



Université Cheikh Anta Diop
de Dakar



Université Mohammed VI Polytechnique

ACTES DE LA 3^e CONFÉRENCE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE DE DAKAR
(CEID)

*Transition énergétique et égalité des genres : Catalyser le changement en Afrique
par des politiques de développement inclusives*

Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal, 30 et 31 mai 2024

Impact des Technologies de l'Information et de la
Communication sur la Croissance : Cas des Pays de la
Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
(CEDEAO)

Abdoulaye Seck

Professeur Titulaire, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal

Moctar Gassama

Doctorant, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal

Résumé : Cette recherche analyse l'effet des TIC sur la croissance économique des pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), à partir des données de la Banque Mondiale et de l'Union Internationale des Télécommunications sur la période de 2010-2019. L'approche méthodologique porte sur le panel dynamique avec la méthode d'estimation GMM en système en panels dynamiques pour 15 pays de la CEDEAO. Les résultats ont montré que l'accès aux services TIC permet en effet une amélioration de la croissance économique dans la zone, grâce notamment à la diffusion de la technologie et l'innovation. Le capital humain, capté par les dépenses publiques d'éducation, constitue un canal important à travers lequel l'effet se matérialise. Outre l'investissement dans les infrastructures qui permettrait un meilleur accès aux services des TIC, le développement des capacités d'usage par l'éducation devrait être privilégié par ces pays pour optimiser le rendement des TIC en termes de croissance.

Mots-clés : Panel dynamique, TIC, Croissance économique, CEDEAO.

Les idées et opinions exprimées dans les textes publiés dans les actes de la CEID n'engagent que leurs auteurs et ne représentent pas nécessairement celles de l'UCAD ou de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité des auteurs.

I. Introduction

La présence des technologies de l'information et de la communication dans près que tous les domaines ont attiré l'attention de plusieurs chercheurs ces dernières décennies. L'évolution rapide de ces Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) est aperçue partout dans le monde, mais cela s'est beaucoup plus ressenti dans les pays développés plus particulièrement des pays de l'OCDE vers les années 80 avec le célèbre « paradoxe de la productivité » (ou paradoxe de Solow). Le phénomène de la globalisation et les échanges existant entre les pays ont permis à bon nombre de pays de bénéficier de ces nouvelles technologies.

Ces dernières décennies, l'utilisation des TIC se fait ressentir petit à petit en Afrique et a connu une croissance considérable dans plusieurs domaines. Mais l'identification de la plupart de ces phénomènes mettant la relation entre les TIC et la croissance économique de ces pays reste inconnue du fait de la coexistence des secteurs formel et informel dans l'économie.

En Afrique de l'Ouest, les pays de la CEDEAO ont fait des progrès remarquables dans l'utilisation des TIC pour que cela ait l'effet sur la croissance économique. Mais les investissements faits dans les infrastructures TIC de la plupart de ces pays sont souvent jugés faibles. Les statistiques de la *Global System for Mobile Communication Association* (GSMA) révèlent une croissance continue du nombre d'utilisateur de l'Internet mobile en Afrique de l'Ouest. En 2018, il n'existait que seulement 100 millions d'utilisateurs de l'Internet. Ce qui montre qu'il y a encore de nombreuses personnes qui sont numériquement exclues et estime qu'en 2025, l'Afrique de l'Ouest comptera 185 millions d'utilisateurs de l'Internet soit un taux de pénétration de 40% contre 26% en 2018. Les revenus et les investissements des opérateurs passeront de 68 milliards de dollars en 2018 à 85 milliards de dollars en 2023. Ce qui est d'ailleurs faible par rapport aux autres pays développés comme citer dans le rapport 2018 de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT). En effet selon le même rapport, au moins 25% de la population ont accès à l'Internet en Afrique subsaharienne contre 80% des Européens. Aujourd'hui, malgré la place qu'occupent les technologies de l'information et de la communication dans l'économie, les experts estiment que dans beaucoup de pays africains la contribution d'Internet pourrait atteindre 5 à 6% du PIB d'ici 2025.

La littérature subséquente s'est évertuée à montrer comment les TIC impactent la croissance. Par exemple, les travaux de Vu et al. (2020) ont recensé 208 articles académiques publiés entre 1991 et 2018 pour répondre la question « Qu'avons-nous appris de la littérature sur le lien TIC-Croissance ? » Ils identifient un certain nombre d'idées développées. Premièrement, l'ampleur de la contribution des TIC à la croissance et l'effet causal des TIC sur la productivité sont importants et ont tendance à augmenter avec le temps. Deuxièmement, l'existence d'une disparité importante entre les pays et les régions quant à l'utilisation des TIC pour la croissance. Troisièmement, les effets à long terme de l'investissement dans la transformation induite par les TIC sont bien plus importants que ses effets à court terme.

Dans les 208 articles passés en revue par Vu et al. (2020), ces derniers ont trouvé des résultats montrant le lien entre les TIC et la croissance économique selon les pays et les continents. Pour le continent africain, les auteurs trouvent des résultats différents sur le lien entre les TIC et la croissance. Pour Donou-Adonsou (2018), les TIC impactent la croissance économique pour les pays ayant un meilleur accès à l'éducation. Batuo (2015), trouve qu'il faut un investissement dans les TIC pour que se produise une croissance supplémentaire. Les auteurs comme Haftu (2018), Saidi et al. (2014), Cleeve et Yiheyis (2014), Chavula (2013) et Lee et al. (2012), pensent que l'impact des TIC à la croissance économique est dû à leurs pénétrations.

Parmi 208 articles publiés pour monter le lien TIC-Croissance, l'étude de Vu et al. (2020) n'a recensé que huit articles concernant l'Afrique. Cela montre bien une faible publication du continent dans le

domaine, bien que certains auteurs aient eu à publier dans le domaine qui peut-être ne semblent pas convaincre les auteurs ou ne sont pas publiés dans les journaux consultés par les auteurs. Pour cela, en espérant contribuer à ces études antérieures, ce travail de recherche examine comment les TIC affectent-elles la croissance économique des pays de la CEDEAO ? La réponse à cette question permettra aux décideurs politiques africains d'orienter leurs politiques d'investissement vers les infrastructures TIC pour permettre non seulement aux entreprises, mais aussi à la population d'avoir accès facilement aux services TIC pour leur permettre d'accroître leur productivité. Elle permettra aussi de mettre en place un environnement beaucoup plus stable à la concurrence en régularisant le secteur des TIC par des politiques communes à la sous-région.

