

La REVUE CEDRES-ETUDES « séries économiques » publie, semestriellement, en français et en anglais après évaluation, les résultats de différents travaux de recherche sous forme d'articles en économie appliquée proposés par des auteurs appartenant ou non au CEDRES.

Avant toute soumission d'articles à la REVUE CEDRES-ETUDES, les auteurs sont invités à prendre connaissance des « recommandations aux auteurs » (téléchargeable sur www.cedres.bf).

Les articles de cette revue sont publiés sous la responsabilité de la direction du CEDRES. Toutefois, les opinions qui y sont exprimées sont celles des auteurs.

En règle générale, le choix définitif des articles publiables dans la REVUE CEDRES-ETUDES est approuvé par le CEDRES après des commentaires favorables d'au moins deux (sur trois en générale) instructeurs et approbation du Comité Scientifique.

La plupart des numéros précédents (73 numéros) sont disponibles en version électronique sur le site web du CEDRES www.cedres.bf

La REVUE CEDRES-ETUDES est disponible au siège du CEDRES à l'Université Thomas SANKARA et dans toutes les grandes librairies du Burkina Faso et aussi à travers le site web : www.cedres.bf

DIRECTEUR DE PUBLICATION

Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA (UTS)

COMITE EDITORIAL

Pr Pam ZAHONOGO, UTS Editeur en Chef

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi

Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé

Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop

Pr Eugénie MAIGA, Université Norbert ZONGO Burkina Faso

Pr Mathias Marie Adrien NDINGA, Université Marien N'Gouabi

Pr Omer COMBARY, UTS

Pr Abdoulaye SECK, Université Cheikh Anta DIOP

Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi

SECRETARIAT D'EDITION

Dr Samuel Tambi KABORE, UTS

Dr Théodore Jean Oscar KABORE, UTS

Dr Jean Pierre SAWADOGO, UTS

Dr Kassoum ZERBO, UTS

COMITE SCIENTIFIQUE DE LA REVUE

Pr Abdoulaye DIAGNE, UCAD (Sénégal)

Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis

Pr Gilbert Marie Aké N'GBO, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Albert ONDO OSSA, Université Omar Bongo (Gabon)

Pr Mama OUATTARA, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Youmanli OUOBA, UTS

Pr Kimséyinga SAVADOGO, UTS

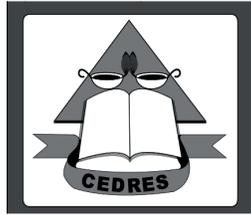
Pr Nasser Ary TANIMOUNE, Université d'Ottawa (Canada)

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Gervasio SEMEDO, Université de Tours

Pr Pam ZAHONOGO, UTS

Centre d'Etudes, de Documentation et de Recherche Economiques et Sociales (CEDRES)



www.cedres.bf

REVUE CEDRES-ETUDES

Revue Economique et Sociale Africaine

REVUE CEDRES-ETUDES N°74

Séries économie

2^e Semestre 2022

SOMMAIRE

Tobacco control policies and cigarette demand among adolescents attending school in the Economic Community of West African States (ECOWAS) region.....	05
Malb YAGNINIM	
Transition démographique, capital humain et croissance économique dans l'UEMOA.....	43
Hamadoum TAMBOURA & Pam ZAHONOGO	
Dégradation environnementale au Bénin : effets des investissements directs étrangers et de l'ouverture commerciale	94
Roch Edgard GBINLO	
Capital humain et croissance économique dans l'UEMOA : complémentarité ou substituabilité entre la santé et l'éducation.....	129
Farida KOINDA & Pam ZAHONOGO	

**Capital humain et croissance économique dans
l'union économique et monétaire ouest- africaine :
complémentarité ou substituabilité entre la sante
et l'éducation ?**

Farida KOINDA
koinda.farida@gmail.com

Pam ZAHONOGO
pzahonogo@gmail.com

Résumé

Cette recherche analyse l'effet des dépenses publiques d'éducation et de santé sur la croissance économique dans l'UEMOA, en prenant en compte le lien entre éducation et santé. L'effet est examiné en utilisant la méthode des moments généralisés (GMM-system) et la méthode des triples moindres carrés avec des données provenant de 7 pays de l'UEMOA (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal et Togo) couvrant la période 1989 à 2018. Il ressort des résultats que les dépenses publiques d'éducation et celles de santé sont complémentaires. Cela implique que les dépenses d'éducation affectent positivement la croissance si elles sont suivies d'un minimum de dépenses de santé. Par ailleurs, une amélioration de celles-ci destinées à la baisse de la mortalité infantile et à l'accroissement des taux de scolarisation primaire, secondaire et supérieur contribuent à accroître la croissance économique. Cette recherche renforce l'idée de la nécessité d'une stratégie de financement public conjoint en éducation et en santé, orientée vers l'amélioration du niveau de capital humain. Les autorités doivent cependant, investir au moins 2,46% de leurs budgets en santé et 3,41% en éducation.

Mots clés : dépenses publiques d'éducation, dépenses publiques de santé, croissance économique, UEMOA, GMM.

Classification JEL : C33, H51, H52, O11, O15.

Abstract:

This research analyzes the effect of public expenditures on education and health on economic growth in the WAEMU, taking into account the link between education and health. The effect is examined using the generalized method of moments (GMM-system) and the triple least squares method with data from 7 WAEMU countries (Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Senegal and Togo) covering the period from 1989 to 2018. The results show that public expenditures on education and health are complementary. This implies that public expenditures in education positively affects growth if it is followed by a minimum of public health expenditures. Moreover, improved health spending to reduce child mortality and increase primary, secondary and tertiary enrollment rates contributes to higher economic growth. This research reinforces the need for a joint public financing strategy for education and health, directed at improving the level of human capital. However, the authorities must invest at least 2.46% of their budgets in health and 3.41% in education.

Keywords: public expenditure on health, public expenditure on education, economic growth, WAEMU, GMM.

JEL Classification : C33, H51, H52, O11, O15.

Introduction

L'investissement en capital humain est devenu le problème majeur de la croissance économique depuis les travaux fondateurs de Schutz (1961) ; Becker (1964) et continue d'attirer l'intérêt des chercheurs et des décideurs. Il est largement considéré comme l'atout le plus précieux qui devrait être mobilisé pour lancer le processus de développement économique dans les pays en développement (Awopegba, 2003). Théoriquement, il existe un consensus sur le fait que le capital humain est un moteur central de la productivité, des revenus et de la croissance économique à long terme, en améliorant la qualité de la main-d'œuvre. La théorie de la croissance endogène (Lucas, 1988 ; Romer, 1990) suggère que l'investissement dans la capacité humaine, la connaissance et l'innovation dans un pays conduit à une amélioration de la main-d'œuvre et à une augmentation de la productivité. Les auteurs montrent que l'accumulation a été l'une des principales sources de croissance économique dans les pays développés.

Pourtant, les travaux empiriques sur le lien entre les dépenses en capital humain et la croissance économique restent mitigés. En effet, dans les pays africains, des études empiriques ont révélé que les dépenses publiques consacrées au capital humain (éducation, formation et santé) ont un effet positif sur la croissance économique à long terme (Ogundari et Awokuse, 2018 ; Piabuo et Tieguhong, 2017 ; Omotayo, 2015). Ainsi, Ogundari et Awokuse (2018) utilisent un modèle de panel dynamique basé sur la méthode des moments généralisés et couvrant 35 pays de l'Afrique Subsaharienne, sur la période 1980 à 2008. Leurs résultats montrent que les deux mesures du capital humain (santé et éducation) impactent positivement la croissance économique. De même, Piabuo et Tieguhong (2017), en examinant l'application de la déclaration d'Abuja d'allouer au moins 15% des dépenses publiques à la santé, comparent cinq pays d'Afrique Subsaharienne qui ont atteint cette cible, aux pays de la CEMAC sur la période 1995-2015. Il ressort de ces travaux que l'effet positif des dépenses publiques de santé sur la croissance économique obtenu par ces cinq pays est plus élevé que celui obtenu par les pays de la CEMAC.

Des études dans l'UEMOA tentent de confirmer cet effet positif de l'investissement en capital humain sur la croissance économique. En effet, Bamba et al. (2021) analysent l'effet des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique au Mali, à partir de données couvrant la période de 1986 à 2018. Ils utilisent la méthode d'estimation ARDL. Les auteurs ont constaté qu'à long terme, les dépenses en capital humain ont un effet positif sur la croissance économique au Mali. Moreno-Dodson et Bayraktar (2015) ont également constaté que les dépenses en capital humain sont importantes pour la croissance économique dans l'UEMOA.

En revanche, des travaux ne parviennent pas à confirmer la relation positive entre les dépenses en capital humain et la croissance économique en Afrique subsaharienne (Eggoh et al., 2015 ; Quenum, 2011 ; Ghosh et Gregoriou, 2008 ; Gregoriou et Ghosh 2009). Ainsi, Eggoh et al. (2015) ont utilisé un panel de 49 pays africains de 1996 à 2010 et la méthode GMM en système pour une analyse transversale de l'effet du capital humain sur la croissance économique. Ces auteurs ont trouvé des preuves que les dépenses publiques pour l'éducation et la santé impactent négativement la croissance économique dans ces pays. L'étude de Quenum (2011) aboutit également à un effet négatif du capital humain sur la croissance économique des pays de l'UEMOA sur la période 1970-2005 en utilisant la méthode GMM en différence.

Ainsi, les résultats divergents dans les études empiriques qui traitent de l'effet des dépenses en capital humain sur la croissance économique sont dus selon Glewwe et al. (2014) à de multiples problèmes d'estimation et de mesures exactes du capital humain. En effet, peu d'études tiennent compte de l'effet simultané des dépenses d'éducation et de santé qui semblent entretenir un lien sur la croissance économique dans leurs analyses. Aka et Dumont (2008) affirment que les composantes majeures du capital humain (éducation et santé) ne sont pas des substituts parfaits et peuvent interagir, et qu'il semble nécessaire de considérer leur lien avec la croissance économique dans un modèle joint. En outre, il faut noter que l'objectif premier des dépenses en capital humain est l'amélioration des résultats en matière d'éducation et de santé, ce qui permettra de promouvoir la croissance économique.

