

Infrastructures, investissement et croissance : un bilan de dix années de recherches

par

Marie Ange VEGANZONES*
CERDI, Clermont Ferrand

(janvier 2000)

Résumé

Dans cet article, nous présentons une synthèse de l'état de la littérature théorique et empirique sur le sujet des infrastructures et de la croissance. Nous passons en revue les différentes approches de ce lien, depuis la problématique déjà ancienne du Big Push et de la croissance exogène, jusqu'au renouveau récent apporté par la nouvelle macro-économie de la croissance et le développement des modèles de diffusion spatiale. Nous étudions également les différentes évaluations quantitatives que constituent l'approche primale de la fonction de production et duale de la fonction de coût, de même que celle de la convergence conditionnelle et du lien entre infrastructures, investissement et croissance. Nous développons ensuite un modèle théorique qui formalise ce lien, que nous validons quantitativement en données de panel sur un échantillon de 87 pays par la méthode des triples moindres carrés. Nous mettons en évidence le double canal de transmission des effets des infrastructures : celui sur les capacités de production qui fait apparaître une complémentarité entre investissement public et investissement privé, et celui sur la productivité globale des facteurs. Nous introduisons à cette occasion un indicateur agrégé d'infrastructures à partir de l'analyse en composantes principales de plusieurs indicateurs d'infrastructures physiques, sociales et financières.

Summary : In this article, we present an overview of the theoretical and empirical literature on infrastructures and growth. We review the different approaches of this link, starting from the earlier themes of the Big Push and of exogenous growth, to the recent renewal of growth theories and of spatial spillover models. We assess the empirical estimates of these various models, using the production and the cost function approach, as well as the conditional convergence framework and the link between infrastructures, investment and growth. We present a theoretical model of this last link, which is estimated on panel data on a sample of 87 countries using the three stages least squares method. We highlight two channels of transmission of the role of infrastructures: a first one through production capacities which shows a complementarity between public and private investment, and another one through total factor productivity. The estimates are based on an aggregate indicator of infrastructures constructed from the principal component analysis of various physical social and financial indicators.

Classification JEL : C23, H54, O47, R11.

* Je tiens à remercier tout particulièrement Aristomène VAROUDAKIS pour ses commentaires précieux et Rabah ARESKI pour son assistance de recherche.

1- Introduction

L'analyse du rôle *productif* des infrastructures a connu un développement précoce dans les années 40-50, à la suite des débats autour de la croissance équilibrée initiés par les théoriciens du développement (Rosenstein-Rodan, 1943 ; Nurkse, 1952 ; Hirschman, 1958). Ces débats ont néanmoins été rapidement éclipsés à partir des années 60, la réflexion se déplaçant sur le front des questions de court terme et de l'opposition entre effet *multiplieur* et effet *d'éviction* des dépenses publiques. Pendant plus de 30 ans, l'investissement public en infrastructures a en fait été plutôt perçu comme un facteur de relance de la demande dans une optique de tradition keynésienne et son rôle *productif* à long terme occulté.

La perception du rôle des dépenses publiques comme facteur de croissance économique a remarquablement évolué au cours des dix dernières années. L'investissement public en infrastructures est à présent davantage appréhendé comme un facteur d'amélioration des performances *productives* et de l'investissement du secteur privé. Il contribue à ce titre à la croissance par le renforcement du côté de l'offre de l'économie. Ce changement de cap est dû en particulier aux travaux d'Aschauer (1989a) qui a mis en évidence — à travers l'estimation d'une fonction de production *élargie* au capital public — le rôle de celui-ci dans le ralentissement de la productivité américaine à partir des années 70. Sur la base de ces résultats, les nouveaux modèles de croissance ont rapidement pris en compte les dépenses publiques comme un facteur de gain auto-entretenu de productivité et de croissance à long terme (Barro, 1990).

Le débat sur la thématique du *décollage* économique a également été remis au goût du jour, notamment à travers de nouveaux modèles s'inspirant de la problématique du *Big Push* développée dans les années 40-50 (Murphy, Scheiffer et Vishnu, 1989). La Banque mondiale (1994), dans son rapport sur le développement dans le monde consacré aux infrastructures, a aussi fait des infrastructures un défi majeur pour l'économie du développement : ce rapport décrit en effet celles-ci comme le *moteur* de l'activité économique et de l'amélioration des conditions de vie des populations.

Dans toute cette littérature, les infrastructures sont présentées comme des biens intermédiaires qui facilitent les échanges et améliorent la productivité des autres intrants dans la production. Mais le caractère *productif* des infrastructures passe également par les *externalités* qu'elles génèrent entre entreprises, régions ou activités. Une partie de la littérature met d'ailleurs l'accent sur les *externalités spatiales* dont les infrastructures peuvent être à l'origine et qui permettent de reconsidérer d'une façon nouvelle la question du développement régional (Holtz-Eakin et Schwartz, 1995). En plus des infrastructures physiques — comme l'électricité, les transports et les communications — certains auteurs mettent l'accent sur les infrastructures sociales — à travers notamment l'éducation et la santé — qui améliorent la productivité de la main d'oeuvre et son adaptation aux techniques modernes.

Or, l'enjeu du débat sur le rôle des infrastructures dans la croissance se révèle d'importance, tant pour la politique économique, que pour l'économie du développement. Le déficit en infrastructures des pays *pauvres* est en effet criant et hypothèque leur décollage économique. Pour ne prendre que quelques exemples, en Afrique le taux d'analphabétisme de la population adulte varie entre 20 et 60% — avec des taux même supérieurs en ce qui concerne la population féminine — alors que les

coûts de transport maritime vers l'Europe dépassent de 30 à 70% ceux en provenance d'Asie (Banque mondiale, 1994). En Chine, 20% des villages ruraux ne sont pas connectés au réseau routier et 10% de la demande d'électricité reste en moyenne insatisfaite (Banque mondiale, 1997).

D'une manière plus générale, les études sur le caractère *productif* des infrastructures, devraient alors permettre de mieux évaluer les canaux de transmission de leur rôle, de même que de mieux quantifier leur impact sur la croissance. Le rôle spécifique des divers types d'infrastructures est également un sujet d'intérêt pour la politique économique, la détermination des investissements les plus rentables prenant en effet place dans le cadre de consolidations budgétaires quasi généralisées.

Dans ce contexte, l'objet de cet article est de faire un bilan des avancées théoriques et empiriques des dix dernières années sur le sujet des infrastructures et de la croissance, et d'apporter dans un second temps une contribution à ce débat. Nous nous appuyons pour cela sur un modèle théorique prenant simultanément en compte l'impact des infrastructures sur l'investissement et sur la croissance. Ce modèle est validé en données de panel par la méthode des triples moindres carrés sur un échantillon de 87 pays étudiés sur cinq sous-périodes de 1970 à 1995. En ce qui nous concerne, nous considérons les infrastructures au sens large et intégrons à la suite de Hansen (1965) les infrastructures à la fois physiques (routes, irrigation, électricité, téléphone) et sociales (éducation, santé), auxquelles nous ajoutons les infrastructures financières. Contrairement à la quasi totalité des études empiriques existantes, nous appréhendons ces infrastructures par des indicateurs quantitatifs précis.

Si l'étude de la complémentarité (ou de la substituabilité) entre investissement public et privé a fait l'objet de divers travaux d'estimation de fonctions de coûts, ainsi que d'un nombre limité de travaux macro-économiques, l'endogénéisation de l'investissement et la prise en compte simultanée de l'impact des infrastructures sur l'investissement et sur la croissance n'ont, à notre connaissance, pas été tentées par les études empiriques. Notre approche conduit ainsi à chiffrer distinctement deux canaux de transmission des effets positifs de l'investissement public : celui sur les capacités de production (implicite et qui n'apparaît pas lors de l'estimation des équations de croissance traditionnelles) et celui sur la productivité globale des facteurs (qui est celui généralement étudié).

La suite de cet article s'organise de la façon suivante. Après une définition de la notion d'infrastructures, nous présentons dans la section suivante les différentes typologies de modèles et approches du lien entre infrastructures et croissance-développement. Nous passons, notamment, en revue les modèles anciens et plus récents de *Big Push*, de croissance exogène et endogène, de diffusion du progrès technique, d'investissement, de même que les notions de fonction de production *élargie* et d'approche *duale*. Dans la troisième section, nous présentons un modèle théorique de croissance et d'investissement intégrant le rôle d'entraînement des infrastructures et leur double impact sur les capacités de production et sur la productivité. La quatrième section fait un bilan des résultats empiriques sur le lien entre infrastructures et croissance. Nous distinguons les approches *directes* et *duales*, de même que les estimations de convergence *conditionnelle*. La cinquième section présente une validation quantitative de notre modèle théorique de croissance sur données de panel. La dernière section conclut.

2- Le rôle *productif* des infrastructures : concepts et justifications théoriques

2.1- La notion d'infrastructures

Les infrastructures sont le plus souvent définies comme des biens *collectifs mixtes* à la base de l'activité *productive*. Deux notions sous-tendent cette définition : celle de bien *collectif* ou de bien *public*, et celle de facteur *productif*.

La notion de bien *collectif*, définie par Samuelson (1954) et Musgrave (1959), repose sur les critères de *non rivalité* et de *non exclusion*. Un bien est qualifié de *non rival* si son utilisation par un agent ne réduit pas la quantité disponible pour les autres agents. La *non rivalité* s'accompagne, en fait, de *l'indivisibilité* d'usage, c'est à dire d'une consommation en totalité de ce bien qui ne pourra être partagé entre divers utilisateurs. Les exemples traditionnels sont ceux de la justice, de la sécurité ou de l'éclairage public. La *non-exclusion* par les mécanismes de marché caractérise, de son côté, des biens dont aucun agent ne peut être exclu des bénéfices. Celle-ci découle également de l'impossibilité de fractionner le service entre divers consommateurs, c'est à dire de *l'indivisibilité*. Ainsi, les caractéristiques intrinsèques de ces biens, en entraînant une impossibilité de reposer sur les mécanismes de marché, justifient l'intervention de l'Etat dans leur production ou leur réglementation.

Dans la réalité, les biens publics *purs* sont l'exception et l'on a plutôt à faire à des biens publics *mixtes*, c'est à dire partiellement *rivaux* et/ou *excluables*. Le relâchement partiel de l'hypothèse de *non rivalité* recoupe, notamment, les problèmes de congestion des services publics qui peuvent apparaître au delà d'un certain seuil d'utilisation (voir l'exemple des transports modélisé par Aschauer, 1990c), et celui de l'hypothèse de *non-exclusion* la possibilité de prélever des droits d'utilisation. Un classement des infrastructures selon ces critères — établi par Eden et Mc Millan (1991) comme la *boite de Musgrave-Samuelson* — est repris plus récemment par la Banque mondiale (1994).

Le caractère *productif* des infrastructures relève de son côté de plusieurs logiques. La production de services publics constitue, en tant que telle, une activité économique à part entière. Mais une caractéristique propre de ces biens réside surtout dans le facteur de *potentialité* qu'ils constituent. A la suite de Hirschman (1958), on peut définir les infrastructures comme les biens et les services qui rendent *possible* l'activité économique. Cette définition, particulièrement large, est reprise par Hansen (1965) qui est le premier à proposer une classification précise. Il distingue : les *infrastructures sociales*, dont la fonction est d'entretenir et de développer le capital humain (comme l'éducation, les services sociaux et de santé) et les *infrastructures économiques*, dont la caractéristique est de participer au processus productif.

Selon Meade (1952), ce facteur de *potentialité* est tout d'abord *direct*, le rôle productif des infrastructures passant par la fourniture de biens et de services intermédiaires qui participent au processus de production. Mais surtout, la particularité des infrastructures réside dans la faculté d'améliorer l'utilisation des autres facteurs de production. Il s'agit ici d'un effet *indirect* d'augmentation de la productivité des autres facteurs de production.

Cet effet *indirect* consiste, tout d'abord, en une diminution des coûts de production et un accroissement de la rentabilité des activités. Certains travaux soulignent que la pénurie chronique d'infrastructures d'un grand nombre de pays en développement explique des coûts de production élevés et une compétitivité dégradée — voire l'impossibilité de développement de certaines activités et/ou régions (Wheeler et Mody, 1993 ; Steel et Webster, 1992 ; Gyamfi, 1992). Mais cette rentabilité passe également par la réduction des coûts de transport permise par le développement des infrastructures (Banque mondiale, 1994).

Ces améliorations sont également liées à l'accroissement de la taille du marché permis par le développement des infrastructures, et par l'intensification des échanges qui lui est consécutif. Ces caractéristiques conduisent à la possibilité d'économies d'échelle et de diffusion du progrès technique, de même qu'à une division du travail accrue. Celle-ci, en rendant possible l'apparition de synergies et de complémentarités entre entreprises, régions ou activités, contribue encore d'une autre façon au caractère *productif* des infrastructures. En stimulant de la sorte l'apparition d'externalités de type *marshallien*, les infrastructures trouvent ici une autre justification économique à l'intervention de l'Etat dans la fourniture ou la réglementation de certaines d'entre-elles¹

2.2- La problématique du décollage économique

Les travaux précurseurs de Rosenstein-Rodan (1943, 1961) — connus à travers le concept de *Big Push* — font de l'industrialisation le moteur du décollage économique. Ce postulat — qui repose sur la présence de rendements d'échelle croissants dans l'industrie — demande la présence d'un marché intérieur suffisamment vaste. Dans le cas contraire, l'absence d'incitations à investir peut entraîner le pays dans un équilibre *bas* de faible industrialisation. L'existence d'externalités de demande peut néanmoins aboutir — au delà d'un seuil critique d'investissement — à la rentabilité d'investissements individuellement non profitables et à un équilibre *haut* d'industrialisation. Les entreprises n'ayant pas conscience de ces externalités, l'Etat peut alors intervenir pour coordonner les investissements et les rendre rentables. Les infrastructures participent à ce processus en permettant un élargissement du marché — à travers notamment la réduction des coûts de transport — et en stimulant l'interdépendance entre les divers secteurs de production.

Plus récemment, Murphy, Shleifer et Vishny (1989) proposent une reformulation du concept de *Big Push*. Les auteurs développent trois modèles basés sur les principes fondateurs de Rosenstein-Rodan, qui se différencient entre-eux par la nature de l'externalité. Seul le dernier fait appel au rôle *productif* des infrastructures. Dans ce modèle, les infrastructures réduisent les coûts de production des entreprises, mais représentent un coût fixe qui ne peut être financé que si celles-ci sont suffisamment nombreuses. L'externalité à l'oeuvre passe par l'investissement qui augmente la demande des autres entreprises et diminue la charge de construction des infrastructures. Les rendements d'échelle du secteur moderne utilisateur des infrastructures sont croissants ; ceux du secteur traditionnel constants.

¹ Une autre justification de cette intervention peut être vue dans la présence de coûts fixes importants et d'un risque financier et technologique élevé, dans le cas d'infrastructures de type monopôles *naturels*.

Dans ce modèle, il existe deux situations dans lesquelles la construction d'une infrastructure — et donc le développement industriel — peut ne pas avoir lieu et justifient une intervention de l'Etat. En cas de mauvaise information sur les coûts des entreprises, les propriétaires de l'infrastructure peuvent ne pas capter l'intégralité du surplus généré par la présence de cette infrastructure. Dans ce cas, le montant collecté pour sa construction peut s'avérer insuffisant et le projet être abandonné, alors même que les profits des entreprises sont suffisants. En l'absence de possibilité de discrimination par les prix, le rôle de l'Etat sera alors de subventionner la création de l'infrastructure concernée.

