

DOCUMENTS DE TRAVAIL / WORKING PAPERS



Quelle relation entre croissance économique et capital en réseaux d'infrastructures?

Dominique FINON

Document de travail CIRE D

Juin 2016

C.I.R.E.D.

Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement

ENPC & CNRS (UMR 8568) / EHESS / AGROPARISTECH
/ CIRAD / MÉTÉO FRANCE

**45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
F-94736 Nogent sur Marne CEDEX**

Tel : (33) 1 43 94 73 73 / Fax : (33) 1 43 94 73 70
www.centre-cired.fr

Résumé Introductif

La critique du rôle de l'Etat dans les années 80 a conduit dans de nombreux pays à limiter les dépenses publiques, dont les dépenses en infrastructures, depuis les années 80. Il y avait notamment l'argument selon lequel la dépense publique n'apporte pas de bénéfices supplémentaires aux activités économiques et à la société. Il était complété par l'argument selon lequel le cadre public ne favorise pas la recherche d'efficacité productive, ce qui handicape l'augmentation de la productivité des facteurs, avec une captation excessive de ressources en capital par les secteurs d'infrastructures avec un effet d'éviction sur les investissements privés. C'est la raison pour laquelle une partie des infrastructures développées dans un cadre public ont aussi été privatisées et libéralisées pour accroître leur efficacité dans les pays développés, et pour attirer les investisseurs privés dans les pays émergents. Mais ces mesures n'ont pas nécessairement produit les effets escomptés.

Du coup, au cours des dernières années, un effort substantiel de recherche s'est axé dans les instances internationales sur l'estimation de la contribution du capital public à la productivité des facteurs de production et à la croissance économique. Cette recherche a été motivée par deux facteurs. Tout d'abord, pendant de nombreuses années, le ratio de l'investissement en capital public sur le produit intérieur brut (PIB) a diminué dans la zone de l'OCDE. Deuxièmement, plusieurs travaux ont montré que la baisse des dépenses d'investissement public a contribué au ralentissement de la productivité dans les années 1970 et 1980. Des travaux empiriques menés au niveau national ont montré un impact significatif et important du capital public (assimilé en l'occurrence aux actifs d'infrastructures) sur la productivité. À un moment où le ralentissement de la croissance de la productivité est une préoccupation largement répandue, ces résultats suggèrent que la baisse du taux d'accumulation du capital public constitue "a new usual suspect" (Munnell, 1992).

De son côté la Banque Mondiale mène de longue date des travaux économétriques sur les pays émergents et en développement pour identifier le mode d'influence des infrastructures sur le développement économique selon le niveau de développement. Ils tendent à montrer que le capital en infrastructures a un effet significatif sur la croissance. Plus récemment, dans les pays développés, des débats ont eu lieu sur l'intérêt de la reprise des dépenses en capital public pour relancer la croissance avec des recommandations à la reprise de ces dépenses, notamment dans les pays, dont les dépenses publiques en investissement d'infrastructures et en entretien ont été négligées, comme en Allemagne, au Canada et aux Etats-Unis.

Les travaux d'analyse empirique entrepris sur le rôle du capital public ou des infrastructures dans la croissance se réfèrent implicitement aux hypothèses de base de la théorie de la croissance endogène. Les premiers travaux entrepris ont trouvé une élasticité du PIB au capital d'infrastructures de 0,4, c'est-à-dire qu'un doublement des infrastructures augmenterait le PIB de 40% (Aschauer, 1989). Ils ont été très critiqués à cause de la faiblesse des spécifications économétriques (problème de non-stationnarité, biais de simultanéité, etc.). Des travaux plus rigoureux d'analyse en cross-section sur une centaine de pays ont par la suite trouvé un niveau d'élasticité moindre de 0,15. Mais, en 2011, une étude fouillée des économètres de la Banque Mondiale (Calderon et al., 2011) sur 88 pays, dont 24 pays riches, trouve une élasticité dans une plage comprise entre 0,07 et 0,10, en fonction de la spécification utilisée et d'index composites représentant les quantités de différentes infrastructures. Les auteurs insistent sur le fait que le niveau moyen qui leur semble pertinent à partir des différentes relations estimées serait une élasticité de 0,08. (Un doublement du capital en infrastructures augmenterait le PIB de 16%). Autre résultat important, ils ne voient pas d'effet de saturation en termes de productivité marginale du capital d'infrastructures au fur et à mesure de son accumulation. Enfin une série de travaux ont montré que le déficit d'investissement en infrastructures a pesé sur le potentiel de croissance, notamment dans les pays où l'Etat a réduit les dépenses publiques dans ce domaine.

Introductory summary

Criticisms of the role of the state in the 80's led in many countries to reduce public spending, including spending on infrastructure. These included the argument that public spending will bring no additional benefits in economic activities. It was completed by the argument that the public framework does not favor the search of productive efficiency, which hinders the increase in global productivity of factors, with excessive uptake of capital resources by infrastructure sectors leading to an eviction effect on private investment. This is why part of the infrastructure developed in a public setting have also been privatized and some sectors liberalized in developed countries, and to attract private investors in emerging countries. But these measures do not have the desired effects.

So, in recent years, a substantial research effort has focused on the estimation of the contribution of public capital to productivity of production factors and economic growth. The researches were motivated by two factors. First, for many years the ratio of public capital investment on gross domestic product (GDP) fell in the OECD area. Second, several studies have shown that the decline in public investment expenditure contributes to the slowdown in productivity in the 70's and 80's. Empirical work, conducted at the national level show a significant and important impact of public capital (assimilated namely to infrastructure assets) on productivity. At a time when the slowdown in productivity growth is a widespread concern, these results suggest that the decline in the rate of public capital accumulation is "a new usual suspect" (Munnell, 1992).

For its part the World Bank has conducted econometric works on emerging and developing countries to identify the infrastructure influence on economic development by level of richness. They tend to show that the capital infrastructure has a significant effect on growth. More recently, in developed countries, discussions were held on the interest of the resumption of public capital spending to revive growth with recommendations to the recovery of these expenses, particularly in countries whose public spending of infrastructure investment and maintenance have been neglected, such as Germany, Canada and the United States.

Empirical analysis works on the role of public capital or infrastructure in the growth implicitly refer to the basic assumptions of endogenous growth theory. Initial works found a quite high elasticity of GDP to capital infrastructure of 0.4, that is to say that a doubling of infrastructure increase GDP by 40% (Aschauer, 1989). They were heavily criticized because of the weakness of econometric specifications (non-stationary problem, simultaneity bias, etc.). More rigorous analytical works in cross-sections over a hundred countries have subsequently found a lower level of elasticity of 0.15. But in 2011, a very rigorous study of econometricians of the World Bank (Calderon et al., 2011) on 88 countries, among which 24 rich countries, finds an elasticity in a range between 0.07 and 0.10, depending on the specification of the estimated relations and the composite index which representing the capital of the different infrastructures. The authors insist that the average level they deem relevant from different relations is an average elasticity of 0.08 (which means that a doubling of the infrastructure capital would increase GDP by 16%). Other important result: they see no saturation effect in terms of the marginal productivity of infrastructure capital when its accumulation is extended. Finally a series of studies have shown that lack of investment in infrastructure has restricted the growth potential, particularly in countries where the state has reduced public spending in this area.