Les dépenses publiques de santé peuvent permettre d'améliorer les résultats dans le secteur de la santé mais également dans celui de l'éducation et vice-versa. Face à l'importance que revêt cette relation entre capital humain et croissance économique, il est nécessaire de se poser la question suivante : quel est l'effet des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique des pays de l'UEMOA ? Plus spécifiquement, il s'agit de répondre aux questions suivantes : (i) Quel est l'effet des dépenses publiques de santé et d'éducation sur la croissance économique ? (ii) L'efficacité des dépenses publiques d'éducation est-elle conditionnée par les dépenses publiques de santé ? (iii) Quel est l'effet indirect des dépenses publiques de santé et celles d'éducation sur la croissance économique, à travers les indicateurs de résultats du capital humain ?

L'UEMOA affiche les plus faibles indices de capital humain (ICH) de la Banque Mondiale. En effet, avec une moyenne mondiale d'indice de capital humain de 0,57 sur 1 et une moyenne de 0,40 sur 1 en Afrique, la moyenne de l'UEMOA est à 0,37 sur 1. En outre, en observant l'évolution des dépenses publiques en capital humain dans l'UEMOA, celle-ci ne semble pas caractériser celle de la croissance économique suivant les données de la Banque Mondiale (2019). En effet, sur la période 1996-2000, la part du budget des pays de l'UEMOA consacrée à l'éducation était en moyenne de 3,11%, celle consacrée à la santé était de 1,82% et le taux de croissance économique était en moyenne de 1,52%. Cependant, sur la période 2006-2010, il a été observé une hausse de la part moyenne du budget alloué à l'éducation (4,12%), une hausse de celle de la santé (2,65%) et une baisse du taux de croissance économique qui s'est située à 1,17%. En considérant également cette dernière période 2014-2018, avec une hausse de la part moyenne du budget alloué à l'éducation (5,12%) et une baisse de celle de la santé (2,16%), le taux de croissance économique était de 2,90% soit une hausse de 0,25 point de pourcentage sur la période.

L'objectif général de cette recherche face à ces évolutions divergentes des dépenses en capital humain et de l'évolution de croissance économique dans l'UEMOA, est d'analyser l'effet des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique des pays de l'UEMOA.

Plus spécifiquement, il s'agit de : (1) mesurer l'effet des dépenses publiques de santé et d'éducation sur la croissance économique ; (2) vérifier l'existence d'un effet d'interaction entre les dépenses publiques d'éducation et celles de santé, sur la croissance économique ; (3) mesurer l'effet indirect des dépenses publiques d'éducation et celles de santé sur la croissance économique à travers le canal des indicateurs de résultats du capital humain.

L'intérêt de cette recherche est sa contribution à la décomposition du capital humain, en mettant l'accent sur les indicateurs liés à la santé et à l'éducation. La mesure du capital humain ayant alimenté le débat empirique, cette recherche essaie de la capter à travers les dépenses publiques en capital humain (les deux composantes à la fois), mais également à travers les variables de résultats qui prennent en compte son accumulation et sa qualité.

La suite de cette recherche est structurée de la façon suivante. La section 1 présente les faits stylisés sur les dépenses publiques en capital humain et la croissance économique. La section 2 présente la méthodologie. La section 3 porte sur l'analyse et l'interprétation des résultats issus des estimations. Enfin, une conclusion et des implications de politiques économiques sont données.

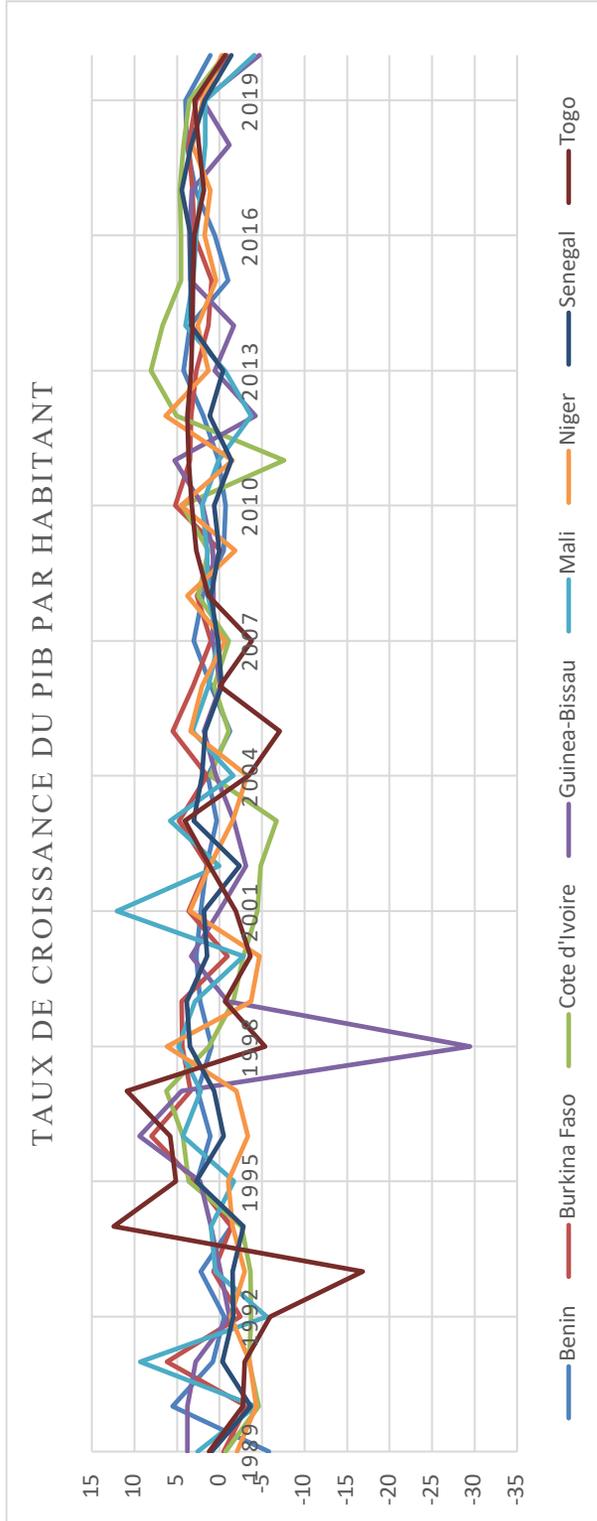
1. Faits stylisés sur les dépenses publiques en capital humain et la croissance économique

Dans cette section, il est question de faire une analyse comparative du taux de croissance économique par tête des pays de l'UEMOA. Par la suite, une analyse comparative de l'évolution du taux de croissance économique par tête, des dépenses publiques d'éducation et celles de santé (en pourcentage du PIB) est également menée.

1.1. Analyse comparative du taux de croissance économique par tête des pays de l'UEMOA

Les pays de l'UEMOA sont caractérisés par une instabilité de leur taux de croissance économique par habitant. L'évolution de ce taux est représentée par le graphique 1 ci-dessous avec les huit pays membres de l'Union et une période allant de 1989 à 2020. Cette période se justifie par la disponibilité des données sur les taux de croissance économique par tête assez longue et permet de mettre en exergue quelques caractéristiques des pays de l'Union. Sur cette période, nous constatons que les taux de croissance du PIB par habitant étaient relativement plus élevés avant la dévaluation de 1994, année de création de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine, avec le taux le plus élevé (9,34% en 1991) obtenu par le Mali et le taux le plus faible pour le Togo (-16,84% en 1993). A partir de 1994, une baisse de la variabilité du taux de croissance économique par habitant est constatée. Les taux les plus élevés sont observés au Togo (12,42% en 1994 et 10,88% en 1997) et au Mali (12,04% en 2001). Par contre, la Guinée Bissau a enregistré le taux de croissance par habitant le plus faible durant la période post dévaluation (-29,46% en 1998). La Côte d'Ivoire, première économie de la région, est caractérisée par la faiblesse de sa croissance économique par habitant sur la période 1999-2010, à cause de la crise sociopolitique qui a ébranlé son économie. Cependant, depuis 2012, elle enregistre le taux de croissance économique par tête le plus élevé de l'UEMOA. On note également que depuis 2019, la croissance économique des pays de l'UEMOA se trouve être en baisse suite aux récentes crises sanitaires et sécuritaires.

