

Analyse et Modélisation du Progrès Technique au Maroc : Les Enseignements d'un Modèle VECM

Zouhair DAHANI¹, Mohamed DEHHAOUI² & Ahmed BOUSSELHAMI³

¹Chercheur, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

²Enseignant-Chercheur, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

³Enseignant-Chercheur, Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales, Tanger, Maroc

Résumé

Le présent travail de recherche a pour objectifs d'analyser le progrès technique achevé par le Maroc et déceler l'impact des différents déterminants de ce progrès technique. L'estimation de la fonction du progrès technique marocain à court et long terme s'est avérée nécessaire pour répondre aux objectifs de notre recherche.

L'analyse des données montre que le Maroc occupe une position modeste en termes de R&D et innovation. Devant cette situation, le pays s'oriente souvent vers l'extérieur pour satisfaire ses besoins, notamment à travers l'importation de la technologie étrangère. Les résultats de notre modélisation économétrique "VECM" sur la période 1990-2018 montrent que le progrès technique marocain mesuré par la productivité globale des facteurs de production dépend amplement de l'investissement dans le capital humain ainsi que la réalisation des investissements directs étrangers (IDE). En outre, la demande des brevets ainsi que l'importation massive des biens d'équipements industriels et agricoles et les technologies d'information et de communication (TIC) ont un faible impact sur la productivité des facteurs de production. En effet, la majorité des produits importés sont considérés comme étant des inputs traditionnels de la production marocaine à cause d'une offre nationale insuffisante.

Mots clés : Progrès technique, innovation, ouverture commerciale, productivité globale des facteurs de production, VECM, Maroc.

Analysis and Modeling of Technical Progress in Morocco: Lessons from a VECM Model

Abstract

The present research work aims to analyze the technical progress achieved by Morocco and detect the impact of the various determinants of this technical progress. The estimation of the function of Moroccan technical progress in the short and long term proved to be necessary to meet our objectives.

Data analysis shows that Morocco occupies a modest position in terms of R&D and innovation. The country often turns abroad to meet its needs in particular through the importation of foreign technology. The results of our econometric modeling "VECM" on the period 1990-2018 show that the Moroccan technical progress measured by the overall productivity of production factors largely depends on human capital investments as well as the realization of foreign direct investment (FDI). Moreover, the demand for patents and the massive import of industrial, agricultural goods and information and communication technology (ICT) have a low impact on the production factors productivity. In fact, the majority of imported products are considered as traditional inputs of Moroccan production due to insufficient national supply.

Keywords: Technical progress, innovation, trade openness, global productivity of production factors, VECM, Morocco.

Introduction

Depuis longtemps, le Maroc s'est engagé dans le développement de son économie à travers l'adoption de plusieurs politiques économiques dans les différents secteurs. Par ailleurs, ces politiques font appel souvent aux activités de R&D nationales et étrangères pour bénéficier de nouveaux produits et procédés de production. L'innovation reste le moteur de survie du progrès technique du pays. Elle est considérée comme une source véritable de progrès technique du pays qui améliore la productivité globale des facteurs de production (travail et capital).

Selon l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI), le Maroc occupe la position 74¹ en 2019 parmi 129 économies considérées contre le rang 76 en 2018 et le rang 72 en 2017. Par ailleurs, le nombre de demande des brevets est de l'ordre de 187 pour les résidents et 2350 des non-résidents en 2018 contre 198 et 2026 respectivement en 2017 (Banque Mondiale). En outre, les dépenses du Maroc en R&D représentent 0,8% du PIB en 2017 contre 0,34% du PIB en 2016 selon le ministère de l'Éducation nationale, de la formation professionnelle, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique du Maroc. Cette part reste faible par rapport aux autres économies mondiales.

Le faible niveau d'innovation achevé par le Maroc a comme conséquences d'acquérir les inventions étrangères modernes à travers l'importation directe ainsi que les investissements directs étrangers réalisés dans le pays. Les importations constituent un élément important dans le commerce international et le processus de développement économique. En effet, la corrélation positive entre l'accès aux inputs importés et la productivité nationale montre l'importance des importations dans la croissance économique. Les biens intermédiaires sont indispensables pour l'investissement ainsi que les achats extérieurs de biens doivent quant à eux servir à combler le gap entre la demande intérieure croissante et l'offre nationale insuffisante. Les produits importés occupent une place importante dans le marché intérieur représenté par la demande intérieure brute. En effet, le taux de pénétration² par les importations augmente en 2018 pour enregistrer 36,5% contre 35% en 2017. Cette hausse est due à la demande croissante des produits étrangers notamment, les produits d'équipement pour satisfaire les besoins de l'ensemble des projets lancés par le pays dernièrement.

Les études théoriques et empiriques à l'égard de ce sujet ont apporté plusieurs réponses concernant les déterminants du progrès technique mesuré par la productivité globale des facteurs de production (PGF). En revanche, ces réponses restent ambiguës. Notre travail s'inscrit dans ce contexte. Il a pour objectifs d'analyser le progrès technique réalisé par le Maroc et déceler les facteurs déterminants de ce progrès. Pour y répondre, nous présentons dans un premier temps un cadre conceptuel de l'étude, puis nous présentons la méthodologie y afférente pour l'élaboration de ce travail ainsi que les résultats et discussion pour arriver à conclure avec des recommandations pour l'action publique.

1. Cadre conceptuel de l'étude

1.1. Progrès technique, innovation et productivité

Le progrès technique est considéré comme étant l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'améliorer la productivité. Par ailleurs, la théorie économique classique considère que le progrès technique est un facteur résiduel de la croissance. Quant à la théorie néoclassique, elle considère que le progrès technique est le résultat des activités de recherche et développement (théorie de la croissance endogène). Pour mesurer le progrès technique, les économistes ont recours à l'utilisation de la productivité globale des facteurs de production.

¹ Calcul sur la base de l'Indice Global de l'Innovation (GII). Cet indice se réfère à 80 indicateurs et classe 130 pays et économies au monde en termes des résultats de l'innovation. Il est publié par l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle.

² C'est un indicateur qui reflète la part des importations de biens dans le marché local. $TP = \frac{M}{PIB-X} * 100$, avec : X : Exportation de biens, M : Importation de biens, PIB : Produit intérieur brut

L'innovation est au cœur du progrès technique et la croissance économique. En effet, l'innovation de nouveaux produits et procédés de production sont des éléments essentiels pour réaliser le progrès technique. Par conséquent, ce progrès peut être visualisé comme étant un bien d'effet cumulatif qui permet d'améliorer l'existant en produit et procédés de production ou la découverte de nouveaux produits et procédés de production. L'innovation de nouveaux produits et procédés de production révolutionne la productivité des différents secteurs et la variété des produits innovés laisse les dirigeants cibler leur besoin pour une productivité efficace avec les mêmes quantités de travail et capital.

