

Développement des infrastructures de télécommunication et croissance économique dans les pays de l'UEMOA: une analyse de la causalité sur données de panel à partir d'un VECM

Eudoxie Bessan*
Christian Ayédoun**

Résumé : Cet article examine les liens entre le développement des infrastructures de télécommunications, la croissance économique, et trois indicateurs clés du fonctionnement d'une économie moderne: les taux d'urbanisation, les investissements étrangers directs entrants, et l'ouverture commerciale. L'étude porte sur les pays de l'UEMOA sur la période 2000-2016. Nous utilisons le modèle vectoriel autorégressif à correction d'erreur (VECM) pour détecter la causalité de Granger. Nous trouvons une relation causale à long terme entre ces variables, et une causalité unidirectionnelle entre le développement des infrastructures de télécommunications et la croissance économique à court terme. Avec une grande marge de croissance potentielle des infrastructures de télécommunications, les gouvernements des pays de l'UEMOA devraient encourager fortement les politiques visant à élargir l'accès et à réduire les coûts, particulièrement en ce qui concerne l'internet et les services de téléphones mobiles.

Mots clés : Infrastructures de télécommunication, croissance économique, UEMOA, VECM en panel, causalité de Granger.

JEL: O330, C190, O55

Telecommunication infrastructure development and economic growth in WAEMU countries: a causality panel analysis from a VECM

Abstract: This article examines the links between telecommunication infrastructure development, economic growth, and three key indicators of the functioning of a modern economy: urbanization rates, incoming foreign direct investment, and trade openness. The study covers the WAEMU countries over the period 2000-2016. We use the autoregressive vector error correction (VECM) model to detect Granger causality. We find a causal relationship between these variables at long run, and a unidirectional causality between the development of telecommunication infrastructures and the economic growth at short run. With a large margin of potential growth of telecommunications infrastructures, WAEMU governments should strongly encourage policies to expand access and reduce costs, especially regarding to the internet and telephone services mobile.

Key words: Telecommunication infrastructure, economic growth, WAEMU, panel VECM, Granger causality.

JEL: O330, C190, O55

*Doctorante /Membre du Laboratoire d'Economie Publique de l'Université d'Abomey-Calavi (LEP/UAC) Membre Chaire Organisation Mondiale du Commerce- Commerce Inclusif Développement Inclusif (OMC-CIDI)/ eudoxiebessan@gmail.com

** Chercheur au centre d'expertise en évaluation du développement (CEED)/Bénin, Membre du réseau des Chercheurs de African Economics Research Consortium (AERC)/ayedounchristian2015@gmail.com

1. Introduction

Les changements technologiques jouent un rôle clé dans le processus de développement économique. Contrairement au cadre économique et théorique traditionnel d'analyse de la croissance économique, où le changement technologique était un résidu inexpliqué (Solow, 1957), la littérature succédant sur la croissance a mis en évidence la dépendance des taux de croissance économique au changement technologique (Romer, 1986). Le progrès technologique peut se faire par l'intermédiaire de divers canaux qui impliquent la transformation des idées et l'adoption de nouvelles technologies tant dans le pays qu'à l'étranger. Les activités économiques sont largement efficaces tant sur le marché réel que sur le marché du crédit lorsqu'on utilise une technologie de pointe pour communiquer à partir d'une disponibilité continue et omniprésente de l'information (Zahra et al., 2008 ; Pradhan et al., 2017).

D'une part, la théorie de la croissance endogène intègre dans une modélisation des sources potentielles de croissance (recherche et innovation technologique, division du travail, capital humain, capital physique), ce qui permet une meilleure prise en compte des interactions entre télécommunications et développement économique. Les infrastructures publiques constituées par les réseaux de télécommunications, induisent une triple accumulation du capital: le plan matériel par le nombre de lignes installées, le plan technologique par le transfert de nouvelles technologies, le plan humain par le processus d'appropriation que cela suppose. D'autre part, elle permet la prise, en compte des effets externes directs ou indirects (par exemple, les gains de productivité des entreprises utilisatrices de services de télécommunications) ; et la valeur économique des investissements réalisés dans les réseaux de télécommunications, ainsi que la décision politique plus difficile à prendre (Desbois, 1998). Par exemple, dans le «cycle du développement» de Rostow¹, l'importance des télécommunications s'accompagne du montage de la production industrielle et de la complexification des échanges en résultats. Le développement des activités marchandes induit un accroissement des volumes d'informations générées par les transactions, les services de télécommunications interactives comme supports d'échange d'informations entre agents économiques. Les infrastructures de télécommunication sont non seulement importantes pour la croissance économique mais aussi pour les marchés des produits de base ainsi que pour les produits des services financiers internationaux (Zahra et al., 2008). Ce qui a pour conséquence de développer la fluidité de l'investissement étranger, la valeur positive des exportations, augmenter la valeur ajoutée du PIB d'une économie etc...

Ainsi, les anticipations de progrès économiques et l'origine causale de l'ère de la technologie de l'information ont incité les pays développés et les pays en développement à investir une part importante de leurs ressources pour développer leurs infrastructures de télécommunications (Madden et Savage, 1998, Daveri, 2002; Datta et Mbarika, 2006, Dimelis et Papaioannou, 2011 ; Ward et Zheng, 2016). Communément dans ces études, le rôle d'autres variables macroéconomiques fonctionnant de manière adjacente a été négligé ou complètement omis (Pradhan et al., 2014, Pradhan et al., 2017). De plus, les rares études sur

¹ Les étapes de la croissance économique, Editions du Seuil, 1960.

les régions d'Afrique² portant sur les infrastructures de télécommunication se sont attelées à étudier la corrélation à partir des approches d'analyse à équations simultanées et non sur l'étude du sens de la causalité (Bankole, et al., 2013 ; Bankole, et al., 2015 ; Batuo, 2015 ; Donou-Adonsou et al., 2016, Asongu et Nwachukwu, 2016 ; Wonyra, 2017, 2018;). Notre étude, première dans son genre, pourrait pallier à cette lacune et en examinant plus largement les causes et les conséquences du développement des infrastructures de télécommunications dans les pays de l'UEMOA. En particulier, l'étude examine les liens de causalité entre le développement des infrastructures de télécommunication, la croissance économique et trois indicateurs clés d'une économie moderne: (i) entrées d'investissements directs étrangers, (ii) taux d'urbanisation et (iii) ouverture commerciale. La démarche adoptée vérifie, entre autres, si le développement des infrastructures de télécommunications a contribué à la croissance économique, ou si l'expansion de l'infrastructure des télécommunications est simplement une conséquence de la croissance économique dans les pays de l'UEMOA.

