



CENTRE CONJOINT DE RECHERCHE SUR
LES TRANSPORTS

Document de référence n° 2008-16
Août 2008

Les effets économiques de l'investissement dans le rail à grande vitesse

Ginés DE RUS
Université de Las Palmas
Espagne



ORGANISATION
FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND
DEVELOPMENT



CENTRE CONJOINT DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

Document de référence n° 2008-16

Contribution à la Table Ronde des 2-3 octobre 2008 sur

**« Concurrence et interactions entre aéroports,
services de transports aériens et ferroviaires »**

**Les effets économiques de l'investissement
dans le rail à grande vitesse**

**Ginés DE RUS*
Université de Las Palmas
Espagne**

Août 2008

Les points de vue exposés dans ce rapport sont ceux de son auteur et ne représentent pas nécessairement ceux de l'Université de Las Palmas, de l'OCDE ou du Forum International des Transports.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	5
1. INTRODUCTION.....	5
2. COÛTS ET AVANTAGES D'UNE NOUVELLE LIGNE À GRANDE VITESSE (LGV).....	8
2.1. Coût total de construction et d'exploitation d'une LGV	8
2.2. Quelques données de base relatives au rail à grande vitesse	11
2.3. D'où viennent les avantages du rail à grande vitesse ?	12
2.4. Le rail à grande vitesse et ses effets sur les inégalités régionales.....	13
3. L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DE L'INVESTISSEMENT DANS LE RAIL À GRANDE VITESSE	16
3.1. Un modèle simple d'analyse coûts-avantages pour l'évaluation d'un projet de TGV	16
4. EFFETS INTERMODAUX.....	19
4.1. Les effets intermodaux en tant qu'avantages sur le marché primaire	19
4.2. Effets sur les marchés secondaires.....	21
5. TARIFICATION	23
5.1. Les comptes des transports – rail, route et aérien.....	23
5.2. Tarification optimale, investissement et partage modale.....	24
5.3. L'effet à long terme de la tarification.....	28
6. CONCLUSIONS	30
NOTES	31
BIBLIOGRAPHIE	32
ANNEXE.....	36

Las Palmas, août 2008

* L'auteur tient à manifester sa gratitude à MM. Chris Nash, Roger Vickerman, Jorge Valido et Eduardo Dávila pour leurs observations fécondes sur les versions préliminaires de ce rapport.

RÉSUMÉ

La répartition du trafic entre les différents modes de transport résulte des décisions prises par les usagers des transports, lesquelles dépendent du coût généralisé des déplacements que supposent les différentes solutions possibles. L'investissement dans le train à grande vitesse (TGV) est une décision qui relève des pouvoirs publics et produit des effets notables sur le coût généralisé du transport ferroviaire ; il influe par conséquent aussi sur le partage modal dans les corridors où des opérateurs privés rivalisent pour circuler et pratiquent des prix proches du coût total de production (infrastructures comprises).

Les raisons qui justifient l'investissement dans le TGV ne diffèrent pas des arguments invoqués pour toute autre décision d'investissement public. Il y a lieu d'affecter des fonds publics à ce mode de transport, si l'on prévoit qu'il procurera à la collectivité un avantage net plus important que la meilleure solution de rechange. L'examen des données sur les coûts et la demande révèle que le volume du trafic existant là où les nouvelles lignes sont construites ; les gains de temps escomptés, le trafic généré et le consentement à payer des usagers éventuels considéré en moyenne ; le dégagement de capacités dans les infrastructures routières, aéroportuaires et ferroviaires classiques sujettes à congestion ; ainsi que la réduction nette des effets externes sont autant d'aspects déterminants qui conditionnent l'investissement dans le TGV.

Le présent document analyse, en appliquant la méthode coûts-avantages, dans quelles conditions les retombées favorables attendues du report de trafic (auquel s'ajoute la création de trafic), l'atténuation d'autres effets externes et les avantages indirects justifient l'investissement dans des projets de TGV. Il s'intéresse tout particulièrement aux conséquences intermodales et à la tarification.

MOTS CLÉS : Analyse coûts-avantages, investissement en infrastructures, rail à grande vitesse, concurrence intermodale.

1. INTRODUCTION

Le choix d'investir dans le rail à grande vitesse est une décision essentielle de planification. L'État décide d'adopter une nouvelle technologie ferroviaire permettant aux trains de circuler à une vitesse de 300-350 kilomètres à l'heure (la vitesse commerciale moyenne est toutefois sensiblement inférieure à la vitesse qu'il est techniquement possible d'atteindre). Au début de 2008, on dénombrait au niveau mondial environ 10 000 kilomètres de nouvelles lignes à grande vitesse et, au total (compte tenu des voies ferrées classiques mises à niveau), plus de 20 000 kilomètres de réseau dédiés à des services à grande vitesse (Campos *et al.*, 2006).

Cette technologie ferroviaire est particulièrement prisée dans l'Union Européenne. Les projets d'investissement dans le train à grande vitesse (TGV) des États membres bénéficient d'aides financières de la Commission Européenne. « Revitaliser le rail » (Commission Européenne, 2001a) est la nouvelle devise de la politique européenne des transports : elle signifie à la fois l'ouverture à la concurrence dans le secteur ferroviaire et la priorité accordée à l'investissement public dans le réseau ferroviaire.¹

L'investissement dans le rail à grande vitesse est l'une de priorités premières de l'action visant à revitaliser le chemin de fer. A terme, l'objectif est de modifier la répartition modale du trafic voyageurs, afin de réduire la congestion, les accidents et les externalités environnementales. On considère que c'est une option optimale de second rang pour faire évoluer le partage modal au profit du chemin de fer.²

Les trains à grande vitesse nécessitent une infrastructure spécifique, dont les nouvelles voies dédiées qu'il faut construire ont un coût très supérieur à celui des lignes ferroviaires classiques. Le coût d'entretien de l'infrastructure est comparable à celui du chemin de fer classique, mais les coûts d'acquisition, d'exploitation et d'entretien du matériel roulant en font un choix onéreux. En tout état de cause, le coût du TGV n'est pas la question. La difficulté, du point de vue économique, tient aux avantages pour la collectivité et à la question de savoir s'ils sont suffisants pour contrebalancer les coûts d'infrastructure et d'exploitation de cette nouvelle solution de transport. Même dans l'affirmative, il convient d'étudier les autres solutions envisageables et de les comparer à l'investissement dans le TGV.

Le TGV rivalise avec les transports aérien et routier dans la limite de certaines distances très précises, et on estime également qu'il peut se substituer à des services aériens d'apport desservant les grands aéroports-pivots (Banister et Givoni, 2006). Quoi qu'il en soit, les défenseurs du financement public de la construction de lignes à grande vitesse (LGV) soutiennent que c'est un investissement public souhaitable du point de vue de la collectivité, parce qu'il s'accompagne de plusieurs types d'avantages : entre autres, il fait gagner du temps aux voyageurs, améliore le confort, génère de nouveaux déplacements, réduit la congestion et les retards sur les routes ou dans les aéroports, fait baisser le nombre d'accidents, atténue les externalités environnementales, libère de la capacité nécessaire dans les aéroports et sur les lignes ferroviaires classiques, et produit des retombées économiques favorables plus générales, notamment le développement de régions moins avancées.

Dresser la liste des avantages que le TGV procure à la collectivité, même assortis parfois d'estimations chiffrées, est aussi vain que de démontrer combien la technologie nouvelle est coûteuse. En termes économiques, c'est le bilan net qui compte réellement, et l'on ne saurait obtenir de résultats nets sans étudier sérieusement un ensemble de scénarios de référence, mis en regard de différents « projets » envisageables pour résoudre le « problème de transport » qui fait l'objet de l'évaluation. Le TGV est une option dont il faut comparer les avantages nets à ceux que d'autres initiatives produisent, par exemple la construction ou la modernisation d'une ligne ferroviaire classique, la construction de nouveaux aéroports ou d'une nouvelle capacité routière, ou bien l'instauration de la tarification de la congestion, seule ou associée à différents programmes d'investissement.

La rentabilité sociale du TGV est, à l'évidence, très sensible au prix total que les voyageurs doivent acquitter lorsqu'ils choisissent entre différentes solutions de transport. La répartition modale est à l'équilibre lorsque l'utilisateur, après avoir comparé les coûts

généralisés de déplacement par les divers moyens qui s'offrent à lui, fait son choix en fonction de ces coûts et de son propre consentement à payer. Avant l'apparition du TGV, les voyageurs empruntaient la route ou l'avion dans des proportions clairement déterminées par la distance. L'investissement dans le rail à grande vitesse modifie cette donne, parce que le TGV rivalise avec la voiture sur des distances inférieures ou égales à 300 kilomètres, et avec le mode aérien sur des distances comprises entre 300 et 600 kilomètres. Ces distances sont des repères approximatifs, car certaines conditions d'accessibilité (temps d'accès et de sortie, conditions de stationnement, contrôles de sûreté, etc.) sont souvent plus déterminantes que le temps de trajet proprement dit.

Le tarif moyen est un élément important du coût généralisé du déplacement. Les coûts pour le producteur (infrastructure et exploitation) entrent, pour l'essentiel, dans le coût généralisé de l'usage de la voiture ou du déplacement en avion, ce qui n'est pas toujours le cas quand il s'agit du TGV. Les sociétés de chemin de fer sont loin de parvenir à récupérer les dépenses engagées quand le coût de l'infrastructure est pris en compte. Par conséquent, le choix du principe à suivre pour calculer les tarifs ferroviaires est véritablement d'une importance cruciale. Étant donné la forte proportion de coûts fixes associés à l'option TGV, la décision de percevoir un tarif fondé sur le coût marginal à court terme ou sur une formule qui le rapproche du coût moyen peut faire varier radicalement le volume de la demande de transport ferroviaire dans le partage modal prévu : c'est inévitable et il en découle, bien entendu, un effet marquant sur le bénéfice net escompté de l'investissement total.

Ce rapport analyse, en adoptant pour cadre la méthode coûts-avantages, dans quelles conditions les retombées favorables attendues du report de trafic (auquel s'ajoute la création de trafic), ainsi que d'autres avantages externes et indirects, justifient l'investissement dans le TGV. Le bien fondé de l'opération est très tributaire du volume du trafic là où sont construites les nouvelles lignes ; des gains de temps, du trafic généré et du consentement à payer des voyageurs, considéré en moyenne ; de la capacité libérée dans les axes routiers, les aéroports et les lignes de chemin de fer classiques sujets à congestion ; ainsi que de la réduction des effets externes. L'importance du volume du trafic et des transferts modaux dépend dans une large mesure du mode de financement retenu pour les coûts d'infrastructure, soit en les intégrant à la tarification, soit par l'impôt. Si les redevances d'utilisation des infrastructures ferroviaires sont basées sur le coût marginal à court terme, les décisions d'investir des fonds publics dans le TGV auront un effet spectaculaire sur la substitution intermodale. Dans ce cas, l'analyse coûts-avantages *ex ante* de l'investissement dans le TGV constitue, plus que jamais, un élément clé de la politique des transports.

L'évaluation économique de l'investissement dans le TGV a été traitée sous différents angles. On peut en trouver des évaluations générales dans Nash (1991), Vickerman (1997), Martin (1997), de Rus et Nombela (2007). Des analyses coûts-avantages concernant des lignes existantes ou prévues ont été effectuées par de Rus et Inglada (1993, 1997) ; Beria (2008) pour le TGV Madrid-Séville ; Levinson *et al.* (1997) pour la liaison Los Angeles-San Francisco ; Steer Davies Gleave (2004), Atkins (2004) pour le Royaume-Uni ; de Rus et Nombela (2007), de Rus et Nash (2007) pour l'Union Européenne. Les effets de l'investissement dans le TGV qui se font sentir au niveau régional sont étudiés par Vickerman (1995, 2006) ; Blum, Haynes et Karlsson (1997) ; Plassard (1994) ; Haynes (1997) ; Preston et Wall (2007) ; ainsi que par Puga (2002) dans un contexte plus large.

Le présent rapport s'efforce d'apporter quelques éclaircissements sur la dimension économique de la décision d'investir dans le TGV, décision qui n'a pas des effets sur le secteur des transports seulement, mais aussi des répercussions notables sur l'affectation des ressources. La Commission Européenne a opté avec enthousiasme pour cette technologie ; parallèlement, des pays comme le Royaume-Uni ou les États-Unis se sont récemment montrés réticents à financer sur fonds publics la construction d'un réseau ferroviaire à grande vitesse, alors que c'est une priorité dans l'Union Européenne. Pourquoi certains pays, comme la France ou l'Espagne, sont en train d'affecter une forte proportion de crédits publics à la construction de nouvelles lignes, tandis que d'autres en restent au chemin de fer classique ? Certes, le TGV est très efficace pour attirer les voyageurs en les détournant des autres modes de transport, mais la question pertinente à se poser est celle de savoir si la somme des avantages nets actualisés pendant toute la durée de vie de l'infrastructure justifie le coût de l'investissement.

