

# Connectivité Numérique et Mise à Niveau des Exportations : l'Afrique sub-Saharienne Arrive-t-elle à Rattraper son Retard ?

*Joël Cariolle  
et  
Camille da Piedade*

*Documents de travail GVC-005*

*Apporter de la rigueur et des éléments de preuve à  
l'élaboration des politiques économiques en Afrique*

AFRICAN ECONOMIC RESEARCH CONSORTIUM  
CONSORTIUM POUR LA RECHERCHE ÉCONOMIQUE EN AFRIQUE

# **Connectivité Numérique et Mise à Niveau des Exportations : L'Afrique sub-Saharienne Arrive- t-elle à Rattraper son Retard ?**

Par

Joël Cariolle  
*FERDI*

*et*

Camille da Piedade  
*FERDI*

**CETTE ÉTUDE DE RECHERCHE** a été rendue possible grâce à une subvention du Consortium pour la Recherche Economique en Afrique. Toutefois, les conclusions, opinions et recommandations sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement les points de vue du Consortium, de ses membres individuels ou du Secrétariat du CREA.

Publié par : Le Consortium pour la Recherche Economique en Afrique  
B.P. 62882 - City Square  
Nairobi 00200, Kenya

© 2022, Consortium pour la Recherche Economique en Afrique.

# Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations et acronymes

Résumé

Remerciements

1.	Introduction	1
2.	Cadre empirique	7
3.	Principaux résultats	16
4.	Analyse de robustesse	29
5.	Conclusion	33
	Remarques	35
	Références	37
	Annexes	42
A.	Tableaux supplémentaires	42
B.	Test LM sur les résidus de Inoue et Solon (2006)	48
C.	Montage multi-instruments	49
D.	Exportations de Rauch - Classification libérale	50
E.	Indice augmenté de complexité économique et indice de sophistication des exportations	52

# Liste des tableaux

1.	Statistiques descriptives - Échantillon de base : 1 150 observations	12
2.	Estimations MCO à effet fixe	17
3.	Estimations 2SLS à effet fixe - Effets régionaux	20
4.	Connectivité numérique et distance géographique aux principaux marchés mondiaux	21
5.	La connectivité numérique et la distance maritime par rapport aux principaux partenaires commerciaux	23
6.	La connectivité numérique et le canal de connectivité maritime	24
7.	Estimations des effets fixes des MSC2 - Le canal de la capacité d'absorption	27
8.	Estimations 2SLS à effet fixe - Connectivité numérique et exportations de Rauch	30
9.	Estimations 2SLS à effet fixe - Connectivité numérique et participation à la chaîne de valeur	32
A1.	Composition de l'échantillon	42
A2.	Tableau de corrélation	44
A3.	Variables dépendantes et de contrôle, signe attendu et littérature associée	45

# Liste des figures

1.	Déploiement des câbles sous-marins dans le monde, 2000 comparé à 2017	3
2.	Évolution des ICE par région, 1995-2017	8
3.	Connectivité numérique	9
4.	Évolution de la connectivité numérique (% du PIB mondial), 1995-2017	10
5.	Complexité des exportations par rapport à la connectivité numérique, 2017	11
6.	Connexions SMC de second ordre	14
7.	Connexions SMC de second ordre et connectivité numérique, 1995-2017	15

# Liste des abréviations et acronymes

2SLS	Moindres carrés en deux étapes
AAE-1	Asie Afrique Europe-1
ACE	Afrique-Côte-à-Europe
CERDI	Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International
CDP	Comité des politiques de développement
DVX	Exportations nationales à valeur ajoutée
ECI	Indice de complexité économique
EASSy	Système sous-marin de l'Afrique de l'Est
EVI	Indice de vulnérabilité économique
FERDI	Fondation pour les Etudes et Recherches sur le Développement international
FDI	Investissement direct étranger
FVA	Valeur ajoutée étrangère
PIB	Produit intérieur brut
GVCs	Chaînes de valeur mondiales
TIC	Technologies de l'information et de la communication
IV	Variables instrumentales
PMA	Pays les moins avancés
MENA	Moyen-Orient et Afrique du Nord
MIT	Institut de technologie du Massachusetts
MRIO	Intrants-extrants multirégionaux
OEC	Observatoire de la complexité économique
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OLS	Moindres carrés ordinaires
PP	Points de pourcentage
QOG	Qualité du gouvernement
REER	Taux de change effectif réel

RdM	Reste du monde
SEAMEWE	Asie du Sud-Est-Moyen-Orient-Europe occidentale
SCI	Indice de connectivité maritime
SCO	Observatoire de la compétitivité durable
SMC	Câble sous-marin
SSA	Afrique sub-saharienne
SITC	Classification Standard du Commerce International
CNUCED	Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement
TEAMS	Systèmes maritimes d'Afrique de l'Est
WACS	Système de câble de l'Afrique de l'Ouest
WDI	Indicateurs de développement mondial



