

# **ANALYSE DES RENDEMENTS D'ÉCHELLE ET DE L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE LA SNCF PAR UNE APPROCHE DÉSAGRÉGÉE**

*Karine BRIARD, André REMY, Alain SAUVANT*

De façon à prendre en compte l'impact de la mise en service du réseau de transport à grande vitesse sur la productivité du transport ferroviaire, le SES a réalisé une étude selon une approche désagrégée (TGV et hors TGV) sur la période 1970-1998. Celle-ci fait apparaître l'absence d'évolution positive de la productivité de chacune de ces activités. Les rendements d'échelle de chaque activité par rapport au facteur de production le plus important de chacune d'entre-elles apparaissent légèrement décroissants (TGV par rapport au capital, train classique par rapport au travail). Enfin, elle met en évidence le contrecoup négatif important du TGV sur la productivité partielle du matériel roulant voyageurs classique.

## **Les objectifs visés**

Les approches les plus fréquentes pour étudier la productivité d'une entreprise de chemin de fer considèrent l'entreprise dans sa globalité en la comparant à ses homologues étrangères. Elles ne prennent pas en compte les modifications profondes du processus de production de transport ferroviaire, notamment celles qui ont eu lieu en France, depuis le début des années 1980, avec la mise en service du réseau à grande vitesse.

La mise en service des trains à grande vitesse (TGV) a en effet permis une augmentation sensible du niveau de service, notamment en réduisant le temps de trajet. Ces trains sont aussi plus économes en travail que le chemin de fer classique du fait de taux d'occupation des sièges bien supérieurs à ceux des trains de voyageurs classiques. Elle a, par contre, nécessité des investissements très importants en infrastructures et en matériel roulant (plus de 115 milliards de francs 1996 depuis 1975).

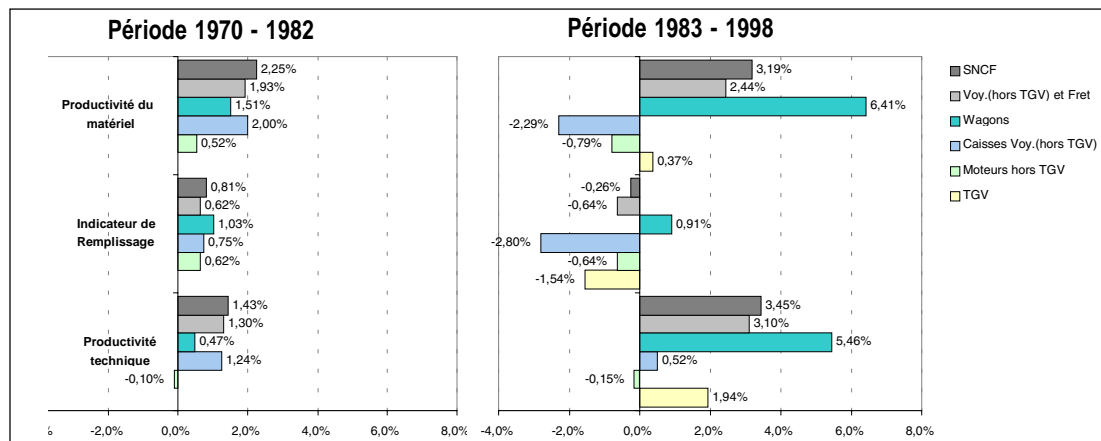
Le premier objectif de la présente étude est d'analyser l'impact de la substitution progressive du TGV au train classique sur les évolutions de la productivité de la SNCF au cours de la période 1970-1998. Cette substitution est aujourd'hui très avancée puisque, en 1998, 47 % des voyageurs-kilomètres produits par la SNCF correspondent à des transports en TGV.

Le second objectif de cette étude est d'apporter des éclairages sur la productivité commerciale et la productivité technique des différents types de matériel roulant. Celui-ci est en effet l'un des facteurs de production les plus facilement identifiables et l'évolution de l'intensité de l'utilisation des différents types de matériel est riche d'enseignements sur les évolutions qu'a connues la SNCF pendant les trente dernières années.