Griliches Z. (1979) a montré à partir d'une fonction de production Cobb-Douglas augmentée de la recherche et développement que l'innovation exerce un effet positif sur la productivité. Auparavant, Solow R. (1957) s'est intéressé beaucoup à étudier la relation entre l'innovation et la croissance économique. Il a montré qu'une grande partie de cette croissance est expliquée par les innovations technologiques. L'emploi et le capital expliquent seulement 12,5% de la croissance du PIB. Quant à Romer P. (1986), Il a utilisé un modèle de la croissance endogène pour expliquer la productivité globale des facteurs de production. Il considère l'ensemble des facteurs à savoir les rendements d'échelle, le capital humain, l'emploi et l'innovation. Cette dernière s'est avérée une composante principale de la croissance des entreprises.

Lööf H. & Heshmati A. (2002) et Robin S., & Mairesse J. (2008) ont exploité le modèle CDM (Crépon-Duguet-Mairesse) en s'appuyant davantage sur l'innovation technologique en produit parce qu'elle est mesurable dans le temps par le biais de brevets déposés ainsi que leur nombre commercialisés sur le marché. Comme résultat, l'innovation et la connaissance technologique favorisent la productivité des entreprises. Hall B. H. (2011) a montré l'existence d'un lien positif entre l'innovation de produit et la productivité. Par contre, le lien entre l'innovation de procédés de production et la productivité est ambigu et dépend du pouvoir du marché des entreprises enquêtées. Akcigit & al. (2016) mettent également un lien entre la production des brevets et la croissance de la productivité. Les brevets influencent positivement le processus de l'innovation des bureaux d'études des entreprises industrielles mais cet impact positif reste limité à cause des contraintes liées à l'intégration de ces brevets (Mbongui-Kialo S., 2018).

1.2. Ouverture commerciale, capital humain et productivité

Le progrès technique et l'ouverture commerciale sont deux éléments interdépendants (Cortes O. & Jean S., 2001). En effet, le progrès technique influence l'ouverture du pays à travers la création des externalités internationales ainsi que la qualification des travailleurs. Elle influence également la transmission de la connaissance et la technologie d'un pays à un autre. Les études de Bergsman J. (1970) ont montré que la protection commerciale a un effet positif sur l'efficacité technique de certaines entreprises au Brésil par contre d'autres sont inefficaces et ne profitent pas de l'importation technique étrangère en influençant la productivité. Corden W. M. (1980) a montré que la concurrence étrangère laisse le pays augmenter sa productivité par le biais de l'ouverture commerciale. Coe D. T. & Helpman E. (1995), identifient une relation positive entre la productivité et l'ouverture commerciale. Le pays bénéficie de la recherche et développement des autres pays par le biais des importations. Alors, le commerce international est un outil important dans la transmission de la technologie entre les pays. La productivité globale des facteurs de production est influencée par les activités de recherche et développement nationales ainsi que les biens importés. Quant à Keller K. (1997), il a montré l'impact positif des spillovers technologiques sur le progrès technique. L'ouverture commerciale permet de réaliser une transmission vers l'utilisation de la technologie moderne dans un environnement concurrentiel tendu.

En ce qui concerne les investissements directs étrangers, Wang. J. (1990) insiste sur le rôle des IDE dans la transmission de la haute technologie au pays destinataire. Azeroual M. (2016) a mené une étude sur l'impact des IDE sur la productivité globale des facteurs de production du Maroc. Comme

résultat, il trouve que seulement les IDE réalisés par la France qui influencent la fluctuation de la productivité.

Le progrès technique ne se limite pas dans la disponibilité des innovations mais aussi un capital humain qui gère techniquement l'output de l'innovation. L'OCDE définit le capital humain comme étant un bien immatériel qui peut faire progresser ou soutenir la productivité, l'innovation et l'employabilité. L'investissement dans l'accumulation du capital humain dans les secteurs de recherche et développement est nécessaire. Les modèles théoriques ont insisté également sur le rôle de l'apprentissage «learning-by-doing». Ce type d'apprentissage est un investissement en capital humain et génère des gains à long terme comme le soulignent Arrow K. (1962) et Alwyn Y. (1991). Wang. J. (1990) a montré que les pays qui disposent d'un capital humain (main d'œuvre qualifiée) sont très attirés par les IDE étrangers. En outre, la diffusion technologique nécessite une compétence interne qui gère mieux son utilisation. Le développement du capital humain en termes des compétences et formation est une réalité à ne pas démontrer (Sahbi G., 2011). Les résultats empiriques de l'étude de Pautrel (2001), montrent que la production peut augmenter en dépit d'une baisse de l'accumulation du capital humain lors d'une transition économique. Pour mesurer le capital humain plusieurs indicateurs ont été utilisés. Caves R.E. (1974) a mesuré la qualité du travail par le rapport entre le salaire des employés locaux à celui des américains. Quant à l'étude de Traore I. (2017) sur le rôle des externalités technologiques dans l'espace CEDEAO, elle a montré que le capital humain, l'importation et l'investissement direct étranger sont des éléments qui influencent la transformation structurelle de l'économie des pays membres de l'espace.

2. Méthodologie

L'objectif principal de cette recherche est d'analyser le progrès technique achevé par le Maroc et d'étudier la sensibilité du progrès technique aux différents facteurs considérés comme variables explicatives.

2.1. Modèle de l'étude

Notre modèle vise à modéliser le progrès technique mesuré par la productivité globale des facteurs de production. Cette productivité représente la part de la croissance non expliquée par les facteurs traditionnels (travail et capital). Quant aux variables explicatives, nous retiendrons les variables suivantes sur la base du cadre conceptuel présenté auparavant, notamment, les travaux de Solow R. (1957), de Wang. J. (1990), deCoe D. T.&Helpman E. (1995), de Sahbi G.(2011), deHall B. H. (2011) et de Traore I. (2017).

Variables de R&D : Les activités de recherche et développement génèrent des innovations de produits et procédés de production. Ces dernières bouleversent le monde de travail de l'entreprise en améliorant la productivité avec les mêmes quantités de capital et travail. Par ailleurs, les brevets et les dépenses en recherche et développement sont un véritable proxy pour mesurer l'innovation. Notre modèle retiendra donc le nombre de brevets déposés par les résidents et les non-résidents et non pas les dépenses en recherche et développement du Maroc. En effet, les brevets déposés renseignent sur l'output de l'innovation et qui peut être exploité et commercialisé sur le marché, par contre les dépenses de recherche et développement sont considérées comme étant un input d'une innovation future.

Variables de transfert technologique : Le Maroc bénéficie de l'innovation étrangère par le biais des importations et les IDE réalisés au Maroc. La dépendance étrangère du Maroc à l'extérieur est un indicateur clé du progrès technique. Dans notre cas, nous retiendrons la part de l'importation des biens d'équipement industriels et agricoles ainsi que les technologies d'information et de communication dans les importations totales du Maroc. Ces biens incorporent la grande partie technologique importée par le Maroc. Quant aux agrégats des IDE, nous considérons le flux entrant des IDE en % du PIB comme variable explicative. Ce flux des IDE réalisé au Maroc génère un gain

supplémentaire à la productivité à travers la transmission de la technologie et le savoir-faire étrangers.

Variable du capital humain : En présence de la technologie, le bon déroulement de l'activité de l'entreprise nécessite un savoir-faire important. Les travailleurs sont amenés à réussir leurs missions en exploitant leur connaissance et formation. Pour cerner l'effet du capital humain du Maroc sur la PGF, nous considérons l'indice du développement humain (IDH) comme variable explicative. C'est un indice qui englobe le niveau d'éducation, de santé et celui du pouvoir d'achat de la population.

