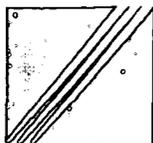


ARMA

ISBN 2-11-087546-1

Janvier 1994



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Tourisme



INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET CROISSANCE ENDOGÈNE

Étude réalisée pour l'ARMA,
le Commissariat Général du Plan

et l'OEST

OBSERVATOIRE
ÉCONOMIQUE
ET
STATISTIQUE
DES
TRANSPORTS

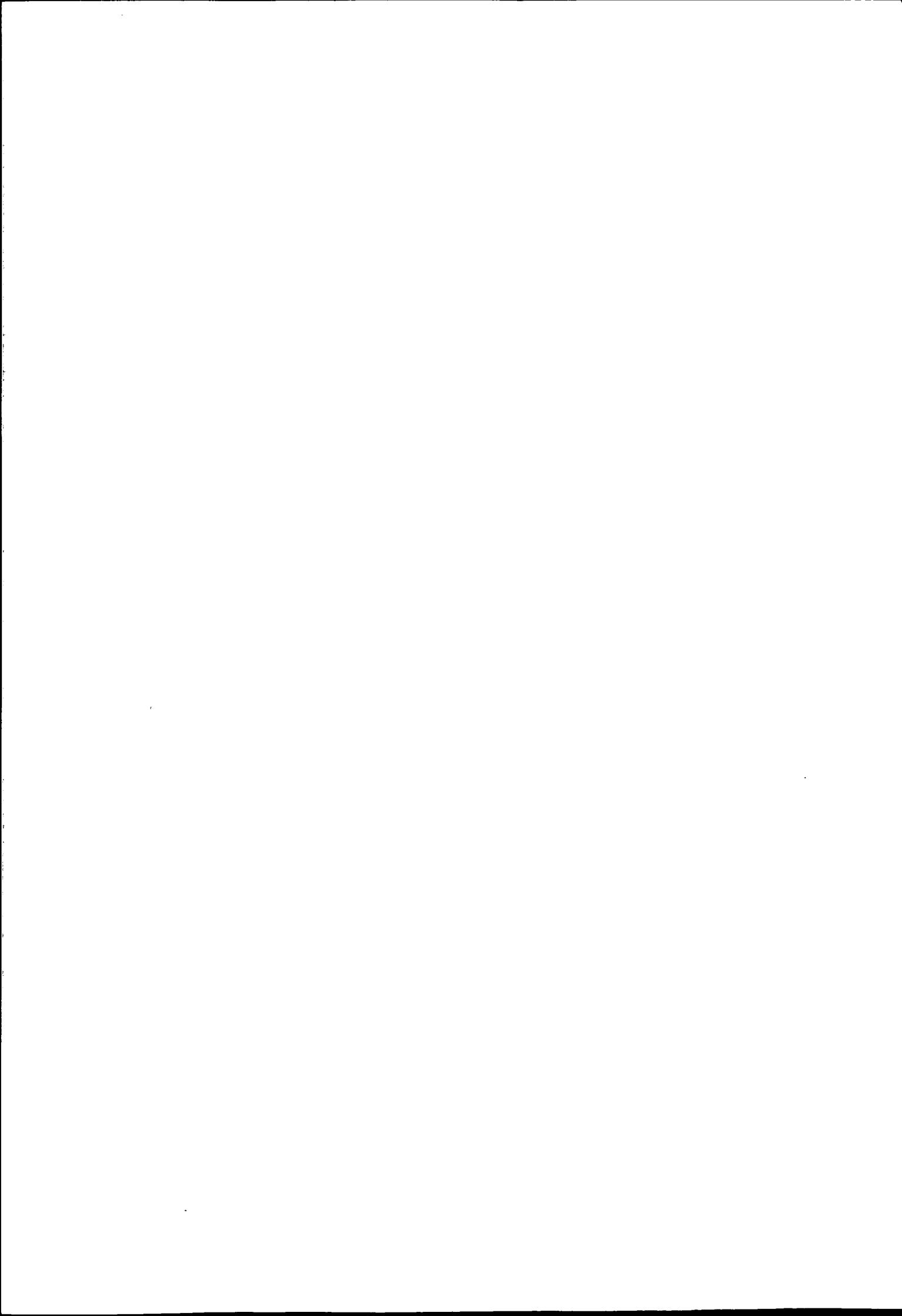
Tour Pascal B
92055 PARIS -
LA DEFENSE
Cedex 04

CDAT
9463

**Association
pour la Recherche
en Microéconomie
Appliquée**

24, Rue du Renard
75004 PARIS
Tél. : (1) 42 78 22 24
(1) 40 77 19 60 (Secrétariat)

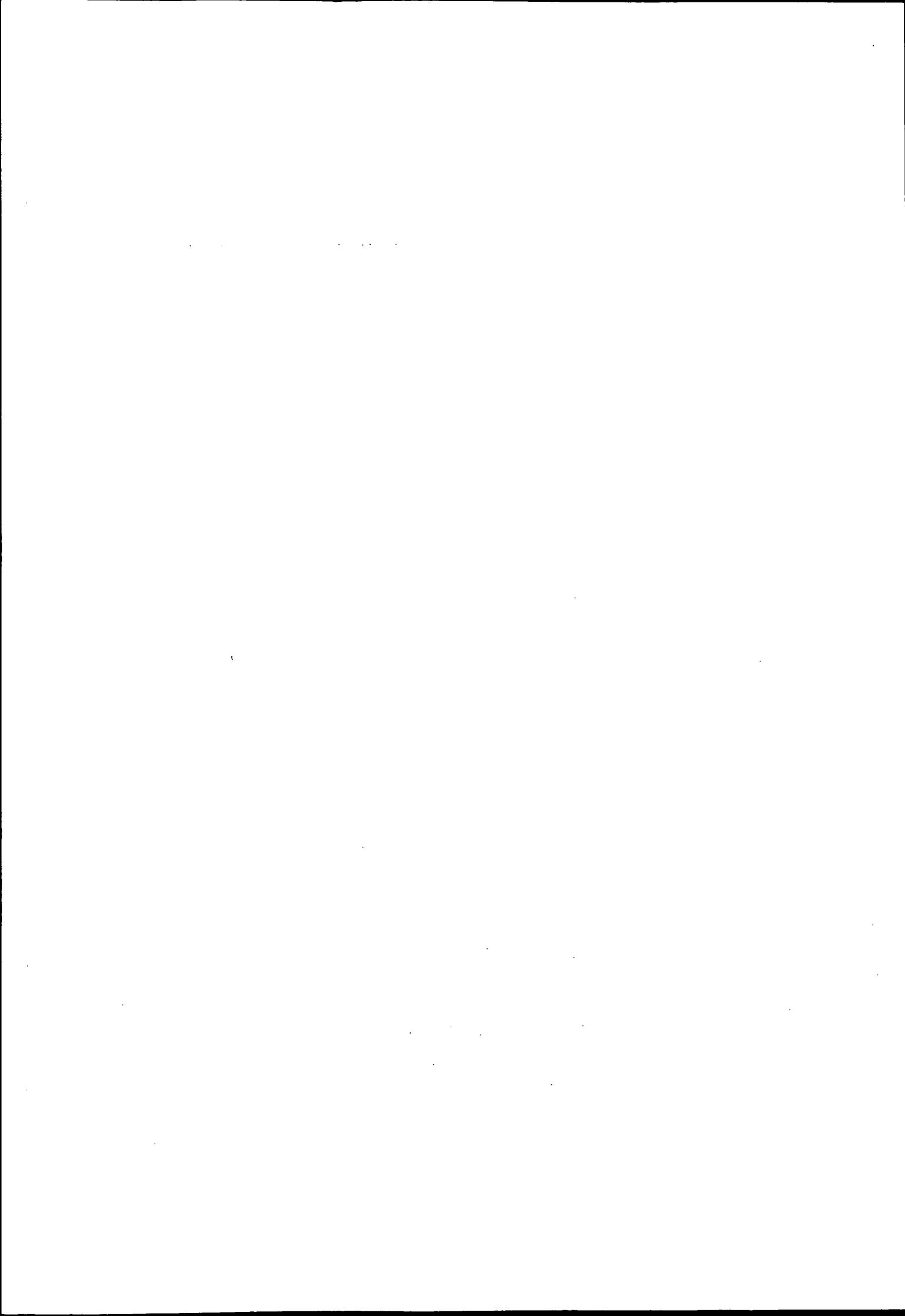
Françoise LAGUARRIGUE



INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET CROISSANCE ENDOGENE

Je tiens à remercier A. PERROT, J. P. PUIG, et P. RALLE pour leurs conseils et suggestions. Les erreurs ou insuffisances relèvent, bien entendu, de ma seule responsabilité.

Ma reconnaissance ira également à J. P. TAROUX pour l'aide précieuse qu'il a apportée dans la constitution des données de stock de capital d'infrastructures, qui représentait l'une des difficultés majeures de notre étude.



RESUME

Cette étude est consacrée à l'estimation d'un modèle de croissance endogène, et mesure l'impact des investissements en infrastructures de transport sur le développement économique.

A partir d'une synthèse des différents travaux empiriques existants, basés sur des modélisations de fonctions de production du type Cobb-Douglas et des modélisations de fonctions de coût, nous avons élaboré nos travaux en essayant de trouver la meilleure adéquation pour le cas de la France, compte tenu des données disponibles.

Les résultats économétriques obtenus, ont permis de mettre en évidence un effet significatif des infrastructures sur la croissance, à un niveau national, et ouvrent la voie à des études intéressantes à un niveau régional et européen.



SOMMAIRE

INTRODUCTION	p.1
I. Arguments théoriques: lien entre infrastructures de transport et croissance	p.3
I.1. Théorie traditionnelle de la croissance et théorie de la croissance endogène	p.3
I.2. Effets des dépenses publiques sur la croissance économique	p.4
I.3. Effets des investissements en infrastructures de transport	p.5
I.4. Economies d'échelle et externalités	p.5
I.5. Taux de rendement social et taux de rendement privé des investissements	p.7
II. Présentation des différentes modélisations	p.8
II.1. Modèles liant dépenses publiques, progrès technique et croissance	p.8
II.2. Modèles basés sur une spécification de la fonction de production	p.9
II.3. Modèles basés sur une spécification de la fonction de coût	p.13
II.4. Fonction de production versus fonction de coût	p.16
II.5. Etudes axées sur les infrastructures de transport	p.17