## **La productivité partielle du matériel roulant**

La productivité partielle du matériel roulant (unités-kilomètres par élément) mesure le nombre de voyageurs-kilomètres ou de tonnes-kilomètres produits par élément (locomotive, caisse voyageurs, wagon de fret). Elle se décompose en deux éléments dont elle est le produit : la productivité technique du matériel roulant et le niveau de remplissage. La productivité technique (trains-kilomètres par élément) mesure l'intensité de l'utilisation des éléments de matériel roulant, abstraction faite du niveau de remplissage des trains. Le niveau de remplissage des trains mesure le nombre moyen de voyageurs ou de tonnes par train.

Figure 1 : Taux de croissance annuelle des indicateurs de productivité et de remplissage<sup>1</sup>



### Définition des indicateurs techniques du matériel roulant

Indicateurs	Productivité technique (a)	Indicateur de Remplissage (b)	Productivité partielle du matériel roulant (c)=(a)*(b)
SNCF (Ensemble)	$\frac{\text{Trains.km}}{\text{Caisses et wagons}}$	$\frac{\text{Unités.km}}{\text{Trains.km}}$	$\frac{\text{Unités.km}}{\text{Caisses et wagons}}$
Ensemble voyageur + fret hors TGV <sup>2</sup>	$\frac{\text{Trains.km hors TGV}}{\text{Caisses et wagons hors TGV}}$	$\frac{\text{Unités.km hors TGV}}{\text{Trains.km hors TGV}}$	$\frac{\text{Unités.km hors TGV}}{\text{Caisses et wagons hors TGV}}$
Wagons (fret)	$\frac{\text{Trains.km fret}}{\text{Wagons}}$	$\frac{\text{Tonnes.km}}{\text{Trains.km fret}}$	$\frac{\text{Tonnes.km}}{\text{Wagons}}$
Caisses voyageurs <sup>3</sup> hors TGV	$\frac{\text{Trains.km voy. hors TGV}}{\text{Caisses voy. hors TGV}}$	$\frac{\text{Voy.km hors TGV}}{\text{Trains.km Voy. hors TGV}}$	$\frac{\text{Voy.km hors TGV}}{\text{Caisses Voy. hors TGV}}$
Éléments moteurs hors TGV	$\frac{\text{Train.km hors TGV}}{\text{Elements moteurs hors TGV}}$	$\frac{\text{Unités.km hors TGV}}{\text{Trains.km hors TGV}}$	$\frac{\text{Unités.km hors TGV}}{\text{Elements moteurs hors TGV}}$
TGV	$\frac{\text{Trains.km TGV}}{\text{Rames TGV}}$	$\frac{\text{Voy.km TGV}}{\text{Trains.km TGV}}$	$\frac{\text{Voy.km TGV}}{\text{Rames TGV}}$

Pendant les années soixante-dix, la productivité technique, la productivité du matériel roulant et le niveau de remplissage évoluent positivement, quelle que soit l'activité. Les deux décennies suivantes sont marquées par un déséquilibre net entre transport de voyageurs et transport de marchandises.

### Le fret : rationalisation et croissance de la productivité

Avec la mutation de l'industrie lourde des années soixante-dix et la crise pétrolière, l'évolution de la nature des produits transportés (moins de pondéreux, plus de produits manufacturés) a conduit à une stagnation du tonnage transporté entre 1970 et 1982. Par la suite, les difficultés du fret ferroviaire se sont encore accentuées.

Sur les décennies quatre-vingt et quatre-vingt-dix, le fret présente un taux de croissance de productivité technique dix fois supérieur à celui du transport de passagers (hors TGV). Le niveau de remplissage augmente à un rythme proche de celui de la décennie soixante-dix (0,91 % contre 1,03 %), passant de 317

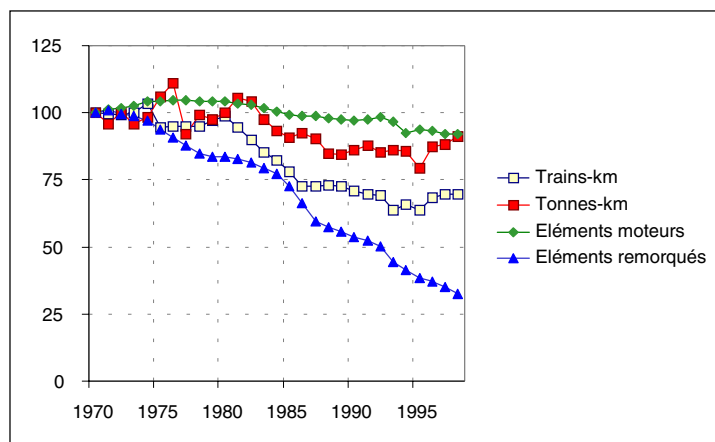
<sup>1</sup> Le matériel moteur hors TGV ne peut être désagrégé entre fret et transport de passagers. 1 voyageur-kilomètre = 1 tonne-kilomètre = 1 unité-kilomètre.