La section 2 décrit les coûts et les avantages des lignes à grande vitesse (LGV), en présentant certaines données chiffrées sur les coûts moyens fixes et variables par voyageur d'une ligne standard, afin de les comparer aux autres cas de figure. Elle retrace aussi les origines des avantages du TGV. Dans la section 3 figurent l'analyse économique de l'investissement dans le TGV et la présentation d'un modèle simple permettant de calculer la valeur pour la collectivité de cet investissement public. Quant à la section 4, elle porte, d'une part, sur les conséquences en termes de report intermodal du trafic et, d'autre part, sur l'impact produit sur les marchés secondaires. La tarification est un facteur fondamental pour expliquer les résultats économiques du TGV. Le prix détermine le volume de la demande, les avantages pour la collectivité et le résultat financier. Dans la section 5, la réflexion s'attache aux conséquences économiques de la tarification des services à grande vitesse selon différents principes économiques, ainsi qu'à quelques-unes de ses répercussions à long terme.

2. COÛTS ET AVANTAGES D'UNE NOUVELLE LIGNE À GRANDE VITESSE (LGV)

2.1. Coût total de construction et d'exploitation d'une LGV

Le coût total pour la collectivité de la construction et de l'exploitation d'une LGV se compose des coûts pour le producteur, des coûts pour l'utilisateur et des coûts externes. Les principaux *coûts pour l'utilisateur* sont surtout liés au coût total en temps, dont le temps investi dans l'accès, la sortie, l'attente et le déplacement lui-même ; à la fiabilité ; à la probabilité d'accident et au confort. Les *coûts pour le producteur* sont essentiellement de deux types : le coût d'infrastructure et le coût d'exploitation. Les *coûts externes* sont associés à la construction (effet de coupure et intrusion visuelle, par exemple) et à l'exploitation (bruit, pollution et contribution au réchauffement de la planète, notamment). Nous nous intéressons particulièrement dans cette section aux coûts pour le producteur et aux coûts externes.³ Les coûts pour l'utilisateur sont examinés à la section 2.3.

2.1.1. Coûts d'infrastructure

Un aspect marquant des coûts de construction d'une nouvelle ligne de TGV tient à la difficulté à surmonter les problèmes techniques qui empêchent d'atteindre une vitesse supérieure à 300 km/h, tels les passages à niveau, les arrêts fréquents ou les courbes de petit rayon, les nouveaux mécanismes de signalisation et les systèmes d'électrification plus puissants. Les coûts de construction d'une nouvelle infrastructure de LGV entrent dans trois grandes catégories : coûts de la planification et des opérations foncières, coûts de construction de l'infrastructure et coûts de la superstructure (UIC, 2005).

Les études de faisabilité, la conception technique, l'acquisition des terrains, les frais juridiques et administratifs, les licences, les permis, etc. font partie des *coûts de la planification et des opérations foncières*, qui peuvent atteindre 10 pour cent du coût total de l'infrastructure, lorsque la construction de la nouvelle ligne ferroviaire oblige à procéder à des expropriations de terrains onéreuses. Les *coûts de construction de l'infrastructure* concernent la préparation du terrain et la construction de la plate-forme. Selon les caractéristiques du terrain et la nécessité ou non d'ouvrages tels que viaducs, ponts ou tunnels, ces coûts peuvent se situer entre 15 pour cent et 50 pour cent de l'investissement total. Enfin, ce que l'on dénomme *coûts de superstructure* recouvre les éléments spécifiques à ce mode, par exemple les voies, les systèmes de signalisation, les caténaires, l'électrification, les équipements de communications et de sécurité ou les installations.

En outre, les infrastructures ferroviaires ne peuvent se passer de gares. On considère parfois que le coût de construction des gares ferroviaires -- bâtiments singuliers de conception architecturale onéreuse -- dépasse le minimum requis pour leur fonctionnement technique, mais ce sont des actifs qui font partie du système, et les services associés qui y sont assurés influent sur le coût généralisé des déplacements (la qualité du service dans les gares, par exemple, réduit la désutilité du temps d'attente).

Sur la base du coût effectif de construction (hors planification, opérations foncières et construction des gares principales) de 45 LGV en service, ou encore en chantier, le coût moyen par kilomètre d'une LGV varie entre 9 et 40 millions EUR, la moyenne étant de 18 millions EUR. Les valeurs plus élevées s'expliquent par la difficulté des conditions du terrain ou la traversée d'agglomérations très denses.

2.1.2. Coûts d'exploitation

L'exploitation des services de TGV fait intervenir deux types de coûts : les coûts d'entretien et d'exploitation de l'infrastructure, et les coûts liés à la prestation de services de transport qui l'utilisent. Les *coûts d'exploitation de l'infrastructure* comprennent les coûts de main-d'œuvre, de l'énergie et des matériaux employés pour l'entretien et l'utilisation des voies, des terminaux et des gares, ainsi que des systèmes d'alimentation électrique, de signalisation, de gestion du trafic et de sécurité.

Certains de ces coûts sont fixes, et liés aux activités courantes exécutées conformément aux normes techniques et de sécurité. D'autres, comme celui de l'entretien des voies, dépendent de l'intensité du trafic ; le coût d'entretien des installations de traction électrique et des caténaires est fonction lui aussi du nombre de trains circulant sur l'infrastructure.

D'après les données correspondantes concernant cinq pays européens (Belgique, Espagne, France, Italie et Pays-Bas), les coûts d'entretien de l'infrastructure *par kilomètre de simple voie* se chiffrent, en moyenne, à 30 000 EUR par an.

Les coûts d'exploitation des services de TGV (exploitation des trains, entretien du matériel roulant et des équipements, énergie, ainsi que ventes et administration) diffèrent d'un opérateur ferroviaire à l'autre en fonction de la technologie ferroviaire utilisée et du volume du trafic. En Europe, presque tous les pays ont leur spécificité technologique ; chaque train possède des caractéristiques techniques différentes s'agissant de la longueur, de la composition, du nombre de sièges, du poids, de la puissance, de la traction, du fait qu'il soit pendulaire ou non, etc. Le coût estimé d'acquisition du matériel roulant, exprimé par siège, oscille entre 33 000 EUR et 65 000 EUR.

Le coût de fonctionnement des trains par siège peut représenter de 41 000 EUR à 72 000 EUR, et le coût d'entretien du matériel roulant de 3 000 EUR à 8 000 EUR. Si l'on additionne les coûts d'exploitation et d'entretien, compte tenu du fait qu'un train parcourt de 300 000 à 500 000 kilomètres par an, et du nombre de sièges par train qui peut aller de 330 à 630, le coût par siège-kilomètre peut varier du simple au double d'un pays à l'autre.

2.1.3. Coûts externes

Selon une opinion courante, la mise en place de services de TGV réduit les externalités négatives dans le corridor concerné, grâce au report du trafic qui délaisse des modes de transport plus dommageables pour l'environnement. Néanmoins, les effets externes du TGV ne sont pas uniquement liés aux services qu'il assure.

La construction d'une ligne à grande vitesse (LGV) et la circulation des trains entraînent des coûts environnementaux en termes d'emprise, d'effets de coupure, d'intrusion visuelle, de bruit, de pollution atmosphérique et de contribution au réchauffement de la planète. Les quatre premières incidences de cette liste se font probablement davantage sentir, lorsque les trains traversent des zones très peuplées. Comme les TGV sont à traction électrique, ils polluent l'atmosphère et ajoutent au réchauffement de la planète, lorsque les principales sources d'énergie utilisées pour produire l'électricité qu'ils consomment sont le charbon, le pétrole et le gaz.

Les effets préjudiciables sur l'environnement de la construction d'une nouvelle LGV doivent être mis en regard de la réduction des externalités des transports routiers et aériens lorsque les voyageurs opèrent un transfert modal vers le TGV. Le bilan final est subordonné à plusieurs facteurs (cette question est analysée de façon plus théorique à la section 4), mais fondamentalement, l'effet net dépend de l'ampleur des externalités négatives du TGV par rapport au mode auquel il se substitue, du volume du report de trafic, de l'internalisation ou non du coût externe, et du degré auquel ce dernier est internalisé.

Dans la mesure où la tarification de l'usage de l'infrastructure dans ces autres modes ne couvre pas le coût marginal social du trafic concerné, ce report de trafic générera des avantages, dont l'estimation nécessite une évaluation des coûts marginaux de la congestion, du bruit, de la pollution de l'air, du réchauffement planétaire et des coûts externes des accidents, lesquels doivent ensuite faire l'objet d'une comparaison avec les taxes et les redevances.

Dans INFRAS/IWW (2000), sont présentées des estimations des coûts externes marginaux (coût des accidents et coûts environnementaux compris, mais non coûts de la congestion) par voyageur-kilomètre dans deux corridors européens. Les résultats de l'étude révèlent que les coûts externes du TGV entre Paris et Bruxelles sont inférieurs au quart de ceux du transport automobile ou aérien. Il est intéressant d'analyser, non seulement les valeurs relatives, mais aussi les valeurs absolues. Sur la LGV Paris-Bruxelles, les coûts externes imputables à 1 000 voyageurs-kilomètres se montent à 10.4 EUR (43.6 EUR pour la voiture et 47.5 EUR pour le transport aérien). Ces coûts sont très étroitement liés au taux de remplissage des trains. Sur de grandes distances, l'avantage du TGV sur le transport aérien se réduit, car ce sont le décollage et l'atterrissage des avions qui sont à l'origine d'une grande part des coûts environnementaux du mode aérien.

2.2. Quelques données de base relatives aux coûts du rail à grande vitesse

Essayons de nous faire une idée de coût moyen pour le producteur d'un déplacement de voyageur sur une nouvelle ligne de TGV. La longueur de la ligne ferroviaire, appelée Nord-Sud, est de 500 kilomètres. Le coût moyen de construction par kilomètre de cette ligne hypothétique est égal à 18 millions EUR, soit le coût moyen en Europe. Le coût des opérations foncières et de la planification majeure de 10 pour cent le coût de construction. Pour simplifier, nous ne tiendrons pas compte du coût de construction des gares (qui varie dans une large fourchette et peut atteindre des sommes considérables) : en partant de ces hypothèses, le coût total de construction est égal à 9 900 millions EUR.

Supposons que l'infrastructure ne se déprécie pas si elle est correctement entretenue et retenons un taux d'actualisation pour la collectivité de 5 pour cent, le coût d'opportunité annuel de cet actif représente alors 495 millions EUR. A ce coût fixe, il faut ajouter le coût d'entretien, c'est-à-dire 30 millions EUR par an, compte tenu du fait que le coût moyen d'entretien d'une infrastructure à voie unique est égal à 30 000 EUR par kilomètre et par an.

Pour calculer le coût variable total, distinguons trois éléments : le matériel roulant, les coûts d'exploitation et l'entretien des trains. Le coût moyen d'un train de 330 sièges est de 30 millions EUR. Chaque train parcourt 500 000 kilomètres par an. Si par hypothèse le taux de remplissage moyen atteint 80 pour cent, chaque train offre 132 millions de sièges-kilomètres. Pour une durée de vie prévue de 20 ans et une valeur résiduelle nulle, le coût annuel d'un train est égal à 2.4 millions EUR. Les coûts d'exploitation par train et par an représentent 25 millions EUR. L'entretien du matériel roulant coûte 1.5 million EUR par train et par an.

Le volume de la demande est une donnée nécessaire pour calculer le coût par déplacement de voyageur sur la ligne de TGV Nord-Sud. Si nous tablons sur 5 millions de déplacements de voyageurs dans la première année d'exploitation, et sur une longueur moyenne du déplacement de 500 kilomètres (hypothèse très favorable), le coût fixe moyen (construction et entretien de l'infrastructure) est égal à 210 EUR. Le coût variable moyen par trajet aller-retour s'élève à 218 EUR. Le coût total d'un trajet aller-retour par voyageur dans la première année d'exploitation atteint donc 428 euros. Il va sans dire que ce coût moyen par trajet aller-retour est très sensible au volume de la demande et à la longueur moyenne du déplacement.

2.3. D'où viennent les avantages du rail à grande vitesse ?

L'investissement dans l'infrastructure du TGV est associé à une réduction de la durée totale du déplacement, à plus de confort et de fiabilité, à une moindre probabilité d'accident et, parfois, à l'allègement de la congestion dans les autres modes de transport en raison de la capacité supplémentaire libérée. Enfin et surtout, deux autres arguments sont avancés en sa faveur : il atténue l'impact net des transports sur l'environnement et stimule le développement régional.

Nous avons déjà démontré que les avantages du TGV pour l'environnement ne sont pas si importants, et qu'ils dépendent beaucoup, en tout état de cause, du report de trafic qui se détourne d'autres modes plus préjudiciables à l'environnement, de la source d'énergie utilisée pour produire l'électricité qu'il consomme et de la densité des zones urbaines traversées. En ce qui concerne les effets sur le développement régional, ils donnent également lieu à controverse et sont examinés dans la section 2.4.