Pour cela, l'objectif général de ce travail de recherche est d'analyser l'effet des TIC sur la croissance économique dans les pays membres de la CEDEAO. Il s'agit plus spécifiquement de mesurer l'effet de l'investissement dans les TIC sur la croissance économique des pays de la CEDEAO d'une part, et d'autre part d'identifier les canaux de transmission des TIC sur la croissance économique.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été formulées : l'accès des entreprises aux services TIC affecte positivement la croissance économique des pays de la CEDEAO et l'apprentissage, la diffusion de la technologie et l'innovation favorisent l'effet positif des TIC à la croissance des pays de la CEDEAO.

Pour ce faire, le modèle de panel dynamique avec la méthode d'estimation GMM-système en deux étapes a été utilisé, afin d'analyser l'effet des TIC sur la croissance économique à travers l'accès des entreprises aux services TIC qui est capté par un indice constitué de l'abonnement au téléphone fixe, de haut débit fixe et mobile et d'utilisateur d'Internet. L'indice TIC, l'abonnement à la téléphonie mobile et l'utilisateur d'Internet ont été pris comme les variables d'intérêt ; l'investissement, la qualité des institutions et l'éducation comme les variables de contrôles. L'utilisation de toutes ces variables nous a permis d'expliquer la variable dépendante, le produit intérieur brut par habitant comme proxy de la croissance économique de la zone CEDEAO.

Les résultats des estimations ont montré que, l'accès des entreprises aux services TIC sans une main-d'œuvre qualifiée impacte négativement sur la croissance économique de la sous-région. Les résultats montrent également que la variable interactive (dépenses publiques d'éducation et indice TIC) a un effet positif et significatif sur la croissance, la pénétration du téléphone mobile permet aussi une augmentation de la croissance économique. Par contre, l'estimation a montré que l'utilisation de l'Internet affecte positivement la croissance de la région, mais non significatif. Les variables investissement, éducation, qualité des institutions ont aussi impacté la croissance économique de la zone.

II. Revue de la littérature

Littérature théorique

Les études plus récentes sur le rôle de la technologie et la croissance économique, fait naître aujourd'hui le concept de « nouvelle économie ». Les partisans de la « nouvelle économie » ont trouvé un consensus sur le fait que quelque chose de fondamental a changé, désignant la technologie de l'information comme le facteur déterminant de ces bons résultats. Selon eux, la technologie modifie profondément la nature de l'activité économique, ce qui entraîne des changements permanent dans les comportements des entreprises. Mais le concept de « nouvelle économie » a fait l'objet de nombreuse controverse dans la littérature. Il s'agit du débat sur la contribution des TIC à la croissance économique avec le célèbre paradoxe de la productivité ou paradoxe de Solow (1987). Ces dernières décennies, plusieurs études ont proposé une série de nouvelles explications du paradoxe de Solow. La recherche dans le domaine peut être divisée en deux : l'un estime que l'investissement dans les TIC favorise la productivité des

entreprises et nie l'existence du paradoxe de Solow (Brynjolfsson et Hitt, 2000 ; Brynjolfsson et Hitt, 2003 ; Jorgeson et Stiroh, 1999 ; Oliner et Sichel, 2000), tandis que l'autre croit que le paradoxe de Solow est un caractéristique qui n'existait qu'aux premiers stades du développement des TIC, ou par ce que certains facteurs n'étaient pas réunis avant que le paradoxe de Solow ne se forme, affirmant ainsi l'existence du paradoxe de Solow (Acemoglu et al., 2014 ; Akerman et al., 2015 ; Brynjolfsson et al., 2017). Kijek et Kijek (2019) analysent le paradoxe de la productivité du point de vue de l'innovation et constatent que non seulement les innovations de procédé exercent un effet modérateur sur le lien entre les TIC et la productivité du travail.

Littérature empirique

L'analyse empirique liant les TIC et la croissance économique a fait l'objet de nombreuses réflexions du point de vue de la vérification du paradoxe de la productivité que du point de vue de son impact dans l'économie.

Différentes approches ont été utilisées par les auteurs pour montrer la contribution des investissements en TIC à la croissance. Ces approches peuvent être divisées en deux. Premièrement, les études qui utilisent les techniques de la comptabilité de la croissance pour estimer la contribution des investissements en TIC à la croissance du PIB. Par exemple, on peut citer les travaux empiriques de Jorgenson et Stiroh (2000) qui ont abouti à la conclusion après vérification du paradoxe de Solow à une contribution remarquable de la productivité totale des facteurs et l'effet de substitution à la croissance américaine. Deuxièmement, les études qui utilisent des techniques de régression entre pays pour évaluer les effets des TIC sur la croissance économique. Dans ce cas, on peut prendre l'exemple de Röller et Waverman (2001), en estimant conjointement un micromodèle pour les investissements en télécommunication avec une fonction de production macro et en utilisant les données de 21 pays de l'OCDE sur la période de 20 ans pour examiner les impacts que les développements des télécommunications ont pu avoir.

Certaines études ont trouvé des preuves peu concluantes de l'effet de la croissance des investissements dans les TIC. Il s'agit de l'étude de Pohjola (2002) qui constate que si l'utilisation des technologies de l'information et de la communication semble avoir eu un impact substantiel sur les performances de l'économie américaine, les preuves pour les autres pays sont beaucoup plus faibles. Il examine les données d'échantillon de 43 pays sur la période de 1985-1999 et n'a trouvé aucune corrélation significative entre les investissements en TIC et la croissance économique.

