

La recherche et développement influence-t-elle les capacités productives dans les pays en développement ?

Does research and development influence productive capacity in developing countries ?

KOUASSI Bissié Charlotte

Chercheur

Université de Yaoundé II- Cameroun

Laboratoire d'Analyse et d'Economie Appliquée (LAEA)

AVOM Désiré

Enseignant-chercheur

Université de Yaoundé II- Cameroun

Laboratoire d'Analyse et d'Economie Appliquée (LAEA)

KENECK-MASSIL Joseph

Enseignant-chercheur

Université de Yaoundé II- Cameroun

Laboratoire d'Analyse et d'Economie Appliquée (LAEA)

Date de soumission : 04/08/2026

Date d'acceptation : 03/10/2026

Pour citer cet article :

KOUASSI. B. C. & al. (2026) « La recherche et développement influence-t-elle les capacités productives dans les pays en développement ? », Revue Française d'Économie et de Gestion « Volume 7 : Numéro 10 » pp : 581- 606.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons

Attribution License 4.0 International License



Résumé

Cet article évalue l'effet de la recherche et développement, quantifiée par les dépenses en recherche et développement sur les capacités productives. Cette étude réalisée à l'aide des données issues de 53 pays en développement et d'un modèle vectoriel autorégressif de panel avec prise en compte de la méthode des moments généralisés (PVAR-GMM) sur la période 2000-2018 indiquent que les dépenses en recherche et développement influencent de manière positive et significative les capacités productives. De plus, les dépenses en recherche et développement fondamentale, appliquée et expérimentale affectent positivement et significativement les capacités productives ; mais l'effet est plus élevé avec les dépenses en recherche et développement appliquée. Nous identifions également un effet positif et significatif des dépenses en recherche et développement de l'Etat, de l'enseignement supérieur, des entreprises et des institutions privées à but non lucratif sur les capacités productives. Enfin, l'innovation et l'exportation sont identifiées comme deux canaux de transmission potentiels par lesquels les dépenses en R&D améliorent les capacités productives.

Mots clés : dépenses en recherche et développement ; capacités productives ; pays en développement.

Abstract

This article assesses the effect of research and development, quantified by research and development expenditure, on productive capacity. This study, conducted using data from 53 developing countries and a panel vector autoregressive model incorporating the generalised method of moments (PVAR-GMM) over the period 2000-2018, indicates that research and development expenditure has a positive and significant influence on productive capacity. Moreover, spending on fundamental, applied and experimental research and development has a positive and significant effect on productive capacity, but the effect is greater with spending on applied research and development. We also identify a positive and significant effect of spending on research and development by the state, higher education, businesses and private non-profit institutions on productive capacity. Finally, innovation and exports are identified as two potential transmission channels through which research and development expenditure improves productive capacity.

Keywords : research and development expenditure ; productive capacity ; developing countries.

Introduction

Ces dernières années ont été marquées par de forts taux de croissance économique dans beaucoup de pays en développement (PED) que par le passé. En effet, le développement des capacités productives est primordial dans le processus de croissance économique soutenue au sein des PED. Ce développement confère aux pays des moyens de mobilisations de ressources intérieures capables de financer leur croissance et aussi d'attirer des investissements étrangers à même de soutenir le processus de développement.

Sur la période 2011-2018, les pays moins avancés (PMA) possédaient des valeurs de capacités productives comprises entre 9 et 36, avec une moyenne de 17. La valeur médiane des capacités productives s'est accrue au cours de cette période, allant de 14,9 à 17,2 pour les PMA et de 27,3 à 28 pour les autres PED. (CNUCED, 2020). Aussi, au sein des PMA, le nombre de pays possédant les capacités productives les plus élevées a baissé, passant de 11 en 2001 à 6 en 2018 alors que le nombre de pays détenant les capacités moins productives s'est accru de 18 à 25 sur la même période.

L'intensité de la recherche, l'un des objectifs de développement durable (ODD) a longtemps constitué un intérêt public. En effet, le Rapport de l'UNESCO sur la science de 2021 révèle que la croissance des dépenses mondiales de recherche est de 19,2% sur la période 2014-2018, contre une croissance du PIB mondial de 14,8% sur la même période (Schneegans et al., 2021). Cet accroissement s'est manifesté par une hausse des investissements en R&D, allant de 1,73% à 1,79% du PIB. Toutefois, les dépenses de recherche ont connu des progrès modestes dans toutes les régions sauf en Asie Centrale et en Amérique Latine et Caraïbes entre 2014 et 2018. La littérature renferme différents facteurs susceptibles d'expliquer la productivité à savoir les facteurs économiques (González-Blanco et al., 2019; Hall et al., 2013), socioculturels (Dale-Olsen et Finseraas, 2020; Andersson et al., 2019), institutionnels (Abeberese et al., 2023; Acemoglu et al., 2019) et environnementaux (Salim et al., 2020; Sheng et Xu, 2019) et géographiques (Vandecastelen et al., 2021; Aarstad et al., 2016).

Relativement à la portée de la recherche et développement, plusieurs études s'accordent sur le fait que les investissements en R&D influencent le développement économique. Les travaux de Schultz (1953) et de Griliches (1958) révèlent la contribution des investissements en R&D à l'accroissement de la productivité. Par ailleurs, les théories de la croissance endogène présentent la R&D comme l'un des éléments fondamentaux dans la stimulation de la productivité (Lucas 1988; Romer 1990a; Grossman et Helpman 1991). De plus, certains auteurs affirment que le niveau de recherche et les dépenses en R&D des entreprises contribuent à

l'augmentation de la productivité et de leur rentabilité (Griliches, 1979; Minasian, 1962). Des travaux empiriques ont également montré l'effet des investissements en R&D sur la productivité (Morsy et El-Shal, 2020; González-Blanco et al., 2019). De même, l'investissement en R&D est positivement associé à la croissance de la productivité (Sun et al., 2016 ; Solomon, 2021). En dépit du grand nombre d'études sur les effets des investissements en R&D, les effets des dépenses en R&D sur les capacités productives n'ont pas été suffisamment évalués. D'où la portée de notre analyse.

Les principaux résultats de cette étude sont obtenus à l'aide des données de panel de 53 pays en développement et du modèle panel vectoriel autorégressif (PVAR). Tout d'abord, nos résultats révèlent que les dépenses en R&D affectent de manière positive et croissante les capacités productives. Ensuite, les dépenses en R&D par type d'activités de recherche influencent positivement et significativement les capacités productives, mais l'étendue de l'effet des dépenses en R&D appliquée est plus grande. Nous montrons également que les dépenses en R&D par secteurs d'activité sont positivement associées aux capacités productives. Enfin, nous identifions l'innovation et l'exportation comme deux mécanismes de transmission par lesquels les dépenses en R&D améliorent les capacités productives.

La suite de cet article est structurée comme suit. La section 1 est consacrée à l'apport de la littérature. La section 2 concerne les sources de données et la méthodologie utilisée. La section 3 renvoie à l'analyse des résultats. La section 4 présente les canaux de transmission.

1. Comment la R&D augmente la productivité

1.1. La R&D augmente la productivité à travers l'innovation (les brevets)

L'augmentation des investissements en R&D engendre l'innovation selon les théories de la croissance endogène (Grossman et Helpman, 1989). De nombreux auteurs ont mis en exergue le lien entre la R&D et l'innovation. En effet, selon Hall et al. (2013), la R&D constitue l'élément fondamental de l'innovation. L'investissement en R&D favorise le développement des connaissances indispensables à l'introduction de l'innovation (Pegkas et al., 2019). De même, Buesa et al. (2010) soulignent que les dépenses en R&D influencent positivement et significativement le nombre de brevets. Min et al. (2020) montrent que la R&D publique contribue à l'amélioration de l'efficacité du développement technologique.

L'activité innovante influence positivement la croissance de la productivité (Geroski, 1989). La littérature présente l'innovation comme un élément important de l'augmentation de la productivité. En effet, selon Crépon et al. (1998), la productivité de l'entreprise est positivement associée avec une plus grande production d'innovation. Par ailleurs, Chudnovsky et al. (2006)

soulignent que le niveau de productivité des innovateurs est plus élevé que celui des non-innovateurs. Mohnen et Hall (2013) affirment que l'innovation entraîne une meilleure productivité. Morris (2018) soutient que les entreprises innovantes sont de manière significative et économique, plus productives au sein des secteurs du manufacturier et des services.