Il ressort de l'observation des LGV existantes que les avantages pour l'utilisateur méritent un examen approfondi. Prenons, pour commencer, la durée totale du déplacement. Le temps investi par l'utilisateur dans un déplacement aller-retour comprend le temps d'accès et de sortie, le temps d'attente et le temps passé dans le véhicule. Les gains de temps pour l'utilisateur dépendront, tout compte fait, du mode de transport emprunté auparavant. Des études de cas sur la mise en service du TGV dans sept pays révèlent que le lancement de ces services a permis de gagner 45-50 minutes sur une distance comprise entre 350 et 400 kilomètres quand le mode remplacé était le chemin de fer classique roulant à une vitesse opérationnelle de 130 km/h, exemple représentatif de nombre de lignes en Europe. Si le train classique circule à 100 km/h, le gain de temps potentiel atteint une heure ou plus, mais à une vitesse opérationnelle de 160 km/h, l'utilisateur gagne environ une demi-heure sur une distance de 450 kilomètres (Steer Davies Gleave, 2004). Le temps d'accès, de sortie et d'attente est pratiquement le même.

La différence est spectaculaire quand le voyageur passe des modes routier ou aérien au rail à grande vitesse. Pour ce qui est du transport routier quand la distance à parcourir avoisine 500 kilomètres, les voyageurs gagnent du temps pendant le trajet en TGV, mais en perdent à l'accès, à la sortie et en attente. Les avantages sont plus importants que les coûts si la distance est assez longue car le TGV roule, en moyenne, deux fois plus vite qu'une voiture. Néanmoins, l'avantage du TGV diminue avec la distance, dès lors que la part relative du « temps passé dans le véhicule » se réduit en regard du temps d'accès, de sortie et d'attente.

Le transport aérien est, en quelque sorte, à l'opposé du transport routier. L'augmentation de la distance fait baisser la part de marché du TGV. Pour un trajet de 2 000 kilomètres (et des distances moindres), l'avantage concurrentiel du TGV disparaît. Qu'en est-il cependant de la distance moyenne (500 kilomètres) sur laquelle la part de marché du TGV est si élevée ? Lorsque la ligne à grande vitesse standard s'étend sur 500-600 kilomètres, le « temps passé dans le véhicule » est plus court en transport aérien. L'avantage que présente le TGV tient au temps d'accès, de sortie et d'attente, ainsi qu'à la gêne occasionnée par les contrôles de sûreté dans les aéroports.

L'avantage net pour l'utilisateur du transfert modal de l'aérien vers le TGV peut même être positif si la durée totale du déplacement est plus longue. Ce serait le cas si la valeur du

temps d'accès, de sortie et d'attente était assez grande pour compenser l'allongement du « temps passé dans le véhicule ». L'avantage du TGV sur le transport aérien est très sensible aux différences de valeur du temps, valeur qui n'est pas sans rapport avec le vécu concret de l'attente, des queues et du passage aux points de contrôle de sûreté des aéroports.

Le coût généralisé du transport aérien est sérieusement pénalisé par les formalités de contrôle de sûreté auxquelles il faut se soumettre dans les aéroports, ce qui confère plus d'attrait au TGV. Pour expliquer les causes de l'affaiblissement du consentement sous-jacent à payer des passagers dans le transport aérien, il est intéressant d'analyser comment le renforcement de la sûreté a modifié le produit offert par les compagnies aériennes, en obligeant les passagers à avancer leur arrivée à l'aéroport. Si ceux-ci doivent désormais se rendre une heure et demie plus tôt qu'auparavant à leur aéroport de départ, il est possible que les déplacements en avion diminuent de 7 pour cent (une fourchette de 3 pour cent-11 pour cent serait plausible), compte tenu d'hypothèses réalistes concernant les paramètres à prendre en compte (Morrison and Winston, 2005).

Le trafic généré procure également des avantages. Dans la méthode classique d'évaluation chiffrée des retombées bénéfiques de la génération de trafic, on considère que l'avantage de l'utilisateur inframarginal est égal à la différence de coût généralisé du déplacement, selon que ce dernier comporte ou non un maillon TGV. Le dernier usager du projet ne fait pas de différence entre ces deux possibilités : dès lors, l'avantage pour lui est nul. Dans l'hypothèse d'une fonction linéaire de la demande, l'avantage total pour l'utilisateur résultant de la demande générée est égal à la moitié de la différence de coût généralisé du déplacement.

Lorsqu'un réseau ferroviaire classique est encombré ou que les aéroports concernés opèrent à la limite presque de leur capacité, la construction d'une nouvelle ligne de TGV est avantageuse en ce qu'elle contribue à résorber la congestion dans les services suburbains ou régionaux de transport de voyageurs ou de marchandises. Dans les aéroports, la capacité supplémentaire peut servir à réduire la congestion ou à remédier à la pénurie. Quel que soit le cas de figure, la mise en place du TGV entraînerait cet avantage complémentaire.

2.4. Le rail à grande vitesse et ses effets sur les inégalités régionales

L'évaluation de l'impact des projets d'infrastructures de transport sur le développement régional ne s'inscrit pas dans le cadre de l'analyse coûts-avantages classique. Puga (2002) avance qu'il peut être justifié de se centrer sur le marché primaire et sur tel ou tel marché secondaire connexe, sous réserve que deux conditions soient remplies : en premier lieu, que les distorsions et les défaillances du marché ne soient pas importantes et n'obligent pas à se préoccuper des effets indirects du projet ; et deuxièmement, que les variations du niveau d'activité induites par le projet cessent assez rapidement au fur et à mesure que se terminent les activités qui y sont plus directement liées. Il est toutefois fréquent que ces conditions ne soient pas satisfaites. Les économistes ont progressivement pris conscience du fait que les défaillances du marché et les distorsions peuvent avoir des effets sur un large éventail d'activités économiques. De plus, le type de mécanismes de cause à effet en cascade modélisés selon les principes de la nouvelle économie géographique risque de se traduire

par des effets qui, en se propageant à travers l'économie, s'amplifient au lieu de s'atténuer (Puga, 2002).

Devons-nous prendre en considération ces avantages économiques plus larges dans le cas de l'investissement dans le TGV ? Puga (2002), Duranton et Puga (2001), Vickerman (1995, 2006), ainsi que Vives (2001) laissent entendre que l'infrastructure du rail à grande vitesse n'aurait pas, selon les prévisions, des retombées favorables supplémentaires très importantes. La raison en est que le transport de marchandises ne tire pas profit de la grande vitesse, c'est pourquoi le TGV n'influe pas sur les choix du lieu d'implantation des activités industrielles. Quant au secteur tertiaire, il se peut que le rail à grande vitesse favorise la concentration de l'activité économique au cœur des agglomérations.

D'après des recherches récentes (Graham, 2007), pour des secteurs comme celui des services financiers, l'agglomération peut être plus avantageuse que pour le secteur manufacturier. Ce constat importe du point de vue des déplacements pendulaires urbains, mais on peut soutenir qu'il a également du poids dans le cas de certains services de TGV (par exemple ceux du réseau Nord-européen qui relie plusieurs grands pôles financiers entre eux et qui peut servir à des migrations alternantes hebdomadaires). On aurait tort de conclure que les économies d'échelle et d'agglomération (incidences sur la productivité) ne sont réalisables que dans le secteur manufacturier et le transport de marchandises.

Les partisans de l'investissement dans le TGV ou dans d'autres infrastructures de transport font valoir que c'est un moyen d'atténuer les disparités régionales. S'il est difficile de définir l'égalité des droits au plan individuel, cerner la dimension spatiale de l'équité l'est encore plus. Les fonds régionaux européens ont pour but de réduire les inégalités entre régions, mais l'essentiel est de fixer des objectifs clairs, qui permettent de comparer les résultats de différentes politiques.

Il est malaisé de cerner les répercussions de l'investissement en infrastructures qui se font sentir au bout du compte au niveau régional ; de plus, elles varient en fonction du type de projet envisagé et d'autres facteurs, notamment les rigidités salariales ou les migrations interrégionales. Le rôle des forces opposées qui agissent sur l'équilibre entre agglomération et dispersion présente certaines ambiguïtés. *A priori*, l'effet final est difficile à prévoir.

Puga (2002) résume remarquablement les principales conclusions à tirer concernant les effets de l'investissement infrastructurel et les inégalités régionales : il affirme que les entreprises opérant là où d'autres entreprises sont implantées en nombre relativement grand sont exposées à une plus forte concurrence sur les marchés locaux des produits et des facteurs. De ce fait, les activités ont tendance à se disperser géographiquement. Mais les rendements d'échelle et les coûts des échanges croissants incitent les entreprises à s'installer à proximité des grands marchés, or c'est justement là où opèrent déjà beaucoup d'entreprises pour les mêmes raisons. Ce phénomène crée des externalités pécuniaires qui favorisent l'agglomération des activités économiques.

Les baisses des coûts des échanges ou du transport, dès lors qu'elles touchent à l'équilibre des forces de dispersion et d'agglomération, peuvent exercer une influence décisive sur la localisation géographique des activités économiques. Si les coûts des échanges sont élevés, la nécessité d'approvisionner localement les marchés encourage les entreprises à s'implanter dans des régions différentes. Quand les coûts de transport affichent des valeurs intermédiaires, les incitations à l'autonomie économique s'affaiblissent. Les

externalités pécuniaires prennent ensuite le relais, et les entreprises comme les travailleurs se regroupent. Or, les prix des facteurs à l'échelon local et la disponibilité des produits augmentent généralement chaque fois qu'il y a agglomération. S'il en est ainsi et que la mobilité est suffisante, au fur et à mesure que la baisse des coûts des échanges se poursuit, les prix des facteurs en hausse donnent simplement un nouvel élan au mouvement d'agglomération en induisant l'immigration. En revanche, si la mobilité est limitée, de très bas coûts de transport peuvent pousser des entreprises à délocaliser leur activité pour tirer parti des différences de salaires.

Il est difficile de savoir si l'agglomération est excessive ou insuffisante en l'absence d'interventions s'inscrivant dans le cadre des politiques régionales. Le fait que les entreprises et les travailleurs se déplacent sans se soucier des pertes éventuelles qu'auront à subir celles et ceux qui restent laisse supposer que l'agglomération est peut-être excessive. Par contre, il se peut que l'agglomération soit insuffisante lorsque les entreprises et les travailleurs n'ont pas vraiment en vue les avantages qu'ils procurent à d'autres entreprises, ni l'effet de ces retombées bénéfiques sur la croissance globale. Rien n'indique donc, sur un plan général, dans quel sens les pouvoirs publics devraient, à l'aide de leurs politiques régionales, faire avancer les choses dans leur quête d'efficacité. Même du point de vue de l'équité, l'orientation de ces politiques ne va pas de soi. Cela étant, les politiques qui renforcent l'agglomération peuvent tout de même améliorer la situation de ceux qui restent dans les régions plus pauvres parce qu'elles augmentent l'efficacité de la production et accélèrent la croissance.

Malgré les ambiguïtés que nous venons d'évoquer, l'objectif explicite des politiques régionales européennes est de réduire les disparités entre régions, et l'un des principaux moyens pour y parvenir est l'amélioration des infrastructures de transport. Toutefois, il n'est pas certain que des transports moins coûteux facilitent la convergence : on peut en effet emprunter les liaisons routières et ferroviaires dans les deux sens. Lorsque la connectivité s'améliore entre des régions dont les niveaux de développement sont différents, non seulement les entreprises des régions moins avancées ont plus de possibilités d'accéder aux ressources et aux marchés des régions plus développées, mais les entreprises implantées dans les régions plus riches peuvent aussi approvisionner plus aisément à distance les régions plus défavorisées, d'où le risque de compromettre les perspectives d'industrialisation des régions moins développées.

Les modèles de la nouvelle économie géographique ne mettent pas uniquement en relief cette ambiguïté potentielle des répercussions des coûts de transport plus faibles sur les régions moins avancées, ils nous font également remarquer que l'effet global dépend de certains aspects du contexte économique (notamment, la mobilité et les rigidités salariales) et des caractéristiques des projets. A cet égard, le réseau transeuropéen de transport améliorera, pour une bonne partie de l'Union Européenne, l'accès aux principaux centres d'activité. L'écart entre les régions centrales et périphériques risque néanmoins de se creuser en termes d'accessibilité relative, parce que les nouvelles infrastructures auront pour effet de conforter le rôle de plaque tournante des transports que jouent les régions centrales. De plus, il est probable que la priorité accordée aux liaisons ferroviaires à grande vitesse favorisera les grands nœuds d'interconnexion du réseau, et non l'apparition de nouveaux centres d'activité aux nœuds d'interconnexion de moindre importance ou entre des nœuds du réseau.

3. L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DE L'INVESTISSEMENT DANS LE RAIL À GRANDE VITESSE

3.1. Un modèle simple d'analyse coûts-avantages pour l'évaluation d'un projet de TGV

Lorsqu'un nouveau projet de TGV est envisagé, la première étape de l'évaluation économique préalable consiste à déterminer en quoi la situation sera différente, si le projet est réalisé – scénario d'action –, et s'il ne l'est pas. Pour être rigoureuse, une évaluation économique devrait comparer plusieurs scénarios d'action possibles avec le scénario de référence : mise à niveau de l'infrastructure classique, mesures de gestion, tarification routière et aéroportuaire, ou même construction de nouvelle capacité routière et aéroportuaire. Nous partons ici de l'hypothèse que les scénarios pertinents ont été dûment pris en compte.