Dans le cas de la construction effective de l'infrastructure, l'industrialisation peut également ne pas avoir lieu s'il n'y a pas de coordination des projets d'investissement des entreprises. En présence d'une forte aversion pour le risque, l'anticipation par les propriétaires de l'infrastructure de la possibilité de cet équilibre *bas* peut alors en empêcher la construction. Le rôle de l'Etat sera ici de coordonner les investissements des entreprises pour, d'une part, assurer la construction de l'infrastructure, et d'autre part, permettre l'industrialisation.

2.3- L'approche primale de la fonction de production et le modèle néoclassique de croissance

Les modèles de *Big Push* ne sont pas à proprement parler des modèles de croissance, car ils s'en tiennent à une approche de statique comparative. Il s'éloignent, en outre, des hypothèses néoclassiques de rendements d'échelle constants et postulent la supériorité de l'industrialisation en terme de bien être collectif. Les modèles néoclassiques de croissance intégrant le rôle des infrastructures sont pour leur part plutôt rares, puisqu'on ne recense guère que le modèle précurseur de Arrow et Kutz (1970) qui n'a pas connu de développement.

La reconnaissance du rôle spécifique des infrastructures passe, tout d'abord, par leur introduction dans la fonction de production. C'est cette démarche qui a permis de formaliser la contribution du capital public à la croissance. L'ajout du capital public comme facteur de production supplémentaire pose, néanmoins, la question de la forme fonctionnelle retenue. Si des formes générales de type *CES* sont parfois choisies, l'approche *primale* de la fonction de production — d'essence macro-économique — privilégie la forme simple de la fonction *Cobb-Douglas*, à élasticité de substitution unitaire entre tous les facteurs.

L'introduction du capital public pose, ensuite, la question des rendements d'échelle de la fonction de production. L'analyse néoclassique postule des rendements constants sur tous les facteurs. Nous verrons qu'il est possible de n'avoir des rendements constants que sur les facteurs privés, ce qui confère au capital public un statut d'externalité propre aux biens publics *purs*. Les nouveaux modèles de croissance joueront sur cette possibilité, de même que sur le rendement des facteurs accumulables pour faire apparaître une croissance endogène auto-entretenu — et non plus exogène comme dans le modèle néoclassique.

Le modèle de Arrow et Kutz (1970) permet, quant à lui, d'élargir la perception du rôle productif des infrastructures dans la perspective d'un modèle de croissance. A partir d'un modèle de croissance de type *Solow élargi* au capital public, les auteurs formalisent le comportement d'accumulation du capital public et du capital privé. L'investissement privé correspond au taux d'épargne, qui est une fonction du revenu disponible. Par rapport au modèle de *Solow*, celui-ci est amputé du taux d'imposition. L'investissement public est égal au produit des impôts, lui-même proportionnel à l'investissement privé. En régime permanent, le taux d'imposition a deux effets contradictoires. D'une part, il conduit à une baisse de l'épargne liée à la diminution du revenu disponible, et donc de celle du capital engendrée par l'éviction de l'investissement privé. D'autre part, l'accroissement des infrastructures qu'il permet, entraîne une augmentation de la productivité des facteurs privés, et donc de l'investissement.

Dans le prolongement du modèle de *Solow*, si le taux d'imposition — à l'image de taux d'épargne privée — n'influence pas la trajectoire de croissance à long terme de l'économie, il contribue au niveau de revenu par tête d'équilibre. On peut alors calculer — de la même manière que selon la *règle d'or* pour le taux d'épargne privée — le taux d'imposition — donc l'investissement public — qui maximise la consommation par tête. A l'équilibre et pour un taux d'épargne donné, celui-ci doit être égal à l'élasticité de la production par rapport au capital public.

2.4- Les nouveaux modèles de croissance

Outre le modèle néoclassique de croissance de Arrow et Kurz (1970), il faut attendre le renouveau des théories de la croissance pour que le capital public apparaisse au centre de la dynamique économique. Le premier modèle de croissance endogène faisant du capital public le moteur de la croissance est développé par Barro (1990). Alors que dans le modèle néoclassique, le capital public n'intervient que dans la détermination du niveau de revenu d'équilibre, celui-ci explique maintenant la trajectoire de croissance à long terme des économies.

Barro (1990) propose deux versions d'un modèle incluant les infrastructures qui s'inspire du modèle *AK* de Rebello (1990). Dans ce modèle, la divergence des rendements social et privé du capital justifie l'intervention de l'Etat. En outre, Barro assimile les infrastructures à la dépense publique, ce qui revient à faire l'hypothèse simplificatrice — mais peu gênante — de leur dépréciation complète à chaque période.

Une première version du modèle considère les services publics comme des biens publics *purs non-rivaux* et *non-excluables*. Les entreprises bénéficient à chaque période de la totalité de l'investissement public. La fonction de production est à rendements d'échelle constants sur les deux facteurs accumulables — le capital privé et le capital public — ce qui permet une croissance non bornée. Elle reste à rendements factoriels décroissants pour les entreprises, dans la mesure où chacune d'entre-elles interprète la dépense publique comme externe et sans coût.

Dans ce modèle, ce sont bien les infrastructures qui sont à l'origine de la croissance non bornée de l'économie. Les dépenses publiques étant financées par une taxe sur le capital et le travail, toute augmentation de l'investissement privé se traduit

automatiquement par un accroissement de l'investissement public qui empêche la productivité marginale du capital privé de diminuer. Ce taux d'imposition joue néanmoins un rôle contradictoire, en diminuant dans le même temps la rentabilité du capital privé et en décourageant l'investissement. Cette situation aboutit à un taux de croissance de l'économie sous-optimal, lié au fait que les entreprises prennent l'investissement public comme donné. Elles ne perçoivent pas en effet l'externalité bénéfique que constitue leur investissement sur celui de l'Etat — et donc sur la rentabilité de leur capital. Optimum social et équilibre décentralisé peuvent, néanmoins, être réconciliés par une subvention à l'investissement privé financé par un impôt forfaitaire.

Ce modèle débouche, en outre, sur la notion de taille optimale de l'infrastructure qui maximise la croissance. Celle-ci est atteinte lorsque — dans le cas d'une fonction de production *Cobb-Douglas* — la proportion des ressources consacrée à l'investissement public est égale à sa contribution relative à la production.

Dans la version suivante du modèle de Barro, les infrastructures sont toujours *non-excluables*, mais maintenant *rivales*. Cette situation décrit les phénomènes de congestion si répandus dans les pays en développement. Dans cette version, chaque producteur génère par son activité une externalité négative, dans la mesure où l'augmentation de la production agrégée réduit la quantité disponible d'infrastructure par producteur. L'accroissement de l'investissement privé se traduit alors par une diminution de la rentabilité du capital public, le rendement privé devenant supérieur au rendement social. La concordance entre les deux taux de croissance de l'économie est maintenant rétablie par la mise en place d'une taxe non plus forfaitaire, mais proportionnelle à la production qui — en permettant d'internaliser les effets de congestion — diminue le rendement privé du capital au niveau de son rendement social.

2.5- La diffusion de la croissance

Une autre caractéristique des infrastructures réside dans le fait qu'elles sont à l'origine d'externalités *spatiales*. Il est, en effet, évident qu'un pays ou une région bénéficiera des infrastructures de ses voisins, qui lui permettront notamment d'avoir accès à de nouveaux marchés, d'importer de la technologie à moindres frais ou de participer à une certaine division régionale du travail. L'exemple des pays/régions enclavés est à ce titre tout à fait illustratif de telles situations de dépendance.

Malgré une reconnaissance ancienne de la part de l'économie urbaine et régionale, la modélisation des effets de diffusion *spatiale* n'a pas bénéficié du foisonnement théorique qui a jalonné le renouveau de la macro-économie de la croissance. Le modèle fondateur peut être celui de Chua (1993), qui ne comprend cependant pas de variable d'infrastructures à proprement parler. Chua développe un modèle de croissance exogène à la *Solow*, dans lequel le revenu d'équilibre d'un pays dépend de la formation du capital physique et humain des pays voisins. Le vecteur d'externalités entre les pays, qui est plus large que les infrastructures, englobe néanmoins celles-ci — qu'elles soient physiques ou sociales de surcroît. Un des exemples d'effet de diffusion donné par Chua est d'ailleurs sans ambiguïté, puisqu'il

décrit la situation d'un pays enclavé dépendant des infrastructures de ses voisins pour un accès à la mer.

Dans sa fonction de production néoclassique, Chua modélise le progrès technique comme le produit de la technologie internationale et des externalités que chaque pays reçoit du capital physique et humain des pays voisins. Ce progrès technique peut bien être considéré comme un bien *libre*, puisque les pays bénéficient gratuitement de l'externalité *spatiale*.

La résolution du modèle montre, que le revenu d'équilibre du pays dépend de la moyenne de son taux d'épargne et de celui de ses voisins — ces taux étant considérés constants comme dans le modèle de *Solow*. En revanche, la dynamique transitoire se complexifie. Chua fait apparaître deux phénomènes de convergence : la convergence entre régions (*between-region convergence*) issue de la résolution de fonctions de production régionales² ; et la convergence du pays vis-à-vis de sa région (*within-region convergence*). La dynamique transitoire du pays comporte ainsi deux composantes. Le pays converge vers le niveau de revenu d'équilibre de la région à laquelle il appartient mais aussi — par transitivité — vers le niveau mondial.

Les implications de politique économique de ce modèle sont tout à fait intéressantes. L'existence de ces phénomènes de diffusion *spatiale* de croissance doit en fait être prise en compte, si l'on veut promouvoir la croissance à la fois domestique et régionale. En effet, l'ignorance de l'externalité positive engendrée par son propre investissement sur la croissance des Etats voisins — et donc sur sa propre croissance — entraîne automatiquement un investissement inférieur à l'optimum. Une coordination des efforts nationaux d'investissement semble ainsi d'autant plus nécessaire, que l'on se place dans une perspective d'intégration régionale ou de croissance régionale équilibrée.

Cette question prend également une résonance particulière dans le cas d'un système fédéral, dans lequel la fourniture des infrastructures est largement de la responsabilité des échelons locaux. Dans ce contexte, il est de la compétence de l'Etat fédéral d'internaliser les externalités *spatiales*, de façon à effectuer une répartition adéquate des ressources nationales. Cette question a été traitée de façon plus approfondie par Hulten et Schwab (1997), avec application au cas américain. Dans leur modèle, l'Etat fédéral subventionne l'investissement des Etats dans la mesure où celui-ci bénéficie aux Etats voisins.

2.6- L'approche duale et la fonction de coût des entreprises

L'approche *duale* présente la formalisation micro-économique du lien entre croissance et infrastructures qui passe par l'amélioration de la rentabilité des facteurs de production et de l'investissement. Elle est fondée sur la dualité entre fonction de production et fonction de coût, à savoir que la structure de la production peut être entièrement représentée par une fonction de coût restreinte. Elle exploite la propriété

² En plus des fonctions de production de chaque pays, Chua considère en effet des fonctions de production régionales qui permettent d'internaliser les externalités existantes entre les pays composant chaque région. Chaque fonction de production régionale est calculée comme la moyenne logarithmique de la fonction de production du pays et de ses voisins.

selon laquelle le choix d'une combinaison de facteurs optimale associe une valeur unique et minimale du coût de production, pour un niveau de production et un vecteur de coûts des facteurs donnés. A partir d'une fonction de production *augmentée* au capital public et connaissant le coût des facteurs de production, l'approche *duale* consiste à déduire du programme de minimisation du coût des entreprises une fonction de coût unitaire. Cette fonction permet d'identifier l'élasticité des infrastructures en terme de réduction des coûts de production et de déduire une fonction de demande de facteurs.

On distingue en général une fonction de coût de court terme, qui dépend notamment du prix des facteurs variables et des quantités de facteurs fixes — à savoir le capital public et le capital privé — sachant que les entreprises ne maîtrisent pas ces facteurs fixes à court terme. A long terme, elles ajustent ces quantités à leur niveau optimal. La fonction de coût ne dépend alors plus que du prix des facteurs.

En général, cette approche repose sur une forme flexible de la fonction de production, comme la forme *translog* compatible avec des élasticités de substitution variables et différentes selon les facteurs. Cette forme présente, en outre, l'avantage de déduire facilement à l'optimum, la demande de chaque facteur de production. Cela est vrai notamment pour la demande de capital privé, qui est fonction du coût marginal et donc de l'importance du capital public à la disposition de l'entreprise. L'estimation de ces fonctions de coût peut ainsi faire apparaître la complémentarité/substituabilité des facteurs entre eux — en particulier celle entre le capital public et le capital privé — à partir de l'élasticité de la demande de ce facteur par rapport au capital public. De la même manière, le rapprochement de la réduction marginale du coût privé avec le coût de l'investissement en infrastructures, permet de calculer le taux de rendement du capital public et de le comparer à celui du capital privé.

L'approche *duale* constitue de la sorte la manière la plus rigoureuse de traiter la relation entre le capital public, l'investissement privé et la croissance. En bénéficiant d'un ensemble plus vaste d'informations, elle permet, — du fait de leur modélisation explicite — de résoudre le problème de l'endogénéité des facteurs variables. Mais elle permet aussi de tester de nombreuses hypothèses concernant notamment la technologie, le comportement des entreprises ou l'impact de diverses réglementations étatiques.

2.7- Infrastructures, investissement et croissance

Si l'incitation à investir que représentent les infrastructures, notamment en réduisant les coûts de production des entreprises et en permettant un élargissement du marché, apparaît bien de façon indirecte dans les modèles de *Big Push* et de croissance endogène, de même qu'elle est traitée de façon plus explicite dans l'approche *duale*, ce canal de transmission des effets positifs des infrastructures sur la croissance n'a que peu fait l'objet d'une modélisation macro-économique. C'est cet aspect que nous allons traiter de manière formelle dans la section 3, où nous nous inspirons du modèle

de croissance endogène de Alogoskoufis et Kalyvitis (1996), centré sur le rôle *productif* à long terme de l'investissement public.

Alogoskoufis et Kalyvitis (1996) introduisent un facteur d'efficacité du travail dans la fonction de production, qui est une fonction du capital public de l'économie. Ce dernier étant, comme dans Barro (1990), un bien public *pur non-excluable* et *non-rival*, il exerce une externalité dont les entreprises bénéficient *gratuitement*. C'est encore une fois cette externalité qui est au coeur de la croissance auto-entretenu; mais ici aussi à travers la dynamique d'accumulation du capital privé. Celle ci est alors explicitée en supposant que le coût de l'investissement est une fonction croissante de ce dernier.

Les auteurs distinguent trois types d'objectif d'investissement public. Dans un premier cas, les pouvoirs publics fixent le ratio de capital public par rapport au PIB. La résolution du modèle fait alors apparaître une dynamique de croissance à long terme déterminée par l'investissement privé, lui même fonction positive du niveau de capital public. Dans les deux cas suivants, les autorités se fixent un objectif, soit de taux de croissance du capital public, soit de ratio d'investissement public au PIB. C'est alors le taux de croissance du capital public qui détermine le taux de croissance d'équilibre de l'économie. Le ratio capital privé sur capital public s'ajuste alors lentement à son niveau de long terme, l'investissement privé augmentant continuellement du fait d'une productivité marginale plus élevée en présence d'un investissement public accru. A long terme, le taux de croissance de l'investissement privé est supérieur. Il égale celui de l'investissement public.

