

Le présent rapport de recherche a été préparé à la demande du Comité d'examen de la *Loi sur les transports au Canada*. Il renferme les constatations et les opinions du(des) auteur(s), mais ne reflète pas nécessairement les opinions du Comité d'examen ou de ses membres.

Revue des études sur la relation entre les investissements dans l'infrastructure des transports et la croissance économique

Recherche effectuée aux fins de l'examen de la *Loi sur les transports au Canada*

Rapport préparé par
Bangqiao Jiang

Janvier 2001

**Revue des études sur
la relation entre les investissements dans l'infrastructure
des transports et la croissance économique**

Rapport pour le
Comité d'examen de la *Loi sur les transports au Canada*

Bangqiao Jiang

Vancouver, Colombie-Britannique
10 janvier 2001

RÉSUMÉ

Les avantages et l'importance que représente l'infrastructure des transports pour la croissance économique sont reconnus depuis longtemps. Il ne fait guère de doute que les investissements réalisés dans les réseaux de transport (routes, chemins de fer, canaux) ont stimulé le développement économique en Amérique du Nord au XIX^e siècle. Aucun Nord-Américain ne peut ignorer les changements profonds amenés par l'Interstate Highway System aux États-Unis et par la Transcanadienne au Canada. L'infrastructure des transports a élargi le territoire sur lequel les produits peuvent être commercialisés et vendus. Elle a rendu le processus de production et de distribution plus efficace, permis des économies d'échelle et une spécialisation accrue, changé les systèmes logistiques et réduit les coûts, autant de facteurs qui font augmenter la productivité économique.

Des arguments théoriques et des données historiques ont révélé l'existence d'un lien étroit entre les investissements réalisés dans l'infrastructure des transports et la productivité économique. Toutefois, la plupart des études économiques portant sur ce sujet examinent les taux de rendement des projets d'infrastructure individuels en calculant tous les avantages et tous les coûts des projets. Il a fallu attendre la fin des années 80 pour que les économistes commencent à élaborer des mesures quantitatives de ce lien en construisant des modèles macro-économétriques. En 1989, Aschauer a amorcé ce mouvement dans une série d'études (Aschauer 1989a, b, c, 1990a, b). Les travaux d'Aschauer, qui font oeuvre de pionnier dans ce domaine, ont suscité de nombreuses études sur ce sujet au cours de la dernière décennie. Aschauer emploie une fonction de production Cobb-Douglas et utilise des données de séries chronologiques agrégées nationales américaines pour examiner la relation entre le capital d'infrastructure publique et la production agrégée du secteur privé. Il observe un lien très grand et très fort entre ces deux variables. Même le rendement du capital public est beaucoup plus élevé que celui du capital privé. L'élasticité estimée de la production par rapport au capital public est de 0,39, autrement dit une augmentation de 1 pour cent du stock de capital se traduit par une augmentation de la production du secteur privé de 0,39 pour cent. L'élasticité par rapport à l'infrastructure « de base », qui comprend les routes, le transport en commun, les aéroports, etc., est d'environ 0,24. Munnell pousse plus loin les travaux d'Aschauer et arrive à la même conclusion. Les résultats des études

ont été utilisés pour expliquer le ralentissement de la croissance de la productivité observé dans les pays développés après 1973, lequel aurait été causée, au moins en partie, par l'insuffisance du capital public.

De nombreux chercheurs ont réexaminé ou approfondi la relation entre le capital d'infrastructure publique et la croissance économique. Toutefois, comme nombre d'études l'ont montré, il est probable que ces estimations ont surestimé l'incidence des investissements réalisés dans l'infrastructure publique sur la production du secteur privé et sur la croissance de la productivité. En outre, il n'est pas logique que les investissements publics aient une incidence beaucoup plus grande sur la production du secteur privé que les investissements privés. Pour atténuer certains problèmes survenus dans les études faites à l'aide des séries chronologiques, des études subséquentes ont été faites à l'aide de données transversales et de séries de données chronologiques groupées. Les résultats révèlent un apport plus petit et plus faible des investissements réalisés dans l'infrastructure et indiquent que la composition du capital d'infrastructure a son importance; certains types d'infrastructure (par exemple l'infrastructure de base — routes, réseaux d'adduction d'eau et d'égouts, etc. — pourraient avoir une plus grande incidence que d'autres.

Les études qui allient des séries chronologiques et des données recueillies au moyen d'un panel et une approche par la fonction de production posent de graves problèmes. Une corrélation factice (non-stationnarité) produit facilement des coefficients élevés et significatifs entre le capital d'infrastructure et la production économique. Les tentatives visant à éliminer la non-stationnarité en utilisant des différences premières font courir le risque de concentrer l'analyse sur la relation à court terme entre ces deux variables, ce qui n'est pas l'objet premier des études. En outre, le sens de la causalité n'est pas clair. L'estimation donne-t-elle à penser que la croissance économique est engendrée par les investissements dans l'infrastructure ou, au contraire, qu'une région produisant plus ou qu'une économie en croissance rapide peut se permettre d'investir davantage dans l'infrastructure? Notre revue montre que les résultats estimés dépendent beaucoup de la formulation économétrique. Les spécifications économétriques plus simples produisent toujours des estimations plus grandes et statistiquement significatives, tandis que dans les régressions compliquées ces estimations sont beaucoup plus petites et beaucoup plus faibles, voire négatives dans certains cas, et souvent ne sont pas significatives.

Plus récemment, des chercheurs ont employé une approche par la fonction de coût pour examiner l'incidence du capital d'infrastructure publique sur la productivité. L'approche par la fonction de coût semble mieux convenir à cette analyse, parce qu'elle présente de nombreux avantages d'ordre économétrique et conceptuel par opposition à l'approche par la fonction de production. Fait intéressant, on remarque une certaine convergence dans les conclusions tirées au sujet de la relation entre le capital d'infrastructure publique et la croissance de la productivité dans les études fondées sur l'approche par la fonction de coût. Les résultats obtenus à l'aide de cette approche laissent supposer que les investissements dans l'infrastructure contribuent de façon marquée à la croissance de la production, à des réductions des coûts et à des hausses de la profitabilité, même si l'apport est beaucoup plus petit que celui révélé par certaines études fondées sur la fonction de production. Ces apports sont aussi plus petits que ceux du capital privé dans la plupart des études. Toutefois, ces résultats reposent en grande partie sur les industries manufacturières. Quand on tente de les étendre à l'ensemble de l'économie, leurs fondements théoriques sont discutables.

Outre les grandes études qui utilisent des données américaines, plusieurs tentatives ont été faites à l'aide de données canadiennes. Les résultats obtenus par les études faites dans le contexte canadien font voir à peu près le même profil que les études américaines. Les études utilisant des séries de données chronologiques agrégées indiquent, par rapport au capital public ou au capital routier, une élasticité de la productivité de l'ordre de 0,40. Selon les différences premières, cette élasticité est réduite à 0,08 à peine et elle est statistiquement très peu significative. Les études fondées sur des données recueillies au moyen d'un panel et sur des formulations économétriques plus sophistiquées ne vont même pas dans le sens de l'argument selon lequel le capital d'infrastructure contribue de façon importante à la croissance économique. Toutefois, l'approche par la fonction de coût montre qu'une telle relation existe, bien que l'ordre de grandeur soit beaucoup plus petit (l'élasticité du coût va de 0,07 à 0,22).

Le fait que les résultats des études que nous avons passées en revue soient controversés a des répercussions importantes sur les politiques à élaborer. Si l'infrastructure routière profite beaucoup à la croissance de la productivité, doit-on en déduire qu'elle est insuffisante et qu'il faut investir plus? Si le capital investi dans l'infrastructure contribue peu ou pas à la croissance de la productivité, cela signifie-t-il que la fourniture de réseaux routiers, de ponts, de réseaux d'adduction d'eau, etc., ne joue aucun rôle dans la croissance économique?

Toutefois, la revue donne à penser qu'au moins deux ensembles de politiques pourraient être examinés en même temps. On pourrait, d'une part, examiner spécifiquement la qualité des services et l'utilisation potentielle de l'infrastructure des transports existante au moyen d'une série de mesures de gestion et insister, par exemple, sur une utilisation, une conception et une gestion efficaces de l'infrastructure des transports et, d'autre part, déterminer les besoins futurs en capital à investir dans l'infrastructure des transports par rapport à la croissance potentielle de l'économie et à la distribution spatiale des activités économiques. Toutefois, pour une décision individuelle en matière d'investissement dans l'infrastructure des transports, les études macro-économiques ne sont pas réellement d'un grand secours. Les décisions de ce genre requièrent des outils micro-économiques, par exemple une analyse avantages-coûts sociaux.

Table des matières

Résumé	i
Introduction	1
Capital routier et autre capital d'infrastructure publique.....	4
Études fondées sur des séries de données chronologiques agrégées.....	7
Approche par la fonction de production et données recueillies au moyen d'un panel	11
Approche par la fonction de coût	16
Études canadiennes	21
Résumé et conséquences pour les politiques à adopter.....	25
Bibliographie	28

INTRODUCTION

Les avantages et l'importance que représente l'infrastructure des transports pour la croissance économique sont reconnus depuis longtemps. Il ne fait guère de doute que les investissements réalisés dans les réseaux de transport (routes, chemins de fer, canaux) ont stimulé le développement économique en Amérique du Nord au XIX^e siècle. Aucun Nord-Américain ne peut ignorer les changements profonds amenés par l'Interstate Highway System aux États-Unis et par la Transcanadienne au Canada. L'infrastructure des transports a élargi le territoire sur lequel les produits peuvent être commercialisés et vendus. Elle a rendu le processus de production et de distribution plus efficace, permis des économies d'échelle et une spécialisation accrue, changé les systèmes logistiques et réduit les coûts, autant de facteurs qui font augmenter la productivité économique.