Par exemple, Chavula (2013), tombe sur des résultats globaux indiquant que les lignes téléphoniques principales et téléphonie mobile ont un impact significatif sur le niveau de vie des populations en Afrique, tandis que l'utilisation d'Internet ne contribue pas à la croissance économique. Mais après classification de ces pays en trois groupes, selon les critères de la banque mondiale de 2008. Les résultats montrent que la téléphonie fixe, la téléphonie mobile et l'utilisation d'Internet ont un impact significatif sur la croissance des pays à revenu moyen supérieur, tandis que seule la pénétration de la téléphonie mobile a un impact significatif sur la croissance dans les pays à revenu faible supérieur et faible revenu.

En outre, Batuo (2015) dans son travail portant sur le rôle des infrastructures de télécommunications dans la croissance économique régionale de l'Afrique aboutit aux résultats montrant que l'investissement dans les télécommunications est soumis à des rendements croissants, démontrant qu'une augmentation de l'investissement dans les TIC produit une croissance supplémentaire.

De surcroît, Haftu (2018), en utilisant le système GMM robuste à deux étapes des données de panel de 40 pays de l'Afrique Sub-saharienne sur la période 2006-2015, aboutit aux résultats qui montrent que la croissance de la pénétration du téléphone mobile a contribué de manière significative au PIB par habitant de la région après avoir contrôlé un certain nombre d'autres variables. Mais que l'Internet n'a pas contribué au PIB par habitant au cours de la période étudiée.

Cependant, Donou-Adonsou (2018), trouve des résultats indiquant que les pays ayant un meilleur accès à l'éducation, Internet contribue à la croissance économique, alors que les téléphones mobiles ne semblent pas le faire. En utilisant l'estimateur GMM efficace réalisable en deux étapes à effet fixe d'un panel de 45 pays d'Afrique sub-saharienne de 1993 à 2015.

De même, Appiah-Otoo et Song (2021), en utilisant un panel de 123 pays composé des pays à revenu élevé, à revenu intermédiaire et à faible revenu de 2002 à 2017 et en construisant l'indice de TIC à partir de la téléphonie mobile, de l'Internet et du haut débit fixe, ont constaté qu'en général les TIC augmentent la croissance économique dans les deux pays, mais que les pays pauvres ont tendance à profiter davantage de la révolution des TIC.

III. Méthodologie et données

Dans cette partie, nous aborderons la démarche méthodologique qui consistera à étudier l'effet des TIC sur la croissance des pays de la zone CEDEAO. Cette démarche économétrique est fondée sur une forme augmentée du modèle de panel dynamique standard. De nombreuses relations économiques sont de nature dynamique et l'un des avantages des données de panel est qu'elles permettent au chercheur de mieux comprendre la dynamique de l'ajustement. Le modèle de panel dynamique est un modèle comportant la variable dépendante retardée parmi les variables explicatives. En raison de la présence de la variable retardée dans les variables explicatives, les estimateurs usuels tels que MCO, Within, Between etc. sont biaisés et non convergents. Pour estimer les paramètres d'un tel modèle, on dispose de l'estimateur des moments généralisés. Cette méthode d'estimation utilisée dans la littérature depuis les travaux de Balestra et Nerlove (1966), Baltagi et Levin (1986), Holtz-Eakin, Neway et Rosen (1988), et ensuite par Arellano et Bond (1991). Arellano et Bover (1998) et Blundel et Bond (1998) ont développé une autre méthode d'estimation jugée supérieure aux autres.

Compte tenu de la non-disponibilité des données pour la filière informatique et la filière électronique, notre étude ne concernera que la filière télécommunication. Comme la plupart des auteurs, pour montrer l'effet des TIC sur la croissance, ont utilisé différentes approches des données de panel. On peut citer entre autres, Batuo (2015), Huftu (2018) et, Danou-Adonsou (2018) qui ont utilisé les méthodes d'estimation en panel. Après la présentation du modèle empirique, nous exposons la technique d'estimations retenues dans cette recherche ainsi que les données et leurs sources.

Spécification et estimation du modèle

Dans le but de montrer l'effet des TIC sur la croissance économique dans la CEDEAO, le modèle de référence de notre étude est inspiré du modèle de Solow (1957). Dans son article intitulé « Technical Change and the Aggregate Production Function ». Solow montre que sans la productivité technique, l'accumulation du capital finit par subir les rendements décroissants. Mais selon lui, le progrès technique implique une amélioration continue de la technologie qui permet d'éliminer l'effet des rendements décroissants en renforçant la productivité du travail. Ce qui conduit alors une croissance par habitant dans le modèle avec un progrès technique.

Pour cela, nous allons commencer par spécifier une fonction de production Cobb-Douglas homogène et linéaire de la forme suivante :

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\gamma} \quad ; \quad \text{avec} \quad \gamma = 1 - \alpha \quad (1)$$

Les quantités des facteurs K et L représentent respectivement le capital et le travail utilisées dans le processus de production pour déterminer la quantité d'output Y selon les valeurs données de A , α et γ ; α et γ qui représentent respectivement les rémunérations du capital et du travail et la productivité totale des facteurs.

Cette productivité totale des facteurs sera captée par le stock de capital TIC conformément à la littérature, puisque la relation entre les TIC et la croissance est liée au rythme de leur variabilité et de leur imprévisibilité. Ainsi, nous exprimons A comme suit :

$$A_{it} = D_i K T I C_{it}^{\theta} \quad (2)$$

Avec $K T I C$, qui représente le stock de capital de l'ensemble des variables TIC et D , le terme constant.

En substituant l'équation (2) dans l'équation (1), nous obtenons l'équation (3) suivante :

$$Y_{it} = D_i K T I C_{it}^{\theta} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\gamma} \quad (3)$$

En linéarisant la fonction par l'opérateur logarithme, l'équation (3) devient :

$$\ln Y_{it} = \ln D_i + \theta \ln K T I C_{it} + \gamma \ln L_{it} + \alpha \ln K_{it} \quad (4)$$

L'équation standard de la croissance est obtenue en dérivant notre équation (4) par rapport au temps, et nous obtenons l'équation suivante :

$$y_{it} = d_i + \theta k t i c_{it} + \gamma l_{it} + \alpha k_{it} + \eta_i + v_i + \mu_{it} \quad (5)$$

Où $y, k t i c, l, et k$ représentent respectivement le taux croissance du PIB, du stock de capital TIC, du nombre de travailleurs et du stock de capital ; d est une constante ; $\theta, \gamma, et \alpha$ représentent les coefficients d'élasticités. Les termes $\eta_i, v_i et \mu_{it}$ représentent respectivement l'effet spécifique individuel, l'effet spécifique temporel et le terme d'erreur.

