire à la présente portant sur les flux aériens et ferrés, en se limitant toutefois à six départements : la Haute-Garonne, le Tarn⁶, le Tarn-et-Garonne, le Gers, l'Ariège et le Lot-et-Garonne⁷. Ces départements représentent au total 91 % des passagers de l'aéroport (76 % pour la seule Haute-Garonne).

Tableau 3 : Ventilation spatiale des origines ou destinations des voyageurs à l'aéroport de Toulouse retenue dans le modèle

Haute-Garonne	Tarn	Tarn-et-Garonne	Gers	Ariège	Lot-et-Garonne
83 %	8 %	4 %	2 %	2 %	1 %

Source : d'après l'étude d'impact de la réalisation d'une ligne à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse sur la répartition des flux aériens et ferrés et leurs développements (BEAUVAIS Consultant pour RFF, septembre 2004)

⁶ Les vols commerciaux entre Paris et Albi ont cessé depuis quelques années.

⁷ Les vols commerciaux entre Paris et Agen ont cessé depuis quelques années.

Pour les **autres aéroports**, l'aire de chalandise a été supposée identique à la zone dans laquelle les aéroports se situent (par exemple la zone « Gironde » pour l'aéroport de Bordeaux, ou encore la zone « PACA Est » pour l'aéroport de Nice).

3.5 RECONSTITUTION DE LA DEMANDE DE DEPLACEMENT ACTUELLE

L'année définie pour reconstituer la demande de déplacement « actuelle » dans l'étude BTN était 2001. L'**année 2002** a été choisie pour la présente étude car :

- Il s'agit de l'année retenue dans l'étude d'amélioration et de développement des services ferroviaires dans le corridor atlantique ;
- Le modèle SAMI (utilisé dans le sous-modèle 2) et le sous-modèle 3 ont été récemment recalés par ISIS sur l'année 2002 ;
- Les parts de marché de l'aérien ont été exceptionnellement faibles en 2001 à cause des attentats du 11 septembre ;
- Une des dernières sections manquantes de l'autoroute A20 (Souillac – Cahors-Nord) a été mise en service le 13 juillet 2001.

3.5.1 Mode aérien

Les trafics aériens de l'année 2002 proviennent des **statistiques de la Direction Générale de l'Aviation Civile** du Ministère de l'Équipement, qui sont exprimées en nombre de voyageurs annuels par ligne (sans distinguer l'aéroport d'Orly et l'aéroport Charles de Gaulle en région parisienne).

La **part de la clientèle en correspondance avec un autre vol aérien** a été estimée en moyenne à :

- **19 % sur les relations avec l'Île-de-France** ;
- **0 % sur les toutes les autres relations** aériennes étudiées (y compris celle entre la Gironde et la Catalogne).

Le taux de 19 % a été évalué à partir des données figurant dans l'étude complémentaire à la présente qui porte sur la répartition des flux aériens et ferrés⁸.

D'après cette étude, les taux de correspondance en 2000 s'élevaient en effet à :

- 11 % sur la relation (Toulouse ↔ Paris-Orly) ;
- 52 % sur la relation (Toulouse ↔ Paris-Charles de Gaulle)⁹.

En admettant qu'ils n'aient pas varié entre 2000 et 2002, ces taux conduisent à une part moyenne de 19 % en 2002 puisque, d'après cette même étude, 80 % du trafic aérien entre Toulouse et Paris avait pour origine ou destination l'aéroport d'Orly en 2002.

⁸ Etude d'impact de la réalisation d'une ligne à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse sur la répartition des flux aériens et ferrés et leurs développements (BEAUVAIS Consultant pour RFF, septembre 2004).

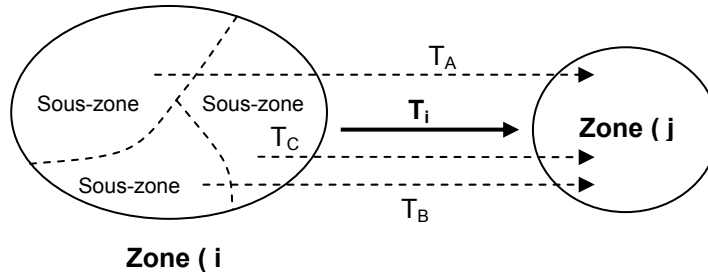
⁹ Ces chiffres proviennent d'une étude sur l'impact d'une modification de l'offre ferroviaire sur le trafic aérien de l'aéroport de Toulouse-Blagnac, réalisée en 2001 par IMTrans pour le compte de la Direction Régionale de l'Équipement Midi-Pyrénées.

