

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

Patent of invention and economic growth: an analysis within the framework of the Tunisian economy during the period 1970 - 2010

Mohamed Mabrouki

ISAEG, MaCMA

January 2017

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/80485/>
MPRA Paper No. 80485, posted 29 July 2017 13:25 UTC

Brevet d'invention et croissance économique : une analyse dans le cadre de l'économie tunisienne durant la période 1970 - 2010

Résumé

Cette étude se propose d'analyser empiriquement la relation entre le brevet et la croissance économique, en adoptant l'approche VAR. En effet, afin de vérifier si, dans le cadre de l'économie tunisienne et durant la période allant de 1975 à 2010, le développement des innovations technologiques favorise la croissance économique, nous testons une intuition de la théorie de croissance endogène, en analysant la relation entre le taux de croissance de Produit Intérieur Brut (PIB) et le taux de croissance de nombre des brevets déposés par les résidents.

Les résultats indiquent un effet positif statistiquement significatif entre les brevets déposés durant la période précédente ($t-1$) et la croissance économique d'aujourd'hui (t). Ce qui reflète l'importance des connaissances comme étant un facteur déterminant de la croissance.

Abstract

This study aims to empirically analyze the relationship between patent and economic growth, adopting the VAR approach. Indeed, in order to determine whether, in the context of the Tunisian economy and in the period from 1975 to 2010, the development of technological innovation promotes economic growth, we test an intuition of endogenous growth theory, analyzing the relationship between product growth rate (GDP) and the number of growth rates of patents filed by residents.

The results indicate a statistically significant positive effect between patents filed during the previous period ($t-1$) and current economic growth (t). What reflects the importance of knowledge as being a decisive factor of growth.

Mots clés : Brevet, Innovation, Croissance, VAR, Tunisie

Keywords: Patent, Innovation, Growth, VAR, Tunisia

I. Introduction

L'innovation est aujourd'hui l'un des principaux facteurs susceptibles d'améliorer de façon décisive la compétitivité des entreprises et la croissance économique des pays.

Le nombre de brevets délivrés dans le monde en 2010 étaient environ deux millions, contre presque un million en 1990, selon les statistiques de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI). Durant la même période le nombre des brevets déposés en Tunisie (INNORPI) a multiplié plus de trois fois (160 en 1990, contre 549 en 2010). Ce qui reflète l'importance croissante accordée aux brevets. Ces derniers jouent un rôle déterminant dans la politique d'innovation.

En effet suivant Douglass North (1990) le développement des innovations et de la croissance économique à long terme est tributaire du bon fonctionnement d'un système des brevets.

Selon la vision de Schumpeter (1911), l'innovation est la condition nécessaire pour réaliser le développement et le profit. Ainsi, la théorie économique, depuis Nordhaus (1969), s'intéresse à l'étude de politique de brevet. C'est-à-dire, comment protéger l'innovateur, sans créer des obstacles aux diffusions des nouvelles connaissances ? Comment satisfaire deux objectifs contradictoires : inciter l'investissement en matière de recherche et développement par l'octroi d'un monopole temporaire à l'innovateur et garantir la diffusion des nouvelles technologies ?

L'objectif de cet article est d'étudier la validité empirique de l'intuition théorique selon laquelle une politique optimale du brevet favorise l'innovation au profit de la croissance. En effet, nous cherchons à vérifier, dans le cadre de l'économie tunisienne et durant la période 1975/2010, si l'innovation favorise la croissance économique. Pour ce faire, nous testons la relation entre les taux de croissance des deux variables suivantes : le produit Intérieur Brut (PIB) et le nombre des brevets déposés en Tunisie par les résidents.

Le rester de notre article est organisé comme suit. Nous analysons dans un premier temps, des différents arguments théoriques relatifs au niveau optimal de la protection par le brevet. Dans un second temps, nous traitons les aspects méthodologiques. Dans un troisième temps nous analysons et discutons les résultats trouvés. En suite nous réalisons une étude de robustesse. Nous terminons par conclure ce travail.

II. Revue de la littérature

La protection de la propriété industrielle par les brevets a pour objectif d'encourager les agents économiques d'investir d'avantage en recherche et développement. Toutefois, le monopole octroyé sur l'exploitation des nouvelles innovations, peut constituer des entraves à la diffusion des nouvelles idées. En effet, il défavorise l'innovation et, donc, freiner la croissance. Entre ces deux effets contradictoires, il est difficile de trouver l'équilibre par une protection optimale par le brevet. Ce qui pose la question sur le dilemme entre protection et diffusion.

Quel est, donc, le niveau optimal de protection à travers la durée (longueur) et l'étendue (largeur et hauteur) des brevets?

Ce travail vise à montrer que le brevet, par l'application de ses trois dimensions (longueur, largeur, hauteur), peut constituer un instrument de politique économique susceptible d'inciter l'innovation et favoriser la croissance.

Dans ce cadre, nous pouvons poser la question suivante : comment la théorie économique a fait appréhender l'effet de la protection par le brevet sur l'innovation et la croissance ? L'objectif est, donc, d'analyser les arguments fréquemment avancés par les travaux relatifs à la protection par le brevet.

Les travaux théoriques, en la matière, peuvent être classés en deux catégories. La première regroupe les théories de croissance endogène fondées sur l'innovation, dont le brevet est généralement représenté d'une manière abstraite. La deuxième englobe les modèles microéconomiques ou d'économie industrielle. Ces modèles ont représenté le brevet d'une manière plus riche et détaillée.

Afin d'étudier l'aspect de brevet comme étant un instrument de politique publique capable d'encourager l'innovation et favoriser la croissance, nous analysons les différentes méthodes dont ces deux types des travaux ont représenté les trois dimensions du brevet.