Notre contribution à la littérature se situe à plusieurs niveaux : premièrement, au lieu de régresser plusieurs indicateurs d'infrastructure de télécommunication, nous calculons en utilisant l'analyse en composante principale (ACP), un indice composite du développement des infrastructures de télécommunication³. Deuxièmement, notre étude analyse le lien de causalité à partir d'un VECM multivarié entre la croissance économique, développement des infrastructures de télécommunications et trois autres variables macroéconomiques. Troisièmement, elle étudie un groupe de pays qui n'a pas été examiné précédemment dans la littérature et dernièrement elle utilise l'analyse de données de panel pour répondre à des questions concernant la nature de la relation causale entre les variables à court et à long terme. La suite de document se déroule comme suit. La section 2 propose une revue de la littérature. La section 3 expose la méthodologie de recherche, en expliquant les variables que nous utilisons dans notre analyse, en détaillant nos sources de données, et le résumé de nos hypothèses. Ceci est suivi d'une discussion détaillée de notre approche d'estimation économétrique. Dans la section 4, nous présentons nos résultats. Enfin, nous proposons des conclusions et des implications de politique dans la section 5.

2. Revue de littérature

2.1. Théorie de la croissance endogène et rôle des innovations

Il existe une littérature abondante sur la relation entre le progrès technologique et la croissance économique. Le modèle de croissance qui inclut le changement technologique a commencé avec les travaux de Solow (1956) et a été empiriquement complété par Barro (1991); Barro et Sala-i-Martin (1991, 1992), Mankiw et al. (1992) et Bajo-Rubio (2000). Ces travaux de la croissance exogène ont identifié le progrès technologique comme le principal déterminant de la croissance économique à long terme. Cependant, dans le modèle de croissance de Solow, le progrès technologique est exogène, ce qui donne lieu à un autre volet de la littérature connu sous le nom de nouvelle théorie de la croissance ou encore la croissance endogène. Cette théorie endogénéise le changement technologique qui peut être déterminé par le capital humain (Lucas 1988), la recherche de nouvelles technologies

² Les études de la causalité entre croissance et développement des infrastructures sont quasi-inexistantes pour les pays de l'UEMOA

³ Cette approche nous est inspirée des travaux de Pradhan et al.(2014)

(Romer, 1990), les innovations ou l'amélioration de la qualité des produits existants (Grossman et Helpman 1992), et les infrastructures (Aschauer 1989). Romer (1986) met en exergue l'importance de l'accumulation du capital physique et la connaissance dans le processus de croissance. Il construit un modèle qui repose sur les phénomènes d'externalités entre les firmes et le support que c'est en produisant qu'une économie accumule les expériences et donc les connaissances. Plus la croissance est forte et plus le savoir-faire est grand, ce qui favorise la croissance en retour. Il mène la même analyse en ce qui concerne l'accumulation de capital technologique à travers l'innovation et la recherche-développement. Il conclut enfin que la recherche-développement et la croissance se causent mutuellement. L'introduction de l'infrastructure des télécommunications dans le modèle de croissance est particulièrement intéressante. Jorgenson et Stiroh (1995, 1999) et Oliner et Sichel (1994, 2000) sont parmi les premiers à intégrer la technologie de l'information dans le modèle de croissance. En particulier, Oliner et Sichel (1994) développent un modèle de croissance basé sur le cadre néoclassique dans lequel ils séparent l'équipement informatique des autres types de capital physique. C'est-à-dire que le taux de croissance de la production dépend du taux de croissance du matériel informatique, d'autres types de capital, de main-d'œuvre et de productivité multifactorielle, ainsi que de leurs parts respectives de la production.

2.2. Infrastructure de télécommunication: quel rôle pour la croissance économique?

Au cours des années 90, l'infrastructure des télécommunications est devenue un sujet d'intérêt croissant pour les gouvernements et les industriels (voir, par exemple, Desbois, 1995, Weiman, 1998, Sommers et Carlson, 2000). Cependant, l'infrastructure, quel que soit le type, n'est pas une panacée aux questions de développement des télécommunications. Par conséquent, les villes qui cherchent à être la prochaine Silicon Valley doivent comprendre ce rôle disparate des infrastructures de télécommunications et connaître ses limites. La relation entre le développement des infrastructures de télécommunication et la croissance économique est susceptible d'être complexe et de se renforcer mutuellement (Pradhan et al., 2014). Le développement des infrastructures de télécommunication est susceptible de toujours améliorer la croissance économique, tandis que la croissance économique pourrait, à son tour, initier d'autres infrastructures de télécommunication. Ainsi les avantages du développement des infrastructures sont multiples. Les infrastructures de télécommunications peuvent potentiellement contribuer au développement économique en abaissant les coûts de transaction (par exemple en fournissant plus rapidement des services financiers), en créant de nouvelles possibilités d'innovation, en facilitant l'accès à de nouveaux marchés (par exemple par le commerce électronique et un meilleur échange d'informations), en abaissant le coût du capital (grâce à une efficacité accrue du fonctionnement des marchés financiers), en réduisant les disparités régionales en matière de revenus et de productivité, l'accès au capital humain (grâce au télé-réseau) et la génération d'externalités positives (Pradhan et al., 2013, Pradhan et al., 2015). Un réseau de télécommunication solide est donc une condition préalable essentielle au développement économique, en soutenant l'industrie et le secteur manufacturier, en améliorant l'agriculture, l'éducation, la santé, les services sociaux et les transports, et en contribuant à la stabilité macroéconomique (Hackler, 2003 Gasmi et Virto, 2010; Narayana, 2011).

Les études sur les pays d'Afrique subsaharienne sur la relation entre infrastructures de télécommunications et croissance sont très peu, et se sont généralement focalisées sur les corrélations/effets du développement des infrastructures sur la croissance. Par exemple, Bon (2007) analyse la relation entre l'utilisation d'internet dans l'enseignement supérieur et le développement économique et trouve qu'une mauvaise connectivité à internet entrave la transition vers l'économie mondiale. Cependant, son étude n'utilise pas une approche économétrique mais fait une analyse descriptive des relations, ce qui constitue une limite forte à ses résultats. Par contre de récents travaux utilisent des méthodes économétriques appropriées, cependant, avec des résultats empreints de critiques. Par exemple, Batuo (2015), présente des données empiriques sur la relation entre l'infrastructure des télécommunications et la croissance économique dans un ensemble de données de panel couvrant 44 pays africains pour la période 1990-2010. Un modèle dynamique sur panel est utilisé, suggérant que les télécommunications contribuent largement au développement économique du continent, après avoir contrôlé un certain nombre d'autres facteurs. De même, Donou-Adonou et al., (2016), étudient l'impact de l'infrastructure des télécommunications en Afrique subsaharienne. A partir, de la méthode des moments généralisés à variable instrumentale sur un panel de 47 pays sur la période 1993-2012, les auteurs trouvent des résultats intéressants. Ils montrent qu'internet et les téléphones mobiles ont contribué à la croissance économique. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que le développement des infrastructures de télécommunications favorise la croissance économique en Afrique subsaharienne. Cependant, deux insuffisances sont à relever: (i) bien que ces études soient effectuées sur données de panel, le sens de la causalité n'est pas investigué; (ii) ces études utilisent soit un seul indicateur de mesures des infrastructures de télécommunications, soit plusieurs indicateurs mais séparément. Or cette approche conduit à des pertes d'information importantes (Pradhan et al., 2014). Ainsi, pour pallier à ces insuffisances, notre étude définit un indice composite des principaux indicateurs d'infrastructures de télécommunication et s'appuie sur la littérature existante en étudiant empiriquement le lien causal potentiel entre l'infrastructure des télécommunications et la croissance économique dans l'espace UEMOA.

