

Capital humain, technologie et croissance économique : cas du Mali

Human capital, technology and economic growth: the case of Mali

TRAORÉ Souaïbou Samba Lamine

Enseignant chercheur

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG)

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB)

Laboratoire d'Economie Appliquée au Développement (LEAD), Mali

lpapus@yahoo.fr

MAÏGA Abdoulaye

Enseignant chercheur

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG)

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB)

Laboratoire d'Economie Appliquée au Développement (LEAD), Mali

maigis@yahoo.fr

TRAORÉ Abdou Bougoury

Enseignant chercheur

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG)

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB)

Laboratoire d'Economie Appliquée au Développement (LEAD), Mali

traoreabdou440@yahoo.fr

Date de soumission : 27/10/2021

Date d'acceptation : 02/12/2021

Pour citer cet article :

TRAORÉ .S.S. L & AL (2021) « Capital humain, technologie et croissance économique : cas du Mali », Revue Française d'Economie et de Gestion « Volume 2 : Numéro 12» pp : 175 – 194.

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 vise à étudier les effets du capital humain et de la technologie sur la croissance économique au Mali sur la période 1986-2020. Le modèle ARDL (Auto Regressive Distributed Lag) a été utilisé afin d'examiner cette relation. Dans l'estimation du modèle, nous avons utilisé quatre (4) indicateurs du capital humain (les dépenses d'éducation, les dépenses de santé, le TBS au niveau secondaire et supérieur). Les résultats de l'estimation révèlent qu'à court et long terme, les dépenses éducatives, les dépenses de santé et le Taux Brut de Scolarisation (TBS) au niveau supérieur en tant que proxy du capital humain ont une influence positive sur la croissance économique. Nonobstant, la technologie captée par les dépenses en R&D a un impact négatif sur la croissance économique. Par conséquent, il serait intéressant d'investir davantage dans la recherche et développement (R&D) pour stimuler l'innovation afin d'atteindre une croissance économique soutenue au Mali.

Mots clés : capital humain, technologie, croissance économique, TBS au niveau secondaire, TBS au niveau supérieur.

Abstract

This article aims to study the effects of human capital and technology on economic growth in Mali on the period 1986-2020. The ARDL (Auto Regressive Distributed Lag) model was used to examine this relationship. In estimating the model, we used four (4) human capital indicators (education expenditures, health expenditures, secondary and tertiary GER). The estimation results reveal that in the short and long run, education expenditure, health expenditure and Gross Enrolment Ratio (GER) at the tertiary level as a proxy for human capital have a positive influence on economic growth. However, the technology captured by R&D spending has a negative impact on economic growth. Therefore, it would be interesting to invest more in research and development (R&D) to stimulate innovation in order to achieve sustained economic growth in Mali.

Keywords: human capital, technology, economic growth, secondary GER, tertiary GER.

Introduction

L'importance du capital humain et de la technologie dans la détermination de la croissance économique a connu un développement précoce dans les années 1980 – 1990, à la suite des débats autour de la croissance équilibrée initiés par les théoriciens de la croissance endogène (Romer (1986, 1990), Lucas (1988, 1990) et Barro (1990, 1991, 1995, 1997)). Ces auteurs expliquent la croissance économique à travers l'importance du capital physique, de l'investissement, du progrès technologique, le développement du capital humain et du capital public. Mankiw, Romer et Weil, (1992) ont constaté les effets positifs et significatifs de la technologie et du capital humain sur la croissance économique. Cette remarque est confirmée par les travaux de Dulleck et Foster (2007). Le capital humain et le progrès technologique sont essentiels pour stimuler la croissance économique selon les travaux de Sulaiman et al., (2015), montrant le capital humain sous forme d'inscriptions dans les écoles secondaires et supérieures ont eu un impact positif significatif sur la croissance économique. De plus, la technologie a également présenté un impact positif significatif sur la croissance économique.

L'éducation joue un rôle important dans l'élaboration des politiques économiques, autant macroéconomiques que microéconomiques.

Au cours de la dernière décennie, des efforts notables ont été déployés par les pouvoirs publics au Mali, pour accroître l'enveloppe de leur budget national allouée à l'éducation. Ainsi, l'éducation absorbait 15,18% des dépenses publiques totales au Mali (Banque mondiale, 2019). Les performances en matière de l'éducation se sont relativement améliorées, avec un TBS moyen au niveau secondaire de 41,87% et 5,57% au niveau supérieur sur la période 2010 à 2018. Le taux d'alphabétisation des personnes de 15 ans et plus est passé de 29,4% en 2010 à 30,8% (EMOP, 2020). A un autre niveau d'analyse, les dépenses en recherche et Développement (R & D) représentaient 0,35% du PIB (Banque Mondiale, 2019), reste relativement faible. D'où une contribution des nouvelles technologies peu solide. Cependant, malgré les investissements consentis dans les secteurs de l'éducation et l'innovation au cours de la dernière décennie, nous constatons que le taux moyen de la croissance économique de 1990 à 2010 soit 5,39% est supérieur à celle de la période de 2011 – 2020 soit 4,34 % (Banque Mondiale, 2020). Face à cette situation, il convient de se poser la question suivante : quel est l'impact du capital humain et de la technologie sur la croissance économique au Mali ?

Cette étude vise à examiner le rôle du capital humain et de la technologie dans la détermination de la croissance économique au Mali. Le reste de l'article est structuré dans l'ordre suivant. La

première section décrit la relation entre capital humain, technologie et croissance économique. La deuxième section présente la méthode et les sources des données. Enfin, la dernière section présente les résultats et leurs interprétations.

