



PREMIER MINISTRE

**Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective**

**Département
Développement durable**

**RAPPORTS
& DOCUMENTS**

Juillet 2013

**Estimation des élasticités des trafics
routiers et ferroviaires au PIB**

Contribution

**Jean-Jacques Becker
Xavier Delache
Julien Brunel
Damien Sigaud
Alain Sauvant**

Tome 2

Rapport

« *L'évaluation socio-économique en période de transition* »

Groupe de travail
présidé par Émile Quinet

Sommaire

Analyse des corrélations entre activité économique et activités de transport	5
1 Cadre général	5
2 Trafic urbain	5
3 Trafic ferroviaire	7
4 Trafic routier.....	8
5 Indice de coût des travaux publics (TP01).....	9
6 Annexe - Détail des estimations économétrique du trafic routier	11
 Élasticité du trafic routier au PIB	 13
 Calcul des bêtas pour un projet ferroviaire	 15
1 Cadre méthodologique	15
2 Estimation du bêta socioéconomique	16
3 Conclusion.....	18
4 Annexe : Estimation des modèles de court terme	19
 Recommandation pour la valeur du « bêta » pour le fret ferroviaire	 21
1 Par un raisonnement d'ordre général.....	21
2 Par la comparaison à des études internationales dans des pays où la situation du fret ferroviaire est « en état de régime permanent »	21

Analyse des corrélations entre activité économique et activités de transport

Jean-Jacques Becker

1 Cadre général

La prise en compte du risque macroéconomique dans l'évaluation socioéconomique des projets de transports suppose une connaissance des corrélations entre l'activité économique (plus précisément la consommation par tête des ménages) et les différents postes du bilan socio-économique de ce projet.

La plupart des postes du bilan socioéconomique étant directement impacté par les niveaux de trafic pour le projet considéré, on s'intéressera en priorité aux corrélations entre activité économique et niveau de trafic pour divers modes de transport : route, fer, transports en commun urbains.

En matière de coût, on examinera la corrélation entre activité économique et niveau de l'indice de coût des travaux publics TP01, dans la mesure où il n'existe pas à proprement de véritable indice de prix des travaux publics (l'INSEE utilise TP01 pour estimer des grandeurs en volume à partir des grandeurs en valeur pour ce secteur).

L'incertitude sur la croissance économique future peut être appréhendée de différentes manières : incertitude sur le trend moyen de croissance, incertitude sur la réalisation de chocs ponctuels, y compris d'évènements « catastrophiques » (type crise de 1929), se superposant à des évolutions en tendance. Dans le premier cas, ce sont des corrélations à long terme entre activité économique et niveau de trafic qui sont pertinentes alors que dans le second cas il convient de s'appuyer sur des corrélations à court terme.

En conséquence, on cherchera, dans la mesure du possible, à établir des relations économétriques à la fois de court et de long terme entre niveau de trafic et activité économique.

2 Trafic urbain

Les estimations économétriques proposées ont été établies à partir de données sur les transports en Île-de-France (données STIF et INSEE, séries annuelles sur 1981–2011).

Les variables de trafic sont exprimées en voyageurs.km et concernent les 4 modes suivants : métro, trains (transilien + RER), bus RATP, bus Optile (i.e. bus en grande couronne), considérés séparément ou de manière agrégée.

- Estimation des élasticités des trafics routiers et ferroviaires au PIB -

Les variables explicatives mobilisées comprennent, en plus du PIB par tête¹ :

- l'offre de transport exprimée en places.km ou veh.km ;
- le coût moyen du transport pour l'utilisateur ;
- la population en IDF² ;
- le prix du carburant qui conditionne le coût de la voiture particulière principale alternative aux transports en commun.

L'ensemble de ces variables étant intégrées à l'ordre 1, on a cherché à identifier des relations de cointégration entre ces variables pour obtenir des élasticités de long terme et de modèles à corrections d'erreur pour obtenir des élasticités de court terme. En l'absence de relations de cointégration, on a établi des équations économétriques à partir des variables exprimées en différences premières.

Le tableau ci-dessous reproduit les résultats correspondant à des modèles statistiquement significatifs utilisant au maximum les variables explicatives listées ci-dessus. En général, elles ne sont pas toutes significatives.

Élasticités	Ensemble	Métro	Trains	Bus RATP	Bus Optile
<i>Cointégration</i>	<i>OUI</i>	<i>NON</i>	<i>OUI</i>	<i>NON</i>	<i>OUI</i>
LONG TERME		-			
Offre TC	-	-	-	-	0,34
PIB par habitant	0,28	-	0,26	-	0,22
Population	2,8	-	2,48	-	2,17
Produit moyen	- 2,9	-	- 0,46	-	- 0,09
COURT TERME					
Offre TC	-	1,13 (0,00)	-	0,75 (0,00)	0,3 (0,00)
PIB par habitant	0,20 (0,11)	0,61 (0,00)	0,28 (0,24) 0,54 (0,00)*	0,85 (0,00)**	0,44 (0,00)
Population	-	-	-	- 2,52 (0,05)	-
Produit moyen	-	- 0,24 (0,02)	- 0,35 (0,02)	-	- 0,34 (0,09)

() : p value

* : sans force de rappel (i.e. en ignorant la relation de cointégration)

** : cette valeur n'est pas modifiée si on exclut la variable « population »

Lorsqu'on considère l'ensemble des transports en commun urbains de manière agrégée, on obtient une élasticité de long terme entre trafic et PIB par tête de l'ordre de 0,3. L'élasticité de court terme est un peu plus faible (valeur de 0,2) mais l'estimation statistique n'est pas de très bonne qualité.