La littérature sur la croissance endogène fondée sur l'innovation montre deux grandes familles des modèles : La première rassemble les modèles de différenciation horizontale où l'innovation augmente la gamme de produits intermédiaires (bien capital). La deuxième regroupe les modèles de différenciation verticale où l'innovation donne lieu à l'expansion des qualités. C'est-à-dire les produits de meilleure qualité remplacent les produits de qualité inférieure. En outre, l'économie industrielle a fourni des modélisations importantes de l'innovation, telle que la différenciation horizontale depuis Hotelling (1929) et la différenciation verticale depuis Chamberlin (1933).

II.1. Impact de la longueur du brevet sur l'innovation et la croissance

Les premières réflexions sur la longueur du brevet comme étant un facteur agissant sur le niveau de croissance, ont été développées par Nordhaus (1969) et Scherer (1972). Selon le modèle de Nordhaus, la durée de vie optimale des brevets doit être finie afin de minimiser la perte sèche du monopole. En analysant le modèle de Nordhaus, Scherer (1972) a montré qu'une protection longue engendre des efforts de recherche et développement plus intenses, car les profits attendus seraient plus importants. En outre, elle implique des pertes sèches dues au monopole plus importantes.

Le modèle d'expansion du nombre de variétés de Romer (1990) repose sur le bon fonctionnement de l'office de brevet qui assure la diffusion des connaissances. Dans ce modèle le progrès technique est le résultat des activités de recherche et développement réalisées par les entreprises privées motivées par les profits et protégées par un brevet de durée infinie. Cependant, la considération d'une protection infinie ne permet pas de modéliser le brevet comme un instrument de politique économique.

Aussi, alors que la durée de vie infinie de la protection par le brevet est favorable à la distorsion de marché au profit de monopole, l'apparition des nouvelles innovations et donc de nouveaux brevet et de

nouveaux monopoles fait réduire la largeur. Ce qui affaiblit l'incitation à investir de recherche et développement. Ainsi, le rôle du système des brevets en matière de garantir une croissance soutenable se réduit à la simple acte d'assurer la diffusion des connaissances.

Grossman et Helpman (1991) ont considéré que la supposition d'une longueur infinie de protection implique l'indépendance entre la connaissance et la durée de vie des brevets. Dans leur modèle la taille de l'innovation est supposée exogène, alors que les conclusions qui ressortent de ce travail sont tributaires à la valeur de l'incrément de qualité de cette innovation.

Michel et Nyssen (1998), ont introduit une durée de vie limitée du brevet dans le cadre d'un modèle de variété à la Grossman et Helpman (1991). Ils ont montré que l'augmentation de la durée de vie des brevets augmente la rentabilité d'un projet donné de recherche et développement, mais diminue également les externalités de connaissances qui jouent un rôle déterminant dans le processus de croissance. Ainsi, la manipulation de la durée de vie des brevets constitue, dans une analyse de second rang, un moyen d'agir sur l'appropriabilité des connaissances pour favoriser la croissance.

Les travaux de Grossman et Helpman (1991) et d'Aghion et Howitt (1992) sont à l'origine d'une tendance des recherches qui représentent l'innovation dans sa dimension verticale. Cette tendance a donné naissance aux modèles de destruction créatrice. Ces auteurs ont conclu que l'incitation à l'innovation ne repose pas seulement sur la structure de marché endogène, mais à la politiques de concurrence s'ajoute la politique des brevets.

Dans le cadre d'une différenciation à la fois horizontale et verticale des produits, Caballero et Jaffe (1993) ont développé un modèle constituant une contribution à la fois théorique et empirique importante en matière d'instaurer la longueur du brevet comme étant un outil de politique pour l'innovation et la croissance. Grâce aux brevets le taux d'obsolescence des idées se trouve endogénéisé, dont la mesure où le processus de recherche et la création de nouvelles idées donnent lieu à des dépôts de brevets. Ces auteurs ont montré que le système de brevets peut jouer un rôle important en matière de diffusion des nouvelles idées. En effet, les informations contenues dans les brevets assurent la rapidité d'accès des chercheurs aux nouvelles connaissances.

Selon ces travaux, une durée de vie de brevet optimale devrait avoir un impact positif sur la croissance économique à travers l'innovation.

II.2. Impact de l'arbitrage entre la longueur et la largeur du brevet, sur l'innovation et la croissance

Dans le cadre d'un modèle de croissance endogène, Segerstrom (2000) a considéré que la croissance économique est alimentée par l'innovation ainsi que par l'imitation. Il a proposé l'imitation comme une alternative à l'innovation. Dans ce modèle l'imitation faisant partie du secteur de la recherche. A travers un accord de licence entre l'innovateur et l'imitateur, le système de brevets permet de rémunérer l'innovation puis l'imitation.

Sur le plan microéconomique, Gilbert et Shapiro (1990) ont fourni les arguments et les conditions dans lesquelles la politique optimale d'un brevet à durée de vie infinie avec un réglage de la largeur permet de récompenser l'innovateur. Toutefois, ces récompenses nécessitent la création d'un pouvoir de marché, ce qui provoque une certaine perte de bien-être. D'où, l'origine du débat sur la politique des brevets qui consiste à étudier l'arbitrage entre l'efficacité dynamique et l'inefficacité statique attachées au brevet.

Klemperer (1990) a discuté la possibilité de minimiser l'ensemble des pertes résultant de l'octroi d'un monopole protégé par le brevet, tout en jouant sur la combinaison longueur-largeur du brevet. Le point de départ de son analyse est de garantir une marge bénéficiaire minimale au titulaire du brevet afin de lui inciter à investir dans la R&D et de générer, donc, le nouveau produit. Selon ce modèle, la combinaison optimale durée-étendue du brevet dépend des distributions des coûts de déplacement et des prix de réservation.

