

MOHAMED BAYOUDH

**INVESTISSEMENT EN INFRASTRUCTURE PUBLIQUE ET  
CROISSANCE EN TUNISIE: UNE ANALYSE EN ÉQUILIBRE  
GÉNÉRAL CALCULABLE**

Thèse présentée  
à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval  
dans le cadre du programme de doctorat en économie  
pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (Ph.D.)

DÉPARTEMENT D'ÉCONOMIQUE  
FACULTÉ DES SCIENCES SOCIALES  
UNIVERSITÉ LAVAL  
QUÉBEC

2012

© Mohamed Bayouhd, 2012

## ***Résumé***

Nous proposons dans un premier essai de développer un modèle d'équilibre général calculable dynamique séquentiel avec l'infrastructure publique comme externalité positive sur la productivité totale des facteurs. Les résultats des simulations démontrent que, globalement, l'augmentation des investissements publics en infrastructures produit des effets positifs sur les différents agrégats macroéconomiques. Toutefois, en Tunisie la meilleure façon de financer ces infrastructures serait à travers l'aide internationale.

Dans le deuxième essai, nous proposons d'étendre le modèle présenté dans le premier essai, afin de prendre en compte la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur. Nous présentons un modèle dynamique d'équilibre général intertemporel. Nous essayons de comparer les résultats des simulations obtenus par le modèle intertemporel avec les résultats du modèle dynamique séquentiel. Nos résultats démontrent que dans les deux scénarios envisagés (crédit et taxe de vente), la quantité de la valeur ajoutée est plus élevée dans le modèle intertemporel, par contre, en valeur c'est plutôt le contraire.

Contrairement aux deux autres essais où nous considérons les infrastructures au sens large, nous proposons dans le troisième essai de désagréger les infrastructures publiques. Nous considérons trois types d'infrastructures, deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles, et les infrastructures des transports et des communications) le troisième type est les infrastructures sociales. Nos résultats démontrent que dans les deux scénarios de financement de l'augmentation des investissements publics en infrastructures (crédit et taxe de vente), l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le cas des infrastructures des transports et des communications. Pour l'économie tunisienne, il serait plus rentable de consacrer la plus grande partie des investissements publics pour les réseaux des transports et des télécommunications.

## ***Remerciements***

Tout d'abord, j'exprime ma vive gratitude et reconnaissance à mon directeur de recherche Monsieur John Cockburn pour m'avoir donné la motivation et la confiance pour la réalisation de cette thèse, et pour ses conseils techniques, ses vastes connaissances, ses remarques pertinentes et constructives, sa disponibilité et sa bonne humeur. Sans son précieux soutien ce projet de recherche n'aurait pas été possible.

Je remercie également mon co-directeur de recherche Monsieur Kevin Moran pour sa précieuse contribution à la réalisation de la thèse. Ses conseils et ses suggestions m'ont été d'une grande utilité pour la rédaction de ma thèse.

Je tiens à remercier M. Bernard Decaluwé, Mme Hélène Maisonnave, M. Luc Savard, Mme Véronique Robichaud, et M. Yazid Dissou pour leurs conseils pertinents. Je leur en suis très reconnaissant.

Je voudrais aussi remercier le réseau de recherche sur les Politiques Économiques et la Pauvreté (PEP) qui m'a apporté un support financier.

Je tiens à remercier Monsieur Sylvain Dessy, le directeur de programme de doctorat, et Monsieur Patrick Gonzalez pour leurs conseils.

Finalement, Je dédie ces dernières lignes à ma femme Lamia, ma famille et mes amis qui m'ont soutenue tout au long de mes études. Je tiens à leur témoigner toute mon affection et ma reconnaissance pour leurs encouragements.

## ***Table des matières***

Résumé	2
Remerciements	3
Table des matières	4
1- Introduction générale	6
2- Investissement en infrastructure publique et croissance en Tunisie: une analyse en équilibre général calculable dynamique séquentiel	9
2-1- Introduction	10
2-2- Revue de la Littérature	12
2-2-1- L'impact des infrastructures sur la croissance	13
2-2-1-1- L'approche primale et la fonction de production	14
2-2-1-2- L'approche duale et la fonction de coût	16
2-2-2- Choix du mode de financement des infrastructures	16
2-2-2-1- Crédit intérieur	17
2-2-2-2- Fiscalité	17
2-2-2-3- Aide étrangère	18
2-3- Effets de l'investissement en infrastructure publique : une analyse en équilibre général séquentiel	19
2-3-1- Infrastructure dans les MEGC	20
2-3-2- Structure du modèle	23
2-3-2-1- Structure de base	23
2-3-2-2- Choix du mode de financement	27
2-3-3- Matrice de comptabilité sociale (MCS-2005)	29
2-3-4- Simulations et résultats	30
2-4- Conclusion	45
2-5- Bibliographie	46

3- Effets de l'investissement en infrastructure publique : une analyse en équilibre général intertemporel	51
3-1-Introduction	52
3-2- Structure du modèle	55
3-2-1- La consommation des ménages	55
3-2-2- L'investissement des firmes	57
3-2-3- La dette publique	62
3-2-4- La dette extérieure	63
3-2-5- Richesse	63
3-2- Simulations et résultats	64
3-3- Conclusion	83
3-4- Bibliographie	84
3-5- Annexes	85
4- Effets des différents types d'infrastructure publique : une analyse en équilibre général intertemporel	90
4-1- Introduction	91
4-2- Revue de la Littérature	93
4-2-1- Les infrastructures agricoles	94
4-2-2- Les infrastructures des transports et des communications	95
4-2-3- Les infrastructures sociales	97
4-3- Structure du modèle	98
4-3-1- La consommation des ménages	99
4-3-2- L'investissement des firmes	99
4-4- Simulations et résultats	101
4-5- Conclusion	110
4-6- Bibliographie	111
5- Conclusion générale	113

## **Introduction générale**

L'infrastructure comprend divers éléments nécessaires au fonctionnement de l'économie. Les infrastructures peuvent améliorer les structures de l'économie, accroître la rentabilité des entreprises, stimuler le marché du travail ainsi que les investissements dans le secteur privé. De plus elles affectent la productivité et donc la compétitivité sur les marchés extérieurs, ainsi que la capacité d'un pays à attirer les investissements étrangers. Cette situation est particulièrement vraie dans les pays en développement, puisque généralement dans ces pays le niveau des infrastructures est relativement faible et on s'attend donc à ce que leur productivité marginale soit relativement élevée. Pour un pays en développement, la mise en place d'infrastructures de qualité est un défi de taille. Selon un rapport de la Banque mondiale (1994), l'infrastructure publique est la roue de l'activité économique, et la défaillance des infrastructures dans les pays pauvres retarde leur décollage économique.

Toutefois, le rôle des infrastructures comme moteur de la croissance économique a beaucoup évolué. Aujourd'hui, l'investissement public en infrastructure est perçu, davantage comme un facteur d'amélioration de la productivité et de l'investissement dans le secteur privé. De plus, l'infrastructure contribue à la croissance par une amélioration du côté de l'offre plutôt que de la demande, en ce sens que l'infrastructure publique constitue un apport indispensable à la production dans le secteur privé.

Il est certain que le secteur privé bénéficie des retombées de tels investissements pendant et après la fin des projets. Toutefois, les sources de financements de ces projets d'infrastructures peuvent aussi avoir des effets négatifs sur les investissements privés, par l'effet d'éviction. De plus, l'augmentation démesurée des dépenses publiques en infrastructure, par rapport à l'investissement privé, peut s'avérer inefficace (Feldstein et Ha, 1999; Rioja, 1999).

Cette thèse s'intéressera particulièrement au cas de l'économie tunisienne. Les infrastructures de la Tunisie sont relativement bien développées. Depuis 1995, le gouvernement y a consacré une grande part des fonds publics, en partie grâce aux subventions accordées par l'Union européenne. Ces subventions visaient, d'une part, à

encourager et appuyer la restructuration et modernisation du secteur privé tunisien, mais aussi à favoriser l'établissement d'une zone de libre-échange entre la Tunisie et l'Union européenne devant inclure les services, un droit d'établissement, ainsi que la libre circulation.

La possibilité que les investissements publics en infrastructure, puissent stimuler la croissance économique mobilise l'intérêt des économistes depuis longtemps. Malgré de nombreuses critiques, les travaux d'Aschauer (1989) sur l'impact des infrastructures aux États-Unis constituent le point de départ de plusieurs études sur la productivité des infrastructures. Toutefois, les travaux s'intéressant à l'impact des infrastructures publiques sur l'économie tunisienne sont quasi inexistantes. En effet, une seule étude a été recensée sur le sujet, celle de Boughzala et al (2008).

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'analyser le rôle des infrastructures publiques dans le processus d'accumulation et de croissance économique, ainsi que de déterminer la meilleure manière de financer les dépenses liées à la mise en place de ces infrastructures. Nous chercherons donc à répondre aux questions suivantes : quel est l'effet net des infrastructures sur la croissance compte tenu que l'investissement qu'elles requièrent détourne des ressources qui peuvent être utilisées dans d'autres secteurs de l'économie? Y a-t-il un lien de substitution ou de complémentarité entre les investissements publics et privés? Quelle est la meilleure façon de financer ces investissements publics? Quel est le type d'infrastructure le plus rentable? Et est-ce que l'augmentation des stocks en infrastructure permet d'accélérer la croissance économique?

Nous proposons dans un premier essai de développer un modèle d'équilibre général calculable dynamique séquentiel dans le quel l'infrastructure publique apporte une externalité positive à la productivité totale des facteurs dans la fonction de la production. On distingue quatre scénarios : dans le premier, l'augmentation de l'investissement en infrastructure est financée par le crédit intérieur. Dans les deuxième et troisième scénarios, le financement est permis grâce à la taxation et, dans le quatrième, par l'aide internationale au développement.

Dans le deuxième essai, nous proposons d'étendre le modèle présenté dans le premier essai de manière à prendre en compte la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur. A cette fin le deuxième essai utilise un modèle dynamique intertemporel qui se distingue du modèle séquentiel d'une part par ce que les consommateurs maximisent la valeur actualisée de l'utilité selon une contrainte budgétaire intertemporelle et anticipations concernant le future, d'autre part, le fait que les producteurs maximisent le profit actualisé, et tiennent compte dans leurs choix d'investissement des variations futures du salaire et où l'investissement dépend donc des profits anticipés et des prix de la production. Il serait intéressant de comparer les résultats des simulations obtenus par les deux modèles : intertemporel et séquentiel.

Contrairement aux deux autres essais où nous considérons les infrastructures au sens large, nous proposons dans le troisième essai de désagréger les infrastructures publiques, pour mieux comprendre l'impact de l'investissement en infrastructure sur le développement économique, et de comparer les effets obtenus des différents types d'infrastructures. La détermination des investissements les plus rentables est très importante pour la politique économique puisque tous les gouvernements, qu'ils soient riches ou pauvres, doivent répartir des ressources limitées entre différentes catégories d'infrastructure tout en s'assurant qu'elles disposent de recettes suffisantes pour couvrir leurs dépenses courantes.

# Chapitre 1

## **Investissement en infrastructure publique et croissance en Tunisie: une analyse en équilibre général calculable dynamique séquentiel**

### **Résumé**

Dans cet essai, nous présentons un modèle dynamique d'équilibre général séquentiel avec l'infrastructure publique comme externalité positive à travers la productivité totale des facteurs. Les résultats des simulations ont montré que, globalement, dans les quatre scénarios envisagés de financement de l'augmentation des investissements publics en infrastructures produit des effets positifs sur les différents agrégats macroéconomiques. Toutefois, en Tunisie la meilleure façon de financer ces infrastructures serait à travers l'aide internationale.

**Mots clés : infrastructure, CGE, séquentiel, Tunisie.**

## Introduction

L'investissement dans les infrastructures est une politique économique qui refait périodiquement surface en temps de crise économique et/ou de faible croissance. Conformément à la logique keynésienne, d'une part, il est prévu que ce genre d'investissement doit avoir un effet d'expansion de la demande globale ; les dépenses publiques peuvent exercer une influence significative sur les variables fondamentales des économies, notamment sur la consommation et l'investissement. D'autre part, les investissements en infrastructures peuvent, à long terme, améliorer les structures de l'économie, accroître la rentabilité des entreprises, stimuler le marché du travail, de même qu'affecter la productivité et donc la compétitivité sur les marchés extérieurs, ainsi que la capacité d'un pays à attirer les investissements étrangers.

Dans son rapport de 1994 sur le développement international, essentiellement consacré aux infrastructures, la Banque Mondiale soutient que celles-ci sont le moteur de l'activité économique et, du fait même, de l'amélioration des conditions de vie des populations. Le constat survient de la comparaison entre la qualité des infrastructures à l'échelle nationale d'une part, et d'autre part la capacité générale d'un pays à augmenter la productivité, tout en diversifiant et réduisant les coûts de la production, développer les échanges et attirer les investissements étrangers, maîtriser la démographie et combattre la pauvreté.

Pour un pays en développement, la mise en place d'infrastructures de qualité dans un délai suffisamment court pour que celles-ci puissent soutenir la croissance est un défi de taille. Le rapport de la Banque mondiale soutient que la défaillance des infrastructures dans les pays pauvres retarde leur décollage économique. Il y est également précisé que « l'infrastructure peut beaucoup pour la croissance économique, la lutte contre la pauvreté et la préservation de l'environnement, mais seulement quand elle assure des services qui répondent à la demande effective et qu'elle le fait bien » (Banque mondiale, 1994, p.3).

Il est certain que le secteur privé bénéficie des retombées de tels investissements pendant et après la fin des projets. La présence d'infrastructure de meilleure qualité

engendre à la fois une augmentation de la production et une réduction des coûts, par l'amélioration de la productivité des facteurs.

Néanmoins, les sources des financements de ces projets d'infrastructures peuvent aussi avoir des effets négatifs sur les investissements privés, par l'effet d'éviction. De plus, comme tout autre facteur de production, les infrastructures sont sujettes aux rendements marginaux décroissants; ainsi, l'augmentation démesurée des dépenses publiques en infrastructures, par rapport à l'investissement privé, peut s'avérer inefficace (Feltenstein et Ha, 1999; Rioja, 1999).

L'investissement est nécessaire à la croissance économique. Néanmoins des débats cruciaux persistent entre les économistes. Par exemple, lesquels des investissements, publics ou privés, s'avèrent les plus productifs pour l'activité économique? Ou alors, comment une politique publique d'investissement dans les infrastructures affecte-t-elle l'investissement privé? Existe-t-il un lien de substitution ou de complémentarité entre les deux types d'investissements? Quelle devrait être la part du financement public alloué aux infrastructures selon les différents stades de développement économique? Et quelle est la meilleure façon de financer ces investissements publics?

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'analyser le rôle de l'investissement dans les infrastructures publiques dans le processus d'accumulation et de croissance économique, ainsi que de déterminer la meilleure manière de financer les dépenses liées à la mise en place de ces infrastructures. Nous chercherons également à déterminer le niveau d'efficacité, des infrastructures, qui soient en concordance avec les investissements privés et donc l'effet net de ces infrastructures sur le bien-être?

Le modèle est appliqué à l'économie tunisienne. Toutefois, les travaux analysant l'impact de ces nouvelles infrastructures publiques sur l'économie tunisienne sont quasi inexistantes. En effet, une seule étude a été recensée sur le sujet, celle de Boughzala et al (2008) qui étudie comment, grâce à un modèle d'équilibre général calculable dynamique et régionalisé, les investissements publics affectent la croissance régionale et la distribution des revenus et peuvent constituer un déterminant essentiel de l'allègement de la pauvreté. L'étude montre comment les régions les moins pourvues en capital public accusent un

retard en matière de développement et sont affectés par des taux de pauvreté relativement plus élevés. Toutefois, les auteurs ne vont pas jusqu'à examiner les différentes sources et méthodes de financement des infrastructures et leurs effets sur le secteur privé.

Dans ce premier essai, nous visons d'abord à développer un modèle d'équilibre général calculable (MEGC) dynamique séquentiel qui réserve un rôle important aux infrastructures. La première section présente d'abord une revue de la littérature. La seconde sera consacrée, en premier lieu, à la présentation du modèle, suivi par la présentation et l'interprétation des résultats de simulations. Une troisième et dernière partie sera réservée aux commentaires et conclusions.

## **1- Revue de la Littérature**

La possibilité que les investissements publics, particulièrement ceux voués aux infrastructures, puissent stimuler les investissements dans le secteur privé a longtemps mobilisé l'intérêt, non seulement des économistes, mais aussi des décideurs politiques. L'infrastructure comprend, en effet, divers éléments nécessaires au fonctionnement de l'économie; elle permet, entre autres, la circulation des individus, des biens et des informations.

Les infrastructures publiques se caractérisent par le fait qu'elles engendrent des externalités. Elles sont aussi, simultanément, à même de conduire à la formation de monopoles naturels puisque les coûts fixes sont généralement très élevés et, du fait des économies d'échelle, le marché ne permet pas l'approvisionnement optimal; l'équilibre décentralisé est sous-optimal. Cette réalité justifie l'intervention de gouvernement dans l'activité économique pour la construction et la maintenance d'infrastructures essentielles pour l'activité économique, tel que les routes, les ports et aéroports, les chemins de fer, les réseaux de télécommunications et de distribution de l'électricité. On réhabilite le rôle des dépenses publiques, non pas dans une perspective de régulation conjoncturelle, mais dans une perspective structurelle de croissance à long terme (Barro, 1990).

La revue de littérature qui suit est structurée de la façon suivante. Une première partie présente la littérature vouée à l'impact des infrastructures sur la productivité et la croissance, avec une emphase particulière sur l'aspect technique de la modélisation de

l'infrastructure dans les différentes études consultées. En seconde partie, la revue s'oriente plutôt vers les modes de financement des dépenses en infrastructures et leurs effets, à la fois internes et externes, dans une économie.

### **1-1- L'impact des infrastructures sur la croissance**

Les recherches empiriques sur la relation entre les infrastructures publiques et la croissance posent deux questions importantes. Premièrement, quel est l'effet net des infrastructures puisque l'investissement qu'elles requièrent détourne des ressources qui auraient pu être utilisées dans d'autres secteurs de l'économie? En d'autres mots, y a-t-il un lien de substitution ou de complémentarité entre les investissements publics et privés? Deuxièmement, est-ce que l'augmentation des stocks en infrastructures permet d'accélérer la croissance économique?

L'effet d'éviction des investissements privés par les investissements publics retient une attention considérable dans la littérature. Selon Demetriades et Mamuneas (2000), le capital public est complémentaire, à la fois au travail et au capital privé; selon leur étude, une augmentation de 1% de capital public engendre une augmentation de capital privé de 0,5% en Belgique et de 0,07% en Grande-Bretagne. Mamatzakis (1999) trouve les mêmes résultats pour la Grèce, et Conrad et Seitz (1992) pour l'Allemagne. Par contre, Paul, Sahni, et Biswal (2004) montrent qu'au Canada les infrastructures publiques se substituent à la fois au capital privé et au travail. Les élasticités de capital privé de onze industries sur douze sont négatifs - ils varient, par exemple, entre - 0,23 et - 0,65 dans l'industrie du bois.

Les résultats des travaux sur l'effet d'éviction dans les pays en développement sont similaires. En utilisant les séries chronologiques pour différents pays en développement, Atukeren (2005) montre que l'effet d'éviction se produit dans certains pays, comme le Brésil et l'Inde, alors que pour d'autres, comme le Pakistan, le Maroc et l'Afrique du Sud, les deux types d'investissement sont plutôt complémentaires. Avec un modèle autorégressif, Chakraborty (2006) montre qu'en Inde, au cours de la période 1970-2003, il n'y a pas d'effet d'éviction de formation du capital privé par les investissements publics. Même résultat obtenu par Looney et Frederiken (1997) au Pakistan; entre 1972 et 1990 il y a une relation positive entre les deux investissements. Selon l'étude de Pradhan, Ratha, et

Sarma (1990) toutefois, l'augmentation des investissements publics en Inde aurait engendré une diminution des investissements privés entre 1960 et 1981. Enfin, Erden et Holcombe (2005, 2006) montrent que les investissements publics et privées sont complémentaires dans les pays en développement. Même résultat obtenu par Reinikka et Svensson (2002) grâce à une enquête menée auprès des entreprises ougandaises, les auteurs constatant que les entrepreneurs (tant domestiques qu'étrangers) sont découragés par la déficience des infrastructures.

Les études analysant l'impact des investissements en infrastructure publique sur la performance économique s'articulent essentiellement autour de deux démarches. La première est fondée sur l'analyse de la fonction de coût, tandis que la seconde étudie les relations à partir de la fonction de production.

### **1-1-1- L'approche primale et la fonction de production**

Le principe de l'approche primale, la plus communément utilisée dans les travaux qui nous concernent, est d'inclure les infrastructures dans la fonction de production. En général, les travaux qui y recourent s'appuient sur une fonction de production de type Cobb-Douglas à élasticité constante du produit par rapport à chacun des facteurs de production. La spécification de cette fonction diffère quant au rendement d'échelle; ces rendements peuvent être contraints à l'unité sur les facteurs privés ou sur l'ensemble des facteurs.

Plusieurs études ont essayé de mesurer la productivité de l'infrastructure publique à travers l'augmentation de la production. Aschauer (1989) a montré qu'aux États-Unis, le ralentissement de la productivité au cours des années 1970 et 1980 pourrait être dû à la baisse des investissements dans les infrastructures. En utilisant une fonction de production Cobb-Douglas avec capital public, l'auteur a estimé que l'élasticité de la production par rapport à l'infrastructure est de 0,24. Ce résultat a été confirmé par Duggall, Saltzman et Klein (1999) qui ont trouvé une élasticité de 0,27 aux États-Unis durant les années 1970 et 1980. Alors qu'au cours du période 1965-1996 pour la Belgique, Everaert et Heylen (2004) trouvent une élasticité des infrastructures de 0,31.

L'impact de l'augmentation de l'investissement dans les infrastructures varie selon le niveau de ces infrastructures, mais aussi selon la structure de la production nationale. Devarajan, Swaroop et Zou (1996) font la distinction entre dépenses des gouvernements productives et improductive; les auteurs montrent que l'augmentation du taux de croissance ne dépend pas seulement de la productivité de deux types de dépenses mais aussi de la part initiale de chacun. Selon Canning et Pedroni (1999), un choc positif au stock d'infrastructure permet à long terme d'augmenter le revenu per capita si, à l'origine, les infrastructures du pays ne sont pas à leur niveau d'efficience. Selon Fernald (1999), aux États-Unis avant 1973, les réseaux routiers contribuent à 1,4% de la croissance annuelle, mais seulement 0,4% après 1973. Rioja (2004) a montré que, dans sept pays d'Amérique latine, les gains les plus importants liés aux infrastructures ont été réalisés au cours de la période la plus difficile de développement, i.e. dans la décennie 1960. Duggal, Saltzman et Klein (2007) quant à eux ont montré qu'aux États-Unis, les technologies de l'information et les infrastructures contribuent conjointement aux progrès techniques et que la plus grande part de la croissance résulte de cette contribution.

Divers travaux s'appuient également sur l'approche sectorielle pour évaluer l'effet des infrastructures publiques sur la production. Conrad et Seitz (1992) montrent qu'en Allemagne, l'impact du capital public est plus élevé dans l'industrie et l'agriculture que dans les services. Ce résultat a été confirmé par Munnell (1993) pour les États-Unis. Par contre, dans les sept pays latino-américain de l'étude de Rioja (2004), les trois secteurs (agriculture, industrie, et services) ont bénéficié de l'augmentation des investissements publics au cours des années 1990, mais c'est le secteur des services qui a le plus bénéficié du développement des infrastructures. Paul (2003) estime que dans sept industries australiennes, les élasticités de production varient entre 0,67 pour le secteur manufacturier et 1,26 pour le secteur minier. Demetriades et Mamuneas (2000) ont examiné l'impact de l'infrastructure publique sur la production dans le secteur manufacturier dans 12 pays de l'OCDE entre 1972-1991, et les résultats des estimations montrent que l'élasticité de production des infrastructures varie de 0,36 (Grande-Bretagne) à 2,06 (Norvège).

### **1-1-2- L'approche duale et la fonction de coût**

L'approche duale présente la formalisation microéconomique du lien entre croissance et infrastructure par l'amélioration de la rentabilité des facteurs de production et de l'investissement. Elle est fondée sur la dualité entre fonction de production et fonction de coût. L'approche duale consiste à déterminer une fonction de coût unitaire à partir d'un programme de minimisation du coût sous contrainte d'une fonction de production qui incorpore l'infrastructure, en connaissance du coût des facteurs de production. La fonction de coût unitaire permet, d'une part, de déterminer l'élasticité des infrastructures en termes de réduction des coûts de production et, d'autre part, de déduire une fonction de demande des facteurs.

L'approche sectorielle a été privilégiée dans les travaux d'estimation de fonction des coûts. Paul (2003) estime que les élasticités des coûts varient de - 0,48 dans le secteur minier jusqu'à -1,27 dans le secteur de la construction. De son côté, Mamatzakis (1999) montre que les infrastructures ont joué un rôle important dans l'amélioration de la productivité dans vingt-deux branches de l'industrie grecque entre 1959 et 1990. Cette amélioration varie entre les diverses branches de l'économie et le gain de coût d'exploitation varie de 0,02% dans l'industrie agroalimentaire à 0,78% dans l'industrie du bois. Le résultat de l'amélioration à travers les différentes industries a été confirmé par Paul, Sahni, et Biswal (2004) dans leur étude de douze industries canadiennes au cours de la période 1961-1995; les élasticités des coûts varient entre - 0,1 dans le secteur des transports et - 0,4 dans le secteur des matières premières. Enfin, Teruel et Kuroda (2005) ont conclu qu'en réduisant les coûts de la production, l'infrastructure publique a permis d'améliorer la productivité dans le secteur agricole aux Philippines.

### **1-2- Choix du mode de financement des infrastructures**

Le développement des infrastructures contribue à l'amélioration des capacités de production et de l'emploi, mais les modes de financement de ces projets peuvent avoir des effets négatifs sur les investissements privés et la distribution des revenus dans l'économie. Ainsi, l'infrastructure publique ne doit pas seulement être productive, mais elle doit l'être suffisamment pour compenser les effets négatifs.

### **1-2-1- Crédit intérieur**

Étant donné la rareté des ressources, les dépenses publiques peuvent freiner le dynamisme du secteur privé par une réduction du crédit disponible dans l'économie. Le financement des dépenses budgétaires par le recours à l'emprunt peut provoquer une hausse des taux d'intérêt sur les marchés financiers et ainsi augmenter le coût de financement pour le secteur privé. Certains projets privés deviennent non rentables, ce qui évince l'investissement privé (Friendman 1978, Atukeren 2005). Néanmoins, Pradhan, Ratha, et Sarma (1990) ont montré qu'en Inde, le financement des infrastructures par des emprunts sur le marché intérieur a en effet engendré une diminution des investissements privés mais que, globalement, grâce à ces apports en infrastructures, l'économie se porte mieux au niveau de la croissance et de la distribution des revenus.

### **1-2-2- Fiscalité**

Les conséquences budgétaires et financières des dépenses publiques en infrastructures sont très importantes. Les pays, particulièrement les pays en développement, n'arrivent pas à équilibrer leur budget et les investissements publics sont souvent responsables du gros des déficits budgétaires.

Le financement des infrastructures par la taxation directe et/ou indirecte engendre des distorsions et l'épargne des agents vient à baisser, ce qui limite ainsi les sources de financement du secteur privé. Dans son modèle où les infrastructures sont financées par une taxe sur le capital et le travail, Barro (1990) constate toutefois que cet effet n'est pas dominant, les infrastructures sont source de croissance endogène. Les dépenses publiques en infrastructures permettent la croissance du revenu global et cette croissance permet l'accroissement de la base fiscale. Celle-ci induit une croissance des dépenses publiques en infrastructures qui, à leur tour, rendent possible l'accumulation du capital. Les externalités engendrées par les infrastructures maintiennent la productivité marginale du capital privé à un haut niveau et facilitent l'activité des entreprises privées.

Le choix du type de taxe comme source de financement, toutefois, est important puisque le financement des infrastructures par une taxe proportionnelle au revenu, peut

provoquer des distorsions sur le marché de travail et influencer le comportement des individus, i.e. en les incitant à travailler moins. Baxter et King (1993) montrent que le financement des infrastructures par la taxation du revenu engendre une baisse de la production de -1.1%, contre une augmentation de 1.16% avec le financement des infrastructures par une taxe forfaitaire. Demetriades et Mamuneas (2000) trouvent le même résultat d'augmentation de la production dans le cas où les infrastructures sont financées par une taxe forfaitaire. Par contre, Rioja (1999) montre que le financement par une augmentation de taux de taxation sur la production permet d'augmenter à la fois le PIB et l'investissement privé.

### **1-2-3- Aide étrangère**

Pour ce genre d'investissement public, les gouvernements peuvent avoir recours à des sources de financement externes. L'aide internationale est une des sources importantes d'investissements massifs en infrastructures dans les pays en développement. Mais la capacité de l'aide à engendrer la croissance économique est source de controverse entre les économistes depuis des années. Les plus optimistes affirment que l'aide internationale permet d'augmenter la productivité à travers le financement des infrastructures physiques et sociales, et grâce à la complémentarité éventuelle entre les investissements publics et privés. Certaines préoccupations quant à la capacité d'absorption de l'aide et le problème du syndrome hollandais dans les pays en développement, mènent à croire que l'augmentation de l'aide peut exercer une pression à la hausse sur le taux de change réel, i.e. entraîner son appréciation, et ceci au détriment des entreprises exportatrices qui seront contraintes de diminuer leur production. Les entreprises locales seront soumises à la concurrence internationale plus rude et pourraient, ainsi, perdre leurs parts de marché ; elles en viennent conséquemment à licencier une partie de leur main d'œuvre, voire arrêter leurs activités, freinant ainsi la croissance globale de l'économie nationale. Aussi l'aide peut induire une dépendance, affaiblissant la capacité de gouvernement à mobiliser des ressources à l'interne.

L'impact macroéconomique de l'aide dépend de la manière dont l'aide est utilisée, soit pour augmenter la capacité de l'offre ou financer les dépenses sociales des gouvernements. Owens et Hoddinott (1999) ont constaté que le financement des

infrastructures par l'aide a beaucoup plus contribué au bien-être des ménages au Zimbabwe que l'aide de type humanitaire. Même constat de Bevan (2005), ce dernier préconise l'investissement dans l'infrastructure plutôt que l'aide sociale, puisque les infrastructures permettent l'augmentation de l'offre et compenserait ainsi certaines des conséquences macroéconomiques de l'augmentation de l'aide.