2.3.Causalité entre croissance et infrastructures de télécommunication

L'explication des causes et des conséquences du développement de l'industrie des télécommunications a été l'objet central de la littérature empirique récente. Les premières études confirment une relation positive entre le développement des infrastructures de télécommunication et la croissance économique⁴. D'autres études utilisent un modèle structurel pour isoler l'effet des infrastructures de télécommunication sur la croissance économique en contrôlant le nombre de variables macroéconomiques telles que l'investissement fixe brut, les transports et la consommation d'énergie (voir par exemple Datta et Agarwal, 2004). Cependant, ces études examinent la corrélation entre le développement des infrastructures de télécommunication et la croissance économique - plutôt que la direction de la causalité entre les deux. Des études portant sur la nature de la causalité entre les deux variables ont commencé avec le travail fondateur de Cronin et al., (1991) qui ont soulevé la possibilité d'une causalité bidirectionnelle. Depuis lors, malgré un corpus important de

⁴ Voir les travaux de Hardy, 1980 ; Leff, 1984 ; Cronin et al., 1993b ; Saunders et al., 1994, Greenstein et Spiller, 1995 ; Madden et Savage, 2000.

littérature sur ce sujet, la direction de l'effet causal entre les deux variables n'a pas été concluante. Il est donc encore possible de se demander si le développement des infrastructures de télécommunications est le moteur de la croissance économique ou s'il s'agit d'une conséquence de la croissance.

Pour ce fait, Pradhan et al., (2014) et Pradhan et al., (2017), font un travail séminal à partir d'un tableau résumant les différentes hypothèses de causalité. Ils passent ainsi, en revue les études empiriques sur ce sujet et les hypothèses que leurs conclusions soutiennent. L'hypothèse de l'offre (SLH) soutient que l'infrastructure des télécommunications est une condition préalable nécessaire à la croissance économique. Ainsi, la causalité va de développement des infrastructures de télécommunication à la croissance économique. Les partisans de cette hypothèse (Cieslik et Kaniewsk 2004, Dutta 2001 et Roller et Waverman 2001, Veeramacheni et al. 2007 ; Shiu et Lam , 2008 ; Mehmood and Siddiqui 2013) soutiennent que l'infrastructure des télécommunications induit une croissance économique en soutenant directement d'autres infrastructures et facteurs de production, améliorant ainsi la croissance économique. La deuxième proposition est l'hypothèse de suivi de la demande (DFH), qui suggère que la causalité va plutôt de la croissance économique à infrastructure de télécommunications. Les partisans de l'hypothèse de la demande suggèrent que les infrastructures de télécommunications ne jouent qu'un rôle mineur dans la croissance économique: elles ne sont qu'un sous-produit ou un résultat de la croissance économique (Beil et al., 2005 ; Pradhan, et al., 2013,). L'idée est que, à mesure que l'économie se développe, une infrastructure de télécommunications supplémentaire émerge dans l'économie. Troisièmement, il existe une hypothèse de rétroaction (FBH) qui suggère que la croissance économique et l'infrastructure des télécommunications peuvent se compléter et se renforcer mutuellement, ce qui rend la croissance économique et l'infrastructure des télécommunications mutuellement causales. L'argument en faveur de la causalité bidirectionnelle est que les infrastructures de télécommunication sont indispensables à la croissance économique et que la croissance économique nécessite inévitablement une infrastructure de télécommunications solide dans l'économie (Yoo et Kwak, 2004; Zahra et al. 2008 ; Chakraborty et Nandi, 2009 ; Chakraborty et Nandi, 2011 ; Pradhan et al., 2014; Pradhan et al., 2015 ; Pradhan et al., 2016 ; Pradhan et al.,2017). La quatrième hypothèse est l'absence de causalité, ce que soutiennent quelques articles (par exemple Dutta, 2001, Ramlan and Ahmed, 2009) selon lesquels il n'y a pas d'effet causal statistiquement significatif entre la croissance économique et l'infrastructure des télécommunications. Nous vérifions la relation causale pour les pays de l'UEMOA.

3. Méthodologie de la recherche

3.1. Définition des variables

Dans cette section, nous utilisons un test de Causalité de Granger en Panel pour montrer la relation entre le Développement des Infrastructures de Télécommunications, la Croissance économique et trois autres variables macro-économiques à savoir : Taux d'Urbanisation (TURB), le degré d'Ouverture Commerciale (OUV) et les Investissements Directs Etrangers (IDE) en pourcentage du produit intérieur brut.

La modélisation avec plusieurs indicateurs de développement de télécommunication est sources de problèmes de multicolinéarité, pour cela nous avons procédé à partir de 03 indicateurs (Téléphone mobile, téléphone fixe et internet) à la création d'un indice composite à partir d'une méthodologie inspirée de Pradhan et al., (2014). La technique de l'Analyse en Composantes Principales (ACP)⁵, nous a permis de retenir en définitif deux indicateurs (téléphone mobile et l'utilisation de l'internet) contrairement à Pradhan et al., (2014) qui avaient retenu 3 indicateurs (voir les annexes A et B).

Tableau 1 : Récapitulatif des variables du modèle

Définitions des variables

IIT	<p>Indice composite des infrastructures de télécommunication : obtenu à partir de l'ACP sur trois indicateurs de télécommunication Téléphone mobile, Téléphone fixe et internet. Les trois indicateurs sont mesurés par les variables suivantes :</p> <p>Téléphone mobile : souscription à l'utilisation de téléphone mobile par 100 personnes ;</p> <p>Téléphone fixe : souscription à l'utilisation de téléphone fixe par 100 personnes</p> <p>Internet : utilisation de l'internet en pourcentage de la population totale</p>
TURB	Taux d'urbanisation : population urbaine en pourcentage de la population totale
OUV	Ouverture commerciale : total du flux commercial (exportations + importations) en pourcentage du produit intérieur brut
IDE	Investissement direct étranger : IDE entrant en pourcentage du produit intérieur brut
CPIBH	Croissance économique par habitants : le taux de croissance produit intérieur brut par habitant

Source : auteurs (2018)

On construit à partir de l'ensemble des variables $X_j's (j = 1, 2, \dots, n)$ de nouvelles variables (Pi) appelées composantes principales qui sont des combinaisons linéaires de $X_j's$ ⁶. Cet indice est dénommé Indice des Infrastructures de Télécommunications (IIT) et obtenu par l'équation suivante :

⁵ Nos indicateurs étant corrélés, nous avons utilisés la technique de l'analyse en composante principale pour la création de l'indice composite. En effet l'ACP identifie des groupes d'indicateurs dont les scores (ou les comportements) dépendent des mêmes facteurs sous-jacents. Dans le cadre de notre étude, l'ACP effectuée oppose clairement l'utilisation de l'internet et le téléphone mobile à l'utilisation du téléphone fixe. Etant donné l'isolement du téléphone fixe, en définitive nous retenons les deux autres indicateurs pour la création du score total ajusté. Une manière plus simple de construire des indicateurs composés consiste à pondérer les indicateurs individuels en fonction de leur importance et à ajouter les résultats.