Partant de l'équation (5), nous allons écrire le modèle empirique en se référant aux travaux de Vu (2011), Donou-Adonsou (2018) et Appiah-Otoo et Song (2021) qui ont utilisé certaines de ces variables suivantes : PIB par habitant comme proxy de la croissance économique, l'investissement, le taux brut de scolarisation secondaire, Etat de droit pour capter la qualité institutionnelle d'un pays, Internet et l'abonnements cellulaire mobile et l'indice TIC.

Compte tenu de l'effet de dynamisme présent dans l'étude des phénomènes de croissance et la caractéristique de l'investissement à long terme dans les équipements TIC. Le modèle de panel dynamique sera utilisé dans la spécification de notre modèle empirique pour prendre en compte à la fois du caractère de court terme et de long terme pour montrer l'effet TIC sur la croissance.

Pour réduire l'hétéroscédasticité, nous appliquons le logarithme noté \ln sur les variables. Et les modèles à estimer s'écrivent comme suit :

Dans la première équation, nous ne prendrons en compte que l'indice synthétique des TIC (6) et dans la seconde, nous ajouterons la variable interactive et les variables désagrégées des TIC (7).

$$\ln PIBH_{it} = \delta \ln PIBH_{it-1} + \beta_1 \ln Inv_{it} + \beta_2 Edu_{it} + \beta_3 Inst_{it} + \beta_4 TIC_{it} + \beta_5 Edu * TIC_{it} + \alpha_i + \mu_{it} \quad (6)$$

$$\ln PIBH_{it} = \delta \ln PIBH_{it-1} + \beta_1 \ln Inv_{it} + \beta_2 Inst_{it} + \beta_3 \ln Internet_{it} + \beta_4 Edu * Internet_{it} + \beta_5 \ln Telemob_{it} + \beta_6 Edu * Telemob_{it} + \alpha_i + \mu_{it} \quad (7)$$

PIBH_{it} : le produit intérieur brut par habitant du pays i à la date t , **Inv_{it}** : investissement, **Edu_{it}** : éducation, **Inst_{it}** : indice « État de droit », **Internet_{it}** : Internet, **Telemob_{it}** : téléphone mobile, α_i : l'effet spécifique individuel et μ_{it} : le terme d'erreur de l'équation.

TIC_{it} : est un indice composé de l'abonnement au téléphone fixe, haut débit fixe mobile et de l'utilisateur d'Internet qui est obtenu en utilisant une analyse en composantes principales (ACP). Cet indice nous permettra de capter l'investissement fait par les entreprises dans l'accès aux services TIC, mais aussi de voir son effet sur la croissance.

Edu*TIC_{it} : est une variable interactive, elle permettra de voir la situation dans laquelle l'influence simultanée des dépenses publiques d'éducation et les TIC sur la croissance économique. Elle est obtenue en multipliant les dépenses publiques d'éducation et l'indice composite des TIC.

Edu*Internet_{it} : est une variable interactive, elle permettra de voir la situation dans laquelle l'influence simultanée des dépenses publiques d'éducation et l'utilisation de l'internet sur la croissance économique. Elle est obtenue en multipliant les dépenses publiques d'éducation et l'utilisateur de l'Internet.

Edu*Telemob_{it} : est une variable interactive, elle permettra de voir la situation dans laquelle l'influence simultanée des dépenses publiques d'éducation et l'abonnement à la téléphonie mobile sur la croissance économique. Elle est obtenue en multipliant les dépenses publiques d'éducation et le téléphone mobile.

➤ Exposition de la technique d'estimation

Nous mobilisons dans ce travail, une technique d'estimation GMM en panel dynamique. On utilise la méthode GMM en panel dynamique par ce qu'elle permet d'apporter des solutions aux problèmes d'endogénéité, notamment les biais de simultanéité, de causalité inverse et des variables omises. Cette méthode permet à la fois de contrôler les effets spécifiques individuels et temporels et de pallier aux biais d'endogénéité des variables surtout lorsqu'il existe un ou plusieurs retards de la variable dépendante figurant comme variable explicative. Elle permet aussi de capter à fois les effets de court et de long terme.

$$\begin{cases} \Delta Y_{t-1} = Y_{t-2} - Y_{t-1} \\ Y_t = Y_{t-1}; Y_{t-(n-1)} = Y_{t-n} \end{cases} \begin{array}{l} \text{Equations en différences} \\ \text{Equations en niveaux} \end{array}$$

Pour cela, deux types d'estimateur GMM en panel dynamique existent : l'estimateur GMM en différences premières d'Arellano et Bond (1991) et l'estimateur GMM en système d'Arellano et Bover (1998) et Blundel et Bond (1998). L'estimateur GMM en système constitue une amélioration importante de l'estimateur GMM en différence première, car il présente un biais plus faible et une efficacité plus élevée. Roodman (2009), souligne que l'estimateur GMM en système ainsi que l'estimateur GMM en différence première, conviennent pour estimer l'équation en raison de leurs caractéristiques souhaitables suivantes : premièrement, les estimateurs Arellano et Bond GMM sont conçus pour l'analyse de panel dans des situations de « grand N » et « petit T », dans lesquelles la corrélation entre les variables dépendantes retardées et le terme d'erreur peut être significative ; deuxièmement, comme d'autres estimateurs de panel à effets fixes, les estimateurs d'Arellano et Bond considèrent la présence d'effets fixes individuels, ce qui est important pour éviter le biais de la variable omise ; troisièmement, le terme d'erreur peut présenter des modèles d'hétéroscédasticité et de corrélation sérielle à chaque individus ; quatrièmement, certains régresseurs sont autorisés à être endogènes dans ces modèles et les techniques permettent d'utiliser uniquement des instruments « internes », qui sont des retards des variables instrumentées.

