

Technologie de l'information et de communication
et croissance économique dans des pays de MENA
et Africains: A l'épreuve des modèles non linéaires à
seuil

Mohamed Bouhari



20
23

May 4 - 6,
Cairo Egypt

ECONOMIC
RESEARCH
FORUM



منتدى
البحوث
الاقتصادية

ERF 29th Annual Conference

**Technologie de l'information et de communication et croissance économique dans des
pays de MENA et Africains:
A l'épreuve des modèles non linéaires à seuil
ICT and Economic Growth in MENA and Africans countries: Evidence from non –linear –
threshold model**

Mohamed Bouhari

Faculty of Economics and Management of Tunis: mohabouhtn@yahoo.com

Résumé

Cet article étudie, à partir d'un panel de 30 pays de MENA et africains sur la période 1998 - 2020, la nature de la relation entre le développement des TIC et la croissance économique. Notre objectif est de calculer des seuils à partir desquels l'indice de développement des TIC et ses trois composantes (accès, compétences et utilisation) induisent des changements dans la dynamique de croissance de ces pays. Ainsi, l'une des principales contributions de cette étude consiste à appliquer un modèle Panel Smooth Transition Regression (PSTR) développé par González et al. (2005) pour donner une indication précise du choix optimal de la composition des TIC.

Les résultats obtenus mettent en évidence un effet seuil de l'indice de développement des TIC (2,93) au-delà duquel la diffusion des TIC parvient à enclencher un effet significatif sur la croissance économique. Peu de pays de l'Afrique ont satisfait cette condition. En outre, les résultats soulignent que les effets du développement des TIC sur la croissance économique sont conditionnés par des seuils de 2,89, 7,70 et 2,24 respectivement pour l'accès aux TIC, leur utilisation et les compétences en TIC. Les analyses de sensibilité et l'estimation réalisée par la méthode GMM montrent que ces résultats sont robustes.

Mots-clés: Développement des TIC, croissance économique, modèles de régression à transition lisse, pays de l'Afrique et de la région MENA

Abstract

This article examines, from a panel of 30 MENA and African countries over the period 1998 - 2020, the nature of the relationship between ICT development and economic growth. Our objective is to calculate thresholds from which the ICT development index and its three components (access, skills and use) induce changes in the growth dynamics of these countries. Thus, one of the main contributions of this study is to apply a Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model developed by González et al. (2005) to give a precise indication of the optimal choice of ICT composition. The results show a threshold effect of the ICT development index (2.93) beyond which the diffusion of ICT achieves a significant effect on economic growth. Few African countries have met this condition. In addition, the results highlight that the effects of ICT development on economic growth are conditioned by thresholds of 2.89, 7.70 and 2.24 respectively for ICT access, use and skills. Sensitivity analyses and the GMM estimate show that these results are robust.

Keyword: ICT development, Economic Growth, Panel Smooth Transition Regression Model, countries MENA and Africans

Introduction

La question de la relation entre le développement des TIC et la croissance économique a été une préoccupation majeure pour les chercheurs depuis des années. Cependant, cette relation est loin d'être comprise aussi bien sur le plan théorique que sur le plan empirique. Sur le plan théorique, les modèles explicatifs du rôle des TIC trouvent leurs origines de plusieurs théories telles que les théories de croissance exogène et endogène, les théories de coût de transaction, des marchés contestables et de saut technologique. Même si les analyses et les débats ont présenté les TIC comme un vecteur de plus en plus important de la croissance économique, les liens de causalité et les avantages associés au développement de ce secteur et les externalités qu'il induit sont encore loin d'être très solidement établis et parfaitement compris. Au-delà de ces débats théoriques, les contributions empiriques dégagent des résultats mitigés malgré une tendance à pencher en faveur de l'existence d'une relation positive entre la diffusion des TIC et la croissance économique. Certaines études ont mis l'accent sur les modèles linéaires et ont montré que les bénéfices des TIC sont globalement supérieurs à leurs coûts (Bahrini, R. et all, 2019; Oliner et Sichel 2002 ; Jorgenson et Stiroh, 2000, Youssef et M'Henni, 2004). Dans les pays en développement, certaines études ont indiqué que les TIC avaient un impact très faible sur la croissance économique en raison de faible niveau d'infrastructures TIC et l'absence de compétences humaines (Dewan et Kraemer, 2000 ; Kraemer et Dedrick, 2001 ; Dimelis et Papaioannou, 2010 ; Zuhdi et al., 2012 ; Chavula, 2013). Par contre dans les pays avancés dans les TIC, Jorgenson et Vu, (2016) ont souligné que le développement des infrastructures TIC ainsi que l'utilisation de ces infrastructures ont un impact significatif sur la croissance économique.

Maintes critiques ont été avancées concernant la robustesse de ces résultats. L'impact des TIC sur la croissance économique dépend des variables utilisées qui sont très diverses et multiples et concernent aussi bien les infrastructures TIC que l'utilisation des TIC, les différents types de technologie (internet, téléphonie mobile, téléphonie fixe, large bande...). De même, la propriété de linéarité paraît insuffisante à bien des égards. Plusieurs auteurs ont remis en cause la relation linéaire entre les TIC et la croissance économique en raison du comportement des effets de réseau (Gruber et Koutrompis, 2011; Hawash et Lang, 2010; Vu, 2011; Wemboye, Tochkov et Sergi, 2015). De même Hawash et Lang (2010) et Vu (2011) ont montré qu'au-delà d'un certain niveau, les avantages des TIC pour la croissance économique plafonnaient ou même diminuaient. Dans le même contexte, d'autres études ont fait état d'une importante pénétration des TIC dans tous les domaines avant qu'un retour positif sur

l'économie ne puisse être observé (Röller et Waverman, 2001 ; Dedrick et al., 2013 ; Sassi et Goaid, 2013).

L'objectif du présent article est de mettre en évidence l'existence d'une relation non linéaire entre le développement des TIC et le taux de croissance économique en utilisant les données de 30 pays d'Afrique et de MENA pour la période 1998-2020. Nous déterminons le seuil des TIC à partir duquel un arbitrage entre le développement des TIC et croissance est effectif.

Ce travail se distingue des études antérieures pour au moins deux raisons. D'une part, si les retombées des TIC sur la croissance économique généralement reconnues se sont basées sur des modèles linéaires, le présent article met l'accent sur la recherche d'effet de seuil dans l'analyse de la relation diffusion des TIC et croissance économique. En accord avec les travaux de Jean C. Kouam et all. (2022) et Albiman, M. M., & Sulong, Z. (2017), on propose une estimation d'effets de seuils « Threshold effect » en panel à l'aide de la nouvelle technique PSTR (Panel Smooth Threshold Regression) permettant d'étudier des transitions lisses entre régimes. La variable TIC a été retenue comme variable d'intérêt et de transition.

D'autre part, dans la majorité des travaux empiriques, les indicateurs des TIC émergent séparément comme déterminants de la croissance économique. De ce fait, on élargit la compréhension du lien entre les TIC et la croissance économique en examinant l'effet seuil de chaque composante (accès, utilisation et compétence) sur la croissance économique. Un indicateur de développement des TIC a été construit en combinant ces trois dimensions. En effet, cette nouvelle ligne de pensée montre que l'infrastructure TIC, l'accès à cette infrastructure et le développement des compétences sont considérés comme étant des conditions essentielles pour qu'il soit possible de tirer parti des TIC.

Après cette introduction, le reste de l'article est organisé ainsi. La deuxième section présente un rapide examen de la littérature théorique et empirique sur le lien entre le développement des TIC et la croissance économique. L'analyse des données et les méthodologies sont décrites à la troisième section, suivies des résultats empiriques, leurs interprétations et du test de robustesse à la quatrième section. Enfin, la cinquième et dernière section est réservée à la conclusion et aux recommandations.

2. Revue de la littérature

Afin de situer le cadre de notre étude, sera dressée une présentation générale des différentes synthèses relatives aux multiples conceptions théoriques et empiriques s'intéressant au rôle des TIC dans la simulation de croissance.

Sur le plan théorique, une abondante littérature a mis en exergue les effets des TIC sur les activités économiques. Certaines théories, telles que la croissance néo-schumpétérienne (Schumpeter et Redvers, 1934) et la croissance néoclassique (Solow, 1956), ont identifié l'implication des TIC pour la croissance économique. Les TIC entrent dans l'offre économique sous forme de capital et améliorent le processus de production en approfondissant le capital et en produisant la technologie et la main-d'œuvre avec une avance de qualité. En conséquence, les TIC génèrent de la valeur ajoutée au niveau des entreprises et des secteurs, entraînant une augmentation de la productivité et de la croissance économique au niveau national (Aghaei & Rezagholizadeh, 2017 ; Quah, 2002).

Plusieurs modèles explicatifs ont été avancés dans la théorie. S'agissant de l'approche du saut technologique (« Leapfrogging ») de Gerschenkron (1962), les auteurs soutiennent l'idée de contourner les étapes du processus d'accumulation des investissements fixes et en capacités humaines afin de réduire le retard (Steinmuller, 2001). Quant à la théorie des marchés contestables (Baumol et al., 1982), l'internet a le potentiel de rendre les marchés plus contestables et plus concurrentiels (Goel et Hsieh, 2002). La théorie des coûts de transaction d'innovation financière de Hicks et Niehans (1983) inspirée de la théorie des coûts de transaction (Coase, 1937 ; Williamson, 1975), aboutit à la conclusion qu'un environnement propice au partage des infrastructures des TIC permet de réduire les imperfections du système économique, les asymétries d'information et la volatilité des prix.

D'autres reconnaissent que les liens TIC et croissance économique convergent vers un certain nombre de canaux de transmission dont les effets peuvent différer selon l'horizon temporel. Ainsi, la diffusion des technologies de l'information peut avoir des effets durables sur la croissance potentielle de moyen à long terme, via les effets de substitution capital-travail et les gains de productivité multifactorielle et des effets plus transitoires de court à moyen terme liés à l'ajustement retardé des salaires sur les gains de productivité.

Compte tenu de ces points théoriques, le chaînon manquant est entre les facteurs liés aux TIC et l'effet marginal de développement des TIC sur la croissance économique.

Sur le plan empirique, parallèlement à ces avancées théoriques, tout un ensemble d'études empiriques sur les effets des TIC ont été réalisées, concernant principalement au début les pays développés, mais de plus en plus les pays en développement. Plusieurs variables ont été retenues comme la téléphonie fixe, la téléphonie mobile, l'internet, l'investissement dans les TIC et le capital TIC. Les résultats des différents travaux empiriques peuvent être classés en deux catégories. **Selon la première**, il existe une relation linéaire entre les TIC et la

croissance économique. Les travaux de Colecchia et Schreyer (2002), dans neuf pays de l'OCDE, montrent que les TIC contribuent entre 20 à 50% à la croissance de la production nationale. Les études empiriques réalisées par Oulton (2001) aux Royaumes Unis, Mas et Quesada (2005) en Espagne, Toader et al. (2018) dans les États membres de l'UE, prouvent une relation statistiquement positive et significative de l'impact des investissements dans les infrastructures TIC sur la croissance économique.

