

ESTIMATION DE L'IMPACT DES MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE ÉCONOMIQUE SUR L'ÉVOLUTION DES TRANSPORTS ROUTIERS ET FERROVIAIRES DE MARCHANDISES

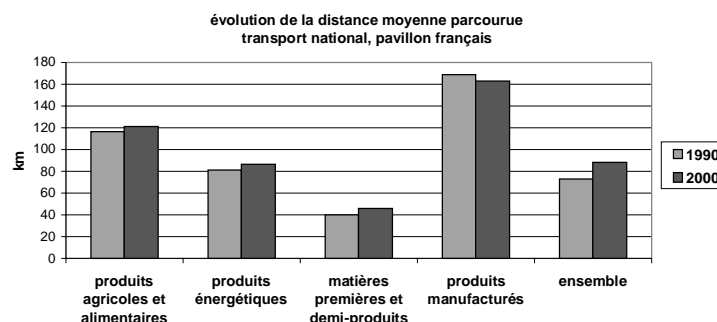
Emmanuel FAVRE-BULLE

Dans le cadre des réflexions actuelles sur le « découplage » entre croissance économique et croissance des transports, les effets liés à la déformation des structures de production et donc des types de marchandises transportées jouent un rôle important. La forte dispersion des distances moyennes et des parts modales en fonction du type de produit laisse en effet supposer l'existence d'effets de structure. Ceux-ci pourraient être responsables de plus de 100 % de la croissance des transports routiers de marchandises entre 1990 et 2000, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes transportées. Pour le transport ferroviaire, l'effet de structure représente près de 32 % de la diminution des tonnes-kilomètres réalisées entre 1980 et 2000, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes-kilomètres transportées par la route et le fer.

Les liens entre croissance économique et croissance des transports restent encore mal expliqués. Leur analyse est au cœur des réflexions actuelles sur le « découplage » entre ces deux facteurs. Un des mécanismes à l'œuvre réside dans la déformation des structures de production liée à la croissance économique. Cette déformation se répercute sur le transport de marchandises et conduit alors, par un effet de structure, à une variation de la demande de transports, sans qu'il y ait pour autant une modification du volume global de marchandises transportées. Cette note propose une mesure de l'impact de ces effets de structure sur quelques exemples qui pourraient facilement être généralisés.

Les distances moyennes parcourues par types de marchandises sont assez stables dans le temps

On constate souvent que la croissance des transports routiers de marchandises s'accompagne d'un allongement des distances moyennes parcourues (plus précisément du parcours moyen de la tonne). Toutefois, s'il y a effectivement une augmentation de la distance moyenne parcourue par l'ensemble des marchandises (+ 21 % entre 1990 et 2000¹), les distances moyennes parcourues par chaque type de marchandises restent relativement stables dans le temps (cf. graphique ci-dessous).



¹ Transport national, pavillon français, source : enquête TRM.

Ce constat laisse supposer qu'une part de la croissance des transports mesurés en tonnes-kilomètres pourrait résulter d'un « effet de structure » lié à une évolution dans le temps de la répartition des marchandises transportées au profit des produits transportés sur de longues distances.

Une définition de l'effet de structure

En poursuivant avec l'exemple du transport routier, pour plus de clarté (une généralisation sera proposée par la suite), il est possible de décomposer la croissance des flux de transport de marchandises entre deux périodes en trois effets distincts :

- un « effet de structure » qui correspond à une modification dans le temps de la répartition, en tonnage, des marchandises transportées ;
- une augmentation du tonnage global transporté, sans modification de la répartition entre les marchandises transportées (« effet de croissance globale des tonnes ») ;
- un « effet d'allongement des distances pur » qui correspond à un accroissement des distances parcourues par type de marchandise, à tonnage constant dans le temps.