# Résumé

Dans cette étude, nous mettons en évidence une nouvelle dimension du réseau d'infrastructures de câbles sous-marins, appelée " connectivité numérique ", qui reflète la proximité numérique d'un pays vis-à-vis des principaux marchés mondiaux, et nous évaluons son impact sur la modernisation des exportations. En adoptant une approche de variables instrumentales menée sur un échantillon de 60 pays en développement - dont 23 pays d'Afrique subsaharienne - sur la période 1995-2017, nous constatons que la connectivité numérique contribue positivement et significativement à la complexité du panier d'exportation, mais souligne également l'hétérogénéité spatiale au sein de notre échantillon. En fait, les estimations soulignent que, par rapport au reste du monde, une augmentation de 10 points de pourcentage de la part du PIB mondial directement connectée aux pays d'Afrique subsaharienne entraîne une augmentation supplémentaire allant de 4,6 à 5,3 points d'indice de l'indice de complexité des exportations. En outre, alors que l'effet positif de la connectivité numérique s'estompe avec la distance par rapport aux marchés mondiaux partout ailleurs, en Afrique subsaharienne, un avantage accru est enregistré. Enfin et surtout, conformément à la littérature, l'amélioration de la connectivité numérique se traduit également par une augmentation des exportations de biens différenciés et une plus grande participation à la chaîne de valeur mondiale. Dans l'ensemble, notre analyse donne du crédit à la croyance selon laquelle l'amélioration de l'accès à l'information et à la connaissance, par le biais d'une plus grande connectivité numérique, stimule le changement structurel et la mise à niveau du panier d'exportation en Afrique subsaharienne à un rythme plus élevé que dans toute autre région en développement.

**Mots clés :** *Complexité économique ; Internet ; Infrastructures de connectivité ; Afrique sub-saharienne ; exportations ; Diversification du commerce.*

## **Remerciements**

Cette étude a été préparée pour et avec le soutien financier du Consortium pour la recherche économique en Afrique (CREA). Il a également bénéficié du soutien de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du programme ANR-10-LABX-14-01. Les résultats et leur interprétation reflètent uniquement les opinions des auteurs.

# 1. Introduction

L'Afrique subsaharienne (ASS) joue un rôle très marginal dans le commerce mondial. Parmi les raisons possibles de cette marginalisation relative figurent des coûts de transaction élevés dus à des institutions défailtantes, un réseau d'infrastructures médiocre et des handicaps structurels liés à des facteurs géographiques défavorables. Malgré les taux de croissance rapides enregistrés au cours des deux dernières décennies, les pays d'Afrique subsaharienne ne se sont pas engagés dans une trajectoire d'industrialisation permettant de rattraper les niveaux de revenus postindépendance (Rodrik, 2016). Le contexte international de prix élevés des matières premières, de taux d'intérêt bas et d'appétit croissant de la Chine pour les ressources naturelles africaines a expliqué la concomitance de taux de croissance élevés avec des transformations économiques structurelles lentes, et d'une participation croissante et en amont aux chaînes de valeur mondiales agricoles avec une chaîne de valeur régionale faible et stagnante (Rodrik, 2016 ; Balié et al., 2019 ; de Melo & Twum, 2021). Cependant, au-delà de la position du pays dans les réseaux mondiaux ou régionaux d'activités productives, pour paraphraser Hausmann et al. (2007), ce que l'ASS exporte importe pour sa croissance économique et son industrialisation à long terme. À cet égard, les industries agricoles et alimentaires de l'ASS pèsent environ un quart de son PIB, emploient à peu près deux tiers d'une population principalement située dans les zones rurales (Balié et al., 2019), et tempèrent les perspectives régionales de changement structurel déclenché par le développement des secteurs industriels et l'exportation de biens et services sophistiqués (Rodrik, 2016 ; Lim, 2021).

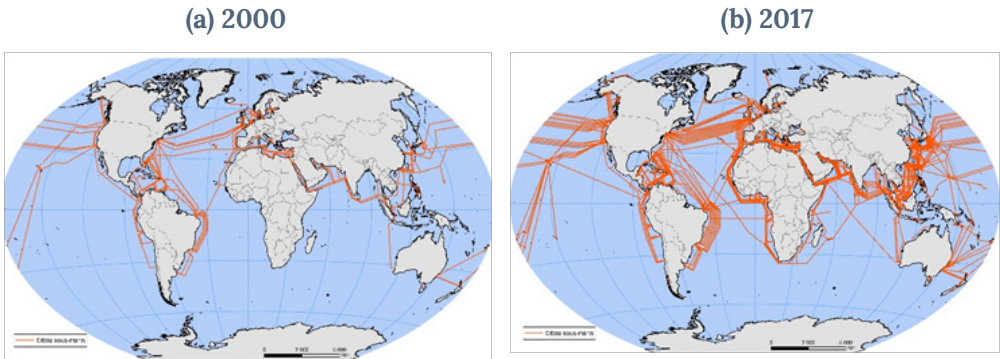
Un meilleur accès à l'information et aux connaissances pourrait-il stimuler le changement structurel et la mise à niveau du panier d'exportation dans la région ? La littérature souligne qu'un meilleur accès à l'information et aux connaissances produites dans différentes parties du monde a le pouvoir d'induire un changement structurel dans la structure des échanges, en particulier pour les pays à faible revenu éloignés (Akerman et al., 2015). En particulier, diverses études ont montré que le commerce est limité par des frictions liées à l'information, et que ces frictions augmentent avec la distance géographique entre les partenaires commerciaux potentiels (Rauch et Trinitade, 2003 ; Bahar et al., 2014 ; Akerman et al., 2015 ; Lendle et al., 2015). En effet, la décroissance rapide de la diffusion de l'information et des connaissances avec la distance physique rend les pays voisins plus susceptibles d'échanger des produits similaires avec des partenaires commerciaux similaires et