En se focalisant, sur la politique optimale du brevet en présence des possibilités d'imitation coûteuse, Gallini (1992) a fait modéliser l'incitation à imiter en fonction de la durée de vie du brevet. Il a montré que le brevet optimal doit être large et de longueur courte.

Ainsi, une combinaison optimale entre la longueur et la largeur affecte positivement l'innovation et la croissance.

II.3. *Impact de l'arbitrage entre la longueur et la hauteur du brevet, sur l'innovation et la croissance*

Dans le cadre d'un modèle de croissance endogène à la Grossman et Helpman (1991), Li (2000a) a développé son modèle (variété/qualité) en introduisant la notion du contrat de licence. En effet, à travers le système de licence, l'innovateur de bien intermédiaire est considéré comme détenteur d'un brevet, avec une largeur en avant infini. Cette largeur aval limite les futures innovations par la spécification des produits supérieurs que les concurrents ne peuvent produire. Ainsi, elle accorde à l'innovateur le droit de recevoir des flux de profit de la part de tous les innovateurs qui améliorent successivement son produit.

Matutes, Regibeau et Rockett (1996) ont défini l'étendue des brevets par le nombre d'applications différentes protégés par le même brevet. Ils se concentrent sur la protection des innovations fondamentales. Ils supposent d'abord que l'entreprise innovante a déjà obtenu une avancée technologique en tant que résultat d'une recherche précédente. Cette technologie peut être utilisée dans la production d'une série de produits (applications), dont chacun est brevetable en soi. Le modèle ne se concentre pas sur la façon dont chacune de ces applications devraient être protégés, mais plutôt la façon dont la technologie de base, devrait être protégée par le droit des brevets. En l'absence de protection des brevets, un innovateur qui a fait une avancée technologique importante serait tenté d'approfondir l'avancée dans le développement des applications, il ne démontre pas sa découverte et continue à le développer, avant de commercialiser un produit pour éviter le risque d'imitation de l'innovation fondamentale. Les auteurs trouvent que la protection de la hauteur génère un niveau de bien-être plus élevé que la protection de la longueur. Cela est expliqué par l'effet que l'introduction de l'invention de base se fait plus tôt et par suite la période au cours de laquelle les concurrents peuvent introduire des applications se fait, aussi, plus tôt. Ils trouvent aussi que la combinaison longueur et hauteur n'améliore rien.

Dans un modèle de La Manna (1992), la hauteur du brevet est implicitement représentée par un niveau minimal d'exigence de nouveauté qui reflète un seuil de brevetabilité. Ainsi, la hauteur renvoie à un minimum d'investissement en recherche et développement nécessaire pour qu'une invention puisse être jugée brevetable par l'office des brevets. La conception de brevet est considérée dans ce modèle comme un jeu à deux joueurs (un leader et un suiveur) dans lequel l'office des brevets fixe, d'une manière endogène, les règles du jeu. L'office des brevets doit résoudre un problème d'affectation double : Il désigne, qui est le leader et qui est le suiveur tout en fixant ses variables de contrôle, à savoir la durée de vie du brevet/ou le seuil de brevetabilité (La hauteur).

Le modèle de Hunt (1999) vise à montrer que l'exigence de nouveauté peut être utilisée comme un instrument de politique économique. Dans ce modèle le temps est continu et l'horizon est infini. Les découvertes se réalisent dans différents points dans le temps. L'intervalle du temps qui sépare deux découvertes est appelé course aux brevets. Au cours de chaque course au brevet, les entreprises entrent en concurrence pour réussir une invention. La course se termine quand une découverte survient et la prochaine course se déclenche immédiatement après cette découverte. La durée réelle des courses aux brevets est variable, parce que le processus qui génère les découvertes est aléatoire. Dans ce cadre, l'auteur montre que l'augmentation de l'exigence de nouveauté, l'office des brevets, a les incidences suivantes : d'une part, une entreprise qui réalise une découverte marginale n'obtient pas un brevet et se poursuit comme un concurrent pour la course suivante. Ainsi, elle échoue à gagner le bénéfice associé et à récupérer le coût de R&D. D'autre part, le bénéfice moyen de découvertes brevetables augmente.

L'investigation des ces travaux sur la durée de vie et l'exigence de nouveauté, nous a permis de signaler qu'une combinaison optimale entre la longueur et la hauteur affecte positivement l'innovation et la croissance.

II.4. Impact de l'arbitrage entre la longueur, la largeur et la hauteur du brevet, sur l'innovation et la croissance

Dans un modèle de croissance endogène, Li (2001) a fait développer le modèle de Grossman et Helpman (1991) pour tenir compte des résultats des études empiriques. Le modèle suppose une durée légale du brevet infinie ; et considère la largeur comme une mesure de degré de différenciation (horizontale ou verticale) de produit pour lequel un brevet est protégé contre la contrefaçon.

Au plan microéconomique, O'Donoghue, Scotchmer et Thisse (1998) ont considéré que la détermination à priori de la durée de vie optimal d'un brevet sans tenir compte de ses caractéristiques largeur et hauteurs, aboutit à des résultats fallacieux. Dans ce modèle la caractéristique largeur est modélisée de telle façon que la durée de vie statutaire coïncide avec la durée de vie effective. Les auteurs constatent que la rentabilité de la R&D dépend de la durée de vie effective des brevets, et que la vie effective du brevet est déterminée non seulement par la durée légale du brevet, mais aussi par l'étendue (largeur et hauteur). Ils considèrent une durée de vie des brevets infinie; tout en cherchant à étudier l'impact de la largeur sur le bien-être social. Ainsi, la vie effective des brevets dépend de la largeur et de la fréquence des idées d'amélioration. Ils montrent que si le taux d'arrivé des idées d'améliorations est élevé, un unique contrôle sur la largeur incite les firmes à sous investir dans les recherches et développement. En effet, l'utilisation de la largeur comme le seul instrument pour une politique de l'innovation est insuffisant même avec une durée de vie infinie (bien évidemment dans le cas d'une durée de vie finie).