L'encadré ci-dessous montre comment il est possible de mesurer cet effet de structure et illustre sur un exemple simple son principe. Cette décomposition, qui repose sur le produit des tonnes par des kilomètres, peut être directement généralisée à toute autre grandeur qui s'écrit comme un produit. Elle est appliquée dans la suite à la croissance des transports routiers de marchandises avec tonnes et kilomètres comme facteurs puis à la croissance des transports ferroviaires de marchandises avec comme facteurs la somme des tonnes-kilomètres ferroviaires et routières d'une part et la part modale du fer dans ce total d'autre part.

Une mesure de l'effet de structure

La décomposition en trois effets de la croissance des transports peut être évaluée de manière quantitative par la formule suivante :

$$(t \cdot km)_2 - (t \cdot km)_1 = \bar{T} \cdot \sum_k \bar{r}^k \cdot (km_2^k - km_1^k) + (T_2 - T_1) \cdot \sum_k \bar{r}^k \cdot \bar{km}^k + \bar{T} \cdot \sum_k (r_2^k - r_1^k) \cdot \bar{km}^k + \varepsilon$$

où :

- les sommes portent sur l'ensemble des types de marchandises étudiées
- les indices 1 et 2 représentent les deux périodes dont on souhaite comparer les flux de transport
- les grandeurs surlignées représentent des moyennes entre les deux périodes considérées
- r_n^k représente la part en tonnage de la marchandise k dans le total transporté pendant la période n
- T_n représente le tonnage total transporté pendant la période n
- km_n^k est la distance moyenne parcourue pour la marchandise k pendant la période n
- $(t \cdot km)_n$ représente les tonnes-kilomètres totales transportées pendant la période n
- $\varepsilon = \frac{1}{4}(T_2 - T_1) \cdot \sum_k (km_2^k - km_1^k) \cdot (r_2^k - r_1^k)$ est un terme résiduel négligeable par rapport aux autres termes².

Cette formule identifie de manière symétrique les effets des variations des distances moyennes parcourues, des tonnages totaux transportés et de la répartition, en tonnage, des marchandises transportées. Plus précisément, dans le membre de droite, le premier terme représente la mesure de l'effet « allongement des distances pur », le second la mesure de l'effet « croissance globale des tonnes » et le dernier l'effet de structure que l'on cherche à analyser.

² Il est toujours inférieur à 2 % du plus petit des trois effets pour les exemples de la première partie de cette note et à 10 % pour ceux de la seconde partie.

Un exemple avec deux marchandises

On considère, pour simplifier et à titre d'exemple, qu'il n'y a que deux types de marchandises, notées A et B, et on étudie les évolutions des tonnes-kilomètres réalisées, entre deux périodes T_1 et T_2 . On suppose que les marchandises A et B sont transportées en moyenne respectivement sur 10 kilomètres et 90 kilomètres et que ces distances n'évoluent pas entre les périodes T_1 et T_2 . On suppose également que 100 tonnes sont transportées durant chaque période T_1 et T_2 . L'ensemble de ces hypothèses vise à mettre en évidence une croissance des transports due uniquement à un effet de structure. Dans la réalité, celles-ci ne sont pas vérifiées et l'effet de structure s'ajoute à un effet d'allongement des distances pur et à un effet de croissance globale des tonnes transportées.

