



Munich Personal RePEc Archive

The Impact of Infrastructure Spending on Growth in Algeria. A Multivariate Time Series Approach (VAR)

Zakane, Ahmed

Institut National de la Planification et de la Statistique (INPS)

2009

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/82119/>

MPRA Paper No. 82119, posted 24 Oct 2017 13:30 UTC

L'IMPACT DES DEPENSES D'INFRASTRUCTURES SUR LA CROISSANCE EN ALGERIE. UNE APPROCHE EN SERIES TEMPORELLES MULTI VARIEES (VAR).

Ahmed ZAKANE¹

Résumé : L'objet de ce papier consiste à étudier la relation entre les dépenses d'infrastructures et la croissance économique en Algérie à travers l'utilisation des résultats obtenus dans le cadre de la théorie de la croissance endogène et plus précisément le modèle de « BARRO » (1990). La nouveauté dans ce travail est l'utilisation des modèles VAR. L'objectif est de déduire les effets que peuvent entraîner des changements dans les dépenses d'infrastructures sur la croissance ainsi que le sens des liens de causalité entre le stock de capital, les infrastructures et le travail.

JEL Classification : C22 ; O47

Mots clé : Infrastructures, croissance endogène, modèles VAR.

ملخص: تهدف هذه الورقة إلى دراسة أثر الإنفاق العمومي للمنشآت القاعدية على النمو الاقتصادي وذلك من خلال استعمال نتائج نظريات النمو الداخلي و على وجه الخصوص نموذج Barro (1990). نرى أن الشيء الجديد الذي جاءت به الدراسة هو استعمال نماذج الانحدار الذاتي VAR. إن الهدف من هذا البحث هو استنتاج تحديد دور المنشآت القاعدية في عملية النمو وكذلك إجراء اختبارات السببية بين كل من مخزن رأس المال، المنشآت القاعدية و العمالة.

Abstract : The purpose of this paper is to study the relationship between infrastructure spending and the economic growth in Algeria using results from the endogenous growth theory, specifically the BARRO model (1990). The novelty of this work rely on using VAR models, with the objective of deducing the effects leading to changes in the infrastructure spending on growth as well as the causality links between capital stock, infrastructure and labor.

1- Introduction

¹ Maître de Conférences à l'Institut National de la Planification et de la Statistique (INPS). a.zakane@gmail.com

Ce papier traite d'un aspect nouveau, d'un point de vue méthodologique. Il s'agit de l'application des techniques des séries chronologiques aux problèmes de la croissance. L'avantage de ces techniques par rapport à l'économétrie classique réside dans le fait que ces modèles sont faciles à traiter et ils permettent d'obtenir rapidement des prévisions précises et de procéder à des simulations dont l'importance n'est plus à montrer dans le domaine de la préparation des politiques économiques. Cependant, il est utile de rappeler qu'il ne s'agira ici que d'une variante de ces modèles à savoir, les modèles vectoriels autorégressifs (VAR). Notre intérêt pour ces modèles est motivé par le fait que l'application des modèles classiques de l'économétrie dans l'analyse de l'impact des dépenses d'infrastructures sur la croissance économique nous a donné des résultats qui ne sont pas concluants faisant du réseau téléphonique le seul facteur ayant un impact positif sur la croissance à long terme de l'économie algérienne Zakane (2004). Ceci nous a amené à nous sur interroger la méthodologie à adopter et à la revoir en profondeur. Notre choix est porté sur les modèles vectoriels autorégressifs. L'objectif principal attendu de l'application de ces modèles (VAR) et de pouvoir procéder à des tests et des simulations qui nous permettent de déduire le sens des causalités entre les variables ainsi que leurs formes. Notons que la prévision n'a pas été traitée du fait qu'elle n'est d'aucune utilité compte tenu des objectifs visés à travers cette recherche. Mais avant d'en arriver là un rappel des fondements théorique concernant l'apport des infrastructures dans le processus de croissance est inévitable. Ceci explique l'organisation de ce travail en quatre axes. Le premier sera consacré à un survol de la littérature relative à la place du concept d'infrastructure dans l'analyse économique et plus particulièrement la théorie de la croissance. Dans le deuxième point on procède à une analyse des données statistiques utilisées dans la modélisation. Le troisième point sera entièrement consacré à la spécification et à l'estimation du modèle *VAR*, ainsi qu'aux tests de simulation et de causalité. Enfin le quatrième et dernier axe sera réservé à une conclusion générale qui reprendra l'essentiel des résultats obtenus ainsi qu'un certain nombre de recommandations qui seront proposées dans le but de faire des infrastructures un facteur qui permettra d'amorcer un processus de croissance durable et auto-entretenu.

2 Les infrastructures dans la pensée économique².

Le sens du terme infrastructure a connu au cours du temps beaucoup de changement aussi bien en ce qui concerne des aspects théoriques que leurs implications pratiques. A cet effet, on distingue, en général, trois étapes par lesquelles ce concept a évolué.

2.1 Le concept d'infrastructure dans la théorie marxiste.

A l'origine, le mot infrastructure a été popularisé par la théorie marxiste pour laquelle ce terme désigne l'ensemble des forces de production qui constituent la base matérielle de la société sur laquelle s'élève une superstructure idéologique (religion, philosophie, droit, art, institutions politiques, etc.).

Dans ce courant de pensée, le mot infrastructure ne prendrait son plein sens qu'en étant associé au terme superstructure, en ce sens que le mode de production de la vie matérielle conditionnerait le processus de la vie sociale, politique et intellectuelle en général.

2.2 Infrastructures et théories du développement

La deuxième étape de l'évolution du terme infrastructure commence dès les années cinquante avec l'avènement des théories du développement. Pour ces théories la question centrale à laquelle elles s'efforcent de répondre est : **comment investir ?** Le problème du choix des investissements intéresse aussi bien les économies industrialisées pour maintenir la croissance à un niveau acceptable, que les économies en développement qui aspirent à un décollage rapide.

Pour étudier la relation **infrastructure développement**, trois thèses ont été développées. La première est celle de Paul Rosenstein-Rodan qui a privilégié dans ses recherches le rôle du **capital social minimum** indispensable au décollage ; celui-ci serait quasi-essentiellement constitué par les infrastructures. Ce capital se distingue par un certain nombre de caractéristiques à savoir³ :

- il ne serait pas directement productif ;
- il serait indivisible dans le temps ;

² Ce point est largement développé dans Gendarme. R (2000).

³ Ces caractéristiques sont citées dans Gendarme. R (2000) p. 10.