Pour présenter le résultat des travaux sur la relation croissance-capital d'infrastructures, on précise dans un premier temps quels sont les canaux d'influence du capital d'infrastructures sur la croissance. Dans un second temps, on précise le cadre d'analyse des facteurs de croissance endogène. Puis on présente et discute les résultats de plusieurs analyses économétriques du rôle du capital d'infrastructures dans la croissance, dont celles de Calderon et al. (2011). Enfin on présente les analyses des effets du déficit d'investissement en capital public sur la croissance potentielle.

1. Le repérage des effets du capital en infrastructures sur la croissance

Les économistes ont considéré le développement des infrastructures comme un facteur-clé de croissance et de développement depuis au moins Adam Smith. Les infrastructures déterminent la croissance de deux façons: d'abord, directement parce que les services d'infrastructure entrent dans la production comme un input supplémentaire, et, ensuite, parce qu'ils augmentent la productivité globale des facteurs en permettant une utilisation plus efficace des facteurs de production classiques, notamment par la réduction des coûts de transaction.

En parallèle les économistes ont observé une « loi » d'accroissement de la part des dépenses publiques dans le PIB au fur et à mesure de la croissance (la loi de Wagner). Musgrave (1959) explique que cet accroissement est nécessaire pour trois raisons : les activités sociales de l'Etat, les actions administratives et de protection du territoire et des populations, et les fonctions de bien-être (les infrastructures pouvant s'inclure dans ces dernières). L'influence des investissements en infrastructures sur la croissance dans différentes régions du monde a été étudiée sous deux volets : les effets respectifs de la quantité d'infrastructures installées et de l'amélioration de leur qualité, comme on le verra.

L'ensemble de ces infrastructures constituent un input important pour la production du secteur privé en affectant positivement la croissance de sa productivité, et celle du PIB. Et cette relation est difficile à bien comprendre, car elle joue au travers des canaux directs et indirects dont les effets sont difficilement séparables.¹ La relation de long terme entre la dépense en infrastructures ou plus largement la dépense publique, et la croissance économique s'opèrent par les canaux suivants :

- Les infrastructures sont porteuses de gain de productivité du capital et du travail dans les différents secteurs,
- le développement des infrastructures vient en support de l'aménagement du territoire pour l'industrialisation et le développement de l'emploi,
- Les infrastructures permettent un rapprochement des styles de vie et des revenus entre groupes sociaux.

Mais se pose un problème de définition. Les concepts utilisés dans les travaux d'analyse -- réseaux de service public, infrastructures générales, infrastructures publiques, capital public

¹ Les infrastructures n'ont pas de substitut simple en termes d'actifs privés, ce qui rend infaisable l'usage d'une valeur économique des infrastructures qui serait estimée dans les activités privées et servirait de proxy pour le secteur public ;

-- ne sont pas les mêmes d'un rapport à l'autre, principalement pour des raisons d'accès à des données pertinentes sur les infrastructures et la mesure du capital public.

Lorsque certains parlent de dépenses publiques et de capital public, d'autres parlent d'infrastructures qui couvrent les routes et autoroutes, le rail, les télécoms, l'électricité, la distribution d'eau et l'assainissement qui peuvent être le lot d'entreprises privées sous réglementation publique. Au sein de ces différentes infrastructures, il y a en effet celles qui dépendent de la sphère publique (par exemple routes, autoroutes, ponts, assainissement, traitement des eaux), et celles gérables dans la sphère privée ou semi-privée (électricité, rail, télécoms, etc.). D'autres enfin parlent de services publics qui couvrent non seulement les services rendus par les réseaux d'infrastructures en matière d'eau et d'assainissement, d'énergie (électricité, réseau de gaz) et de transport (rail, voies d'eau, concession d'autoroute) principalement, mais aussi en santé et en éducation, comme le fait l'institut britannique spécialisé (PSIRU, 2014)², les dépenses dans ce domaine pouvant être considérées comme un élément important à la fois du progrès de productivité du capital humain et du progrès technique induit par l'accumulation des connaissances.

Certaines des analyses en cross-section sur les effets des infrastructures sur la croissance vont assimiler le capital public et le capital en infrastructures. Dans la plupart des pays une composante importante du stock de capital public se compose de l'infrastructure, et le secteur public a été et continue à être le principal fournisseur des infrastructures et des services associés. D'autres vont travailler sur les quantités physiques d'infrastructures dans trois domaines où elles sont les plus facilement caractérisables, à savoir les routes et autoroutes en km, les nombre de lignes téléphoniques fixes et mobile dans les télécoms, et la capacité de production électrique, rapportées à la population au nombre de travailleurs, alors que dans un certain nombre de pays, seules les infrastructures routières (à distinguer des autoroutes) sont sous la coupe de la puissance publique.

2. Le cadre d'analyse des facteurs de croissance endogène

La plupart des travaux théoriques et économétriques sur le rôle du capital public sur la croissance s'inspire du cadre théorique de la croissance endogène, sachant que l'accent est mis dans ces travaux sur les effets de long terme. Une place a été faite au capital public et ses effets sur la productivité des autres facteurs, à côté du progrès technique endogène qui reste le premier facteur de croissance.

• Le déterminisme du progrès technique induit

Dans la théorie classique de la croissance à l'équilibre, la croissance est entièrement déterminée par le progrès de la technologie (Solow (1956), et le taux d'intérêt réel ne dépend que des préférences. En revanche, dans la théorie de la croissance endogène (Romer, 1986; Rebelo, 1991) le taux de croissance est fonction de la technologie et des préférences et, de ce fait, le taux d'intérêt réel peut aussi dépendre de la technologie.

La principale contribution de la littérature sur la croissance endogène par les travaux de Romer (1986) et Lucas (1988) a été d'endogénéiser la source principale de la croissance du revenu par habitant, à savoir l'accumulation des connaissances. Il existe de nombreux canaux par lesquels les sociétés accumulent des connaissances : l'éducation, la

² PSIRU est l'acronyme de Public Services International Research Unit de l'université de Greenwich

formation professionnelle, la recherche scientifique de base, l'apprentissage par la pratique, les innovations de procédés et innovations de produits. Les travaux insistent sur les externalités positives et les effets de déversement (spillover effects). Aghion et Howitt (1992) ont examiné une voie d'influence des innovations qui avait reçu peu d'attention auparavant, celui des innovations incrémentales qui améliorent la qualité des produits, mais qui rend les produits précédents obsolètes, selon le processus schumpetérien de création-destruction). Lorsque certains modèles admettent une restriction de concurrence pour permettre une appropriation plus longue des bénéfices de l'innovation Aghion et Howitt considèrent que les restrictions à la concurrence et la protection de certains secteurs risquent de nuire à l'innovation et à la création destructrice.