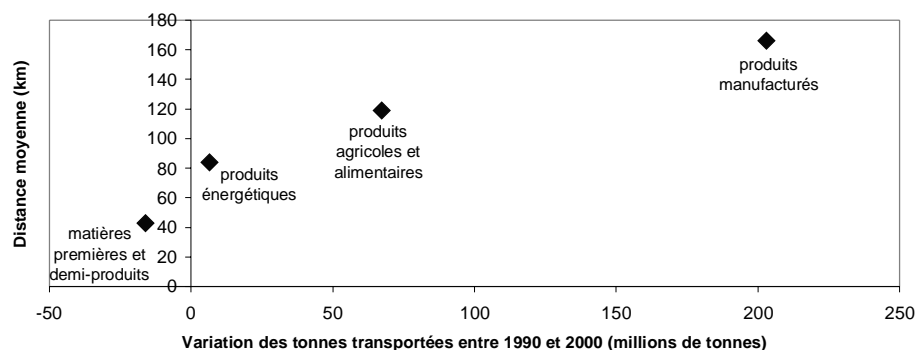
Le total des tonnes transportées est réparti, par hypothèse, entre les marchandises A et B comme suit : 50 % pour A et 50 % pour B durant la période T_1 , puis 25 % pour A et 75 % pour B durant la période T_2 . Il y a donc accroissement de la part des marchandises transportées en moyenne sur de plus longues distances (i.e. B) au détriment de celles qui sont transportées moins loin en moyenne (i.e. A) avec un total transporté qui reste constant. La distance moyenne parcourue par l'ensemble des marchandises est de 50 kilomètres durant T_1 (i.e. $50\% \cdot 10 \text{ km} + 50\% \cdot 90 \text{ km}$) pour atteindre 70 kilomètres durant T_2 (i.e. $25\% \cdot 10 \text{ km} + 75\% \cdot 90 \text{ km}$). Le nombre de tonnes-kilomètres croît parallèlement aux distances moyennes : il passe de 5 000 tonnes-kilomètres (i.e. $50 \text{ km} \cdot 100 \text{ t}$) à 7 000 tonnes-kilomètres (i.e. $70 \text{ km} \cdot 100 \text{ t}$). Ces augmentations résultent toutes les deux uniquement d'un effet de structure.

La mesure de l'effet de structure dans les transports routiers de marchandises

Les données utilisées sont issues de la base Sitram du SES pour le transport routier de marchandises, national et international, assuré par le pavillon français. Les marchandises sont réparties suivant la nomenclature statistique des transports (NST) à différents niveaux de détail. Les périodes étudiées sont des périodes quinquennales situées entre les années 1980, 1985, 1990 et 2000.

Sur la période étudiée, on constate globalement que la croissance des tonnes transportées est relativement faible (11 % entre 1980 et 2000³) comparée à celle des tonnes-kilomètres (57 % entre 1980 et 2000⁴). Parallèlement, les produits manufacturés - qui sont les marchandises transportées le plus loin en moyenne - sont des produits dont les tonnages transportés ont fortement augmenté sur la période (cf. graphique ci-dessous⁵). A l'inverse, les tonnages de matières premières et demi-produits - qui sont transportés sur de faibles distances en moyenne - ont diminué sur la période.

Distances parcourues en fonction de la variation des tonnes transportées 1990/2000



³ Transport national et import/export effectué par le pavillon français.

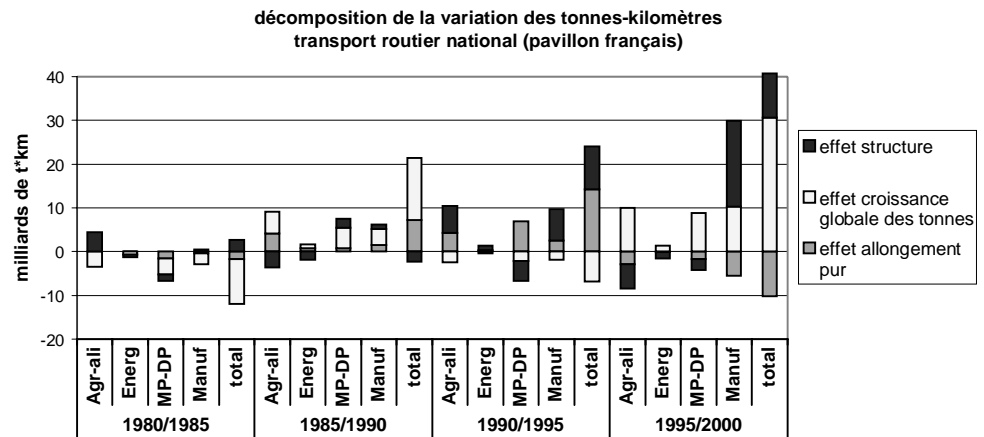
⁴ Même champ.

⁵ Il s'agit du transport national effectué par le pavillon français. La distance moyenne parcourue utilisée est la moyenne de celle observée en 1990 et en 2000.