Fox (1990) a formulé un modèle économique régional général d'offre agrégée et de demande agrégée pour analyser les relations conceptuelles pouvant exister entre les investissements réalisés dans l'infrastructure et la production. Les investissements réalisés dans l'infrastructure des transports peuvent accroître la capacité de production d'une région, en accroissant les ressources et en améliorant la productivité de celles qui existent déjà. Premièrement, l'infrastructure des transports peut entrer dans le processus de production comme intrant direct et, dans de nombreux cas, comme facteur gratuit (par exemple les services de transport que les routes fournissent). Deuxièmement, l'infrastructure peut rendre plus productifs d'autres intrants qui existent déjà. Une route bien construite permet de transporter des produits vers les marchés en moins de temps, ce qui permet à des entreprises privées de produire à un coût total moindre. Troisièmement, l'infrastructure peut agir comme aimant ou catalyseur de la croissance économique régionale en attirant des ressources d'autres régions. C'est ce qu'on appelle l'«effet d'agglomération». D'autre part, l'infrastructure des transports peut toucher la production économique en modifiant la demande agrégée. La construction d'une infrastructure des transports peut créer une demande d'intrants intermédiaires provenant d'autres secteurs ou accroître celle qui existe déjà et peut avoir des effets multiplicateurs dans l'économie. L'infrastructure publique peut aussi influencer sur la production en attirant ou en évinçant des intrants privés (travail et capital privé). Une augmentation des investissements réalisés dans l'infrastructure publique pourrait attirer davantage d'investissements privés, s'il y a une relation

complémentaire entre les deux, ou pourrait réduire les investissements privés si le capital public a un effet de substitution sur les intrants privés.

Des arguments théoriques et des données historiques ont révélé l'existence d'un lien étroit entre les investissements réalisés dans l'infrastructure des transports et la productivité économique. Cependant, la plupart des études économiques portant sur ce sujet examinent les taux de rendement des projets d'infrastructure individuels en calculant tous les avantages et tous les coûts des projets. Il a fallu attendre la fin des années 80 pour que les économistes commencent à élaborer des mesures quantitatives de ce lien en construisant des modèles macro-économétriques. En 1989, Aschauer a amorcé ce mouvement dans une série d'études (Aschauer 1989a, b, c, 1990a, b). Les travaux de pionnier d'Aschauer ont suscité de nombreuses études sur ce sujet au cours de la dernière décennie. Aschauer emploie une fonction de production Cobb-Douglas et utilise des données de séries chronologiques agrégées nationales américaines pour examiner la relation entre le capital d'infrastructure publique et la production agrégée du secteur privé. Il observe un lien très grand et très fort entre ces deux variables. Même le rendement du capital public est beaucoup plus élevé que celui du capital privé. À l'aide d'une approche analogue, Munnell (1990a) arrive à la même conclusion. Les résultats des études expliqueraient le ralentissement de la croissance de la productivité observé dans les pays développés après 1973, lequel aurait été causée, au moins en partie, par l'insuffisance du capital public.

De nombreux chercheurs ont réexaminé ou approfondi la relation entre le capital d'infrastructure publique et la croissance économique. Au lieu d'utiliser des données de séries chronologiques, Munnell (1990b) utilise des données transversales et des séries chronologiques groupées, de manière à atténuer certains problèmes posés par les données de séries chronologiques. Elle désagrège aussi l'infrastructure publique en infrastructure de base (routes, réseaux d'adduction d'eau et d'égouts) et en « autre infrastructure » et examine séparément l'incidence de ces deux catégories d'infrastructure. Beaucoup d'études suivent cette approche, mais avec des modèles économétriques plus sophistiqués (Eisner, 1991; Evans et Karras, 1994; Holtz-Eakin, 1994, Moomaw, Mullen et Williams, 1995; Khanam 1996; Waters, 1999). Certaines utilisent une fonction translog pour examiner la relation entre le capital privé et le capital public et pour répondre à certaines questions, par exemple si le capital public est en train d'évincer le capital privé. Récemment, Fernald (1999) a évalué le lien entre le capital routier et la

productivité en utilisant des données désagrégées par secteur industriel au lieu de données inter-États et constaté que les industries à forte intensité de véhicules profitaient d'une façon disproportionnée du capital investi dans la construction de routes.

La plupart des études susmentionnées estiment une fonction de production. Plus récemment, une approche par la fonction de coût a été employée par de nombreux chercheurs (Lynde et Richmond, 1992; Morrison et Schwartz, 1996; Nadiri et Mamuneas, 1996; Khanam, 1999). Il semblerait que la fonction de coût convienne encore mieux à ce genre d'analyse parce qu'elle permet d'éviter la corrélation possible entre le capital public et le capital privé (Gillen, 1996). Fait intéressant, les études utilisant une fonction de coût concluent plus souvent que le capital investi dans l'infrastructure routière a des effets positifs et significatifs sur la croissance économique.

Dans le présent rapport, nous allons passer en revue les études portant sur le lien entre les investissements réalisés dans l'infrastructure publique, notamment dans l'infrastructure des transports (surtout routière), et la croissance économique. Nous allons nous concentrer surtout sur les recherches empiriques effectuées depuis dix ans. Ces recherches sont fondées sur des modèles macro-économétriques. Après quelques renseignements généraux sur le capital public et le capital routier au Canada et aux États-Unis, nous allons examiner en détail deux études (Aschauer, 1989a et Munnell, 1990b), parce qu'elles sont le point de départ des ouvrages empiriques sur ce sujet. Nous allons ensuite examiner un grand nombre d'études subséquentes qui utilisent d'autres formes fonctionnelles, d'autres types de données, d'autres industries et surtout d'autres spécifications économétriques, par exemple des données de séries chronologiques par opposition à des données transversales et à des données de séries chronologiques groupées, des estimations agrégées par opposition à des estimations désagrégées et une approche par la fonction de production par opposition à une approche par la fonction de coût. Comme on pouvait s'y attendre, ces études arrivent à des conclusions différentes et controversées. Des examens critiques des problèmes techniques rencontrés dans les ouvrages sont présentés dans chaque section. Les résultats et les conclusions seront résumés et les répercussions qu'ils pourraient avoir sur les politiques à adopter seront analysées. Nous allons, en particulier, inclure dans la revue les études qui ont été faites au Canada (Lynch, 1994; Wylie, 1995; Khanam 1996, 1999; Waters, 1999).

CAPITAL ROUTIER ET AUTRE CAPITAL D'INFRASTRUCTURE PUBLIQUE

Les études macro-économétriques utilisent le capital public (ou capital d'infrastructure publique) ou ses composantes séparément comme variable(s) indépendante(s). La principale composante est le capital routier. Le capital incorporel appartenant au secteur public, tel que le capital humain ou le capital investi dans la recherche et le développement, n'est pas inclus. Notre analyse du capital public est basée sur les données tirées de la publication *Flux et stocks de capital fixe*, n° 13-568 au catalogue de Statistique Canada. La source des données américaines est Munnell (1992).

Statistique Canada a compilé des données pour le capital privé total et le capital public total réunis, par province et aussi par secteur. Pour une mesure du capital d'infrastructure publique totale pour les dix provinces, nous utilisons ici la somme des capitaux investis dans trois comptes du secteur public, à savoir : « services gouvernementaux », « éducation » et « santé et services sociaux ». Il pourrait y avoir un montant relativement petit de capital du secteur privé dans ces comptes, mais la mesure est dominée par le capital public. Le capital privé est obtenu par soustraction du capital public du capital total.

Tableau 1: Capital d'infrastructure publique au Canada, 1993	
(milliards de dollars CAN en prix constants (de 1992))	
Capital privé total	409,37
Capital public total	134,38
Services gouvernementaux	94,41
Routes	37,60
Éducation	24,33
Santé et services sociaux	15,64
Capital total	543,75

Sources : Statistique Canada et Transports Canada

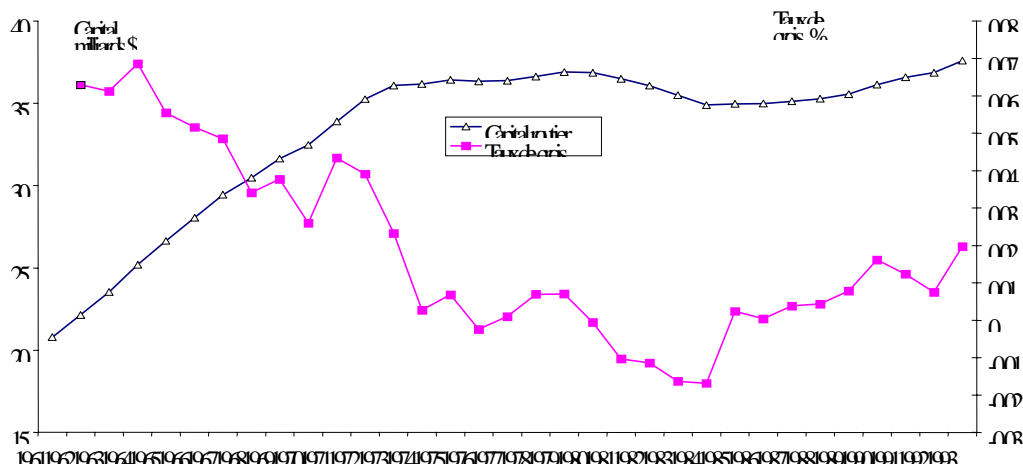
Il y a aussi un peu de capital public dans le capital privé, mais pas beaucoup. Tous les types de capital sont du capital non-résident et sont obtenus par déduction au moyen de la « méthode de l'inventaire perpétuel ». Les chiffres que nous utilisons pour l'amortissement géométrique sont aux prix de 1992. Les données se rapportant au stock de capital routier dans la

période 1961-1993 que nous avons utilisées pour notre analyse ont été estimées dans le cadre du Projet d'infrastructure spécial de Statistique Canada et de Transports Canada.

D'après le tableau 1, le stock de capital public s'élevait à 134,4 milliards de dollars au Canada, en 1993, ou au tiers environ du capital privé. Les services gouvernementaux représentaient 70 pour cent du capital public, les 30 pour cent restants étant répartis entre l'éducation, la santé et les services sociaux. En ce qui concerne le capital routier, il s'élevait à 37,6 milliards de dollars et représentait 28 pour cent du capital public total ou 40 pour cent du stock de capital total du secteur des services gouvernementaux. À lui seul, le capital routier équivalait presque au capital réuni du secteur de l'éducation et du secteur de la santé et des services sociaux.