3.5.2 Mode ferroviaire

Les trafics ferroviaires en 2002 sur chacune des 87 relations étudiées ont été estimés à partir de **deux sources** :

1. Les données remises par la SNCF dans le cadre de l'étude BTN¹⁰, à savoir les flux ferroviaires en 2001 (deux sens confondus) susceptibles d'emprunter la ligne Bordeaux – Toulouse – Narbonne, sur la base d'un découpage de la France en 20 zones (affiné ponctuellement pour les flux régionaux) ;
2. Les matrices des flux ferroviaires interrégionaux et internationaux fournies par la SNCF pour les années 1996 à 2002, qui reflètent les ventes de billets de train effectuées en France.

La plupart des flux issus de la première source (qui concerne l'année 2001) ont dû être éclatés puisque le zonage adopté dans l'étude BTN a été sensiblement affiné. La **méthode principale** utilisée pour faire cet **éclatement** est décrite ci-après, en s'appuyant sur un cas concret. Elle repose sur le sous-modèle 1.



Dans le cas illustré ci-dessus, il s'agit d'éclater en trois parties la zone (i) et le trafic T_{ij} entre les deux zones (i) et (j). Ce dernier peut s'écrire de la façon suivante :

$$T_{ij} = K \times (P_i \times P_j) / C_{ij}^2 \text{ (voir sous-modèle 1, formule n°1) ;}$$

$$\text{ou encore } T_{ij} = T_{Aj} + T_{Bj} + T_{Cj} ;$$

$$\text{donc } T_{ij} = K \times P_j \times \sum_{k=A,B,C} \frac{P_k}{C_{kj}^2} ;$$

$$\text{ainsi } \frac{T_{Aj}}{T_{ij}} = \frac{P_A / C_{Aj}^2}{\sum_{k=A,B,C} P_k / C_{kj}^2} .$$

Cette méthode, classique dans ce type d'approche, nécessite par conséquent une recherche, pour l'année considérée :

- De la population de chaque sous-zone prise en compte ;
- De l'offre ferroviaire sur toutes les relations concernées, puisqu'il faut calculer le coût généralisé d'un déplacement en train d'une zone à une autre.

¹⁰ Ces données ont fait l'objet d'une note pour le comité de suivi technique de l'étude qui s'est réuni le 11 juillet 2002.

Le passage de l'année 2001 à l'année 2002 a été effectué en appliquant aux flux éclatés les taux de croissance du trafic ferroviaire constatés entre les régions où se situent les zones d'origine et de destination de ces flux (d'après la seconde source de données évoquée plus haut).

Les trafics qu'il était impossible d'évaluer à partir de la première source ont été estimés à partir de la seconde, en utilisant deux **méthodes d'éclatement simplifiées** :

- La première consiste à généraliser à plusieurs relations les coefficients de répartition déterminés avec la méthode principale pour les flux à destination ou en provenance de l'Ile-de-France : si par exemple la relation (Haute-Garonne ↔ Ile-de-France) représente (n) % du trafic entre les régions Midi-Pyrénées et Ile-de-France, on considère que le flux (Haute-Garonne ↔ Normandie) représente aussi (n) % du trafic entre les régions Midi-Pyrénées et Normandie ;
- La deuxième, plus simplifiée mais appliquée seulement à quelques relations, est basée sur une répartition au prorata de la population de chacune des zones.

3.5.3 Mode routier

Les trafics routiers de l'année 2002 proviennent de la **base de données utilisée dans le modèle SAMI** développé par ISIS.

Ce modèle, dont une présentation détaillée est jointe en annexe, concerne les déplacements routiers de plus de 50 km (environ) effectués sur le territoire national. Il comprend en particulier le flux entre Montauban et Toulouse, bien que ces villes soient distantes de 45 km à vol d'oiseau, car c'est un flux qui s'affecte majoritairement sur des itinéraires de longueur légèrement supérieure à 50 km, empruntant des rocadés autoroutières.

SAMI comporte 300 zones au total (en moyenne 2,5 zones par département en France) et prend en compte toutes les autoroutes, toutes les routes nationales et quelques routes départementales.

Les flux modélisés, exprimés en véhicules par jour, sont régulièrement actualisés (le dernier recalage global porte sur l'année 2002).

