

Le transport de marchandises et la croissance économique : retour sur le couplage

Julien BRUNEL¹

Résumé : Le lien entre la demande de transport et la croissance économique est aujourd'hui connue sous le concept de couplage. L'intensité du transport ou l'estimation d'élasticité de la demande de transport par rapport à la production économique sont généralement utilisées pour estimer cette relation. Dans ce papier, l'intensité de transport routier de marchandises est décomposée en quatre facteurs. Une estimation de ces quatre facteurs est ensuite proposée pour un panel de pays européen. Nous observons alors deux facteurs de couplage (l'augmentation de la part modale de la route et de la distance de transport) et deux facteurs de découplage (la baisse de la part de l'industrie dans l'économie et la baisse du poids moyen de la production industrielle).

Mots clés : demande de transport de marchandises, croissance économique, couplage.

Abstract : The link between transport and economic growth is nowadays understood behind the so-called issue of coupling. Transport intensity or transport elasticity to economic production are generally used to assess the link. In this paper, road freight intensity is decomposed into four factors. A European panel data estimation of these four factors isolates levels of coupling and levels of decoupling. We observe two factors of coupling (i. e. the rise of the average distance of transport and the increasing market share of road transport) and two factors of decoupling (the decreasing share of the industry in the economic production and the decreasing weight of industrial production).

Key-words : freight demand, economic growth, coupling.

JEL Classification : JEL R41, Q01.

¹ Laboratoire d'économie des transports, Université Lumière Lyon 2 – 14, av. Berthelot – 69363 Lyon cedex 07
– julien.brunel@let.ish-lyon.cnrs.fr.

Introduction

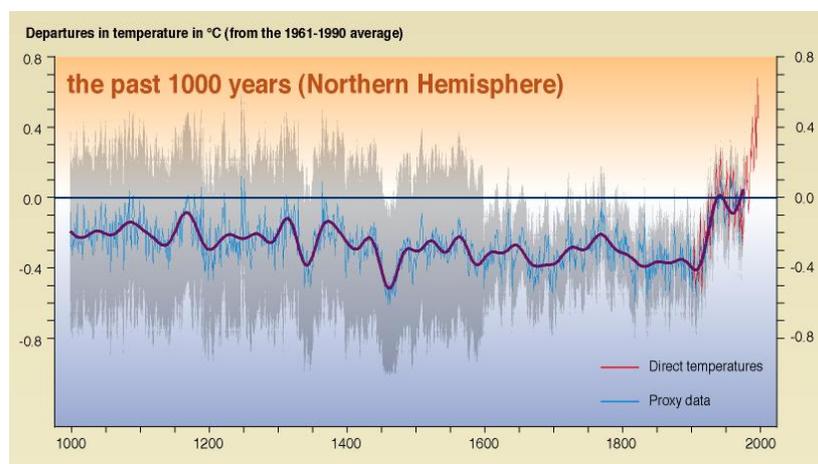
La relation entre les transports et la croissance économique a toujours été un objet d'étude pour les économistes. Traditionnellement, la littérature s'est intéressée à estimer la contribution des infrastructures de transport à la croissance économique. Le papier originel de Fogel (1962) montre que la réalisation des infrastructures de transport ferroviaire a été un facteur de croissance pour les Etats-Unis dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle. Plus tard, le développement des modèles de croissance endogène ont donné à cette problématique une nouvelle actualité comme dans le papier de Aschauer (1989).

Par ailleurs, un certain nombre de travaux se sont intéressés à estimer la relation entre le transport de marchandises et la croissance économique dans une optique de prévision des trafics. La plupart de ces travaux estiment cette relation au moyen d'élasticité. Le modèle Quin-Quin fret estime par exemple la relation entre le transport national de marchandises et la production industrielle en France (Gabella-Latreille, 1997). Plus récemment, un certain nombre de travaux ont utilisé l'économétrie des séries temporelles pour estimer cette relation (Meyer, 1998 et Lenormand, 2002). L'ensemble de ces travaux corrobore l'idée qu'il existe une relation forte entre le transport de marchandises et la croissance économique. Ces dix dernières années, un certain nombre de facteurs a contribué à changer la nature de cette problématique dans l'esprit des chercheurs.

Le premier élément concerne le réchauffement climatique. Dans leur troisième rapport sur le changement climatique, les experts du Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) estiment que la température moyenne à la surface de la terre a augmenté de 0,6°C au cours du vingtième siècle (IPCC, 2001) comme nous pouvons le voir sur la figure 1.

Ce rapport souligne également l'augmentation des concentration de gaz à effet de serre (GES) comme le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) ou le dioxyde d'azote (NO₂) dans l'atmosphère. Ce rapport prévoit enfin que l'activité humaine sera responsable d'une augmentation de la température moyenne à la surface de la terre comprise entre 2 et 6°C pour le vingt-et-unième siècle. Ce constat scientifique a amené la communauté internationale à définir une stratégie globale pour réduire les émissions de GES au cœur de laquelle se trouve le protocole de Kyoto.

Figure 1 : La température moyenne à la surface de la terre entre 1000 et 2000.