3.1.1. *Le TGV comme amélioration du rail*

On peut envisager l'investissement public dans le rail à grande vitesse comme un moyen de modifier le coût généralisé du transport ferroviaire sur des corridors où le chemin de fer classique, l'aérien et la route se complètent ou peuvent se substituer les uns aux autres. Au lieu de modéliser la construction de lignes à grande vitesse (LGV) comme un nouveau mode de transport, nous considérons cet investissement spécifique comme *une amélioration* de l'un des modes de transport existants, à savoir le chemin de fer. C'est pourquoi il est possible de faire abstraction globalement du consentement à payer et de concentrer l'analyse sur les avantages supplémentaires, ou encore sur les variations des coûts de ressources et du consentement à payer.

Nous appliquons ici une méthode fondée sur le coût des ressources, en faisant abstraction de la distribution des avantages et des coûts (voir la section 5.3.2 pour un bref examen de la question de l'équité), et faisons porter notre analyse sur la variation des avantages et coûts nets, sans tenir compte des transferts.

Pour satisfaire au critère de rentabilité sociale, l'investissement dans un projet de TGV doit remplir la condition suivante :

$$\int_0^T B(H)e^{-(r-g)t} dt > I + \int_0^T C_f e^{-rt} dt + \int_0^T C_q(Q)e^{-(r-g)t} dt, \quad (1)$$

où :

$B(H)$: avantages que le projet procure annuellement à la collectivité.

C_f : coûts annuels fixes de maintenance et d'exploitation.

$C_q(Q)$: coûts annuels de maintenance et d'exploitation variant en fonction de Q .

Q : nombre de déplacements de voyageurs.

I : coûts de l'investissement.

t : durée de vie du projet.

r : taux d'actualisation pour la collectivité.

g : croissance annuelle des avantages et des coûts, qui varie en fonction du niveau des salaires réels et de Q .

$B(H)$ est l'avantage brut annuel que la collectivité tire de la mise en service d'une LGV sur le corridor faisant l'objet de l'évaluation et où est exploité un « mode de transport classique ». Les principaux éléments de $B(H)$ sont : le gain de temps induit par le report de trafic, l'amélioration de la qualité, la génération de déplacements, la réduction des externalités et, en général, tout effet indirect pertinent sur les marchés secondaires, notamment sur les autres modes de transport (classiques). Les autres avantages liés à la relocalisation de l'activité économique et aux inégalités régionales ne sont pas pris en compte dans $B(H)$ et ont été examinés dans la section 2.4. La valeur actualisée nette des avantages de l'équation (1) peut être exprimée comme suit :

$$\int_0^T B(H)e^{-(r-g)t} dt = \int_0^T [v(\tau^0 - \tau^1)Q_0 + C_C](1+\alpha)e^{-(r-g)t} dt + \sum_{i=1}^N \int_0^T \delta_i(q_i^1 - q_i^0)e^{-(r-g)t} dt, \quad (2)$$

où :

v : valeur moyenne attribuée au temps (y compris les disparités de qualité de service).

τ^0 : temps moyen de l'utilisateur par déplacement dans le scénario de référence (*sans* la LGV).

τ^1 : temps moyen de l'utilisateur par déplacement si le projet de LGV est réalisé.

Q_0 : report de la demande en faveur du TGV pour la première année.

C_C : coût variable annuel du mode de transport classique.

α : proportion de voyageurs induite par la mise en service de la LGV, par rapport à Q_0 .

δ_i : distorsion sur le marché i .

q_i^0 : demande d'équilibre sur le marché i *sans* la LGV.

q_i^1 : demande d'équilibre sur le marché i si le projet de LGV est réalisé.

Dans l'équation (2), l'hypothèse de départ est que le point d'équilibre des opérateurs de modes de transport de substitution et le consentement à payer de nouveaux déplacements de voyageurs sont estimés par approximation à $(1+\alpha)$, (voir de Rus et Nombela, 2007)). En transposant (2) dans (1), et en partant de l'hypothèse que les effets indirects – le dernier terme de l'expression de (2) – sont égaux à zéro, il est possible de calculer le volume de demande initiale nécessaire pour obtenir une valeur actualisée nette positive (de Rus et Nombela, 2007).

Pour justifier un investissement dans une LGV, il faut que la demande atteigne un certain seuil au cours de la première année d'exploitation. Plus la valeur attribuée au temps, le gain de temps moyen par voyageur, la proportion de trafic généré, la croissance des avantages dans le temps, la durée de vie du projet et les économies de coûts réalisées dans les autres modes de transport possibles seront faibles et les coûts d'investissement, de maintenance et d'exploitation et le taux d'actualisation social seront élevés, plus ce seuil de demande nécessaire pour que la valeur actualisée nette soit positive sera élevé.

De Rus et Nombela (2007) et de Rus et Nash (2007) calculent le volume de demande requis au cours de la première année d'exploitation du projet (Q_0) pour différentes hypothèses concernant les principaux paramètres de (1) et (2). Les résultats montrent que si

les coûts de construction et d'exploitation, le gain de temps, la valeur attribuée au temps, la croissance annuelle des avantages et le taux d'actualisation pour la collectivité se situent à des niveaux types, la demande seuil nécessaire pour justifier un nouvel investissement dans une LGV sur la base des avantages qu'en tirerait la collectivité serait de l'ordre de 9 millions de déplacements de voyageurs au cours de la première année d'exploitation de la ligne. Ce volume initial correspond à l'hypothèse selon laquelle les avantages proviennent principalement des gains de temps attribuables au report de trafic, du consentement à payer de la demande générée et des coûts évitables liés à la réduction des services dans les autres modes de transport possibles. La conclusion qui s'impose est que l'investissement dans le rail à grande vitesse peut rarement être justifié par des gains de temps.

La justification économique d'investissements publics dans de nouvelles LGV dépend plus de la capacité du projet à atténuer la congestion routière et aéroportuaire, et à dégager une capacité ferroviaire classique lorsqu'elle est à saturation, que d'avantages directs proprement dits qui seraient liés au gain de temps et au consentement à payer net du trafic généré. C'est pourquoi la justification d'un investissement dans le rail à grande vitesse dépend beaucoup des conditions locales concernant la capacité aéroportuaire, la situation des réseaux ferroviaire et routier et les volumes de la demande. C'est en tout cas ce à quoi on pourrait s'attendre. L'évaluation économique d'une nouvelle technologie doit mettre en balance ces conditions locales, qui sont prises en compte dans le scénario de référence, avec le scénario de mise en service d'un nouveau mode de transport de substitution.

3.1.2. *Le choix du calendrier optimal*

La réalisation de la condition (1) n'est pas suffisante. Même en présence d'une valeur actualisée nette positive, il est parfois préférable de reporter la construction d'une nouvelle infrastructure ferroviaire (et cela, même dans l'hypothèse où il n'y a pas d'incertitude et où aucune nouvelle information n'indique que le report du projet serait avantageux). Supposons que le taux de croissance annuel des avantages nets est plus élevé que le taux d'actualisation pour la collectivité ($g > r$) et que la nouvelle infrastructure dure suffisamment longtemps pour que la valeur actualisée nette soit positive. Même si la croissance des avantages nets est extrêmement forte, la question du choix du calendrier optimal demeure. Il vaut la peine d'attendre un an si :

$$\frac{rI}{1+r} + \frac{B_{T+1} - C_{T+1}}{(1+r)^{T+1}} > \frac{B_1 - C_1 + C_{C1}}{1+r}. \quad (3)$$

Sur la base de notre LGV de 500 kilomètres (voir section 2.2) et en faisant abstraction de l'avantage net de T+1 (qui ne serait pas négligeable), il est possible de calculer directement la valeur des avantages qui sera nécessaire au cours de la première année d'exploitation pour que l'investissement soit rentable dès aujourd'hui pour la collectivité (dans l'hypothèse d'une valeur actualisée nette positive) :

$$B_1 > rI + C_1 - C_{C1}. \quad (4)$$

Selon la condition (4), le projet devrait démarrer sans délai si, au cours de la première année, l'avantage brut est plus élevé que le coût social net (coût d'opportunité du capital + coût d'exploitation et de maintenance du nouveau projet, - coût évitable du mode de transport classique). Selon les données de la section 2.2, l'avantage, pour un déplacement

de voyageur aller-retour, devrait se situer à 290 euros lorsque le volume de la demande de la première année atteint 5 millions de déplacements de voyageurs. Cela signifie que l'avantage par déplacement de voyageurs (dans un sens seulement) devrait être au moins de 145 euros. Si les valeurs sont inférieures, il est préférable de reporter l'investissement à plus tard.

Il convient de préciser que le chiffre de 145 euros indique l'avantage que le projet doit procurer à la collectivité par déplacement de voyageur. Cela veut dire que dans l'hypothèse où les avantages B_1 ne proviennent que d'un gain de temps et du consentement à payer supplémentaire de la demande générée, et compte tenu de la valeur actuellement attribuée au temps en Europe, la réalisation de la condition (4) nécessite un gain de temps considérable sur la ligne projetée en l'absence d'autres avantages supplémentaires. Il convient de souligner que le fait que les voyageurs délaissent le transport aérien en faveur du TGV ne prouvent pas que la condition est remplie, sauf si le voyageur moyen est prêt à payer 290 euros *de plus* par trajet aller-retour que ce qu'il payait pour utiliser le mode de transport classique.

4. EFFETS INTERMODAUX

4.1. Les effets intermodaux en tant qu'avantages sur le marché primaire

La construction d'une nouvelle LGV sur une distance comprise entre 400 et 600 kilomètres a un impact sensible sur le transport aérien. Le partage modal se trouve fondamentalement modifié sur le corridor concerné car le coût généralisé du rail est inférieur à celui de l'aérien. Comme le montre la ligne AVE Madrid-Barcelone récemment mise en service, l'introduction du TGV sur un corridor de 600 kilomètres de long confère au chemin de fer un rôle que l'on ne pouvait pas imaginer récemment encore, compte tenu des vitesses moyennes des trains classiques. Trois mois après le lancement des services à grande vitesse, les compagnies aériennes, qui transportaient 5 millions de passagers par an sur la liaison Madrid-Barcelone, perdent du trafic à raison de 1.3 million de déplacements de passagers par an (voir Figure 1 et Tableau 1). Ce volume de trafic, qui est considérable en termes absolus, ne représente que 30 pour cent du marché. Qu'en est-il des autres LGV ?

L'effet intermodal du rail à grande vitesse est plus sensible sur les lignes qui sont en exploitation depuis plus longtemps. Il est très sensible sur les corridors de longueur moyenne où les autres modes de transport étaient auparavant le rail classique, l'automobile et l'avion, comme l'illustrent le Tableau 2 et la Figure 2. La part de marché du TGV est en corrélation avec la vitesse commerciale des trains et, à l'exception de la liaison Madrid-Barcelone (récemment mise en service), sur les lignes où la vitesse moyenne des trains est de 200 km/heure, elle dépasse 80 pour cent.

L'importance de la part de marché du chemin de fer sur ces distances moyennes a été un argument invoqué en faveur d'un investissement dans la technologie TGV. Si les voyageurs décident librement de passer massivement de l'avion au train, on peut en

conclure que c'est pour le mieux. Le problème se pose si un voyageur décide de changer de mode de transport, parce que la nouvelle possibilité qui lui est offerte fait baisser le coût généralisé de son déplacement (ce n'est pas le cas pour tout le monde puisque le transport aérien conserve une partie du trafic), ce qui n'implique pas forcément que le changement soit bénéfique pour la collectivité, comme on peut aisément le démontrer.

Les avantages directs sur le corridor où est construite la LGV découlent principalement du report du trafic des modes de transport existants, chemin de fer compris. Ces avantages sont pris en compte dans le terme $v(\tau_1 - \tau_0)Q_0$ de l'équation (2), où le gain de temps $(\tau_1 - \tau_0)$ doit être interprété comme la moyenne de l'avantage le plus important obtenu par le premier usager après le changement, zéro étant la valeur correspondant au dernier usager, pour lequel les deux possibilités sont indifférentes.

Les effets intermodaux mesurés sur le marché primaire englobent la valeur du temps, le gain de temps moyen et le nombre de voyageurs qui délaissent le mode de transport classique au profit du nouveau mode proposé. Ce qui est intéressant ici, c'est que ces valeurs moyennes dissimulent une information utile concernant le comportement des usagers et la compréhension de la concurrence intermodale.