La figure 1 montre que la période antérieure à 1973 a été l'âge d'or de la construction routière, avec des hausses marquées répétées du stock de capital. Le taux de croissance a chuté en 1973 et les années suivantes. La situation s'est encore aggravée pendant la récession

Figure1: Stock de capital routier et taux de croissance

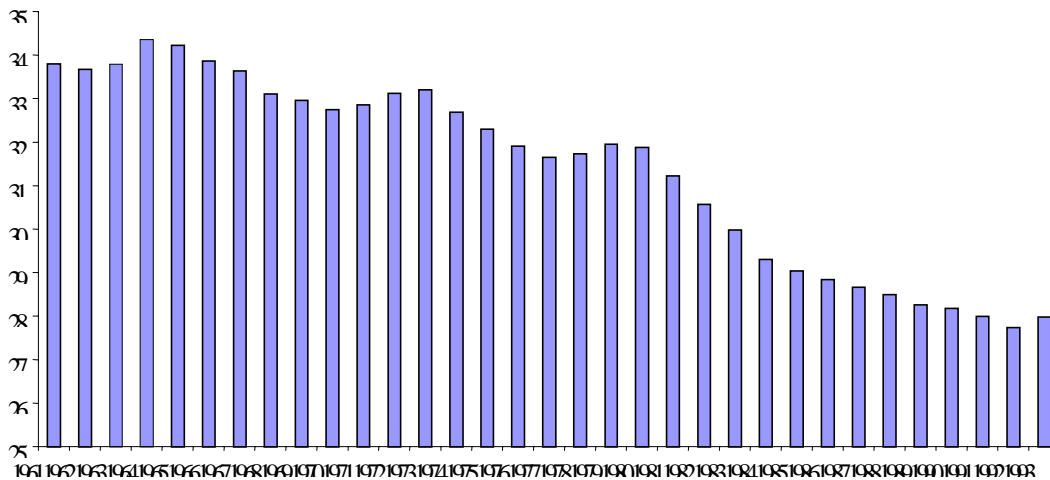


économique du début des années 80. À ce moment-là, non seulement le taux de croissance diminuait-il, mais le capital routier total diminuait aussi en valeur absolue. Le capital public total a évolué de la même façon. Comme les deux baisses dans le temps du capital routier ont coïncidé avec des récessions économiques, il n'est pas surprenant que les analyses faites à l'aide de simples séries chronologiques mettent à jour une corrélation entre le stock de capital (routier) public et la croissance économique générale. Les investissements dans le secteur routier ont

diminué encore plus par rapport au capital public total (figure 2). La proportion du capital public total représentée par le capital routier qui, en gros, se situe aux alentours du tiers dans les années 60 a diminué graduellement par la suite pour s'établir à 28 pour cent en 1993.

Aux États-Unis, le stock de capital public est très élevé - il s'élevait à 2,7 billions de dollars US en 1991 (en prix courants) ou à environ la moitié du stock de capital privé, d'après les données du U.S. Bureau of Economic Analysis. Environ 2,2 billions de ce capital public ne sont pas du secteur militaire. Le capital routier représente 32 pour cent du capital public autre que militaire, soit presque le même pourcentage que l'éducation, les hôpitaux et autre capital réunis (30 pour cent). On observe essentiellement la même chose au Canada. Les variations survenues dans le capital public et le capital routier aux États-Unis au cours des dernières décennies ne diffèrent pas de celles enregistrées au Canada (voir Gramlich, 1994 pour une analyse détaillée des données américaines).

Figure 2 Capital routier, en pourcentage du capital public



ÉTUDES FONDÉES SUR DES SÉRIES CHRONOLOGIQUES AGRÉGÉES

Les études macro-économétriques modernes du rôle des investissements réalisés dans l'infrastructure publique dans la croissance économique remontent à une série d'études faites par Aschauer (1989a, 1989b, 1989c, 1990a, 1990b). L'ouvrage d'Aschauer, qui fait oeuvre de pionnier dans le domaine (Aschauer, 1989a), emploie des données de séries chronologiques agrégées pour examiner la relation entre l'investissement public et la croissance économique en étendant la fonction de production classique au capital public ou à ses composantes. La forme fonctionnelle élargie s'écrit comme suit :

$$Q = A * F(L, K, G)$$

où Q est la production économique; A, une mesure de la productivité totale des facteurs ou un changement technique neutre au sens de Hicks; L, le travail; K, le stock de capital privé; et G, le stock de capital public. La forme logarithmique de l'équation ci-dessus, dans laquelle F est une fonction de production de type Cobb-Douglas, devient :

$$\ln Q = \ln A + a \ln L + b \ln K + c \ln G$$

où a, b et c peuvent être considérés comme les élasticités de la production par rapport au travail, au capital privé et au capital public respectivement. Si l'on suppose des rendements d'échelle constants pour tous les facteurs, alors $a+b+c=1$. Le taux de rendement (produit marginal, MP_G) du capital public ou de ses composantes peut être obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$MP_G = c * Q / G$$

Aschauer (1989a) utilise comme variable dépendante le ratio production des entreprises privées/capital privé et suppose des rendements d'échelle constants pour tous les intrants. La forme fonctionnelle estimée devient alors :

$$\ln Q - \ln K = \ln A + a(\ln L - \ln K) + c(\ln G - \ln K)$$

En utilisant des données se rapportant aux années 1949 à 1985, il observe une forte relation positive entre la production par unité d'intrant de capital, le ratio travail/capital dans le secteur privé et le ratio capital public (non militaire)/intrant de capital privé. L'élasticité estimée de la production par rapport au capital public est de 0,39; autrement dit une augmentation de 1 pour cent des stocks de capital fait augmenter la production du secteur privé de 0,39 pour cent.

Étant donné la taille du stock de capital public non militaire (1 938 milliards de dollars US en 1991) et la production du secteur des entreprises privées (4 800 milliards de dollars US), cela se traduit par une productivité marginale du capital public de presque 100 pour cent; en d'autres mots une augmentation de 1 \$ du stock de capital public ferait augmenter la production d'un autre 1 \$. Comparativement au capital privé, ces chiffres montrent que [TRADUCTION] « le PNB devrait augmenter deux à cinq fois plus à la suite d'une dépense consacrée à l'infrastructure publique qu'à la suite d'un investissement privé (Aschauer, 1990b). »

Aschauer (1989a) examine aussi l'incidence des composantes du stock de capital public non militaire sur la productivité. Toutefois, il observe que seul ce qu'on appelle l'infrastructure « de base » (routes, transports en commun, aéroports, électricité et gaz, eau, égouts) et qui représente 55 pour cent du capital public non militaire total a un effet significatif sur la production des entreprises privées. L'élasticité estimée est d'environ 0,24, ce qui est encore très élevé. Les coefficients associés aux autres composantes (par exemple aux hôpitaux, aux établissements d'enseignement, etc.) ne sont pas significativement différents de zéro.

Munnell (1990a) utilise aussi des données de séries chronologiques agrégées et une fonction de production Cobb-Douglas et suppose aussi des rendements d'échelle constants pour tous les intrants, mais, au lieu du ratio production/capital privé, elle utilise la productivité du travail plus connu (c'est-à-dire le ratio production/travail, où le travail est mesuré par le nombre d'heures travaillées) comme variable dépendante et étend les données jusqu'à 1987. Elle confirme le résultat d'Aschauer selon lequel le capital public a vraiment sa place dans la fonction de production. Tant le capital public non militaire total que l'infrastructure de base sont associés à des coefficients qui ressemblent à ceux obtenus par Aschauer et qui sont en général statistiquement significatifs. Les coefficients variant entre 0,33 et 0,39 produits dans son étude signifient qu'une augmentation de 1 pour cent du capital public ferait augmenter la productivité du travail d'une proportion variant entre 0,31 et 0,39 pour cent.

Aschauer et Munnell font valoir que leurs résultats fournissent une autre explication du ralentissement de la productivité observé en Amérique du Nord et dans d'autres pays développés après 1973. Avant eux, l'analyse de la baisse de productivité est concentrée sur la hausse des prix énergétiques, la baisse des dépenses consacrées à la recherche et au développement, la migration des travailleurs des professions agricoles vers les professions non agricoles, la réglementation

sociale, etc. Il faut attendre Aschauer (1989a) pour qu'on parle du rôle potentiel du capital d'infrastructure publique dans l'explication du ralentissement de la productivité. Les études montrent que la baisse de productivité observée aux États-Unis et dans d'autres pays industrialisés dans les années 70 a été précipitée en grande partie par la baisse des investissements faits dans le capital public, en particulier dans les routes et dans d'autres types d'infrastructure des transports. Munnell (1990a) va plus loin et prétend que la baisse de la productivité du travail n'est pas attribuable à un ralentissement du progrès technique ou de la productivité multifactorielle, concept mystérieux en soi, mais plutôt à une diminution de la croissance de l'infrastructure publique.

Les résultats d'Aschauer et de Munnell n'ont toutefois pas été sans soulever des questions. De nombreuses études subséquentes prétendent que les effets du stock de capital public sur la productivité économique estimés à l'aide de données de séries chronologiques agrégées sont entachés de corrélation factice. Même la relation entre le capital public et la production pourrait être inversée; autrement dit ce sont des niveaux de production plus élevés qui mènent à un investissement accru dans le capital public. D'autres critiques laissent aussi supposer que les élasticités estimées sont invraisemblablement élevées et que certaines variables importantes (par exemple les prix énergétiques) pourraient être exclues de la fonction de production.

Corrélation factice. Un des problèmes mentionné le plus souvent dans de nombreuses autres études est celui de la corrélation factice — ou tendances sans lien — entre l'investissement public et la baisse de productivité. Beaucoup de séries chronologiques macro-économiques présentent la caractéristique de non-stationnarité; autrement dit elles tendront à « dériver » dans les mêmes directions dans le temps. Les estimations fondées sur des séries non stationnaires non rajustées correctement pourraient donc être entachées d'une corrélation factice dans les données ou de tendances communes sans lien dans les données dans le temps. Aaron (1990) soutient que les données de séries chronologiques n'aident pas beaucoup à examiner les effets du capital public du fait qu'il n'y a pas suffisamment de variation dans les données. Pour étayer sa thèse, Aaron réestime un modèle analogue à celui d'Aschauer, mais il y introduit en plus des variables auxiliaires pour les années 1966 et 1974. L'infrastructure va de statistiquement très significative, dans la spécification d'Aschauer, à non significative dans le modèle d'Aaron,

ce qui amène à conclure que les résultats obtenus pour l'infrastructure ne sont pas très robustes et sont entachés d'une variation limitée des données.