III. Description des données p.19

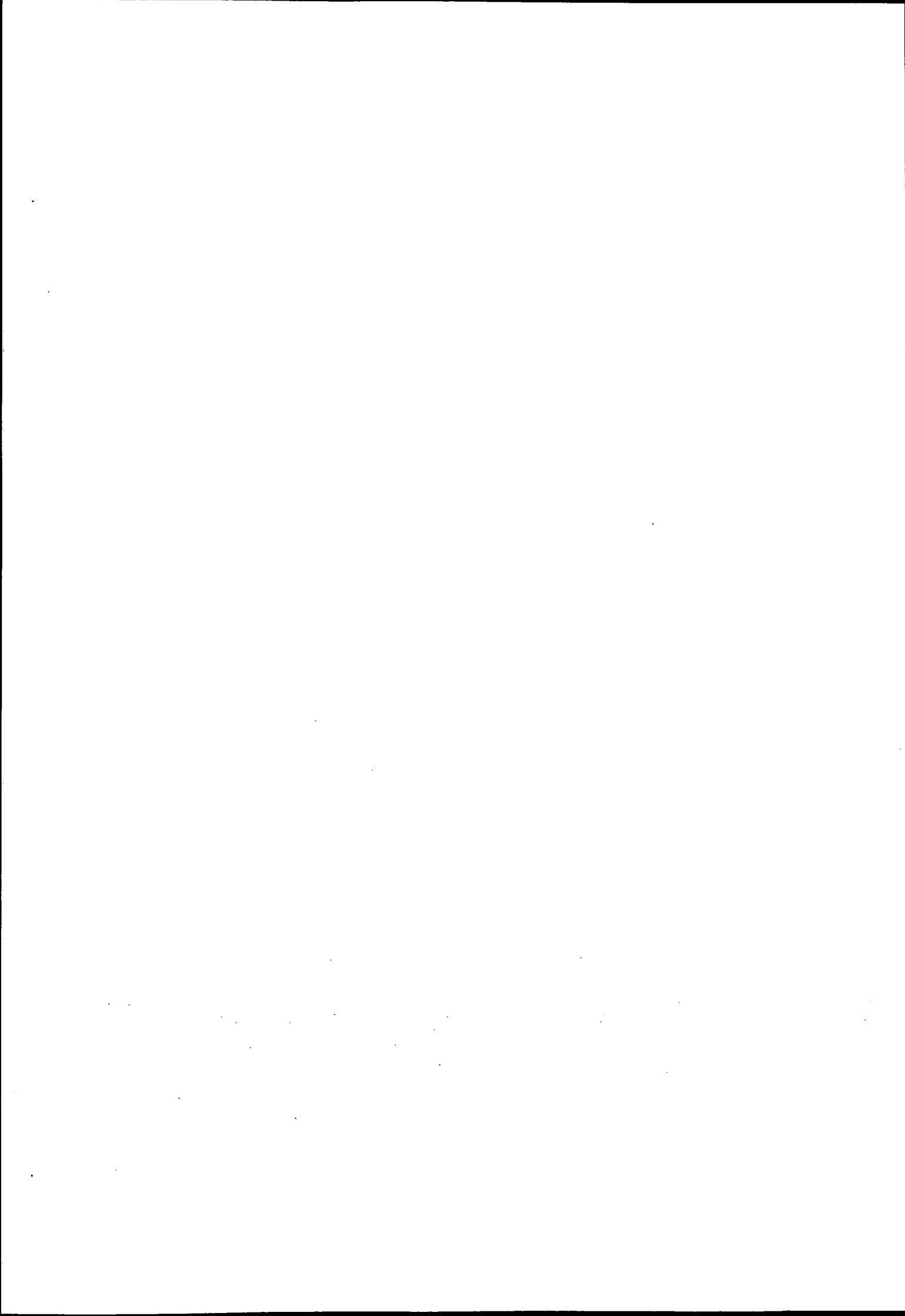
IV. Etude inter-temporelle au niveau national: estimation et résultats p.25

CONCLUSION p.36

ANNEXE

- **Annexe** : Liste des séries de données utilisées

BIBLIOGRAPHIE



INTRODUCTION

L'étude des impacts macro-économiques liés à l'aménagement du territoire des équipements publics, revient souvent à l'ordre du jour, et reste un sujet à la fois important, vaste et difficile.

Important, car il est nécessaire de tenir compte, dans les décisions de réalisation d'infrastructures, de l'effet qu'elles auront sur la croissance.

Les gouvernements doivent-ils investir, uniquement lorsque l'on observe des goulots d'étranglement dus à une expansion du secteur privé, ou inversement, utiliser les infrastructures comme un moteur du développement national ou régional?

Ces questions ne sont pas sans lien avec celles posées dans le rapport "Transport 2010" du Commissariat Général du Plan. L'effort actuel d'investissement du pays dans les infrastructures de transport est évalué à 90 Milliards de francs (moyenne des années 1988/1990) et le Plan indique que sa poursuite à rythme inchangé risque d'être insuffisante face à la croissance rapide des besoins.

Le réseau routier absorbe 60% des dépenses d'infrastructures, dont 41% pour le réseau national. Le chemin de fer, au travers de la S.N.C.F., représente 21,5% de ces dépenses, dont près de 45% pour le seul T.G.V.. L'effort en matière de transports collectifs urbains restant au mieux à 11%. La croissance des investissements aéroportuaires s'est encore plus nettement accélérée depuis 1987, et les dépenses d'infrastructures portuaires se sont fortement accrues à partir de 1988.

L'ampleur de ces besoins est liée au développement de la grande vitesse, à la recherche d'un maillage du territoire, à la prise en compte des soucis de préservation de l'environnement entraînant un alourdissement des montants d'investissements, et surtout à la résorption de la congestion, principalement en Ile-de-France et sur l'axe européen Lille-Paris-Lyon-Méditerranée.

Le champ d'étude peut être alors envisagé sous deux angles, d'un point de vue qualitatif (les conséquences sur les modes de vie et sur l'organisation des entreprises), ou d'un point de vue quantitatif i.e la mesure des effets en termes micro et macro-économiques. Le point de vue adopté ici sera uniquement quantitatif.

Le passage par la théorie est indispensable pour voir, si, par exemple, les effets en cause sont pris en considération par le calcul économique classique. La première section présentera les arguments théoriques qui lient les investissements publics, particulièrement en infrastructures de transport, à la croissance économique.

La deuxième section résumera l'éventail des études empiriques, nationales et multi-régionales, menées tant en France qu'à l'étranger.

La troisième section consistera en une analyse descriptive des données nationales.

Dans la quatrième section, seront présentées les modélisations économétriques et les résultats qui en sont issus. Les améliorations possibles et les critiques permettront de conclure.

I. Arguments Théoriques: lien entre infrastructures de transport & croissance

I.1. Théorie traditionnelle de la croissance et théorie de la croissance endogène

La théorie traditionnelle de la croissance a été développée durant les années soixante, et a régné sans changement notable pendant les vingt années suivantes.

Les nouvelles théories de la croissance endogène sont issues des articles de Romer (1986) et de Lucas (1988).

- Caractéristiques de la théorie traditionnelle de la croissance:

Dans ce qu'on appelle la théorie traditionnelle, le taux de croissance de long terme est un taux naturel, découlant d'un taux de croissance de la population et d'un taux exogène de progrès technique. Ce taux ne dépend pas du taux d'épargne (ou d'investissement) qui détermine le niveau de production par tête mais non son rythme.

- Caractéristiques des modèles de croissance endogène:

Dans les modèles de croissance endogène, le taux de croissance de long terme a un caractère endogène. Il dépend en effet des caractéristiques de l'économie, de la propension à épargner, et donc des politiques économiques.

Considérons une fonction de production agrégée:

$$Y = F(K,L,A) \quad \text{où } K \text{ représente le capital, } L \text{ l'emploi;}$$

A qui dans la théorie traditionnelle représentait un terme de progrès autonome, devient:

- soit une accumulation de connaissances résultant de l'expérience acquise dans la production "Learning by Doing" (Romer 1986)

- soit un capital humain accumulé par l'éducation (idée développée par Lucas 1988).

Dans de tels modèles, des économies proches à un moment donné, peuvent connaître des évolutions divergentes. L'histoire et les conditions initiales jouent un rôle central dans la dynamique de l'économie.

Le niveau de capital et de connaissances atteint va déterminer la trajectoire suivie par le sentier de croissance et la situation à long terme.

Si le niveau de capital est au dessus d'un seuil critique, les externalités seront suffisantes pour atteindre un sentier de croissance, il y aura décollage de l'économie.

Dans le cas contraire, les effets externes ne permettront pas de franchir le seuil de développement, et l'économie se situera dans un piège de sous-développement. Ces modèles possèdent donc des propriétés d'hystérésis.

L'Etat peut jouer un rôle sur le rythme de croissance en subventionnant l'investissement pour que les agents investissent plus, en faisant coordonner les anticipations des partenaires sociaux, et entreprendre lui même des investissements pour permettre à l'économie de dépasser le seuil critique de développement.

Le taux de croissance peut donc être modulé par des mesures de politique économique, en particulier par les investissements en infrastructures de transport. Leurs effets dépendant de leurs financements et de leurs tarifications.

I.2. Effets des dépenses publiques sur la croissance économique:

- Les effets positifs:

Au niveau de la fonction de production privée, une augmentation des dépenses publiques a pour effet d'améliorer la productivité du capital, ou la productivité globale des facteurs.

Ces dépenses stimulent la croissance par:

- un mécanisme macro-économique: une relance de l'activité entraîne un accroissement des gains de productivité, et donc une augmentation de la croissance future.

- un mécanisme "technologique": par le biais de l'accumulation de connaissances.

- L'effet d'éviction:

Nous pouvons citer ici, un effet d'éviction des dépenses privées par les dépenses publiques, qui peut se produire soit spontanément (équivalence ricardienne), soit par l'intermédiaire du marché (hausse des taux), soit encore par la politique économique (par exemple, un ralentissement des salaires afin de respecter des objectifs macro-économiques sur les soldes publics ou extérieurs).

I.3. Effets des investissements en infrastructures de transport

Nous pouvons constater deux types d'effets, qui tous deux dépendent du type d'infrastructure, du niveau économique et de la répartition sectorielle de la région concernée par l'investissement.

Les effets de court terme qui sont liés à la construction de l'infrastructure, et qui consistent en une création d'emplois et de revenus dans le secteur du génie civil, puis par transmission sur le reste de l'économie. Ces effets multiplicateurs keynésiens qui engendrent aussi une hausse des importations, s'atténuent après un ou deux ans.

Les effets de long terme liés aux réductions des coûts de transport, à l'accroissement de l'accessibilité, et aux gains de temps concernent les ménages et les entreprises. Ils agissent sur tous les secteurs de l'économie par le biais de consommations intermédiaires: effet sur le revenu des ménages, l'emploi, la productivité des entreprises et l'investissement privé. Ce surcroît de croissance, qui peut impliquer une restructuration spatiale, intervient sur une période de cinq ans au moins.

Un accroissement des investissements en infrastructure, implique donc une baisse des coûts de transport qui sera répercutée par une baisse des prix à la consommation.

Cependant, il est à noter que cet avantage peut être absorbé par les entrepreneurs ou les propriétaires fonciers, dans le but d'augmenter leurs marges. De même, une ouverture à la concurrence par le biais d'une infrastructure, peut aggraver les difficultés d'une région en crise.

Ainsi, un développement des infrastructures produirait une augmentation de la productivité des facteurs.

I.4. Economies d'échelle et externalités

Le caractère endogène du taux de croissance repose sur l'existence d'externalités et de rendements d'échelle croissants, qui sont caractéristiques du secteur des transports.

- Les économies d'échelle:

Les nouvelles théories de la croissance sont construites autour de l'idée selon laquelle les rendements ne sont pas décroissants lorsque l'on prend en compte tous les facteurs qui peuvent être accumulés: le capital physique, le capital humain, le capital immatériel de connaissances technologiques et le capital public d'infrastructures.

La croissance est vue comme un processus auto-entretenu, se développant à taux constant si les rendements des facteurs sont eux-mêmes constants.

Les rendements par rapport à l'ensemble des facteurs sont donc croissants, ce qui peut correspondre à des économies d'échelle ou des économies externes (externalités productives, externalités technologiques ou de connaissance, et externalités de réseau).

