

GREDI

Groupe de Recherche en Économie
et Développement International



Cahier de Recherche / Working Paper
15-06

Impact de productivité des infrastructures : Une application au Québec

Dorothée BOCCANFUSO
Marcelin JOANIS
Mathieu PAQUET
Luc SAVARD



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Impact de productivité des infrastructures: Une application au Québec

Dorothée Boccanfuso* Marcelin Joanis, Mathieu Paquet et Luc Savard

Juin 2014

Résumé:

Depuis les travaux d'Aschauer (1989a), et Munnell (1990a), de nombreux travaux ont tenté d'établir et de mesurer la relation entre les dépenses publiques en infrastructures et la productivité des secteurs d'activité ou la croissance économique. Ce rapport fait d'abord une revue de littérature des différentes méthodes d'estimation employées depuis le début des années 1990. Nous présentons l'approche utilisée pour l'estimation à savoir l'approche duale proposée par Harchaoui et Tarkhani (2003) et appliquée à l'économie canadienne. Notre estimation a été réalisée sur les données de l'économie québécoise afin de mesurer la contribution du capital public à la croissance sectorielle de l'économie québécoise pour la période 1997-2002. Nos résultats confirment un rôle positif et significatif du capital public mais avec des amplitudes différentes de celles trouvés par Harchaoui et Tarkhani (2003).

KeyWords: Infrastructure, investissement, croissance, productivité

JEL codes: C1, C4, H4, O4

* GREDEI, Department of economics, Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.

1- Introduction

Au cours des deux dernières décennies, la question du rôle productif du capital public (routes, autoroutes, etc.) a connu un regain d'intérêt grâce, d'une part, aux travaux des théoriciens de la croissance et, d'autre part, à un foisonnement d'études empiriques. Tandis que Barro (1990) développait son modèle de croissance endogène avec dépenses publiques productives, Aschauer (1989a) était à l'origine d'une controverse importante sur la productivité du capital public.

Barro (1990) montre que les dépenses publiques productives assimilées au capital public d'infrastructures peuvent jouer un rôle moteur dans un processus de croissance auto-entretenu. Il ouvre ainsi la voie à une série de contributions théoriques visant à établir l'effet des infrastructures publiques sur la productivité et la croissance de long terme, dans une perspective de croissance endogène. Mais s'il existe aujourd'hui un consensus relatif parmi les économistes quant à la pertinence de tenir compte du stock de capital public dans l'analyse du processus de production, il n'en va pas de même quant à la validation empirique de ces effets.

Cet article vise à estimer la contribution du capital public à la croissance sectorielle pour l'économie québécoise. L'intérêt de ces estimations se situe à deux niveaux. D'abord, l'estimation de la contribution du capital public permettra d'observer si les résultats sont similaires à ceux obtenus pour le Canada et d'apporter un éclairage sur l'ampleur de l'impact productif des infrastructures. Ceci est particulièrement intéressant considérant les investissements massifs du gouvernement du Québec en infrastructures effectués au cours des dernières années. Ensuite, les estimations pourront être incluses dans une modélisation de l'économie québécoise en modèle d'équilibre général calculable afin de permettre une modélisation plus réaliste de l'économie. Puisque les modèles d'équilibre général calculables produisent des résultats qui tiennent compte des effets de rétroaction, l'inclusion d'une externalité de production pourrait influencer sur les résultats de simulations et ainsi fournir un outil d'analyse de politiques publiques d'autant plus adéquat.

Dans la première partie nous passons en revue les différentes méthodes d'estimations utilisées pour capter les effets du capital public sur la croissance. Après la

présentation des problèmes de définitions du capital public, nous décrivons les méthodes d'estimations primale, duale et non-paramétrique et nous présentons le rôle des infrastructures dans les modèles d'équilibre général calculable. Dans la section subséquente, nous décrivons la méthodologie utilisée pour estimer la contribution à la croissance québécoise et nous complétons ensuite avec l'analyse des résultats avant de conclure.

2-Revue de littérature

a) La définition du capital public

L'évaluation de la contribution du capital public au produit intérieur brut (PIB) comporte différents défis. Le premier étant une spécification adéquate de ce que constitue le capital public. D'emblée, définir le capital public uniquement en fonction de sa propriété conduit à un amalgame d'infrastructures dont l'hétérogénéité du caractère productif est indéniable. Par exemple, il semble douteux que la construction d'une autoroute et la construction d'un musée revêtent le même caractère productif. Gramlich (1994) voit dans cette définition axée sur la propriété, l'origine de la confusion qui entoure les notions de capital d'infrastructure et le capital public. Bom et Ligthart (2009) définissent le capital public comme étant composé d'un noyau d'infrastructures regroupant les routes, les autoroutes, les aéroports et les services publics comme les égouts et les centres hospitaliers, les institutions scolaires et les autres édifices publics. Ces auteurs avancent que c'est ce noyau d'infrastructures qui devrait être considéré comme étant productif¹.

Outre le problème inhérent à la définition ainsi qu'à ce qui constitue le capital public, le niveau de consolidation ou la désagrégation des stocks de capital public constitue une problématique particulière. Ces éléments contribuent au manque de consensus quant au rôle de la productivité du capital public. Certains comme Aschauer (1989a) et Harchaoui et Tarkhani (2003) utilisent des stocks de capital public agrégé au niveau national, ce qui n'est pas sans incidence sur l'implication que leurs résultats peuvent avoir sur les politiques publiques. Certaines régions peuvent avoir un stock d'infrastructures public plus proche du stock optimal que d'autres, ce qui influence l'apport marginal de l'investissement planifié par les décideurs publics. Prud'homme (1996) a justement incorporé cette dimension dans son modèle en séparant la France en vingt régions et en estimant le stock de capital régional public et privé ainsi que l'offre de main-d'œuvre de la région. Il trouve que la densité du stock de capital de chaque région en fonction de la superficie de la région desservie par ce

¹ Ces auteurs s'appuient sur les estimés d'Aschauer (1989a) pour la période 1949-1985.

stock de capital est un facteur explicatif important des disparités régionales en ce qui a trait à la productivité du capital public.

La littérature existante est hétéroclite quant aux définitions du capital public. Il appert cependant raisonnable de circonscrire l'analyse aux infrastructures possédant un caractère potentiellement plus productif comme le noyau d'infrastructures mentionné précédemment.

b) Enjeux entourant le capital public

L'existence et l'ampleur des externalités positives associées au capital public sont particulièrement importantes en matière de politiques publiques. Que le capital public contribue à la croissance au-delà de l'activité économique initiale qu'il génère, en fait un outil de gestion macroéconomique. Déjà, la combinaison de l'approche keynésienne et des travaux théoriques et empiriques du début des années 90 incitent les gouvernements à utiliser, entre autres, les investissements en infrastructures pour stimuler l'économie lorsque celle-ci est en récession. Or, l'utilisation d'investissements en infrastructures pourrait s'avérer un outil efficace pour lutter contre la maladie hollandaise. Cette dernière survient lorsque l'essor d'un secteur exportateur, notamment le secteur des ressources naturelles, conduit à une appréciation du taux de change réel (Adam et Bevan, 2006). Cette appréciation du taux de change réel diminue la compétitivité de l'ensemble des firmes exportatrices du reste de l'économie, et par conséquent, cette appréciation affecte négativement le niveau de production du reste des secteurs de l'économie.