Lorsqu'on considère les modes séparément, on obtient des élasticités de long terme entre trafic et PIB par tête de respectivement 0,22 et 0,26 pour les bus Optile et les trains. Pour les deux autres modes (métro et bus RATP), il n'existe pas de relation de

(1) La série sur l'IDF n'étant disponible qu'à partir de 1990, on a retenu la série moyenne France qui est fortement corrélée à la série IDF sur 1990/2010.

(2) La série est déduite des séries sur le PIB IDF sur 1990/2010 et extrapolée à partir des données recensement 1975 et 1982 sur 1980/1989.

long terme entre trafic et PIB par tête. Les élasticités de court terme apparaissent plus élevées et plus dépendantes du mode considéré : entre 0,54 et 0,85, avec des valeurs plutôt plus élevées pour les modes de cœur d'agglomération (métro et bus RATP). Ceci étant, ces valeurs ne sont pas statistiquement différentes au niveau de confiance de 95 %.

Recommandation

Retenir 0,3 pour l'élasticité de long terme entre trafic de transport collectif urbain et PIB par tête, 0,5 pour l'élasticité à court terme.

3 Trafic ferroviaire

On s'intéresse d'une part au trafic à longue distance (les « Grandes lignes SNCF ») et d'autre part au trafic de proximité (les TER).

Trafic à longue distance

Les variables de trafic considérées sont exprimées en voyageurs.km (séries annuelles 1981/2009).

Les variables explicatives comprennent, en plus de la CFM (consommation finale des ménages) :

- le coût moyen du transport pour l'utilisateur (produit moyen par voyageur.km) ;
- le prix du carburant qui détermine le coût de la voiture particulière principale alternative (et indirectement du transport aérien).

L'ensemble de ces variables étant intégrées à l'ordre 1, on a cherché à identifier une relation de cointégration entre ces variables pour obtenir des élasticités de long terme et un modèle à corrections d'erreur pour obtenir des élasticités de court terme.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous. On note une élasticité entre trafic ferroviaire et consommation finale des ménages de 1 à long terme et de 1,1 à court terme.

	CFM	Produit moyen	Prix carburant
Élasticité à LT	1	- 1,6	0,5
Élasticité à CT	1,1 (0,04)	- 0,44 (0,14)	0,26 (0,00)

() : p value

Recommandation

Retenir 1 pour l'élasticité de long terme et à court terme entre trafic ferroviaire grandes lignes et PIB par tête¹

(1) On fait l'hypothèse que l'élasticité du trafic par rapport au PIB par tête est sensiblement égale l'élasticité du trafic par rapport à la CFM.

Trafic régional (trafic TER hors Île-de-France)

Pour le TER, la relation entre la demande de transport ferroviaire de voyageurs et le PIB a été établie en s'appuyant sur une base de données agrégeant la demande totale de transport de voyageurs TER dans chacune des 21 régions françaises sur la période 2001-2010 (approche en pseudo-panel).

L'analyse tient compte comme variables explicatives, à côté d'une variable PIB par habitant régional, d'une variable d'offre ferroviaire (nombre de train-km offerts) et d'effets fixes individuels pour tenir compte des spécificités de chaque région.

	Log(PIB/hab)	Log(train-km)	AR(1)	R ²
Modèle de long terme	0,54 (0,21)**	0,43 (0,07)***	0,69 (0,03)***	0,99

Cette estimation suggère une élasticité au PIB par habitant plus faible pour le transport ferroviaire régional de voyageurs. Ce mode de transport apparait donc relativement moins sensible aux variations de la conjoncture économique que la demande ferroviaire à longue distance.

Cette conclusion est confirmée par une étude économétrique du trafic de voyageurs sur le « réseau principal SNCF » (i.e. grandes lignes + TER) qui conduit à une élasticité à long terme du trafic par rapport à la CFM plus faible que pour les seules grandes lignes (0,7 au lieu de 1).

Recommandation

Retenir 0,5 pour l'élasticité de long terme et à court terme entre trafic TER et PIB par tête.

4 Trafic routier

Différents types de données ont été mobilisées pour examiner le lien entre le trafic routier et activité économique : des informations sur les trafics agrégés au niveau national pour divers types de réseaux (autoroutes, ensemble du RRN, ensemble des réseaux routiers) ainsi que niveaux de trafics sur un ensemble de sections du RRN, utilisés directement ou agrégés au niveau régional.

Les résultats obtenus conduisent à des fourchettes assez larges pour l'estimation de l'élasticité des trafics au PIB, qui dépend fortement de la méthode économétrique utilisée et du type de données mobilisées (voir annexe pour plus de détails).