Ces rendements croissants conduisent à des situations où l'équilibre de concurrence parfaite n'est pas toujours praticable et généralement pas optimal. Ces rendements suscitent en effet une concentration, et requièrent un certain degré de monopole pour assurer des profits positifs.

- Les externalités:

Le terme endogène qui dépend de l'accumulation antérieure de certains facteurs de production, reflète l'existence d'externalités de production: un stock de facteur accumulable qui, dans le cas qui nous intéresse, peut être un investissement en infrastructures, accroît la productivité des autres facteurs par le biais d'un effet externe.

Les investissements publics d'infrastructures, peuvent-ils, par le biais d'effets externes attractifs, agir au niveau de certaines polarisations régionales ?

Si des mesures de politiques économiques appropriées rendent attractif le développement de certaines technologies ou de certaines régions, favorisent l'investissement privé et permettent l'accumulation d'un facteur exerçant des externalités positives sur la production, il peut se produire un démarrage du développement économique, qui, par le biais des externalités qu'il engendre, porte en lui les conditions de poursuite ultérieure. Sinon, l'économie peut se trouver enfermée dans une "trappe de sous développement".

Les conditions initiales du développement déterminent dès l'origine la nature de l'équilibre de long terme, d'où la position centrale de l'Etat quant à la coordination des anticipations.

L'investissement public à l'origine d'externalités de production, accompagne donc le développement des investissements privés, et peut le précéder afin de donner une impulsion initiale suffisante à la croissance.

I.5. Taux de rendement social et taux de rendement privé des investissements

Les externalités étudiées dans la section précédente, entraînent un écart entre les rendements privés et le rendement social des activités considérées.

L'intervention des pouvoirs publics peut en principe améliorer les performances de l'équilibre spontané de l'économie.

Lorsque le taux de rendement social des investissements est supérieur au taux de rendement privé, les interventions publiques (taxes et subventions), destinées à encourager l'investissement, peuvent être socialement optimales car elles augmentent le taux de croissance de l'économie. L'influence de ces investissements sur le taux de croissance, dépend étroitement de la façon dont ils sont financés.

Comment financer des dépenses publiques, lorsque l'écart entre le taux de rendement privé et public de l'investissement est lié à des dépenses publiques ?

Pour un bien sujet à congestion, si la tarification ne tient pas compte des externalités d'encombrement (impôt forfaitaire par exemple), le bien public est utilisé de façon trop intensive. Cette externalité n'est pas perçue correctement au niveau individuel: le taux de croissance "décentralisé" est trop élevé au regard de l'optimum social. Dans ce cas, une taxation proportionnelle à la production permet d'internaliser l'externalité de congestion et égalise les taux de rendement privé et public des investissements.

Si l'on considère la solvabilité de l'Etat, celle-ci impose que les dépenses supplémentaires soient compensées par des réductions ultérieures de dépenses, ou par des impôts. Dans le cas de prélèvements fiscaux, l'incitation des agents privés à investir dans les diverses formes de ressources accumulables, est modifiée. Le taux de croissance de l'économie en est donc affecté.

Une modulation des prélèvements doit donc viser à rapprocher l'éventail des rendements privés des diverses activités, de la structure des rendements sociaux.

La théorie de la croissance endogène, entraîne donc des analyses avec effets externes, rendements croissants, innovation, empruntées à l'économie industrielle et l'économie internationale.

Les modèles qui en sont issus peuvent permettre d'identifier les sources de la croissance, et d'expliquer les phénomènes de développement inégal entre pays ou régions.

II. Présentation des différentes modélisations

Certains auteurs se sont intéressés au lien empirique existant entre la croissance économique et les dépenses publiques, plus particulièrement les investissements publics en équipement. Il existe cependant encore peu d'études mesurant les effets des infrastructures de transport sur la croissance.

Certains travaux empiriques sont basés sur l'estimation d'une fonction de production de type Cobb-Douglas: certains, plus récents, ont une approche en terme de coût, ce qui permet de comparer les solutions décentralisées aux solutions collectivement optimales. Avant d'aborder le débat concernant le choix de la modélisation, nous allons examiner les différentes études existantes, et les résultats qui en sont issus.

II.1. Modèles liant dépenses publiques, progrès technique et croissance

Une première étude de J. Bradford Delong & L.H.Summers (1990) a mis en évidence un lien robuste entre le taux de croissance de l'économie et l'investissement en équipement. L'idée de base est que l'évolution de la croissance économique est fonction du pays considéré, de son tissu industriel, et de ses opportunités d'intensifier son système productif (cf. Rostow [1958] ou Gerschenkron [1962]). L'Etat peut ainsi procéder à une transformation de la structure économique plus rapidement que le secteur privé.

A partir d'un échantillon de 25 pays, les auteurs ont donc montré que pour la période 1960-1985, et à un niveau économique équivalent, les pays qui ont investi de manière intensive en équipement public, ont connu une croissance rapide.

Pour illustrer ce phénomène, ils ont donc construit un modèle reliant le taux de croissance de l'économie au taux de croissance de l'emploi et aux parts d'investissement en équipement et hors équipement public. Les résultats, insensibles au choix de la période considérée, montrent bien l'existence d'une forte association entre l'investissement en équipement et la croissance de la productivité.

De plus, les auteurs ont mis en lumière le lien causal qui relie ces deux variables, par le biais d'une relation fortement négative entre le prix de l'équipement et la croissance.

En effet, si des taux importants d'investissement étaient la conséquence et non la cause de l'augmentation de la croissance, on pourrait s'attendre au fait que les pays en pleine expansion, qui ont donc une forte demande en équipement, suscitent des prix d'équipements élevés.

Or on constate un prix d'équipement bas associé à une croissance de la productivité rapide. Cet argument persuasif, confirme le fait que c'est bien l'augmentation des investissements en équipement qui engendre un accroissement de la croissance et non l'inverse.

Une deuxième étude de P. Artus et M. Kaabi (1991), examine le lien entre les dépenses publiques et la croissance, et analyse les effets des dépenses publiques sur la productivité privée.

Cette approche est basée sur deux modèles théoriques de croissance endogène, où les dépenses productives de l'Etat ont un effet positif sur le développement de la technologie ou du capital humain, et où les dépenses non productives améliorent le bien-être des consommateurs.

Les auteurs ont ensuite construit un modèle empirique reliant le taux de croissance moyen à la croissance de la population, l'investissement, l'épargne, ainsi qu'aux brevets, dépenses publiques, déficits et enfin aux dépenses d'emploi en recherche et développement. Pour cela, ils ont utilisé un échantillon de 21 pays de l'O.C.D.E., et se sont intéressés aux périodes 1970-79, 1980-89.

Les résultats font apparaître que le déficit public aurait joué un faible rôle positif dans les années 70, lié aux politiques de soutien de l'activité mise en oeuvre après le premier choc pétrolier. Dans les années 80, il aurait joué un rôle faiblement négatif, illustrant un mécanisme d'éviction lié à l'accumulation de cette dette publique.

Néanmoins, les déficits publics ou les dépenses publiques, semblent être des critères insuffisants pour apporter une explication aux écarts de croissance entre pays.

En conclusion, prises globalement, les dépenses publiques ont peu d'effets sur l'activité; de plus, des mécanismes d'éviction semblent apparaître.

Cependant, en ciblant sur la recherche et le développement, les auteurs ont eu de meilleurs résultats. En effet, durant les années 70 où l'effort en recherche et développement était moindre, la croissance apparaît plus exogène, et liée à la démographie.

Il semble donc que le mécanisme technologique ait un rôle stimulant sur la croissance, permettant aux pays qui consacrent plus de ressources à la production de technologie, de croître plus vite.

II.2. Modèles basés sur une spécification de la fonction de production

Les principales études reposant sur une telle spécification, sont celles d'Aschauer (1989, 1990) et Munnell (1990) et sont basées sur une fonction de production de la forme suivante:

$$Q = F (L, K_p, K_i)$$

où Q représente le volume de production,
L le volume d'emploi,
Kp le stock de capital privé
Ki le stock de capital d'infrastructures.

La fonction F est supposée homogène de degré un par rapport à l'ensemble des facteurs L, Kp, Ki, et à rendements décroissants par rapport aux inputs privés.

Les différentes applications consistent alors à estimer une version log linéarisée de cette équation.

- Etudes de D.A. Aschauer:

Cette analyse utilise des séries de données portant sur les Etats-Unis, pour la période 1949-1985.

Pour examiner les liens existants entre taux d'investissement public et croissance, le stock de capital d'infrastructures comprend les investissements nationaux, fédéraux et locaux en matériel et infrastructures.

L'équation modélise la productivité du capital privé:

$$\log Q - \log Kp = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log Kp + a_3 \log Ki + a_4 \log CU + a_5 t + u$$

Dans cette équation, Aschauer a introduit un taux d'utilisation des capacités (CU), pour tenir compte du fait que la fonction de production relie la capacité de production aux facteurs de production, ainsi qu'un terme de progrès technique autonome t.

Les coefficients estimés sont les élasticités de la production par rapport aux facteurs de production. Ils indiquent le pourcentage de variation de la production pour un pourcentage donné de variation du facteur de production.

La contribution du capital d'infrastructure est ainsi mesurée par a_3 dont la valeur estimée est de 0,39.

Aschauer a également testé l'équation en considérant le stock de capital d'infrastructures militaires, mais le coefficient estimé n'est pas significatif.

Une autre variante de son étude consiste à décomposer le stock de capital public.

- Une première décomposition entre le matériel et les infrastructures, met en relief l'importance de la contribution de ces dernières.

- Une deuxième décomposition du stock de capital public, consiste à dissocier les "core infrastructure" (rues, routes, autoroutes, aéroports, réseaux eau, gaz, électricité, égouts) des hôpitaux, écoles, tribunaux, postes de police et de pompiers.

Cette estimation laisse également apparaître un coefficient très significatif pour les "core infrastructure".

Cette étude confirme bien l'importance des effets des décisions publiques sur l'économie en matière d'investissements, et plus particulièrement ceux attribués aux infrastructures.

Pour souligner le rôle clé de l'Etat dans l'amélioration de la productivité et l'évolution du taux de croissance, on peut également citer une autre étude d'Aschauer, dans laquelle il a régressé le taux de croissance de la productivité du travail, par rapport au taux de croissance de l'emploi, à l'investissement privé et à l'investissement public (pays du G7, période 1966-1985). En tenant compte du retard temporel qui existe entre les investissements et leurs effets sur la croissance, l'estimation de l'élasticité de la productivité du travail par rapport au capital public est de 0,47.

- Etude de A.H. Munnell:

Munnell (1990), réestime les équations originales d'Aschauer, au niveau national puis au niveau de chaque Etat. Pour le stock de capital public, elle considère les "core infrastructure", puis une deuxième mesure comprenant les écoles, hôpitaux, postes de police et de pompiers.

D'après les résultats, une augmentation de 1% du stock de capital public provoque une augmentation de 0,34% de la production.

Parallèlement, en estimant des fonctions de production par Etat, on observe le même effet positif sur la production, bien que l'élasticité soit plus faible qu'au niveau national.

Une troisième analyse, basée sur un modèle de localisation des entreprises, met en évidence un lien positif entre le capital public et la croissance de l'emploi.

Les résultats de Munnell confirment bien ceux d'Aschauer, et expliquent le déclin de la productivité aux Etats-Unis dans les années 70, par la baisse des taux d'investissements en capital public.