Le financement des infrastructures par l'aide permet d'améliorer la productivité des facteurs privés et l'offre de biens non échangeables - il est possible de réaliser des gains de bien-être importants, même en présence du syndrome hollandais, Adam (2006) et Adam et Bevan (2006). De plus, l'impact du financement de la construction d'infrastructures (routes, centrale électrique, ports) par l'aide se fait sentir assez rapidement (Clemens, Radelet, et Bhavnani, 2004). Gupta, Powell, et Yan (2006) suggèrent que l'aide soit davantage investie dans les infrastructures, mais que, pour faciliter l'absorption de cette aide par l'économie, les montants relatifs soient augmentés de façon progressive.

## **2- Effets de l'investissement en infrastructure publique : une analyse en équilibre général séquentiel**

Les modèles d'équilibre général calculable sont utilisés dans de nombreux travaux de recherche pour déterminer l'impact de choc structurel et aider à prendre la décision publique la plus appropriée. L'objectif principal des simulations de ces travaux est d'évaluer, pour les pays en développement, les effets de la mise en place des nouvelles politiques économiques.

Il y a deux types de modèles dynamiques. Les modèles séquentiels d'une part, qui formalisent une succession d'équilibres temporaires statiques reliés entre eux par l'ajustement d'un certain nombre de variables (stocks de facteurs, prix...). Et, d'autre part, les modèles d'équilibre intertemporel, qui sont inspirés surtout des modèles de cycles réels et dont les programmes des agents micro-économiques portent sur plusieurs périodes. La dynamique intertemporelle intégrant des comportements tournés vers l'avenir, les anticipations des prix futurs auront donc une influence sur la décision des différents agents économiques.

## 2-1- Infrastructure dans les MEGC

### Fonction de production

Dans la littérature liée aux MEGC, les travaux qui traitent des effets des infrastructures publiques sur la croissance sont peu nombreux et, dans les quelques travaux recensés, seule l'approche primale est utilisée. Dans les travaux de Dumont et Mesplé-Somps (2000), Adam et Bevan (2006) et Estache, Perrault et Savard (2007), la fonction de production est de type Cobb-Douglas à rendements constants sur les facteurs de production privée. En incluant la possibilité de rendements croissants par la présence des infrastructures publiques, on peut analyser une situation dans laquelle les infrastructures contribuent à l'augmentation de la production dans les différents secteurs à travers l'augmentation de productivité des facteurs de production.

Selon Dumont et Mesplé-Somps (2000), l'effet des externalités de l'investissement public passe à travers le rapport de capital public ( $KG_t$ ) et la somme de capital privé ( $KP_{i,t}$ ). La fonction de production est de la forme suivante :

$$Y_{i,t} = A_{i,t} L_{i,t}^{\alpha_i} KP_{i,t}^{1-\alpha_i} \quad (1)$$

La productivité totale des facteurs  $A_i$  est définie par

$$A_{i,t} = A_{oi,t} \left( \frac{KG_t}{\sum_i^N KP_{i,t}} \right)^{\sigma_i} \quad (2)$$

Où,  $A_{oi,t}$  : le progrès technique exogène non causé par le capital public,  $\sigma_i$  : paramètre d'élasticité d'externalité du capital public.

L'avantage de cette façon de capter l'effet d'externalité du capital public est de considérer que les infrastructures ne sont pas forcément des biens publics purs puisque, avec l'utilisation, ces biens sont soumis à la congestion. Plus l'utilisation des infrastructures par les différents secteurs est élevée, moins la contribution des infrastructures dans la productivité des entreprises sera importante.

Par contre, selon Adam et Bevan (2006), l'externalité dépend seulement du capital public ( $KG$ ). Les auteurs considèrent les infrastructures comme des biens publics purs, et

donc sans effet de congestion avec l'usage. La fonction de production est donc de la forme suivante.

$$Y_{i,t} = A_{i,t} L_{i,t}^{\alpha} K P_{i,t}^{1-\alpha} K G_t^{\sigma} \quad (3)$$

D'un autre côté, dans Estache, Perrault et Savard (2007) une manière différente de capter l'effet d'externalité du capital public est proposée. En effet, l'externalité dépend du rapport entre les nouveaux investissements en infrastructures ( $Itp$ ) et le niveau de ces investissements à la période de référence ( $Itpo$ ). La fonction de production est de la forme suivante :

$$Y_i = \theta_i A_i L_i^{\alpha} K P_i^{1-\alpha} \quad (4)$$

$$\theta_i = \left( \frac{Itp}{Itpo} \right)^{\sigma_i} \quad (5)$$

L'effet d'externalité publique est capté à travers le flux d'investissement public et non par une évaluation du stock de capital public. L'avantage est que les auteurs distinguent l'effet de l'externalité selon les secteurs et les types d'infrastructure.

### **Paramètre d'externalité de l'infrastructure**

Dans le modèle d'Adam et Bevan (2006), l'élasticité de production des infrastructures est la même dans tous les secteurs. Comme il y a très peu d'accord empirique sur l'ampleur des effets de la productivité des investissements en infrastructures dans les pays en développement, les auteurs supposent une élasticité égale à 0.5, une valeur plus élevée que celle estimée par Hulten (1996) dans son étude sur les infrastructures dans les pays développés.

Du côté de Dumont et Mesplé-Somps (2000), le paramètre d'externalité dans le secteur industriel (égal à 0,579) est issu de l'étude économétrique de Latreille et Varoudakis (1996). Cette étude ne porte toutefois que sur le secteur industriel. Les auteurs supposent donc, d'une part, que le secteur des services était soumis à la même élasticité de production (0,579) que dans le secteur industriel, et que d'autre part, il n'y a pas d'externalité des infrastructures dans le secteur agricole.

En revanche, Estache, Perrault et Savard (2007) distinguent l'effet des infrastructures selon le type d'infrastructure et le secteur de production. L'origine des valeurs de paramètre d'élasticité n'est pas spécifiée, elles sont issues des différents travaux; ils varient entre 0,001 pour l'électricité dans le secteur agricole et 0,085 pour routes dans le secteur de mine et gaz.

### **Financement**

Le financement des infrastructures par le crédit intérieur n'a pas été traité dans les MEGC séquentiels. Par contre, le financement des infrastructures par la taxation est couramment utilisé dans les simulations. Selon Dumont et Mesplé-Somps (2000), au Sénégal, l'accroissement des investissements publics en infrastructures de 50 %, financé par une hausse de la TVA, engendre une augmentation du PIB de 0,42%. Dans Estache, Perrault et Savard (2007), l'investissement en infrastructures est financé par l'épargne publique. Les auteurs distinguent deux cas pour augmenter celle-ci, l'une par l'augmentation de taxe de vente et l'autre par l'augmentation de taxe sur le revenu. Dans les deux cas, le PIB augmente du même pourcentage qui varie entre 0,44% et 0,84 % avec l'investissement dans les réseaux routiers. L'effet sur les autres variables macroéconomiques varie selon les types d'infrastructures.

Le financement des infrastructures dans l'étude d'Adam et Bevan (2006) se fait exclusivement à travers l'augmentation permanente de 12,5% de l'aide reçue, tout en maintenant constant les taux de taxation et autres composantes des dépenses publiques. Bien que l'aide internationale ait engendré le syndrome hollandais, les auteurs constatent une augmentation conséquente du bien-être de la population ougandaise. Les résultats des simulations de dix périodes montrent que l'augmentation de PIB varie entre 7,37% et 8,57%, comparativement au scénario de référence où le PIB a baissé de 0,26%. Dans ce dernier, l'infrastructure publique n'intervient pas dans la fonction de production, le paramètre d'externalité est nul dans le secteur privé. L'effet du syndrome hollandais généré par l'aide est confirmé par l'étude d'Estache, Perrault et Savard (2007) sur le Mali.

Il serait intéressant de comparer les effets des différents modes de financement des investissements en infrastructures sur les agrégats macroéconomiques. Dumont et Mesplé-

Somps (2000) estiment que le financement des infrastructures au Sénégal par l'aide internationale permet l'augmentation du PIB de 0,39%. Par contre, le financement par la taxation permet l'augmentation de PIB de 0,42%. Alors que, selon Estache, Perrault et Savard (2007), l'effet de financement par l'aide et la taxation sur la croissance du PIB sont identiques.

## **2-2- Structure du modèle**

Le modèle de base (sans infrastructures) utilisé dans ce chapitre est une adaptation du modèle dynamique PEP-1-t développé par Decaluwé, Lemelin, Maisonnave, et Robichaud (2010). La modification apportée consiste à introduire les infrastructures publiques dans la fonction de production, avec l'externalité positive qui affecte la productivité totale des facteurs. La dynamique de modèle dépend, d'une part, de l'accumulation des deux types de capital, public et privé, et d'autre part de la croissance de la population active.

Le modèle est appliqué à l'économie tunisienne, une économie ouverte qui ne peut influencer les prix d'importation et d'exportation, i.e. une économie preneuse des prix sur les marchés mondiaux des biens et services. Le modèle comporte quatre types d'agents : ménages, entreprises, gouvernement et reste du monde. Les ménages reçoivent des revenus salariaux et des revenus de capital, auxquels s'ajoutent des revenus de transferts provenant de gouvernement et de l'étranger. La somme de ces revenus est allouée à payer les impôts, à la consommation et à l'épargne. Le gouvernement collecte les impôts directs et indirects, procède à des achats de biens et services, fait des transferts aux ménages et aux entreprises, et épargne. Les entreprises reçoivent des revenus de capital et des transferts provenant du gouvernement, la somme de ces revenus étant allouée à payer les impôts, à l'épargne, et aux transferts vers les ménages et l'extérieur. L'économie est également ouverte à des transactions avec le reste du monde.

## 2-2-1- Structure de base

### Production

Les entreprises agissent sur des marchés en concurrence parfaite. Le travail est mobile entre les secteurs, alors que le capital est fixe par secteur. On distingue quatorze secteurs, dont treize secteurs de production de biens marchands (un secteur des produits agricoles et de la pêche, huit secteurs industriels et quatre secteurs de services marchands) et un secteur de services non marchand fournis par le gouvernement.

La production dans chaque secteur est déterminée par une fonction de production de type CES qui dépend du capital privé ( $KP$ ), du travail ( $L$ ) et du stock de capital public ( $KG$ ), avec la spécification suivante :

$$Y_{i,t} = B_{i,t} [\beta_i L_{i,t}^{-\rho_i} + (1 - \beta_i) KP_{i,t}^{-\rho_i}]^{-1/\rho_i} \quad (6)$$

Avec  $i$  : indice de secteur de production,  $t$  : indice de temps, et  $0 < \beta_i < 1$ .

La production dans le secteur privé dépend des infrastructures qui sont fournies par le gouvernement, sous l'hypothèse de rendements constants des facteurs de production du secteur privé (capital privé et travail) mais avec la possibilité de rendements croissants par la présence des infrastructures publiques. Donc, une forme fonctionnelle qui dépend de stock de capital public, c'est la manière la plus utilisée dans la littérature pour capter l'effet de l'externalité du capital public, de plus, ceci va nous permettre de tenir compte de la congestion à l'utilisation des infrastructures publiques.

La productivité totale des facteurs est définie par :

$$B_{i,t} = A_{i,t} \left[ \frac{KG_t}{(\sum_i^N KP_{i,t})^\zeta} \right]^\sigma \quad (7)$$

Avec  $A_{i,t}$  : le progrès technique exogène non causé par le capital public,  $\sigma$  : paramètre d'élasticité d'externalité du capital public (paramètre de la productivité du capital public), et  $\zeta$  paramètre de congestion.

Tel que mentionné ci-haut, il serait plus sensé de considérer les infrastructures comme des biens qui sont soumis à la congestion avec l'utilisation. L'infrastructure se présente sous forme de routes, de ports, de centrales électriques et de réseaux de distribution de l'eau. Ces infrastructures ne sont pas forcément des biens publics purs puisque ces biens sont soumis à la congestion avec l'utilisation. Par conséquent, plus l'utilisation des infrastructures par le secteur privé est élevée, moins grande sera la contribution des infrastructures à la productivité des entreprises. Ainsi, le stock effectif d'infrastructures publiques est défini comme étant le stock brut déflaté par l'usage.

Le stock effectif d'infrastructures est estimé à 85% de stock brut. En effet, dans son rapport de 1994 la Banque mondiale estime que 10 à 20% de stock brut en infrastructures est sujet à congestion; par conséquent, le stock d'infrastructure effectif serait environ 85% du stock brut. Le paramètre de congestion est fixé à 0,12 (Rioja, 2004), un paramètre moins élevé qui a été utilisé par Dumont et Mesplé-Somps (2000) où le paramètre de congestion est égal à 1.

### **La dette publique**

Il est très important que chaque pays porte attention à son niveau d'endettement puisque d'une part, plus ce niveau est élevé plus le montant des intérêts à payer seront importants, et d'autre part, tout émetteur qui s'endette court le risque, au-delà d'un certain niveau d'endettement, de voir sa cote de crédit baisser, l'obligeant ainsi à voir augmenter le taux d'intérêt sur ses nouvelles émissions, et même se voir interdire l'accès à du nouveau financement (Lemelin, 2005). Ainsi, le contrôle du niveau d'endettement est aussi important que l'amélioration potentielle des agrégats macroéconomiques.

Dans notre modèle, la dette publique est définie d'une manière simple : elle est la différence entre l'épargne et l'investissement public, avec le service de la dette et le remboursement (*rembo*). Il est important de noter que dans tous les scénarios analysés, la variable "*rembo*" est modifié de telle sorte qu'à la dernière année, la dette publique serait la même dans tous les scénarios.

$$DG_{t+1} = (1 + r_t)DG_t + IG_{t+1} - SG_{t+1} - rembo \quad (8)$$

où  $r_t$  : taux d'intérêt de la dette,  $DG_t$  est la dette publique,  $SG_t$  est l'épargne publique, et  $IG_t$  est l'investissement public.

Le taux d'intérêt de la dette publique est endogène, il est égal à la moyenne des rendements sectoriels du capital, en ce sens, le taux d'intérêt de la dette publique représente le coût d'opportunité pour le gouvernement d'investir dans le secteur privé.

$$r_t = \frac{\sum_{i=1}^N rk_{i,t}}{13} \quad (9)$$

Avec  $rk_{i,t}$  représentant le rendement du capital privé dans le secteur  $i$ .

### La dynamique du modèle

La dynamique du modèle dépend, d'une part, de l'accumulation des stocks de capital public et privé, et d'autre part de la croissance de la population active.

L'investissement public est déterminé de manière exogène à la période  $t$ ; cet investissement permet d'augmenter le capital public à la période  $t+1$ . Nos simulations consisteront en une augmentation exogène de l'investissement public, uniquement à la première période. L'accumulation du stock des infrastructures publiques se définit par :

$$KG_{t+1} = IG_t + (1 - \delta_G)KG_t \quad (10)$$

Taux de dépréciation du capital public ( $\delta_G$ ) est calibré par les données de l'année de référence de l'investissement et de capital public,  $\delta_G = 7,3\%$ .

L'investissement privé ( $IP_t$ ) permet d'augmenter le stock de capital privé; Le taux de dépréciation du capital public ( $\delta_P$ ) est de 2,5 % (Dumont et Mesplé-Somps, 2000).

$$KP_{t+1} = IP_t + (1 - \delta_P)KP_t \quad (11)$$

L'offre de travail croît à un taux exogène  $n = 2\%$ , légèrement moins élevé que le taux de croissance du travail entre 2002 et 2007, selon l'Institut national de la statistique de Tunisie. Selon le département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies (rapport de 2006), bien que la population tunisienne

continue de croître, cet accroissement ralentit en raison d'une baisse de la natalité. On a donc :

$$LS_{t+1} = (1 + n)LS_t \quad (12)$$

Où  $LS_t$  représente la population active.

### **2-2-2- Choix du mode de financement**

Dans notre modèle, pour son besoin de financement des investissements en infrastructures, le gouvernement peut avoir recours à trois moyens : le crédit intérieur, la fiscalité, ou l'aide internationale.

Le premier recours considéré est le financement des infrastructures par le crédit intérieur. Dans ce cas, les deux types d'investissements, public et privé, partagent les épargnes dégagées dans l'économie.

L'équilibre d'investissement par l'épargne est défini par :

$$IT + IG = SH + SF + SG + CAB \quad (13)$$

Où,  $IT$  est le total des investissements privé,  $IG$  le total des investissements publics,  $SH$  l'épargne des ménages,  $SF$  l'épargne des entreprises,  $SG$  l'épargne de gouvernement et  $CAB$  le déficit du compte courant. Dans notre modèle  $IG$  est déterminé de manière exogène et  $CAB$  est fixe; alors que, les épargnes des trois autres agents économiques est déterminée par la variation des autres variables endogènes. Au bout du compte, les épargnes des agents sont, elles aussi, endogènes puisqu'elles dépendent des variables endogènes. Par exemple, l'épargne des ménages capitalistes est principalement le résultat de leurs revenus disponibles, ceux-ci dépendant essentiellement de la variation du taux de rendement du capital, qui lui dépend de la production dans chaque secteur.

Si le gouvernement décide d'augmenter les investissements en infrastructures à la première période, ceci se fera au détriment des investissements privés. Les investissements privés vont s'ajuster à la baisse pour assurer l'équilibre entre investissements et épargne. Donc, un arbitrage est nécessaire pour déterminer lequel des deux investissements serait le plus productif, et s'il existe un seuil d'efficacité des investissements en infrastructures. En

conséquence, la détermination du ratio optimal du capital public et privé devient une question fondamentale pour le décideur politique.

L'augmentation des investissements en infrastructures peut aussi être financée par une augmentation de l'épargne publique. Le gouvernement va pouvoir augmenter son revenu à travers l'augmentation de sa recette fiscale.

$$SG_0 = YG - G - TRG - SUBV \quad (14)$$

Avec  $YG$  : le revenu de gouvernement,  $G$  : dépenses courantes de gouvernement et  $TRG$  : total des transferts publics,  $SUBV$  : total des subventions.

On suppose qu'à la première période, l'épargne de gouvernement est exogène, et toute augmentation de l'investissement en infrastructure est accompagnée d'une augmentation d'un montant équivalent pour l'épargne de gouvernement. L'équilibre budgétaire de gouvernement est assuré grâce à l'ajustement endogène de l'impôt. L'épargne publique à la première période est :

$$SG_1 = SG_0 + \Delta IG \quad (15)$$

Pour augmenter l'épargne de gouvernement, deux possibilités sont considérées. La première est d'augmenter la taxe de vente. La deuxième est d'augmenter le taux d'imposition sur le revenu des ménages. L'augmentation de taxe va probablement engendrer une distorsion dans le comportement des ménages, soit par une baisse de la consommation et/ou de l'offre du travail, ce qui réduira éventuellement l'épargne, et donc les investissements du secteur privé. L'investissement privé devrait éventuellement s'ajuster à cette augmentation des investissements en infrastructures.

En troisième recours, les infrastructures sont financées par l'aide internationale. Dans notre modèle, on suppose qu'un supplément de l'aide internationale est accordé seulement à la première année, et qu'il est consacré entièrement à l'augmentation de l'investissement en infrastructure.

Le déficit du compte courant à la première année est :

$$CAB_a = CAB + Aide \quad (16)$$

Avec, *Aide* : montant de l'aide internationale supplémentaire accordée seulement à la première période.

### **2-3- Matrice de comptabilité sociale (MCS-2005)**

La population de la Tunisie était estimée à 10 328 900 habitants en 2008. La superficie du territoire est de 163 610 km<sup>2</sup>, dont 25 000 km<sup>2</sup> de désert. La densité est de 65 habitants au km<sup>2</sup>, dont 63 % en zone urbaine. La Tunisie a une infrastructure relativement bien développée. Selon le rapport annuel sur les indicateurs d'infrastructures 2008 de l'Institut national de la statistique, celle-ci comprend principalement :

- 8 ports commerciaux, 41 ports de pêche (dont 10 ports de pêche en eau profonde) et 7 aéroports internationaux.
- Le linéaire du réseau routier aurait atteint, au terme de l'année 2008, environ 18380 km, dont 6497 km de routes régionales (33,5%), 5888 km de routes locales (30,4%), 4738 km de routes nationales (24,5%), 1887 km de routes non classées (9,7%) et 360 km d'autoroutes.
- Le linéaire du réseau ferroviaire est d'environ 2200 km.
- La desserte de la population en eau potable a atteint 98,3 %.
- Le taux de branchement des ménages au réseau public d'assainissement en milieu urbain est de 82,4%.
- Le taux de branchement des ménages en courant électrique est de 99,4%.
- La densité téléphonique est de 94,8 lignes pour 100 habitants.

La construction d'une matrice de comptabilité sociale (MCS) est une étape indispensable à l'application du modèle d'équilibre général calculable. Cela nécessite l'accès à plusieurs sources de données. Le point de départ pour la construction de la MCS a été le tableau entrée-sortie (TES) de 2005, intitulé "Les comptes de la nation : Agrégats et Tableaux d'Ensemble 2003-2007" publié par l'Institut National de la Statistique (INS).

La MCS est composé de quatorze secteurs : treize secteurs de production de biens marchands et un secteur de services non marchands fournis par le gouvernement. Les treize secteurs de biens marchands sont composés d'un secteur de produits agricoles et de la pêche, huit secteurs industriels (industries agricole et alimentaire, industries des matériaux de construction et verre, industries mécaniques et électriques, industries chimiques, industries textiles, habillement et cuir, industries des ressources naturelles, bâtiments et travaux public et divers industries) et quatre secteurs de services marchands (transports et télécommunications, hôtellerie et restauration, services financiers et d'assurance, et autres services marchands).

L'étude de l'impact de l'investissement public nécessite une estimation du stock de capital public existant dans l'économie tunisienne en 2005. La méthode utilisée est celle décrite dans le papier de Kamps (2004) est utilisée pour estimer le stock de capital public des 22 pays de l'OCDE.

L'estimation se fait en différentes étapes. Il faut d'abord extraire, à partir des comptes de la nation, les séries d'investissements publics, en remontant le plus loin possible dans le temps - dans notre cas, la série en question est celle de l'année 1983 et celle-ci doit être déflatée avec l'indice implicite du PIB. On calcule ensuite le taux de croissance annuel moyen de la série entre 1983 et 2005, puis on recule de 100 ans pour connaître l'investissement de 1905. Enfin, étant donné le taux de dépréciation du capital, le stock de capital de 1906 est défini par  $KG_{1906} = IG_{1905} + (1 - \delta_G)KG_{1905}$ . On suppose que le stock de capital de 1905 est nul,  $KG_{1906} = IG_{1905}$  et on remonte jusqu'au stock de 2005 en ajoutant, pour chaque année, la valeur de l'investissement.

## **2-4- Simulations et résultats**

Cette section est vouée à l'évaluation des impacts macroéconomiques et sectoriels d'une augmentation de l'investissement en infrastructure publique et des modes de financement susmentionnés. En 2005, la majeure partie de l'investissement public est consacré à l'infrastructure sociale, qui comprend essentiellement l'éducation, la santé, l'assainissement et l'urbanisme (58%), suivi par les infrastructures de transport et de télécommunication (22%) et, finalement, les infrastructures agricoles (19%).

Quatre scénarios de simulation ont été réalisés. Dans le premier scénario, l'augmentation de l'investissement en infrastructure est financée par le crédit intérieur. Dans les deuxième et troisième scénarios, le financement est permis grâce à la taxation et, dans le quatrième, par l'aide internationale au développement.

### **2-4-1- Scénarios**

Scénario 1 : une augmentation de 100% de l'investissement en infrastructure est financée par le recours au marché de crédit intérieur.

Scénario 2 : une augmentation de 100% de l'investissement en infrastructure est financée par une hausse de taux de la taxe de vente.

Scénario 3 : une augmentation de 100% de l'investissement en infrastructure est financée par une hausse de taux de la taxe sur le revenu.

Scénario 4 : une augmentation de l'épargne étrangère finance l'accroissement de l'investissement en infrastructure.

La plupart des paramètres du modèle sont calibrés de manière à reproduire les données de l'année de base. L'élasticité d'externalité du capital public est déterminée selon Adam et Bevan (2006) - les auteurs, comme il a été mentionné, supposent une élasticité des infrastructures dans les pays en développement égale à 0,5.

Dans notre MEGC dynamique, l'économie évolue dans le temps sous l'effet de la croissance de la population, de l'accumulation du capital public et privé (à travers l'épargne) et par l'ajustement à chaque année des autres variables exogènes. Ainsi, l'augmentation de 100% des investissements en infrastructures à la première année dans les différents scénarios doit être analysée en la comparant au sentier de croissance prévu dans l'absence de choc (scénario de référence).

Les chocs se produisent seulement à la première année, et les résultats sont observés sur 12 ans afin d'évaluer les effets à long terme de l'augmentation du capital public.

## 2-4-2- Résultats des simulations

Dans cette partie nous proposons d'évaluer les impacts macroéconomiques et sectoriels d'une augmentation, à la première année, de 100% des investissements en infrastructure publique.

Pour pouvoir comparer les différents résultats obtenus avec les scénarios envisagés, on a fixé, pour chacun d'entre eux, le niveau de dette publique de la dernière année au montant obtenu dans la simulation de scénario de référence en 2016 (tableau 3) - en calculant (par tâtonnement) une baisse (ou une augmentation selon le cas) des transferts de gouvernement vers les ménages, et qui servent au remboursement de la dette. En effet, dans le scénario de financement par crédit intérieur, pour arriver au même niveau de dette publique que pour le scénario de référence, le gouvernement va rembourser chaque année environ 290 millions de dinars - le remboursement se fait par une baisse annuelle équivalente des transferts aux ménages par le gouvernement. Alors que dans les trois autres scénarios, où l'on constate plutôt une légère baisse de la dette publique, le gouvernement va pouvoir augmenter chaque année ces mêmes transferts de 7,35 millions, 7,99 millions et de 8,73 millions de dinars respectivement pour les scénarios de taxe de vente, de taxe sur le revenu et de l'aide internationale.

Tableau 3 : Dette publique

	2005	2006	2011	2016
Référence	577,4	1203,5	5456,6	12431,8
Crédit intérieur	2253,8	2779,8	6436,6	12431,8
Taxe de vente	577,4	1189,5	5429,2	12431,8
Taxe revenu	577,4	1191,8	5431,2	12431,8
Aide	577,4	1193,8	5434,1	12431,8

Les différents résultats des simulations des principales variables macroéconomiques sont présentés dans les tableaux 4 à 11.

Dans l'ensemble, l'augmentation des investissements en infrastructure produit des effets positifs sur les différents agrégats. En effet, le PIB est plus élevé par rapport au scénario de référence dans les quatre simulations effectuées (tableaux 4 et 5), mais l'augmentation la plus importante est enregistrée dans les cas de financement à travers l'aide internationale. L'augmentation annuelle moyenne est de 2.15% par rapport au scénario de référence. L'effet net de l'augmentation de l'investissement en infrastructure serait plutôt rentable; l'effet positif de l'externalité du capital public serait plus important que l'effet d'éviction de l'investissement privé et, donc, de la baisse de capital privé pour l'année de choc.

Tableau 4 : Variation en pourcentage de gain par rapport au scénario de référence de PIB

	2005	2006	2011	2016	vgr
Référence	37739,3	37739,3	37739,3	37739,3	
Crédit intérieur	0	2,42	1,87	1,57	1,76
Taxe de vente	3,11	2,52	1,86	1,38	2,0
Taxe revenu	0,44	2,52	1,94	1,41	1,8
Aide	4,42	2,52	2,0	1,44	2,15

vgr : la moyenne de variation en pourcentage de gain par rapport au scénario de référence

Tableau 5 : Gain/perte de PIB par rapport au scénario de référence

	2005	2006	2011	2016	Total
Crédit intérieur	0	916,5	706,9	610,4	7987,5
Taxe de vente	1175,1	951,7	745,4	522,4	9051,6
Taxe revenu	167,1	953,9	707,4	560,2	8100,6
Aide	1668,5	951,9	718,7	576,1	9707,9

#### a) Scénario 1 : Crédit intérieur

Dans le scénario de crédit intérieur, le PIB a augmenté en moyenne de 1.76% par rapport au scénario de référence chaque année, l'effet net de l'augmentation des investissements publics est donc positif. D'une part, l'augmentation des infrastructures dans l'économie permet d'augmenter le stock de capital public et, étant donné l'externalité positive de capital public dans la fonction de production, on a un effet direct sur l'augmentation de la production. D'autre part, cette augmentation a un effet négatif sur

l'investissement privé; étant donné la rareté de ressources, l'investissement privé a subi une baisse durant la première année (effet d'éviction total, tableau 6) en faveur de l'investissement public.

Au cours de l'année de choc, il n'y a pas d'effet sur le PIB suite à l'augmentation des investissements publics puisque l'effet des investissements en infrastructures se fait sentir l'année suivante, et donc l'effet de choc sur le PIB commence à partir de 2006. En effet, on constate une augmentation en 2006 de 2,42% de PIB par rapport à la situation de référence. Dans le cas de l'économie tunisienne, selon les paramètres du modèle, le capital public serait plus productif que le capital privé.

Tableau 6 : Investissement privé

	2005	2006	2011	2016	vgr
Référence	6802,6	6802,6	6802,6	6802,6	
Crédit intérieur	-24,64	6,02	5,51	5,25	3,02
Taxe de vente	-2,20	2,64	2,06	1,5	1,63
Taxe revenu	-2,52	2,66	1,95	1,45	1,62
Aide	5,56	2,66	2,00	1,50	2,32

Globalement, les impacts sur les variables macroéconomiques sont positifs. En effet, les revenus des entreprises, de gouvernement et des ménages sont à la hausse. L'accumulation de capital public a permis d'augmenter l'offre du fait de l'effet sur la productivité totale des facteurs, et donc plus de revenu, plus d'épargne globale dans l'économie (tableaux 7, 8, et 9).

Ceci étant plus vrai pour l'épargne globale dans le cas de financement avec crédit intérieur puisqu'on a imposé une baisse de transfert de gouvernement vers les ménages pour le remboursement de la dette publique; l'épargne de gouvernement va pouvoir augmenter, de même que l'épargne nationale. Alors que l'investissement public est supposé fixe au cours des années après le choc, l'investissement privé est plus élevé dans le cas de financement par le crédit intérieur par rapport à la situation de référence, mais aussi par rapport aux autres modes de financement (tableau 6). Donc, à partir de 2007, étant donné que l'effet des investissements sont différés par une année le gain de PIB par rapport à la

situation de référence est dû essentiellement à l'externalité de capital public, mais aussi à l'accumulation légèrement plus élevée de capital privé.