<sup>2</sup> L'unité de l'agrégat « Éléments caisses et wagons » représente 10 wagons ou 1 « caisse voyageurs ». Cette relation d'équivalence entre les éléments remorqués fret et voyageurs est justifiée par le rapport de coût de ces éléments : 4.6 millions de francs de 1996 pour une voiture Corail, autour de 500 000 francs en moyenne pour un wagon.

<sup>3</sup> Les éléments moteurs hors TGV sont les locomotives électriques et Diesel, les automotrices, les autorails et les turbotrains. Les « Caisses voyageurs » sont les voitures de voyageurs, les automotrices, autorails et turbotrains. Les wagons peuvent être des « wagons réseaux » ou des wagons de particuliers.

tonnes par train en 1970 à 417 tonnes par train en 1998. L'activité connaît aussi la plus forte progression de productivité partielle du matériel roulant (+ 64 % entre 1970 et 1998), avec une accélération du taux de croissance à partir de 1985 (taux annuel moyen de 6,4 % sur la période 1985-98 contre 1,5 % sur la période précédente).

**Figure 2 : Évolution du nombre des trains-kilomètres et de l'effectif en matériel dans l'activité fret (base 100 - 1970)**



Cette évolution de la productivité du matériel roulant résulte de la conjugaison d'un accroissement de la productivité technique (amélioration du tonnage transporté par train de l'ordre de 20 % sur les vingt-huit années sous revue) et de la réduction massive du parc de wagons (réduction des deux tiers du parc avec 204 000 wagons retirés du parc dont les trois quarts entre 1980 et 1998). Entre 1982 et 1994, la baisse de la circulation des trains de fret (- 27 %), plus sensible que la baisse des transports (- 18 % en tonnes-kilomètres), résulte d'un accroissement du niveau de remplissage des trains.

Cette évolution positive des indicateurs témoigne des efforts de rationalisation entrepris dans le transport de marchandises, tels que la réduction du parc avec radiation d'une partie des wagons en surnombre. Cette politique permet à l'entreprise de diminuer ses coûts d'entretien de ce matériel en surnombre et d'orienter les dépenses vers le transport de voyageurs.

### **Deux évolutions contrastées pour le transport de voyageurs classique et le TGV**

Le transport de voyageurs en train classique croît de l'ordre de 2,8 % par an jusqu'en 1982, en partie grâce au développement de l'activité banlieue et des transports pour motifs de loisir. A partir de la moitié des années quatre-vingt, le nombre de voyageurs-kilomètres accuse une stagnation, ponctuée de fortes chutes souvent dues aux conflits sociaux qui paralysent l'activité ferroviaire (1986, 1993 et 1995 pour les principaux).

**Figure 3 : Evolution des trains-km et de l'effectif en matériel activité voyageurs classique (base 100 - 1970)**

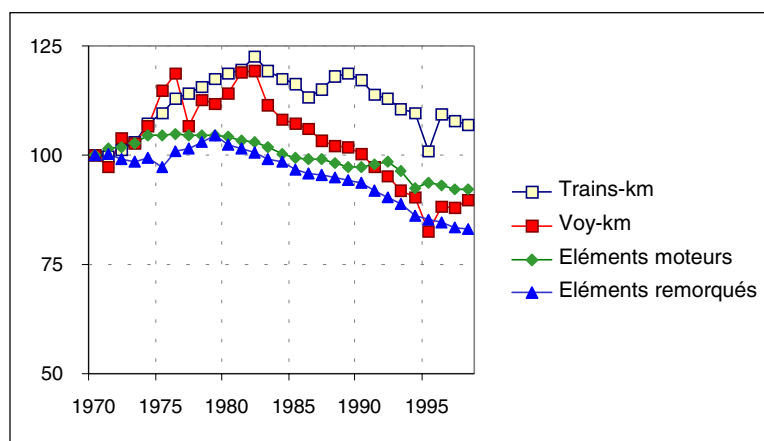
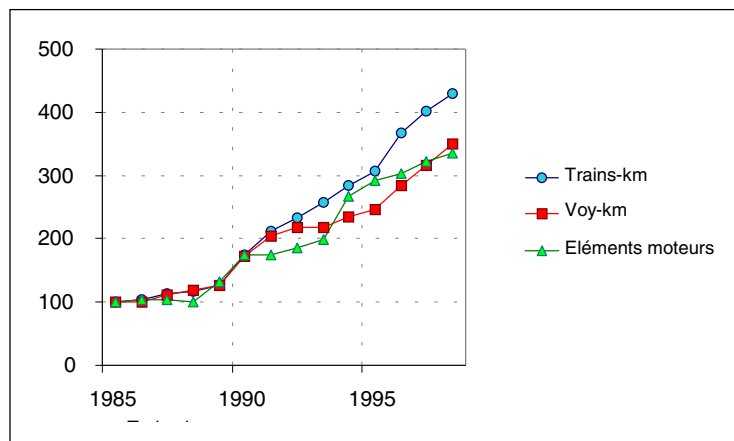