Pour passer du nombre de véhicules au nombre de voyageurs, les **taux d'occupation moyens** suivants ont été retenus :

- **1,44 pour les relations de moins de 300 km** (en majorité internes aux régions Aquitaine et Midi-Pyrénées réunies) ; cette valeur, provenant d'enquêtes de circulation réalisées dans le corridor Bordeaux – Toulouse, est celle qui est adoptée dans l'étude complémentaire à la présente portant sur les dessertes régionales et interrégionales¹¹ ;
- **2,00 pour les relations de longueur supérieure ou égale à 300 km** (valeur proposée habituellement par ISIS).

¹¹ Etude d'impact de la réalisation d'une ligne à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse sur les dessertes régionales et inter-régionales (SETEC International pour RFF, 2004).

3.6 SEGMENTATION DU TRAFIC FERROVIAIRE PAR TYPE DE TRAINS

Une loi de répartition du trafic ferroviaire entre plusieurs types de trains serait particulièrement complexe à établir et à caler. Afin de **distinguer la clientèle des trains Grandes Lignes de la clientèle totale (trains Grandes Lignes + TER)**, dans les bilans socio-économiques notamment, une approximation a donc été faite. Elle consiste :

- A effectuer des simulations en **supposant l'offre TER constante** entre la situation de référence et les situations de projet (ainsi, les gains de trafic TER deviennent nuls ; seuls subsistent les gains de trafic Grandes Lignes) ;
- A **supprimer de la liste des relations étudiées** :
 - Les principales relations sur lesquelles le projet n'a aucune incidence en matière de desserte Grandes Lignes : **(Tarn-et-Garonne ↔ Lot) et (Haute-Garonne ↔ Lot)** ;
 - La relation majeure sur laquelle les TER ont des performances équivalentes à celles des autres trains : **(Tarn-et-Garonne ↔ Haute-Garonne)** ;
- A **retirer de la demande ferroviaire** les voyageurs captifs des TER, sur les principales relations où les usagers auront le choix entre des TER et des trains Grandes Lignes nettement plus rapides, en l'occurrence **(Gironde ↔ Lot-et-Garonne), (Lot-et-Garonne ↔ Tarn-et-Garonne) et (Lot-et-Garonne ↔ Haute-Garonne)** ; en première approche, on peut considérer que les voyageurs captifs des TER représentent, sur ces trois relations, 50 % des flux domicile-travail et domicile-études présents dans le trafic ferroviaire¹² ; moyennant un certain nombre d'hypothèses¹³, les flux domicile-travail et domicile-études peuvent être évalués, à partir des statistiques produites par l'INSEE à l'issue dernier recensement général de la population (datant de 1999), à environ 30 % du trafic ferroviaire global sur les trois relations ; d'où un **abattement de 15 %** ;
- A **retirer de la demande routière** les voyageurs qui sont susceptibles de se reporter uniquement vers les TER (et non pas également vers les trains Grandes Lignes), sur les trois relations sélectionnées pour le retrait précédent ; en considérant que ces voyageurs représentent aussi 50 % des flux domicile-travail et domicile-études présents dans le trafic routier, on aboutit à un **abattement de 10 %**, compte tenu d'un poids d'environ 20 % des déplacements domicile-travail et domicile-études dans l'ensemble des déplacements routiers sur ces trois relations.

Les **ICGV (trains Inter-Cités à Grande Vitesse)** ont été assimilés à des trains Grandes Lignes, dans lesquels les tarifs sont inférieurs de 10 % à ceux appliqués dans les TGV.

¹² Une fraction des flux domicile-travail et domicile-études emprunteront les trains Grandes Lignes (en particulier les TGV), en bénéficiant d'une formule de réduction du type abonnement Fréquence ou Carte 12-25 ans, car on ne peut pas concevoir un aller retour quotidien pour chaque personne concernée sur de telles distances (variant de 80 à 140 km), d'autant plus que les abonnements de travail sont actuellement limités aux trajets de moins de 75 km ; en l'absence de données, cette fraction a été estimée à 50 %.

¹³ Sur le nombre moyen d'allers retours par semaine travaillée, le taux de présence sur le lieu de travail ou d'études, et la répartition modale des navettes domicile-études par tranche d'âge.

4. HYPOTHESES

4.1 CROISSANCE DE LA DEMANDE (TOUS MODES CONFONDUS)

Le SES fournit régulièrement une estimation de la croissance de la demande de déplacement à l'échelle nationale pour les vingt prochaines années, basée sur une analyse des tendances observées dans le passé et sur des hypothèses d'évolution du contexte macro-économique et de la politique des transports.

Les estimations actuelles (fin 2004) de cet organisme sont, pour la période 2000-2025 :

- Une croissance (géométrique) de 1,9 % par an en moyenne pour le PIB ;
- Une élasticité de la demande de déplacement nationale (tous modes confondus) au PIB, à offre constante, égale à 0,9.