3- L'analyse empirique de l'impact *productif* des infrastructures

La controverse empirique sur le caractère *productif* des infrastructures occupe depuis le début des années 90 une place importante dans la littérature économique. Au delà du travail pionnier de Ratner (1983), ce sont les travaux d'Aschauer (1989a, b, c, 1990a, b, c, 1991) qui ont stimulé la recherche quantitative dans ce domaine. Cette recherche s'articule autour de plusieurs approches visant à identifier la dynamique de croissance à l'oeuvre et les canaux de transmission du rôle *productif* des infrastructures. On distingue notamment :

- l'approche *primale* ou l'estimation directe de la fonction de production *élargie*
- l'approche *duale* ou l'estimation de la fonction de coût des entreprises
- la dynamique transitoire ou l'approche de la convergence *conditionnelle*
- l'étude du lien entre infrastructures et *investissement*
- l'évaluation des effets de diffusion *spatiale* des infrastructures

Malgré le consensus théorique quasi-général sur le rôle *productif* des infrastructures, la confrontation de ces différentes approches ne permet pas toujours de lever la fragilité et le caractère contradictoire des résultats obtenus.

3.1- L'approche *primale* ou la fonction de production *élargie*

Les modèles théoriques présentés précédemment considèrent les infrastructures comme un facteur *productif* indispensable à l'activité privée. Le principe de l'approche *primale* est donc de les inclure dans la fonction de production. Cette approche a fait l'objet d'un grand nombre d'études empiriques suite, notamment, aux travaux d'Aschauer visant à expliquer le ralentissement de la productivité américaine à partir des années 1970. Les estimations économétriques de ces fonctions de production *élargies* donnent, néanmoins, des résultats très variables selon les pays et les périodes étudiées, l'agrégat d'infrastructures considéré, la forme fonctionnelle de la fonction de production et les méthodes d'estimation.

Ces travaux s'appuient, en général, sur une fonction de production *Cobb-Douglas* à élasticité constante du produit par rapport à chacun des facteurs. La spécification de cette fonction diffère, néanmoins, quant à l'introduction d'un taux d'utilisation des capacités de production — de façon à prendre en compte les aspects conjoncturels — ou d'une tendance temporelle — qui selon certains auteurs se substituerait aux infrastructures comme facteur explicatif de la productivité globale des facteurs. La question des rendements d'échelle est également traitée différemment. Ces rendements peuvent être contraints à l'unité sur les facteurs privés ou sur l'ensemble des facteurs.

En ce qui concerne la variable d'infrastructures, il s'agit surtout du capital public total en volume, le plus souvent non militaire, et parfois restreint aux activités de services publics — c'est à dire hors entreprises du secteur concurrentiel. La confusion est cependant parfois faite entre capital public et capital de l'Etat, alors que certaines activités de services publics peuvent être du domaine privé. Ces activités sont, en outre, rarement désagrégées par type d'infrastructures et encore plus rarement appréhendées par des indicateurs quantitatifs précis — ce qui représenterait la forme la plus rigoureuse d'estimation du rôle des infrastructures. De façon encore moins satisfaisante, les dépenses publiques sont parfois substituées aux agrégats de capital public — qui sont ceux qui doivent normalement rentrer dans les estimations de fonctions de production.

Quant aux méthodes économétriques, les estimations en différences premières remettent en cause les résultats obtenus en niveau. La cointégration constitue une approche plus satisfaisante, de même que l'économétrie des données de panel, malgré une grande sensibilité à la spécification des effets individuels.

Ces travaux et leurs résultats sont synthétisés dans le tableau 1. Il apparaît que la plupart concernent le cas américain. D'autres pays de l'OCDE sont également pris en considération. Paradoxalement, les pays en développement sont néanmoins peu étudiés, alors que leur déficit en infrastructures pourrait sûrement permettre de montrer un impact marginal plus significatif sur la croissance.

3.1.1- Les travaux d'Aschauer et ses prolongements

Avant Aschauer (1989a), c'est en fait Ratner (1983) qui a estimé le premier sur séries chronologiques une fonction de production *élargie* pour les Etats-Unis. Sur la période étudiée (1949-73), l'auteur trouve une élasticité du capital public de 0.056, pour une fonction de production contrainte aux rendements constants, avec une

tendance temporelle de 1.9%. Ram et Ramsey (1989) recommencent l'exercice pour la période 1949-85. Ils obtiennent une élasticité beaucoup plus forte (de 0.24) et un progrès technique résiduel plus faible (de 1.2%). C'est, néanmoins, suite aux travaux d'Aschauer que le débat sur la question de l'impact productif des infrastructures s'intensifie.

Aschauer considère plusieurs spécifications proches des précédentes. Il considère alternativement la production privée, la production par tête, la production par unité de capital, et la productivité globale des facteurs comme variable dépendante. Il incorpore un agrégat de capital public *large* (non militaire) ou *étroit* (n'incluant que les activités de service public, appelé *coeur* d'infrastructures). Il contraint aux rendements constants ou procède à des estimations libres. Les résultats semblent en fait robustes. L'auteur trouve un impact encore plus fort du capital public *large* sur la période 1949-85 (les élasticités s'échelonnant entre 0.39 et 0.49 selon les spécifications) et plus faible du progrès technique tendanciel (aux environs de 0.8%). L'élasticité est moindre pour l'agrégat *étroit* de capital public. Il teste la constance des rendements, qui n'est pas rejetée. Il montre que l'omission de la variable de capital public constitue un biais de spécification. Il procède à des tests de sensibilité en faisant varier la période étudiée et trouve des élasticités qui s'étalent entre 0.38 et 0.56. D'autres estimations visant à corriger de l'endogénéité des infrastructures par l'utilisation de variables retardées ou par les doubles moindres carrés donnent des résultats similaires.

Toute une série d'études sur séries temporelles a, tout d'abord, confirmé le rôle du capital public comme facteur de croissance. Le tableau 1 atteste de l'importance de la littérature empirique sur le sujet, touchant principalement les Etats-Unis, mais également d'autres pays. Les résultats de ces travaux montrent, néanmoins, la très grande variabilité des élasticités estimées. Pour les Etats-Unis, celles-ci s'échelonnent entre 0.03 et 0.56 selon que l'on procède à des estimations en niveau, en différences premières ou en doubles moindres carrés, que l'on corrige de l'autocorrélation des résidus ou selon l'agrégat d'infrastructures utilisé.

Une autre illustration de cette grande variabilité peut être vue dans le travail de Ford et Poret (1991) toujours en séries temporelles sur la productivité globale des facteurs de 12 pays de l'OCDE. Les auteurs ne mettent en évidence d'impact significatif du capital public, que pour la Belgique, le Canada, les Etats-Unis et la Suède, et ce de façon très variable selon les pays. Pour la France, c'est seulement le *coeur* d'infrastructures qui semble jouer. Ces résultats ne tiennent plus pour certains pays, si l'on corrige de l'autocorrélation des résidus ou si l'on procède à des estimations en différences premières.

Une première synthèse de ces travaux sur les Etats-Unis est faite par Munnell (1992). Elle met en évidence une cause de l'hétérogénéité apparente des résultats. Les élasticités décroissent avec le niveau de désagrégation de l'économie. Elles passent de 0.34-0.39 à l'échelle nationale, à 0.15-0.20 au niveau des Etats, et 0.03-0.08 à celui des métropoles. Ces résultats s'expliqueraient par l'existence de phénomènes de diffusion *spatiale* du rôle des infrastructures, dont l'impact serait ainsi supérieur au niveau agrégé. Cette hypothèse de diffusion, testée en données de panel pour les 48 Etats

américains dans le cas des routes nationales, n'est néanmoins pas validée par Holtz-Eakin et Schwartz (1995)³.

Une autre raison de l'hétérogénéité des résultats peut être vue dans le niveau d'équipement en infrastructures des pays ou des régions. Ce niveau peut aller du sous-équipement à la congestion, justifiant selon Hansen (1965) des niveaux de réaction différents de l'activité à l'accroissement des infrastructures. Cette possibilité a été confirmée par Costa et alii (1987) en coupe transversale pour une fonction de production *translog* dans le cas des Etats américains, de même que par Frederiksen et Looney (1981) dans le cas des régions mexicaines. Mais l'hétérogénéité peut également toucher la structure de production des pays ou des régions, ou celle des agrégats d'infrastructures testés.

Munnell (1993) montre — toujours dans le cas des Etats américains — que l'impact du capital public est plus élevé dans l'industrie manufacturière et l'agriculture, que dans les services. Conrad et Seitz (1992) confirment ce résultat pour les régions allemandes (un travail précurseur de Mera, 1973, pour les régions japonaises va dans le même sens). Andersson et alii (1990), révèlent de leur côté pour les régions suédoises que les infrastructures routières sont les plus productives. Ce résultat est confirmé par Garcia-Mila et McGuire (1992) pour les Etats américains. Pour Deno (1988), les équipements de transport ont un impact supérieur aux communications et aux équipements sanitaires.

3.1.2- Les critiques de ces travaux

La vraisemblance et la rigueur des résultats d'Aschauer et des études apparentées a, néanmoins, fait l'objet d'un nombre de travaux critiques important. Tatom (1993b) s'insurge du caractère excessif de l'impact du capital public estimé par Aschauer et calcule que la productivité marginale du capital public serait alors de 60-80%. Ce résultat est d'autant plus gênant, que cette productivité serait deux fois plus forte que celle du capital privé. Ce sont notamment ces critiques qui ont conduit à remettre en cause les méthodes d'estimation économétriques attachées aux travaux d'Aschauer.

Une première critique a concerné la non stationnarité des séries rentrant dans la fonction de production (Tatom, 1991a et 1993a). Une solution adoptée par plusieurs auteurs a alors consisté à mener des estimations en différences premières. Tatom (1991a), Hulten et Schwab (1991a), Sturm et Haan (1994), Ford et Poret (1991) notamment — toujours sur séries chronologiques — remettent ainsi en cause les résultats d'Aschauer. Leurs estimations ne sont, néanmoins, pas beaucoup plus convaincantes. Leurs résultats sont, en effet, très sensibles aux spécifications retenues — de la fonction de production ou de l'agrégat de capital public notamment — et les élasticités des autres facteurs de production sont loin d'être satisfaisantes. En outre, comme le souligne Munnell (1992), il n'y a pas de raisons de préférer des estimations

³Le détail de leur travail sera exposé plus loin. Néanmoins, la faiblesse des résultats présentés par Munnell (1992) réside dans l'importance de ces effets de diffusion, comparativement aux effets directs. Le problème est flagrant dans le cas des métropoles, qui montrent une élasticité particulièrement faible des dépenses publiques.

en différences premières, dans la mesure où ce procédé gomme l'éventuelle relation de long terme entre capital public et production privée. De façon idéale, cette relation de long terme devrait être estimée par des techniques de cointégration.

L'approche de la cointégration donne en revanche des résultats plus cohérents. Argimon et alii (1993) pour l'Espagne, Otto et Voss (1996) pour l'Australie trouvent respectivement des élasticités de 0.59 et 0.30 pour le capital public (0.17 avec rendements constants). Dans le cas des Etats-Unis, Kocherlakota et Yi (1996) obtiennent des élasticités de 0.065 pour les équipements publics et 0.18 pour les infrastructures. Ai et Cassou (1995) — qui combinent une différenciation des séries avec un estimateur des moments généralisés — estiment une élasticité de 0.15 à 0.31 selon la spécification des rendements d'échelle.

Une seconde série de critiques touche la possible endogénéité de la variable d'infrastructures. Selon la loi de Wagner, c'est le développement économique et la croissance qui sont à l'origine d'une augmentation des dépenses de l'Etat. Cette augmentation serait, notamment, liée à une demande accrue de services publics et aux ressources financières plus importantes de l'Etat. Il existerait ainsi une causalité inversée ou une double causalité entre infrastructures et croissance, qui occasionnerait un biais de simultanéité lors de l'estimation de la fonction de production *élargie*.

Plusieurs auteurs se sont attachés à répondre à la question de l'endogénéité des dépenses et de l'investissement publics, dans des travaux le plus souvent en données de panel. La thèse de la causalité inversée est validée par Ahsan, Kwan et Sahni (1989 et 1992), Tatom (1993a) pour les Etats-Unis et Conte et Darrat (1988) pour un échantillon de 10 pays de l'OCDE. L'indicateur testé — à savoir les dépenses publiques agrégées — ne peut néanmoins être considéré comme une proxy satisfaisante des infrastructures. De façon plus convainquante, Eberts et Forgaty (1987) font apparaître une double causalité entre investissement public et croissance, de même que Dessus et Herrera (1996) sur un échantillon de 28 pays en développement pour un agrégat de capital public. De leur côté, Holtz-Eakin et Schwartz (1995) montrent pour les Etats-Unis une causalité non ambiguë des infrastructures routières sur la croissance, de même que Christodoulakis (1993) pour les équipements en électricité, transport et communication dans l'industrie manufacturière grecque, le niveau plus fin de l'agrégat d'infrastructures considéré rendant les résultats encore plus satisfaisants.

La possible endogénéité des investissements publics demande la mise en oeuvre de techniques économétriques appropriées. Des estimations en doubles moindres carrés instrumentant la variable d'infrastructures ont donné des résultats variés. A la suite d'Aschauer (1989c) — qui avait vérifié de la sorte la robustesse de ses estimations — Duffy-Deno et Eberts (1989) trouvent une élasticité du capital public de 0.08 pour les Etats-Unis. Dans le cadre d'estimations sur données de panel — toujours pour les Etats-Unis — Fay (1993) valide l'impact positif des infrastructures d'électricité, Canning et Fay (1993) celui de transports. Garcia-Mila et alii (1996) signalent le rôle des routes et des installations sanitaires et Evan et Karras (1994a et b) de l'éducation. De leur côté, Nagaraj, Varoudakis et Véganonès (2000) montrent la robustesse de leurs estimations en doubles moindres carrés, pour un indicateur agrégé d'infrastructures physiques, sociales et économiques, dans le cas des Etats de l'Inde. En revanche, l'utilisation toujours pour les Etats américains, par Holtz-Eakin (1994) de

variables instrumentales dans le cadre de diverses techniques économétriques, fait disparaître l'impact positif obtenu pour des estimations en niveau de la variable de capital public.

3.1.3-Les estimations en coupes transversales et sur données de panel

L'utilisation des données de panel réunit plusieurs avantages qui, d'une manière générale, améliorent les estimations. En fait, la possibilité d'introduire dans la régression des effets spécifiques à chaque individu, de même que les différentes spécifications de ces effets, apporte une précision supplémentaire. Enfin, l'ajout de la composante spatiale réduit les risques de tendances stochastiques.

Divers travaux de ce genre ont maintenant étudié de façon plus satisfaisantes le lien empirique entre infrastructures et croissance. Ces études ont, notamment, tenu compte des critiques faites à l'encontre des travaux précédents et mis en oeuvre des techniques économétriques appropriées. Alors que les estimations en coupe transversale tendent plutôt à valider le rôle des infrastructures, les résultats sur données de panel montrent toujours la fragilité des premiers résultats sur séries temporelles (voir tableau 1).

Dans une série d'études très systématiques touchant encore une fois les Etats américains, Evans et Karras (1994a), Holtz-Eakin (1994), Garcia-Mila et alii (1996), ne réussissent pas à montrer un effet significatif des infrastructures. Ils estiment, à titre comparatif, deux types de fonctions de production (*Cobb-Douglas* et *translog*), utilisent des variables instrumentales pour résoudre les problèmes d'endogénéité et présentent des résultats en différences premières. Ils introduisent dans leurs régressions des effets spécifiques temporels et individuels, dont ils testent la spécification. Evans et Karras (1994a) et Garcia-Mila et alii (1996) affinent, de surcroît, l'analyse en distinguant respectivement huit et trois indicateurs d'infrastructures.