Les résultats de cette étude corroborent la conclusion de Fernandez-Portillo et al. (2020) selon laquelle les investissements en TIC stimulent la croissance économique des pays européens et le nombre d'utilisateurs d'internet est la clé déterminante de cette contribution. Dans le même ordre d'idée, Cioaca et al. (2020) montrent dans les États membres de l'UE une relation positive et significative entre le niveau d'accès à l'Internet et la croissance économique.

Dans les pays africains, Bokini (2019) a montré que sur la période de 1980 à 2017, il existe une relation positive aussi bien à court terme qu'à long terme entre le taux de pénétration mobile et le PIB réel. L'étude de Qiang (2009), sur un échantillon de 120 pays, a montré que l'accroissement du taux de pénétration des téléphones mobiles de 10%, entraîne une augmentation de la croissance économique de 0,81% dans les pays en développement, contre 0,60% dans les pays développés. Selon Lee et Khatri (2003), les TIC contribuent significativement à la croissance économique en Malaisie. L'effet du capital TIC est trois fois plus important que celui du capital non TIC. De la même façon, l'étude de Sridhar et Sridhar (2007), sur un échantillon de 28 pays en développement, révèle que les lignes fixes et le téléphone mobile ont un impact significatif sur la production nationale. Ces résultats corroborent également ceux de l'étude réalisée par Stanley et al. (2018) qui montre un effet important de la pénétration des téléphones mobiles sur la croissance du PIB. Quant à l'étude de Waverman et al. (2005), les résultats montrent un impact positif et significatif de la téléphonie mobile sur la croissance économique. Cet impact est potentiellement deux fois plus important dans les pays en développement que dans les pays développés. En effet, les pays en développement qui ne disposent pas de grands réseaux de téléphonie fixe, profiteraient à plein du saut technologique de la téléphonie mobile. Dans ces pays, les téléphones mobiles peuvent remplacer les téléphones fixes en tant qu'outil principal, sous réserve d'atteindre une masse critique proche du service universel.

D'autres études ont cherché le lien de causalité entre les TIC et la croissance économique. Roller et Waverman (2001) ont découvert une relation causale positive et significative substantielle entre l'investissement dans l'infrastructure de télécommunications et le succès

économique en utilisant les données de 21 pays de l'OCDE sur une période de 20 ans (1970-1990). Vu (2011) indique que la pénétration des ordinateurs personnels, des téléphones portables et les internautes ont eu un fort effet causal sur la croissance économique. De plus, Pradhan et al. (2014) ont montré une relation causale bidirectionnelle entre le développement des infrastructures de télécommunications et la croissance économique à la fois dans des pays développés du G-20 et des pays en développement.

La deuxième catégorie établit au contraire une relation non linéaire entre les TIC et la croissance économique. L'analyse s'appuie généralement sur le rôle des externalités des réseaux de communication laissant penser que l'impact des TIC va s'accroître plus rapidement qu'on aurait pu le croire au vu de leur mode apparent d'expansion. Un « effet de seuil » est suggéré par plusieurs analyses puisque les TIC ne commencent à avoir un impact national durable qu'à partir d'un certain degré de pénétration de l'économie dans son ensemble. L'étude de Sassi et Goaid (2013) montre que, dans les pays MENA, dès qu'un seuil d'internautes soit atteint, une croissance explosive apparaît. Jean C. Kouam et al. (2022) trouvent que les effets du fixe haut débit sur la croissance économique sont non linéaires en Afrique. Le nombre de personnes ayant accès à l'électricité a été retenu comme la variable de transition. Ainsi, au-delà d'un seuil d'électricité 60 %, le téléphone fixe haut débit devient plus important pour la croissance économique. Gruber et Koutrompis (2011), dans leur étude sur 192 pays, ont constaté que la pénétration massive des télécommunications mobiles élimine les goulets d'étranglement dans l'économie. Avec une méthodologie quelconque peu similaire, Kpodar et Andrianaivo (2011) arrivent également à la même conclusion et découvrent que l'impact des lignes téléphoniques fixes sur la croissance économique est plus élevé que celui des téléphones mobiles. Albiman et Sulong (2017) suggèrent qu'il pourrait y avoir des liens non linéaires entre les TIC et la croissance économique en Afrique subsaharienne. En utilisant des données pour 27 pays sur la période 1990-2014, les auteurs montrent que l'internet a un impact positif sur la croissance pour les trois groupes de pays (à revenu faible, intermédiaire et moyen), tandis que l'effet des autres indicateurs des TIC dépend de niveau de développement économique des pays. Les lignes téléphoniques fixes ont impact important sur la croissance économique pour les pays à revenu intermédiaire et moyen. Cet impact est négligeable pour les pays à revenu faible.

Dans cette optique, le présent article tente d'apporter un éclairage complémentaire aux travaux existants ayant capté l'effet de la non-linéarité pour déterminer l'effet seuil des TIC sur la croissance économique.

3. Méthodologie et sources des données du modèle

En examinant les effets du seuil du développement des TIC sur la croissance économique dans 30 pays de l’Afrique et de la région MENA, cette étude considère le taux de croissance du PIB réel par habitant comme variable dépendante et l’indice de développement des TIC et ses trois composantes comme variable de seuil ou de transition.

Conformément à la littérature sur les déterminants de la croissance économique (Barro et Sala-i-Martin, 2003 ; Rodrik, 1999; Easterly et al., 2006 ; Anyanwu, 2014; Akobeng, 2016), on considère plusieurs variables de contrôle dont le taux d’ouverture commerciale, le taux d’inflation, les dépenses publiques et le crédit accordé au secteur privé.

Nous utilisons la méthode PSTR (Panel Smooth Threshold Regression) proposée par Gonzàlez et al. (2005) et Fok et al. (2005). Cette méthode consiste à réaliser une extension de la méthode PTR (Panel Threshold Regression) de Hansen [1999] aux transitions lisses entre deux régimes extrêmes situés à gauche et à droite d’un seuil déterminé de manière endogène.

3.1 Spécification du modèle

L’intérêt de modèle de régression de seuil est double. Premièrement, les coefficients des paramètres peuvent prendre différentes valeurs qui dépendent du régime. Deuxièmement, dans la mesure où la transition d’un régime à un autre est lisse, les coefficients peuvent changer graduellement (Villavicencio et Mignon, 2011). La méthode bootstrap est également utilisée pour tester la signification statistique de l’effet seuil.

Le modèle pour un seuil unique s’exprime comme suit :

$$y_{it} = \omega_i + \beta'_0 x_{it} + \beta'_1 x_{it} \Phi(q_{it}, \gamma, c) + \mu_{it} \quad (1)$$

C’est le modèle PSTR où y_{it} , ω_i , μ_{it} et x_{it} représentent respectivement la variable endogène, les effets fixes individuels, le terme d’erreur qui est indépendant et identiquement distribué, et un vecteur de variables de contrôle.

$\Phi(q, \gamma, c)$ est une fonction indicatrice et γ est le seuil de transition. Les coefficients β'_0 et β'_1 désignent respectivement le vecteur des paramètres du modèle du paramètre de seuil (c) et un paramètre de lissage (q) qui permet de caractériser à la fois la transition entre les deux régimes et l’existence ou non des non-linéarités gouvernées par la variable de transition. La variable de transition est l’indice de développement des TIC et ses trois composites.

Pour déterminer le nombre de seuils, le modèle est estimé de manière séquentielle pour un et pour deux seuils. Les statistiques de test de linéarité F1, F2 et F3, ainsi que leur p – valeur de bootstrap sont également calculés.

Théoriquement, la forte croissance de l'infrastructure, de la connectivité et de l'utilisation des TIC ainsi que de l'accès à ces technologies porte la promesse de grandes possibilités de développement et de croissance économique.

Afin d'analyser la sensibilité de notre modélisation, nous avons calculé quatre seuils. L'équation (1) pose le problème d'endogénéité entre la variable expliquée et certaines variables explicatives. Pour Fouquau et al. (2008), l'utilisation du modèle PSTR semble limiter les biais potentiels d'endogénéité. Toutefois, dans des travaux similaires aux nôtres, des auteurs, à l'instar de Vinayagathan (2013), ont utilisé la variable endogène retardée comme variable instrumentale pour corriger une éventuelle endogénéité.

La variable explicative d'intérêt est l'indice de développement des TIC et ses trois composantes (Idi, Accès, Compétences et Utilisation). Afin de ne pas être confronté à un problème de simultanéité, la variable de transition $q_{i,t}$ correspond aux variables retardées d'une période $(Idi_{i,t-1}, Acces_{i,t-1}, Competences_{i,t-1}, Utilisation_{i,t-1})$.

A l'instar de Granger et Teräsvirta (1993) et González et al. (2005), nous retenons la fonction de transition logistique suivante :

$$\Phi(q_{i,t}, \gamma, c) = \left[1 + e^{\left(\frac{-\gamma \prod_{z=1}^m (q_{i,t} - c_z)}{\gamma} \right)} \right]^{-1} \in [0,1] \quad \gamma > 0 \quad c_1 < \dots < c_m \quad (2)$$

Le paramètre γ détermine la pente de la fonction de transition. Pour $m = 1$, le modèle a les deux régimes extrêmes séparant les valeurs basse et haute de $q_{i,t}$ avec une seule transition monotone des coefficients de β_0 à $(\beta_0 + \beta_1)$ à mesure que $q_{i,t}$ augmente.

Lorsque $\gamma \rightarrow \infty$, la fonction de transition tend vers une fonction indicatrice $\Pi(q_{i,t} > c_z)$ qui prend la valeur 1 si $q_{i,t} > c_z$. Dans ce cas, la transition devient brutale et le modèle PSTR converge vers un modèle en panel à effets de seuil (PTR) de Hansen (1999) avec deux régimes. En conséquence, l'effet direct des variables TIC sur la croissance du PIB réel sera donné par β_0 lorsque le niveau de ces variables est inférieur ou égal à c et par $(\beta_0 + \beta_1)$ pour un niveau de ces variables supérieur à c .