H1 : la R&D augmente la productivité à travers l'augmentation de l'innovation.

1.2. La R&D augmente la productivité à travers l'exportation

Les investissements en R&D occupent une place fondamentale dans l'augmentation des exportations (Keesing, 1967). De nombreux auteurs ont mis en évidence le lien existant entre la R&D et les exportations. En effet, Ito et Pucik (1993) soulignent que les dépenses en R&D influencent de manière positive les ventes à l'exportation. Barrios et al. (2003) présentent l'activité de R&D comme un élément crucial de l'activité d'exportation. Selon Aw et al. (2011), les investissements en R&D contribuent à l'augmentation de la rentabilité des exportations. Le niveau d'exportations de technologie dépend du niveau des dépenses en R&D des pays (Avallone et al., 2019). Plus les pays investissent en R&D, plus les exportations augmentent. Les exportations contribuent à l'accroissement de la productivité (De Loecker, 2007). En effet, plusieurs études soulignent que les exportations augmentent la productivité. Par exemple, Baldwin (2004) présente la participation au marché de l'exportation comme un élément important de l'augmentation de la croissance de la productivité. Nous constatons des accroissements de la productivité après que les usines se sont engagées dans l'exportation (Alvarez et López, 2005). En outre, Aw et al. (2007) soulignent une interdépendance significative entre les investissements dans l'exportation et la productivité future. L'exportation demeure un facteur important de la croissance de la productivité. L'exportation exerce un effet non négligeable sur la productivité des entreprises (Yang et Mallick, 2014).

H2 : la R&D augmente la productivité à travers l'augmentation de l'exportation.

2. Données et approche méthodologique

2.1. Présentation des données et des variables

Cette étude utilise des données de panel avec 53 pays en développement sur la période de 2000 à 2018 ; extraites de la CNUCED, l'UNESCO et du WDI. L'indice des capacités productives (PCI), la variable dépendante, est construit en se fondant sur trois piliers que sont : les ressources productives, les capacités entrepreneuriales et les liens de production (CNUCED, 2006). Cet indice est une mesure quantitative des trois piliers, répartis en huit composantes : le capital naturel, le capital humain, l'énergie, les institutions, les changements structurels, la technologie de l'information et de la communication, le transport et le secteur privé.

Les dépenses en R&D constituent notre variable d'intérêt. Nous utilisons également les différents types dépenses en R&D dans l'analyse de robustesse, avec d'une part, les dépenses en R&D des secteurs d'activité en nous appuyant sur les travaux de Bravo-Ortega et García Marín (2011) et de Wang (2010) et d'autre part, nous prenons les dépenses en R&D par activité de R&D suivant les études de Solomon (2021). La littérature nous propose également les variables de contrôle telles que les flux d'investissement direct étranger (Van Pottelsberghe De La Potterie et Lichtenberg, 2001), le commerce (Raymond et al., 2015), la taille de la population mesurée par la densité de la population (Wang, 2010), les brevets (Crepon et al., 1998), la force de travail (Siliverstovs et al., 2016). Par ailleurs, nous effectuons une matrice de corrélation des variables de notre étude (voir tableau A2 en annexe).

2.2. Approche méthodologique

En s'inspirant des travaux de Gyedu et al., (2021), cette étude utilise un modèle Panel VAR dans le style de la méthode généralisée des moments (GMM) mis en œuvre par Love et Zicchino (2006).

2.2.1. Modèle vectoriel autorégressif de panel avec prise en compte des GMM en système (PVAR-GMM)

Selon Canova et Ciccarelli (2013), les PVAR sont construits selon la même logique que les modèles VAR. En effet, ces modèles sont capables de capturer les interdépendances statiques et dynamiques. Un autre avantage de cette méthode est que les variables peuvent être endogènes (Love et Zicchino, 2006). La formule générale du VAR de panel mise en œuvre par Love et Zicchino (2006) est : $Y_{it} = u_i + A(L)Y_{it} + BX_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$ (1)

$$i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Avec i est l'indice du pays correspondant ; t est l'indice temporel ; Y_{it} est un vecteur ($1 \times k$) de variables endogènes stationnaires ; X_{it} est un vecteur ($1 \times L$) de covariables exogènes stationnaires ; $A(L) = A_1L^1 + A_2L^2 + \dots + A_pL^p$ est une matrice polynomiale ($k \times k$) de l'opérateur retard L tel que, $A_1, A_2, A_3, \dots, A_p$ sont des matrices de coefficients aux pays et aux périodes qui sont des paramètres à estimer ; la matrice B ($1 \times L$) est la matrice des coefficients des covariables exogènes à estimer ; u_i est un vecteur ($1 \times k$) d'effets spécifiques pays ; δ_t est un vecteur d'effets temporels. ε_{it} est un vecteur ($1 \times k$) d'erreurs.

Nous supposons que les innovations ont les caractéristiques suivantes :

$$E(\varepsilon_{it}) = 0, E(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{it}') = \sum_p \text{et } E(\varepsilon_{it}', \varepsilon_{is}) = 0 \text{ pour tout } t > s$$

Les variables sont constituées pour chacun des pays, des variables endogènes (Y_{it}), à savoir le logarithme de l'indice des capacités productives (lnPCI) et le logarithme des dépenses en R&D en pourcentage du PIB (lnRD), et des variables exogènes (X_{it}), à savoir, le logarithme des IDE entrants (lnIDE), le taux de croissance du PIB/hbt (PIBHbt), le commerce en pourcentage du PIB (COM), le logarithme de la densité de la population (lnDP), le logarithme de la force du travail (lnFT) et le logarithme du nombre de brevets (lnBR). L'équation (1) peut être spécifiée pour refléter les systèmes d'équations impliquant les variables de l'étude comme :

$$\Delta \ln PCI_{it} = u_{1i} + \sum_{j=1}^p \beta_{1,j} \Delta \ln PCI_{it-j} + \sum_{j=1}^p \varphi_{1,j} \Delta \ln RD_{it-j} + \gamma_{1i} \ln IDE_{it} + \gamma_{2i} \ln PIBhbt_{it} + \gamma_{3i} \ln COM_{it} + \gamma_{4i} \ln DP_{it} + \gamma_{5i} \ln FT_{it} + \gamma_{6i} \ln BR_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1.1)$$

$$\Delta \ln RD_{it} = u_{2i} + \sum_{j=1}^p \beta_{2,j} \Delta \ln PCI_{it-j} + \sum_{j=1}^p \varphi_{2,j} \Delta \ln RD_{it-j} + \eta_{1i} \ln IDE_{it} + \eta_{2i} \ln PIBhbt_{it} + \eta_{3i} \ln COM_{it} + \eta_{4i} \ln DP_{it} + \eta_{5i} \ln FT_{it} + \eta_{6i} \ln BR_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1.2)$$

2.2.2. Stratégie d'estimation Validation du modèle empirique

Nous utilisons la méthode dite de déviation orthogonale ou la procédure d'Helmert développée par Love et Zicchino (2006) qui consiste à prendre les variables en différence à la moyenne.

Cette transformation permet d'estimer les coefficients par le Système Généralisé de la Méthode des Moments (GMM). Le modèle final est donc de la forme : $\tilde{Y}_{it} = A(L)\tilde{Y}_{it} + B\tilde{X}_{it} + \tilde{\varepsilon}_{it}$ (2)

Avec $\tilde{Y}_{1t} = \theta_t(Y_{1,t}^K - \bar{Y}_{1,t}^K)$, $\tilde{X}_{1t} = \theta_t(X_{1,t}^L - \bar{X}_{1,t}^L)$, $\tilde{\varepsilon}_{1t} = \theta_t(\varepsilon_{1,t}^K - \bar{\varepsilon}_{1,t}^K)$, $\bar{Y}_{1,t}^K = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_{1,t}^K$,

$$\bar{X}_{1,t}^L = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{1,t}^L, \bar{\varepsilon}_{1,t}^K = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{1,t}^K \text{ et } \theta = \sqrt{\frac{T-t}{T-t-1}}$$

Où T désigne la période de données disponible pour une série de pays i et K et L le nombre de variables du vecteur Y_{it} et X_{it} respectivement. L'équation (2) obtenue est l'écart orthogonal, chaque observation est pondérée de manière à normaliser la variance.