Alors que ces auteurs trouvent un impact fort et significatif de leurs diverses variables de capital public lors des estimations en niveau par les *MCO*, ces résultats s'effondrent lorsque les diverses corrections économétriques sont apportées. Evans et Karras (1994a) ne trouvent plus d'impact significatif que dans le cas de l'éducation et Garcia-Mila et alii (1996) dans celui des routes et des équipements sanitaires.

Ces résultats sont, cependant, moins négatifs qu'il n'y paraît. Ils semblent montrer, en effet, qu'une approche par des indicateurs désagrégés d'infrastructures donne de meilleurs résultats. Cela était le cas de Garcia-Mila et McGuire (1992) et d'Holtz-Eakin et Schwartz (1995) pour le réseau routier également des Etats américains. Nous citerons aussi les travaux de Fay (1993) et de Canning et Fay (1993) qui mettent en évidence le rôle significatif respectivement des installations électriques et du réseau des transports. Nous mentionnerons également divers travaux en coupe transversale qui aboutissent aux mêmes résultats (Hardy et Hudson; 1981 ; Antle, 1983 ; Binswanger, 1990 ; Binswanger et alii, 1993 ; Wheeler et Mody, 1993 ; Querioz et Gautman, 1992 ; voir tableau 1).

Ainsi, malgré l'absence de consensus empirique sur les estimations de fonctions de production *élargies*, et même s'il est légitime de douter de la pertinence

de la plupart des estimations sur séries chronologiques, un certain nombre de travaux à caractère plus rigoureux utilisant les techniques de cointégration, les estimations en coupes transversales ou en données de panel, basées notamment sur des indicateurs désagrégés de capital public donnent des résultats positifs plus probants.

3.2- La dynamique transitoire ou l'approche par la convergence conditionnelle

Les travaux empiriques sur le rôle des infrastructures comme facteur de croissance utilisant l'approche de la convergence *conditionnelle* sont beaucoup moins nombreux que ceux s'appuyant sur l'approche *primale* de la fonction de production *élargie*. Leurs résultats sont, néanmoins, tout aussi mitigés que ces derniers (voir tableau 2).

L'approche par la convergence *conditionnelle* est issue des modèles de croissance exogène à la *Solow* intégrant le capital public comme variable explicative supplémentaire qui détermine le niveau — et non pas le taux de croissance — du revenu par tête d'équilibre. Cette approche fait apparaître une relation négative entre le taux de croissance du revenu d'équilibre et son niveau de départ. Un certain nombre d'autres variables explicatives sont introduites dans la relation de façon à expliquer les différences de niveau de revenu d'équilibre entre les individus de l'échantillon.

La plupart des études empiriques utilisant cette méthodologie ont été menées en coupes transversales sur un échantillon plus ou moins large de pays. Certaines ont néanmoins recours à l'économétrie des données de panel. On remarquera que, contrairement à l'approche de la fonction de production *élargie*, ces travaux — de par leur composante internationale — prennent davantage en compte les pays en développement. Certains, bien que plus rares, utilisent des indicateurs désagrégés d'infrastructures.

Un certain nombre de travaux ont permis de faire apparaître un impact positif de l'investissement public sur la croissance. On citera ceux de Barro (1991), Khan et Kumar (1997), Knight, Loayza et Villanueva (1993), Devarajan et alii (1996) sur des échantillons respectivement de 98, 95 et 59 pays en développement et 21 pays développés. On mentionnera également les résultats de la Banque mondiale (1994) concernant les dépenses d'électricité, d'eau, de transports et de communications, de Kocherlakota et Yi (1996) pour les équipements publics aux Etats-Unis et en Angleterre, de Fin (1993) pour les autoroutes américaines et d'Easterly et Rebello (1993) pour l'investissement en transports et communications d'un large échantillon de pays. Hulten (1996) de son côté, sur un échantillon de 42 pays en développement, met l'accent sur la qualité des infrastructures, notamment en matière d'installations électriques, de téléphones, de routes et de chemins de fer.

Un nombre de travaux tout aussi important donne, néanmoins, des résultats moins probants, notamment ceux de Levine et Renelt (1992), Engen et Skinner (1993), Barro et Sala-I-Martin (1995), Sala-I-Martin (1997), Knight, Loayza et Villanueva (1993) et Devarajan et alii (1996) sur des échantillons respectivement de 89 et 43 pays dans ces deux derniers cas.

Sala-I-Martin (1997) teste la robustesse de plusieurs variables explicatives rentrant fréquemment dans les équations de convergence *conditionnelle*. Alors que Levine et Renelt (1992) — utilisant une méthodologie très restrictive — concluaient à l'absence de signification des variables testées, l'auteur met en évidence la robustesse de 22 d'entre elles (sur un total de 60), dont la variable d'investissement privé en équipements. A contrario, la contribution de diverses variables d'investissement public n'est pas validée.

Malgré le caractère plus satisfaisant de la méthode, ces tests ne permettent à notre avis pas de rejeter de façon convainquante l'impact des infrastructures sur la croissance. D'une part, l'effet important de l'investissement privé en équipements cache peut être celui des infrastructures. D'autre part, comme le soulignent Barro et Sala-I-Martin (1995), l'investissement public englobe toute une série de dépenses en capital, qui ne peuvent pas toujours être considérées comme productives pour le secteur privé. C'est le cas de celui des entreprises d'Etat du secteur concurrentiel ou des dépenses militaires. En outre, l'investissement public en tant que tel n'est pas toujours recensé dans certains pays, pour lesquels on substitue parfois les dépenses publiques totales.

Ces limites peuvent être illustrées par deux travaux récents. Mitra, Varoudakis et Véganzonès (2000) et Nagaraj, Varoudakis et Véganzonès (2000) étudient sur données de panel la convergence respectivement de la productivité globale des facteurs dans l'industrie manufacturière et des revenus par tête des Etats de l'Inde. Dans ces travaux, les auteurs utilisent des indicateurs quantitatifs précis d'infrastructures physiques, sociales et économiques (financières en l'occurrence), comme les kilomètres de routes par kilomètres carrés, le pourcentage de terres irriguées, le taux d'alphabétisation ou le nombre d'agences bancaires pour mille habitant. En outre, les auteurs corrigent de certains biais d'estimation — comme l'endogénéité des infrastructures ou l'autocorrelation spatiale des résidus — et tiennent compte de la multicollinéarité de ces indicateurs de base en élaborant un indicateur agrégé d'infrastructures à partir d'une analyse en composantes principales.

Ces deux études mettent de cette façon l'accent sur deux limites des études empiriques existantes, utilisant l'approche de la convergence *conditionnelle* ou de la fonction de production *élargie*. Il s'agit, d'une part, du manque de précision des indicateurs d'infrastructures choisis, d'autre part, de la difficulté de faire apparaître clairement leur rôle dans le cas de plusieurs indicateurs qui peuvent être colinéaires entre eux.

D'une autre façon, Devarajan et alii (1996) présentent des résultats contre-intuitifs. Ces auteurs testent, sur un échantillon de 43 pays en développement, le rôle de 13 indicateurs différents de dépenses publiques (qui ne sont cependant pas des indicateurs quantitatifs d'infrastructures). Paradoxalement, leurs estimations font apparaître un impact positif et significatif des dépenses courantes de l'Etat, et négatif des dépenses globales en capital et d'investissement en transports et communications. Les dépenses d'éducation, pour leur part, ne montrent aucun effet. Divers tests de sensibilité confirment la robustesse de ces résultats.

Deux autres conclusions donnent aux auteurs des éléments d'interprétation de cette situation. Tout d'abord, leurs résultats s'inversent lorsque l'estimation est restreinte à un échantillon de 21 pays développés. De même, l'estimation sur le premier échantillon d'un modèle non linéaire faisant intervenir les variables en niveau et leur carré, montre un impact positif des premières et négatif des secondes. Les auteurs expliquent ce résultat comme étant dû aux mauvaises performances de pays ayant eu les ratio d'investissement public les plus élevés. Ils mettent alors l'accent sur l'importance — pour les pays en développement — de la bonne gestion des investissements publics et du bon entretien des installations existantes.

Cette question de la capacité d'un certain nombre de pays en développement de maîtriser, tant le volume, que l'efficacité de leurs programmes d'investissement public est également abordée par Hulten (1996). Celui-ci construit une variable synthétique d'efficacité d'utilisation des infrastructures, à partir de quatre indicateurs de base de qualité des équipements (en l'occurrence le taux de pertes de la production électrique, le pourcentage du réseau routier en bon état, le pourcentage de locomotives diesel et le taux de défaillance pour 100 appels téléphoniques). Cette variable, testée sur un échantillon de 42 pays en développement, s'avère très significative et améliore notablement la qualité des estimations.

Ainsi, si l'approche par la convergence *conditionnelle* semble donner des résultats aussi mitigés que celle de la fonction de production *élargie*, des voies de recherche allant, d'une part, vers les méthodes économétriques les plus appropriées, d'autre part, vers l'utilisation d'indicateurs quantitatifs précis semblent porteuses d'avenir. Les questions de la bonne gestion des infrastructures et de la qualité des équipements sont également une voie à explorer, tant ces critères qui font défaut dans un grand nombre de pays en développement pourraient en partie expliquer les difficultés des validations quantitatives du rôle des infrastructures dans la croissance.

3.3- L'approche duale et l'estimation des fonctions de coûts et de demande de facteurs

L'approche *duale*, qui a également fait récemment l'objet d'un intérêt renouvelé, s'est révélée comme un moyen plus probant et plus rigoureux d'étudier la relation entre infrastructures et croissance. Bien que présentant des spécifications et des techniques économétriques différentes, la quasi-totalité des études empiriques utilisant cette méthodologie mettent en évidence une telle relation (voir tableau 3). Elles font, en outre, le plus souvent apparaître un lien de complémentarité du capital public avec l'investissement privé, et de substituabilité avec le facteur travail. Quant à la productivité du capital public, elle est en général inférieure à celle du capital privé. L'approche *duale* semble ainsi exprimer un canal de transmission robuste du rôle des infrastructures, qui passerait par la diminution des coûts de production des entreprises et par l'accroissement de l'investissement privé, comme illustré par le modèle théorique présenté dans la section 4.

Les études maintenant nombreuses qui mettent en oeuvre l'approche *duale* prennent des formes relativement variées. Si la plupart d'entre elles adoptent une fonction de production de type *translog*, elles portent aussi bien sur des données agrégées, que sectorielles et régionales. Les fonctions de coût estimées sont plutôt des

fonctions de long terme, mais quelques fois aussi des fonctions de court terme à capital privé fixé. Elles ne concernent que peu, encore une fois, les pays en développement du fait sûrement d'un manque de données encore plus flagrant que dans le cas des autres approches (données de prix des facteurs notamment). Enfin, les indicateurs d'infrastructures sont la plupart du temps des indicateurs agrégés de capital public, parfois réduits au *coeur* d'infrastructures, ce qui illustre encore la robustesse de cette approche, moins dépendante donc de la qualité de l'indicateur d'infrastructures choisi.

Un grand nombre d'études quantitatives concerne toujours les Etats-Unis : Lynde et Richmond (1992, 1993 a et b) sur données agrégées ; Deno (1988), Morrison et Schwartz (1996), Nadiri et Mamuneas (1992 et 1994) en coupes transversales au niveau des régions et de l'industrie manufacturière pour ces derniers; Vijverberg et alii (1989 et 1997), Pinnoi (1994) sur données de panel.

Lynde et Richmond (1993b) présentent une application exemplaire de l'approche *duale*. Ces auteurs considèrent deux facteurs de production privés. Ils dérivent de leur système une équation de part des salaires et une de profit, qu'ils testent économétriquement. Il trouvent un impact significatif du capital public, tant sur la réduction des coûts de production, que sur la productivité du travail. Leurs estimations leur permettent, en outre, de chiffrer à 40% la contribution au ralentissement de la productivité privée — entre le milieu des années 1970 et la fin des années 1980 — de l'investissement public. Vijverberg et alii (1997) confirment ces résultats avec une contribution encore plus élevée — bien que sensible aux spécifications adoptées, notamment en matière de rôle respectif des investissements fédéraux et locaux. Morrison et Schwartz (1996), de leur côté, signalent le sous-équipement en infrastructures des Etats du sud qui ont subi, de la sorte, un ralentissement de leur activité plus important que les Etats du nord. La même méthodologie appliquée par Lynde et Richmond (1993a) sur données britanniques conclut aussi — bien qu'avec une moindre amplitude — à la contribution de l'investissement public au ralentissement de la productivité privé dans les années 1980.

Les applications sectorielles de l'approche *duale* constituent un autre champs de mise en pratique tout aussi intéressant. Nadiri et Mamuneas (1994) considèrent un panel de 12 industries manufacturières américaines ayant une fonction de production comportant trois facteurs privés (travail, capital et consommations intermédiaires) et deux facteurs publics (infrastructures et Recherche-Développement). Ils obtiennent un système de trois équations, dont une de coûts de production et deux respectivement de part du travail et de capital. Les auteurs prennent, en outre, en compte l'hétérogénéité sectorielle par l'introduction de variables indicatrices spécifiques. L'estimation de ce système d'équations leur permet de montrer une contribution supérieure des infrastructures à la réduction des coûts dans le secteur du pétrole (élasticité de -0.21 contre -0.11 dans les transports ou la construction), l'impact de la Recherche-Développement s'avérant plus faible.

Conrad et Seitz (1992) appliquent une méthodologie similaire dans le cas de quatre secteurs de l'économie allemande. Ils trouvent une élasticité positive du capital privé par rapport au capital public, supérieure dans les transports et le commerce (0.48) comparativement à la constructions (0.34), à l'industrie manufacturière (0.24) et aux

services (0.06). Seitz (1993) approfondit ces résultats sur un panel de 31 branches allemandes. Il trouve des résultats très dispersés selon les industries.

Enfin, deux études concernant des pays en développement doivent être mentionnées. Il s'agit de celles de Shah (1992) sur un panel de 26 industries mexicaines et de Elhance et Lakshaman (1988) sur l'industrie manufacturière de six Etats de l'Inde. Une originalité du travail de Shah (1992) réside dans son approche de court terme et dans l'évaluation qu'il fait de la divergence du capital privé et public de leur niveau d'équilibre. L'impact des infrastructures sur la production des industries mexicaines semble faible comparativement à celle du capital privé, mais significatif. Ce résultat est néanmoins vraisemblablement dû à la mauvaise qualité des infrastructures mexicaines. Elhance et Lakshaman (1988), de leur côté, mettent en évidence un ajustement de l'investissement privé inférieur au niveau optimal, qui les amène à conclure à un déficit en infrastructures, notamment des Etats les plus pauvres. Ils recommandent, en outre, une concentration des investissements publics sur les infrastructures physiques, celles-ci apparaissant plus productives que les infrastructures sociales.

Ainsi, en plus d'avoir fourni des résultats empiriques plus convaincants du rôle des infrastructures dans la dynamique économique des pays, l'approche *duale* s'est révélée riche d'enseignements sur les mécanismes de transmission de cet effet. Elle a, en outre, fourni un certain nombre d'outils précis et adaptés à la décision politique en matière d'investissement public. Une limite de cette approche se situe, néanmoins, dans le type de données nécessaire à son élaboration, notamment pour les pays en développement dans lequel cet outil serait d'une grande utilité.