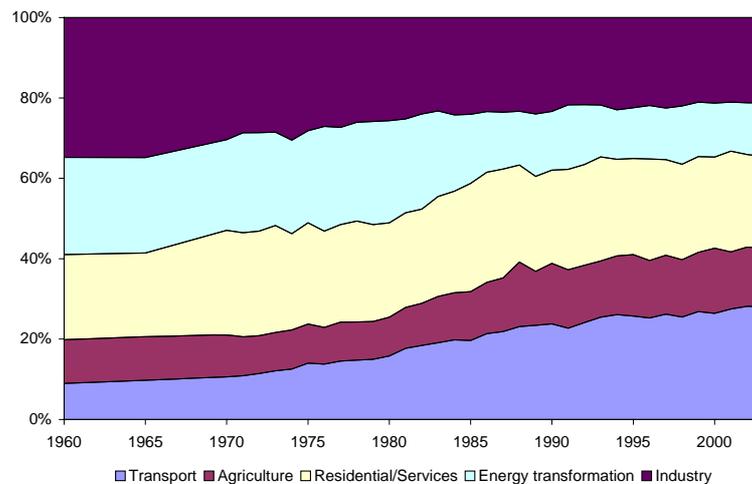


Source : IPCC (2001)

Le second élément concerne le rôle des transports dans le réchauffement climatique. La figure 2 représente la part des émissions de CO₂ par secteur en France (CITEPA, 2005). Cette figure montre que le secteur des transports est responsable de la plus grande part des émissions de CO₂. Ce secteur génère 28% des émissions de CO₂ contre 22% pour le secteur résidentiel et des services ou 21% pour l'industrie. Cette figure montre également un second motif d'inquiétude pour le secteur des transports. Sa part dans le volume total des émissions de CO₂ augmente avec un fort taux de croissance. De 1960 à 2003, le volume des émissions de CO₂ causées par le secteur des transports a ainsi augmenté de plus de 500% en France. Schäfer (2005) montre que ce constat peut être fait pour l'ensemble des pays développés.

Ces deux constats ont entraîné un changement du sens de la relation entre le transport et la croissance économique dans l'esprit des chercheurs. La question n'est plus de savoir si le transport génère de la croissance économique ou si la croissance économique génère du transport. Les chercheurs s'interrogent désormais pour savoir s'il est possible de casser le lien entre le transport et la croissance économique. Cette problématique est également connue sous le nom de la problématique du couplage.

Figure 2 : Les émissions de CO₂ par secteur en France



Source : CITEPA (2005)

Une large littérature s'est intéressée à cette problématique. Nous revenons sur cette dernière dans une première section. Deux approches sont distinguées. En premier lieu, un certain nombre de papiers s'intéresse à des indicateurs agrégés permettant de mesurer la sensibilité du transport à la croissance économique. Un second type de papiers propose de décomposer les indicateurs agrégés de demande de transport afin d'expliquer le couplage. En suivant la seconde catégorie de papiers, une décomposition de l'intensité de transport routier est proposée en section II. Cette décomposition divise l'intensité de transport routier en quatre facteurs. Les trends de ces quatre facteurs sont ensuite étudiés pour un panel de pays européens. La section III présente une estimation économétrique de ces trends. L'originalité du papier réside dans la spécification du modèle estimé. Nous adaptons une spécification quadratique inspirée de l'économie de l'environnement. Notre estimation montre deux facteurs de couplage (l'augmentation de la part modale du transport routier et l'augmentation de la distance de transport) et

deux facteurs de découplage (la baisse de la part de l'industrie dans la production et la baisse du poids moyen de la production industrielle). La section IV conclut.

La Littérature

Une très large littérature s'est emparée de la problématique du couplage. Dans un premier temps, nous pouvons d'abord remarquer un grand nombre de rapports institutionnels sur le sujet. Il a par exemple été l'objet du *Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment* (SACTRA, 1999) au Royaume-Uni. Des programmes de recherche européens ont été réalisés sur le sujet comme REDEFINE (1999) ou SPRITE (2000). La Conférence Européenne des Ministres des Transports a organisé une conférence sur cette question (CEMT, 2002). Cette dernière a également été discutée dans des documents politiques comme le *Livre Blanc* sur les transports (Commission européenne, 2001) dans lequel la Commission se déclare partisane d'une stratégie de découplage.

La littérature scientifique a suivi deux directions. Une première direction a consisté à estimer la relation entre le transport et la croissance économique au moyen d'élasticité suivant les modèles de prévisions de trafics. Par exemple, Meersman et Van der Voorde (1997) estiment un modèle à correction d'erreur entre le transport de marchandises et la production industrielle en Belgique. C'est également le sujet d'un papier de Kulshreshtha et Nag (2000) où la cointégration est utilisée pour estimer la demande de transport ferroviaire de voyageurs en Inde. Pour le transport de marchandises, Kulshreshtha et al. (2001) utilisent également la cointégration pour estimer la relation entre le transport de marchandises et la croissance économique. La littérature s'est également intéressée à l'étude d'indicateurs agrégés permettant de mesurer le couplage. L'indicateur le plus couramment utilisé est *l'intensité de transport*. Cet indicateur est égal au ratio entre le nombre d'unités de transports observés dans un pays (tonnes-kilomètres pour le transport de marchandises) et la valeur du PIB de ce pays. Il est par exemple utilisé par Baum (2000) ou Baum et Kurte (2002). Ces papiers montrent une baisse de l'intensité de transport de marchandises en Allemagne. En revanche, ils observent une

augmentation de l'intensité de transports en prenant le transport routier et la production industrielle. Un article de Stead (2001) étudie également l'intensité de transport et l'efficacité énergétique du transport en Europe pour le transport de voyageurs et le transport de marchandises.