2.2.3. Validation du modèle empirique

2.2.3.1. Stationnarité et sélection du nombre de retard

- Test de racine unitaire du panel

Le modèle PVAR exige la stationnarité des données (Abrigo et Love, 2016). Il existe deux types de test de racine unitaire de panel : les tests de Levin et Chu (LLC), et Breitung et les tests de Lm, Pesaran et Shin (IPS) (Im et al., 2003), ADF-Fisher et de PP-Fisher (Maddala et Wu (1999) et Choi (2001)). Après le test de racine unitaire, s'il existe des variables stationnaires en différence, il sera effectué le test de cointégration de Kao (1999) et de Pedroni (1999) afin de vérifier la relation de long terme entre les variables.

• Test du retard maximum

L'analyse VAR de panel repose sur le choix de l'ordre optimal des retards à la fois dans la spécification VAR de panel et dans la condition de moment (Abrigo et Love, 2016). Andrews et Lu (2001) ont proposé des MMSC (Consistent model and moment selection) pour les modèles GMM basés sur la statistique J de Hansen (1982) des restrictions de suridentification. Mais lorsque les informations ne sont pas concluantes, l'accent est mis sur le critère d'information d'Akaike suggéré par Ng et Perron (2001). Les inférences sont basées sur un niveau de signification de 5% comme suggéré par Edison et al. (2002).

2.2.3.2. Les fonctions de réponses

L'analyse des fonctions de réponses impulsionnelles permet de visualiser le processus de la dynamique d'impulsion entre les dépenses en R&D sur les capacités productives. Sur la base des recherches de Cameron et al. (2010), l'analyse utilise les expériences de Monte Carlo pour simuler 500 fois (Kuang et al., 2020). Le principal avantage du système VAR est l'évaluation de l'impact du choc d'une variable sur une autre variable, tout en maintenant toutes les autres variables constantes. Cependant étant donné que la matrice de variance-covariance des erreurs est peu susceptible d'être diagonale pour isoler les chocs sur l'une des variables du système, il est nécessaire de décomposer les résidus de telle sorte qu'ils deviennent orthogonaux (Hamilton, 1994).

3. Résultats et Discussion

3.1. Statistiques descriptives

Le tableau 1 décrit les variables de notre étude.

Tableau 1: Statistiques descriptives

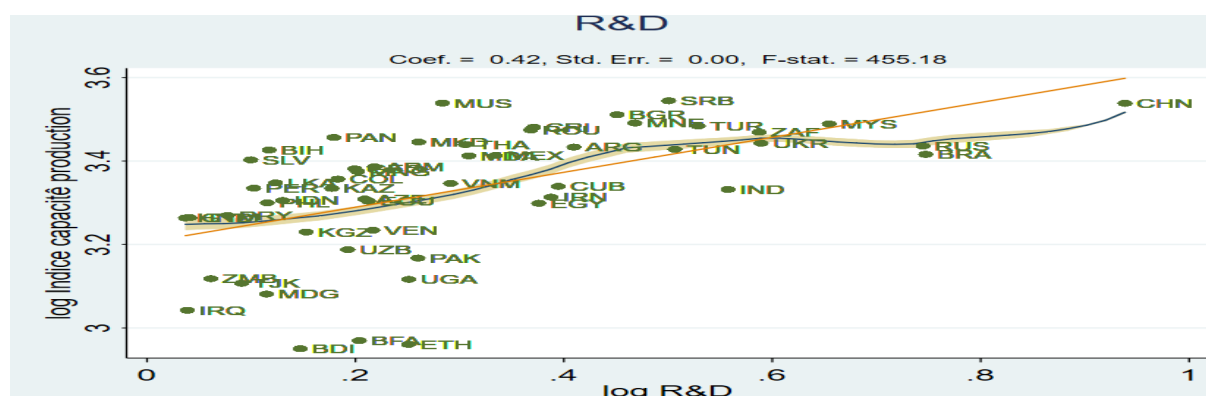
Variabes	Observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Indice capacité production, log	988	3,327	0,166	2,811	3,689
Capital humain, log	1007	3,82	0,191	2,952	4,119
Capital naturel, log	988	3,999	0,143	3,707	4,554
Energie, log	1007	3,253	0,195	2,493	3,529
Transport, log	1007	2,574	0,258	1,686	3,435
TIC, log	1007	1,972	0,493	1,026	2,89
Institutions, log	1007	3,783	0,27	2,557	4,309
Secteur privé, log	988	4,298	0,145	3,637	4,496
Changement structurel, log	988	2,919	0,258	1,708	3,772
R&D, log	767	,326	0,224	0,005	1,144
R&D/hbt	751	3,236	1,276	0,093	5,893
R&D fondamentale, log	329	3,006	0,655	0,423	4,209
R&D appliquée, log	333	3,718	0,49	1,687	4,581
R&D expérimentale, log	319	3,019	0,794	0,358	4,45
R&D Etat, log	616	0,141	0,095	0,006	0,464

R&D Entreprises, log	456	0,181	0,192	0,006	0,977
R&D DNS, log	138	2,075	1,202	0,041	4,341
R&D Enseignement sup, log	587	0,095	0,097	0,005	0,698
R&D Institutions privées, log	156	0,027	0,03	0,005	0,139
Brevets, log	1007	5,65	3,23	0	14,249
IDE entrants, log	958	1,35	0,723	-5,356	4,027
Densité de la population, log	1007	4,257	1,022	0,949	6,437
Force du travail, log	1007	15,971	1,604	12,37	20,499
Commerce (% PIB)	985	74,47	34,765	20,964	220,407
Taux croissance PIB/hbt	985	4,509	4,589	-33,101	54,159

Source : données de l'étude

Le graphique 1 montre lorsque les dépenses en R&D augmentent, l'indice des capacités productives également augmente. Les deux indicateurs évoluent dans le même sens. De même, la plupart des pays ont un faible niveau d'investissement en R&D (voir graphique 1).

Graphique 1 : corrélation entre les dépenses en R&D et l'indice des capacités productives



Source : Auteurs

3.2. Analyse des résultats économétriques

3.2.1. Test de racine unitaire

Le tableau 2 expose les résultats des tests de racine unitaire. Ils mettent en évidence le rejet au seuil de significativité de 1% de l'hypothèse nulle selon laquelle il y a présence de racine unitaire. La condition préalable de l'application du modèle PVAR est donc respectée.

Tableau 2 : Test de racine unitaire

	Test en niveau (pas de tendance)	
	IPS ^(a)	Fisher ^(b)
LNIPCI	-23,485***	-23,123***
LNRD	-23,686***	-23,414***
LNBR	-30,301***	-28,534***
LNIDE	-23,317***	-23,013***
LNFT	-26,538***	-25,646***
COM	-25,812***	-25,068***
PIB/hbt	-27,700***	-26,422***
LNDP	-30,057***	-28,377***

Note : (a) Adjusted t*, (b) inverse normal ; niveau de significativité *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Par la suite, nous procédons à l'estimation du décalage optimal en utilisant les trois critères de sélection du modèle d'Andrews et Lu (2001). Le résultat est présenté dans le tableau 3.