- **L'effet de l'investissement en capital public (infrastructures) dans la croissance endogène³**

Des travaux moins connus se sont portés sur les rendements croissants d'échelle des investissements en capital privé et en capital humain, en y ajoutant le capital en infrastructures (ou capital public) qui peut être aussi un facteur de croissance endogène (Barro et Salah i Martin 1992, Baxter et King, 1993, Futagami et al. 1993, Turnovski et Fisher 1995). L'idée générale derrière cette prise en compte des services d'infrastructures comme input de la fonction de production « privée » est que les inputs privés ne peuvent être des substituts de ces inputs publics (Barro, 1990). Baxter et King (1993) qui ont calibré un modèle de croissance endogène pour les Etats-Unis, ont ainsi constaté que le capital public a des effets importants sur la production et l'investissement privé. Kocherlakota et Yi (1997) ont cherché à distinguer les effets de croissance de long terme de différentes politiques gouvernementales avec des modèles de croissance endogène et d'autres de croissance exogène. Leurs résultats valident plutôt les modèles de croissance endogène qui distinguent le capital public productif. Easterly et Rebelo (1993), aussi, ont constaté que la part des dépenses publiques dans les transports et les communications présente une forte corrélation avec la croissance dans une cross-section d'environ 100 pays sur la période 1970-1988. En bref, les analyses économétriques empiriques suggèrent que l'effet des services offerts par les infrastructures publiques sur la croissance de la production est important.

3. Analyse empirique du rôle de capital en infrastructures dans la croissance endogène

Quelle est la contribution des infrastructures à l'agrégat que constitue le PIB - en termes de niveau et de taux de croissance ? La réponse est importante pour de nombreuses décisions politiques - par exemple, pour mesurer les effets de croissance d'un surplus de charges fiscales pour financer des investissements publics, ou pour évaluer si les bénéfices futurs d'investissements dans les infrastructures publiques peuvent couvrir les coûts d'investissements. La littérature empirique s'est en effet développée ces dernières décennies sur la base de deux motivations :

³ Les éléments de synthèse présents ici sont principalement tirés de Mourmouras, I. A., Lee, J. E., 1999. Government Spending on Infrastructure in an Endogenous Growth Model with Finite Horizons. *Journal of Economics and Business*. 51, 395-407.

- Identifier, pour les politiques à définir dans les pays en développement et émergents le rôle du capital en infrastructures comme facteur de croissance en utilisant des approches en cross-section de nombreux pays. Cette partie de littérature sur le rôle des dépenses publiques dans la croissance conteste l'argument critique comme quoi trop de dépenses publiques en infrastructures à côté des dépenses de santé et d'éducation pénaliseraient la croissance par effet d'éviction.
- Justifier la relance des dépenses en capital public dans les pays développés comme dans les pays émergents et en développement. Divers travaux cherchent ainsi à identifier si les dépenses en capital public ont été insuffisantes dans les dernières décennies. Certains cherchent à identifier le niveau optimal du ratio investissement en infrastructures sur PIB pour améliorer le niveau de croissance potentielle. En effet certains modèles de croissance endogène simples mettent en relief une relation intrinsèquement non-linéaire entre le capital public et la croissance économique. En partant de ce constat, une analyse en cross-section d'un groupe de pays de niveau voisin (par exemple les pays de l'OCDE) estime d'abord le niveau de capital public qui maximise la croissance sur une base empirique, puis on peut comparer le stock existant de capital public dans un pays avec ce niveau optimal, comme l'a fait Kamps de la Banque Européenne d'Investissements sur la base d'une chronique 1960-2000 (Kamps, 2005). On revient sur cette question plus loin.

Les recherches empiriques utilisent une diversité de données, de méthodes et de mesures des infrastructures, les unes physiques, les autres monétaires. Les approches les plus fréquemment utilisées estiment :

- (i) une fonction de production (ou de son dual qui est la fonction de coût) définie à un niveau approprié d'agrégation (national ou régional) avec le facteur « infrastructure », à côté des facteurs de production classiques,
- (ii) et des fonctions reliant la croissance de la production ou de la productivité à différents indicateurs de performance du facteur « infrastructures » et des autres paramètres de la croissance.

Ces exercices le font généralement dans une approche en cross-section des données sur de nombreux pays. Pour ces exercices, l'infrastructure est mesurée soit en termes de stocks physiques (par exemple, km de routes, nombre de lignes téléphoniques, capacité électrique), soit de stocks de capital calculés à partir des sommes cumulées de dépenses d'investissement.

L'hypothèse sous-jacente est que le flux de services d'infrastructures productifs est directement lié à la taille du stock d'actifs d'infrastructure, analogues à ce qui est couramment supposé sur les services du capital humain et du capital physique.

- **La critique des approches économétriques initiales**

Ceci dit, pour que les approches conduisent à des résultats pertinents susceptibles de fonder des politiques, un minimum de précautions est à respecter. Par exemple, l'étude pionnière de Aschauer (1989) sur les Etats-Unis, qui analysaient le lien entre la croissance des différents états US et le niveau de capital en infrastructures. Elle a été d'autant plus critiquée qu'Aschauer trouvait un effet très important : une élasticité du PIB au capital

d'infrastructures de 0,4, ce qui veut dire qu'un doublement des infrastructures serait susceptible d'augmenter le PIB de 40%. Cet exercice, comme ceux de la même veine qui l'ont suivi⁴, montraient aussi que la contribution marginale des services d'infrastructures à la croissance excéderait celle du capital classique, ce qui suggère la présence d'externalités associées aux services rendus par les infrastructures.

Le travail d'Aschauer (1989) a été critiqué parce que les séries chronologiques en niveau absolu ne saisissent que les tendances communes. De même des données de panels en niveau absolu et couvrant plusieurs états US tendent à ne capturer que les caractéristiques structurelles des états : par exemple les états les plus riches investissent davantage dans le capital public. En fait, lorsque la fonction de production est estimée avec des données différentielles ou avec des données avec effets fixes, les effets de l'investissement marginal du capital public (infrastructure) peuvent être nuls voire négatifs.

En d'autres termes, les données en valeur absolue ne permettent pas la prise en compte de la stationnarité des données. Il y a absence de prise en compte des biais variables et des biais de simultanités. Une difficulté supplémentaire est de mettre à jour la direction de la causalité principale entre capital public et production totale agrégée : si d'un côté le capital public peut affecter la productivité et au-delà, la croissance de la production, la croissance économique peut à l'inverse déterminer la demande et par là l'offre des services de capital public (infrastructures), ce qui entraîne un biais vers le haut.