Il est à noter que l'utilisation de la fonction logarithmique est recommandée dans notre cas d'étude. Elle va nous permettre d'estimer directement les élasticités des différentes variables considérées par rapport à la PGF. Notre modèle s'écrit donc, ainsi :

$$\ln PGF_t = cste + \alpha_1 \ln DB_t + \alpha_2 \ln ITIC_t + \alpha_3 \ln IBE_t + \alpha_4 \ln IDH_t + \alpha_5 \ln FIDEE_t + \varepsilon_t$$

Avec :

DB : Demande de brevets déposés

ITIC : Part des Importations de biens de TIC dans les importations totales

IBE : Part des importations de biens d'équipement industriels et agricoles dans les importations totales

FIDEE : Flux des IDE entrants en % du PIB

IDH : Indice de développement humain

α_i : Coefficient associé à la variable i

ε : Terme d'erreur aléatoire

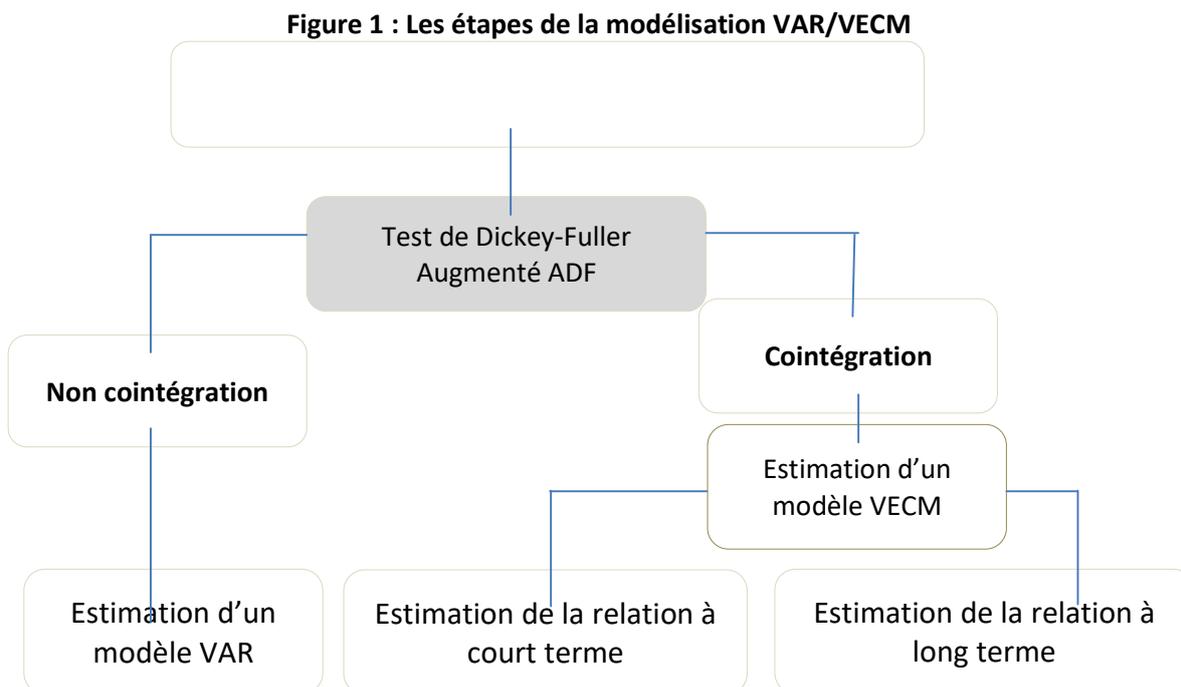
Il s'avère bien que l'ensemble des variables sont des facteurs plus ou moins significatifs dans l'explication de la variation de la productivité globale des facteurs de production.

2.2. Modélisation VAR/VECM

Les données utilisées sont des séries chronologiques observées à des intervalles de temps réguliers. Ce sont des données annuelles allant de 1998 à 2018. Compte tenu de cette particularité de nos données, nous faisons recours à l'utilisation d'un modèle vectoriel à correction d'erreur. En effet, les données temporelles sont caractérisées par la violation de l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des erreurs dans la régression. L'erreur d'une période peut influencer de manière plausible celle des autres périodes. Par conséquent, les estimations obtenues par la méthode de moindres carrés ordinaires (MCO) ne sont plus à variance minimale.

L'intérêt principal de la modélisation VECM par rapport à la modélisation VAR réside dans la possibilité permise par le VECM de distinguer sur le plan économétrique les deux équations du court et du long terme. L'idée de la cointégration est qu'à court terme plusieurs variables peuvent avoir une évolution divergente, mais évoluent dans le même sens à long terme. En d'autres termes ces variables évoluent avec les mêmes taux et les mêmes trends stochastiques.

Le travail donc repose sur les étapes suivantes présentées dans ce schéma afin d'estimer un modèle adéquat (Figure 1).



Pour estimer un modèle vectoriel à correction d’erreur nous suivons les étapes suivantes :

Étape 1 : Détermination du nombre de retards p du modèle selon les critères AIC, SC...

Avec : $AIC(p) = \ln\left(\frac{SCR_p}{T}\right) + \frac{2p}{T}$ et $SC(p) = \ln\left(\frac{SCR_p}{T}\right) + \frac{p \ln(T)}{T}$

SCR_p : La somme des carrés des résidus pour le modèle à p retards.

T : Le nombre des observations.

Étape 2 : Estimation de la matrice et test de Johansen permettant de connaître le nombre de relations de cointégration (les logiciels proposent un certain nombre de spécifications alternatives, telles que l’existence d’un terme constant dans la relation de cointégration, l’existence d’une tendance déterministe).

Étape 3 : Identification des relations de cointégration

Étape 4 : Estimation par la méthode du maximum de vraisemblance du modèle vectoriel à correction d’erreur et validation à l’aide des tests usuels : significativité des coefficients et vérification des erreurs, ainsi :

Les erreurs d’équations de cointégration soient des bruits blancs : On peut utiliser les tests de Box-Pierce et de Ljung-Box. En effet, le test de Box-Pierce repose sur l’analyse de la statistique Q définie par :

$$Q_h = n \sum_{k=1}^h \rho_k^2$$

Où n est le nombre des observations et ρ_k fait référence à l’autocorrélation empirique d’ordre k et h le nombre de retards. La statistique Q suit asymptotiquement la loi du χ^2 à h degrés de liberté. On rejette l’hypothèse nulle de bruit blanc ($\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$) au seuil de α si la statistique Q est supérieure à la valeur critique lue dans la table du χ^2 à h degrés de liberté.

Quant au test de Ljung-Box, il repose sur l’analyse de la statistique Q définie par :

$$Q_h = n(n + 2) \sum_{k=1}^h \frac{\rho_k}{n - k}$$

La statistique Q suit asymptotiquement la loi du χ^2 à h degrés de liberté.