- il n'engendrerait d'externalités qu'au-delà d'un certain seuil (éducation, santé) ;
- il favoriserait une meilleure communication des personnes et des idées.

Pour cet auteur malgré son coût élevé, l'investissement en infrastructures serait une condition permissive de l'application de liens de complémentarité entre les activités. Dans ce sens, la thèse de Ragnar Nurkse est assez proche tant au niveau du diagnostic que des recommandations de politique économique.

La deuxième thèse est celle d'Albert Hirschman (1958) qui reprend en termes différents l'analyse de la croissance déséquilibrée fondée sur la théorie du minimum de capital fixe de Rosenstein-Rodan (1943). Cet auteur maintient la distinction, déjà avancée par Nurkse et Rosenstein-Rodan, entre investissement d'infrastructures économiques et sociales et investissement directement productif. Mais il insiste, de façon détaillée, sur le rôle de ceux-ci au cours de la politique de développement. En aucun cas, les investissements d'infrastructures ne sauraient être négligés, car ils représentent dans la plupart des pays en développement une formation très élevée de leur absorption de capital. Certains sont associés aux besoins directs de la production des entreprises (énergies, transports). D'autres correspondent à la demande de services collectifs des entreprises (télécommunications, formation professionnelle) et seront finalement incorporés dans les coûts de production.

Enfin, une partie de l'investissement en infrastructures peut être qualifiée de capital social (social overhead capital). Ces investissements sociaux (santé, éducation, logement, loisirs) correspondent à la fourniture de biens et services qui ne seront pas directement incorporés à la production mais qui contribuera à moyen ou long terme à son augmentation.

Dans ce même ordre d'idées, Hirschman (1958), a proposé une stratégie de développement qui procèdera par étapes et donne une place importante aux infrastructures. « Au démarrage la constitution de lourdes infrastructures s'imposerait sans souci exclusif de rentabilité financière. L'investissement induit au sens de Hirschman serait largement dominé par les économies externes ayant leurs sources dans les infrastructures. En d'autres termes, la structure de

l'investissement (public ou privé) au sein d'une politique de croissance deviendrait un élément aussi important que son volume global »⁴.

2.3 Infrastructures et nouvelles théories de la croissance

La troisième étape qui caractérise l'évolution du concept d'infrastructure est, à notre avis, celle relative au développement de la croissance endogène. En effet, au début des années quatre vingt dix, un large débat a été relancé sur la nécessité d'une intervention publique dans le domaine des infrastructures faisant de ces dernières un facteur déterminant dans la formation d'une croissance économique durable et soutenue.

Cette nouvelle conception du rôle économique des infrastructures coïncide, sur le plan théorique, avec les tentatives de réhabilitation de la dimension productive de l'investissement public et la remise en cause des modèles traditionnels de la croissance. Dans ce contexte le modèle de Barro (1990) a ouvert une nouvelle voie de recherche mettant en évidence l'incidence des infrastructures productives, et plus généralement des investissements publics, sur la croissance économique de long terme. C'est là, à notre avis, l'apport fondamental et novateur de la théorie de la croissance endogène en ce sens qu'elle fait des infrastructures un facteur qui intervient directement dans le processus de la croissance et non pas de manière indirecte comme c'est le cas pour le modèle Roseinstein-Rodan et le modèle de Hirschman.

Dans ce contexte, Barro (1990) suppose que les dépenses publiques d'investissement génèrent des externalités de production et affectent la productivité des facteurs privés. Par-là même, l'auteur rompt avec la conception traditionnelle selon laquelle ces dépenses ne sont étudiées qu'en tant que composante de la demande agrégée. La prise en compte des effets d'offre permet alors de mettre en évidence un lien direct entre les dépenses publiques et le taux de croissance de long terme de l'économie. Sous cette hypothèse, les chocs budgétaires possèdent deux effets opposés sur la croissance. Toute augmentation des efforts publics d'investissement, conduit à un taux d'accumulation du capital supérieur à son niveau optimal. Les agents réagissent en diminuant leur épargne afin de rétablir l'allocation désirée des

⁴ Gendarme. R. (2000) p.10.

ressources, ce qui se traduit par un effet d'éviction des investissements privés.

Toutefois l'augmentation des dépenses publiques définies au sens large engendre en parallèle, une augmentation de la productivité des facteurs privés de la production. Dès lors, l'impact sur la croissance de long terme sera déterminé par la résultante de ces deux forces opposées. Dans ce modèle si le taux d'imposition est inférieur à l'élasticité de la production par rapport aux dépenses publiques, toute dépense additionnelle entraîne l'augmentation du taux de croissance de long terme. Ainsi, par la prise en compte des mécanismes d'offre, Barro montre que les politiques budgétaires de relance peuvent avoir un impact à long terme sans qu'il soit nécessaire d'introduire des rigidités nominales.

Signalons que l'article de Barro (1990) a été à la source d'une abondante littérature touchant à la fois les aspects théoriques et empiriques de la question⁵. Mais il est important de souligner que c'est la première fois qu'une relation directe entre l'effort d'accumulation publique, notamment en matière d'infrastructures, et la croissance de long terme, a été établie.

Pendant ce temps, la réflexion dans ce domaine a pris deux grandes directions : l'une s'est attribué le rôle d'analyser la relation entre la composition des dépenses publiques et les aspects fiscaux qui s'y rattachent en adoptant une démarche consacrée initialement à la fiscalité optimale. Son but est d'approfondir la réflexion sur le mode de financement des dépenses publiques et leur influence sur le système productif en particulier et d'étudier ensuite, l'incidence des distorsions fiscales sur les dotations optimales en infrastructures. Dans ce contexte, on cite les travaux de : Turnovsky (1996), Munnell (1992) et Cassou et Lansing (1998).

Dans ce temps, ces tentatives d'évaluation de l'efficacité productive des investissements d'infrastructure ont suscité un important programme de recherche sur le plan empirique, initié

⁵ Cet article fondateur a donné lieu à divers extensions (voir Glomm et Ravikumar 1994) visant principalement à introduire une dimension de stock dans l'analyse de même que le travail de (Futagami et al 1993). On cite également les travaux de (Turnovsky 1997) qui a essayé d'analyser les effets de congestion dus aux investissements publics.

notamment par les travaux d'Aschauer (1989) qui constituent à notre avis un deuxième axe de recherche, cette fois-ci empirique. En effet, un an avant la publication de l'article de Barro, Aschauer met en évidence la diminution des investissements publics aux Etats-Unis et s'interroge sur ses conséquences concernant l'évolution de la croissance de la productivité des facteurs privés de la production. En adoptant une démarche économétrique simple consistant à élargir la fonction de production au stock de capital public, l'auteur parvient alors à une estimation particulièrement élevée de la contribution productive de ce facteur. Par conséquent, il attribue à la réduction des investissements publics une part majeure dans le ralentissement de la productivité enregistré durant les années soixante-dix et quatre-vingt.