Pour déterminer la vraie relation entre ces deux variables, il faut d'abord tester les variables pour l'existence de stationnarité et de co-intégration, ce qui veut dire déterminer non seulement si les variables augmentent avec le temps, mais aussi si elles augmentent ensemble et convergent vers leur relation à long terme, puis les rajuster avant d'estimer la relation. Une méthode d'ajustement courante dans ces cas-là consiste à utiliser les « différences premières », autrement dit les variations de la variable d'une période à l'autre, au lieu du niveau absolu des variables. Toutefois, les études qui suivent cette approche aboutissent à des coefficients beaucoup plus petits, parfois négatifs, et en général statistiquement non significatifs (Hulten et Schwab, 1991; Tatom, 1991, 1993; Harmatuck, 1996). Mais Munnell (1992) soutient que l'utilisation de différences premières détruit toute relation à long terme, qui est justement la raison pour laquelle on étudie l'infrastructure et la croissance économique. Elle précise que personne ne s'attend à ce que la croissance du capital, privé ou public, au cours d'une année ne soit corrélée avec la croissance de la production la même année.

Causalité. Eisner (1991) évoque la possibilité que les effets estimés aillent dans l'autre sens et que ce serait plutôt l'augmentation de la production privée qui fait augmenter la demande de capital d'infrastructure publique. Plusieurs études ont utilisé un test de causalité au sens de Granger pour examiner la direction de la causalité entre l'infrastructure publique et la production. Duffy-Deno et Eberts (1991) ont recueilli des données régionales qui laissent supposer que la causalité va dans les deux sens. Holtz-Eakin (1994) constate un peu d'ambiguïté dans le sens de la causalité. Mais Tatom (1993) fait une série de tests avances-retards qui indique que la causalité pourrait aller davantage dans le sens de la production vers le capital d'infrastructure. Si la causalité va dans les deux sens, alors le recours à des techniques utilisant une fonction de production à une seule équation pour quantifier l'incidence du capital public pourrait produire des coefficients biaisés.

APPROCHE PAR LA FONCTION DE PRODUCTION ET DONNÉES RECUEILLIES AU MOYEN D'UN PANEL

Munnell (1990b) peut être considéré comme le premier ouvrage utilisant des données transversales et des séries chronologique groupées. Plusieurs articles ont par la suite utilisé des données sur le stock de capital privé et public créées par Munnell. Comme il n'y a pas aux États-Unis de données désagrégées par État sur le stock de capital privé ou public, Munnell en a créées selon certaines hypothèses. Par exemple, dans le cas du capital public, l'approche adoptée a consisté à créer une série sur le capital par État à l'aide de données sur l'investissement public annuel par État et des tables d'amortissement et de remboursement du BEA (Bureau of Economic Analysis) et à utiliser cette distribution du capital pour répartir les chiffres totaux sur le capital public produits par le BEA. Munnell spécifie deux fonctions, une fonction Cobb-Douglas et une fonction translog. Les données utilisées concernent 48 États et concernent les années 1970 à 1986. Des élasticités du produit brut par État par rapport au stock de capital public et au stock de capital routier de 0,15 et 0,06, respectivement, ont été obtenues avec la fonction Cobb-Douglas. Les coefficients correspondants obtenus avec la fonction translog sont de 0,16 et 0,04 respectivement. Dans ces modèles, aucun effet fixe ou aléatoire n'est spécifié et les procédures d'estimation semblent être les moindres carrés ordinaires (MCO). Aucune estimation à l'aide des différences premières n'est faite. Les données groupées étant organisées d'une manière inhabituelle (Munnell prend d'abord les observations se rapportant aux 48 États pour une année donnée, puis les observations se rapportant aux 48 États l'année suivante et ainsi de suite), la statistique de Durbin-Watson (DW) n'est pas mesurée correctement, c'est-à-dire qu'on ne peut pas se fier à la valeur de DW d'environ 2 qui est indiquée. S'il y a autocorrélation, les résultats des estimations à l'aide des MCO sont habituellement biaisés. En outre, des effets fixes ou aléatoires doivent être pris en compte quand des données recueillies au moyen d'un panel sont utilisées.

Eisner (1991) reprend les travaux de Munnell (1990b) en utilisant lui aussi des procédures MCO. Premièrement, à l'aide exactement des mêmes hypothèses et spécifications, il obtient des résultats presque identiques à ceux de Munnell (1990b), mais des valeurs de DW très faibles du fait que les données sont réorganisées d'une manière normale (séries chronologiques ou observations annuelles pour chaque État). Toutefois, la relation précédente disparaît dans le

modèle à effet-État fixe et dans le modèle utilisant les différences premières. Il n'y a que dans le modèle à effet-temps fixe que le coefficient associé à l'infrastructure publique est significativement positif. L'auteur conclut, d'une part, que les États qui ont plus de capital ont une plus grande production et, d'autre part, que rien ne montre que les États ayant plus de capital public une année qu'une autre ont une plus grande production l'année où ils ont plus de capital public. Il convient de mentionner que les valeurs de DW sont toutes très faibles dans Eisner (1991), ce qui laisse supposer qu'il existe une corrélation sériale et que celle-ci n'a pas été corrigée. Par conséquent, les résultats obtenus au moyen des MCO ne peuvent pas être pris au sérieux.

À l'aide des mêmes données que Munnell (1990b), Evans et Karras (1994) font une étude plus complète. Dans un premier temps, ils tentent de tenir compte de la corrélation sériale. Ils prétendent que la procédure utilisée dans Munnell (1990) est vraisemblablement mal spécifiée parce que les modèles sont estimés en niveaux et que les données contiennent des tendances stochastiques. Ils estiment plusieurs fonctions Cobb-Douglas spécifiées de façon différente. Premièrement, avec des MCO appliqués aux niveaux, ils obtiennent des élasticités significativement positives. Ils appliquent ensuite encore des MCO aux niveaux mais avec des effets-temps et des effets-État fixes estimés, sans toutefois rien observer qui laisserait supposer une productivité positive du capital gouvernemental. Ces dernières estimations ne doivent cependant pas être prises au sérieux parce que les valeurs de DW sont très faibles. Ensuite, ils tiennent compte de l'autocorrélation, différencient les termes d'erreur, etc., et n'observent rien qui pourrait indiquer une relation positive entre la production et le capital public, mais constatent au contraire que la plupart du temps la relation est négative. Ils laissent supposer que ces résultats seraient toujours biaisés du fait que les coefficients associés au travail sont anormalement élevés. Ils tentent alors une autre approche mais la conclusion demeure la même. Ils font remarquer qu'on pourrait aboutir à une élasticité de la production par rapport au capital gouvernemental élevée et en apparence statistiquement significative si l'on ne tient pas compte des effets fixes. Mais ces résultats seraient trompeurs; tout ce qu'ils feraient serait de refléter le fait que les grands États ont de grands stocks de capital, mais cela ne prouve pas la causalité.

Holtz-Eakin (1994) arrive aux mêmes conclusions qu'Evans et Karras (1994) en utilisant les mêmes données. Premièrement, les résultats qu'il obtient au moyen des MCO font voir des coefficients positifs et statistiquement significatifs. Mais les résultats diffèrent sensiblement

lorsque l'auteur, dans son estimation, spécifie un effet-analyse transversale fixe, des différences entre les termes d'erreur, des composantes aléatoires et des variables instrumentales, etc., c'est-à-dire que le coefficient associé à l'infrastructure publique est essentiellement nul. L'auteur prétend que les résultats précédents, qui permettent de conclure à des effets positifs et grands semblent le fruit d'un cadre économétrique trop restrictif.

Moomaw, Mullen et Williams (1995) estiment une fonction translog en utilisant les données de Munnell (1990), mais ils utilisent des données transversales sur les États à divers points dans le temps (1970, 1980 et 1986) au lieu de données continues dans le temps comme l'ont fait Munnell et d'autres. Ils soutiennent que la fonction translog convient mieux que la fonction Cobb-Douglas du fait qu'elle évite le biais inhérent aux spécifications du type Cobb-Douglas, qui produit la même élasticité constante pour tous les États. La spécification translog permet d'estimer numériquement une élasticité de la production par rapport au capital public par État. Aucun effet-temps ou effet-État fixe n'est saisi dans leur fonction translog; les MCO sont utilisés dans l'estimation. Un coefficient positif et statistiquement significatif est associé au capital public agrégé, mais le coefficient associé au capital routier est négatif, quoique non significatif. En ce qui concerne l'élasticité, ils concluent qu'en général le capital routier et le capital public agrégés contribuent de façon positive à la production des États. Mais l'absence d'effets-État pourrait signifier qu'une relation factice a été estimée.

Duffy-Deno et Eberts (1991) utilisent un système d'équations simultanées pour estimer des données annuelles se rapportant à 28 régions métropolitaines entre 1980 et 1984. Il s'agit de la seule tentative, parmi toutes les études, qui vise à incorporer une causalité allant dans l'autre direction dans les estimations. Les auteurs construisent un modèle simple des effets de l'infrastructure publique locale sur le revenu personnel et de l'effet du revenu personnel sur la répartition des dépenses publiques locales. Les procédures d'estimation utilisées sont les moindres carrés ordinaires et les doubles moindres carrés. Les effets-analyse transversale et les effets-temps fixes sont saisis. Les résultats obtenus révèlent que le stock de capital public a des effets positifs et statistiquement significatifs sur le revenu personnel par habitant, ce qui appuie les résultats obtenus par Munnell.

De nombreuses autres études utilisant des données (régionales) inter-États et des séries chronologiques groupées produisent des résultats qui prêtent à controverse. Barcia-Mila et

McGuire (1992) spécifient une fonction de production régionale qui, en plus du travail et du capital privé, inclut deux intrants publics – les routes et l'éducation. Ils emploient une série de données recueillies au moyen d'un panel composée d'observations annuelles sur les 48 États de 1969 à 1983 pour estimer les coefficients associés aux élasticités par rapport aux intrants dans le cadre d'une spécification qui autorise des différences dans le temps et entre les États. Ils constatent que les routes et l'éducation sont deux intrants qui ont tous les deux un effet positif et significatif sur la production, avec un coefficient estimé pour les routes de 0,045, valeur légèrement inférieure au chiffre produit par Munnell (1990b). Aschauer (1990a), utilisant des données sur les niveaux des États entre 1960 et 1985 et une mesure de la « capacité routière », constate que le stock de routes contribue de façon importante à la croissance économique (avec une élasticité estimée de 0,13). Toutefois, Hulten et Schwab (1992) arrivent à un lien faible entre le capital public et la performance économique dans l'industrie manufacturière.