L'analyse des différents arguments avancés par ces travaux, nous a permis de citer un énoncé synthétique qui peut être soutenu ou contredit : une politique de brevets appropriée, pourrait affecter positivement la croissance économique.

III. Méthodologie

La méthodologie utilisée est la modélisation VAR (Vector auto Régressive) et la notion de causalité définit au sens de Granger (1969).

Afin d'adopter la modélisation VAR, les étapes suivantes sont nécessaires. Dans un premier temps, nous étudions la stationnarité des séries chronologiques par l'application des tests de Dickey et Fuller (1979). Une fois les séries rendues stationnaires, nous procédons aux études d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité. La dernière étape consiste à estimer un modèle VAR non contraint à un nombre de retards égale p.

III.1. Description des données

III.1.1. Le produit intérieur brut

Le PIB est l'indicateur le plus utilisé pour rendre compte de la croissance économique d'une économie durant une période déterminée. Le taux de croissance de cette variable désigne le taux de croissance économique. Les séries du PIB sont tirées auprès de l'Institut National des Statistiques (INS).

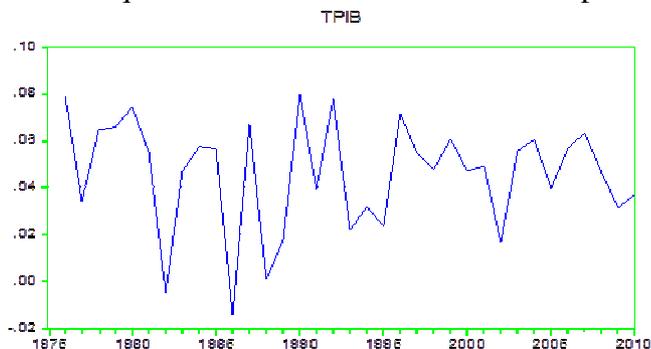


Fig. 1 - Evolution de taux de croissance de PIB période 1975/2010.

III.1.2. Les brevets déposés

Les connaissances (innovations), représentent l'output de la recherche. L'évaluation de ce dernier est difficile. Puisqu'il s'agit d'un bien intangible. D'après une étude de Griliches (1990), l'utilisation du nombre de brevets déposés comme un indicateur de la production des connaissances ou de l'output de la recherche est convenable. Aussi, Romer (1990) considère l'output de la recherche (les connaissances) comme un savoir technique, matérialisé par des procédés industriels de fabrication, qui induit la croissance. En outre, Guellec et Ralle (1993) ont choisi le nombre de brevets déposés aux Etats Unis par les résidents comme une mesure de nombre de biens. Ainsi, le choix des brevets comme proxy des innovations nous paraît justifié.

La série des dépôts des brevets est tirée auprès de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) pour la période 1984/2010, et à partir de la base des données de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI), base des données de la Banque Mondiale et Douis-free.fr/magistere/douis-chapitre04.pdf., pour la période 1975/1983.

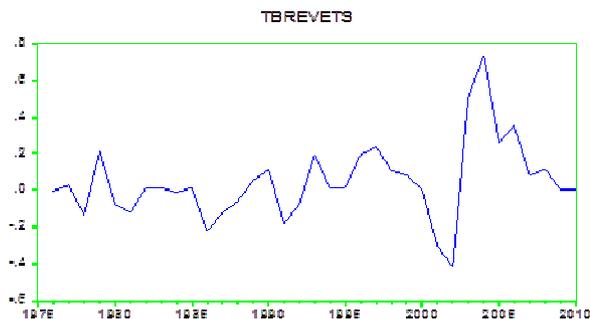


Fig. 2 - évolution de total de brevets en taux de croissance.

III.1.3. Etude de la stationnarité

En adoptant la stratégie séquentielle de test de l'existence de racine unitaire (le test de Dickey Fuller Augmenté), nous trouvons :

La série TPIB est stationnaire en niveau, au seuil de 5%, avec une constante.

La série TBREVETS est stationnaire en niveau, au seuil de 5%, sans constante ni tendance.

III.2. Spécification de modèle

Dans la modélisation VAR chaque variable est modélisée en fonction de ses propres retards et des retards des autres variables. Nous choisissons le nombre de retard optimal « p », qui minimise les deux critères d'information d'Akaike (AIC) et de Schwarz (SC).

Ainsi, l'application du test de causalité de Granger dans une deuxième étape permettra de préciser le sens de la relation entre les variables. La période d'estimation s'étale sur 36 ans allant de 1975 à 2010 (soit 35 observations puisqu'il s'agit des taux de croissance).

X = TPIB, représente le taux de croissance de PIB.

Y = TBREVET, représente le taux de croissance de dépôt des brevets en Tunisie par les résidents.

La méthode adoptée consiste à utiliser un modèle VAR bi-varié :

$$\begin{cases} X_t = a_{10} + a_{11}X_{t-1} + \dots + a_{1p}X_{t-p} + a_{21}Y_{t-1} + \dots + a_{2p}Y_{t-p} + u_{1t} \\ Y_t = b_{10} + b_{11}X_{t-1} + \dots + b_{1p}X_{t-p} + b_{21}Y_{t-1} + \dots + b_{2p}Y_{t-p} + u_{2t} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_t = a_{10} + a_{11}X_{t-1} + \dots + a_{1p}X_{t-p} + a_{21}Y_{t-1} + \dots + a_{2p}Y_{t-p} + u_{1t} \\ Y_t = b_{10} + b_{11}X_{t-1} + \dots + b_{1p}X_{t-p} + b_{21}Y_{t-1} + \dots + b_{2p}Y_{t-p} + u_{2t} \end{cases} \quad (2)$$

III.1.1. Le choix du nombre de retards

On choisit le nombre de retards qui minimise les valeurs des deux critères d'informations AIC et SIC. Nous estimons des modèles VAR avec un nombre de retard p allant de 1 à 6. Les variables des modèles, après la stationnarisation, sont : le de taux de croissance de PIB et le taux de croissance de dépôts de brevets. Le tableau suivant donne les valeurs des deux critères pour les différents retards.