Par contre, lorsque $\gamma \rightarrow 0$, la fonction de transition devient constante et l'estimation du PSTR se ramène à celle d'un panel à effets fixes individuels. Dans ce cas, en général, l'effet des variables TIC sur la croissance est défini comme une moyenne pondérée des paramètres β_0 et β_1 . Par conséquent, il est généralement difficile d'interpréter directement les valeurs de

ces coefficients. Nous pouvons toutefois interpréter les signes de ces paramètres, car ils indiquent la direction de l'effet de l'indice des TIC sur la croissance. Deux cas se présentent :

- Si la variable de transition $q_{i,t}$ est différente des variables ($Idi_{i,t-1}, Acces_{i,t-1}, Competences_{i,t-1}, Utilisation_{i,t-1}$), la sensibilité de la croissance aux variables TIC du ième pays au temps t est définie comme suit :

$$e_{i,t} = \frac{\partial y_{it}}{\partial X_{it}} = \beta_0 + \beta_1 \times \Phi(q_{i,t}, \gamma, c) \quad \forall i \text{ et } \forall t \quad (3)$$

- Si la variable de transition $q_{i,t}$ est la même que les variables ($Idi_{i,t-1}, Acces_{i,t-1}, Competences_{i,t-1}, Utilisation_{i,t-1}$), l'élasticité de la croissance aux variables TIC est alors définie comme suit :

$$e_{i,t} = \frac{\partial y_{it}}{\partial X_{it}} = \beta_0 + \beta_1 \times \Phi(q_{i,t}, \gamma, c) + \beta_1 \times \frac{\partial \Phi(q_{i,t}, \gamma, c)}{\partial X_{i,t}} \times X_{i,t} \quad \forall i \text{ et } \forall t \quad (4)$$

Le modèle PSTR permet une évaluation précise de l'effet des variables TIC (Idi, accès, compétences et utilisation) sur la croissance économique.

L'élasticité de la croissance par rapport aux variables TIC est définie comme une combinaison linéaire des paramètres β_0 et β_1 . Elle est différente des paramètres estimés pour les régimes extrêmes, à savoir, β_0 et $\beta_0 + \beta_1$.

Comme illustré par les équations (3) et (4), ces paramètres ne correspondent pas à l'influence directe des variables TIC sur la croissance. Par exemple, le paramètre β_0 correspond à un effet direct des variables TIC sur la croissance uniquement lorsque la fonction de transition $\Phi(q_{i,t}, \gamma, c)$ tend vers 0. En revanche, quand $\Phi(q_{i,t}, \gamma, c)$ tend vers 1, l'élasticité de la croissance aux variables TIC est égale à la somme des valeurs des paramètres β_0 et β_1 . Entre ces deux extrêmes, il existe un nombre infini de paramètres d'élasticité définis comme une moyenne pondérée de β_0 et β_1 .

3.2 Estimation des paramètres du modèle PSTR

Pour estimer le modèle PSTR, Colletaz et Hurlin (2006) et Fouquau et al. (2008) suggèrent une procédure en trois étapes. Tout d'abord, nous testons la linéarité par rapport au modèle PSTR. Si la linéarité est rejetée, nous déterminons ensuite le nombre de fonctions de transition. Enfin, nous extrayons les moyennes individuelles, puis nous appliquons les moindres carrés non linéaires pour estimer les paramètres du modèle transformé. Le test de

linéarité dans le modèle PSTR (voir l'équation [1] avec [2]) consiste à tester $H_0 : \gamma = 0$ ou $H_0 : \beta_1 = 0$.

Toutefois, sous l'hypothèse nulle, le test sera non standard dans les deux cas et le modèle PSTR présente des paramètres de nuisance non identifiés (Hansen, 1996).

Pour Luukkonen et al.(1988), une solution possible consiste à remplacer la fonction de transition $\Phi(q_{i,t}, \gamma, c)$ par son expression de Taylor du premier ordre autour du point $\gamma = 0$ et à tester une hypothèse équivalente ($H_0 : \gamma = 0$) basée sur la régression auxiliaire suivante :

$$y_{it} = \omega_i + \beta'_0 x_{it} + \beta'_1 x_{it} q_{i,t} + \dots + \beta'_m x_{i,t} q_{i,t} + \mu_{it} \quad (5) \quad \text{où les paramètres } \beta_1^*, \dots, \beta_m^* \text{ sont des multiples de } \gamma \text{ et } \mu_{it}^* = \mu_{i,t} + u\beta'_1 x_{i,t} \text{ u étant le résidu de l'expression de Taylor.}$$

Avec cette régression auxiliaire, le problème des paramètres de nuisance non identifiés ne se pose plus.

Par conséquent, tester l'hypothèse nulle $H_0 : \gamma = 0$ de l'équation (1) est équivalent à tester l'hypothèse nulle $H_0^* : \beta_1^* = \dots = \beta_m^* = 0$ de l'équation (5).

A la suite de González et al. (2005), Colletaz et Hurlin (2006) et Fouquau et al. (2008) proposent des statistiques de tests basés sur le Multiplicateur de Lagrange de Wald et sa version de Fisher et sur le Ratio de Vraisemblance.

Le test LM de Wald peut être écrit comme suit :

$$LMW = \frac{NT(SCR_0 - SCR_1)}{SCR_0} \quad (6) \quad \text{où N est le nombre de pays, T le nombre d'années ;}$$

SCR0 est la somme des carrés des résidus d'un modèle linéaire avec effets individuels et SCR1 la somme des carrés des résidus du modèle PSTR avec deux régimes.

Sous l'hypothèse nulle, la statistique LM de Wald est distribuée suivant une loi chideux à k degrés de liberté où k est le nombre de variables explicatives. Cependant, lorsque l'échantillon est de petite taille, González et al. (2005) proposent d'utiliser le test de Fisher

$$\text{défini comme suit : } LMF = \frac{\left(\frac{SCR_0 - SCR_1}{m} \right)}{\left(\frac{SCR_0}{TN - N - mk} \right)} \quad (7)$$

Cette statistique est distribuée sous l'hypothèse nulle suivant une loi de Fisher $F(mk, TN - N - m)$. Ce test permet de rejeter ou non l'hypothèse de linéarité au profit d'un modèle PSTR, mais également de déterminer une variable de transition « optimale » parmi un ensemble de variables potentielles. Selon González et al. (2005), la variable de

transition optimale est celle qui minimise la p-value du test de linéarité. Finalement, le test du Ratio de vraisemblance dont la distribution suit une loi de chi-deux à k degrés de liberté, est exprimé de la manière suivante : $LRT = -2[\log(SCR_1) - \log(SCR_0)]$ (8)

Pour déterminer le nombre de fonctions de transition ou de manière équivalente le nombre de régimes dans le modèle, le test de non-linéarité résiduelle est effectué. Dans ce test, l'hypothèse nulle d'un modèle PSTR à une seule fonction de transition ($H_0 : r = 1$) est confrontée à l'hypothèse alternative d'un modèle PSTR possédant au moins deux fonctions de transition ($H_0 : r = 2$). Une logique similaire au test de linéarité est suivie. En particulier, nous testons l'hypothèse nulle de non-linéarité dans la fonction de transition. Par exemple, supposons que nous voulions vérifier s'il existe une fonction de transition ($H_0 : r = 1$) par rapport à au moins deux fonctions de transition ($H_0 : r = 2$).

3.3 Données du modèle

Les statistiques que nous utilisons couvrent la période annuelle de 1998 à 2020 et sont celles publiées par la Banque Mondiale et l'Union Internationale des télécommunications. Nous choisissons le taux de croissance de produit intérieur brut réel par habitant comme étant la variable expliquée. La variable explicative est l'indice de développement des TIC (Idi) et ses trois composantes.

Nous retenons cinq variables de contrôle. La première est la variable retardée du taux d'accroissement du PIB réel. La deuxième, le ratio crédit domestique au secteur privé/PIB (crédit) permet de capter le développement du secteur financier. À l'instar de plusieurs travaux (Kremer et al. 2013), nous prenons en compte l'ouverture commerciale (Ouv) comme une troisième variable, obtenue en rapportant la somme des exportations et des importations au PIB. La quatrième variable est le taux d'inflation (inflation). Une inflation élevée peut contribuer à détériorer la compétitivité-prix conduisant à des effets négatifs sur la croissance économique. Les dépenses publiques (Dépense) constituent notre cinquième variable. Le sens de la relation entre les dépenses publiques et la croissance économique ne fait pas consensus dans la littérature. En effet, les travaux empiriques montrent que les dépenses publiques peuvent influencer la croissance économique négativement ou positivement en fonction de la nature et de la qualité des dépenses publiques (Devarajan et al., 1996 ; Gupta et al., 2005) ou du seuil des dépenses publiques (Mondjeli, 2015).

➤ L'Indice Idi

Cet indice comprend trois dimensions qui représentent de manière globale la dynamique des incidences économiques et sociales produites par les TIC. La mise en place d'une infrastructure TIC doit être utilisée par les compétences (voir encadré en annexe).

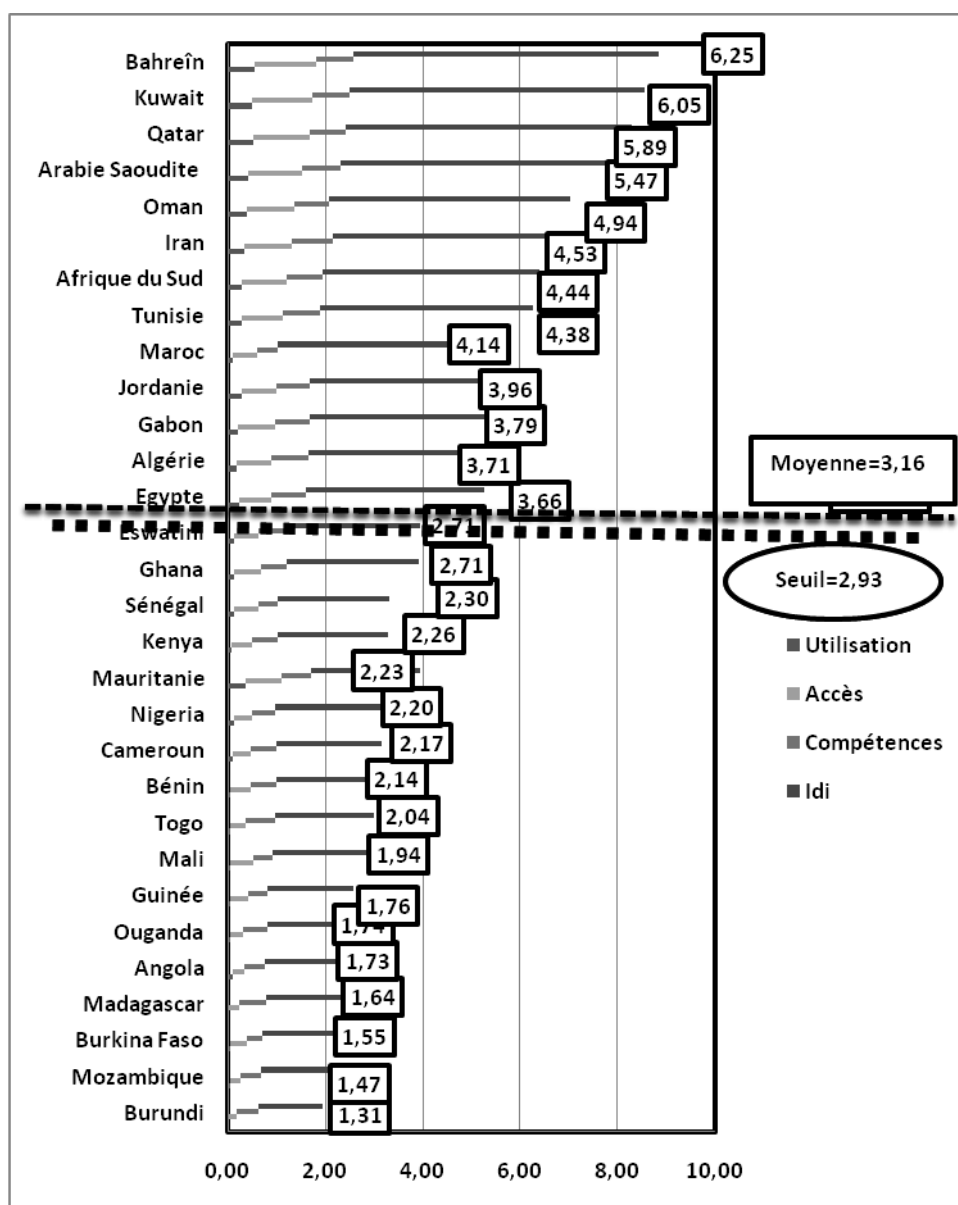
Dans ce papier, la méthode utilisée afin de normaliser les indicateurs et les regrouper est la même que celle est utilisée par l'UIT. Cet indice (Idi) composé de 11 indicateurs, est une valeur repère présentée sur une échelle de 0 à 10. On sait que le calcul d'un indicateur composite, il est essentiel d'optimiser la disponibilité des données pour les pays considérés si l'on veut que la comparaison soit significative. Or, au lieu d'exclure un pays en raison de la faible disponibilité des données nous avons préféré de calculer un score d'indice agrégé fondé sur une petite quantité de données. Sans perte de généralités, certains indicateurs ont été exclus en raison de la qualité insuffisance des données.