Soit une **croissance (géométrique) de 1,7 % par an en moyenne pour la demande de déplacement nationale (tous modes confondus), à offre constante.**

Ce taux a été appliqué uniformément à toutes les relations étudiées, sauf celles ayant pour origine ou destination la **Haute-Garonne**, car ce département (et plus particulièrement l'aire urbaine de Toulouse) est le siège d'une **croissance démographique exceptionnelle**¹⁴ depuis plus de quarante ans, **qui devrait se poursuivre au cours des trente prochaines années** d'après les dernières prévisions de l'INSEE¹⁵.

Pendant la dernière décennie, le trafic routier, que l'on peut considérer comme représentatif de la mobilité globale, a augmenté de 3,5 % par an en moyenne entre la Haute-Garonne et toutes les régions situées au nord et à l'ouest de la Haute-Garonne (comme l'Aquitaine et l'Île-de-France), d'après une estimation d'ISIS réalisée à partir des comptages disponibles sur le réseau autoroutier.

Ce rythme est légèrement plus élevé que la moyenne nationale (calculée sur l'ensemble des routes nationales et des autoroutes), qui était de 3,25 % par an pendant la même période, d'après les statistiques du SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes du Ministère de l'Équipement).

Pour refléter une certaine poursuite des tendances passées, qui semble vraisemblable dans la mesure où le dynamisme démographique de la Haute-Garonne devrait se pérenniser, l'hypothèse de croissance des flux générés par la Haute-Garonne (tous modes confondus) a donc été majorée par rapport à l'hypothèse retenue pour la croissance nationale de référence (1,7 % par an en moyenne).

Le coefficient de majoration a été déterminé de manière à ce que l'écart entre la hausse obtenue avec le taux majoré et la hausse obtenue avec le taux de référence

¹⁴ Trois à quatre fois plus élevée que la moyenne nationale selon les décennies.

¹⁵ Dans le cas d'un scénario dit « alternatif », qui consiste à prolonger les tendances migratoires observées entre 1990 et 1999.

soit égal à l'écart constaté au cours des dix dernières années pour le trafic routier (qui peut être considéré comme représentatif de la mobilité globale).

D'où les hypothèses récapitulées ci-dessous.

Tableau 4 : Hypothèses de croissance de la demande de déplacement (tous modes confondus), à offre constante

Type de flux	Taux de croissance annuel géométrique moyen	Croissance totale (coefficient multiplicateur)	
	Entre 2002 et 2025	Entre 2002 et 2016	Entre 2002 et 2020
Flux générés par la Haute-Garonne ¹⁶	1,9 %	1,30	1,40
Autres flux	1,7 %	1,27	1,35

Source : SES et estimations d'ISIS

4.2 COUTS ET TEMPS DE PARCOURS ACTUELS

4.2.1 Mode aérien

Les **prix moyens des billets d'avion** sur chaque relation ont été calculés sur la base du **plein tarif en classe économique** appliqué par la compagnie Air France, avec un **abattement de 60 %** pour tenir compte des nombreuses réductions possibles (taux calibré par ISIS sur plusieurs liaisons).

Les **temps de trajet moyens** (d'aéroport à aéroport) ont été déterminés à partir des indicateurs horaires de la compagnie Air France.

Le **temps de rabattement moyen vers l'aéroport de départ** a été estimé à **50 min** sur toutes les relations, **sauf** celles ayant pour origine :

- La zone **Languedoc-Roussillon Est**, où ce temps a été réduit à **30 min** car l'aéroport de Montpellier est très proche des principaux pôles générateurs de trafic situés dans cette zone ;
- Les zones **Ariège, Gers, Lot-et-Garonne et Tarn**, où ce temps a été évalué respectivement à 1 h 05, 1 h 10, 1 h 10 et 1 h 00, puisqu'il s'agit d'un rabattement d'assez longue distance vers l'aéroport de Toulouse.

Ces valeurs résultent de **calculs simplifiés** effectués dans le cas d'un rabattement en voiture, avec un logiciel standard de calcul de temps de parcours routier.

¹⁶ Avec les régions situées au nord et à l'ouest du département (les flux avec les régions situées à l'est et au sud (Espagne) ne sont pas étudiés car ils ne sont pas susceptibles d'emprunter la LGV Bordeaux – Toulouse).