Graphique 1 : Evolution du taux de croissance économique par habitant des pays de l'UEMOA

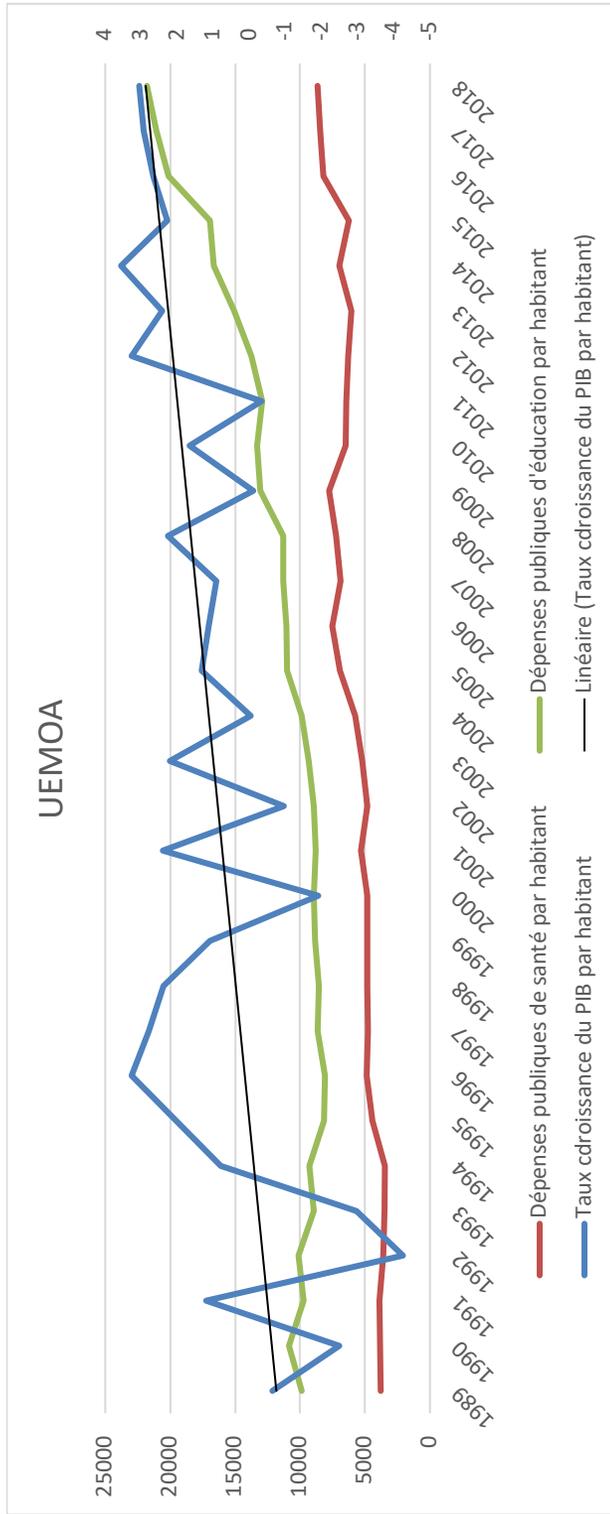


Source : Auteurs à partir des données de la Banque mondiale (2021)

1.2. Analyse comparative de l'évolution des dépenses publiques d'éducation et de santé par habitant, et de la croissance du PIB par habitant de l'UEMOA

L'analyse comparative considère des données moyennes de l'UEMOA. Elle porte sur la période 1989-2018. L'axe des ordonnées de gauche présente les valeurs des dépenses publiques moyennes par habitant tandis que celui de droite porte sur la croissance économique réelle par tête. L'évolution des trois courbes montre une tendance croissante. Ainsi, elles évoluent dans le même sens avec une forte variabilité du taux de croissance économique par habitant. En outre, on constate que les dépenses publiques moyennes d'éducation par habitant demeurent supérieures à celles en santé dans l'UEMOA. Ce constat montre l'importance et l'effort fourni par les pays de l'UEMOA dans le secteur de l'éducation par rapport à celui de la santé. Concernant les dépenses publiques d'éducation par habitant, elles ont connu une baisse de 1990 à 2000 avant de croître sur la période 2000 à 2018. Cependant, les dépenses publiques de santé par habitant baissent sur les périodes 1991 à 1994 et 2009 à 2015 avant d'entamer une phase de croissance sur le reste de la période. Ces baisses peuvent s'expliquer par les politiques d'ajustements structurels des années 90, qui ont entraîné une baisse des dépenses publiques globales et la crise financière internationale de 2008. Quant à la croissance économique réelle par habitant, elle se caractérise par une instabilité sur l'ensemble de la période, avec une tendance croissante.

Graphique 2 : Evolution de la croissance du PIB par habitant et des dépenses publiques d'éducation et de santé par habitant de l'UEMOA



Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale (2019)

Les faits stylisés sont d'une importance capitale dans cette recherche car ils permettent l'analyse comparative entre l'évolution des variables de croissance économique et de dépenses en capital humain des pays de l'UEMOA. Cependant, cette analyse ne permet pas de confirmer l'existence de relation de causalité entre les variables. Aussi, elle est limitée en ce qui concerne les effets des dépenses en capital humain sur la croissance économique. Ainsi, une analyse du lien plus poussée par des méthodes économétriques s'avère nécessaire.

2. Méthodologique

Cette section est subdivisée en trois sous sections. La première sous-section porte sur la spécification du modèle. La deuxième sous-section quant à elle porte sur le choix des variables et la source des données. La dernière sous-section présente les méthodes d'estimation.

2.1 Spécification du modèle

Le modèle d'analyse de la relation entre les dépenses en capital humain et la croissance économique est formulé entre autres à partir du modèle de Mankiw et al. (1992). La spécification du modèle de Mankiw et al. (1992) rentre dans le cadre des nouvelles théories de la croissance économique. Le modèle est une extension du modèle néoclassique de Solow (1956) par la prise en compte du capital humain. Leur analyse part de l'hypothèse selon laquelle l'accumulation du capital physique ne suffit pas dans le modèle de Solow pour expliquer la disparité des performances économiques. Le modèle est présenté dans les lignes qui suivent.

$$Y_{it} = K_{it}^{\alpha} H_{it}^{\beta} (A_{it} L_{it})^{1-\alpha-\beta}$$

$$\text{Avec } 0 < \alpha, \beta < 1 \text{ et } \alpha + \beta < 1 \quad (1)$$

Où Y est la production ; K est le stock de capital physique ; H est le stock de capital humain ; L représente le travail et A le progrès technique, $\alpha + \beta < 1$, indique que les rendements marginaux du capital sont

décroissants ; les indices i et t indiquent respectivement le pays et la période. Le modèle linéarisé et extensible (avec ajout d'autres variables) mettant en relation le capital humain et la croissance économique peut donc s'écrire comme suit :

$$\ln PIBH_{it} = \theta_i \ln PIBH_{it-1} + \gamma_{i1} \ln RKH_{it} + \gamma_{i2} \ln X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

PIBH : PIB réel par tête ; **PIBH (-1)**: PIB réel par tête retardé ; **RKH** : Indicateur de résultat du capital humain ; **X** : un vecteur de variables servant de base à la construction d'un modèle de croissance.

Ce modèle structurel permet d'apprécier la relation entre le stock de capital humain et la croissance économique. Cependant, il convient de noter que les dépenses en capital humain sont l'un des principaux moyens permettant d'améliorer et d'accroître le stock de capital humain. Par ailleurs, ces dépenses publiques auront un effet significatif sur la croissance économique si elles améliorent l'accumulation du capital humain désignée par les indicateurs de résultat reflétant le niveau du capital humain. Pour Lucas (1988), les écarts de croissance entre pays sont expliqués par les différences auxquelles ces pays accumulent le capital humain. Ainsi, l'accroissement du niveau du capital humain pour une amélioration de la productivité est une condition nécessaire à l'efficacité des dépenses en capital humain et à la croissance économique. Dans ce cas, la variable de résultat est considérée comme endogène et est déterminée par une série de variables dont les dépenses publiques d'éducation et de santé. D'où cette équation suivante :

$$\ln RKH_{it} = \theta_0 + \theta_1 \ln DEPEDUC_{it} + \theta_1 \ln DEPSANT_{it} + \theta_2 \ln Z_{it} + \xi_{it} \quad (3)$$

Avec *RKH* qui représentent respectivement l'indicateur de résultat du capital humain, *DEPEDUC* : Dépenses publiques d'éducation, *DEPSANT* : Dépenses publiques de santé et *Z* les autres variables explicatives des indicateurs de résultats du capital humain.

L'effet des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique est alors apprécié de deux manières : effet direct avec un possible lien entre les dépenses d'éducation et les dépenses de santé et effet indirect par le canal des indicateurs de résultats du capital humain.

L'effet des dépenses publiques d'éducation et de santé est alors analysé à partir de cette équation suivante :

$$\begin{aligned} \ln PIBH_{it} = & \theta_i \ln PIBH_{it-1} + \gamma_{i1} \ln DEPEDUC_{it} + \\ & \gamma_{i2} \ln DEPSANT_{it} + \gamma_{i3} \ln DEPSEDUC_{it} * \ln DEPSANT + \\ & \gamma_{i2} \ln X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4) \end{aligned}$$

Avec *DEPEDUC* : Dépenses publiques d'éducation, *DEPSANT* : Dépenses publiques de santé et *X* : un vecteur de variables servant de base à la construction d'un modèle de croissance.

L'analyse des canaux de transmission des dépenses d'éducation et de santé sur la croissance économique est faite à partir d'un système d'équation qui s'écrit comme suit :

$$\begin{cases} \ln PIBH_{it} = \theta_i \ln PIBH_{it-1} + \gamma_{i1} \ln RKH_{it} + \gamma_{i2} \ln X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \\ \ln RKH_{it} = \theta_0 + \theta_1 \ln DEPEDUC_{it} + \theta_1 \ln DEPSANT_{it} + \theta_2 \ln Z_{it} + \xi_{it} \end{cases} \quad (5)$$

2.2 Choix des variables et source de données

Il est présenté dans cette section une description des variables de l'étude et la source des données.

2.2.1 Choix des variables

Les variables sont retenues sur la base de la théorie économique et de la littérature sur les déterminants de la croissance économique. Pour la variable dépendante, il s'agit de la croissance économique qui correspond à l'augmentation soutenue, sur une longue période, de la production des biens et services dans un pays. Il est utilisé le taux de croissance du PIB réel par habitant pour estimer la croissance économique. Cette variable est utilisée par plusieurs auteurs (Barro, 1990 ; Mankiw et *al.*, 1992). Les variables explicatives de la croissance économique retenues sont déroulées dans les lignes ci-dessous.