Plus récemment, Fernald (1999) a évalué le lien entre le capital routier et la productivité au moyen de données ventilées par secteur industriel au lieu de données inter-États. À l'aide d'une fonction de production Cobb-Douglas, il estime la PTF (productivité totale des facteurs) moyenne pour chacune des 29 industries. Il fait ensuite la régression de la variation de la PTF par rapport à une variation du service de stock routier qui incorpore la part moyenne des véhicules représentée par chaque secteur. Au moyen de données industrielles se rapportant aux années 1953 à 1989, il constate que les industries à forte intensité de véhicules profitent d'une manière disproportionnée du capital routier. Premièrement, la baisse de productivité observée après 1973 semble plus forte dans les industries qui représentent une plus grande part de l'ensemble des véhicules. Deuxièmement, quand le nombre de routes augmente, la croissance de la productivité tend à augmenter par rapport à la moyenne des industries à forte intensité de véhicules. L'auteur conclut aussi que les routes sont exceptionnellement productives avant 1973, mais qu'elles ne le sont pas marginalement, ce qui cadre avec des arguments simples en matière de réseau : la construction d'un réseau inter-États pourrait être très productive, mais la construction d'un second réseau pourrait ne pas l'être. De plus, il examine l'importance empirique de la congestion et les résultats qu'il obtient montrent que la congestion ne semble pas importante du point de vue empirique avant 1973, mais qu'elle le devient par la suite.

En plus d'utiliser des données inter-industries ou inter-États, d'autres études (Ford et Poret, 1991; Levine et Renelt, 1992; Canning et Fay, 1993; Taylor-Lewis, 1993; Sanchez-Robles,

1998) examinent des données inter-pays comme Aschauer (1989b) l'avait fait précédemment. Toutefois, comme les études utilisant des données inter-États, leurs résultats appuient plus ou moins les résultats d'Aschauer.

L'utilisation de séries chronologiques groupées et de données transversales ou de données recueillies au moyen d'un panel atténue certains des problèmes rencontrés dans les études faites à l'aide de séries chronologiques agrégées, notamment des élasticités de la production extraordinairement élevées. Comme les données recueillies au moyen d'un panel tirent parti d'une plus grande variation dans le capital d'infrastructure et dans d'autres variables indépendantes aussi bien dans l'espace que dans le temps, les estimations indiquent que l'effet est beaucoup plus faible. Néanmoins, Gramlich (1994) soutient que ces estimations pourraient toujours surestimer l'incidence de l'infrastructure publique en confondant les différences de productivité intrinsèques entre les États et les variations du capital d'infrastructure. Cette approche pose toujours le problème de la causalité. Il n'est pas clair que la causalité agit du capital d'infrastructure vers la production; ce peut facilement être le sens inverse.

Il convient de remarquer que lorsqu'on utilise des données recueillies au moyen d'un panel, ni un modèle à effet fixe (effet-temps fixe, effet-analyse transversale fixe ou effet-temps et effet-analyse transversale fixes combinés), ni un modèle à effet aléatoire ne doit être spécifié. Holtz-Eakin (1994) soutient que les études transversales ou les études fondées sur des données recueillies au moyen d'un panel sont déficientes quand elles ne tiennent pas compte des différences qui existent entre les États au niveau de facteurs tels que le climat, la disponibilité des matières premières, l'emplacement et le territoire. Par conséquent, l'influence moyenne de tout État donné par rapport à un État désigné comme État de référence doit être éliminé en spécifiant un effet-État fixe. De même, un effet-temps fixe élimine l'influence des différences moyennes entre les données d'une année donnée et les données d'une année désignée comme année de référence. Fait intéressant, les résultats indiqués plus haut dans la présente section montrent que si l'on ne tient pas compte de ces effets propres au temps et à l'analyse transversale, le capital public ne semble pas avoir beaucoup d'effet positif sur la production et vice-versa. Par exemple, Munnell (1990b) n'estime pas de modèles à effet fixe ou à effet aléatoire et ses estimations sont donc sujettes à un biais de spécification important.

APPROCHE PAR LA FONCTION DE COÛT

Plus récemment, des chercheurs ont tenté une approche par la fonction de coût en faisant valoir que la fonction de coût est préférable à la fonction de production pour les avantages qu'elle présente sur le plan conceptuel et pour des raisons économétriques. L'approche par la fonction de production est une spécification de la relation entre intrants et extrants qui est purement technique et qui n'a rien à voir avec le comportement. Dans cette approche, les décisions d'optimisation de l'entreprise quant au volume à produire et à la combinaison d'intrants à utiliser dans le processus de production ne sont pas considérées de façon spécifique. Par contre, l'approche par la fonction de coût tient compte de façon explicite du comportement d'optimisation de l'entreprise en considérant les intrants et les extrants comme des variables endogènes, tandis que les prix des intrants — déterminés par le marché et donc considérés comme échappant au contrôle immédiat de l'entreprise — sont les seules variables exogènes. Sans données sur les prix, lesquels prix n'entrent pas dans la fonction de production, il est difficile de dire si un choix efficient a été fait au sujet des divers intrants, en particulier au sujet du capital public. De plus, une analyse basée sur une fonction de coût facilite l'exploration explicite de l'efficacité au plan des coûts. Ce genre d'analyse permet aux chercheurs de déterminer les effets du capital d'infrastructure publique à l'aide d'un « taux de rendement » mesuré exprimé en avantages sur le plan d'une réduction des coûts à un niveau de production donné.

Du point de vue économétrique, l'approche par la fonction de coût permet d'éviter le problème de la multicollinéarité qui pourrait produire des coefficients estimés biaisés du fait que la multicollinéarité pose habituellement un peu plus de problèmes lorsqu'il s'agit de quantités d'intrant que lorsqu'il s'agit de prix des facteurs. Le problème de la causalité, difficile à surmonter dans l'approche par la fonction de production, ne se pose pas dans les approches par la fonction de coût, parce que ce sont les prix des intrants et non pas leurs quantités qui sont exogènes. De même, l'utilisation d'une fonction de coût nous permet d'imposer une homogénéité linéaire aux prix dans nos modèles. L'imposition de telles restrictions, si elles sont raisonnables, équivaut à utiliser des renseignements additionnels quand on fait une estimation et réduit donc la variance des estimateurs. Malheureusement, l'imposition d'une homogénéité linéaire à la fonction de production équivaut à supposer des rendements d'échelle constants.

Il faut toutefois remarquer que les fonctions de coût requièrent qu'on suppose une combinaison optimale des intrants (Oum, Water et Yu, 1998). Bien que discutable, cette situation est plus plausible au niveau de l'entreprise individuelle (micro-données) qu'au niveau des données agrégées ou même au niveau des données ventilées par industrie.

Pour examiner les effets de l'infrastructure publique sur le coût de production dans le secteur privé, une fonction de coût traditionnelle peut être modifiée de manière à inclure le service de l'infrastructure publique. La forme générale de la fonction de coût devient alors :

$$C = C(w, Y, T; H)$$

où C est le coût total; w, le vecteur des prix des intrants privés (habituellement travail, capital privé, matières premières, etc.); Y, la quantité d'extrant; T, une mesure du changement technique; et H, le service de l'infrastructure publique (soit la quantité de stock de capital public).

La valeur fictive (B_h) ou avantages marginaux du capital public peut être obtenue en prenant la négative de la dérivée partielle de la fonction de coût par rapport au capital public H.

$$B_h = -\frac{\partial C}{\partial H}$$

La valeur fictive est l'équivalent du côté des coûts du produit marginal. Elle reflète la réduction des coûts totaux attribuable à un accroissement du stock d'intrants et, donc, l'apport des investissements réalisés dans l'infrastructure publique à la performance économique et à l'efficacité de l'entreprise. La valeur fictive peut être traduite en une mesure de l'élasticité, comme suit :

$$\epsilon_h = B_h \frac{H}{C} = -\frac{\partial \ln C}{\partial \ln H}$$

Du point de vue de l'entreprise, comme les services d'infrastructure public sont fournis de l'extérieur, $B_h > 0$ signifie que les entreprises profitent des hausses du service de l'infrastructure publique. Toutefois, d'un point de vue social, l'investissement dans l'infrastructure n'est clairement pas gratuit. Par conséquent, le taux de rendement social du capital d'infrastructure

publique doit être mesuré par soustraction de ce qu'on appelle le coût social d'utilisation du capital public, w_h , de la valeur fictive B_h , ce qui donne :

$$r_h = B_h - w_h$$

Toutefois, la détermination d'un coût social d'utilisation est une question très compliquée. Pour plus de détails sur le coût social d'utilisation, voir Morrison et Schwartz (1996).

Tous les chercheurs qui ont voulu estimer empiriquement les effets du capital public à l'aide d'une fonction de coût utilisent une forme translog souple d'une fonction de coût, sauf Morrison et Schwarz (1996) et Seitz (1992) qui utilisent plutôt la fonction de coût généralisée de type Leontief. Cette fonction translog est habituellement estimée de concert avec des équations sur le partage des coûts, à l'aide de la méthode de régression sans corrélation apparente (SUR) de Zellner, qui impose des contraintes théoriques. Dans le cas de l'utilisation de données recueillies au moyen d'un panel, des modèles à effet fixe devraient être spécifiés.

Relativement peu d'études sur les effets des investissements réalisés dans l'infrastructure publique utilisent l'approche par la fonction de coût. Les études effectuées après 1989 incluent Conrad et Seitz (1992), Seitz (1992), Shah (1992), Lynde et Richmond (1992, 1993), Nadiri et Manueas (1994, 1996), Morrison et Schwartz (1996), Khanam (1999) etc. Presque toutes ces études portent sur une industrie individuelle donnée, notamment l'industrie manufacturière. Fait intéressant, contrairement aux études utilisant l'approche par la fonction de production, les études utilisant l'approche par la fonction de coût convergent dans une grande mesure vers la même conclusion, selon laquelle l'investissement dans l'infrastructure publique contribue de façon importante à réduire le coût de production dans le secteur privé.

Une étude faite par Keeler et Ying (1988) avant 1989 porte sur les avantages des investissements réalisés dans l'infrastructure routière dans le cadre de l'aide fédérale sur les coûts de l'industrie américaine du transport par camion. À l'aide de données se rapportant à neuf régions de 1950 à 1973, ils constatent que le capital investi dans l'infrastructure routière a amélioré sensiblement la productivité de l'industrie du camionnage. Les avantages des investissements routiers représentés par les économies réalisées au plan du coût des camions sont

très importants, couvrant à eux seuls presque le tiers des coûts en capital du réseau routier bénéficiant de l'aide fédérale entre 1950 et 1973.