Dans les études de trafic qui seront conduites à des étapes ultérieures du projet (études préliminaires, études d'APS), il conviendra de tenir compte de la répartition géographique de la population dans les différentes zones de chalandise des aéroports, de la répartition modale probable pour les trajets de rabattement et des conditions d'accessibilité aux aéroports pour chaque mode. En tout état de cause, une approche aussi détaillée n'est pas compatible avec le présent niveau d'étude.

Le **temps moyen pour se rendre sur le lieu de destination finale** à partir de l'aéroport d'arrivée a été considéré comme identique au temps de rabattement vers l'aéroport de départ dans le sens de circulation contraire.

Le **temps de précaution moyen** pris avant l'heure limite d'enregistrement a été supposé égal à **20 min** sur toutes les relations.

Il faut ajouter la **durée d'attente moyenne incompressible imposée par l'heure limite d'enregistrement**, qui a également été évaluée à **20 min** sur toutes les relations.

4.2.2 Mode ferroviaire

Les **prix moyens des billets de train (toutes classes confondues)** sur chaque relation ont été calculés sur la base du **plein tarif** appliqué par la SNCF pour les voyageurs de **seconde classe en période normale**, avec un **abattement de 25 %** pour tenir compte des réductions commerciales et sociales. Ce taux a été calibré par ISIS sur de nombreuses liaisons et correspond à celui appliqué usuellement par la SNCF dans ses propres études de trafic.

Les **valeurs du temps moyenne des usagers (toutes classes confondues)** prises en compte sont issues de celles recommandées pour l'année 2000 par l'instruction-cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, qui distingue trois catégories de longueurs de déplacement. Pour déterminer une valeur moyenne toutes classes confondues et pour passer de l'année 2000 à l'année 2002, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Répartition du trafic ferroviaire entre les deux classes : 20 % en première classe et 80 % en seconde classe (structure moyenne considérée habituellement par la SNCF) ;
- Croissance de 3,2 % de la dépense de consommation finale des ménages par tête en volume¹⁷ entre 2000 et 2002 (d'après les statistiques de consommation et de population disponibles sur le site Internet de l'INSEE).

Sur les relations de longueur comprise entre 150 et 400 km, où la valeur du temps croît linéairement avec la distance parcourue, une valeur unique a été adoptée pour simplifier les calculs : il s'agit de celle obtenue pour une distance intermédiaire de 275 km. D'où les trois valeurs répertoriées ci-après.

¹⁷ L'instruction citée préconise de faire évoluer la valeur du temps d'une année sur l'autre en fonction de la dépense de consommation finale des ménages par tête en volume, avec une élasticité de 0,7.

Tableau 5 : Hypothèses de valeur du temps moyenne des usagers en 2002 pour le mode ferroviaire (toutes classes confondues)

Distance	Valeur du temps
Inférieure à 150 km	15,2 € ₂₀₀₀ /h
Comprise entre 150 et 400 km	16,4 € ₂₀₀₀ /h
Supérieure à 400 km	17,6 € ₂₀₀₀ /h

Source : estimations d'ISIS

Les **temps de trajet** (de gare à gare) et les **fréquences** considérées pour calculer le coût généralisé moyen des déplacements ferroviaires sont celles d'un JOB (Jour Ouvrable de Base), c'est-à-dire un mardi, un mercredi ou un jeudi, en dehors des vacances scolaires. Ils ont été déterminés à partir des indicateurs horaires de la SNCF, en se limitant aux trains ou aux combinaisons de trains les plus rapides entre 6 h et 24 h (approximativement), et en ne retenant que le **meilleur temps de trajet si la fréquence est supérieure ou égale à 5 trains par JOB** ; dans le cas contraire, c'est le temps de trajet moyen qui a été pris en compte.

L'**intervalle moyen entre deux trains** est donc calculé pendant la tranche 6 h – 24 h, qui a une durée de 18 h.

Pour que le temps de trajet (de gare à gare) représente au moins la moitié du temps de parcours complet (de « porte à porte »)¹⁸, les **temps de rabattement moyens vers la gare de départ** et les **temps de précaution moyens pris avant le départ d'un train** ont été modulés en fonction de la longueur du déplacement¹⁹.

Sur les **relations de plus de 260 km** (seuil qui permet d'écarter la relation entre la Gironde et la Haute-Garonne), où le temps de trajet actuel (de gare à gare) dépasse presque toujours 2 h 30 :

- Le **temps de rabattement moyen vers la gare de départ** a été estimé à :
 - **30 min** dans les zones faisant partie des régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, hormis les zones **Gironde, Haute-Garonne et Aquitaine Sud**, où un surplus évalué à 20 min (ce qui porte le temps de rabattement à **50 min**) est justifié par l'importance de l'agglomération centrale ou par la grande superficie de la zone,
 - **50 min** dans toutes les autres zones ;
- Le **temps de précaution moyen pris avant le départ d'un train** a été supposé égal à **15 min**.