Cependant, beaucoup d'auteurs pensent qu'il est raisonnable de soutenir que les équipements d'infrastructure affectent positivement le rythme de croissance de l'économie ; reste cependant à évaluer précisément l'ampleur de cette contribution productive. Il s'agit alors de vérifier si les effets attendus sont à la mesure des investissements publics programmés dans ce domaine.

Néanmoins, de multiples contributions sont venues relativiser les conclusions d'Aschauer. Toutefois, force est de constater que parmi les diverses spécifications retenues et les stratégies empiriques mises en œuvre, les évaluations fondées sur l'estimation en niveau, de la fonction de production, ont le plus souvent conforté les résultats d'Aschauer, alors même que ces évaluations apparaissent de plus en plus excessives.

Quoiqu'il en soit, la dimension polémique de ces premiers résultats empiriques a eu pour avantage de susciter un débat sur la nécessité d'une prise en compte de la dimension productive des infrastructures publiques, et plus généralement des dépenses publiques, dans l'analyse économique.

3 Analyse statistique des données

Par analyse statistique des données nous entendons examiner les propriétés statistiques des différentes variables du modèle qui sera spécifiée dans la suite de ce travail. Nous étudions donc, dans une première étape l'évolution de ces variables dans le temps et on examinera dans un deuxième temps les problèmes de stationnarité pour chacune des variables retenues. La période retenue est (1970-

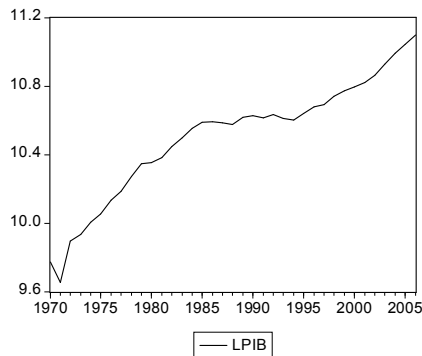
2002), le choix de cette période est justifié uniquement par la disponibilité des données.

3.1 Analyse de l'évolution des variables du modèle

Quatre variables ont été retenues dans ce modèle : le logarithme du PIB (LPIB), le logarithme de l'emploi (LEMP), le logarithme du stock de capital (LSK) et enfin le logarithme des dépenses publiques d'infrastructures (LDE).

a- Le Produit Intérieur Brute (LPIB)

La série statistique dont nous disposons s'étend sur toute la période (1970-2002). Durant cette période le PIB a connu des fluctuations allant d'un taux de croissance positif et assez intéressant sur la période (1970-1985) environ 5% en moyenne par année à une période de stagnation voir de récession durant les deux périodes (1986-1988) et (1993-1995). Au delà de ces deux périodes la croissance était positif mais pas très élevée et souvent dépendante de facteurs exogènes. Voir le graphe ci-dessus.

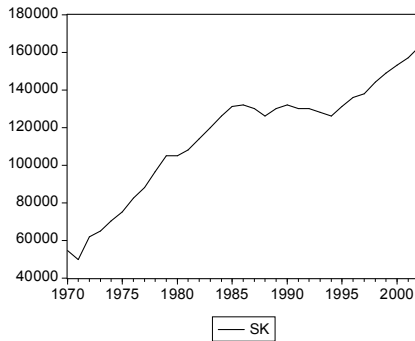


En examinant ce graphe on remarque bien que cette variable a connu une croissance régulière sur la période (1970-1985), une régression et des fluctuations durant la période (1985-1995) pour reprendre le chemin de la croissance à partir de 1998. Il est souvent recommandé lorsqu'on travaille dans le domaine de la croissance, de prendre les variables par actif ce qui donne l'évolution du produit intérieur brut par travailleur. C'est ce type de variable qui sera utilisées dans les différentes estimations.

b- Le stock de capital

Rappelons que la série du stock de capital a été calculée selon la méthode de l'inventaire permanent. Soit, $K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$ le

stock de capital à la période $(t + 1)$, I_t l'investissement⁶ à la période t et δ le taux de dépréciation du stock de capital. L'évolution de cette variable a été relativement constante durant la période considérée à l'exception de la période de stagnation et récession. Ceci n'apparaît pas clairement sur le graphique puisqu'il s'agit là d'une variable de stock et pas d'une variable de flux comme pour le PIB.

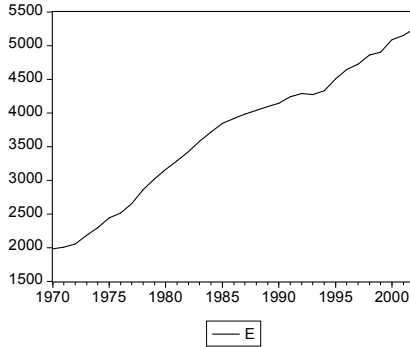


Le stock de capital est une variable décisive dans l'analyse des modèles de croissance économique. Comme pour le PIB cette variable sera considérée sous une forme intensive c'est le stock de capital par actif.

c- L'évolution de l'emploi

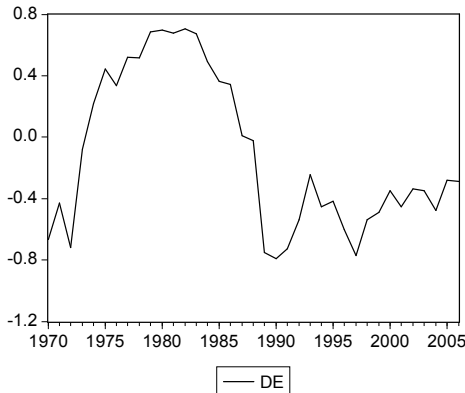
L'emploi a toujours été une variable centrale dans les mesures de politique économique préconisées par les décideurs en Algérie. En effet, au lendemain de l'indépendance l'Algérie a hérité d'une situation très difficile en matière d'emploi où le taux de chômage a atteint des records jamais égalés. Ceci explique pourquoi durant les différents plans de développement la priorité était donnée à la création d'emploi. Ce qui explique peut être l'amélioration constante de la situation durant la période (1970-1985). Il faut signaler que l'Etat a été de tout le temps le principal secteur créateur d'emploi. Avec les restrictions budgétaires du à la crise provoquée par la chute des prix des hydrocarbures (1986), la création d'emploi a reçu un coup sérieux qui fait que le chômage a repris sous différentes formes et surtout le chômage des diplômés qui dans les années soixante dix et quatre vingt ne touchait qu'une petite partie de cette catégorie. Le graphique ci-dessus montre de manière claire cette évolution.