Le gain de temps peut être désagrégé en temps d'accès et de sortie, temps d'attente et temps passé dans le véhicule, chacune de ces catégories ayant une valeur différente. Les voyageurs attribuent en général une plus grande valeur à l'économie de temps d'accès, de sortie et d'attente qu'au temps passé dans le véhicule. Par conséquent, lorsque les usagers passent de la route au TGV, leur gain de « temps passé dans le véhicule » (3 heures dans un TGV pour une distance de 600 kilomètres) est important, mais ils investissent en temps d'accès, d'attente et de sortie, qui annule en partie le gain de temps passé dans le véhicule. De plus, étant donné que ce temps passé dans le véhicule génère moins de désutilité que les autres catégories, les avantages pour l'utilisateur peuvent en définitive être même négatifs.

C'est le contraire qui se passe lorsque les usagers du transport aérien adoptent le TGV. Le gain de temps qu'ils réalisent provient d'une réduction du temps d'accès, d'attente et de sortie, qui ne compense guère l'allongement sensible du temps passé dans le véhicule. Même si le bilan est négatif en termes de gain de temps, l'avantage pour l'utilisateur peut être légèrement positif lorsque les différentes valeurs de temps sont prises en compte (cette comparaison n'englobe pas le prix du billet).

D'après le Tableau 3, il semble évident que le TGV soit moins cher que l'avion, tout au moins sur la base d'un tarif économique sans restrictions. Bien que la comparaison ne soit pas simple, les tarifs de chemin de fer semblent être inférieurs aux tarifs aériens et, comme le montre la section 2.2, les coûts moyens du TGV sont sensiblement supérieurs aux prix des billets TGV, tandis que les compagnies aériennes, qui exercent leur activité sur des marchés concurrentiels, se doivent de couvrir l'ensemble de leurs coûts. Ces faits méritent un examen plus minutieux, car les avantages directs découlant du report de trafic aérien sont exprimés par le terme $v(\tau_1 - \tau_0)Q_0$ dans l'équation (2), et la valeur indiquée entre parenthèses pourrait être très faible lorsque le transport aérien offre un bon service (il faut se rappeler que les prix sont des transferts et ne sont pas considérés comme des avantages pour la collectivité).

En conclusion, l'investissement dans le rail à grande vitesse peut rarement être justifié par des avantages liés au report de trafic du transport aérien. Il semble évident que les avantages pourraient être plus importants pour le report de trafic routier, mais cela est plus difficile sur la fourchette de distances considérées. Les avantages liés au report de trafic routier et aérien sont supérieurs aux avantages directs examinés ci-dessus, car d'autres avantages indirects pourraient être obtenus dans les autres modes de transport dont les volumes de trafic diminuent par suite de la réalisation du projet. Examinons maintenant les conditions requises pour que les marchés secondaires bénéficient d'avantages supplémentaires.

4.2. Effets sur les marchés secondaires

Il convient de souligner que le gain de temps sur le marché primaire procède d'un effet intermodal : c'est l'avantage direct obtenu par les usagers de l'autre mode de transport qui adoptent le TGV. La réduction du trafic dans le mode de transport utilisé auparavant influe sur son coût généralisé, et donc sur le coût de déplacement des voyageurs qui continuent de l'utiliser.

Les modes de transport existants ne sont pas les seuls marchés sur lesquels se font sentir les effets de l'introduction du nouveau mode de transport. De nombreux autres marchés dans l'économie sont également concernés, dans la mesure où leur produit est un complément ou un substitut de l'offre du marché primaire. Le traitement de ces « effets indirects » est analogue pour tout marché secondaire, qu'il s'agisse de celui du transport aérien ou des restaurants des villes desservies par LGV.

Quels effets indirects ou avantages secondaires doivent être pris en compte ? La réponse est donnée par l'expression $\sum_{i=1}^N \int_0^T \delta_i (q_i^1 - q_i^0) e^{-(r-g)t} dt$, qui fait partie de l'équation (2). Il existe N marchés dans l'économie. En outre, le produit TGV et le volume d'équilibre varient dans certains de ces marchés ($q_i^1 - q_i^0$) si le projet est réalisé. Cette variation peut être positive ou négative. Supposons que ces marchés soient concurrentiels ou qu'ils ne subissent pas les effets de taxes ou subventions ou toute autre distorsion, de sorte que $\delta_i = 0$. Dans ces circonstances, il n'y a pas d'avantages supplémentaires. C'est pourquoi, pour que les effets indirects se traduisent en avantages (ou en coûts) supplémentaires, il faut une certaine distorsion sur le marché secondaire (chômage, externalités, taxes, subventions, puissance de marché ou tout autre écart entre le coût social marginal et le consentement à payer en situation d'équilibre).

Une approche analogue peut également être retenue pour l'analyse des effets intermodaux en tant qu'avantages secondaires. L'expression $\sum_{i=1}^N \int_0^T \delta_i (q_i^1 - q_i^0) e^{-(r-g)t} dt$ dans l'équation (2) comprend les marchés des transports routiers et aériens. Pour les besoins de l'analyse des effets intermodaux, séparons de l'ensemble de N marchés subissant les effets de l'investissement dans le rail à grande vitesse le marché du transport aérien (ou celui du

transport routier) et désignons de façon générique n'importe laquelle de ces options de transport « l'autre mode de transport possible A ». L'expression générale traduisant l'effet indirect peut être légèrement modifiée pour l'examen des effets intermodaux.

$$\int_0^T (p_A - cm_A) q_A \varepsilon_{AH} \frac{\Delta p_H}{p_H} e^{-(r-g)t} dt, \quad (5)$$

où :

- p_A : prix intégral ou généralisé de l'autre mode de transport possible (dans le présent document, le transport aérien ou routier).
- cm_A : coût marginal de l'autre mode de transport possible.
- q_A : demande dans ce mode.
- ε_{AH} : élasticité croisée du transport aérien (ou routier) par rapport au coût généralisé du TGV.
- p_H : prix total ou généralisé du TGV.

Selon l'expression (5), les effets intermodaux peuvent être positifs ou négatifs selon les signes de distorsion et l'élasticité croisée ($\frac{\Delta p_H}{p_H}$ est toujours négatif si le projet est réalisé). La réduction de la congestion routière et des retards aux aéroports ont été isolés comme des avantages supplémentaires découlant de l'introduction du TGV. L'expression (5) montre que l'existence de ces avantages dépend principalement de l'absence d'une tarification optimale. Lorsque les péages de congestion routière ou aéroportuaire sont optimaux, il n'existe pas d'avantages supplémentaires sur ces marchés.

Supposons par ailleurs qu'il n'y ait pas de tarification de la congestion et que le prix soit par conséquent inférieur au coût marginal. Même dans ce cas, l'existence d'avantages supplémentaires dépend de l'élasticité croisée de la demande dans l'autre mode de transport possible par rapport au coût généralisé du TGV. Cette élasticité croisée est très faible (en termes absolus) pour le transport routier et l'aérien hors de la fourchette de distances moyennes mentionnée ou lorsque la proportion de vols de correspondance par déplacement de voyageur est élevée.

Enfin, il convient de souligner que la distorsion aéroportuaire et routière due à des problèmes de capacité peut être résolue par d'autres stratégies économiques (tarification de la congestion et investissement) qui devraient être prises en compte dans l'évaluation *ex ante* des nouvelles LGV comme autres scénarios d'action pertinents.

5. TARIFICATION

5.1. Les comptes des transports – rail, route et aérien

L'information sur les coûts et les recettes que fournit le projet UNITE permet de comparer les coûts sociaux totaux des transports et les redevances, taxes et recettes correspondantes pour chaque pays examiné dans le cadre de l'étude. La méthode, expliquée dans Link *et al.* (2000), consiste essentiellement à isoler et à estimer les coûts et recettes des transports, par modes, et à désagréger encore l'information par catégories de véhicules et d'usagers. S'agissant des coûts, les comptes distinguent les coûts d'infrastructures, les coûts d'exploitation du fournisseur, les coûts liés aux accidents et les coûts environnementaux. Il est fait également une autre distinction entre coûts internes et externes.

En ce qui concerne les recettes, les comptes distinguent les redevances d'utilisation et les taxes, et le débat est ouvert sur la question de savoir si les taxes sur les carburants doivent être comptabilisées dans les recettes affectées à la route ou dans le cadre de la fiscalité générale, sans aucun lien avec les transports. Les recettes comprennent les redevances d'utilisation et les taxes liées au transport telles que la TVA qui varie par rapport au taux d'imposition standard. Les taxes générales qui ne diffèrent pas du taux standard des impôts indirects sont exclues des comptes, car elles ne sont pas spécifiques au secteur des transports.

Nous avons *grosso modo* simplifié les comptes des transports routiers, ferroviaires et aériens, afin de montrer en termes généraux à quel point les coûts sont loin d'être couverts par les recettes dans chacun des modes. Les Tableaux 4, 5 et 6 montrent cette comparaison pour la France, l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas. Le choix de ces pays s'explique uniquement par la qualité des données et l'introduction du TGV.

Les coûts et recettes indiqués dans les Tableaux sont les coûts d'infrastructure, les coûts d'exploitation des fournisseurs, les coûts des accidents (coûts externes), les coûts environnementaux ainsi que les taxes, redevances et subventions. On peut résumer la situation ainsi. Les *coûts d'infrastructure* englobent les coûts du capital (nouveaux investissements et remplacements), et les coûts de maintenance et d'exploitation de l'infrastructure de transport. Les *coûts d'exploitation des fournisseurs* englobent les coûts des véhicules, de personnel et d'administration assumés par les opérateurs de transport ferroviaire pour la prestation des services de transport, bien que l'information finale varie selon les pays, en fonction de la disponibilité des données.

Les *coûts des accidents* ne comprennent que les coûts externes des accidents, de sorte que les coûts internes, comme le coût en temps, sont considérés comme des coûts pour l'utilisateur et ne sont par conséquent pas inclus dans les comptes aux fins du présent document. Les coûts internes et externes des accidents varient selon les pays en fonction des pratiques en matière d'assurances, de la couverture des systèmes nationaux de santé, etc. Lorsque ces coûts ne sont pas assumés par l'utilisateur des transports, ils sont inclus dans les comptes. Tel est le cas des coûts suivants : perte de production consécutive aux accidents, coûts de réadaptation des victimes d'accident lorsque ces coûts sont couverts par les systèmes de santé nationaux, coûts de police, coûts des dommages matériels à la

propriété publique lorsqu'ils ne sont pas couverts par les compagnies d'assurance. Les *coûts environnementaux* comprennent l'impact des transports sur l'environnement, tel que la pollution atmosphérique, le bruit et le réchauffement de la planète.

Étant donné les difficultés que pose la collecte de données pour les comptes UNITE et les différences de qualité des données selon les pays, il n'est pas avisé de pousser trop loin la comparaison des pays et des modes de transport. Néanmoins, un examen rapide des données permet de dégager un certain nombre de renseignements utiles. Les observations qui suivent ne sont pas propres aux pays indiqués dans les Tableaux et peuvent s'appliquer à un large éventail de pays européens.

Le chemin de fer est le mode de transport dont le ratio du coût social couvert par les recettes commerciales ou des taxes spécifiques est le plus faible. Les sociétés ferroviaires tirent des services voyageurs et fret des recettes qui ne sont parfois pas suffisantes pour couvrir leurs coûts d'exploitation. Ce n'est pas le cas dans le transport routier ou aérien, où le ratio recettes/coût social total est pratiquement de 1. Néanmoins, ces modes occasionnent des coûts environnementaux élevés, en particulier le transport aérien. Si l'on fait exception des coûts environnementaux, les recettes des transports routier et aérien font plus que couvrir les coûts d'infrastructure et les coûts d'exploitation.

Le ratio moyen de couverture des coûts n'est pas homogène dans l'ensemble du réseau. En France, par exemple, les redevances d'infrastructure sont sensiblement plus élevées pour les liaisons TGV que pour le réseau classique (de l'ordre de trois à quatre fois le coût marginal). Néanmoins, les subventions croisées ne suffisent pas à couvrir l'ensemble des coûts. Comme l'a montré Crozet (2007), les coûts financiers des LGV ne sont pas pris en compte dans le calcul des coûts. Le gestionnaire français de l'infrastructure paie chaque année plus de 600 million € en coûts financiers, qui sont liés à la construction de nouvelles LGV.⁴

La conclusion qui s'impose à première vue est que l'application du principe selon lequel chaque mode doit couvrir ses propres coûts sociaux aboutirait à une hausse des tarifs ferroviaires qui serait sensiblement plus forte que celle des tarifs aériens et routiers. L'internalisation des externalités affecterait davantage le transport routier de fret que de voyageurs. Deux questions pertinentes se posent ici en ce qui concerne les investissements dans le rail à grande vitesse et la tarification. L'une influe sur les tarifs optimaux à pratiquer sur les lignes TGV déjà en service, l'autre les tarifs qui devraient être envisagés lorsqu'on évalue un projet de construction de nouvelle ligne. Ces deux questions doivent être résolues ensemble et débouchent sur un débat sur les principes de tarification à suivre.