Plus précisément, l'ACP est un cas spécial de la méthode générale d'analyse des facteurs. L'approche suit plusieurs étapes : construire une matrice de données, créer des variables normalisées, calculer la matrice de corrélation, déterminer la valeur propre et les vecteurs propres, sélectionner des composantes principales et interpréter les résultats. L'utilisation de l'ACP pour construire un indice similaire a été bien documentée dans les travaux utilisant des données de panel (voir par exemple Coban & Topcu, 2013; World Economic Forum, 2011; Huang, 2010; Saci & Holden, 2008).

⁶ Voir Pradhan et al., (2014) pour de amples développements.

$$iit = \sum_{i=1}^2 (a_{ij}) \frac{x_{ij}}{sd(x_i)} \quad (1)$$

où iit : indice composite des infrastructures de télécommunication ; sd : l'écart type de l'indicateur i ; x_{ij} : est la $i^{\text{ème}}$ variable pour l'année j, elle est calculée pour chaque année et a_{ij} est contribution aux facteurs obtenue à partir de l'ACP. IIT capture deux indicateurs des trois indicateurs mentionnés plus haut et résumé dans le tableau 1. L'indice est donc calculé pour chaque pays et pour chaque année. Comme le décrit l'équation (1), notre ACP applique des facteurs qui sont fixes, or en réalité les facteurs varient énormément mais cela n'a pas grande influence sur nos résultats. Ainsi, notre utilisation de coefficients fixes est raisonnablement approximative. Pour être plus clair, l'étude teste les six hypothèses suivantes :

H_{1A} : DIT cause au sens de Granger la croissance économique

H_{1B} : Croissance économique cause au sens de Granger le DIT

H_{2A} : Une variable macroéconomique cause au sens de Granger la croissance économique

H_{2B} : Croissance économique cause au sens de Granger une variable macroéconomique

H_{3A} : DIT cause au sens de Granger une variable macroéconomique

H_{3B} : Une variable macroéconomique cause au sens de Granger le DIT

3.2. Données, échantillons et source de données

Pour nos estimations, nous utilisons des séries chronologiques de données secondaires sur la période 2000-2016 sur les agrégats macroéconomiques ci-dessus mentionnés, pour les 08 pays (Bénin, Burkina-Faso, Côte d'Ivoire, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Sénégal et Togo) de l'UEMOA. Elles proviennent des bases de données de la Banque Mondiale, 2018 (*World Development Indicators*). Les logiciels EVIEWS.9 ; STATA.13 et tableur Excel.10 sont utilisés.

3.3. Approche économétrique

Dans cette étude nous examinons le sens de causalité entre les variables à partir d'un modèle VAR en panel. L'intérêt de cette méthode est qu'elle utilise les séries chronologiques individuelles et les variations transversales des données et évite les biais liés à la régression transversale en prenant en compte l'effet fixe spécifique au pays. Le modèle VAR en panel est structuré en trois étapes : le test de racine unitaire en panel est performant pour apprécier la stationnarité et l'ordre d'intégration des variables en séries chronologique, ensuite le test de co-intégration en panel permet de déterminer l'existence de relation de long terme entre les variables en série chronologique. Enfin, si on détermine une relation de co-intégration, le VECM est plus indiqué que le modèle VAR pour vérifier le sens de causalité entre les variables. Dans la suite nous discutons de ces trois tests.

3.3.1. Test de stationnarité sur données de panel

Nous utilisons le test de Levin-Lin-Chu (LLC) (Levine et al., 2002)⁷. L'hypothèse nulle de ce test stipule l'homogénéité de la racine unitaire, $H_0 : \rho=0$, $\forall i$, contre l'hypothèse alternative

⁷ Pour plus détails de ce test voir Greene (1998)

d'homogénéité de la stationnarité, $H_1 : \rho < 0, \forall i$. L'approche de LLC, en s'inspirant de Dickey-Fuller, repose sur le modèle suivant :

$$\Delta Y_{it} = \lambda_i + \rho_i Y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{P_i} \theta_{ij} \Delta Y_{i,t-j} + \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Où $i=1,2, \dots, N$ et $t=1,2, \dots, T$; Y_{it} est la variable pour le pays i dans le panel sous la période t ; P_i est le nombre de retard sélectionné pour la régression ADF ; Δ est la première différence filtrer (I-L) et ε_{it} sont des variables aléatoires indépendamment et normalement distribuées pour tout i et t de moyenne 0 et de variance hétérogène fini (σ_i^2).

Les statistiques proposées, dérivées de celle du test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) suivent une distribution normale centrée réduite quand N et T deviennent très grands. Si la statistique LLC est inférieure à la valeur critique de la loi normale centrée réduite à 5% (c'est-à-dire, -1,64), on rejette l'hypothèse nulle d'une racine unitaire pour l'ensemble des individus. Afin d'améliorer la précision de la stationnarité de nos variables, nous avons utilisé également le test IPS de Im et al., (2003). En effet, si le test de LLC est restrictive en gardant identiques les différentes régions sous les deux hypothèses (nulle et alternative), le test de IPS par contre, relâche cette hypothèse en allouant γ aux différentes régions sous l'hypothèse alternative. Ainsi, l'hypothèse nulle du test de IPS est $H_0 : \gamma_i = 0 \forall i$, alors que l'hypothèse alternative est qu'au moins une des séries individuelles dans le panel soit stationnaire, en d'autres termes $H_A : \gamma_i < 0 \forall i$. L'hypothèse alternative implique simplement que γ_i diffère à travers les pays considérés. De ce fait, le degré d'homogénéité est examiné séparément par la technique des moindres carrés ordinaires, et le test est obtenu comme moyenne des tests statistiques pour chaque équation. Le t-statistique de IPS est simplement défini comme moyenne des Dicker-Fuller individuel, la statistique τ est définie comme suit :

$$\bar{\tau} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i \text{ et } \tau_i = \frac{\hat{\gamma}_i}{se(\hat{\gamma}_i)}$$

En supposant que les données transversales sont indépendantes, le test d'IPS utilise l'approche mean-group

3.3.2. Test de Co-intégration sur données de panel

Le concept de Co-intégration, qui est un problème important pour déterminer la relation de long terme entre les variables, a été introduit par Granger (1969). Dans un cadre non stationnaire, ces tests permettent d'identifier les variables explicatives pouvant influencer l'évolution de la variable expliquée. Dans un tel cadre, il convient d'être vigilant quant à l'existence ou non d'une relation de cointégration.