⁶ Il s'agit là de l'accumulation brute des fonds fixes (ABFF).



d- Les dépenses publiques d'infrastructures

Les dépenses publiques d'infrastructures ont aussi connu une évolution remarquable durant la période considérée. En effet, ces dépenses sont passées de 932 millions de dollar en 1970 à plus de 2.9 milliards de dollars en 2002 soit un taux de croissance annuel moyen sur toute la période de plus de 3.6%. Il faut signaler que l'essentiel de ses dépenses a été effectué ces dernières années. La raison est que les responsables sont arrivés à une conviction selon laquelle, il n'est pas possible de maître en oeuvre un processus de développement sans avoir une base d'infrastructure suffisamment développé. Cependant, l'évolution de ces dépenses n'a pas échappé à l'influence des fluctuations qu'a connue l'économie algérienne. Ceci est bien visible en examinant le graphe suivant :



3.2 Analyse de la stationnarité des séries.

L'analyse de la stationnarité des séries statistiques est primordiale avant d'entamer l'estimation. En effet, Si une série

chronologique n'est pas stationnaire, on cherche des transformations qui pourraient la rendre telle. On peut alors utiliser un modèle pour estimer la série transformée. Il existe deux principales méthodes pour détecter la non stationnarité : Un jugement subjectif appliqué au graphique de la série chronologique et à son corrélogramme et des tests statistiques plus formels pour détecter les racines unitaires. Nous nous limitons dans ce travail aux tests statistiques et principalement au test augmenté de Dicky-Fuller. Il est utile de rappeler que dans les travaux sur la croissance on recourt le plus souvent aux variables pondérées par l'emploi ou si l'on veut les variables par actif. Ces variables ont l'avantage de traduire ce que l'on appelle la forme intensive de la fonction de production. Ceci nous conduit donc à travaillé sur le logarithme des variables (PIB/Emploi), (Stock de capital/Emploi) et (Dépenses d'Infrastructures/Emploi), qu'on désigne respectivement par : *lipib*, *lisk*, *lide*. L'application de l'ADF test donne :

- Le PIB per workers (*lipib*) est stationnaire puisque la valeur de la statistique de Dicky-Fuller est plus petite que toutes les valeurs critiques. Cette variable est intégrée d'ordre zéro $I(0)$.
- Le stock de capital per workers (*LISK*) est lui aussi stationnaire. Cette variable est intégrée d'ordre zéro $I(0)$
- Les dépenses publiques d'infrastructures par actif (*LIDE*) ne sont pas une variable stationnaire, puisque la valeur de la statistique de Dickey-Fuller est supérieure à toutes les valeurs critiques. Cependant en procédant à une première différenciation nous obtenons une série stationnaire. Ceci montre que cette variable est intégrée d'ordre un $I(1)$.

Il ressort de l'analyse de la stationnarité des trois variables, que ces dernières ne sont pas intégrés du même ordre ce qui suppose qu'il n'y a pas de relation de cointégration. On ne peut pas construire un modèle vectoriel à correction d'erreurs (VECM).

4- Spécification et estimation du modèle (VAR)

4.1 Spécification du modèle

Comme nous l'avons précisé plus haut l'objet de cette partie et d'examiner l'influence du stock de capital physique et des dépenses d'infrastructures sur la croissance à travers l'estimation d'un modèle VAR regroupant ces trois variables et utiliser ensuite le modèle estimé a des fins de simulation. Nous rappelons également que le nombre d'observations représente une contrainte supplémentaire sachant que nous ne disposons que de données annuelles alors que ce type de modèles est souvent estimé sur des données trimestrielles voir mensuelles. Il s'agit donc de construire un VAR regroupant les variables que l'on vient de décrire. Finalement le vecteur aléatoire du modèle VAR est le suivant :

$$X_t = (\log ipib, \log isk, \log ide)$$

Pour corriger l'hétéroscédasticité que l'on rencontre en considérant les variables sans transformation, nous avons, comme c'est indiqué, pris le logarithme de toutes les variables.

4.2 Estimation du VAR

Les tests de racine unité sur les séries temporelles montrent que toutes les séries considérées sont stationnaires à l'exception du logarithme des dépenses publiques d'infrastructures per werkers (lide). Le PIB et le stock de capital sont des variables I(0) avec constante et trend, les dépenses d'infrastructures est une variable I(1) avec aussi une constante et un trend. Les résultats standards de convergence des estimateurs ne s'appliquent donc pas.

Il existe plusieurs façons d'estimer le VAR. La première, qui consiste à éliminer les racines unitaires en différenciant la variable non stationnaire, présente l'inconvénient d'éliminer de l'information contenue dans le niveau des variables, ce qui peut nuire à la qualité des prévisions. Les méthodes de maximum de vraisemblance à information complète sont a priori susceptibles de produire des estimations asymptotiques optimales. Cependant, elles ne le sont effectivement que si elles incorporent la contrainte (exacte) qu'il existe (n-r) racines unitaire dans le système, r étant le nombre de relation de cointégration. De plus, les méthodes fondées sur le maximum de vraisemblance à information complète sont généralement sensibles aux erreurs de spécification, des spécifications incorrectes sur une partie du modèle se répercutant sur toutes les estimations. Par souci de simplicité et de robustesse et en l'absence de résultats clairs en faveur d'une méthode particulière, nous allons

estimer le VAR par les moindres carrés ordinaires, qui s'avèrent efficace sur le modèle en niveau.

4.2.1 Sélection du nombre de retards

Nous rappelons que notre objectif n'est pas de spécifier un modèle macroéconomique, mais de disposer d'un outil pour réaliser des prévisions et des simulations optimales. Il ne paraît pas nécessaire d'éliminer les coefficients non significatifs. En revanche, il convient de sélectionner le nombre de retards et de déterminer les variables qui peuvent être exclues du système. Une solution consiste à effectuer des tests d'absence d'autocorrélation des résidus. En effet, si le nombre de retards est insuffisant, l'omission de variables endogènes retardées introduit de l'autocorrélation des résidus. Cependant, la convergence du test proposé par Hosking, qui est une généralisation au cas vectoriel de celui de Box, Ljung et Pierce (test de portmanteau) n'est acquise que dans le cas stationnaire. La sélection du nombre de retards dans les modèles VAR est souvent réalisée à l'aide de critères d'information [AKAIKE (AIC), Schwarz (SC)], qui déterminent un compromis entre la précision de l'estimation et le nombre de paramètres à estimer. Les retards optimaux obtenus par différents critères sont regroupés dans le tableau suivant :

Nombre de retards (p)	Akaike (AIC)	Schwarz (SC)
1	-9.947	-9.397
2	-10.888	-9.917
3	-10.999	-9.598
4	-10.345	-8.506

Sachant que le principe de sélection est de garder le nombre de retards qui correspond à celui qui minimise les deux critères de choix. Dans ce cas il faut effectuer un arbitrage entre $p=2$ et $p=3$. Selon le critère retenu et en considérant le nombre limité d'observation le retard retenu est $p=2$.