$$\begin{cases} X_{(t-n)} - X_{(t(n-1))} \\ X_{(t-n)} \end{cases} \begin{array}{l} \text{Instruments en différences} \\ \text{Instruments en niveaux} \end{array}$$

La cohérence de la méthode d'estimation GMM dépend de la validité de ces instruments internes et externes. Cette validité des instruments elle-même est analysée à travers deux tests de spécification : premièrement, le test des restrictions de sur-identification (test de Hansen et test en différence de Sargan), qui vérifie l'hypothèse nulle selon laquelle les instruments ne sont pas corrélés avec les résidus estimés. Le non-rejet de l'hypothèse nulle confirme le modèle. Deuxièmement, le test d'Arellano et Bond d'autocorrélation sérielle des résidus, où l'hypothèse nulle est que les résidus estimés des régressions en différences ne révèlent aucune corrélation sérielle de second ordre. Dans ce cas le non-rejet de l'hypothèse nulle au niveau AR (2) confirme le modèle.

➤ Présentation des données

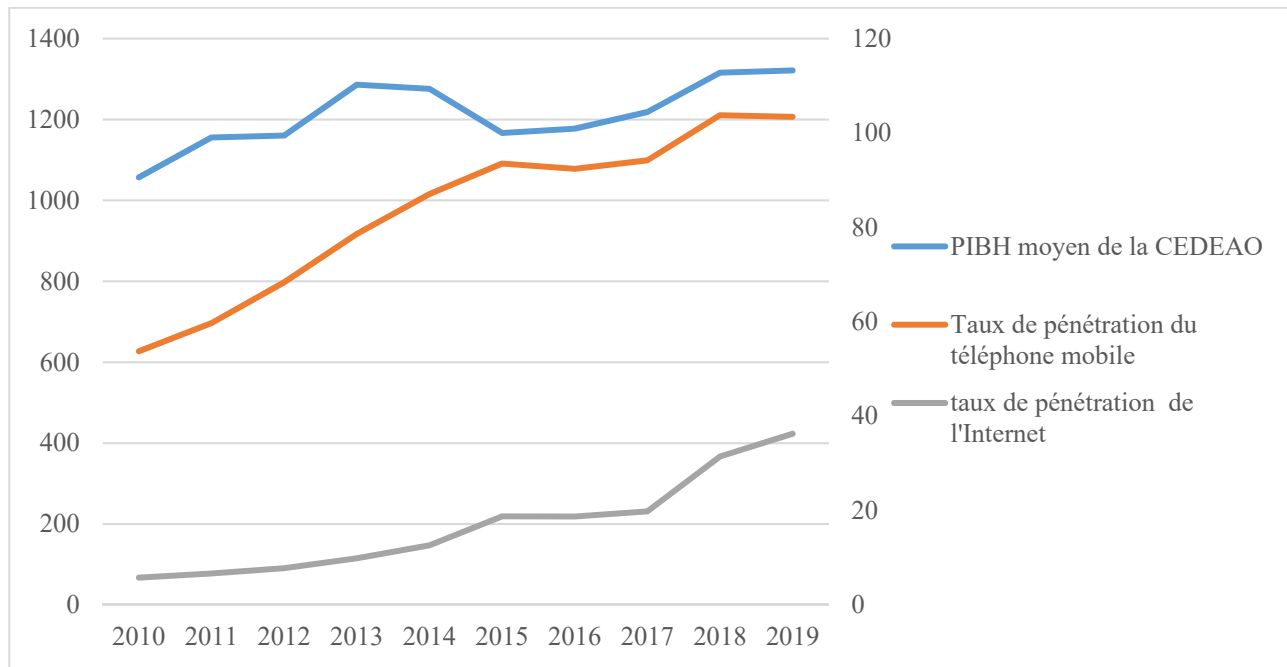
Les données utilisées pour l'estimation du modèle proviennent de la base des données de la banque mondiale WDI (World Development Indicators, 2020), WGI (World Government Indicators, 2020), de ISU (Institut de Statistique de l'UNESCO, 2020) et de l'union internationale des télécommunications (UIT) couvrant la période allant de 2010 à 2019 pour les 15 pays de la CEDEAO.

Pour ce qui concerne l'indice TIC, il est obtenu à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) des variables l'abonnement au téléphone fixe, Internet, haut débit fixe mobile. Les résultats indiquent que les deux premières composantes expliquent à 95,38% la variance totale, ce qui sera retenu pour le calcul de l'indice TIC. Elle est introduite dans le modèle pour capter l'investissement fait par les entreprises dans les services TIC à savoir l'abonnement au téléphone fixe, l'Internet, mais aussi le haut débit fixe et mobile. Le Tableau 1 représente les variables, leur code, leur définition et leur unité de mesure.

Tableau 1 : Définition et Spécification des variables

Variable	Code	Définition	Unité de mesure
Croissance économique	lnPibh	PIB par habitant	US\$
Investissement	lnInv	Formation brute de capital fixe	US\$
Education	Edu	Dépense publique d'éducation	Pourcentage du PIB
Qualité des Institutions	Inst	Etat de droit	Indice
TIC	TIC	Composé de téléphone fixe, haut débit fixe et mobile et l'Internet	Indice
Edu*TIC	EduTic	Variable interactive construit en multipliant dépense publique d'éducation et indice TIC	
Internet	lnInternet	Utilisateur d'Internet	Pourcentage de la population
Mobile	lnTelemob	Abonnement au téléphone cellulaire mobile	Pour 100 personnes

Le graphique 1 montre l'évolution du PIB par habitant moyen, du taux de pénétration de l'Internet et du téléphone mobile dans la zone CEDEAO de 2010 à 2019.

Graphique 1 : Evolution du PIBH moyen, du taux de pénétration de l'Internet et du téléphone mobile dans la zone CEDEAO

Source : Calcul de l'auteur à partir des données WDI et UIT, 2020.