On notera au passage que les résultats étaient moins concluants dans les études avec des variables monétaires tels que les flux d'investissement public et leur accumulation en capital public. Il y a une première raison à cela : l'absence d'une correspondance étroite entre les dépenses d'investissement public et l'accumulation d'actifs d'infrastructure publique ou la fourniture de services d'infrastructure, en raison des inefficacités de gestion et de l'inefficacité dans les marchés publics et la corruption - questions qui sont importantes dans les économies en développement (Pritchett, 2000). Une autre raison est la difficulté que pose l'évaluation monétaire du capital technique dans les différents domaines en contexte inflationniste.

- **Les approches par les fonctions de coût : une mise en évidence précise des canaux d'influence du capital d'infrastructures sur la croissance**

La littérature précédente se concentrait sur la quantification de l'impact des infrastructures sur la performance globale, mais était silencieuse sur les canaux spécifiques à travers lesquels l'effet se concrétise. Comme ces travaux présentent des limites importantes en termes économétriques, ils ont été repris sur d'autres bases par de nouveaux travaux. Leurs résultats montrent que la productivité marginale du capital public peut aussi bien être

⁴ Les approches complémentaires ont estimé économétriquement des fonctions de production en utilisant des données de panels sur les Etats US, avec des données sur le capital désagrégé dans ses composants principaux et par secteurs. Ils trouvent des résultats similaires, en particulier pour le capital investi dans les routes et autoroutes.

égal à celle du capital privé, qu' être négative, ce qui permet de ne tirer aucun enseignement. Voir le survey de Romp et De Haan (2005).

C'est le cas de travaux reposant sur des fonctions de coûts détaillées par secteur et non pas sur des fonctions de production, comme précédemment. Ces travaux ont été développés par Nadiri et Mamuneas (1994) sur les Etats-Unis et Harchaoui et Tarkhani (2003) sur le Canada en utilisant des fonctions de coût⁵ sur une quarantaine de secteurs industriels américains (respectivement canadiens) estimées sur la période 1961-2000. Ils peuvent ainsi estimer les effets sur les coûts de production des secteurs, le niveau d'output, et la demande d'autres facteurs (travail, capital et biens intermédiaires). Ils obtiennent des estimations plus petites qui apparaissent beaucoup plus réalistes.

Ils constatent que l'augmentation du capital public a un impact direct sur la productivité : elle réduit le coût de production unitaire dans presque toutes les industries. Cet effet de productivité varie en ampleur selon les secteurs, les plus grands effets se situant dans le transport, le commerce de gros et de détail et les autres secteurs de services publics. L'impact économique du capital public ne se limite pas à l'effet direct de productivité. Les réductions de coûts permettent des prix plus bas qui, eux-mêmes, peuvent conduire à une croissance plus élevée des ventes et donc de la production, ce qu'ils appellent l' « effet-output » du capital public. Les impacts de réduction de coût et l'effet-output des capitaux publics affectent la demande du secteur privé pour le travail, le capital et les intrants intermédiaires. La demande de travail et d'intrants intermédiaires est inférieure à ce qu'elle aurait été, alors que la demande de capitaux privés dans toutes les industries augmente. Ainsi, l'effet output du capital public renforce la formation de capital privé. Le capital public peut donc être considéré aussi comme ayant un rôle important en contribuant à l'expansion économique tirée par les investissements. Ceci implique que le capital public est un complément du capital privé, et non un substitut ou un concurrent.

Encadré n°1

Les effets de réseau résultant du développement d'infrastructures

Le développement d'un réseau routier solide dans un pays émergent a des effets importants sur la baisse des coûts de logistique et de transport. Le développement de réseau de téléphonie mobile dans les pays pauvres ou émergents ont eu un effet très important sur le développement des transactions commerciales et bancaires dans les zones non urbaines

Dans les modèles de référence appliqués aux pays développés et en développement, qui se basent sur des données techniques, on prend en compte principalement les routes, les télécoms et l'électricité en laissant de côté l'eau et l'assainissement, le ferroviaire, les aéroports et les ports, les réseaux de gaz, etc.). Le progrès des techniques et ses effets de réseau ne sont pas directement pris en compte, sauf dans les télécoms où on prend en compte le nombre de lignes fixes et de mobiles.

⁵ Dans une fonction de production, les entreprises produisent leur output en utilisant divers intrants (capital, travail, matériaux, etc.) de manière à maximiser leurs profits. Une fonction de coût postule la minimisation du coût des intrants pour produire un niveau de production. La fonction de coût est vue pour cette raison comme le dual de la fonction de production parce que les deux approches aboutissent au même résultat en termes d'entrées et de sorties.

Les effets de réseau créent des non-linéarités dans la contribution du capital en infrastructures sur la productivité des autres facteurs. En d'autres termes les effets d'accroissement de productivité des autres facteurs de production, mais qui sont différents selon les secteurs, et donc au total selon l'importance relative de ces secteurs dans l'économie. Se pose la question de la façon dont on peut capturer les effets de renforcement mutuel de productivité des 3 facteurs dans chaque secteur, mais aussi bien sûr entre secteurs ?

▪ **Les différences de résultats entre travaux**

Les estimations empiriques des effets des investissements publics en infrastructures dans les pays du sud présentent des variations considérables entre études. La littérature récente tend à trouver des effets plus petits et plus plausibles que ceux rapportés dans les études antérieures de type Aschauer du fait des améliorations méthodologiques (voir le survey de Romp et de Haan, 2007).

Dans les approches en termes de fonction de production, l'estimation des études récentes de l'élasticité du PIB par rapport au capital d'infrastructures se situe en général autour de 0,15 pour les pays développés (Bom et Ligthart 2009), ce qui signifie qu'un doublement du capital en infrastructures accroît le PIB d'environ 30 pour cent. Les estimations tirées d'études plus récentes utilisant des échantillons plus larges de pays ne sont pas très différentes.

Toutefois, cela ne capture que l'effet direct du capital public en infrastructures sur la production, compte tenu de l'utilisation d'autres facteurs de production. Or il peut y avoir des effets indirects supplémentaires découlant des changements dans l'utilisation de ces autres facteurs, en raison de leur complémentarité avec le capital en infrastructures.

Ceci dit, les résultats des régressions à partir des formes réduites des fonctions de production dans les différentes études sont difficiles à comparer entre études, car elles se réfèrent chacune à différentes séries de variables autres que le capital en infrastructures. Néanmoins, les estimations des études récentes basées sur des données de panel combinant les pays industrialisés et les pays en développement suggèrent qu'une augmentation de 1% du stock d'infrastructures physiques, toutes choses égales par ailleurs, augmente temporairement la croissance du PIB de 1 à 2%, mais l'effet sur la croissance va en diminuant à mesure que l'économie se rapproche de sa croissance potentielle de long terme.