Les variables d'intérêt sont : Les dépenses publiques en capital humain qui permettent de mesurer l'effort réalisé par un gouvernement en vue de permettre l'accumulation du capital humain et d'accroître la productivité. Il est distingué dans l'analyse deux types de dépenses à savoir les dépenses publiques de santé (Boussalem et *al.*, 2014 ; Erçelik, 2018) et les dépenses publiques d'éducation en pourcentage de PIB (Dessus, 2001 ; Churchill et *al.*, 2015). En outre, il y a les indicateurs de résultats du capital humain (en santé et en éducation). Les résultats en santé sont mesurés par le taux de mortalité infantile et l'espérance de vie (Gupta et Baghel, 1999 ; Novignon et *al.*, 2012) et ceux de l'éducation sont mesurés par les taux bruts de scolarisation primaire, secondaire et supérieur (Gupta et *al.*, 2002 ; Baldacci et *al.*, 2008). Ces auteurs considèrent que ces variables sont des indicateurs d'efficacité en capital humain et des ressources allouées aux secteurs sociaux.

Les variables de contrôle retenues sont : L'investissement en capital physique : longtemps considéré comme source de croissance économique est mesuré par la formation brute de capital fixe (Barro, 1990 ; Pattillo et *al.*, 2002). Le développement financier (Levine et Zervos (1993) ; Levine, 1997) qui traduit le niveau de développement de la sphère financière, est

mesuré par le taux de liquidité ou ratio M2/PIB. L'ouverture commerciale qui apparaît très souvent comme un déterminant de croissance économique, est une source d'élargissement des marchés et offre des opportunités commerciales pour les pays (Romer, 1990). Cependant, elle semble avoir un effet mitigé selon Young (1991). Cette variable est captée par le ratio des importations plus les exportations sur le PIB. L'ouverture d'un pays ne se limitant pas à ses échanges internationaux, mais aussi par sa capacité d'accueil des firmes multinationales étrangères (Hanchane et Abdeljabbar, 2004), l'investissement direct étranger est aussi considéré comme variable explicative de la croissance économique. L'inflation est aussi un déterminant de la croissance économique, cependant dans la littérature elle a des effets mitigés sur la croissance économique. Des auteurs trouvent que l'inflation a un impact positif sur la croissance économique (Dornbusch et *al.*, 1996). Par contre, d'autres études affirment que cet impact est caractérisé par une relation non linéaire (Kremer et *al.*, 2009). Également, une gestion efficace d'une économie nécessite la mise en place de bonnes institutions. Les institutions sont captées par un indice de gouvernance (*IGov*) qui est obtenu par la moyenne des six mesures des institutions présentées par Kaufmann et *al.* (1999), à savoir : voix et responsabilité, stabilité politique et absence de violence terroriste, l'efficacité du gouvernement, régulateur de la qualité, règle de loi, et contrôle de corruption. Enfin, la croissance de la population est une variable déterminante dans le processus de croissance économique. Si des auteurs (Keynes, 1942 et Boserup, 1970) pensent qu'elle est favorable à la croissance économique par divers mécanismes, d'autres pensent le contraire (Coale et Hoover, 1958 et Bloom et *al.*, 1999). Le tableau 1 ci-dessous résume les variables retenues et les différents signes attendus.

Tableau 1 : Variables du modèle et signes attendus

Variable du modèle	Symbole	Croissance économique
Dépenses publiques de santé (%PIB)	Depsant	+
Dépenses publiques d'éducation (%PIB)	Depedu	+
Espérance de vie	Espvie	+
Taux de mortalité infantile	Mor	-
Taux brut de scolarisation du primaire	Tbsprim	+
Taux brut de scolarisation du secondaire	Tbssec	+
Taux brut de scolarisation du supérieur	Tbssup	+
PIBH retardé	PIBH(-1)	+
Force de travail	$n+g+\delta$	-
Formation brute du capital fixe	Inv	+
Investissement direct étranger	Ide	+
Ouverture commerciale	Douv	+/-
Taux d'inflation	Inf	+/-
Le développement financier	Devfin	+
Dépenses publiques (moins santé et éducation)	Autrdep	+
Qualité des institutions	Igov	+

Source : construit par les auteurs

2.2.2 Source des données

Cette étude utilise les données provenant de la Banque Mondiale sur la période 1989-2018. L'analyse est menée sur sept pays de l'UEMOA¹, à

¹ La Guinée Bissau n'est pas incluse en raison de données manquantes sur les variables d'intérêt.

savoir le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Niger, le Sénégal et le Togo. La période d'étude se justifie par la non disponibilité des données sur une longue période notamment en ce qui concerne les dépenses publiques de santé et d'éducation.

2.3 Méthodes d'estimation

La présence de la variable expliquée retardée dans les modèles de croissance indiqués plus haut ne permet pas d'utiliser la technique économétrique des Moindres Carrés Ordinaires (MCO).

Une méthode appropriée est l'estimation à l'aide de la méthode des moments généralisés (GMM). Cette méthode en panel dynamique permet de contrôler les effets spécifiques individuels et temporels et de remédier au biais d'endogénéité des variables explicatives telles que le capital humain et d'autres variables explicatives par le biais de variables instrumentales générées par leurs retards. Cette méthode des GMM sur panel conçoit les instruments à partir des variables explicatives, ce qui n'est pas le cas des autres méthodes d'estimation de variables instrumentales comme la méthode des doubles moindres carrés (2SLS) qui nécessite le choix d'une ou plusieurs variables instrumentales théoriques qui ne soient pas corrélées avec les variables explicatives et le résidu, ce qui est une chose difficile à faire (Khemiri, 2014). L'étude recourt de ce fait à l'estimateur GMM en système (Sys-GMM) de Blundell et Bond (1998) pour capter l'effet direct avec un possible lien entre les dépenses publiques d'éducation et les dépenses publiques de santé.

Pour capter l'effet indirect par le canal des indicateurs de résultats du capital humain, il est utilisé un modèle d'équations simultanées. L'estimation des équations simultanées demande au préalable une identification des équations basée sur deux procédures afin de déterminer la méthode appropriée. Les deux procédures sont l'identification par la condition d'ordre, condition nécessaire mais pas suffisante pour identifier une équation et, l'identification par la condition de rang qui est une condition suffisante. La vérification de ces conditions (annexe) indique que le modèle est sur-identifié, il est donc possible de recourir à plusieurs

estimateurs dont : la méthode SUR (Seemingly unrelated regression) qui permet de prendre en compte une éventuelle présence d'hétéroscédasticité et la corrélation des erreurs ; la méthode des triples moindres carrés (3SLS) qui est aussi adaptée lorsque les erreurs sont auto-corrélées et/ou hétéroscédastiques. Cette dernière consiste à déterminer l'estimateur des doubles moindres carrés puis à calculer l'estimateur des Moindres Carrés Généralisés (MCG) ; de plus elle est la mieux adaptée aux données de panel non-cylindré et prend en compte le problème d'endogénéité inéluctable à la présence de la variable endogène retardée. Ainsi, la méthode des triples moindres carrés (3SLS) est utilisée pour l'estimation de l'équation simultanée. La section suivante présente les résultats issus de ces différentes méthodes ainsi que l'interprétation des résultats.

3. Analyse et interprétation des résultats

Cette section présente les résultats de l'effet des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique dans l'UEMOA et donne les analyses qui en découlent. Elle est subdivisée en trois sous-sections comprenant les statistiques descriptives et l'analyse de la corrélation, l'analyse de l'effet direct des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique et l'analyse des canaux de transmission des dépenses en capital humain sur la croissance économique.

3.1 Statistiques descriptives et analyse de la corrélation

Cette sous-section se compose de deux parties. La première partie présente les statistiques descriptives, tandis que la seconde partie analyse la corrélation entre les variables.

3.1.1 Statistiques descriptives

Les statistiques descriptives du tableau 2 présentent l'état des indicateurs économiques de l'UEMOA. Ces statistiques descriptives montrent que le taux de croissance du revenu par tête pour les pays de l'UEMOA est de 1,06% en moyenne sur la période 1989-2018. Ce taux reste faible à celui de la croissance démographique qui se situe à 2,91%, soit un écart de 1,85 points de pourcentage.

On en déduit que les ressources demeurent faibles aux besoins de la population, ce qui pourrait justifier le faible niveau du revenu par tête. En effet, le revenu moyen annuel par habitant se situe à 296183 FCFA. Les dépenses publiques de santé représentent en moyenne 2,03% du produit intérieur brut et la part maximale de ces dépenses dans le PIB est de 4,09%. On note cependant que cette part accordée à la santé reste faible comparativement à celle accordée à l'éducation qui est en moyenne de 3,93% du PIB avec un taux maximum de 7,58%. Aussi, on constate que le nombre d'années en moyenne qu'une personne est censée vivre est de 54,39 ans, avec un taux moyen de mortalité infantile qui se situe à 143,92 pour 1000 naissances vivantes.

Le taux brut de scolarisation primaire est en moyenne de 74,68% sur la période et atteint un maximum de 128,98% dans la zone UEMOA. Par contre, les taux bruts de scolarisation secondaire et supérieur restent relativement faibles avec respectivement 24,24% et 4,57%. Ce taux brut de scolarisation primaire élevé peut se justifier par les réformes entreprises (Education Pour Tous, EPT) dans les années 90 qui accordaient une place privilégiée à l'enseignement primaire. Cependant, ce taux peut regorger d'autres considérations qui peuvent fausser l'analyse à savoir, les entrées précoces et tardives dans le système éducatif et aussi au poids considérable des redoublants qui ont dépassé la tranche d'âge légale du cycle. Quant à l'investissement (formation brute du capital fixe) et l'investissement direct étranger, leurs niveaux semblent être faibles pour booster la croissance économique avec en moyenne respectivement 19,43% et 2,20% du PIB. Les pays de l'UEMOA ont aussi un faible degré d'ouverture commerciale qui se situe en moyenne à 0,71% du produit intérieur brut. Le taux d'inflation moyen est à 3,63% et le taux de corruption moyen est de 2,14 sur 4. On note que plus ce taux est élevé, plus est faible le niveau de corruption. La variable captant le niveau de la qualité institutionnelle se situe en moyenne à -0.3756, ce niveau moyen dénote un niveau faible de la qualité des institutions.