L'externalité directe de production que nous venons de décrire n'est pas la seule externalité que crée le capital public. Des dépenses en infrastructures de transport peuvent influencer non seulement la productivité des firmes, mais aussi l'offre de travail à travers leur interaction avec la congestion à laquelle les utilisateurs du système routier doivent être confrontés. Un système routier efficace contribue à la compétitivité des marchés et diminue les coûts de transport. Or, les coûts de congestion, qui incluent le temps perdu, le carburant brûlé dans le trafic et le stress, peuvent s'avérer considérables. Frank et Sumpf (1997) estiment d'ailleurs à 100 milliards de dollars les coûts de congestion annuels en Allemagne. Afin de réduire les coûts de congestion, le gouvernement peut investir dans les

infrastructures routières, ce qui augmente la productivité de la firme. Conrad et Heng (2001) trouvent qu'une augmentation des dépenses en infrastructures de 7,5 milliards d'euros financées par une taxe sur le carburant en Allemagne génère des économies de 15,5 milliards d'euros sur une période de 10 ans.

Toutefois, le capital public interagit avec l'économie bien au-delà de ces externalités décrites ci-dessus. Dans un premier temps, un débat entoure le lien qui unit le capital privé avec le capital public, notamment quant au rôle que le capital public joue dans les décisions d'investissement en capital privé. Ainsi, en contexte de plein emploi, l'approche néo-classique suggère que le financement public d'investissement en infrastructures à travers une fiscalité accrue ou par l'endettement augmentera la demande pour les biens et services, ce qui réduira l'épargne, augmentera le taux d'intérêt et évincera l'investissement privé (Ahmed et Miller, 2000). Cet effet d'éviction est toutefois rejeté par certains auteurs (Berg et autres 2007; Li et Rowe 2007; Mongardini et Rayner 2009). Selon l'approche keynésienne, les ressources ne sont pas pleinement utilisées et par conséquent, une augmentation d'investissement en capital public d'infrastructure n'évincera pas les investissements privés mais jouera plutôt un rôle complémentaire à ceux-ci. Ainsi, la demande d'investissement privé augmente en raison de l'augmentation de la productivité marginale du capital privé causée par les investissements publics (Dumont et Mesplé-Somps, 2000). Faini (1994) conclue justement à l'existence d'un effet de complémentarité entre les investissements privés et publics pour un échantillon de quinze pays pour la période de 1980-1990.

Enfin, la création de nouvelles infrastructures implique un coût additionnel de maintien et d'opération pour l'État. Afin de statuer sur l'étendue de ces coûts, Fay et Yepes (2003) ont évalué les besoins en infrastructures ainsi que les coûts d'opération et maintenance associés aux infrastructures pour 113 pays pour la période de 2000-2010. Ils concluent que la création de nouvelles infrastructures induit un coût moyen d'entretien et d'opération équivalent à 2,7% du PIB de ces pays. Ainsi, le mode de financement des projets d'infrastructure ainsi que ces coûts d'entretien et d'opération implique que la méthode d'analyse des projets devrait prendre en considération une période de temps plus grande que la période à laquelle survient l'investissement initial.

Les enjeux entourant le capital public exigent une spécification adéquate, non seulement en ce qui concerne le capital public, mais aussi pour l'ensemble des effets du capital public sur l'économie à travers ses interactions avec les agents économiques.

c) Estimation des coefficients d'élasticité

i) forme primale

Le caractère productif des dépenses publiques a d'abord été traité sous une forme primale, c'est-à-dire à travers la fonction de production. Barro (1990) a élaboré un modèle dans lequel la production est fonction de l'intensité capitaliste et des dépenses gouvernementales. Dans ce modèle, où les dépenses publiques sont financées entièrement par les impôts, le niveau optimal des dépenses publiques s'obtient lorsque le taux d'imposition induit par le niveau de dépenses publiques choisi est égal à la productivité de ces dépenses. Hurlin (1999) note qu'une des principales limites de ce type de modèle est qu'il n'intègre pas de dimension de stock de capital. Il affirme aussi qu'il est raisonnable de penser que les effets productifs ne sont pas tant le résultat d'un flux de dépenses d'investissements que l'effet que produisent les équipements mis en place.

Dans la même veine, Aschauer (1989a) a avancé une fonction de production qui inclut le stock de capital public (eq. 1).

$$(1) Y_t = A_t * f(N_t, K_t, G_t)$$

où, Y_t est la production, (A_t) une mesure de productivité ou la technologie, (N_t) la main d'œuvre agrégée, (K_t) le stock de capital privé agrégé et (G_t) le stock de capital public. En supposant une fonction de type Cobb-Douglas et le passage logarithmique de la fonction, ce qui permet à la fonction de devenir linéaire et d'être estimée, les coefficients a , b et c de l'équation 2 représentent l'élasticité de production des intrants, soit le capital privé, le travail et le capital public.

$$(2) \ln Y_t = \ln A_t + a * \ln N_t + b * \ln K_t + c * \ln G_t$$

Les estimés des paramètres d'élasticité par Aschauer (1989a) permettent de montrer que les dépenses publiques en capital ont plus d'impact sur le PIB que les autres variables, avec une élasticité de production par rapport aux dépenses publiques de capital (c) égale à 0,39. De toute évidence, une élasticité aussi élevée ne pouvait que susciter des critiques. Munnell (1992) souligne qu'il est peu crédible que le rendement sur le capital public soit

le paramètre le plus élevé de la fonction de production devant la main-d'œuvre et le capital privé. Selon lui, que le capital public ait un impact plus élevé que le capital privé sur la production s'avère déroutant surtout en considérant que plusieurs des bénéfices des investissements publics ne sont pas captés par le PIB. En ré-estimant l'apport du capital public à la production nationale américaine, il trouve une élasticité de production par rapport au capital public positive mais plus faible (0,15). Bien que Munnell (1990a) reprenne la méthodologie d'Aschauer (1989a) en introduisant le capital public comme facteur de production dans l'équation de production de la firme, la période considérée diffère. Munnell (1990a) préfère se concentrer sur la période 1970-1986 alors qu'Aschauer (1989a) prend une plus longue période, soit 1949-1985. Ainsi, Munnell (1990a) exclue la période d'après-guerre, caractérisée par une forte croissance, notamment en raison du rattrapage technologique, du plan Marshall et de l'inflation peu contrôlée. L'exclusion de cette période offre une plus grande cohérence entre les données analysées et une application contemporaine des résultats de ces estimations. La différence au niveau des données utilisées peut expliquer l'écart entre les deux études. Munnell (1990a) entreprend également d'évaluer cette élasticité en supposant qu'il existe un effet d'éviction entre le capital public et le capital privé, ce qui induit des élasticités plus élevées situées entre 0,33 et 0,41. Nous présentons une synthèse des résultats d'estimations effectuées dans les années 1990 (Tableau 1). Nous constatons qu'il y a une grande variabilité au niveau des résultats de ces estimations.