1. Revue de la littérature

1.1. Cadre théorique

Les premières démonstrations économétriques du capital humain dans le processus de croissance ont découlé de la représentation de croissance économique par (Solow, 1956). Dans son modèle, Solow fait l'hypothèse qu'un terme d'efficience (progrès technique neutre au sens de Harrod) vient de manière exogène, augmenter le nombre d'unités de travail efficace et stimuler de façon temporaire la croissance. Ce terme d'efficience A_t , multiplicatif du facteur travail au sein de la fonction de production, peut être considéré comme capital humain. Par conséquent, dans le cadre du modèle de Solow (1956), même si la croissance s'épuise avec l'accumulation du capital physique, selon la règle des rendements décroissants des facteurs, la présence du capital humain permet d'augmenter le taux de croissance. Dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, les travaux de Mincer (1958), Schultz (1961) et Becker (1964) sont revenus sur l'importance du capital humain et ont proposé une théorie approfondie du capital humain. La recherche des facteurs expliquant le progrès technique a donné naissance à de nouvelles théories de la croissance, celles intégrant le capital humain comme facteur déterminant de la croissance. Les travaux de Romer (1990) ont affirmé que la croissance économique dépend de la recherche et du développement (R&D). L'essor récent de la productivité totale des facteurs (PTF) dans plusieurs pays membres de l'OCDE, après deux décennies de croissance lente, est souvent expliqué par une accélération du progrès technique. Cela s'accorde à la fois avec la théorie économique et avec les faits d'observation courante. La théorie économique (Solow, 1957 ; Romer, 1990) voit dans le changement technique la principale source de la croissance de la productivité à long terme. D'où la naissance et le développement des théories de la croissance endogène qui s'intéressent particulièrement à l'impact du capital humain sur la productivité. Lucas (1988), Mankiw, Romer et Weil (1992), Benhabib et Spiegel (1994), Sadi et Rezine (2021) et bien d'autres encore, considèrent que le capital humain est la principale variable de l'évolution macroéconomique.

1.2. Evidences empiriques

Plusieurs études empiriques ont examiné le lien qui existe entre le capital humain, la technologie et la croissance aussi bien dans les pays développés que dans les pays en

développement. Coulibaly (2013) en examinant l'impact des dépenses publiques d'éducation sur la croissance économique en Côte d'Ivoire sur la période 1970 – 2005 avec l'utilisation d'un modèle à correction d'erreur, les résultats montrent qu'à court terme que les augmentations de 1% des taux de croissance de la FBCF et des dépenses d'éducation entraînent des hausses respectives de 0.1659% et de 5.795% du taux de croissance. Selon l'auteur, les dépenses d'éducation apparaissent donc comme la seconde force motrice du processus de croissance économique. Okacha (2015) en étudiant également la relation éducation et croissance économique dans 31 pays africains sur la période 1965-2010, constate aussi l'effet positif de l'éducation sur la croissance économique.

Les travaux de Latrach et Bouhajib (2015) s'inscrivent dans la même lignée. En mesurant le lien entre l'éducation et la croissance économique à l'aide d'un panel de données dynamique qui constitue les pays de l'OCDE durant la période 1995-2012. Ils constatent que l'éducation exerce un impact positif et significatif sur la croissance économique. Le même résultat a été obtenu par Khan et al (2016) pour certains pays asiatiques (Pakistan, l'Inde, le Bangladesh et le Sri Lanka) et par Garza et al (2018) pour le cas du Mexique. Une étude réalisée récemment par Diawara (2021), montre que le développement du capital humain, mesuré par les investissements en capital humain et le niveau d'enseignement supérieur ont des effets positifs sur la croissance économique au Mali.

Contrairement à la théorie d'autres auteurs trouvent des résultats négatifs dans leurs analyses. Les résultats de Bayleyegn (2017) en Ethiopie, montre que la scolarisation a un impact statistiquement significatif et négatif à long et à court terme sur la croissance économique. Selon l'auteur, l'augmentation du taux de scolarisation n'est pas suffisante pour soutenir la croissance. De même, Napo (2018) en analysant la relation entre le capital humain et la productivité des industries manufacturières, en étudiant leur lien direct sur la croissance économique à partir des données annuelles des pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), prises entre 2000 et 2016, constate que le capital humain notamment les taux d'inscription secondaire, supérieure et les dépenses publiques d'éducation n'ont pas permis la valeur ajoutée manufacturière de contribuer de manière significative à la croissance économique. Son résultat indique également que le capital humain présentait un effet négatif sur la productivité manufacturière dans le long terme.

L'étude réalisée par Bamba (2019) dans la zone UEMOA trouve le même résultat. En examinant la relation niveaux de scolarisation et croissance économique en zone UEMOA avec

l'utilisation des données de panel sur la période 1990-2017. Il ressort de son étude que le capital humain de niveau supérieur produit un effet négatif sur la croissance économique de ces pays. L'estimation des modèles avec forme quadratique des niveaux de capitaux humains a permis de constater que les pays de l'UEMOA n'ont pas encore atteint le seuil de stock de capitaux humains pour que les effets soient positifs dans tous les secteurs et de l'économie en générale. En outre, ces résultats montrent la nécessité d'une stratégie d'orientation de la formation supérieure et secondaire en adéquation avec les technologies de production disponibles et futures de ces pays.

Par rapport au lien entre la technologie et la croissance économique. Quelques études empiriques ont examiné la relation entre la technologie et la croissance économique. Méhmoode et Shahid (2012), constate une relation négative entre la technologie et la croissance économique pour le cas de Pakistan. Le même résultat a été obtenu par Arabi et Abdalla (2013) pour le cas de Soudan.

Ildırar et al, (2016) en étudiant l'effet de la recherche et développement sur la croissance économique. Il ressort de leur étude que la recherche et développement (R&D) a un effet positif sur la croissance économique, ceci s'explique par la qualité des dépenses allouées dans ce secteur.

Houngbedji (2018) est arrivé à un résultat plus nuancé pour le cas des pays de l'UEMOA, constate que les IDE en tant que proxy de la technologie sont sans effet sur la croissance économique.

En ce qui concerne l'impact combiné du capital humain et de la technologie sur la croissance économique, Banerjee et Roy (2014) ont examiné l'importance du capital humain, du progrès technologique et du commerce dans la détermination de la croissance à long terme en Inde en utilisant les données de la période 1950 – 2010 et avec l'estimation d'un modèle ARDL ; leurs résultats indiquent que le renforcement des capacités technologiques nationales et les retombées technologiques étrangères sont des forces importantes dans la détermination de la croissance de long terme en Inde. Le capital humain s'est avéré être le facteur le plus important. Le commerce joue un rôle de facilitateur en mettant à la disposition du reste du monde des technologies de pointe sous une forme incarnée (matérielle).