L'indice Idi est divisé en trois sous-indices — accès, utilisation et compétences — chacun d'eux reflétant différents aspects et composantes du processus de développement des TIC. L'indicateur lié aux compétences en matière de TIC comprend le taux brut de scolarisation dans le primaire, le secondaire et le supérieur. L'indicateur lié à l'accès aux TIC regroupe le nombre d'abonnements à la téléphonie fixe pour 100 habitants et le nombre d'abonnements au cellulaire mobile pour 100 habitants. L'indicateur lié à l'utilisation des TIC comprend le pourcentage de particuliers utilisant l'Internet.

L'analyse comparative de l'indice Idi se fait par pays (fig1) et par année (fig2). S'agissant de l'analyse des valeurs de développement des TIC par pays, le classement montre que des écarts de développement des TIC entre les pays de MENA et les pays africains. Des pays à revenus élevés de la région MENA se démarquent avec des valeurs Idi relativement élevées. Les quatre pays du Golfe (Bahreïn, Kuwait, Qatar, l'Arabie Saoudite), affichent une valeur Idi moyenne de 6,4 qui dépassent la moyenne mondiale de 4,77.

Des pays de la région Afrique occupent invariablement les dernières places du classement Idi, la moyenne s'établissant à seulement 1,69, soit presque trois fois moins. L'indice Idi pour l'Afrique est le plus faible, avec seulement cinq pays – l'Afrique du Sud (4,4), la Tunisie (4,38), le Maroc (4,13), le Gabon (3,79) et l'Algérie (3,71) dépassant la moyenne mondiale de 4,77. Le Guinée, Angola, Mozambique, Burundi et Burkina Faso, figuraient parmi les pays les moins connectés avec une valeur Idi moyenne de 2.

Figure 1: Classements et moyennes de l'indice IDI, par pays, 1998-2020



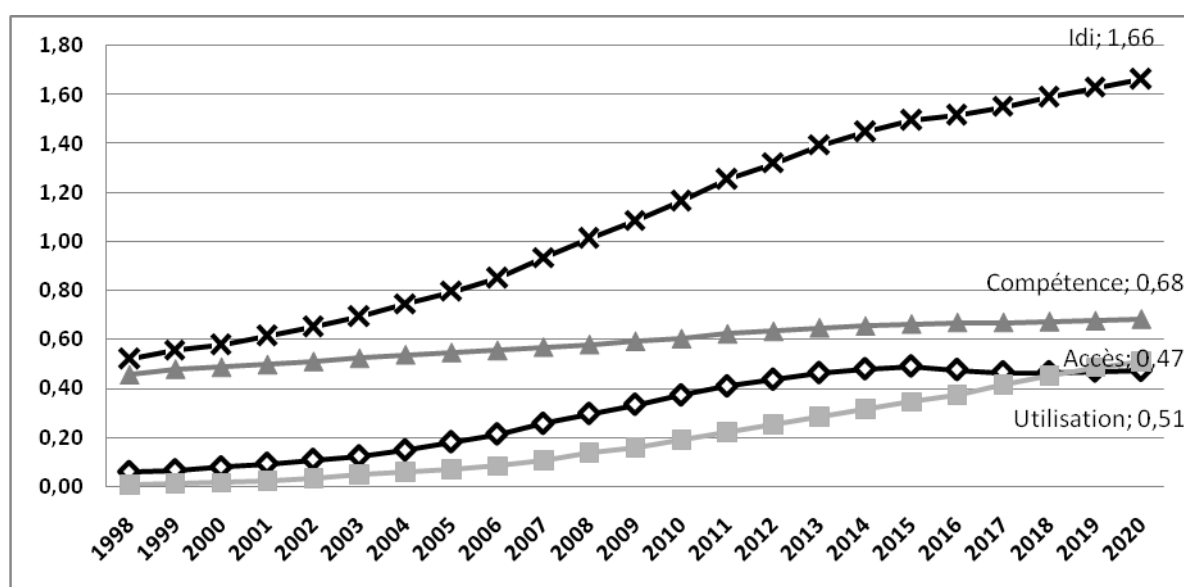
Source : calcul de l'auteur

Quant au classement des indicateurs TIC par année, la figure 2 montre que les TIC poursuivent leur essor dans les pays de l'échantillon, permettant à un nombre croissant de personnes d'être connectées. Comme en témoigne la progression de ces trois sous indices (accès, utilisation et compétences), les TIC ont continué à se développer de manière constante à travers ces pays. En effet pour toute la période, l'indice Idi a augmenté en moyenne de 5,42%. Le sous-indice utilisation a grimpé de 22,61% contre 9,85% pour le sous-indice accès. Cette tendance s'explique en partie par le fait que les valeurs de départ sont plus faibles dans les pays africains, mais elle reflète également l'adoption rapide de services TIC tels que l'Internet et le mobile. En effet, les pays les plus dynamiques du classement (ceux dont la

valeur de l'indice Idi ou le classement a évolué à un rythme supérieur à la moyenne sont majoritairement des pays à revenus élevés.

Une autre explication se trouve dans le fait que le sous-indice Compétence est déjà élevé dans la plupart des pays, tandis que les sous-indices Accès et Utilisation restent beaucoup plus bas et que de nombreux pays continuent de progresser dans l'utilisation des TIC.

Figure 2: Evolution du secteur des TIC dans le monde, 1998-2020



Dans l'ensemble, le niveau de ces indicateurs est une preuve suffisante que les pays doivent être largement préparés et équipés en infrastructures TIC (situation mesurée par le sous-indice accès) pour atteindre un niveau élevé d'utilisation des TIC, et disposer de nombreuses compétences dans le domaine des TIC (situation mesurée par le sous-indice compétences). Autrement dit, De plus en plus les pays atteignent une masse critique en termes d'accès et d'utilisation des TIC, plus la diffusion de ces technologies s'accélèrent pour favoriser le développement économique.

➤ Le taux de croissance par habitant du PIB

La figure 3 montre que le taux de croissance évolue en dent de scie tout en restant faible et parfois négatif. L'évolution du taux de croissance du PIB réel dans les pays de l'échantillon revêt un caractère instable et fluctuant qui ne permet pas, la plupart du temps, de décrire une tendance. En moyenne, dans les pays africains, il est parti de 1,6 % en 1998, à -1,96 % en 2009 pour remonter à 2,34 % en 2011, puis -3,02 % en 2020,

Les taux de croissance sont plus faibles dans les pays de région de MENA que dans certains pays africains.

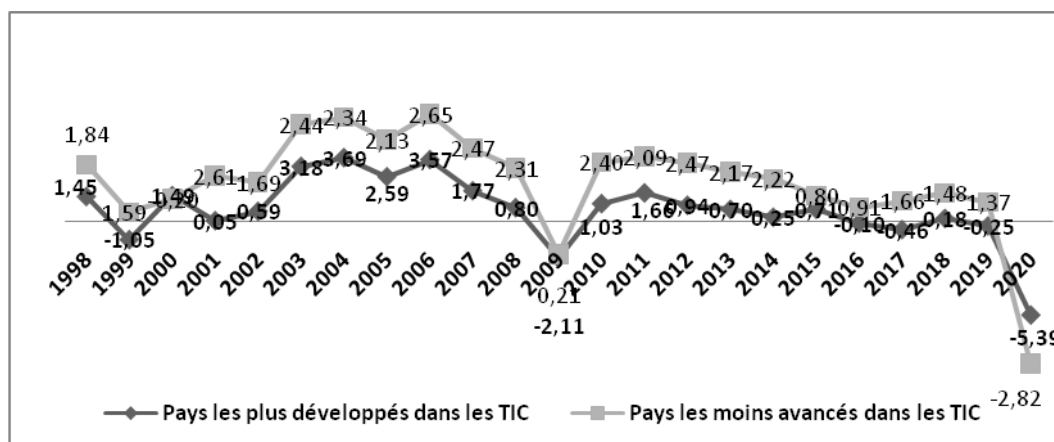
Sur la période 1998-2020, les pays d’Afrique du Nord ont enregistré les fluctuations de croissance les plus faibles car ils ont ouvert leur économie. Le taux de croissance annuel moyen (TCAM) s’est élevé à 0,82 % dans les pays de région MENA contre 1,46 % dans les pays africains.

L’économie des pays MENA est en effet peu diversifiée et fortement concentrée dans quelques secteurs, ce qui augmente sa vulnérabilité aux chocs extérieurs et fait peser des incertitudes sur la croissance. À l’exception de quelques pays importateurs de pétrole, les autres pays de la région sont tributaires d’un seul produit de base. Dans les deux tiers des 18 pays de la région, le secteur pétrolier constitue la principale source de recettes: les revenus du pétrole entrent pour quelque 60 à 90 % dans le total de leurs recettes d’exportation et représentent plus de 60 % de leur PIB.

La croissance du PIB réel dans le groupe des pays les plus connectés se différencie de celle du groupe des pays les moins avancés par son caractère plus volatile et plus élevé mais aussi par l’amplitude entre ses différentes phases.

Dans le cas des pays les moins connectés dans les TIC, les résultats confirment deux périodes caractérisées par une moyenne du taux de croissance du PIB réel par tête élevé.