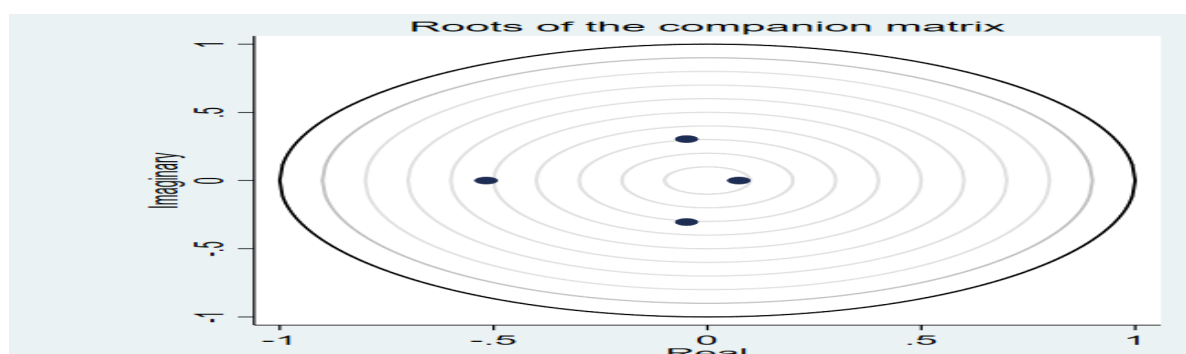
Tableau 3 : Test du retard optimal

Lag	CD	J	J pvalue	MBIC	MAIC	MQIC
1	-0,071	35,567	0,0003	-28,541	11,567	-4,649
2	0,114	20,483	0,009	-22,256	4,483	-6,328
3	0,282	14,545	0,006	-6,824	6,545	1,140

Source : Auteur

Nous choisissons ainsi le décalage de second ordre comme le décalage optimal pour le modèle PVAR en termes absolus car il possède les plus faibles valeurs de MAIC et MQIC. Par ailleurs, comme le témoigne la figure 1 ci-dessous, le PVAR estimé (tableau 3 en annexe) est stable.

Figure 1 : Stabilité du modèle



Source : Auteurs

3.2.2. Test de causalité de Granger

Les résultats du test de causalité de Granger alignés dans le tableau 4 indiquent une relation bidirectionnelle entre l'indice des capacités productives et les dépenses en R&D. Par conséquent, les variables s'influencent de façon mutuelle par effet de Granger dans le modèle. Ce résultat est semblable à celui de Gyedu et al. (2021) qui a identifié la bidirectionnalité entre la R&D et le PIB par habitant. Concernant le sens de la causalité allant des dépenses en R&D vers l'indice des capacités productives, on observe que les dépenses en R&D augmentent les capacités productives dans les pays en développement. Ce résultat est équivalent à ceux de Siliverstovs et al. (2016), Hussen et Çokgezen (2022). Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les pays en développement tendent maintenant au renforcement de leurs capacités afin d'être compétitifs sur le marché mondial.

Tableau 4 : Test de causalité de Granger

	LNPCI	LNRD
LNPCI		8,130**
LNRD	38,548 ***	

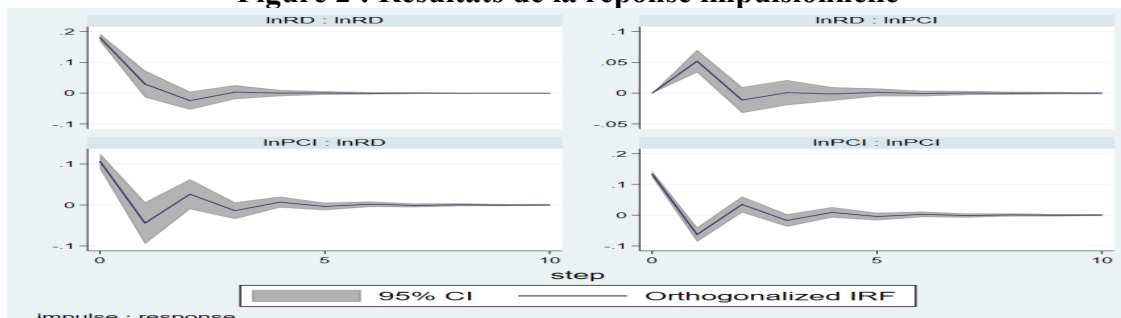
Note : ***, **, * indiquent une signification

3.2.3. Fonctions de réponses impulsionnelles

Premièrement, la première ligne de la figure 2 montre la réponse des dépenses en R&D à son propre choc et au choc de l'indice des capacités productives. L'effet des dépenses en R&D sur lui-même ($\ln RD : \ln RD$) est positif mais décroissant, puis en dents de scie de la première année à la quatrième avant de s'annuler progressivement. De même, l'effet de l'indice des capacités productives sur les dépenses en R&D croît puis décroît avant de s'estomper par la suite.

Deuxièmement, la seconde ligne de la figure 2 présente la réponse de l'indice des capacités productives à la suite d'un choc sur les dépenses en R&D et à son propre choc. L'indice des capacités productives réagit positivement à un choc positif sur les dépenses en R&D ($\ln PCI : \ln RD$). L'effet positif est observé, puis s'annule et devient négatif au cours de la première année. Après la première année, l'effet croît et évolue légèrement en dents de scie puis s'estompe par la suite à partir de la sixième année. Ce résultat est en conformité avec l'intuition économique qui stipule qu'un niveau de dépenses en R&D élevé augmente la productivité d'une économie. Ce résultat est conforme à ceux de Hussen et Çokgezen (2022) et de Gyedu et al. (2021). En effet, Hussen et Çokgezen (2022) ont montré dans le cas de leur étude pour l'Afrique, que les entreprises investissant dans la R&D demeurent plus innovantes et les entreprises innovantes sont plus productives. Les résultats de Gyedu et al. (2021) stipulent également que la R&D est considérée comme l'un des déterminants de l'innovation qui impacte significativement le PIB par habitant. Cette faible progression de l'effet d'un choc des dépenses en R&D sur les capacités productives peut s'expliquer par la qualité des institutions régionales car elle demeure un élément important dans le renforcement de la capacité productive des entreprises, en plus de la promotion de la R&D et de l'innovation (Hussen et Çokgezen, 2022). En outre, cela peut s'expliquer également par la spécialisation industrielle des pays car Guellec et Van Pottelsberghe De La Potterie (2003) soutiennent que les dépenses en R&D sont fonction de la spécialisation industrielle. Toutefois, on remarque un choc positif de l'indice des capacités productives à la suite de son propre choc qui tend à s'annuler dans le temps.

Figure 2 : Résultats de la réponse impulsionnelle



Source : Auteur

3.2.4. Décomposition de la variance

Les résultats de cette décomposition consignés dans le tableau 5 révèlent l'influence positive et croissante des dépenses en R&D sur l'indice des capacités productives. Cet effet commence dès la première année et augmente progressivement dans le temps ; les dépenses en R&D contribuent à près de 30% à l'indice des capacités productives à la dixième. Concernant l'effet de l'indice des capacités productives sur les dépenses en R&D, il augmente également dans le temps et débute dès la deuxième année mais à un faible taux. A la dixième année, l'influence de l'indice des capacités productives sur les dépenses en R&D est d'environ 11%.

Tableau5: Fonction réponse impulsionnelle de décomposition de la variance de l'erreur

Prévision Variable d'impulsion			
		dLNPCI	dLNRD
LNPCI	0	0	0
	1	1.000	0.000
	2	0.889	0.111
	3	0.890	0.109
	4	0.891	0.109
	5	0.892	0.108
	6	0.892	0.108
	7	0.892	0.108
	8	0.892	0.108
	9	0.892	0.108
	10	0.892	0.108
LNRD	0	0	0
	1	0.259	0.741
	2	0.285	0.715
	3	0.292	0.708
	4	0.294	0.706
	5	0.295	0.705
	6	0.295	0.705
	7	0.295	0.705
	8	0.295	0.705
	9	0.295	0.705
	10	0.295	0.705

Source : auteur

3.3. Test de robustesse

3.3.1. Robustesse selon le type de recherche

3.3.1.1. Par activité de recherche

La figure 3 met en exergue l'effet des chocs des dépenses en R&D par activité de recherche sur l'indice des capacités productives. En effet, les résultats montrent un choc positif et croissant de l'indice des capacités productives suite à un choc des dépenses en R&D fondamentale

(lnPCI : lnRDF) sur la première année. Ce choc décroît mais demeure positif sur la deuxième année. Il s'annule à partir de la troisième année. Ensuite, nous observons que l'effet des dépenses en R&D appliquée sur l'indice des capacités productives est non linéaire (lnPCI : lnRDA) ; il évolue en dents de scie. Cela indique que sur cette période, la variabilité de l'indice des capacités productives est influencée par le niveau des dépenses en R&D appliquée. Enfin, on remarque un choc positif de l'indice des capacités productives après un choc des dépenses en R&D expérimentale (lnPCI : lnRDE), croissant au cours de la première année, puis décroissant au cours de la deuxième année. Après la deuxième année, cet effet positif croît et décroît et s'annule. L'analyse indique également que l'étendue de l'effet des dépenses en R&D fondamentale, appliquée et expérimentale sur l'indice des capacités productives est d'environ 5,1% ; 12% et 7,9% respectivement à la dixième année (voir tableaux A4, A5 et A6 en annexe). Les dépenses en R&D appliquée exerce une plus grande influence sur les capacités productives. Nos résultats révèlent l'importance de l'effet de ces trois activités de recherche sur l'indice des capacités productives et sont en adéquation avec ceux de Solomon (2021).