Morrison et Schwartz (1996) utilisent une fonction de coûts variables généralisée à la Leontief pour examiner le rôle de l'infrastructure dans la performance de l'industrie manufacturière au niveau des États. La mesure du capital public utilisée dans cette étude inclut les routes, les réseaux d'adduction d'eau et les égouts. L'estimation est faite par région à l'aide d'un modèle à effets fixes et de données annuelles sur les prix et les quantités des extrants et des intrants dans les secteurs manufacturiers des 48 États contigus de 1970 à 1987. Les résultats montrent que la valeur fictive excède zéro dans tous les États et dans toutes les périodes, ce qui indique un produit marginal positif du capital d'infrastructure pour les entreprises qui, toutefois, tend à être plus petit et à avoir une plus faible tendance à la hausse que celui du capital privé. Cela semble indiquer, dans les industries manufacturières, un rendement plus élevé du capital privé et une diminution de la valeur relative du capital public par rapport au capital privé dans le temps. Les chiffres obtenus pour la valeur fictive laissent supposer qu'un investissement de 1 \$ dans l'infrastructure fait économiser environ 0,16 \$ sur les coûts dans la plupart des régions en un an. Toutefois, le taux de rendement social sera positif ou négatif selon le coût social d'utilisation utilisé.

Nadiri et Mamuneas (1994) examinent les effets de l'infrastructure publique et de la R-D publique sur la structure de coûts et la productivité de douze industries manufacturières américaines à deux chiffres entre 1956 et 1986. Ils utilisent la fonction translog et des effets-industrie fixes. D'après les résultats, les effets sur la productivité sont importants, mais varient d'une industrie à une autre. Les auteurs calculent que le taux social de rendement du capital public (d'après les avantages marginaux estimés et le coût social d'utilisation obtenu par déduction) est d'environ 7 pour cent, soit légèrement inférieur au taux de rendement du capital privé qui s'établit à 9 pour cent. Des valeurs fictives positives du capital d'infrastructure publique sont également obtenues dans l'étude de Conrad et Seitz (1992) se rapportant à l'Allemagne, l'étude de Lynde et Richmond (1992) se rapportant au secteur non financier américain, l'étude de Lynde et Richmond (1993) se rapportant au R.-U. et l'étude de Shah (1992) se rapportant au Mexique.

Nadiri et Mamuneas (1996) réalisent une étude plus globale du lien entre le capital routier et la croissance de la productivité en utilisant une approche par la fonction de coût. L'étude en question estime un modèle qui englobe des facteurs de demande et des facteurs d'offre susceptibles d'influer sur la croissance de la productivité des industries et de l'ensemble de l'économie et qui utilise des données sur 35 industries qui couvrent l'ensemble de l'économie américaine pour les années 1950 à 1989. Les auteurs tiennent compte de la possibilité qu'il y ait corrélation factice en estimant un modèle sous forme de différences premières. Une fonction translog souple est utilisée pour permettre l'interaction entre le capital routier et les extrants et les intrants du secteur privé. Aucune restriction à priori, par exemple des rendements d'échelle constants, n'est imposée sur les paramètres de la fonction de coût. La question de la simultanéité est abordée en estimant le modèle au moyen des techniques d'estimation économique appropriées. Des tests d'hypothèse poussés sont aussi effectués pour tester la spécification du modèle et la stabilité de ses résultats. Leur analyse laisse supposer que le stock de capital routier a contribué à l'accroissement de la capacité productive de l'économie.

Nadiri et Mamuneas (1996) ont estimé l'effet du capital routier sur la croissance de la productivité au niveau de l'économie agrégée et au niveau des industries. Au niveau industriel, des fonctions de coût et de demande sont estimées séparément dans chaque industrie et les estimations des paramètres du modèle sont utilisées pour décomposer la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF). Les résultats montrent que l'ordre de grandeur de l'élasticité du coût par rapport au capital routier varie d'une industrie à une autre. Les élasticités du coût vont de $-0,146$ à $-0,220$ dans les industries manufacturières et de $0,02$ à $0,06$ dans les industries non manufacturières. Les avantages marginaux (valeurs fictives) exprimés en termes réels semblent augmenter entre 1950 et 1969, mais diminuer entre 1970 et 1989 dans chaque industrie. Toutes les industries manufacturières affichent des avantages marginaux positifs, le chiffre variant entre $0,002$ et $0,029$. Toutefois, selon le modèle, les investissements routiers semblent avoir un effet négatif sur les industries des services en général. Notamment, un résultat contraire à l'intuition est que le capital routier n'a pas une incidence positive sur le secteur des transports lui-même. L'investissement routier fait même augmenter les coûts dans cette industrie. Ce résultat contraste également avec les résultats obtenus par Keeler et Ying (1988), qui utilisent la même approche par la fonction de coût, et ceux obtenus par Fernald (1999), qui utilise une fonction de production.

Pour calculer l'apport du stock de capital routier à la productivité totale de l'économie agrégée, Nadiri et Mamuneas additionnent les données de chaque industrie pour obtenir le niveau national, puis réestiment les équations de coût et de demande. L'élasticité du coût total est d'environ 0,044. L'élasticité de la production par rapport au capital routier s'établit en moyenne à 0,051 pour l'ensemble de la période. Fait intéressant, à 0,20, l'élasticité de la production par rapport au capital du secteur privé est clairement plus grande que l'élasticité de la production par rapport au capital routier. Le résultat indique qu'une variation d'un pour cent du stock de capital privé contribue presque quatre fois plus à la production économique qu'une variation d'un pour cent du stock de capital routier.

Le taux de rendement social du capital routier total était très élevé dans les années 50 et 60. À 35 % par année environ, il était beaucoup plus élevé que le taux de rendement du capital privé, qui a été en moyenne d'environ 14 % par année au cours de cette période. Toutefois, il a continuellement diminué depuis la fin des années 60 et, en 1989, il dépassait à peine le niveau des taux d'intérêt à long terme. Le taux de rendement moyen estimé pour la période de 1950 à 1989 est de 28 pour cent.

Néanmoins, comme on l'a déjà dit, on peut vraiment se demander si l'approche par la fonction de coût est appropriée au niveau de l'économie agrégée.

ÉTUDES CANADIENNES

Les études analysées plus haut utilisent principalement des données américaines. Toutefois, il y a aussi quelques études fondées sur l'approche par la fonction de production ou sur l'approche par la fonction de coût qui utilisent des données canadiennes, notamment Lynch (1994), Wylie (1995), Khanam (1996, 1999) et Waters (1999). Comme les études américaines, les études canadiennes arrivent à des résultats et à des conclusions contradictoires, à cause, en grande partie, des spécifications économétriques utilisées.

Lynch (1994) estime l'effet du stock de capital gouvernemental investi dans les transports (non pas seulement les routes) sur le produit intérieur brut ou PIB du Canada et de la Colombie-Britannique à l'aide d'une fonction de production Cobb-Douglas. Les données sont des séries chronologiques agrégées pour les années 1966 à 1992. Les autres variables indépendantes sont le capital privé effectif (ajusté par un taux d'utilisation); le stock de capital gouvernemental dans les domaines autres que le transport; et l'emploi. Dans le modèle de la C.-B., le capital gouvernemental investi dans les transports est retardé de deux ans et l'« autre capital gouvernemental », d'un an. L'estimation est faite uniquement sous la forme des différences premières et non pas des niveaux. Cela vise à éviter les problèmes de corrélation factice, mais fait courir le risque d'axer la recherche sur les relations à court terme.

L'élasticité de la production par rapport au capital investi dans les transports est de 0,0784 et de 0,0226 pour le Canada et la C.-B. respectivement. Les ratios t sont de 1,865 et 1,046 respectivement. Autrement dit, les deux valeurs de l'élasticité obtenues ne sont pas significatives. Toutefois, Lynch utilise les valeurs critiques d'un test unilatéral et conclut que la première valeur de l'élasticité est significative à un niveau de confiance de 95 %. Mais, dans ce cas, une valeur critique bilatérale devrait être utilisée. La non-signification des coefficients (test bilatéral) concorde avec les études américaines qui sont justifiées par les « différences premières ». L'élasticité de la production par rapport à « autre capital gouvernemental » est très élevée et statistiquement significative. Un résultat surprenant concerne le coefficient associé au travail, qui est de 0,12066 seulement, dans le modèle canadien, et qui est très peu significatif. Dans le modèle de la C.-B., il est de 0,34439, ce qui n'est pas élevé non plus.

Wylie (1995) spécifie deux modèles pour examiner l'effet de l'infrastructure sur la production et sur la productivité du travail dans le secteur canadien de la production de biens, c'est-à-dire en excluant les services tant publics que privés. Il utilise une fonction de production translog et une équation visant à exprimer la part relative représentée par le travail pour estimer le lien avec la production totale; et il utilise une fonction de production Cobb-Douglas pour estimer le lien avec la productivité du travail. Les données utilisées sont des séries chronologiques agrégées allant de 1946 à 1991. Les variables indépendantes utilisées dans le modèle (translog) de la production sont le travail, le stock de capital direct investi dans le secteur de la production de biens et le stock de capital d'infrastructure fourni par le secteur des services. Le capital d'infrastructure est décomposé encore plus en infrastructure de base, en infrastructure des services et en infrastructure publique dans le modèle de la productivité. Une variable tendance temporelle est introduite dans les deux modèles.

Wylie fait valoir que la spécification appropriée est sous forme de niveaux et non pas sous forme de taux de changement, c'est-à-dire de différences premières. Le flux des biens produits sur une période donnée dépend du stock d'infrastructure que peut obtenir le secteur des biens, ainsi que du stock de capital du secteur même et du flux des services de travail directs dirigé vers le secteur.

Dans le modèle de la production translog, l'infrastructure (publique et privée) se révèle avoir un effet positif et statistiquement significatif sur la production, et le coefficient (0,2477) est plus grand que celui associé au capital privé direct. Le rôle de l'infrastructure publique est spécifié ici. Le coefficient associé au capital privé est positif (0,2126), mais il n'est pas significatif. Un estimateur efficace de Zellner est utilisé dans ce système d'équations de régression sans corrélation apparente (SUR).