L'approche agrégée permet d'estimer la relation entre le transport de marchandises et la croissance économique. Ces papiers ne permettent toutefois pas d'expliquer le phénomène du couplage. Un second ensemble de papiers permet d'expliquer ce phénomène. L'idée de ces travaux est de décomposer un indicateur agrégé de demande de transport en différents niveaux de couplage ou de découplage. Cette idée provient de l'économie de l'énergie. Ang et Zhang (2000) offrent une revue extensive de cette littérature. Différents type de décompositions sont proposées pour les transports. Kwon (2005) adapte l'identité IPAT au secteur des transports. Cette identité est suggérée par l'équation $Impact = Population \times Affluence \times Technology$ que Kwon (2005) transforme, pour le secteur des transports, en

$$C = P \times \left(\frac{D}{P}\right) \times \left(\frac{C}{D}\right) \quad (1)$$

avec C les émissions de CO₂ causées par les voitures particulières, D la demande de transport en véhicule-kilomètres et P la population. Selon l'équation 1, le niveau des émissions de CO₂ produit par le secteur le transport individuel est égal à un produit de quatre facteurs. Le premier facteur représente la *Population* (P). Le second $\left(\frac{D}{P}\right)$ est la distance moyenne de transport individuel par individu. Il s'agit du facteur *Affluence* de l'équation IPAT. Le troisième $\left(\frac{C}{D}\right)$ correspond à l'émission moyenne d'une unité de trafic ou au facteur *Technology*. Une décomposition empirique de l'équation 1 est ensuite effectuée pour la Grande-Bretagne entre 1970 et 2000. Elle montre que la meilleure efficacité énergétique du transport routier est insuffisante pour contrebalancer l'augmentation des distances moyennes de transport individuel.

Kiang et Shipper (1996) et Shipper, Scholl et Price (1997) décomposent l'intensité énergétique du transport de marchandises en trois facteurs. Il s'agit de l'activité de transport (volume de transport réalisé), la structure de l'activité (part modale) et l'intensité (énergie utilisée par unité de transport). Ces papiers montrent les limites d'une stratégie de découplage uniquement concernée par le progrès technologique puisque la meilleure efficacité énergétique du transport routier ne permet de compenser l'augmentation du transport (en tonnes-kilomètres) et celle de la part modale du transport routier. Ceci confirme l'idée selon laquelle le découplage technologique (partiel) est insuffisant pour compenser le couplage absolu entre le transport et la croissance économique (Bagard, Crozet et Joly, 2002).

D'autres papiers envisagent l'intensité du transport de marchandises en utilisant ce type de décomposition. Par exemple, Redefine (1999) décompose le lien entre le transport de marchandises et la croissance économique en sept facteurs de couplage ou de découplage. Joignaux et Verny (2003) montrent que le couplage entre le transport de marchandises et la croissance économique s'explique par l'augmentation des distances moyennes de transport. Ailleurs, un certain nombre de papiers propose ce type de décomposition pour expliquer le couplage (McKinnon et Woodburn, 1996, Fosgerau et Kveiborg, 2004, Kveiborg et Fosgerau, 2004, Steer Davies Gleaves, 2004). Ces papiers confirment l'idée selon laquelle il existe des facteurs de couplage et des facteurs de découplage. Dans ce qui suit, nous proposons un modèle s'inscrivant dans la lignée de cette littérature.

Le Modèle

L'intensité de transport est souvent utilisée pour mesurer le couplage en économie des transports (Baum, 2002). Cet indicateur est inspiré de l'intensité énergétique, un indicateur souvent utilisé en économie de l'énergie (Martin, 1989). L'intensité de transport de marchandises est, par définition, égale au ratio entre le nombre de tonnes-kilomètres réalisés dans un pays et la valeur du produit intérieur brut de ce dernier ou

$$IT_i = \frac{TK_i}{PIB_i} \quad (2)$$

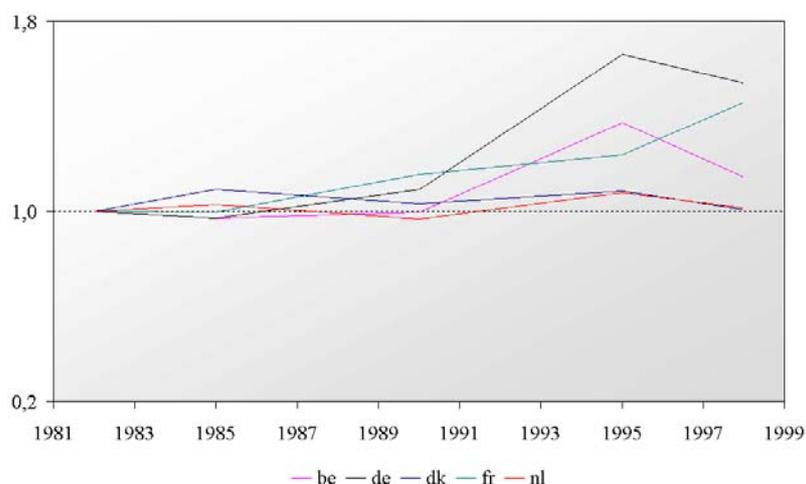
où IT_i représente l'intensité de transport du pays i , TK_i le nombre de tonnes-kilomètres réalisées dans le pays i et PIB_i le produit intérieur brut de i (en dollars ou en euros). Si l'intensité de transport augmente ou est constante, il s'agit d'un cas de couplage. En revanche, une situation de découplage correspond à une baisse de l'intensité de transport.