Tableau 1 : Estimations des élasticités de l'output par rapport au stock d'infrastructures

Études	Pays	Niveau d'analyse	Infrastructures considérées	Élasticité de Y par rapport à l'infrastructure
Aschauer (1989b)	É-U	National	Capital public	0,39 à 0,56
Munnell (1990a)	É-U	National	Capital public	0,33 à 0,41
Munnell (1990b)	É-U	États	Capital routier	0,15
Hulten et Schwabb (1991)	É-U	National	Capital public	0,02 à 0,42**
Tatom (1991)	É-U	États	Capital public	0,15***
Garcia-Mila et McGuire (1992)	É-U	États	Capital routier*	0,04 à 0,045
Khanam (1996)	Canada	National	Capital routier	0,24 à 0,46
Khanam (1996)	Canada	Province	Capital routier	0,08 à 0,12

*Autoroutes

**Relations statistiquement non-significatives

***Coefficient statistiquement non-significatif

La plupart des études trouve une élasticité positive du capital public par rapport à la production. Toutefois, Hulten et Schwab (1991) ne trouvent pas de lien statistiquement significatif entre la croissance de la productivité et la croissance du stock de capital public. Similairement, Tatom (1991) obtient des coefficients statistiquement non-significatifs en raison de la non-stationnarité de ses variables. D'ailleurs, Tatom (1991) critique la méthodologie utilisée par Aschauer (1989a) et Munnell (1990a) et invoque trois raisons pour soutenir son argumentation à l'égard de leurs résultats. D'abord, l'exclusion de certaines variables comme le prix de l'énergie dans l'explication de la productivité pourrait induire l'attribution de perte de productivité reliée au secteur de l'énergie plutôt qu'à une baisse dans la croissance du capital public. Ensuite, les variables utilisées n'intègrent pas les tendances temporelles. Ces tendances temporelles étant censées contrôler les changements technologiques, ce qui peut biaiser les valeurs des coefficients estimés, surtout ceux qui seraient corrélés avec la variable omise. Enfin, il invoque que certaines des variables ne sont pas stationnaires, ce qui peut fausser les estimations des élasticités. Tatom (1991) et Berndt et Hanson (1992) mettent aussi en évidence les problèmes de simultanéité dans l'approche primale utilisée par Aschauer (1989a) et Munnell (1990a).

Garcia-Mila et McGuire (1992) incluent comme facteurs de production les variables éducation et autoroutes. Les autoroutes étant considérées comme une

approximation du capital routier, ils constatent des élasticités plutôt faibles à 0,04 et 0,045 selon la régression effectuée.

Dans l'ensemble, la plupart des études utilisant l'approche primale confirme l'apport positif du capital public à la production, malgré que les élasticités estimées varient grandement. Bien que d'autres approches viennent palier certaines lacunes de la méthode d'estimation primale comme nous le traitons dans les prochaines sections, le principal avantage de l'approche primale réside dans le peu de données nécessaires à l'estimation de la fonction de production.

ii) Approche duale

Alors que l'approche primale permet d'estimer uniquement la fonction de production pour déduire l'apport du capital public au niveau de production dans l'économie, l'approche duale intègre l'estimation des fonctions de coûts de la firme. En effet, les prix des facteurs de production sont des variables explicatives dans les fonctions de coût et que ces dernières sont plus susceptibles d'être exogènes que les variables utilisées pour expliquer la fonction de production. Selon McDonald (2008), l'utilisation de la fonction de coût pour estimer l'apport du capital à la production est plus pertinente. Ceci repose sur la logique que la productivité s'améliore en raison de son effet sur les facteurs de production. L'approche duale propose de passer de la structure de production à une fonction de coût contrainte, laquelle peut être estimée si suffisamment de données sur les prix des facteurs sont disponibles. Ainsi, en considérant une fonction de production similaire à l'équation (1) et une fonction de coût tel que

$$(3) C = f(w, Y, G)$$

où w représente un vecteur de prix des facteurs de production, Y la production et G le stock de capital public. Il est possible de déduire une fonction de coût optimale en minimisant cette fonction de coût. Étant donné que l'aspect productif des infrastructures publiques change le coût unitaire de produire et par conséquent la production, il est possible de déduire les équations de demande des facteurs de production avec l'estimation de la fonction de coût. Ainsi, l'approche duale permet de capter l'effet d'éviction ou de complémentarité entre l'investissement privé et l'investissement public. Les variations dans

les demandes d'intrants, notamment la demande pour le capital privé, permettront d'observer s'il existe un effet d'éviction ou de complémentarité.

Si l'approche duale inclut aussi l'estimation des fonctions de demande de la firme, il est alors possible d'estimer la productivité multifactorielle (PMF). Celle-ci représente la part de la productivité qui n'est pas expliquée par la productivité des intrants (Gu et McDonald, 2009). Elle est mesurée par la différence entre la croissance de la production et l'augmentation de la production qui aurait dû être observée suite à l'augmentation d'une certaine quantité d'intrants (Baldwin et Wu, 2009). Ainsi,

$$(4) PMF = \Delta Y - \Delta Y_e = \Delta Y - F(\Delta I)$$

où Y est encore la production, Y_e est la production que l'on se serait attendu d'observer et ΔI le changement dans les intrants.² McDonald (2008) relève toutefois un problème à régresser une équation contenant à la fois la *PMF* et le capital public. En effet, il note qu'étant donné que la croissance de ces deux variables est fort similaire, leur inclusion dans une régression induit un phénomène de multicollinéarité.

Lynde et Richmond (1993) utilisent une approche duale sur des données américaines couvrant la période de 1958-1989. Leurs estimations suggèrent une importance significative du rôle du capital public sur la productivité. Ils estiment la portion du ralentissement du milieu des années 1970 à la fin des années 1980 à quarante pourcents et ce ralentissement est attribuable à la baisse du ratio du capital public sur le travail.

Nadiri et Manumeas (1994) utilisent un panel de 12 industries manufacturières américaines et des données couvrant la période de 1956-1986. À partir de cette méthode duale, ils trouvent une contribution positive à la productivité totale des facteurs des infrastructures publiques et de la recherche et développement financés par l'État. De plus, ils trouvent que le rôle joué par les infrastructures publiques étant significativement plus important que celui joué par la recherche et le développement. Toutefois, les résultats varient grandement en fonction du secteur concerné. Finalement, la contribution des

² Pour plus de détails, voir Baldwin et Wu (2009) p. 11-14.

infrastructures à la productivité se situe plus spécifiquement au niveau de la réduction des coûts privés, ce qui met en évidence, l'intérêt de la méthode d'estimation duale.