Dans cette étude, nous utilisons la méthode de cointégration en panel de Pedroni (1995, 1999, 2004), pour déterminer l'existence de cointégration parmi les trois séries, suivant la régression de l'équation suivante :

$$iit_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1it} + \alpha_{2it} cpibh_{it} + \alpha_{3it} ide_{it} + \alpha_{4it} ouv_{it} + \alpha_{5it} turb_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\text{Et } \varepsilon_{it} = \lambda_i \varepsilon_{i,t-1} + \mu_{it} \quad (4)$$

Où $i = 1, 2, \dots, N$ et $t = 1, 2, \dots, T$. α_{0i} est la constante spécifique au pays ; α_{1it} est la tendance déterministe spécifique à chaque pays dans le panel. Les coefficients (β_{ki} , pour $k=1, \dots, 5$) peuvent varier d'un individu à un autre, ce qui permet aux vecteurs de cointégration d'être hétérogènes d'un pays à l'autre.

3.3.3. Test de causalité de Granger sur données de panel

Le test de causalité proposé par Holtz-Eakin et al., (1988), est utilisé pour apprécier le sens de causalité entre les infrastructures de télécommunication, la croissance économique et les autres variables macro-économiques. Les modèles économétriques ci-après ont été utilisés :

$$\begin{aligned} \Delta iit_{it} = & \psi_{1j} + \lambda_{it} \sum_{k=1}^{p1} \beta_{1ik} \Delta iit_{it-k} + \sum_{k=1}^{p2} \alpha_{1ik} \Delta cpibh_{it-k} + \sum_{k=1}^{p3} \gamma_{1ik} \Delta ide_{it-k} + \sum_{k=1}^{p4} \delta_{1ik} \Delta ouv_{it-k} \\ & + \sum_{k=1}^{p5} \mu_{1ik} \Delta turb_{it-k} + \theta_{1i} tce_{1it-1} + \varepsilon_{1it} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta cpibh_{it} = & \psi_{2j} + \lambda_{it} \sum_{k=1}^{p1} \beta_{2ik} \Delta cpibh_{it-k} + \sum_{k=1}^{p2} \alpha_{2ik} \Delta iit_{it-k} + \sum_{k=1}^{p3} \gamma_{2ik} \Delta ide_{it-k} + \sum_{k=1}^{p4} \delta_{2ik} \Delta ouv_{it-k} \\ & + \sum_{k=1}^{p5} \mu_{2ik} \Delta turb_{it-k} + \theta_{2i} tce_{2it-1} + \varepsilon_{2it} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta turb_{it} = & \psi_{3j} + \lambda_{it} \sum_{k=1}^{p1} \beta_{3ik} \Delta turb_{it-k} + \sum_{k=1}^{p2} \alpha_{3ik} \Delta cpibh_{it-k} + \sum_{k=1}^{p3} \gamma_{3ik} \Delta ide_{it-k} + \sum_{k=1}^{p4} \delta_{3ik} \Delta ouv_{it-k} \\ & + \sum_{k=1}^{p5} \mu_{3ik} \Delta iit_{it-k} + \theta_{3i} tce_{3it-1} + \varepsilon_{3it} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Delta ide_{it} = & \psi_{4j} + \lambda_{it} \sum_{k=1}^{p1} \beta_{4ik} \Delta ide_{it-k} + \sum_{k=1}^{p2} \alpha_{4ik} \Delta cpibh_{it-k} + \sum_{k=1}^{p3} \gamma_{4ik} \Delta iit_{it-k} + \sum_{k=1}^{p4} \delta_{4ik} \Delta ouv_{it-k} \\ & + \sum_{k=1}^{p5} \mu_{4ik} \Delta turb_{it-k} + \theta_{4i} tce_{4it-1} + \varepsilon_{4it} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Delta ouv_{it} = & \psi_{5j} + \lambda_{it} \sum_{k=1}^{p1} \beta_{5ik} \Delta ouv_{it-k} + \sum_{k=1}^{p2} \alpha_{5ik} \Delta cpibh_{it-k} + \sum_{k=1}^{p3} \gamma_{5ik} \Delta ide_{it-k} + \sum_{k=1}^{p4} \delta_{5ik} \Delta iit_{it-k} \\ & + \sum_{k=1}^{p5} \mu_{5ik} \Delta turb_{it-k} + \theta_{5i} tce_{5it-1} + \varepsilon_{5it} \end{aligned} \quad (9)$$

Où Δ est l'opérateur de différence première ; p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 sont les longueurs de retards ; i est le pays i dans le panel ($i=1, 2, \dots, N$) ; t est l'année dans le panel ($t=1, 2, \dots, T$) ; ε_{it} est le terme d'erreur aléatoire normalement distribué pour tout i et t de moyenne 0 et de variance hétérogène finie ; tce sont les termes à correction d'erreur provenant des équations de cointégration.

Les TCE sont les termes à correction d'erreur, dérivés des équations de cointégration. Les retards représentent la dynamique de long terme, alors que les variables différenciées représentent les dynamiques de court terme entre les variables. Le modèle ci-dessus est significatif si les variables sont I(1) et sont cointégrées. Si les variables sont I(1) et ne sont pas cointégrées, alors les TCE sont supprimés du processus d'estimation. Nous recherchons pour le court et long terme les relations de causalités. Les relations de causalité de court terme sont mesurées à travers la F-statistique et la significativité du changement dans les variables indépendantes, alors que la relation de causalité de long terme est mesurée à travers la significativité du t-test de la valeur retardée du terme à correction d'erreur.

4. Résultats empiriques

Dans cette section nous présentons et analysons les résultats empiriques des différents tests effectués. Il s'agira essentiellement de la nature de stationnarité des variables (tableau 2), ensuite nous discuterons de la nature de cointégration entre elles (tableau 3), enfin nous présentons la nature du lien de causalité de Granger entre les variables cointégrées (tableau 4).

Pour tester de la fiabilité de nos tests de stationnarité, nous avons effectués cinq tests de stationnarité dont nous présentons que deux pour des raisons de concision (LLC et IPS). Il faut noter que ces deux tests sont basés sur des hypothèses différentes (voir la section 3.3.1.). Il ressort que toutes nos variables sont stationnaires en première différence avec l'option (*trend and intercept*), elles sont donc I(1).

Les résultats du test de Pedroni (option : *trend and intercept*) sont reportés dans le tableau (3) ci-dessous. Les quatre premiers tests sont basés sur l'agrégation des tests par la dimension « within », c'est-à-dire qu'on regroupe les coefficients d'auto-régression pour les différents pays du panel lorsqu'on teste l'existence de racine unitaire dans les résidus de l'équation. Les résultats trouvés (trois sur quatre) indiquent la présence de relation de cointégration dans ce cas. Les trois derniers tests sont relatifs aux données agrégées selon la dimension « between », c'est-à-dire qu'on considère la moyenne des coefficients autorégressifs de chaque membre du panel pour effectuer le test de racine unitaire sur les résidus de la relation en niveau. Les résultats trouvés (deux sur trois), rejettent l'hypothèse nulle de non cointégration. En définitif, le test de Pedroni indique qu'il existe une relation de long terme significative entre le développement des infrastructures de télécommunication, la croissance économique et les autres variables macro-économiques, pour l'ensemble des pays du panel.

