

L'impact de l'efficience de R&D sur l'innovation technologique dans les pays émergents

[The impact of the R&D efficiency on technological innovation in developing countries]

Kamilia Loukil

Département des Sciences Economiques,
Faculté de Sciences Economiques et de Gestion,
Université de Sfax, Tunisie

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Innovation is a key success factor for enterprises and a factor in creating wealth for the country. Hence, it's very important to study its determinants. Although the financial and human resources in research and development (R&D) have been the subject of several empirical studies, the efficient use of these resources has been ignored and has not been recognized as a determinant of innovation. The present study attempts to fill this gap in the literature. Its purpose is to test the effect of R&D efficiency on technological innovation in 14 developing countries during the period (2000-2010). After estimating the R&D efficiency scores by the stochastic frontier approach, we estimated a linear regression model where innovation is explained by these efficiency scores. The results show that R&D efficiency levels have a significant positive impact on the international rate of innovation. The main conclusion from this study is that to innovate, countries need to increase not only the amount of resources for innovation activity, but also the quality of management of existing resources.

KEYWORDS: innovation, R&D expenditure, human resources for R&D, R&D efficiency, developing countries.

RESUME: L'innovation est un facteur clé de succès pour les entreprises et un facteur de création de richesse pour les pays. D'où la nécessité d'étudier ses déterminants. Bien que les ressources financières et humaines de recherche et développement (R&D) aient fait l'objet de plusieurs travaux empiriques, l'utilisation efficiente de ces ressources a été ignorée et n'a pas été reconnue comme un déterminant de l'innovation. La présente étude essaie de combler ce vide dans la littérature. Son objectif consiste à tester l'effet de l'efficience des dépenses de R&D sur l'innovation technologique dans 14 pays émergents pendant la période (2000-2010). Après avoir estimé les scores d'efficience de R&D par l'approche de frontière stochastique, nous avons estimé un modèle de régression linéaire où l'innovation est expliquée par ces scores d'efficience. Les résultats montrent que les niveaux d'efficience de R&D ont un impact positif et significatif sur le taux international d'innovation. La principale conclusion tirée de cette étude est que pour innover, les pays ont besoin d'accroître non seulement la quantité des ressources relatives à l'activité d'innovation, mais aussi la qualité de gestion des ressources existantes.

MOTS-CLEFS: innovation, dépenses de R&D, personnel de R&D, efficience de R&D, pays émergents.

1 INTRODUCTION

L'innovation est la source d'avantage compétitif pour les entreprises et de prospérité et croissance pour les pays. D'où la nécessité d'étudier ses déterminants. Le capital financier et le capital humain ont souvent constitué les principaux déterminants de l'innovation. Ce qui laisse entendre que plus on consacre des ressources de recherche et développement

(R&D), plus on est innovant. Or, le monde économique se caractérise par la rareté des ressources, quelle que soit leur nature. On ne peut pas accroître indéfiniment les dépenses de R&D. Par contre, il faut penser à bien exploiter les ressources existantes et les utiliser d'une manière efficace. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre problématique qui peut être énoncée comme suit : Quel est l'impact de l'efficacité de R&D sur l'innovation dans les pays émergents ?

Notre concentration sur les pays émergents se justifie par l'obligation de ces derniers d'innover pour rattraper les pays développés.

La méthodologie de recherche suivie dans ce travail consiste à estimer dans un premier temps les scores d'efficacité de R&D grâce à l'approche de frontière stochastique (SFA) et régresser dans un second temps le niveau d'innovation sur ces scores. La conclusion principale de cette étude est que l'utilisation efficace des ressources de R&D constitue un déterminant clé de l'innovation technologique.

Le papier sera composé de quatre sections. Nous présenterons dans une première section le modèle de notre étude. Ensuite, nous citerons une revue de littérature portant sur notre problématique. Dans une troisième section, nous entamerons la méthodologie de recherche. Et dans une quatrième section, nous présenterons et interpréterons les résultats trouvés.

2 MODÈLE

Dans les premiers modèles économiques, l'output (Q) était exprimé en fonction du capital (K) et du travail (L), et la technologie était ignorée :

$$Q = f(K, L). \quad (2.1)$$

En 1957, la référence [1] devient fameuse pour avoir souligné que les accroissements du capital et travail ne tiennent pas complètement en compte de la croissance économique. Il existe un autre facteur (A) qui représente le changement technique et améliore la productivité du capital et du travail. Donc, la technologie a été insérée comme un facteur séparé (A) qui accroît la productivité du capital et du travail comme dans l'équation (2.2) :

$$Q = A f(K, L). \quad (2.2)$$

A: mesure le niveau de productivité totale des facteurs (PTF) (une mesure du niveau actuel de technologie).