Estimations des circulations agrégées au niveau national

Élasticité du trafic routier au PIB	Élasticité de long terme	Élasticité de court terme
Tous réseaux	0,4 à 0,8	0,5 à 0,7
Ensemble RRN	0,6 à 0,7	0,5 à 0,7
Autoroutes concédées	1,2 à 1,7	0,8 à 1,1
RRN de type urbain	0,3	0,6

Estimations en pseudo-panel sur les trafics sur le RRN agrégés au niveau régional

Élasticité du trafic routier au PIB	Élasticité de long terme	Élasticité de court terme
Ensemble RRN	0.5 à 1.3	0.4 à 0.5
Autoroutes concédées	0.5 à 1.3	0.4 à 0.8

Estimations sur données individuelles (TMJA sur sections 1994-2010), équations en différences premières

Élasticité du trafic routier au PIB	Élasticité de long terme	Élasticité de court terme
Ensemble RRN		0,5 à 1
Autoroutes concédées	0,4 à 0,6	0,7 à 1,1
Autre RRN	-	0,3 à 0,7

Recommandations

Retenir 1,2 pour l'élasticité de long terme et de court terme entre trafic et PIB par tête pour les infrastructures interurbaines de type autoroutières ; retenir 0,7 pour l'élasticité de long terme et de court terme entre trafic et PIB par tête pour les infrastructures interurbaines non autoroutières ; retenir 0,5 pour l'élasticité de long terme et de court terme entre trafic et PIB par tête pour les infrastructures routières urbaines¹.

Recommandation plus générale

Il serait utile d'analyser de façon plus approfondie la question de l'élasticité au PIB/tête en fonction de la gamme de distance des déplacements indépendamment du mode.

5 Indice de coût des travaux publics (TP01)

On recherche une relation économétrique entre l'indice TP01 (déflaté de l'indice de prix du PIB) et le PIB en volume, en introduisant comme variable explicative supplémentaire le prix du pétrole en euros constants. Ces séries sont intégrées d'ordre 1.

On n'observe pas de relation de cointégration entre ces variables.

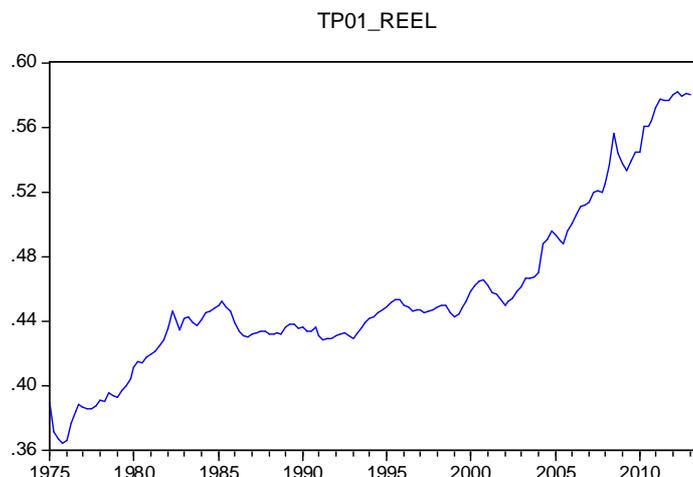
L'estimation en différences premières fournit une élasticité de 0,4 à 0,5 entre l'indice réel TP01 et le PIB en volume. La constante n'est pas significativement différente de zéro : on n'observe donc pas de trend d'évolution sur cet indice.

	Période 1990/2012 Données trimestrielles	Période 2000/2012 Données trimestrielles
PIB en volume	0,41 (0,01)	0,48 (0,00)
Prix du pétrole	0,013 (0,00)	0,015 (0,00)
Constante	0,0004 (0,72)	0,0009 (0,51)

() : p value

(1) On fait l'hypothèse que l'élasticité du trafic par rapport au PIB par tête est sensiblement égale l'élasticité du trafic par rapport au PIB total.

L'examen de la série TP01 déflatée de l'indice de prix du PIB met en évidence une croissance depuis le début des années 2000.



L'analyse statistique des différences premières de cette série en logarithme (sans introduire de variables explicatives) permet d'identifier un processus autorégressif d'ordre 1.

Période 2000/2012 - données trimestrielles	Constante	AR(1)
D(LOG(TP01 réel))	0,0034 (0,04)	0,39 (0,01)

() : p value

La croissance moyenne de l'indice TP01 déflatée de l'indice de prix du PIB, observée sur la période 2010/2012, s'élève ainsi à 1,3 %. On notera que l'indice TP01 est un indice de coût et non de prix et qu'il ne prend pas en compte la productivité

Recommandations

Retenir une élasticité de 0,4 dans le cadre des analyses de risque, relativement aux coûts d'investissement et aux coûts d'entretien ; prendre en compte l'évolution des prix relatifs au moins au niveau des coûts d'investissement¹.

(1) Le coût d'investissement peut par ailleurs évoluer pour d'autres raisons comme l'évolution du contenu technique de l'opération (nouvelles normes de conception, changement dans le champ ou le programme de l'opération, mesures environnementales, ...).