Nous allons donc estimer un modèle autorégressif d'ordre deux [VAR(2)]. De manière plus formalisée le modèle retenu s'écrit :

$$\begin{aligned}
lipib_t &= \mu_1 + \rho_{11}lipib_{t-1} + \rho_{12}lipib_{t-2} + \rho_{21}lisk_{t-1} + \rho_{22}lisk_{t-2} + \rho_{31}lide_{t-1} + \rho_{32}lide_{t-2} + \varepsilon_{1t} \\
lisk_t &= \mu_2 + \gamma_{11}lisk_{t-1} + \gamma_{12}lisk_{t-2} + \gamma_{21}lipib_{t-1} + \gamma_{22}lipib_{t-2} + \rho_{31}lide_{t-1} + \rho_{32}lide_{t-2} + \varepsilon_{2t} \\
lide_t &= \mu_3 + \delta_{11}lide_{t-1} + \delta_{12}lide_{t-2} + \delta_{21}lipib_{t-1} + \delta_{22}lipib_{t-2} + \delta_{31}lisk_{t-1} + \delta_{32}lisk_{t-2} + \varepsilon_{3t}
\end{aligned}$$

Nous disposons donc 21 paramètres à estimer. Etant donné que les variables du membre de droite sont les même dans chacune des équations du VAR, il s'ensuit qu'une estimation efficace du VAR peut être obtenue en appliquant séparément la méthode des moindres carrés à chacune de ses équations. Si, on outre, on suppose que les perturbations sont normalement distribuées, alors cette procédure fournit également des estimations de maximum de vraisemblance. Ceci facilite énormément le test des diverses hypothèses. Une fois la méthode d'estimation définie nous allons voir dans la prochaine étape l'analyse des résultats de l'estimation ainsi que les propriétés dynamique du modèle retenu à savoir la stationnarité du modèle, les réactions aux chocs et enfin la décomposition de la variance.

4.2.2 Présentation et analyse des résultats de l'estimation

Rappelons que le modèle estimé est un **[VAR(2)]**. En utilisant la procédure décrite plus haut, nous avons obtenu les résultats suivants :

$$\begin{aligned}
LIPIB &= 0.1122*LIPIB_{t-1} - 0.0947*LIPIB_{t-2} - 0.0019*LISK_{t-1} + 0.1199*LISK_{t-2} + \\
&\quad (0.25) \quad (-0.23) \quad (-0.005) \quad (0.32) \\
&0.0213*LIDE_{t-1} + 0.0248*LIDE_{t-2} + 1.849 \\
&\quad (0.71) \quad (0.76) \quad (3.97)
\end{aligned}$$

$$R^2=0.52 \quad n=31 \quad (.)=t \text{ de Student}$$

$$\begin{aligned}
LISK &= -0.5332*LIPIB_{t-1} + 0.3641*LIPIB_{t-2} + 0.7898*LISK_{t-1} - 0.3783*LISK_{t-2} + \\
&\quad (-1.04) \quad (0.77) \quad (1.59) \quad (-0.86) \\
&0.04577*LIDE_{t-1} + 0.0481*LIDE_{t-2} + 2.447 \\
&\quad (1.31) \quad (1.25) \quad (4.48)
\end{aligned} \tag{19}$$

$$R^2=0.79 \quad n=31 \quad (.)=t \text{ de Student}$$

$$\begin{aligned}
LIDE &= -2.7283*LIPIB_{t-1} + 0.8581*LIPIB_{t-2} + 5.5570*LISK_{t-1} - 3.0272*LISK_{t-2} + \\
&\quad (-1.03) \quad 0.35) \quad (2.15) \quad (1.32) \\
&0.8016*LIDE_{t-1} - 0.1761*LIDE_{t-2} - 4.589 \\
&\quad (4.42) \quad (-0.88) \quad (-1.61)
\end{aligned}$$

$$R^2=0.84 \quad n=31 \quad (.)=t \text{ de Student}$$

Rappelons que l'une des principales applications des modèles **VAR** est de fournir des prévisions qui sont à même d'aider à prendre

des décisions. On sait que cette approche est théorique, dans la mesure où il n'est pas fait appel à la théorie économique pour spécifier des équations structurelles entre différents ensembles de variables. Le système des modèles VAR repose sur la proposition générale selon laquelle les variables économiques ont tendance à varier les unes avec les autres, et aussi à être autocorrélées. Mais avant d'arriver à cela nous continuons le travail d'évaluation du modèle retenu et en premier lieu l'analyse de sa stationnarité.

4.3 Analyse de la stationnarité du modèle VAR

L'analyse de la stationnarité du système est une condition nécessaire avant d'entamer le reste des travaux sur les modèles estimés. En effet, si la matrice des coefficients estimés ne vérifie pas la condition de stationnarité, l'étude des fonctions de réponse aux impulsions (fonctions de réactions) n'aura pas de sens. C'est pourquoi il est primordial de commencer par l'analyse de la stationnarité. Nous donnerons d'abord un rappel de la définition de la stationnarité dans le cas des modèles VAR et procède ensuite à l'application de cette définition au modèle spécifié.