Résultats et discussions

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats de notre estimation avec la méthode GMM-système en deux étapes des équations (6) et (7). La première équation (6) hormis les variables de contrôles ne prend en compte que l'indice composite des TIC (téléphone fixe, haut débit fixe et mobile et l'Internet) pour voir leurs effets sur la croissance de la zone CEDEAO et dans la deuxième équation (7), nous prenons la variable interactive (éducation*indice TIC) et l'abonnement à la téléphonie mobile et l'utilisateur d'Internet pour identifier les canaux de transmission des TIC à la croissance économique.

Tableau 2 : Résultats des estimations du modèle (6) et (7) par la méthode GMM-Système en deux étapes

	Coefficients			
<i>PIB par habitant (-1)</i>	0,468**	0,682***	0,784***	0,539***
	(0,17)	(0,08)	(0,06)	(0,17)
<i>Formation brute de capital fixe</i>	0,156***	0,090*	0,051*	0,160*
	(0,02)	(0,05)	(0,03)	(0,08)
<i>État de Droit</i>	-0,410**	-0,292	-0,101	-0,680***
	(0,15)	(0,21)	(0,09)	(0,21)
<i>Dépenses publiques d'éducation</i>	-0,042**	0,081***	0,027***	0,068
	(0,01)	(0,03)	(0,01)	(0,06)
<i>TIC</i>	0,390***	-0,512*		
	(0,13)	(0,26)		
<i>Edu*TIC</i>		0,130**		
		(0,06)		

	Coefficients			
<i>Internet</i>			0,001	0,008
			(0,01)	(0,03)
<i>Edu*Internet</i>				-0,001
				(0,002)
<i>Téléphone mobile</i>			0,043**	0,071*
			(0,02)	(0,03)
<i>Edu*Téléphone mobile</i>				0,002
				(0,001)
<i>Constant</i>	0,242	-0,248	0,105	-1,133
	(0,98)	(1,07)	(0,38)	(1,47)
<i>AR (1) (p-value)</i>	0,050	0,018	0,022	0,025
<i>AR (2) (p-value)</i>	0,762	0,448	0,632	0,792
<i>Hansen (p-value)</i>	0,280	0,159	0,320	0,133
<i>Nombre d'Observation</i>	126	126	126	126

Notes : La variable expliquée est le produit intérieur brut par habitant (en logarithme). Les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types. La significativité à 1% est représentée par ***; à 5% ** et à 10% *.

AR (1) et AR (2) fournissent les statistiques pour le test de corrélation en série. Le test de Hansen est le test de sur-identification des restrictions pour les variables instrumentales. Les valeurs entre parenthèses correspondantes pour ces tests de spécifications sont des valeurs p .

Deux tests seront effectués à ce niveau, il s'agit du test de validation des instruments de Sargan et Hansen et du test d'autocorrélation d'Arellano et Bond où l'hypothèse nulle est l'absence d'autocorrélation de premier ou de second ordre des erreurs de l'équation en différence.

Nos résultats montrent que le test de sur-identification de Hansen ($\text{prob} > 5\%$) ne permet pas de rejeter l'hypothèse de validité des variables retardées en niveau et en différence comme instruments. Et le test d'autocorrélation des erreurs d'Arellano et Bond ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'absence d'autocorrélation de second ordre AR (2). Donc, on peut en conclure que nos instruments sont de bonne qualité et les erreurs sont indépendantes entre elles.

Le tableau ci-dessous nous permettra de voir les effets de court et de long terme de variables utilisées dans les estimations.

Tableau 3 : Effets de court et long terme des variables des deux équations

Variables	Avec l'indice synthétique TIC				Sans l'indice synthétique TIC			
	Court terme		Long terme		Court terme		Long terme	
<i>TIC</i>	0,390	-0,512	0,733	-1,610	-	-	-	-
<i>Edu*TIC</i>	-	0,130	-	0,409	-	-	-	-
<i>Edu</i>	-0,042	0,081	-0,079	0,255	0,027	0,068	0,125	0,147
<i>Lninv</i>	0,156	0,090	0,282	0,283	0,051	0,160	0,236	0,347

Variables	Avec l'indice synthétique TIC				Sans l'indice synthétique TIC			
	Court terme		Long terme		Court terme		Long terme	
<i>Inst</i>	-0,410	-0,292	-0,771	-0,918	-0,101	-0,680	-0,467	-1,475
<i>Lninternet</i>	-	-	-	-	0,001	0,008	0,005	0,017
<i>Lntelemob</i>	-	-	-	-	0,043	0,071	0,199	0,154
<i>Edu*Internet</i>	-	-	-	-	-	-0,001	-	-0,002
<i>Edu*telemob</i>	-	-	-	-	-	0,002	-	0,004