Ces résultats méritent toutefois une mise en garde concernant l'hétérogénéité. Les infrastructures peuvent varier d'un pays à l'autre et selon les périodes, en fonction de nombreux facteurs en commençant par le caractère hétérogène des infrastructures elles-mêmes (rail, distribution eau et assainissement, service postal, télécoms, électricité, gaz, etc.). De plus peu d'études prennent en compte la dimension de la qualité et des différences entre pays dans chacun de ces domaines, en grande partie en raison de problèmes de mesures. En effet les relations économétriques, comme déjà dit, sont basées sur l'hypothèse que le flux de services productifs émanant du capital en infrastructures est directement lié à la taille du capital accumulé. Mais elles ignorent la qualité des infrastructures et de leurs services productifs. Une démonstration a contrario pourrait être donnée par les études sur l'effet des défaillances très importantes de la fourniture électrique en termes de pertes de

PIB dans des pays émergents comme l'Inde ou le Nigeria (effet qui serait environ 5% selon Alcott et al (2014)

Une étude économétrique qui prendrait en compte de façon pertinente la qualité de ces infrastructures conduirait à conclure que l'entretien des actifs existants dans les pays du sud mérite autant d'attention que l'acquisition de nouveaux actifs.

4. Les résultats des approches économétriques améliorées

Calderon, Moral-Benito et Serven (2011) de la Banque Mondiale ont revu complètement l'approche sur l'effet de long terme des investissements en infrastructures publiques sur le PIB (l'output agrégé) et identifient un effet inférieur des dépenses en capital public sur la croissance. En utilisant une fonction de production incluant un facteur « infrastructure », ils estiment l'élasticité du PIB au capital en infrastructure sur un panel couvrant 88 pays dont 24 pays riches, sur les années 1960-2000 avec plus de 3500 observations.

Pour dépasser les limites des travaux antérieurs, il utilise d'abord une approche multidimensionnelle de l'infrastructure en quantité physique, qui allie électricité, transport et télécommunications dans un indice synthétique construit à partir d'une analyse en composantes principales. Ensuite les auteurs choisissent d'utiliser une fonction de production reliant le PIB par travailleur relativement au capital physique, au capital humain, et à l'index composite de l'entrant « infrastructure » (chacun des trois étant rapporté au montant de travailleurs dans l'économie) avec trois objectifs :

- éviter l'hétérogénéité de la contribution de l'infrastructure à la production globale dans une approche en cross-section qui couvre beaucoup de pays,
- limiter les questions de non-stationnarité entre le facteur « infrastructures » et les autres facteurs de production,
- contrôler le sens de la causalité du PIB vers le capital en infrastructure.

Comme annoncé dans le résumé introductif, ils trouvent une élasticité du PIB au facteur « infrastructure » moins élevée que celle dans les travaux cités précédemment. Elle se situe dans une plage comprise entre 0,07 et 0,10 (en fonction de la spécification utilisée) au lieu de l'élasticité de 0,15 dans les travaux antérieurs. Les auteurs insistent sur le fait que le niveau moyen qui leur semble pertinent est une élasticité de 0,08, ce qui signifie qu'un doublement du capital en infrastructures augmenterait le PIB de 16%.

Les résultats sont significatifs et robustes à une variété de tests économétriques avec des spécifications différentes et des indicateurs synthétiques différents⁶. La structure de l'index composite d'infrastructures ne joue pas de rôle significatif. Les calculs montrent dans tous les cas que la contribution du capital en infrastructure est aussi significative que celles du capital physique et le capital humain dont les estimations des auteurs sont en ligne avec les estimations habituelles. Les tests ne montrent pas de différences significatives de l'élasticité

⁶ Les auteurs ont en effet testé d'autres indicateurs: pondération différente entre les trois types d'infrastructures, remplacement du nombre de lignes téléphoniques fixes et mobiles par un indicateur de densité, idem pour les routes, indicateur de densité « routes + rail » à la place de la seule densité routière, prise en compte des seules routes goudronnées dans les pays en développement, etc.

du PIB au capital en infrastructures entre pays, ce qui signifierait qu'il n'y ait pas de lien avec le niveau de richesses.

- Dans un traitement séparé entre pays riches et autres pays, l'estimation moyenne est légèrement supérieure dans le groupe des pays moins riches, alors qu'on pourrait anticiper que les pays moins riches (ou plus pauvres) auraient plus de difficulté à utiliser avec efficacité leur infrastructure. Mais ce résultat n'est pas statistiquement significatif.
- Dans un traitement prenant en compte la taille démographique des pays, là encore on ne voit pas de résultats significatifs, alors qu'on pourrait anticiper que l'élasticité output/infrastructure soit négativement corrélée à la taille démographique du pays du fait de problèmes de congestion.
- Dans un autre traitement entre pays à haute dotation en infrastructures par tête et pays à faible dotation, on ne montre pas que l'élasticité output/infrastructures varie de façon systématique en fonction du degré de développement de ces dernières. On aurait pensé pourtant que l'élasticité devrait être plus élevée dans un pays avec une dotation plus importante en infrastructures. Il y a une différence dans les estimations, mais elle n'est pas statistiquement significative.

Ce qui semble très instructif, c'est la faible incidence de l'hétérogénéité entre pays sur les trois paramètres : niveau de richesse, taille démographique et dotation en infrastructures. Il n'y aurait donc pas d'effet de productivité marginale décroissante en fonction du niveau de richesses, sans doute parce que le niveau d'infrastructure n'est jamais strictement adapté à ce qu'il devrait être pour que le pays atteigne le niveau conforme à son taux de croissance potentielle.

▪ **Quid de la productivité marginale du capital en infrastructures ?**

On vient de voir qu'elle varie peu en fonction du niveau de richesses du pays et de sa dotation en capital d'infrastructures. Comme on l'a dit, la littérature met pourtant en avant l'existence d'un niveau optimal de capital en infrastructures assimilé en capital public productif, assimilé à l'investissement public productif non militaire (voir Kamps, 2005). Mais ces exercices mettent-ils vraiment en relief une baisse de productivité marginale de l'infrastructure au fur et à mesure de l'accroissement de richesse par tête d'un pays qui s'est accompagné le développement des infrastructures ?

Les résultats, juste cités, de l'exercice de Calderon et al. (2000) sur 80 pays apparaissent indépendants de l'hétérogénéité en matière de niveau de développement, de dotation en infrastructures, ou de la taille de la population totale. L'implication est que, dans tous les pays, les différences observées dans le ratio capital d'infrastructure /PIB sont une bonne indication pour cerner les différences dans la productivité marginale de l'infrastructure.

Les résultats montreraient que l'accroissement de la quantité et de la qualité de l'infrastructure, qui ont un effet productif réel, ont un coût et mettent des décennies à mettre en œuvre. Mais un tel modèle ne semble pas pouvoir dire à partir de quel niveau d'infrastructures en relation avec la richesse par habitant cette productivité marginale diminue ou s'annule.

Serven (2010) signale que les tests formels dans des études récentes ne parviennent pas à cerner un effet de l'hétérogénéité des services rendus par les infrastructures entre pays. Bien que la précision de ces tests est contrainte par la faible précision des estimations de la qualité des services par pays, ils impliquent que le pourcentage d'augmentation du PIB réel qui résulte d'une augmentation donnée du capital en infrastructure est à peu près similaire dans tous les pays. De ce fait la productivité marginale du capital en infrastructure est plus élevée, toutes choses égales par ailleurs, là où le stock d'infrastructures publiques est plus faible. A l'inverse si le ratio du capital en infrastructure au PIB double, la productivité marginale de l'infrastructure est réduite de moitié. Quid de ce constat pour en déduire des enseignements dans les pays développés riches de façon pertinente ? On revient sur cette question plus loin.