4.3.1 Conditions de stationnarité

Un modèle VAR est stationnaire, s'il satisfait aux les trois conditions classiques suivantes:

$$E(X_t) = 0 \quad \forall t$$

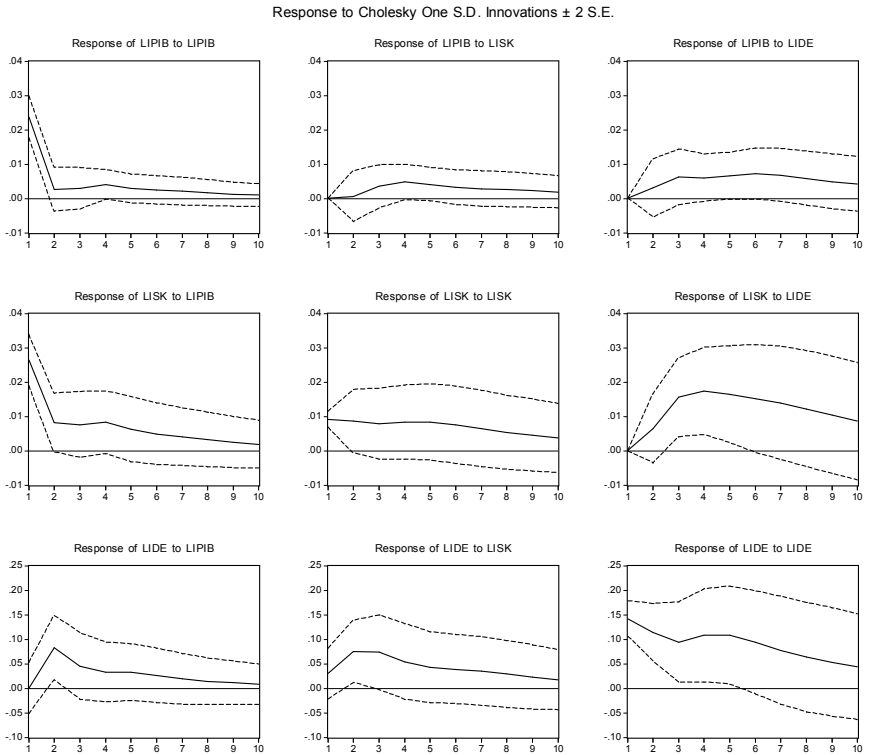
$$Var(X_t) < +\infty$$

$$Cov(X_t, X_{t+k}) = E[(X_t - E(X_t))(X_{t+k} - E(X_{t+k}))] = \Gamma, \forall t$$

On peut montrer qu'un processus VAR(p) est stationnaire si le polynôme défini à partir du déterminant : $\det(I - \Phi_1 z - \Phi_2 z^2 - \dots - \Phi_p z^p)$ a ses racines à l'extérieur du cercle unité du plan complexe. Dans la plupart des logiciels on prend comme indicateur l'inverse des racines du polynôme caractéristique ; dans ce cas il faut que l'ensemble des racines soit inférieur à l'unité. Pour le modèle estimé les résultats obtenus confirment la stabilité du modèle. En effet, les calculs montrent que le **VAR(2)** estimé satisfait aux conditions de stabilité.

4.3.2 Fonction de réponse à une impulsion

L'analyse des fonctions de réaction à un choc consiste à mesurer l'impact de la variation d'une innovation sur les variables. La proposition sur laquelle repose ces fonctions est que, même si un choc sur l'innovation de la première équation, par exemple, a un effet immédiat, dans un premier temps, sur la variable endogène de cette même équation. Ce choc va entraîner, dans les périodes qui viennent, sur le reste des variables et de toutes les équations, une réaction en chaîne. Les fonctions de réponse aux impulsions calculent ces réactions en chaîne.



En analysant les résultats des fonctions de réaction nous obtenons les résultats :

* La réponse du logarithme du PIB par actif (*lipib*) : Lorsqu'il y a un choc (innovation) sur la variable *lipib* ce choc n'a pas d'effets significatifs sur les deux autres variables. Ceci est tout à fait clair en regardant de plus près les résultats en annexe (voir aussi les graphes

Fig.5). L'essentiel de ce choc touche la variable elle-même. La décomposition de la variance indique que la variance de l'erreur de prévision de la variable *lipib* est due en moyenne à plus de 77 % à ses propres innovations, à un plus de 6 % au stock de capital et à plus de 17 % aux dépenses d'infrastructures.

* *La réponse du stock de capital par actif (lisk)* : Une innovation sur le stock de capital a plus d'effet sur le logarithme du **PIB** per werkers que sur lui-même essentiellement en début de période (1-5) ensuite il s'estompe. Le même effet est constaté, sinon plus sur les dépenses d'infrastructures. Ceci peut être confirmé par de la décomposition de la variance. En effet, cette dernière indique que la variance de l'erreur de prévision du stock de capital est due à moins de 16 % à ses propres innovations et plus de 50 % à celle du **PIB** et environ 34 % aux innovations sur les dépenses d'infrastructures.

* *La réponse des dépenses d'infrastructures par actif (lide)* : Un choc sur les dépenses publiques d'infrastructures a un effet immédiat sur la variable elle-même. Par contre son impact sur les deux autres variables est faible et commence à diminuer davantage à partir de la cinquième période. La décomposition de la variance des erreurs de prévision montre que la variable (*lide*) est due à elle-même à plus de 72 %, environ 15 % au stock de capital et moins de 13 % au *lipib*.

La conclusion qui peut être tirée de cette analyse est qu'un choc sur le stock de capital a plus d'impact à la fois sur le **PIB** et les dépenses d'infrastructures, alors que l'effet des autres variables n'a pas beaucoup d'effets sur le reste des variables. Cependant, étant donnée que le présent travail cherche à voir l'impact des dépenses publiques d'infrastructures sur la croissance du **PIB**, nous pouvons conclure que cet impact est de faible amplitude et risque de ne pas atteindre les objectifs escomptés. Ceci nous mène à se poser la question sur le sens de la relation de causalité entre ces différentes variables.

4.4 Analyse de la causalité

Nous avons vu dans l'estimation des modèles (**VAR**) que toutes les variables passées de chaque variable apparaissent dans chaque équation du modèle. Il se peut que l'on veuille, parfois, tester si une variable spécifique ou un groupe de variables joue un rôle quelconque dans la détermination d'autres variables du (**VAR**). Il s'agit donc de mettre en évidence certaines relations causales entre les

variables. La détermination de ces relations est nécessaire à une formulation correcte du problème. Deux grands tests ont été conçus, celui de Granger (1969) et celui de Sims (1980). Nous avons appliqué dans cette étude le test de Granger pour déterminer le sens de la causalité entre les trois variables de notre système car celui-ci est disponible dans la plupart des logiciels. Les résultats de ses tests montrent qu'il y a une réciprocity dans les relations entre les trois variables, c'est à dire que la causalité est dans les deux sens pour toutes les variables. Chaque variable explique les autres.