Figure 3 : Evolution du taux de croissance du PIB réel/habitant dans les pays de l’échantillon



3.4 Analyse descriptive des variables du modèle

L’analyse des données de notre base nous a amené à identifier deux groupes de pays, les plus avancés dans les TIC et les moins connectés. A la suite de cette identification, nous présentons alors la statistique descriptive des deux groupes de pays. Les résultats de ces analyses sont compilés dans le tableau 8 en annexe, duquel plusieurs enseignements peuvent également être tirés. D’abord, on constate que chaque régime contient au moins 45% du total des observations. Ainsi, l’inférence statistique et économétrique est applicable car pour

chaque régime, les données permettent d'obtenir des tests concluants et des estimations assez cohérentes. Ensuite, sans aller dans les détails, il y a bien une différence fondamentale entre les deux régimes en ce qui concerne les variables liées aux TIC (l'accès, l'utilisation, les compétences) et les variables macroéconomiques comme l'inflation, les crédits accordés au secteur privé, les dépenses de consommation et le taux d'ouverture. Enfin, le taux de croissance moyen n'est pas relativement stable dans les deux régimes. Le ralentissement se fait sentir essentiellement dans les pays MENA où les principales économies sont plus étroitement intégrées aux marchés mondiaux que dans la plupart des autres pays d'Afrique. Les pays africains exportateurs de pétrole maintiennent leur croissance malgré la baisse des prix du pétrole, grâce aux ressources obtenues pendant les périodes précédentes.

Avant de procéder à l'analyse économétrique, nous étudions la stationnarité des séries en ayant recours aux tests d'Im, Pesaran et Shin (IPS) (2003) et au test de Levin, Lin et Chu (LLC) (2002).

Les tests IPS et LLC ont permis d'obtenir deux principaux résultats (voir le tableau 9 en annexe). D'après le premier résultat, les variables taux de croissance du PIB, accès, compétences, inflation et ouverture commerciale sont stationnaires en niveau. En effet, les valeurs des tests sont supérieures aux valeurs critiques à 1 %.

S'agissant du deuxième résultat, les autres variables, à savoir accès, compétences, utilisation, crédit et ouverture commerciale ne sont pas stationnaires en niveau. Toutefois, il convient de mentionner que pour les variables accès, compétences et ouverture commerciale, les deux tests aboutissent à des conclusions différentes. Nous retenons les résultats du test IPS dans la mesure où ce dernier corrige l'homogénéité de la racine autorégressive dont souffre le test LLC.

Après l'analyse de ces résultats, nous procédons aux tests statistiques et économétriques sur nos données.

4. Résultats

Cette section expose les résultats de l'estimation de la relation entre le développement des TIC et ses trois composantes et la croissance économique. D'abord, en utilisant comme variable de transition l'indice de développement des TIC et ses trois composantes, on étudie les tests de non linéarité et on détermine le nombre de régime. Ensuite, on présente les résultats de l'estimation du modèle PSTR. Enfin, on teste la robustesse des résultats précédents en estimant à nouveau une équation de croissance non linéaire en fonction du

développement des TIC à l'aide de la méthode des moments généralisés (GMM) sur panel dynamique (Arellano et Bond, 1991, Arellano et Bover, 1995 et Blundell et Bond, 1997).

4.1 Résultats du test de linéarité et du nombre de régimes

La première étape consiste à tester la linéarité par rapport au modèle PSTR en utilisant l'indice de développement des TIC et ses trois composantes comme variable de transition. Les résultats du test de linéarité sont obtenus à partir des statistiques du Multiplicateur de Lagrange de Wald, de Fisher et du Ratio de Vraisemblance ainsi que des valeurs de probabilité qui leur sont associées. Ils sont reportés dans le tableau 1 ci-après.

Ce tableau montre que les tests de linéarité conduisent clairement à rejeter l'hypothèse nulle de linéarité du modèle par rapport à une spécification PSTR.

Quel que soit le choix pour la statistique, les résultats indiquent que l'hypothèse nulle $H_0 : \gamma = 0$ ou $H_0 : \beta_1 = 0$ est fortement rejetée. Ce premier résultat confirme la non-linéarité de la relation entre la croissance économique et l'indice Idi et ses composantes dans les pays de l'échantillon.

Ainsi le développement des TIC aurait, au delà un certain niveau, une influence positive sur la croissance économique dans cette zone. Au-dessous de ce seuil, l'effet serait non significative sur l'activité économique

Tableau 1 : Test de linéarité

		H0 : Modèle linéaire			
		Ha : Modèle PSTR avec au moins une variable seuil			
		Idi	Accès	Compétences	Utilisation
Test de Wald	LM	19,79	21,85	12,64	52,81
		Pv=0,001	Pv=0,000	Pv=0,000	Pv=0,000
Test de Fisher	LM	3,741	4,13	2,39	11,47
		Pv=0,000	Pv=0,001	Pv=0,027	Pv=0,000
Test de Vraisemblance	LM	20,09	22,22	12,76	55,05
		Pv=0,0012	Pv=0,000	Pv=0,025	Pv=0,000

Sachant que l'hypothèse de linéarité est rejetée, la deuxième étape consiste à déterminer le nombre optimal de fonctions de transition nécessaires pour capturer toute la non-linéarité.

Les tests de spécification de l'absence de non linéarité résiduelle conduisent à l'identification du nombre de régimes. Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau 2 ci-après

Tableau 2: Test du nombre de régime

Test d'un seuil unique-Idi			
Fstat	57,81		
P-value	0,03		
(10%, 5%, 1%) valeurs critiques	42,75	48,25	64,33
Test d'un seuil unique –Accès			
Fstat	43,55		
P-value	0,04		
(10%, 5%, 1%) valeurs critiques	38,60	42,22	59,16
Test d'un seuil unique –Compétence			
Fstat	49,16		
P-value	0,01		
(10%, 5%, 1%) valeurs critiques	34,71	39,92	47,99
Test d'un seuil unique –Utilisation			
Fstat	93,93		
P-value	0,000		
(10%, 5%, 1%) valeurs critiques	37,10	40,43	55,77

Tableau 3: Valeurs estimées du seuil

Coefficients	Valeurs estimées	Intervalle de confiance 95%
$\hat{\gamma}_1$ Idi	2,93	[2,92 2,94]
$\hat{\gamma}_1$ Accès	2,89	[2,75 2,93]
$\hat{\gamma}_1$ Compétence	7,70	[7,60 7,704]
$\hat{\gamma}_1$ Utilisation	2,24	[2,17 2,25]

4.2 Examen empirique de la non-linéarité à l'aide d'un modèle Panel Smooth Threshold Regression (PSTR)

Les résultats de l'estimation (de l'équation 1) correspondant à ces seuils déterminés de façon endogène sont présentés dans le tableau 4. Dans les quatre estimations le R2 se rapproche à 0,5. Par conséquent, ce modèle est plus au moins de bonne qualité.

➤ L'indice de développement des TIC : Idi

L'estimation des pentes de la régression révèle l'impact de développement des TIC sur la croissance économique dans les deux régimes comme suit :

- Lorsque l'indice de développement est $\leq 2,93$, le coefficient de pente s'élève à **0,866**. Sa valeur est positive mais non significative, ce qui implique qu'au dessous de ce niveau, la relation entre le développement des TIC et la croissance économique n'est pas statistiquement significative.
- Lorsque **idi** $> 2,93$, la pente égale à **1,2** est significativement différente de zéro montrant que les pays africains et les pays de MENA ne peuvent bénéficier du

développement des TIC qu'une fois qu'un seuil (2,93) de l'indice de développement des TIC est atteint.

Comme le montre la figure 1 ci-dessus, les pays africains de l'échantillon, à l'exception de l'Afrique du Sud et du Gabon, se trouvent au dessous de ce seuil. En effet, malgré le développement et l'extension rapide des TIC dans l'ère de la mondialisation, les africains accusent du retard pour tirer pleinement profit de cette révolution numérique (Diagne et Ly, 2009). Il reste encore beaucoup à faire pour généraliser l'utilisation des TIC dans les secteurs clés et amener les citoyens à adopter les services en ligne.

Il est noté que ces résultats ont déjà été obtenus par plusieurs études qui se sont intéressées à l'impact de la diffusion des TIC sur la croissance économique. Ainsi, Adeleye et Eboagu (2019) ont conclu à l'existence d'une relation linéaire positive entre le développement des TIC (le nombre d'utilisateurs d'Internet, la télédensité du réseau de téléphone fixe et le taux de pénétration du mobile) et la croissance économique dans les pays africains. Jean C. Kouam et al. (2022) apportent de nouveaux éléments à l'appui des liens entre les TIC et la croissance économique. Ils ont mis l'accent sur la recherche d'effet de seuil dans l'analyse de la relation électricité – développement TIC et croissance économique. Ils montrent qu'il existe un seuil d'accès à l'électricité à partir duquel l'influence de la diffusion des TIC (connexion large bande fixe) devient considérable sur la croissance. Plus précisément, les effets du développement des TIC sur la croissance sont conditionnés par la part de la population ayant accès à l'électricité. Au dessus de seuil de 60%, la croissance économique augmenterait de 2,43 % lorsque les abonnements au haut débit fixe augmenteraient de 1 %.

➤ **L'indice Accès aux TIC**

Il ressort que l'impact de l'indice Idi diffère en fonction des seuils de fragmentation de cette variable. Pour une valeur de l'indice d'accès inférieur à 2,89, l'impact de l'indice Idi sur la croissance est positif et significatif ($\beta_0 > 0$). Pour une valeur de l'indice de l'accès supérieur à 0,289, l'effet marginal de développement des TIC est toujours positif et significatif à 1%. En d'autres termes, au-delà de seuil de 2,89, l'effet stimulant est toujours positif et significatif ($\beta_0 + \beta_1 > 0$).

L'investissement dans les infrastructures TIC peut influencer davantage encore. L'étude menée par Vu (2013) a conclu que l'investissement dans les TIC a un effet positif sur la croissance économique. Hanclova et al. (2015) suggèrent que les investissements devraient être priorisés par les pays à revenu intermédiaire supérieur.

➤ **L'indice Compétences**

Tout comme pour l'indice accès aux TIC, le coefficient β_0 est positif et significatif. La relation entre le développement des TIC et la croissance économique est positive au dessous de seuil 7,70. Au delà de ce seuil, l'effet stimulant devient plus important car $\beta_0 + \beta_1 > 0$.

Dans cette ligne de recherche, Kalaitzidakis et al. (2001) ont trouvé un effet non linéaire du capital humain sur la croissance économique. Ils soulignent que leurs preuves concordent avec la suggestion théorique selon laquelle il existe des seuils de capital humain et que l'expérience de croissance d'un pays peut très bien différer selon le côté du seuil où il se trouve. Des compétences liées aux TIC insuffisantes constituent un obstacle majeur pour ce qui est de l'accès des personnes à l'Internet.

➤ **L'indice Utilisation TIC**

Dans le tableau 4, la relation entre le développement des TIC et la croissance économique est positive et significative $\beta_0 > 0$. En effet, au-delà d'un certain seuil de l'utilisation de TIC (2,24), l'effet de développement des TIC sur la croissance économique reste positif mais significatif à 10%. L'effet stimulant est toujours positif et significatif ($\beta_0 + \beta_1 > 0$).