Figure 3 : Réponse impulsionnelles IPC et RD par activité de recherche



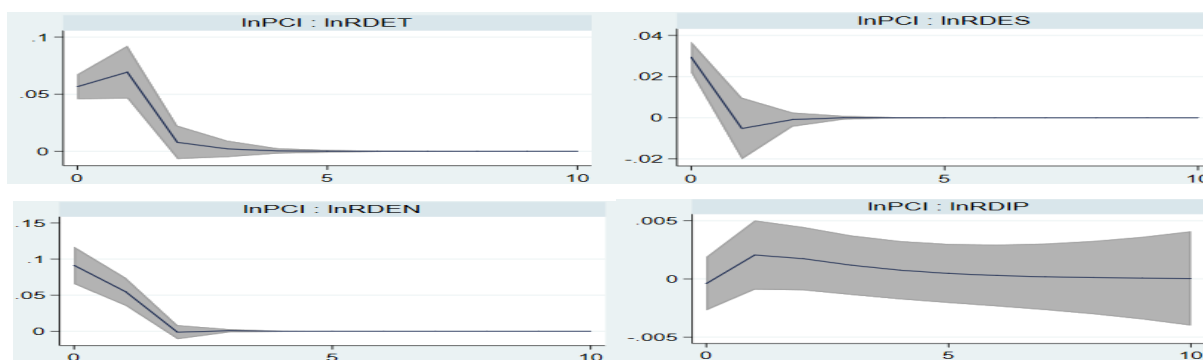
Source : Auteur.

3.3.1.2. Par secteur d'activité

La figure 4 expose les fonctions de réponses impulsionnelles de l'indice des capacités productives suite aux chocs des dépenses en R&D des différents secteurs d'activité. On constate que l'effet d'un choc des dépenses en R&D de l'Etat sur l'indice des capacités productives est positif croissant puis décroissant sur les trois premières années (lnPCI : lnRDET). En outre, l'effet d'un choc des dépenses en R&D de l'enseignement supérieur sur l'indice des capacités productives est instantanément positif mais décroît jusqu'à s'annuler la première année. L'effet croît légèrement à la deuxième année puis s'estompe par la suite. L'effet d'un choc des dépenses en R&D des entreprises sur l'indice des capacités productives est positif mais décroissant sur les deux premières années, puis s'annule. Quant à l'effet du choc des dépenses en R&D des

institutions privées à but non lucratif, il croît puis décroît et s'annule. Nos résultats sont similaires à ceux de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2004) qui stipulent que les différentes sources de connaissance (R&D réalisée par les entreprises, le secteur public et les entreprises étrangères) sont des déterminants significatifs de la croissance de la productivité. Toutefois, ces résultats ne concordent pas totalement avec ceux de Solomon (2021) et de Lichtenberg et Siegel (1991). Les résultats de Solomon (2021) indiquent que la R&D financée par le secteur privé est significativement liée à la productivité ; ce qui n'est pas le cas avec la R&D publique. De même, Lichtenberg et Siegel (1991) ont montré l'existence d'une forte corrélation positive entre le taux de croissance de la productivité totale des facteurs et la R&D financée par l'entreprise. Cependant, la corrélation entre le taux de croissance de la productivité des facteurs et la R&D financée par le gouvernement fédéral semble être non significative.

Figure 4 : Réponse impulsionnelles IPC et RD par secteur d'activité



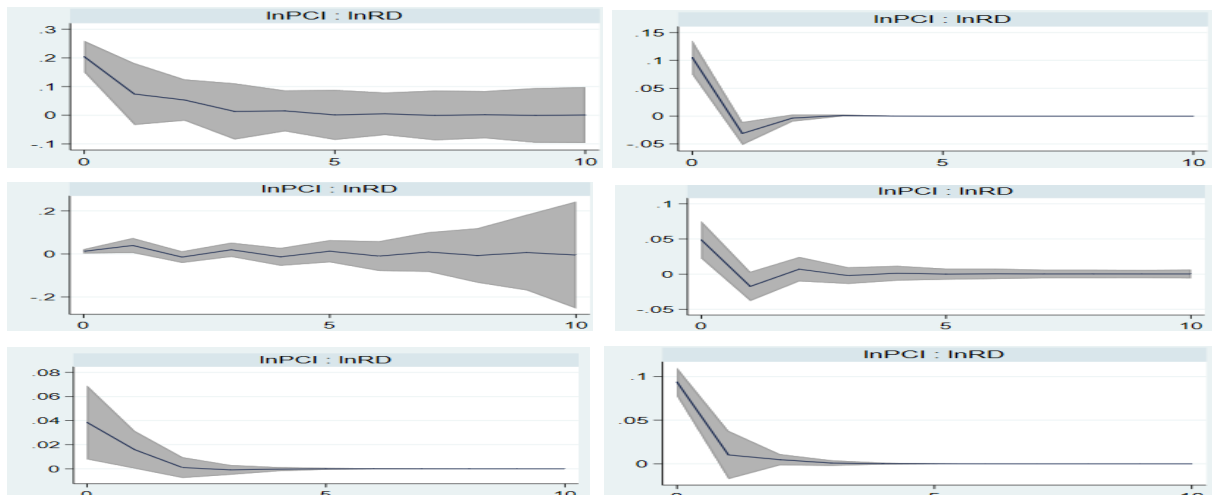
Source : auteur.

3.3.2. Robustesse selon la région géographique

Les fonctions de réponses impulsionnelles de l'indice des capacités productives face au choc des dépenses en R&D selon les différentes régions de notre étude sont alignées dans la figure 5. Pour la région de l'Asie de l'Est et Pacifique (AEP), on observe que l'effet d'un choc des dépenses en R&D sur l'indice des capacités productives dans cette région est positivement décroissant. Dans la région d'Amérique Latine et Caraïbes (ALC), cet effet est instantanément positivement décroissant la première année. Au cours de la deuxième année, il croît puis s'annule. Quant à la région d'Afrique du Nord et Moyen Orient (ANMO), l'effet du choc des dépenses en R&D sur l'indice des capacités productives évolue en dents de scie. Dans la région d'Asie du Sud (AS), on observe un effet positif mais décroissant la première année, cet effet croît avant de s'annuler progressivement. Pour la région d'Afrique Subsaharienne (ASS), l'effet est positif avec d'abord une pente décroissante les trois premières années et s'annule par la suite. Concernant la région de l'Europe et l'Asie Centrale (EAC), on identifie un effet positif et décroissant les deux premières années avant de s'annuler. Ces résultats sont cohérents avec la

réalité économique qui révèle le faible investissement en R&D dans certaines régions du monde car elles regroupent un grand nombre de pays en développement, par exemple en Amérique Latine et Caribes (ALC) et en Afrique Subsaharienne (ASS).