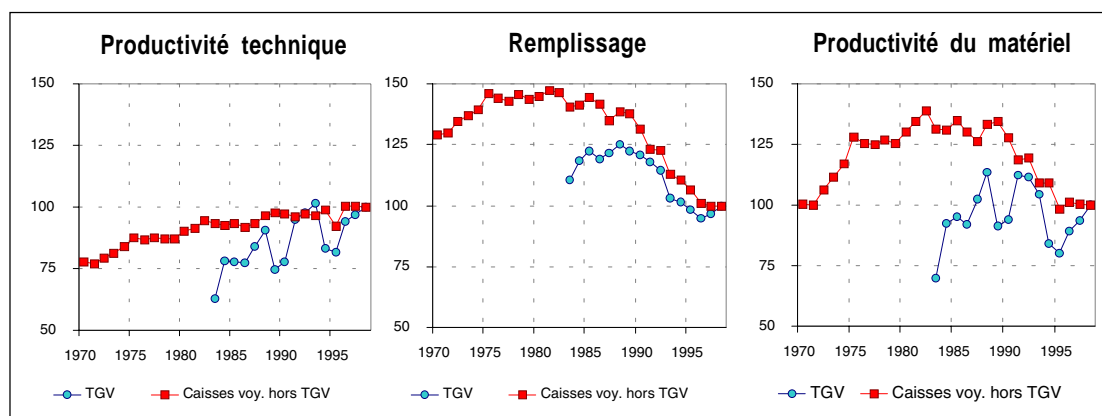
Figure 4 : Évolution du nombre des trains-kilomètres TGV et des rames TGV (base 100 - 1998)



Au cours des trois dernières décennies, le parcours des trains rapporté au nombre de caisses de voyageurs classique s'est accru de façon continue, de l'ordre de 0,9 % par an. La productivité technique du TGV a progressé au même rythme avec des fluctuations autour de la tendance, caractérisant les étapes de la construction du réseau (Figure 5).

A partir de la fin des années quatre-vingt, le nombre de voyageurs par train décroît. Mais la chute du niveau de remplissage est plus nette sur le transport de voyageurs classique que sur le TGV et s'accélère nettement après 1990 (taux annuel moyen de - 1,8 % entre 1985 et 1990 ; - 3,4 % entre 1990 et 1998). De fait, la croissance du trafic TGV permet une augmentation de 25 % de la productivité de cette activité, à l'inverse de l'activité voyageurs classique dont la productivité du matériel roulant baisse de 25 % sur la période 1985-1998.

Figure 5 : Évolution de la productivité technique, du remplissage et de la productivité du matériel des rames TGV et des éléments remorqués voyageurs (base 100 en 1998)



## Productivité globale du capital et du travail

La productivité globale se mesure comme le rapport entre la production et un agrégat des facteurs. Contrairement à la productivité apparente des facteurs, la productivité globale tient compte du poids relatif de chaque facteur dans le processus de production.

Plusieurs solutions sont envisageables pour agréger les facteurs de production. Cette étude retient comme pondérations les élasticité du produit par rapport aux facteurs, ce qui suppose d'estimer la fonction de production en imposant des rendements d'échelle constants (Cf. encadré).