MARCHANDISES

Pour le transport national assuré par le pavillon français, la croissance des produits manufacturés conduit à un effet de structure positif

Le graphique suivant montre les résultats de la décomposition de la croissance des transports en trois effets pour le transport national assuré par le pavillon français. Les trois effets sont d'amplitude et de signe variable suivant les périodes. On observe toutefois que l'effet de structure est positif dans trois périodes sur quatre. La tendance observée plus haut est confirmée par le fait que cet effet est positif pour les produits manufacturés et négatif pour les matières premières et demi-produits (sauf dans la période 1985/1990).



Agr-Ali = produits agricoles et alimentaires
 Energ = produits énergétiques
 MD-DP = matières premières, demi-produits
 Manuf = produits manufacturés

L'apport de la décomposition est de permettre d'isoler cet effet de structure dans la croissance totale du nombre de tonnes-kilomètres qui résulte d'évolutions différenciées suivant les marchandises. Cela revient à isoler l'effet de croissance globale des tonnes, qui correspondrait à une croissance homothétique des transports, sans distinction par type de marchandises.

Au total, sur la période 1980-2000, pour le transport routier national, l'effet de structure représente ainsi 76 %⁶ de la croissance du nombre de tonnes-kilomètres réalisées, hors effet de croissance globale du nombre de tonnes transportées.

Il convient de souligner le rôle particulier joué par les produits manufacturés dans la période 1995/2000 : l'essentiel de la croissance des flux de transport durant cette période résulte de cette catégorie. En décomposant les flux de cette période dans le niveau le plus fin permis par la nomenclature NST, il apparaît que c'est la position « groupage » (998) qui concentre l'essentiel de la croissance du nombre de tonnes-kilomètres. Il est certain qu'il y a eu, sur la période, un réel développement du transport de produits manufacturés (la position « groupage » comprend de plus l'activité de messagerie, qui a connu une très forte croissance durant cette période). Toutefois, il est possible que cet effet soit surestimé. En effet, à partir de 1996, les données recueillies le sont à partir des véhicules tracteurs et non plus des véhicules porteurs : la nature et le poids des marchandises transportées dans les semi-remorques sont peut-être moins bien connus⁷.

⁶ Cette mesure est d'autant plus précise que les catégories de marchandises utilisées sont fines. Le ratio de 76 % correspond au niveau le plus détaillé compatible avec les données (i.e. les groupes de la nomenclature NST).

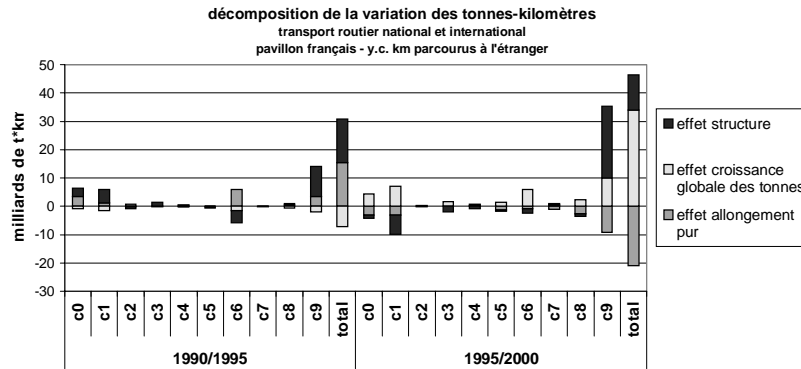
⁷ Il convient également de souligner que le suivi du véhicule tracteur au lieu du véhicule porteur a pu modifier, dans certains cas (s'il y a eu rupture d'attelage), la répartition du transport selon la distance au profit des courtes distances et donc minorer l'effet de pur allongement des distances.

MARCHANDISES

L'agrégation des transports nationaux et internationaux assurés par le pavillon français ne remet pas en cause le constat précédent

Le graphique suivant montre le résultat de la décomposition pour l'agrégation des transports nationaux et internationaux. Pour le transport international (importations et exportations), il s'agit du pavillon français et des distances parcourues en France et à l'étranger, à compter de 1990. Le niveau de détail dans les marchandises (chapitres de la nomenclature NST) est plus élevé que pour le précédent graphique.