- Etude de B.Gasser et F. Navarre:

Avant de représenter le tableau récapitulatif des différents travaux existants, avec les estimations des élasticités de la production par rapport au niveau de capital public, il est intéressant de citer les travaux de Gasser et Navarre, qui proposent une étude régionale de l'impact des infrastructures sur la croissance, en ce qui concerne la France.

A partir d'une approche inter-temporelle¹ et d'une approche inter-spatiale², elles ont montré que le développement apparaît lié à la dotation en infrastructures, et plus

1 - Equations testées pour chaque région considérée de façon isolée, puis pour l'ensemble du pays, sur des séries temporelles de 1975 à 1989.

2 - A un moment donné, ici 1978 et 1988, tous les espaces ont un comportement relativement semblable dont rendra compte le modèle construit.

encore à son renouvellement et à son extension, qu'à sa valeur même. Les investissements semblent être d'autant plus importants que le sont les stocks existants.

Les résultats économétriques issus des deux approches sont relativement proches, avec cependant une influence plus marquée de l'emploi sur la production, dans l'étude inter-spatiale.

Au niveau régional, les différences sont moins fortes pour les équipements privés, et se réduisent au cours de la période d'étude. Il apparaît également une complémentarité des investissements privés et publics. Notons cependant que la valeur des élasticités pour les facteurs classiques (emploi, capital privé) sont tout à fait aberrantes.

Il serait intéressant d'affiner cette étude en examinant l'impact différencié des modes de transport, et en désagrégeant la production totale. En effet, J. Fernald a montré qu'aux Etats-Unis, les effets étaient plus marqués pour les secteurs de la chimie et du commerce.

Tableau récapitulatif des estimations basées sur une fonction de production de type Cobb-Douglas: élasticités du P.I.B. par rapport aux infrastructures

Dans le même type d'études, on peut également citer Méra (1973), Costa, Ellson, Martin(1987), Holz-Eakin (1988), Ford, Poret (1991).

AUTEURS	NIVEAU	ELASTICITES
Mera 1973	Régions japonaises	0,20
Costa, Ellson, Martin 1987	Etats U.S.	0,17
Holz- Eakin 1988	National U.S.	0,39
Aschauer 1989	National U.S.	0,39
Munnell 1990a	National U.S.	0,34
Munnell 1990b	Etats U.S.	0,15
Ford, Poret 1991	Pays O.C.D.E.	0,30
Gasser, Navarre 1991	Régions françaises	0,20

II.3. Modèles basés sur une spécification de la fonction de coût

Deux études récentes tentent d'expliquer les liens entre infrastructures et productivité à partir d'une approche en terme de coûts, celle de Berndt et Hansson concernant la Suède (1991), et celle de Morrison et Schwartz concernant les Etats-Unis (1992).

En accord avec la théorie de la dualité, et étant donné les conditions standards de continuité et de régularité de la fonction de production, il existe une fonction de coût duale à la fonction de production, de la forme:

$$C = g(Q, p, K_i, t)$$

où C est le coût total impliqué par un volume de production Q, aux prix d'inputs p, et pour un stock d'infrastructures K_i.

Cette fonction est croissante en Q et en p, homogène de degré un en p.

Les variables K_i et t sont exogènes à la firme. Elles affectent la fonction de production, et ont ainsi une influence sur les coûts.

Parmi l'ensemble des inputs, certains sont fixes à court terme et d'autres variables, on peut donc écrire la fonction de coût variable:

$$C_v = h(Q, p_v, K_p, K_i, t) \text{ où } p_v \text{ représente le prix des inputs variables}$$

A partir de cette écriture, le prix fictif des infrastructures en capital public est donné par:

$$\begin{aligned} B_i &= -\delta C / \delta K_i && \text{si on se réfère à la fonction de coût total,} \\ \text{et } B_{iv} &= -\delta C_v / \delta K_i && \text{si on s'intéresse à la seule partie variable des coûts} \end{aligned}$$

Si on définit le bénéfice marginal des infrastructures publiques par:

$$\begin{aligned} B_{is} &= \sum B_{iv} \text{ sur l'ensemble des firmes,} \\ \text{alors } K_i &= K_i^* \Leftrightarrow B_{is} = p K_i, \text{ où } p K_i \text{ est le coût marginal.} \end{aligned}$$

En conduisant le même raisonnement pour le capital privé, et en utilisant le lemme de Shephard pour obtenir les quantités d'inputs variables, (cf. Diewert [1974]), on peut estimer les niveaux de capital privé et public optimaux à chaque période.

- Etude de E.R. Berndt et B. Hansson:

Les auteurs se proposent d'évaluer le lien entre l'output et la productivité du secteur privé, et le lien entre l'output et le niveau d'investissement en infrastructures.

Pour cela, ils considèrent deux sous-périodes [1960-1973], [1973-1988], et s'intéressent d'une part à la totalité du secteur privé où seul le travail apparaît comme facteur variable, et d'autre part au secteur manufacturier, où l'énergie et les matières premières sont à inclure dans les facteurs variables.

L'équation qu'ils ont estimée est la suivante:

$$\begin{aligned} L/Q &= \beta_L/Q + \beta_Q + \beta_{tQ} t + \beta_{QQ} Q + \beta_p \text{ INP}/Q + \beta_i \text{ INF}/Q \\ &+ \beta_{pQ} \text{ INP} + \beta_{iQ} \text{ INF} + \beta_{pi} ((\text{INP}) \cdot (\text{INF}))/Q^2 \\ &+ 0,5 \cdot \beta_{pp} (\text{INP})^2/Q^2 + 0,5 \cdot \beta_{ii} (\text{INF})^2/Q^2 \end{aligned}$$

où L représente l'emploi, Q le P.I.B., INP le stock de capital privé, et INF le stock de capital d'infrastructure.

Durant la première sous-période, le taux de croissance de l'investissement public d'infrastructure était de 4,8%. Entre 1973 et 1988, le taux d'investissement privé s'est maintenu à 3%, alors que celui du capital public est tombé à 0%, accompagné d'une chute de la productivité du capital privé.

A partir de leurs travaux empiriques, les auteurs expliquent le ralentissement de la croissance de la productivité par le déséquilibre du stock de capital privé par rapport à son niveau optimal, et de manière moins marquée, par la baisse de l'investissement public. Il s'est donc produit un surinvestissement ensuite.

Les auteurs ont également testé l'hypothèse selon laquelle les rendements d'échelle seraient constants à long terme vis à vis de l'ensemble des facteurs, et l'ont rejeté, contrairement aux travaux d'Aschauer.

- Etude de C.J. Morrison et A.E. Schwartz:

Cette analyse a permis de mesurer les impacts des investissements publics sur les économies de coûts réalisées, concernant 48 Etats américains pour la période 1970-1987. La méthode reste basée sur l'estimation d'une fonction de coût, et le choix de la forme fonctionnelle est celui d'une fonction de coût variable du type Léontieff généralisée.

D'après les résultats, les investissements en infrastructures contribuent de manière significative dans les taux de croissance régionaux de la productivité. En effet, l'impact des investissements publics sur les économies de coûts réalisées par les firmes, est estimé de 15 à 20% des coûts pour les régions Nord et Est, et de 20 à 30% pour les régions Sud et Ouest, où le capital d'infrastructures est beaucoup plus élevé.

Les auteurs ont donc fait apparaître que les ralentissements dans les investissements publics, ont toujours réduit le taux de croissance de la productivité.

En conclusion, l'ensemble des études énumérées ont mis en évidence les liens qui existent entre les dépenses publiques d'infrastructures et la croissance, tant au niveau régional qu'au niveau national.

Notons que l'effet d'éviction des investissements publics, qui ressort dans la plupart des études, n'est que partiel. Il ne peut correspondre à une diminution égale de l'investissement privé, dans la mesure où la réalisation des infrastructures accroît la rentabilité des autres investissements, et conduit à un surcroît d'investissement au niveau national.

II.4. Fonction de production versus fonction de coût

Comme nous l'avons vu, une approche en terme de coût ou basée sur une spécification d'une fonction de production suscite un débat quant aux résultats et à la formalisation.

La fonction de production offre un cadre de travail qui permet de mesurer l'impact des infrastructures sur la productivité du capital privé, mais ne permet pas d'évaluer la suffisance du niveau des infrastructures vis-à-vis du critère d'optimalité de la croissance.

Dans de telles spécifications, la forme Cobb-Douglas est très souvent utilisée dans la littérature au lieu de formes fonctionnelles plus flexibles. Cette forme très restrictive impose la substituabilité des différents facteurs, or si le capital privé et l'emploi semblent être substituables, c'est beaucoup moins évident pour l'emploi et les infrastructures publiques qui semblent être complémentaires (ces résultats étant issus d'une estimation d'une fonction Translog).

La forme Cobb-Douglas pose également de sérieux problèmes quant à l'endogénéité ou l'exogénéité de certaines variables. En effet, dans un tel contexte les variables représentant l'emploi et le taux d'utilisation des capacités de production, devraient être considérées comme endogènes, pour éviter d'avoir des paramètres biaisés et incohérents à la suite d'une estimation O.L.S..

La fonction de production semble donc être peu adaptée, car elle impose trop de restrictions sur la technologie et le comportement des entreprises.

De plus, elle ignore les coûts de production qui ont un effet sur l'utilisation des facteurs et faussent les coefficients estimés.

Dès lors, on comprend bien qu'une approche en terme de coût ou de fonction de coût permet de refléter le comportement d'optimisation des firmes. Une telle modélisation offre une comparaison entre les solutions décentralisées et les solutions collectivement optimales, et estime les écarts entre valeurs réalisées et valeurs optimales du capital d'infrastructures.

Néanmoins, ces modèles souvent un peu trop riche en paramètres par rapport à la taille de l'échantillon, n'incorporent ni les économies de coût et de temps au niveau des consommateurs, ni les effets de taxes. Ils négligent aussi les prix optimaux des biens publics. Pour combler cette faille, il faudrait évaluer la sensibilité des résultats aux différents choix de taux d'escompte pour les projets publics.

II.5. Etudes axées sur les infrastructures de transport

- Etudes sur l'impact en France, des routes et autoroutes:

Deux études seront citées dans ce domaine, la première étant celle de la S.E.M.A. (Société d'Etudes et de Mathématiques Appliqués) [1976], et la deuxième celle du S.E.T.R.A. (Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes) [1988].

Toutes deux proposent une synthèse d'enquêtes avant-après, au voisinage des autoroutes et des grands axes routiers. Les principaux effets, quand ils sont identifiables, sont positifs et portent sur les plus-values foncières, l'emploi, les revenus des entreprises et l'éloignement des migrations alternantes.

Ces études font apparaître que les infrastructures sont donc une condition nécessaire mais pas suffisante du développement économique local, et nécessitent l'existence de potentialités et de mesures d'accompagnement de l'investissement. Quel que soit l'état du réseau d'infrastructures, les auteurs ont pu constater un développement tendanciel de la mobilité, de l'emploi et des activités touristiques (confirmé par ICHIKAWA [1987] pour le Japon).

- Etudes sur les effets du T.G.V. sud-est:

Une première étude (Begag, Bernadet, Buisson, Cusset, et Plassard [1985]) a permis de mesurer l'influence des effets du T.G.V. sur les localisations des entreprises et des ménages. Il semblerait d'ailleurs que ces effets interviennent plus sur des facteurs liés à la qualité de la vie ou à la stratégie des autorités locales.