5.2. Tarification optimale, investissement et partage modal

La concurrence intramodale comme la concurrence intermodale nécessitent une politique de tarification saine et clairement définie qui permette à l'utilisateur des transports de choisir la meilleure option (celle qu'il préfère) à l'intérieur d'un même mode ou entre l'aérien, le maritime, le rail et la route. Il semble clair (indépendamment des questions d'équité) que pour que la meilleure option retenue par l'utilisateur soit également la meilleure option pour la collectivité, les tarifs doivent prendre en compte les coûts d'opportunité du choix de l'utilisateur.

Deux dimensions interviennent dans la tarification optimale eu égard aux parts de marché du TGV, de l'aérien et de la route. La première consiste à déterminer le coût d'opportunité lorsqu'une proportion importante des coûts totaux du chemin de fer sont fixes. La seconde concerne les disparités marquées dans la façon dont, en général, les infrastructures et l'exploitation des transports aérien, routier, et ferroviaire à grande vitesse influent sur le coût généralisé des déplacements dans chaque mode de transport.

5.2.1. Coût marginal à court terme ou à long terme ?

Supposons que les coûts d'exploitation de l'opérateur, les coûts variables de maintenance et d'exploitation de l'infrastructure, ainsi que les coûts externes soient déjà pris en compte dans le coût généralisé. Est-ce que les coûts d'investissement et les coûts de maintenance et d'exploitation quasi-fixes devraient également intervenir dans le prix total ?

La Commission Européenne propose un système de tarification fondé sur le principe selon lequel chaque mode de transport internalise ses coûts sociaux, de façon à assurer une répartition efficace du trafic entre les différents modes et une concurrence équitable entre les opérateurs.

Que devrait payer un opérateur ferroviaire pour l'utilisation de l'infrastructure à un moment ou dans des conditions de demande données ? En principe, la réponse est le « coût social marginal » de circulation du train dans les conditions en question. Étant donné l'existence d'économies d'échelle, d'importants facteurs indivisibles ainsi que de coûts fixes et conjoints, la tarification au coût social marginal est loin d'être chose facile.

De plus, les pouvoirs publics visent d'autres objectifs que l'efficacité statique à court terme, ce qui rend l'application de ce système de tarification plus compliquée encore. La Commission Européenne s'intéresse particulièrement au développement du transport international à l'intérieur de l'Union, ainsi qu'à l'internalisation des externalités. Les redevances d'infrastructure devraient être différenciées selon le mode de transport et le lieu lorsque les conditions locales varient, mais ne devraient pas être discriminatoires entre les usagers en fonction de leur nationalité ou du lieu. Les principes d'« utilisateur payeur » et de « concurrence équitable » sont également invoqués en faveur de la couverture de l'ensemble des coûts sociaux par chaque mode de transport.

La tarification fondée sur le coût marginal à court terme est incompatible avec la récupération des coûts lorsque le réseau ferroviaire est déjà en place et qu'il y a un excédent de capacité. Selon certains critiques, l'autre solution qui s'impose tout naturellement serait une tarification fondée sur le coût marginal à long terme. Le coût marginal à court terme est égal à la variation des coûts totaux consécutive à un accroissement du trafic, pour une capacité de réseau constante, tandis que le coût marginal à long terme traduit la variation du coût total en prenant en compte un ajustement optimal de la capacité.

Les coûts marginaux à long terme et à court terme sont égaux dans l'hypothèse où les prévisions de la demande et la divisibilité du capital sont parfaites, mais ces deux conditions ne sont pas réalistes dans le secteur des transports et les conséquences du choix d'un principe de tarification ne sont pas sans importance en termes pratiques. S'agissant des investissements dans le train à grande vitesse, la tarification au coût marginal à court terme suppose un prix inférieur aux coûts moyens et par conséquent la nécessité de faire appel aux fonds publics pour couvrir les coûts d'infrastructure.⁵

Compte tenu de la capacité disponible, tout trafic supplémentaire consentant à payer davantage que le coût supplémentaire imposé au système devrait être autorisé à y accéder. Dans le cas extrême où la capacité se situe nettement au-dessus de la demande (erreur de prévision, indivisibilité, ou les deux), le coût marginal à court terme peut être très bas par rapport au coût moyen. La tarification de l'infrastructure ferroviaire devrait-elle être exclusivement fondée sur les coûts marginaux à court terme ? Pas nécessairement.

La tarification fondée sur le coût marginal à court terme, compte tenu des indivisibilités et des économies d'échelle, produit des recettes insuffisantes pour recouvrer les coûts en capital des infrastructures. La taxation supplémentaire nécessaire pour couvrir l'écart a un coût supplémentaire en termes de distorsion imposée au reste de l'économie. Le second problème est lié aux incitations, car un subventionnement a en général pour effet d'amoinrir la motivation à limiter les coûts au minimum. Un autre inconvénient tient à la façon dont les coûts de capacité sont couverts, car les usagers ne paient que les coûts variables, tandis que ce sont les non-usagers qui supportent les coûts de capacité. Indépendamment des considérations d'équité (il est difficile de considérer les voyageurs utilisant le TGV comme un public cible à cet égard), nous nous trouvons en présence d'une question d'efficacité dynamique : est-ce que les usagers sont prêts à payer pour la capacité ? Sur les corridors où tel n'est pas le cas, les pouvoirs publics fourniraient une capacité dépassant le niveau optimal.

Même en supposant que les usagers soient prêts à payer pour la capacité (à des tarifs équivalant au coût marginal à court terme), il est permis de prétendre que la demande reçoit un signal trompeur quant au coût d'expansion de la capacité à long terme. Une structure tarifaire incluant des redevances pour les coûts de remplacement à long terme pourrait bien être associée à un excédent social insuffisant pour justifier l'investissement.

Reconnaître que la norme consiste à s'écarter du coût marginal à court terme n'est pas un argument suffisant en faveur du coût marginal à long terme. Les tarifs ne devraient pas seulement suivre les coûts mais également tenir compte des considérations relatives à la demande. Dans la tarification de l'utilisation du réseau ferroviaire, les gestionnaires d'infrastructure ferroviaire devraient être guidés par le principe d'efficacité économique, mais l'efficacité a une composante de long terme. Un investissement à long terme doit s'appuyer sur un niveau de recettes suffisant. Cette condition pose un véritable dilemme qui ne peut être résolu que par une tarification qui couvre le coût marginal à court terme et comprenne en plus une redevance pour contribuer aux coûts fixes et communs. Cette redevance supplémentaire devrait être fixée de façon à limiter au minimum les pertes d'efficacité. Pour cela, en principe, il faut appliquer une tarification discriminatoire fondée sur la valeur du service, mais l'acceptabilité politique et les problèmes d'information rendent la tarification de Ramsey difficile à mettre en œuvre.

Confrontée aux problèmes de l'équité ou de la concurrence loyale, l'Union Européenne, dans la fixation des redevances, fait une place plus importante à l'intensité qu'à l'efficacité. La tarification de Ramsey peut être compatible avec l'efficacité économique, mais elle est très difficile à appliquer en pratique lorsque deux opérateurs concurrents sont traités différemment au motif que l'on veut limiter au minimum les recettes en perdant le moins d'efficacité possible. De plus, il est en fait assez difficile d'appliquer la tarification de Ramsey aux sillons ferroviaires, car le gestionnaire d'infrastructures ne possède guère d'informations sur le type de trafic que transporte chacun des trains y circulant ni sur son élasticité.

Malgré certaines contradictions, la Commission semble favoriser une tarification au coût marginal à court terme (Commission Européenne, 1995, 1998, Nash, 2001). On s'attend que la tarification au coût marginal permette de récupérer intégralement le coût en capital, étant donné que les tarifs pratiqués sur les corridors encombrés et l'internalisation de la congestion et des effets externes produiront des recettes suffisantes pour faire face aux contraintes financières, tout au moins globalement pour tous les modes. Si les recettes sont insuffisantes, la Commission recommande des redevances d'utilisation fixes « non discriminatoires » et « ne causant pas de distorsions » (Commission Européenne, 2001b).

Les conséquences de la tarification au coût marginal à court terme sur l'expansion des LGV sont importantes. Des tarifs bas favorisent le report du trafic des modes concurrents et la génération de trafic supplémentaire, avec un effet en retour sur l'expansion future du réseau. Mais la tarification au coût marginal à court terme laisse une question clé sans réponse : est-ce que les usagers du rail sont prêts à payer pour bénéficier de la nouvelle technologie ? À moins de répondre à cette question avant de prendre des décisions d'investissement, la tarification au coût marginal ne garantira pas une affectation efficace des ressources.

5.2.2. Congestion routière et aéroportuaire et coût généralisé des déplacements

Les retards aux aéroports et la congestion routière accroissent le coût généralisé des déplacements. Le rail à grande vitesse est ponctuel et fiable, ce qui n'est pas toujours le cas du transport aérien. La congestion routière est un phénomène omniprésent aux heures de pointe. Les asymétries qui existent entre le TGV et la route sautent aux yeux. L'infrastructure et l'utilisation du réseau routier sont verticalement séparées, tandis que l'infrastructure et l'exploitation des liaisons TGV sont intégrées verticalement dans la pratique. Il existe un seul opérateur de TGV par pays, tandis que, s'agissant de la route, ce sont des milliers d'automobilistes qui accèdent simultanément, et sans aucune planification préalable, à une infrastructure de capacité limitée.

Le traitement standard de la congestion est bien connu dans les ouvrages d'économie : les usagers de la route devraient payer en fonction des coûts qu'ils s'imposent les uns aux autres, pour les internaliser, de sorte qu'ils prennent leurs décisions de déplacements en fonction du coût social marginal. Sur le plan pratique, la mise en œuvre de ce principe consiste à faire payer les usagers pendant les heures de pointe, dans le but de redistribuer ceux qui accordent une moins grande valeur à leurs déplacements vers des itinéraires de substitution ou d'autres périodes de la journée (Walters, 1961 ; Vickrey, 1963).

La demande aéroportuaire approche de la saturation en période de pointe. Face à cette situation, il est possible de s'inspirer des solutions mises en œuvre dans le transport routier : gestion de la demande par la tarification différenciée aux heures de pointe et investissement en capacité.⁶ Néanmoins, le phénomène de congestion n'est pas le même dans les aéroports et sur le réseau routier, tant s'en faut. Ainsi, l'infrastructure aéroportuaire côté piste et côté ville est partagée entre un nombre relativement limité d'agents. Les décisions d'entrée ne sont pas aléatoires, mais sont programmées et contrôlées par un organe de planification. En principe, la congestion aéroportuaire ne devrait être que la conséquence de conditions météorologiques médiocres ou de tout autre facteur imprévisible. Si le planificateur décide du nombre de vols arrivant et partant par heure, les retards devraient être rares, comme pour les services de TGV.

Mais au-delà d'une mauvaise météo et d'autres causes exogènes, il y a d'autres éléments qui interviennent dans la congestion aéroportuaire. En effet, un vol peut ne pas respecter son horaire en raison de problèmes survenus à l'aéroport d'origine, à l'aéroport de destination ou au cours du vol proprement dit. Une combinaison de tous ces facteurs se produit souvent, mais l'explication de ces retards est assez souvent attribuable à des décisions prises par les compagnies aériennes en ce qui concerne la taille de leur flotte, leur personnel, leur calendrier de maintenance, etc. De plus, les retards peuvent également être la conséquence de la politique de l'administration aéroportuaire.

Lorsque les gestionnaires d'aéroport et les compagnies aériennes prennent des décisions quant aux horaires de vol, ils imposent certains coûts externes à eux-mêmes et aux voyageurs. Les décisions des aéroports concernant l'attribution des créneaux visent habituellement à répondre à une part aussi importante que possible de la demande latente, en faisant abstraction d'une surcharge occasionnelle du système. De la même façon, les compagnies aériennes élaborent leurs horaires de vol, afin de maximiser leur rentabilité, sans tenir compte des coûts externes qu'elles imposent aux voyageurs et s'imposent les unes aux autres lorsque des perturbations mineures suffisent à compromettre le respect de ces horaires.

On peut investir dans l'accroissement de la capacité pour créer de nouveaux créneaux ou pour réduire les retards, mais c'est une politique qui implique une réduction d'activité et de profits pour le gestionnaire d'aéroport. L'aéroport n'internalise pas l'externalité imposée aux voyageurs qui subissent l'augmentation du coût généralisé du transport aérien.⁷ C'est pourquoi la congestion aéroportuaire ne doit pas être réduite à un problème de tarification en période de pointe. Elle se présente comme une externalité qui n'est pas internalisée, en période de pointe comme pendant les heures creuses. Les agents responsables des retards devraient payer le coût marginal de la congestion. Il serait possible d'internaliser les coûts de congestion en appliquant tout simplement des péages de congestion qui forceraient les compagnies aériennes et les aéroports à s'indemniser les uns et les autres ainsi que les voyageurs pour les coûts de congestion externes imposés par les retards des vols (Nombela, de Rus et Betancor, 2004).