L'investissement privé plus élevé se traduit éventuellement par un taux de croissance du capital privé plus important que le taux de croissance de la population; le travail est devenu relativement rare, ce qui contribue à l'augmentation du taux de salaire.

Tableau 7 : Épargne publique

	2005	2006	2011	2016
Référence	1099	1099	1099	1099
Crédit intérieur	1099	1379,4	1377,1	1376,4
Taxe de vente	2775,8	1110,8	1103,7	1099,6
Taxe revenu	2775,6	1110,1	1103,6	1099,3
Aide	1188,2	1110,9	1103,2	1098,8

Tableau 8 : Épargne des ménages

	2005	2006	2011	2016	vgr
Référence	3263,3	3263,3	3263,3	3263,3	
Crédit intérieur	0	1,31	0,74	0,43	0,73
Taxe de vente	-1,80	2,39	1,76	1,30	1,50
Taxe revenu	-5,88	2,39	1,77	1,32	1,16
Aide	4,12	2,38	1,80	1,36	2,02

Tableau 9 : Épargne des entreprises

	2005	2006	2011	2016	vgr
Référence	3825,3	3825,3	3825,3	3825,3	
Crédit intérieur	0	2,10	1,74	1,60	1,63
Taxe de vente	-2,43	2,24	1,73	1,36	1,41
Taxe revenu	0,41	2,25	1,76	1,38	1,67
Aide	3,26	2,58	1,94	1,49	2,08

Au bout du compte, dans le scénario de crédit intérieur, les investissements en infrastructures seraient plus rentables que les investissements privés, ce qui laisse penser que le stock de capital public dans l'économie est inférieur au seuil d'optimalité. En effet,

dans ce cas, l'augmentation de l'infrastructure permet à la fois une meilleure allocation des ressources et une plus grande accumulation.

### Analyse du bien-être

Le bien-être est mesuré par la variation équivalente. Cette mesure consiste à évaluer le changement de revenu nécessaire pour passer du niveau initial de bien-être au niveau après-choc, en maintenant les prix constants. Une variation équivalente positive correspond à une amélioration :

$$VE = YDM_1 \left[ \prod_i \left( \frac{P_i^0}{P_i^1} \right)^{\beta_i} \right] - YDM_0 \quad (17)$$

Avec  $YDM$  le revenu disponible des ménages (avant et après le choc),  $P_i$  les prix des biens composites et  $\beta_i$  la part relative de la consommation du bien  $i$  dans la consommation totale des ménages.

Tableau 10 : Variation équivalente (en millions de dinars)

	Variation équivalente							
	2005	%	2006	%	2011	%	2016	%
Crédit intérieur	0	0	592,6	2,21	398,2	1,48	288,8	1,08
Taxe de vente	-1344,4	-5,02	926,5	3,46	657,6	2,45	478,6	1,78
Taxe revenu	-1523,5	-5,70	934,1	3,49	661,9	2,47	483,9	1,81
Aide	315,2	1,17	965,8	3,61	695,9	2,60	511,7	1,91

Dans le scénario de crédit intérieur, durant l'année de l'augmentation des investissements publics, il n'y a pas de variation du bien-être des ménages puisque, comme il a été vu, l'effet de l'investissement public en infrastructures se fait sentir l'année suivant le choc (2006). Toutefois, avec la hausse de taux de salaire on constate une amélioration du bien-être des ménages de l'année 2006. En 2016, la variation du bien-être est positive (2.21%) par rapport à la situation de référence; chaque année, l'augmentation de revenu est plus importante que la baisse de transferts.

## **b) Scénarios 2 et 3 : Taxation**

L'augmentation annuelle du PIB, par rapport au scénario de référence, est d'une moyenne de 2% et 1,8% pour les scénarios de taxe de vente et de taxe sur le revenu respectivement (tableau 4). Dans les deux cas de financement par taxation, l'augmentation de PIB est plus importante et l'éviction des investissements privés est minime par rapport au cas de financement par le crédit intérieur. En effet, dans ce dernier, on constate pour la première année une baisse des investissements privés de 1676,4 millions de dinars (-24,89%), alors que la baisse n'est que de 149,6 millions (-2,20%) pour le scénario de taxe de vente et 171,4 millions (-2,52%) pour le scénario de taxe sur le revenu (tableau 6).

Dans les scénarios de taxation, l'éviction de l'investissement privé est dû à la baisse de l'épargne des ménages, et même si cette baisse est plus important dans le cas du scénario de taxe sur le revenu (tableau 8), reste que, l'épargne des entreprises a fortement baissé dans le cas du scénario de la taxe de vente (-2,42%), alors qu'il demeure relativement stable dans le cas du scénario de taxe sur le revenu (0,4%, tableau 9). Dans les trois scénarios néanmoins, l'éviction de l'investissement privé ne se produit qu'à l'année de choc et commence à augmenter à partir de la deuxième année de la simulation.

Durant l'année de choc, contrairement au scénario de crédit intérieur où le déficit public a fortement augmenté, dans les deux scénarios de taxation le déficit public n'a pas changé par rapport au scénario de référence, comme l'augmentation des investissements en infrastructures est financée par une augmentation des recettes fiscales. On constate cependant une différence entre les deux scénarios de taxation en ce qui a trait à la variation du PIB, qui augmente dans le cas de la taxe de vente – vu les recettes engendrées en impôt indirect, mais aussi de l'augmentation de la demande d'investissement globale (privé et publique) puisque l'effet d'éviction des investissements privés est partiel – alors qu'il augmente légèrement dans celui de la taxe sur le revenu (0,4%).

Durant l'année de choc, la variation de bien-être des ménages est fortement à la baisse dans les deux scénarios de taxation - conséquence naturelle de la baisse de revenu disponible des ménages. Cette baisse de bien-être est légèrement plus importante dans le scénario de taxe sur le revenu. Pendant l'année de choc, le financement par la taxe de vente

cause moins de distorsion sur les décisions des ménages et des entreprises en matière de consommation, d'investissement et de participation au marché du travail que le financement par une taxe sur le revenu. Contrairement à l'augmentation de l'impôt sur le revenu, l'augmentation de taxe de vente ne constitue pas un incitatif négatif à l'épargne. Ce résultat est conforme à la théorie économique sur la taxation optimale. Dans le rapport de l'OCDE de 2007, *Impôts sur la consommation : une solution d'avenir?*, les auteurs concluent que l'évolution de la structure de la fiscalité vers un recours accru aux impôts sur la consommation serait susceptible d'améliorer l'efficacité économique et de stimuler la croissance.

Dans notre modèle, même si les taux de taxe de vente ne sont pas uniformes et comprennent des taux réduits (moyenne de 5,48%), cela peut engendrer certaines distorsions dans le comportement des consommateurs, vers le choix de biens dont le taux d'imposition est moins élevé. Néanmoins, les économistes sont généralement d'avis que cette distorsion dans le choix des consommateurs est moins nuisible pour la croissance que celle qui porte sur le revenu et l'offre de travail, Tanzi et Zee (2000).

#### **c) Scénario 4 : Aide internationale**

Parmi les résultats obtenus, le taux de croissance moyenne de PIB par rapport au scénario de référence est le plus élevé dans ce scénario, i.e. 2.15%. En effet, contrairement aux autres scénarios - où l'augmentation des investissements en infrastructures engendre une meilleure réallocation des ressources - dans le scénario de l'aide internationale, on constate plutôt une augmentation de l'épargne globale dans l'économie. Cette augmentation s'explique notamment par le fait que, grâce au financement par l'aide internationale, le déficit public ne change pas durant l'année de choc. On note également qu'en 2005, le PIB est à la hausse (de 4,42% - voir tableau 4), de même que les revenus des ménages, des entreprises et aussi de gouvernement; ce qui permet, contrairement aux scénarios précédents, d'augmenter les investissements privés au cours de la première année.

Bien évidemment, l'augmentation de revenu des ménages contribue à l'amélioration de bien-être; la variation du bien-être des ménages, en 2005, est en hausse de 1.17% par

rapport au scénario de référence, pour finalement atteindre 1.91% en 2016 - la dernière année de simulation.

Par hypothèse, le ratio des dépenses courantes de gouvernement par rapport au PIB est fixe. Et donc toute augmentation de la production engendre nécessairement une augmentation des dépenses de gouvernement, donc une plus grande demande de travail en provenance du secteur public. En effet, le gouvernement est le principal employeur de l'économie - environ 31% des travailleurs sont des fonctionnaires et donc le taux de salaire est à la hausse dans les quatre scénarios (tableau 11).

Tableau 11 : Salaire

	2005	2006	2011	2016
Référence	1	1	1	1
Crédit intérieur	1	1,027	1,02	1,015
Taxe de vente	0,984	1,029	1,02	1,013
Taxe revenu	1,008	1,027	1,019	1,013
Aide	1,042	1,026	1,019	1,014

Il est à noter que des tests de sensibilités avec des paramètres d'externalités du capital public moins élevé que 0,5 ( $\sigma = 0,25$  et  $\sigma = 0,3$ ) ont montré que nos résultats sont robustes au changement de la valeur du paramètre d'externalité, en effet, les résultats des simulations sont semblables. La différence est dans l'ampleur de la variation, par exemple, l'augmentation de PIB est relativement moins élevée dans le cas où la valeur de paramètre d'externalité est égale à 0,25 ou à 0,3 que dans le cas où le paramètre d'externalité est égal à 0,5.

## Impacts au niveau sectoriel

Comme on l'a déjà noté, l'augmentation des investissements en infrastructure entraîne une amélioration de la productivité des facteurs de production (et notamment le capital). Cette augmentation engendre celle du taux de rendement de capital. En effet, dans les différents scénarios, le taux de rendement de capital privé est à la hausse dans tous les secteurs (tableau 12).

Tableau 12 : Rendement de capital par secteur (variation moyenne en pourcentage entre 2005 et 2016 par rapport à la situation de référence).

Secteur	référence	Crédit intérieur	Taxe de vente	Taxe revenu	Aide
	2005-2016	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %
AGR	0,126	0,92	0,79	1,06	1,32
IAA	0,126	1,25	1,06	1,52	1,72
MCV	0,126	<b>2,44</b>	<b>1,39</b>	<b>1,65</b>	<b>1,85</b>
IME	0,126	1,58	1,06	1,39	1,46
CHM	0,126	1,52	1,19	1,52	1,59
THC	0,126	1,32	1,06	1,26	1,26
IMD	0,126	1,45	1,26	1,46	1,72
IRN	0,126	<b>2,05</b>	<b>1,72</b>	<b>1,92</b>	<b>1,92</b>
BTP	0,126	<b>2,91</b>	1,12	1,46	1,46
TTC	0,126	1,45	1,19	1,46	1,59
HCR	0,126	1,78	<b>1,39</b>	1,65	1,79
FIN	0,126	1,65	1,32	1,52	1,72
SER	0,126	1,25	1,26	1,39	1,65

AGR : Produits agricoles et pêche, IAA : Industries agricoles et alimentaires, MCV : Industries des matériels de construction et verre, IME : Industries mécaniques et électriques, CHM : Industries chimiques, THC : Industries textiles, habillement et cuir, IMD : Industries manufacturières diverses, IRN : Industries des ressources naturelles, BTP : Bâtiments et travaux public, TTC : Transport et télécommunication, HCR : Hôtellerie et restauration, FIN : Services financiers et d'assurance, SER : Autres services marchands, et NTSER : Services non marchands.

À long terme, le stock de capital augmente davantage dans le cadre du secteur des bâtiments et travaux public (*BTP*; 1,04%), suivi par le secteur des industries des matériaux de construction et verre (*MCV*; 0,74%), et le secteur de l'hôtellerie et de la restauration (*HCR*; 0,37%) (Tableau 13). Considérant que le travail est parfaitement mobile entre les secteurs, on constate que, globalement, le travail a augmenté simultanément dans ces trois secteurs ainsi que dans le secteur des services non marchand alors que les autres secteurs connaissent une baisse. Toutefois, la mobilité de travail reste assez faible puisque la variation entre les différents secteurs est relativement faible; l'augmentation la plus élevée est enregistrée dans le secteur de services non marchands (entre 0,48% et 0,82% dans le scénario de taxe de vente, tableau 14) qui est due notamment à l'augmentation des dépenses publiques, qui entraîne un plus grand recrutement de fonctionnaires.

Tableau 13 : Capital privé par secteur (variation moyenne en pourcentage entre 2005 et 2016 par rapport à la situation de référence).

Secteur	référence	Crédit intérieur	Taxe de vente	Taxe revenu	Aide
	2005-2016	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %
AGR	27154,4	-0,08	0,00	0,05	0,31
IAA	3575,8	0,10	0,09	0,27	0,64
MCV	2189,0	<b>0,74</b>	<b>0,67</b>	<b>0,89</b>	<b>1,18</b>
IME	4310,5	0,23	0,28	0,38	0,38
CHM	1915,2	0,19	0,17	0,35	0,40
THC	3847,2	0,14	0,20	0,29	0,22
IMD	3209,3	0,22	0,30	0,36	0,59
IRN	14940,6	0,52	0,67	0,68	0,69
BTP	10936,3	<b>1,04</b>	<b>0,95</b>	<b>1,14</b>	<b>1,63</b>
TTC	42404,5	0,22	0,31	0,36	0,54
HCR	10793,5	0,37	0,41	0,52	0,51
FIN	3980,5	0,30	0,39	0,45	0,59
SER	21911,5	0,10	0,31	0,25	0,57

Tableau 14 : Travail par secteur (variation moyenne en pourcentage entre 2005 et 2016 par rapport à la situation de référence).

Secteur	référence	Crédit intérieur	Taxe de vente	Taxe revenu	Aide
	2005-2016	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %
AGR	664,3	-1,49	-1,23	-1,13	-0,97
IAA	531,2	-0,71	-0,69	-0,31	0,10
MCV	178,4	<b>1,66</b>	<b>0,23</b>	<b>0,63</b>	<b>0,80</b>
IME	701,8	-0,23	-0,54	-0,33	-0,68
CHM	282,4	-0,39	-0,62	-0,25	-0,49
THC	1329,5	-0,59	-0,74	-0,55	-1,06
IMD	193,6	-0,40	-0,36	-0,23	-0,12
IRN	450,1	<b>0,71</b>	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	<b>0,38</b>
BTP	645,0	<b>2,57</b>	<b>0,23</b>	<b>0,54</b>	<b>0,82</b>
TTC	2319,5	-0,40	-0,38	-0,28	-0,27
HCR	832,3	0,17	0,04	0,29	-0,08
FIN	539,2	-0,03	-0,12	0,02	-0,04
SER	1441,5	-0,81	-0,37	-0,50	-0,22
NTSER	4590,9	0,48	0,82	0,51	0,62

AGR : Produits agricoles et pêche, IAA : Industries agricoles et alimentaires, MCV : Industries des matériels de construction et verre, IME : Industries mécaniques et électriques, CHM : Industries chimiques, THC : Industries textiles, habillement et cuir, IMD : Industries manufacturières diverses, IRN : Industries des ressources naturelles, BTP : Bâtiments et travaux public, TTC : Transport et télécommunication, HCR : Hôtellerie et restauration, FIN : Services financiers et d'assurance, SER : Autres services marchands, et NTSER : Services non marchands.

D'une manière générale, on constate une amélioration de la valeur ajoutée dans les différents secteurs, même s'il y a une baisse de travail dans certains secteurs d'activité, par exemple, en moyenne dans le secteur Produits agricoles et pêche baisse de 1,49% de travail. Cette baisse est largement compensée par un niveau du capital privé plus élevé. Dans le scénario de crédit intérieur, cette augmentation de la valeur ajoutée est plus importante pour le secteur des bâtiments et travaux public d'abord (4,21%), suivi du secteur des industries des matériaux de construction et verre (3,78%), et enfin du secteur des

industries des ressources naturelles (3,22%) (Tableau 15). En plus de l'augmentation du capital privé, on constate également une légère augmentation du travail dans ces mêmes secteurs. A noter que ces résultats restent valables pour les trois autres scénarios.

Tableau 15 : Valeur ajoutée par secteur (variation moyenne en pourcentage entre 2005 et 2016 par rapport à la situation de référence).

Secteur	référence	Crédit intérieur	Taxe de vente	Taxe revenu	Aide
	2005-2016	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %
AGR	27818,7	2,33	2,44	2,50	2,74
IAA	4107,1	2,30	2,31	2,60	2,98
MCV	2367,4	3,78	3,14	3,42	3,65
IME	5012,3	2,62	2,46	2,62	2,41
CHM	2197,6	2,52	2,39	2,67	2,55
THC	5176,7	2,25	2,14	2,31	1,90
IMD	3402,9	2,67	2,73	2,82	3,00
IRN	15390,3	3,22	3,33	3,33	3,28
BTP	11581,3	4,21	3,30	3,51	3,89
TTC	44724,0	2,68	2,75	2,82	2,94
HCR	11625,8	2,95	2,92	3,09	2,92
FIN	4519,7	2,78	2,77	2,88	2,90
SER	23353,0	2,43	2,73	2,63	2,94
NTSER	4590,9	0,48	0,82	0,51	0,62

AGR : Produits agricoles et pêche, IAA : Industries agricoles et alimentaires, MCV : Industries des matériels de construction et verre, IME : Industries mécaniques et électriques, CHM : Industries chimiques, THC : Industries textiles, habillement et cuir, IMD : Industries manufacturières diverses, IRN : Industries des ressources naturelles, BTP : Bâtiments et travaux public, TTC : Transport et télécommunication, HCR : Hôtellerie et restauration, FIN : Services financiers et d'assurance, SER : Autres services marchands, et NTSER : Services non marchands.

Dans les différentes simulations, l'effet de l'augmentation des investissements en infrastructures sur le niveau des prix de la production est comparable (tableau 16);

globalement, on constate une légère baisse des prix par rapport au scénario de référence dans les secteurs marchands, due essentiellement à l'amélioration de la productivité des facteurs et donc à une augmentation de la production dans ces secteurs. Par contre, on constate que, dans le secteur des services non marchands, les prix sont beaucoup plus élevés par rapport au scénario de référence dans tous les autres scénarios (environ 1,3%), puisque le taux de salaire est aussi plus élevé.

Tableau 16 : Prix de production (variation moyenne en pourcentage entre 2005 et 2016 par rapport à la situation de référence).

Secteur	référence	Crédit intérieur	Taxe de vente	Taxe revenu	Aide
	2005-2016	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %	2005-2016 %
AGR	1,076	-1,36	-1,31	-1,27	-1,03
IAA	1,031	-0,99	-0,82	-0,95	-0,74
MCV	1,017	-0,47	-0,46	-0,62	-0,45
IME	1	-0,48	-0,47	-0,52	-0,40
CHM	1	-0,51	-0,41	-0,52	-0,38
THC	1,003	-0,58	-0,53	-0,58	-0,45
IMD	1,006	-0,62	-0,56	-0,63	-0,46
IRN	1,013	-0,69	-0,79	-0,74	-0,61
BTP	1,002	-0,32	-0,56	-0,70	-0,55
TTC	1,018	-0,96	-1,02	-0,96	-0,74
HCR	1	-0,83	-0,77	-0,81	-0,66
FIN	1	-0,86	-0,98	-0,88	-0,68
SER	1,011	-1,08	-1,13	-1,03	-0,76
NTSER	1	1,27	1,17	1,27	1,52

AGR : Produits agricoles et pêche, IAA : Industries agricoles et alimentaires, MCV : Industries des matériels de construction et verre, IME : Industries mécaniques et électriques, CHM : Industries chimiques, THC : Industries textiles, habillement et cuir, IMD : Industries manufacturières diverses, IRN : Industries des ressources naturelles, BTP : Bâtiments et travaux public, TTC : Transport et télécommunication, HCR : Hôtellerie et restauration, FIN : Services financiers et d'assurance, SER : Autres services marchands, et NTSER : Services non marchands.

## **Conclusion**

Ce travail visait à présenter un modèle dynamique d'équilibre général avec l'infrastructure publique comme externalité positive à travers la productivité totale des facteurs dans la fonction de la production. L'étude visait à évaluer l'impact d'une politique d'investissement public en infrastructures en Tunisie.

Les résultats des simulations ont montré que les effets de cette politique sont globalement positifs sur l'économie tunisienne puisque, dans l'ensemble, la production globale augmente, l'avantage de l'effet d'externalité de capital public est plus important que l'impact de l'effet d'éviction des investissements privés durant l'année de choc. De plus, la situation des entreprises et des ménages s'améliore. Toutefois, on constate que la meilleure façon de financer ces infrastructures est grâce au recours de l'aide internationale. En effet, l'augmentation des dépenses publiques en infrastructures a un effet sur la productivité, et non seulement des effets d'absorption comme dans le cas des dépenses publiques courantes. Le financement par la taxe de vente, enfin, cause moins de distorsion que le financement par la taxe sur le revenu.

Finalement, il serait intéressant d'étendre le modèle pour prendre en compte la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur. Le comportement d'optimisation des agents économiques englobe tout l'horizon temporel passé, présent et future. Cette extension vers un modèle intertemporel fera l'objet du prochain essai.

## Bibliographie

- Adam, C. and D. Bevan (2006) "Aid and the supply side: public investment, export performance and Dutch Disease in low income countries" *World Bank Economic Review*, 20(2), 261-290.
- Adam, C. (2006) "Exogenous inflows and real exchange rates: Theoretical quirk or empirical reality?" in P. Isard, L. Lipschitz, A. Mourmouras, and B. Yontcheva, *The macroeconomic management of foreign aid: Opportunities and Pitfalls*, Washington: International Monetary Fund.
- Adjovi, E. et L. Savard (1998) "Externalités de la santé et de l'éducation et bien-être : un modèle d'équilibre général calculable appliqué au Bénin", *L'Actualité économique*, 74(3), 523-560.
- Annabi, N., J. Cockburn, F. Cisse, et B. Decaluwé (2008) "Libéralisation commerciale, croissance et pauvreté au Sénégal : Une analyse à l'aide d'un MEGC microsimulé dynamique", *Économie et Prévision*, 5(186), 117-131.
- Aschauer, D.A. (1989) "Is public expenditure productive?" *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- Atukeren, E. (2005) "Interaction between Public and Private Investment: Evidences from Developing Countries", *Kyklos*, 58(3), 307-330.
- Barro, R. J. (1990) "Government spending in a simple model of endogenous growth" *Journal of Political Economy*, 98(5), 103-125.
- Barro, R. J. (1991) "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Baxter, M. And R.G. King (1993) "Fiscal policy in general equilibrium", *American Economic Review*, 83, 315-334.
- Bevan, D. (2005) "An Analytical Overview of Aid Absorption: Recognizing and Avoiding Macroeconomic Hazards", Seminar on Foreign Aid and Macroeconomic Management, Maputo.
- Boughzala, M, W. Chatta, R. Chatti et F. Zidi (2008) "Dépenses publiques, croissance et pauvreté régionales en Tunisie: Une microsimulation séquentielle", miméo.
- Buffie, E.F. and M. Atolia (2008) "Trade Policy, Poverty, and Development in a Dynamic General Equilibrium Model for Zambia", miméo.

- Canning, D. and E. Bennathan (2000) "The Social Rate of Return on Infrastructure Investments" *Policy Research, Washington World Bank*, W-P 2390.
- Canning, D. and P. Pedroni (1999) "Infrastructure and Long Run Economic Growth", mimeo.
- Chakraborty, L.S. (2006) "Fiscal Deficit, Capital Formation, and Crowding Out: Evidence From India" National Institute of Public Finance and Policy, W-P 43.
- Conrad, C. and H. Seitz (1992) "The Public Capital Hypothesis: The Case of Germany", *Recherches Economiques de Louvain*, 58(3-4), 309-327.
- Decaluwé B., A. Martens and L. Savard, (2001) "La Politique Économique du Développement et les modèles d'équilibre général calculable", *Association des Universités Francophones AUF Presse de l'Université de Montréal*.
- Decaluwé, B., A. Lemelin, H. Maisonnave, V. Robichaud, (2010), "PEP-1-T (Single-country, recursive dynamic version)", miméo, *Poverty and Economic Policy (PEP) research network*, [www.pep-net.org/programs/mpia/pep-standard-cge-models/pep-1-t-single-country-recursive-dynamic-version/](http://www.pep-net.org/programs/mpia/pep-standard-cge-models/pep-1-t-single-country-recursive-dynamic-version/)
- Demetriades P.O, T.P. Mamuneas, (2000) "Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: evidence from 12 OECD economies", *Economic Journal*, 110, 687–712.
- Devarajan, S, V. Swaroop and H. F. Zou (1996) "The composition of public expenditure and economic growth", *Journal of Monetary Economics*, 37, 313-344.
- Devarajan, S. and D.S. Go (1998) "The Simplest Dynamic General-Equilibrium Model of an Open Economy", *Journal of Policy Modelling*, 20(6), 677-714.
- Dissou, Y. (2002) "Dynamic effects in Senegal of the regional trade agreement among UEMOA Countries", *Review of International Economics*, 10(1), 177–199.
- Duggal V., C. Saltzman and L. Klein (1999) "Infrastructure and productivity: a Nonlinear Approach", *Journal of Econometrics*, 92, 47-74.
- Dumont, J.C. and S. Mesplé-Somps, (2000) "The Impact of public infrastructure on competitiveness and growth: A CGE analysis applied to Senegal", miméo, *CREFA, Université Laval, Québec*.

- Erden, L. and R. G. Holcombe (2005) "The Effects of public investment on private investment in developing economies", *Public Finance Review*, 33(5), 575-602.
- Erden, L. and R. G. Holcombe (2006) "The Linkage between Public and Private Investment: A cointegration analysis of a panel of developing countries", *Eastern Economic Journal*, 32(3), 479-492.
- Estache, A., J-F. Perrault and Savard L. (2007) "Impact of infrastructure spending in Mali: a CGE modeling approach", *GRÉDI*, W-P 07-24.
- Everaert, G. and F. Heylen (2004) "Public capital and long-term labour market performance in Belgium", *Journal of Policy Modelling*, 26, 95-112.
- Feltenstein, A. And J. Ha (1999) "An analysis of the optimal provision of public infrastructure: a computational model using Mexican data", *Journal of Development Economics*, 58, 219-230.
- Fernald, J. (1999) "Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity", *American Economic Review* 89, 619-638.
- Gupta, S. R. Powell and Y. Yang, (2006) "Macroeconomic challenges of scaling up aid to Africa: a checklist for practioners", *Washington, D.C. IMF*.
- Hulten, C. (1996) "Infrastructure Capital and Economic Growth: How Well You Use It May Be More Important than How Much You Have" NBER Working Paper 5847. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass.
- Institut national de la statistique (2008) " Rapport annuel sur les indicateurs d'infrastructure 2008".
- Institut National de la Statistique (2008) "Les comptes de la nation : Agrégats et Tableaux d'Ensemble 2003-2007".
- Jung, H and Thorbecke, E. (2003) "The impact of public education expenditure on human capital, growth and poverty in Tanzania and Zambia: a general equilibrium approach" *Journal of Policy Modeling*, 25, 701-725.
- Kamps, C. (2004) "New estimates of government net capital stocks for 22 OECD countries: 1960-2001" *International Monetary Fund*, W-P No: 67.
- Mamatzakis, E.C. (1999) "Public Infrastructure, Private Input Demand, and Economic Performance of the Greek Industry" Queen Mary & Westfield College, W-P No. 406.

- Munnell, A.H. (1993) "Les investissements d'infrastructure : évaluation de leurs tendances actuelles et de leurs effets économiques", in OCDE, Politiques d'infrastructures pour les années 90, OCDE, Paris, 23-60.
- Lemelin, A. (2007) "Bond indebtedness in a recursive dynamic CGE model", W-P 07-10.
- Lofgren, H., J. Thurlow and S. Robinson (2004) "prospects for growth and poverty reduction in Zambia, 2001-2015", DSGD discussion paper no: 1, *International Food Policy Research Institute*.
- Looney, R.E. and P.C. Frederiken (1997) "Government Investment and Follow-on Private Sector Investment in Pakistan, 1972-1995", *Journal of economic development* Volume 22, Number 1, 91.
- Lucas, R. (1988) "On the mechanisms of economic growth", *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Owens, T. and J. Hoddinott (1999) "Investing in development or investing in relief: quantifying the poverty tradeoffs using Zimbabwe household panel data", Oxford, Centre for the Study of African Economies, W-P 43.
- Paul, S (2003) "Effects of public infrastructure on cost structure and productivity in the private sector" *The economic record*, 79(247), 446-461.
- Paul, S., B-S. Sahni, and B-P. Biswal (2004) "Public infrastructure and the productive performance of Canadian manufacturing industries", *Southern Economic Journal*, 70, 998-1011.
- Reinikka, R., Svensson, J. (2002) "Coping with poor public capital", *Journal of Development Economics*, 69, 51-70.
- Rioja, F. (1999) "Productiveness and welfare implications of public infrastructure: a dynamic two-sector general equilibrium analysis", *Journal of Development Economics*, 58, 387-404.
- Rioja, F. (2004) "Infrastructure and sectoral output along the road to development", *International Economic Journal*, 18(1), 49-64.
- Solow, R.M. (1956) "A contribution to the theory of economic growth" *Quarterly Journal of Economic*, 70.
- Slemrod, J. (1990) "Optimal taxation and optimal tax systems." *Journal of Economic Perspectives* 4, 157-78.

Tanzi, V. and H. H. Zee (2000) "Tax policy for emerging markets: Developing countries", *National Tax Journal*, 53(2), 299-322.

Teruel, R.G., Kuroda, Y. (2005) " Public infrastructure and productivity growth in Philippine agriculture, 1974–2000", *Journal of Asian Economics*, 16, 555– 576.

## **Chapitre 2**

# **Effets de l'investissement en infrastructure publique : une analyse en équilibre général intertemporel**

### **Résumé**

Nous proposons dans cet essai d'étendre le modèle présenté dans l'essai 1, afin de prendre en compte la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur. Nous présentons un modèle dynamique d'équilibre général intertemporel. Nous essayons de comparer les résultats des simulations obtenus par le modèle intertemporel avec les résultats du modèle dynamique séquentiel. Nos résultats démontrent que dans les deux scénarios envisagés (crédit et taxe de vente), la quantité de la valeur ajoutée est plus élevée dans le modèle intertemporel, par contre, en valeur c'est plutôt le contraire.