5-Conclusion

L'analyse de l'impact des dépenses d'infrastructures sur la croissance, en recourant à l'approche en séries temporelles, nous a permis de dégager un certain nombre de conclusions et remarques qui sont à notre avis très importantes. Avant d'arriver à ces conclusions nous tenons à signaler que l'approche choisie est relativement peu utilisée dans les analyses de la croissance. Cependant, notre objectif était d'explorer une piste d'investigation qui peut être prometteuse dans la mesure où l'approche par les modèles économétriques (fonctions de productions élargie au capital public), n'a pas donné les résultats escomptés. Nous avons pensé que si nous partons d'un modèle qui ne suppose pas de relation a priori entre les variables nous déduirons l'impact à la fois des infrastructures et du capital physique sur la croissance et aussi l'impact de la croissance sur ces deux variables et voir ensuite le sens de la causalité entre l'ensemble des variables. Nous avons donc spécifié et estimé un modèle Vectoriel Autorégressif d'ordre deux *VAR(2)*, les résultats obtenus peuvent être résumés dans les points suivants :

- Certaines séries chronologiques des variables du modèle ne sont pas stationnaires. Ceci nous a amené à procéder à leurs stationnarisation en recourant à la différenciation. Néanmoins nous n'avons pas trouvé de relation de cointégration entre les variables ce qui fait que la possibilité de construire un modèle structurel vectoriel autorégressif (*SVAR*) était écartée. Ceci nous a conduit à spécifier un modèle (*VAR*) :

- Les différents tests portant sur la détermination du nombre de retards associés au modèle (**VAR**) nous ont conduit à retenir un nombre de retard égal à deux (2).
- L'estimation du modèle **VAR(2)** a donné des résultats qui sont relativement satisfaisants notamment en termes de stationnarité. En effet, les racines du polynôme caractéristique sont toutes en dehors du cercle unitaire.
- Les tests de causalité au sens de Granger ont montré que la causalité entre les variables est établie dans les deux sens, c'est à dire que toutes les variables ont une influence mutuelle. Ceci conforte notre hypothèse selon laquelle un investissement important en capital physique et en capital d'infrastructures a un effet sur la croissance et vis versa.

Cependant, notre conclusion générale est que les modèles (**VAR**) ne nous ont pas permis de déceler la relation entre les dépenses d'infrastructures et la croissance économique qui, rappelons le, est l'objet de cette recherche. Ceci apparaît à travers d'abord les résultats des équations du modèle et surtout à travers les fonctions de réponses impulsionnelles et la décomposition de la variance de l'erreur de prévision. En effet, lorsqu'il y a un choc sur les perturbations des dépenses d'infrastructures par actif, le **PIB** par actif n'est influencé qu'à hauteur de 13% et ce après plusieurs étapes. C'est pour cela que notre conviction est que ces modèles sont beaucoup plus intéressants en matière de prévision à court terme qu'à déceler une relation de ce type. Nous sommes arrivés à la conviction selon laquelle : aussi bien les modèles économétriques classiques (en termes de fonction de production) que les modèles en séries chronologiques ne sont en mesure de constituer des outils permettant d'aider à préparer des décisions dans le domaine des investissements en infrastructures capables de promouvoir une croissance durable et auto-entretenu. En effet, aucun des modèles sus mentionnés n'est capables de nous dire de combien augmente ou diminue la croissance du **PIB** si on augmente le capital physique ou le capital d'infrastructure. Il y a évidemment une catégorie de modèles qui sont capable de répondre à ce type de questions. Il s'agit des modèles dynamiques d'équilibre général calculables qui représentent un outil efficace en matière d'analyse des performances des politiques économiques.

Bibliographie

1. *Aschauer, D.A. (1989). Is Public Expenditure Productive? Journal of Monetary Economics 23 (2): 177-200.*
2. *Barro, R.J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. Journal of Political Economy 98 (5): 103-125.*
3. *Barro, R.J., and X. Sala-i-Martin (1992). Public Finance in Models of Economic Growth. Review of Economic Studies 59 (4): 645-661.*
4. *Futagami K, Morita Y et Shibata A (1993). Dynamics Analysis an Endogenous Growth Model with Public Capital. Scandinavian JLE pp 607-625.*
5. *Gendarme, R. (2000). Evolution du Concept d'Infrastructure et Variabilité des Politiques en Fonction des Niveaux de Croissance. Monde en Développement 28 pp 9-15*
6. *Granger, C.W.J. (1969). Investigation Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. Econometrica 37 (3): 424-438.*
7. *Glomm, G. and B. Ravikumar (1994). Public Investment in Infrastructure in a Simple Growth Model. Journal of Economic Dynamics and Control 18 (6): 1173-1187.*
8. *Hamilton, J.D. (1994). Time Series Analysis. Princeton University Press*
9. *Hirschman, A.O.(1958). The Strategy of Economic Development. New Haven: Yale University Press.*
10. *Munnell, A.H. (1992). Infrastructure Investment and Economic Growth. Journal of Economic Perspectives 6(4): 189-198.*
11. *Sims, C.A.(1980). Macroeconomics and Reality. Econometrica 48 (1): 1-48*
12. *ZAKANE, A.(2003). Dépenses Publiques Productives Croissance à Long Terme et Politique Economique, Essai d'Analyse Économétrique Appliquée au Cas de l'Algérie. Facultés des Sciences Économiques et Sciences de Gestion Université d'Alger.*
13. *ZAKANE, A.(2004). Le Rôle des Infrastructures dans la Croissance de l'Économie Algérienne. Revue des Sciences Commerciales et de Gestion N°3 2004 pp77-103.*

ANNEXE

Analyse de la stationnarité des séries : test de dickey-Fuller

1- Pour le PIB par actif (lipib) le test a donné les résultats suivants :

ADF Test Statistic -6.232311 1% Critical Value* -4.2826
 5% Critical Value -3.5614
 10% Critical Value -3.2138

Ces résultats montrent que cette variable est stationnaire puisque la valeur de la statistique de Dicky-Fuller est plus petite que toutes les valeurs critiques.

2-Pour le stock de capital par actif (LISK) nous avons :

ADF Test Statistic -5.465107 1% Critical Value* -4.2826
 5% Critical Value -3.5614
 10% Critical Value -3.2138

Le même résultat que pour le LIPIB. Le stock de capital par actif est lui aussi stationnaire.