De même, Sulaiman et al (2015) trouvent les mêmes résultats au Nigéria en étudiant l'impact du capital humain et de la technologie sur la croissance économique à partir d'un modèle ARDL. Leurs résultats indiquent que le capital humain a un impact positif et significatif sur la

croissance économique, tout comme la technologie. Makonda (2018) a analysé les déterminants de la croissance économique dans les pays de la CEEAC avec l'utilisation des données de panel. Leurs résultats d'estimation du modèle spatial par la méthode de maximum de vraisemblance montrent que le volume de la main d'œuvre, les technologies de l'information et de la communication, la formation brute du capital fixe et le nombre de personnes ayant au moins le niveau secondaire sont les principaux déterminants de la croissance économique en zone CEEAC.

1.3. Synthèse des travaux

En somme, on constate qu'il n'existe pas de consensus dans la littérature empirique consacrée à l'étude de la relation entre le capital humain, la technologie et la croissance économique. Les résultats des différents travaux sont mitigés. Selon ces auteurs (Coulibaly, 2013 ; Banerjee et Roy, 2014 ; Sulaiman et al, 2015 ; Okacha, 2015 ; Latrach et Bouhajeb, 2015 ; Khan et al, 2016 ; Ildirar et al, 2016 ; Garza et al, 2018 ; Makonda, 2018 ; Diawara, 2021), le capital humain et la technologie ont une influence positive sur la croissance économique. Cependant, pour d'autres (Méhmoode et Shahid, 2012 ; Arabi et Abdalla, 2013 ; Bayleyegn, 2017 ; Napo, 2018 ; Bamba, 2019), le capital humain et la technologie ont un impact négatif sur la croissance économique. Contrairement à ces auteurs, Hounbedji (2018) constate que la technologie est sans effet sur la croissance économique. Ces divergences résultent du fait que les méthodes d'évaluation utilisées sont différentes et les caractéristiques propres à chaque pays.

En ce qui concerne le Mali, caractérisé par une faible dotation en capital humain, notamment un taux d'inscription aux études secondaire et supérieur faible, une espérance de vie à la naissance faible et les dépenses allouées à la R&D sont relativement faibles aussi, nous formulons dans le cadre de cette étude, l'hypothèse selon laquelle : le capital humain et la technologie auraient un effet positif sur la croissance économique au Mali.

2. Méthodologie et source des données

L'approche théorique de cette étude s'inspire des résultats de Becker (1994), Lucas (1988) et Romer (1986), Grossman et Helpman (1991) considérés comme les pionniers de la théorie de la croissance endogène montrant la contribution de l'éducation et de la technologie à l'économie.

2.1. Spécification du modèle

En se référant sur les considérations théoriques développées ci-dessus, il est possible d'écrire le modèle de la croissance sous la forme COBB-DOUGLAS. Nous nous sommes inspirés du modèle utilisé par (Sulaiman, C. Bala, U et al, 2015), présenté comme suit :

$$Y_t = f(K_t, L_t, H_t) \quad (1)$$

Où Y_t est la production, K_t est le capital, L_t est le travail et H_t est le capital humain.

En introduisant la technologie dans l'équation 1, nous avons ce qui suit :

$$Y_t = f(K_t, L_t, H_t, T_t) \quad (2)$$

L'introduction du logarithme dans certaines variables retenues, comme le cas dans plusieurs études économétriques, a pour objectif de stabiliser les variables c'est-à-dire supprimer les valeurs exponentielles, il permet ainsi de rapprocher des valeurs extrêmes afin d'obtenir une distribution des variables moins étendus (Lam'hammdi et Makhtari, 2018).

Ainsi, en introduisant le logarithme dans l'équation 2, nous avons l'équation suivante :

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln H_t + \beta_4 \ln T_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

En développant l'équation 3, nous obtenons l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \ln PIB_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln FBCF_t + \beta_2 \ln POPACTIV_t + \beta_3 \ln TBSSEC_t + \beta_4 \ln TBSSUP_t \\ & + \beta_5 \ln DEPEDU_t + \beta_6 \ln DEPSANT_t + \beta_7 \ln RD_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

- Croissance économique (Y_t) : mesuré par le Produit intérieur brut (PIB) ;
- Capital (K_t) : capté ici par la formation brute du capital fixe (FBCF) ;
- Travail (L_t) : capté par la population active (POPACTIV) ;
- Capital humain (H_t) : capté par quatre (4) variables : Taux brut de scolarisation au secondaire (TBSSEC), Taux brut de scolarisation au supérieur (TBSSUP), Dépenses d'éducation (DEPEDU) et Dépenses de santé (DEPSANT) ;
- Technologie (T_t) : mesuré par les Dépenses en Recherche & Développement (RD).

2.2. Stratégie d'estimation

Cette présente étude utilise une approche ARDL de la technique de cointégration afin de vérifier la relation de long terme entre les différentes variables et de dériver la version de correction d'erreur de la spécification ARDL pour déterminer la dynamique de court terme.

Plusieurs modèles économétriques existent pour étudier la relation de cointégration à long terme dans le cadre des séries chronologiques. Les plus utilisées sont la procédure en deux étapes d'Engle et Granger (1987), l'approche de Johansen (1988) et la méthode de Johansen et Juselius (1990). La condition nécessaire de mise en œuvre de ces méthodes est que les séries soient

toutes intégrées d'ordre 1. Cette exigence suppose alors que l'étude de la stationnarité de ces séries soit effectuée. De plus, l'application des tests de stationnarité sur des échantillons de petite taille conduit à des résultats qui manquent de puissance. Pour pallier cette insuffisance, le modèle ARDL de Pesaran et al (2001) propose au contraire de ces modèles une nouvelle approche permettant d'obtenir de meilleures estimations sur des échantillons de petite taille. De plus, l'approche de cointégration de Pesaran et al est plus générale, elle permet de tester les relations de long terme sur des séries qui ne sont pas intégrées d'un même ordre (I(0) ou I(1)). Le choix de ce modèle se justifie par le fait qu'il a une particularité de prendre en compte la dynamique temporelle (délai d'ajustement, anticipations, etc.) dans l'explication d'une variable (série chronologique), améliorant ainsi les prévisions et efficacité des politiques (décisions, actions, etc.), contrairement au modèle simple (non dynamique) dont l'explication instantanée (effet immédiat ou non étalé dans le temps) ne restitue qu'une partie de la variation de la variable à expliquer.