Par ailleurs, l'existence d'ordre d'intégration I(1) et de cointégration entre les variables, implique la possibilité de causalité de Granger entre eux. Par conséquent nous effectuerons le test de causalité, à partir d'un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) et utilisant les équations (5) - (9).

Tableau 2 : Résultats des tests de stationnarité

Variables	Option (Constante et tendance)	Statistic LLC	Prob LLC	Statistic IPS	Prob IPS	Décision de stationnarité
Variables à niveau						
IIT	oui	2,4366	0,9926	5,0644	1,0000	non
CPIBH	oui	1,3058	0,9042	-1,8999	0,0287**	non
TURB	oui	-2,7676	0,0028*	2,5358	0,9944	non
IDE	oui	-1,6782	0,0466**	-1,0185	0,1542	non
OUV	oui	-1,6586	0,0486**	-0,2779	0,3905	non
Variables en Différence première						
IIT	oui	-2,9486	0,0016*	-1,7480	0,0402**	oui
D(CPIBH)	oui	-15,684	0,0000*	-13,2658	0,0000*	oui
D(TURB)	oui	-5,1817	0,0000*	-2,6102	0,0045*	oui
D(IDE)	oui	-3,8073	0,0001*	-3,5690	0,0002*	oui
D(OUV)	oui	-3,3449	0,0004*	-2,2231	0,0131**	oui

Source : auteurs (2018). Note : * significativité au seuil de 1% ; ** significativité au seuil de 5%

Tableau 3 : Résultats de test de Co-intégration de Pedroni

Test Statistics	Option 1 : Avec constante et tendance		Option 2 : avec constante		Option 3 : Sans tendance ni constante	
Panel v-Statistic	3.16	(0.0007)	-0.15	(0.5605)	-2.78	(0.9973)
Panel rho-Statistic	1.37	(0.9160)	1.80	(0.9646)	2.08	(0.9813)
Panel PP-Statistic	-3.17	(0.0007)	0.67	(0.7507)	2.027	(0.9786)
Panel ADF-Statistic	-2.74	(0.0030)	1.31	(0.9055)	2.07	(0.9809)
Group rho-Statistic	2.16	(0,9850)	2.89	(0.9981)	2.64	(0.9959)
Group PP-Statistic	-4.094	(0,0000)	1.05	(0.8539)	2.05	(0.9798)
Panel ADF-Statistic	-3.78	(0,0001)	2.63	(0.9958)	2.17	(0.9850)

Source : auteurs (2018). Les données entre parenthèses sont les probabilités associées indiquant la significativité des statistiques.

Tableau 3 : Résultats de test de causalité de Granger en panel

Variable dépendantes	Variables indépendantes					Coefficient du TCE
	ΔIIT	$\Delta CPIBH$	$\Delta TURB$	ΔIDE	ΔOUV	TCE ₋₁
ΔIIT		0.05	0.80	0.62	0.50	
$\Delta CPIBH$	6.46**		10.84*	0.00	1.98	-18.49*
$\Delta TURB$	2.92***	7.15*		1.29	0.04	0.66
ΔIDE	0.00	0.93	0.86		1.34	5.59*
ΔOUV	0.99	1.86	7.96*	0.28		-0.80

Source : Auteurs. *Significativité à 1%, ** significativité à 5%, *** significativité à 10%

À partir des tests de causalité de Granger, nous observons que la nature du lien causal est unidirectionnelle partant, du développement des infrastructures de télécommunications au taux de croissance économique par habitant ($IIT \rightarrow CPIBH$) ; du développement des infrastructures de télécommunications au taux d'urbanisation ($IIT \rightarrow TURB$) et du taux d'urbanisation au degré d'ouverture commerciale ($TURB \rightarrow OUV$). Cependant, nous trouvons une causalité bidirectionnelle entre le taux de croissance par habitant et le taux d'urbanisation ($TURB \leftrightarrow CPIBH$). Les hypothèses H_{1A} , H_{2A} , H_{2B} et H_{3A} sont donc validées, par contre H_{1B} , H_{3B} sont rejetées.

Les résultats de court terme sont consignés dans le tableau 4 ci-dessous. Cependant, les résultats de long terme consignés dans le tableau 3, montrent que lorsque $\Delta CPIBH$ sert de variable dépendante, le terme à correction d'erreur est statistiquement significatif au seuil de 1%. Ce qui implique que la croissance économique tend à converger vers un équilibre de long terme en réponse aux changements de ses régresseurs. La significativité du coefficient TCE dans l'équation de $\Delta CPIBH$ du panel confirme l'existence d'un équilibre à long terme de la relation de causalité entre $CPIBH$ et ses déterminants qui sont IIT et les autres indicateurs macroéconomiques considérés. En d'autres termes, nous pouvons conclure que le développement des infrastructures de télécommunication et les variables macroéconomiques considérées, causent au sens de Granger la croissance dans le long terme. Aussi, l'autre équation pour laquelle, on observe une relation de long terme est ΔIDE pour laquelle le TCE est significatif au seuil de 1%. Ainsi, il existe une causalité de long terme partant de la croissance économique et des autres variables macroéconomiques vers les investissements directs étrangers (IDE). Ce résultat rejoint les travaux de Shahiduzzaman et Alam, (2014). Cependant, nous observons deux variables macroéconomiques qui apparaissent non statistiquement significatives à long terme: le taux d'urbanisation et l'ouverture commerciale. Résultat qui rejoint en partie ceux de Pradhan et al., (2014).

Ces résultats suggèrent que le développement des infrastructures de communications est favorable et améliore la croissance économique dans les pays de l'UEMOA ce qui vient confirmer l'hypothèse de l'offre (SLH) qui veut que les infrastructures des télécommunications soient une condition nécessaire à la croissance économique (Veeramacheneni et al. 2007 ; Shiu et Lam , 2008 ; Mehmood and Siddiqui 2013). Nos résultats soutiennent que le développement des infrastructures des télécommunications induit une croissance économique en soutenant directement d'autres infrastructures (en termes d'urbanisation) et facteurs de production, améliorant ainsi la croissance économique. Il participe également à l'accroissement de la population des villes, à la recherche d'une meilleure condition de vie, ce qui va contribuer à une dynamisation des échanges de ces pays.

Tableau 4 : Résumé des causalités de Granger entre croissance et développement des infrastructures de télécommunication dans l’UEMOA

Les relations causales testées dans le modèle	Direction des relations causales observées dans le modèle
IIT vs C PIBH	IIT → C PIBH
TURB vs C PIBH	TURB ↔ C PIBH
IDE VS C PIBH	IDE ⇏ C PIBH
OUV vs C PIBH	OUV ⇏ C PIBH
OUV vs TURB	TURB → OUV
IIT vs TURB	IIT → TURB
→ Causalité unidirectionnelle ; ↔ causalité bidirectionnelle ⇏ : pas de causalité Source : auteurs (2018).	