3-Pour les dépenses publiques d'infrastructures par actif (LIDE) les résultats sont :

ADF Test Statistic -2.254745 1% Critical Value* -4.2826
 5% Critical Value -3.5614
 10% Critical Value -3.2138

<p>Les racines du polynôme caractéristique Variables endogènes LIPIB LISK LIDE et C comme variable exogène Lag specification: 1 2 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Root</th> <th style="text-align: left;">Modulus</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.765854 - 0.087653i</td> <td>0.770854</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.765854 + 0.087653i</td> <td>0.770854</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.191647 - 0.571225i</td> <td>0.602517</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.191647 + 0.571225i</td> <td>0.602517</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-0.105608 - 0.335954i</td> <td>0.352162</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-0.105608 + 0.335954i</td> <td>0.352162</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> No root lies outside the unit circle. VAR satisfies the stability condition. </p>	Root	Modulus		0.765854 - 0.087653i	0.770854		0.765854 + 0.087653i	0.770854		0.191647 - 0.571225i	0.602517		0.191647 + 0.571225i	0.602517		-0.105608 - 0.335954i	0.352162		-0.105608 + 0.335954i	0.352162		<p>Response of LIPIB:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Period</th> <th style="text-align: left;">LIPIB</th> <th style="text-align: left;">LISK</th> <th style="text-align: left;">LIDE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.023800</td><td>0.000000</td><td>0.000000</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.002642</td><td>0.000623</td><td>0.003032</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.002983</td><td>0.003504</td><td>0.006283</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.004066</td><td>0.004785</td><td>0.006003</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.002888</td><td>0.004117</td><td>0.006549</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.002446</td><td>0.003252</td><td>0.007206</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.002122</td><td>0.002849</td><td>0.006811</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.001633</td><td>0.002613</td><td>0.005842</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.001232</td><td>0.002271</td><td>0.004913</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.000960</td><td>0.001845</td><td>0.004158</td></tr> </tbody> </table>	Period	LIPIB	LISK	LIDE	1	0.023800	0.000000	0.000000	2	0.002642	0.000623	0.003032	3	0.002983	0.003504	0.006283	4	0.004066	0.004785	0.006003	5	0.002888	0.004117	0.006549	6	0.002446	0.003252	0.007206	7	0.002122	0.002849	0.006811	8	0.001633	0.002613	0.005842	9	0.001232	0.002271	0.004913	10	0.000960	0.001845	0.004158																							
Root	Modulus																																																																																								
0.765854 - 0.087653i	0.770854																																																																																								
0.765854 + 0.087653i	0.770854																																																																																								
0.191647 - 0.571225i	0.602517																																																																																								
0.191647 + 0.571225i	0.602517																																																																																								
-0.105608 - 0.335954i	0.352162																																																																																								
-0.105608 + 0.335954i	0.352162																																																																																								
Period	LIPIB	LISK	LIDE																																																																																						
1	0.023800	0.000000	0.000000																																																																																						
2	0.002642	0.000623	0.003032																																																																																						
3	0.002983	0.003504	0.006283																																																																																						
4	0.004066	0.004785	0.006003																																																																																						
5	0.002888	0.004117	0.006549																																																																																						
6	0.002446	0.003252	0.007206																																																																																						
7	0.002122	0.002849	0.006811																																																																																						
8	0.001633	0.002613	0.005842																																																																																						
9	0.001232	0.002271	0.004913																																																																																						
10	0.000960	0.001845	0.004158																																																																																						
<p>Response of LISK:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Period</th> <th style="text-align: left;">LIPIB</th> <th style="text-align: left;">LISK</th> <th style="text-align: left;">LIDE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.026411</td><td>0.009191</td><td>0.000000</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.008218</td><td>0.008636</td><td>0.006507</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.007592</td><td>0.007900</td><td>0.015584</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.008300</td><td>0.008312</td><td>0.017401</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.006279</td><td>0.008325</td><td>0.016406</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.004863</td><td>0.007558</td><td>0.015220</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.004002</td><td>0.006424</td><td>0.013861</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.003203</td><td>0.005347</td><td>0.012210</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.002488</td><td>0.004452</td><td>0.010380</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.001899</td><td>0.003672</td><td>0.00859</td></tr> </tbody> </table>	Period	LIPIB	LISK	LIDE	1	0.026411	0.009191	0.000000	2	0.008218	0.008636	0.006507	3	0.007592	0.007900	0.015584	4	0.008300	0.008312	0.017401	5	0.006279	0.008325	0.016406	6	0.004863	0.007558	0.015220	7	0.004002	0.006424	0.013861	8	0.003203	0.005347	0.012210	9	0.002488	0.004452	0.010380	10	0.001899	0.003672	0.00859	<p>Response of LIDE:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Period</th> <th style="text-align: left;">LIPIB</th> <th style="text-align: left;">LISK</th> <th style="text-align: left;">LIDE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.001041</td><td>0.030064</td><td>0.142157</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.082666</td><td>0.075174</td><td>0.113960</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.045021</td><td>0.073433</td><td>0.094198</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.032966</td><td>0.054358</td><td>0.107799</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.033103</td><td>0.042867</td><td>0.108355</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.026106</td><td>0.038763</td><td>0.093645</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.018915</td><td>0.034980</td><td>0.076853</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.014390</td><td>0.029049</td><td>0.063667</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.011255</td><td>0.022709</td><td>0.053295</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.008655</td><td>0.017684</td><td>0.043838</td></tr> </tbody> </table> <p><i>Cholesky Ordering : LIPIB LISK LIDE</i></p>	Period	LIPIB	LISK	LIDE	1	0.001041	0.030064	0.142157	2	0.082666	0.075174	0.113960	3	0.045021	0.073433	0.094198	4	0.032966	0.054358	0.107799	5	0.033103	0.042867	0.108355	6	0.026106	0.038763	0.093645	7	0.018915	0.034980	0.076853	8	0.014390	0.029049	0.063667	9	0.011255	0.022709	0.053295	10	0.008655	0.017684	0.043838
Period	LIPIB	LISK	LIDE																																																																																						
1	0.026411	0.009191	0.000000																																																																																						
2	0.008218	0.008636	0.006507																																																																																						
3	0.007592	0.007900	0.015584																																																																																						
4	0.008300	0.008312	0.017401																																																																																						
5	0.006279	0.008325	0.016406																																																																																						
6	0.004863	0.007558	0.015220																																																																																						
7	0.004002	0.006424	0.013861																																																																																						
8	0.003203	0.005347	0.012210																																																																																						
9	0.002488	0.004452	0.010380																																																																																						
10	0.001899	0.003672	0.00859																																																																																						
Period	LIPIB	LISK	LIDE																																																																																						
1	0.001041	0.030064	0.142157																																																																																						
2	0.082666	0.075174	0.113960																																																																																						
3	0.045021	0.073433	0.094198																																																																																						
4	0.032966	0.054358	0.107799																																																																																						
5	0.033103	0.042867	0.108355																																																																																						
6	0.026106	0.038763	0.093645																																																																																						
7	0.018915	0.034980	0.076853																																																																																						
8	0.014390	0.029049	0.063667																																																																																						
9	0.011255	0.022709	0.053295																																																																																						
10	0.008655	0.017684	0.043838																																																																																						