Tableau 1- les valeurs des deux critères (AIC et SIC).

P	AIC	SIC
1	-4.901643	-4.632286
2	-4.725831	-4.272344
3	-4.499039	-3.857780
4	-4.317186	-3.484549
5	-4.280347	-3.252802
6	-4.044237	-2.818386

Source : nos résultats obtenus à partir d'Eviews.

Min AIC : - 4.901643 qui correspond à p = 1.

Min SIC : - 4.632286 qui correspond à p = 1.

Le nombre de retards optimal qui minimise les deux critères simultanément est p = 1.

Cependant, deux hypothèses sont nécessaires pour estimer ce modèle : il n'y a pas autocorrélation ni hétéroscédasticité des erreurs.

III.1.2. Test d'hétéroscédasticité des erreurs

Il est nécessaire de vérifier l'hypothèse d'homoscédasticité, puisqu'elle constitue l'une des hypothèses clés des modèles linéaires. Cette hypothèse impose que la variance des résidus (termes d'erreur) soit constante pour chaque observation. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée, nous parlons d'hétéroscédasticité.

Il existe plusieurs tests pour détecter l'hétéroscédasticité des erreurs. Les plus utilisés sont les tests de Breusch et Pagan (1979) et White (1980).

Le logiciel eviews donne deux sortes des tests de White: «White Heteroskedasticity non cross terms» et «White Heteroskedasticity cross terms». Nous choisissons «White Heteroskedasticity cross terms ». Suivant le tableau 2, la probabilité est égale à 0.2407 > 0.05, on accepte donc l'hypothèse nulle d'homoscédasticité des résidus.

Tableau 2 - Tests de White.

test joint:					
Chi-sq	df	Prob.			
18.43038	15	0.2407			
composantes Individuelles :					
Dépend.	R-squared	F(5,28)	Prob.	Chi-sq(5)	Prob.
res1*res1	0.094346	0.583376	0.7124	3.207759	0.6680
res2*res2	0.390663	3.590321	0.0124	13.28255	0.0209
res2*res1	0.177955	1.212281	0.3292	6.050476	0.3013

Source : nos résultats à partir d'Eviews.

III.1.3. Tests d'autocorrélation des erreurs

Il y a plusieurs tests pour détecter la présence d'autocorrélation des résidus : Durbin-Watson, Ljung-Box, Breusch-Godfrey et Box-Pierce. En 1950 Durbin et Watson élaboraient leur test, le plus fréquemment utilisé, de détection d'une autocorrélation d'ordre 1. En utilisant, ici, le Test de Breusch-Godfrey pour tester des autocorrélations. Ce test a l'avantage que la variable dépendante peut apparaître comme variable explicative retardée dans le modèle (modèle autorégressif) et les autocorrélations peuvent être supérieures à l'ordre 1. Le logiciel Eviews offre le test de Breusch-Godfrey. Nous remarquons que toutes les probabilités sont supérieures à 0.05 (tableau 3) ; donc on accepte l'hypothèse nulle de non autocorrélation des erreurs.

Tableau 3 -Test de Breusch-Godfrey.

Retards	LM-Stat	Probabilité
1	2.652145	0.6176
2	3.345001	0.5018
3	1.309303	0.8598
4	0.911871	0.9229
5	0.680023	0.9538
6	0.651731	0.9571
7	1.812085	0.7703
8	7.745181	0.1014
9	2.059875	0.7247
10	6.592975	0.1590

Source : nos résultats à partir d'Eviews.

IV. Analyses et discussions des résultats

1.1. Estimation VAR(1)

Nous estimons le modèle VAR(1) par la méthode MCO, équation par équation indépendamment l'une de l'autre¹. Le résultat de l'estimation est donné par le tableau 4.

Tableau 4 - l'estimation du VAR(1).

	PIB	BREVETS
	-0.228511	-1.174777
PIB (-1)	(0.17426)	(1.55712)
	[-1.31134]	[-0.75446]
	0.022975	0.410557
BREVETS (-1)	(0.01913)	(0.17098)
	[1.20073]	[2.40118]
	0.054569	0.081220
C	(0.00882)	(0.07878)
	[6.18957]	[1.03099]

écart-type entre () & t-stat entre []

Source : nos résultats à partir d'Eviews.

¹ « Dans le cas d'un processus VAR, chacune des équations peut être estimée par les MCO, indépendamment les unes des autres ... » Régis Bourbonnais, 2009, Dunod, Paris

IV.1. Stabilité de VAR : Valeurs propres du polynôme caractéristique

Un processus VAR(p) est stationnaire (stable) si toutes les racines du polynôme caractéristique sont à l'extérieur du cercle unitaire. Ce qui implique que toutes les valeurs propres de la matrice caractéristique sont de module inférieur à l'unité. Afin de vérifier cette propriété nous traçons le cercle des valeurs propres. Nous remarquons que les deux valeurs propres sont à l'intérieur du cercle unitaire ; ce que prouve bien la stabilité de notre modèle VAR. (Voir Fig.3).