Le fondement théorique du modèle ARDL repose partiellement sur le modèle VAR (Vecteur Autorégressif). Ainsi le modèle est défini comme suit :

$$Y_t = \varphi + \sum_{i=1}^P \beta_i Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

En l'adaptant à notre modèle, on a :

$$\begin{aligned} \ln \text{PIB}_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{FBCF}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{POPACTIV}_{t-1} + \beta_4 \ln \text{TBSSEC}_{t-1} \\ & + \beta_5 \ln \text{TBSSUP}_{t-1} + \beta_6 \ln \text{DEPEDU}_{t-1} + \beta_7 \ln \text{DEPSANT}_{t-1} + \beta_8 \ln \text{RD}_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Où Y_t est le vecteur qui porte à la fois la variable dépendante, $\ln \text{PIB}$, et $\sum_{i=1}^P \beta_i Y_{i-1}$ la somme des variables exogènes que sont : $\ln(\text{FBCF})$, $\ln(\text{POPACTIV})$, $\ln(\text{TBSSEC})$, $\ln(\text{TBSSUP})$, $\ln(\text{DEPEDU})$, $\ln(\text{DEPSANT})$, $\ln(\text{RD})$, β_i la matrice des paramètres à estimer et ε_t est un bruit blanc.

Pour estimer le modèle ARDL conditionnel à correction d'erreur dont la variable dépendante est le PIB et les variables explicatives sont : $\ln(\text{FBCF})$, $\ln(\text{POPACTIV})$, $\ln(\text{TBSSEC})$, $\ln(\text{TBSSUP})$, $\ln(\text{DEPEDU})$, $\ln(\text{DEPSANT})$, $\ln(\text{RD})$; nous devons utiliser la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) suivante :

$$\begin{aligned} \ln \text{PIB}_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{FBCF}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{POPACTIV}_{t-1} + \beta_4 \ln \text{TBSSEC}_{t-1} \\ & + \beta_5 \ln \text{TBSSUP}_{t-1} + \beta_6 \ln \text{DEPEDU}_{t-1} + \beta_7 \ln \text{DEPSANT}_{t-1} + \beta_8 \ln \text{RD}_{t-1} \\ & + \varepsilon_t \quad (2) \end{aligned}$$

Afin de capter la dynamique de court terme, le modèle ARDL doit être effectué en trois étapes après l'estimation de l'équation (2).

La première étape consiste à tester la présence, ou pas, d'une relation de cointégration entre les variables étudiées, et cela se fait à partir du test de Fisher (F-test). Il s'agit en effet, de tester l'hypothèse nulle dont les coefficients associés aux variables en niveau sont égales à zéro c'est à dire, $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$ et qui indique l'absence de cointégration, lorsque la valeur calculée du F-test dépasse la valeur critique maximale du Bounds test, l'hypothèse nulle d'absence de cointégration sera rejetée ce qui implique l'existence de relation de cointégration entre les variables étudiées.

La deuxième étape consiste à estimer le modèle ARDL conditionnel qui capte la relation de long terme comme suite :

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{PIB}_t = & \beta_0 + \sum_{i=0}^p \beta_1 \Delta \ln \text{PIB}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q1} \beta_2 \Delta \ln \text{FBCF}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q2} \beta_3 \Delta \ln \text{POPACTIV}_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^{q3} \beta_4 \Delta \ln \text{TBSSEC}_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^{q4} \beta_5 \Delta \ln \text{TBSSUP}_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^{q5} \beta_6 \Delta \ln \text{DEPEDU}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q6} \beta_7 \Delta \ln \text{DEPSANT}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q7} \beta_8 \Delta \ln \text{RD}_{t-i} \\ & + \theta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \theta_2 \ln \text{FBCF}_{t-1} + \theta_3 \ln \text{POPACTIV}_{t-1} + \theta_4 \ln \text{TBSSEC}_{t-1} \\ & + \theta_5 \ln \text{TBSSUP}_{t-1} + \theta_6 \ln \text{DEPEDU}_{t-1} + \theta_7 \ln \text{DEPSANT}_{t-1} + \theta_8 \ln \text{RD}_{t-1} \\ & + \varepsilon_t \quad (3) \end{aligned}$$

Avec Δ l'opérateur de différences premières ; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$: la représentation du modèle à correction d'erreurs (les paramètres de relation à court terme) ; $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8$: les paramètres de relation de long terme ; p est le nombre de retards de la variable expliquée $\ln(\text{PIB})$, q est le nombre de retards des variables explicatives ; et ε_t est un terme d'erreur (terme aléatoire). Les retards (p, q_1, \dots, q_7) seront identifiés en se basant sur les valeurs minimales des deux critères Akaike et Schwarz. S'agissant de la dernière étape, elle consiste à estimer la relation de long terme et la dynamique de court terme des modèles ARDL par les MCO.

Les données utilisées dans cette étude proviennent de la base de données de la Banque Mondiale (World Development Indicators, 2020). Les données couvrent la période allant de 1986 à 2020.

3. Résultats

3.1. Analyse descriptive des variables

Avant d'effectuer des tests, il est intéressant de faire l'analyse descriptive des variables pour avoir les résultats préliminaires sur les variables étudiées.

L'analyse du tableau 1 montre que sur la période de 1986 à 2020, le PIB varie entre 3,950 milliards de FCFA et 977 milliards de FCFA avec une moyenne de 2,160 milliards de FCFA et celle de la FBCF est de 149 milliards. Les dépenses moyennes annuelles en santé sont de 14,700 millions de FCFA, elles sont supérieures à celles des dépenses de l'éducation (12,300 millions). La moyenne annuelle des dépenses en R & D est de 1,430 millions de FCFA. Quant au Taux Brut de Scolarisation (TBS) au niveau secondaire, nous constatons que la moyenne est de 24,85% et qu'il est largement supérieur à celui du TBS au niveau supérieur (3,69%). La moyenne annuelle des personnes en âge de travailler (population active) est de 6 188 531 personnes/ habitant.