**Mots clés : infrastructure, CGE, intertemporel, Tunisie.**

## Introduction

La possibilité que les investissements publics, particulièrement les infrastructures, puissent soutenir la croissance économique a toujours mobilisé l'intérêt des économistes, et autant celui des dirigeants politiques. L'infrastructure comprend, en effet, divers éléments nécessaires au fonctionnement de l'économie. Les investissements en infrastructures peuvent, à long terme, améliorer les structures de l'économie, accroître la rentabilité des entreprises, stimuler le marché du travail ainsi que les investissements dans le secteur privé; De même ils affectent la productivité et donc la compétitivité sur les marchés extérieurs, ainsi que la capacité d'un pays à attirer les investissements étrangers, ceci étant plus vrai dans les pays en développement, puisque généralement dans ces pays le niveau des infrastructures est relativement faible, et on s'attend à ce que leurs productivités marginales soient relativement plus élevées.

Nous proposons dans cet essai d'étendre le modèle présenté dans l'essai 1, afin de prendre en compte la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur. Le modèle dynamique intertemporel se distingue du modèle séquentiel comme suit. Dans le modèle intertemporel, le comportement d'optimisation des agents économiques englobe tout l'horizon temporel passé, présent et futur, alors que, dans le modèle séquentiel, l'état du système dépend chaque période des valeurs passées et courantes des variables uniquement, les ménages et les firmes sont donc myopes dans le modèle séquentiel. Selon la théorie de croissance endogène ainsi que les modèles de cycles réels, la décision des ménages en termes d'épargne et des firmes en termes d'investissement sont des décisions qui résultent des comportements d'optimisation intertemporelle. De plus, selon la théorie du revenu permanent (Friedman, 1957), les changements anticipés dans le futur peuvent influencer les comportements actuels des agents. En effet, les choix des ménages sont dictés non seulement par leurs revenus actuels, mais également par leurs anticipations de leurs revenus dans l'avenir. Les modèles intertemporel fournissent un cadre intéressant des comportements d'épargne de ménages et d'investissement des firmes, de plus, ces modèles permettent une bonne compréhension des mécanismes d'ajustement et de transmission provoqués par les chocs de ces politiques.

Nous construisons un modèle d'équilibre général d'une petite économie ouverte qui prend en compte les préférences intertemporelles des consommateurs et aussi celle des producteurs. Les consommateurs maximisent la valeur actualisée de l'utilité selon une contrainte budgétaire intertemporelle avec une anticipation parfaite. Ils connaissent tous leurs besoins futurs, toutes leurs ressources, ainsi que les prix actualisés de tous les biens. La consommation des ménages est une fonction de leur revenu permanent. Les revenus de consommation et d'épargne sont des fonctions des prix (salaire et taux d'intérêt) présents et futurs anticipés mais aussi des politiques économiques (distorsion dans le système de prix par la taxation, prestations). Ils dépendent donc de l'évaluation que se font les ménages de leur revenu permanent, et de la substitution intertemporelle de la consommation.

De leur côté, les producteurs maximisent le profit actualisé, en tenant compte dans leurs choix d'investissement des variations futures du salaire et des profits anticipés et des prix de la production.

Les deux approches, séquentielle et intertemporelle, sont plutôt complémentaires : dans le premier, les anticipations sur le futur ne jouent aucun rôle, puisque les agents économiques sont plutôt myopes dans leur prise de décision, alors que dans le second, toutes les conséquences futures de toutes les politiques sont parfaitement anticipées et incorporées dans les décisions. De plus, le modèle dynamique intertemporel est multisectoriel, il permet une meilleure réallocation intersectorielle des ressources. Ceci dit, il dépendra du profit dans chaque secteur, et sera influencé par la variation des prix relatifs. Finalement, la décision d'investissement et d'épargne est simultanée et indépendante, l'épargne étant endogène, les ménages ont un arbitrage de l'allocation de leur épargne, soit dans l'investissement soit opter pour l'encaisse réelle. Dans ce cadre d'analyse, quelles pourraient être les conséquences sur les principaux résultats d'un investissement en infrastructure?

Les recherches empiriques sur la relation entre les infrastructures publiques et la croissance économique dans le cadre de la dynamique intertemporelle sont peu nombreuses. Demetriades et Mamuneas (2000) ont examiné l'impact de l'infrastructure publique sur la production dans le secteur manufacturier dans 12 pays de l'OCDE entre 1972-1991. Les résultats des estimations des équations dérivant d'un modèle dynamique

intertemporel montrent qu'une augmentation des dépenses publiques dans les infrastructures permet d'augmenter les niveaux de production, et que le capital public est complémentaire à la fois au travail et au capital privé. Une augmentation de 1% de capital public engendre une augmentation de la demande de travail de 0,23% en Grande-Bretagne et de 2% en Australie. Alors qu'une augmentation de 1% de capital public engendre une augmentation du capital privé de 0,5% en Belgique et de 0,07% en Grande-Bretagne. Les simulations numériques d'un modèle intertemporel, Feltenstein et Ha (1999) ont montré dans le cas du Mexique qu'une faible augmentation des dépenses du gouvernement dans l'infrastructure peut-être bénéfique pour l'économie, par contre de grandes dépenses dans l'infrastructure pourraient avoir des effets négatifs sur l'économie.

Dans la littérature liée aux modèles dynamiques intertemporels d'équilibre général, les travaux voués à connaître l'impact des infrastructures publiques sur l'économie sont quasi inexistantes. En effet, seulement deux études ont été recensées sur le sujet, dans le modèle de Buffie et Atolia (2008) seules les firmes ont des anticipations parfaites, les autres agents étant myopes. Les auteurs montrent que le financement d'une augmentation des infrastructures par une augmentation des tarifs douaniers sur différents produits a entraîné un accroissement de 14% dans le PIB de la Zambie. Dans leur modèle multisectoriel Dissou et Didic (2011) avec hétérogénéité des agents (consommateurs et firmes), en effet, les ménages sont différenciés selon l'accès au marché du crédit, de même pour les firmes. Les auteurs montrent qu'à court terme les effets de l'augmentation des investissements publics varient selon le mode de financement, reste qu'à long terme les effets sont plutôt positif, une augmentation de 1,39% et 1,84% de PIB respectivement dans le cas de financement par la taxe et l'aide internationale.

Le modèle est appliqué aux données tunisiennes. Comme déjà mentionné dans le précédent essai, seule l'étude de Boughzala et al (2008) a été recensée sur l'impact de l'infrastructure publique sur l'économie tunisienne; leur modèle traite toutefois uniquement du cadre avec dynamique séquentielle. Pour la Tunisie, le problème donc n'a pas encore été traité dans le cadre d'une dynamique intertemporelle.

Ce deuxième essai développe un modèle d'équilibre général calculable (MEGC) dynamique intertemporel. La première section présente la structure du modèle. La seconde

sera consacrée à la présentation et l'interprétation des résultats de simulations. Une troisième et dernière partie, sera réservée aux commentaires et conclusions.

## **1- Structure du modèle**

Le modèle utilisé dans ce chapitre est adapté d'une version intertemporelle, développée par Maisonnave et Robichaud (2010) du modèle *PEP-1-t* développé par Decaluwé, Lemelin, Maisonnave, et Robichaud (2010). La modification apportée relativement à Maisonnave et Robichaud (2010) consiste à introduire les infrastructures publiques comme externalité positive à travers la productivité totale des facteurs dans la fonction de la production.

Le modèle est appliqué à l'économie tunisienne : une économie ouverte, preneur des prix sur les marchés mondiaux des biens et services. Le modèle comporte quatre types d'agents : ménages, entreprises, gouvernement et reste du monde. Contrairement au modèle séquentiel étudié précédemment, dans ce modèle la réaction des ménages et des entreprises aux changements des prix sont le résultat d'optimisation intertemporelle avec anticipation parfaite. En conséquence, l'investissement et l'épargne sont le résultat de problèmes d'optimisation dynamique basé sur les prix futurs anticipés. Toutefois, les comportements du gouvernement et du reste du monde dans l'économie sont semblables au modèle dynamique séquentiel.

### **1-1- Structure de base**

#### **1-1-1- La consommation des ménages**

Les ménages lissent leur consommation dans le temps de manière à maximiser leur utilité sur leur horizon de vie sous une contrainte budgétaire intertemporelle. Pour ce faire, les ménages choisissent leurs plans de consommation de manière à ce que leurs dépenses de consommation respectent la contrainte de richesse.

Le programme d'optimisation est:

$$\text{Max}_{C_t} U_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_m^t U(C_t) \quad (1)$$

Sous la contrainte budgétaire suivante :

$$WF_{t+1} = WF_t(1 + r_t) + (1 - tr)YL_t + YHK_t + YHTR_t - PC_t C_t - HTR_t \quad (2)$$

Où,  $WF_t$  représente la richesse du ménage,  $YL_t$  le revenu salarial du ménage,  $YHK_t$  le revenu du capital,  $YHTR_t$  les transferts reçu par le ménage,  $C_t$  et  $PC_t$  représentent respectivement le volume et le prix du bien agrégé à la consommation,  $HTR_t$  les transferts de ménage vers les autres agents,  $r_t$  le taux d'intérêt, et  $tr$  le taux moyen d'imposition sur le revenu du ménage.

Le paramètre  $\beta_m = 1/1 + \rho$  représente le taux d'escompte. Le paramètre  $\rho$  représente le taux de préférence pour le présent ( $\rho > 0$  et donc  $\beta < 1$ ). Le ménage peut substituer sa consommation intertemporellement mais néanmoins, valorise la consommation présente davantage que la consommation future. En conséquence, l'utilité marginale de la consommation courante est supérieure à l'utilité marginale de la consommation future, une unité supplémentaire de consommation courante procurent davantage d'utilité qu'une unité supplémentaire de consommation future.

La solution du problème d'optimisation du ménage est obtenue à partir de la résolution de l'équation de Bellman suivante :

$$V(WF_t) = \max_{C_t} \{U(C_t) + \beta_m V(WF_{t+1})\}, \quad (3)$$

$$\text{Avec } WF_{t+1} = WF_t(1 + r_t) + (1 - tr)YL_t + YHK_t + YHTR_t - PC_t C_t - HTR_t$$

Les conditions d'optimalité :

$$U'(C_t) + \beta_m V'(WF_{t+1}) \frac{\delta(WF_{t+1})}{\delta(C_t)} = 0 \quad (4)$$

La condition de l'enveloppe :

$$V'(WF_t) = \beta_m V'(WF_{t+1}) \frac{\delta(WF_{t+1})}{\delta(WF_t)} \quad (6)$$

La dynamique de la consommation est déterminée par l'équation d'Euler (voir annexe 1 pour la preuve) :

$$\frac{U'(C_t)}{U'(C_{t+1})} = \beta_m (1 + r_t) \frac{PC_t}{PC_{t+1}} \quad (7)$$

Étant donné la forme fonctionnelle de l'utilité  $U(C_t) = \text{Log } C_t$ , et  $\beta_m = \frac{1}{1+\rho}$  :

$$C_{t+1} = C_t \frac{(1+r_t)PC_t}{(1+\rho)PC_{t+1}} \quad (8)$$

L'optimisation dynamique permet de dériver une relation entre le taux marginal de substitution intertemporelle et le taux d'intérêt réel ( $(1 + r_t) \frac{PC_t}{PC_{t+1}}$ ). Cette relation décrit l'importance pour le ménage de consommer aujourd'hui plutôt que de consommer la période suivante, un arbitrage qui dépend du taux d'intérêt réel et du taux de préférence pour le présent.

### 1-1-2- L'investissement des firmes

La décision d'investissement dérive du comportement d'optimisation des firmes, dont les anticipations dépendent du futur. La firme choisit le sentier d'investissement qui maximise la valeur actualisée de son revenu net sous la contrainte de l'accumulation du capital (Devarajan et Go, 1998).

La production dans chaque secteur est déterminée par une fonction de production à élasticité de substitution constante (CES) qui dépend du capital privé ( $KP$ ), du travail ( $L$ ) et du stock du capital public ( $KG$ ).

$$Y_{i,t} = B_{i,t} [\beta_i L_{i,t}^{-\rho_i} + (1 - \beta_i) KP_{i,t}^{-\rho_i}]^{-1/\rho_i} \quad (9)$$

Avec  $\beta_i$  est un paramètre de distribution du revenu entre le capital et le travail et  $\rho_i$  est un paramètre d'élasticité de substitution.

La production dans le secteur privé dépend des infrastructures qui sont fournies par le gouvernement, sous l'hypothèse de rendements constants des facteurs de production du secteur privé (capital privé et travail) mais avec la possibilité de rendements croissants par

la présence des infrastructures publiques. En effet, la productivité totale des facteurs  $B_{i,t}$  est définie par :

$$B_{i,t} = A_{i,t} \left[ \frac{KG_t}{(\sum_i^N KP_{i,t})^\zeta} \right]^\sigma \quad (10)$$

Avec  $A_{i,t}$  : le progrès technique exogène non causé par le capital public,  $\sigma$  : paramètre d'élasticité d'externalité du capital public (paramètre de la productivité du capital public), et  $\zeta$  paramètre de congestion.

Dans la réalité, les infrastructures ne sont pas forcément des biens publics purs. Ce sont plutôt des biens publics mixtes soumis à la congestion avec l'utilisation. Plus l'utilisation des infrastructures par le secteur privé est élevée, moins grande sera la contribution des infrastructures à la productivité des entreprises. Ainsi, le stock effectif d'infrastructures publiques est défini comme étant le stock brut déflaté par l'usage. Plus le paramètre de congestion est élevé, plus le stock brut en infrastructures est sujet à congestion et donc moins grande la productivité des infrastructures. Dans notre étude et comme il a été mentionné dans le premier essai, le paramètre de congestion est fixé à 0.12 (Rioja, 2004).

On s'attend à ce que plus le niveau d'infrastructure est faible dans un pays plus leur externalité est élevée, on estime que dans les pays en développement la productivité des infrastructures est beaucoup plus élevée par rapport aux pays développés. Donc la valeur de paramètre d'élasticité d'externalité du capital public est plus forte dans les pays en développement. Dans notre étude, l'élasticité d'externalité du capital public est déterminée selon Adam et Bevan (2006), les auteurs supposent une élasticité des infrastructures dans les pays en développement égale à 0,5, une valeur plus élevée que celle estimée par Hulten (1996) dans son étude sur les infrastructures dans les pays développés.

### **Décisions intertemporelle des firmes**

Pour les firmes, est-il rentable d'ajouter une unité supplémentaire du capital? Le prix implicite est le coût d'opportunité de ne pas ajouter cette unité supplémentaire du capital : ce prix implicite doit être supérieur au coût réel de l'ajout du capital.

La firme maximise la valeur actualisée de son revenu net sous la contrainte de l'accumulation du capital, étant donné le taux de dépréciation du capital et le stock initial du capital; En choisissant les niveaux d'investissement, de travail et de consommation intermédiaires, le programme dynamique d'optimisation à horizon infini est:

$$Max_{L_t, I_t} V_{i,t} = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_f^t R_{i,t} \quad (11)$$

Sous la contrainte de l'équation d'accumulation du capital :

$$KP_{i,t+1} = ID_{i,t} + (1 - \delta_i)KP_{i,t} \quad (12)$$

$$KP_0 = \overline{KP}_0 \quad (13)$$

$R_{i,t}$  est le revenu marginal du capital moins les dépenses d'investissement (revenu net),  $KP_{i,t}$  est le stock de capital du secteur  $i$  à l'année  $t$ ,  $\delta_i$  est le taux de dépréciation du capital et  $ID_{i,t}$  est l'investissement sectoriel net. Le paramètre  $\beta_f = 1/1 + r$  représente le taux d'escompte, et  $r$  est le taux d'actualisation du producteur (taux d'intérêt).

L'investissement privé à la période  $t$  permet d'augmenter le stock du capital privé à la période  $t+1$ . L'accumulation du stock du capital privé est défini par l'équation (12), on suppose que le stock initial du capital est donné (l'équation 13).

Les dépenses d'investissement incluent les dépenses d'acquisition du capital ainsi que les coûts d'ajustement. La fonction des coûts d'ajustement est symétrique et quadratique. Elle est croissante avec l'investissement et décroissante avec le stock du capital accumulé par la firme. La présence des coûts d'ajustement quadratiques implique que, suite à un choc, les firmes ajustent de façon progressive leurs investissements. La connaissance de la structure des coûts d'ajustement est essentielle pour prévoir le sentier de réponse de la demande du capital aux chocs externes. Les chocs ont des effets différents sur les firmes en fonction du rythme optimal auquel elles peuvent ajuster leur demande de facteurs, (Hayashi, 1982; Bigsten, et al, 1999).

La relation entre investissement brut ( $IDS_{i,t}$ ) et investissement net (des coûts d'ajustement) est la suivante :

$$IDS_{i,t} = ID_{i,t} + \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t}^2}{KP_{i,t}} \quad (14)$$

Avec  $\gamma_i$  est le paramètre d'échelle sectorielle de coût d'ajustement. Pour un même accroissement net ( $ID_{i,t}$ ), la présence des coûts d'ajustements fait augmenter les dépenses effectives ( $IDS_{i,t}$ ).

Le revenu net de la firme est donc :

$$R_{i,t} = P_{i,t}Y_{i,t} - PQ_{i,t}CI_{i,t} - w_tL_{i,t} - PK_t \left( ID_{i,t} + \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t}^2}{KP_{i,t}} \right) \quad (15)$$

Où  $P_{i,t}$ ,  $Y_{i,t}$ ,  $PQ_{i,t}$ , et  $PK_t$  sont respectivement le prix de la production, la production, le prix de la consommation intermédiaire ( $CI_{i,t}$ ) et le coût de l'investissement brut ( $IDS_{i,t}$ ). Finalement,  $w_t$  et  $L_{i,t}$  représentent le taux de salaire et le travail dans chaque secteur  $i$ , respectivement.

La solution du problème d'optimisation est obtenue à partir de la résolution de l'équation de Bellman suivante :

$$V(KP_{i,t}) = \max_{ID_{i,t}, L_{i,t}} \{R_{i,t} + \beta_f V(KP_{i,t+1})\} \quad (16)$$

$$\text{Avec } KP_{i,t+1} = ID_{i,t} + (1 - \delta_i)KP_{i,t}$$

Les conditions d'optimalité pour  $L_{i,t}$  implique :

$$\frac{\delta V}{\delta L_{i,t}} = 0 \quad \rightarrow \quad P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta L_{i,t}} - w_t = 0 \quad (17)$$

C'est-à-dire que le niveau optimal du travail correspond à l'égalité entre la productivité marginale du travail et le salaire réel.

Les conditions d'optimalité pour  $ID_{i,t}$  implique, quant à elle :

$$\frac{\delta V}{\delta ID_{i,t}} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{\delta R_{i,t}}{\delta ID_{i,t}} + \beta_f V'(K_{t+1}) \frac{\delta(KP_{t+1})}{\delta(ID_{i,t})} = 0 \quad (18)$$

La condition de l'enveloppe :

$$V'(KP_t) = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} + PK_t \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}^2} + \beta_f V'(KP_{t+1}) \frac{\delta(KP_{t+1})}{\delta(KP_t)} \quad (19)$$

Les conditions d'optimalités intertemporelle (voir annexe 2) :

$$q_{i,t} = PK_t \left( 1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}} \right) \quad (20)$$

$$q_{i,t+1}(1 - \delta_i) = q_{i,t}(1 + r_t) - P_{i,t+1} PmK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2 \quad (21)$$

Avec  $PmK_{i,t} = \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} = (1 - \beta_i) B_{i,t}^{-\rho_i} \left( \frac{X_{i,t}}{KP_{i,t}} \right)^{1+\rho_i}$  est la productivité marginale du capital.

Pour mieux comprendre l'équation (21) on peut l'arranger ainsi:

$$r_t q_{i,t} = \Delta q_{i,t} - \delta_i q_{i,t+1} + P_{i,t+1} PmK_{i,t+1} + PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2 \quad (22)$$

$$r_t q_{i,t} = RmK_{i,t+1} + \Delta q_{i,t} - \delta_i q_{i,t+1} \quad (23)$$

Avec  $RmK_{i,t+1}$  est le revenu marginal de capital :

$$RmK_{i,t+1} = \frac{\partial R_{i,t+1}}{\partial K_{i,t+1}} = P_{i,t+1} PmK_{i,t+1} + PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2$$

Donc les conditions d'optimalités sont :

$$q_{i,t} = PK_t \left( 1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}} \right) \quad (20)$$

$$r_t q_{i,t} = RmK_{i,t+1} + \Delta q_{i,t} - \delta_i q_{i,t+1} \quad (23)$$

Selon l'équation 20, les firmes investissent jusqu'à ce que le coût marginal de l'investissement  $\frac{\delta}{\delta ID_{i,t}} \left\{ PK_t \left( ID_{i,t} + \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}} \right) \right\}$  soit égal au prix implicite du capital  $q_{i,t}$ . L'investissement sera positif si  $q$  de Tobin i.e. le rapport de prix implicite du capital et de coût de remplacement du capital  $PK_t$  est supérieur à 1. Les firmes fondent leurs décisions

d'investissement sur ce rapport, en effet, si l'augmentation du gain est plus importante que le montant investi ( $\frac{q_{i,t}}{PK_t} > 1$ ) les firmes ont intérêt à investir plus et donc à augmenter leur stock de capital; inversement, si l'augmentation de gain est moins importante que le montant investi ( $\frac{q_{i,t}}{PK_t} < 1$ ) les firmes ont intérêt à vendre une partie de leurs capitaux (désinvestissement). L'investissement est rentable tant que l'accroissement de la valeur de la firme résultant de ce nouvel investissement reste supérieur à son coût.

L'équation (23) décrit la règle d'évolution dynamique du prix implicite du capital. Le rendement de capital  $r_t q_{i,t}$  est égal au revenu marginal de production de l'ajout du capital  $RmK_{i,t+1}$ , plus le gain de capital  $\Delta q_{i,t+1} = q_{i,t+1} - q_{i,t}$  net de la dépréciation  $\delta_i q_{i,t+1}$ .

On a une relation positive entre l'investissement et le  $q$  de Tobin. De plus, et étant donné que la productivité marginale du capital est décroissante, une augmentation du capital engendre une baisse du  $q$  de Tobin, alors qu'une baisse du capital va engendrer une augmentation du  $q$  de Tobin. Cependant, à l'équilibre, la productivité marginale du capital est égale au coût marginal du capital.

### 1-1-3- La dette publique

La contrainte budgétaire du gouvernement est :

$$SG_t = YG_t - G_t - TG_t \quad (24)$$

Avec  $SG_t$ ,  $YG_t$ , et  $G_t$  représentant respectivement l'épargne, les revenus et les dépenses courantes du gouvernement, alors que  $TG_t$  représente les transferts du gouvernement vers les autres agents.

L'investissement public est déterminé de manière exogène à la période  $t$ ; cet investissement permet d'augmenter le capital public à la période  $t+1$ . L'accumulation du stock des infrastructures publics se définit par :

$$KG_{t+1} = IG_t + (1 - \delta_G)KG_t \quad (25)$$

Dans notre modèle, la dette publique est la différence entre l'épargne ( $SG_t$ ) et l'investissement public ( $IG_t$ ), avec le service de la dette et le remboursement (*rembo*), de telle sorte que la dette publique à la fin de la dernière année de simulation soit la même dans tous les scénarios.

$$DG_{t+1} = (1 + rd_t)DG_t + IG_{t+1} - SG_{t+1} - rembo \quad (26)$$

Où  $rd_t$  est le taux d'intérêt de la dette

Le taux d'intérêt de la dette publique représente le coût d'opportunité du gouvernement d'investir dans le secteur privé, il est égal à la moyenne des rendements sectoriels du capital (13 secteurs),

$$rd_t = \frac{\sum_{i=1}^N rk_{i,t}}{13} \quad (27)$$

Avec  $rk_{i,t}$  rendement de capital dans le secteur  $i$

#### **1-1-4- La dette extérieure**

Dans notre modèle, la dette extérieure est l'épargne étrangère ( $SROW_t$ ), avec le service de la dette et le remboursement (*rembo1*), de telle sorte que la dette extérieure soit la même dans tous les scénarios.

$$DF_{t+1} = (1 + rd_t)DF_t + SROW_{t+1} - rembo1 \quad (28)$$

A l'image de taux d'intérêt de la dette publique, le taux d'intérêt de la dette extérieure représente lui aussi le coût d'opportunité du gouvernement d'investir dans le secteur privé.

#### **1-1-5- Richesse**

La résolution d'un modèle intertemporel n'est pas facile. En effet, elle peut conduire à des solutions absurdes, tel qu'une production qui pourrait devenir négative. Pour résoudre numériquement un modèle à un horizon infini, une des solutions préconisées consiste à tronquer l'horizon temporel en imposant des conditions de transversalité (des conditions terminales sur certaines variables) et en supposant que l'économie soit à l'état stationnaire à

une période terminale choisie. En ce sens, dans notre modèle on a utilisé les variables des richesses pour avoir ces conditions.

Selon Hayashi (1982) si la fonction de production est homogène et que le coût d'ajustement du capital est linéairement homogène dans l'investissement et le stock du capital, alors le prix implicite du capital  $q$  est égal à la moyenne de la valeur de la firme  $V_{i,t}$ :

$$q_{i,t} = \frac{V_{i,t}}{KD_{i,t}} \quad (29)$$

La richesse totale ( $WT_t$ ):

$$WT_t = \sum_{i=1}^N q_{i,t} KD_{i,t+1} \quad (30)$$

La richesse financière totale dans l'économie est représentée par la somme du rendement du capital dans tous les secteurs privés.

La richesse détenue par le reste du monde ( $WR_t$ ) :

$$WR_{t+1}(1+n) = WR_t(1+r_t) + SROW_t \quad (31)$$

Avec  $SROW_t$  est l'épargne du reste du monde.

La richesse totale des agents domestiques ( $WD_t$ ):

$$WD_t = WT_t - WR_t \quad (32)$$

La dynamique de la richesse domestique (voir annexe 3)

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1} KP_{i,t+1} + GFCF_{t+1} - SROW_t$$

## 2- Simulations et résultats

Comme déjà mentionné plus haut, le choix de la période terminale est important, car l'horizon doit être qualifié comme suffisamment long pour qu'il n'affecte pas les allocations, et pour que l'économie converge vers un sentier de croissance qui soit stationnaire. Le choix de la période terminale est satisfaisant lorsqu'un état stationnaire est approché de façon asymptotique. Il est difficile de connaître, à priori, le nombre de périodes

nécessaires pour que le système converge vers un nouvel état stationnaire. Les études de sensibilité avec différentes périodes réalisées par Devarajan et Go (1998) suggèrent que l'état stationnaire est atteint au bout de 40 périodes environ. Nous avons simulé le modèle sur cet horizon.

Pour pouvoir comparer les différents résultats obtenus avec les scénarios envisagés, on a fixé, pour chacun d'entre eux, le niveau de dette publique et celui de la dette extérieure de la dernière année au montant obtenu dans la simulation du scénario de référence en 2016 (tableau 1 et 2) ; Ceci s'effectue, en calculant (par tâtonnement) une baisse (ou une augmentation selon le cas) des transferts de gouvernement vers les ménages, qui servent au remboursement de la dette. Dans le cas de la dette extérieure, on procède par le transfert entre le gouvernement et le reste du monde.

Comme il a été mentionné, l'élasticité d'externalité du capital public est déterminée selon Adam et Bevan (2006), les auteurs supposant une élasticité des infrastructures dans les pays en développement égale à 0,5. Pour sa part, le paramètre de coût d'ajustement dans la fonction des investissements est égal à 2, la valeur utilisée dans la majorité des études (Dissou et Didic, 2011).

Deux scénarios de simulation ont été réalisés. Dans le premier scénario, l'augmentation de l'investissement en infrastructure est financée par le crédit intérieur. Et dans le deuxième scénario, le financement est associé par une augmentation de la taxe de vente.

### **Scénario 1 : Financement par le crédit**

Dans cette partie nous proposons d'évaluer les impacts macroéconomiques et sectoriels d'une augmentation, seulement au cours de la première année, de 100% des investissements en infrastructures publiques, et qui sont financés par le crédit. Les différents résultats des simulations des principales variables macroéconomiques sont présentés dans figures 1 à 8.

On constate que l'augmentation des investissements publics (hausse de 1676 millions dinars) a engendré un effet d'éviction à la première année des investissements

privés; Dans le cadre du modèle intertemporel l'effet d'éviction est partiel, en effet, on a une baisse de 995 millions dinars (-14%, figure 6). L'anticipation par les ménages et les firmes de l'augmentation de la productivité des facteurs de production suite à l'augmentation du capital public les incitera à profiter de cette productivité et à augmenter leurs investissements, et d'autant leurs épargnes. Dans le cadre intertemporel les ménages peuvent lisser leur consommation, et on constate qu'en moyenne l'épargne des ménages a augmenté de 8% (figure 2), alors que pour les firmes l'augmentation de l'épargne est moins importante (1,3%, figure 3). Par contraste, dans le cas du modèle séquentiel l'effet d'éviction a été total (-24%).

Durant la première année l'augmentation dans le PIB (0,67%) est due seulement à l'effet de l'augmentation de la demande d'investissement, alors qu'à partir de la deuxième année suivant l'augmentation des investissements publics, l'effet sur le PIB survient d'une part du côté de la demande mais aussi du côté de l'offre, puisque la productivité du capital public ne se fait sentir qu'après une année de l'augmentation des investissements publics. Pendant les dix premières années on constate que le PIB augmente en moyenne de 1,33% par rapport à la situation de référence (figure 1), puisque le choc de l'augmentation des investissements publics se fait uniquement la première année. En outre, étant donné la dépréciation du capital public d'une année à l'autre, l'effet de l'externalité du capital public sur la productivité des facteurs de production a tendance à baisser au cours des années.

Étant donné que l'effet d'éviction est partiel, l'investissement global (privé et publique) est plus élevé que dans la situation de référence. Ceci va entraîner une augmentation de la demande de bien, qui à son tour va engendrer une hausse des prix des biens locaux et donc une appréciation du taux de change réel, ce qui va favoriser les importations, et défavoriser les exportations. On constate donc une augmentation des importations (+0,61%), mais aussi une baisse des exportations dans tous les secteurs de l'économie (-0,59%). Ceci va permettre d'augmenter l'épargne étrangère, avec une augmentation de 211 millions de dinars (+95%) au bout de la première année. A partir de la deuxième année, toutefois, l'augmentation du capital public va entraîner une externalité plus élevée sur la production et rendre les facteurs de production plus productifs. Ceci va

permettre d'augmenter l'offre de l'économie, les prix locaux seront à la baisse, favorisant la consommation de ceux-ci au détriment des produits étrangers, en résulte une augmentation de l'exportation et la baisse des importations, ceci explique la baisse de l'épargne étrangère au cours des années suivantes (figure 5).

**Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence de deux scénarios : *financement par le crédit (CR)***

Figure 1 : PIB

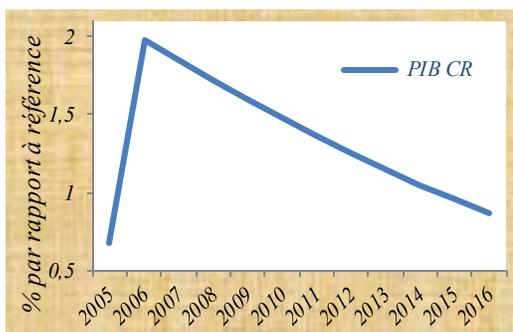


Figure 2 : Épargne des ménages

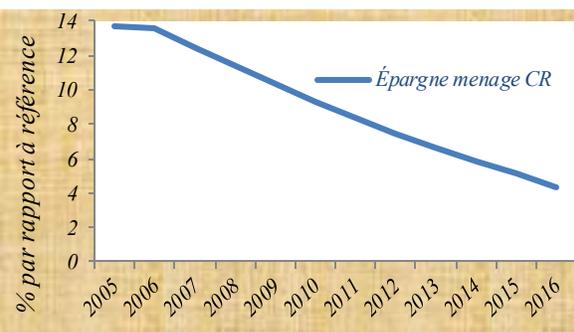


Figure 3 : Épargne des firmes

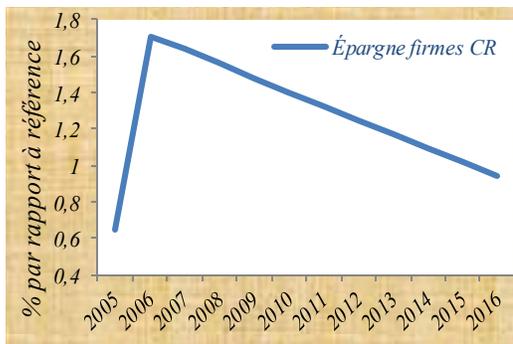


Figure 4 : Épargne publique

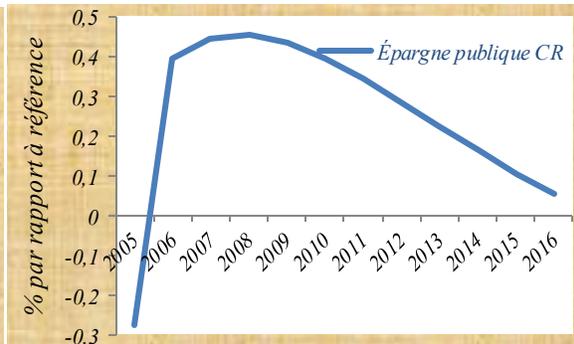


Figure 5 : Épargne étrangère

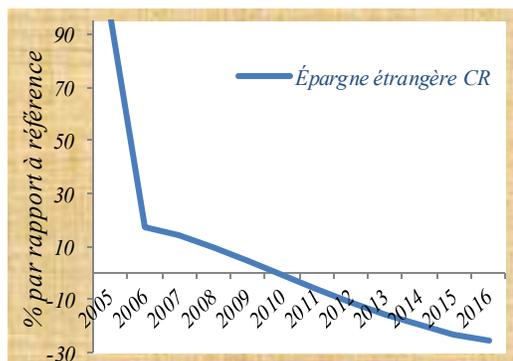


Figure 6 : Investissement privé

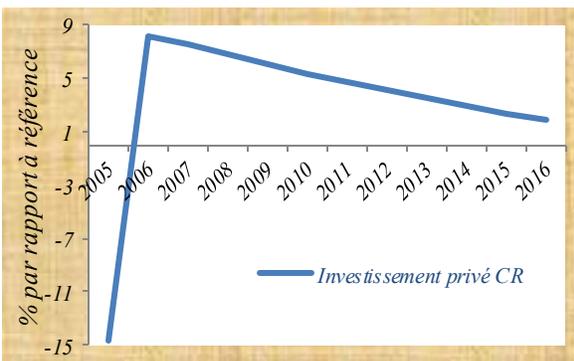


Figure 7 : Prix du capital

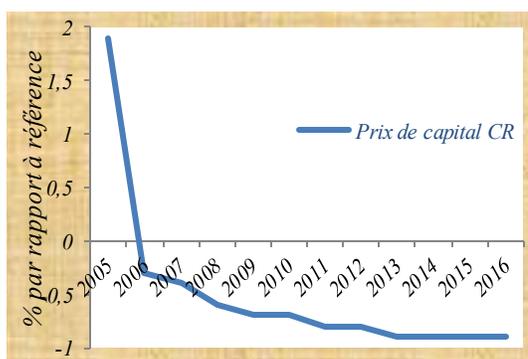
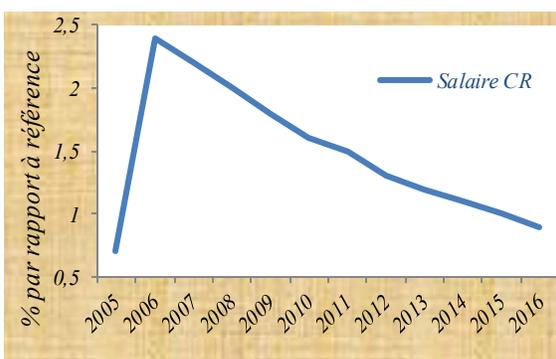


Figure 8 : Salaire



### Impacts au niveau sectoriel

Comme on l'a déjà mentionné, l'augmentation des investissements en infrastructure entraîne un effet d'éviction de l'investissement privé pendant l'année de choc : cette baisse de l'investissement privé va engendrer une baisse de l'accumulation du capital privé à court terme par rapport au scénario de référence (figure 10), alors qu'à long terme, les stocks du capital privé sont plus importants par rapport à la situation de référence, puisqu'en moyenne et sur les douze années retenues pour l'analyse, les investissements privés ont augmenté de 3,22%.

D'une manière générale, l'effet de l'augmentation des infrastructures publiques sur les différents secteurs est positif : on constate une amélioration de la valeur ajoutée dans tous les secteurs (figure 12), et en moyenne cette augmentation de la valeur ajoutée est plus importante dans les secteurs industriels 3,4%, particulièrement dans le secteur des Bâtiments et travaux publics (*BTP* : 4,6%), suivi du secteurs des services 2,9% (hôtellerie et restauration *HCR* : 3,8%), et enfin du secteur des produits agricoles et pêche (*AGR*) 2%.

L'augmentation des investissements en infrastructure publique entraîne une amélioration de la productivité des facteurs de production. Cette augmentation engendre celle du taux de rendement du capital. En effet, on constate que les taux de rendement du capital privé est à la hausse dans tous les secteurs, notamment dans le secteur des Bâtiments et travaux publics et dans le secteur des industries des matériels de construction et verre (figure 11).

Étant donné que l'effet d'éviction des investissements privés est partiel, l'augmentation de la demande d'investissement total (privé et public) à la première année entraîne une augmentation du niveau des prix de production (figure 14), particulièrement dans les secteurs des bâtiments et travaux publics (2,7%) et ceux des industries des matériels de construction et verre (1,27%). Alors qu'à partir de la deuxième année, les prix sont à la baisse, en effet, on constate une baisse des prix par rapport au scénario de référence dans tous les secteurs marchands, cette baisse est due à l'augmentation de l'offre dans ces secteurs suite à l'amélioration de la productivité des facteurs. Par contre, on constate que, dans le secteur des services non marchands (ADM), les prix sont plus élevés par rapport au scénario de référence (varient entre 1,5% et 0,4%), puisque le taux de salaire est aussi plus élevé. Néanmoins, cette baisse des prix a tendance à s'affaiblir au cours des années puisque l'externalité du capital public sur la production a tendance elle aussi à baisser au cours du temps.

### Résultats sectoriel : variation en pourcentage par rapport à la situation de référence.

Figure 9 : Taux de rendement du capital par secteur (CR)

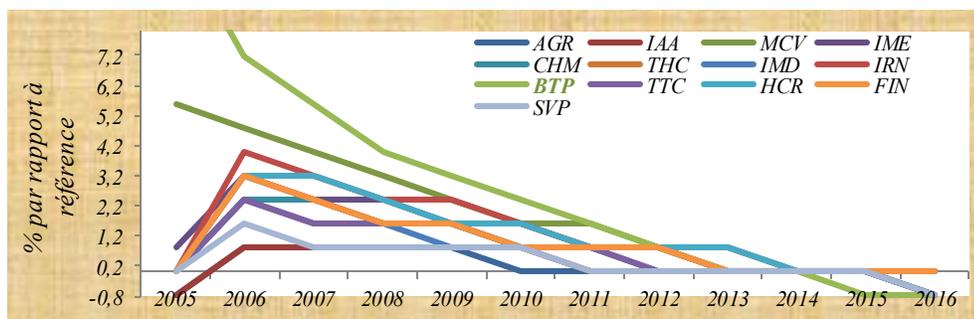


Figure 10 : Capital privé par secteur (CR)

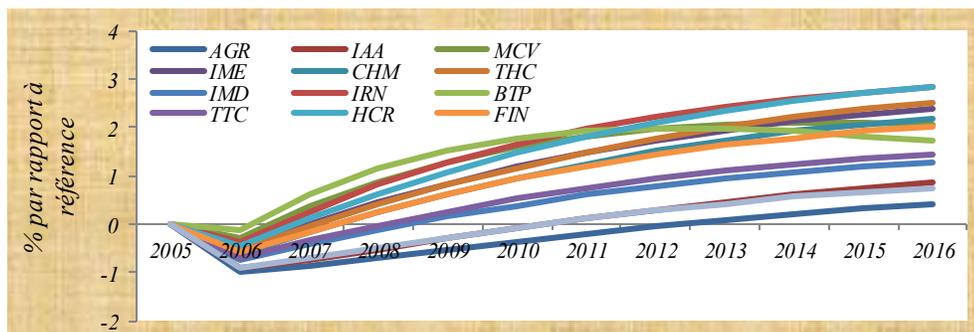


Figure 11 : Travail par secteur (CR)

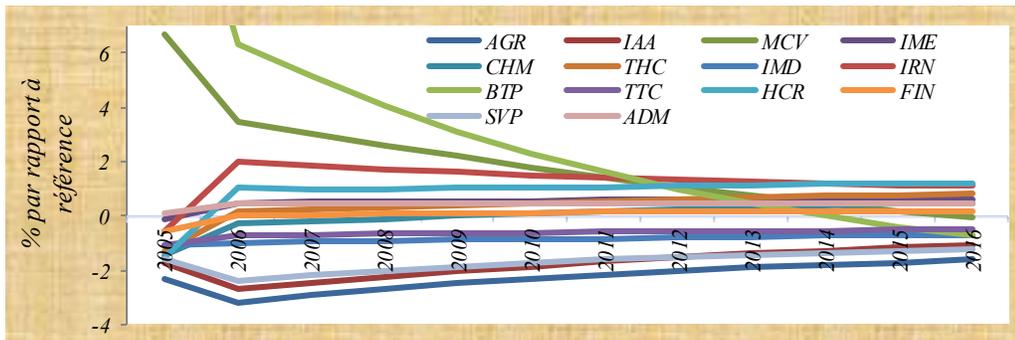


Figure 12 : Valeur ajoutée par secteur (CR)

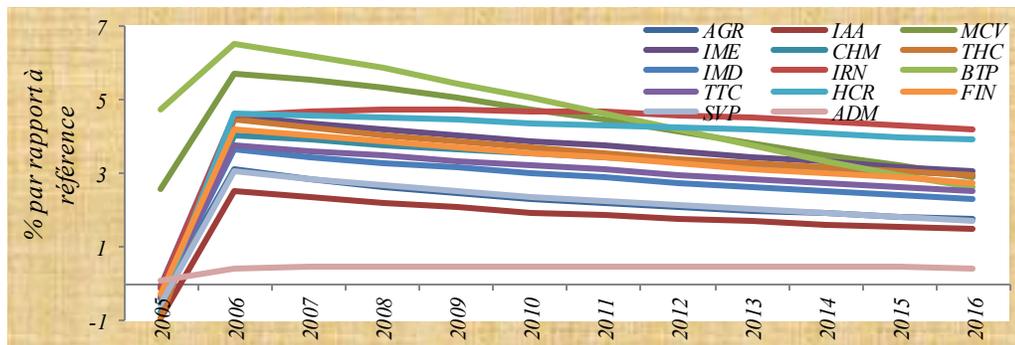


Figure 13 : Prix implicite du capital (CR)

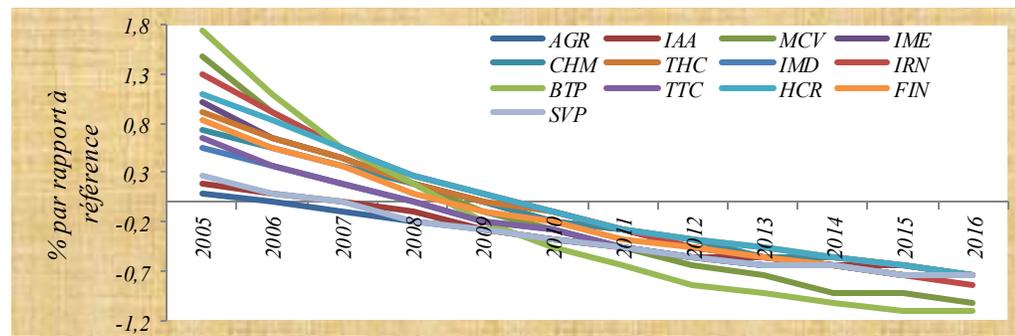
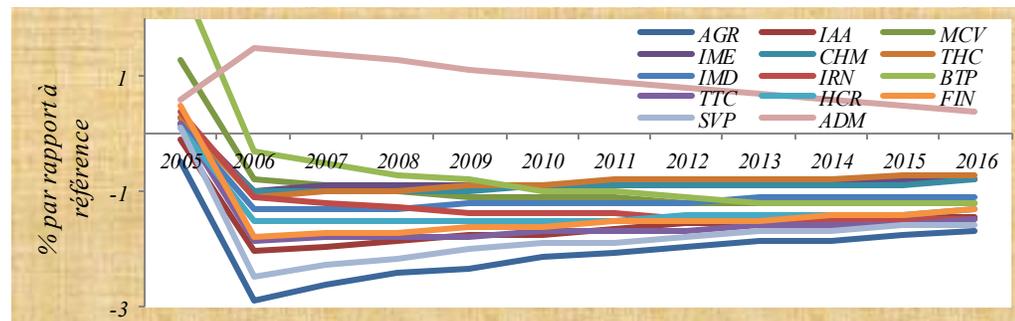


Figure 14 : Prix de production (CR)



## **Intertemporel vs Séquentiel**

Dans l'ensemble, l'augmentation des investissements en infrastructure produit des effets positifs sur les différents agrégats. Ces résultats consolident les résultats obtenus dans l'essai 1 avec le modèle dynamique séquentiel. Nous regardons plus de détails les résultats des deux modèles, et comparons le modèle intertemporel avec le modèle séquentiel où le financement de l'augmentation des investissements en infrastructure se fait par le crédit (figures 15 à 22).

Dans le modèle intertemporel, les choix de consommation sont guidés non seulement par les revenus actuels mais également par les anticipations que les consommateurs ont de leurs revenus futurs : les ménages ont la possibilité de lisser leur consommation dans le temps, et contrairement au modèle séquentiel, ceci va permettre aux ménages d'augmenter leurs épargnes dans l'année de choc (figure 16). Cette augmentation de l'épargne va faire en sorte que l'effet d'éviction de l'investissement public sur l'investissement privé n'est pas total comme dans le modèle séquentiel.

La première année, les investissements privés sont donc plus élevés dans le modèle intertemporel (figure 19), cette augmentation relative des investissements globaux (publics et privés) va engendrer, d'une part, un effet direct sur la demande, ce qui explique l'augmentation de PIB de l'année de choc dans le modèle intertemporel alors qu'il est stable dans le modèle séquentiel (figure 15). D'une autre part, le stock du capital privé est plus important dans le modèle intertemporel (figure 20), puisque dans ce modèle l'effet d'éviction des investissements privés est partiel, donc on constate une baisse moins importante du capital privé par rapport au modèle séquentiel.

Toutefois, l'écart entre les deux stocks du capital privé a tendance à baisser au cours des années, en effet, dans le modèle intertemporel, les dépenses d'investissement incluent les dépenses d'acquisition du capital ainsi que les coûts d'ajustement (l'équation 14), avec la présence de ces coûts d'ajustement quadratique les firmes ajustent de façon progressive leurs investissements suite au choc. Les investissements destinés à chaque secteur sont de plus en plus bas par rapport au modèle séquentiel (figure 25), le taux d'accumulation du

stock du capital privé dans le modèle séquentiel est de plus en plus important que dans le modèle intertemporel.

Reste que, même si on a une augmentation de la quantité de la valeur ajoutée et de la production à partir de la deuxième année (figures 23), le PIB lui a augmenté plutôt moins dans le cas du modèle intertemporel que dans le cas du modèle séquentiel (figure 15). La quantité de la valeur ajoutée est plus élevée dans le modèle intertemporel, par contre, en valeur c'est plutôt le contraire. Cette différence est due essentiellement à deux raisons, d'une part, le taux de rendement de capital est moins élevé (figure 24), mais d'une autre part, le niveau de salaire est moins important dans le modèle intertemporel (figure 22).

**Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence de deux modèles : séquentiel (SQ) et intertemporel (TT), financement par le crédit.**

Figure 15 : PIB

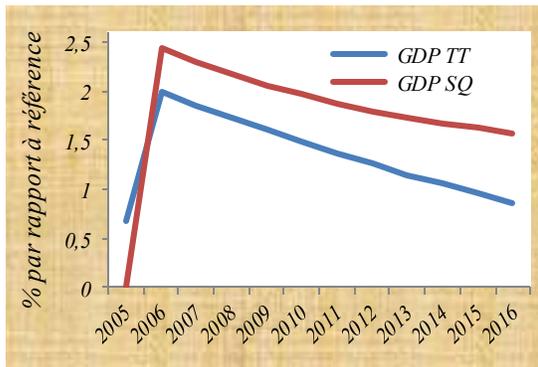


Figure 16 : Épargne des ménages

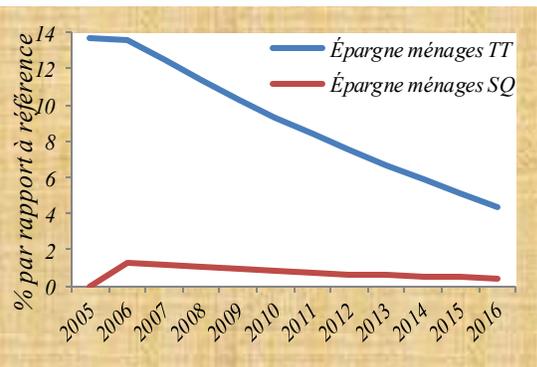


Figure 17 : Épargne des firmes

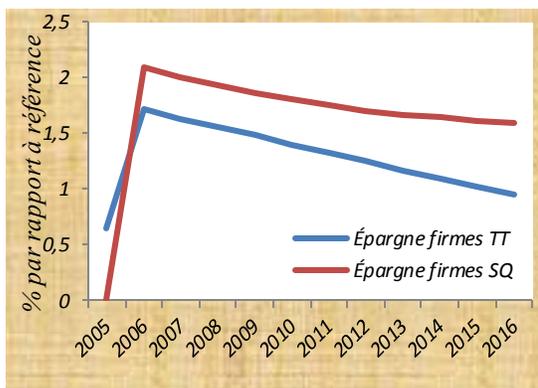


Figure 18 : Épargne publique

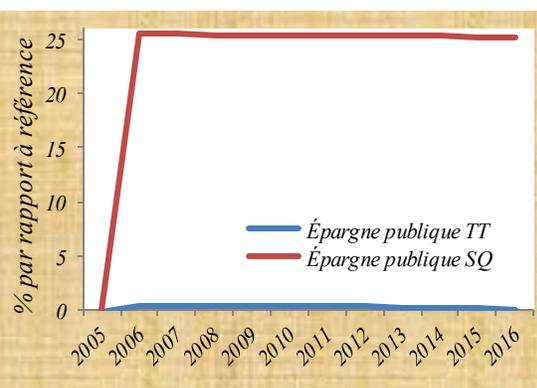


Figure 19 : Investissement privé

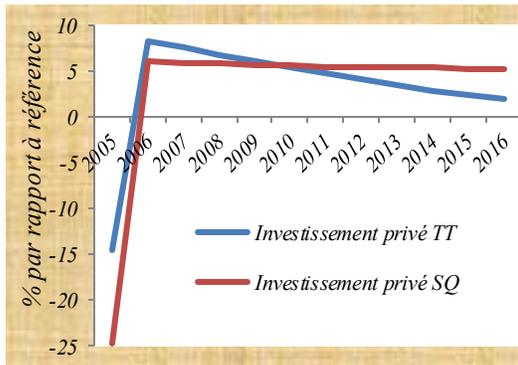


Figure 20 : Capital privé

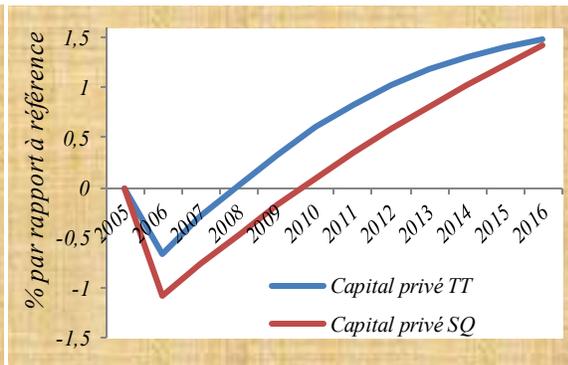


Figure 21 : Épargne étrangère

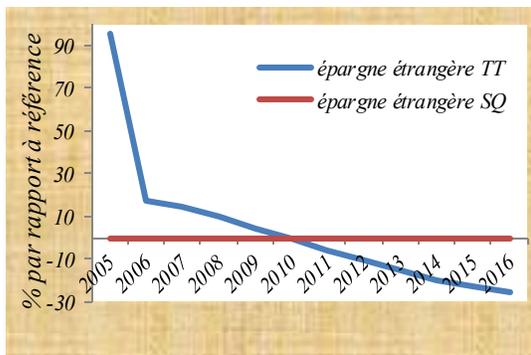
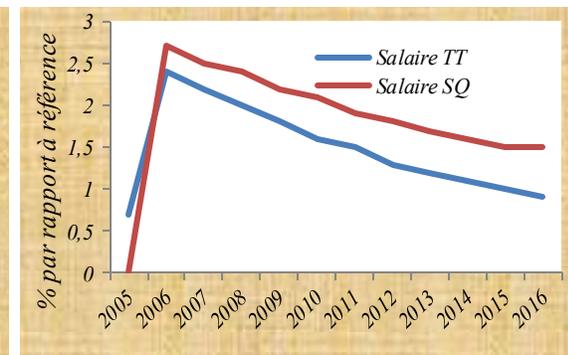


Figure 22 : Salaire



**Différence entre les variables du modèle intertemporel et séquentiel par secteur : si la différence est positive, donc le variable intertemporel est plus élevé que le variable du modèle séquentiel.**

Figure 23 : Valeur ajoutée (TT - SQ)

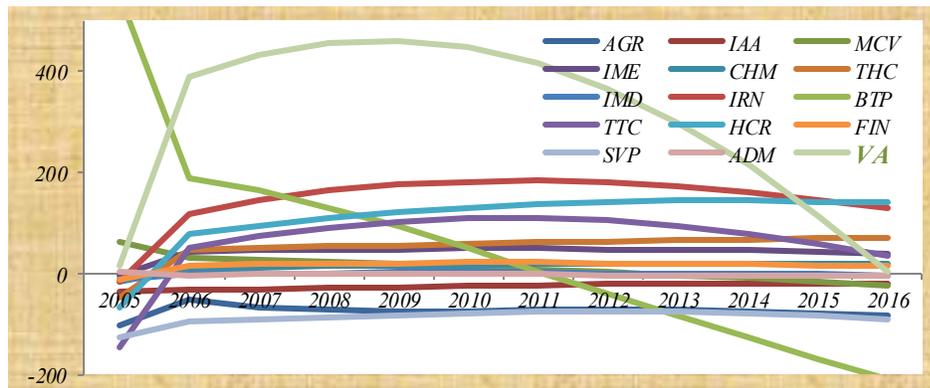


Figure 24 : Taux de rendement du capital ( $TT - SQ$ )

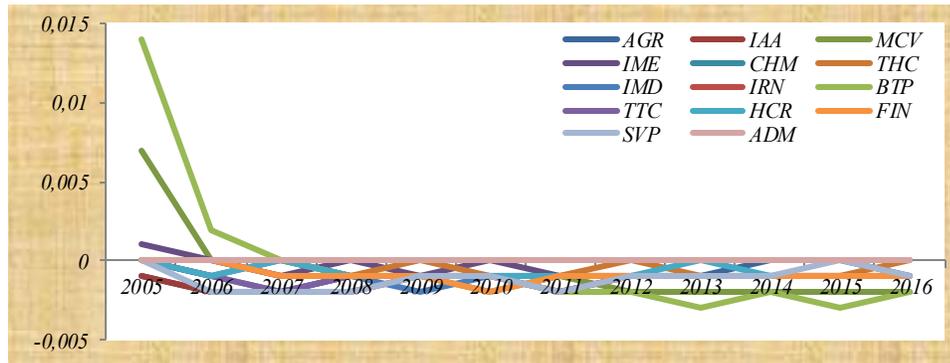
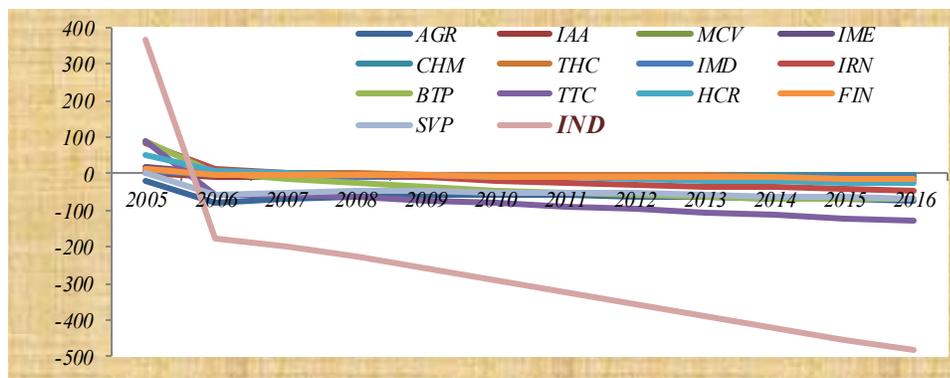


Figure 25 : Investissement par destine ( $TT - SQ$ )



## Scénario 2 : Financement par la taxe de vente

Dans cette partie l'augmentation, des investissements en infrastructures publiques, à la première année sont financés par une augmentation de la taxe de vente.

Les résultats de la simulation sur les principales variables macroéconomique montrent que les deux scénarios (crédit et taxe de vente, figures 26 à 33) sont relativement comparables, les différences principales se manifestent en l'année de choc. En effet, l'augmentation de la taxe de vente a un effet négatif sur le salaire (figure 33) et sur les taux de rendement du capital (figure 34) au cours de la première année de simulation. Contrairement au cas de financement par crédit, l'augmentation de taxe de vente a un effet négatif sur l'épargne des ménages et des firmes, on constate que l'épargne des ménages et des firmes a baissé la première année respectivement de -19,7% (-645 millions, figure 27), et -3,7% (-142 millions, figure 28), les ménages et les firmes partagent le fardeau de l'augmentation de la taxe. De plus, l'augmentation de la taxe de vente a entraîné aussi

l'augmentation des prix des biens importés, ce qui provoque une diminution des importations (-1,8%), et donc une baisse de l'épargne étrangère -202% (-448 millions, figure 30).

Au bout du compte, l'augmentation de l'épargne publique suite à l'augmentation de la recette fiscale a pu compenser la baisse de l'épargne des ménages, des firmes et du reste du monde (figure 29). L'année de choc, on a une augmentation de l'épargne globale de 6% (406 millions). L'effet d'éviction des investissements privés (-18,6%, -1268 millions) est plus important dans le scénario de financement par la taxe de vente par rapport au scénario de financement par crédit (-14,6%, -995 millions). Néanmoins, l'effet d'éviction n'est pas total, l'investissement global (privé et public) est plus élevé de 4,8% par rapport à la situation de référence.

Même si le taux de salaire et le rendement ont baissé en l'année de choc, on constate que le PIB a augmenté de 1,7%, cette augmentation est due essentiellement à la hausse de la recette fiscale de taxe indirecte, mais aussi à l'augmentation de la demande d'investissements, puisque l'effet d'éviction est partiel. Alors qu'en moyenne le PIB a augmenté de 1,51%, une augmentation légèrement plus élevée qu'au scénario de financement par crédit (1,33%).

**Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence de deux scénarios : *financement par le crédit (CR)* et *financement par la taxe de vente (TV)*.**

Figure 26 : PIB

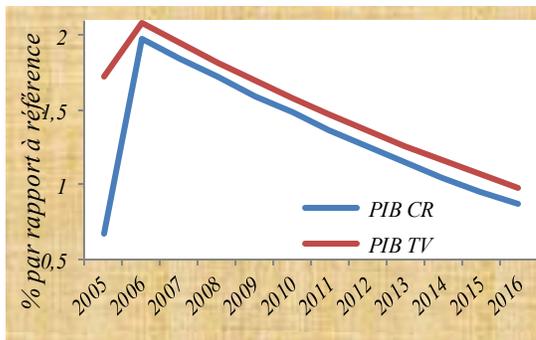


Figure 27 : Épargne des ménages

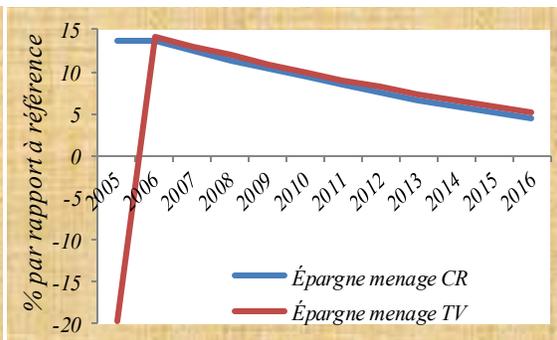


Figure 28 : Épargne des firmes

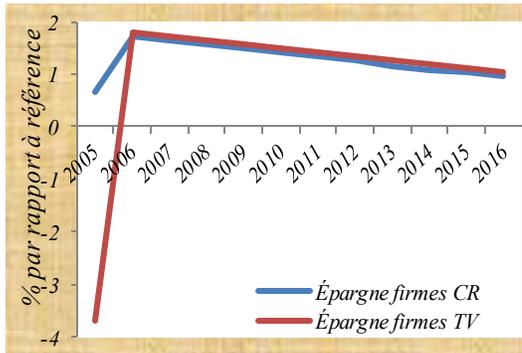


Figure 29 : Épargne publique

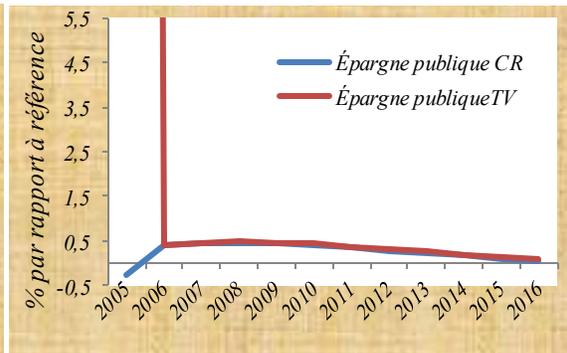


Figure 30 : Épargne étrangère

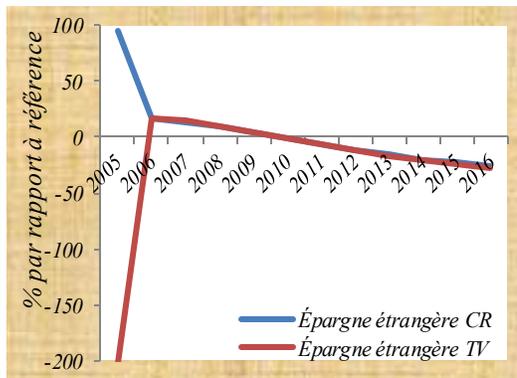


Figure 31 : Investissement privé

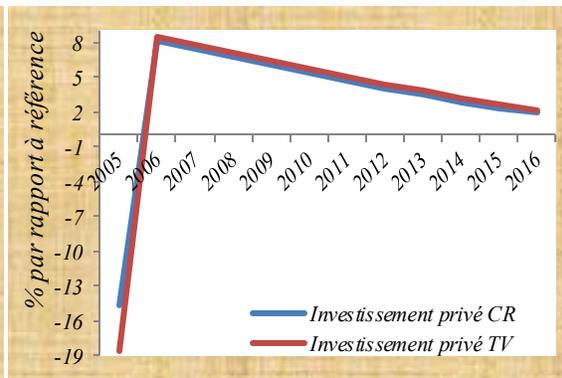


Figure 32 : Prix du capital

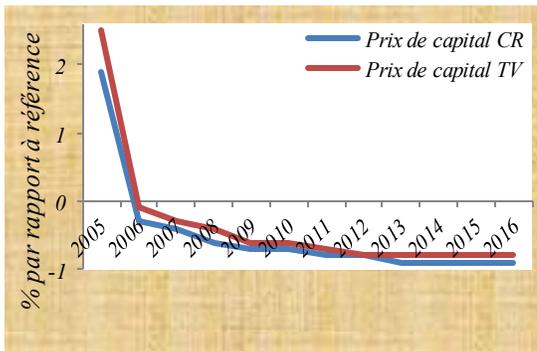
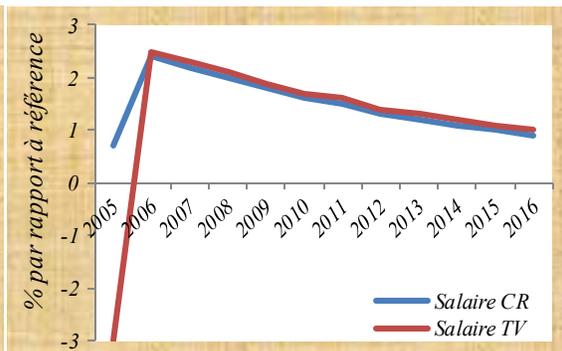


Figure 33 : Salaire



### Impacts au niveau sectoriel

L'augmentation de la taxe de vente pour financer l'augmentation des investissements en infrastructure publique a entraîné une baisse des taux de rendement du capital au cours de la première année, mais à partir de la deuxième année où l'externalité du nouveau capital public se fait sentir sur la productivité des facteurs de production, on

constate une augmentation du taux de rendement du capital dans tous les secteurs, particulièrement dans le secteur des Bâtiments et travaux publics ainsi que celui des industries des matériels de construction et de verre (figure 34).

L'éviction des investissements privés par les investissements publics à la première année va se répercuter sur l'accumulation du capital privé. A court terme on a une baisse du stock du capital privé par rapport à la situation de référence, alors qu'à long terme, le stock du capital privé finit par augmenter; En moyenne, les investissements privés ont augmenté de 3,2% par rapport à la situation de référence (figure 35).

Globalement, l'effet de l'augmentation des infrastructures publiques sur la valeur ajoutée dans les différents secteurs est positif (figure 37), à l'exception de l'année de choc où on constate une baisse de la valeur ajoutée dans la plupart des secteurs, en effet, dans le secteur des services administratifs la valeur ajoutée a augmenté suite à la baisse de taux de salaire, cela coûte moins cher d'embaucher plus des fonctionnaires (figure 36). En moyenne l'augmentation de la valeur ajoutée est plus importante dans les secteurs industriels 3,1% (particulièrement dans le secteur des Bâtiments et travaux publics (*BTP* : 4,4%), suivi du secteur des services 2,8% (l'hôtellerie et de la restauration (*HCR* : 3,6%), et enfin le secteur des produits agricoles et pêche (*AGR*) 2%. Ce résultat est semblable au résultat de la simulation où le financement se fait par crédit.

Les prix implicites du capital ont augmenté au cours des premières années, mais ils commencent graduellement à baisser au fur et à mesure qu'on avance dans le temps. En l'année de choc, l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le secteur des Bâtiments et travaux publics, le secteur des industries des matériels de construction et verre et le secteur des industries des ressources naturelles (*IRN*), augmentent respectivement de 2%, 1,65% et 1,38% (figure 38).

**Résultats sectoriel : variation en pourcentage par rapport à la situation de référence.**

Figure 34 : Taux de rendement de capital (TV)

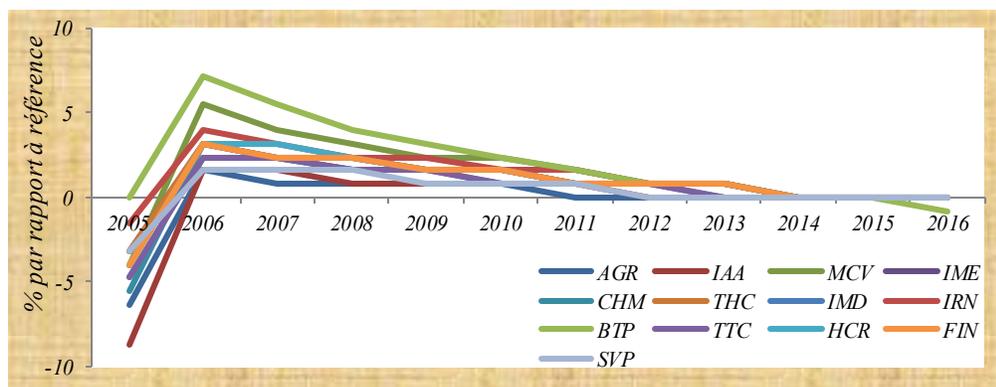


Figure 35 : Capital privé (TV)

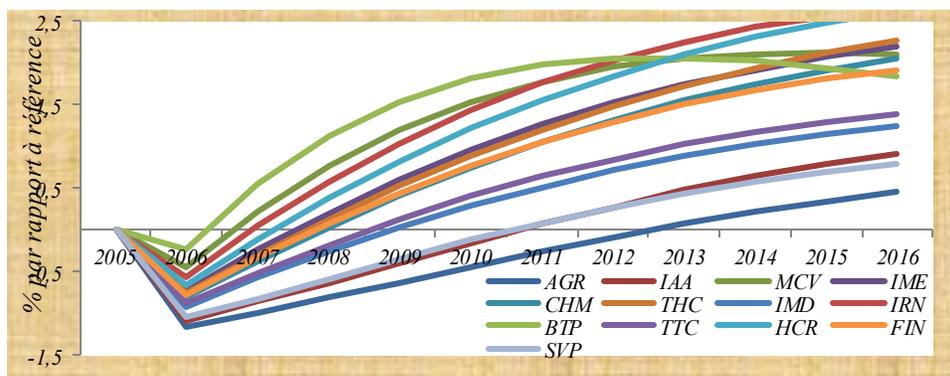


Figure 36 : Travail (TV)

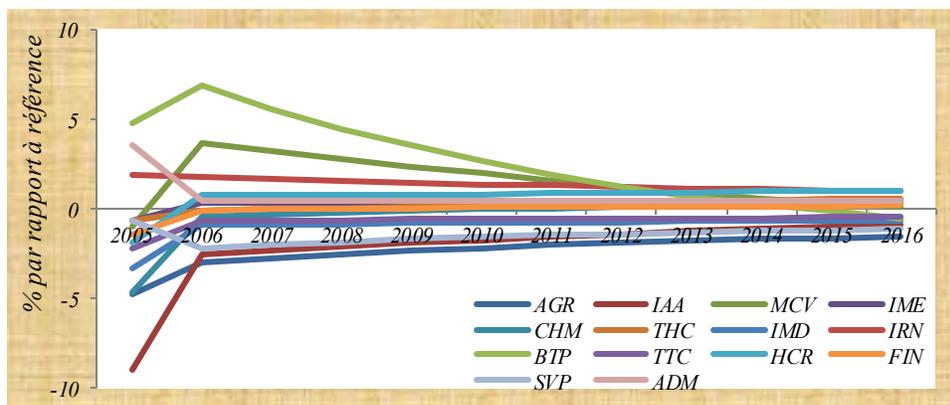


Figure 37 : Valeur ajoutée (TV)

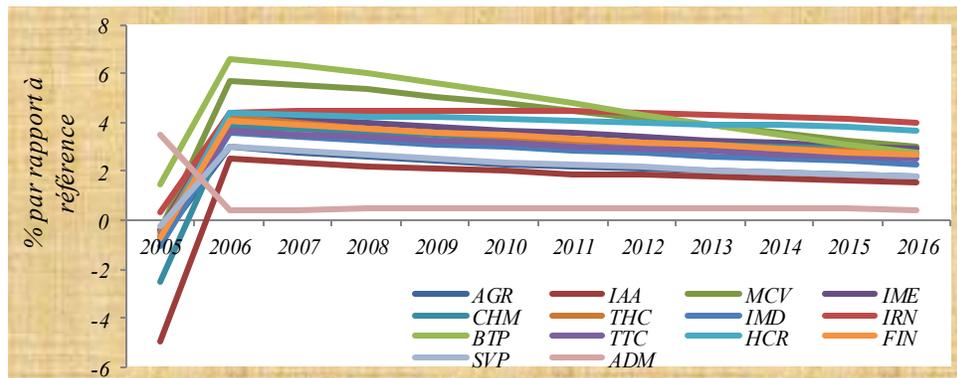


Figure 38 : Prix implicite de capital (TV)

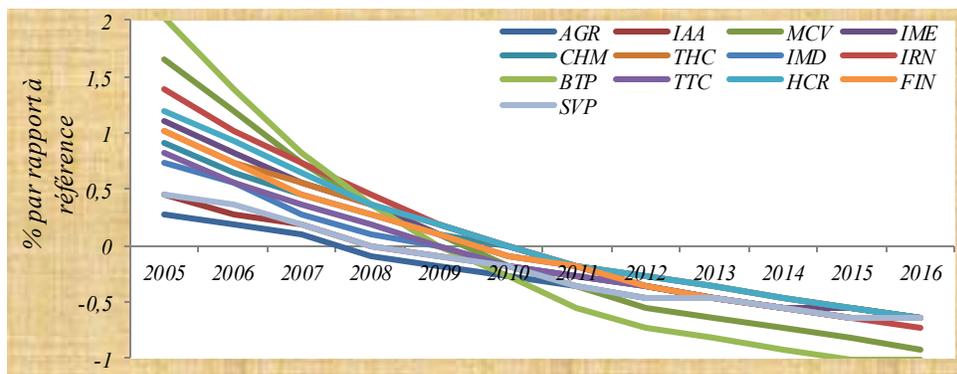
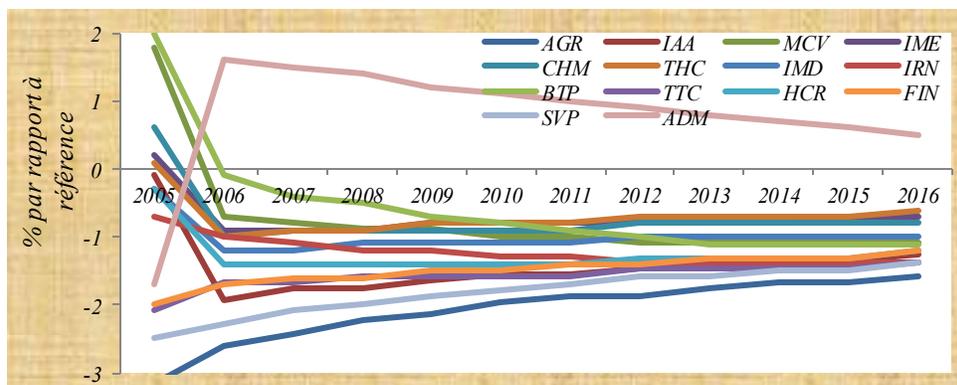


Figure 39 : Prix de production (TV)



## **Intertemporel vs Séquentiel**

Comme cela a été réalisé précédemment pour le scénario du crédit, dans cette partie on va comparer les résultats de simulation du scénario de la taxe de vente obtenus par le modèle intertemporel avec les résultats du modèle dynamique séquentiel, les résultats sont présentés dans les figures 40 à 49.

Comme on l'a déjà noté, dans le cas du modèle intertemporel la hausse de la taxe de vente, la première année, a entraîné une forte baisse du taux du salaire et des taux de rendement du capital privé (figures 47 et 48). Dans ce cas l'effet d'éviction des investissements privés est beaucoup plus important que dans le cas du modèle séquentiel (figure 41).

Étant donné qu'à l'année de choc la baisse est plus importante des investissements privés dans le modèle intertemporel, l'accumulation du stock du capital privé au cours des premières années va être moins élevé que dans le modèle séquentiel (figure 45), mais à partir de la deuxième année on constate que les investissements privés sont beaucoup plus élevés dans le modèle intertemporel (figure 44), cela est dû à l'augmentation plus élevée de l'épargne des ménages (figure 41). À long terme, ceci va permettre au stock du capital privé de rattraper et dépasser le stock du capital enregistré dans le modèle séquentiel.

Comme dans le scénario de crédit, on constate que dans le scénario de la taxe de vente, la quantité de la valeur ajoutée est plus importante dans le modèle intertemporel que dans le modèle séquentiel (figures 48), alors que, le PIB lui a augmenté moins dans le cas du modèle intertemporel (figure 40), ceci est dû notamment à la baisse du taux de salaire et des taux du rendement de capital dans le cas du modèle intertemporel.

Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence des deux modèles : *séquentiel (SQ)* et *intertemporel (TT)*, *financement par la taxe de vente*.

Figure 40 : PIB

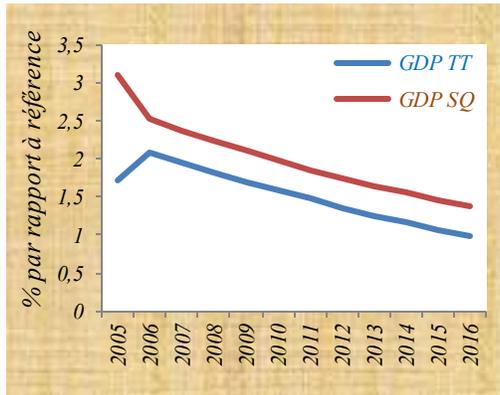


Figure 41: Épargne des ménages

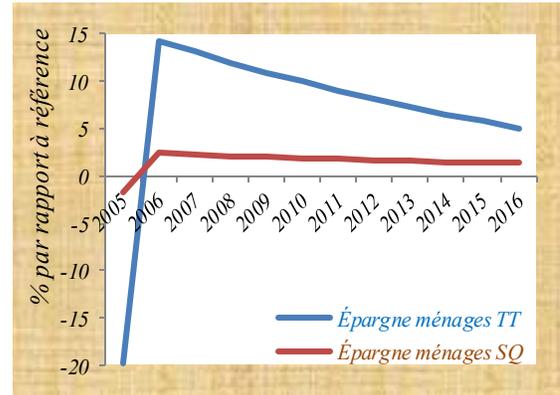


Figure 42 : Épargne des firmes

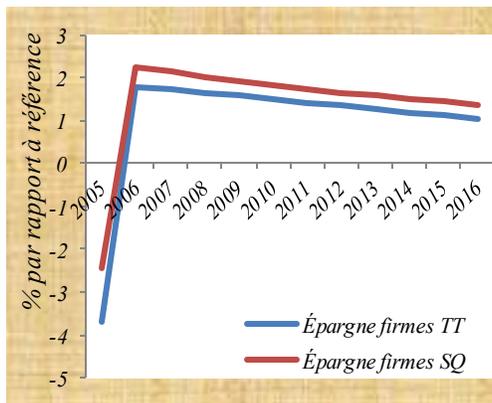


Figure 43 : Épargne publique

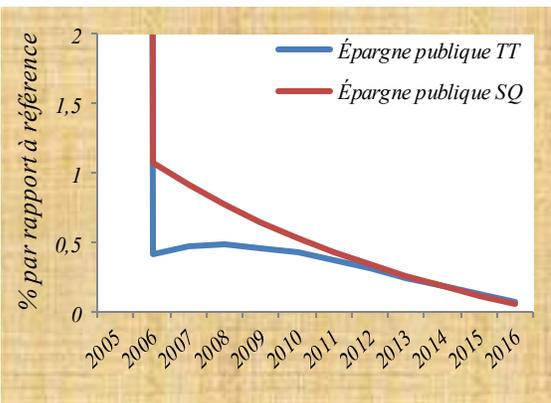


Figure 44 : Investissement privé

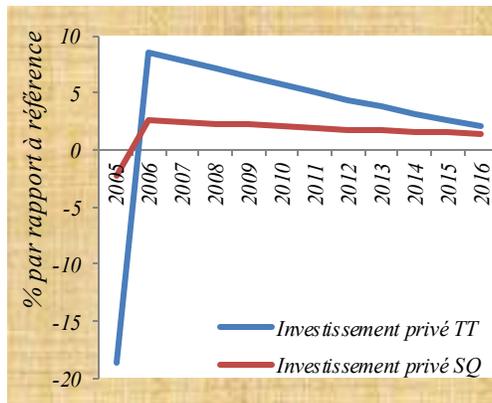


Figure 45 : Capital privé

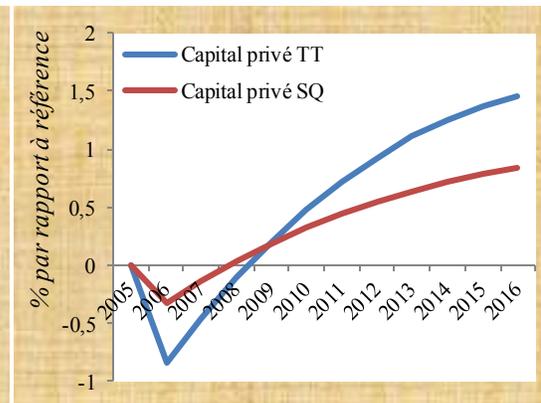


Figure 46 : Épargne étrangère

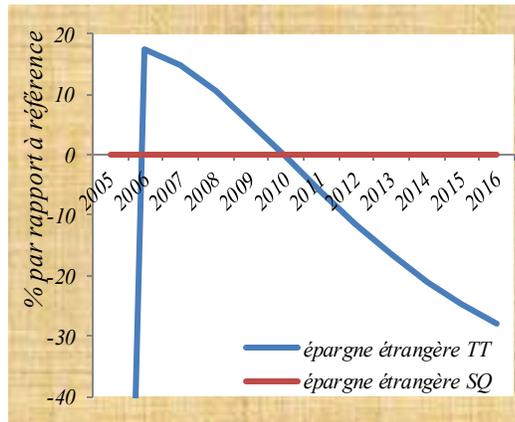
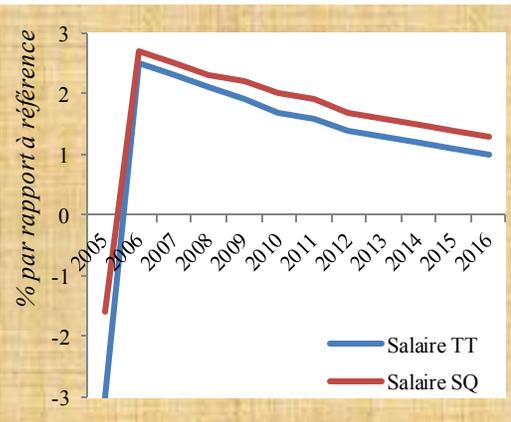


Figure 47 : Salaire



**Différence entre les variables du modèle intertemporel et séquentiel par secteur : si la différence est positive, donc le variable intertemporel est plus élevé que le variable de modèle séquentiel.**

Figure 48 : Valeur ajoutée ( $TT - SQ$ )

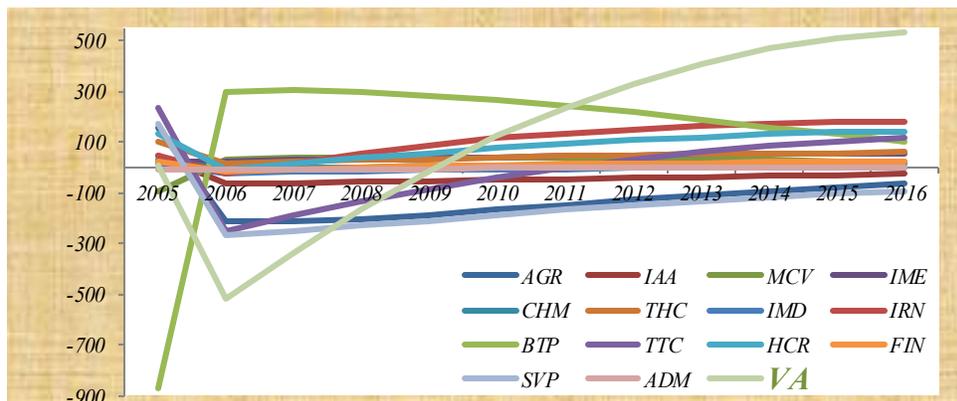
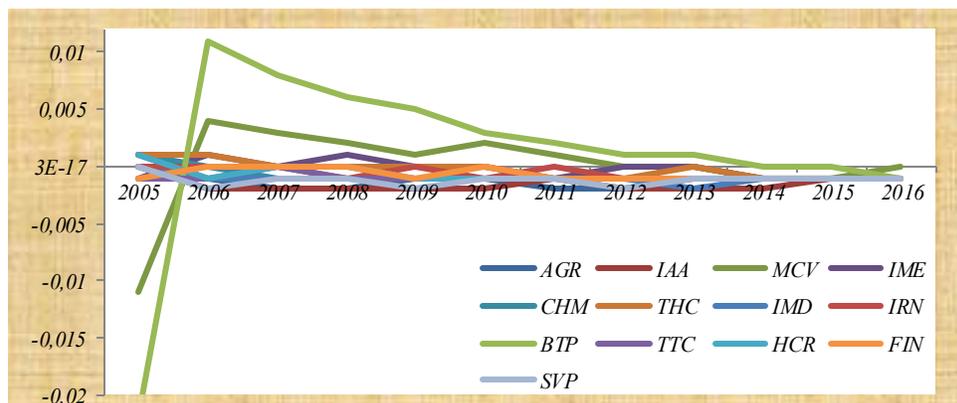


Figure 49 : Taux de rendement de capital ( $TT - SQ$ )



## Conclusion

Dans cet essai, nous avons modifié le modèle présenté dans l'essai 1; Ceci afin de prendre en compte de la dimension temporelle liée aux choix du consommateur et du producteur.

Nous avons analysé deux scénarios de financement de l'augmentation des investissements publics en infrastructures (crédit et taxe de vente). Globalement, les résultats des simulations ont montré que dans les deux scénarios envisagés pour le financement de cette augmentation des investissements produit des effets positifs sur les différents agrégats. Toutefois, la meilleure façon de financer ces infrastructures publiques (parmi les deux scénarios) est grâce au recours à l'augmentation de la taxe de vente. Ces résultats consolident les résultats obtenus dans le premier essai avec le modèle dynamique séquentiel.

Nos résultats démontrent aussi que dans les deux scénarios envisagés (crédit et taxe de vente), la quantité de la valeur ajoutée est plus élevée dans le modèle intertemporel, par contre, en valeur c'est plutôt le contraire, en effet, le PIB a augmenté moins dans le cas du modèle intertemporel que dans le cas du modèle séquentiel. Cette différence est due essentiellement à deux raisons, premièrement, le taux de rendement de capital est moins élevé, deuxièmement, le niveau de salaire est moins important dans le modèle intertemporel.

Dans les deux premiers essais, nous avons considéré les infrastructures au sens large. Néanmoins, afin de mieux comprendre l'impact de l'investissement en infrastructure sur le développement économique, il serait intéressant de comparer les résultats obtenus des différents types d'infrastructures. Donc, la détermination des investissements les plus rentables est très importante pour la politique économique. Cette extension vers un modèle intertemporel qui différencier les types d'infrastructures fera l'objet du l'essai 3.

## **Bibliographie**

- Bigsten, A., Collier P., Dercon S., et Fafchamps M. (1999), "Adjustment Costs, Irreversibility and Investment Patterns in African Manufacturing" Working Paper 99/99, International Monetary Fund.
- Devarajan, S. and Go D.S. (1998) "The Simplest Dynamic General-Equilibrium Model of an Open Economy" *Journal of Policy Modeling*, 20(6), pp. 677-714.
- Dissou, Y. (2002) "Dynamic effects in Senegal of the regional trade agreement among UEMOA countries", *Review of International Economics*, 10(1), pp. 177-99.
- Dissou, Y and S. Didic (2011) "Public Infrastructure and Economic Growth: A Dynamic General Equilibrium Analysis with heterogeneous agents".
- Go, D.S. (1994) "External shocks, adjustment policies and investment in a developing economy: Illustrations from a forward-looking CGE model of the Philippines", *Journal of Development Economics*, 44, pp. 229-61.
- Hayashi, F (1982) "Tobin's Marginal q and Average q: A Neoclassical Interpretation", *Econometrica*, 50, 213-224.
- Mercenier, J. and E. Yeldan (1997) "On Turkey's trade policy: Is a customs union with Europe enough?" *European Economic Review*, 41, pp. 871-80.
- Lucas, R. E (1967) "Adjustment Costs and the Theory of Supply" *Journal of Political Economy*, 75, pp. 321-334.

## Annexes

### Annexe 1 : optimisation des ménages

La solution du problème d'optimisation du ménage est obtenue à partir de la résolution de l'équation de Bellman suivante :

$$V(WF_t) = \max_{C_t} \{U(C_t) + \beta_m V(WF_{t+1})\} \quad (3)$$

$$\text{Avec } WF_{t+1} = WF_t(1 + r_t) + (1 - tr)YL_t + YHK_t + YHTR_t - PC_t C_t - HTR_t$$

Les conditions d'optimalité :

$$U'(C_t) + \beta_m V'(WF_{t+1}) \frac{\delta(WF_{t+1})}{\delta(C_t)} = 0 \quad (4)$$

$$U'(C_t) - \beta_m V'(WF_{t+1}) PC_t = 0 \quad (5)$$

La condition de l'enveloppe :

$$V'(WF_t) = \beta_m V'(WF_{t+1}) \frac{\delta(WF_{t+1})}{\delta(WF_t)} \quad (6)$$

$$V'(WF_t) = \beta_m V'(WF_{t+1})(1 + r_t) \quad (7)$$

D'après les équations (5) et (7), on a :

$$V'(WF_t) = \beta_m (1 + r_t) \frac{U'(C_t)}{\beta_m PC_t} \quad (8)$$

$$V'(WF_t) = \frac{(1+r_t)}{PC_t} U'(C_t) \quad (9)$$

$$V'(WF_{t+1}) = \frac{(1+r_t)}{PC_{t+1}} U'(C_{t+1}) \quad (10)$$

On peut écrire l'équation (5) :

$$U'(C_t) - \beta_m PC_t \frac{(1+r_t)}{PC_{t+1}} U'(C_{t+1}) = 0 \quad (11)$$

$$U'(C_t) = \beta_m (1 + r_t) \frac{PC_t}{PC_{t+1}} U'(C_{t+1}) \quad (12)$$

$$\frac{U'(C_t)}{U'(C_{t+1})} = \beta_m(1 + r_t) \frac{PC_t}{PC_{t+1}} \quad (12a)$$

C.Q.F.D.