6 Annexe - Détail des estimations économétrique du trafic routier

Estimations des circulations agrégées au niveau national

SEEIDD : relations de cointégration entre variables intégrées d'ordre 1 et modèles à correction d'erreur pour les variations à court terme.

TOUS RESEAUX VP (annuel 1975/2009)	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes
Élasticité à LT	0,4	- 0,3	0,6
Élasticité à CT	Pas significatif	0,25 (0,02)	0,6 (0,00)
RRN ancien périmètre (annuel et trimestriel 1970/2007)	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes
Élasticité à LT	0,6 à 0,7	- 0,2 à - 0,4	0,1 à 0,15
Élasticité à CT	Pas significatif	- 0,1 à - 0,2 (0,03)	0,15 à 0,2 (0,03)
Autoroutes concédées (annuel et trimestriel 1970/2012)	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes concédées
Élasticité à LT	1,2 à 1,7	- 0,5	0,5 à 0,9
Élasticité à CT	0,8 à 1,1 (0,00)	- 0,1 à - 0,4 (0,00)	0,7 (0,00)

RRN de type interurbain/nouveau périmètre (trim 2000/2009)	PIB	Cout d'usage VP (indice INSEE)	trend
Élasticité à LT	0,6 à 0,7	- 0,2 à - 0,4	0,012
Élasticité à CT	0,7 (0,00)	- 0,4 (0,00)	
RRN de type urbain / nouveau périmètre (trim 2000/2009)	PIB	Cout d'usage VP (indice INSEE)	trend
Élasticité à LT	0,3	- 0,3	0,004
Élasticité à CT	0,6 (0,01)	- 0,2 (0,01)	

SETRA : équations en niveau (avec terme autorégressif pour l'agrégat « tous réseaux », pour le RRN, ce terme n'est pas significatif) et en différences premières.

TOUS RESEAUX tous véhicules (annuel 1990/2010)	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes
Niveau : Elasticité à LT	0,8	- 0,15 à - 0,25	0,3 à 0,6
Niveau : Elasticité à CT	0,5	- 0,1 à 0,15	0,2 à 0,4
Différences premières	0,6 à 0,7	- 0,1 à -0,15	-
RRN (annuel 1980/2010)	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes
Niveau	0,6 à 0,7	- 0,1 à 0,15	-
Différences premières	0,5 à 0,7	- 0,1 à - 0,15	-
Autoroutes concédées	PIB	Prix carburant	Longueur autoroutes

- Estimation des élasticités des trafics routiers et ferroviaires au PIB -

(annuel 1980/2010)			
Niveau	1,4 à 1,6	- 0,3	-
Différences premières	0,8	- 0,15	-

Estimations en pseudo-panel sur les trafics sur le RRN agrégés au niveau régional (1994-2010)

	PIB	Prix carburant
Ensemble RRN		
Estimation en niveau	0,5 à 1,3	-
Estimation en différences premières	0,4 à 0,5	-
AUTOROUTES		
Concédées		
Estimation en niveau	0,5 à 1,3	-
Estimation en niveau	1,3	- 0,07 (NS)
Estimation en différences premières	0,4 à 0,5	-
Estimation en différences premières	0,8	- 0,15

Estimations sur données individuelles (TMJA sur sections 1994-2010), équations en différences premières

	PIB	Prix carburant	Part des PL
Ensemble RRN			
Estimation en différences premières	0,5 à 1	- 0,1 à - 0,15	- 0,001
AUTOROUTES			
Concédées			
Estimation en différences premières	0,4 à 0,6	-	- 0,001
Estimation en différences premières	0,9 à 1,1	- 0,15 à - 0,2	- 0,001
Estimation en différences premières (panel régions/années)	0,7	- 0,15	-
Autre RRN			
Estimation en différences premières	0,4 à 0,7	- 0,12 à -0,17	-
Estimation en différences premières (panel régions/années)	0,3	- 0,1	-

Élasticité du trafic routier au PIB

Xavier Delache

Cette fiche présente les résultats d'estimations économétriques de l'élasticité du trafic routier au PIB. Elle est destinée à éclairer les travaux du CAS sur le risque, en particulier celle d'un « bêta du secteur routier ». Pour autant, elle ne doit pas être lue comme justifiant l'approche « au dénominateur », avec un bêta par secteur, sur laquelle le SETRA a présenté des arguments qui militent plutôt en faveur d'une approche tenant compte des spécificités des projets, ce que semble pouvoir faire de façon plus transparente une approche au numérateur.

Cette fiche de résultats aborde plusieurs approches.

Dans un premier temps, les équations économétriques testées portent sur les trafics annuels agrégés au niveau national. Elle considère un relativement large éventail d'indicateurs de trafic et de variables explicatives. Elle tente également d'apprécier la robustesse des résultats en étendant la période d'estimation (jusqu'en 1980).

Dans un deuxième temps, cette fiche s'intéresse aux données de sections du réseau routier national, après avoir mis en évidence, pour chacune d'elle, la corrélation entre le PIB et le trafic sur la période 1994-2010 (cf. note du SETRA CSTM-13-007 du 25 février 2013). Compte-tenu de la dispersion de ces corrélations, cette fiche tente quelques équations expliquant la variance des taux de croissance du trafic, par des variables explicatives temporelles d'une part (PIB) et individuelles sur les sections d'autre part (profil en travers, part du trafic poids lourd).