Tableau 1 : Statistiques descriptives des variables

Variable	Obs.	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Produit Intérieur Brut (billion FCFA)	35	2.16e+10	9.47e+09	9.77e+09	3.95e+10
Formation Brut de Capital Fixe (milliard FCFA)	35	1.49e+09	1.12e+09	3.08e+08	3.58e+09
Population Active	35	6188531	2156745	2035524	1.01e+07
Taux Brut Supérieure (%)	35	3.694445	3.024293	0.61368	9.021741
Taux brut Secondaire (%)	35	24.85778	15.93363	5.62587	48.93079
Dépenses d'éducation (milliards)	35	1.23e+08	1.03e+08	3798282	3.12e+08
Dépenses de Santé (milliards)	35	1.47e+08	6.47e+07	7.32e+07	2.54e+08
Recherche et Développement (milliard)	35	1.43e+07	8034451	8532022	3.09e+07

Source : construction des auteurs à partir du logiciel Eviews 10

3.2. Test de stationnarité des variables

L'application des tests ADF de racine unitaire sur les séries étudiées montrent que toutes les variables ne sont pas stationnaires au niveau. Ce qui conduit à rejeter l'hypothèse de stationnarité pour toutes les séries au niveau. Puisque les variables sont stationnaires après la différenciation première, sauf la variable Ln (POPACTIV), qui est stationnaire en niveau. Les résultats rapportés dans le tableau montrent qu'après avoir différencié les variables une fois, toutes les variables ont été confirmées comme étant stationnaires (voir tableau 2). Il est donc utile de conclure que toutes les variables sont intégrées à l'ordre I(0) et I(1). Donc aucune série n'est intégrée d'ordre deux I(2) ou plus, ce qui est primordiale pour l'application de l'ARDL.

Tableau 2 : Résultat des tests de stationnarité

Augment Dickey- Fuller (ADF)			
Variables	A niveau	En Différence première	Ordre d'intégration
Ln (Produit Intérieur Brut)	-0.565521	-7.473400***	I(1)
Ln (Formation Brut de Capital Fixe)	-0.802125	-8.074018***	I(1)
Ln (Population Active)	-5.165650***		I(0)
Ln (Taux Brut Scolarité Supérieure)	0.771154	-5.064354***	I(1)
Ln (Taux Brut Scolarité Secondaire)	0.515581	-4.459007***	I(1)
Ln (Dépenses d'éducation)	-2.443676	-3.084359**	I(1)
Ln (Dépenses de Santé)	-1.298986	-5.310256***	I(1)
Ln (Recherche et Développement)	-0.142853	-4.834341***	I(1)

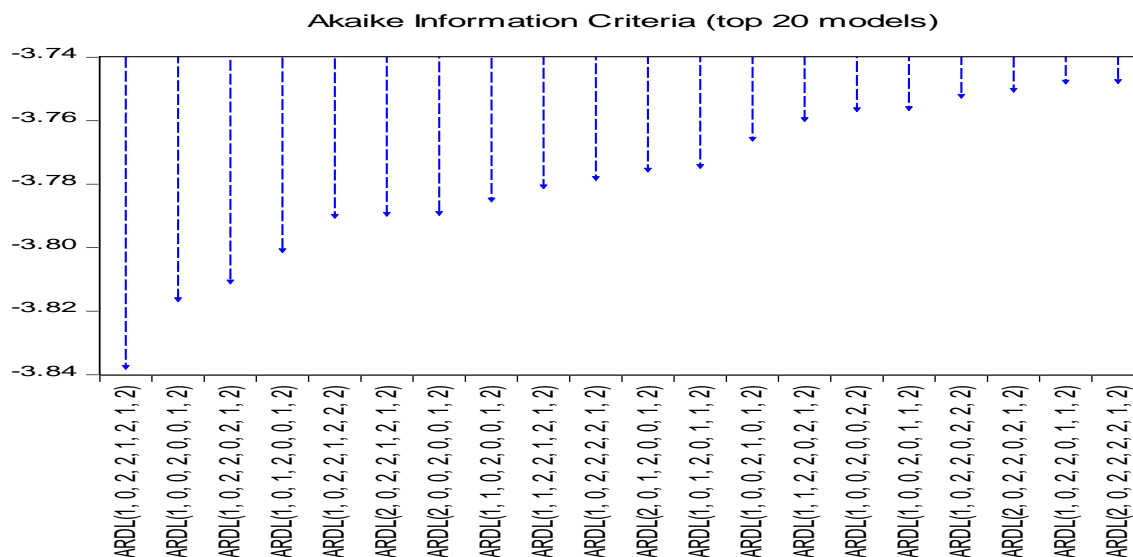
Source : établi par les auteurs sur la base d'EViews 10

Pour ce faire, on commence par déterminer le nombre de retards p à l'aide des critères d'information Akaike.

3.3. Détermination du retard optimal

Le critère AIC (Akaike Information Criterion) est employé ici pour déterminer la longueur du retard de chaque variable du modèle à niveau et en différence première.

Graphique 1 : Détermination du retard optimal



Source : établi par les auteurs sur la base d'EViews 10

Les résultats obtenus dans la détermination du retard optimal sont de 2 périodes. Ce retard a été déterminé en prenant les agrégats de ln (PIB) comme variable à expliquer. A partir de la figure

ci-dessus, le modèle ARDL (1, 0, 2, 2, 1, 2, 1, 2) est le meilleur modèle, car la valeur du SIC est la minimale.

3.4. Test de cointegration (Bound test)

La valeur de F-test est tirée après avoir estimé l'équation empirique de notre modèle. Au niveau de ce test, nous faisons référence aux valeurs critiques asymptotiques énoncées par Narayanan (2005). Les résultats de la procédure « Bounds test » ci-dessus montrent que la statistique de Fisher (3,114525) est supérieure à la borne supérieure pour les différents seuils de significativité 5%, et 10%. Donc nous rejetons l'hypothèse H_0 d'absence de relation de long terme et nous concluons à l'existence d'une relation de cointégration entre les différentes variables (voir tableau 3).

Tableau 3 : Résultat de Bounds test (cointegration)

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	3.114525	10%	1.92	2.89
k	7	5%	2.17	3.21
		2.5%	2.43	3.51
		1%	2.73	3.9

Source : établi par les auteurs sur la base d'EViews 10

3.5. Estimation des paramètres du modèle linéaire autorégressif par la méthode des moindres carrés ordinaires

Dans le cadre de l'application de la méthodologie ARDL, il convient d'estimer un modèle ARDL (p,q) qui servira, ultérieurement, de base pour la conduite du test des limites (Bounds test) qui, à son tour, confirmera ou infirmera la présence d'une relation de court terme ou de long terme. En se basant sur les critères de sélection de retards, le modèle ARDL a été estimé avec un maximum de 2 retards pour toutes les variables.