3.4- L'évaluation des effets de diffusion spatiale des infrastructures

Les effets de diffusion *spatiale* de la croissance représentent un autre canal de transmission du rôle des infrastructures qui a peu fait l'objet de validations quantitatives. Le modèle fondateur de Chua (1993) — qui peut être facilement réinterprété dans cet esprit puisque la diffusion des externalités *spatiales* qu'il met en oeuvre passe par le capital physique et humain des pays(régions) voisin(e)s — apporte néanmoins quelques résultats nouveaux. Chua valide son modèle sur plusieurs échantillons de pays, tant en ce qui concerne les équations d'équilibre, que de convergence *conditionnelle*. Un résultat intéressant de ces estimations réside, en outre, dans le fait que ces effets de diffusion réduisent beaucoup la significabilité des variables *indicatrices* pour l'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine. Cette situation met clairement en évidence l'existence, dans la croissance et la convergence des pays, de dynamiques régionales peu développées et mal expliquées jusque là.

Une autre approche indirecte de cet effet de diffusion *spatiale* a été entreprise par Nagaraj, Varoudakis et Véganzonès (1999) sur les Etats de l'Inde. Les auteurs valident sur données de panel, en suivant un schéma de convergence *conditionnelle*, le rôle des infrastructures comme facteur de différences de performances économiques des Etats. Ils mettent cependant parallèlement en évidence un effet de diffusion de la croissance entre Etats voisins. Or, cette croissance dépendant du niveau d'équipement en infrastructures de chaque Etat, ce résultat permet de montrer, par transitivité, le rôle de ces équipements dans la diffusion *spatiale* de la croissance.

Holtz-Eakin et Schwartz (1995) se sont attachés, quant à eux, à valider plus directement les externalités *spatiales* générées par les infrastructures. Contrairement à la quasi-totalité des études empiriques qui touchent au lien entre infrastructures et croissance, l'indicateur testé ici est tout à fait précis, puisqu'il s'agit des routes inter-Etats et des routes principales à l'intérieur des Etats américains. Les routes étant le principal moyen de transport aux Etats-Unis, leur impact productif devrait être très significatif — bien que de faible ampleur puisque ne constituant qu'une partie des infrastructures totales du pays.

Les auteurs testent sur données de panel une fonction de production de type *Cobb-Douglas* avec effets fixes, *élargie* au stock *effectif* de routes défini comme la somme de ses propres routes et d'une moyenne de celles des Etats voisins — cette deuxième composante visant à capter les externalités générées sur l'Etat *i* par les infrastructures des autres Etats. Pour un même niveau d'équipement, un Etat dont les voisins ont de bonnes infrastructures sera mieux relié au reste du pays. Les auteurs sophistiquent leur effet de diffusion en définissant une pondération non linéaire, à savoir que chaque Etat dépend des infrastructures de ses voisins, qui eux même bénéficient des équipements de leurs voisins propres. Cette spécification — plus compliquée que la précédente — doit être estimée par la méthode du maximum de vraisemblance.

En plus de la sophistication des indicateurs, les auteurs utilisent des méthodes économétriques appropriées. Il corrigent de l'autocorrélation spatiale et temporelle des résidus et se prémunissent — par l'utilisation de différences longues — contre les critiques à la fois de tendances stochastiques et de relation de court terme attachée à aux estimations en différences premières. Or, malgré les avancées certaines apportées par leur approche, leurs résultats économétriques sont décevants. Les auteurs n'arrivent à valider ni l'impact sur chaque Etat de ses routes propres, ni celui des routes de ses voisins — les estimations étant en fait particulièrement dégradées lorsqu'ils passent en différences longues.

Ainsi, malgré l'attrait que présente cette nouvelle voie de recherche, notamment d'un point de politique et de développement économique, les avancées tant théorique qu'empirique restent aujourd'hui décevantes et engagent à la poursuite des travaux.

3.5- L'estimation du lien entre infrastructures et investissement

En plus des évidences empiriques déduites de l'approche *duale* à travers les fonctions de demande de facteurs et les conclusions que l'on peut en tirer en termes de complémentarité/substituabilité entre investissement public et privé, un certain nombre de travaux plus macro-économiques se sont attachés à étudier plus directement cette relation (voir tableau 4).

Les travaux d'Aschauer (1989c) revêtent encore une fois un caractère fondateur. L'auteur modélise un système de deux équations dans lequel

l'investissement public explique, d'une part, l'investissement privé, et d'autre part, la rentabilité de cet investissement. Ce système — qu'il teste sur données agrégées américaines de 1953 à 1986 — fait apparaître un phénomène d'éviction de l'investissement public sur l'investissement privé, néanmoins compensé par un effet indirect d'entraînement de l'investissement privé lié à l'accroissement de la rentabilité de cet investissement induite par l'investissement public. L'analyse économétrique de Helms (1985) aboutit aux mêmes conclusions, ainsi que celle de Argimon et alii (1995) sur un panel de 14 pays de l'OCDE.

Un autre type d'approche a été mené par Nazmi et Ramirez (1997) sur séries chronologiques mexicaines, avec des résultats similaires. Ces auteurs mettent en évidence un effet d'éviction de l'investissement public, parallèlement à un effet d'entraînement sur la croissance, qui stimulerait alors l'investissement privé via le mécanisme de l'accélérateur. De son côté, Eremburg (1993) s'attache directement à la relation entre investissement public et investissement privé qu'il teste par le maximum de vraisemblance. Il trouve un effet d'entraînement positif, alors que le déficit ne montre pas d'impact significatif. L'effet d'entraînement est également montré par Otto et Voss (1994) sur l'Australie, De Frutos et Pereira (1993) sur les Etats-Unis, Binswanger et alii (1993) sur l'agriculture indienne, Wheeler et Mody (1991) pour l'industrie manufacturière, de même que par Chhibber et Dailami (1990).

Un certain nombre de travaux obtiennent, néanmoins, des résultats plus mitigés. Eremburg et Wohar (1995) — qui reprennent l'analyse en termes de modèle VAR et de causalité — font apparaître une relation réciproque entre les deux agrégats dont la somme des effets (entraînement-substitution) reste néanmoins fragile et incertaine. Serven et Solimano (1992) obtiennent des résultats identiques, de même que Easterly et Rebelo (1993) en coupe internationale pour l'investissement public global, alors que les investissements d'habitation et urbains, ainsi que ceux du gouvernement central, montrent un effet inverse — ces résultats semblant néanmoins peu convaincants. Pour Baraim (1990) sur les Etats-Unis, l'effet d'éviction est dominant.

Ainsi, en plus de la complémentarité mise en évidence par de nombreuses estimations économétriques de fonctions de coût et de demande de facteurs, l'approche directe du lien entre investissement public et privé semble également confirmer un effet d'entraînement de ce dernier qui, s'il n'apparaît pas toujours dans le court terme, semble être dominant à plus long terme.

4- Croissance, investissement et capital public : un modèle de synthèse

Le modèle que nous développons dans cette section admet, en suivant Barro (1990) et Barro et Sala-I-Martin (1995), que les infrastructures renforcent la productivité du secteur privé. En introduisant des coûts d'ajustement du capital, nous obtenons une fonction d'investissement qui permet d'étudier l'impact des infrastructures à la fois sur la croissance et sur l'investissement. En cela nous suivons l'approche proposée par Alogoskoufis et Kalyvitis (1996), tout en la généralisant dans le cadre d'une économie fermée, en rendant le taux d'intérêt réel endogène. Il faut noter que, comme le modèle possède une fonction d'investissement autonome,

l'augmentation des capacités de production et la détermination du taux de croissance d'équilibre se fait indépendamment des comportements d'épargne des ménages. Le capital public influence à son tour la croissance à travers deux canaux : d'une part, son effet sur la productivité globale des facteurs et, d'autre part, son impact sur le taux d'investissement.

La fonction de production des entreprises individuelles (indexées par i) est de type Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants par rapport au capital (K_i) et aux unités efficaces de travail ($E L_i$). L'efficacité du travail (E) dépend à son tour des effets externes exercés par les infrastructures (mesurées par le stock de capital public, G) et par la taille du marché (mesurée par le stock total de capital privé, K). L'intensité de ces effets externes est relativisée en les exprimant sous forme intensive, tenant compte du niveau total de la force de travail (L):

$$Y_i = A K_i^a (E L_i)^{1-a} \quad 0 < a < 1 \quad (1)$$

$$\text{avec } E = y \frac{K^b G^{1-b}}{L} = y \left(\frac{K}{L} \right) \left(\frac{G}{K} \right)^{1-b} \quad 0 < b < 1 \text{ et } y > 0 \quad (2)$$

Dans le cas limite où $\beta=0$, on retrouve le modèle de Barro (1990), où la croissance est liée uniquement aux effets externes de l'investissement en capital public, alors que dans le cas limite opposé où $\beta=1$ on retrouve le modèle de Romer (1986) où la croissance résulte des externalités liées à l'investissement en capital privé.

En supposant que la mise en place du capital privé implique un coût d'ajustement qui est proportionnel à l'augmentation envisagée du stock du capital, le coût total de l'investissement peut s'exprimer par: $I + (f/2)(I/K)I$; avec $f > 0$. Le programme de maximisation de la valeur présente des profits de l'entreprise s'écrit donc:

$$\max \Pi_0 = \int_0^{\infty} \left[Y_i - w L_i - I_i - \frac{f}{2} \left(\frac{I_i}{K_i} \right) I_i \right] e^{-rt} dt \quad (3)$$

$$\text{sc } \dot{K}_i = I_i - d K_i \quad 0 < d < 1 \quad (4)$$

où δ est le taux de dépréciation du capital et r est le taux d'intérêt réel auquel les profits intertemporels sont actualisés.

En tenant compte de la fonction de production (1) des entreprises, et en agrégeant si bien que $K_i/L_i = K/L$, les trois conditions d'optimisation se présentent comme suit:

$$w = \frac{Y_i}{L_i} = (1-a) A y^{1-a} \left(\frac{G}{K} \right)^{(1-b)(1-a)} \left(\frac{K}{L} \right) \quad (5)$$

$$\frac{I}{K} = \frac{q-1}{f} \quad (6)$$

$$\dot{q} = (r + \mathbf{d})q - \mathbf{a} A y^{1-a} \left(\frac{G}{K}\right)^{(1-a)(1-b)} - \frac{\mathbf{f}}{2} \left(\frac{I}{K}\right)^2 \quad (7)$$

où, w est le taux de salaire réel qui croît avec le rapport capital / travail et q est le prix fictif du capital par rapport à son coût de remplacement. Comme le montre la seconde relation d'optimisation, l'investissement est positif et fini tant que $q > 1$.

Le taux d'intérêt réel qui détermine l'évolution du prix fictif du capital est égal à la productivité marginale du capital et s'exprime comme suit:

$$r = \frac{\mathcal{Y} Y_i}{\mathcal{Y} K_i} = \mathbf{a} A y^{1-a} \left(\frac{G}{K}\right)^{1-b} \quad (8)$$

En régime permanent les variables réelles Y , K , G croissent au même taux défini par g . On a donc, $I/K=g$, si bien que les relation (4) et (6) impliquent :

$$q = 1 + \mathbf{f}(g + \mathbf{d}) \quad (9)$$

En combinant les relations (8) et (9) avec (7) ci-dessus et en posant $\mathbf{q} = \mathbf{a} A y^{1-a}$ et $I = G / K$, cette dernière devient :

$$\dot{q} = (\mathbf{q} I^{1-b} + \mathbf{d})q - \mathbf{q} I^{(1-a)(1-b)} - \frac{\mathbf{f}}{2} (g + \mathbf{d})^2 \quad (10)$$

Ces deux dernières relations forment un système en q et g qui permet de déterminer l'ajustement de l'économie dans le temps, ainsi que le taux de croissance en régime permanent, lorsque $\dot{q} = 0$. Comme on peut le constater, le taux de croissance d'équilibre et le prix du capital dépendent du ratio $\lambda = G/K$, capital public / capital privé, qui exprime la qualité des dotations de l'économie en infrastructures⁴.

Le diagramme de phase du modèle est présenté aux figures 1a et 1b ci-dessous. Suivant les valeurs des paramètres, l'économie présente un ou deux équilibres, dont un seul est stable. En vertu de l'hypothèse de prévision parfaite qui sous-tend le modèle, seul l'équilibre stable est pertinent. L'ajustement se fait toujours le long du lieu IK (eq.9) qui représente la fonction d'investissement.

Une amélioration de la dotation en infrastructures en t_0 se traduit par une augmentation du ratio λ , qui fait déplacer le lieu $\dot{q} = 0$ vers le bas, alors même que la position du lieu IK reste inchangée. Le nouvel équilibre en régime permanent est illustré par le point A' à la figure 2a, qui traduit une augmentation à la fois du taux de croissance et du prix du capital par rapport à son coût de remplacement. L'économie converge progressivement vers le nouvel équilibre de long terme, par un mouvement

⁴ L'influence de ce ratio, exprimant l'intensité d'effets de congestion des infrastructures, sur la diffusion des effets externes de la croissance des branches manufacturières a été mise en évidence dans le cas d'un pays en développement (Sénégal) par Latreille et Varoudakis (1997). Il a été démontré par cette étude que la diffusion des effets externes dans l'industrie manufacturière peut être bloquée pour des faibles valeurs de ce ratio, ce qui effectivement semble être le cas du Sénégal.

ascendant le long du lieu IK . Le caractère graduel de cet ajustement s'explique précisément par la présence de coûts d'ajustement du capital. Le profil temporel de q et du taux de croissance est illustré à la figure 2b. Tout au long du mouvement vers le nouvel équilibre le prix fictif du capital croît, ce qui entraîne une augmentation continue de l'investissement privé. Le fait de considérer λ comme variable de contrôle implique que l'investissement en capital public augmente en parallèle avec l'augmentation de l'investissement privé pour prévenir des effets de congestion (une baisse du ratio λ).