Il ressort des résultats suivants après estimation du modèle avec la méthode GMM-Système en deux étapes. Dans la première estimation sans la variable interactive, nous constatons que le coefficient associé à l'indice des TIC est positif et significatif au seuil de 1% aussi bien à court qu'à long terme. En court terme, une augmentation de 10% de TIC entraîne une augmentation de 3,9% de la croissance économique de la CEDEAO. Cet effet des TIC sur la croissance va augmenter sur le long terme jusqu'à atteindre 7,33%. Mais après l'intégration de la variable interactive dans l'estimation, nous constatons que ce coefficient associé à l'indice des TIC est revenu négatif et significatif au seuil de 10% aussi bien à court qu'à long terme. Cela peut être expliqué par le fait que, la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest sont confrontés à une main-d'œuvre non qualifiée sur le domaine des TIC. Par contre, le coefficient associé à la variable interactive (indice TIC et les dépenses publiques d'éducation) est revenu positif et significatif au seuil de 5%. Une augmentation de 10% de l'interaction entre les TIC et les dépenses publiques d'éducation entraîne une augmentation de 1,3% de la croissance économique de la CEDEAO. Cela va jusqu'à atteindre 4,09% sur le long terme. Ainsi, ce résultat montre bien que l'éducation constitue un moyen important pour que les TIC puissent affecter la croissance. Le savoir-faire (la qualification) permet aux entreprises de tirer profit de leurs investissements. Cette variable nous permettant de voir les canaux de transmission des TIC sur la croissance économique, montre que l'effet des TIC sur la croissance n'est pas directe. Il faut donc une éducation pour que se matérialise cet effet. Le coefficient lié à la téléphonie mobile est positif et significatif au seuil de 10%. Une augmentation de 10% de la pénétration du téléphone mobile entraîne une augmentation de la croissance économique de la CEDEAO de 0,07 point de pourcentage à court terme et cela atteindra à long terme 0,154 point de pourcentage. Par contre, le coefficient lié à l'Internet est positif, mais non significatif à court et long terme. L'étude de la GSMA (2019) montre que le taux de pénétration du téléphone mobile en Afrique de l'Ouest était de 48% en 2018 et qui atteindra 54% en 2025. Notre étude vient juste confirmer ce phénomène de diffusion rapide de l'abonnement au téléphone mobile qui contribue positivement et significativement à la croissance économique de la zone CEDEAO. De même, Haftu (2018) a trouvé les semblables aux nôtres, dans la mesure où la pénétration du téléphone mobile a contribué de manière significative au PIB par habitant alors que l'Internet n'a pas contribué au PIB par habitant. Cependant ce travail de recherche reste contradictoire à l'étude de Donou-Adonsou (2018), qui a trouvé que les pays ayant un meilleur accès à l'éducation, Internet contribue à la croissance économique, alors que les téléphones mobiles ne semblent pas le faire. Les interactions entre les dépenses publiques d'éducation, l'Internet et les téléphones mobiles sont revenues non significatives. Cela peut être expliqué par le fait que l'utilisation d'Internet ou la manipulation des téléphones mobiles ne nécessitent pas de connaissance approfondie de nos jours.

Les résultats montrent aussi que le coefficient lié à l'investissement est positif et significatif à court et long terme dans les deux équations, ce qui montre que la zone CEDEAO a consenti des efforts importants dans les investissements pour que cela affecte la croissance économique. Pour ce qui est des dépenses publiques d'éducation, son coefficient est positif et significatif à court et long terme. Cela montre bien

l'effort fourni par les pays membres de la CEDEAO pour avoir une éducation de qualité ou avoir un bon système éducatif. La variable qualité des institutions a un effet négatif de court et de long terme sur la croissance économique dans la zone CEDEAO. Cela peut être expliqué par la faiblesse de nos institutions. La plupart des pays membres de la CEDEAO sont soit impactés par des coups d'État répétitifs, ce qui affaiblit les institutions, ou soit par l'intimidation des opposants qui finit par causer des soulèvements populaires. Ces phénomènes vont à l'encontre du pays où l'État de droit est respecté, c'est pour cela que les scores de la qualité des institutions sont souvent négatifs dans beaucoup de pays de la région.

IV. Conclusion

Le développement des TIC offre des perspectives de croissance relativement importantes pour les pays de la zone. En particulier, un accès aux services TIC pourra permettre aux entreprises d'améliorer leur structure de production et d'être plus efficaces sur le marché, et cette efficacité globale est à la base de la dynamique de croissance des économies. Considérée comme l'indicateur des TIC le plus influent en Afrique de l'Ouest, la téléphonie mobile est ainsi amenée à jouer un rôle plus important dans la vie des personnes et des activités économiques, notamment à travers un niveau d'éducation élevée qui est un indicatif d'un capital humain en phase avec le maniement optimal des techniques associées aux TIC. Au terme de notre investigation, les implications de politiques économiques suivantes seront reformulées en vue d'aider les décideurs politiques à améliorer les insuffisances au niveau des services TIC du fait de l'effet positif des TIC à travers les dépenses publiques d'éducation sur la croissance économique de la CEDEAO. La mise en place une politique de stimulation des investissements dans les secteurs des TIC, mais aussi d'augmenter davantage les dépenses publiques d'éducation puisqu'elles constituent un canal important pour tirer profit des investissements en TIC.

Références

- Acemoglu, D., Dorn, D., Hanson, G. H., Price, B. 2014. « Return of the Solow paradox ? IT, productivity, and employment in US manufacturing ». *American Economic Review*, 104(5), 394-99.
- Aghion, P., Ljungqvist, L., Howitt, P., Howitt, P. W., Brant-Collett, M., García-Peñalosa, C. 1998. « *Endogenous growth theory* ». MIT press.
- Akerman, A., Gaarder, I., Mogstad, M. 2015. « The skill complementarity of broadband internet ». *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4), 1781-1824.
- Appiah-Otoo, I., Song, N. 2021. « The impact of ICT on economic growth-Comparing rich and poor countries. *Telecommunications Policy*, 45(2), 102082.
- Arellano, M., 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(2), 277-297.
- Arellano, M., Bentolila, S., Bover, O. 1998. « Unemployment Duration, Benefit Duration and the Business Cycle (No. 1840) ». CEPR Discussion Papers.
- Balestra, P., Nerlove, M. 1966. « Pooling cross section and time series data in the estimation of a dynamic model: The demand for natural gas ». *Econometrica: Journal of the econometric society*, 585-612.
- Baltagi, B. H., Levin, D. 1986. « Estimating dynamic demand for cigarettes using panel data: the effects of bootlegging, taxation and advertising reconsidered ». *The Review of Economics and Statistics*, 148-155.

Baltagi, B. H., Feng, Q., Kao, C. 2012. « A Lagrange Multiplier test for cross-sectional dependence in a fixed effects panel data model ». *Journal of Econometrics*, 170(1), 164-177.

Batuo, M.E. 2015. « The Role of Telecommunications Infrastructure In The Regional Economic Growth of Africa ». *The Journal of Developing Areas*, vol. 49, no. 1, pp. 313-330.

Blundell, R., Bond, S. 1998. « Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models ». *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.

Bollou, F., Ngwenyama, O. 2008. « Are ICT investments paying off in Africa? An analysis of total factor productivity in six West African countries from 1995 to 2020 ». *Information Technology for Development*, vol. 14, no. 4, pp. 294-307.

Breusch, T. S., Pagan, A. R. 1980. « The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics ». *The review of economic studies*, 47(1), 239-253.