3.5.1. Résultat de l'estimation à court terme

Les résultats obtenus de court terme, à l'aide du modèle ARDL est illustré dans le tableau 4.

Tableau 4: Résultat de court terme

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
D (Taux brut de Scolarisation Supérieure)	0.065413***	5.465354	0.0001
D (ln Taux brut de Scolarisation Supérieure (1))	-0.054098***	-3.053326	0.0086
D (ln Dépenses d'éducation)	0.028902***	4.890659	0.0002
D (ln Dépenses d'éducation (-1))	-0.017909***	-3.209350	0.0063
D (ln Dépenses de santé)	0.116849***	5.206391	0.0001
D (Recherche et Développement)	-0.161178***	-3.890189	0.0016
D (ln Recherche et Développement (-1))	0.141264***	3.232906	0.0060
D (ln Formation brut de capital fixe)	-0.026526	-0.857951	0.4054
D (ln Population active)	0.347534***	5.063078	0.0002
D (ln Population active (-1))	0.278587***	5.353495	0.0001
CointEq (-1)*	-0.747138	-6.636888	0.0000

Source : établi par les auteurs sur la base d'EViews 10

Notes : Les seuils de significativité sont de : *** pour 1%, ** pour 5% et * pour 10%

A court terme, les variables Ln (TBSSUP), Ln (DEPEDU), Ln (DEPSANT) et Ln (POPACTIV) sont significatives et positives et alors que la variable Ln (RD) est significative mais négative. Cependant la variable Ln (TBSSEC) n'est pas significative. En plus, on constate que le coefficient de la force de rappel vers l'équilibre CointEq (-1) = -0.747138 est négative et significativement différent de 0 au seuil de 1 %. Il existe donc un mécanisme à correction d'erreur. Le modèle à correction d'erreur est donc validé. Ce coefficient, qui exprime le degré avec lequel la variable Ln (PIB) sera rappelée vers la cible de long terme, est estimé de -0.747138 pour notre modèle ARDL, traduisant ainsi un ajustement à la cible de long terme relativement rapide (voir tableau 4).

3.5.2. Résultats de l'estimation à long terme

Les résultats obtenus de long terme, à l'aide du modèle ARDL est illustré dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats de l'estimation à long terme

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
Ln (Taux brut de Scolarisation Secondaire)	0.000581	0.052031	0.9592
Ln (Taux brut de Scolarisation Supérieure)	0.200644***	3.674075	0.0025
Ln (Dépenses d'éducation)	0.076294***	3.440525	0.0040
Ln (Dépenses de santé)	0.231528***	3.539695	0.0033
Ln (Recherche et Développement)	-0.468686***	-4.555688	0.0004
Ln (Formation brut de capital fixe)	-0.188518*	-1.959069	0.0703
Ln (Population active)	0.333081*	1.795428	0.0942
Constante	23.63198	5.872496	0.0000

Source : établi par les auteurs sur la base d'EViews 10

Notes : Les seuils de significativité sont de : *** pour 1%, ** pour 5% et * pour 10%

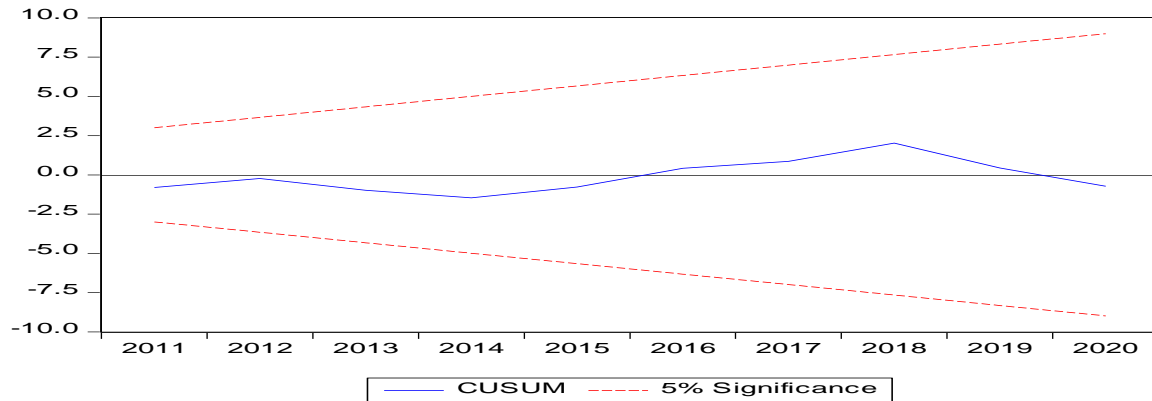
Dans cette rubrique, nous comparons nos résultats à ceux obtenus par d'autres auteurs. La situation pour chaque variable se résume comme suit :

- **Le capital humain** : il ressort des résultats, que le TBS au niveau supérieur, les dépenses d'éducation et les dépenses de santé ont tendance à agir significativement et positivement sur la croissance économique. Ce résultat corrobore avec les travaux de Latrach et Bouhajeb (2015) dans les pays de l'OCDE, Coulibaly (2013) dans le cas de la Côte d'Ivoire, Sulaiman et al (2015) dans le cas du Nigéria et Diawara (2021) dans le cas du Mali, qui aboutissent tous aux résultats auxquels, le capital humain sous forme de dépenses éducatives et d'inscription dans l'enseignement supérieur a un impact positif et significatif sur la croissance économique. De même, Arabi et Abdalla (2013) conclut que les qualités de la santé et de l'éducation en tant que proxy du capital humain ont un effet positif en particulier l'enseignement supérieur sur la croissance économique au Soudan.
- **Dépenses en R & D (technologie)** : notre résultat pour la variable technologie montre un effet négatif et significatif sur la croissance économique. Cela s'explique par le fait que les dépenses allouées à la R&D sont relativement faibles au Mali. Ce résultat est analogue à ceux de Méhmood et Shahid (2012) pour le cas de Pakistan et de Arabi et Abdalla (2013) pour le cas de Soudan.
- **FBCF** : d'après les résultats de l'estimation, nous constatons une relation négative entre l'investissement et la croissance économique. Le même résultat a été obtenu par Dulleck & Foster (2008), où une relation négative a été signalée entre l'investissement et la croissance économique, s'expliquant par le faible niveau d'investissement.
- **Population active** : les résultats ont révélé que le volume de la main d'œuvre a un impact positif sur la croissance économique. Ce résultat est conforme à celui de Makonda (2018) dans les pays de la CEEAC.