Figure 5 : Fonctions de réponses impulsionnelles de l'IPC et de la RD par région géographique

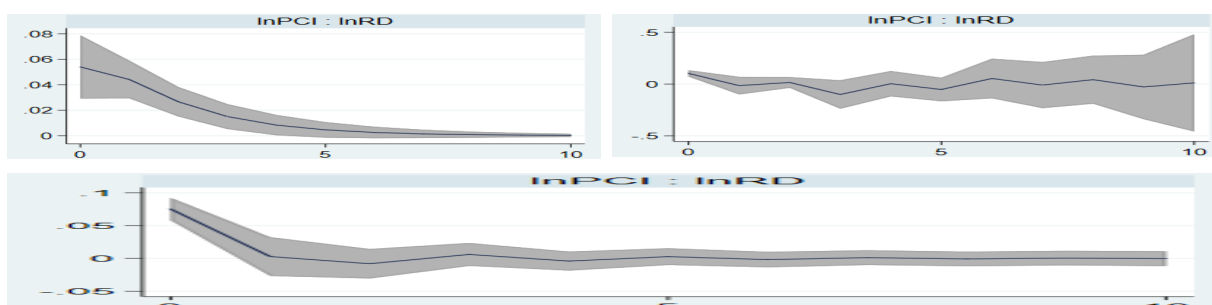


Source : auteur ; Note : du premier graphique au dernier il s'agit respectivement des régions de l'AEP, l'ALC, l'ANMO, l'AS, l'ASS, l'EAC.

3.3.3. Robustesse selon le niveau de revenu

Les fonctions de réponses impulsionnelles de l'indice des capacités productives suite aux chocs des dépenses en R&D des pays à revenu faible indiquent un effet positif décroissant. L'effet s'annule à partir de la cinquième année. Pour les pays à revenu intermédiaire inférieur, l'effet d'un choc des dépenses en R&D sur l'indice des capacités productives est positif mais décroît et évolue ensuite en dents de scie au cours du temps. Quant aux pays à revenu intermédiaire supérieur, on observe un effet positif décroissant. L'effet croît légèrement à la troisième année puis décroît avant de s'annuler par la suite. Ces résultats s'expliquent par le fait que ces pays n'investissent pas suffisamment dans la R&D compte tenu de leur manque de ressources.

Figure10:Fonctions de réponses impulsionnelles de l'IPC et de la RD par niveau de revenu



Source : auteur ; Note : du premier graphique au dernier il s'agit respectivement des pays à revenu faible, intermédiaire inférieur et intermédiaire supérieur.

4. Test sur les canaux de transmission

Nous recourons aux canaux de transmission évoqués dans la section 2 ci-dessus en nous basant sur l'analyse de médiation de Baron et Kenny (1986) par l'estimation de deux équations suivantes : Modèle 1 : $M_{it} = \tau_0 + \tau_1 RD_{it} + \tau_2 X_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}$

Modèle 2 : $Capacité\ productive_{it} = \omega_0 + \omega_1 M_{it} + \omega_2 RD_{it} + \omega_3 X_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}$

Où M_{it} désignent les canaux de transmission (l'innovation et l'exportation). ω_1 désigne les effets indirects des dépenses en R&D sur les capacités productives, avec un signe espéré positif. L'avantage de ce type d'équations simultanées est qu'il permet la définition des relations causales entre les variables et la description de leurs effets directs et indirects.

En outre, le test de Sobel (1982) est effectué pour confirmer davantage l'analyse de médiation. Ce test permet d'examiner si la présence d'une variable de médiation contribue significativement à la baisse de l'effet indirect de la variable d'intérêt sur la variable dépendante. La statistique de ce test s'acquiert par la formule ci-dessous : $t = \frac{\omega_1 * \tau_1}{\sqrt{(\omega_1^2 * \sigma_{\tau_1}^2 + \tau_1^2 * \sigma_{\omega_1}^2)}}$

Où σ représente l'écart-type des coefficients estimés correspondants.

Dans le tableau 6, la colonne 1 présente les résultats de référence montrant l'effet positif et statistiquement significatifs. Ils indiquent que les dépenses en R&D favorisent l'augmentation des capacités productives. Nous constatons dans la colonne 2, que l'effet des dépenses en R&D sur l'innovation est positif et significatif au seuil de 1%. Ce qui signifie que les investissements en R&D permettent de booster l'innovation. Ce résultat est similaire à celui des travaux de Grossman et Helpman (1989) qui stipule que l'accroissement des dépenses en R&D suscite de l'innovation. L'effet de l'innovation sur les capacités productives est positif et significatif à 1%, suggérant ainsi que l'innovation améliore les capacités productives (colonne 3). L'effet des dépenses en R&D sur les capacités productives est également positif et significatif au seuil de 1%. Ces résultats révèlent que les dépenses en R&D contribuent à l'amélioration des capacités productives par l'intermédiaire de l'accroissement de l'innovation. L'effet médiateur de l'innovation est significatif à 1%, avec approximativement 21% de l'effet total des dépenses en R&D sur les capacités productives. La statistique de Sobel pour l'innovation de 0.073 et met en évidence le rôle médiateur utile de l'innovation.

Les résultats alignés dans la colonne 4 soulignent que les dépenses en R&D affectent positivement et de manière significative au seuil de 1% l'exportation. Ce résultat confirme l'idée de Keesing (1967) qui soutient que les investissements en R&D jouent un rôle considérable dans l'accroissement des exportations. L'exportation est positivement associée

aux capacités productives (colonne 5). Ce résultat suggère que l'exportation provenant des dépenses en R&D contribue à l'augmentation des capacités productives. L'effet médiateur de l'exportation est significatif à 1%, avec environ 13% de l'effet total des dépenses en R&D sur les capacités productives. La statistique de Sobel pour l'exportation est de 0,29. Elle souligne le rôle médiateur indispensable de l'exportation.

Tableau 6 : Test sur les canaux de transmission

Variables dépendantes	Effet Total	Innovation		Exportation	
	ICP	Innovation	ICP	Exportation	ICP
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
RD	0.3409*** (0.0211)	8.3653*** (0.4063)	0.2677*** (0.0260)	1.2227*** (0.2103)	0.1929*** (0.0256)
Innovation			0.0088*** (0.0019)		
Exportation					0.0235*** (0.0072)
Constante	3.2445*** (0.0083)	3.3700*** (0.1596)	3.2149*** (0.0103)	1.7164*** (0.0893)	3.3263*** (0.0160)
Variables de contrôle	Non	Non	Non	Non	Non
Sobel test			0.073*** (0.016)		0.029*** (0.010)
Delta test			0.073*** (0.016)		0.029*** (0.010)
Monte Carlo			0.073*** (0.016)		0.029*** (0.010)
Effet indirect			0.073		0.029
Effet direct			0.268		0.193
Effet total			0.341		0.222
Proportion de l'effet total qui est médiatisé		21%		13%	
Observations	752	752	752	253	253

Notes : * p<10% ; **p<5% ; ***p<1%. Ecart-types entre parenthèses. ICP signifie Indice des Capacités Productives

Conclusion

Notre étude examine l'effet des dépenses en R&D sur des capacités au niveau des pays en développement de 2000-2018 à l'aide de l'approche vectorielle autorégressive de type GMM (PVAR). Les résultats obtenus montrent une influence positive des dépenses en R&D sur les capacités productives. En outre, les dépenses en R&D fondamentale, appliquée et expérimentale agissent positivement sur les capacités productives. L'influence des dépenses en R&D de l'Etat, de l'enseignement supérieur, des entreprises et des institutions privées à but non lucratif sur les capacités productives est positive. Donc une augmentation de ces dépenses entraînera un accroissement des capacités productives. Nous présentons également deux canaux de transmission potentiels par lesquels les dépenses en R&D améliorent les capacités productives ; ce sont l'innovation et l'exportation.