Cet indicateur est discuté. Un papier de Stead (2001) montre précisément que d'autres indicateurs peuvent mesurer le couplage. L'utilisation des volumes de CO₂ permet de calculer une intensité des émissions de CO₂ du transport. Le transport routier étant le principal responsable des émissions de GES, l'intensité de transport routier de marchandises peut être calculé. Ce dernier (noté ITR_i) est donné par

$$ITR_i = \frac{TK_Route_i}{PIB_i} \quad (3)$$

où TK_Route_i représente le nombre de tonnes-kilomètres de transport routier de marchandises en i . Le graphique qui suit présente l'évolution de l'intensité de transport routier de marchandises en Europe pour un panel de six pays de l'Union Européenne entre 1982 et 1998. Nous observons que l'intensité de transport routier de marchandises est soit constante, soit croissante. En somme, l'évolution de cet indicateur montre que cet ensemble de pays est en situation de couplage.

Figure 3 : L'intensité de transport routier de marchandises (indice 100 : 1982)



Source : Eurostat (2002) et PWT 6.1 (Heston, Summers and Aten, 2002)

En suivant l'équation 3, l'intensité de transport routier se décompose en quatre facteurs d'après l'identité suivante

$$ITR_i = \frac{TK_Route_i}{TK_i} \cdot \frac{TK_i}{T_i} \cdot \frac{T_i}{IND_i} \cdot \frac{IND_i}{PIB_i} \quad (4)$$

avec T_i le volume des biens transportés (en tonnes) et IND_i la valeur ajoutée du secteur industriel en dollars ou en euros. L'équation 4 montre que l'intensité de transport routier de marchandises peut être décomposé en quatre facteurs. Ces derniers sont les suivants.

Le premier facteur correspond au ratio entre le nombre de tonnes-kilomètres du transport routier de marchandises et le nombre de tonnes-kilomètres de l'ensemble de modes de transport. Ce facteur correspond à *la part modale du transport routier*.

Le second facteur correspond au ratio entre le nombre de tonnes-kilomètres de l'ensemble des modes de transport et le volume de biens transportés en tonnes. Ce facteur est égal à *la distance moyenne de transport* d'une tonne de marchandises.

Le troisième facteur est le ratio entre le volume de marchandises transportées et la valeur de la production industrielle. Ce facteur s'interprète comme étant *le poids moyen d'un dollar de production industrielle*.

Enfin, le quatrième facteur est le ratio entre la valeur de la production industrielle et la valeur du PIB. Ce facteur représente *la part de l'industrie dans le PIB*.

L'équation 4 s'interprète donc ainsi

$$\left[\begin{array}{c} \text{Intensité} \\ \text{du} \\ \text{transport} \\ \text{routier} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Part} \\ \text{modale} \\ \text{de la} \\ \text{route} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{c} \text{Distance} \\ \text{moyenne} \\ \text{du} \\ \text{transport} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{c} \text{Poids moyen} \\ \text{d'un dollar de} \\ \text{production} \\ \text{industrielle} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{c} \text{Part de} \\ \text{l'industrie} \\ \text{dans le PIB} \end{array} \right] \quad (5)$$

L'intensité de transport routier de marchandises est donc décomposée en quatre facteurs. Ces facteurs correspondent à différents niveaux de couplage ou de découplage. Dans la section suivante, les trends de ces quatre facteurs sont observés. L'estimation économétrique des évolutions des quatre facteurs s'inspire de travaux antérieurs dans le domaine de l'économie de l'environnement. Un ensemble d'articles s'est en effet intéressé au lien entre la croissance économique et la pollution. Ces travaux ont montré qu'il existait une courbe en U-inversé entre la pollution et le niveau de revenu d'une nation (Holtz-Eakin et Selden, 1992, Shafik, 1994, Grossman et Krueger, 1995). Cette courbe est appelée la courbe de Kuznets environnementale. Dans la section qui suit, une spécification inspirée de cette littérature est estimée puis interprétée.

Estimation économétrique et interprétation

Cette section est consacrée à l'estimation économétrique des trends des quatre facteurs issus de la décomposition de l'intensité de transport routier. Dans une première sous-section, la spécification du modèle estimé est expliquée. Ensuite, une seconde sous-section présente les résultats de l'estimation. Enfin, la troisième sous-section interprète les résultats de l'estimation économétrique.

Spécification du modèle

La spécification du modèle est inspirée par la littérature de la courbe de Kuznets environnementale. Cette littérature estimait initialement la relation entre la pollution et le PIB par habitant d'un pays. Dans ce papier, le modèle estime la relation entre chacun des quatre facteurs de l'équation 5 et le PIB par habitant. Une spécification quadratique est utilisée. Cette dernière est similaire à celle qu'utilisent Shafik (1994) ou Holtz-Eakin et Selden (1992). Les modèles estimés sont donc les suivants

$$msh_{it} = \alpha_{msh} + \beta_{msh} \cdot y_{it} + \gamma_{msh} \cdot ysq_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$dst_{it} = \alpha_{dst} + \beta_{dst} \cdot y_{it} + \gamma_{dst} \cdot ysq_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$wgh_{it} = \alpha_{wgh} + \beta_{wgh} \cdot y_{it} + \gamma_{wgh} \cdot ysq_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$ind_{it} = \alpha_{ind} + \beta_{ind} \cdot y_{it} + \gamma_{ind} \cdot ysq_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

avec msh_{it} la part modale de la route du pays i en t pris en logarithme, dst_{it} la distance de transport moyenne d'une tonne de marchandises dans le pays i et t pris en logarithme, wgh_{it} le poids moyen d'un dollar de production industrielle pour le pays i à la période t pris en logarithme, ind_{it} la part de la production industrielle dans l'économie du pays i à l'année t pris en logarithme, y_{it} le logarithme du produit intérieur brut par habitant et ysq_{it} le carré du logarithme du produit intérieur brut par habitant.