3.6. Test de Cusum et Cusum Carré

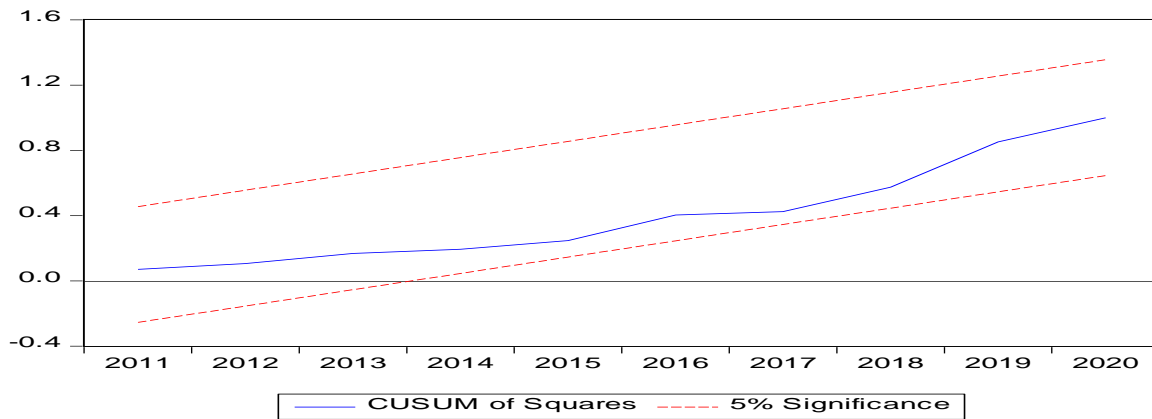
Pour vérifier la stabilité de notre modèle, nous pratiquons le test de stabilité de "CUSUM & CUSUMSQ". Les graphiques (2) et (3) présentent les résultats des tests de CUSUM et CUSUMSQ, ces graphiques montrent clairement la stabilité du modèle.

Graphique 2 : Le test de stabilité de CUSUM



Source : établi par les auteurs sur la base d'EVIIEWS 10

Graphique 3 : Le test de Stabilité de CUSUMSQ

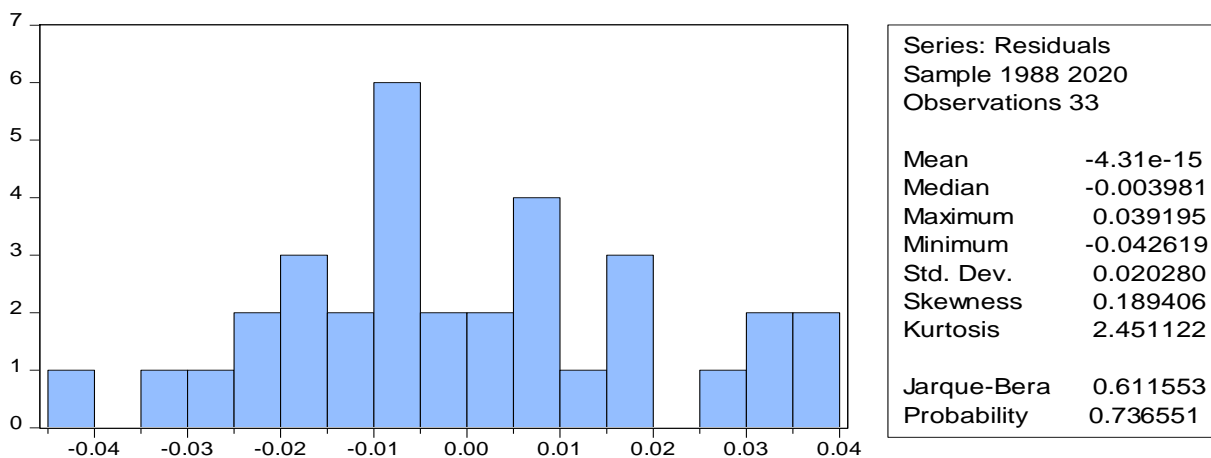


Source : établi par les auteurs sur la base d'EVIIEWS 10

3.7. Test de normalité

Afin de vérifier la validité de notre modèle, il est nécessaire d'effectuer le test de normalité des résidus. La figure ci-dessous présente le résultat du test de normalité des résidus du modèle. La probabilité associée à la statistique de Jarque-Bera 0.73 est largement supérieur à 0,05. L'hypothèse de normalité des résidus est donc vérifiée. Nous pouvons conclure que les résidus de l'estimation du modèle de long terme sont stationnaires. La normalité de leur distribution est confirmée.

Graphique 4 : Résultats du test de normalité des résidus



Source : Etabli par les auteurs sur la base d'EVIEWS 10

Conclusion

Cette étude a pour objectif d'analyser les effets du capital humain, la technologie sur la croissance économique au Mali. L'estimation du modèle ARDL révèle qu'à court et long terme, les dépenses éducatives, les dépenses de santé et le Taux Brut de Scolarisation (TBSSUP) au niveau supérieur en tant que proxy du capital humain ont un effet positif sur la croissance économique au Mali. De même, la main-d'œuvre a également un impact positif et significatif sur la croissance économique. Cependant, les dépenses en R&D et l'investissement ont un impact négatif sur la croissance économique. Globalement, le capital humain corrobore avec la théorie contrairement à la technologie.

Cette étude suggère une implication de politique économique. Le gouvernement malien doit mobiliser des ressources importantes en faveur de la recherche et développement (R&D) afin de stimuler l'innovation. Ceci contribuera à accroître considérablement la croissance économique du Mali.

En termes d'apport théorique, cette étude vient renforcer la littérature théorique sur la croissance endogène et les conclusions qui ont été avancées dans d'autres études menées.