Normalité des résidus : On utilisera le test de Jarque-Bera qui repose sur la statistique suivante :

$$JB = \frac{n-k}{6} \left(s^2 + \frac{(k-3)^2}{4} \right)$$

Avec :

n : Le nombre des observations

K : Le nombre des variables explicatives

S : Le coefficient d'asymétrie.

Enfin, nous pouvons vérifier que l'estimation par les moindres carrés ordinaires de la relation de long terme fournit des résultats à peu près similaires (en termes de significativité et de valeurs estimées des coefficients) à ceux obtenus par la méthode du maximum de vraisemblance.

2.3. Données de la recherche

Les données annuelles allant de 1990 à 2018, objet de notre recherche sont collectées via plusieurs sources. Les données sur la production, le travail et la formation brute du capital fixe, la R&D et l'innovation sont issues de la banque de données de la Banque Mondiale. Les données du commerce extérieur sont issues de l'Office des Changes du Maroc. Quant aux données des IDE, elles sont extraites de la base de données UNCTADSTAT de la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le développement (CNUCED). En outre, l'IDH est émanant du Rapport sur le développement humain publié annuellement dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD).

Pour calculer la productivité globale des facteurs nous faisons recours au calcul par la méthode de la comptabilité de la croissance, en utilisant la fonction de production néoclassique, celle de Cobb-Douglass comme suivant :

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

Alors :

$$A_t = \left(\frac{Y_t}{L_t} \right)^{(1-\alpha)} * \left(\frac{Y_t}{K_t} \right)^\alpha$$

Avec :

Y : La production ou le PIB réel

A : Le terme caractérisant le niveau technologique

K : Le stock de capital fixe

L : La population active

α : La part du capital dans la rémunération des facteurs dans le revenu total

Il est à noter que la part du capital dans la rémunération des facteurs dans le revenu total est fixée à 0,16% dans notre étude. Cette part est calculée par la Direction des Études et des Prévisions Financières récemment en 2018 dans le cadre d'une étude sur le contenu en emplois de la croissance économique au Maroc. Ce calcul s'est basé sur un modèle ARDL (Auto Regressive Distributed Lag) sur la période 2006-2017 pour estimer l'élasticité croissance/emploi. Quant à l'estimation du capital fixe, nous faisons recours à la méthode de l'inventaire permanent :

$$K_t = FBCF_t + (1 - \delta) K_{t-1}$$

Avec :

$$K_0 = \frac{FBCF_0}{g + \delta}$$

$FBCF$: Formation brute du capital fixe

δ : Taux de dépréciation du capital physique

g : Taux de croissance annuel de l'investissement

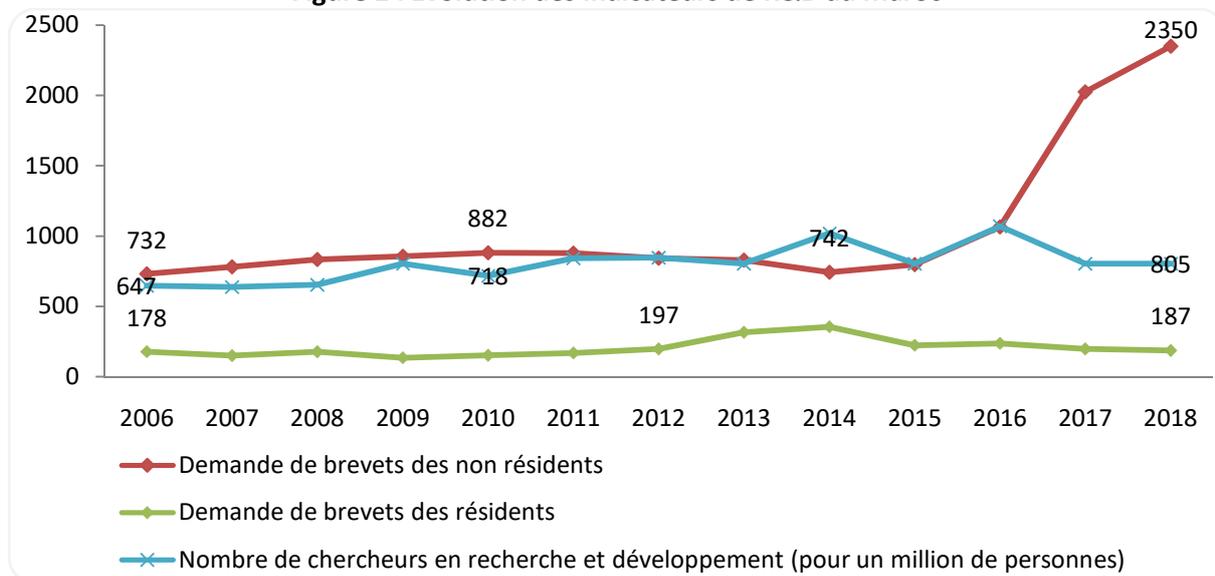
Le taux de dépréciation du capital physique varie entre 4% et 6% dans les pays émergents. Il est supposé égal à 5% dans notre étude. Quant au stock du capital initial, on se base sur une étude réalisée par le Haut-commissariat au Plan sur les sources de la croissance économiques au Maroc en 2005 pour considérer le capital de l'année 1990 comme référence ($K_0=240\ 178$ millions de dirhams). Cette étude a cerné la période 1960-2002 et s'est basée sur la méthode de Bosworth & Collins S. M. (2003) pour estimer le stock du capital.

3. Résultats et discussion

3.1. Analyse descriptive

La recherche et développement et l'innovation sont des véritables leviers du progrès technique et la croissance économique. D'après les résultats du classement du Maroc en termes d'innovation et R&D, nous pouvons dire que le progrès technique du Maroc nécessite encore des efforts à fournir. En effet, selon les données de l'OMPI, le Maroc se positionne au rang 74 au niveau mondial en comparaison avec 129 économies en termes d'innovation en 2019. En ce qui concerne la recherche et développement, le nombre des chercheurs en recherche et développement pour un million d'habitants ainsi que le nombre de demande de brevets déposés par les résident sont connu une évolution légère ces dernières années en enregistrant en 2018 respectivement 805 et 187. En revanche, le nombre des brevets déposés par les non-résidents est important, il a enregistré 2350 en 2018 contre 882 en 2010 (Figure 2). Les politiques économiques doivent faire donc de la recherche et développement nationale une composante intégrante dans le processus de l'innovation.