La technologie a été supposée toutefois exogène. Il fallait attendre trois décennies pour qu'en 1986 la référence [2] a modélisé la technologie non pas comme une manne du ciel exogène mais comme le résultat d'un effort explicite.

Donc, la nouvelle théorie de croissance modélise la technologie (T) comme le résultat d'inputs explicites, notamment, la recherche et le développement (R&D) et le capital humain (CH), comme dans l'équation (2.3) :

$$A = f(R\&D, CH). \quad (2.3)$$

Cependant, et à notre égard, l'accumulation des ressources de R&D n'est pas suffisante pour créer l'innovation. Encore faut-il assurer l'utilisation efficace de ces ressources rares. Ainsi, le sous développement scientifique et économique peut résulter non seulement de la quantité insuffisante des ressources utilisées mais aussi de la mauvaise gestion de ces ressources. Sur ça, nous supposons que l'efficacité de R&D est un déterminant essentiel de l'innovation. D'où, l'équation (2.3) devient :

$$A = f(R\&D, CH, EFF) \quad (2.4)$$

Avec EFF est l'efficacité des ressources de R&D.

3 REVUE DE LITTÉRATURE

Selon le modèle développé dans la section précédente, il s'avère que l'innovation est expliquée par trois facteurs principaux : le capital physique, le capital humain et l'efficacité de ces deux ressources.

D'après [3], l'innovation se base d'une part sur les connaissances résultant du volume cumulatif de R&D et contribue d'autre part à ce stock de connaissances. Les dépenses cumulatives de R&D sont un déterminant important de la productivité [4] et [5].

La référence [3] a estimé l'impact des stocks de R&D domestiques et étrangers sur la productivité totale des facteurs dans 22 pays dont certains appartiennent à l'UE pendant la période 1971-1990. Les auteurs ont trouvé que le stock de R&D

domestique permet un taux marginal de rendement social égal à 123% pour les grandes économies de l'OCDE et 85% pour les autres pays.

La disponibilité de ressources humaines suffisantes en recherche et développement est indéniablement un facteur important pour que les activités d'innovation soient mises en œuvre. Le travail empirique de [6] confirme que les différences dans les activités d'innovation nationale mesurée par le nombre de brevets par habitant sont attribuables aux différences au niveau du nombre des scientifiques et des ingénieurs employés. La référence [7] montre aussi que les différences entre les pays au niveau de la part des scientifiques et ingénieurs dans l'emploi total causent dans une proportion considérable les différences entre les pays au niveau de R&D effectuée par le secteur des entreprises.

Concernant l'efficacité de R&D, bien qu'elle ait fait l'objet de plusieurs travaux, nous constatons que ce facteur a été très rarement considéré comme une variable expliquant l'innovation. En fait, certains travaux antérieurs se sont intéressés à étudier les différences entre les pays des niveaux d'efficacité [8] et [9]. D'autres, ont étudié les déterminants de l'efficacité [10], [11], [12], [13] et [14]. A notre connaissance, l'étude de [15] est la seule à tester l'impact de l'efficacité de R&D sur la performance économique. L'auteur a mené une étude sur 30 pays dont 23 sont membres de l'OCDE pendant les années 1998-1999-2000. Il a trouvé que l'effet de l'efficacité des dépenses de R&D sur le PNB par habitant est positif.

4 MÉTHODOLOGIE

Notre démarche méthodologique suit deux étapes. Elle consiste à estimer les scores d'efficacité dans une première étape. Dans une seconde étape, nous allons estimer un modèle de régression linéaire où les scores d'efficacité sont utilisés comme variable explicative de l'innovation.

4.1 ESTIMATION DES SCORES D'EFFICACITÉ DE R&D

Cette étude considère un cadre de production des activités de R&D basé sur la théorie de production. Chaque pays est considéré comme une unité de décision qui emploie des ressources humaines et physiques de R&D comme inputs pour produire des outputs tels que les brevets. L'approche de frontière stochastique (SFA) avec une spécification translog est appliquée pour estimer l'efficacité relative de R&D de chaque pays.