Harchaoui et Tarkhani (2003) s'inspirent de Nadiri et Mamuneas (1994) en considérant 37 branches d'activités canadiennes sur la période 1961 à 2000. Ils notent d'abord que les bénéfices marginaux sont positifs pour l'ensemble des secteurs étudiés. Ces bénéfices marginaux sont considérables, estimés à 17 cents en moyenne et représentent ce qui est réalisé par un secteur suite à une augmentation d'un dollar de la valeur nette du stock de capital public. De même, ils estiment à 18% la contribution agrégée du capital public à la croissance de la productivité multisectorielle totale. Similairement à Nadiri et Mamuneas (1994), l'augmentation de la productivité observée est expliquée par la baisse des coûts engendrée par le capital public. Les élasticités estimées varient grandement au niveau sectoriel. Les élasticités des secteurs de la construction, des transports, de la vente en gros et du détail et le secteur des communications sont dans un intervalle de 0,19 à 0,42, ce qui est conforme aux attentes puisque ces secteurs utilisent davantage les infrastructures publiques et par conséquent, devraient bénéficier davantage des investissements en infrastructures publiques.

iii) Approche non-paramétrique

Alors que l'approche primale repose généralement sur l'estimation d'une fonction de production paramétrique. Son principal avantage est qu'il ne faut que les quantités d'intrants et d'extrants pour l'estimation. Pour sa part, l'approche duale repose principalement sur l'estimation d'une fonction de coût paramétrique. Bien que la méthode duale permette de prendre en considération la possibilité de l'existence de l'endogénéité des intrants, elle nécessite aussi des informations précises sur le vecteur des prix des intrants, ce qui en limite grandement l'application étant donné la disponibilité limitée de ces informations (Henderson et Kumbhaka, 2005).

En revanche, la méthode non-paramétrique a l'avantage de prendre en considération l'absence de linéarité sans avoir besoin d'imposer une forme fonctionnelle spécifique. Henderson et Kumbhaka (2005) utilisent la méthode d'estimation à noyaux généralisés de Li et Racine (2004) pour estimer les contributions de l'emploi, du capital privé et du capital

public à la production américaine pour quarante-huit états américains sur une période de dix-sept ans. La principale contribution de Henderson et Kumbhaka (2005) est qu'ils concluent que les spécifications paramétriques usuelles de la fonction de production, c'est-à-dire la Cobb-Douglas et la fonction translog, ne sont pas supportées par les données agrégées au niveau des états. Ils expliquent ce résultat par l'incapacité de ces formes fonctionnelles à capter la non-linéarité dans la forme fonctionnelle implicite de la technologie. Ils concluent à une contribution significative du capital public et privé à la production.

Gu et McDonald (2009) utilisent aussi une méthode non-paramétrique pour analyser la productivité en établissant un cadre comptable de la croissance. Une fois l'incidence du capital public isolée de la productivité multifactorielle, cette dernière est représentée par l'équation (5) ci-dessous

$$(5) \Delta \ln PMF_t^* = -\beta_K \Delta \ln L_t \Delta \ln PIB_t - \beta_L \Delta \ln L_t - \beta_G \Delta \ln G_t$$

Normalement, l'impact du capital public est inclus dans la productivité multifactorielle, mais, comme le notent les auteurs, il ne faut pas attribuer exclusivement au capital public les variations historiques de la *PMF*. L'estimation de l'équation (5) leur permet de conclure que la contribution du capital public à la croissance de la *PMF* a considérablement varié au Canada entre les années 1960 et le début des années 2000, celle-ci ayant d'avantage contribué à la croissance de la *PMF* pendant les années 1960 et 1970 que pour les décennies subséquentes.

d) Modélisation en équilibre général calculable (MEGC)

L'ensemble des modèles présentés dans les sections précédentes permettent d'analyser la contribution du capital public à la production ou à la productivité en équilibre partiel. Implicitement, cela suppose que les effets observés sur un secteur de l'économie n'affectent pas les autres et vice-versa. Or, une modélisation en équilibre général calculable (EGC) pallie ce problème par la structure du modèle et par la calibration des différents secteurs qui y sont représentés à partir d'une matrice input-output. À travers les consommations intermédiaires des secteurs, les modèles EGC permettent l'inclusion des effets de rétroaction en plus des effets de premier ordre, ce qui permet d'analyser l'effet

global d'un changement de politique. De plus, s'il existe des externalités, ces dernières peuvent être modélisées afin que l'ensemble des effets de premier et de second ordre puisse être observé. Il convient d'abord de citer l'application d'Adam et Bevan (2006) qui ont utilisé un modèle EGC pour modéliser l'introduction d'une externalité de productivité liée au capital public dans les secteurs marchands et non-marchand. S'appuyant sur les travaux qui estimaient une relation positive entre l'apprentissage par la pratique et la croissance, ils ont introduit cette externalité sous la forme d'une augmentation du paramètre de technologie dans la fonction de production Cobb-Douglas des firmes représentatives sectorielles. Ces auteurs montrent qu'en introduisant la relation entre investissements en capital public et productivité dans un modèle EGC, il est possible de remédier au problème du syndrome hollandais souvent associé aux investissements majeurs en infrastructures publiques.

Les modes de financements des dépenses en infrastructures ont souvent été ignorés dans le débat entourant la productivité de ces infrastructures publiques. Il est important de les prendre en considération, car l'effet final de l'investissement en infrastructures pourrait être biaisé. Inspirés par cette problématique, Estache et al (2010) s'inspirent d'Adam et Bevan (2006) en ce qui a trait à l'externalité de production et sur Fay et Yepes (2003) pour la modélisation des coûts d'entretien des nouvelles infrastructures. Ils concluent que les résultats dépendent du type d'infrastructure retenu et du mode de financement. De ce fait, l'approche permet d'identifier les meilleurs modes de financement pour ces dépenses publiques.

Bahan, Montelpare et Savard (2011) ont utilisé une méthodologie similaire à celle adoptée par Estache et al. (2010) pour évaluer l'impact des dépenses en infrastructures publiques au Québec. Leurs résultats font état d'effets pervers sur l'équilibre interne et externe de l'économie si les investissements, financés par des emprunts, n'induisent pas d'externalité de productivité. Inversement, lorsque les infrastructures contribuaient à la productivité des secteurs, l'effet était suffisamment grand pour justifier d'emprunter. Leurs résultats sont en ligne avec Adam et Bevan (2006) et Levy (2007).

Enfin, les modèles EGC permettent de prendre en considération les effets de rétroaction, ce qui permet d'obtenir l'effet net d'un changement exogène. Les résultats des

simulations permettent ainsi d'éclairer la prise de décision en matière de politiques économiques.

Les méthodes d'estimations de la contribution du capital public à la production présentées jusqu'ici diffèrent à plusieurs niveaux. Non seulement le choix d'une de ces méthodes dépend des données disponibles, mais il dépend aussi de la problématique que le chercheur désire approfondir. L'approche primale nécessite peu de données, mais cette méthode est sujette au problème d'endogénéité des variables explicatives. L'approche duale permet de répondre à ce problème d'endogénéité des intrants, mais elle nécessite des données pour l'ensemble de la rémunération des facteurs qui sont souvent difficilement accessibles. L'approche non-paramétrique permet de faire fit des hypothèses de linéarité dans les fonctions, mais elle ne s'avère pas toujours utile ou appropriée selon la spécification de la fonction réelle. Enfin, les modèles d'équilibre général calculable permettent de prendre en compte les effets de rétroactions et la simulation sur des variables exogènes de scénario pertinents à l'élaboration de politiques publiques, mais ils dépendent de modèles économétriques pour établir le lien entre la productivité et le niveau de capital public.