L'échantillon est décrit en annexe. Pour les modèles 6, 7 et 8, il consiste en un échantillon de données de panel composé des quinze plus anciens pays de l'Union Européenne. Les données sont des données annuelles de 1982 à 1998. Le modèle 9 est également un échantillon de données de panel. L'échantillon est toutefois élargi à l'ensemble des pays de l'OCDE. Il couvre une période allant de 1970 à 2000.

La nature de l'échantillon implique l'utilisation de techniques économétriques particulières puisqu'il s'agit de données de panel. Deux estimations sont alors effectuées. La première estimation est un modèle à effet fixe (*Fixed-Effect Model*, FEM). Dans ce modèle, une constante spécifique individuelle est introduite (pour chaque pays). Le second modèle est un modèle à effet aléatoire (*Random-Effect Model*, REM). Dans celui-ci, le terme d'erreur est composé de deux éléments

$$\varepsilon_{it} = \mu_i + \lambda_{it}$$

où le premier terme de l'addition est terme d'erreur spécifique à l'individu et le second terme un bruit-blanc. Ce modèle est estimé par la méthode des moindres carrés généralisés en deux étapes.

Deux statistiques sont ensuite calculées pour évaluer la significativité de ces deux modèles. La première statistique est la statistique de multiplicateur de Lagrange (*Lagrange Multiplier*, LM) de Breusch et Pagan. Cette statistique permet de tester la présence d'effets spécifiques individuels. Elle suit une loi du χ^2 avec un degré de liberté. L'hypothèse nulle d'absence d'effets spécifiques individuels est rejetée quand cette statistique à 3,84 (au seuil de 95%). La seconde statistique est la statistique d'Hausman (*H*) qui teste la significativité du modèle REM par rapport au FEM. Cette statistique suit une loi du χ^2 avec $k-1$ degrés de liberté (k le nombre de régresseurs). Des fortes valeurs de *H* jouent en faveur d'un modèle FEM. Dans la sous-section qui suit, les résultats de ces tests sont présentés, puis l'estimation des modèles FEM ou REM est donnée.

Résultats

Les résultats des tests du LM de Breusch et Pagan et de Hausman sont présentés dans le tableau 1. Le test du multiplicateur de Lagrange montre que pour les quatre modèles, l'hypothèse nulle d'absence d'effets spécifiques individuels peut être rejetée. Ce test plaide donc en faveur du modèle FEM ou REM plutôt que pour le modèle linéaire classique. Ensuite, le test d'Hausman montre que le modèle à

effets fixes est plus significatif que le modèle à effet aléatoire pour l'ensemble des modèles sauf pour la variable *ind* qui représente la part de l'industrie dans le PIB.

Tableau 1 : Tests du multiplicateur de Lagrange et de Hausman

	Test LM		Test Hausman	
	LM Stat.	Prob.	H Stat.	Prob.
Model 6 (part modale)	542.10	.00	14.15	.00
Model 7 (distance moyenne)	14.86	.00	9.62	.01
Model 8 (poids moyen)	62.89	.00	8.57	.01
Model 9 (part de l'industrie)	8484.98	.00	1.40	.50

Le tableau qui suit présente les résultats de l'estimation du modèle à effets fixes pour les modèles 6 à 8. Les résultats de l'estimation sont statistiquement significatifs. Les coefficients estimés sont en effet toujours significatifs, tout comme la statistique de Fisher. Le coefficient de corrélation présente également une valeur satisfaisante. Il apparaît donc que la relation entre ces trois facteurs de couplage et le PIB par habitant est significative.

Tableau 2 : L'estimation des modèles FEM

Variable	mod_{it}	dst_{it}	wgh_{it}
y_{it}	-5.28 (1.50)	35.93 (15.61)	78.09 (21.56)
ysq_{it}	.28 (.08)	-1.77 (.80)	3.95 (1.10)
F	58.29	10.73	6.20
R^2	.85	.55	.41
n	169	160	149

Note : Entre parenthèses, figure les erreurs-types.

Le modèle à erreur aléatoire est estimé pour le modèle 9. Les résultats de cette estimation figurent dans le tableau 3. Cette estimation est également significative comme le montrent les faibles valeurs des écarts-types. Ces estimations corroborent l'existence d'une relation entre les facteurs de couplage et le PIB par habitant. Dans ce qui suit, les estimations sont interprétées en terme d'élasticité.

Tableau 3 : L'estimation du modèle REM

Variable	ind_{it}
y_{it}	5.76 (.20)
ysq_{it}	-.30 (.01)
intercept	-28.95 (.96)
n	783

Interprétation

Les résultats des estimations précédentes sont interprétées en terme d'élasticité. L'élasticité d'un facteur de couplage par rapport au PIB par habitant est égale à la dérivée de la relation quadratique estimée ou à

$$\xi_{it}^n = \hat{\beta}_n + \hat{\gamma}_n \cdot y_{it} \quad (10)$$

avec ξ_{it}^n l'élasticité estimée du facteur n par rapport au PIB par habitant et $\hat{\beta}_n$ et $\hat{\gamma}_n$ les paramètres estimés dans la sous-section précédente.