Dans une deuxième étude de Plassard [1990], il apparaît une extension des aires de marché des entreprises lyonnaises, et un renouvellement des stratégies commerciales, accompagnés d'une modification des habitudes de mobilité (déplacement dans la journée entre Paris et Lyon).

Diverses études menées à l'étranger, confirment ces résultats, tant quantitatifs, avec un impact des infrastructures positif et significatif sur l'accroissement de la productivité¹, que qualitatif, avec une amélioration de l'accessibilité géographique et technologique. [cf. Nakamura (Japon, 1989), Blum (R.F.A., 1982), Andersson & Alii (Suède, 1989), Bruinsma (Pays-Bas, 1983)].

1 - Resultat moins prononcé pour les infrastructures ferroviaires.

En conclusion, l'impact des infrastructures n'est pas toujours identifiable, et varie selon le type d'infrastructures, les secteurs économiques, et la région touchée par l'investissement.

Leur développement est une condition nécessaire mais pas suffisante pour la croissance, et n'a pas d'effets sur une région sans potentiel de développement économique. De plus, pour une région en crise, l'ouverture du marché par une nouvelle infrastructure à des entreprises concurrentes, peut accroître les difficultés des entreprises de la région.

III. Description Des Données

Une première modélisation macro-économique au niveau national, consistera à estimer une fonction de production du type Cobb-Douglas et une fonction de coût, à partir de séries temporelles. Pour l'élaboration de celles-ci, notre échantillon est constitué d'observations annuelles couvrant la période 1970-1989.

Pour le traitement économétrique, les données macro-économiques exprimées en volume, sont issues des publications de l'I.N.S.E.E., la difficulté essentielle résidant dans la connaissance du stock d'infrastructures. En effet, depuis les travaux dans les années 70 de Jacques MAIRESSE et Henri DELESTRE (I.N.S.E.E.), les estimations du stock et de la consommation de capital fixe ne sont réalisées qu'au niveau des branches. En particulier pour la branche transports, les données disponibles retracent le capital fixe brut et net des G.E.N., des S.Q.S. et des A.P.U.L., en identifiant le matériel de transport, le poste autres que matériels de transport, et les constructions autres logement. Ces séries datent de 1970, mais nous ignorons l'année de base de l'évaluation. De plus, les routes et voiries ne figurent pas dans ces estimations, seules figurent celles des sociétés concessionnaires d'autoroutes dans les S.Q.S.

Nous n'avons donc qu'une série de stock de capital des entreprises de transport, et non du stock d'infrastructures de transport.

Nous avons donc utilisé les travaux récents de l'O.E.S.T., du S.E.R.T. et du C.E.R.A.S. (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées), qui offrent une évaluation des séries de capital en infrastructures de transport.

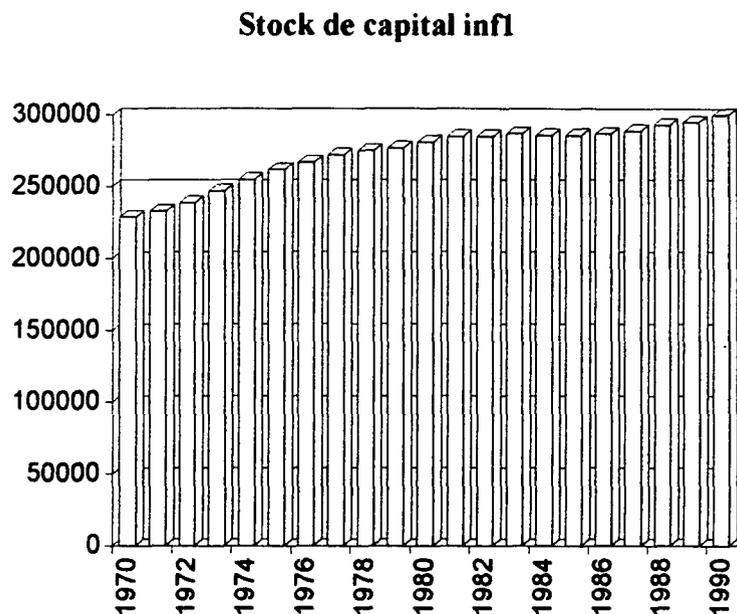
A partir du recensement des données existant sur l'investissement, auprès de la Comptabilité Publique, des Ministères de tutelle, des grandes entreprises etc., les séries de Formation Brute de Capital Fixe de chaque mode de transport ont été analysées, en distinguant les transports urbains et interurbains.

De là ont été déduites des évaluations de capital pour les routes (autoroutes, routes et voiries nationales, routes et voiries locales), la S.N.C.F., la R.A.T.P., les métros de province, les ports et les voies navigables.

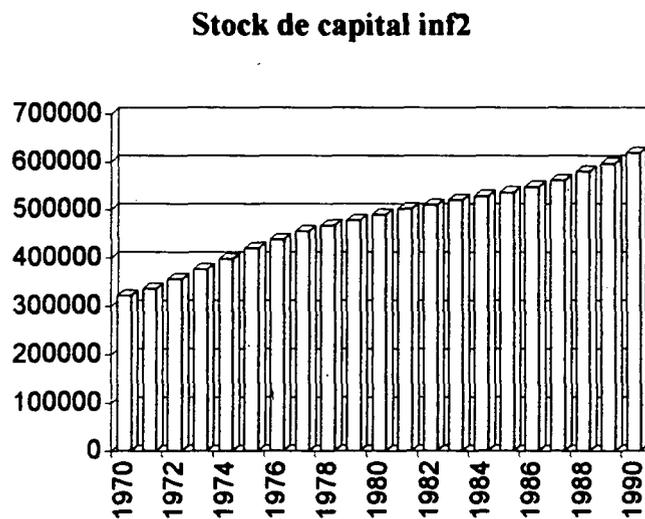
La méthode employée a été celle de l'inventaire perpétuel, qui consiste à simuler l'accumulation du capital, moyennant l'utilisation de séries longues d'investissement et la connaissance des durées de vie des équipements.

- Représentation de la série de stock de capital d'infrastructures en séries temporelles:

sans les routes(inf1):



avec les routes(inf2):

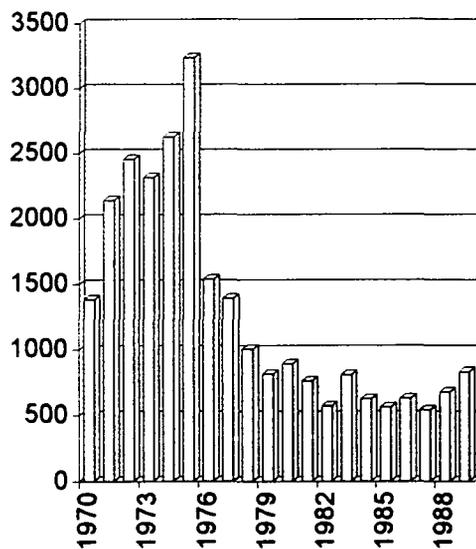


Nous allons présenter ci-dessous les investissements par mode de transport, (en M.F. 80), pour mieux apprécier les séries de capital.

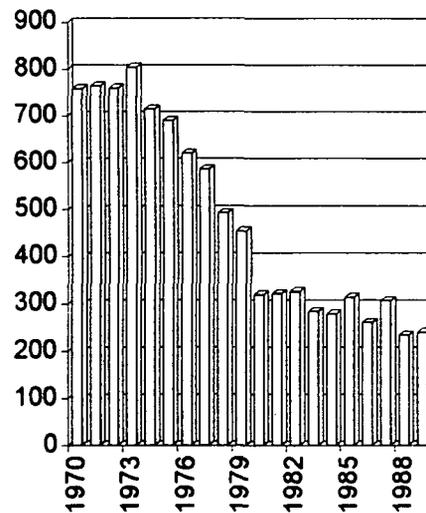
Globalement, la part des investissements réalisés pour les différents modes de transport, est demeurée relativement stable, avec cependant une régression pour les ports, les voies navigables et la R.A.T.P..

Le transport ferroviaire, après une décroissance jusqu'en 75, connaît depuis une progression considérable, liée à la mise en oeuvre de nouvelles infrastructures, particulièrement le T.G.V., et à la modernisation du matériel ferroviaire.

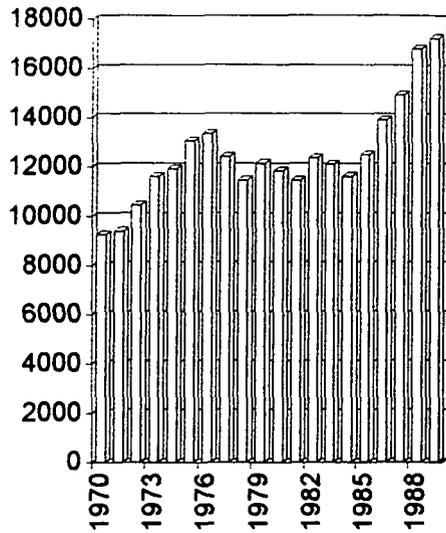
Investissements ports MF 80



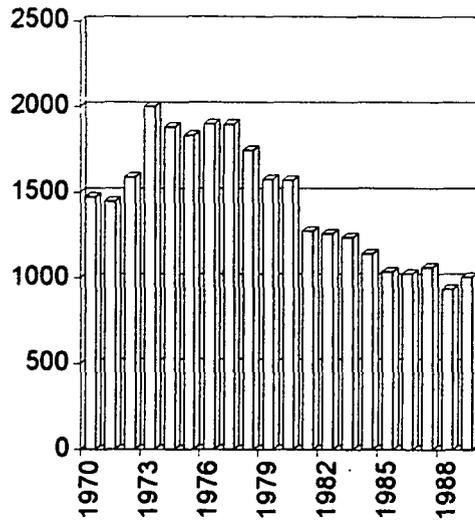
Investissements voies navigables MF 80



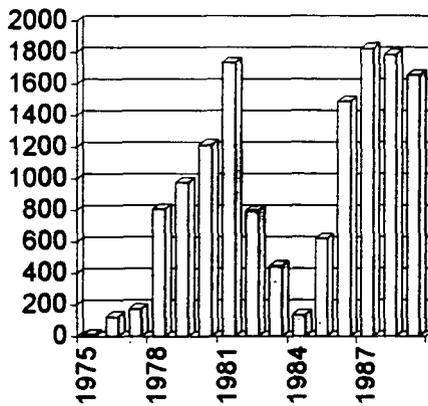
**Investissements routes et
voieries locales en MF80**



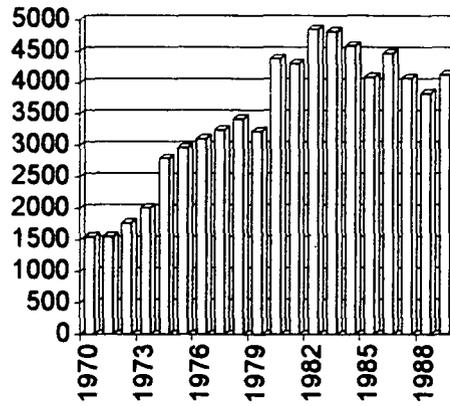
**Investissements
d'infrastructures R.A.T.P.
MF 80**



**Investissements T.G.V. MF
80**

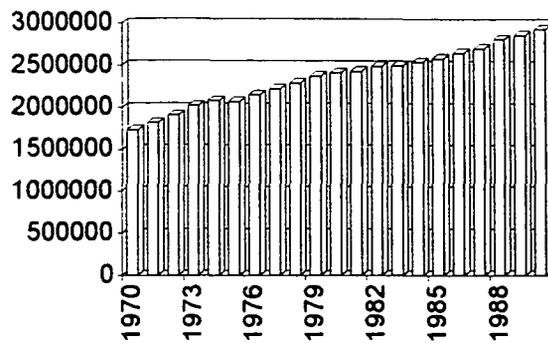


**Investissements réseau
classique (pcpal + banlieue),
MF 80**

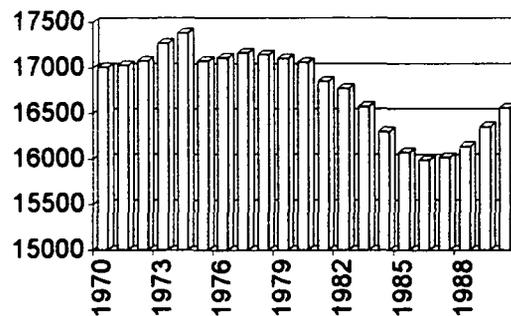


Nous allons à présent, retracer les variables macro-économiques utilisées.
Ces variables sont le Produit Intérieur Brut marchand (M.F. 80), l'emploi marchand (mesuré par l'effectif des salariés), et le stock de capital privé (M.F. 80).