3-Méthodologie

La méthodologie que nous avons retenue pour estimer la contribution à la productivité des investissements en infrastructures pour diverses branches de l'économie québécoise est le cadre proposé par Harchaoui et Tarkani (2003). Les résultats de ces estimations ont été utilisés dans le cadre d'une modélisation en équilibre général avec dynamique séquentielle pour l'économie du Québec³. L'approche que nous privilégions est en fait l'approche duale qui vise à estimer les fonctions de coût et de demande ainsi que la productivité multifactorielle (PMF). Cette PMF requiert l'estimation des fonctions de coût et de demande des branches d'activité. L'analyse de la PMF pour chaque branche permet d'analyser la prépondérance de la contribution du capital public sur la productivité sectorielle.

³ Le modèle EGC avec dynamique séquentielle est présenté dans Boccanfuso et al (2014).

D'abord, l'estimation de la fonction de coût d'une branche d'activité capte les effets d'une variation du stock de capital public sur la productivité, car, une amélioration du capital public, qui est utilisée par la branche, diminue le coût de produire une unité du bien ou du service. Ensuite, elle capte l'effet sur la demande d'intrants de la branche si le capital public est un substitut ou un complément aux intrants privés. Par exemple, la construction d'une nouvelle route qui diminue le temps de route des employés d'une compagnie de transport peut modifier le nombre de véhicules dont celle-ci a besoin pour réaliser sa production. Enfin, la modification des coûts de production du secteur résultant du changement dans le stock de capital public peut l'inciter à modifier son niveau de production.

La fonction de coût est estimée par une fonction translog tel que présentée à l'équation (6):

$$(6) \ln \hat{C} = \alpha_0 + \alpha_K \ln \hat{w}_K + \alpha_L \ln \hat{w}_L + \alpha_Y \ln Y + \alpha_G \ln G + \alpha_t t$$

$$+ \frac{1}{2} [\alpha_{KK} (\ln \hat{w}_K)^2 + \alpha_{LL} (\ln \hat{w}_L)^2 + \alpha_{YY} (\ln Y)^2 + \alpha_{GG} (\ln G)^2 + \alpha_{tt} t^2]$$

$$+ \alpha_{KL} \ln \hat{w}_K \ln \hat{w}_L + \alpha_{KY} \ln \hat{w}_K \ln Y + \alpha_{KG} \ln \hat{w}_K \ln G + \alpha_{Kt} \ln \hat{w}_K t$$

$$+ \alpha_{LY} \ln \hat{w}_L \ln Y + \alpha_{LG} \ln \hat{w}_L \ln G + \alpha_{Lt} \ln \hat{w}_L \ln t + \alpha_{YG} \ln Y \ln G + \alpha_{Yt} \ln Y t + \alpha_{Gt} \ln G t$$

et par les équations de parts en terme du coût du capital et du travail :

$$(7) \quad S_K = \alpha_K + \alpha_{KK} \ln \hat{w}_K + \alpha_{YK} \ln Y + \alpha_{KL} \ln \hat{w}_K + \alpha_{KG} \ln G + \alpha_{Kt} t$$

$$S_L = \alpha_L + \alpha_{KL} \ln \hat{w}_K + \alpha_{YL} \ln Y + \alpha_{LL} \ln \hat{w}_L + \alpha_{LG} \ln G + \alpha_{Lt} t$$

où \hat{C} est le coût total, \hat{w}_K et \hat{w}_L les prix relatifs du capital et du travail et t est un indice du progrès technique.⁴

L'estimation de la fonction de demande ci-dessous permet, entre autres, de dégager deux paramètres d'importance : les élasticités de la demande par rapport au prix et au revenu par habitant.

⁴ Voir Harchaoui et Tarkhani (2003) pour plus de détails.

$$(8) \quad \dot{Y} = \lambda + \alpha(\dot{P}_Y - \dot{P}_D) + \beta\dot{Z} + (1 - \beta)\dot{N}$$

où \dot{Y} , \dot{Z} et \dot{N} sont, respectivement, les taux de croissance de la production, du PIB et de la population, λ est une constante et $\dot{P}_Y - \dot{P}_D$ représente la croissance du prix à la production dégonflé du déflateur du PIB.

Donc, les estimations de l'élasticité du coût de la production et l'élasticité du coût par rapport à une augmentation du capital public ainsi que celles des élasticités-prix et revenus de la demande permettent d'estimer la croissance de la productivité multifactorielle donnée par l'équation (9) ci-dessous. Il convient de noter que le calcul de la croissance de la productivité multifactorielle, par opposition au calcul de la productivité multifactorielle, permet d'éviter les problèmes méthodologiques et de données qui découlent de la comparaison de niveaux de productivité.

$$(9) \quad PMF = A[\alpha\eta + \alpha(1 + \theta)] + A\alpha[\sum_f \pi_f w_f - P_D] + A[\lambda + \beta Z + (1 - \beta)N] + \left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right]\eta_{CG}G + \left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right]T,$$

où $A = \frac{\left[\frac{\kappa - \eta^*}{\kappa}\right]}{[1 - \alpha(\eta - 1)]}$, α représente l'élasticité-prix de la demande et β représente l'élasticité-revenu par habitant de la demande, θ est la marge de profit, η est la variation du degré de rendement d'échelle. π_f est la part en termes du coût privé du $f^{ième}$ intrant, w_f est le taux de croissance du prix de l'intrant de la branche f, P_D est le déflateur du PIB, λ reflète une tendance temporelle de la demande, Z est la croissance du PIB, N est la croissance de la population, η_{CG} est l'élasticité du coût par rapport au capital public, κ est le ration du prix de production au coût moyen, B est égale à $1 - \eta_{CG}$, G est la variation du capital public et T est la variation de la technologie.⁵

L'équation (9) représente ainsi quatre effets. L'effet de la demande exogène, donné par $A[\lambda + \beta Z + (1 - \beta)N]$, l'effet des prix des facteurs, représenté par $A\alpha[\sum_f \pi_f w_f - P_D]$, l'effet du capital public modélisé par $\left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right]\eta_{CG}G$ et le progrès technologique non

⁵ Tel que défini dans Harchaoui et Tarkhani (2003)

incorporé, $\left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B} \right] T^6$. Puisque la productivité multifactorielle est en fait la fraction de la croissance qui n'est attribuée à aucun facteur, aussi appelé le résidu, un accroissement du stock de capital soit en quantité ou en qualité qui n'aurait aucun impact sur la croissance de la productivité multifactorielle serait attribué soit à une inélasticité totale de la branche d'activité concernée ou à l'absence du caractère productif de la modification au stock de capital.