Brynjolfsson, E., Hitt, L. 1995. « Information Technology As A Factor Of Production: The Role Of Differences Among Firms ». *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, no. 3-4, pp. 183-200.

Brynjolfsson, E., Hitt, L. M. 2000. « Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance ». *Journal of Economic perspectives*, 14(4), 23-48.

Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, C. 2019. « Artificial intelligence and the modern productivity paradox ». *The economics of artificial intelligence: An agenda*, 23.

Castells, M. 1998. « L'ère de l'information »: « La société en réseaux »; vol. 2: « Le pouvoir de l'identité »; vol. 3: *Fin de millénaire*. Fayard.

Ceccobelli, M., Gitto, S., Mancuso, P. 2012. « Capital and labour productivity growth: A non-parametric analysis of 14 OECD countries ». *Telecommunications Policy*, 36(4), 282-292.

Chavula, H.K. 2013. « Telecommunications development and economic growth in Africa ». *Information Technology for Development*, vol. 19, no. 1, pp. 5-23.

Chiapello, E., Boltanski, L. 1999. « Le nouvel esprit du capitalisme (No. hal-00680085) ».

Cleeve, E., Yiheyis, Z. 2014. « Mobile Telephony and Economic Growth in Africa ». *Thunderbird International Business Review*, vol. 56, no. 6, pp. 547-562.

Colecchia, A., Schreyer, P. 2002. « La contribution des technologies de l'information et des communications a la croissance économique dans neuf pays de l'OCDE ». *Revue économique de l'OCDE*, (1), 165-186.

Courtheoux, J. P. 1963. « Progrès Technique Et Répartition Chez Les Économistes Classiques: La diffusion des gains de productivité ». *Revue d'histoire économique et sociale*, 41(4), 471-502.

Dieuzeide, H. 1994. « Les nouvelles technologies: outils d'enseignement ». Paris: Nathan.

Donou-Adonsou, F. 2018. « Technology, education, and economic growth in Sub-Saharan Africa ». *Telecommunications Policy*.

Haftu, G.G. 2018. « Information communications technology and economic growth in Sub-Saharan Africa: A panel data approach ». *Telecommunications Policy*.

Holtz-Eakin, D., Newey, W., Rosen, H. S. 1988. « Estimating vector autoregressions with panel data ». *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1371-1395.

Hurlin, C., Mignon, V. 2005. « Une synthèse des tests de racine unitaire sur données de panel ». *Economie prevision*, (3), 253-294.

Hsiao, C. 1985. « Benefits and limitations of panel data ». *Econometric reviews*, 4(1), 121-174.

Jorgenson, D., Vu, K. M. 2016. « The ICT revolution, world economic growth, and policy issues ». *Telecommunications Policy* (2016).

Jorgenson, D.W., Stiroh, K.J. 2000. « Raising the speed limit: US economic growth in the information age ». *Brookings Papers on Economic Activity* 2000 (1), 125–235.

Jorgenson, D. 2001. « Information technology and the G7 economies ». *World Economics*, 4(4), 139–169.

Kijek, T., Kijek, A. 2019. « Is innovation the key to solving the productivity paradox? ». *Journal of Innovation and Knowledge*, 4(4), 219-225.

Kuznets, S., Murphy, J. T. 1966. « *Modern economic growth: Rate, structure, and spread* (Vol. 2) ». New Haven: Yale University Press.

Levin, A., Lin, C. F., Chu, C. S. J. 2002. « Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties ». *Journal of econometrics*, 108(1), 1-24.

Lee, S. H., Levendis, J., Gutierrez, L. 2012. « Telecommunications and economic growth: An empirical analysis of sub-Saharan Africa ». *Applied economics*, 44(4), 461-469.

Lucas Jr, R. E. 1988. « On the mechanics of economic development ». *Journal of monetary economics*, 22(1), 3-42.

Maddala, G. S., Wu, S. 1999. « A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test ». *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 631-652.

Oliner, S.D., Sichel, D.E. 2000. « The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story? ». *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, no. 4, pp. 3–22.

Pesaran, M. H., Schuermann, T., Weiner, S. M. 2004. « Modeling regional interdependencies using a global error-correcting macroeconometric model ». *Journal of Business & Economic Statistics*, 22(2), 129-162.

Pohjola, M. 2002. « The new economy in growth and development ». *Oxford Review of Economic Policy*, 18(3), 380–396.

Rifkin, J. 2000. « L'âge de l'accès: survivre à l'hypercapitalisme ».

Röller, L., Waverman, L. 2001. « Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach ». *The American Economic Review*, vol. 91, no. 4, pp. 909–923.

Romer, P. M. 1990. « Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.

Romer, P. 1993. « Idea gaps and object gaps in economic development ». *Journal of monetary economics*, 32(3), 543-573.

Roodman, D. 2009. « How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata ». *The stata journal*, 9(1), 86-136.

Saidi, K., Hassen, L. B., Hammami, M. S. 2015. « Econometric analysis of the relationship between ICT and economic growth in Tunisia ». *Journal of the Knowledge Economy*, 6(4), 1191-1206.

Sala-i-Martin, X. X., Barro, R. J. 1995. « Technological diffusion, convergence, and growth (No. 735) ». *Center Discussion Paper*.

Sanga, D., Sebego, M. 2018. « Croissance économique dans la zone de la Communauté économique des États de l’Afrique de l’Ouest: soutenabilité, durabilité et inclusivité. *Africa Development*, 43(2), 1-34.

Sarafidis, V., Robertson, D. 2009. « On the impact of error cross-sectional dependence in short dynamic panel estimation ». *The Econometrics Journal*, 12(1), 62-81.

Solow, R. M. 1956. « A contribution to the theory of economic growth ». *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.

Vu, K. M. 2011. « ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996–2005 period ». *Telecommunications Policy*, 35(4), 357-372.

Vu, K., Hanafizadeh, P., Bohlin, E. 2020. « ICT as a driver of economic growth: A survey of the literature and directions for future research ». *Telecommunications Policy*, 44(2), 101922.