Ces résultats sont confirmés par certaines études qui ont montré l'importance de la contribution de l'utilisation des TIC à la croissance économique en Afrique. En effet, Edna Maeyen Solomon et al. (2020), ont montré que tout accroissement de l'indice de l'usage individuel des TIC induit une hausse de la croissance du PIB d'environ 0,25 % en moyenne. L'utilisation individuelle des TIC a un impact positif sur la croissance car elle favorise le capital humain, réduit le coût d'achat des biens et des services et augmente la productivité du travail et du capital (Evangelista et al., 2014). Selon Counted et al. (2016), l'utilisation des TIC renforce l'innovation et offre des avantages qui se répercutent sur le secteur des télécommunications et sur d'autres secteurs de l'économie.

➤ **Contribution des facteurs traditionnels de la croissance économique**

Au niveau des indicateurs macroéconomiques, tels que l'inflation, elle présente un coefficient négatif et significatif au seuil de 5% dans le régime 2. Qu'il s'agisse du régime 1 ou du régime 2, la variable du taux de croissance du PIB retardée d'une année présente un coefficient positif et significatif au seuil de 1% pour l'ensemble des quatre équations.

De plus, le coefficient associé aux dépenses publiques a un signe négatif et significatif surtout dans le régime 2, indiquant qu'une augmentation des dépenses publiques diminue la croissance économique. Scully (1989) montre que l'effet négatif sur l'impact de

l'accroissement des dépenses publiques dans l'économie sur la croissance, provient d'une moindre efficacité du secteur public.

Les autres variables (ouverture commerciale et crédit) sont de signe négatif ou positif mais non significatif. Une explication tient peut-être de la façon dont ces variables ont été spécifiées.

Globalement, tous ces résultats montrent le caractère essentiel des TIC dans le développement économique d'un pays. En effet, les TIC fournissent de nombreuses externalités positives pour tout le système productif et constituent de réelles opportunités.

Tableau 4. Estimation du modèle PSTR à deux régimes

Variable expliquée Txcroi	Idi (1)		Accès (2)	
Paramètres changement de régimes				
	β_0	β_1	β_0	β_1
Txcroi(-1)	0,537***	0,512***	0,501***	0,533***
Constante	1,39***		1,31***	
Idi	0,866	1,2***	5,47***	1,15***
Taux d'ouverture	0,021	0,003	-0,006	0,028***
Crédit	0,101*	0,025	0,083	0,003
Inflation	-0,004	-0,14***	-0,007	-0,098***
Dépense	-0,025	-0,561**	-0,092	-0,213***
R ²	0,487		0,477	
Prob > F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Seuil γ	2,93		2,89	
Paramètres changement de régimes				
	β_0	β_1	β_0	β_1
Txcroi(-1)	0,531***	0,560***	0,512***	0,529***
Constante	1,12***		1,90***	
Idi	1,8***	-1,76***	1,84***	0,453*
Taux d'ouverture	0,02*	0,008	0,02	-0,002
Crédit	0,073***	-0,033	-0,013	-0,023***
Inflation	-0,003	-0,086**	-0,007	-0,180***
Dépense	-0,134***	-0,239	-0,055	-0,393***
R ²	0,481		0,52	
Prob > F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Seuil γ	7,70		2,24	

Note: Le niveau de significativité est donné par *** (1%), ** (5%) et *(10%).

Le signe de β_0 matérialise l'orientation de la sensibilité des variables dans un régime d'Idi faible. β_1 matérialise l'orientation de la sensibilité des variables dans un régime d'Idi élevé.

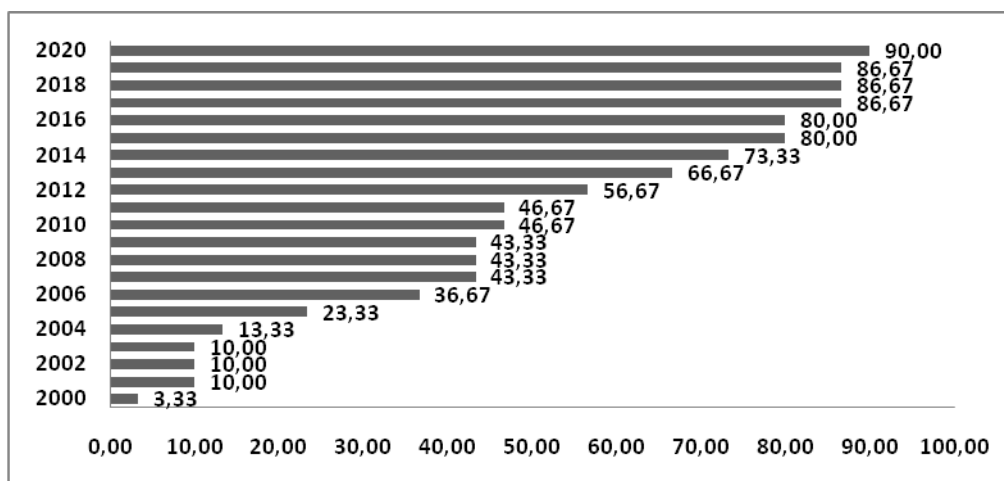
Source : Calculs de l'auteur, extraits de STATA 15

L'accès aux TIC au moyen d'investissements dans l'infrastructure doit donc impérativement s'accompagner d'un développement du contenu facilitant les relations ainsi que les échanges d'informations relatives aux marchés.

La non-linéarité ainsi observée se matérialise lorsque l'indice de développement des TIC est en moyenne de 2,93.

Au dessous de ce seuil, la sensibilité de la croissance au développement des TIC n'est plus importante. Au-delà de ce seuil, cette sensibilité est positive et significative. Ce phénomène a été observé cours de la période allant de 2000 à 2020 et la transition progressive (lisse) d'un régime à un autre a commencé à partir de l'année 2000.

Figure 4 : Evolution des pays (en %) ayant un Idi supérieur au seuil



Le résultat le plus significatif de cette étude est que l'impact de développement des TIC sur la croissance économique et la concrétisation de son potentiel dépend aussi bien des **infrastructures de communication adéquate et des capacités humaines nécessaires pour les exploiter** que de l'utilisation de ces technologies si l'on veut transformer l'information numérique en connaissances utiles pour le développement.

Les TIC devraient être encouragées selon une approche davantage axée sur le renforcement des capacités que sur la satisfaction des besoins, en prenant appui sur les fondements des systèmes d'apprentissage, d'innovation et de renforcement des compétences.

4.3 Etude de la non-linéarité avec la méthode des moments généralisés

Nous testons la robustesse des résultats précédents en estimant à nouveau une équation de croissance non linéaire en fonction du développement des TIC à l'aide de la méthode des moments généralisés (GMM) sur panel dynamique (Arellano et Bond,1991, Arellano et Bover ,1995 et Blundell et Bond,1997). Cette méthodologie présente entre autres l'avantage de contrôler les biais d'endogénéité liés aux indicateurs de développement des TIC et aux autres variables de contrôle. L'inconvénient c'est qu'elle ne permet pas de représenter une transition lisse. Cependant, les résultats du modèle théorique suggérant un effet positif et élevé du développement des TIC sur la croissance au niveau de l'équilibre haut, contre un effet négatif

tendant à devenir faible au niveau de l'équilibre bas, peuvent être approximés par une relation quadratique entre la croissance et le développement des TIC.

L'équation de la régression se présente alors sous la forme suivante :

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 Z_{it} + \beta_2 Z_{it}^2 + \beta_3 X_{it} + \mu_{it} \quad (8)$$

μ_{it} représente le terme d'erreur, les autres variables étant définies précédemment.

La variable Z comprend l'indice de développement des TIC (Idi) et ses trois composantes : utilisation, accès et compétences

L'équation (8) contient la variable Z au carré, qui permet de prendre en compte la non linéarité dans l'équation de croissance. Cette spécification permet également de faire dépendre l'effet marginal du secteur TIC sur la croissance du niveau de développement des TIC. L'idéal aurait été de calculer l'estimateur des PSTR à l'aide de la méthode des moments généralisés. Toutefois, les propriétés statistiques d'un tel estimateur ne sont pas encore connues avec certitude.

La méthode d'instrumentation repose sur l'utilisation des variables retardées. Puisque le niveau de développement des TIC peut être considéré comme endogène, nous utilisons les valeurs retardées à partir de la deuxième période comme instruments, tandis que les autres variables supposées être faiblement exogènes (au sens de Arellano et Bond, 1991) seront instrumentées par les retards à partir de la première période.

L'expression du taux de croissance par rapport au développement des TIC est :

$$\frac{\partial y_{it}}{\partial Z_{it}} = \beta_1 + 2\beta_2 Z_{it} = 0 \Rightarrow Z^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \text{ avec } Z = \text{Idi, Compétences, Utilisation et Accès}$$

L'effet marginal du développement des TIC sur la croissance est linéaire dans le modèle quadratique; ce qui traduit une perte d'information comparativement au modèle PSTR, où l'élasticité est une fonction non linéaire du développement des TIC.

Les différents seuils de changement de signe dans la relation entre le développement des TIC et ses trois composantes et la croissance économique sont présentés dans le Tableau 5, en fonction du modèle testé. Ces seuils traduisant le passage d'une relation positive à une relation négative. Au – delà de ces seuils, le développement des TIC serait contre productive pour l'activité économique.

S'agissant de notre variable d'intérêt, à savoir l'Idi, l'estimation en GMM montre d'une part qu'elle est significativement positive. D'autre part, la variable Idi au carré est négative et significative, ce qui suggère l'existence d'une relation en cloche entre le développement des

TIC et la croissance économique. La spécification GMM permet par ailleurs de mettre en évidence un seuil égal à $\frac{\beta_1}{-2\beta_2} = 7,63$

Quant aux trois sous indices, les résultats de nos estimations indiquent que l'effet positif sur la croissance économique apparaît lorsque le niveau de ces trois sous indices (accès, compétences et utilisation) est au dessus respectivement des seuils de **13,5 ; 8,11 et 8,31**.

Malgré les efforts d'investissement dans les TIC, ces seuils montrent que les pays africains accusent un retard en matière de progression numérique. Ces résultats corroborent ceux de Banga et Velde, (2018), Melia (2020) et Yoon (2020) selon lesquels les pénuries de compétences numériques et les déficits dans l'infrastructure des TIC constituent un obstacle à l'appropriation des technologies digitales.

Quand on analyse les variables de contrôle, on remarque qu'elles ont toutes un effet négatif, exception faite à la variable taux d'ouverture. Le paramètre d'ajustement associé au retard de la variable dépendante est positif et significatif au seuil de 1%. En effet, celui-ci dépend bien positivement de son niveau passé.

Le test d'auto corrélation du second ordre de d'Arrelano et Bond ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'absence d'auto corrélation du second ordre.