Enfin, cette fiche tente une approche sur données de panel sur les trafics régionaux.

Les résultats sont présentés de façon synthétique dans le tableau ci-après.

Il s'en dégage une valeur de l'élasticité de court terme du trafic au PIB autour de 0,5 à 0,6 (si elle devait être utilisée dans une approche du bêta pour un calcul de risque de dénominateur ce qui n'est, comme rappelé ci-dessus, l'approche proposée par le SETRA).

- Estimation des élasticités des trafics routiers et ferroviaires au PIB -

Trafic	Niveau	Facteurs explicatifs	Élasticité au PIB ¹		
			Tout réseau	Autoroutes	Autres RN
Parcours (SoeS) (1990-2010)	Valeur en niveau	Parcours (t-1), PIB, PrC ² , Longueur, Population	0,544 ; 0,832	--	--
		Parcours (t-1), PIB par tête, PrC, Longueur	0,58 ; 0,838	0,427 ; 0,724	--
		Parcours (t-1), PIB par tête, PrC, Longueur, Age médian	0,53 ; 0,811	--	--
		Parcours (t-1), PIB, PrC, Longueur, Age médian	0,51 ; 0,775	--	--
	Valeur en variation	PIB par tête, PrC	0,76	0,92	--
		PIB par tête, PrC, Age médian	0,66	--	--
		PIB, PrC, Population	0,7	0,79	--
Indice de circulation (Setra) (1990-2010)	Valeur en niveau	PIB par tête, PrC, Longueur, Age médian ³	0,59	--	--
		PIB par tête, PrC, Age médian	0,74	0,81	0,46
		PIB, PrC, Age Médian, Population	0,62	--	0,39
	Valeur en variation	PIB, PrC, Population	0,52	--	--
		PIB par tête, PrC	0,57	0,84	0,36
		PIB, PrC	0,55	0,84	0,36
Indice de circulation (Setra) (1980-2010)	Valeur en niveau	PIB par tête, Prix du Gazole, Age médian	0,78		
		PIB, Prix du Gazole, Age médian	0,85		
	Valeur en variation	PIB, Prix du Gazole	0,75		
		PIB par tête, Prix du Gazole	0,75		
TMJA par section ⁴	Valeur en variation	PIB, part des PL		(AC 2x2 voies) 0,558	
		PIB, part des PL		(AC 2x3 voies) 0,600	
		PIB, part des PL		(AC 2x4 voies) 0,499	
		PIB, part des PL		(ANC interU 2x2) 0,698	
		PIB, part des PL			(Autre RN 2x2) 0,458
Trafic cumulé au niveau régional (1994-2010)	Valeur en niveau	PIB Régional	0,50 à 1,32	0,51 à 1,33	
	Valeur en variation	PIB Régional	0,43 à 0,53	0,42 à 0,54	

(1) Lorsque deux valeurs sont fournies, la première est l'élasticité à court terme, la seconde à long terme.

(2) Prix des carburants.

(3) Dans ces équations, les variables explicatives de nature démographique traduisent peut-être une tendance d'écart trafic-PIB que d'autres variables de tendances (trend) pourraient tout autant traduire – à creuser.

(4) Dans ces équations, la part de la variance expliquée (sur ~7000 observations sections * années) est très faible (R² faible), mais le PIB ressort comme très significatif.

Calcul des bêtas pour un projet ferroviaire

*Julien Brunel
Damien Sigaud*

Au sein de la commission présidée par M. Quinet au Centre d'analyse stratégique sur l'évolution des méthodes d'évaluations, un groupe de travail spécifique réfléchit à une prise en compte du risque dans l'évaluation des projets de transports. Ce groupe a demandé à RFF de réaliser des calculs pour éclairer la méthode de prise en compte du risque envisagée du cas du transport ferroviaire. La présente note rappelle, dans un premier temps, le cadre méthodologique retenu (1). Elle propose ensuite une application de cette méthode en estimant le coefficient « bêta », un facteur mesurant la sensibilité des trafics aux variations de richesse, pour différents types de trafics ferroviaires (2).

1 Cadre méthodologique

La prise en compte du risque dans les évaluations économiques de projet a récemment reçu une attention soutenue à l'occasion du groupe de travail « Gollier » au Centre d'analyse stratégique. Le rapport publié par ce groupe de travail¹ propose une méthode pour intégrer le risque dans le calcul socioéconomique. Cette analyse se place dans le cadre de la méthode de la VAN (valeur actuelle nette) qui permet d'apprécier s'il est justifié de réaliser un projet. Cette méthode consiste à sommer les coûts et les bénéfices d'un projet, années après années, en appliquant un certain taux d'actualisation. En univers certain, ce taux α serait un taux d'actualisation sans risque.