5. Conclusion

La littérature quasi-inexistante sur la relation de causalité entre le développement des infrastructures de télécommunications et la croissance économique en Afrique subsaharienne, plus particulièrement dans l’espace UEMOA, nous a poussés à fournir des résultats concluants. Nos estimations à partir d’un vecteur autorégressif à correction d’erreur (VECM) sur données de panel a permis une analyse de la causalité au sens de Granger. Nous trouvons 3 principaux résultats : (i) il existe à court terme une causalité unidirectionnelle allant du développement des infrastructures de télécommunication vers la croissance : le développement des infrastructures de télécommunication affecte qualitativement la croissance. Cependant (ii) le développement des infrastructures de télécommunication est un stimulant au développement des villes dans l’UEMOA. Enfin, (iii) à long terme, en plus du développement des infrastructures de télécommunication, la croissance est causée au sens de granger par l’ensemble des autres variables macroéconomiques considérées : le taux d’urbanisation, les investissements directs étrangers et l’ouverture commerciale. Ces résultats marquent clairement une différence entre le long terme et le court terme de la relation entre les variables à l’étude.

Les implications de politiques de ces résultats sont simples. Les gouvernements des pays de l’UEMOA devraient encourager fortement les politiques visant à élargir l'accès et à réduire les coûts, particulièrement en ce qui concerne l’internet et les services de téléphones mobiles. Ensuite, pour la promotion d’une croissance de long terme, il faut des politiques intégrant aussi bien le développement des infrastructures de télécommunication que d’autres variables macroéconomiques. Ayant omis d’autres variables déterminantes de croissance dans cette analyse (Education, investissement privé

etc.), une ouverture pour de futures recherches serait d'inclure ces variables dans l'étude de la relation entre croissance et développement des infrastructures de télécommunication.

Références bibliographiques :

- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177–200.
- Asongu, S. A., & Nwachukwu, J. C. (2016). The role of governance in mobile phones for inclusive human development in Sub-Saharan Africa. *Technovation*, 55, 1-13.
- Bajo-Rubio, O. (2000). A further generalization of the Solow growth model: the role of the public sector. *Economics Letters*, 68(1), 79–84.
- Bankole, F. O. et al. (2013). The impact of information and communications technology infrastructure and complementary factors on intra-African trade. *Information Technology for Development*, 21(1): 12-28
- Bankole, F. O., Osei-Bryson, K. M., & Brown, I. (2015). The impacts of telecommunications infrastructure and institutional quality on trade efficiency in Africa. *Information Technology for Development*, 21(1), 29-43.
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407–443.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 120(21), 364–386.
- Batuo, M. E. (2015). The role of telecommunications infrastructure in the regional economic growth of Africa. *The Journal of Developing Areas*, 49(1), 313-330.
- Beil, R., Ford, S., et Jackson, D. (2005). On the relationship between telecommunications investment and economic growth in the United States. *International Economic Journal*, 19(1), 3–9.
- Bon, A. (2007). Can the internet in tertiary education in Africa contribute to social and economic development? *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 3(3), 122–131.
- Chakraborty, C. and Nandi, B. (2003) 'Privatization, telecommunications and growth in selected Asian countries: an econometric analysis', *Communications and Strategies*, Vol. 52, No. 4, pp.31–47.
- Chakraborty, C. and Nandi, B. (2009) 'Telecommunications adoption and economic growth in developing countries: do levels of development matter?', *Journal of the Academy of Business and Economics*, Vol. 9, No. 2, pp.51–61.
- Chakraborty, C. and Nandi, B. (2011) 'Mainline telecommunications infrastructure, levels of development and economic growth: evidence from a panel of developing countries', *Telecommunications Policy*, Vol. 35, No. 1, pp.441–449.
- Cieslik, A. and Kaniewsk, M. (2004) 'Telecommunications infrastructure and regional economic development: the case of Poland', *Regional Studies*, Vol. 38, No. 6, pp.713–725.
- Cronin, F.J., Colleran, E.K., Herbert, P.L. and Lewitzky, S. (1993) 'Telecommunications and growth: the contribution of telecommunications infrastructure investment to aggregate and sectoral productivity', *Telecommunications Policy*, Vol. 17, No. 9, pp.677–690.

- Cronin, F.J., Parker, E.B., Colleran, E.K. and Gold, M.A. (1991) 'Telecommunications infrastructure and economic growth: an analysis of causality', *Telecommunications Policy*, Vol. 15, No. 6, pp.529–535.
- Datta, A. and Agarwal, S. (2004) 'Telecommunications and economic growth: a panel data approach', *Applied Economics*, Vol. 36, No. 15, pp.1649–1654.
- Desbois D. (1995). Enjeux économiques de la déréglementation sur les infrastructures de télécommunications. Terminal. 68 : 31-44.
- Desbois, D. (1998). Les politiques du développement dans le secteur des télécommunications. French National Institute for Agricultural Research.pp :1-21
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1979) 'Distribution of the estimator for autoregressive time series with a unit root', *Journal of American Statistical Association*, Vol. 74, No. 366, pp.427–431.
- Donou-Adonsou, F., Lim, S., & Mathey, S. A. (2016). Technological progress and economic growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from telecommunications infrastructure. *International Advances in Economic Research*, 22(1), 65-75.
- Dutta, A. (2001) 'Telecommunication and economic activity: an analysis of granger causality', *Journal of Management Information Systems*, Vol. 17, No. 4, pp.71–95.
- Gasmi,F.,et Virto,L.R.(2010).The determinants and impact of telecommunications reforms in developing countries. *Journal of Developing Economics*, 93(2), 275–286.
- Granger,C.(1969).Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hackler, D.(2003).Invisible infrastructure and the city. *The American Behavioral Scientist*, 46(8), 1034–1055.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. and Shin, Y. (2003) 'Testing for unit roots in heterogeneous panels', *Journal of Econometrics*, Vol. 115, No. 1, pp.53–74.
- Jorgenson, D., & Stiroh, K. (1995). Computers and growth. *Economics of Innovation and New Technology*, 3(3–4), 295–316.
- Jorgenson, D., & Stiroh, K. (1999). Information technology and growth. *American Economic Review*, 89(2), 109–115.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42.
- Lam, P.L. and Shiu, A. (2010) 'Economic growth, telecommunication development and productivity growth of the telecommunication sector: evidence around the world', *Telecommunications Policy*, Vol. 34, No. 4, pp.185–199.
- Levine, A., Lin, C.F. and Chu, C.S.J. (2002) 'Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties', *Journal of Econometrics*, Vol. 108, No. 1, pp.1–24.
- Madden, G. and Savage, S.J. (1998) 'CEE telecommunication investment and economic growth', *Information Economics and Policy*, Vol. 10, No. 2, pp.173–195
- Mankiw, G., Romer, D., et Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *QuarterlyJournal of Economics*, 107(2), 407–437.
- Mehmood, B. and Siddiqui, W. (2013) 'What causes what? Panel cointegration approach on investment in telecommunications and economic growth: case of Asian countries', *Romanian Economic Journal*, Vol. 16, No. 47, pp.3–16.