Les données utilisées pour estimer les équations (6), (7) et (8) proviennent essentiellement de CANSIM⁷ ou de KLEMS⁸ tel que présentées dans le Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Principales données et leur provenance

Variables	Unité	Type données	Source	
PIB industriel en dollars courant	en dollars	Données Quebec	Cansim	Tableau 379-0025
Service en infrastructures publiques	en dollars 2002	Données Quebec	Cansim	Tableau 031-0002
Service de capital en stock net de fin d'année	en dollars 2002	Données Quebec	Cansim	Tableau 031-0002
Rémunération totale du travail pour tous les emplois	en dollars	Données Quebec	Cansim	Tableau 383-0010
Rémunération totale par heure travaillée	en dollars	Données Quebec	Cansim	Tableau 383-0010
Rémunération totale du capital par secteur	en dollars	Données Quebec	Calculé	Égal PIB-RS
Production brute industrielle (dollar constant 2002)	en dollars	Données Quebec	Cansim	Tableau 379-0011
Heures travaillées	en heure	Données Quebec	Cansim	Tableau 383-0010
Indice implicite du PIB	indice base 2002	Données Quebec	Cansim	Tableau 384-0036
Taux de croissance du PIB industrielle	en %	Données Quebec	Calculé	Calculé
Consommation de produit de base par industrie	en dollars	Données Quebec	Cansim	Tableau 381-0013
Indice de prix des matières	en % de l'année 1997	Données Canada	Cansim	Tableau 330-0006
Indice de PMF par industrie,	en % de l'année 1997	Données Quebec	KLEMS Quebec	Base CLSS
Indice des prix des services du capital	en % de l'année 1997	Données Quebec	KLEMS Quebec	
Indice des prix de la production brute	en % de l'année 2002	Données Canada	KLEMS Canada	
Indice des prix des entrées intermédiaires	en % de l'année 2002	Données Canada	KLEMS Canada	
Indice des prix du facteur de production travail	en % de l'année 2002	Données Canada	KLEMS Canada	
Population du Québec	en personne	Données Quebec	Cansim	Tableau 051-0005

Alors que Harchaoui et Tarkhani (2003) possédaient un vaste éventail de données couvrant plusieurs décennies, les données pour le Québec sont plus limitées. En conséquence, nous estimons les paramètres pour la période de 1997 à 2002 pour l'économie du Québec désagrégée en 18 secteurs.

⁶ Nadiri et Mmuneas (1994)

⁷ Canadian Socio-Economic Information Management System publié par Statistique Canada.

⁸ Le Programme de la productivité multifactorielle par industrie ou Programme KLEMS de productivité par industrie établit la base de données sur la productivité par industrie qui contient les indices de productivité multifactorielle et des données sur la production et les intrants capital (*K*), travail (*L*), énergie (*E*), matières (*M*) et services (*S*) pour les diverses industries du secteur des entreprises, à divers niveaux d'agrégation des industries. (Statistique Canada 2014).

4-Estimations et résultats

La disponibilité limitée des données pour le Québec a eu un impact sur les estimations. En premier lieu, nous avons dû exclure le secteur de l'administration publique, car ce dernier contenait trop de données manquantes. Cette omission n'est toutefois pas importante puisqu'il est raisonnable de supposer qu'il ne s'agit pas d'un secteur particulièrement susceptible d'interagir avec le capital public. Ensuite, pour certaines variables, les données utilisées étaient incomplètes, ce qui aurait biaisé les résultats. Lorsque confrontés à ce problème, nous avons remplacé les données incomplètes par celle d'Harchaoui et Tarkhani (2003)⁹ en les considérant comme des approximations raisonnables de nos données manquantes, ce qui nous a permis d'estimer l'ensemble des équations du modèle dual.

Nous avons estimé l'équation (9) pour l'ensemble des secteurs. Les résultats d'estimation pour les paramètres de la fonction de demande sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

⁹ En fait, nous considérons ici que les données canadiennes constituent un proxy pour les données québécoises. L'objectif de notre estimation est d'avoir des paramètres pour l'économie Québécoise et que ceux-ci viennent remplacer les paramètres tirée de d'Harchaoui et Tarkhani (2003) dans un modèle EGC de l'économie québécoise.

Tableau 3: Estimation de la fonction de demande

Secteurs	α	β
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	-0,2171	0,5692
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	-0,2596	0,543
Services publics	-0,162	0,0708
Construction	-0,2932	0,6908
Fabrication	-0,125	0,9224
Commerce de gros	-0,126	0,6447
Commerce de détail	-0,0282	0,666
Transporte et entreposage	-0,0346	0,469
Industrie de l'information et industrie culturelle	-0,1893	0,839
Finance, assurances, services immobiliers et services de location et de location à bail	-0,0675	0,555
Services professionnels, scientifiques et techniques	-0,121	0,787
Services administratifs et services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	-0,307	0,495
Services d'enseignement	-0,0173	0,265
Soins de santé et assistance sociale	-0,226	0,649
Arts, spectacles et loisirs	-0,0405	0,871
Hébergement et services de restauration	-0,123	0,757
Autres services, sauf les administrations publiques	-0,0287	0,682
Moyenne	-0,1544	0,6169

Nous observons que les α , représentant l'élasticité-prix de la demande, sont négatifs pour l'ensemble des secteurs et que les valeurs les plus élevées se retrouvent dans les secteurs de la construction, de l'extraction minière, pétrolière et gazière ainsi que dans le secteur des autres services, excluant les services d'administration publique. En ce qui a trait à l'élasticité-revenu, nous remarquons que les valeurs sont positives pour l'ensemble des secteurs et que les secteurs de la fabrication, des arts, spectacles et loisirs ainsi que celui de l'industrie de l'information et l'industrie culturelle possèdent les betas les plus élevés.

Ensuite, nous estimons la fonction de coût par les équations (7) et (8), nous décomposons la croissance de la productivité multifactorielle moyenne et la présentons dans le tableau 4. Rappelons que

(10) $A[\lambda + \beta\dot{Z} + (1 - \beta)\dot{N}]$ = l'effet de la demande exogène;

(11) $A\alpha[\sum_f \pi_f \dot{w}_f - \dot{P}_D]$ = l'effet des prix des facteurs de production;

(12) $\left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right] \dot{T}$ = l'effet du progrès technique non incorporé;

(13) $\left[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right] \eta_{CG} \dot{G}$ = contribution du capital public.

où η_{CG} est l'élasticité du coût par rapport au capital public $\left(\frac{\partial \ln \dot{C}}{\partial \ln G}\right)$

Tableau 4: Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle par secteur (1961-2007)

Secteurs	Demande Exogene	Prix relatifs	Progrès technique	Capital public	Productivité multifactorielle
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	0,3003	0,0320	-0,1395	0,0784	0,2713
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	0,3605	0,0961	0,5685	0,0417	1,0668
Services publics	0,2330	0,0246	0,4172	0,1012	0,7761
Construction	0,3361	0,1414	1,0356	0,1321	1,6453
Fabrication	0,3612	0,0249	0,3768	0,0269	0,7898
Commerce de gros	0,3468	0,0221	0,2984	0,1385	0,8058
Commerce de détail	0,3180	0,0047	0,2993	0,1370	0,7590
Transport et entreposage	0,2698	0,0059	0,2842	0,0432	0,6031
Industrie de l'information et industrie culturelle	0,3149	0,1653	0,8053	0,0776	1,3632
Finance, assurances, services immobiliers et services de location et de location à bail	0,3247	0,0141	0,4950	0,0909	0,9247
Services professionnels, scientifiques et techniques	0,3836	0,0268	0,6036	0,0883	1,1024
Services administratifs et services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	0,3485	0,0660	0,6723	0,1357	1,2224
Services d'enseignement	0,2655	0,0046	0,2483	0,0535	0,5719
Soins de santé et assistance sociale	0,3591	0,0362	0,4851	0,1191	0,9995
Arts, spectacles et loisirs	0,4339	0,0083	0,3964	0,0874	0,9260
Hébergement et services de restauration	0,3100	0,0207	0,4979	0,0940	0,9227
Autres services, sauf les administrations publiques	0,3261	0,0572	0,7239	0,1320	1,2392

La contribution du progrès technique non incorporé à la croissance de la productivité multifactorielle est plus importante au niveau du secteur des services qu'elle ne l'est au niveau des secteurs primaires et secondaires, ce qui est conforme aux attentes. Par exemple, il est attendu que la productivité d'un secteur comme celui de l'information et l'industrie culturelle soit principalement stimulée par une amélioration technologique, tel l'informatique.