4.1.1 LA FONCTION DE PRODUCTION DE R&D

Comme l'ont établi [16] et [17], cette étude considère l'activité internationale de recherche et développement dans le contexte d'une fonction de production dans les différents pays.

La fonction de production de R&D des différents pays a la forme générale suivante :

$$Y_{kt} = f(x_{kit}) \quad k = 1, \dots, k \text{ (pays)}, \quad i = 1, \dots, N \text{ (inputs)} \quad (3.1)$$

Où Y_{kt} est l'output de R&D du pays k à l'instant t

x_{kit} est l'input i du pays k à l'instant t .

La grande variété des inputs qui résulte de l'utilisation des données de différents pays nécessite l'utilisation d'une forme fonctionnelle flexible. La plus utilisée est la forme translog. Une fonction de production translog à l'instant t peut être écrite comme :

$$\ln y = \beta_0 + \sum \beta_i (\ln x_i) + \sum \beta_{ii} (\ln x_i)^2 + \sum \sum \beta_{ij} (\ln x_i) (\ln x_j) \quad (3.2)$$

y représente le volume de l'output, x_i et x_j sont les inputs i et j , respectivement. \ln est le logarithme népérien. β_i , β_{ii} et β_{ij} sont des paramètres à estimer et ne dépendent d'aucun pays particulier.

4.1.2 L'APPROCHE DE FRONTIÈRE STOCHASTIQUE POUR L'EFFICACITÉ DE R&D

La référence [18] a proposé un modèle variant dans le temps pour évaluer l'efficacité technique qui prend la forme d'une fonction de production frontière aléatoire pour des données de panel, et qui a des effets relatifs à l'unité de décision qui sont supposés être des variables aléatoires normales tronquées.

Le modèle peut être exprimé comme :

$$Y_{kt} = f(x_{kt}) + (v_{kt} - u_{kt}), \quad k = 1, \dots, k \text{ pays}; \quad t = 1, \dots, T \text{ (année)} \quad (3.3)$$

Où :

Y_{kt} est le logarithme de production du $k^{\text{ème}}$ pays dans l'année t .

x_{kt} est le vecteur des inputs du $k^{\text{ème}}$ pays dans l'année t .

$f(x_{kt})$ est une fonction flexible comme la fonction translog spécifiée ci-dessus.

v_{kt} représentent des termes d'erreur aléatoires, distribués identiquement et indépendamment selon la loi normale $N(0, \sigma_v^2)$ et indépendants de u_{kt} .

$$u_{kt} = \{\exp[-\eta (t - T)]\}u_k \quad (3.4)$$

où u_{kt} sont des variables aléatoires non négatives, qui sont supposées tenir compte de l'inefficacité technique dans la production et sont supposées être indépendamment et identiquement distribuées selon la loi normale tronquée à zéro de moyenne μ et de variance σ_u^2 , $N(\mu, \sigma_u^2)$.

η est un scalaire inconnu à estimer.

Dans l'objectif d'estimation, les paramètres σ_v^2 et σ_u^2 sont remplacés par $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ et $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ pour pouvoir effectuer l'estimation par la méthode maximum de vraisemblance.

4.2 ESTIMATION DU MODELE DE REGRESSION LINEAIRE

Lorsqu'on travaille sur un échantillon de données de panel, il convient de vérifier dans un premier temps la spécification homogène ou hétérogène du « processus générateur des données ». Si le test réalisé (test de présence d'effet individuel) montre qu'il existe des spécificités propres à chaque individu, la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) n'est pas convenable et il faut dans ce cas appliquer le test d'Hausman afin de connaître si les coefficients des deux estimations (fixe et aléatoire) sont statistiquement différents.

4.3 CHOIX DE L'ECHANTILLON ET BASES DE DONNEES UTILISEES

La présente étude porte sur un échantillon de 14 pays émergents¹ pendant la période 2000-2010. Les bases de données utilisées dans cette étude sont UNESCO, USPTO, Penn World Table et Banque Mondiale.

4.4 CHOIX DES VARIABLES ET INSTRUMENTS DE MESURE

Nous présenterons ci après les variables ainsi que leurs mesures utilisées. Il s'agit de préciser les variables représentatives de l'output et des inputs de la fonction de production de R&D ainsi que les variables dépendante et indépendantes du modèle linéaire à estimer.