Pour prendre en compte les différents risques liés à la réalisation d'un projet, il apparaît nécessaire d'utiliser un taux d'actualisation, noté α' , corrigé du risque. Le **modèle d'évaluation des actifs financiers** (MEDAF), utilisé par les marchés pour déterminer le prix des actifs et corroboré par des observations empiriques, montre comment la rentabilité d'un actif est affectée par le risque. Selon ce modèle, le rendement des actifs risqués dépasse le rendement d'un actif sans risque d'un facteur produit de la prime de risque moyenne de marché et de la corrélation entre les rendements de l'actif et ceux du marché. Ce dernier facteur, appelé **bêta de l'actif**, est généralement déterminé expérimentalement.

Du point de vue formel, le taux d'actualisation corrigé du risque est alors donné par la formule suivante :

$$\alpha' = \alpha + \beta \times \phi$$

où $\phi = \gamma\sigma^2$ désigne la prime de risque moyenne de marché, intégrant à la fois la volatilité globale de l'économie (σ^2) et l'aversion relative de la collectivité pour le

(1) Centre d'analyse stratégique (2011), *Le calcul du risque dans les investissements publics. Rapport de la mission présidée par Christian Gollier*. Paris, La Documentation française, 240 p.

risque (γ), et où le coefficient β mesure la relation statistique de corrélation existant entre les risques du projet et le risque macroéconomique.

La formule générique du coefficient β est :

$$\beta = \frac{\text{cov}(\ln(X_t), \ln(C_t))}{\text{var}(\ln(C_t))}$$

où X_t représente le bénéfice du projet et C_t le niveau de richesse. Le coefficient β mesure la sensibilité du bénéfice du projet aux variations du niveau de richesse. Un projet ayant un bêta nul est un projet dont les bénéfices sont indépendants de l'activité économique. Un projet qui a un bêta unitaire est un projet dont le bénéfice croît en moyenne de 1% quand le PIB augmente de 1%. Un bêta supérieur à 1 montre que le bénéfice du projet augmente plus vite que la richesse nationale lorsque celle-ci croît.

Dans le cas d'un projet d'infrastructure ferroviaire, le bêta est calculé en utilisant la formule générique qui précède, en considérant :

- le PIB pour représenter le niveau de richesse ;
- la demande de transport, exprimée en voyageurs-km, pour approcher le bénéfice d'une infrastructure.

La partie qui suit propose d'estimer le bêta pour différents types de trafics ferroviaires.

2 Estimation du bêta socioéconomique

Différentes sources de données peuvent être mobilisées pour estimer des bêtas socioéconomiques pour le transport ferroviaire. Dans la présente partie, ce coefficient est estimé pour deux activités : la demande de transport de voyageurs à grande vitesse et la demande de transport régional de voyageurs.

a) La demande TGV

Les données utilisées pour la demande TGV sont des **séries temporelles trimestrielles** de demande de transport de voyageurs à grande vitesse, exprimée en voyageurs-km, et décomposées **par sous-marchés géographiques** (axes Sud-Est, Atlantique, Nord et Thalys, Eurostar, et jonction). Ces données sont croisées avec des séries macroéconomiques (PIB trimestriel). Au total, cet échantillon représente une soixantaine de données. Les résultats de ces estimations sont présentés dans les tableaux qui suivent. Ces régressions considèrent par ailleurs les variations saisonnières de la demande (modélisées en introduisant un effet fixe pour le trimestre).

Ces estimations font apparaître des différences selon les axes. Pour certains, les bêtas seraient compris aux alentours de 1,5 (axes Atlantique, Sud-Est après l'ouverture de la LGV Méditerranée). Pour les autres (TGV Jonction, notamment), ces estimations montrent des bêtas élevés (supérieurs à 3). **Ces valeurs élevées s'expliquent par une augmentation simultanée de l'offre et de la compétitivité du mode ferroviaire au cours de la période d'observation.** Ces axes ont en effet bénéficié de la mise en service de lignes nouvelles qui ont amélioré la compétitivité

relative de l'alternative ferroviaire par rapport aux modes concurrents (route, avion). Par exemple, lorsque les Britanniques réalisent une ligne nouvelle entre le tunnel sous la Manche et Londres, cela réduit le temps de parcours entre Paris et Londres, améliore le positionnement d'Eurostar vis-à-vis de ses concurrents aériens et routiers, et entraîne une croissance très forte de ces axes. Cette raison explique que l'on trouve des élasticités élevées sur ces marchés.

La faible valeur de la statistique de Durbin-Watson souligne par ailleurs que ces régressions présentent généralement une autocorrélation temporelle des résidus. Pour autant, les régressions avec les variables prises en différence première (lissées ou corrigées des variations saisonnières, cf. annexe) ne sont pas statistiquement significatives.