## Annexe 2 : optimisation des firmes

La solution du problème d'optimisation est obtenue à partir de la résolution de l'équation de Bellman suivante :

$$V(KP_{i,t}) = \max_{ID_{i,t}, L_{i,t}} \{R_{i,t} + \beta_f V(KP_{i,t+1})\} \quad (21)$$

$$\text{Avec } KP_{i,t+1} = ID_{i,t} + (1 - \delta_i)KP_{i,t}$$

Les conditions d'optimalité :

$$\frac{\delta V}{\delta L_{i,t}} = 0 \quad \rightarrow \quad P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta L_{i,t}} - w_t = 0 \quad (22)$$

Le niveau optimal de travail correspond à l'égalité entre la productivité marginale du travail et le salaire réel.

$$\frac{\delta V}{\delta ID_{i,t}} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{\delta R_{i,t}}{\delta ID_{i,t}} + \beta_f V'(KP_{t+1}) \frac{\delta(KP_{t+1})}{\delta(ID_{i,t})} = 0 \quad (23)$$

$$-PK_t \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}}\right) + \beta_f V'(KP_{t+1}) = 0 \quad (24)$$

$$\beta_f V'(KP_{t+1}) = PK_t \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}}\right) \quad (25)$$

Le coût marginal, ou le prix implicite de remplacement de l'investissement, en présence de coûts d'ajustement.

$$q_{i,t} = \frac{\delta}{\delta ID_{i,t}} \left\{ PK_t \left( ID_{i,t} + \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t}^2}{KP_{i,t}} \right) \right\} \quad (26)$$

$$q_{i,t} = PK_t \left( 1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}} \right) \quad (27)$$

La condition de l'enveloppe :

$$V'(KP_t) = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} + PK_t \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}^2} + \beta_f V'(KP_{t+1}) \frac{\delta(KP_{t+1})}{\delta(KP_t)} \quad (28)$$

$$V'(KP_t) = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} + PK_t \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}^2} + \beta_f (1 - \delta_i) V'(KP_{t+1})$$

D'après l'équation (24);

$$V'(KP_t) = \frac{PK_{t-1} \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t-1}}{KP_{i,t-1}}\right)}{\beta_f} \quad (29)$$

L'équation (28) est :

$$\frac{PK_{t-1} \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t-1}}{KP_{i,t-1}}\right)}{\beta_f} = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} + PK_t \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}^2} + (1 - \delta_i) PK_t \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}}\right) \quad (30)$$

D'après l'équation (26) et que  $\beta_f = 1/1 + r$

$$(1 + r_t) q_{i,t-1} = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} + PK_t \frac{\gamma_i ID_{i,t}^2}{2 KP_{i,t}^2} + (1 - \delta_i) q_{i,t} \quad (31)$$

$$q_{i,t+1} (1 - \delta_i) = q_{i,t} (1 + r_t) - RK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i \left(\frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}}\right)^2}{2} \quad (32)$$

Avec  $RK_{i,t} = P_{i,t} \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}}$  est la productivité marginale du capital.

Les conditions d'optimalités intertemporel :

$$ID_{i,t} = \frac{KP_{i,t}}{\gamma_i} \left(\frac{q_{i,t}}{PK_t} - 1\right) \quad (33)$$

$$q_{i,t+1} (1 - \delta_i) = q_{i,t} (1 + r_t) - RK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i \left(\frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}}\right)^2}{2} \quad (34)$$

C.Q.F.D.

### Annexe 3 : Preuve de la dynamique de la richesse domestique

L'équation (37) :  $WD_t = WT_t - WR_t$

Multiplie l'équation (37) par  $(1+n)$  :

$$WD_{t+1}(1+n) = WT_{t+1}(1+n) - WR_{t+1}(1+n) \quad (39)$$

D'après les équations (35) et (36), l'équation (39) devient :

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+n) \sum_{i=1}^N q_{i,t+1} KP_{i,t+2} - WR_t(1+r_t) - SROW_t \quad (40)$$

D'après l'équation (17) :  $KP_{i,t+1}(1+n) = ID_{i,t} + (1-\delta_i)KP_{i,t}$

$$\text{Donc } KP_{i,t+2} = \frac{ID_{i,t+1} + (1-\delta_i)KP_{i,t+1}}{1+n} \quad (41)$$

On remplace l'équation (41) dans l'équation (40)

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+n) \sum_{i=1}^N \left[ q_{i,t+1} \frac{ID_{i,t+1} + (1-\delta_i)KP_{i,t+1}}{(1+n)} \right] - WR_t(1+r_t) - SROW_t$$

$$WD_{t+1}(1+n) = \sum_{i=1}^N [q_{i,t+1}(1-\delta_i)KP_{i,t+1} + q_{i,t+1}ID_{i,t+1}] - WR_t(1+r_t) - SROW_t$$

D'après l'équation (34) :  $q_{i,t+1}(1-\delta_i) = q_{i,t}(1+r_t) - RK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2$

$$WD_{t+1}(1+n) = \sum_{i=1}^N \left[ \left( q_{i,t}(1+r_t) - RK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2 \right) KP_{i,t+1} + \right.$$

$$\left. q_{i,t+1}ID_{i,t+1} \right] - WR_t(1+r_t) - SROW_t$$

$$WD_{t+1}(1+n) = \sum_{i=1}^N \left[ \left( q_{i,t}(1+r_t)KP_{i,t+1} - RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KD_{i,t+1}} \right) + \right.$$

$$\left. q_{i,t+1}ID_{i,t+1} \right] - WR_t(1+r_t) - SROW_t$$

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+r_t) \sum_{i=1}^N q_{i,t}KP_{i,t+1} - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} - \sum_{i=1}^N PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KD_{i,t+1}} +$$

$$\sum_{i=1}^N q_{i,t+1}ID_{i,t+1} - WR_t(1+r_t) - SROW_t$$

D'après l'équation (35) :  $WT_t = \sum_{i=1}^N q_{i,t}KD_{i,t+1}$

$$\begin{aligned}
WD_{t+1}(1+n) &= \\
(1+r_t)WT_t - WR_t(1+r_t) - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} - \sum_{i=1}^N PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KD_{i,t+1}} + \\
\sum_{i=1}^N q_{i,t+1}ID_{i,t+1} - SROW_t & \quad (42)
\end{aligned}$$

D'après l'équation (26)  $q_{i,t+1} = PK_{t+1} \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}}\right)$  et l'équation (37) :

$$\begin{aligned}
WD_{t+1}(1+n) &= (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} - \sum_{i=1}^N PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KD_{i,t+1}} + \\
\sum_{i=1}^N PK_{t+1} \left(1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}}\right) ID_{i,t+1} - SROW_t & \quad (43)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
WD_{t+1}(1+n) &= (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} - \sum_{i=1}^N PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KD_{i,t+1}} + \\
\sum_{i=1}^N PK_{t+1} \left(ID_{i,t+1} + \gamma_i \frac{ID_{i,t+1}^2}{KP_{i,t+1}}\right) - SROW_t &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
WD_{t+1}(1+n) &= (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} + \sum_{i=1}^N PK_{t+1} \left(ID_{i,t+1} + \right. \\
\left. \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t+1}^2}{KP_{i,t+1}}\right) - SROW_t & \quad (44)
\end{aligned}$$

D'après l'équation (19) :  $IDS_{i,t} = ID_{i,t} + \frac{\gamma_i}{2} \frac{ID_{i,t}^2}{K_{i,t}}$

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} + \sum_{i=1}^N PK_{t+1}IDS_{i,t+1} - SROW_t$$

$$WD_{t+1}(1+n) = (1+r_t)WD_t - \sum_{i=1}^N RK_{i,t+1}KP_{i,t+1} + GFCF_{t+1} - SROW_t \quad (29)$$

C.Q.F.D.

## **Chapitre 3**

### **Effets des différents types d'infrastructure publique : une analyse en équilibre général intertemporel**

#### **Résumé**

Contrairement aux deux autres essais où nous considérons les infrastructures au sens large, nous proposons dans cet essai de désagréger les infrastructures publiques. Nous considérons trois types d'infrastructures, deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles, et les infrastructures des transports et des communications) le troisième type est les infrastructures sociales. Nos résultats démontrent que dans les deux scénarios de financement de l'augmentation des investissements publics en infrastructures (crédit et taxe de vente), l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le cas des infrastructures des transports et des communications. Pour l'économie tunisienne, il serait plus rentable de consacrer la plus grande partie des investissements publics pour les réseaux des transports et des télécommunications.

**Mots clés : type d'infrastructure, CGE, intertemporel, Tunisie.**

## Introduction

L'infrastructure publique constitue un intrant essentiel à la production du secteur privé. Il se compose principalement des routes, électricités, télécommunications, ponts, réseaux d'assainissement et installations de traitement des eaux. L'infrastructure publique permet de concentrer les ressources économiques, créer des marchés de produits et d'emploi plus larges et plus actifs; A titre d'exemple, les investissements réalisés dans l'infrastructure des transports peuvent accroître la capacité de production d'une région, en accroissant les ressources et en améliorant la productivité. Outre son utilité pour la croissance économique, l'existence d'une bonne infrastructure publique est aussi à la base d'une meilleure qualité de vie. Un meilleur réseau routier réduit les accidents et améliore de ce fait la sécurité du public. Les réseaux d'alimentation en eau réduit le risque de maladie. La gestion des déchets améliore la santé. L'infrastructure est donc importante, non seulement en raison des avantages économiques qu'elle procure, mais aussi grâce à ses conséquences sur la santé, la sécurité, et les loisirs (Baldwin et Dixon, 2007).

Contrairement aux deux autres essais où nous considérons les infrastructures au sens large, nous proposons dans cet essai de désagréger les infrastructures publiques, afin de mieux comprendre l'impact de l'investissement en infrastructure sur le développement économique, il serait nécessaire de différencier les infrastructures. Il est certain que les effets des réseaux routiers sur la productivité et la croissance économique sont potentiellement très différents des autres types d'infrastructure. Étant donné l'importance des investissements publics, Il serait intéressant de comparer les effets obtenus des différents types d'infrastructures; En effet, la détermination des investissements les plus rentables est très important pour la politique économique, les dépenses d'investissement dans l'infrastructure est l'une de principales activités des gouvernements, tous les gouvernements qu'ils soient riches ou pauvres, doivent répartir des ressources limitées entre différentes catégories d'infrastructure tout en s'assurant qu'elles disposent de recettes suffisantes pour couvrir leurs dépenses courantes.

Les économistes distinguent deux types d'infrastructures publiques, les infrastructures économiques et les infrastructures sociales. Les infrastructures économiques sont définies comme étant les infrastructures qui favorisent l'activité économique, tels que

les réseaux routiers, l'électricité, les télécommunications, l'irrigation, le chemin de fer, les ports, les aéroports. Les infrastructures sociales sont définies comme étant les infrastructures qui ont un impact direct et indirect sur le bien-être de la population, ces infrastructures favorisent essentiellement la santé et l'éducation de la population, tels que, les écoles, les hôpitaux, les bibliothèques, les terrains de jeux.

Dans cet essai nous considérons trois types d'infrastructures, deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles, et les infrastructures des transports et des communications), le troisième type est les infrastructures sociales. Le choix est dicté par : d'abord, l'importance du secteur des services dans l'économie tunisienne. Ensuite, l'allègement de la pauvreté dont la majorité constitue des habitants des régions rurales où l'agriculture est la principale activité économique dans ces régions. Finalement, un pays comme la Tunisie où les ressources naturelles sont assez limitées, le capital humain a un plus grand rôle à jouer dans le processus de croissance économique.

Nous construisons un modèle d'équilibre général qui prenne en compte d'une part les préférences intertemporelles des consommateurs et aussi celle des producteurs, d'autre part, les différents types d'infrastructures qui ont été mentionnés précédemment. Les consommateurs maximisent la valeur actualisée de l'utilité selon une contrainte budgétaire intertemporelle avec anticipation parfaite; Le consommateur connaît tous ses besoins futurs, toutes ses ressources, ainsi que les prix actualisés de tous les biens. La consommation des ménages est une fonction de leur revenu permanent. De leurs côtés, les producteurs maximisent le profit actualisé, les firmes, elles tiennent compte dans leurs choix d'investissement, des variations futures du salaire, et l'investissement dépend des profits anticipés et des prix de la production.

Les études empiriques portant sur le lien entre les différents types d'investissements réalisés dans l'infrastructure publique, et la croissance économique sont assez nombreuses, Ces travaux de recherches sont fondés sur des modèles macro-économétriques. Toutefois, à notre connaissance, aucune étude n'a traité ce sujet dans le cadre dynamique intertemporel; Une revue des travaux qui différencie l'infrastructure publique est présentée en détail dans la section qui suivra.

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'analyser le rôle de chaque type d'infrastructure publique dans le processus d'accumulation et de croissance économique. Nous chercherons, également, à déterminer quel type d'infrastructure est le plus rentable dans l'économie tunisienne ?

Afin de tenter de répondre à ces questions, nous utiliserons dans ce troisième essai le modèle d'équilibre général calculable dynamique intertemporel qui a été développé dans le deuxième essai. La modification apportée consiste à désagréger l'infrastructure publique en infrastructure agricole, infrastructure de transport et communication, et infrastructure sociale. La première section présente d'abord une revue de la littérature des différents types d'infrastructures. La seconde section présente la structure de modèle. La troisième, sera consacrée à la présentation et l'interprétation des résultats de simulations. Une quatrième et dernière partie, sera réservée aux commentaires et conclusions.

### **1- Revue de la Littérature**

La littérature de l'économie du développement a souligné l'importance de l'infrastructure sur la croissance économique et la productivité. Les infrastructures jouent un rôle central dans les activités des ménages et des entreprises. Plusieurs études ont montré que les infrastructures publiques, tels que les réseaux d'électricité, les réseaux routiers, les télécommunications, etc., ont un impact positif sur la croissance économique et la productivité. Ces différents types d'infrastructure sont utilisés dans le processus de production de, pratiquement, tous les secteurs économiques; Calderón et Servén (2003) montrent que les trois types d'infrastructure (télécommunication, transport et les réseaux d'électricité) contribuent à l'augmentation de la production en Amérique latine.

La revue de littérature qui suit est structurée de la façon suivante. Une première partie revoit la littérature vouée à l'impact des infrastructures agricoles sur la productivité et la croissance. En seconde partie, la revue s'oriente vers les infrastructures des transports et des communications. Finalement, la revue se concentre plutôt sur les infrastructures sociales.

## **1-1- Les infrastructures agricoles**

Dans les pays en développement le secteur agricole est très important pour la croissance économique, et la réduction de la pauvreté, en ce sens, l'amélioration de la productivité dans le secteur agricole est un élément essentiel dans le développement des régions rurales. Mais, pour améliorer la productivité agricole il faut se doter avant tout des infrastructures agricoles, tels que, des routes rurales, de système d'irrigation, etc.

Les routes rurales peuvent contribuer à alléger la pauvreté, ces routes ont des impacts sur l'activité économique des ménages à travers essentiellement trois mécanismes: d'abord, la baisse de coût du transport non seulement des inputs mais aussi des outputs, ensuite, l'accessibilité à différents marchés, notamment au marché du travail. Enfin, l'accès à la santé, l'éducation, et l'information.

Khandker et al. (2009) montrent que l'amélioration des routes rurales dans différents villages du Bangladesh permet, d'une part, d'augmenter la scolarisation de 20% des garçons et de 14% des filles, d'autre part une baisse de la pauvreté entre 5% et 6%. De leur côté, Mu et van de Walle (2007) ont montré que l'amélioration des routes rurales au Vietnam permet d'augmenter l'opportunité d'avoir un emploi de 11% dans le cas des travailleurs non qualifiés. Dans une étude sur la Chine, Fan, Zhang L. et Zhang X. (2002) examinent les effets des différentes dépenses du gouvernement chinois sur la croissance et la pauvreté, ils constatent que parmi les différents projets d'infrastructure du gouvernement, ce sont les routes rurales qui ont le plus grand impact sur la pauvreté, en effet, pour chaque 10.000 yuan investi dans les routes rurales il y aura 3,2 personnes qui sortent de la pauvreté.

Dans leur modèle d'équilibre général sur la Zambie, Lofgren, Thurlow et Robinson (2004) simulent une augmentation de 10%, d'une part, de route agricole (bénéfique à la production agricole), d'autre part, de route pavé (bénéfique plutôt aux autres secteurs). Ces investissements sont financés par une réduction des coûts dans d'autre secteur. Le résultat montre que dans les deux cas il y a une augmentation de la croissance et une baisse de la pauvreté, mais la croissance est légèrement plus élevée avec les routes pavées 4,3%, et les routes secondaires 4,2% (scénario de base : augmentation annuelle de 4,1%); Alors que, la

réduction de la pauvreté est plus importante dans le cas des routes agricoles 45,4%, et les routes pavées 46,6% (scénario de base : le taux de pauvreté est 49%).

Les routes rurales sont utilisées pour le transport des personnes mais également pour le transport des produits agricoles des zones de production vers les zones de commercialisation. Des infrastructures routières en quantité et en qualité suffisantes sont nécessaires pour promouvoir le secteur agricole. Gollin et Rogerson (2010) suggèrent que la diminution des coûts de transport serait primordiale pour l'amélioration de la productivité agricole en Ouganda.

Plusieurs études ont examiné les effets de l'amélioration de la qualité des terres à travers l'irrigation sur la réduction de la pauvreté. Balisacan et Pernia's (2002) ont montré que en Indonésie une augmentation de 1% de la superficie totale des terres agricoles irriguées permet d'augmenter entre 0,23 à 0,31% le revenu moyenne de la population pauvre. Ce résultat a été confirmé par l'étude de Bhattarai et Narayanamoorthy (2003), en effet, les auteurs estiment que dans quatorze États en Inde une augmentation de 1% de la superficie totale des terres agricoles irriguées permet de baisser la pauvreté de 0,37%. De plus, Bhattarai et Narayanamoorthy (2003) constatent que dans les régions rurales une augmentation de 1% de surface irriguées entraîne une augmentation de 0,21% de la consommation moyenne mensuelle.

## **1-2- Les infrastructures des transports et des communications**

L'impact de l'approvisionnement d'infrastructure de transport et de communication est un autre sujet qui a attiré énormément d'attention dans la littérature. Les infrastructures de transport sont celles ayant le plus grand potentiel de stimulation de l'économie à long terme, Gagné et Harrman (2011).

Il ne fait guère de doute de l'existence d'un lien étroit entre les investissements réalisés dans l'infrastructure de transport et la productivité économique : l'infrastructure de transport est un intrant dans le processus de production de tous les biens, elle permet d'élargir le territoire sur lequel les produits peuvent être commercialisés, par exemple, une bonne route permet de gagner du temps pour le transport des marchandises, ceci va permettre aux entreprises de produire à moindre coût, de bénéficier d'un gain sur les heures

travaillées et encore sur les équipements utilisés. L'infrastructure des transports a rendu le processus de production et de distribution plus efficace, citons, l'accessibilité à différents marchés (marché des biens et services, marché de travail); Autant de facteurs font que les investissements en infrastructures de transport peuvent entraîner des gains de productivité importants, Fernald (1999), Yeaple, et Golub (2007).

Khanam (1999) a étudié les effets des réseaux routiers sur l'industrie manufacturière canadienne entre 1961 et 1994, il a estimé une fonction Cobb-Douglas, Khanam (1999) a trouvé une élasticité de la productivité de l'ordre de 0,47. De son côté, Fernald (1999) a montré (avec des données de 29 secteurs industriels américains entre 1953 et 1989) que la baisse de la productivité enregistrée aux États-Unis après 1973 (période où il y a eu une baisse des investissements en infrastructure aux États-Unis) est plus importante dans les industries à forte intensité de véhicules. De plus, il a constaté que ces industries bénéficiaient d'une manière disproportionnée d'investissements dans les réseaux routiers.

La défaillance des infrastructures dans les pays en développements contribue largement à la faiblesse de la productivité des facteurs : les pannes d'électricité à répétition, les déficiences des systèmes de télécommunications, l'absence des routes en quantité et en qualité sont autant des obstacles à l'investissement, à la croissance et à la réduction de la pauvreté dans ces pays, Banque Mondiale (2002).

Dans leurs études dans 12 pays développées et en développement, Yeaple, et Golub (2007) ont estimé les effets de trois types d'infrastructures (routes, télécommunications, et électricité) sur la productivité totale des facteurs dans 10 secteurs industriels entre 1979 et 1997, ils constatent que parmi les trois types d'infrastructures, les routes ont le plus grand effet sur la productivité dans les différentes industries, en effet, une augmentation des réseaux routiers est associée à une augmentation statistiquement significative de la productivité totale des facteurs des 9 parmi les 10 industries, alors que, les réseaux des télécommunications et de l'électricité sont associées à une augmentation statistiquement significative seulement dans deux secteurs industriels.

Les investissements dans les télécommunications sont longtemps reconnus pour leur rôle dans le processus de développement économique. Les investissements en télécommunication ont des effets significatifs sur la croissance à travers essentiellement deux canaux. D'une part, un effet direct sur l'augmentation de la production et de la productivité dans le secteur lui-même, d'autre part, l'investissement en télécommunication augmente aussi le taux de croissance à travers l'effet d'entraînement sur les autres secteurs de l'économie, Savage Schlottman et Wimmer (2006).

Roller et Waverman (2001) ont constaté que l'impact de l'infrastructure de télécommunications sur la croissance économique dans 21 pays de l'OCDE entre 1970 et 1990 n'est pas linéaire, ce résultat a été confirmé par Shiu, Pun-Lee Lam (2008). Une caractéristique qui différencie l'infrastructure des télécommunications est que, plus on l'utilise plus le gain est important. De plus, Roller et Waverman (2001) ont montré qu'une augmentation de 10% du taux d'utilisateurs de la technologie permet d'augmenter le taux de croissance économique de 1,5%.

En ce qui concerne les pays en développement, les études montrent que les investissements en télécommunication ont également un impact positif sur la croissance. Chakraborty et Nandi (2011) ont étudié l'effet des infrastructures de télécommunication avec un panel de 93 pays en développement, entre 1985 et 2007, ils constatent que l'effet de ces infrastructures sur la croissance varie selon le niveau de développement des pays, les auteurs distinguent trois groupes de pays : moins développés, émergents, et plus développés. Chakraborty et Nandi (2011) ont trouvé que les pays moins développés et les pays émergents bénéficient le plus des investissements en infrastructures de télécommunications. Dans une étude sur les pays de l'Amérique latine (Guatemala, Honduras, Nicaragua), Escribano et Guasch (2005) ont montré que les firmes dont les travailleurs ont un accès à l'internet sont 11% à 15 % plus productifs que les travailleurs des firmes qui ne disposent pas de cette technologie.

### **1-3- Les infrastructures sociales**

Les infrastructures sociales tels que l'éducation, la santé, l'assainissement de l'eau sont aussi des composantes très importantes dans le processus de croissance économique,

Barro (1991). Les dépenses publiques dans les infrastructures sociales peuvent améliorer la santé, la qualification de travail, le taux d'alphabétisation, autant de facteurs qui peuvent améliorer sensiblement la productivité et la croissance économique dans un pays, Straub, Vellutin et Warlters (2008).

Selon Hall et Jones (1999), la différence de la production per capita à l'échelle internationale est due, entre autre, au niveau des infrastructures sociales dans chaque pays. Ce résultat a été confirmé par De et Ghosh (2004). Les infrastructures sociales ont contribué à l'accroissement des disparités régionales du revenu, de plus, De et Ghosh (2004), eux constatent que les infrastructures sociales sont nécessaires pour une meilleure utilisation des autres types d'infrastructures.

De son côté, Wagstaff (2002) estime qu'entre 1965 et 1990, 1,7% du taux de croissance économique annuel dans les pays de l'Asie de l'Est est attribué à l'amélioration dans les services de la santé publique et dans l'éducation. Dash et Sahoo (2010) concluent que telles les infrastructures économiques, les infrastructures sociales jouent un rôle très important pour maintenir un taux de croissance économique élevé en Inde, les auteurs montrent qu'entre 1970 et 2006, l'élasticité de production des infrastructures varie entre 0,14 et 0,24.

## **2- Structure du modèle**

Le modèle utilisé dans ce chapitre est le modèle d'équilibre général calculable dynamique intertemporel qui a été développé dans le deuxième essai. La modification apportée consiste à désagrégier l'infrastructure publique, contrairement aux deux autres essais où nous considérons les infrastructures au sens large. Dans cet essai, nous considérons trois types d'infrastructures : deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles, et les infrastructures des transports et des communications) et un troisième type qui est les infrastructures sociales.

Comme dans les deux autres essais, le modèle est appliqué à l'économie tunisienne, une économie ouverte, preneur des prix sur les marchés mondiaux des biens et services. Le modèle comporte quatre types d'agents : ménages, entreprises, gouvernement et reste du monde. Dans ce modèle la réaction des ménages et des entreprises aux changements des

prix sont le résultat d'optimisation intertemporelle avec anticipation parfaite, comme il a été déjà mentionné en détails dans l'essai 2, l'investissement et l'épargne sont le résultat du problème d'optimisation dynamique basé sur les prix future anticipés. Alors que, les comportements du gouvernement et du reste du monde dans l'économie sont semblables au modèle dynamique séquentiel.

## **2-1- Structure de base**

### **2-1-1- La consommation des ménages**

Les ménages lissent leur consommation dans le temps de manière à maximiser leur utilité sur leur horizon de vie sous une contrainte budgétaire intertemporelle.

Étant donné la forme fonctionnelle de l'utilité des ménages  $U(C_t) = \text{Log } C_t$ , la dynamique de la consommation est déterminée par l'équation de l'Euler :

$$C_{t+1} = C_t \frac{(1+r_t)PC_t}{(1+\rho)PC_{t+1}} \quad (1)$$

Où,  $C_t$  et  $PC_t$  représentent respectivement le volume et le prix du bien agrégé à la consommation, le paramètre  $\rho$  représente le taux de préférence pour le présent, et  $r_t$  est le taux d'intérêt.

Le choix de la consommation des ménages entre consommer aujourd'hui plutôt que de consommer la période suivante dépend du taux d'intérêt réel et du taux de préférence pour le présent.

### **2-1-2- L'investissement des firmes**

La firme choisit le sentier d'investissement qui maximise la valeur actualisée de son revenu net sous la contrainte de l'accumulation du capital, (Devarajan et Go, 1998).

La production dans chaque secteur est déterminée par une fonction de production à élasticité de substitution constante (CES) qui dépend du capital privé ( $KP$ ), du travail ( $L$ ) et du stock de trois types d'infrastructures publiques.

$$Y_{i,t} = B_{i,t} [\beta_i L_{i,t}^{-\rho_i} + (1 - \beta_i) K P_{i,t}^{-\rho_i}]^{-1/\rho_i} \quad (2)$$

Avec  $\beta_i$  est un paramètre de distribution du revenu entre le capital et le travail, et  $\rho_i$  est un paramètre d'élasticité de substitution.

La production dans le secteur privé dépend de chaque type des infrastructures qui sont fournies par le gouvernement, sous l'hypothèse des rendements constants des facteurs de production du secteur privé (capital privé et travail) mais avec la possibilité de rendements croissants par la présence des infrastructures publiques. En effet, la productivité totale des facteurs  $B_{i,t}$  est définie par :

$$B_{i,t} = A_{i,t} \left[ \left( \frac{KGA_t}{(KPA_t)^\zeta} \right)^{\sigma_{a,i}/0,5} + \left( \frac{KGTC_t}{(\sum_i^N KP_{i,t})^\zeta} \right)^{\sigma_{tc,i}/0,5} + \left( \frac{KGS_t}{(\sum_i^N KP_{i,t})^\zeta} \right)^{\sigma_{s,i}/0,5} \right]^{0,5} \quad (3)$$

Avec  $A_{i,t}$  : le progrès technique exogène non causé par le capital public,  $KGA_t$  : les infrastructures agricoles,  $KGTC_t$  : les infrastructures des transports et des communications,  $KGS_t$  les infrastructures sociales  $\sigma_{a,i}$  : l'élasticité d'externalité des infrastructures agricoles dans le secteur  $i$ ,  $\sigma_{tc,i}$  : l'élasticité d'externalité des transports et des communications dans le secteur  $i$ ,  $\sigma_{s,i}$  : l'élasticité d'externalité des infrastructures sociales dans le secteur  $i$  et  $\zeta$  paramètre de congestion. Les infrastructures ne sont pas forcément des biens publics purs, puisque ces biens sont soumis à la congestion avec l'utilisation, ce sont plutôt des biens publics mixtes. Dans notre modèle, les infrastructures des transports et des communications, et les infrastructures sociales sont déflatées par la totalité du stock du capital privé ( $\sum_i^N KP_{i,t}$ ). Alors que, les infrastructures agricoles sont déflatées seulement par le stock du capital privé dans le secteur agricole ( $KPA_t$ ).

Suite à la résolution du problème d'optimisation de firme nous obtenons les conditions d'optimalités intertemporelle :

$$q_{i,t} = PK_t \left( 1 + \gamma_i \frac{ID_{i,t}}{KP_{i,t}} \right) \quad (4)$$

$$q_{i,t+1}(1 - \delta_i) = q_{i,t}(1 + r_t) - P_{i,t+1} PmK_{i,t+1} - PK_{t+1} \frac{\gamma_i}{2} \left( \frac{ID_{i,t+1}}{KP_{i,t+1}} \right)^2 \quad (5)$$

Avec  $PmK_{i,t} = \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta KP_{i,t}} = (1 - \beta) B^{-\rho_i} \left( \frac{X_{i,t}}{KP_{i,t}} \right)^{1+\rho_i}$  est la productivité marginale du capital.

### 3 - Simulations et résultats

Comme déjà mentionné plus haut, dans les deux autres essais nous considérons les infrastructures au sens large, alors que, dans cet essai nous distinguons trois types d'infrastructures, deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles (*IA*), et les infrastructures des transports et des communications (*ITC*)) et un troisième type qui est les infrastructures sociales (*IS*).

Afin de déterminer le rôle de chaque type des infrastructures publiques dans le processus de croissance économique, et de définir le type des infrastructures les plus rentables dans l'économie tunisienne, nous proposons d'augmenter séparément et de même montant les investissements dans chaque type d'infrastructures, le choc a lieu uniquement la première année, le montant de l'augmentation est égal à la moitié du montant des investissements publics en infrastructures de l'année de base, ceci est équivalent donc à la moitié de l'augmentation des investissements en infrastructure envisagés dans les deux premiers essais.

#### *Paramètre d'externalité des différents types d'infrastructures*

Dans notre étude la distinction des différents types d'infrastructures, va faire en sorte que l'externalité du capital public soit spécifique pour chaque secteur. Toutefois, les valeurs des paramètres d'externalité par type d'infrastructure sont inexistantes dans la littérature. De la sorte, pour déterminer les valeurs des paramètres à l'image d'Estache, Perrault, et Savard (2007) on va imposer des règles.