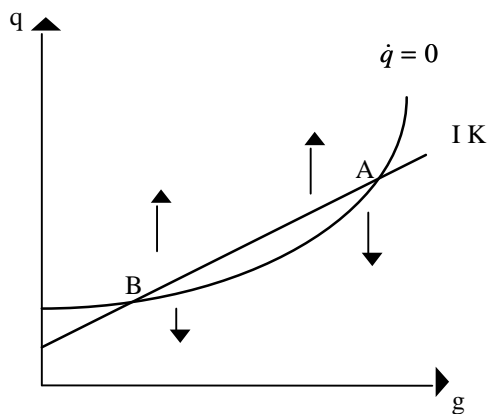


Figure 1a

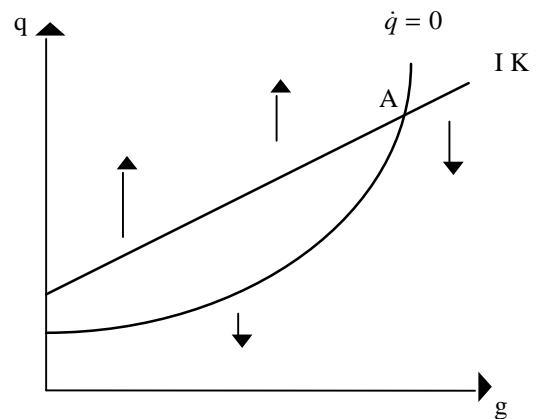


Figure 1b

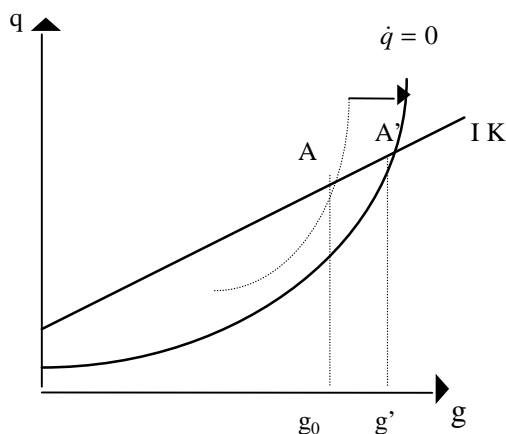


Figure 2a

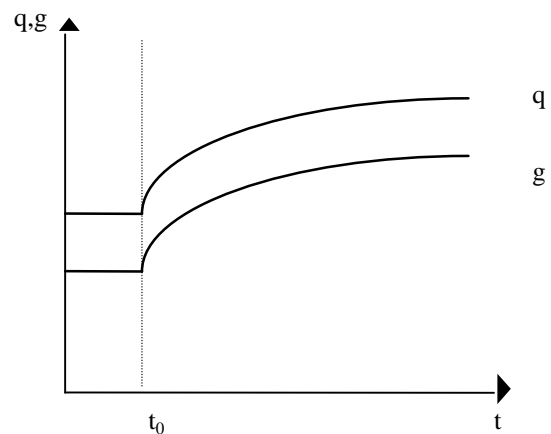


Figure 2b

5- Une validation quantitative de l'impact des infrastructures sur la croissance et investissement

Dans la dernière section, nous avons présenté un modèle théorique permettant de formaliser simultanément le rôle des infrastructures sur la croissance et sur l'investissement. Nous avons fait apparaître deux canaux de transmission du rôle *productif* des infrastructures liés à l'accroissement, d'une part, de la rentabilité du capital et des capacités de production et, d'autre part, des externalités de croissance et de la productivité globale des facteurs.

5.1- Le modèle testé

Le modèle que nous avons testé est constitué de deux équations simultanées : une de croissance (éq1) et une d'investissement (éq2, voir encadré).

La première relation (éq1) est une équation de convergence *conditionnelle* traditionnelle. Elle s'inspire des travaux de Barro et Sala-I-Martin (1995). Elle fait dépendre le taux de croissance du revenu par tête (*TCR*), du niveau initial de ce revenu (*LY*) et d'un certain nombre de facteurs qui représentent les différences de revenu par tête d'équilibre. Dans notre cas nous introduisons comme variables supplémentaires (voir l'*Annexe 2* pour la définition et les sources des variables) :

- le logarithme du *taux d'investissement* (*LINV*), qui représente l'accroissement des capacités de production.
- un indicateur *agrégé d'infrastructures* (*INFRA*), calculé comme une moyenne pondérée des composantes principales du logarithme de divers indicateurs de bases d'infrastructures *physiques*, *sociales* et *financières* (voir l'*Annexe 3* pour l'élaboration de l'indicateur agrégé). Cette méthode permet de pallier les problèmes de multicollinéarité liés à la présence d'un grand nombre d'indicateurs potentiellement colinéaires (Mitra, Varoudakis et Vérganzonès, 2000).
 - ◇ les infrastructures *physiques* ont été approximées par la densité du réseau routier (*RTE*), la consommation d'énergie commerciale par tête (*EN*), le nombre de lignes téléphoniques par habitant (*TEL*) et le pourcentage de terres irriguées (*IR*).
 - ◇ les infrastructures *sociales* concernent d'une part *l'éducation* — avec le nombre moyen d'années d'études primaire (*PRIM*) et secondaire (*SEC*) de la population adulte et le ratio élèves sur professeur dans le primaire (*PROF*) — et d'autre part *la santé*, avec la mortalité infantile (*MORT*).
 - ◇ les infrastructures *financières* ont été appréhendées à travers le ratio de l'agrégat monétaire M2 sur PIB (*M2*), le rôle productif du développement financier passant par une plus grande mobilisation de l'épargne et une meilleure affectation à l'investissement (Berthélemy et Varoudakis, 1996 ; Levine, 1997).
- le logarithme du *taux d'inflation* (*LINFL*), qui vise à capter l'impact négatif sur la croissance des *mauvaises* politiques macro-économiques qui peuvent entraîner des distorsions économiques et une mauvaise allocation de l'investissement (Fischer, 1993).
- des *effets fixes pays* (*FIX*), invariants dans le temps, qui reflètent des différences de productivité dues à des facteurs non pris en compte dans la régression, comme les caractéristiques de la fonction de production, les dotations en ressources naturelles ou la qualité des institutions.

La deuxième équation (éq2) fait dépendre le logarithme du taux d'investissement (*LINV*) :

- du logarithme de *l'ouverture commerciale* de l'économie (*LOUV*), calculée comme la somme des importations et des exportations sur le PIB, dont l'effet potentiel sur l'investissement passe par l'accroissement de la taille du marché et l'augmentation de la concurrence (Balassa, 1978 ; Feder, 1982).
- de l'indicateur *agrégé d'infrastructures* (*INFRA*), calculé comme indiqué précédemment.
- du logarithme du taux *d'inflation* (*LINFL*), indicateur des *mauvaises* politiques macro-économiques, qui peut décourager l'investissement en suscitant des placements refuges ou en brouillant les anticipations des agents (Fischer, 1993 ; De Gregorio, 1992).
- d'un indicateur *d'instabilité politique*, à travers la variable du nombre moyen de coups d'Etat (*COUP*) qui, en entravant la mobilisation des ressources et en accroissant le risque des projets à long terme, peut également hypothéquer l'investissement (Ozler et Rodrik, 1992).
- des *effets fixes temporels* (*DUM*), appréhendés par une variable indicatrice pour certaines périodes de temps, qui traduisent l'impact de chocs temporaires non pris en compte par les autres variables explicatives.

5.2- Les résultats des estimations

Ce modèle a été estimé en données de panel par la méthode des triples moindres carrés, de 1970 à 1995 par sous-périodes de cinq ans, sur un échantillon de 87 pays. Cet échantillon comprend 25 pays d'Afrique sub-saharienne, 18 pays d'Amérique latine, 12 pays d'Asie, 11 pays d'Afrique du nord et du Moyen Orient et 20 pays de la zone OCDE (voir l'*Annexe 1* pour la liste de ces pays). Cette grande diversité en termes de niveau de développement et de différences régionales devrait augmenter la robustesse de l'estimation. Le nombre d'observations est de 410.

L'estimation des équations de croissance et d'investissement par la méthode des triples moindres carrés permet en outre de se prémunir contre le biais de simultanéité lié à la réciprocité des deux relations. Les instruments utilisés ont été l'ensemble des variables explicatives exogènes et leur retard. Enfin, deux effets fixes temporels ont été introduits pour l'investissement des années 70 (*DUM7075* et *DUM7580*), de même qu'un trend temporel pour les pays du sud-est asiatique (*TSUDEAS*), tant le taux d'investissement de ces pays a montré un accroissement particulier. Les résultats de nos estimations apparaissent dans l'encadré ci dessous.

Résultats de l'estimation du modèle

Méthode d'estimation : triples moindres carrés.

Période d'estimation : 1970-1995 par sous-périodes de 5 ans.

Nombre de pays de l'échantillon : 87.

Nombre d'observations : 410.

L'équation de croissance a été estimée avec des effets fixes pays.

Equation de croissance (éq1) :

$$TCR_{i,t} = -0.04 LY_{i,t-1} + 0.63 LINV_{i,t} + 0.12 INFRA_{i,t} - 0.045 LINFL_{i,t}$$

(8.94) (4.74) (2.11) (3.34)

Equation d'investissement (éq2) :

$$LINV_{i,t} = 0.073 LOUV_{i,t} + 0.118 INFRA_{i,t} - 0.036 LINFL_{i,t} - 0.351 COUP_{i,t}$$

(2.85) (3.89) (2.23) (2.16)

$$+ 0.095 DUM7075 + 0.164 DUM7580 + 0.074 TSUDEAS + 3.1$$

(2.3) (4.16) (4.2) (61.6)

Un résultat intéressant de nos estimations réside, tout d'abord, dans le double impact négatif et significatif de l'instabilité macro-économique. Cet impact est de façon prépondérante direct (élasticité de 0.045) : l'instabilité macro-économique — considérée comme un indicateur de *mauvaises* politiques économiques — en entraînant une mauvaise allocation des ressources est un facteur dégradant la productivité. Mais l'inflation, en décourageant l'investissement privé avec une élasticité non négligeable (0.36), joue aussi de façon indirecte sur la croissance. Selon notre modèle, l'effet global se chiffre à 0.67% de points de croissance en moins par sous-période de 5 ans (soit 0.14% annuellement) pour 10% d'inflation supplémentaire.

Nos estimations mettent, en outre, en évidence l'impact significatif sur la croissance de l'augmentation des capacités de production (élasticité de 0.63), de même qu'elles valident l'existence d'un phénomène de rattrapage (élasticité de 0.04) d'amplitude comparable, bien que légèrement supérieure, à celle des travaux de Barro et Sala-I-Martin (1995).

Les résultats de l'estimation de l'équation d'investissement montrent, de leur côté, que celui-ci est renforcé par l'ouverture commerciale (élasticité de 0.073), de même qu'il dépend fortement et négativement de l'instabilité politique (élasticité de 0.35). Le rôle de ces deux derniers facteurs sur la croissance apparaît donc, d'après nos estimations, comme indirect et transitant par les capacités de production. L'impact productif à long terme de l'ouverture commerciale semble néanmoins relativement faible, puisqu'un accroissement de 10% entraîne un gain de 0.45 points de croissance quinquennale (soit 0.09 en croissance annuelle). L'impact de l'instabilité politique est, en revanche, conséquent. Il se traduit par une perte de 2.2 points de croissance par sous-période de 5 ans (0.45 points annuellement) pour une augmentation de 10% du nombre de coups d'Etat.

Enfin, l'estimation du modèle confirme, en outre, l'impact significatif sur la croissance des infrastructures *physiques, sociales et financières* à travers les deux canaux définis précédemment, à savoir les capacités de production et la productivité globale des facteurs. Ce résultat fait ainsi apparaître une complémentarité entre investissement public et investissement privé, caractéristique déjà mise en évidence par l'approche *duale* de la fonction de coût.

Ainsi, d'après nos estimations, une augmentation de 10% du stock d'infrastructures se traduit — du fait de la présence de ces externalités — par un gain direct de 1.2 points de croissance par période de 5 ans (soit 0.24 points de croissance supplémentaire par an). Mais cet investissement en infrastructures, en entraînant un accroissement de 1.2% du logarithme du taux d'investissement, aboutit à un gain supplémentaire de 0.75 points de croissance (soit 0.15 annuellement). Le gain total — qui est la somme de ces deux effets — est alors de 1.95 points de croissance tous les 5 ans (soit 0.37% par an). Cet effet est plutôt dans la fourchette moyenne des estimations basées sur l'approche *primale* de la fonction de production. Néanmoins, cette approche ne prenant pas en compte l'effet indirect de l'investissement public sur les capacités de production, ce résultat rend nos estimations plus vraisemblables que de nombreuses études antérieures.

Ces estimations nous permettent aussi de calculer l'impact⁵ sur la croissance de chaque indicateur d'infrastructures désagrégé, à partir de son coefficient de pondération dans l'indicateur agrégé (voir *Annexe 3* pour le calcul de ces coefficients) et des élasticités estimées de ce dernier à la fois dans l'équation de croissance et dans celle d'investissement. Il apparaît d'après nos calculs (tableau 5) que les infrastructures sociales et financières montrent un impact important, à la fois sur la croissance et sur l'investissement.

Le rôle potentiel du développement financier est à signaler, dans la mesure où celui-ci peut apparaître comme un moyen peu coûteux de stimuler la croissance et l'investissement d'un grand nombre de pays en développement qui ont poursuivi des politiques financières restrictives par le passé. En ce qui concerne les dépenses sociales, l'impact de la santé est conséquent (élasticité de 0.122), et celui de l'éducation primaire supérieur à l'éducation secondaire (élasticités respectives de 0.108 et 0.076). De même, l'impact supérieur de l'éducation primaire met en évidence l'importance de ce niveau d'éducation pour la croissance.

Tableau 5 : Elasticités de court terme calculées des variables d'infrastructures

	Direct	Indirect	Total
<i>RTE</i>	0,032	0,020	0,053
<i>EN</i>	0,042	0,026	0,068
<i>TEL</i>	0,037	0,023	0,060
<i>IR</i>	0,010	0,006	0,017
<i>PRIM</i>	0,067	0,041	0,108
<i>SEC</i>	0,047	0,029	0,076
<i>PROF</i>	0,012	0,008	0,020
<i>MORT</i>	-0,075	-0,047	-0,122
<i>M2</i>	0,076	0,047	0,123

⁵ *direct*, à travers la productivité globale des facteurs, *indirect*, à travers l'investissement, et *total*, en combinant les deux.

Enfin, le rôle des infrastructures de transports et de télécommunications, de même que celui des infrastructures énergétiques est à signaler comme un moyen important de décollage économique et de croissance à long terme.

6- Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté une synthèse des différentes approches du lien entre infrastructures et croissance, ainsi que de ses évidences empiriques. Il est apparu que, malgré le consensus théorique sur le sujet — passant par les modèles de croissance endogène et exogène, la problématique du décollage économique ou de la diffusion spatiale de la croissance — les validations quantitatives sont davantage controversées. L'approche *primale* de la fonction de production apparaît comme une voie de recherche particulièrement fragile, notamment sur séries chronologiques et données de panel, de même que celle de la convergence *conditionnelle*. L'utilisation de méthodes économétriques appropriées — comme la cointégration — ou d'agrégats d'infrastructures plus précis — comme des indicateurs quantitatifs ou qualitatifs désagrégés — apporte des résultats plus probants.

L'approche *duale* de la fonction de coût semble une démarche plus satisfaisante dont l'intérêt réside — en plus de la validation du rôle des infrastructures — dans l'identification possible des voies de transmission de l'effet des infrastructures sur la croissance. Les infrastructures apparaissent le plus souvent complémentaires de l'investissement privé qu'elles stimulent en diminuant les coûts de production et de transport, de même qu'en favorisant l'apparition d'externalités *marshaliennes*.

D'un point de vue macro-économique, une voie de recherche peu exploitée est notamment celle du lien entre infrastructures, investissement et croissance. Si certains auteurs se sont attachés à quelques validations quantitatives, la formalisation de ce lien a connu peu de développements. C'est l'approche que nous avons choisi de développer ici en proposant un modèle théorique que nous avons validé quantitativement en données de panel sur un échantillon de 87 pays. Nos résultats mettent sans ambiguïté en évidence le rôle des infrastructures, tant sur l'investissement, que sur la productivité globale des facteurs. Ces deux canaux de transmission semblent ainsi robustes et font apparaître une complémentarité entre investissement public et investissement privé.

Enfin, une optique également nouvelle est celle des externalités spatiales générées par les infrastructures, qui peuvent être à l'origine de dynamiques régionales de croissance. Ce domaine d'application ouvre de vastes perspectives d'évaluation et de réflexion sur le fédéralisme fiscal et la croissance régionale équilibrée — notions peu prises en considération jusque là.