Avant de tirer une conclusion de ces études, il est important de garder à l'esprit que la plus grande partie de la littérature empirique résumée ici vise à mesurer le rendement des actifs d'infrastructure (en termes de production), mais qu'elle a beaucoup moins à dire sur leurs coûts d'acquisition et d'exploitation. L'évaluation de ces derniers est nécessaire pour tirer des conclusions sur le niveau optimal de la fourniture d'infrastructures, (qui est défini par l'égalisation du rendement social marginal et du coût de l'investissement marginal), et déterminer si le niveau d'infrastructures atteint est insuffisant ou excessif. Intuitivement, si l'infrastructure est proche de son niveau optimal, l'effet net d'un investissement marginal dans le stock de capital d'infrastructure doit être nul. En d'autres termes, l'impact de l'augmentation de ce type d'actif deviendrait inférieur au coût de consacrer d'avantage de ressources à l'accumulation de capital public dans les infrastructures par effet d'éviction vers d'autres emplois de ces ressources.

Peu d'études ont suivi cette voie, en utilisant des modèles de croissance simples qui prennent en compte explicitement les coûts et les bénéfices sociaux des ressources engagées dans les infrastructures de service public. Les études en cross-section reposant sur de tels modèles concluent généralement que les infrastructures seraient excessives dans certains pays en relation avec leur niveau de richesse, mais pas dans les autres pays n'ayant pas atteint le même niveau de richesses. Mais un survol de ces études montre qu'il n'y a aucune corrélation claire entre l'efficacité de ces investissements en capital public sur la croissance d'un côté et le niveau de richesses par tête de l'autre (Serven, 2010).

Ces conclusions sont liées aux types de modèle économétrique dont la robustesse est toujours discutable. De plus ce serait une erreur de considérer que les infrastructures n'ont aucun effet sur la croissance des économies développées, même si les preuves semblent moins fortes que dans le cas des économies émergentes et en développement.

4. Le déficit d'investissement en capital public : quel effet sur la croissance économique ?

Dans les années 2000, après une période de réduction des dépenses publiques et d'infrastructures (voir encadré 2 pour une caractérisation), un débat a émergé sur le rôle des dépenses publiques dans la croissance économique. Les appels à une expansion des dépenses de capital public, notamment en infrastructures, qui en découlent reposent sur les hypothèses implicites suivantes à avoir en tête :

- le capital public est productif,

- le capital en infrastructures augmente la productivité des autres facteurs,
- le déclin du ratio de l'investissement public sur le PIB au cours des décennies passées a réduit le stock de capital public en dessous d'un niveau qui serait optimal par rapport à la croissance potentielle,
- que les biens en capital concernés (le stock d'infrastructures) doit être fourni en grande partie par le gouvernement.

Cette dernière hypothèse amène à s'interroger sur l'efft du mode de financement de ces investissements dans la capital public par impôt ou par endettement.

Porté par les économistes du FMI (voir les « World Economic Outlooks » annuels du FMI depuis 2005), le débat a été repris en Europe, avec les travaux des économistes de la Banque Européenne d'investissement (Romp, De Haan, 2005 par exemple), pour s'interroger sur les conditions de reprise durable de la croissance économique Plus récemment des travaux ont porté sur l'économie allemande et sur le déficit d'investissement, tant en capital d'infrastructures qu'en capital d'équipements industriels sur la croissance potentielle allemande (Balzebach et al., 2011, 2013). Ces travaux se basent sur la théorie de croissance endogène comme les travaux évoqués auparavant.

Encadré 2

La réduction des dépenses d'infrastructures des années 1980-2000

Avec la montée du libéralisme, puis la croissance de la dette publique dans de nombreux pays développés et en développement, les dépenses publiques ont été réduites en affectant les dépenses d'infrastructures.

- **Pays émergents et en développement**

Dans les pays en développement, la crise de la dette publique des années 80 a entraîné par la force des choses un plafonnement voire une diminution des investissements dans les infrastructures (routes, énergie, télécoms, distribution d'eau). Il y avait en parallèle de graves défauts de gestion des entreprises publiques dus à une emprise trop forte des régulations ministérielles qui imposaient des tarifs trop bas conduisant à des déficits et à limiter les investissements et les dépenses d'entretien élémentaires.

Les réformes des années 80-90 dans le cadre des plans d'ajustements structurels (privatisation, introduction de la concurrence, etc.) ont rencontré d'importantes difficultés de mise en œuvre. L'attraction des investisseurs privés dans le secteur électrique et de distribution d'eau pour pallier les déficits d'investissement en production et en réseau n'ont pas connu le succès attendu.

- **Pays développés**

Dans les pays développés, deux problèmes différents se sont manifestés :

- ceux des infrastructures qui sont (ou sont restés) dans le giron de l'Etat, notamment les infrastructures routières et navigables d'un côté, qui ont pu connaître une baisse des budgets d'investissement et d'entretien, comme en Allemagne, au Royaume uni, au Canada et aux Etats-Unis,
- les industries de réseau de service public de l'autre qui ont été en grande partie privatisées avec introduction de la concurrence, ces réformes ayant eu des succès différents selon les secteurs, notammen en termes d'investissement.

Les privatisations et la libéralisation se sont faites au nom de la recherche d'efficacité de court terme et de long terme aux bénéfices des consommateurs. Les investissements dans l'électricité, le gaz, le rail, les télécoms et la distribution d'eau ont pu connaître des rationalisations avec un ajustement des obligations de service public et/ou universel sous des logiques de rentabilisation financière (« asset sweetening », réduction de la main d'œuvre, etc). Les travaux de comparaison des effets des réformes sur les prix, l'innovation et la qualité de service dans différents pays ne montrent aucune amélioration probante (PSIRU, 2014), sauf dans les télécoms en matière d'innovation de produits et de services offerts avec l'arrivée du numérique. Les coûts et les prix ont augmenté dans le secteur de l'eau et de l'assainissement du fait des coûts élevés des partenariats public-privé. Les performances en termes de qualité de service ont pu se dégrader dans tel ou tel secteur dans les pays qui ont libéralisé le plus, notamment dans le ferroviaire et la distribution d'eau. Dans les secteurs électrique, la maturité de la demande et les surcapacités de départ n'exigeaient pas des investissements importants en production jusqu'aux années 2010 pour continuer à satisfaire la demande dans de bonnes conditions, ce qui a facilité le maintien de la qualité de service.