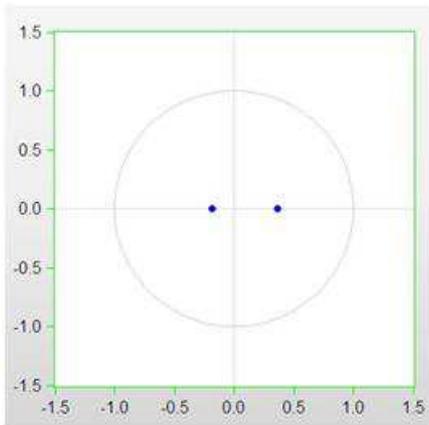


Fig. 3 - Valeurs propres du polynôme caractéristique.

IV.2. Etude de la causalité au sens de Granger

La question est de savoir maintenant est-ce que l'une des ces variables (PIB, BREVETS) est causalement liée à l'autre? Pour répondre à cette question, nous avons utilisé le concept de causalité de Granger. Dans ce contexte, les résultats de modèle VAR(1) utilisé, seront testés. L'application de test de Fichier sur les résultats empiriques trouvés, montre l'absence d'un effet causale entre le brevet et le PIB dans le cas de l'économie tunisienne durant la période étudiée (tableau 5).

Tableau 5 - test de causalité au sens de Granger pour VAR bi-varié

Hypothèse nulle:	Obs	F-Stat.	Prob.
BREVETS does not Granger Cause PIB	34	1.44175	0.2390
PIB does not Granger Cause BREVETS		0.56920	0.4563

Source : nos résultats à partir d'Eviews

IV.3. Interprétation de résultats

L'évolution de taux de croissance de brevets dépend, positivement, de lui-même retardée d'une période. Le coefficient 0.410557 (tableau 4) est statistiquement significatif au seuil de 5% (le t de student 2.40118 > 2.042 valeur tabulée). Cela signifie, qu'une augmentation de 10% de taux de croissance de brevets retardée d'une période donne une augmentation de taux de croissance de brevets de 4.1%. Ce résultat montre que le brevet désigne à la fois l'input et l'output de la recherche. Les brevets à la date « t », qui sont l'output de la recherche d'aujourd'hui, constituent l'input utilisé pour produire les innovations brevetées à la date « t+1 ». Ainsi, la prédiction théorique que le brevet est un moteur de l'innovation, trouve ici une confirmation. Le brevet est donc un instrument de politique économique pour encourager l'investissement en recherche et développement. Plus des brevets donnent plus d'innovations et donc plus des brevets et ainsi de suite.

Confirmèrent aux prédictions des théories de croissance endogène fondée sur l'innovation, le taux de croissance de PIB est lié positivement au taux de croissance de brevets retardée d'une période. C'est

bien confirmèrent à la logique économique que les innovations d'aujourd'hui (les brevets à la date « t ») ne trouvent ses application industrielle qu'après une retard de temps de moins une période. Toutefois, ce coefficient (0.022975 (tableau 4)) est statistiquement non significatif au seuil de 5% (le t de student $1.20073 < 2.042$ valeur tabulée), d'où l'absence d'une relation de causalité au sens de grangère entre les deux variables étudiées (Tableau 5, les deux probabilités sont supérieures à 0.05).

Ce résultat ne constitue pas une infirmation de la théorie, mais il est expliqué par, au moins, deux points :

Le premier point est d'aspect méthodologique : le brevet comme indicateur des connaissances n'est pas un indicateur parfait, puisque le secret joue aussi un rôle non négligeable. Ainsi, la propension à breveter varie selon les secteurs, les industries et les pays. Ce qui explique la sous-estimation de l'output de la recherche. Aussi, le brevet ne reflète pas la valeur qualitatives des idées sous-jacentes. Il ne constitue qu'une mesure quantitative des innovations.

Le deuxième point est spécifique de l'économie tunisienne: la faiblesse de secteur de recherche et développement et du système nationale de recherche en générale. Cela est dû, en grande partie, à la quasi-absence des innovateurs privés de la sphère de la R&D. En 2000, seulement 9% des dépenses de la R&D ont comme origine des fonds privés, le reste est d'origine publique (91%). Aussi, le ratio dépense en R&D / PIB représente moins de 1% jusqu'à 2004, ce qui ne favorise pas la modernisation technologique et, donc, l'obtention des brevets.

IV.4. Etude de robustesse

Cette section tend à fournir quelques indications sur la robustesse des résultats trouvés ci-dessus. En effet, nous allons effectuer une estimation d'un modèle VAR où en introduisant la variable dépense en recherche et développement pour représenter l'input de la recherche. Les données sur cette variable est disponible auprès du Secrétariat d'Etat à la Recherche Scientifique et Technologique (SERST) pour la période 1992-2010. Le graphique 4 montre l'évolution de dépense en R&D, ainsi que le graphique 5 illustre l'évolution de taux de croissance de cette variable.

La série taux de croissance de la dépense en R&D est stationnaire en niveau.

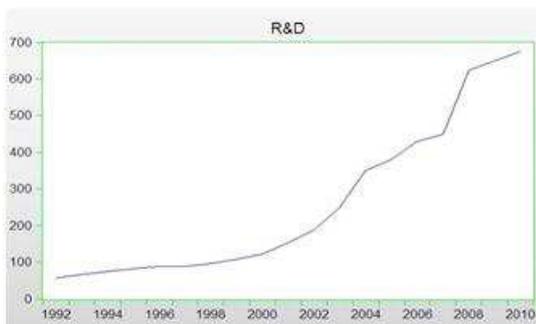


Fig. 4 - évolution de la dépense en R&D durant la période 1992/2010.