Tableau 2 : Résumé statistique des variables

Variables	Observation	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Taux de croissance du PIB par tête	210	1.067	3.543	-17.009	12.256
PIB par tête	210	296183.6	168671	116786.9	797432.7
Dépenses publiques de santé	210	2.035	0.669	0.906	4.091
Espérance de vie	210	54.397	5.089	43.509	66.661
Mortalité infantile	210	143.932	55.462	49.5	328.9
Dépenses publiques d'éducation	210	3.933	1.224	1.443	7.58
Autres dépenses publiques	210	103.787	8.180	77.749	120.994
Taux brut de scolarisation primaire	210	74.680	27.253	26.806	128.983
Taux brut de scolarisation secondaire	210	24.248	13.616	6.244	56.811
Taux brut de scolarisation supérieur	210	4.570	3.682	0.635	16.762
Investissement direct étranger	210	2.203	2.773	-2.138	19.375
Investissement	210	19.432	6.731	6.767	38.895
Ouverture commerciale	210	0.711	0.362	0.286	2.361
Inflation	210	3.639	6.990	-9.823	46.386
Développement financier	210	19.599	6.921	6.767	38.895
Démographie	210	2.911	0.438	1.784	3.843
Qualité des institutions	210	-0.375	0.355	-1.269	0
Corruption	210	2.171	0.750	0	4

Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale, 2019

3.1.2 Analyse de corrélation entre variables

L'analyse de la corrélation permet de mesurer le degré de liaison entre les différentes variables du modèle. Une importance est accordée aux différentes variables explicatives de la croissance économique pour vérifier la possible existence de corrélation entre ces variables ; ce qui pourrait entraîner un biais dans l'estimation de nos modèles. Le tableau 3 ci-dessous montre que le degré de corrélation est de moindre intensité entre la variable principale et les variables explicatives.

Tableau 3 : Corrélation entre les variables

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) ipibh	1.00										
(2) depsant	0.26*	1.00									
(3) depeduc	-0.00	0.15	1.00								
(4) autredeph	0.15	0.29*	-0.11	1.00							
(5) douv	0.00	-0.18*	0.38*	0.06	1.00						
(6) ide	0.11	0.21*	0.26*	0.29*	0.21*	1.00					
(7) inv	0.28*	0.54*	0.28*	0.60*	0.07	0.51*	1.00				
(8) devfin	0.28*	0.54*	0.28*	0.59*	0.06	0.49*	0.59*	1.00			
(9) pop	-0.03	0.26*	0.06	0.23*	-0.33*	0.27*	0.22*	0.22*	1.00		
(10) inf	0.02	-0.06	-0.12	-0.07	-0.02	-0.01	-0.09	-0.10	0.03	1.00	
(11) igov	-0.11	-0.03	-0.24*	0.18*	-0.37*	-0.27*	-0.00	-0.00	0.23*	0.12	1.00

* shows significance at the .05 level

Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale, 2019

3.2 Analyse de l'effet direct des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique

Les résultats de l'effet direct des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique sont présentés dans le tableau 4. Le test de Wald indique que le modèle est statistiquement significatif ($p=0,000<0,05$). Les autocorrélations de second ordre sont testées à l'aide du test de corrélation sérielle d'Arellano et Bond (1991), le résultat ci-dessous ne présente aucune preuve significative ($p=0,142>0,05$) de corrélation sérielle dans les erreurs de première différence à l'ordre 2 (AR2). Le test de suridentification de Sargan est utilisé pour tester la validité des instruments et les résultats montrent que l'hypothèse nulle ne doit pas être rejetée et que les restrictions de suridentification sont donc valides.

Il ressort ainsi des estimations que les effets directs des dépenses publiques d'éducation et de santé sur la croissance économique sont négatifs et significatifs. Ces résultats contraires aux attentes pourraient trouver une explication soit dans la faiblesse des ressources allouées aux secteurs de la santé et de l'éducation, soit du fait que ses ressources aient été détournés de leur destination initiale. De même, il convient de souligner que la structure des dépenses publiques en capital humain dans l'UEMOA contribue à cette inefficacité de ces dépenses. Etant regroupées en dépenses de personnel, dépenses de fonctionnements, transferts courants et dépenses d'investissements, l'on note que ces dernières sont minimales, par contre les dépenses de personnel et les dépenses de fonctionnements absorbent la grande partie des ressources accordées au secteur de l'éducation et de la santé. L'absence de synergie d'action entre les deux secteurs peut aussi être la cause de cette inefficacité des dépenses de capital humain. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs (Abdylmenaf et Besime, 2015 ; Eggoh et al., 2015).

Les résultats montrent, à cet effet que la variable d'interaction entre dépenses publiques d'éducation et dépenses publiques de santé a un impact positif, statistiquement significatif, sur la croissance économique. Ces résultats confirment ceux de Howitt (2005) et Eggoh et al. (2015) qui montrent que les dépenses d'éducation et les dépenses de santé sont

complémentaires et interagissent pour promouvoir la croissance économique. Cela montre que lorsque les dépenses publiques allouées au secteur de l'éducation s'améliorent, l'effet des dépenses publiques de santé sur la croissance économique s'accroît et est statistiquement positif (vice-versa). Ce résultat indique un effet seuil marginal des dépenses de santé et celles d'éducation. Ces effets sont obtenus en annulant la dérivée première de l'équation de régressions (équation 4) respectivement par rapport aux dépenses publiques de santé et celles d'éducation. Les niveaux de seuils des dépenses publiques en capital humain pour un effet marginal positif sont donnés par :

$\frac{\partial \ln PIB_{it}}{\partial \ln InvE_{it}} = 0$; $\frac{\partial \ln PIB_{it}}{\partial \ln InvS_{it}} = 0$ et ces valeurs seuils sont égales à 2,46% pour les dépenses publiques de santé et 3,41% pour les dépenses publiques d'éducation.

Ces seuils signifient que pour que l'effet marginal des dépenses publiques d'éducation sur la croissance économique soit positif, il faut que les dépenses publiques de santé soient supérieures à 2,46% du PIB. De même, pour que l'effet marginal des dépenses publiques de santé sur la croissance économique soit positif, il faut que les dépenses publiques d'éducation soient supérieures à 3,41% du PIB.

Quant aux autres variables de contrôle, il ressort que l'inflation a un effet négatif sur la croissance économique. Une hausse du niveau d'inflation nuit à la croissance économique des pays de l'UEMOA. Cela peut s'expliquer par le fait que lorsque les prix augmentent plus vite que les salaires, les consommateurs perdent alors du pouvoir d'achat. Ils consomment moins, ce qui a un effet économique négatif sur la croissance. Nos résultats sont conformes aux travaux précédents de Barro (1996) et Baharumshah et *al.* (2016) qui ont aussi trouvé un effet négatif de l'inflation sur la croissance économique. L'ouverture commerciale a un effet positif et significatif sur la croissance économique. Ce résultat peut s'expliquer par les efforts en termes de politiques de libéralisation de l'UEMOA et également par l'exportation des matières premières. Des résultats similaires ont été trouvés par Quenum (2008) dans le cadre de l'UEMOA et par Hanchane et Abdeljabbar (2004) et Ogundari et Awokuse (2018) dans le cadre des pays d'Afrique Subsaharienne.

En outre, l'investissement direct étranger a un effet négatif sur la croissance économique. Ce résultat montre que les pays de l'UEMOA ne profitent pas efficacement de l'investissement direct étranger. Nos résultats sont confirmés par Brewer (1991) qui montre l'existence d'une corrélation négative entre la croissance économique et les IDE, à cause de l'effet de domination des firmes étrangères qui découragent celles locales à développer leur propre activité de recherche et développement. Aussi, Wang et Blomström (1992) montrent que l'effet négatif peut s'expliquer par la faiblesse du capital humain dans le pays hôte. Cet argument reste pertinent dans le cas des pays de l'UEMOA qui se trouvent caractérisés par un faible niveau de capital humain par rapport à la moyenne mondiale (Banque Mondiale, 2019). Quant à la variable qualité des institutions, elle exerce un effet négatif sur la croissance économique des pays de l'UEMOA. Cet effet négatif s'explique par la faiblesse et l'inefficacité de la gouvernance à créer les conditions favorables à la croissance du revenu par tête. Le coefficient du PIB retardé a un signe conforme à la théorie et agit positivement et significativement sur le taux de croissance du PIB par tête. Quant à la variable force de travail, l'effet est négatif et significatif, indiquant que cet accroissement entraîne une diminution du capital par tête, ce qui conduit à l'appauvrissement du pays. En effet, cet effet négatif trouve une explication dans les arguments avancés par Coale et Hoover (1958) tels que l'effet de diversion, l'effet de dilution et l'effet de dépendance et qui reflète la réalité des pays de l'UEMOA. S'agissant de l'effet de diversion, l'accroissement de la population détourne l'investissement des secteurs directement productifs vers des secteurs non productifs liés à la dimension sociale. En ce qui concerne l'effet de dilution, il résulte de la thèse malthusienne selon laquelle la population croît à un rythme géométrique et les ressources à un rythme arithmétique. Quant à l'effet de dépendance, il relie négativement la capacité d'épargne d'un ménage ou d'une économie avec la part des inactifs par rapport à la population active. Lorsque le nombre d'inactifs augmente dans une économie, la part des revenus épargnés diminue, ainsi que l'investissement et donc la croissance économique. Bloom et *al.* (1999) montrent aussi que la croissance démographique affecte négativement la croissance économique.