¹⁸ On peut en effet considérer que l'attractivité du mode ferroviaire est quasiment nulle si le temps de trajet à bord du train représente moins de la moitié du temps de parcours complet.

¹⁹ Une modulation en fonction du temps de trajet aurait été difficilement transposable dans le futur car ce temps baisse sensiblement sur certaines relations dans la plupart des scénarios (ce qui entraînerait une diminution du temps de rabattement par rapport à la situation actuelle, peu réaliste), alors que les distances ferroviaires varient peu.

Sur les **relations de longueur comprise entre 81 et 259 km** (le seuil de 80 km correspondant à la distance ferroviaire entre Agen et Montauban), où le temps de trajet actuel (de gare à gare) est généralement compris entre 1 h et 2 h, les réductions suivantes ont été effectuées :

- Pour le temps de rabattement moyen :
 - **10 min de moins** dans les zones où il a été estimé à 30 min sur les relations de plus de 260 km,
 - **20 min de moins** dans les zones où il a été estimé à 50 min sur les relations de plus de 260 km ;
- **5 min** de moins pour le temps de précaution moyen.

Sur les **relations de longueur inférieure ou égale à 80 km**, des réductions encore plus fortes ont été appliquées :

- Pour le temps de rabattement moyen :
 - **20 min de moins** dans les zones où il a été estimé à 30 min sur les relations de plus de 260 km,
 - **35 min de moins** dans les zones où il a été estimé à 50 min sur les relations de plus de 260 km ;
- **10 min de moins** pour le temps de précaution moyen.

Ces hypothèses sont synthétisées dans les tableaux suivants.

Tableau 6 : Hypothèses de temps de rabattement moyen vers la gare de départ

Zone	d > 260 km	80 km < d < 260 km	d < 80 km
Zones situées dans les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, hormis Gironde, Haute-Garonne et Aquitaine Sud	30 min	20 min	10 min
Autres zones, y compris Gironde, Haute-Garonne et Aquitaine Sud	50 min	30 min	15 min

d = distance ferroviaire

Source : estimations d'ISIS

Tableau 7 : Hypothèses de temps de précaution moyen pris avant le départ d'un train

Zone	d > 260 km	80 km < d < 260 km	d < 80 km
Ensemble des zones	15 min	10 min	5 min

d = distance ferroviaire

Source : estimations d'ISIS

Comme pour le mode aérien :

- Ces valeurs résultent de **calculs simplifiés** effectués dans le cas d'un rabattement en voiture, avec un logiciel standard de calcul de temps de parcours routier ;

- Le **temps moyen pour se rendre sur le lieu de destination finale** à partir de la gare d'arrivée a été considéré comme identique au temps de rabattement vers la gare de départ dans le sens de circulation contraire.

4.2.3 Mode routier

Les paramètres de coûts utilisés dans le **modèle SAMI** (y compris la valeur du temps moyenne des véhicules) sont ceux recommandés par l'instruction de 1998 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne, exprimés aux conditions économiques de l'année 2002.

N.B. : le modèle SAMI, qui est calé sur ces valeurs, ne constitue qu'une petite partie du processus de calcul, puisqu'il « ne sert qu'à » déterminer l'évolution du coût généralisé des déplacements routiers entre deux horizons.

4.3 COÛTS ET TEMPS DE PARCOURS FUTURS

Tous les coûts et les temps de parcours actuels ont été supposés stables dans le futur, quelle que soit la situation considérée (situation actuelle projetée, situation de référence ou situation de projet), **à l'exception** :

- Des **temps de trajet (de gare à gare)** et des **fréquences ferroviaires**, les différentiels par rapport à la situation actuelle étant déterminés à partir des scénarios d'infrastructure et de services (pour simplifier les calculs, les distances ferroviaires, qui varient peu et qui ne conditionnent que la valeur du temps moyenne des usagers, ont été supposées constantes) ;
- Du **réseau routier** représenté dans le modèle SAMI²⁰, dont l'évolution, associée à l'augmentation du trafic, entraîne une variation des temps de parcours et/ou des distances parcourues sur certaines relations (qui entraîne elle-même une variation des coûts généralisés) ;
- Des **temps de rabattement moyens vers les gares de départ**, qui ont été modifiés pour les zones Lot-et-Garonne et Tarn-et-Garonne dans les scénarios 4, 4', 5 et 6 sur les relations concernées par les TGV et les ICGV, de la façon décrite dans le tableau qui suit, pour tenir compte de l'éloignement des gares nouvelles desservant Agen et/ou Montauban.