- Narayana, M.R. (2011). Telecommunications services and economic growth: Evidence from India. *Telecommunications Policy*, 35(2), 115–127.
- Oliner, S. D., & Sichel, D. E. (1994). Computers and output growth revisited: how big is the puzzle? *Brookings Papers on Economic Activity*, 1994(2), 273–334.
- Oliner, S. D., et Sichel, D. E. (2000). The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story? *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 3–22.
- Pedroni, P. (1999) ‘Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors’, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 61, No. 1, pp.653–670.
- Pradhan, R.P., Bele, S. and Pandey, S. (2013) ‘The link between telecommunication infrastructure and economic growth in 34 OECD countries’, *International Journal of Technology, Policy and Management*, Vol. 13, No. 3, pp.278–293.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Norman, N. R., & Bele, S. K. (2014). Economic growth and the development of telecommunications infrastructure in the G-20 countries: A panel-VAR approach. *Telecommunications Policy*, 38(7), 634-649.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Norman, N. R. (2015). The dynamics of information and communications technologies infrastructure, economic growth, and financial development: Evidence from Asian countries. *Technology in Society*, 42, 135-149.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Hall, J. H. (2016). Economic growth, development of telecommunications infrastructure, and financial development in Asia, 1991–2012. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 59, 25-38.
- Pradhan, R.P., Arvin, B.M., Nair, M., Mittal J., et Norman N. R. (2017): Telecommunications infrastructure and usage and the FDI–growth nexus: evidence from Asian-21 countries, *Information Technology for Development*, DOI:10.1080/02681102.2016.1217822
- Ramlan, J. and Ahmed, E.M. (2009) ‘Information and communication technology (ICT) and human capital management trend in Malaysia’s economic development’, *Applied Economics Letters*. Vol. 16, No. 18, pp.1881–1886.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71–102.
- Shahiduzzaman, M. et Alam, K. (2014) ‘The long-run impact of information and communication technology on economic output: the case of Australia’, *Telecommunications Policy*, Vol. 38, No. 7, pp.623–633.
- Shiu, A. and Lam, P.L. (2008) ‘Causal relationship between telecommunications and economic growth in China and its regions’, *Regional Studies*, Vol. 42, No. 5, pp.705–718.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Sommers, P., et Carlson, D. (2000). Ten steps to a high-tech future: The new economy in interpolation Seattle. Washington DC: Centre on Urban and Metropolitan Policy.
- Veeramacheni, B., Ekanayake, E.M. and Vogel, R. (2007) ‘Information technology and economic growth: a causal analysis’, *Southwestern Economic Review*, Vol. 34, No. 1, pp.75–88.
- Wieman, C. (1998). The high tech transition: Technology and the prospects for improving infrastructure performance. *Journal of Urban Technology*, 5(2), 21–46.
- Wonyra, K. O. (2017). Investissement dans les infrastructures de télécommunications et la croissance économique dans la CEDEAO.

Wonyra, K. O (2018). Reforme commerciale dans le secteur de télécommunication et Croissance économique dans la CEDEAO.

Zahra, K., Azim, P., & Mahmood, A. (2008). Telecommunications infrastructure development and economic growth: A panel data approach. *Pakistan Development Review*, 47(4), 711–726.

ANNEXE

A. Corrélation entre les indicateurs d'infrastructures de télécommunication

	INT	MOB	FIX
INT	1.0000		
MOB	0.7451	1.0000	
FIX	0.3233	0.2047	1.0000

	INT	MOB
INT	1.0000	
MOB	0.7451	1.0000

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
INT	136	3.826367	5.138435	.0362613	26.52723

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
MOB	136	37.45456	35.97852	0	138.5708

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
FIX	136	1.025192	.6764498	0	2.82306

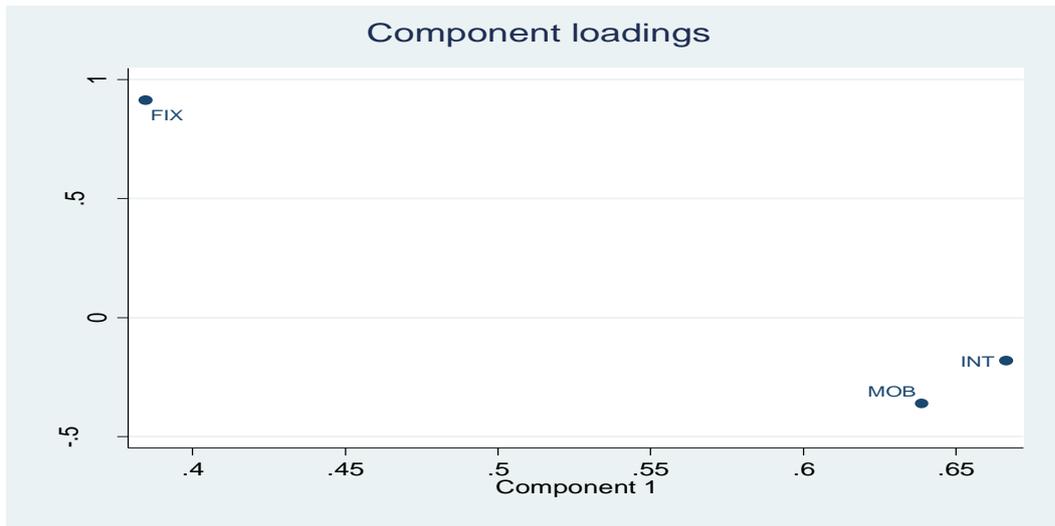
B. Analyse de la composante principale

Principal components/correlation	Number of obs	=	136
	Number of comp.	=	3
	Trace	=	3
Rotation: (unrotated = principal)	Rho	=	1.0000

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	1.90068	1.0456	0.6336	0.6336
Comp2	.855078	.610833	0.2850	0.9186
Comp3	.244245	.	0.0814	1.0000

Principal components (eigenvectors)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Unexplained
INT	0.6665	-0.1809	-0.7232	0
MOB	0.6388	-0.3617	0.6791	0
FIX	0.3844	0.9146	0.1255	0



C. Statistiques descriptives des variables

Date: 05/26/18

Time: 02:41

Sample: 2000 2016

	IIT	CPIBH	TURB	IDE	OUV
Mean	0.756601	1.163760	36.06021	2.616890	64.36744
Median	0.463853	1.237366	39.14300	1.928071	60.97667
Maximum	4.188644	12.05011	54.86900	19.37574	125.0334
Minimum	0.004615	-6.647608	16.18600	-0.900193	30.73252
Std. Dev.	0.859054	2.802863	10.39263	3.025149	19.08471
Skewness	1.833470	0.223437	-0.570235	2.997756	0.640462
Kurtosis	6.446182	4.324116	2.337276	14.02558	3.016076
Jarque-Bera	142.4397	10.98552	9.786800	885.9915	9.230771
Probability	0.000000	0.004116	0.007496	0.000000	0.009898
Sum	102.1411	157.1076	4868.128	353.2802	8689.605
Sum Sq. Dev.	98.88852	1052.710	14472.92	1226.304	48806.33
Observations	135	135	135	135	135