5.3. L'effet à long terme de la tarification

Les prix ont différentes fonctions économiques. Ils servent à maintenir l'équilibre sur les marchés en évitant à la fois l'excès de demande et la sous-utilisation de la capacité. Ils agissent aussi comme des signaux sur les marchés concurrentiels, guidant l'affectation des ressources lorsque le consentement à payer du consommateur est au moins égal au coût d'opportunité de ces ressources ailleurs. Sur ces marchés, l'entrée et la sortie suivent l'ajustement des prix selon que la demande est plus élevée ou plus faible que l'offre.

Les prix pratiqués dans les transports ne sont à cet égard pas différents de ceux qui ont cours dans d'autres secteurs de l'économie. Les marchés concurrentiels des transports se comportent de la même façon. C'est pourquoi, lorsqu'un prix est inférieur ou supérieur aux coûts sociaux marginaux dans un mode de transport donné, le niveau d'activité économique dans ce mode, ainsi que le volume de trafic, se situent en dessous du niveau optimal, à moins d'une compensation sur d'autres marchés entretenant avec le marché primaire des relations de substituabilité ou de complémentarité.

Il est bien connu que lorsqu'un usager des transports choisit un mode de transport donné en un lieu et à une heure donnés, il impose un coût marginal à lui-même (coût pour l'utilisateur et part du coût pour le producteur – infrastructures et véhicules – inclus dans le prix), au reste de la société (coûts externes des accidents et externalités environnementales) ainsi qu'aux contribuables (la part subventionnée du coût pour le producteur). Lorsque le prix généralisé est inférieur au coût social marginal, comme c'est le cas lorsque le fret est transporté par un poids lourd sur une route encombrée, le volume de transport de fret acheminé sur cette route à ce moment donné dépasse le niveau optimal. La tarification au coût social marginal augmenterait le prix généralisé de cette option de transport, réduisant le volume de trafic routier et induisant des ajustements à long terme, que ce soit un accroissement de la part du transport ferroviaire de fret ou la réduction des besoins de main-d'œuvre spécialisée dans le secteur de la production de pièces de rechange pour les camions.

En quoi la situation est-elle différente lorsque les tarifs TGV ne couvrent pas les coûts d'infrastructure ? On pourrait faire valoir que les économies d'échelle et les importants facteurs indivisibles justifient les déficits, mais la question qui se pose est que les usagers devraient consentir à payer pour l'infrastructure TGV avant la construction de nouvelles lignes. Les tarifs TGV envoient aux usagers des transports une information clé à partir de laquelle ils choisiront leur destination, leur mode de transport, le moment où ils feront leur déplacement, ou décideront peut-être même s'ils se déplacent ou non. Lorsque les coûts d'infrastructure ne sont pas inclus dans les prix des transports, selon la justification du coût social marginal à court terme, le problème qui se pose est que le signal des prix indique aux consommateurs qu'il est efficace de passer de la route ou de l'avion au train, ce qui pourrait être vrai à court terme lorsque les tarifs optimaux ne sont pas affectés par les coûts fixes du réseau TGV existant, mais le monde est dynamique.

Le problème dont il faut tenir compte, c'est que des prix qui ne reflètent pas les coûts d'infrastructure dans un mode de transport lorsque ces coûts dépassant 50 pour cent des coûts totaux pour le producteur agissent comme un signal à long terme pour les consommateurs dans leurs décisions de déplacement et par conséquent dans l'affectation future des ressources entre les différents modes de transport, ou entre les transports, l'éducation ou/et la santé. Un réseau à grande vitesse étendu peut être développé sur la base de prix sous-optimaux fixés par les pouvoirs publics et n'ayant aucun rapport avec le coût d'opportunité de son existence, mais une fois le réseau construit, la page est tournée et il est vain de spéculer sur un autre scénario dans lequel l'allocation des ressources serait différente et son effet sur le bien-être.

L'analyse coûts-avantages est tout à fait pertinente dans ce contexte. Même si l'on accepte que le coût marginal à court terme constitue le fondement d'une bonne politique de tarification, pour justifier un investissement dans une nouvelle LGV, il faut que le consentement à payer pour la capacité soit supérieur au coût des investissements et à tout autre coût indépendant de la demande au cours de la durée de vie de l'infrastructure. Cela ne résout pas les problèmes de compétence équitable entre les différents modes de transport ou la question de l'équité à l'égard des contribuables qui assument les coûts fixes de l'infrastructure TGV, mais au moins on dispose ainsi d'un filtre permettant d'écartier les projets les moins rentables pour la collectivité.

6. CONCLUSIONS

L'investissement dans l'infrastructure du rail à grande vitesse est assumé par les pouvoirs publics et des organismes supranationaux dans le but déclaré de mettre en place un système de transport plus durable. Le rail à grande vitesse est considéré comme plus efficace et moins dommageable pour l'environnement que le transport aérien ou routier. Le bien-fondé de ces deux arguments dépend dans une large mesure du volume de la demande dans les corridors concernés et de plusieurs conditions locales clés : degré de congestion aéroportuaire ou routière, capacité existante sur le réseau ferroviaire classique, valeur attribuée au temps, distances de déplacement, coûts de construction ou source de production d'électricité et proportion de zones urbaines traversées par les lignes en question.

L'ingénierie du rail à grande vitesse est complexe mais ses aspects économiques sont très simples. Une proportion élevée de coûts fixes et irrécupérables, des facteurs indivisibles, la longue durée de vie et la spécificité des actifs rendent cet investissement public risqué, et le coût moyen du déplacement de voyageur s'inscrit dans une fourchette très large. La rentabilité sociale de l'investissement de fonds publics dans cette technologie dépend en principe du volume de la demande et de l'avantage supplémentaire que l'usager en tirera par rapport aux autres solutions possibles.

L'absence de participation du secteur privé aux projets de TGV accroît le risque de perte financière ou, plus précisément, de perte des avantages nets liés à la meilleure autre utilisation possible des fonds publics. L'investissement dans une infrastructure à grande vitesse peut convenir sur certains corridors, où il existe des problèmes de capacité sur les réseaux ferroviaires ou de congestion routière et aéroportuaire, mais la pertinence du projet sera étroitement liée aux conditions susmentionnées et au volume de la demande à satisfaire. De plus, même lorsque les conditions sont particulièrement favorables, la valeur actualisée nette d'un investissement dans le rail à grande vitesse doit être mise en balance avec d'autres scénarios d'action : tarification routière ou aéroportuaire et/ou investissements, modernisation des trains classiques, etc. Lorsque le coût de l'investissement dans de nouvelles LGV n'est pas soumis à l'évaluation du marché, et que la visibilité du projet est réduite par la propagande de l'industrie, les intérêts politiques à court terme et les tarifs ferroviaires subventionnés, l'analyse coûts-avantages classique peut aider à distinguer les bons projets des éléphants blancs.

NOTES

1. « Pourtant, le chemin de fer reste encore, près de deux siècles après ses premiers tours de roue, un moyen de transport qui offre des potentialités importantes et de son renouveau dépend le succès du rééquilibrage des modes de transport. Cela suppose des mesures ambitieuses qui ne dépendent pas uniquement des réglementations européennes, mais dont la renaissance doit venir des acteurs du secteur ». Commission Européenne (2001a).
2. « L'intermodalité avec le rail doit permettre des gains importants en termes de capacité en transformant la concurrence entre le train et l'avion par une complémentarité entre ces deux modes pour des connexions entre métropoles qui sont assurées par des trains à grande vitesse. Il n'est plus pensable que certaines liaisons aériennes soient maintenues sur des destinations où il existe *de facto* une alternative ferroviaire à grande vitesse compétitive. On pourrait ainsi opérer un transfert de capacité vers des axes où n'existe pas de service ferroviaire à grande vitesse ». Commission Européenne (2001a).
3. La description des coûts du TGV fait fond sur les références bibliographiques Campos *et al.* (2005) et de Rus et Nash (2007).
4. Il convient également de souligner que la rentabilité sociale et financière des LGV peut diminuer une fois le projet d'investissement mené à bien sur les principaux corridors. Les tronçons actuellement en exploitation des LGV doivent être distingués de ceux qui entreront en service dans les prochaines années. Ces lignes sont en fait de moins en moins rentables (Paris-Strasbourg, TGV Rhin-Rhône, TGV Bretagne ou Bordeaux). Elles nécessitent des subventions publiques encore plus importantes ou entretiennent ou même augmentent l'endettement du gestionnaire français d'infrastructure (Crozet, 2007).
5. Pour un examen de la tarification au coût marginal dans les transports, voir Rothengatter (2003) et Nash (2003).
6. La tarification du trafic de pointe aux aéroports est traitée dans : Levine, 1969 ; Carlin et Park, 1970 ; Morrison, 1983 ; Fisher, 1989 ; Morrison et Winston, 1989 ; Oum et Zhang, 1990 ; Daniel, 1995, 2001 ; Wolf, 1998 ; Daniel et Pawha, 2000 ; Hansen, 2002 ; Brueckner, 2002a, 2002b.
7. Les passagers aériens sont des agents qui supportent les coûts de congestion, mais qui ne sont indemnisés qu'en de rares occasions, sous forme habituellement de paiements qui leur sont versés par les compagnies aériennes en dédommagement de longs retards ou de correspondances manquées.

BIBLIOGRAPHIE

Atkins (2004): *High speed line study*. Ministère de l'Environnement, des Transports et des Régions. Londres.

Banister, D. et Givoni, M. (2006): 'Airline and railway integration', *Transport Policy*, 13(4): 386-397.

Beria P., (2008): *The megaprojects' issue. Evaluation, policies and decision making of large transport infrastructures*, Thèse de doctorat, École polytechnique de Milan.

Blum, U., Haynes, K. E. et Karlsson, C. (1997): 'Introduction to the special issue The regional and urban effects of high-speed trains', *The Annals of Regional Science*, 31: 1-20.

Brueckner, J. K. (2002a): 'Airport congestion when carriers have market power'. *American Economic Review*, 92 (5): 1357-75.

Brueckner, J. K. (2002b): 'Internalization of airport congestion'. *Journal of Air Transport Management*, 8: 141-147.

Campos, J., de Rus, G. et Barron, I. (2006): *Some stylized facts about high speed rail. A review of HSR experiences around the world*. Actes de la 11ème Conférence mondiale sur la recherche dans les transports, Berkeley (Californie, États-Unis).

Carlin, A. et Park, R. E. (1970): 'Marginal cost pricing of airport runway capacity'. *American Economic Review*, 60: 310-319.

Commission Européenne (1995): *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports – Options en matière d'internalisation des coûts externes des transports dans l'Union Européenne*. Livre Vert. Bruxelles.

Commission Européenne (1998): *Des redevances équitables pour l'utilisation des infrastructures: une approche par étapes pour l'établissement d'un cadre commun en matière de tarification des infrastructures de transport dans l'Union Européenne* - Livre Blanc. Bruxelles.

Commission Européenne (2001a): *La politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix*. Livre Blanc. Bruxelles.

Commission Européenne (2001b): Directive concernant la répartition des capacités d'infrastructure ferroviaire, la tarification de l'infrastructure ferroviaire et la certification en matière de sécurité. Bruxelles.

Crozet, Y. (2007): *Infrastructure charging within the French railway sector: A new challenge*. Actes de la 11ème Conférence mondiale sur la recherche dans les transports, Berkeley (Californie, États-Unis).

Daniel, J. I. (1995): 'Congestion pricing and capacity of large hub airports: A bottleneck model with stochastic queues'. *Econometrica*, 63: 327-70.

Daniel, J. I. (2001): 'Distributional consequences of airport congestion pricing'. *Journal of Urban Economics*, 50: 230-58.

Daniel, J. I. et Pawha, M. (2000): 'Comparison of three empirical models of airport congestion'. *Journal of Urban Economics*, 47: 1-38.

de Rus, G. et C.A. Nash (2007): *In what circumstances is investment in high speed rail worthwhile?* Institute for Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 590.

de Rus, G. et Inglada, V. (1993): 'Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España', *Economía Aplicada*, 3: 27-48.

de Rus, G. et Inglada, V. (1997): 'Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain', *The Annals of Regional Science*, 31: 175-188.

de Rus, G. et Nombela G. (2007), 'Is investment in high speed rail socially profitable?', *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (1): 3-23.

Duranton, G., et Puga, D. (2001) : *From sectoral to functional urban specialisation*. Discussion Paper 2971, Centre for Economic Policy Research.

Fisher, J. B. (1989): 'Managing demand to reduce airport congestion and delays', *Transportation Research Record*, 1218: 1-10.

Graham, J.D. (2007): 'Agglomeration, productivity and transport investment', *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (3): 317-343.

Hansen, M. (2002) 'Micro-level analysis of airport delay externalities using deterministic queuing models: A case study', *Journal of Air Transport Management*, 8: 73-87.

Haynes, K.E. (1997): 'Labor markets and regional transportation improvements: the case of high-speed trains: An introduction and review', *The Annals of Regional Science*, 31: 57-76.

INFRAS/IWW (2000): *External costs of transport*. Zurich/Karlsruhe.

Levine, M. E. (1969): 'Landing fees and the airport congestion problem'. *Journal of Law and Economics*, 12: 79-108.