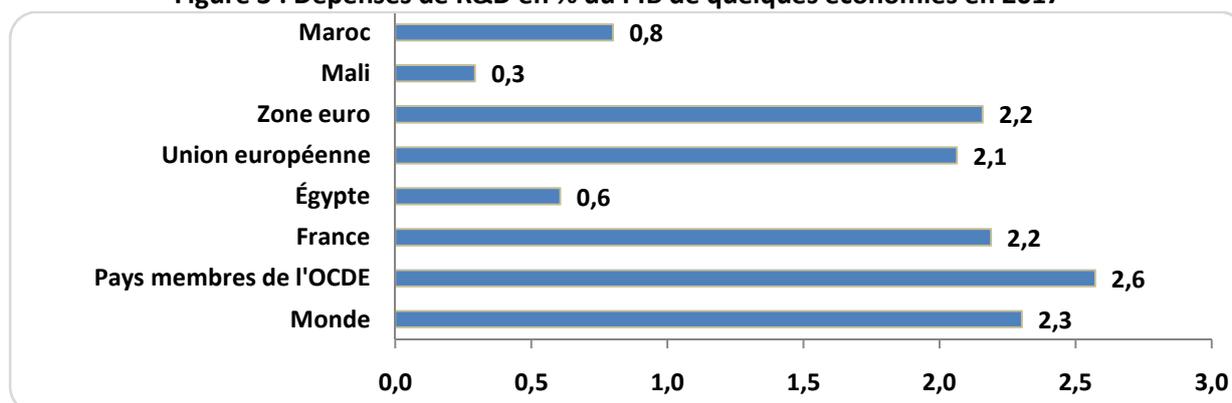
Figure 2 : Évolution des indicateurs de R&D au Maroc



Source : DataBank de la Banque Mondiale

Au Maroc, les dépenses en recherche et développement restent modeste en comparaison avec d'autres pays et ne dépassent pas le 1%.Elles ont enregistré 0,8% du PIB en 2017 contre 0,34 en 2016.En comparaison avec quelques pays d'Afrique selon la disponibilité des données sur les dépenses en R&D qui sont en pénurie, le Maroc consacre une part élevée pour les activités de recherche et développement par rapport à celle enregistré par l'Égypte (0,6% du PIB)et le Mali(0,3% du PIB). En revanche, ce niveau reste modeste et loin de celui des pays membres de l'OCDE (2,6% du PIB), l'Union Européenne (2,1% du PIB), la Zone euro (2,2% du PIB) et la France (2,2% du PIB) (Figure 3).

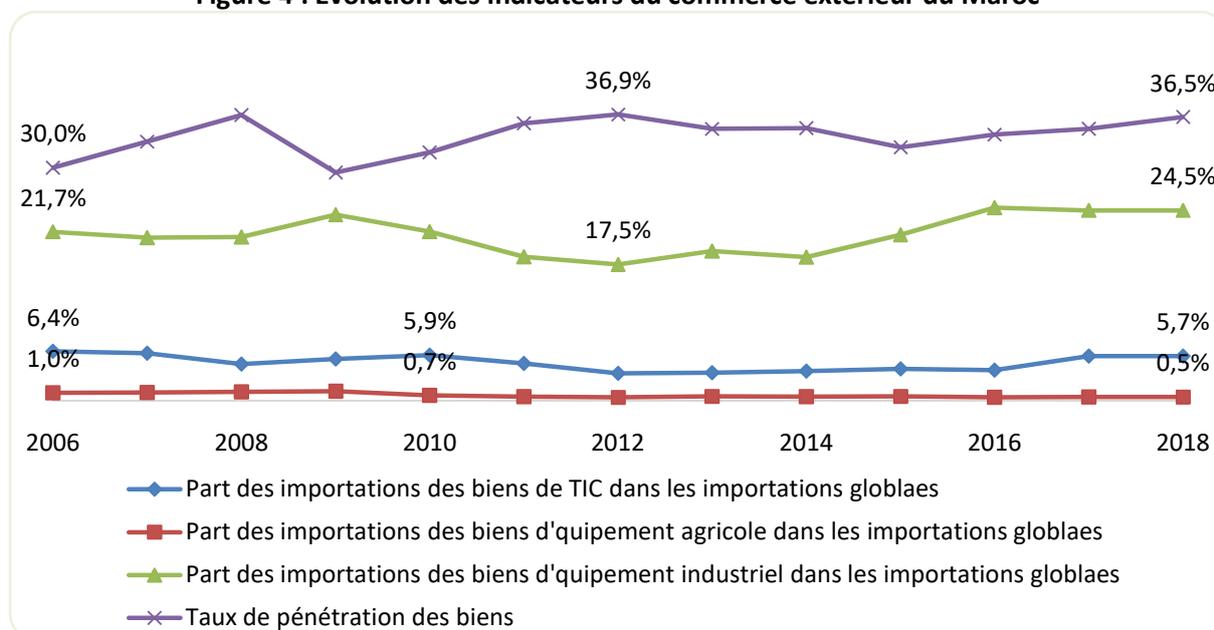
Figure 3 : Dépenses de R&D en % du PIB de quelques économies en 2017



Source : Ministère de l'Éducation nationale, de la formation professionnelle, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique du Maroc, DataBank de la Banque Mondiale

Quant à l'ouverture commerciale du Maroc, elle permet d'acquérir l'innovation étrangère pour satisfaire les besoins des projets lancés par le pays dans les différents secteurs d'activité. Ainsi, le taux de pénétration des importations des biens a enregistré 36,5% en 2018 contre 35% en 2017 et 30% en 2006. Dans le détail, le Maroc importe massivement la technologie incorporée dans les biens d'équipement agricoles et industriels et les technologies d'information et de communication (TIC). La part des importations des biens d'équipement industriels dans les importations totales a enregistré 24,5% en 2018 et 2017 contre 21,7% en 2006. Quant aux équipements agricoles, leur part dans les importations totales a marqué une baisse de 0,5 point pour enregistrer 0,5% en 2018 et 2017 par rapport à 2006. S'agissant des biens de TIC, leur importation a évolué également pour enregistrer une part de 5,7% en 2018 et 2017 dans les importations totales contre 6,4% en 2006 (Figure 4).

Figure 4 : Évolution des indicateurs du commerce extérieur du Maroc

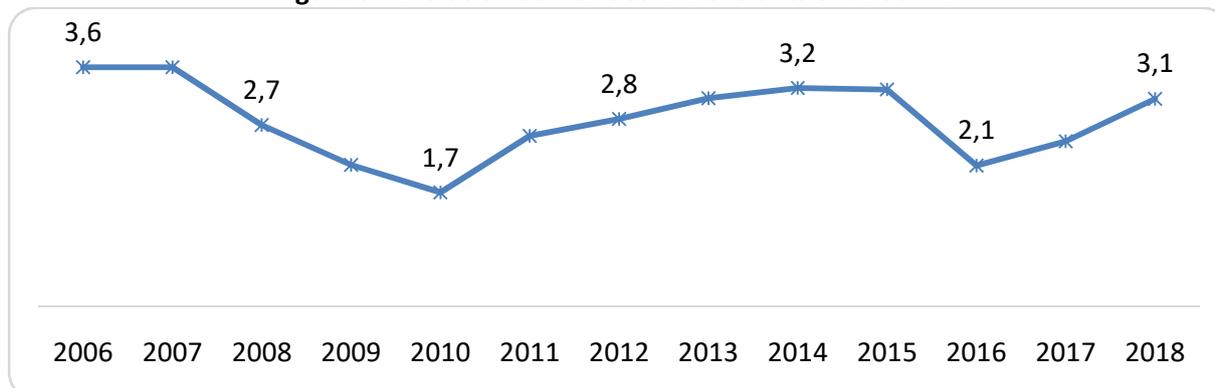


Source : DataBank de la Banque Mondiale, Office des Changes

Quant aux IDE réalisés au Maroc, le flux des IDE entrants représente 3,1% du PIB en 2018 contre 2,5 en 2017 et 1,7 en 2010. Ce flux a connu des fluctuations importantes sur la période 2006-2018 (Figure 5). Ces variations sont dues au climat des affaires marocain caractérisé par un environnement réglementaire propice ainsi que, des facilités accordées pour la réalisation des investissements. Selon

le rapport Doing Business réalisé par la Banque Mondiale en 2020, le Maroc occupe le 53^{ème} rang parmi 190 économies en gagnant 7 positions en termes du climat des affaires.