On constate que l'effet de structure est toujours globalement positif, favorable aux produits manufacturés. Il est négatif pour les matériaux de construction (c6) dans l'intervalle 1990/1995, à la suite des difficultés du secteur durant cette période, et dans une moindre mesure pour l'intervalle 1995/2000.

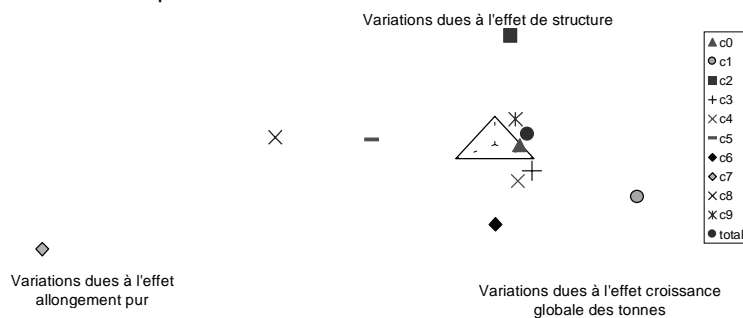


Les différentes catégories de marchandises sont les suivantes :

- 0 Produits agricoles et animaux vivants
- 1 Denrées alimentaires et fourrages
- 2 Combustibles minéraux et solides
- 3 Produits pétroliers
- 4 Minerais et déchets pour la métallurgie
- 5 Produits métallurgiques
- 6 Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction
- 7 Engrais
- 8 Produits chimiques
- 9 Machines, véhicules, objets manufacturés et transactions spéciales

A partir des mêmes résultats, une représentation barycentrique permet de mettre en évidence la part des différents effets pour chaque type de marchandise. Dans le graphique, un triangle dont les sommets représentent trois effets « purs » sert de repère. Chaque point du graphique correspond à un type de marchandise dont les contributions aux trois types d'effets sont les coordonnées barycentriques dans ce repère. Les sommes des contributions des différentes marchandises à chaque effet fournissent les coordonnées d'un point nommé « total ». La position de ce dernier sur le graphique, presque à mi-chemin entre deux sommets du triangle, indique que la variation des tonnes-kilomètres sur la période 1990-2000 est expliquée approximativement à moitié par un effet de structure et à moitié par un effet de croissance globale des tonnes.

décomposition de la variation des tonnes-kilomètres - 1990/2000



MARCHANDISES

L'effet de structure représente 104 % de la croissance des transports routiers de marchandises intérieurs entre 1990 et 2000, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes transportées

A partir de ces différents éléments, il est possible d'obtenir une vision approchée de la décomposition de la variation des tonnes-kilomètres pour la totalité du transport routier de marchandises en France entre 1990 et 2000. Il convient pour cela de tenir compte du transit et de la part du pavillon étranger. En l'absence de données détaillées sur les types de marchandises pour ces deux nouveaux champs et dans l'objectif d'une première approche sommaire, il est supposé que :

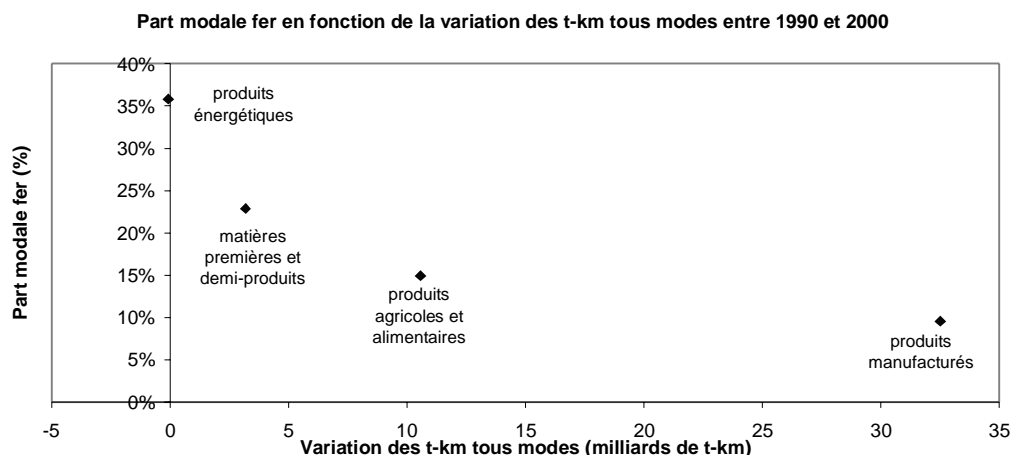
- la part de l'effet de structure dans la variation des tonnes-kilomètres est la même pour les pavillons français et étranger ;
- le transit est isolé dans cette approche simplifiée, sachant qu'il représente environ 22 % de la variation des tonnes-kilomètres transportées entre 1990 et 2000.