4.4.1 L'OUTPUT ET LES INPUTS DE LA FONCTION DE PRODUCTION DE R&D

Alors que nous ne pouvons pas mesurer exactement l'innovation, les brevets sont généralement acceptés comme des indicateurs du processus d'innovation technologique et de R&D en absence d'indicateurs plus robustes.

Dans le cadre de cette étude, l'output des dépenses de recherche et développement est mesuré par le nombre des brevets accordés par le bureau américain des brevets et des marques de commerce (**BREV**).

A l'instar de la majorité des études [15], [8] et [11], nous allons introduire le capital financier et le capital humain dans la fonction de production des connaissances.

La première variable introduite reflète les dépenses cumulatives de R&D. Pour chaque pays de notre échantillon, nous calculons le stock de recherche et développement en utilisant la méthode de l'inventaire perpétuel [19] et en se basant sur les dépenses intérieures de R&D (DIRD).

¹ Les pays de notre échantillon sont : l'Argentine, la Bulgarie, la Chine, l'Estonie, l'Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, le Mexique, la Pologne, la République tchèque, la Roumanie, la Russie, la Slovaquie et la Turquie.

Le stock de capital de R&D domestique est calculé comme suit :

$S_t = (1-\delta) * S_{t-1} + R_{t-1}$, $t = 0, 1, 2, \dots, n$. L'année 0 est la première année pour laquelle les données sont disponibles. L'année n est l'année 2010.

$\delta = 15\%$, c'est le taux de dépréciation.

R = dépenses intérieures de recherche et développement.

$S_0 = R_0 / (g + \delta)$, g c'est la moyenne annuelle de croissance des dépenses de R&D durant la période pour laquelle les données des dépenses de R&D sont disponibles.

Cette méthode de calcul a été suivie par [12].

La deuxième variable que nous employons reflète la disponibilité des ressources humaines en R&D.

Donc, cette étude emploie le stock des dépenses de R&D (**DRD**) et le personnel de R&D en équivalent plein temps (**PRD**) pour mesurer les deux principaux déterminants de la frontière de production des nouvelles connaissances.

Le problème qui se pose lors de l'évaluation de l'efficacité de R&D est la présence d'un décalage temporel entre la fourniture d'inputs et la prévision des outputs. Dans ce travail, nous prenons 2 années de différence entre les données d'inputs et d'output. Ainsi, les données relatives aux brevets sont prises pour la période 2002-2012 alors que les données relatives au stock de connaissances et au personnel de R&D concernent la période 2000-2010.

4.4.2 LES VARIABLES DU MODÈLE LINÉAIRE

La variable dépendante sera mesurée par le nombre des brevets accordés au pays i à l'instant t+2 par le bureau américain des brevets et des marques de commerce (**BREV**).

Pour les variables explicatives de l'innovation, nous allons introduire le stock des dépenses de R&D (**DRD**), le personnel de R&D en équivalent plein temps (**PRD**) et les scores d'efficacité (**EFF**) estimés dans la première étape. Nous allons introduire en plus deux variables de contrôle. La première mesure le niveau de développement économique et sera représentée par le PIB par habitant (**PIB**). La deuxième variable tient compte de la spécificité du contexte de notre étude : un contexte de pays émergents où l'innovation dépend non seulement de la création de nouvelles connaissances mais aussi de l'acquisition et de l'absorption des connaissances étrangères. Il s'agit de la part du commerce extérieur (Importations + Exportations) dans le PIB traduisant le degré d'ouverture commerciale (**OUV**).

Tableau 1: Définition des variables, signes prévus et sources utilisées

Code	Définition	Calcul	Signe prévu	Source
BREV	Nombre de brevets accordés aux pays par l'USPTO)	Log (nombre de brevets accordés aux pays par l'USPTO)		USPTO
DRD	Stock des dépenses intérieures de R&D	Log (stock DIRD) basé sur les DIRD mesurées en milliers de dollars PPA, (prix constant 2005).	+	UNESCO
PRD	Personnel total de R&D (en équivalent plein temps)	Log (personnel de R&D)	+	UNESCO
EFF	Scores d'efficacité	Log (score d'efficacité estimé par l'approche SFA)	+	Calcul personnel
PIB	Produit intérieur brut par habitant	Log ((PIB/habitant) calculé en PPA au prix constant 2005))	+	Penn World Table 7.1
OUV	Degré d'ouverture commerciale	Log [(Importations + Exportations)/PIB]	+	Banque Mondiale