Bibliographie

- AARON, H.J. (1990), "Why Is Infrastructure Important?", in MUNNELL, A.H. *ed.*, *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series, N°. 34, Federal Reserve Bank of Boston, Boston.
- AI, C. *et* S.P. CASSOU (1993), "The Cumulative Benefit of Government Capital Investment", mimeo, Suny, Stony Brook, New York.
- AI, C. *et* S.P. CASSOU (1995), "A Normative Analysis of Public Capital", *Applied Economics*, pp.1021-1209.
- ALOGOSKOUFIS, G.S. *et* SC KALYVITIS (1996), "Public Investment and Engogenous Growth in a Small Open Economy", *Discussion Paper*, N°.1479, CEPR, Londres, septembre.
- ANDERSON, A.E., C. ANDERSTIG *et* B. HARSMAN, (1990), "Knowledge and Communications Infrastructure and Regional Economic Change", *Regional Science and Urban Economics*, N°.20, pp.359-376.
- ANDERSTIG, C. *et* L.G. MATTSSON (1989), "Interregional Allocation Models of Infrastructures Investment", *The Annal of Regional Sciences*, N°.23, pp.282-298
- ANTLE, J (1983), « Infrastructure and Aggregate Agricultural Productivity: International Evidence », *Economic Development and Cultural Change*, Vol.31, N°.3.
- ARGIMON, I., J.M. GONZALES-PARAMO, M.J. MARTIN *et* J.M. ROLDAN (1993), "Productivity and Infrastructure in the Spanish Economy, *Working Paper*, N°.9313, Banco de Espana, Servicio de Estudios.
- ARGIMON, I., J.M. GONZALES-PARAMO *et* J.M. ROLDAN (1995), "Does Public Spending Crowd-out Private Investment ? Evidence from a Panel of 14 OECD Countries", *Working Paper*, N°.9523, Banco de Espana, Servicio de Estudios.
- ARROW, K.J. *et* M. KURZ (1970), *Public Investment, the Rate of Return, and Optimal Fiscal Policy*, Johns Hopkins Press, Baltimore.
- ASHAN, S.M., A.C. KWAN *et* B.S. SAHNI (1989), "Causality Between Government Consumption Expenditure and National Income: OECD Countries", *Public Finance*, N°.2, pp1204-224.
- ASHAN, S.M., A.C. KWAN *et* B.S. SAHNI (1992), "Public Expenditure and National Income Causality: Further Evidence on the Role of Omitted Variables", *Southern Economic Journal*, Vol. 58, pp. 623-634, janvier.
- ASCHAUER, D.A. (1988), "Governemnt Spending and the Falling Rate of Profit" *Economic Perspective*, Vol.12.
- ASCHAUER, D.A. (1989a), "Is Public Expenditure Productive ?", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 23, pp. 177-200, mai.
- ASCHAUER, D.A. (1989b), "Public Investment and Productivity Growth in the Group of Seven", *Economic Perspectives*, Vol. 13, N°. 5, pp. 17-25.
- ASCHAUER, D.A. (1989c), "Does Public Capital Crowd Out Private Capital?", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 24, N°. 2, pp. 171-188.
- ASCHAUER, D.A. (1990a), "Is Government Spending Simulative ?", *Contemporary Policy Issues*, Vol. VII, N°.4, pp. 30-46.

- ASCHAUER, D.A. (1990b), “Why Is Infrastructure Important ?” in Munnell, A. “Is There a Shortfall in Public Capital Investment ?”, *Conference Series*, N°34, Federal Reserve Bank of Boston, pp.21-51.
- ASCHAUER, D.A. (1990c), “Highway Capacity and Economic Growth”, *Economic Perspectives*, Federal Bank of Chicago, septembre-octobre, pp. 14-23.
- ASCHAUER, D.A. (1991), “Infrastructure America’s Third Deficit”, *Challenge*, mars-avril, pp.93-45.
- ASCHAUER, D.A. (1993), “Is Public Education Productive?”, in BECKER, W. et LEWIS, D.R. eds., *Higher Education and Economic Growth*, pp. 87-104, K/NER Academic Publishers, New York.
- BALASSA, B. (1978), “Exports and Economic Growth-Further Evidence”, *Journal of Development Economics*, Vol. 5.
- BANQUE MONDIALE (1994), *World Development Report*, “Une Infrastructure pour le développement”, Washington D.C.
- BANQUE MONDIALE (1997), “China 2020: Development Challenges in the New Century”, Washington D.C.
- BARAIM, E. (1990), “Government Size and Economic Growth: The African Experience, 1960-85”, *Applied Economics*, Vol. 22, pp. 1427-1435.
- BARRO, R.J. (1990), "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, N° . 5, part II, S103-S125, octobre.
- BARRO, R.J. (1991), "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, N° . 2, pp. 407-443, mai.
- BARRO, R.J. et X. SALA-I-MARTIN (1995), *Economic Growth*, McGraw–Hill, New York.
- BARRO, R.J. et J.W. LEE (1993), “International Comparisons of Educational Attainment, 1960-1985”, *Journal of Monetary Economics*, Vol. 32, No. 3.
- BERNDT, E.R. et B. HANSSON (1992), “Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden”, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, supplément, pp. 151-168.
- BERTHÉLEMY, J.C. et A. VAROUDAKIS (1996), *Politiques de développement financier et croissance*, Centre de Développement de l’OCDE, Paris.
- BINSWANGER, H (1990), « The Policy Response of Agriculture », *Proceedings of the World Bank on Annual Conference on Development Economics*, Washington D.C..
- BINSWANGER, H., S. KHANDLER et M. ROSENZWEIG (1993), “How Infrastructure and Financial Institutions Affect Agriculture Output and Investment in India”, *Journal of Development Economics*, Vol.41, pp.337-366.
- CANNING, D. et M. FAY (1993), “The effect of Transportation Networks on Economic Growth”, mimeo, University of Columbia, New York.
- CAZZAVILLAN, G. (1993), “Public Spending, Endogeneous Growth and Endogeneous Fluctuations”, *Working Paper*, N°93.09, Université de Venise.
- CHHIBBER, A. et M. DAILAMI (1990), “Fiscal Policy and Private Investment in Developing Countries: Recent Evidence on Key Selected Issues”, *World Bank Policy and Research Working Paper*, N° . 559, Washington D.C.

- CHRISTODOULAKIS, N. (1993), "Public Infrastructure and Private Productivity: A Discussion of Empirical Studies and an Application to Greece, mimeo, Athens School of Economics.
- CHUA, H.B. (1993), "Regional Spillover and Economic Growth", *Centre Discussion Paper*, N° 700, Economic Growth Center, Yale University, septembre.
- COASE, R. (1960), "The Problem of Social Cost", *Journal of Law and Economics*, Vol. 3, pp. 1-44, octobre.
- CONRAD, C. et H. SEITZ (1992), "The Public Capital Hypothesis: The Case of Germany", *Recherches Economiques de Louvain*, Vol.58, N° 3-4, pp.309-327.
- CONTE, M.A. et A.F. DARRAT (1988), "Economic Growth and the Expanding Public Sector: A Reexamination", *Review of Economics and Statistics*, Vol.LXX, mai, pp.322-330.
- COSTA, A, J.d.S., R.W. ELLSON et R.C. MARTIN (1987), "Public Capital, Regional Output, and Development: Some Empirical Evidence", *Journal of Regional Science*, Vol. 27, pp. 419-437, août.
- DECLERCQ, C. (1995), "Externalités de dépenses publiques et croissance : une application à l'économie française, Document de Travail ERASME.
- DE FRUTOS, R.F. et A.M. PEREIRA (1993), "Public Capital and Aggregate Growth in the United States: Is Public Capital Productive ?, mimeo, University of California, San Diego.
- DE GREGORIO, J. (1992), "The Effects of Inflation on Economic Growth, Lessons from Latin America", *European Economic Review*, Vol. 36, No. 2/3, avril.
- DENO, K.T. (1988), "The Effect of Public Capital on US Manufacturing Activity: 1970 to 1978" *Southern Economic Journal*, Vol.SS, N° 2, pp.400-411.
- DESSUS, S. et R. HERRERA (1996), "Le Rôle du capital public dans la croissance des pays en développement", *Centre de Développement de l'OCDE*, Document Technique, N° 115, Paris.
- DEVARAJAN, S., V. SWAROOP et H.F. ZOU (1996), "The Composition of Public Expenditure and Economic Growth", *Journal of Monetary Economics*, Vol.37, pp.313-344.
- DUFFY-DENO, K.T. et R.W. EBERTS, (1989), "Public Infrastructure and Regional Economic Development. A Simultaneous Approach", *Working Paper*, N° 8909, Federal Reserve Bank, Cleveland, OH.
- EASTERLY, W. et S. REBELO (1993), "Fiscal Policy and Economic Growth: An Empirical Investigation", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 32, pp. 417-458, décembre.
- EBERTS, R.W. (1986), "Estimating the Contribution of Urban Public Infrastructure to Regional Growth", *Working Paper*, N° 8610, Federal Reserve Bank, Cleveland, OH.
- EBERTS, R.W. (1990), "Public Infrastructure and Regional Economic Development" *Federal Reserve Bank of Cheveland Economic Review*, Quarter 1, pp.155-27.
- EBERTS, R.W. (1991), "Some Empirical Evidence on the Linkage Between Public Infrastructure and Local Economic Development" in H.W. HERZOG et A.M. SCHLOTTMANN, *Industry Location and Public Policy*, University of Tennessee Press, Knoxville, pp.83-96.

- EBERTS, R.W. *et* M.S FOGARTY (1987), “Estimating the Relationship Between Public and Private Investment”, *Working Paper*, N°.8703, Federal Reserve Bank, Cleveland, OH.
- EDEN, L. *et* M.L. MCMILLAN (1991), “Local Public Goods: Shoup Revisited”, in EDEN, L; *Retrospective on Public Finance*, Duke University Press, Durham and London.
- EISNER, R. (1991), “Infrastructure and Regional Economic Performance: Comment”, *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 47-58, septembre-octobre.
- ELHANCE, A.P. *et* T.R. LAKSHAMANAN (1988), “Infrastructure-Production System Dynamics in National and Regional Systems: An Economic Study of the Indian Economy”, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 18.
- ERENBURG, S.J. (1993), “The Relationship Between Public and Private Investment”, *The Jerome Levy Economics Institute Working Paper*, N°. 85, février.
- ERENBURG, S.J. *et* M.E. WOHAR (1995), “Public and Private Investment: Are They Causal Linkages?”, *Journal of Macroeconomics*, Vol.17, N°.1.
- ENGEN, E. *et* J. SKINNER (1993), “Fiscal Policy and Economic Growth” mimeo, University of Virginia, Charlottesville, VA.
- ENGLANDER, A.S. *et* A. GURNEY (1994), “La productivité dans la zone de l’OCDE : les déterminants à moyen terme”, *Revue Economique de l’OCDE*, N°.22, pp.53-119.
- EVAN, P. *et* G. KARRAS (1994a), “Is Government Capital Productive? Evidence from a Panel of Seven Countries”, *Journal of Macroeconomics*, Vol.16, N°.2, pp.271-279.
- EVAN, P. *et* G. KARRAS (1994b), “Are Government Activities Productive? Evidence from a Panel of US States”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.76, pp.1-11.
- FAY, M. (1993), “The Contribution of Power Infrastructure to Economic Growth”. Background Paper for World Development Report, World Bank, Washington, D.C..
- FEDER, G. (1982), “On Exports and Economic Growth”, *Journal of Development Economics*, Vol. 12, No. 1/2.
- FINN, M. (1993), “Is All Government Capital Productive ?” *Economic Quarterly*, Federal Reserve Bank of Richmond, Vol.79, N°.4, pp.53-80.
- FISCHER, S. (1993), *The Role of Macro-economic Factors in Growth*, document de travail, NBER, No. 4565.
- FORD, R. *et* P. PORET (1991), "Infrastructure and Private-Sector Productivity", *OECD Economic Studies*, automne.
- FREDERIKSEN, P.C. *et* R.E. LOONEY (1981), “The Regional Impact of Infrastructure Investment in Mexico” *Regional Studies*, Vol.15, N°.4, pp.285-296.
- GARCIA-MILÀ, T. *et* T.J. MCGUIRE (1992), “The Contribution of Publicly Provided Inputs to States’ Economies”, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.22, pp.229-241.
- GARCIA-MILÀ, T, T.J. MCGUIRE *et* R.H. PORTER (1996), “The Effect of Public Capital in State-Level Production Functions Reconsidered”, *Review of Economics and Statistics*, Vol.78, pp.177-180.
- GLOMM, G. *et* B. RAVIKUMAR (1997), “Productive Government Expenditures and Long-Run Growth” *Journal of Economic Dynamic and Control*, Vol.21, pp. 183-204.

- GRAMLICH, E.M. (1994), "Infrastructure Investment: A Review Essay", *Journal of Economic Literature*, Vol. 32, pp. 1176-1196, septembre.
- GRIER, K.B. et G. TULLOCK (1989), "An Empirical Analysis of Cross-National Economic Growth, 1951-80", *Journal of Monetary Economics*, Vol.24, pp.259-276.
- GYAMFI, P. et alii (1992), "Infrastructure Maintenance in LAC: The Costs of Neglect and Options for Improvement", *World Bank Regional Studies Program*, Report N°. 17, Latin America and Caribbean Technical Department, Banque Mondiale, Washington D.C.
- HANSEN, R. (1965) "Unbalanced Growth and Regional Development", *Western Economic Journal*, Vol.4, pp.3-14.
- HARDY, A. et H. HUDSON (1981), «The Role of Telephone in Economic Development: An Empirical Analysis », ITU-OCDE, mai.
- HARROD, R.F. (1948), *Towards a Dynamic Economics: Some Recent Developments of Economic Theory and their Application to Policy*, Macmillan, Londres.
- HELMS, L.J. (1985), "The Effect of State and Local Taxes on Economic Growth: A Time Series-Cross Section Approach", *Review of Economics and Statistics*, Novembre, pp.574-582.
- HERRERA, R. (1996), *Dépenses publiques et croissance de long terme: Approches théoriques et empiriques appliquées à l'économie du développement*, Thèse de Doctorat, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris.
- HIRSCHMAN, A.O. (1958), *The Strategy of Economic Development*, Yale University Press, New Haven.
- HIRSCHMAN, A.O. (1984), "A Dissenter's Confession: The Strategy of Economic Development Revisited", in MEIER, G. et D. SEERS eds., *Les Pionniers du développement*, Oxford University Press for Banque Mondiale, New York.
- HOLZ-EAKIN, D. (1988), "Private Output, Government Capital, and the Infrastructure Crisis", *Discussion Paper*, N°. 394, Columbia University, mai.
- HOLZ-EAKIN, D. (1989), "The Spillover Effects of State-Local Capital", mimeo Columbia University.
- HOLZ-EAKIN, D. (1992a), "Public-Sector Capital and Productivity Puzzle", *NBER Working Paper*, N°. 4122, Cambridge, Ma.
- HOLZ-EAKIN, D. (1992b), "Solow and the States: Capital Accumulation, Productivity and Economic Growth", *NBER Working Paper*, N°. 4144, Cambridge, Ma.
- HOLZ-EAKIN, D. (1994), "Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 76, N°. 1, pp. 12-21, février.
- HOLTZ-EAKIN, D. et A.E. SCHWARTZ (1995), "Spatial Productivity Spillover from Public Infrastructure: Evidence from State Highways" *NBER Working Paper*, N°.5004.
- HULTEN, C.R. (1993), "Optimal Growth with Public Infrastructure Capital: Implications for Empirical Modelling", *Discussion Paper*, University of Maryland.
- HULTEN, C.R. (1996), "Infrastructure Capital and Economic Growth: How Well You Use It May Be More Important Than How Much You Have", *NBER Working Paper*, N°.5847.
- HULTEN, C.R. et R.M. SCHWAB (1991a), "Is There Too Little Public Capital? Infrastructure and Economic Growth", *Discussion Paper*, American Enterprise Institute, février.