Le tableau suivant récapitule les résultats. Il apparaît qu'au total 104 % de la croissance des tonnes-kilomètres du transport routier intérieur, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes transportées, sont expliqués par l'effet de structure sur la période 1990-2000.

Variation des t-km en milliards - 1990/2000	Effet structure	Effet allongement des distances pur	Transit	Total
Pavillon français Transport national	20	4		24
Pavillon français+étranger Entrées/sorties	4	-20		-16
Transit			15	15
Total	24	-16	15	23

La même méthode permet de mesurer des effets de structure dans le transport ferroviaire de marchandises, à partir des tonnes-kilomètres réalisées tous modes confondus et de la part modale du fer

Une analyse similaire peut être conduite pour le transport ferroviaire. Toutefois, afin d'illustrer une autre décomposition que la précédente, on a retenu comme facteurs la somme des tonnes-kilomètres pour les modes ferroviaire et routier d'une part et la part modale du fer dans ce total d'autre part⁸. Le constat que l'on peut faire avec ces facteurs se rapproche de celui effectué en introduction : les marchandises dont le nombre de tonnes-kilomètres réalisées augmente le plus sont celles pour lesquelles la part modale du fer est la plus faible (produits agricoles et alimentaires et surtout produits manufacturés, cf. graphique ci-dessous⁹). Les sources et les périodes utilisées sont identiques à celles retenues pour le transport routier.



⁸ Les tonnes-kilomètres routières utilisées correspondent au transport national effectué par le pavillon français.

⁹ La part modale fer est égale à la moyenne des parts modales observées en 1990 et en 2000.

MARCHANDISES

Par analogie avec la décomposition présentée pour le transport routier, il est possible de distinguer trois effets dans la croissance des transports ferroviaires de marchandises : (i) un effet de structure qui correspond à une modification dans le temps de la répartition des types de marchandises transportées (mesurées en tonnes-kilomètres), (ii) un effet de croissance global des tonnes-kilomètres, à structure constante et (iii) une augmentation des parts modales par type de marchandise, à nombre de tonnes-kilomètres transportées constantes.

La formule de décomposition utilisée est ici :

$$(t \cdot km_F)_2 - (t \cdot km_F)_1 = \overline{tkm} \cdot \sum_k \bar{r}^k \cdot (pmf_2^k - pmf_1^k) + (tkm_2 - tkm_1) \cdot \sum_k \bar{r}^k \cdot \overline{pmf}^k + \bar{T} \cdot \sum_k (r_2^k - r_1^k) \cdot \overline{pmf}^k + \varepsilon$$

où :

- les sommes portent sur l'ensemble des types de marchandises étudiées
- les indices 1 et 2 représentent les deux périodes dont on souhaite comparer les flux de transport
- les grandeurs surlignées représentent des moyennes entre les deux périodes considérées
- r_n^k représente la part, en tonnes-kilomètres tous modes, de la marchandise k dans le total transporté pendant la période n
- tkm_n représente le nombre de tonnes-kilomètres totales transportées par tous les modes pendant la période n
- pmf_n^k est la part modale du fer pour la marchandise k pendant la période n
- $(t \cdot km_F)_n$ sont les tonnes-kilomètres ferroviaires totales transportées pendant la période n
- $\varepsilon = \frac{1}{4}(tkm_2 - tkm_1) \cdot \sum_k (pmf_2^k - pmf_1^k) \cdot (r_2^k - r_1^k)$ est un terme résiduel négligeable par rapport aux autres termes¹⁰.