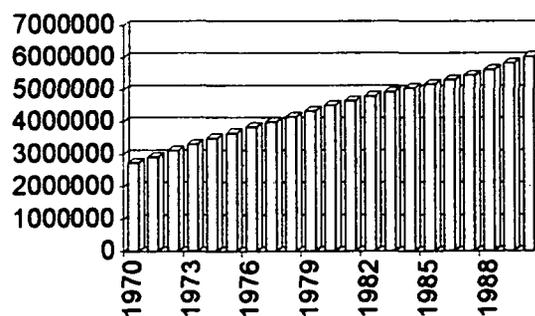
P.I.B. marchand



Emploi marchand



Capital privé



A partir de l'évolution du P.I.B. marchand, nous pouvons constater deux ralentissements, l'un correspondant à la première crise pétrolière (de 1973 à 1975), et l'autre à la récession de 1981, alors que le stock de capital privé laisse apparaître une évolution beaucoup plus lissée.

La série concernant les effectifs, sans distinction de qualification, est découpée en plusieurs sous-périodes. Une première période dynamique (1971 à 1974), l'entre-deux chocs (1975 à 1982), où depuis la première crise pétrolière, on assiste à des destructions d'emplois dans l'industrie manufacturière, puis une dernière période caractérisée par une restructuration de certaines grandes unités de production (Peugeot, Renault, Bull, Thomson, par exemple).

IV. Etude inter-temporelle au niveau national: estimation et résultats

Cette approche considère les différenciations temporelles liées aux différents cycles en particulier. Les équations sont testées pour l'ensemble du pays, à partir des séries statistiques couvrant la période 1970-1989.

Trois spécifications ont été estimées, toutes trois étant issues d'une fonction de production du type Cobb-Douglas. Dans chacun de ces modèles, les variables explicatives testées apparaissent avec un opérateur de décalage allant de 0 à 4 ans, ces différents retards nous permettant d'examiner les effets de court terme ou de long terme des investissements sur la production. Il semblerait en effet que le capital public et le capital privé aient des durées de maturation différentes, nécessitant tous deux un certain délai avant que les équipements soient pleinement utilisés et prêt à jouer un rôle effectif.

Dans une première estimation, nous avons utilisé les séries de capital d'infrastructures hors routes (inf1), puis nous avons procédé à une deuxième estimation en incluant les routes (inf2). Cette distinction relève des difficultés rencontrées pour reconstituer une série historique homogène concernant les investissements dans le domaine des routes. Il convient également de remarquer que contrairement aux autoroutes, le réseau préexistait avant 1952, et qu'il serait nécessaire de connaître le capital existant alors, pour que l'évaluation soit complète et comparable à d'autres méthodes d'évaluation telle les coûts de renouvellement.

Finalement, des séries ont été reconstituées pour les années 1952 à 1969, en s'appuyant sur les comptes rendus annuels des investissements réalisés par la Direction des Routes. La série de stock de capital a donc été évaluée à partir des dépenses nettes en développement d'infrastructures routières de 1952 à 1991.

Par ailleurs et au delà des difficultés de nature statistique, l'existence d'un réseau routier maillé est ancien et les travaux effectués sur ce réseau peuvent avoir un effet sur la croissance moindre que ceux de la mise en place des réseaux à grande vitesse (amélioration de la sécurité, de la qualité, sans grandes conséquences sur la compétitivité des territoires).

Les relations testées sont donc des fonctions de production du type Cobb-Douglas log linéarisées.

La première consiste à expliquer le log du P.I.B., (relation utilisée par B.Gasser et F.Navarre dans leurs travaux), la deuxième, issue des études d'Aschauer, est basée sur la productivité du capital, et la troisième correspondant aux travaux de Munnell, est basée sur la productivité du travail.

Les trois équations estimées sont donc les suivantes:

$$\log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Inf} + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

$$\log Q - \log K = b_0 + b_1 \log L + b_2 \log K + b_3 \log \text{Inf} + b_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

$$\log Q - \log L = c_0 + c_1 \log L + c_2 \log K + c_3 \log \text{Inf} + c_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

où	Q	représente le P.I.B. marchand
	L	l'emploi marchand
	K	le capital privé
	Inf	le stock de capital d'infrastructures
	CU	le taux d'utilisation de production
	ε	un terme aléatoire et t le temps.

Notons que pour l'estimation de certaines équations, l'absence du temps et/ou du taux d'utilisation des capacités de production, permettront d'améliorer les résultats.

Pour chacune de ces relations, nous distinguerons donc l'estimation hors routes puis avec routes. Dans ce dernier cas il n'est pas possible de conserver un terme constant économétriquement significatif.

Notons prudemment que le fait de considérer un modèle sans constante avec des variables non centrées sur leurs moyennes, peut conduire à une mauvaise interprétation du coefficient de corrélation multiple, la valeur du R^2 pouvant sortir de l'intervalle [0, 1].

Les tableaux qui suivent, présentent nos résultats pour chacune des équations, comparativement aux résultats des différents auteurs.

- Estimation de la première équation:

Modèle hors routes:

$$1) \log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Inf1}(-4) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

Modèle avec routes:

$$2) \log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Inf2}(-2) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

Equations	a ₀	logL	logK	logInf1	logInf2	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
1	-5.48 (1.62)	0.64 (2.29)	0.59 (9.89)	0.40 (3.52)		0.68 (3.60)	0.99	0.01	1.66
2		0.46 (9.42)	0.38 (2.27)		0.35 (1.86)	0.87 (2.58)	0.96	0.03	1.41

où entre parenthèses, figure le t de Student.

Résultats de B.Gasser et F.Navarre:

Echantillon	a ₀	logL	logK	logInf	logKpublic	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
France (77-88)	-6.35 (1.45)	0.007 (1.89)	1.62 (3.84)	0.61 (2.25)	0.26 (1.50)	0.55 (2.12)	1		3

- Estimation de la deuxième équation (relation d'Aschauer):

Modèle hors routes:

$$3) \log Q - \log K = b_0 + b_1 \log L + b_2 \log K(-2) + b_3 \log \text{Inf1}(-4) + b_4 \log \text{CU} + b_5 t + \varepsilon$$

Modèle avec routes:

$$4) \log Q - \log K = b_0 + b_1 \log L + b_2 \log K(-1) + b_3 \log \text{Inf2}(-2) + b_4 \log \text{CU} + b_5 t + \varepsilon$$

Equations	b ₀	logL	logK	logInf1	logInf2	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
3	-5.99 (1.54)	0.56 (1.83)	-0.46 (6.80)	0.56 (3.47)			0.86	0.02	2.08
4		0.36 (8.74)	-0.43 (3.37)		0.20 (1.35)	0.52 (1.89)	0.90	0.02	2.12

Résultats d'Aschauer et de Berndt & Hansson:

Echantillons	b ₀	logL	logK	logInf	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
E-U 49-85 (Aschauer)	-5.6 (10.9)	0.29 (3.04)	-0.44 (7.95)	0.36 (9.79)	0.45 (11.31)	0.97	0.007	1.74
SUEDE 64-88 (B. & H.)	-9.11 (2.9)	1.072 (4.11)	1.66 (5.58)	1.60 (5.20)	0.031 (1.64)	0.97	0.01	1.43

- Estimation de la troisième relation (de Munnell):

Modèle hors routes:

$$5) \log Q - \log L = c_0 + c_1 \log L + c_2 \log K + c_3 \log \text{Inf1}(-4) + c_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

Modèle avec routes:

$$6) \log Q - \log L = c_0 + c_1 \log L + c_2 \log K + c_3 \log \text{Inf2}(-2) + c_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

Equations	c ₀	logL	logK	logInf1	logInf2	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
5	-5.32 (1.56)	-0.38 (1.36)	0.55 (10.93)	0.45 (4.26)		0.74 (3.95)	0.99	0.015	2.09
6		-0.53 (12.43)	0.38 (2.57)		0.35 (2.08)	0.87 (2.69)	0.97	0.02	1.46

Résultats d'Aschauer et de Berndt & Hansson:

Echantillons	c ₀	logL	logK	logInf	logCU	R ²	S.E.R.	D.W.
E-U (Munnell)		-0.41	0.31	0.34				
SUEDE 64-88 (B. & H.)	-4.29 (1.21)	-0.60 (2.58)	0.36 (3.71)	0.68 (3.12)	0.07 (4.21)	0.99	0.019	0.87

Avant de faire quelques remarques sur ces résultats, nous allons présenter les évaluations que nous avons obtenu pour les élasticités et les rendements d'échelle.

Rappelons que les rendements d'échelle mesurent l'augmentation de la production, rendue possible par une augmentation proportionnelle de chacun des inputs.

- Tableau des élasticités et des rendements d'échelle:

	Elasticité à l'emploi	Elasticité au stock de capital privé	Elasticité au stock d'infrastructures	Rendements d'échelle
Spécification B.Gasser				
Nos résultats:				
<i>hors routes</i>	0.64	0.59	0.40	1.63
<i>avec routes</i>	0.46	0.38	0.35	1.19
Résultats de B. Gasser	0.007	1.62	0.61	2.24
Spécification d'Aschauer				
Nos résultats:				
<i>hors routes</i>	0.56	0.54	0.56	1.66
<i>avec routes</i>	0.36	0.57	0.20	1.13
Résultats d'Aschauer	0.29	0.66	0.36	1.31
Résultats de Berndt & Hansson	1.072	-0.66	1.60	2.012
Spécification de Munnell				
Nos résultats:				
<i>hors routes</i>	0.62	0.55	0.45	1.62
<i>avec routes</i>	0.47	0.38	0.35	1.20
Résultats de Munnell	0.59	0.31	0.34	1.24
Résultats de Berndt & Hansson	0.40	0.36	0.68	1.44

D'après ces résultats, nous voyons que pour tous les modèles, nous sommes en présence d'économies d'échelle (rendements d'échelle croissants), qui mettent en évidence des diminutions de coût de production unitaire, obtenues grâce à une augmentation des dimensions de l'unité de production. Ces rendements d'échelle sont particulièrement proche de l'unité dans les modélisations où nous avons incluse les routes, ce qui confirme bien la différence de résultats entre les deux séries de capital d'infrastructures.