Afin de renforcer les capacités productives dans les pays en développement, l'accent doit être mis sur les différentes formes de R&D, particulièrement sur la recherche appliquée. De même, l'Etat doit consacrer suffisamment de ressources à la R&D afin de booster leur potentiel et accroître le niveau de développement de leur pays. Ces secteurs de performances de l'économie devront améliorer leur environnement de R&D. Les pays en développement doivent tendre vers les différents seuils concernant le capital humain, la R&D et la gestion afin de tirer profit des progrès technologiques récents et chercher les dépasser. Toutefois, comment y parvenir ? Quels autres indicateurs de R&D seraient propices pour ce genre d'analyse

ANNEXES

Tableau A1 : Description des variables

Variables	Descriptions	Sources
Indice capacité production, log	Le logarithme de l'indice des capacités productives	UNCTAD
Capital humain, log	Le logarithme du capital humain	UNCTAD
Capital naturel, log	Le logarithme du capital naturel	UNCTAD
Energie, log	Le logarithme de l'énergie	UNCTAD
Transport, log	Le logarithme du transport	UNCTAD
TIC, log	Le logarithme de la technologie, de l'information et de la communication	UNCTAD
Institutions, log	Le logarithme des institutions	UNCTAD
Secteur privé, log	Le logarithme du secteur privé	UNCTAD
Changement structurel, log	Le logarithme du changement structurel	UNCTAD
R&D, log	Le logarithme Dépenses intérieures de recherche et développement en pourcentage du PIB	UNESCO

R&D fondamentale, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-recherche fondamentale en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D appliquée, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-recherche appliquée en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D expérimentale, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-développement expérimental en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D Etat, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-exécutées par le secteur de l'Etat en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D entreprises, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-exécutées par le secteur des entreprises en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D Enseignement sup, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-exécutées par le secteur de l'enseignement supérieur en pourcentage du PIB	UNESCO
R&D Institutions privées, log	Le logarithme Dépenses intérieures de R&D-exécutées par le secteur des institutions privées sans but lucratif en pourcentage du PIB	UNESCO
Brevets, log	Le logarithme de la somme des brevets des résidents et non résidents d'un pays	WDI
IDE entrants, log	Le logarithme des investissements directs étrangers entrants en pourcentage du PIB	WDI
Densité de la population, log	Le logarithme de la densité de la population (personnes par km ² de superficie)	WDI
Commerce (% PIB)	Le logarithme du commerce en pourcentage du PIB	WDI
Taux croissance PIB/hbt	Le taux de croissance du PIB par habitant	WDI
Force du travail, log	Le logarithme de la force de travail totale	WDI

Tableau A2: Matrice de corrélation

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Indice capacité	1.000							
(2) R&D, log	0.508*	1.000						
(3) Brevets, log	0.472*	0.550*	1.000					
(4) IDE entrants, log	0.236*	-0.070	-0.033	1.000				
(5) Densité de la population	0.021	0.033	-0.063*	-0.207*	1.000			
(6) Commerce (% PIB)	0.250*	-0.130*	-0.145*	0.388*	-0.001	1.000		
(7) Taux croissance PIB/hbt	-0.127*	-0.035	-0.022	0.192*	0.025	0.093*	1.000	
(8) Force du travail, log	-0.005	0.509*	0.666*	-0.282*	0.123*	-0.430*	0.061	1.000
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$								

Tableau A3 : Estimation du modèle PVAR de la relation R&D et PCI

	LNPCI	LNRD
LNPCI _{t-1})	-0.705*** (0.117)	-0.463* (0.262)
LNPCI _{t-2})	-0.054 (0.157)	0.054 (0.258)
LNRD _(t-1)	0.288*** (0.053)	0.163 (0.122)
LNRD _(t-2)	0.094 (0.072)	-0.028 (0.116)

Les écarts-types sont entre parenthèses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau A5 : Fonction de réponse impulsionnelle de décomposition de la variance de l'erreur avec les dépenses en R&D appliquée.

Prévision Variable d'impulsion	dLNPCI	dLNRDF
LNPCI		
0	0	0
1	1.000	0.000
2	0.976	0.024
3	0.975	0.025
4	0.974	0.026
5	0.974	0.026
6	0.974	0.026
7	0.974	0.026
8	0.974	0.026
9	0.974	0.026
10	0.974	0.026
LNRDF		
0	0	0
1	0.017	0.983
2	0.049	0.951
3	0.051	0.949
4	0.051	0.949
5	0.051	0.949
6	0.051	0.949
7	0.051	0.949
8	0.051	0.949
9	0.051	0.949
10	0.051	0.949

Tableau A5 : Fonction de réponse impulsionnelle de décomposition de la variance de l'erreur avec les dépenses en R&D appliquée.

Prévision Variable d'impulsion	dLNPCI	dLNRDA
LNPCI		
0	0	0
1	1.000	0.000
2	0.884	0.116
3	0.842	0.158
4	0.822	0.178
5	0.812	0.188
6	0.807	0.193
7	0.805	0.195
8	0.803	0.197
9	0.803	0.197
10	0.802	0.198
LNRDA		
0	0	0
1	0.011	0.989
2	0.083	0.917
3	0.103	0.897
4	0.112	0.888
5	0.116	0.884
6	0.118	0.882
7	0.119	0.881
8	0.120	0.880
9	0.120	0.880
10	0.120	0.880

Tableau A6 : Fonction de réponse impulsionnelle de décomposition de la variance de l'erreur avec les dépenses en R&D expérimentale.

Prévision Variable d'impulsion	dLNPCI	dLNRDE
LNPCI		
0	0	0
1	1.000	0.000
2	0.944	0.056
3	0.931	0.069
4	0.927	0.073
5	0.927	0.073
6	0.926	0.074
7	0.926	0.074
8	0.926	0.074
9	0.926	0.074
10	0.926	0.074
LNRDE		
0	0	0
1	0.011	0.989
2	0.062	0.938
3	0.075	0.925
4	0.078	0.922
5	0.079	0.921
6	0.079	0.921
7	0.079	0.921
8	0.079	0.921
9	0.079	0.921
10	0.079	0.921

BIBLIOGRAPHIE

- Aarstad, J., Kvitastein, O. A., & Jakobsen, S. E. (2016). Related and unrelated variety as regional drivers of enterprise productivity and innovation: A multilevel study. *Research Policy*, 45(4), 844–856. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.013>
- Abeberese, A. B., Barnwal, P., Chaurey, R., & Mukherjee, P. (2023). DEMOCRACY AND FIRM PRODUCTIVITY: EVIDENCE FROM INDONESIA. *Review of Economics and Statistics*, 105(3), 713–722. https://doi.org/10.1162/rest_a_01077
- Abrigo, M. R. M., & Love, I. (2016). Estimation of panel vector autoregression in Stata. *The Stata Journal*, 16(3), 778–804.
- Acemoglu, D., Naidu, S., Restrepo, P., & Robinson, J. A. (2019). Democracy does cause growth. *Journal of Political Economy*, 127(1), 47–100. <https://doi.org/10.1086/700936>
- Alvarez, R., & López, R. A. (2005). Exporting and performance: evidence from Chilean plants. *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'économique*, 38(4), 1384–1400. <https://doi.org/10.1111/j.0008-4085.2005.00329.x>
- Andersson, M., Larsson, J. P., & Wernberg, J. (2019). The economic microgeography of diversity and specialization externalities – firm-level evidence from Swedish cities. *Research Policy*, 48(6), 1385–1398. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.02.003>
- Andrews, D. W. K., & Lu, B. (2001). Consistent model and moment selection procedures for GMM estimation with application to dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 101(1), 123–164. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(00\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(00)00077-4)
- Avallone, N., Chédor, S., & Rabaud, I. (2019). Les déterminants du commerce international de technologie incorporelle: une approche par les équations de gravité. *Revue Française d'économie*, 34(2), 165–202.
- Aw, B. Y., Roberts, M. J., & Winston, T. (2007). Export Market Participation, Investments in R&D and Worker Training, and the Evolution of Firm Productivity. *The World Economy*, 30(1), 83–104. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2007.00873.x>
- Aw, B. Y., Roberts, M. J., & Xu, D. Y. (2011). R&D investment, exporting, and productivity dynamics. *American Economic Review*, 101(4), 1312–1344. <https://doi.org/10.1257/aer.101.4.1312>
- Baldwin, J. R. (2004). Trade Liberalization: Export-market Participation, Productivity Growth, and Innovation. *Oxford Review of Economic Policy*, 20(3), 372–392. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grh022>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator--mediator variable distinction in social

psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173.

Barrios, S., Gorg, H., & Strobl, E. (2003). Explaining Firms' Export Behaviour: R&D, Spillovers and the Destination Market*. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(4), 475–496. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.t01-1-00058>

Bravo-Ortega, C., & García Marín, Á. (2011). R&D and Productivity: A Two Way Avenue? *World Development*, 39(7), 1090–1107. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.11.006>

Buesa, M., Heijs, J., & Baumert, T. (2010). The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach. *Research Policy*, 39(6), 722–735. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.02.016>

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2010). *Microeconometrics using stata* (Vol. 2). Stata press College Station, TX.