Au niveau méthodologique, la contribution principale de cette recherche réside dans l'utilisation du modèle ARDL . Le choix de ce modèle se justifie par le fait qu'il a une particularité de prendre en compte la dynamique temporelle (délai d'ajustement, anticipations, etc.) dans l'explication d'une variable (série chronologique), améliorant ainsi les prévisions et efficacité des politiques (décisions, actions, etc.). Ainsi, l'utilisation de ce modèle nous a permis d'identifier les variables qui sont susceptibles d'influencer la croissance économique à court terme et à long terme.

En dehors des contributions théoriques et méthodologiques enrichissantes sur l'analyse des effets du capital humain et de la technologie sur la croissance économique, notre travail de recherche permet également de faire des propositions aux décideurs publics pour une meilleure prise en compte des facteurs qui influencent la croissance économique afin d'atteindre une croissance économique soutenue au Mali.

Il serait intéressant d'étendre cette étude en tenant compte de certaines variables existantes dans la littérature tels les investissements directs étrangers (IDE) et l'ouverture commerciale. En outre, les suites de notre travail de recherche pourraient aussi se pencher sur les pays de l'UEMOA avec l'utilisation d'un modèle panel dynamique afin d'obtenir des résultats plus robustes.

Bibliographie

Amir, M., Mehmood, B., & Shahid, M. (2012). Impact of human capital on economic growth with emphasis on intermediary role of technology: Time series evidence from Pakistan. - African Journal of Business Management, 6, 280-285.

Arabi, K. A. M., & Abdalla, S. Z. S. (2013). The impact of human capital on economic growth: Empirical evidence from Sudan. Research in World Economy, 4(2), 43-53.

Bamba, A. (2019) : Niveaux de scolarisation et croissance économique en zone UEMOA : une analyse des données en panel dynamique, Thèse, 167 pages.

Banerjee, R., & Roy, S. S. (2014). Human capital, technological progress and trade : What explains India's long run growth ? *Journal of Asian Economics*, 30, 15-31.

Barro R.J. & Sala-i-Martin X. (1995a), "Economic Growth", New York: McGraw-Hill.

Barro R.J. (1990b), Government Spending in a Simple model of Endogenous growth », *Journal of Political Economy*, 98, 5,103 – 125.

Barro R.J. (1997c), "Determinants of Economic Growth: a cross-country study", MIT Press, Cambridge, USA.

Barro, R. J. (1991d). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106, 407-443.

Bayleyegn, T (2017) "The impact of human capital on economic growth in Ethiopia" 79 pages.

Becker, G. S. (1994). Human capital revisited. In *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education, Third Edition* (pp. 15-28). The university of Chicago press.

Boccanfuso, D. Savard, L et al (2009), capital humain et croissance : évidence sur les données de pays africains, Cahier de recherche / Working Paper 09-15, 28 pages.

Caselli, F., Esquivel, G. et Fernando L., (1996), “Reopening the Convergence Debate: a New Look at Cross country Growth Empirics”, Journal of Economic Growth, Vol.1, N°3, pages 363-389.

Chindo Sulaiman, C. Bala, U et al (2015) “Human Capital, Technology, and Economic Growth: Evidence From Nigeria” article 10 pages.

De Monchy et al. (1995) « Effets et perspectives de la dévaluation au Sénégal », DIAL 1995-01/T, 22 pages.

Diawara, D. (2021). Enseignement supérieur, capital humain et croissance économique au Mali, thèse, 240 pages.

Dulleck, U., & Foster, N. (2008). Imported equipment, human capital and economic growth in developing countries. *Economic Analysis and Policy*, 38, 233-250.

EKODO, R. (2020). Investissement direct étranger et croissance économique en zone CEMAC : Le rôle du capital humain. *Revue Marocaine d'Économie*, (3), 1-18.

Garza-Rodriguez, J. Almeida-Velasco, N et al (2018) “The Impact of Human Capital on Economic Growth: The Case of Mexico” *Journal of the Knowledge Economy*”, 16 pages.

Gebrehiwot, K. G. (2014). The impact of human capital development on economic growth in Ethiopia: Evidence from ARDL Approach to Co-Integration. *American Journal of Trade and Policy*, 1(3), 127-136.

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. MIT press.

Houngbedji, H. S. (2018). Transfert de technologie et croissance économique (UEMOA). *Revue d'Économie et de Statistique Appliquée*, 15(2).

Ildırar, M., Özmen, M., & İşcan, E. (2016). The effect of research and development expenditures on economic growth: new evidences. In *International Conference On Eurasian Economies* (pp. 36-43).

Khan, J., Malik, Z. K., & Arafat, Z. (2016). The impact of human capital on economic growth : Evidence from selected Asian countries. *SUIT Journal of Social Sciences and Humanities*, 1(1), 1-16.

LAM'HAMMDI, H., & MAKHTARI, M. (2018). Les Déterminants des Investissements Directs Etrangers au Maroc : Une analyse par l'approche ARDL pour la période (1980-2017). *Revue du contrôle, de la comptabilité et de l'audit*, 2(4).

Latrach, H et Bouhajeb, M (2015), Contribution de l'éducation à la croissance économique dans les pays de l'OCDE : une analyse par les panels dynamiques, 11 pages. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 15 No. 1 May 2015, pp. 150-160.

Lucas R.E. (1988a), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, volume 22, n°1, pp: 3-42.

Lucas, R. E. (1990b). Why doesn't capital flow from rich to poor countries? *The American Economic Review*, 80, 92-96.

Makonda, J. M. (2018). Déterminants de la croissance économique dans les pays de la CEEAC. *Annale des Sciences Economiques et de Gestion*, 18(2).

Mamadou, C. (2013). Impact des dépenses publiques d'éducation sur la croissance économique en côte d'ivoire. *European Scientific Journal*, 9(25).

Mankiw N., Romer D. & Weil D. (1992). "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, volume 107, pp: 407-437.

Napo, F (2018) « Capital humain, productivité manufacturière et croissance économique dans les pays de l'UEM » 29 pages.

Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from co-integration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-90.

Pesaran M.H., Shin Y. and Smith R.J. (2001) "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Pritchett L., (2001), "Where has all the education gone?" *The World Bank Economic Review* vol 15 pp 367-391.

Romer P.M. (1990), "Endogenous Technological change", *Journal of Political Economy*, volume 98, n° 5, pp: 71-10.

Tchouassi, G. (2017). Capital humain et croissance économique au Cameroun et au Sénégal : une modélisation VAR. *Les Cahiers du CEDIMES*, 129.