Marché	période	<i>n</i>	Constante	$Ln(PIB_t)$	R ²	DW
Sud Est	T1:1995 – T4:2010	64	-31,2 (1,25) ^{***}	2,52 (0,10) ^{***}	0,92	1,27
Sud Est av. LGV Med	T1:1995 – T4:2000	24	-32,8 (4,11) ^{***}	2,64 (0,32) ^{***}	0,80	1,95
Sud Est ap. LGV Med	T3:2002 – T4:2010	34	-16,5 (1,9) ^{***}	1,39 (0,14) ^{***}	0,79	1,13
Atlantique	T1:1995 – T4:2010	64	-16,2 (1,06) ^{***}	1,33 (0,08) ^{***}	0,86	1,37
Nord et Thalys	T1:1995 – T3:2010	63	-47,3 (3,32) ^{***}	3,63 (0,26) ^{***}	0,76	0,20
Eurostar	T1:1995 – T3:2010	63	-36,4 (3,03) ^{***}	2,77 (0,23) ^{***}	0,74	0,33
Jonction	T1:1995 – T4:2010	64	-74,5 (2,90) ^{***}	5,80 (0,22) ^{***}	0,92	0,35

*Note : la variable expliquée est le nombre de voyageurs-km de chaque marché ou $Ln(voykm_t)$. De plus, les signes *, ** et *** signifient que les coefficients estimés sont significativement différentes de zéro aux seuils de 10%, 5%, et 1%.*

Au final, l'étude de ces données historiques suggère que la valeur du bêta du pour le TGV serait comprise entre 1 et 1,5.

b) La demande TER

Des données trimestrielles sur la demande totale de transport régional en France (exprimées en voyageurs-km) sont utilisées pour calculer un bêta de cette activité entre 1998 et 2010. Ces données permettent de reconstituer un échantillon d'une cinquantaine d'observations. Les résultats de cette estimation sont présentés dans le tableau qui suit. **La valeur obtenue, de 2,7, peut paraître élevée, cependant, ce bêta intègre un effet offre important**, l'offre de TER ayant fortement augmenté durant cette période, avec la décentralisation de la politique de transport ferroviaire régional.

	période	<i>n</i>	$Ln(PIB_t)$	R ²
$Ln(Voykm_t)$	T1:1998 – T4:2010	52	2,7 (0,20) ^{***}	0,78

Des comptages, effectués en Région Pays-de-la-Loire dans toutes les gares TER, peuvent être utilisés pour estimer la sensibilité entre les trafics et la croissance

économique à une échelle plus désagrégée. Ces comptages ont débuté en 2004 et **permettent de connaître le nombre de voyageurs utilisant le TER dans chacune des gares de la région**, avec une fréquence annuelle.

La profondeur de ces données est réduite (elles couvrent la période 2004-2010) : le nombre de données n'est pas suffisant pour calculer un bêta robuste par gare. **Une régression en panel avec effet fixe** (pour les 122 gares de la région) **a donc été effectuée**. Les résultats de cette estimation figurent dans le tableau ci-dessous.

La valeur du bêta obtenue, légèrement supérieure à 1, est plus cohérente avec l'intuition selon laquelle la demande TER est moins corrélée à la croissance économique que la demande TGV. Toutefois, cette valeur ne tient pas compte des effets de l'augmentation de l'offre ayant pu intervenir pendant cette période. Une estimation supplémentaire est réalisée en considérant cet effet avec l'introduction d'une variable représentant le nombre de trains desservant la gare en question. Les résultats de cette estimations figurent dans le tableau suivant : ils montrent qu'en contrôlant l'effet de l'augmentation de l'offre, **la valeur du bêta serait de l'ordre de 1**.

	période	<i>n</i>	Constante	$Ln(PIB_t)$	$Ln(trains_t)$	R ²
$Ln(Voyageurs\ TER_t)$	2004-2010 (sauf 2009)	738	Effet fixe par gare	1,19 (0,53)**	-	0,97
$Ln(Voyageurs\ TER_t)$	2004-2010 (sauf 2009)	738	Effet fixe par gare	1,01 (0,47)**	1,07 (0,09)***	0,97

3 Conclusion

Au total, cette note montre

- que l'analyse des séries historiques de trafics TGV suggère que le bêta de cette activité semble compris entre 1 et 1,5 ;
- pour le transport régional, un bêta proche de 1 semble ressortir de ces estimations corrigées des effets de l'augmentation de l'offre.

4 Annexe : Estimation des modèles de court terme

Le modèle de long terme estimé plus haut est le suivant :

$$\ln(voykm_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(PIB_t)$$

Les tests statistiques ne permettent pas d'écarter la présence d'une autocorrélation temporelle des résidus. Un modèle de court terme estimé est donc estimé. Ce modèle est le suivant :

$$\Delta \ln(voykm_t) = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(PIB_t)$$

où les variables $voykm_t$ et PIB_t sont corrigées des variations saisonnières.

Les résultats de ce modèle sont présentés dans le tableau ci-dessous. Il ressort de ces estimations que les modèles de court terme ne semblent pas statistiquement significatifs à l'exception de la relation estimée pour le marché Sud-Est après la mise en service de la LGV Méditerranée. Pour ce marché, l'élasticité de court terme des trafics voyageurs au PIB est significative et serait proche de 2.