En effet, dans les différentes spécifications, les résultats restent stables, en laissant toutefois apparaître des résultats plus significatifs lorsque l'on considère la série de stock d'infrastructures hors routes.

L'estimation de l'équation de B. Gasser, offre de meilleurs résultats que ceux obtenus par l'auteur. Quant aux estimations des équations d'Aschauer et de Munnell, nos résultats sont très proches de ceux qu'ils avaient obtenus pour les Etats-Unis, et sensiblement meilleurs que les estimations de Berndt & Hansson pour la Suède (en particulier pour l'élasticité à l'emploi).

Ces modèles nous ont donc permis de mettre en évidence de manière claire, un impact des infrastructures de transport sur le développement économique; l'emploi et le capital privé, agissant dans la fonction de production avec des élasticités conformes aux ordres de grandeurs traditionnels.

Ainsi, nous avons évalué une élasticité du P.I.B. à l'emploi comprise entre 0.36 et 0.64, une élasticité au capital privé de 0.38 à 0.59, et surtout une élasticité aux infrastructures de transport de 0.20 à 0.56.

Pendant, d'après les résultats des élasticités du P.I.B. aux infrastructures de transport, il faudrait consacrer de façon optimale $e_{l \text{ infra}} / \sum e_{l_i}$, pour optimiser la croissance. Nous sommes donc exposés aux mêmes critiques que celles qui ont été adressées à Aschauer.

Une explication de la valeur excessive des élasticités aux infrastructures est que les infrastructures absorbent certains effets de variables absentes telles le capital public autre que les infrastructures de transport, la recherche et développement, les investissements immatériels, ce qui entraîne un biais sur les estimateurs des élasticités.

Une solution est d'introduire un trend dont l'objectif est de capter les effets des variables absentes. Le risque de cette solution étant que le trend soit colinéaire aux variables qui n'apparaissent plus significatives dans une régression libre, c'est ce qui est apparu en fait. Une voie possible consiste alors à réduire le nombre de degrés de liberté:

- soit en supposant les rendements d'échelle constants pour l'ensemble des facteurs identifiés dans les relations (facteurs privés et infrastructures de transport)
- soit en supposant les rendements d'échelle constants pour les seuls facteurs privés (capital privé et emploi), puisque les approches en terme de croissance endogène expliquent l'existence de rendements croissants sur l'ensemble des facteurs.

Les tableaux qui suivent, présentent les résultats obtenus en appliquant ces différentes solutions. Nous nous limiterons aux deux premières équations, car la précision des résultats reste assez faible.

Equation 1 avec trend et rendements d'échelle constants pour l'ensemble des facteurs:

Modèle hors routes:

$$\log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Infl}(-4) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

$$\text{s.c. } a_1 + a_2 + a_3 = 1$$

Coefficients	a0	logL	logK	logInfl	logCU	t	R ²	S.E.R.	D.W.
Estimations	3,20 (4,46)	0,70 (4,95)	0,30 (2,11)	0,001 (0,59)	0,61 (1,75)	0,01 (2,38)	0,97	0,03	1,94

Equation 1 avec trend et rendements d'échelle constants pour les seuls facteurs privés:

Modèle hors routes:

$$\log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Infl}(-4) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

$$\text{s.c. } a_1 + a_2 = 1$$

Coefficients	a0	logL	logK	logInfl	logCU	t	R ²	S.E.R.	D.W.
Estimations	3,19 (4,50)	0,70 (4,92)	0,30 (2,11)	0,001 (0,58)	0,61 (1,75)	0,01 (2,37)	0,97	0,03	1,94

Equation 2 avec trend et rendements d'échelle constants pour l'ensemble des facteurs:

Modèle avec routes:

$$\log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Inf}2(-2) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

$$\text{s.c. } a_1 + a_2 + a_3 = 1$$

Coefficients	a0	logL	logK	logInf2	logCU	t	R ²	S.E.R.	D.W.
Estimations	3,25 (4,72)	0,71 (5,16)	0,29 (2,06)	0,002 (0,86)	0,47 (1,44)	0,01 (2,63)	0,97	0,03	1,95

Equation 2 avec trend et rendements d'échelle constants pour les seuls facteurs privés:

Modèle avec routes:

$$\log Q = a_0 + a_1 \log L + a_2 \log K + a_3 \log \text{Inf}2(-2) + a_4 \log \text{CU} + \varepsilon$$

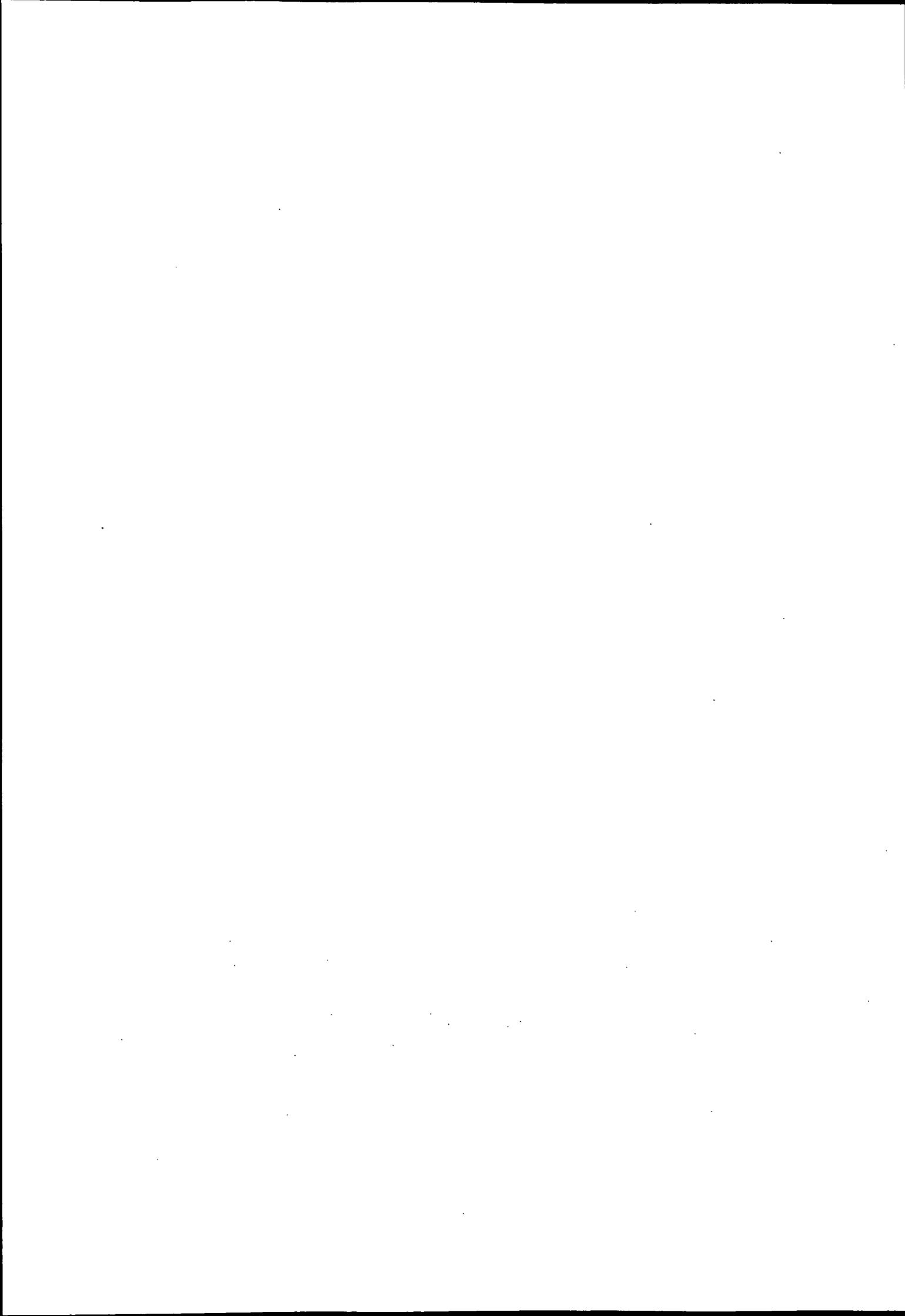
$$\text{s.c. } a_1 + a_2 = 1$$

Coefficients	a0	logL	logK	logInf2	logCU	t	R ²	S.E.R.	D.W.
Estimations	3,23 (4,75)	0,71 (5,13)	0,29 (2,06)	0,002 (0,85)	0,47 (1,43)	0,01 (2,62)	0,97	0,03	1,95

Au vu de ces résultats, nous constatons que l'introduction des contraintes rend les élasticités plus réalistes pour les facteurs privés mais fait disparaître la signification des infrastructures, colinéaires avec le temps, cependant le fait de supposer les rendements d'échelles constants pour les facteurs privés et publics, ou pour les seuls facteurs privés influe peu sur les coefficients.

Il faut cependant noter que les infrastructures de transport deviennent non significatives, mais cette modélisation sous contraintes reste une voie à explorer, dans la mesure où l'ordre de grandeur des coefficients estimés devient plus raisonnable.

Avant de conclure, précisons que nous avons également tenté d'expliquer les liens entre infrastructures et croissance économique à partir d'une approche en terme de coûts, estimant la forme quadratique utilisée par Berndt & Hansson. Les résultats très décevants, nous ont amené à penser que la forme fonctionnelle n'était pas adaptée à nos séries. De plus, le nombre de paramètres à estimer est beaucoup trop important par rapport à la taille de notre échantillon, d'où les difficultés d'estimation.



CONCLUSION

Les niveaux des dépenses d'investissement en infrastructures de transport sont-ils justifiés du point de vue de la croissance ?