5 PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

5.1 SCORES D'EFFICIENCE

Pour estimer l'efficacité relative de R&D de chaque pays, nous avons appliqué l'approche de frontière stochastique avec la spécification translog suivante :

$$\ln \text{BREV}_{it+2} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DRD}_{it} + \beta_2 \ln \text{PRD}_{it} + \beta_3 (\ln \text{DRD}_{it})^2 + \beta_4 (\ln \text{PRD}_{it})^2 + \beta_5 (\ln \text{DRD}_{it}) (\ln \text{PRD}_{it}) \quad (4.1)$$

ln est le logarithme népérien ; i = 1,2,...,14 pays ; t = 2000, 2001,.....2010.

Pour vérifier si l'une des deux formes de la fonction de production (Translog ou Cobb-Douglas) est la plus adéquate, nous testons l'hypothèse H0 : $\beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$. Si l'hypothèse nulle est acceptée, alors la spécification Cobb-Douglas sera la plus adaptée. Le LR test est basé sur la statistique suivante :

$$\text{LR} = -2 \{ \ln [L(H0) / L(H1)] \}$$

L(H0) et L(H1) correspondent aux fonctions de vraisemblance de H0 (forme Cobb-Douglas) et H1 (forme translog) respectivement.

La statistique LR suit une loi de Khi2 mixte χ^2 (df, α), df correspond au nombre de restrictions (3 dans notre cas) et α le seuil de tolérance (1%).

Nous trouvons que LR test = 135.670² qui est supérieur à χ^2 (3, 0.01) = 10.501 (d'après le table Kodde et Palm).

Ainsi, l'hypothèse nulle H0 : $\beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$, est rejetée, ce qui implique que la fonction de production translog est adéquate.

Donc, nous allons nous baser sur le modèle de la fonction translog pour interpréter les résultats.

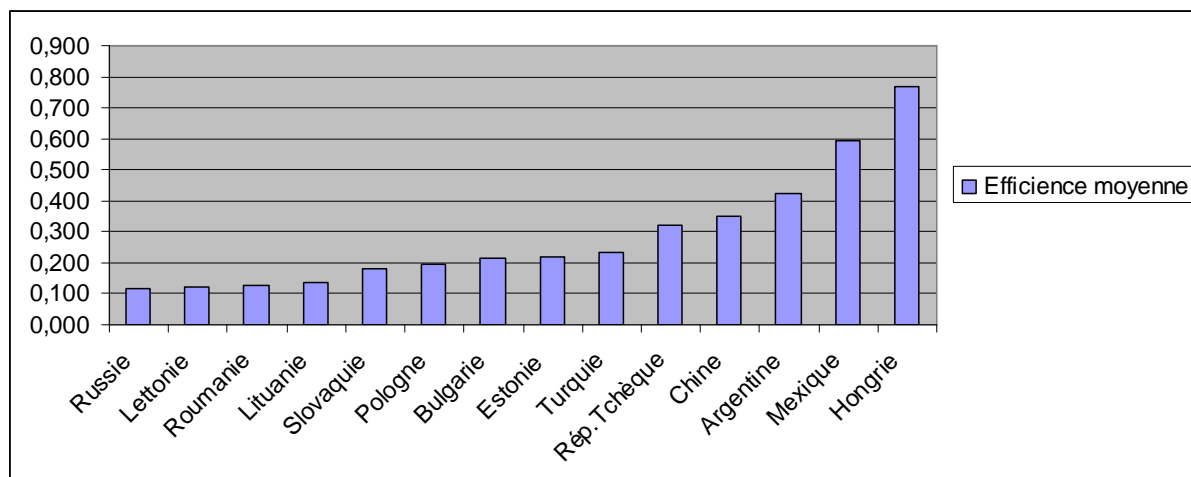
Les valeurs estimées pour les paramètres de la fonction de production permettent de calculer la distance de chaque observation par rapport à la frontière efficiente. Le score d'efficacité est compris entre 0 (inefficience totale) et 1 (efficacité parfaite).