Actuellement il existe de nouvelles demandes en matière d'investissement en infrastructures avec le développement du numérique (haut débit, fibre optique) et avec la nécessité de passer à des énergies moins carbonées, notamment les énergies renouvelables à apport variable dans le secteur électrique où le développement massif d'énergies intermittentes portés par les subventions à la production (tarifs d'achat) nécessite des transformations des réseaux.

4.1. L'approche FMI de l'intérêt d'une reprise de l'investissement en capital public

Dans une étude récente du FMI sur l'intérêt économique de reprendre les investissements publics, les économistes du FMI ont évalué l'impact macroéconomique d'un choc d'investissement public sur un échantillon d'une centaine d'économies avancées, émergentes et en développement⁷. Ce choc est traité comme une erreur de prévision du ratio d'investissement public par rapport au PIB. Cette procédure permet d'aligner les informations que les agents économiques sont supposés recevoir dans le modèle économique implicite derrière les relations économétriques, et les variables explicatives dans ces relations que vont estimer les économètres. Deux spécifications économétriques sont utilisées.

- La première relation tente d'établir si ces chocs imprévus ont des effets significatifs sur les variables macroéconomiques telles que la production, le montant de la dette par rapport au PIB, et l'investissement privé.
- La seconde relation est utilisée pour analyser si ces effets varient en fonction de l'état de l'économie, l'efficacité de l'investissement public, et la façon dont un incrément d'investissement public est financé par la dette ou par l'impôt (dans un budget en équilibre, et donc au détriment d'autres emplois des ressources de l'impôt).

Avec la première approche, on trouve que 1% en termes de croissance du PIB des dépenses d'investissement en capital public augmente le niveau de production d'environ 0,4 % dans la même année et de 1,5 % quatre ans après le choc. En utilisant la moyenne du ratio investissement public sur production (PIB) dans l'échantillon (environ 3% du PIB), on trouve

⁷ L'étude repose sur l'assimilation du capital public et du capital en infrastructures.

des multiplicateurs de dépenses d'investissement à court terme et à moyen terme, respectivement de l'ordre de 0,4 et 1,4. Les résultats sont robustes au choix de différents échantillons chronologiques et lorsque les chocs d'investissement public sont isolés des autres chocs de dépenses publiques, et leurs effets isolés des changements imprévus dans la production.

Avec la seconde approche, les résultats sur la production, la croissance, l'investissement privé et le ratio dette/PIB sont dépendants de trois paramètres de situation : le type de situation économique (stagnation ou croissance), le niveau d'efficacité de l'investissement public et le mode de financement par la dette

- Des dépenses d'investissement public plus élevées conduisent généralement à la réduction du ratio dette-PIB à la fois à court terme (environ 0,9 point de pourcentage du PIB) et à moyen terme (environ 4 points de pourcentage du PIB) par leurs effets sur la croissance, mais cette baisse de la dette n'est statistiquement significative qu'à court terme. Pendant les périodes de forte croissance, les estimations suggèrent une augmentation de la dette publique, mais la largesse des intervalles de confiance implique en fait que les estimations ne sont pas statistiquement significativement différents de zéro. De plus il n'y a pas d'effet statistiquement significatif sur l'investissement privé en proportion du PIB, celui-ci augmentant en tandem avec le PIB à la suite de l'augmentation de l'investissement public.
- Pendant les périodes de faible croissance, un choc de dépenses d'investissement public augmente le niveau de production d'environ 1,5 % dans la même année et de 3 % à moyen terme. Par contre, en période de forte croissance, l'effet de long terme n'est pas significativement différent de zéro.

De façon instructive, on voit le FMI dans son rapport de 2014 sur l'Economie Mondiale conclure en prônant une reprise des investissements en capital public et en infrastructures, car propice à la croissance (IMF, 2014, p.75) : *« L'augmentation des investissements dans l'infrastructure publique augmente la production à court et à long terme, en particulier pendant les périodes de ralentissement économique et quand l'efficacité de l'investissement est élevé. Cela donne à penser que dans les pays ayant des besoins d'infrastructure, le moment est venu d'un effort d'investissement en infrastructure: les coûts d'emprunt sont bas et la demande est faible dans les économies avancées, et il y a des goulets d'étranglement dans de nombreux pays émergents et en développement. Le développement de projets financés par l'endettement pourraient avoir des effets importants de sortie sans augmenter le ratio de la dette au PIB, si les besoins en infrastructures clairement identifiés sont satisfaits par des investissements efficaces ».*

4.2. Les effets du déficit d'investissement en capital public sur la croissance: le cas allemand

Dans ses études de 2011 et 2013 (Balzebach et al., 2011, 2013), l'institut DIW a montré que le sous-investissement dans les infrastructures et dans l'industrie a pesé sur la très faible croissance de la productivité des emplois, en dépit du haut niveau de création d'emplois (mais peu rémunérés) dans les années 2005-2012. De façon plus générale, il aurait baissé le niveau de croissance potentielle que l'Allemagne aurait pu avoir depuis 1999. Le DIW estime à 1000 milliards d'€ le manque d'investissement depuis 1999

En utilisant un modèle de croissance endogène développé dans le cadre d'un programme européen (D'Auria, 2010)⁸, les économistes du DIW ce déficit d'investissement, accompagné du manque de dépenses en éducation et en RD, a entraîné un manque à gagner en termes de croissance de PIB annuel de 1% par rapport à un scénario où les Allemands auraient investi autant que la moyenne de la zone euro (en ratio investissement sur PIB).

L'Allemagne a sous-investi en dépenses d'entretien de ses réseaux d'infrastructures traditionnelles (routes, autoroutes, ponts, voies navigables, rail) couvert par le budget public⁹, et dans l'entretien de réseaux de téléphonie et du rail qui dépendent d'entreprises privatisées régulées et dans l'expansion des réseaux nouveaux (haut débit, réseaux électriques pour l'adaptation à la politique de transition énergétique (Energiewende)). Ces effets se surajoutent à ceux du sous-investissement dans les activités industrielles malgré la disposition d'une épargne privée abondante mal dirigée vers des investissements financiers à l'étranger¹⁰. En 15 ans, la valeur des actifs nets de l'État qui correspondaient à 20 % du produit intérieur brut (PIB) avec 500 milliards d'€ en 1999 ont chuté à une valeur de 13 milliards €, correspondant à 0,5 % du PIB.

En matière de réseau de transport, le budget public de transport est chroniquement sous-financé. Entre 2006 et 2011, avec seulement de 4 milliards € par an de mise de fonds publics, le gouvernement fédéral, les länder et les municipalités ont trop peu investi dans l'entretien des 650.000 km de routes et d'autoroutes et de son réseau de chemin de fer qui englobe quelques 40.000 km. Si l'Allemagne veut maintenir le niveau de qualité de ses infrastructures routières et autoroutières au niveau requis pour être performantes, elle devrait dépenser selon le DIW un montant supplémentaire de 6,5 milliards € par an. Du côté ferroviaire, la Deutsche Bahn a calculé que, si l'entreprise poursuivait tous les projets de modernisation de l'existant qui ont été planifiés et budgétisés, elle ne pourrait pas lancer de nouveaux projets avant 2030.