Un modèle fondé sur une fonction de production Cobb-Douglas est spécifié dans le but d'examiner l'effet de l'infrastructure publique sur la productivité du travail dans le secteur canadien de la production de biens. Un coefficient de 0,517 pour l'infrastructure (combinée) s'avère significatif et plus grand que le coefficient associé au capital privé, qui s'établit à 0,308. Les coefficients associés à l'infrastructure publique vont de 0,407 à 0,436, mais le capital d'infrastructure privée a un effet négatif, quoique non significatif. Ces résultats ont été obtenus à l'aide des MCO, et Wylie fait remarquer que les résultats obtenus à partir d'une

spécification AR(1) (erreurs autorégressives du premier ordre) ne diffèrent pas des résultats obtenus avec les MCO, de sorte qu'il ne présente que les résultats obtenus au moyen des MCO. Toutefois, les valeurs de DW sont très faibles (de 0,508 à 1,109), ce qui indique qu'il conviendrait mieux de présenter les résultats de la spécification AR(1). Comme il fallait s'y attendre, ses résultats confirment ceux de Aschauer (1989a) et de Munnell (1990a), qui utilisent la même méthode des séries chronologiques agrégées.

Le point primordial ici est la mesure du capital d'infrastructure. L'auteur définit le capital d'infrastructure total comme étant tout le stock de capital investi dans l'ensemble des secteurs producteurs de services, y compris le secteur privé et le secteur public. Ce capital est décomposé encore plus en infrastructure de base, infrastructure des services et infrastructure publique. Il convient de remarquer ici que l'infrastructure « de base » est en fait le stock de capital investi dans les transports, l'entreposage, les communications et l'électricité. Ces industries appartiennent en grande partie au secteur privé et, de façon générale, n'incluent pas les routes. L'infrastructure publique, qui se compose du capital gouvernemental et de « autre capital public », est voisin du capital public au sens on nous l'entendons habituellement. Dans ses régressions, Wylie n'inclut pas toutes les composantes de l'infrastructure, c'est-à-dire qu'il y a toujours quelques composantes qui ne sont pas comprises dans les équations. Cela pourrait produire des estimations biaisées.

Au moyen d'une approche presque identique, Khanam (1999) examine les effets d'un capital d'infrastructure publique mieux défini – c'est-à-dire les effets du capital routier sur la productivité du travail en utilisant une fonction Cobb-Douglas et une fonction translog. Les résultats ne diffèrent pas beaucoup. Par exemple, l'élasticité de la production par rapport au capital routier est de 0,47 (statistiquement significative) dans une fonction Cobb-Douglas sans contraintes.

Un des principaux ouvrages sur l'infrastructure publique et la production au Canada qui utilise l'approche par la fonction de production est celui de Khanam (1996). Elle examine le lien entre le capital routier et la production économique dans le « secteur de la production de biens » de l'économie. Elle estime une fonction de production Cobb-Douglas et une fonction de production translog à l'aide de 10 séries de données provinciales correspondant aux années 1961 à 1994. Beaucoup de problèmes économétriques inévitables ont été spécifiés et testés. Par

exemple, un effet temps fixe et des effets province et temps fixes ont été incorporés dans les modèles. De même, les modèles sont réestimés à l'aide des différences premières pour tester la corrélation factice.

Les principaux résultats obtenus par Khanam au moyen de la série de données recueillies au moyen d'un panel montrent que le lien est beaucoup plus petit et beaucoup plus faible que celui obtenu dans les études faites à l'aide de séries chronologiques agrégées dans Wylie (1995) et Khanam (1999). En ce qui concerne les résultats qu'elle a obtenus avec la fonction Cobb-Douglas, les élasticités vont de 0,09 à 0,17, ce qui est beaucoup plus petit que les chiffres obtenus dans les deux études plus haut. Une relation significative entre le capital routier et la production des secteurs producteurs de biens des provinces est obtenue quand le modèle est corrigé pour tenir compte uniquement de l'autocorrélation et de l'hétéroscédasticité. Autrement dit, un modèle de régression plus simple aboutirait probablement à des résultats qui sembleraient plus solides, mais il serait erroné à cause de la corrélation entre les résidus des régressions d'une année à l'autre. Khanam présente aussi les résultats qu'elle a obtenus en incorporant des variables « auxiliaires » pour le temps, c'est-à-dire des « effets temps fixes ». L'élasticité est d'environ 0,10 mais n'est pas significative. Les coefficients de régression incorporant à la fois des effets temps et province fixes ne sont significatifs qu'au niveau de 10 %. Les élasticités estimées dans le modèle à effet fixe et différences premières sont toutefois tout simplement non significatives. Même si Khanam obtient un effet direct du capital routier sur la production économique très grand et très significatif (coefficient de 0,36) dans la fonction translog, les seconds ordres ne semblent pas nécessaires, du fait qu'aucun d'eux n'est statistiquement significatif.

Khanam (1996) inclut uniquement le capital routier dans les régressions, c'est-à-dire que « autre capital d'infrastructure publique » n'est pas inclus. Cette procédure fait courir le risque d'un biais dû à une variable omise. En outre, elle n'a examiné que l'incidence sur le secteur de la production de biens. Dans son ouvrage, elle ne présente pas les résultats du modèle à effet province fixe qui est très important dans les études utilisant des données recueillies au moyen d'un panel.

Une étude plus complète fondée sur une approche par la fonction de production a été faite par Waters (1999). Les spécifications économétriques ressemblent beaucoup à celles de

Khanam (1996), par exemple effets temps et province fixes et différences premières. En outre, le modèle permet la corrélation contemporaine transversale, c'est-à-dire que les provinces ne sont pas indépendantes les unes des autres. Waters utilise des fonctions Cobb-Douglas et translog pour examiner l'effet du capital routier sur l'ensemble de l'économie des 10 provinces canadiennes de 1961 à 1994 et sur le secteur de la production de biens. De plus, la variable « autre capital public », omise dans Khanam (1996), est incluse dans l'estimation. Les estimations obtenues montrent qu'il n'y a généralement pas de lien significatif entre le capital routier et la production, que ce soit dans l'ensemble de l'économie ou dans le secteur de la production de biens. Souvent les signes sont même négatifs. Ces résultats cadrent avec des études américaines (Eisner, 1991; Evans et Karras, 1994; Holtz-Eakin, 1994) qui utilisent les mêmes modèles économétriques. Ils sont aussi très sensibles à la formulation économétrique des régressions. L'« autre capital public » affiche toujours une élasticité positive et significative, mais le test de causalité laisse supposer que ce serait vraisemblablement lui qui est influencé par la production et non pas le contraire.

En ce qui concerne les études qui utilisent l'approche par la fonction de coût, une seule tentative est faite selon cette approche au Canada (Khanam, 1999). Il s'agit d'une continuation des travaux que Khanam avait faits en 1996 à l'aide d'une fonction de production. La méthode utilisée suit celle adoptée aux États-Unis dans des ouvrages comme ceux de Morrison et Schwartz (1996) et Nadiri et Mamuneas (1994). Elle estime une fonction de coût translog pour examiner l'incidence, sur le plan de la réduction des coûts, du capital routier dans le secteur de la production de biens entre 1961 et 1994. D'après les résultats obtenus, les services du capital routier diminuent les coûts dans le secteur. Les élasticités du coût vont de 0,07 à 0,22, ce qui laisse supposer de grands avantages, en termes de réduction des coûts, de l'ajout d'unités additionnelles de capital d'infrastructure routière.

RÉSUMÉ ET CONSÉQUENCES POUR LES POLITIQUES À ADOPTER

Beaucoup de capital a été investi dans l'infrastructure publique au Canada et aux États-Unis dans les années 50 et 60, notamment dans l'infrastructure routière, qui est la principale composante du capital public. Toutefois, une baisse marquée des investissements d'infrastructure a été observée au début des années 70 et à nouveau au début des années 80. Il s'agit de périodes où l'économie a fait piètre figure et où la productivité a beaucoup diminué. La possibilité d'un lien entre les investissements réalisés dans l'infrastructure et la performance économique a d'abord été étudiée par Aschauer, puis par Munnell, à l'aide de données de séries chronologiques agrégées. Toutefois, il est probable que ces estimations ont surestimé l'ordre de grandeur des effets des investissements réalisés dans l'infrastructure publique sur la production du secteur privé et la croissance de la productivité. De même, il n'est pas logique que les investissements en capital public aient beaucoup plus d'effet sur la production du secteur privé que les investissements en capital privé.

Des études subséquentes basées sur des données transversales et des séries chronologiques groupées révèlent un apport plus petit et plus faible des investissements d'infrastructure publique et indiquent que la composition du capital d'infrastructure compte; certains types d'infrastructure (par exemple l'infrastructure de base — routes, réseaux d'adduction d'eau et d'égouts, etc.) pourraient avoir une plus grande incidence que d'autres.

Les études qui allient des données de séries chronologiques et des données recueillies au moyen d'un panel et une approche par la fonction de production posent de graves problèmes. Une corrélation factice (non-stationnarité) produit facilement des coefficients élevés et statistiquement significatifs entre le capital d'infrastructure et la production économique. Les tentatives visant à éliminer la non-stationnarité en utilisant des différences premières font toutefois courir le risque de concentrer l'analyse sur la relation à court terme entre ces deux variables, ce qui n'est pas l'objet premier des études. En outre, le sens de la causalité n'est pas clair. L'estimation donne-t-elle à penser que la croissance économique est engendrée par les investissements dans l'infrastructure ou, au contraire, qu'une région produisant plus ou qu'une économie en croissance rapide peut se permettre d'investir davantage dans l'infrastructure?

Notre revue montre que les résultats estimés dépendent beaucoup de la formulation économétrique. Les spécifications économétriques plus simples produisent toujours des estimations plus grandes et statistiquement significatives, tandis que dans les régressions compliquées ces estimations sont beaucoup plus petites et beaucoup plus faibles.

L'approche par la fonction de coût semble mieux convenir à cette analyse, parce qu'elle présente de nombreux avantages d'ordre économétrique et conceptuel par opposition à l'approche par la fonction de production. Fait intéressant, on remarque une certaine convergence dans les conclusions tirées au sujet de la relation entre le capital d'infrastructure publique et la croissance de la productivité dans les études fondées sur l'approche par la fonction de coût. Les résultats obtenus à l'aide de cette approche laissent supposer que les investissements dans l'infrastructure contribuent de façon marquée à la croissance de la production, à des réductions des coûts et à des hausses de la profitabilité, même si l'apport est beaucoup plus petit, mais probablement plus raisonnable, que celui révélé par certaines études fondées sur la fonction de production. Ces apports sont aussi plus petits que ceux du capital privé dans la plupart des études. Toutefois, ces résultats reposent en grande partie sur les industries manufacturières. Quand on tente de les étendre à l'ensemble de l'économie, leurs fondements théoriques sont discutables.