Tableau 4 : Résultat de l'estimation par la méthode GMM

Variables explicatives	Variable expliquée : croissance économique	
	Coefficient	Std. Error
PIB retardée	0.8252***	0.0367
Dépenses publiques de santé	-0.3747**	0.1669
Dépenses publiques d'éducation	-0.2705**	0.1212
Dépenses d'éducation*Dépenses de santé	0.2988***	0.1107
Inflation	-0.0129***	0.0039
Ouverture commerciale	0.1497***	0.0511
Investissement en capital physique	-0.2752	1.6900
Investissement direct étranger	-0.1008***	0.0161
Autres dépenses publiques	-0.9281***	0.1924
Qualité des institutions	-0.0825***	0.0287
Force de travail	-0.3487***	0.0729
Développement financier	0.6255	1.6418
Constant	6.3130***	1.2753
Wald test (p-value)		0.000
AR2		0.394
Sargen test		0.465
Observations		33

Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale, 2019

NB : les valeurs entre parenthèses représentent les erreurs types, tandis que ***, **, * représentent respectivement la significativité des coefficients à 1%, 5% et 10%.

3.3 Analyse des canaux de transmission des dépenses en capital humain sur la croissance économique

Les dépenses en capital humain peuvent impacter la croissance économique à travers certains canaux de transmission. Comme canaux de transmission, nous utilisons deux catégories d'indicateurs du capital humain : les indicateurs de santé et les indicateurs d'éducation. Dans cette partie, il est estimé cinq modèles à équations simultanées, dont trois pour les indicateurs d'éducation et deux pour ceux de la santé. Pour tous ces modèles, le test de Chi2 indique des probabilités, toutes inférieures au seuil de 1%, ce qui montre que les modèles sont bien spécifiés et globalement significatifs (tableau 5 et tableau 6).

3.3.1 Effet des dépenses en capital humain sur la croissance : le canal de la mortalité infantile et de l'expérience de vie

Les résultats (tableau 5) indiquent que les dépenses en capital humain améliorent la croissance économique par le canal de la mortalité infantile. En effet, une significativité de 5% du coefficient associé à la variable est obtenue. Le signe du coefficient de la variable mortalité infantile est négatif et est égal à 0,0133. Ainsi, les dépenses publiques d'éducation et de santé à travers leurs effets positifs sur la baisse de la mortalité infantile contribuent positivement à la croissance économique dans l'UEMOA. Ces résultats sont confirmés dans la littérature à travers les études de Bathily et Gueye (2021) et Maduka et al. (2016).

La baisse de la mortalité infantile réduit le taux de fécondité, ce qui freine la croissance de la population dans l'UEMOA et favorise la croissance économique. En effet, les pays de l'UEMOA se trouvent être confrontés à une croissance démographique de plus en plus importante. Cette croissance démographique se révèle être un handicap pour la croissance économique dans nos estimations. De même, la baisse de la mortalité

infantile dans l'UEMOA indique généralement que les besoins de santé humaine sont à peu près satisfaits en termes d'assainissement, de soins médicaux, de nutrition et d'éducation qui sont des facteurs qui concourent à la croissance économique.

Par ailleurs, les résultats montrent que l'espérance de vie à un effet négatif, statistiquement significatif sur la croissance économique. Aussi, les dépenses publiques de santé n'améliorent pas la croissance économique par ce canal. Ce résultat contre-intuitif est confirmé par Fall (2017). L'auteur indique que l'instabilité de la zone UEMOA avec les crises politiques, économiques et sociales (rebellions, conflits ethniques, guerres, banditisme, terrorisme) agissent sur l'espérance de vie. Il convient également de souligner que la Côte d'Ivoire qui est le pays le plus avancé de l'UEMOA en termes de croissance économique a l'espérance de vie la plus faible. Il y a également le fait qu'un individu vivant plus longtemps verra sa productivité se détériorer et constituera une charge pour la société.

Tableau 5 : Résultats équation simultanée : canal des indicateurs de résultats en santé

Variables explicatives	Variables expliquées			
	Système 1		Système 2	
	Croissance économique 1	Taux de mortalité infantile 2	Croissance économique 3	Espérance de vie 4
Taux de mortalité	-0,0085*** (0,0026)			
Espérance de vie			-0,0634*** (0,0240)	
PIB retardé	-0,5697*** (0,1811)		-0,1240 (0,1571)	
Investissement en capital physique	1,1367 (2,0566)		0,8470 (2,0588)	
Ouverture commerciale	-0,5828** (0,2619)		0,2996 (0,2493)	
Investissement direct étranger	-0,0924 (0,0720)		-0,1525** (0,0724)	
Développement financier	1,3527 (2,0901)		2,2119 (2,0745)	
Inflation	0,0209 (0,0194)		0,0013 (0,0197)	
Force de travail	-1,4837*** (0,1799)		-1,2451*** (0,1861)	
Qualité des institutions	0,3182		0,8703***	

Variables expliquées

Variables explicatives	Système 1		Système 2	
	Croissance économique 1	Taux de mortalité infantile 2	Croissance économique 3	Espérance de vie 4
Autres dépenses publiques	(0.2659) 6.0866* (3.2333)		(0.3147) 0.4099 (2.5243)	
Constante	0.0209 (0.0194)		0.0013 (0.0197)	
Croissance économique		-0.3631*** (0.0994)		0.0797*** (0.0217)
Dépenses publiques de santé		-0.0831* (0.0468)		0.0088 (0.0102)
Dépenses publiques d'éducation		-0.6035*** (0.0660)		0.1308*** (0.0144)
L'indice de corruption		0.1341*** (0.0222)		-0.0297*** (0.0048)
Démographie		-0.0085 (0.0449)		0.0432*** (0.0098)
Constante		9.9849*** (1.2215)		2.8072*** (0.2665)
Observations	187	187	187	187
R-squared	0.9396	0.8189	0.9377	0.8638
Prob (Chi2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale (2019)

NB : les valeurs entre parenthèses représentent les erreurs types, tandis que ***, **, * représentent respectivement la significativité des coefficients à 1%, 5% et 10%.

3.3.2 Effet des dépenses en capital humain sur la croissance : le canal des taux bruts de scolarisation

Les résultats du tableau (6) ci-dessous portent sur les indicateurs de résultats en matière d'éducation. Il ressort des estimations que les dépenses publiques en capital humain améliorent également la croissance économique par le canal des taux bruts de scolarisation primaire, secondaire et supérieur. En effet, les dépenses publiques d'éducation et les dépenses publiques de santé de par leurs effets positifs sur les différents taux de scolarisation contribuent à accroître la croissance économique. Ces dépenses publiques conduisent dans la zone UEMOA à rendre accessible l'éducation, facteur de productivité et de croissance économique. Les résultats confirment ceux de quelques auteurs (Gupta et al., 2002 ; Baldacci et al., 2008) qui montrent que l'investissement en capital humain est un déterminant favorable à l'accroissement des taux bruts de scolarisation.

Par ailleurs, de ces trois canaux, celui du taux brut de scolarisation supérieur est le canal par lequel les dépenses publiques d'éducation et de santé affectent le plus la croissance économique. Ce niveau de scolarisation offre un niveau d'éducation élevé capable d'inciter les pays de l'UEMOA à adapter des stratégies d'imitations en exploitant des technologies existantes par le biais des formations professionnelles, techniques. Il est aussi d'une particularité sectorielle visant à réduire le chômage et à favoriser l'innovation, l'investigation et le développement dans divers domaines, notamment de la santé, de l'industrie, de l'exportation, et de l'information, etc. ce qui contribue à la croissance économique (Elkhalfi et al., 2021).

Tableau 6 : Résultats équation simultanée : canal des indicateurs de résultats en éducation

	Variables expliquées					
	Système 1		Système 2		Système 3	
	Croissance économique	Taux brut de scolarisation primaire	Croissance économique	Taux brut de scolarisation secondaire	Croissance économique	Taux brut de scolarisation supérieur
	1	2	3	4	5	6
Variables explicatives						
Taux brut de scolarisation primaire	0.0384*** (0.0035)					
Taux brut de scolarisation secondaire			0.0548*** (0.0039)			
Taux brut de scolarisation supérieur					0.1640*** (0.0098)	
PIB retardé	-0.2330* (0.1196)		-3.3886*** (0.2438)		-3.0182*** (0.1963)	
Investissement en capital physique	0.1240 (1.6265)		-0.2232 (0.9071)		-2.9722*** (0.7300)	
Ouverture commerciale	-1.8740*** (0.2318)		-1.7673*** (0.1666)		-2.2433*** (0.1342)	
Investissement direct étranger	-0.1579*** (0.0568)		-0.0415 (0.0281)		-0.0497** (0.0223)	
Développement financier	3.0462* (1.6414)		4.1068*** (0.9208)		7.0212*** (0.7374)	
Inflation	0.0101 (0.0154)		-0.0189*** (0.0039)		-0.0205*** (0.0031)	
Force de travail	-1.2313***		0.1300		0.4611***	

Variables explicatives	Variables expliquées					
	Système 1		Système 2		Système 3	
	Croissance économique	Taux brut de scolarisation primaire	Croissance économique	Taux brut de scolarisation secondaire	Croissance économique	Taux brut de scolarisation supérieur
1	2	3	4	5	6	
Qualité des institutions	(0.1423)		(0.0993)		(0.0864)	
	-0.5371**		-0.0619		-0.2832***	
	(0.2266)		(0.1041)		(0.0773)	
Autres dépenses publiques	-4.8893**		30.1824***		24.2184***	
	(2.0070)		(3.0470)		(2.4131)	
Constante	-0.2330*		-3.3886***		-3.0182***	
	(0.1196)		(0.2438)		(0.1963)	
Croissance économique		0,2958***		0,2318***		0,8050***
		(0,0973)		(0,0828)		(0,103)
Dépenses publiques de santé		0,2129***		0,2124**		0,2796**
		(0,0454)		(0,1026)		(0,1234)
Dépenses publiques d'éducation		0,3990***		0,9795***		1,0216***
		(0,0643)		(0,1247)		(0,149)
L'indice de corruption		-0,1148***		-0,2029***		-0,2081***
		(0,0215)		(0,0474)		(0,0569)
Démographie		0,0716*		-0,3653***		-1,3260***
		(0,0436)		(0,0816)		(0,2911)
Constante		-0.8372		-8.4746***		-23.4450***
		(1.1840)		(1.8565)		(2.9478)
Observations	187	187	187	187	187	187
R-squared	0,9756	0,8463	0,9557	0,5306	0,933	0,6501
Prob (Chi2)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Source : Auteurs, à partir des données de la Banque Mondiale (2019)

Conclusion et implications de politiques économiques

Cette recherche a porté sur l'analyse des effets des dépenses publiques en capital humain sur la croissance économique des pays de l'UEMOA sur la période 1989-2018. Une approche méthodologique en deux étapes est adoptée. Premièrement, la méthode des moments généralisés à savoir l'estimateur GMM en système de Blundell et Bond (1998) est utilisé pour analyser l'effet des dépenses publiques de santé et d'éducation sur la croissance économique et également l'effet combiné de ces deux dépenses publiques sur la croissance économique. Ensuite, la méthode des triples moindres carrés (3SLS) est utilisée sur un modèle à équations simultanées avec une équation de croissance et une équation d'indicateurs de résultat du capital humain afin de déterminer les canaux par lesquels ces dépenses impactent la croissance économique.