Canova, F., & Ciccarelli, M. (2013). Panel vector autoregressive models: A survey. In *Advances in Econometrics* (Vol. 32, pp. 205–246). JAI Press. [https://doi.org/10.1108/S0731-9053\(2013\)0000031006](https://doi.org/10.1108/S0731-9053(2013)0000031006)

Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249–272. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(00)00048-6)

Chudnovsky, D., López, A., & Pupato, G. (2006). Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms' behavior (1992-2001). *Research Policy*, 35(2), 266–288. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.10.002>

CNUCED. (2006). *Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement Rapport sur le commerce et le développement , 2006* (Vol. 51468).

CNUCED. (2020). *Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, RAPPORT 2020*.

Crepon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115–158. <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>

Dale-Olsen, H., & Finseraas, H. (2020). Linguistic diversity and workplace productivity. *Labour Economics*, 64, 101813. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101813>

De Loecker, J. (2007). Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia. *Journal of International Economics*, 73(1), 69–98. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.03.003>

Edison, H. J., Levine, R., Ricci, L., & Sløk, T. (2002). International financial integration and

economic growth. *Journal of International Money and Finance*, 21(6), 749–776.

[https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(02\)00021-9](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(02)00021-9)

Geroski, P. A. (1989). Entry, innovation and productivity growth. *Review of Economics & Statistics*, 71(4), 572–578. <https://doi.org/10.2307/1928098>

González-Blanco, J., Vila-Alonso, M., & Guisado-González, M. (2019). Exploring the complementarity between foreign technology, embedded technology and increase of productive capacity. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(1), 39–58. <https://doi.org/10.3846/tede.2019.7600>

Griliches, Z. (1958). Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations. *Journal of Political Economy*, 66(5), 419–431. <https://doi.org/10.1086/258077>

Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 92. <https://doi.org/10.2307/3003321>

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1989). Exogenous product cycles. *Neer Working Paper Series*, 2913. <http://library.ncrtm.org/pdf/402.005B.pdf>

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers, and growth. *European Economic Review*, 35(2–3), 517–526. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90153-A](https://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90153-A)

Guellec, D., & Van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004). From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66(3), 353–378. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2004.00083.x>

Guellec, D., & Van Pottelsberghe De La Potterie, B. (2003). The impact of public R&D expenditure on business R&D*. *Economics of Innovation and New Technology*, 12(3), 225–243. <https://doi.org/10.1080/10438590290004555>

Gyedu, S., Heng, T., Ntarmah, A. H., He, Y., & Frimppong, E. (2021). The impact of innovation on economic growth among G7 and BRICS countries: A GMM style panel vector autoregressive approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121169. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121169>

Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3), 300–328. <https://doi.org/10.1080/10438599.2012.708134>

Hamilton, J. D. (1994). Chapter 50 State-space models. In *Handbook of Econometrics* (Vol. 4, pp. 3039–3080). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1573-4412\(05\)80019-4](https://doi.org/10.1016/S1573-4412(05)80019-4)

- Hansen, L. P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029. <https://doi.org/10.2307/1912775>
- Hussen, M. S., & Çokgezen, M. (2022). Relationship between innovation, regional institutions and firm performance: Micro-evidence from Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 14(2). <https://doi.org/10.1080/20421338.2020.1866148>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- Ito, K., & Pucik, V. (1993). R&D spending, domestic competition, and export performance of Japanese manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 14(1), 61–75. <https://doi.org/10.1002/smj.4250140107>
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1–44. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)
- Keesing, D. B. (1967). The Impact of Research and Development on United States Trade. *Journal of Political Economy*, 75(1), 38–48. <https://doi.org/10.1086/259236>
- Kuang, B., Lu, X., Han, J., Fan, X., & Zuo, J. (2020). How urbanization influence urban land consumption intensity: Evidence from China. *Habitat International*, 100, 102103. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102103>
- Lichtenberg, F. R., & Siegel, D. (1991). THE IMPACT OF R&D INVESTMENT ON PRODUCTIVITY-NEW EVIDENCE USING LINKED R&D-LRD DATA. *Economic Inquiry*, 29(2), 203–229. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1991.tb01267.x>
- Love, I., & Zicchino, L. (2006). Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 46(2), 190–210. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2005.11.007>
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 631–652. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631>
- Min, S., Kim, J., & Sawng, Y. W. (2020). The effect of innovation network size and public R&D investment on regional innovation efficiency. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 119998. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119998>
- Minasian, J. R. (1962). The economics of research and development. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 93–142). Princeton University Press.

- Mohnen, P., & Hall, B. H. (2013). Innovation and Productivity: An Update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47–65. <https://doi.org/10.14208/BF03353817>
- Morris, D. M. (2018). Innovation and productivity among heterogeneous firms. *Research Policy*, 47(10), 1918–1932. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.003>
- Morsy, H., & El-Shal, A. (2020). *Innovation and Productivity in Developing Economies*. June 2020.
- Ng, S., & Perron, P. (2001). LAG Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. *Econometrica*, 69(6), 1519–1554. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00256>
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(s1), 653–670. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1653>
- Pegkas, P., Staikouras, C., & Tsamadias, C. (2019). Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. *Journal of Policy Modeling*, 41(5), 1005–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.001>
- Raymond, W., Mairesse, J., Mohnen, P., & Palm, F. (2015). Dynamic models of R & D, innovation and productivity: Panel data evidence for Dutch and French manufacturing. *European Economic Review*, 78, 285–306. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2015.06.002>
- Romer, P. M. (1990a). Endogenous technological growth. *Nber Working Paper Series*, 3210, Working Paper No. 3210.
- Romer, P. M. (1990b). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Salim, R., Hassan, K., & Rahman, S. (2020). Impact of R&D expenditures, rainfall and temperature variations in agricultural productivity: empirical evidence from Bangladesh. *Applied Economics*, 52(27), 2977–2990. <https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1697422>
- Schneegans, S., Lewis, J., & Strazaers, T. (2021). Rapport De L ' Unesco Sur La Science. *Unesco*, 1–41.
- Schultz, T. W. (1953). *The economic organization of agriculture*. McGraw-Hill Book. Co.
- Sheng, Y., & Xu, X. (2019). The productivity impact of climate change: Evidence from Australia's Millennium drought. *Economic Modelling*, 76, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.07.031>
- Shinyekwa, I. M. B., Lakuma, P. C., & Munu, M. L. (2019). *Leveraging Innovation to Increase Intra-Regional Trade: The Case of the Common Market for Eastern and Southern African*

Region.

Siliverstovs, B., & others. (2016). R\&D and non-linear productivity growth. *Research Policy*, 45(3), 634–646.

Sobel, M. E. (1982). Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models. *Sociological Methodology*, 13, 290. <https://doi.org/10.2307/270723>

Solomon, E. M. (2021). Types of R\&D investment and firm productivity: UK evidence on heterogeneity and complementarity in rates of return. *Economics of Innovation and New Technology*, 30(5), 536–563.

Sun, X., Wang, Y., & Li, M. (2016). The influences of different R&D types on productivity growth in OECD countries. *Technology Analysis and Strategic Management*, 28(6), 651–663. <https://doi.org/10.1080/09537325.2015.1130806>

Van Pottelsberghe De La Potterie, B., & Lichtenberg, F. (2001). Does foreign direct investment transfer technology across borders? *Review of Economics and Statistics*, 83(3), 490–497. <https://doi.org/10.1162/00346530152480135>

Vandecasteele, J., Minten, B., & Tamru, S. (2021). Urban proximity, access to value chains, and dairy productivity in Ethiopia. *Agricultural Economics*, 52(4), 665–678. <https://doi.org/10.1111/agec.12641>

Wang, E. C. (2010). Determinants of R&D investment: The Extreme-Bounds-Analysis approach applied to 26 OECD countries. *Research Policy*, 39(1), 103–116. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.11.010>

Yang, Y., & Mallick, S. (2014). Explaining cross-country differences in exporting performance: The role of country-level macroeconomic environment. *International Business Review*, 23(1), 246–259. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2013.04.004>