On part du principe que si la productivité dans un secteur  $i$  est fortement liée au type d'infrastructure  $j$ , le paramètre d'externalité est plus élevé que celui dans le cas de deux premiers essais, où l'élasticité d'externalité du capital public est déterminée selon Adam et Bevan (2006); Les auteurs supposent une élasticité des infrastructures dans les pays en développement égale à 0,5. Alors que, si la productivité dans un secteur  $i$  est faiblement liée au type d'infrastructure  $j$ , le paramètre d'externalité est moins élevé que 0,5. Finalement, si la productivité dans un secteur  $i$  est moyennement liée au type d'infrastructure  $j$ , le paramètre d'externalité est égal à 0,5. Les valeurs des paramètres d'externalité sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : valeur des paramètres d'externalité des infrastructures

Infrastructure \ Secteur	Agricole	Industriel	Services
Agricole	0,6	0	0
Transport & Communication	0,4	0,6	0,5
Sociale	0,4	0,5	0,6

Il est à noter que, l'infrastructure agricole n'a pas d'effet ni sur les huit secteurs industriels ni sur les quatre secteurs des services. La productivité des huit secteurs industriels est fortement liée à l'infrastructure de transport et de communication, alors que pour le secteur des services, l'externalité est plus élevée avec l'infrastructure sociale. Toutefois, si toutes les valeurs du tableau 1 sont égales à 0,5 et selon l'équation (3) on va retrouver les mêmes résultats obtenus dans le deuxième essai.

Comme dans l'essai 2, pour assurer la comparabilité des différents résultats obtenus avec les scénarios envisagés, nous fixons, pour chacun d'entre eux, le niveau de la dette publique mais aussi de la dette extérieure de la dernière année au montant obtenu dans la simulation du scénario de référence en 2016.

Deux scénarios de simulation ont été réalisés. Dans le premier scénario, l'augmentation de l'investissement en infrastructure est financée par le crédit intérieur. Et dans le deuxième scénario, par l'augmentation de la taxe de vente.

## Scénario 1 : Financement par le crédit

Dans cette partie nous proposons d'évaluer les impacts macroéconomiques et sectoriels d'une augmentation, la première année, des investissements dans chaque type d'infrastructures publiques, et qui sont financés par le crédit. Les différents résultats des simulations des principales variables macroéconomiques sont présentés dans figures 1 à 8.

On constate que l'augmentation des investissements publics dans les différents types d'infrastructures (hausse de 838 millions dinars) a engendré la première année un effet d'éviction semblable (figure 6). En effet, les investissements privés ont baissé dans les trois simulations d'environ 7% ( $\approx$  500 millions dinars). L'effet d'éviction n'est pas total. Donc on a une augmentation des investissements globaux (privés et publique). Toutefois, à partir de la deuxième année, les investissements privés sont beaucoup plus importants dans le cas des infrastructures de transport et communication que dans les deux autres infrastructures; En effet, en moyenne et sur les douze années retenues pour l'analyse, les investissements privés ont augmenté de 6,28%, 1,91 % et de 0,46 % respectivement dans le cas des infrastructures de transports et communications, infrastructure sociale et infrastructure agricole.

Cette différenciation dans les investissements privés s'explique par une augmentation plus importante de l'épargne des ménages et des firmes dans le cas des infrastructures des transports et des communications (figures 2 et 3). En effet, l'anticipation par les ménages et les firmes que l'augmentation de la productivité des facteurs de production serait plus importante dans ce dernier cas par rapport aux deux autres cas, on constate qu'en moyenne l'augmentation de l'épargne des ménages est plus élevée dans le cas des infrastructures de transport et de communication (+11,6%), suivi des infrastructures sociales (+3,75%), et finalement des infrastructures agricoles (+0,47%). C'est le même constat pour l'épargne des firmes, mais avec des pourcentages relativement moins élevés.

Globalement, l'augmentation des investissements publics dans les différents types d'infrastructures (hausse de 838 millions dinars) a eu un impact positif sur le taux de croissance de PIB dans les trois simulations (figure 1). Toutefois, l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le cas des infrastructures des transports et communications,

en effet, en moyenne le PIB a augmenté de 1,46%, 0,60 % et de 0,25 % respectivement dans le cas des infrastructures des transports et communications, infrastructure sociale et infrastructure agricole.

Cette variation de taux de croissance de PIB est due essentiellement à deux raisons. D'une part, dans le cas de l'infrastructure agricole, l'externalité ne concerne directement que la productivité dans le secteur agricole; Les autres secteurs ne vont pas tirer avantage directement de l'augmentation d'investissement dans l'infrastructure agricole. D'autre part, étant donné que les investissements privés ont augmenté plus dans le cas des infrastructures de transport et de communication et forcément, dans ce cas, une accumulation plus élevée du capital privé par rapport aux deux autres infrastructures (figure 7).

Comme on l'attendait, la valeur ajoutée dans les trois simulations est plus élevée dans les secteurs où le paramètre d'externalité est le plus élevé, dans le cas de l'augmentation des investissements en infrastructure agricole, c'est le secteur des produits agricoles et pêche (*AGR*) qui profite le plus, suivi du secteur de l'industrie agricole et alimentaire (*IAA*), figure 9. Alors que, dans le cas de l'augmentation des investissements en infrastructure de transport et communication, ce sont les secteurs industriels qui bénéficient le plus, notamment, le secteur des bâtiments et travaux publics (*BTP*), figure 10, suivi du secteur des industries des matériels de construction et verre (*MCV*). Finalement, dans le cas de l'augmentation des infrastructures sociales ce sont les secteurs de services qui profitent le plus, particulièrement, le secteur de l'hôtellerie et restauration (*HCR*), suivi du secteur des Services financiers et d'assurance (*FIN*), figure 11.

**Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence : *financement par crédit (CR)*.**

Figure 1 : PIB

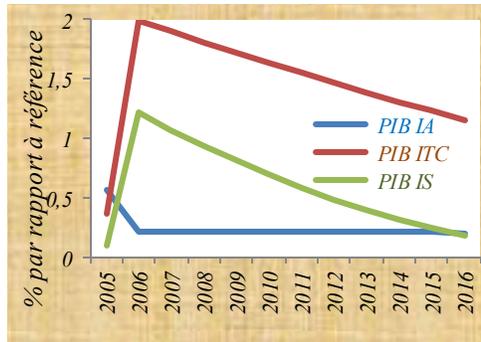


Figure 2 : Épargne des ménages

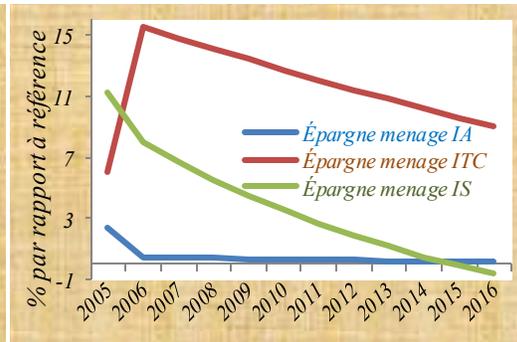


Figure 3 : Épargne des firmes

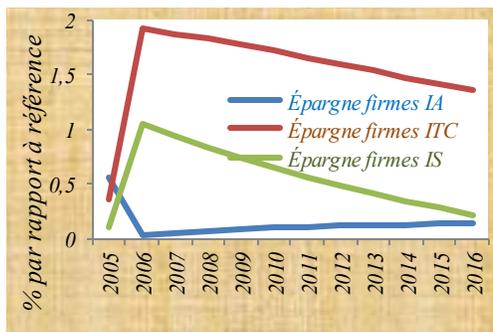


Figure 4 : Épargne publique

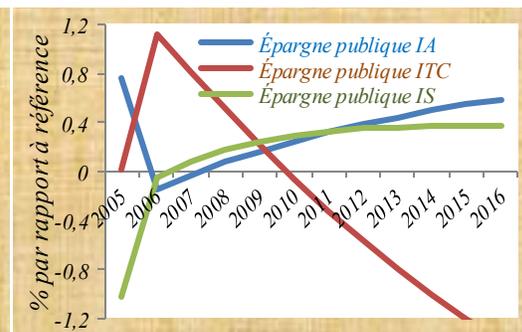


Figure 5 : Épargne étrangère

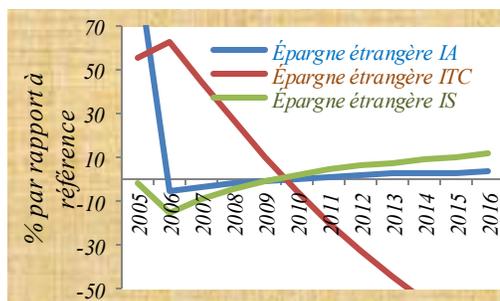


Figure 6 : Investissement privé

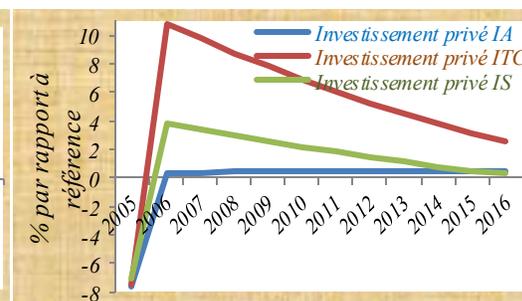


Figure 7 : Capital privé

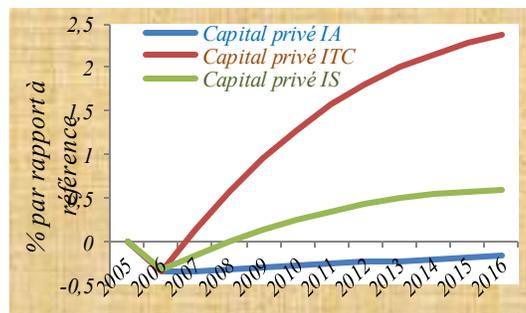
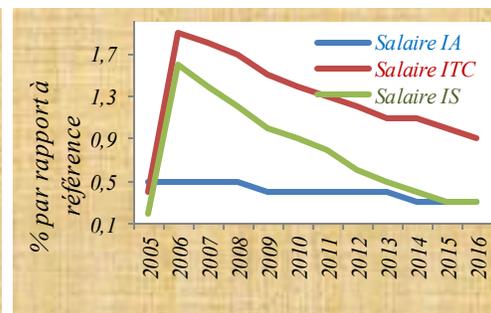


Figure 8 : Taux de salaire



**Résultats sectoriels de la valeur ajoutée, variation en pourcentage par rapport à la situation de référence : *financement par crédit (CR)*.**

Figure 9 : Valeur ajoutée (IA)

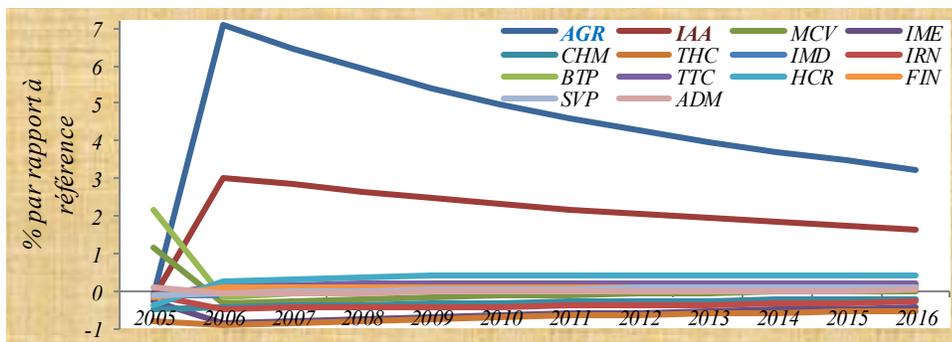


Figure 10 : Valeur ajoutée (ITC)

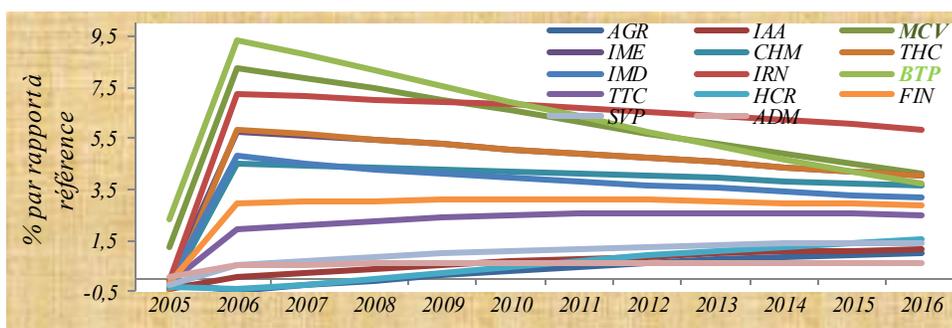
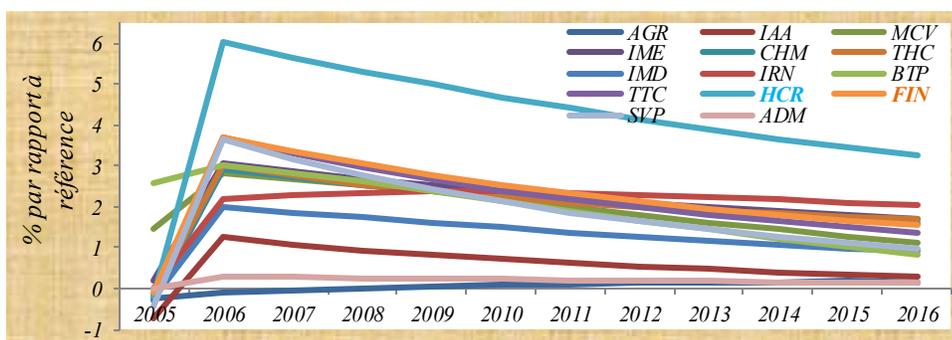


Figure 11 : Valeur ajoutée (IS)



## Scénario 2 : Financement par la taxe de vente

Dans cette partie l'unique augmentation, la première année, des investissements dans chaque type des infrastructures publiques sont financées par l'augmentation de la taxe de vente. Les différents résultats des simulations des principales variables macroéconomiques sont présentés dans figures 12 à 22.

A l'image des résultats obtenus dans les deux autres essais, ces dernières simulations confirment que le financement par la taxe de vente donne un meilleur résultat par rapport au financement par crédit, en effet, le taux de croissance de PIB est plus élevé dans les trois types d'infrastructures, en moyenne le taux de croissance de PIB a augmenté de 1,55%, 0,68% et 0,34% respectivement dans le cas des infrastructures des transports et des communications, des infrastructures sociales, et des infrastructures agricoles (figure 12). Aussi, comme dans le cas du scénario de crédit, les infrastructures des transports et des communications est le plus rentable en termes de croissance économique.

Globalement, l'impact de l'augmentation des infrastructures publiques sur les principales variables macroéconomiques dans le scénario de taxe de vente est relativement comparable au scénario de crédit, comme dans l'essai 2, les différences majeures sont essentiellement distinguées à l'année de choc. Contrairement au cas de financement par crédit, l'augmentation de la taxe de vente a fait baisser d'une part le taux de salaire, mais aussi le taux de rendement du capital. Cette baisse simultanée va entraîner une baisse de l'épargne des ménages et des firmes, effectivement, on constate que dans le cas des infrastructures des transports et des communications, l'épargne des ménages et des firmes ont baissé la première année respectivement de -10,6% (figure 13), et -1,8% (figure 14). Néanmoins, l'effet d'éviction des investissements privés est partiel, puisque, l'investissement global a plutôt augmenté de 2,4%.

La valeur ajoutée dans les trois simulations est plus élevée dans les secteurs où le paramètre d'externalité est le plus élevé, c'est-à-dire, le secteur agricole dans le cas des infrastructures agricoles, les secteurs industriels dans le cas des infrastructures des transports et des communications, et les secteurs des services dans le cas des infrastructures sociales. Reste que, le pourcentage de l'augmentation de la valeur ajoutée est beaucoup

plus élevé dans le cas des infrastructures des transports et des communications que dans les deux autres infrastructures.

Pour augmenter la productivité des facteurs de production, Il serait plus rentable pour la Tunisie de consacrer la plus grande partie des investissements publics pour les réseaux routiers et les télécommunications. D’ailleurs, le stock initial d’infrastructures publiques de chaque type d’infrastructure est relativement différent. Pendant plusieurs décennies, la plupart des investissements publics en matière d’infrastructure ont été orientés vers les infrastructures sociales. en 2005 l’année de base dans notre étude, les infrastructures sociales représentent à peu près la moitié du stock total des infrastructures (47%), suivi des infrastructures agricoles (28%) et finalement les infrastructures des transports et des communications (25%).

**Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport au scénario de référence : *financement par la taxe de vente (TV)*.**

Figure 12 : PIB

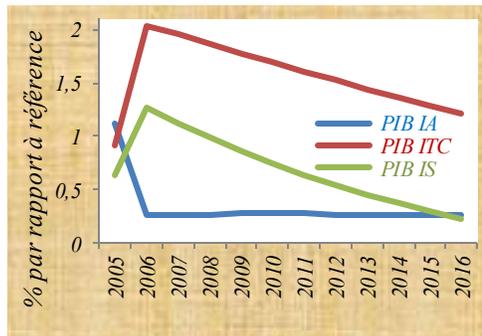


Figure 13 : Épargne des ménages

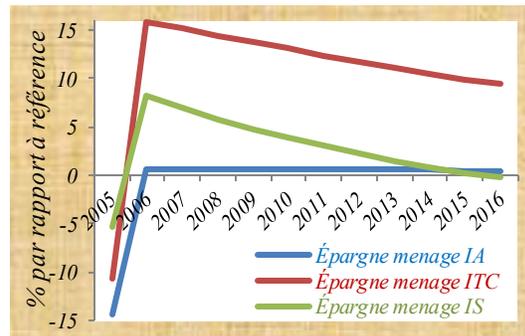


Figure 14 : Épargne des firmes

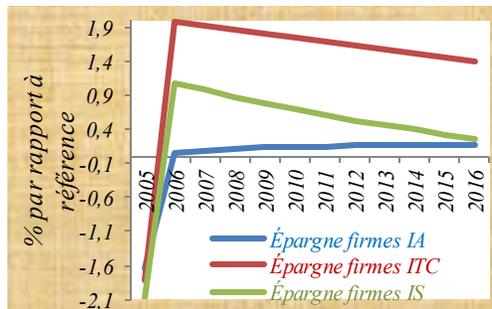


Figure 15 : Épargne publique

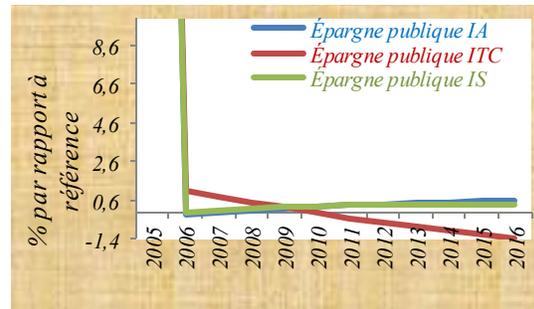


Figure 16 : Épargne étrangère

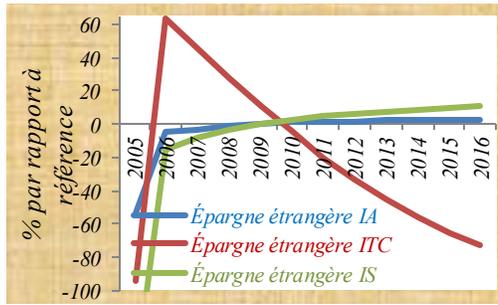


Figure 17 : Investissement privé

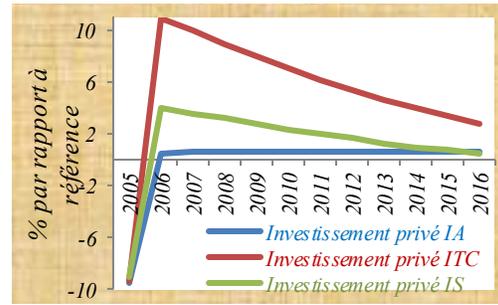


Figure 18 : Capital privé

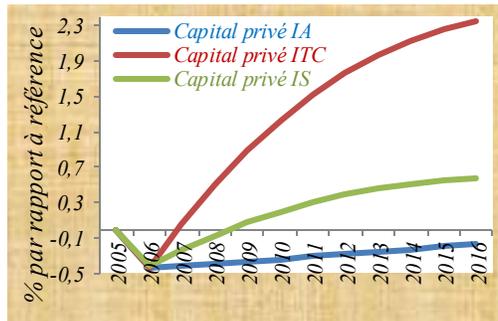
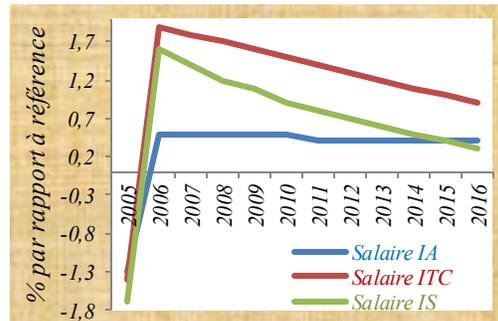


Figure 19 : Taux de salaire



**Résultats sectoriels de la valeur ajoutée, variation en pourcentage par rapport à la situation de référence : *financement par la taxe de vente (TV).***

Figure 20 : Valeur ajoutée (IA)

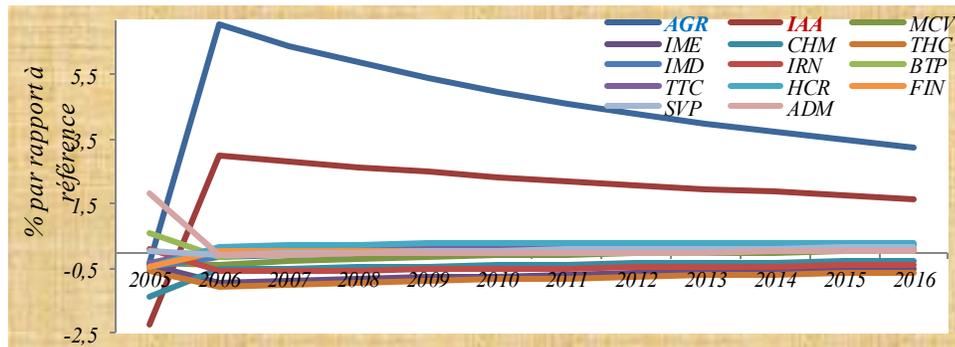


Figure 21 : Valeur ajoutée (ITC)

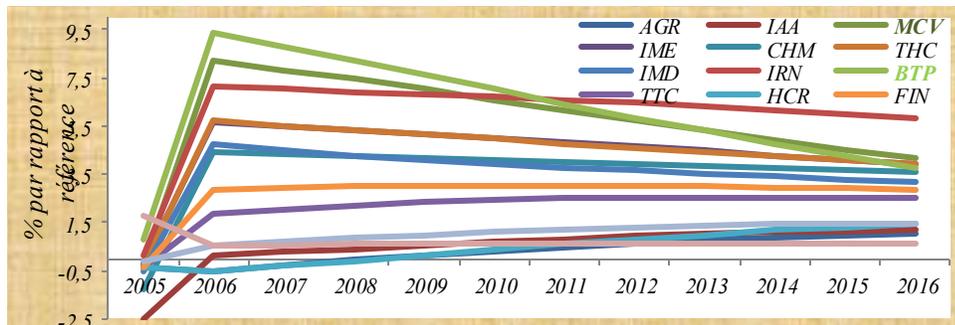
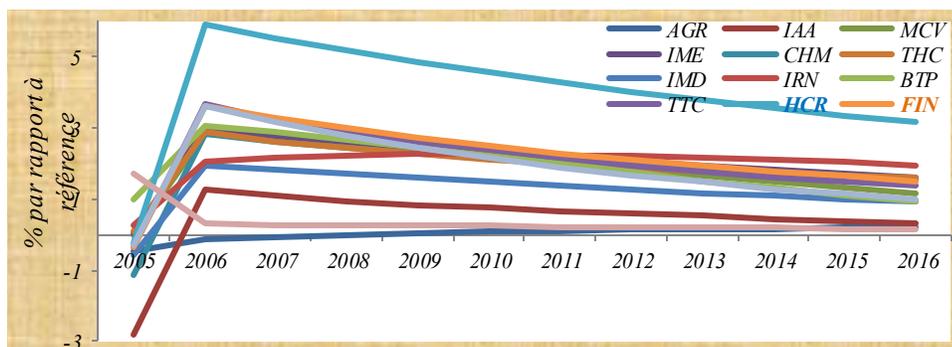


Figure 22 : Valeur ajoutée (IS)



## Conclusion

Dans cet essai, nous avons désagrégé l'infrastructure publique en trois types d'infrastructures : deux types d'infrastructures économiques (les infrastructures agricoles, et les infrastructures des transports et des communications) et un troisième type qui est les infrastructures sociales.

Nous avons analysé deux scénarios de financement de l'augmentation des investissements publics en infrastructures (crédit et taxe de vente). Les résultats des simulations ont montré que l'augmentation des investissements publics a eu un impact positif sur le taux de croissance de PIB dans les trois simulations. A l'image des résultats obtenus dans les deux autres essais, ces dernières simulations confirment que le financement par la taxe de vente donne un meilleur résultat par rapport au financement par crédit, en effet, dans les trois types d'infrastructures, le taux de croissance de PIB dans le cas de financement par la taxe de vente est plus élevé par rapport au cas de financement par crédit.

Nos résultats démontrent aussi que dans les deux scénarios, l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le cas des infrastructures des transports et des communications. De plus, la valeur ajoutée dans les trois simulations est plus élevée dans les secteurs où le paramètre d'externalité est le plus élevé. Reste que, le pourcentage de l'augmentation de la valeur ajoutée est beaucoup plus élevé dans le cas des infrastructures des transports et des communications que dans les deux autres infrastructures. Au final, Il serait plus rentable pour l'économie tunisienne de consacrer la plus grande partie des investissements publics pour les réseaux routiers et les télécommunications.

## Bibliographie

- Baldwin, J.R., et Dixon, J (2008) " Le capital infrastructurel : sa nature, sa répartition et son importance" la Revue canadienne de productivité. No 15-206-XIF2008016 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.
- Balisacan, A. M., et Pernia, E. M. (2002) "Probing Beneath Cross-National Averages: Poverty, Inequality, and Growth in the Philippines". ERD Working Paper Series No. 7, Economics and Research Department, Asian Development Bank, Manila.
- Bhattarai, M. et Narayanamoorthy, A. (2003) " Impact of Irrigation on Agricultural Growth and Poverty Alleviation: Macro Level Analyses in India" Gujarat, India: IWMI-TATA Water Policy Program. 7p. (Water policy research highlight 12).
- De, P. et Ghosh, B. (2003) " How do infrastructure facilities affect regional income? An investigation with South Asian countries" Discussion Paper 66, Research and Information System for Developing Countries (RIS), New Delhi, India
- De, P. et Ghosh, B. (2004) "How Do Different Categories of Infrastructure Affect Development? Evidence from Indian" Economic and Political Weekly, Vol. 39, No. 42, pp. 4645-4657.
- Fan, S., Zhang L. X., et Zhang, X. B. (2002). "Growth, Inequality, and Poverty in Rural China: The Role of Public Investments" Research Report 125, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Fernald, J. G. (1999) "Roads to Prosperity? Assessing the Link Between Public Capital and Productivity" The American Economic Review, 619-638.
- Hall, R.E. et Jones, C.I. (1999) "Why do some countries produce so much more output per worker than others? " Quarterly Journal of Economics, 114, 83–116.
- Mu, R., et Van de Wall, D. (2007) "Rural Roads and Poor Area Development in Vietnam" World Bank Policy Research Working Paper 4340.

Khanam, B. (1999) "Contributions of Highway Capital to Output, Cost, and Productivity Growth: Evidence from the Canadian Goods-producing Sector" thèse de doctorat, Université York, Ontario, Canada.

Roller, L-H. et Waverman, L. (2001) "Telecommunications Infrastructure and Economic Development: a Simultaneous Approach" American Economic Review 95, pp: 909-923.

Savage, J. S., A. Schlottman et B. S. Wimmer (2006) "The Effect of Telecom Competition and Privatization on Productivity and Growth", AEIBrookings Joint Center Related Publication 03-30, American Enterprise Institute and Brookings Institution, Washington DC.

Straub, S., Vellutin, C. et Warlters, M. 2008. "Infrastructure and economic growth in East Asia" The World Bank, Policy Research Working Paper, No. 4589.

Wagstaff, A. (2002) " Health spending and aid as escape routes from the vicious circle of poverty and health" HNP Discussion Paper, World Bank, Washington, DC.

World Bank (2002) "World Development Report: Building Institutions for Markets" Washington, DC.

## Conclusion générale

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse avaient pour principal objectif d'évaluer les effets d'une politique d'augmentation des investissements publics en infrastructures. Les trois modèles d'équilibre général calculable dynamique ont été appliqués aux données de l'économie tunisienne.

Les résultats des simulations ont montré que les effets de cette politique sont globalement positifs sur l'économie tunisienne puisque, dans l'ensemble, la production globale augmente. On constate que, dans toutes les simulations, l'avantage de l'effet d'externalité de l'infrastructure publique est plus important que l'impact de l'effet d'éviction des investissements privés par l'augmentation de l'investissement public durant l'année de choc. Toutefois, nos résultats montrent que la meilleure façon de financer ces infrastructures publiques (parmi les deux scénarios : crédit et taxe de vente) est grâce au recours à l'augmentation de la taxe de vente.

En ce qui concerne la comparaison de deux modèles intertemporel et séquentiel, nos résultats démontrent que dans les deux scénarios (crédit et taxe de vente), la quantité de la valeur ajoutée est plus élevée dans le modèle intertemporel. Par contre, en valeur c'est plutôt le contraire, en effet, le taux de croissance de PIB est relativement plus élevé dans le modèle séquentiel par rapport au modèle intertemporel.

Dans le troisième essai où on a désagrégé l'infrastructure publique en trois types d'infrastructures, les résultats des simulations ont montré que dans les deux scénarios (crédit et taxe de vente), l'augmentation la plus importante est enregistrée dans le cas des infrastructures des transports et des communications.

Un problème majeur de l'économie tunisien, présentement, est le nombre très élevé de chômeurs, et pour augmenter la demande du travail, il faudra forcément augmenter le taux de croissance de l'économie. En ce sens, la Tunisie a beaucoup à gagner en augmentant leur investissement dans des infrastructures publiques, ainsi, avoir des infrastructures de qualité. De plus, Il serait plus rentable pour l'économie tunisienne de consacrer la plus grande partie des investissements publics pour les infrastructures des transports et des communications.