Il ressort des résultats que l'investissement en capital humain (à la fois en santé et en éducation) impacte négativement la croissance économique dans l'UEMOA et qu'il existe une relation de complémentarité entre les dépenses publiques d'éducation et les dépenses publiques de santé. Cependant, cette relation de complémentarité implique que ces investissements en capital humain (santé et éducation) interagissent ensemble pour améliorer le niveau du capital humain et accroître la croissance économique. Les résultats montrent également qu'à travers la baisse de la mortalité infantile et de l'accroissement des taux de scolarisation primaire, secondaire et supérieur, les dépenses publiques d'éducation et de santé impactent positivement la croissance économique.

En termes d'implications de résultats pour l'amélioration de la croissance économique et du niveau du capital humain aussi bien dans le domaine de l'éducation que de celui de la santé, cette recherche montre qu'il faut :

(i) Augmenter les efforts non seulement dans le financement de l'éducation mais aussi dans celui de la santé par un accroissement des parts de PIB consacrées à ces dépenses. En effet, dans la plupart des pays, le niveau des dépenses publiques d'éducation et de santé est insuffisant. Il faudrait alors augmenter les deux dépenses afin d'avoir un effet escompté sur la croissance économique pour les pays de l'UEMOA ;

(ii) Mener des actions conjointes de financement dans le secteur de la santé et de l'éducation. En effet, en termes de politique en santé (éducation), il faudrait accorder une place de choix à l'éducation (la santé) qui est un facteur déterminant à la réussite de cette politique. Cette synergie permettra d'avoir plus d'efficacité car s'il est évident que l'investissement en capital humain est source de croissance économique, l'utilisation efficace et efficiente de cet investissement est la condition première pour atteindre le résultat escompté.

(iii) Accroître la capacité d'accueil au niveau du cycle primaire, secondaire et supérieur à travers la disponibilité d'infrastructures adéquates et des moyens d'accompagnement qui inciteraient à la scolarisation, en mettant l'accent sur les cycles secondaire et supérieur qui ont de très faibles capacités d'accueil.

(iv) Accroître les actions qui contribuent à réduire la mortalité. La population des pays de l'UEMOA étant pauvre, un minimum de couverture sanitaire et la disponibilité d'établissement de santé permettront de faciliter l'accès à des soins primaires qui contribuera à améliorer l'état de santé. Multiplier les campagnes de prévention et des campagnes de vaccination surtout pour les enfants.

Cette recherche a sans doute des limites. Une d'entre elles est la mesure de l'investissement en capital humain qui s'est limitée aux dépenses publiques. La recherche n'a pas intégré les dépenses privées en capital humain qui peuvent avoir un rôle important à jouer pour la croissance économique. Cette perspective peut être utile à élucider le débat controversé sur la relation entre capital humain et croissance économique dans les pays africains.

BIBLIOGRAPHIE

Abdylmenaf B. et Besime M. (2015), « Impact of Public Funding of Education on Economic Growth In Macedonia », Working Paper, 98.

Acemoglu D., Gallego F. A. et Robinson J. A. (2014), « Institutions, human capital, and development, *Annual Review of Economics*, 6(1), 875-912.

Aka B.F. et Dumont J.C. (2008), «Health, Education and Economic Growth Testing for Long-Run Relationships and Causal Links in the United States » *Applied Econometrics and International Development*, 8(2), 101-110.

Arellano M. et Bond S. (1991), « Some Tests of Specification for Panel Data : Monte Carlo evidence and an application to employment equations », *The Review of Economic Studies*, 58, 277-297.

Awopegba, P.O (2003), « Ressources humaines, main-d'œuvre de haut niveau et développement de l'économie nigériane ».

Baharumshah A. Z., Slesman L. et Wohar M. E. (2016), « Inflation, inflation uncertainty, and economic growth in emerging and developing countries: Panel data evidence », *Economic Systems*, 40(4), 638-657.

Baldacci E., Clements B., Gupta S., et Cui Q. (2008), « Social spending, human capital, and growth in developing countries », *World Development*, 36(8), 1317-1341.

Bamba, A., SIDIBE, Y., Sory, D. O. L. O., et SISSOKO, M. (2021), « Dépenses publiques en capital humain et croissance économique au Mali », *International Journal of Financial Accountability, Economics, Management, and Auditing (IJFAEMA)*, 3(6), 1082-1097.

Banque Mondiale, (2019), « *World Development Indicators* », Banque Mondiale, Washington.

Barro R. (1990), « Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth », *Journal of Political Economy*, 98(5), 103-125.

Barro, R. (1996), « Inflation and growth », *Review federal Reserve Bank of St. Louis*, 78(3).

Bathily, B., et Gueye, A. B. (2021), « Dépenses publiques de santé et croissance économique en Afrique Subsaharienne : une analyse de long terme par la méthode des Panels var. *Available at SSRN 3772827*.

Becker G. (1964), « Human Capital. A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education », *The University of Chicago Press*, Chicago.

Bloom D. E., Canning D., et Malaney P. N. (1999), « *Demographic change and economic growth in Asia* », CID.Boserup (1970).

- Blundell R. et Bond S.(1998)**, « Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models », in *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
- Boserup E. (1970)**, « Évolution agraire et pression démographique », *Flammarion*, Vol. 42.
- Bourbonnais R. (2015)**, « *Économétrie* », Dunod, 9^{ème} édition.
- Boussalem F., Boussalem Z. et Taiba A. (2014)**, « The Relationship between public spending on health and economic growth in Algeria: Testing for Co-integration and Causality », *International Journal of Business and Management* Vol. II (3).
- Brewer T. L. (1991)**, « Foreign Direct Investment in Developing Countries : Patterns, policies, and prospects », *PRE working paper* , No.34.
- Churchill S. A., Yew S.L. et Ugur M. (2015)**, « Effects of Government Education and Health Expenditures on Economic Growth: A Meta-analysis », *Greenwich Political Economy Research Centre*, 21.
- Coale A. J., et Hoover E. (1958)**, « *Population growth and economic development: a case study of India 's prospects* », Princeton University Press.
- Dessus S. (2001)**, « Human Capital and Growth: The Recovered Role of Educational System », *World Bank Working Paper*, 2632.
- Diop M. B. et Kanté O. (2017)**, « Déterminants de l'efficacité des dépenses publiques d'éducation en Afrique de l'Ouest », *planning paper N°16* , (www.plandev.sn).
- Dornbusch R. S., Fischer S. et Kearney C. (1996)**, « *Macroeconomics*», Sydney: The Mc Graw-Hill Companies, Inc.
- Eggoh J., Houenninvo H. et Sossou G. (2015)**, « Education, Health And Economic Growth In African Countries », *Journal of Economic Development*, 40(1), 93–111.
- Elkhalfi, O., Chaabita, R., & Guemimi, C. (2021)**, « L'impact de l'Enseignement Supérieur sur la Croissance Economique : Une analyse sur données de panel pour un groupe de pays d'Afrique », *International Journal of Financial Accountability, Economics, Management, and Auditing (IJFAEMA)*, 3(3), 104-117.
- Erçelik G. (2018)**, « The Relationship between Health Expenditure and Economic Growth in Turkey from 1980 to 2015 », *Journal of Politics, Economy and Management (JOPEM)*, 1(1).
- Fall N. (2017)**, « Santé et croissance économique dans les pays de l'union économique et monétaire ouest africain (UEMOA) », *Revue Interventions économiques*.

- Ghosh, S., et Gregoriou, A., 2008**, The Composition of Government Spending and Growth: Is Current or Capital Spending Better? *Oxford Economic Papers*. 60 (juin), 484-516.
- Glewwe P., Maiga E. et Zheng H. (2014)**, « The contribution of education to economic growth: A review of the evidence, with special attention and an application to Sub-Saharan Africa », *World Development*, 59, 379-393.
- Gregoriou, A. et Ghosh, S. 2009**, The Impact of Government Expenditure on Growth: Empirical Evidence from a Heterogeneous Panel, *Bulletin of Economic Research*, 61 (janvier), 95-102.
- Gupta K. H., Honjo K. et Verhoeven M. (1997)**, « the Efficiency of Government Expenditure: Experiences from Africa », *International Monetary Fund*, WP/97/153.
- Gupta S. et Baghel A. (1999)**, « Infant mortality in the Indian slums: case studies of Calcutta metropolis and Raipur city », *International Journal of Population Geography*, 5(5), 353-366.
- Gupta S., Verhoeven M. et Tiogson E. (2002)**, « The Effectiveness of Government Spending on Education and Health Care in Developing and Transition Economies », *European Journal of Political Economy*, 18(4), 717–737.
- Hanchane, S., et Abdeljabbar, A. (2004)**, « La dynamique de la croissance économique et de l'ouverture dans les pays en voie de développement : quelques investigations empiriques à partir des données de Panel ».
- Howitt P. (2005)**, « Health, human capital, and economic growth: A Schumpeterian perspective », *Health and economic growth: Findings and policy implications*, 19-40.
- Kaufmann D., Kraay A. et Zoido-Lobaton P. (1999)**, « Aggregating Governance Indicators », *Policy Research Paper*, 2195, The World Bank.
- Keynes J. M. (1942)**, « *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt, et de la monnaie* », Paris, Payot, 1936.
- Khemiri I. (2014)**, « Aide au développement et croissance économique », *International Conference on Business, Economics, Marketing & Management Research (BEMM'13) Volume Book: Economics & Strategic Management of Business Process (ESMB) Copyright _ IPCO 2013*, 2, 97-102.
- Kremer S., Bick A. et Nautz D. (2009)**, « Inflation and Growth: New Evidence From a Dynamic Panel Threshold Analysis », *SFB 649 Discussion Paper 2009-036*.
- Levine R. (1997)**, « Financial development and economic growth: views and agenda », *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688-726.