Dans les réseaux gérés par des entreprises privées (anciennement publiques ,ou semi-publiques) dans les télécoms et l'énergie, une des difficultés est la réglementation des tarifs de transport qui ne laisseraient pas suffisamment de marges pour permettre des investissements dans les réseaux innovants. C'est le cas notamment de l'internet à haut débit dont on estime le coût de l'expansion dans l'ensemble du territoire à 80 milliards d'€. Il faut donc créer plus d'incitations à l'investissement privé dans ces réseaux numériques.

Dans le domaine de l'énergie, les investissements associés à l'Energiewende en réseaux, en équipements ENR, mais aussi en rénovation thermique auraient des effets sur la croissance importants selon le DIW. Sur la base d'une étude optimiste basée sur un modèle d'équilibre général (Blazajak, et al. 2011, 2013), la politique d'Energiewende par les importants investissements qu'elle nécessiterait pourrait accroître la croissance du PIB de 2.8 % d'ici

⁸ Le modèle cherche à identifier les facteurs de croissance du PIB par tête, ainsi que ceux de la productivité global des facteurs, en prenant pour variables dépendantes, l'investissement total , les dépenses publiques totales d'éducation, les dépenses par élève/étudiant, l'investissement direct, les dépenses de RD et le degré d'ouverture de l'économie

⁹ Par exemple, le modèle industriel du « juste à temps » pour la production industrielles peut être mis en question par les problèmes du réseau routier et autoroutier.

¹⁰ Le DIW reproche aux banques, aux entreprises allemandes et aux particuliers d'avoir mal investi à l'étranger, avec des pertes de valeur de leurs investissements financiers de l'ordre de 400 milliards de \$ sur la période .

2020. Là encore il faudrait que la réglementation de l'accès au réseau ne contraignent pas les gestionnaires de réseau dans leur investissement et ne crée pas d'incertitudes supplémentaires à celle inhérent à l'acceptabilité politique des nouvelles lignes de transport et de distribution (Blacejak et al., 2013).

On notera pour finir que le financement des investissements de rénovation et de développement des infrastructures peut se trouver sans problèmes, malgré les règles strictes de gestion budgétaire de l'Etat allemand. De plus à long terme, l'investissement public en réseaux d'infrastructures sur la croissance aura des effets positifs sur la croissance, par là sur les recettes budgétaires.

Bibliographie

Allcott, H., Collard-Wexler, A, O’Connell, S.D.,2014. How Do Electricity Shortages Affect Productivity? Evidence from India. New York University. http://pages.stern.nyu.edu/~acollard/ACO_Electricity_Shortages_in_India.pdf (Access 27.06.2016)

Aghion Ph., Howitt, P., 1992. A Model of Growth Through Creative Destruction Author(s) Source: *Econometrica*, Vol. 60, No. 2. 323-351

Aschauer, D.A., 1989. Is public expenditure productive?. *Journal of Monetary Economics* (23), pp. 177-200.

Barro, R. 1990, Government spending in a simple model of endogenous growth, *Journal of Political Economy*, vol. 98 (5), pp. S103–S125.

Blazejczak J., Braun, D. Edler, D. and W.-P. Schill, 2011. Economic Opportunities and Structural Effects of Sustainable Energy Supply. *DIW Economic Bulletin*, n° 20.

Blazejczak, J., Diekmann, J., Edler, D., Kemfert, C., Neuhoff, K., Schill, W.P., 2013. Energy Transition Calls for High Investment. *DIW Economic Bulletin*, n° 9.2013

Calderon C., Moral-Benito, E., Servén, L., 2011, Is Infrastructure Capital Productive? A Dynamic Heterogeneous Approach, Policy Research Working Paper 5682 (WP 5682). Washington : World Bank

Calderon C., Moral-Benito E., Servén L., 2011, How Much Does Infrastructure Contribute to GDP Growth? *Research Digest World Bank* .Vol. 5 (4). Summer 2011

D’Auria, F., Denis, C., Havik, K., Mc Morrow, K, Planas, D., Rossi, A. . 2010, The production function methodology for calculating potential growth rates and output gaps, *Economics Paper*, 420. EU Commission, Directorate-General for Economic and Financial Affairs

DIW, 2013, Investment for More Growth—An Agenda for Germany's Future, *DIW Economic Bulletin* n°8. 2013

Easterley, W., and Rebelo, S. Dec. 1993. Fiscal policy and economic growth: An empirical investigation. *Journal of Monetary Economics* 32:389–405.

Hall, D. 2013, Why we need public spending ? available from <http://www.psir.org/reports/2010-10-QPS-pubspend.pdf>

Harchaoui, T.M., Tarkhani. F., 2003. “Public Capital and its Contribution to the Productivity Performance of the Canadian Business Sector.” *Economic Analysis Research Paper Series*. 017, Micro-Economic Analysis Division. Ottawa: Statistics Canada.

International Monetary Fund 2014: « Is it time for an infrastructure push ? The macroeconomic effects of public investment ». In *IMF, 2014. World Economic Outlook : Legacies, Clouds, Uncertainties*. Washington : IMF, October 2014 (chapter 3).

Kamps C., 2005. Is there a lack of public capital in the European Union? *EIB Papers Vol.10 Luxembourg : European Investment Bank*

Kocherlakota, N., Kei-Mu, Y. 1997. Is there endogenous long-run growth? Evidence from the United States and the United Kingdom. Federal reserve Bank of NY Research Papers.

17. https://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr17.html (Access 27.06.2016)

Lucas, R. E., 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, Vol .22, 3-42.

Mourmouras, I. A., & Lee, J. E. (1999). Government Spending on Infrastructure in an Endogenous Growth Model with Finite Horizons. *Journal of Economics and Business* Vol. 51 , 395-407.

Munnell, A.H., 1992. Policy watch. Infrastructure investment and economic growth". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 6,189-198.

Musgrave R.A., 1959. *The Theory of Public Finance: A Study in Public Economy*. McGraw-Hill.

Nadiri M., Mamuneas T. ,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(1), 22-37, February.

Pritchett, L. 2000.The Tyranny of Concepts: CUDIE (Cumulated, Depreciated, Investment Effort) Is Not Capital. *Journal of Economic Growth* 5 (4), 361–84

PSIRU, 2014, *Public and Private Sector Efficiency : A briefing for the EPSU Congress* by PSIRU, PSIRU : Greenwich University, May 2014.

Romer P.M , 1990."Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, Vol. 98, S71-S102

Romer, P. M. , 1986. "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 94, 1002-1037.

Romp W. & J. de Haan 2005. *Public capital and economic growth: a critical survey*. EIB Papers, Vol.10 n°1. Luxembourg : European Investment bank

Serven L. 2010, *Infrastructure and Growth*, Research Brief, Washington : World Bank, June 2010
United States and the United Kingdom. *Journal of Money, Credit, and Banking*. Vol. 29. 235–262.