Tableau 2 : Les efficacités annuelles moyennes de R&D

Année	Efficacité moyenne	Ecart type	Efficacité minimale	Efficacité maximale
2000	0,204	0,192	0,053	0,709
2001	0,219	0,193	0,063	0,723
2002	0,234	0,195	0,073	0,735
2003	0,250	0,195	0,085	0,748
2004	0,267	0,196	0,097	0,760
2005	0,284	0,196	0,111	0,771
2006	0,302	0,195	0,125	0,782
2007	0,319	0,194	0,140	0,793
2008	0,338	0,193	0,157	0,803
2009	0,356	0,191	0,174	0,812
2010	0,378	0,196	0,192	0,822
Score moyen d'efficacité		0,29		

D'après le tableau n°2, l'efficacité moyenne durant les 11 périodes étudiées est de l'ordre de 29%. Ce niveau faible d'efficacité implique que les pays de notre échantillon peuvent améliorer leurs résultats d'innovation de 71% avec les mêmes niveaux de ressources.

² Le modèle est estimé à l'aide du logiciel FRONTIER 4.1.



Graphique 1 : Efficience moyenne des dépenses de R&D dans 14 pays émergents (2000-2010)

D'après le graphique suivant, les scores d'efficience les plus élevés sont pour la Hongrie (77%), le Mexique (59%) et l'Argentine (42%). La Lettonie et la Russie se caractérisent par les niveaux les plus faibles d'efficience (12% et 11%, respectivement).

5.2 MODÈLES DE RÉGRESSION

Pour étudier l'effet de l'efficience des dépenses de R&D sur l'innovation dans les pays émergents, nous avons estimé le modèle suivant :

$$\ln \text{BREV}_{it+2} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DRD}_{it} + \beta_2 \ln \text{PRD}_{it} + \beta_3 \ln \text{EFF}_{it} + \beta_4 \ln \text{PIB}_{it} + \beta_5 \ln \text{OUV}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

$i = 1, 2, \dots, 14$; $t = 2000, 2001, \dots, 2010$, ε_{it} est un terme d'erreur, \ln est le logarithme népérien.

Avant de présenter les modèles de régressions, nous procédons à l'analyse de l'indépendance des variables explicatives (condition préalable à l'utilisation des modèles de régression).

La matrice de corrélation simple nous permet de détecter une forte corrélation entre les variables DRD et PRD (0,82). Donc, ces deux variables ne doivent pas appartenir au même modèle afin de s'assurer de l'efficacité d'interprétation des résultats. C'est pourquoi nous décidons d'estimer les deux modèles suivants³ :

$$\text{Modèle (1)} : \ln \text{BREV}_{it+2} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DRD}_{it} + \beta_2 \ln \text{EFF}_{it} + \beta_3 \ln \text{PIB}_{it} + \beta_4 \ln \text{OUV}_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Modèle (2)} : \ln \text{BREV}_{it+2} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{PRD}_{it} + \beta_2 \ln \text{EFF}_{it} + \beta_3 \ln \text{PIB}_{it} + \beta_4 \ln \text{OUV}_{it} + \varepsilon_{it}$$

5.2.1 TEST DE PRÉSENCE D'EFFETS INDIVIDUELS

Dans les modèles (1) et (2), le test de multiplicateur de Lagrange donne des valeurs de 232,73 et 1,74 respectivement et les p-values y associées sont inférieures au seuil de 1 %. Nous rejetons alors l'hypothèse nulle d'absence d'effets spécifiques, il est donc nécessaire d'introduire des effets individuels.

5.2.2 TEST D'HAUSMAN

Les modèles à effets fixes et à effets aléatoires autorisent la prise en compte de l'hétérogénéité des données. Néanmoins, les hypothèses sur la nature des effets spécifiques sont différentes d'un modèle à l'autre. En effet, dans le premier modèle, on suppose que les effets spécifiques peuvent être corrélés avec les variables explicatives. Sous l'hypothèse nulle d'absence

³ Les modèles sont estimés à l'aide du logiciel STATA 10.

de corrélation entre les effets spécifiques et les variables explicatives, le test d'Hausman permet de choisir entre les deux modèles.

Si le risque de rejeter H_0 sachant qu'elle est vraie est faible (p -value $< \alpha$ % ; avec α : niveau de confiance), nous rejetons H_0 d'absence de corrélation et nous privilégions l'adoption d'effets individuels fixes et l'utilisation de l'estimateur Within. Cependant, lorsque la probabilité du test est supérieure à α %, alors le test d'Hausman ne permet pas de distinguer le modèle à effets fixes du modèle à effets aléatoires. Dans ce cas, le choix de l'un ou l'autre modèle doit être justifié rigoureusement.