En ce qui a trait au capital public, il est possible d'observer que la contribution du capital public, en absolue, est la plus forte dans les secteurs de la construction, du commerce de gros, du commerce de détail, des services administratifs et le secteur des autres services. Bien que nos résultats confirment une contribution moins importante du capital public que ceux d'Harchaoui et Tarkhani (2003), ils sont toutefois cohérents avec ceux-ci en ce qui a trait aux secteurs les plus stimulés par l'accroissement du stock de capital public. Bien que la méthodologie soit différente, la contribution moyenne du capital public au PIB se situe dans l'intervalle qu'avait estimé Khanam (1996) au niveau provincial. La faible contribution du capital public à la productivité du secteur du transport et de l'entreposage peut sembler contrintuitive à première vue étant donné que les infrastructures routières constituent un complément au transport. Toutefois, le fait que le secteur des transports soit agrégé avec le secteur de l'entreposage diminue l'impact du capital public sur l'ensemble de ce secteur. Une autre contribution relativement faible du capital public se situe dans le secteur d'extraction minière, pétrolière et gazière. Il convient toutefois de souligner que la période estimée précède la flambée des prix des métaux ainsi que le Plan Nord. Contrairement au secteur pétrolier de l'ouest du pays, ce secteur demeure encore très peu développé au Québec.

Avant les investissements promulgués par le Programme québécois d'infrastructures (PQI), le Québec possédait un stock d'infrastructures publiques vieillissant dont le déficit d'entretien accumulé était estimé à 27 milliards (Secrétariat du Conseil du Trésor, 2007). Le stock de capital public en pourcentage du PIB a significativement chuté depuis le début des années 80 jusqu'au début des années 2000 (Secrétariat du Conseil du Trésor, 2013). Alors que la moyenne annuelle québécoise d'investissements en infrastructures s'établissait à 2.5 milliards entre 1997 et 2003, les investissements découlant du PQI dépassait les 8 milliards entre 2008 et 2011. L'utilisation de données plus désagrégées a déjà été relevée comme étant un obstacle potentiel à la saisie de l'ensemble des externalités positives du capital public (Nadiri et Mamuneas, 1994). La combinaison de l'utilisation de données désagrégées avec un faible investissement en capital public au cours des années considérées peut expliquer, du moins partiellement, les plus faibles externalités du capital public que fournissent nos estimés. Il convient aussi de noter que les estimations de la contribution du capital public à la croissance de Khanam (1996) au niveau

canadien (de 0.24 à 0.46) étaient considérablement plus importantes que celles estimées au niveau provincial (de 0.08 à 0.12). Nonobstant ces explications et considérant les investissements qui ont découlé du Plan Nord et du PQI dans les récentes années, il serait intéressant de reprendre ces estimations dans quelques années afin de confirmer l'impact du capital public sur la productivité des secteurs.

Parallèlement, il convient aussi de souligner une différence au niveau de la constitution de la matrice des secteurs étudiée par Harchaoui et Tarkhani (2003) et la nôtre. Alors que leurs secteurs se situent davantage au niveau du secteur primaire et secondaire, la désagrégation des secteurs à laquelle nous avons été contrainte est constituée d'une forte concentration d'industries du secteur tertiaire de l'économie. Cette différence au niveau de la nature des secteurs étudiés explique facilement la différence d'ampleur de la contribution du capital public pour l'économie québécoise par rapport aux résultats canadiens. Rappelons, que nous agrégation des branches correspond **a** celle du TES du Québec qui a été utilisée pour construire la MCS utilisé dans le modèle EGC dynamique. Cette agrégation correspond à la désagrégation du niveau S basé sur le système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Afin que nous estimation soit utilisable dans ce modèle, la désagrégation devait donc être identique. Une autre explication du niveau plus faible des élasticité pourrait résider dans le fait que le Québec possède un très vaste territoire. Ainsi, un réseau d'infrastructure de transport n'aura pas le même impact dans une région densément peuplée qu'il aura dans une région éloignée et par conséquent, moins densément peuplée¹⁰.

5-Conclusion

Cet article visait à estimer les élasticités québécoises du capital public par rapport à la production. Au-delà de l'aspect théorique du sujet, l'impact des résultats est indéniable en matière d'intérêt public étant donné qu'il est intrinsèquement lié aux politiques publiques. Plus spécifiquement, une application directe de nos estimations consiste en

¹⁰ Il faut souligner que même si la densité de population du Québec (4,9hab/km²) est supérieure à celle du Canada (3,5hab/km²), la moyenne pondéré de la densité de population par la taille des économies provinciale est de 8,1 ce qui est presque le double de la densité du Québec.

l'incorporation des élasticités du capital public par rapport à la production dans le modèle d'équilibre général calculable du Québec. Depuis Aschauer (1989) et Munnell (1990a), les techniques d'estimations ont évolué. Consistant principalement en l'approche primale durant les années 90, les méthodes d'estimation duale et non-paramétrique ont graduellement supplanté l'estimation de la contribution du capital public uniquement par la fonction de production. En s'inspirant de l'approche duale utilisée par Harchaoui et Tarkhani (2003), nous avons estimé les fonctions de demande et de coûts de l'économie québécoise, celle-ci étant désagrégée en 17 secteurs, pour la période de 1961 à 2007. Nos résultats confirment une contribution positive du capital public à la production dont la moyenne dépasse les 0,09. Alors que nos résultats suggèrent une plus faible contribution du capital public que celle constatée par Harchaoui et Tarkhani (2003), elle se situe dans l'intervalle estimé par Khanam (1996). Certaines explications justifient l'ampleur plus faible dont nos estimations font état comme, entre autres, le niveau de désagrégation supérieur, le sous-investissement en infrastructure caractérisant la période considérée et les différences inhérentes aux secteurs considérés. Il serait intéressant de reprendre ces estimations éventuellement afin de constater l'influence que les investissements effectués récemment à travers le PQI et le développement du Plan Nord auront eus sur les élasticités du capital public. De plus, une désagrégation du stock de capital public, information dont nous ne disposons pas, ajouterait aussi au niveau d'analyse. Cet article s'inscrit donc dans une littérature grandissante supportant l'hypothèse de l'apport positif du capital public sur la production. Enfin, l'inclusion de paramètres d'élasticité en ce qui a trait au capital public dans le modèle d'équilibre général calculable permettra d'approfondir l'analyse de projets d'investissements en infrastructures publiques améliorera la pertinence de cet outil pour l'analyse de politiques économiques pour la province.