L'effet de structure représente 32 % de la baisse du transport ferroviaire de marchandises entre 1980 et 2000, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes-kilomètres réalisées par la route et le fer

Le graphique suivant montre le résultat de la décomposition pour le transport national. Les effets sont assez contrastés suivant les périodes. Toutefois, l'effet de structure contribue toujours globalement à une diminution du nombre de tonnes-kilomètres réalisées par mode ferroviaire, via une dégradation de la part modale du fer : c'est la conséquence du poids croissant des marchandises, pour lesquelles la part modale du fer est faible.

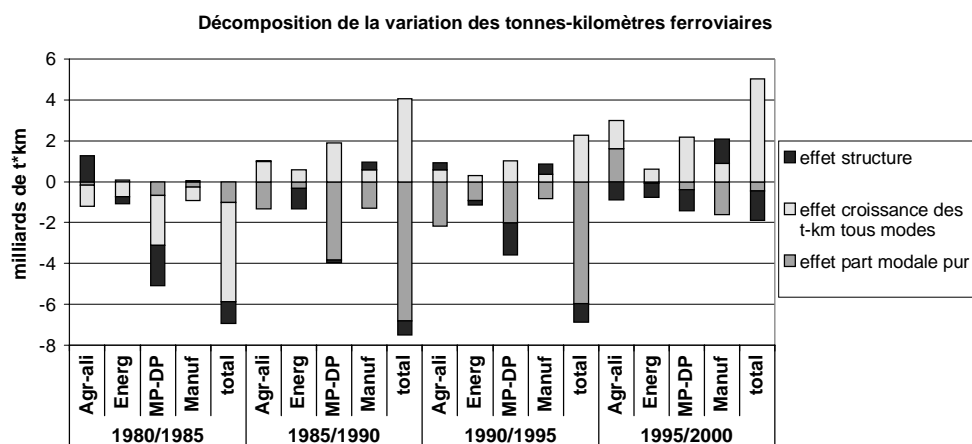
Ainsi, dans l'intervalle 1995/2000, pour lequel il est le plus marqué, l'effet de structure contribue négativement à la variation du nombre de tonnes-kilomètres réalisées mais l'effet de croissance du nombre de tonnes-kilomètres, tous modes confondus, domine et conduit à une croissance globale du transport ferroviaire.

On peut également noter que l'effet de structure est négatif dans la période 1980/1985 pour les matières premières et demi-produits et les produits énergétiques. Cela résulte peut-être de la mise en œuvre du programme électronucléaire français qui a conduit à une forte réduction des flux de transport de combustible, à laquelle s'ajoutent les difficultés du secteur de la sidérurgie pendant cette période.

On note d'autre part que l'effet de croissance globale des tonnes-kilomètres est plus marqué dans les périodes de forte croissance économique (1985-1990 et 1995-2000).

¹⁰ cf. terme similaire dans l'exemple du transport routier.

MARCHANDISES



Agr-Ali = produits agricoles et alimentaires

Energ = produits énergétiques

MD-DP = matières premières, demi-produits

Manuf = produits manufacturés

Au total, sur la période 1980-2000, l'effet de structure représente 32 %¹¹ de la diminution des transports ferroviaires, si l'on exclut un effet de croissance globale du nombre de tonnes-kilomètres réalisées tous modes confondus.

Variation des t-km fer en milliards – 1980/2000	Effet structure	Effet part modale pur	Total
	-5,8	-12,5	-18,3

¹¹ Comme pour le transport routier, cette mesure est d'autant plus précise que les catégories de marchandises utilisées sont fines. Le ratio de 32 % correspond au niveau « groupe » de la nomenclature NST.