²⁰ Conforme au réseau routier de référence défini dans le cadre de la présente étude.

Tableau 8 : Evolution des hypothèses de temps de rabattement moyen vers la gare de départ

Zone	Situation actuelle	Scénario 4	Scénario 4'	Scénario 5	Scénario 6
Lot-et-Garonne	10, 20 ou 30 min selon la distance parcourue	+ 5 min	–	+ 5 min	+ 35 min
Tarn-et-Garonne		–	+ 10 min	+ 10 min	+ 40 min

Scénario 4 : gare nouvelle à Agen
 Scénario 4' : gare nouvelle à Montauban
 Scénario 5 : gare nouvelle à Agen et à Montauban
 Scénario 6 : gare nouvelle unique desservant Agen et Montauban

Source : estimations d'ISIS

Les coûts unitaires et les valeurs du temps pour chaque mode sont donc supposés invariants. Compte tenu de l'éloignement dans le temps, on peut en effet considérer que les écarts relatifs entre les prix des différents modes seront équivalents à ceux observés à l'heure actuelle, autrement dit que les paramètres économiques conditionnant le choix modal ne seront pas ou très peu modifiés.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Plan du découpage en zones	9
Figure 3 : Exemple de distribution log-normale	17
Tableau 1 : Liste des zones.....	8
Tableau 2 : Relations étudiées	11
Tableau 3 : Ventilation spatiale des origines ou destinations des voyageurs à l'aéroport de Toulouse retenue dans le modèle	18
Tableau 4 : Hypothèses de croissance de la demande de déplacement (tous modes confondus), à offre constante	24
Tableau 5 : Hypothèses de valeur du temps moyenne des usagers en 2002 pour le mode ferroviaire (toutes classes confondues).....	26
Tableau 6 : Hypothèses de temps de rabattement moyen vers la gare de départ.....	27
Tableau 7 : Hypothèses de temps de précaution moyen pris avant le départ d'un train.....	27
Tableau 8 : Evolution des hypothèses de temps de rabattement moyen vers la gare de départ	29

ANNEXE 1 : DESCRIPTION GENERAL DU CALCUL

Etape	Horizon	Etat	Offre	Demande			Commentaires
				Air	Fer	Route	
1	Ho	Situation actuelle	Actuelle	Ao	Fo	Ro	<p>Ao = demande aérienne actuelle Fo = demande ferroviaire actuelle Ro = demande routière actuelle</p>
<p>t = coefficient de croissance de la demande (tous modes confondus), à offre constante</p>							
2	H	Situation actuelle projetée	Actuelle	Ao' = Ao x t	Fo' = Fo x t	Ro' = Ro x t	<p>Ao' = demande aérienne actuelle projetée à l'horizon H (en maintenant l'offre et la répartition modale actuelles) Fo' = demande ferroviaire actuelle projetée à l'horizon H (en maintenant l'offre et la répartition modale actuelles) Ro' = demande routière actuelle projetée à l'horizon H (en maintenant l'offre et la répartition modale actuelles)</p>
<p>Sous-modèle 1 = monomodal ferroviaire Sous-modèle 2 = bimodal route/fer Sous-modèle 3 = bimodal air/fer</p>							
<p>AFr = report modal air/fer dû au passage de l'offre actuelle à l'offre en situation de référence IFr = induction ferroviaire due au passage de l'offre actuelle à l'offre en situation de référence RFR = report modal route/fer dû au passage de l'offre actuelle à l'offre en situation de référence</p>							
3	H	Situation de référence	Référence	AFr	IFr	RFR	<p>Ar = demande aérienne en situation de référence à l'horizon H Fr = demande ferroviaire en situation de référence à l'horizon H Rr = demande routière en situation de référence à l'horizon H</p>
<p>Sous-modèle 1 = monomodal ferroviaire Sous-modèle 2 = bimodal route/fer Sous-modèle 3 = bimodal air/fer</p>							
<p>AFp = report modal air/fer dû au passage de l'offre en situation de référence à l'offre en situation de projet IFp = induction ferroviaire due au passage de l'offre en situation de référence à l'offre en situation de projet RFP = report modal route/fer dû au passage de l'offre en situation de référence à l'offre en situation de projet</p>							
4	H	Situation de projet	Projet	AFp	IFp	RFP	<p>Ap = demande aérienne en situation de projet à l'horizon H Fp = demande ferroviaire en situation de projet à l'horizon H Rp = demande routière en situation de projet à l'horizon H</p>

ANNEXE 2 : PRESENTATION DU MODELE SAMI

PRESENTATION GENERALE (source ISIS)

SAMI est un outil de simulation qui détermine la distribution des déplacements longs (supérieurs à 50 kilomètres) des VL et des PL sur les axes structurants du réseau routier national à un horizon donné.