Pour l'entreprise ferroviaire, la production peut être exprimée en trains-kilomètres ou en unités kilométriques. Le parcours des trains tend à ne tenir compte que des caractéristiques d'offre alors que le transport (voyageurs-kilomètres et

tonnes-kilomètres) représente un point d'équilibre entre offre et demande. Ce dernier fait davantage intervenir des considérations commerciales (arguments tarifaires, coûts de marketing, publicité et autres dépenses liées à l'attraction de la demande). L'objet étant la mesure de la productivité au sens strict, la mesure retenue pour la production est exprimée en trains-kilomètres<sup>4</sup>.

Dans cette étude, seuls sont considérés le travail et le capital, appréciés à leur coût d'usage en millions de francs 1980. Le capital est représenté par les services qu'il fournit et le travail par les frais de personnel, y compris les charges sociales<sup>5</sup>.

### Mesure de la productivité globale

La productivité globale des facteurs s'exprime comme le ratio de la production et d'un agrégat des facteurs de production. La difficulté consiste alors à évaluer les pondérations de chacun des facteurs.

Pour deux facteurs  $X_1$  et  $X_2$ , et un produit  $Y$ , la productivité globale  $A$  à la date  $t$  est définie par :

$$A_t = \frac{Y_t}{X_{1,t}^{\alpha_1} X_{2,t}^{\alpha_2}}$$

La somme des pondérations  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est supposée ici égale à l'unité. Elles sont estimées via la spécification d'une fonction de production pour  $Y$  en imposant des rendements d'échelle constants.

La fonction de production estimée est de la forme :  $\hat{Y} = AX_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2}$  (Cobb-Douglas)

et la production effective vaut  $Y = \hat{Y}E$

avec  $E = \exp(e)$  en désignant par  $e$ , le vecteur de résidus de la régression de la forme log-log de la fonction de production.

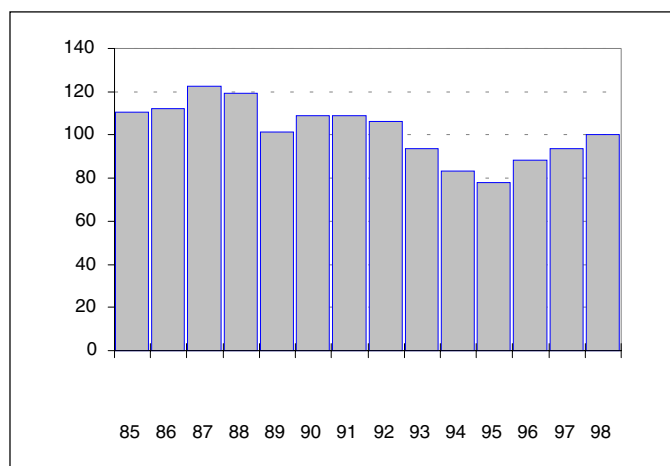
Ainsi, le logarithme de la productivité globale à la date  $t$  se mesure comme la somme de l'ordonnée à l'origine de la fonction de production log-log et du résidu de l'estimation à la date  $t$ , ce qui revient à écrire :

$$A_t = AE_t$$

**Stabilité  
de la productivité  
globale du TGV  
qui se confond  
avec  
la productivité  
du capital**

Le transport de voyageurs à grande vitesse nécessite des investissements importants puisqu'il requiert un matériel spécifique et nécessite la construction d'infrastructures permettant de circuler à des vitesses supérieures à 270 kilomètres-heure.

Figure 6 : Évolution de la productivité globale dans l'activité TGV (base 100 - 1998)



<sup>4</sup> Une évaluation de la productivité à partir des unités-kilomètres présente des résultats peu différents.

<sup>5</sup> Le coût du travail affecté au TGV est estimé à 80 francs de 1996 par train-kilomètre. Le coût du travail affecté à l'activité hors TGV est évalué par différence entre le coût du travail total et celui affecté au TGV.