- HULTEN, C.R. *et* R.M. SCHWAB (1991b), “Public Capital Formation and the Growth of Regional Manufacturing Industries”, *National Tax Journal*, Vol. 44, N°. 4, pp. 121-134, décembre.
- JIMENEZ, E. (1994), “Human and Physical Infrastructure — Public Investment and Pricing Policies in Developing Countries”, *World Bank Policy Research Working Paper*, N°. 1281, Banque Mondiale, Washington D.C.
- KHAN, M.S. *et* M.S. KUMAR (1997), “Public and Private Investment and the Growth Process in Developing Countries”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 59, pp. 69-88.
- KNIGHT, M., N. LOAYZA *et* D. VILLANUEVA (1993), “Testing the Neoclassical Theory of Economic Growth: A Panel Data Approach”, *International Monetary Fund Staff Papers*, Vol. 40, pp. 512-541.
- KOCHERLAKOTA, N. *et* K.M. YI (1992), “The Long-Run Effects of Government Policy on Growth Rates in the United States”, mimeo, University of Iowa / Rice University, septembre
- KOCHERLAKOTA, N. *et* K.M. YI (1996), “A Simple Model of Endogenous vs Exogenous Growth Model: An Application to the United-States”, *The Review of Economics and Statistics*, pp.126-134.
- LAKSHAMAN T.R. *et* A. ELHANCE (1984), “Impact of Infrastructure on Economic Development”, Annual Workshop of the Building Sector, Boston, Ma.
- LATREILLE T. *et* A. VAROUDAKIS (1997), "Les facteurs structurels de la compétitivité manufacturière : une analyse en données de panel pour le Sénégal", *Revue Economique*, Vol.48, mai, pp.471-480.
- LEVINE, R. (1997), “Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda”, *Journal of Economic Literature*, vol.35, pp.688-726.
- LEVINE, R. *et* D. RENELT (1992), “A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions”, *American Economic Review*, Vol. 82, N°. 4, pp. 942-963, septembre.
- LYNDE, C. *et* J. RICHMOND (1992), “The Role of Public Capital in Production” *The Review of Economics and Statistics*, Vol.74, pp.37-44
- LYNDE, C *et* J. RICHMOND (1993a), “Public Capital and Long-Run Costs in U.K. Manufacturing”, *Economic Journal* N°.°103, pp 880-893.
- LYNDE, C. *et* J. RICHMOND (1993b), “Public Capital and Total Factor Productivity”, *International Economic Review*, vol.34, pp 401-414.
- MANKIW, N.G., D. ROMER *et* D.N. WEIL (1992), "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, N°. 2, pp. 407-427, mai.
- MEADE, J.E. (1952), “External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation”, *Economic Journal*, mars.
- MERA, K. (1973), “Regional Production Functions and Social Overhead Capital: An Analysis of the Japanese Case”, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 3, N°. 2, pp. 157-185.
- MILLS, P. *et* A. QUINET (1992), “Dépenses publiques et croissance”, *Revue Française d’Economie*, mars.
- MITRA, A., A. VAROUDAKIS *et* M.A. VÉGANZONÈS, (2000), “Productivity and Technical Efficiency in Indian State’s Manufacturing. The Role of Infrastructures”, *Economic Development and Cultural Change*, (à paraître).

- MORRISON, C.J. et A.E. SCHWARTZ (1996), "State Infrastructure and Productive Performance", *American Economic Review*, Vol.86, N° 4, décembre.
- MUNNELL, A.H. (1990a), "Why Has Productivity Growth Declined? Productivity and Public Investment", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 2-22, janvier-février.
- MUNNELL, A.H. (1990b), "How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?", dans, A.H. Munnell (ed), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Federal Reserve Bank of Boston, Boston.
- MUNNELL, A.H. (1992) "Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.6, N°4, pp.189-198.
- MUNNELL, A.H. (1993) "Les investissements d'infrastructure : évaluation de leurs tendances actuelles et de leurs effets économiques", in OCDE, *Politiques d'infrastructures pour les années 90*, OCDE, Paris, pp.23-60.
- MURPHY, K.M., A. SCHLEIFER et R.W. VISHNY (1989), "Industrialization and the Big Push", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, N° 2, pp. 503-530, mai.
- MUSGRAVE, R.A. (1959), *The Theory of Public Finance: A Study in Public Economy*, Mac Graw-Hill, New-York.
- NADIRI, M.I. et T.P. MAMUNEAS (1992), "The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performances of U.S. Manufacturing Industries", *NBER Working Paper*, N° 3887, Cambridge, Ma, octobre.
- NADIRI, M.I. et T.P. MAMUNEAS (1994), "Infrastructure and Public R&D Investments, and the Growth of Factor Productivity in U.S. Manufacturing Industries", *NBER Working Paper*, N° 4845, Cambridge, Ma, août.
- NAGARAJ, R., A. VAROUDAKIS et M.A. VÉGANZONÈS (1999), "Infrastructures et performances de croissance à long terme : le cas des Etats indiens", *Annales d'Economie et de Statistiques*, N° 53, pp.93-126.
- NAGARAJ, R., A. VAROUDAKIS et M.A. VÉGANZONÈS (2000), "Long-Run Growth Trends and Convergence Across Indian States: The Role of Infrastructures", *Journal of International Development*, Vol.12, N° 1, pp.45-70, janvier.
- NAZMI, N. et M.D. RAMIREZ (1997), "Public and Private Investment and Economic Growth in Mexico", *Contemporary Economic Policy*, Vol.15, pp.65-75.
- NIJKAMP, P. (1986), "Infrastructure and Regional Development: A Multidimensional Policy Analysis", *Empirical Economics*, Vol.11, pp.1-21.
- NURKSE, R. (1952), "Some International Aspects of the Problem of Economic Development", *American Economic Review*, Vol. 42, mai.
- ÖZLER, S. et D. RODRIK (1992), "External Shocks, Politics and Private Investment: Some Theory and Empirical Evidence", *Journal of Development Economics*, juin.
- OTTO, G. et G. VOSS (1994), "Long and Short-Run Interactions of Public Capital, Private Output, Capital and Hours", mimeo, University of New South Wales, Australia;
- OTTO, G. et G. VOSS (1996), "Public Capital and Private Production in Australia", *Southern Journal of Economics*, pp.723-738.
- PINNOI, N. (1994), "Public Infrastructure and Private Production: Measuring Relative Contributions", *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, N° 23, pp.127-148.

- QUERIOZ, C. et S. GAUTAM (1992), « Road Infrastructure and Economic Development: Some Diagnostic Indicators », Policy Research Working Paper, WPS921, World Bank, Washington D.C..
- QUINET, E; (1992), *Infrastructures de transport et croissance*, Economica, Paris;
- RALLE, P. (1993), “Croissance et dépenses publiques : le cas des régions françaises”, Commissariat Général au Plan, Paris.
- RAM, R. et D. RAMSEY (1989), “Government Capital and Private Output in the United-States”, *Economics Letters*, Vol.30, pp.223-226.
- RATNER, J.B. (1983), “Government Capital and the Production Function for U.S. Private Output”, *Economic Letters*, Vol. 13, pp. 213-217.
- REBELO, S. (1990), "Long Run Policy Analysis and Long Run Growth", *National Bureau of Economic Research Working Paper*, N°. 3325, avril.
- RIEBER, A. (1997), *Impact du capital public sur la productivité et la croissance*, Thèse de Doctorat, Université de Paris-Nord, Paris.
- ROSENSTEIN-RODAN, P.N. (1943), “Industrialisation of Eastern and South Eastern Europe”, *Economic Journal*, Vol. 53, juin-septembre.
- ROMER, P.M. (1986), “Increasing Return and Long-term Growth”, *Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 5.
- ROSENSTEIN-RODAN, P.N. (1961), “Notes on the Theory of the Big Push”, in ELLIS, H. et H. WALLICH eds., *Economic Development for Latin America*, International Economic Association, St. Martin Press, New York.
- SALA-I-MARTIN, X. (1997), “I Just Ran Two Million Regressions” American Economic Association and Proceedings, *American Economic Review*, Vol.87, N°.2, mai.
- SAMUELSON, P.A. (1954), “The Pure Theory of Public Expenditure”, *Review of Economics and Statistics*, N°. 36, pp. 387-389, novembre.
- SEITZ, H. (1993), “Public Capital and the Demand for Private Inputs, *Journal of Public Economics*, Vol.54, pp.287-307.
- SERVEN, L. et A. SOLIMANO (1990), “Private Investment and Macroeconomic Adjustment: Theory, Country Experience, and Policy Implications”, *World Bank Macroeconomic Adjustment and Growth Division, Mimeo*, Banque Mondiale, Washington D.C.
- SHAH, A. (1992), “Dynamics of Public Infrastructure, Industrial Productivity and Profitability”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 74, pp. 28-36.
- STEEL, W. et L. WEBSTER (1992), “How Small Enterprises in Ghana Have Responded to Adjustment”, *World Bank Economic Review*, Banque Mondiale, Vol. 6, N°. 4, pp. 423-438, Washington D.C.
- STURM, J.E. et J. DE HAAN (1994), “Is Public Expenditure Really Productive? New Evidence for the U.S. and the Netherlands”, *CCSO Series*, N°. 20, University of Groninger.
- TATOM, J.A. (1991a), “Public Capital and Private Sector Performance”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, pp. 3-15, mai-juin.
- TATOM, J.A. (1991b), “Should Government Spending on Capital Goods Be Raised?”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, pp. 3-15, mars-avril.
- TATOM, J.A. (1993a), “Is An Infrastructure Crisis Lowering the Nation’s Productivity?”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, pp. 3-21, novembre-décembre.

TATOM, J.A. (1993b), "The Spurious Effect of Public Capital Formation on Private Sector Productivity", *Policy Studies Journal*, Vol.21, N°.2, pp. 391-395.

TATOM, J.A. (1993c), "Paved with Good Intentions: The Mythical National Infrastructure Crisis", *Cato Institute, Policy Analysis*, N°. 196, août.

VIJVERBERG, W.P.M., C.P.C. VIJVERBERG et J.I. GAMBLE (1997), "Public Capital and Private Productivity", *Review of Economics and Statistics*, Vol.79, pp.267-278.

WHEELER, D. et A. MODY (1992), "International Investment Location Decisions: The Case of US Firms", *Journal of International Economics*, juin.

Annexe 1

Liste des pays de notre échantillon

AFRIQUE	AMERIQUE LATINE	ZONZ OCDE	ASIE (NON OCDE)	AFRIQUE NORD- MOYEN ORIENT
Benin	Argentina	Australia	Bangladesh	Algeria
Botswana	Bolivia	Austria	China	Cyprus.
Burkina Faso	Brazil	Belgium	Fiji	Egypt, Arab Rep
Burundi	Chile	Canada	India	Israel
Cameroon	Colombia	Denmark	Indonesia	Jordan
Congo, Dem. Rep.	Costa Rica	Finland	. Malaysia	Kuwait
Congo, Rep.	El Salvador	France	Nepal	Malta
Cote d'Ivoire	Ecuador	Germany	Pakistan	Morocco
Gabon	Guatemala	Greece	Philippines	Syrian Arab Republic
Ghana	Guyana	Italy	Singapore	Tunisia
Kenya	Haiti	Japan	Sri Lanka	Turkey
Madagascar	Honduras	Korea, Rep	Thailand	
Malawi	Jamaica	Mexico		
Mali	Panama	Netherlands		
Mauritania	Paraguay	New Zealand		
Mauritius	Peru	Norway		
Niger	Trinidad and Tobago	Portugal		
Nigeria	Uruguay	Spain		
Rwanda		Sweden		
South Africa		United Kingdom		
Tanzania		United States		
Togo				
Uganda				
Zambia				
Zimbabwe				

Annexe 2

Définition et sources des données

(*Y*) : PIB par habitant (en dollars internationaux de 1987), bases de données Banque mondiale.

(*INV*) : Investissement en pourcentage du PIB (en dollars internationaux de 1987, bases de données Banque mondiale.

(*INFL*) : taux annuel d'inflation), bases de données Fonds monétaire international.

(*OUV*) : ratio de la somme des importations et des exportations sur PIB (en dollars internationaux de 1987), bases de données Banque mondiale.

(*COUP*) : nombre coups d'Etat par an, Barro et Lee (1993).

(*RTE*) : kilomètres de routes par kilomètres carrés, bases de données Banque mondiale.

(*EN*) : consommation par tête d'énergie commerciale en kilogramme d'équivalents pétrole, bases de données Banque mondiale.

(*TEL*) : nombre de lignes principales de téléphone pour 1000 habitants, bases de données Banque mondiale.

(*IR*) : pourcentage des terres arables irriguées, bases de données Banque mondiale et FAO

(*PRIM*) : nombre moyen d'années d'études primaire de la population, bases de données Banque mondiale et Barro et Lee (1993).

(*SEC*) : nombre moyen d'années d'études secondaire de la population, bases de données Banque mondiale et Barro et Lee (1993).

(*PROF*) : nombre d'élèves par professeur dans le primaire, , bases de données Banque mondiale.

(*MORT*) : taux de mortalité infantile pour 1000 naissances, , bases de données Banque mondiale.

(*M2*) : ratio de l'agrégat monétaire M2 sur le PIB, bases de données Fonds monétaire international.

Annexe 3

Analyse en composantes principales des variables d'infrastructures

Composantes	Valeurs propres	R ² cumulé
P1	5.6	0.62
P2	0.95	0.73
P3	0.75	0.81
P4	0.62	0.88
P5	0.46	0.93
P6	0.26	0.96
P7	0.19	0.98
P8	0.11	0.99
P9	0.04	1

Variables d'infrastructure*	Pondérations								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<i>RTE</i>	0.68	0.22	-0.04	-0.65	-0.24	-0.002	0.02	0.08	-0.005
<i>EN</i>	0.92	0.05	0.01	0.21	0.03	0.37	0.11	0.15	0.09
<i>TEL</i>	0.95	0.09	0.04	0.14	-0.02	0.18	0.07	-0.03	-0.15
<i>IR</i>	0.41	-0.87	0.074	-0.04	-0.025	0.05	-0.05	-0.03	0.007
<i>PRIM</i>	0.73	0.06	-0.62	0.05	0.04	0.05	-0.26	-0.05	0.01
<i>SEC</i>	0.85	-0.13	-0.27	0.16	0.003	-0.36	0.18	0.08	-0.11
<i>PROF</i>	0.16	-0.20	-0.47	-0.21	0.15	0.16	0.25	-0.06	-0.003
<i>MORT</i>	-0.93	-0.17	-0.14	0.007	0.05	0.03	-0.11	0.25	-0.067
<i>M2</i>	0.73	-0.23	0.21	-0.25	0.55	-0.02	-0.05	0.01	-0.004

* Se reporter à l'Annexe 2 pour la définition et les sources des variables

$$\begin{aligned}
 INFRA = & 0.62 P1 + (0.73 - 0.62) P2 + (0.81 - 0.73) P3 + (0.88 - 0.81) P4 + (0.93 - 0.88) P5 \\
 & + (0.96 - 0.93) P6 + (0.98 - 0.96) P7 + (0.99 - 0.98) P8 + (1.0 - 0.99) P9
 \end{aligned}$$