Levinson, D., Mathieu, J.M., Gillen, D. et Kanafani, A. (1997): 'The full cost of high-speed rail: an engineering approach', *The Annals of Regional Science*, 31: 189-215.

Link, H., Stewart, L., Maibach, M., Sansom, T., et Nellthorp J. (2000): *The accounts approach*. UNITE (Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency). Financé par le 5ème programme cadre de RDT. ITS, University of Leeds.

Martin, F. (1997): 'Justifying a high-speed rail project: social value vs. regional growth', *The Annals of Regional Science*, 31: 155-174.

Morrison, S. A. (1983): 'Estimation of long-run prices and investment levels for airport runways', *Research in Transportation Economics* 1: 103-30.

Morrison, S. A. et Winston, C. (1989): 'Enhancing the performance of the deregulated air transportation system'. *Brookings Papers on Economic Affairs*, Microeconomics, 1: 61-123.

Morrison, S.A. et Winston, C. (2005): *What's wrong with the airline industry? Diagnosis and possible cures*. Audition devant le Subcommittee on Aviation Committee on Transportation and Infrastructure. Chambre des Représentants des États-Unis.

Nash, C. A. (1991): *The case for high speed rail*. Institute for Transport Studies, The University of Leeds, Working Paper 323.

Nash, C. A. (2001): 'Pricing European Transport Systems: Recent developments and evidence from case studies'. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol 35, 3: 363-380.

Nash, C. A. (2003): 'Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport: a comment', *Transport Policy*, 10 (2): 345-348.

Nombela, G., de Rus, G. et Betancor, O. (2004): 'Airport congestion pricing'. *Utilities Policy*, 12, 4 décembre : 323-331.

Oum, T H et Zhang, Y (1990) 'Airport pricing: congestion tolls, lumpy investment and cost recovery'. *Journal of Public Economics* 43: 353-74.

Plassard, F. (1994): « Le Transport à grande vitesse et le développement régional » in *Politiques régionales, réseaux de transport et communications*. Conférence Européenne des Ministres des transports. Paris.

Preston J.M. et Wall, G., (2007): *The Impact of High Speed Trains on Socio-Economic Activity*, Actes de la 11ème Conférence mondiale sur la recherche dans les transports, Berkeley (Californie, États-Unis).

Puga, D. (2002): 'European regional policy in light of recent location theories'. *Journal of Economic Geography* 2(4), octobre 2002: 373-406.

Rothengatter, W. (2003): 'How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport', *Transport Policy*, 10 (2): 121-130.

Steer Davies Gleave (2004): *High speed rail: international comparisons*. Londres.

UIC (2006): *La grande vitesse - un atout majeur pour la clientèle et la collectivité*. Publications UIC. Paris.

Vickerman, R. (1995): 'The regional impacts of Trans-European networks', *The Annals of Regional Science*, 29: 237-254.

Vickerman, R. (1997): 'High-speed rail in Europe: Experience and issues for future development'. *The Annals of Regional Science*, 31: 21-38.

Vickerman, R. (2006): *Indirect and wider economic benefits of high speed rail*. Rapport présenté à la 4th Annual Conference on Railroad Industry Structure, Competition and Investment, Madrid, octobre.

Vickrey, W. (1963): 'Pricing in urban and suburban transportation'. *American Economic Review* (Papers and Proceedings) 53: 452-65.

Vives, X. (2001): 'Globalización y localización'. In Teresa García Milà (Dir. de publ.) *Nuevas fronteras de la política económica*, 2000. Barcelona: Centre de Recerca en Economia Internacional, Universitat Pompeu Fabra: 21–76.

Walters, A. (1961): 'The theory and measurement of private and social cost of highway congestion'. *Econometrica*, 29: 676-99.

Wolf, H. (1998): *Airport regulation: Tackling congestion and environmental problems*. Working Paper 876. Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

Annexe

**Figure 1. Déplacements de passagers en transport aérien : Madrid-Barcelone
(dans les deux sens), 1999-2008**

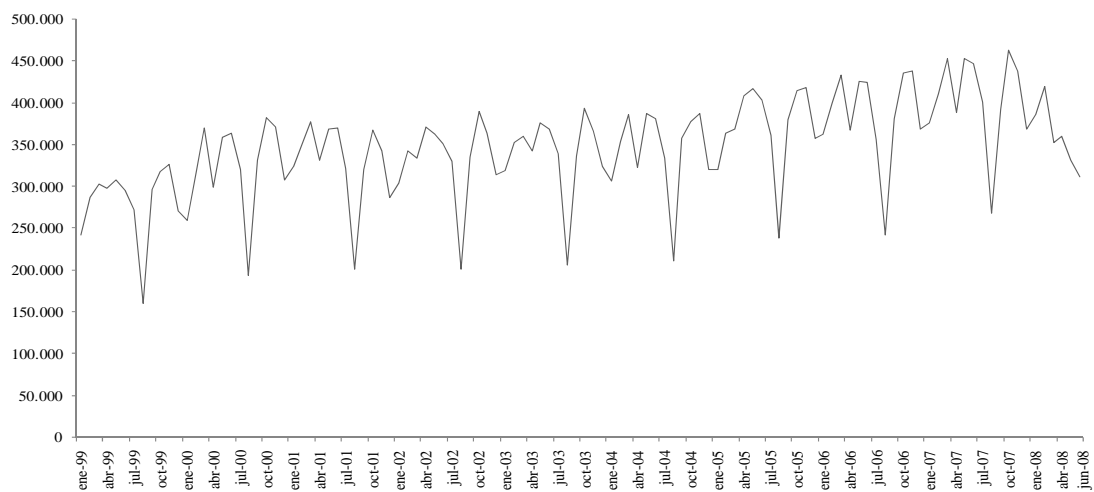


Tableau 1. Effet de la création de la LGV le long de la route aérienne Madrid-Barcelone

Variable	Coefficient	Erreur type	Coefficient t de Student
T	1085.65	50.937**	21.313
D1	1086.35	7772.050	0.140
D2	39493.10	7770.548**	5.082
D3	64280.03	7849.118**	8.190
D4	32043.95	7980.084**	4.0155
D5	67080.93	7843.828**	8.552
D6	58713.39	7841.677**	7.487
D7	18452.35	7973.741**	2.314
D8	-106575.0	7972.277*	-13.368
D9	26849.61	7971.138**	3.368
D10	71301.29	7970.324**	8.946
D11	60510.31	7969.836**	7.592
AVE1	-112882.7	10733.13**	-10.517
AVE2	-53100.49	18080.90**	-2.937
C	259042.1	6410.802**	40.407

R au carré : 0.9283 ; R au carré ajusté : 0.9182 ; Statistique de Durbin-Watson : 1.2859 ;
*,** significatif au niveau 5 ou 1 pour cent.

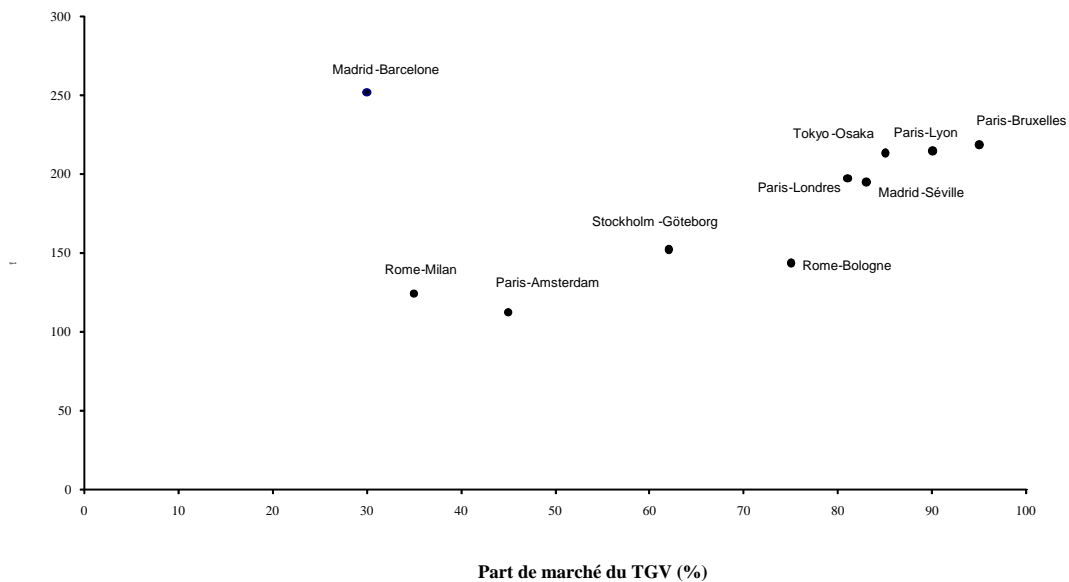
D1 : janvier, AVE1 : mars, mai et juin, AVE2 : avril.

Tableau 2. Temps de trajet et part de marché sur certaines lignes ferroviaires à grande vitesse

	Longueur (km)	Temps de trajet (h:min)	Vitesse (km/h)	Part de marché (%)	
				Rail	Avion
Madrid-Barcelone	630	2:30	252,00	30	70
Madrid-Séville	471	2:25	194,90	83	17
Paris-Amsterdam (1)	450	4:00	112,50	45	55
Paris-Bruxelles	310	1:25	218,82	95	5
Paris-Londres	444	2:15	197,33	81	19
Paris-Lyon	430	2:00	215,00	90	10
Rome-Bologne (2)	358	2:30	143,20	75	25
Rome-Milan (3)	560	4:30	124,44	35	65
Stockholm-Göteborg (4)	455	3:00	151,67	62	38
Tokyo-Osaka	515	2:25	213,10	85	15

- (1) Grande vitesse sur Paris-Bruxelles seulement.
 (2) Grande vitesse sur Rome-Florence seulement.
 (3) Grande vitesse sur Rome-Florence seulement.
 (4) Ligne classique mise à niveau.

Figure 2. Part de marché et vitesse du TGV



**Tableau 3. Tarifs de transport ferroviaire et aérien (billets aller-retour)
dans certains corridors desservis par le TGV**

	Rail		Avion		Ratio (rail/avion)	
	Prix minimum (avec restrictions)	Tarif touriste	Prix minimum (avec restrictions)	Tarif touriste	Prix minimum (avec restrictions)	Tarif touriste
Madrid-Barcelone	211	249	111	421	1,90	0,59
Madrid-Séville	134	149	81	530	1,66	0,28
Paris-Amsterdam	116	210	760	788	0,15	0,27
Paris-Bruxelles	90	164	324	337	0,28	0,49
Paris-Londres	124	435	218	653	0,57	0,67
Paris-Lyon	79	136	225	623	0,35	0,22
Rome-Bologne	78	78	233	517	0,33	0,15
Rome-Milan	110	118	165	652	0,66	0,18
Stockholm- Göteborg	78	155	150	224	0,52	0,69

**Tableau 4. Transport routier : coûts et recettes
(millions EUR, 1998)**

	France	Allemagne	Espagne	Pays-Bas
Coûts				
Coûts d'infrastructure	25 520	25 176	6 224	4 411
Coûts des accidents (externes pour l'utilisateur)	1 528	14 549	2 307	1 421
Coûts environnementaux	18 157	18 505	6 506	2 479
Total	45 205	58 230	15 037	8 311
Recettes				
Directement liées à une catégorie précise de coûts	4 167	411	919	91
Taxes sur les véhicules	4 983	7 757	2 174	4 298
Taxe sur les carburants	18 720	28 983	8 428	5 040
TVA	16 146	4 565	1 349	857
Total	44 016	41 716	12 870	10 286

**Tableau 5. Transport ferroviaire : coûts et recettes
(millions EUR, 1998)**

	France	Allemagne	Espagne	Pays-Bas
Coûts				
Coûts d'infrastructure	4 790	12 621	3 500	1 095
Coûts d'exploitation pour le prestataire de services	9 998	7 336	2 013	2 339
Coût (externe) des accidents	3	83	19	59
Coûts environnementaux	129	1 403	296	34
Total	14 920	21 443	5 828	3 527
Recettes				
Recettes voyageurs et fret	7 326	8 614	1 495	1 365
Subventions aux tarifs préférentiels	296	4 244	n.d.	81
Autres recettes spécifiques	504			
Taxe sur le carburant	35	217	n.d.	n.d.
TVA	280	34	n.d.	n.d.
Total	8 441	13 109	1 495	1 446

**Tableau 6. Transport aérien : coûts et recettes
(millions EUR, 1998)**

	France	Allemagne	Espagne	Pays-Bas
Coûts				
Coûts d'infrastructure	1 080	3 488	411	98 ⁽²⁾
Coûts externes des accidents	0	35	4	0.5
Coûts environnementaux	97	874	458	226
Total	1 177⁽¹⁾	4 397	873	325
Recettes				
Recettes aéroportuaires	1 687	3 121	501	224
Recettes du contrôle de la circulation aérienne	1 117	815	341	n.d.
Total	2 804	3 936	842	224

⁽¹⁾ A l'exclusion des coûts du bruit. ⁽²⁾ A l'exclusion des coûts d'exploitation.