Figure 5 : Évolution du flux des IDE entrants en % du PIB



Source : UNCTADSTAT de la CNUCED

3.2. Analyse économétrique

Afin de mieux intégrer la dimension dynamique dans notre travail, l'analyse a été reprise dans le cadre d'un modèle vectoriel à correction d'erreur. Le test de Dickey-Fuller Augmenté montre que les séries sont stationnaires en premier différence 5% (Tableau 1). Ce résultat laisse supposer une relation de cointégration à long terme entre ces variables.

Tableau1 : Test ADF sur les variables du modèle

Variable	P-value	
	différence 0 de la série	1 ^{er} différence de la série
LPGF	0,2716	0,01994
LDB	0,1331	0,0596
LITIC	0,6719	0,0271
LIBE	0,2487	0,0186
LIDH	0,99	0,0423
LFIDEE	0,7915	0,0263

Source : Calcul des auteurs sous R

Le choix du nombre de retards du modèle considéré est très important vue qu'il influence les résultats des estimations ainsi que le nombre de relations de cointégration existantes. Pour opérer ce choix, nous faisons recours au calcul des critères d'informations : Schwarz Criterion (SC), Akaike Information Criterion (AIC), Final prediction Error (FPE) et Hannan-Quinn information criterion (HQ). Comme résultat, le nombre de retard à retenir égal à 1, celui qui minimise la majorité des critères d'information calculés.

La cointégration permet d'identifier clairement la relation véritable entre les variables. Avant d'estimer l'équation du modèle, nous devons nous rassurer que nos séries sont cointégrées, c'est à dire les variables du modèle convergent vers un équilibre à long terme. Nous choisissons de travailler par un modèle avec la constante dans notre cas d'étude. Nous obtenons les résultats suivants par le test de cointégration de Johansen basé sur le calcul de la valeur propre (Tableau 2).

Tableau2 : Test de cointégration

Nombre des équations de cointégration	Valeur propre	Valeur critique à 5%
r=0	67,52	40,30
r<=1	49,92	34,4
r<=2	33,26	28,14
r<=3	25,82	22
r<=4	5,18	15,67
r<=5	2,67	9,24

Source : Calcul des auteurs sous R

D'après ces résultats, il ressort 4 valeurs supérieures à la valeur critique, ceci implique l'existence de 4 équations de cointégration (ECT) entre les différentes variables au seuil de 5% à long terme. Nous intéressons à la première équation parce que c'est elle qui contient notre variable d'intérêt. L'estimation du bloc de long terme du modèle choisi par la méthode de maximum de vraisemblance est comme suivant (Tableau 3) :

Tableau3 : Estimation du modèle : équation à long terme

Variable	ECT1
LPGF	1
LDB	5,551115*10⁻¹⁷
LITIC	-2,775558*10⁻¹⁷
LIBE	1,014813*10⁻¹⁶
LIDH	2,3920152
LFIEDEE	0,01896532
Constante	4,7020708

Source : Calcul des auteurs sous R

Ce résultat peut s'écrire comme suivant :

$$\ln PGF_t = 4,7 + 5,55 * 10^{-17} \ln DB_t - 2,78 * 10^{-17} \ln ITIC_t + 1,01 * 10^{-16} \ln IBE_t + 2,39 \ln IDH_t + 0,02 \ln FIDEE_t$$

Pour qu'il y ait un retour vers l'équilibre (caractéristique des modèles à correction d'erreur), il faut que le terme de force de rappel soit négatif et significatif. Cette condition est respectée (force de rappel = -0,2989), ce qui montre que la PGF est causée à long terme par les déterminants estimés dans ce modèle. L'estimation du bloc de long terme est conforme à la théorie au sens où les vitesses d'ajustement sont affectées de signes compatibles avec l'existence d'un mécanisme de correction d'erreur. Pour notre modèle, la relation de cointégration est significative et exerce effectivement un rôle de correcteur d'erreur dans la dynamique de long terme de la PGF. Les variables explicatives considérées sont significatives et affectées par les mécanismes d'ajustement.

Les signes attendus des différentes variables considérées sont compatibles avec la réalité économique. Les signes sont conformes à ce qui est attendu dans la théorie ce qui atteste du niveau satisfaisant de la robustesse de ce modèle. Par ailleurs, la demande des brevets a impact positif sur la PGF. Ce résultat coïncide avec celui trouvés par Hall B. H. (2011) qui a montré l'existence d'un lien positif entre l'innovation de produit et la productivité, Akcigit et al. (2016) qui mettent également un lien entre la production des brevets et la croissance de la productivité et Mbongui-Kialo (2018) qui

insiste sur le rôle des brevets dans l'amélioration du processus de l'innovation. S'agissant des variables considérées et qui caractérisent l'importation, notre résultat prouve également la relation positive entre la productivité et l'ouverture commerciale identifiée par Coe & Helpman E. (1995) mais seulement pour le cas de l'importation des biens d'équipement industriel et agricole. En revanche, l'importation des technologies d'information et de communication influencent négativement la PGF à long terme dans notre cas d'étude. Ce résultat peut être expliqué par le fait que les technologies d'information et de communication ne sont pas bien exploitées (coût élevé, durée d'utilisation...).

Par ailleurs, cet impact reste majoritairement faible parce que les coefficients associés à ces 3 variables tendent vers 0. Cela dit, que la demande des brevets et l'importation en général de ces produits ne génèrent pas un gain ou perte importants en terme de productivité globale des facteurs de production. En effet, le système d'innovation marocain reste fragile. D'une autre part, les biens des TIC et les équipements industriels et agricoles importés laissent acquérir des moyens de production, alors ces moyens sont des inputs de la production marocaine qui sont déjà intégrés par les entreprises vu que l'innovation locale ne répond pas entièrement à leurs besoins. Par conséquent, la majorité des entreprises instaurent un processus de production qui nécessite des inputs étrangers à importer depuis l'étranger souvent.

Quant aux IDE, le flux des IDE entrant au Maroc en% du PIB impacte positivement la PGF. Dans un contexte concurrentiel tendu, si le flux des IDE entrants augmente de 10%, la PGF évolue de 0,2%. La réalisation des investissements dans le pays d'accueil est une source véritable de l'augmentation de la productivité des facteurs de production. Ces investissements sont réalisés souvent en exploitant une innovation étrangère des produits et des procédés de production. En outre, ces investissements se caractérisent par la présence d'un capital humain étranger avec une expertise dans le domaine capable de gérer la main d'œuvre du pays pour atteindre les objectifs. Ce résultat coïncide avec le constat de Wang. J. (1990) qui insiste sur le rôle des IDE dans la transmission de la haute technologie au pays destinataire ainsi que celui de Azeroual M. (2016) qui a montré que les IDE réalisés par la France influencent la fluctuation de la productivité des facteurs de production au Maroc.