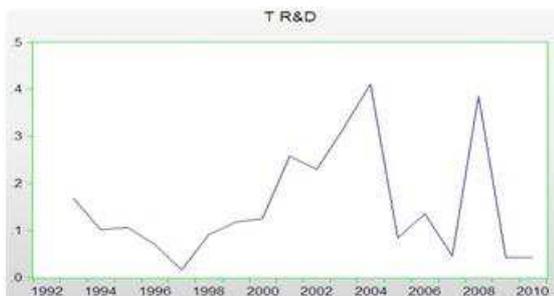


Fig. 5 - taux de croissance la dépense en R&D durant la période. 1992/2010

Le tableau 6 présente le résultat de l'estimation de notre modèle VAR (2) tri-varié : taux de croissance de PIB, taux de croissance des brevets et taux de croissance de dépense en R&D.

Le résultat montre quatre relations statistiquement significatives au seuil de 10% : un effet positif entre les brevets déposés à « t-1 » et les brevets déposés à « t » ; (2.08062 > 1.8331 valeur tabulée, 9 degrés de liberté). Cette relation déjà trouvée et expliquée au niveau de l'estimation de VAR (1).

Un effet positif entre les brevets déposés durant la période précédente et la croissance économique d'aujourd'hui (2.16696 > 1.8331 valeur tabulée, 9 degrés de liberté). Pour le modèle VAR(1) bi-varié cette relation est non significative. Toutefois lorsque nous avons introduit la troisième variable qui représente l'input de la R&D, cette relation a devenu statistiquement significative. Une évolution de dépôt des brevets de l'année « t-1 » de 10% provoque une évolution, dans le même sens, de la croissance économique de l'année « t » de 0.46%.

Un effet positif entre la dépense en R&D à « t-1 » et les brevets déposés à « t » (1.84234 > 1.8331 valeur tabulée, 9 degrés de liberté). Les brevets représentent l'output de la recherche alors que la dépense en R&D désigne l'input du secteur de la recherche et développement.

Un effet positif entre la dépense en R&D à « t-1 » et elle même à « t » (1.91093 > 1.8331 valeur tabulée, 9 degrés de liberté). Les fruits de la dépense en recherche et développement d'aujourd'hui constituent des ressources pour des futures recherches.

Ces résultats confirment bien la théorie de croissance endogène fondée sur l'innovation. Le brevet constitue un vecteur de la croissance économique à travers la promotion de l'innovation. Cette théorie trouve aussi une confirmation par le test de causalité au sens de Granger, qui montre une relation de causalité de la dépense en R&D vers les brevets. Ainsi, tout investissement en R&D est au profit de l'innovation qui est en faveur de la croissance économique.

Ainsi, nos résultats empiriques confirment notre intuition théorique, selon laquelle le brevet constitue un instrument de politique économique pour l'innovation au profit de la croissance. Cet instrument permet d'encourager l'investissement en matière de recherche pour promouvoir l'innovation et favoriser la croissance économique.

Comparativement à nos résultats, une étude a été réalisée par Karine Pellier (2005) sur l'influence de la propriété intellectuelle sur la croissance économique française durant la période 1791/1945, a abouti à une infirmation de modèle de Romer (1990). Ce travail a utilisé les dépôts de brevets comme proxy de la production de technologique, le PIB pour rendre compte de la croissance économique et le nombre de doctorats accordés pour mesurer l'input de la recherche. Cette étude a prouvé l'existence de trois relations de causalité : la première concerne l'effet du taux de croissance du nombre de doctorats sur le taux de croissance du PIB. La deuxième s'impose de la croissance économique vers le taux de croissance du nombre de brevets déposés. La troisième reflète l'effet du taux de croissance du nombre de doctorats sur le taux de croissance du nombre de brevets déposés.

Guellec et Ralle (1993) ont montré une relation statistiquement significative entre le nombre de brevets (le nombre de brevets déposés aux États-Unis par les résidents durant la période 1902-1985) et le nombre de chercheurs (nombre de doctorats accordés aux États-Unis). Ce qui prouve bien la position de brevet comme étant un instrument de politique économique dans un cadre de croissance endogène.

Tableau 6 - L'estimation du VAR (2) tri-varié.

	PIB	BREV	R&D
PIB (-1)	-0.443759 (0.35580) [-1.24722]	-4.905984 (5.86726) [-0.83616]	3.042222 (3.27972) [0.92759]
PIB (-2)	0.126209 (0.30172) [0.41830]	-0.320379 (4.97549) [-0.06439]	1.543645 (2.78123) [0.55502]
BREVETS (-1)	0.046493 (0.02146) [2.16696]	0.736141 (0.35381) [2.08062]	-0.117393 (0.19777) [-0.59357]
BREVETS (-2)	-0.025131 (0.02092) [-1.20129]	-0.551361 (0.34498) [-1.59824]	-0.257518 (0.19284) [-1.33540]
R&D (-1)	-0.066539 (0.03629) [-1.83338]	-0.354038 (0.59849) [-0.59156]	0.039672 (0.33455) [0.11858]
R&D (-2)	-0.021742 (0.03874) [-0.56118]	0.795708 (0.43190) [1.84234]	0.682451 (0.35713) [1.91093]
C	0.074468 (0.02349) [3.17013]	0.282446 (0.38737) [0.72914]	-0.089445 (0.21653) [-0.41308]

écart-type entre () & t-stat entre []

Source : nos résultats à partir d'Eviews.

Tableau 7 - Test de causalité au sens de Granger pour VAR tri-varié.

Hypothèse Nulle:	Obs	F-Stat.	Prob.
BREVETS does not Granger Cause PIB	14	0.59618	0.6817
PIB does not Granger Cause BREVETS		1.05252	0.4653
R&D does not Granger Cause PIB	14	0.96014	0.5018
PIB does not Granger Cause R&D		0.26891	0.8863
R&D does not Granger Cause BREVETS	14	5.97052	0.0382
BREVETS does not Granger Cause R&D		0.75137	0.5976

Source : nos résultats à partir d'Eviews.