La probabilité du test dans les deux cas est inférieure à 1% (0,0051 dans modèle (1) et 0,0071 dans modèle 2) donc le test d'Hausman nous permet de choisir le modèle à effets fixes pour les deux modèles.

5.2.3 TEST D'HÉTÉROSCÉDASTICITÉ

Le test de Breush-Pagan nous permet de détecter l'hétéroscédasticité. Dans les modèles (1) et (2), les probabilités du test sont égales respectivement à 0,0000 et 0.0055 $<$ 1 %. Nous rejetons donc H_0 et nous concluons la présence d'un problème d'hétéroscédasticité.

5.2.4 TEST D'AUTO CORRÉLATION DES ERREURS

Le test de Wooldridge nous permet de détecter l'auto-corrélation dont l'hypothèse nulle est l'absence d'auto-corrélation des erreurs.

Dans les modèles (1) et (2), les probabilités du test sont égales respectivement à 0,0083 et 0.0032 confirmant la présence d'un problème d'auto-corrélation des erreurs.

Dans ce qui suit, nous présentons les résultats des régressions linéaires en corrigeant les deux problèmes d'hétéroscédasticité et d'auto-corrélation des erreurs.

5.2.5 RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS LINÉAIRES

Tableau 3 : Résultats des estimations des modèles (1) et (2)

	Signe prédit	Coefficients (Modèle 1)	Coefficients (Modèle 2)
Constante		3,641	- 5,441***
DRD	+	0,591***	
PRD	+		0,912***
EFF	+	0,889***	0,991***
PIB	+	- 0,927***	- 0,044
OUV	+	0,079	0,235**
N		153	153
Chi2		272,45***	1112,06***

***, ** et * : significatifs à 1%, 5% et 10% respectivement.

D'après le tableau ci-dessus, la statistique de Chi2 testant la significativité conjointe des variables explicatives est significative à 1 % dans les deux modèles permettant de rejeter l'hypothèse nulle stipulant que les coefficients de régression β sont nuls. Par conséquent, nos modèles sont globalement significatifs.

Les résultats montrent que le stock des dépenses intérieures de R&D a un effet positif et significatif (à 1%) sur l'innovation. Ils montrent qu'un accroissement de 1% des dépenses cumulatives de R&D fait augmenter le nombre de brevets de 0,59%. Ce résultat est cohérent avec celui trouvé par [3]. Il montre la présence des économies d'échelle et des externalités positives dans les activités de recherche et développement.

Le personnel de R&D a un effet positif et significatif à 1%. Ce qui implique que la production des nouvelles connaissances augmente, toutes choses égales par ailleurs, avec le nombre de chercheurs et techniciens de R&D. Ce résultat est cohérent avec les travaux précédents tels que [6] et [7]. Il montre qu'un accroissement de 1% du personnel de R&D fait augmenter le nombre de brevets de 0,91%.

Le troisième résultat trouvé est très intéressant pour notre étude dans la mesure où il montre l'importance de la bonne gestion des ressources de R&D. En fait, l'efficacité de R&D a un impact positif et significatif à 1% sur l'innovation technologique. Ce résultat est conforme avec celui trouvé par [15]. Il implique qu'une amélioration du niveau d'efficacité de 1% entraîne une augmentation dans le nombre de brevets internationaux de 0,89% dans le modèle (1) et 0,99% dans le modèle (2). Remarquons que l'effet de l'efficacité des ressources de R&D est plus intense que celui des ressources mêmes, d'où l'intérêt extrême de cette variable.

Ainsi, nos résultats montrent que les innovations dans les pays émergents sont créées grâce aux ressources financières et humaines de R&D, d'où la nécessité d'accroître le volume des ressources consacrées aux activités d'innovation. Un tel accroissement doit être accompagné par une utilisation efficace des ressources existantes.

Pour les variables de contrôle, les résultats trouvés montrent que le PIB par habitant a un effet négatif sur l'innovation. Ceci implique que les conditions macroéconomiques dans les pays de notre échantillon ne sont pas favorables à la création d'innovation.

L'effet positif de la variable relative au degré d'ouverture commerciale montre que les entreprises des pays de notre échantillon bénéficient suffisamment de leurs contacts avec les fournisseurs et les consommateurs étrangers. Ces derniers les aident à acquérir les connaissances étrangères pour innover.