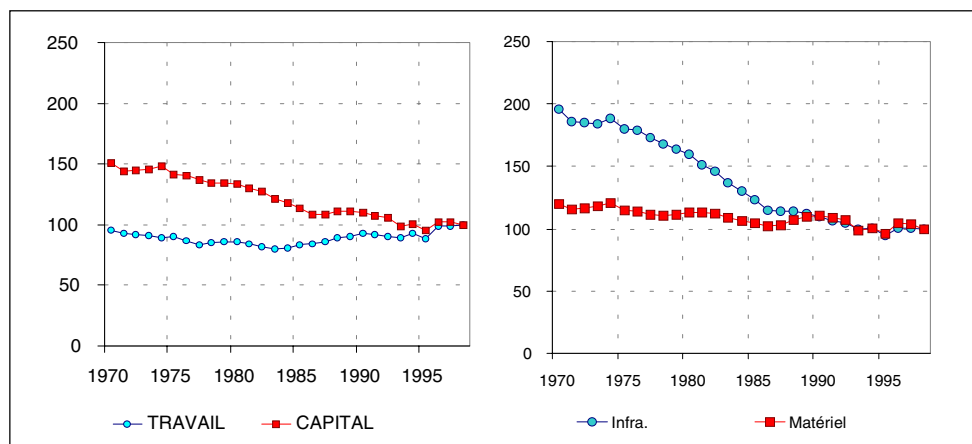
Sur la période 1985 - 1998, la productivité globale de l'activité TGV oscille de plus ou moins 20 % autour du niveau de 1985 soit 30,3 trains-kilomètres pour 1 000 francs 1980 de services de capital (LGV et rames TGV). Les fluctuations du niveau de productivité reproduisent les diverses étapes de la construction du réseau à grande vitesse : l'essor du TGV sud-est à partir de 1985, la construction des lignes Atlantique, nord, Rhône-Alpes puis de l'interconnexion. A ces éléments s'ajoutent des phénomènes conjoncturels, comme les difficultés soulevées par le système de réservation SOCRATE, les grèves de 1995 ou, plus globalement, le cycle économique général.

**L'activité classique : une productivité globale stable**

Le TGV a eu plusieurs impacts sur les autres activités de la SNCF. D'une part, les sommes immobilisées pour le développement du réseau à grande vitesse ont conduit à une contraction des montants consacrés au renouvellement des équipements, notamment en termes de matériel remorqué. D'autre part, en termes d'offre, une grande partie du trafic grandes lignes a été absorbée par le TGV.

En moyenne sur l'ensemble de la période 1970 - 1998, la productivité de l'activité « hors TGV » est de 26 trains-kilomètres pour 1 000 francs (de 1980) de facteurs. Toutes choses égales par ailleurs, une variation de 1 % des frais de personnel (respectivement les services de capital) se traduit par une baisse de 0,81 % (respectivement 0,19 %) de la productivité globale<sup>6</sup>.

**Figures 7 : Evolution de la productivité partielle du travail et du capital, infrastructures et matériel, de l'activité 'Hors TGV' (base 100 - 1998)**



La stabilité de la productivité apparente du travail et du matériel témoigne de l'effort d'ajustement de ces facteurs à la production. La chute de la productivité apparente du capital, et plus particulièrement de celle des infrastructures, est difficile à analyser car les trois quarts du réseau parcouru par les TGV ne sont pas des lignes à grande vitesse. La contrepartie de ce partage des lignes est qu'une fraction des investissements réalisés sur le réseau classique profite également au TGV.

**Principaux enseignements**

Les principaux enseignements de la présente étude sont les suivants :

**La pertinence de la décomposition par grandes activités pour l'étude des fonctions de production**

La décomposition de l'activité de la SNCF en séparant le TGV du train classique permet de mettre en évidence des fonctions de production identifiables pour chacune des activités, alors que les tentatives de dégager des fonctions de

<sup>6</sup> En exprimant les services du capital et les frais de personnel en francs de 1980, la fonction de production contrainte est alors :  $Ln (Trains.km) = -3,76 + 0,19 Ln (Capital) + 0,81 Ln (Travail)$

production simplifiées pour l'ensemble de la SNCF n'ont pu aboutir à des résultats satisfaisants.

La fonction de production de l'activité TGV et celle des trains classiques sont radicalement différentes ; la première fait essentiellement appel au facteur capital (infrastructures nouvelles et matériel roulant TGV spécifique) ; la seconde, au facteur travail.

## **Le TGV : une activité à rendements légèrement décroissants par rapport au capital**

Le rendement d'échelle de la production de trains-kilomètres TGV par rapport au capital (infrastructure des lignes à grande vitesse et matériel roulant TGV) ressort à un niveau un peu inférieur aux rendements constants (élasticité de 0,82). Celui de la production de voyageurs-kilomètres TGV par rapport au capital ressort également à un niveau correspondant à des rendements décroissants (élasticité de 0,67).