Bibliographie

Adam, C. et Bevan, D., (2006), "Aid and the Supply Side: Public Investment, Export Performance and Dutch Disease in Low Income Countries," *World Bank Economic Review*, Vol. 20, N°2, pages 261-290.

Ahmed, H., & Miller, S. M. (2000). "Crowding-out and crowding-in effects of the components of government expenditure". *Contemporary Economic Policy*, 18(1), 124-133.

Aschauer, D., A., (1989a), "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 23, N°2, pages 177-200.

Aschauer, D., A., (1989b), "Public Investment and Productivity Growth in the Group of Seven", *Economic Perspectives*, Vol. 13, N° 5, pages 17-25.

Bahan, D., Montelpare, A., et Savard, L. (2011). "An Analysis of the Impact of Public Infrastructure Spending in Quebec", (No. 11-07).

Barro, R., J., (1990), "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 98, N° 5, pages 103-126.

Berg, A., S. Aiyar, M. Hussein, S. Roache, T. Mirzoev and A. Mahone (2007) "The Macroeconomics of Scaling Up Aid: Lessons from Recent Experience" IMF Occasional Paper No. 235.

Berndt, E.,R. et Hansson, B., (1992), "Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden ". *Scandinavian Journal of Economics* N° 94, pages 151-68.

Boccanfuso, D., & Savard, L. (2010). "Analyse d'impacts de la construction de l'autoroute Dakar-Thiès: Un modèle d'équilibre général calculable multiménages intégré". *Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement*, 29(3-4), 435-464.

Boccanfuso, D., M. Joanis, P. Richard, L. Savard (2014), A comparative analysis of funding schemes for public infrastructure spending in Quebec, *Applied Economics*, 46(22), pp. 2653-2664.

Bolduc, D., & Laferrière, R. (2001). "Les effets des dépenses d'infrastructures routières sur le développement économique du Québec". Ministère des transports.

Conrad, K., & Heng, S. (2002). "Financing road infrastructure by savings in congestion costs: A CGE analysis". *The Annals of Regional Science*, 36(1), 107-122.

Dumont, J., C. et Mesplé-Somps, S., (2000), "The Impact of Public Infrastructure on Competitiveness and Growth: A CGE Analysis Applied to Senegal", Mimeo, CREFA, Université Laval, Québec.

Estache, A. Perrault, J-F., et Savard, L., (2010), "Impact of infrastructure spending in sub-saharan Africa CGE modeling approach", Working paper 08-03, GREDI, Université de Sherbrooke.

Faini R. (1994), "Investissement public et investissement privé en Afrique : éviction ou entraînement?" chapitre 11 in Guillaumont P., Guillaumont S. (ss la direction de) Ajustement et Développement, l'expérience des pays ACP, Economica, Paris, 393 p.

Fay, M., & Yepes, T. (2003). Investing in Infrastructure: What is Needed from 2000 to 2010? (Vol. 3102). World Bank Publications.

Frank D and Sumpf J (1997) Abschätzung der volkswirtschaftlichen Verluste durch Stau im Verkehr, Studie im Auftrag der Bayerischen Motorenwerke. Munich.

Garcia-Milà, T. et McGuire, T.,J., (1992), "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.22, pages 229- 241.

Gramlich, E.,M., (1994) "Infrastructure Investment: A Review Essay", *Journal of Economic Literature*, Vol.32, N° 3, pages1176-1196.

Gu, W. et MacDonald, R., (2009) : "L'effet de l'infrastructure publique sur les estimations de la productivité multifactorielle au Canada", *La revue canadienne de productivité* 2008021f, Statistics Canada, Division de l'analyse économique.

Harchaoui, T., et Tarkhani, F., (2003), "Le capital public et sa contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada," Série de documents de recherche sur l'analyse Économique (AE), Statistique Canada, Direction des études analytiques

Henderson, D. J., & Kumbhakart, S. C. (2006). "Public and Private Capital Productivity Puzzle: A Nonparametric Approach". *Southern Economic Journal*, 73(1).

Hulten, C.R., & Schwab, R.M (1991), " Public capital formation and the growth of regional manufacturing industries," *National Tax Journal*, Vol. 44, N°4, pages.121-134.

Hurlin, C. (1999), "La Contribution Productive du Capital Public à la Croissance : Estimation sur un Panel Sectoriel de dix pays de l'OCDE", *Économie et Prévision*, Vol.137, pages 49-66.

Khanam, B., (1996), "Macroeconomic performance and public highway infrastructure," *TP 12792E*, Transports Canada.

Levy S. (2007), "Public Investment to reverse Dutch Disease Effect: The case of Tchad", *Journal of African Economies*, Vol. 16, no. 3, pp. 439-484.

Li, Y., and Rowe, F. (2007). Aid inflows and the real effective exchange rate in Tanzania. (Policy Research Working Paper Rep. No. 4456). Washington, DC: The World Bank.

Lynde, C. et Richmond, J., (1993), "Public Capital and Long-Run Costs in U.K. Manufacturing». *The Economic Journal* Vol.103, N°419, pages 880-893

Macdonald, R., (2008), "*Un examen du rôle du capital public dans la production*", N° 11F0027MIF2008050, Série de documents de recherche sur l'analyse économique, Statistique Canada, Ottawa

Mongardini, J., and B. Rayner, (2009), "Grants, Remittances and the Equilibrium Real Exchange Rate in Sub-Saharan African Countries," IMF Working Paper (forthcoming; Washington: International Monetary Fund).

Munk, K. (2006). "Assessment of the introduction of road pricing using a Computable General Equilibrium model". Aarhus University Economics Paper, (2005-23).

Munnell, A., H., (1990a), "Why has productivity declined? Productivity and public investment", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, pages 3-22.

Munnell, A. H. & Cook, L. H. (1990b), "How does public infrastructure affect regional economic performance?," *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, issue Sep, pages 11-33.

Munnell, A., H., (1992), "Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.6, N°4, pages 189-198.

Nadiri, M.,I., et Mamuneas, T.,P., (1994) "The Effects 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, N°1, pages 22-37.

Prud'homme, R. (1996): "Assessing the role of infrastructure in France by means of regionally estimated production functions", in Batten, D.F, Karlsson, C, *Infrastructure and the Complexity of Economic Development*, Springer-Verlag, New York.

Racine, J., and Q. Li (2004). "Nonparametric Estimation of Regression Functions with Both Categorical and Continuous Data," *Journal of Econometrics* 119, 99-130.

Secrétariat du Conseil du Trésor-SCT (2007), "Des fondations pour réussir: Plan québécois des infrastructures" , Gouvernement du Québec, 15 pages.

Secrétariat du Conseil du Trésor-SCT (2013), "Plan québécois des infrastructures: 2013-2023", Gouvernement du Québec, 44 pages.

Statistique Canada (2014), <http://www.statcan.gc.ca/pub/15-206-x/15-206-x2007014-fra.htm>, consulté le 21 mai 2014.

Tatom, J.A., (1991), "Public Capital and Private Sector Performance", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, Vol.73, N°3, pages 3-15.