La figure 4 représente l'élasticité de la part modale de la route par rapport au PIB par habitant. Cette figure révèle une élasticité positive et légèrement croissante. Des valeurs négatives sont néanmoins observables dans la partie gauche du graphique. Il est difficile d'interpréter ces valeurs puisqu'elles correspondent à des niveaux de PIB par habitant qui ne sont pas significatifs. Ce graphique permet donc de dire qu'une augmentation du PIB par habitant se traduit par une augmentation de la part modale de la route. Plusieurs facteurs peuvent être mentionnés pour expliquer ce phénomène. En premier lieu, la restructuration de la production industrielle européenne s'est traduit par une réduction de la part des produits pondéreux dans l'industrie. Or, ce type de production a plus de chance d'utiliser le transport public que des produits plus légers. Ensuite, l'organisation des firmes en *Just-in-time* induit une demande de transport rapide et flexible que le transport ferroviaire de marchandises offre

plus difficilement que le transport routier. Enfin, le transport routier de marchandises a été libéralisé dans la plupart des pays européens au début des années 1980. Une baisse des prix de transport s'en est suivie alors que le transport ferroviaire est encore souvent une activité opérée par un monopole public. Ces éléments contribuent donc à expliquer pourquoi la part modale du transport routier est un facteur de couplage.

La figure 5 représente l'élasticité de la distance moyenne de transport par rapport au PIB par habitant. Elle correspond à une élasticité décroissante et positive. Cela revient donc à observer qu'une augmentation du PIB par habitant s'accompagne d'une augmentation de la distance moyenne de transport. A l'extrême-droite de la figure, cette élasticité devient négative. Il est également difficile d'interpréter cette dernière compte tenu de la faible représentativité de ces valeurs dans l'échantillon. Néanmoins, nous pouvons l'interpréter en terme de contrainte géographique. L'échantillon est composé de données de transport national des quinze plus anciens membres de l'Union européenne. Or, au sein de cet ensemble, nous trouvons nombre de petits pays. Nous pouvons penser qu'il existe un seuil au-delà duquel la distance moyenne de transport national ne peut plus augmenter. C'est ce que nous appelons l'effet d'une contrainte géographique. En intégrant le transport international, il est probable que l'augmentation de la distance de transport soit encore plus nette. Cette dernière reste néanmoins un facteur de couplage.

Figure 4 : Elasticité de mod_{it}

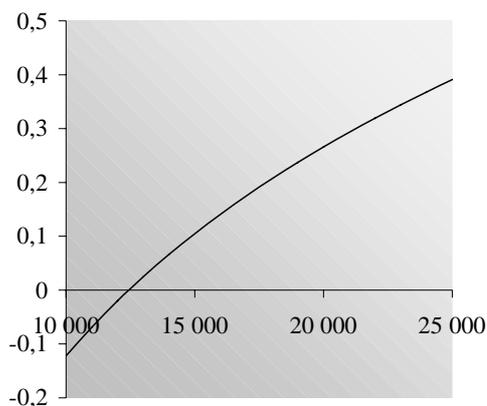
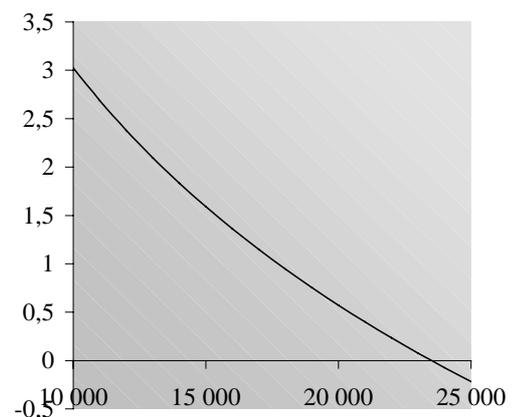


Figure 5 : Elasticité de dst_{it}



La figure 6 représente l'élasticité du poids moyen d'un dollar de production industrielle. Cette dernière montre une courbe croissante négative dans un premier temps, puis positive au-delà de la valeur de

20000\$. La faible significativité des valeurs situées au-delà de la valeur 20000\$ insiste à interpréter cette figure à partir de sa partie gauche ou la partie négative de l'élasticité. L'augmentation du PIB par habitant entraîne une baisse du poids moyen d'un dollar de production industrielle. Cette interprétation est cohérente avec un certain nombre de facteurs. En particulier, sous l'effet de la restructuration des industries en Europe et du progrès technique, nous pouvons observer qu'un ensemble de produits industriels plus denses en valeur s'est substitué à l'industrie lourde. Dès lors, le poids moyen de la production industrielle correspond à un facteur de découplage.

Figure 6 : Elasticité de wgh_{it}

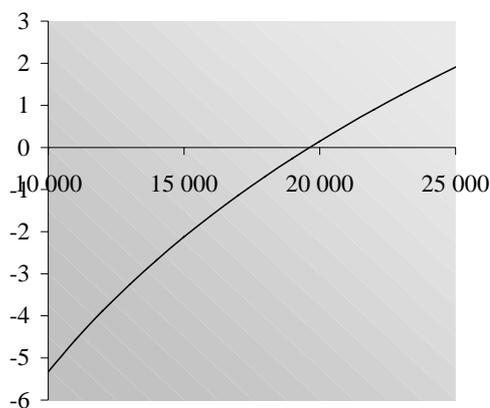
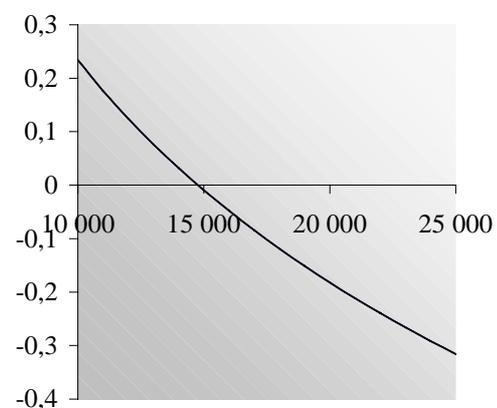