6 CONCLUSION

L'objectif de ce papier était d'étudier l'impact de l'efficacité des dépenses de R&D sur l'innovation. Pour ce faire, nous avons mené une étude empirique portant sur 14 pays émergents pendant la période 2000-2010. Nous avons estimé dans une première étape les scores d'efficacité à l'aide de l'approche SFA. Puis, dans une deuxième étape nous avons régressé le nombre de brevets sur les scores calculés dans la première étape. Les résultats trouvés confirment le rôle important joué par l'efficacité de R&D dans l'innovation technologique. Notre étude a des implications pour les pays qui souffrent d'un faible niveau d'efficacité de R&D (que ce soient les pays de notre échantillon tels que la Russie, la Lettonie, la Lituanie et la Roumanie ou autres n'en faisant pas partie). Ces derniers doivent utiliser leurs ressources de recherche et développement d'une manière plus efficace pour augmenter leurs taux de brevetage international.

La présente étude révèle aussi l'intérêt d'étudier les déterminants de l'efficacité de R&D.

REFERENCES

- [1] R.M. Solow, "Technical change and the aggregate production function", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, no. 3, pp. 312-320, 1957.
- [2] P. Romer, "Increasing returns and long run growth", *Journal of Political Economy*, vol. 94, pp. 1002-1037, 1986.
- [3] D.T. Coe and E. Helpman, "International R&D spillovers", *European Economic Review*, vol. 39, pp. 859-887, 1995.
- [4] Z. Griliches, "Productivity puzzles and R&D: Another non explanation", *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 2, no. 4, pp. 9-21, 1988.
- [5] D.T. Coe and R. Moghadam, "Capital and trade as engines of growth in France. Application of johansen's cointegration methodology", *Staff Papers-International Monetary Fund*, vol. 40, no. 3, pp. 542-566, 1993.
- [6] J.L. Furman, M.E. Porter, and S. Stern, "The determinants of national innovative capacity", *Research Policy*, vol. 31, pp. 899-933, 2002.
- [7] F. Jaumotte and N. Pain, "From ideas to development: the determinants of R&D and patenting", *OECD Economics Department Working Papers*, no. 457, 2005 a.
- [8] H.Y. Lee and Y.T. Park, "An international comparison of R&D efficiency: DEA approach", *Asian Journal of Technology Innovation*, vol. 13, no. 2. pp. 207-222, 2005.
- [9] V.J. Thomas, S. Sharma, and S.K. Jain, "Using patents and publications to assess R&D efficiency in the states of the USA", *World Patent Information*, vol. 33, pp. 4-10, 2011.
- [10] E.C. Wang and W. Huang, "Relative efficiency of R&D activities: A cross country study accounting for environmental factors in the DEA approach", *Research Policy*, vol. 36, pp. 260-273, 2007.
- [11] V.J. Thomas, S.K. Jain, and S. Sharma, "Analysing R&D efficiency in Asia and the OECD: An application of the Malmquist productivity index", *IEEE The Atlanta Conference on Science and Innovation Policy, October 2-3, 2009*.
- [12] A. Conte, P. Schweizer, A. Dierx, and F. Ilzkovitz, "An analysis of the efficiency of public spending and national policies in the area of R&D", *European Economy Occasional Paper*, vol. 54, 2009.
- [13] X. Li, "China's regional innovation capacity in transition: an empirical approach", *Research Policy*, vol. 38, pp. 338-357, 2009.

- [14] J.L. Hu, C.H. Yang, and C.P. Chen, "R&D efficiency and the national innovation system: an international comparison using distance function approach", *Bulletin of Economic Research*, pp. 1-17, 2011.
- [15] E.C. Wang, "R&D efficiency and economic performance. A cross-country analysis using the stochastic frontier approach", *Journal of Policy Modeling*, vol. 29, pp. 345-360, 2007.
- [16] Pakes, A., and Griliches, Z., *Patents and R&D at the firm level: A first look*, In: Z. Griliches (Ed.), *R&D, patents and productivity*, Oxford University Press, pp. 55-72, 1984.
- [17] Z. Griliches, "Patent statistics as economic indicators: A survey", *Journal of Economic Literature*, vol. XXVIII, pp. 1661-1707, 1990.
- [18] G.E. Battese and T.J. Coelli, "Frontier production functions, technical efficiency and panel data with application to paddy farmers in India", *The Journal of Productivity Analysis*, vol. 3, pp. 153-169, 1992.
- [19] OCDE, *La mesure des stocks de capital, de la consommation de capital fixe et des services du capital*. OCDE, 2001.