- Levine R. et Zervos S. J. (1993)**, «What we Have Learned about Policy and Growth from Cross- Country Regressions? », *American Economic Review*, 83(12).
- Lucas R. (1988)**, « On the Mechanics of Economic Development », *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Maduka A. C., Madichie C. V. et Ekesiobi C. S. (2016)**, « Health Care Expenditure, Health Outcomes, and Economic Growth Nexus in Nigeria: A Toda-Yamamoto Causality Approach », *Unified Journal of Economics and International Finance*, 2(1), 01-10.
- Mankiw N., Romer D. et Weil D. (1992)**, « A Contribution to the Empirics of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-437.
- Mishra P. et Newhouse D. L. (2007)**, « Health aid and infant mortality », *International Monetary Fund*, No. 2007-2100.
- Moreno-Dodson, B., et Bayraktar, N. (2015)**, «Public Spending and Growth in an Economic and Monetary Union».
- Novignon J., Olakojo S. A. et Nonvignon J. (2012)**, « The effects of public and private health care expenditure on health status in sub-Saharan Africa: new evidence from panel data analysis », *Health economics review*, 2(1), 22.
- Ogundari K. et Awokuse T. (2018)**, « Human capital contribution to economic growth in Sub-Saharan Africa: Does health status matter more than education? », *Economic Analysis and Policy*, 58, 131-140.
- Omotayo O.A. (2015)**, « Impact of Human Capital Development on Economic Growth in Nigeria », *International Journal of Recent Research in Commerce Economics and Management (IJRRCEM)*, 2(2), 151-164.
- Pattillo C., Poirson H. et Ricci L. (2002)**, « External Debt and Growth », *IMF Working Paper*, 02(69).
- Piabuo M. S. et Tieguhong J. C. (2017)**, « Health expenditure and economic growth - a review of the literature and an analysis between the economic community for central African states (CEMAC) and selected African countries », *Health Economics Review*.
- Quenum C. V. (2008)**, « Financement public des systèmes éducatifs et croissance économique dans les Pays en Voie de Développement : cas des pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).
- Quenum C. V. (2011)**, « Niveaux d'éducation et croissance économique dans les pays de l'UEMOA », *Revue d'Economie Théorique et Appliquée*, 1(1), 41-62.

Roberts R. (2003), « Poverty Reduction Outcomes in Education and Health Public Expenditure and Aid », *Working Paper 210*, Centre for Aid and Public Expenditure, Overseas Development Institute, London, April.

Romer P. (1990), « Endogenous Technological Change », *Journal of political Economy*, 98(5), 71-102.

Schultz T.W. (1961), « Investment in Human Capital », *American Economy Review*, 51, 1-17.

Solow R.M. (1956), « A Contribution to the Theory of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 117-240.

Wang J. Y. et Blomström M. (1992), « Foreign investment and technology transfer: A simple model », *European economic review*, 36(1), 137-155.

Young, A. (1991), « Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade », *Quarterly Journal of Economics*, Volume 106, Issue 2, Pages 369-405.

Annexe

Identification par la condition d'ordre

La condition d'ordre pour l'identification des paramètres est qu'il existe au moins autant de variables exogènes exclues de l'équation que de variables endogènes apparaissant dans l'équation. Si cette condition n'est pas vérifiée, les paramètres de l'équation ne peuvent être identifiés. Par contre, si la condition est vérifiée, il se peut qu'il le soit.

Les conclusions à tirer se font à partir de la comparaison entre $g - 1$ et $g - g' + k - k'$

- $g - 1 > g - g' + k - k' \rightarrow$ l'équation est sous-identifiée
- $g - 1 = g - g' + k - k' \rightarrow$ l'équation est juste identifiée
- $g - 1 < g - g' + k - k' \rightarrow$ l'équation est sur-identifiée

g = nombre de variables endogènes du modèle (ou encore nombre d'équations du modèle);

k = nombre de variables exogènes du modèle ;

g' = nombre de variables endogènes figurant dans une équation ;

k' = nombre de variables exogènes figurant dans une équation.

Le modèle à estimer comporte deux variables endogènes ($g=2$) et dix variables exogènes ($k=10$).

Identification de la première équation

La première équation contient deux variables endogènes ($g'=2$) et huit variables exogènes ($k'=8$). On a alors, $(g - 1 = 1) < (g - g' + k - k') = 2 - 2 + 10 - 8 = 2$. Cette première équation est donc sur-identifiée.

Identification de la deuxième équation

La deuxième équation contient deux variables endogènes ($g'=2$) et quatre variables exogènes ($k'=4$). On a alors, $(g - 1 = 1) < (g - g' + k - k') = 2 - 2 + 10 - 4 = 6$. Cette équation est également sur-identifiée.

A travers l'identification par la condition d'ordre des deux équations, on conclut que le modèle est sur-identifié. Cette condition d'ordre n'étant pas suffisante, la condition de rang s'impose.

Identification par la condition de rang

Soit le modèle sous forme matricielle suivant :

$$\underset{(g,g)}{B} \times \underset{(g,l)}{Y} + \underset{(g,k)}{C} \times \underset{(k,l)}{X} = \underset{(g,l)}{\varepsilon}$$

Soit $P = [BC]$, la matrice des structures qui est formée par la juxtaposition des matrices B et C. P est de dimension $(g, g + k)$.

Soit φ_i , une matrice des restrictions afférente à l'équation i construite telle que : $P_i \varphi_{ih} = 0$, i est la i -ième ligne de la matrice P et h est la h -ième colonne de la matrice φ_i .

En considérant μ_i le rang de la matrice $P\varphi_i$ et g le nombre de variables endogènes, la condition de rang est la suivante :

- si $\mu_i < g - 1 \rightarrow$ l'équation i est sous-identifiée ;
- si $\mu_i = g - 1 \rightarrow$ l'équation i est juste identifiée ;
- si $\mu_i > g - 1 \rightarrow$ l'équation i est sur-identifiée.

Dans le cas de notre modèle, le système d'équations se présente ainsi :

$$PIBH_{it} - \theta_i PIBH_{it-1} - \gamma_{i1} RKH_{it} - \gamma_{i2} KP_{it} - \gamma_{i3} (n_i + g + \delta) - \gamma_{i4} X_{it} = \varepsilon_{it}$$

$$RKH_{it} - \alpha_0 - \alpha_1 PIBH_{it} - \alpha_2 InvKH_{it} - \alpha_3 POP_{it} - \alpha_4 Corrup_{it} = \xi_{it} \sum_{i=1}^n X_i$$

Le modèle sous forme matricielle est le suivant :

$$\begin{bmatrix} 1 & -\gamma_{i1} \\ -\alpha_1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} PIB \\ RKH \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\theta_i & -\gamma_{i2} & -\gamma_{i3} & -\gamma_{i4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} PIB(-1) \\ KP \\ (n_i + g + \delta) \\ X \\ InvKH \\ Pop \\ Corrup \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon \\ \xi \end{bmatrix}$$

$$P = [BC] = \begin{bmatrix} 1 & -\gamma_{i1} & -\theta_i & -\gamma_{i2} & -\gamma_{i3} & -\gamma_{i4} & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\alpha_2 & -\alpha_3 & -\alpha_4 \end{bmatrix}$$

Les matrices de restrictions φ_i sont construites en suivant la méthodologie de Bourbonnais (2015) :

- autant de lignes que de variables endogènes et exogènes, chaque ligne est représentative d'une variable ;
- une colonne par restriction d'exclusion (variable endogène ou exogène manquante) et par restriction linéaire sur les coefficients ;
- pour les relations d'exclusion, les colonnes sont composées de 0, sauf pour les variables dont le coefficient est nul où l'on met la valeur 1 ;
- pour les restrictions de contraintes sur les coefficients, on explicite la relation entre les coefficients.

Ce qui nous donne :

$$\varphi_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \varphi_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

La première équation compte trois (3) variables manquantes et la seconde équation compte quatre (4) variables manquantes.

Après calcul, nous avons :

$$P\varphi_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_2 & -\alpha_3 & -\alpha_4 \end{bmatrix}$$

Rang de $P\varphi_1 = 1 = g - 1$, l'équation 1 est juste identifiée

$$P\varphi_2 = \begin{bmatrix} -\theta_1 & -\gamma_{i2} & -\gamma_{i3} & -\gamma_{i4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Rang de $P\varphi_2 = 1 = g - 1$, l'équation 2 est juste identifiée

Nous remarquons que la condition de rang vient modifier la condition d'ordre des deux équations. Elles passent d'un statut de sur-identifiée à juste identifiées. Néanmoins, cela ne remet aucunement en cause les résultats trouvés avec la méthode d'estimation qui reste valable aussi bien pour des équations sur-identifiées que juste identifiées.