Tableau 5. Résultats de régression par le GMM

Variable expliquée	(1)	(2)	(3)	(4)
Txcroi	Idi	Accès	Compétence	Utilisation
Txcroi(-1)	0,118***	0,126***	0,187***	0,121***
Idi	-1,19***			
Idi2	0,078**			
Accès		-4,406***		
Accès2		1,62**		
Compétence			-20,03***	
Compétence2			12,34**	
Utilisation				-8,28***
Utilisation2				4,47***
Inflation	-0,034**	-0,061**	-0,063**	-0,054***
Crédit	-0,057***	-0,070***	-0,056***	-0,057**
Taux d'ouverture	0,078***	0,076***	0,072**	0,055**
Dépense	-0,049	-0,034	-0,059	-0,045
Sargan	278,38	281,02	401,5	277,56
P-value	0,016	0,012	0,701	0,017
AR(1)	0,000	0,000	0,000	0,000
AR(2)	0,112	0,086	0,05	0,136
Nombre d'instruments	237	237	425	541
Nombre d'observations	630	630	630	630
Nombre de groupes	30	30	30	30

Note: Le niveau de significativité est donné par ***(1%), ** (5%) et *(10%).

Dans les colonnes 1, 2, 3 et 4, toutes les variables sont considérées comme des instruments.

Partant de là, les tests de Sargan et d'Arellano et Bond de l'auto-covariance des résidus d'ordre 1 et 2 (AR1 et AR2) permettent de s'assurer, en partie, de la validité de ces instruments (Bond et alii, 1998). D'après leurs p-values, il semble que les instruments utilisés par la méthode Arellano-Bond en première étape soient valides pour les présentes estimations.

Comme on peut le remarquer, les seuils de renversement de signe sont différents, compte tenu de la contrainte de linéarité que le modèle quadratique impose au niveau de l'effet marginal. La perte d'information liée à cette contrainte fait que le seuil de renversement observé au niveau du modèle GMM est nettement supérieur à celui du modèle PSTR, puisque l'effet marginal est fortement non-linéaire dans ce modèle. Cependant, de façon globale, les résultats du modèle PSTR suggèrent qu'au-delà d'un seuil de développement des TIC, la croissance économique est positivement associée à une amélioration du développement des TIC.

La spécification GMM permet par ailleurs de mettre en évidence un seuil pour chaque variable TIC (l'indice Idi et les trois composantes). Au-delà de chaque seuil, la variable TIC impacte positivement la croissance économique et au-dessous de chaque seuil, elle a des effets contre-productifs sur la croissance.

Tableau 6. Valeurs des seuils dans les modèles PSTR et GMM

Variabes	Idi	Accès	Compétences	Utilisation
Z*	7,63	13,5	8,11	8,31
$\hat{\gamma}_1$	2,93	2,89	7,70	2,24

L'ensemble des résultats obtenus nous permettent de confirmer l'hypothèse de présence d'effets de seuil dans la relation entre le développement des TIC et la croissance économique dans les pays de MENA et africains. Le niveau de développement des TIC dans la plupart des pays africains est au dessous de seuil optimal, ce qui confirme le retard important en TIC qu'affichent plusieurs pays africains en termes de maturité numérique (Fig1).

En somme, ces résultats inspirent deux recommandations de politique économique. Premièrement, puisque les TIC évoluent sans cesse, les efforts à faire pour combler ce retard doivent mettre en place le cadre nécessaire, en termes notamment de renforcement d'infrastructure (couverture réseau internet) qui reste encore faible. Deuxièmement, les compétences liées aux TIC doivent être renforcées pour pouvoir connecter tous les utilisateurs à une multitude de services et favoriser leur accessibilité.

Conclusion

Le présent article met en évidence la non-linéarité entre le développement des TIC et la croissance économique à partir d'un panel constitué des 30 pays de MENA et africains sur la période allant de 1998 à 2020 en données annuelles. L'approche suivie s'écarte de l'abondante littérature empirique et théorique selon laquelle la relation entre la croissance économique et le développement des TIC est linéaire. De ce point de vue, le présent article se situe dans la lignée des travaux empiriques ayant pris en compte les questions de non linéarité et l'existence des effets de seuil exercés par le développement des TIC dans sa relation avec la croissance économique (Aldbiman et Sulong, 2017, de Jean C. Kouam et all. 2022). Nous avons suivi la procédure d'estimation proposée par Gonzalez et al. (2005) pour estimer un modèle à transition lisse, dans lequel la variable de transition correspond à l'indice de développement des TIC (Idi) et ses trois composantes.

Cette estimation nous a permis de comparer rigoureusement les progrès accomplis dans l'accès, les compétences et l'utilisation des TIC dans différents pays et dans le temps. Cette méthode a été comparée à la méthodologie d'estimation sur panel dynamique (GMM en différences et GMM en système) pour tester la robustesse de nos résultats empiriques.

Les principales implications de notre étude sont les suivantes. Premièrement, la présence d'un effet seuil de l'indice de développement des TIC précise le niveau de diffusion à partir duquel l'effet marginal de développement des TIC sur la croissance économique est significativement positif et croissant. Seuls les pays de l'échantillon les plus avancés dans les TIC ont dépassé ce seuil (2,93) à savoir Bahreïn, Kuwait, Qatar, l'Arabie Saoudite, Oman, l'Iran, l'Afrique du sud, la Tunisie, le Maroc, la Jordanie, le Gabon, l'Algérie et l'Égypte. Les autres pays restent encore relativement éloignés de ce seuil. On note que ce seuil est proche de niveau moyen de l'Idi atteint dans les pays de l'échantillon à savoir 3,16. Deuxièmement, le développement des TIC n'est favorable à la croissance économique qu'au delà un certain seuil pour les composantes de l'Idi, l'accès aux TIC, leur utilisation et les compétences en TIC. Ceci implique que le développement des TIC influence la croissance économique de différentes manières et plus particulièrement en fonction de la disponibilité de l'infrastructure TIC et des compétences permettant d'assurer leur utilisation. Les analyses de robustesse (estimation par la méthode des moments généralisés) confirment ainsi l'existence d'une non linéarité entre la croissance et le développement des TIC.

Ces connaissances empiriques sont d'un intérêt particulier pour les décideurs dans les pays qui souffrent d'un manque d'infrastructures TIC et qui ont pris du retard dans l'adoption des TIC. Pour combler ce retard, les décideurs doivent œuvrer ensemble à la construction de l'infrastructure des TIC et au développement des compétences liées aux TIC nécessaires pour encourager une croissance économique inclusive et permettre à davantage de personnes d'avoir accès à une multitude de services.

Bibliographie

- Adeleye, N., & Eboagu, C. (2019). Evaluation of ICT development and economic growth in Africa. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 20, 31–53. <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09131-6>
- Albiman, M. M., & Sulong, Z. (2017). «The linear and non-linear impacts of ICT on economic growth, of disaggregate income groups within SSA region. *Telecommunications Policy* 2017, 1-18
- Albiman, Masoud Mohammed, Zunaidah Sulong, (2016). «The role of ICT use to the economic growth in Sub Saharan African region (SSA). *Journal of Science and Technology Policy Management* 7: 306–29.
- Arellano, M. and Bond, S. (1991). «Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence with an application for employment equation”, *Review of Economic Studies*, Vol. 58 No. 2, pp. 277-297.
- Arellano, M. and Bover, O. (1995). “Another look at the instrumental variables estimation of error components models”, *Journal of Econometrics*, Vol. 68, pp. 29-51.
- Bahrini, R. and Qaffas, A.A. (2019). “Impact of information and communication technology on economic growth: evidence from developing countries”, *Economies*, Vol. 7 No. 21, doi: 10.3390/economies7010021.
- Banga, K., Velde, D. W. te, (2018). “Digitalisation and the Future of Manufacturing in Africa. Overseas Development Institute, p. 80. <https://www.odi.org/publication/s/11073-digitalisation-and-future-manufacturing-africa>.
- Barro, R. (1991), “Economic growth in a cross section of countries”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106 No. 2, pp. 407-433. Barro, R. and Sala-i-Martin, X. (1992), “Convergence”, *Journal of Political Economy*, Vol. 100 No. 2, pp. 223-251
- Barro, R.J. (1998). *Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study*, MIT Press, Edition 1, Volume 1, Number 0262522543, April. DOI : 10.3386/w5698
- Ben Youssef A., M’henni H., (2004), ‘Les effets des technologies de l’information et de la communication sur la croissance économique : le cas de la Tunisie’, *Région et Développement*, n° 19, pp. 131-150.
- Blundell, R. and Bond, S. (1998), “Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models”, *Journal of Econometrics*, Vol. 87, pp. 115-143.
- Chang, C-L. T. Khamkaew, M. McAleer, and R; Tansuchat (2010). A panel threshold model of tourism specialization and economic development, *International journal of intelligent techniques and applied statistics* 3:159-86
- Chavula, H.K. (2013), “Telecommunications development and economic growth in Africa”, *Information Technology for Development*, Vol. 19 No. 1, pp. 5-23.
- Counted, A.V., Arawole, J.O., (2016). “We are connected, but constrained’: internet inequality and the challenges of millennials in Africa as actors in innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 5 (1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13731-015-0029-1>
- Dedrick, J., Kraemer, K.L. and Shih, E. (2013), “Information technology and productivity in developed and developing countries”, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 30 No. 1, pp. 97-122.
- Dewan, S. and Kraemer, K.L. (2000). “ Information technology and productivity: evidence from country-level data”, *Management Science*, Vol. 46 No. 4, pp. 548-562.
- Diagne, A., Ly, M.A., (2009), ‘L’adoption des technologies de l’information et de la et de la communication (TIC) par les ménages africains au sud du Sahara : analyse comparative à partir des micros données, Globelics, 7th International Conférence, Dakar, Sénégal, Repéré : <http://globelics2009dakar.merit.unu.edu/papers/diagne2.pdf>.