Marché	période	n	Constante	$\Delta \ln(PIB_t)$	R ²
Sud Est	T1:1995 – T4:2010	63	-0,00 (0,01)***	2,94 (1,87)	0,02
Sud Est av. LGV Med	T1:1995 – T4:2000	22	-0,04 (0,06)	8,18 (7,50)	0,01
Sud Est ap. LGV Med	T3:2002 – T4:2010	33	-0,00 (0,01)	2,11 (0,90)**	0,12
Atlantique	T1:1995 – T4:2010	63	-0,01 (0,01)	2,77 (1,59)*	0,03
Nord et Thalys	T1:1995 – T3:2010	63	0,01 (0,01)	3,18 (-1,91)	0,03
Eurostar	T1:1995 – T3:2010	62	0,01 (0,01)	3,58 (2,20)	0,02
Jonction	T1:1995 – T4:2010	62	0,01 (3,29)	3,29 (2,47)	0,01

Recommandation pour la valeur du « bêta » pour le fret ferroviaire

Alain Sauvant

La question de l'élasticité du trafic ferroviaire à l'activité économique est délicate, car le transport ferroviaire de marchandises a connu une évolution de trafic largement liée à la diminution en France de subventions croisées très importantes implicites ces dernières décennies, dont le montant est difficile à observer et même à reconstituer ; et donc procéder à une analyse économétrique standard ne peut pas donner un résultat raisonnable comme dans d'autres domaines.

Il convient donc probablement de reconstituer soit par le raisonnement qualitatif soit par le benchmark de pays où le fret ferroviaire est dans une situation plus « normale » ce que devrait être l'élasticité recherchée.

On peut cependant approcher la question posée par le faisceau d'indices suivant :

1 Par un raisonnement d'ordre général

Le transport ferroviaire va souvent transporter des marchandises plus pondéreuses (moins coûteuses) que la route. De ce fait au fur et à mesure que l'économie croît elle se sophistique et en produisant des marchandises à plus haute valeur ajoutée, donc moins transportable par chemin de fer (et avec des tailles d'envois plus petites également dans une large mesure de ce fait).

On s'attend donc à ce que l'élasticité du fret ferroviaire au PIB soit donc un peu inférieure à celle du routier fret au PIB.

2 Par la comparaison à des études internationales dans des pays où la situation du fret ferroviaire est « en état de régime permanent »

Un manuel de Grande Bretagne renvoie faute de mieux vers une source australienne avec une élasticité du fret ferroviaire au PIB = 0,59

www.itrc.org.uk/wordpress/wp-content/FTA/ITRC-FTA-AnnexF.pdf

Le même manuel britannique cite 0,7 pour l'élasticité fret routière au PIB, donc la hiérarchie des élasticité esquisées ci-dessus est vérifiée.

Une étude ancienne de la SNCF (1962-80) donne un résultat assez proche (0,67) avec un effet de tendance ; Une revue de littérature donne une moyenne de 0,94.

L'élasticité du transport de fret tous modes à la production de biens ressort à 1,27 ce qui est là aussi assez cohérent avec les éléments précédents.

Il conviendrait probablement d'engager une recherche de références, plus vaste, mais de toute façon chaque cas est spécifique. Toutefois en retenant les cas on arrive à une fourchette de 0,6 à 1 environ pour l'élasticité au PIB du fret ferroviaire (avec peut être une tendance, mais qui ne dépend pas de la croissance, donc n'influe pas sur le risque systémique)

Le second sujet est celui de la corrélation entre les surplus par unité de trafic et le PIB. En voyageurs, c'est effectivement en première approche celle entre la valeur du temps et le PIB. Pour des marchandises, il y a là aussi un élément de réflexion. La valeur du temps est nettement moins déterminante en fret qu'en voyageurs. L'avantage typique d'un projet de fret est plutôt de la compétitivité coût plutôt que le gain de temps comme en voyageurs.

Les coûts évoluent en première approche hors productivité comme une part de coût du horaire travail et du capital. Le capital est du travail indirect, donc cela renvoie aussi au coût du travail en première approche (même si des effets de productivité peuvent jouer). Et le coût horaire du travail doit aussi renvoyer à la valeur du temps du fait de la possibilité d'arbitrage entre travail et loisirs. On en revient donc à la valeur du temps aussi comme élément de valeur unitaire du trafic hors effet de productivité, donc également à ajouter aussi 0,7 pour trouver le beta, même si une valeur un peu plus faible pourrait aussi se comprendre si l'on suppose du progrès technologique réduisant le besoin en facteurs de production, donc une fourchette 0,5 à 0,7 pour ce terme.

Des travaux complémentaires devraient être effectués pour mieux comprendre le lien entre les coûts du mode et la croissance économique (économétrie, études de cas de pays ayant connu des chocs économiques,...)

A ce stade, on peut estimer en première approche le beta pour du fret ferroviaire dans une fourchette entre $0,6 + 0,5 = 1,1$ et $1 + 0,7 = 1,7$ soit une moyenne recommandée de $\beta = 1,4$.

Le raisonnement est sûrement perfectible, et à prendre avec les précautions adéquates car le sujet est difficile. Bien sûr, comme ailleurs il faut recommander que le bêta soit calculé en cohérence avec l'élasticité prise dans l'étude de trafic concernée, qui peut bien sûr affiner les choses (un trafic de conteneurs sera par exemple probablement plus élastique à la croissance).