Le développement du capital humain exerce un effet positif également sur la variation de la PGF. En effet, une augmentation de l'indice de développement humain de 1% conduit à une augmentation de 2,4% de la PGF. L'investissement dans le développement humain à travers la bonne éducation, l'amélioration du niveau de vie de la population ainsi que la santé sont des véritables sources pour accroître rapidement la productivité globale des facteurs de production. Ce résultat s'arrange aux résultats de Traore I. (2017) et aux recommandations d'Arrow K. (1962), de Romer P. (1986) et d'Alwyn Y. (1991) qui soulignent sur le rôle du capital humain dans la valorisation de la productivité.

En ce qui concerne l'estimation du bloc de court terme, elle indique que les variables sont influencées par leurs propres valeurs passées, ce qui suggère l'existence d'un mécanisme autocorrectif dans le court terme. Les variables considérées sont significatives à court terme. Le tableau suivant nous permet de tirer l'équation du court terme du modèle (Tableau 4).

Tableau4 : Estimation du modèle : équation à court terme

Variable	Coefficient associé	Significativité à 5%
ECT1	-0,2989	Significatif
Δ LPGF	-0,457	Significatif
Δ LDB	-0,0148	Non significatif
Δ LITIC	-0,04	Non significatif
Δ LIBE	0,0428	Non significatif

Δ LIDH	-1,6352	significatif
Δ LFIDEE	-0,0075	Non significatif

Source : Calcul des auteurs sous R

Ce tableau présente les résultats de la régression effectuée sur le modèle à correction d'erreur à court terme. D'après ces résultats, il convient de signaler que les coefficients estimés correspondent aux vitesses d'ajustement des variables du système vers la cible de long terme. En principe, tout écart d'une variable par rapport à sa valeur d'équilibre de long terme doit être corrigé par le mécanisme correcteur d'erreur qui apparaît dans les estimations avec une vitesse d'ajustement. Les variables sont influencées par leurs propres valeurs passées, ce qui suggère l'existence d'un mécanisme autocorrectif dans le court terme.

Cette relation de court terme nous renseigne sur la significativité des coefficients estimés de toutes les variables endogènes du modèle adopté. Elle nous permet d'expliquer la variation de la productivité globale des facteurs de production par l'ensemble des variables considérées dans notre étude. En effet, la variation à court terme de la PGF dépend de la variation de l'indice de développement humain ainsi que sa réalisation précédente. La variation de l'indice de développement humain de 1% conduit à diminuer la variation du PGF de 1,6% (Tableau 4). Ce résultat trouve son explication dans le fait que les gains de l'amélioration du capital humain ne se manifestent pas à court terme. Ils sont visualisés à long terme après l'adoption d'une stratégie rigoureuse intégrant l'ensemble des composantes du capital humain. En revanche, la demande des brevets, l'importation des équipements industriels et agricoles et des TIC ainsi que la réalisation des IDE n'ont aucun effet à court terme sur la PGF.

En ce qui concerne la validation de notre modèle. La relation du long terme apparaît dans la relation du court terme avec un signe négatif. Le terme de rappel vers l'équilibre égal à -0,2989 (Tableau 4). Cela nous renseigne sur la validité de notre modèle. En outre, notre modèle affiche un coefficient de détermination proche de 1 ($R^2 = 84\%$). En outre, les résidus issus des équations à long terme sont des bruits blancs selon les tests de Ljung-Box (Tableau 5) et distribués normalement. La condition de normalité est confirmée par le test de Jarque-Bera où toutes les p-values sont supérieures à 5% (Tableau 5).

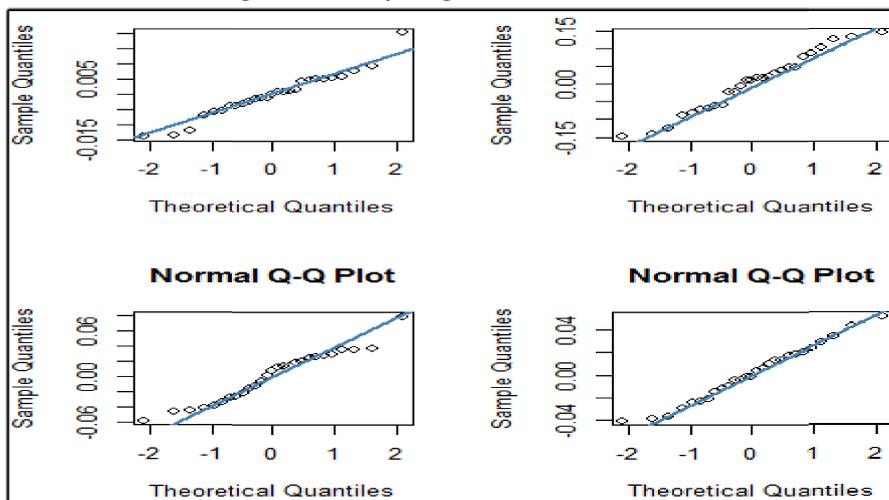
Tableau 5 : Tests de validation du modèle

Test	ECT	P-value	
	1	0,9945	
Test de bruit blanc des erreurs	Ljung-Box	2	0,1873
		3	0,8165
		4	0,508
		1	0,4874
Test de normalité	Jarque-Bera	2	0,692
		3	0,8134
		4	0,7204

Source : Calcul des auteurs sous R

Le Test QQ plot Gaussien (Figure 6) confirme également la normalité des résidus.