Sur cette base, SAMI peut comparer l'incidence de l'aménagement de nouvelles infrastructures routières sur ces déplacements.

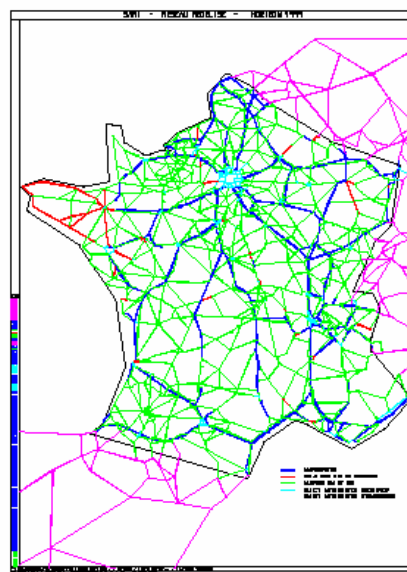
SAMI maîtrise la structure géographique des déplacements longs interurbains en accompagnant l'évolution du réseau routier national.

Avec la mise en service progressive des divers maillons constituant d'abord le Schéma Directeur Routier National puis les Schémas de service, il apparaît de plus en plus clairement que la structure géographique des déplacements interurbains longs va se modifier en fonction de la charge des itinéraires possibles.

L'évaluation de ces reports suppose de bien connaître quantitativement les flux de transit interrégionaux.

SAMI utilise et perfectionne une importante base de données afin d'améliorer la connaissance des flux longue distance.

Afin de bien cerner le problème des flux longs dans sa vraie dimension, ISIS a constitué et mis à jour, sur une situation 2002, une base de données de la demande de déplacements VL et PL ; plusieurs recueils de données très importants ont été utilisés : recensement national, enquêtes aux frontières, sondages catégoriels, etc. L'homogénéisation de ces données et leur confrontation avec des statistiques nationales (SETRA) et européennes a permis de constituer une base essentielle de l'estimation des trafics interurbains les plus longs.



LES PRINCIPES DE SAMI

La base de données

Le réseau qu'utilise SAMI est constitué de centroïdes *générateurs* de la demande, de nœuds et d'arcs représentant les principaux maillons du réseau routier national français. Pour parfaire la connaissance de certains flux, SAMI a introduit les principaux axes dans les pays limitrophes (Allemagne, Bénélux, Italie, Suisse, Espagne et Autriche).

Ce réseau est en permanente évolution depuis sa première version en 1991. Au 31 décembre 2002, il comporte un peu plus de 300 centroïdes (zones), 2 700 arcs (dont 275 à l'étranger) et près de 1 400 nœuds (dont 200 à l'étranger).



Le modèle d'affectation du trafic

Etudiant essentiellement les déplacements longs, SAMI affecte ces matrices de demande différemment selon les catégories de véhicules.

Ainsi, pour les VL, la moitié de la demande est affectée selon le temps de parcours, l'autre moitié est affectée selon le coût généralisé du déplacement tel qu'il est défini par la Direction des Routes.

SAMI utilise également plusieurs courbes débit - vitesse pour refléter les phénomènes de saturation sur les routes comme sur les autoroutes.

Cette méthode d'affectation reconstitue convenablement la situation 2002, année de référence.

Par sa souplesse d'utilisation, SAMI peut à loisir affiner son réseau et sa modélisation de base. L'ajout de centroïdes permet une meilleure répartition des trafics au niveau départemental. Des arcs et des nœuds supplémentaires garantissent un découpage plus précis des déplacements.

Les études

SAMI permet de disposer d'une vision globale et précise des déplacements au niveau d'une région, à différents horizons successifs.

SAMI apporte des réponses à des problèmes concrets, notamment en termes de phasage et de comparaison de nouvelles infrastructures. Les résultats et les analyses fournis par SAMI permettent d'engager et d'argumenter un débat sur la nécessité d'un aménagement précis quant aux avantages apportés aux trafics de transit et aux échanges départementaux.

Ainsi, une étude s'articule autour du réseau considéré et de la demande à affecter. Toute étude débute généralement par une particularisation du réseau régional via l'adjonction de nœuds, d'arcs et de centroïdes dans la zone considérée.