- Dimelis, S.P. and Papaioannou, S.K. (2010), “ FDI and ICT effects on productivity growth: a comparative analysis of developing and developed countries”, *European Journal of Development Research*, Vol. 22 No. 1, pp. 79-96.
- Edna Maeyen Solomon a , Aaron van Klyton.(2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa [Utilities Policy Volume 67](#), December 2020, 101104.
- Evangelista, R., Guerrieri, P., Meliciani, V., (2014). “The economic impact of digital technologies in Europe. *Econ. Innovat. N. Technol.* 23 (8), 802–824. <https://doi.org/10.1080/10438599.2014.918438>.
- Goaied. M and S. Sassi, (2019), «The effect of ICT adoption on labour demand: A cross-region comparison, *Papers in Regional Science*, 98 (1) (2019) 3- 16.
- Gonzalez A., Teräsvirta T. et Dick V. D. (2005). « Panel smooth transmission regression models », *Working Paper Series in Economics and Finance : Stockholm School of Economics*.
- Granger, C. W. J., and T. Teräsvirta (1993). « *Modelling Nonlinear Economic Relationships*. Oxford : Oxford University Press.
- Greiner A, Flaschel P. (2009). “Economic Policy in a Growth Model with Human Capital, Heterogenous Agents and Unemployment [J]. *Computational Economics*, 2009, 33 (2): 175-192
- Gruber, H., & Koutroumpis, P. (2011). “Mobile telecommunications and the impact on economic development. *Economic Policy*, 26(67), 387–426. Hamit-Haggar, M. (2012).
- Gupta, S., Clements, B., Baldacci, E., Mulas-Granados, C. (2005). “Fiscal Policy, Expenditure Consumption and Growth in Low-income Countries”, *Journal of International Money and Finance*, 24 (3), p. 441-463.
- Hanclova, J., Doucek, P., Fischer, J., & Vltavska, K. (2015). “Does ICT capital affect economic growth in the EU-15 and EU-12 countries? *Journal of Business Economics and Management*, 16(2), 387-406. DOI: 10.3846/16111699.2012.754375
- Hansen B. E. (1996), “Inference when a nuisance parameter is not identified under the null hypothesis », *Journal of Econometrics*, 64 (2), pp. 413- 430.
- Hansen B. E. (1999) : “Threshold effects in non-dynamic panels : estimation, testing, and inference », *Journal of Econometrics* 93 (2), pp. 345 ?368.
- Hansen, B.E. (1999). “Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing and inference’, *Journal of Econometrics* 93:345-368. DOI : 10.1016/S0304-4076(99)00025-1
- Hansen, B.E. (2000). Sample splitting and threshold estimation’, *Econometrica* 68:575-603. DOI : 10.1111/1468-0262.00124
- Hawash, R. and Lang, G. (2010), “The impact of information technology on productivity in developing countries”, *German University in Cairo, Faculty of Management Technology*.
- Hodrob, R., Maitah, M., & Smutka, L. (2016). «The effect of information and communication technology on economic growth: Arab world case. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(2), 765-775
- Im K.S., M.H. Pesaran & Y. Shin (2003). “Testing for unit roots in heterogeneous panels», *Journal of Econometrics*, 115, pp.53-74.
- Jean C. Kouam Nkafu , Simplicie Asongu (2020). “The non-linear effects of fixed broadband on economic growth in Africa » *Journal of Economic Studies* 0144-3585 DOI 10.1108/JES-03-2022-0159
- Jorgenson, D.W., & Vu, K.M. (2016). “The ICT revolution, world economic growth and policy issues. *Telecommunications Policy*, 40(5), 383-397. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.01.002>
- Jorgenson, Dale W., Stiroh Kevin J., (2000). « Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age, *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. No. 1 , pp. 125-235.

- Kalaitzidakis, P., Mamuneas, T.P., Savvides, A. and Stengos, T. (2001). « Measures of human capital and nonlinearities in economic growth”, *Journal of Economic Growth*, Vol. 6 No. 3, pp. 229-254
- Kpodar, K., & Andrianaivo, M. (2011). ICT, financial inclusion, and growth evidence from african countries. *IMF Working Papers*, 11(73), 1. <http://dx.doi.org/10.5089/9781455227068.001>.
- Lee Sang H., John Levendis, Luis Gutierrez, (2012). « Telecommunications and economic growth: An empirical analysis of Sub-Saharan Africa. *Applied Economics*, 44: 461–69
- Li Chengyou, Sun Tao, Jiao Yong. (2018) « Factor endowment, wage gap and human capital formation [J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53 (10): 113-126.
- Melia, E., (2020). « African Jobs in the Digital Era: Export Options with a Focus on Online Labour. Working Paper No. 3/2020). Discussion Paper. <https://doi.org/10.23661/dp3.2020>
- Mondjeli, M. N. (2015). « Too Much Public Expenditures, Less Economic Growth?”, *Economics Bulletin*, 35 (3), p. 1985-1991.
- Myovella, G., Karacuka, M., & Haucap, J. (2020). « Digitalization and economic growth: A comparative analysis of Sub-Saharan Africa and OECD economies. *Telecommunications Policy*, 44(2), 101856.
- Nickell, S (1981). «Biases in dynamics models with fixe effects’. *Econometrica*. 49(6).
- Oliner, S. D.,& Sichel, D. E. (2002). Information technology and productivity: Where are we now and where are we going? *Economic Review*, Q3, 15–44.
- 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. *Telecommun. Policy* 38 (7), 634–649.
- Sassi, S., Goaid, M., (2013). « Financial development, ICT diffusion and economic growth: lessons from MENA region. *Telecommun. Policy* 37 (4-5), 252–261
- SCULLY G. W. (1989). "The size of the state, economic growth and the efficient utilization of national resources." *Public Choice*, 63, 1989, pp 149-164.
- Sepehrdoust, Hamid, (2018). «Impact of information and communication technology and financial development on economic growth of OPEC developing economies. *Kasetsart Journal of Social Sciences*.
- Stanley, T.D., Doucouliagos, H., & Steel, P. (2018). «Does ICT generate economic growth? Ameta-regression analysis. *Journal of Economic Surveys*, 32(3), 705-726.
- Veeramacheni, B., Ekanayake, E.M., Vogel, R., (2007). « Information technology and economic growth: a causal analysis. *Southwest. Econ. Rev.* 34, 75–88.
- 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, 357–372. doi: 10.1016/j.telpol.2011.02.008
- Vu, K. M. (2013). « Information and Communication Technology (ICT) and Singapore’s economic growth *Information Economics and Policy* [Volume 25, Issue 4](#), December 2013, Pages 284-300
- Wang, Q (2015). « Fixed-effect panel threshold model using stata’. *The stata journal* 15(1): 121-134. DOI : 10.1177/1536867X1501500108
- Yi-Bin Chiu & Lung-Tai Yeh (2017). « The threshold effects of the tourism-led growth hypothesis: evidence from a cross-sectional model’. *Journal of Travel Research* 56(5): 625-637.
- Yoon, C., (2020). «Digital Africa: an analysis of digital trends in Africa and their driving factors. In: Froehlich, A. (Ed.), *Space Fostering African Societies: Developing the African Continent through Space*, vol. 1. Springer International Publishing, pp. 109–133. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32930-3_9.

Yousefi, A. (2011), “The impact of information and communication technology on economic growth: evidence from developed and developing countries”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 20 No. 6, pp. 581-596.

Zuhdi, U., Mori, S. and Kamegai, K. (2012), ‘Analyzing the role of ICT sector to the national economic structural changes by decomposition analysis: the case of Indonesia and Japan’, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 65, pp. 749-754, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.11.194

Annexe

Méthodologie de calcul de l'indice de développement des TIC (Idi)

L'Indice de développement des TIC proposé dans ce travail (Idi) répond au même objectif que l'Idi calculé par l'UIT pour évaluer le niveau de développement des TIC des pays.

Plus précisément, à l'instar des versions antérieures, l'Idi calculé comprend trois composantes : infrastructure TIC, utilisation TIC et compétences en TIC.

La valeur de référence de la téléphonie fixe (de la téléphonie mobile) est égale à 60% (120%).

A. Accès aux TIC

1- Abonnements au téléphone fixe pour 100 habitants : X1

2- Abonnements au téléphone mobile par 100 habitants : X2

Indice accès= $((X1/60)*0,5)+((X2/120)*0,5)/100$

B. Utilisation des TIC

Pourcentage de personnes utilisant Internet : Y

Indice utilisation= $Y/100$

C. Compétences en TIC

1 - Taux brut de scolarisation primaire : L1

2 - Taux brut de scolarisation secondaire: L2

3 - Taux brut de scolarisation supérieure : L3

Indice compétences= $(L1+L2+L3)/(100*3)$

Idi= $(0,4*Accès+0,4*Utilisation+0,2*Compétences)*10$

Source: ITU.

Liste des pays

Afrique du Sud, Angola, Bénin, Burkina Faso, Burundi, Cameroun, Estwani, Gabon, Ghana, Guinée, Nigeria Kenya, Madagascar, Mali, Mauritanie, Mozambique, Sénégal, Togo, Ouganda.

Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc, Tunisie.

Arabie Saoudite, Bahreïn, Iran, Oman, Kuwait, Qatar.

Tableau 7 : Description des variables

Description des variables		
Txcroi	Taux de croissance du PIB par tête, indicateur de croissance économique	WDI(2021)
Crédit	Crédits domestiques au secteur privé sur le PIB, indicateur du développement financier	WDI(2021)
Ouverture	Degré d'ouverture de l'économie mesurée par le ratio (importation + exportation) /2PIB	WDI (2021)
Inflation	Le taux d'inflation mesuré par l'indice des prix à la consommation	WDI(2021)
Dépense	Dépense publique par rapport au PIB	WDI(2021)
Les Variables liées au TIC	Téléphone fixe : Nombre de souscription à la téléphonie fixe pour 100 habitants Mobile : Nombre de souscription à la téléphonie mobile pour 100 habitants) Internet : Nombre d'utilisateurs d'internet sur 100 habitants	UIT(2021)
Compétences	Taux brut de scolarisation au primaire, secondaire et supérieur	WDI(2021)

Tableau 8: Statistiques descriptives

(idi < à la moyenne=3,16)					
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Txcroi	405	1,64	3,29	-15,04	15,00
Accès	405	2,6	0,23	0,00	10,1
Utilisation	405	0,4	0,05	0,00	2,9
Compétences	405	5,0	0,13	1,8	7,5
Inflation	405	9,26	23,77	-3,10	325,00
Crédit	405	19,78	14,78	1,97	75,49
Ouverture	405	65,92	28,62	20,96	175,80
Dépense	405	15,11	5,20	0,95	31,58
idi > à la moyenne=3,16					
Variable	Obs	Mean	Std, Dev,	Min	Max
Txcroi	285	0,48	3,40	-12,51	15,99
Accès	285	10,5	0,32	3,8	20,8
Utilisation	285	4,2	0,26	0,00	10,00
Compétences	285	7,1	0,12	4,1	9,7
Inflation	285	5,01	6,03	-4,86	39,91
crédit	285	43,52	23,81	8,19	138,42
Ouverture	285	79,33	29,89	20,72	191,87
Dépense	285	16,22	4,60	4,40	30,00

Tableau 9 : Résultats des tests de racine unitaire LLC et IPS

Variabes	LLC			IPS		
	A niveau	En différence	Conclusion	A niveau	En différence	Conclusion
txcroi	-2,36***		I(0)	-7,18***		I(0)
Idi	3,39	-5,25***	I(1)	15,04	-7,65***	I(1)
Accès	-2,58***		I(0)	5,83	-7,30***	I(1)
Utilisation	10,87	-2,12**	I(1)	25,87	-1,7**	I(1)
Compétences	-2,73***		I(0)	3,2	-9,79**	I(1)
Inflation	-7,2***		I(0)	-8,97***		I(0)
Crédit	0,112	-9,3***	I(1)	4,52	-11,57***	I(1)
Ouverture	-2,65***		I(0)	-1,11	-12,21***	I(1)
Dépense	0,034	-9,82***	I(1)	-0,66	-12,79***	I(1)