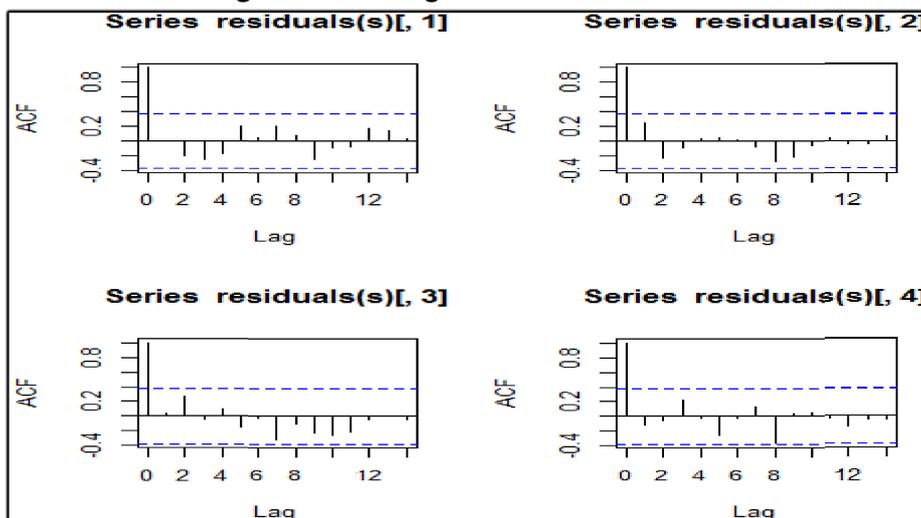
Figure 6 : QQ plot gaussien des résidus



Source : Traitement des auteurs sous R

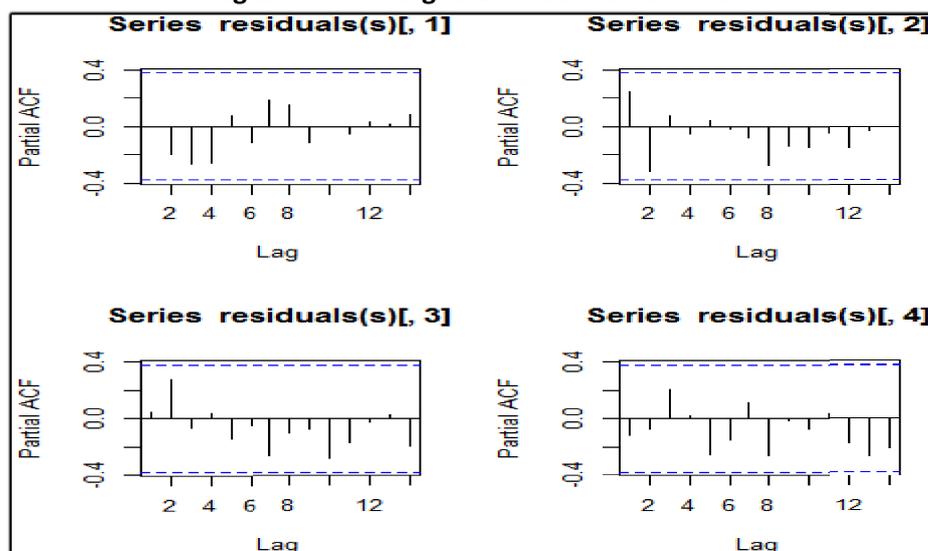
Il est à noter que les erreurs issues des équations de cointégration ne sont pas autocorrélés et ce grâce à l'utilisation du modèle VECM. Cette condition est confirmée par les corrélogrammes de la fonction d'autocorrélation (ACF) (Figure 7) et la fonction d'autocorrélation partielle (PACF) des résidus de notre modèle(Figure8).

Figure 7 : Corrélogramme ACF des résidus



Source : Traitement des auteurs sous R

Figure 8 : Corrélogramme PACF des résidus



Source : Traitement des auteurs sous R

Conclusion

En guise de conclusion, le progrès technique du Maroc reste modeste malgré les efforts fournis. Devant une situation caractérisée par un système d'innovation fragile, les produits et les procédés de production étrangers sont toujours importés pour répondre aux besoins nationaux.

Les résultats de notre modélisation sur la période 1990-2018 ont montré que le progrès technique mesuré par la productivité globale des facteurs de production au Maroc est influencé amplement par le développement du capital humain ainsi que la réalisation des IDE. L'importation des biens d'équipement industriels et agricoles et les biens des TIC et la demande de brevets n'influence pas trop cette productivité à long terme. L'importation desdits produits n'est pas une politique suffisante pour atteindre un véritable progrès technique dans un environnement concurrentiel tendu parce que ces biens restent des inputs traditionnels de la production marocaine devant le faible niveau d'innovation marocain.

Il ressort de cette investigation que l'investissement dans le capital humain tout en améliorant le niveau d'éducation, de santé, le niveau de vie de la population et le climat des affaires ainsi qu'une importation contrôlée sont des créneaux avantageux pour atteindre un véritable progrès technique.

Références Bibliographiques

- Solow R., Technical Change and the Aggregate Production Function, the Review of Economics and Statistics, vol. 39, no 3, pp: 312-320, 1957
- Sahbi G., Externalités de la R&D, institutions et croissance : validation empirique pour le cas des pays en voie de développement, Innovations, (n°35),pp: 207-249, 2011
- Hanel P., Économie de l'innovation : innovation, croissance et productivité, Sciences, technologies et sociétés de A à Z, 2017
- OCDE, *L'investissement dans le capital humain, Du bien-être des nations, le rôle du capital humain et social, 1998,2001*
- Pautrel X., « Formation dans la production, capital humain, innovation et croissance », Économie & prévision (n° 150-151), pp: 171-185,2001
- Akcigit U., Grigsby J. & Nicholas T., « The Birth of American Ingenuity: Innovation and Inventors of the Golden Age », University of Chicago Working Paper, 2016
- Azeroual M., Investissements directs étrangers au Maroc : impact sur la productivité totale des facteurs selon le pays d'origine (1980-2012), AFRICAN JOURNALS ONLINE, Vol 41, No 1, 2016
- Haut-Commissariat au Plan, rapport de l'étude sur Les sources de la croissance économique au Maroc, 2005
- Bosworth B.&Collins S. M., The empirics of growth: An update, Brookings papers on economic activity, vol. (2), pp:113-206, 2003
- Griliches Z., Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth, Bell Journal of Economics, 10(1), pp:92-116, 1979
- Romer P., Increasing Returns and Long Run Growth, Journal of Political Economy, 1986
- Lööf H. &Heshmati A., Knowledge capital and performance heterogeneity:: A firm-level innovation study, International Journal of Production Economics, Volume 76, Issue 1, pp: 61-85, 2002
- Robin S., &Mairesse J., Entrepreneurship and Innovation – Organizations, Institutions, Systems and Regions, DRUID Conference,2008
- Olfa H., Pierre G. & Mohamed A., The Effects of Technological and Organizational Innovations on Productivity: An Extension of the CDM Model, revue d'économie industrielle,pp: 101-125, 2015
- Hall B. H., Innovation and Productivity, NBER Working Paper No. w17178, 2011
- Wang. J. (1990), Growth technology transfer, and the long-run theory of international capital movements, Journal of International Economics, vol. 29, 2011
- Caves R.E., Multinational firms, competition, and productivity in host-country markets, Economica, 41, 162 (May), pp: 176-193, 1974
- Coed. T., Helpman E., &Hoffmaister A. W., International R&D spillovers and institutions, European Economic Review, Volume 53, Issue 7, pp :723-741, 2009
- Corden W. M., Relationships between Macro-economic and Industrial Policies, The World Economy, Volume3, Issue2, pp: 167-184, 1980
- Bergsman J., Industrialization and Trade Policies, Oxford University Press, Volume 29, Issue 3, pp: 592-593, Brazil, 1970
- Keller K., Are International R&D Spillovers Trade-Related? Analyzing Spillovers Among Randomly Matched Trade Partners, the NATIONAL BUREAU of ECONOMIC RESEARCH, No: 6065, 1997

Arrow K., Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, the National Bureau of Economic Research, pp: 609 – 626, 1962

Alwyn Y., Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade, The Quarterly Journal of Economics , vol. 106, issue 2, pp: 369-405, 1991

Mbongui-Kialo S., Processus d'innovation et propriété industrielle : intégration des brevets dans les bureaux d'études d'une entreprise industrielle, Dans Revue Congolaise de Gestion (Numéro 26), pp: 11-42, 2018

Cortes O.& Jean S., L'impact du commerce international sur la productivité et la qualification du travail au sein des secteurs, Revue d'économie politique (Vol. 111), pp: 271-290, 2001

Traore I., Nations Unies. Commission Economique pour l'Afrique. Productivité globale des facteurs et transformation structurelle dans l'espace CEDEAO: une analyse du rôle des externalités technologiques. Addis Abeba, 2017