Figure 7 : Elasticité de ind_{it}



Enfin, la figure 7 représente l'élasticité de la part de l'industrie dans le PIB par rapport au PIB par habitant. Ce graphique montre une élasticité décroissante, dans un premier temps positive, puis, à partir d'un seuil situé à 15000\$, négative. Ce graphique illustre une idée ancienne que Kuznets (1955) avait déjà notée dans son papier sur les inégalités de revenus. Cela montre que, dans un premier temps, l'augmentation du PIB par habitant s'accompagne d'une augmentation de la part de l'industrie dans l'économie, puis, à partir d'un certain point (ici estimé à 15000\$), l'augmentation du PIB par habitant s'accompagne d'une diminution de la part de l'industrie dans le PIB. Le premier de ces temps correspondent à l'industrialisation d'un pays qui cède la place à une seconde période marquée par le déclin de la part de l'industrie dans l'économie au profit du secteur des services. Ce facteur constitue donc, aujourd'hui, pour les pays de l'Union européenne, un facteur de découplage.

Conclusion

Cet article s'intéresse à la relation entre le transport de marchandises et la croissance économique. L'intensité de transport routier de marchandises est décomposée en quatre facteurs. Une estimation de ces quatre facteurs à partir de données de panel montre deux facteurs de couplage et deux facteurs de découplage. Les facteurs de couplage sont l'augmentation de la distance moyenne de transport et l'augmentation de la part modale de la route. Les facteurs de découplage sont la baisse de la part de l'industrie dans la production économique et la baisse du poids moyen de la production industrielle.

Ces conclusions sont cohérentes avec la plupart des résultats observés dans la littérature. Par exemple, la baisse de la part de l'industrie dans l'économie correspond à une modification structurelles des économies occidentales souvent observées. De même, l'augmentation de la distance moyenne de transport est également un facteur souvent mentionné. Cet article est par ailleurs cohérent avec l'idée d'une élasticité variable du transport de marchandises par rapport à la croissance économique.

Ces résultats peuvent cependant être complétées par de futures recherches. Plusieurs dimensions pourraient être développées. En premier lieu, l'intégration du transport international à cette analyse pourrait par exemple donner un rôle plus important à l'augmentation des distances moyennes de transport. Ensuite, la poursuite de ce travail pourrait s'attacher à élargir son analyse d'autres contextes. L'estimation économétrique ne concerne qu'un faible nombre de pays pour un intervalle de temps relativement court. Une analyse intégrant d'autre continent ou une période plus large enrichirait sans aucun doute nos conclusions.

Bibliographie

ANG B. W., ZHANG F. Q., 2000, « A Survey of index decomposition analysis and environmental studies », *Energy*, n°25, pp.1149-1176.

ASCHAUER D. A., 1989, « Is public expenditure productive? », *Journal of Monetary Economics*, n°23(2), pp.177-200.

BAGARD V., CROZET Y., JOLY I., 2002, *Le couplage des croissances de l'économie et des transports de voyageurs est-il inéluctable ?*, DATAR.

BAUM H., 2000, « Decoupling transport intensity from economic growth » in ECMT, *Key issues for transport beyond 2000. 15th international symposium on theory and practice in transport economics*, OECD, pp.231-260.

BAUM H., KURTE J., 2002, « Transport and economic development » in ECMT, *Transport and economic development*, OECD, pp.5-49.

CITEPA, 2005, *Emissions dans l'air en France: Substances impliquées dans le phénomène d'accroissement de l'effet de serre*, CITEPA.

EUROSTAT, 2002, *Everything on transports. Data 1970-2000. CD-ROM*, European Commission.

EUROPEAN COMMISSION, 2001, *European Transport policy for 2010: time to decide*, European Commission.

FOGEL R. W., 1962, « A quantitative approach to the study of railroads in American economic growth: A report of some preliminary findings », *The Journal of Economic History*, n°22(2), pp.163-197.

FOSGERAU M., KVEIBORG O., 2004, « A review of some critical assumptions in the relationship between economic activity and freight transport », *International Journal of Transport Economics*, n°31(2), pp.247-261.

GABELLA-LATREILLE C., 1997, *Le modèle quinquin fret, un modèle de simulation à l'horizon 2015 des flux de transport de marchandises. Tome 1 : Le modèle quinquin fret, un instrument d'aide à la décisions. Thèse de doctorat de sciences économiques*, Université Lumière Lyon 2.

GROSSMAN G., M. KRUEGER A. B., 1995, « Economic growth and the environment », *Quarterly Journal of Economics*, n°110(2), pp.353-377.

HESTON A., SUMMERS R., ATEN B., 2002, *Penn World Table Version 6.1*, Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania.

HOLTZ-EAKIN D., SELDEN T. M., 1992, « Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth », *NBER Working paper*, n°4248.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press.

JOIGNAUX G., VERNY J., 2003, « Le découplage entre transport de marchandises et croissance : organisations productives, localisations et demande de transport », *XXXIXth ASRDL Conference*, Lyon, 1-3 Septembre.