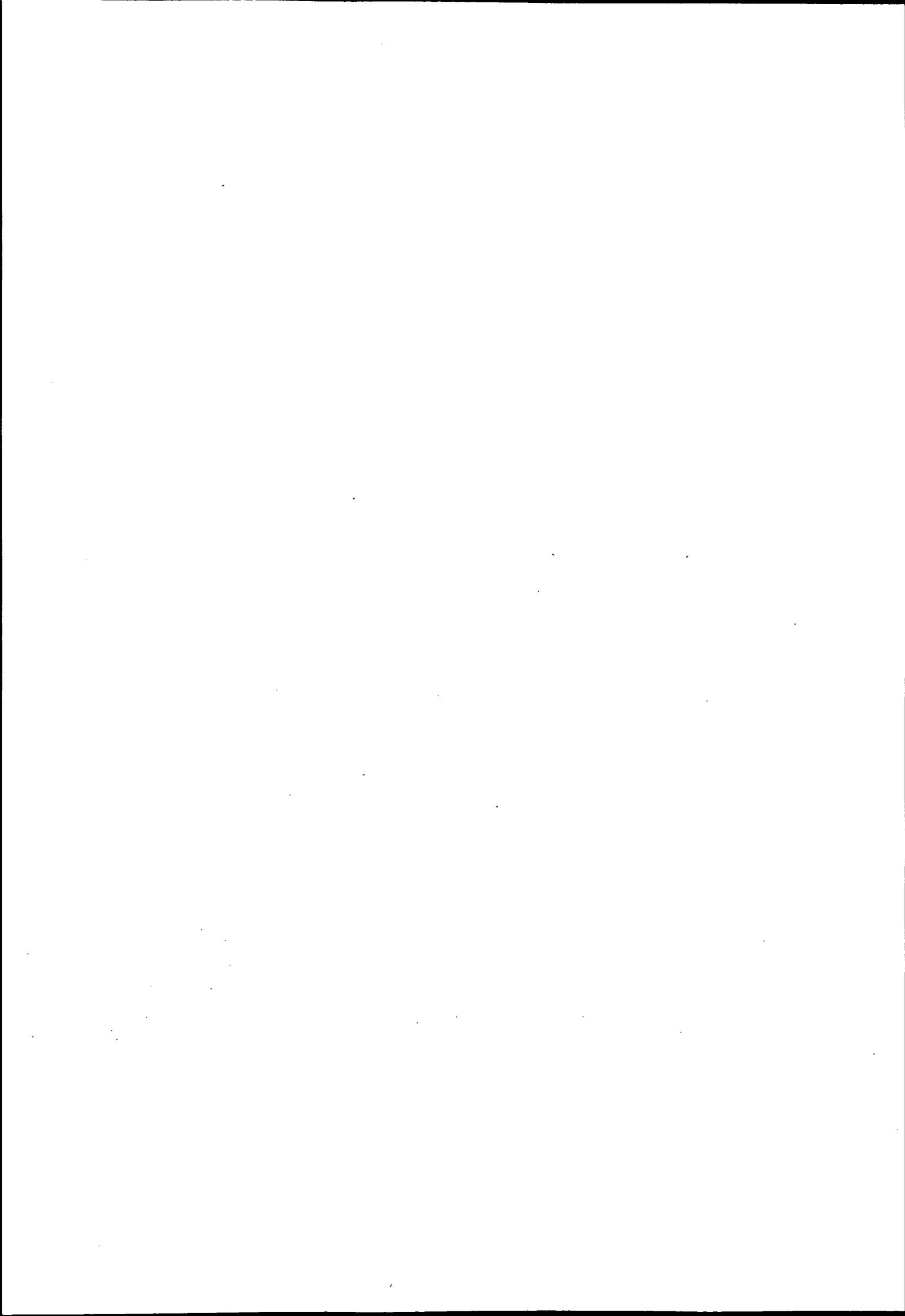
Les résultats de l'approche inter-temporelle que nous avons obtenus sont probants, et nous ont montré que les infrastructures de transport avaient un impact positif sur la croissance économique.

Cependant, aucune hypothèse de comportement n'a été définie, et il est évident que le modèle ne sera réellement intéressant que si l'on détermine l'équilibre après une prise en compte des comportements des différents agents économiques (ménages, entreprises et Etat). On pourrait alors introduire à ce niveau, des variables de politique fiscale, et réaliser des études coûts-bénéfices, or nous avons été limité quant à la brièveté de la période de notre échantillon.

En outre, nous avons considéré les effets des stocks de capitaux privés et publics sur l'ensemble de la production, cette approche pourrait être affinée en se penchant sur une étude sectorielle.

Il serait également intéressant de définir et d'introduire dans les modélisations, ce qui pourrait être un "taux d'utilisation" des équipements publics, à la manière de ce qui a été fait pour les équipements privés.

En conclusion, nous avons montré que la validité des spécifications basées sur une fonction de production du type Cobb-Douglas, qui ont été testées à l'étranger, peut être élargie au cas de la France. Sur cette base, de nombreuses voies demanderaient à être exploitées, en particulier, développer une approche en terme de coût, et adapter les données en vue d'une étude inter-régionale.



ANNEXE: Liste des séries de données utilisées

TIME	Q (P.I.B. marchand)	L (emploi Nat)	K (capital privé)	inf1 (hors routes)	inf2(avec routes)	cu
1970	1 730 000	17 000	2 740 000	229 000	322 000	0,84
1971	1 820 000	17 000	2 920 000	233 000	337 000	0,84
1972	1 910 000	17 100	3 110 000	239 000	356 000	0,84
1973	2 020 000	17 300	3 310 000	247 000	377 000	0,87
1974	2 080 000	17 400	3 500 000	255 000	398 000	0,86
1975	2 070 000	17 100	3 660 000	262 000	420 000	0,81
1976	2 150 000	17 100	3 840 000	267 000	438 000	0,84
1977	2 220 000	17 200	4 000 000	272 000	455 000	0,85
1978	2 290 000	17 200	4 170 000	275 000	467 000	0,83
1979	2 370 000	17 200	4 340 000	277 000	478 000	0,85
1980	2 410 000	17 100	4 520 000	281 000	490 000	0,85
1981	2 430 000	17 000	4 660 000	285 000	502 000	0,82
1982	2 490 000	16 900	4 810 000	285 000	510 000	0,82
1983	2 500 000	16 800	4 940 000	287 000	521 000	0,82
1984	2 540 000	16 500	5 060 000	286 000	528 000	0,81
1985	2 580 000	16 200	5 180 000	286 000	536 000	0,83
1986	2 650 000	16 200	5 310 000	287 000	548 000	0,82
1987	2 700 000	16 200	5 460 000	289 000	561 000	0,83
1988	2 810 000	16 400	5 640 000	293 000	579 000	0,85
1989	2 860 000	16 700	5 840 000	295 000	596 000	0,87
1990	2 930 000	16 900	6 040 000	300 000	618 000	0,86
1991	3 010 000	16 800	6 230 000	305 000	640 000	0,83
1992	3 090 000	16 600	6 420 000	310 000	310 000	0,83

BIBLIOGRAPHIE

ARTUS P. et KAABI M., *"Dépenses publiques, progrès technique et croissance"*, Document de travail C.D.C., 1991.

ASCHAUER D.A., *"Is public expenditure productive?"*, Journal of Monetary Economics 23, 1989, p.177-200.

AUERBACH A.J., HASSETT K.A. et OLINER S.D., *"Reassessing the social returns to equipment investment"*, Cambridge, Massachusetts, N.B.R. no 4405, july 1993.

D'AUTUME A. et MICHEL Ph., *"Hystérésis et piège du sous-développement dans un modèle de croissance endogène"*, Revue Economique, mars 1993, vol. 44, no 2, p. 431-450.

D'AUTUME A. et MICHEL Ph., *"Les théories de la croissance endogène"*, Document de travail no 9220, Université de Paris I, déc. 1991.

AVOUYI-DOVI S. et SASSENOU M., *"Croissance endogène: une application à l'industrie manufacturière française"*, Document de travail C.D.C. no 1992-13/T, mai 1992.

BARRO R. J., *"Government spending in a simple model of endogenous growth"*, Journal of Political Economy, vol. 98, october 1980, p. S103-S125.

BARRO R. J. et SALA. I. MARTIN X., *"Convergence across States and regions"*, Brooking Papers on Economic Activity, vol. 1, 1991, p. 107-182.

BARRO R. J. et SALA. I. MARTIN X., *"Regional growth and migration: A Japan-U.S. comparison"*, N.B.E.R. no 4038, march 1992.

BARRO R. J. et SALA. I. MARTIN X., *"Public finance in models of economic growth"*, Review of Economics Studies, 1992, no 59, p. 645-661.

BARRO R. J. et SALA. I. MARTIN X., *"Convergence"*, Journal of Political Economy, vol. 100, no 2, p. 223-260.

BARTIK T.J., *"Who benefits from State and Local Economic Development Policies?"*, W.E. UPJOHN INSTITUTE for Employment Research Kalamazoo, Michigan, Working Paper, december 1991.

BERNDT E. R. et HANSSON B., *"Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden"*, Cambridge, Massachusetts, N.B.E.R., 1991, no 3842.

BLAIN J. C. , HUART Y. et PUIG J.P. , "*Infrastructures de transport et croissance économique*", Note de synthèse O.E.S.T., octobre 1993.

CABALLERO R.J. et LYONS R.K. , "*The role of external economies in U.S. manufacturing*", Cambridge, Massachusetts, N.B.E.R., 1989, no 3033.

Comptes de la Nation 91, "*Le financement des infrastructures de transport, une charge croissante pour l'économie*", p. 146-151.

DE LONG J.B. et SUMMERS L. , "*Investment and Economic growth*", Cambridge, Massachusetts, N.B.E.R., WP 3515. ou *Quarterly Journal of Economics*, may 1991, p. 445-502.

DE LONG J.B. et SUMMERS L. , "*Equipment Investment and Economic growth: How strong is the nexus?*", *Brooking Papers on Economic Activity*, vol. 2, 1992, p. 157-211.

FORD R. et PORET P. "*Infrastructure and Private-sector productivity*", Document de Travail O.C.D.E., 1991, no 91.

GASSER B. et NAVARRE F. , "*L'impact des investissements en infrastructure de transport sur la croissance, Etudes et modélisations régionales*", Document de Travail O.E.S.T., juin 1991.

GUILLOUX A. , "*Disparités et diversité des régions métropolitaines*", Document de Travail C.G.P., Service Régional et Local, août 92.

HENIN P.Y. et RALLE P. , Groupe Transversal "*Perspectives économiques*" du XIe Plan, *Atelier Dynamique économique et politique de croissance*, novembre 1992.

KRUGMAN P. , "*A dynamic spatial model*", Cambridge, Massachusetts, N.B.E.R no 4219, november 1992.

LAFFARGUE J.P. "*Différences et Convergences des richesses des Nations*", Document de Travail C.E.P.R.E.M.A.P., mai 1992.

LUCAS R. , "*On the mechanics of Economic Development*", *Journal of Monetary Economics*, 21, p. 3-42, 1988.

MANKIW N.G., ROMER D. et WEIL D.N., "*A contribution to the empirics of Economic growth*", *Quarterly Journal of Economics*, p. 407-437, 1992.

MORISSON C.J. et SCHWARTZ A.E. , "*State infrastructure and productive performance*", Cambridge, Massachusetts, N.B.E.R no 3981, january 1991.

MUNNELL A.H., *"Policy watch: Infrastructure investment and economic growth"*, Journal of Economic Perspective, 1992, no 6, p. 189-198.(repris dans Problèmes Economiques no 2327, mai 1993).

NAVARRE F. et PRUD'HOMME R. , *"Le rôle des infrastructures dans le développement régional"*, Revue d'Economie Régionale et Urbaine no 1, 1984.

PERROT A. , *"Croissance endogène et infrastructures: une revue de contributions récentes"*, Document de Travail de l'O.E.S.T., mai 1993.

PUIG J.P. , *"Problématique transport-croissance: L'enseignement de quelques rapports récents sur la politique des transports"*, Contribution pour l'atelier no 1 du groupe "Perspectives Economiques" de préparation du XIème Plan, août 1992.

QUINET E. , *"Infrastructures de transport et croissance"*, édition Economica Paris, 1992.

QUINET E., ROY C., SCHWARTZ D. et TAROUX J.P. , *"Le coût du capital des infrastructures de transport"*, O.E.S.T.- D.R.A.S.T.- E.N.P.C.(C.E.R.A.S.), novembre 1993.

RALLE P., *"Croissance et dépenses publiques: le cas des régions françaises"*, Document d'Etude C.D.C. no 1993-12/E, novembre 1993.

ROMER P.M. , *"Increasing returns and long-run growth"*, Journal of Political Economy, 1986.

VOITH R. , *"City and suburban growth: substitutes or complements?"*, Business Review, september-october 1992. (repris dans Problèmes Economiques no 2.334, juillet 1993).