Les résultats obtenus par les études utilisant des données canadiennes font voir à peu près le même profil que les études américaines. Les études utilisant des séries de données chronologiques agrégées indiquent, par rapport au capital public ou au capital routier, une élasticité de la productivité de l'ordre de 0,40. Selon les différences premières, cette élasticité est réduite à 0,08 à peine et elle est statistiquement très peu significative. Les études fondées sur des données recueillies au moyen d'un panel et sur des formulations économétriques plus sophistiquées ne vont même pas dans le sens de l'argument selon lequel le capital d'infrastructure contribue de façon significative à la croissance économique. Toutefois, l'approche par la fonction de coût montre qu'une telle relation existe, bien que l'ordre de grandeur soit beaucoup plus petit (l'élasticité du coût va de 0,07 à 0,22).

S'agissant des conséquences sur les politiques à adopter, le fait que les résultats des études que nous avons passées en revue soient controversés donne matière à réflexion. Les études fondées sur l'approche par la fonction de coût montre que l'infrastructure routière

rapporte beaucoup. Cela signifie-t-il que l'infrastructure est insuffisante et qu'il faut investir plus? Toutefois, ces études indiquent aussi que le rendement du capital privé excède le rendement du capital public. Autrement dit, comme Gillen (1996) le soutient, le fait que le capital public ait un rendement positif n'en fait pas nécessairement un choix optimal.

Si le capital investi dans l'infrastructure contribue peu ou pas à la croissance de la productivité, comme le montrent de nombreuses études combinant des données transversales et des séries chronologiques agrégées avec des formulations économétriques plus compliquées, cela signifie-t-il que la fourniture de réseaux routiers, de ponts, de réseaux d'adduction d'eau, etc., ne joue aucun rôle dans la croissance économique? De toute évidence, ce serait aller contre le bon sens de prétendre le contraire. Une possibilité est que la mesure de la production (par exemple le PNB) n'inclut pas de valeurs non marchandes et que dans bien des cas les ajouts à l'infrastructure procurent à la société ce genre d'avantages non marchands. Comme Blinder (1991) le fait observer : « Si ma voiture et mon dos subissent moins de coups causés par les nids de poule, ils ne s'en porteront que mieux, mais le PNB pourrait même diminuer s'il y a moins de voitures à réparer et moins d'honoraires de médecins à payer ».

Certains prétendent (Fox, 1990) que le stock de capital ne serait pas une mesure précise des services d'infrastructure. Cela veut dire que les résultats obtenus dans les études qui utilisent le stock de capital d'infrastructure comme mesure des services de l'infrastructure ne reflètent pas nécessairement les vrais effets. Les politiques devraient donc être axées sur les mesures de gestion telles que celles qui favorisent la conception, l'utilisation et la gestion efficaces de l'infrastructure des transports, susceptibles de faire augmenter sensiblement le flux des services d'infrastructure sans nécessairement augmenter le stock d'infrastructure.

Pour conclure, deux ensembles de politiques pourraient être examinés en même temps. On pourrait, d'une part, examiner spécifiquement la qualité des services et l'utilisation potentielle de l'infrastructure des transports existante et, d'autre part, déterminer les besoins futurs en capital à investir dans l'infrastructure des transports par rapport à la croissance potentielle de l'économie et à la distribution spatiale des activités économiques.

Toutefois, il convient de remarquer que les études macro-économiques ne visent pas à servir de guide pour les décisions individuelles en matière d'investissement dans l'infrastructure

des transports. Les décisions de ce genre requièrent des outils micro-économiques, par exemple une analyse avantages-coûts sociaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Aaron, H.J. (1990), "Discussion" dans A. H. Munnell (éd.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment*, Federal Reserve Bank of Boston.
- Aschauer, D. A.(1989a), "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- Aschauer, D. A. (1989b), "Does Public Capital Crowd Out Private Capital?", *Journal of Monetary Economics*, 24, 171-188.
- Aschauer, D.A. (1989c), "Public Investment and Productivity Growth in the Group of Seven", *Economic Perspectives*, 13(5), 17-25.
- Aschauer, D.A. (1990a), "Highway Capacity and Economic Growth", *Economic Perspectives*, vol. 14, n° 5 4-24.
- Aschauer, D.A. (1990b), *Public Investment and Private Sector Growth*. Washington, D.C.: Economic Policy Institute, 1990.
- Blinder, A. S. (1990), "Discussion" dans A. H. Munnell (éd.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment*, Federal Reserve Bank of Boston.
- Canning, D. et M. Fay (1993), "The Effect of Transportation Networks on Economic Growth." Columbia University, miméo, mai 1993.
- Duffy-Deno, K. T. et R. W. Eberts (1991), "Public Infrastructure and Regional Economic Development: A Simultaneous Equations Approach", *Journal of Urban Economics*, vol. 30, 329-343.
- Eisner, R. (1991), "Infrastructure and Regional Economic Performance", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, sept./oct., 47-58.
- Evans, P. et G. Karras (1994), "Are Government Activities Productive? Evidence from a Panel of U.S. States", *Review of Economics and Statistics*, 76, 1-11.
- Fernald, J. G. (1999), "Roads to Prosperity? Assessing the Link Between Public Capital and Productivity", *The American Economic Review*, 619-638.
- Ford, R. et P. Poret, "Infrastructure and Private Sector Productivity," OCDE, Working Paper 91, janvier 1991.
- Fox, W.F. (1990), "The Contribution of Infrastructure Investments to Growth: A Review of the Literature", Faculty of Economics, the University of Tennessee, Memphis, États-Unis.
- Garcia-Mila, T. et T.J. McGuire (1992), "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies", *Regional Sciences and Urban Economics*, 22, 229-241.

- Gillen, D.W. (1996), "Transportation Infrastructure and Economic Development: A Review of Recent Literature", *Logistics and Transportation Review*, vol. 32, n° 1, 39-62.
- Gramlich, E. M. (1994), "Infrastructure Investment: A Review Essay", *Journal of Economic Literature*, vol. 32, 1176-1196.
- Harmatuck, J. (1996), "The Influence of Transportation Infrastructure on Economics Development", *Logistics and Transportation Review*, vol. 32, n° 1, mars, 63-76.
- Holleyman, C. (1996), "Industry Studies of the Relationship Between Highway Infrastructure Investment and Productivity", *Logistics and Transportation Review*, vol. 32, n° 1, mars, 93-117.
- Holtz-Eakin, D., (1994), "Public Sector Capital and Productivity Puzzle", *Review of Economics and Statistics*, 574-582.
- Hulten, C. R. et R.M. Schwab (1991), "Public Capital Formation and the Growth of Regional Manufacturing Industries", *National Tax Journal*; 44(4), décembre 1991, 121-134.
- Hulten, C. R. et R.M. Schwab (1993), "Infrastructure Spending: Where Do We Go from Here?", *National Tax Journal*, 46(3), septembre 1993, 261-73.
- Keeler, T. et J. Ying, (1988), "Measuring the Benefits of a Large Public Investment: The Case of the U.S. Federal -Aid Highway System", *Journal of Public Economics*, 36, 69-85.
- Khanam, B. R. (1996), "Highway Infrastructure Capital and Productivity Growth: Evidence from the Canadian Goods-Producing Sector", *Logistics and Transportation Review*, vol. 32, n° 1, 251-268.
- Khanam, B. (1999), "Contributions of Highway Capital to Output, Cost, and Productivity Growth: Evidence from the Canadian Goods-producing Sector", thèse de doctorat, Université York, Ontario, Canada.
- Levine, R. et D. Renelt (1992), "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions," *American Economic Review*, 82(5), septembre 1992, 942-963.
- Lynch, M. (1994), "Applied Economics: Linking Transportation Policy and Economic Growth", document présenté à la 29e conférence annuelle du Groupe de recherches sur les transports au Canada, Victoria, C.-B., mai 1994.
- Lynde, C. et J. Richmond (1992), "The Role of Public Capital in Production", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 74, n° 1, 37-43.
- Lynde, C. et J. Richmond (1993), "Public Capital and Long-Run Cost in U.K. Manufacturing", *The Economic Journal*, 103, 880-893.
- Moomaw, R., Mullen, J. et Williams, M. (1995), "The Interregional Impact of Infrastructure Capital", *Southern Economic Journal*, 830-848.

- Morrison, C.J. et A.E. Schwartz (1996), "State Infrastructure and Productive Performance", *The American Economic Review*, vol. 86, n° 5, déc., 1095-1111.
- Munnell, A. H. (1990a), "Why Has Productivity Declined? Productivity and Public Investment", *New England Economic Review*, janv./fév., 3-22.
- Munnell, A. H. (1990b), "How does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance", *New England Economic Review*, sept./oct., 11-32.
- Munnell, A.H. (1992), "Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 6, n° 4, automne, 189-198.
- Nadiri, M.I. et Mamuneas, T.P., (1994), "The Effect of Public Infrastructure and R & D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 76 (1), 1994, 22-37.
- Nadiri, M.I. et Mamuneas, T.P., (1996), "Highway Capital and Productivity Growth", Eno Transportation Foundations, Inc. Lansdown, VA, U.S..
- Oum, T.H., W.G. Waters et Chunyan Yu, (1998), "Development of an Econometric Model Linking Public Transportation Investments to Economic Growth in British Columbia", Centre for Transportation Studies, Université de Colombie-Britannique.
- Sanchez-Robles, B. (1998), "Infrastructure Investment and Growth: Some Empirical Evidence", *Contemporary Economic Policy*, vol. 16, n° 1, 98-108.
- Shah, A. (1992), "Dynamics of Public Infrastructure, Industrial Productivity and Profitability", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 74, n° 1, 28-35.
- Tatom, J.A. (1993), "Paved With Good Intentions: The Mythical National Infrastructure Crisis." Policy Analysis, Cato Institute, 12 août 1993.
- Tatom, J.A. (1991), "Public Capital and Private Sector Performance," *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, mai/juin, 3-15.
- Taylor-Lewis, R. (1993), "The Role of Infrastructure in Productivity and Output Growth: A Case Study of the Group of Seven.", thèse de doctorat non publiée, College Park, MD: University of Maryland, 1993.
- Wylie, P., (1995), "Infrastructure and Canadian Economic Growth 1946-1991", *Canadian Business Economics*, vol. 3, n° 2, 40-52.
- Waters, W.G. II (1999) "Empirical Analysis of Public Infrastructure Capital and Economic Growth – British Columbia and Cross-Provincial estimates", Vancouver, Centre for Transportation Studies, Université de Colombie-Britannique, 31 décembre 1999.