KIANG N., SHIPPER L. 1996, « Energy trends in the Japanese transportation sector », *Transport Policy*, n°3(1/2), pp.21-35.

KULSHRESHTHA M., NAG, B., 2000, « Structure and demand of non-suburban passenger travel demand in Indian railways », *Transportation*, n°27, pp.221-241.

KULSHRESHTHA M., NAG B., KULSHRESTHA M., 2001, « A multivariate cointegrating vector auto regressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways », *Transportation research*, n°35A(1), pp.1-72.

KUZNETS S., 1955, « Economic growth and income inequality », *The American Economic Review*, n°45(1), pp.1-28.

KVEIBORG M., FOSGERAU M., 2004, « Explaining the decoupling of freight traffic growth and economic growth », *European Transport Conference*, Strasbourg, 4-6 Octobre.

LENORMAND A., 2002, *Prévisions dans les modèles cointégrés avec rupture: Application à la demande de transports terrestres de marchandises et de voyageurs. Thèse pour le doctorat en sciences-économiques*, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

KWON T.-H., 2005, « Decomposition of factors determining the trend of CO₂ emissions from car travel in Great-Britain », *Ecological Economics*, n°53, pp.261-275.

MARTIN J.-M., 1988, « L'intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industrialisés: les évolutions de très longue période livrent-elles des enseignements utiles? », *Economie et Société*, n°3-EN, pp.9-27.

MCKINNON A., WOODBURN A., 1996, « Logistical restructuring and road freight growth : An empirical assessment », *Transportation*, n°23(2), pp.141-161.

MEERSMAN H., VAN DE VOORDE E., 1997, « La croissance des transports de marchandises est-elle évitable? » in ECMT, *Which changes for transport in the next century. 14th international symposium of theory and practice*, OECD, pp.23-51.

MEYER F., 1998. *La concurrence rail-route: Analyse économétrique des trafics de marchandises et des perspectives du transport combiné. Thèse pour le doctorat en sciences-économiques*, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

OECD, 2004, *Annual National Accounts for OECD Member Countries - Data from 1970 onwards: GDP by output at constant prices*, OECD.

REDEFINE, 1999, *Relationship between Demand for Freight-transport and Industrial Effects. Summary Report*, NEI.

SACTRA, 1999, *Transport and the economy: full report*, SACTRA,.

SCHÄFER A., 2005, « Structural change in energy use », *Energy Policy*, n°33, pp.429-437.

SCHÄFER A., VICTOR D. G., 2000. « The future mobility of the world population », *Transportation research*, n°34A(3), pp.171-205.

SHAFIK N., 1994, « Economic development and environmental quality: An econometric analysis », *Oxford Economic Papers*, n°46, pp.757-773.

SHIPPER L., SCHOLL L., PRICE L., 1997, « Energy use and carbon emissions from freight in 10 industrialized countries: an analysis of trends from 1973 to 1992 », *Transportation Research*, n°2D(1), pp.57-76.

STEAD D., 2001, « Transport intensity in Europe - indicators and trends », *Transport Policy*, n°8, pp.29-46.

SPRITE, 2000, *Separating the Intensity of Transport from Economic Growth. Final Publishing Report*, ITS.

STEER DAVIES GLEAVES, 2004, *Freight transport intensity of production and consumption*, Steer Davies Gleaves.

Annexe

Les données utilisées dans l'estimation se composent de données économiques et de données de transport. Les données de transport proviennent de la base de données *NewCronos* d'Eurostat (2002). Plus précisément, la variable TK_Route_{it} est donnée par le tableau *B-Road Transport V3-09. National annual transport by distance class and type of carriage (Mio Tkm)*. Il est composé des quinze plus anciens pays de l'Union Européenne. Certaines observations manquent toutefois. C'est en particulier le cas des pays avant leur adhésion à l'Union. Cette variable est additionnée à la variable correspondante pour le transport ferroviaire (Tableau *A-Rail Transport V3-05. National annual transport by distance class and group of goods (1000 T, Mio Tkm)*) afin d'obtenir la variable TK_{it} . La série T_{it} est également reconstituée en additionnant les volumes de transport routier (tableau *B-Road Transport V3-08. National annual transport by distance class, type of carriage and group of goods (1000 T)*) et ferroviaire (tableau *A-Rail Transport V3-05. National annual transport by distance class and group of goods (1000 T, Mio Tkm)*). Les volumes de transport ne correspondent donc qu'aux volumes de transport terrestre. Cette simplification peut se justifier. Le transport aérien de marchandises est insignifiant sur le plan national alors que le transport par voie maritime intérieure ne concerne qu'un faible nombre de pays (Allemagne, Belgique ou Pays-Bas).

La part de l'industrie dans l'économie est donnée par le tableau *Annual National Accounts for OECD Member Countries - Data from 1970 onwards: GDP by output at constant prices* de l'OCDE (2005). Certaines observations sont manquantes. C'est le cas des pays avant leur adhésion à l'organisation mais aussi de la Suisse et de l'Irlande pour l'ensemble de la période.

Le PIB et le PIB par habitant sont donnés par la base de données *Penn World Table 6.1* du Center for International Comparisons de l'Université de Pennsylvanie (Heston, Summers and Aten, 2002). Ces données sont relevées pour l'ensemble de pays de l'OCDE de 1970 à 2000. Elles sont prises dollar constant et en parité de pouvoir d'achat.