On aurait pu s'attendre à des rendements croissants, notamment du fait des économies de réseau permises par l'interconnexion des lignes à grande vitesse. Toutefois, les lignes à grande vitesse ont été mises en service dans l'ordre des trafics décroissants et des coûts unitaires croissants ce qui aboutit à faire apparaître des rendements légèrement décroissants par rapport aux services du capital. Cet effet est d'ailleurs plus net si l'on considère la production commercialisée (voyageurs-kilomètres) et non la production technique (trains-kilomètres)<sup>7</sup>.

## **Le train classique : une activité à rendements légèrement décroissants par rapport au travail**

Les rendements d'échelle de l'activité train classique (voyageurs et fret) par rapport au travail présente également des caractéristiques de rendements plutôt décroissants (élasticité par rapport au travail de 0,81 de la production mesurée en trains-kilomètres ou de 0,79 mesurée en unités-kilomètres). La chute de la production de trains-kilomètres de l'activité classique depuis le milieu des années quatre-vingt a en effet à peu près suivi celle de la quantité de travail sur cette même période, avec un décalage de trois ans environ.

Les tests économétriques effectués ne permettent pas de mettre en évidence la corrélation entre les services du capital et le niveau de production pour l'activité train classique ; cette relation ne pourrait être mise en évidence que sur une période plus longue que celle de la présente étude.

## **L'évolution de l'utilisation du matériel roulant : le contrecoup du TGV sur les trains classiques de voyageurs**

L'évolution des paramètres d'utilisation du matériel roulant est peu différenciée d'un type de matériel à l'autre sur la période 1970-1982 (avant le TGV).

Par contre, la période 1983-1998 (après la première ligne à grande vitesse) fait apparaître des évolutions très contrastées de ces indicateurs. En particulier, le

<sup>7</sup> Classiquement, le transport ferroviaire est perçu comme une activité à rendements croissants en raison des coûts fixes importants. Cette caractéristique est valable pour des lignes dont le niveau de trafic est éloigné de la saturation. Pour des lignes bien utilisées, voire proches de la saturation, les rendements sont constants ou décroissants. Le résultat économétrique obtenu provient probablement du fait que la majorité des transports ont lieu dans des sections du réseau proches de la saturation (lignes à grande vitesse, banlieues des grandes agglomérations,...).

taux de remplissage des matériels remorqués classiques pour voyageurs baisse de 2,8 % en moyenne par an sur la période. Cela représente une baisse assez significative de 50 % en base 1998 sur l'ensemble de cette période. Cette baisse n'est que très peu compensée par une amélioration de la productivité technique de ces matériels (+ 0,52 % par an).

Le développement de l'activité TGV a donc eu pour effet global de réduire significativement le nombre moyen de voyageurs dans les trains classiques et, par voie de conséquence, la productivité partielle de la production de transport ferroviaire classique de voyageurs par rapport au matériel roulant.

Cet effet permet d'éclairer le paradoxe apparent de la situation de la SNCF, qui a connu pendant les années quatre-vingt-dix une forte chute de ses résultats comptables alors que les trafics TGV de la plupart des projets de lignes à grande vitesse ont été à peu près à la hauteur des prévisions (à l'exception notable de la ligne à grande vitesse nord). Compte tenu des contraintes de desserte d'aménagement du territoire et du dimensionnement du parc pour l'absorption des pointes exceptionnelles, l'activité trains classiques voyageurs n'a pu réduire ses coûts de production aussi vite que son trafic a chuté. Le coût de ce maintien de l'offre en trains classiques se chiffre à plusieurs milliards de francs par an.

Le contrecoup du développement des relations TGV sur les trains classiques ressort ainsi comme un élément important de la dégradation de l'équilibre financier de la SNCF sur cette période.

## **La faiblesse de l'évolution de la productivité de chaque grande activité**

D'autres travaux sur la productivité ferroviaire concluent à un accroissement de la productivité de la SNCF sur la période des trente dernières années. Ces travaux incluent toutefois dans la mesure de la production certaines subventions des pouvoirs publics ainsi que la production immobilisée.

La présente étude, où la production est mesurée en unités physiques (trains-kilomètres ou voyageurs-kilomètres ou tonnes-kilomètres), n'a pas permis de mettre en évidence d'évolutions significatives de la productivité de chacune des grandes activités considérées (TGV et hors TGV) sur la période des trente dernières années.

L'appréciation généralement positive portée sur l'évolution de la productivité globale de la SNCF provient donc principalement d'un effet de substitution entre les modes de production TGV et train classique, ainsi que de la prise en compte des subventions.