V. Conclusion

Nous avons, prouvé, conformément aux prédictions des théories de croissance endogène fondée sur l'innovation, l'existence d'une relation positive entre le taux de croissance de PIB et le taux de

croissance de brevets retardée d'une période. C'est qui confirme la logique économique, suivant laquelle les innovations d'aujourd'hui (les brevets à la date « t ») ne trouvent ses applications industrielles qu'après un retard de temps de moins une période. En outre, le test de causalité au sens de Granger, a montré une relation causale entre la dépense en R&D et les brevets. Ainsi tout investissement en R&D est au profit de l'innovation qui est en faveur de la croissance économique. Ainsi, le brevet constitue un vecteur de croissance économique à travers la promotion de l'innovation. Ce que prouve qu'une politique appropriée par brevet peut constituer un instrument de politique économique pour l'innovation au profit de la croissance.

Pour terminer, nous voudrions souligner deux principales limites de notre travail.

La première concerne le non disponibilité des données exactes pour mesurer l'étendu de brevets.

La deuxième est relative à l'hypothèse retenue par ce travail selon laquelle le brevet est l'unique déterminant de processus de l'innovation. Alors que le brevet n'est qu'un déterminant parmi d'autres du rendement de l'innovation.

Ainsi, de nombreux prolongements de ce travail sont envisageables.

Concernant la première limite nous pouvons proposer l'élaboration d'une mesure exacte pour l'étendu d'un brevet. Il faut soulever la question : avec quelle méthode l'innovateur et l'office de brevets déterminent-ils la largeur d'un brevet pour une innovation? Certains travaux ont proposé de mesurer l'étendue du brevet à partir des revendications spécifiées lors du dépôt de la demande de brevet, puisqu'elles définissent les limites techniques du monopole. Par exemple Matutes, Regibeau et Rockett (1996) ont défini l'étendue des brevets par le nombre d'applications différentes protégés par le même brevet.

Concernant la deuxième limite, il est indispensable d'élaborer un modèle où les entreprises ont la possibilité d'avoir recours au système des brevets pour protéger leurs inventions ou également de décider de garder le secret. Ce modèle doit considérer le dépôt d'un brevet par les entreprises comme un choix stratégique et non comme l'aboutissement obligé de toute activité inventive. Selon D. Guellec et P. Ralle (1985) « dans nombre de cas, le secret sera un mode de protection plus efficace ». En effet, une part non négligeable des connaissances reste en secret.

REFERENCES

-
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Breusch, & Pagan (1979). A Simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica, The Econometric Society*, 47(5), 1287-1294.
- Caballero, R., & Jaffe, A. (1993). How High are the Giants Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of economic Growth, in Blanchard O. et Fisher S. *NBER Macroeconomic Annual* (1993), Cambridge, MIT Press.
- Chamberlin, E. (1933). Theory of Monopolistic Competition: A Re-orientation of Theory of Value. *Harvard University Press*.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association* 74 (366): pp. 427-431.
- Gallini, N. (1992). Patent Policy and Costly Imitation. *RAND Journal of Economics*, 23, 52-63.
- Gilbert, R., & Shapiro, C. (1990). Optimal Patent Length and Breadth. *RAND Journal of Economics*, 21, 106-112.
- Granger, C. W. J., (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods. *Econometrica*, 424 - 438.

-
- Griliches, Z. (1990). Patents Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28, 1661-1707.
- Grossman, G.M., & Helpman, E. (1991 b). Quality Ladder in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Guellec, D., & Ralle, (1993). Innovation, propriété intellectuelle, croissance. *Revue Economique, Nouvelles théories de la croissance*, No.2, mars 1993.
- Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *Economic Journal*, 39(153), 41-57.
- Hunt, R.M., (1999). Nonobviousness and the Incentive to Innovate: An Economic Analysis of Intellectual Property Reform. *Federal Reserve Bank of Philadelphia, Working Paper No. 99-3*.
- Klemperer, P. (1990). How broad should the scope of patent be?. *RAND Journal of Economic*, 21, 113-130.
- La Manna, M. (1992). Optimal Patent Life vs. Optimal Patentability Standards. *International Journal of Industrial Organization*, 10, 81-89.
- Li, C-W. (2000a). Endogenous vs. semi-Endogenous Growth in a two-R&D-sector Model. *Economic Journal*, 110, 109-122.
- Li, C-W. (2001). On the Policy Implications of Endogenous Technological Progress. *The Economic Journal*, 111, 164-179.
- Matutes, C., Regibeau, P., & Rockett, K. (1996). Optimal Patent Design and the Diffusion of Innovations. *RAND Journal of Economics, The RAND Corporation*, 27(1), 60-83.
- Michel P., & Nyssen J. (1998). On Knowledge Diffusion, Patents Lifetime and Innovation Based Endogenous Growth. *Annales d'Economie et de Statistiques*, 49(50), 79-103.
- Nordhaus, W. (1969). *Invention, Growth and Welfare*, MIT Press.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- O'Donoghue, T., Scotchmer, S., & Thisse, J.-F. (1998). Patent Breadth, Patent Life, and the Pace of Technological Progress. *Journal of Economics & Management Strategy*, 7(1), 1-32.
- Pellier, K. (2005). Propriété intellectuelle et croissance économique en France, 1791 - 1945 : une analyse cliométrique du modèle de Romer. *Economies et sociétés*; 39(7). - Paris : Presses de l'ISMEA., 1299-1321.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*. 98, 71-102.
- Scherer, F. (1972). Nordhaus' Theory of optimal patent life: a geometric reinterpretation. *American Economic review*, 62, 422-427.
- Schumpeter, J. (1911). *Théorie de l'évolution économique. Recherche sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture*. traduction française (1983), Dalloz, Paris.
- Segerstrom, P. (2000). The long-Run Growth Effects of R&D Subsidies. *Journal of Economic Growth*, 5(3), 277-305.
- White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica* 48 (4), 817-838.