géographiquement proches (Rauch, 1999 ; Rauch & Trinidad, 2003 ; Chaney, 2014 ; Bahar et al., 2014 ; Jun et al., 2020). L'accès aux réseaux de communication, en réduisant les frictions informationnelles, facilite l'appariement entre producteurs et distributeurs, assembleurs et fournisseurs, besoin d'investissement et capacité d'épargne, importateurs et exportateurs (Rauch & Trinidad, 2003 ; Akerman et al., 2015), incite les entreprises à exporter des produits diversifiés, différenciés ou plus sophistiqués (Rauch, 1999 ; Jun et al., 2020) et, contribue ainsi à la complexification du panier d'exportation. Sans accès à ces réseaux, les modèles d'amélioration de la qualité des exportations et de densification des réseaux commerciaux sont géographiquement rigides (Jun et al., 2020). Cela est particulièrement vrai lorsque les connaissances liées aux exportations sont "tacites" ou "multiples"<sup>1</sup>, et, par conséquent, s'appuie sur des formes plus directes d'interactions humaines (Bahar et al., 2014 ; Hidalgo, 2021). Ainsi, à la lumière de cette littérature, l'isolement des économies africaines des principaux marchés mondiaux, expliqué par des coûts commerciaux importants et un faible accès à l'information, est un obstacle critique à une participation accrue aux échanges mondiaux.

Cependant, avec le déploiement récent et massif de l'infrastructure de connectivité par câble sous-marin (CSM) en ASS et l'augmentation de la pénétration de l'Internet qui en résulte (Cariolle, 2021) (voir Figure 1), les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont de plus en plus considérées comme une solution qui change la donne pour la région, étant donné son potentiel pour le commerce (de services) dans les zones reculées (Lendle et al., 2015). Empiriquement, la diffusion des TIC facilite le rattrapage des pays développés par le biais du processus de " saut de puce " et l'essor de la téléphonie mobile en Afrique illustre assez bien ce point (Aker & Mbiti, 2010). Si l'on met de côté les preuves abondantes et pertinentes, mais néanmoins anecdotiques, de la réussite de l'entrepreneuriat africain, on peut dire que l'Afrique n'est pas la seule à en profiter<sup>2</sup>, la littérature empirique apporte la preuve que la numérisation améliore les performances des entreprises et favorise les retombées d'Internet (Hjort et Poulsen, 2019 ; Cariolle et Le Goff, 2021 ; Paunov et Rollo, 2015, 2016), réduit la taille du secteur informel (Jacolin et al., 2021) et facilite la création d'emplois (Hjort et Poulsen, 2019). En ce qui concerne le commerce, Freund et Weinhold (2004), puis Clark et Wallsten (2006), ont souligné que la diffusion d'Internet a stimulé les flux commerciaux et les investissements directs étrangers (IDE). Mais plus récemment, Lendle et al. (2015) ont montré que l'effet dissuasif de la distance géographique entre les partenaires commerciaux était sensiblement plus faible (65%) lorsque les transactions étaient effectuées sur l'une des plus grandes places de marché en ligne du monde, par rapport au commerce total. Leurs résultats vont donc dans le sens de la "mort de la distance", prédite par Cairncross (1997), dans la mesure où les infrastructures et technologies numériques modernes sont désormais capables de véhiculer suffisamment d'informations pour réduire les coûts de recherche internationaux liés à la distance. Il est intéressant de noter que les auteurs constatent que l'écart entre les coefficients de distance estimés augmente avec l'importance des frictions en matière d'information, lorsque les produits sont plus différenciés,

lorsque les partenaires commerciaux ne partagent pas la même langue et lorsque les exportateurs et les importateurs sont confrontés à des niveaux plus élevés de corruption et à d'autres sources d'incertitude dans les transactions économiques.

**Figure 1 : Déploiement de câbles sous-marins dans le monde, 2000 par rapport à 2017**



Source : Télé géographique.

Si l'on s'intéresse plus spécifiquement à la contribution du déploiement de l'infrastructure numérique, les dividendes commerciaux sont très importants selon les données des économies industrialisées (Röller & Waverman, 2001 ; Czernich et al., 2011), mais les recherches axées sur les pays en développement sont plus rares et présentent des résultats plus mitigés. En se concentrant sur un pays industrialisé comme la Norvège, Akerman et al. (2022) exploitent le déploiement échelonné des points d'accès locaux à large bande en fibre optique pour estimer l'effet causal de l'adoption d'Internet sur les exportations bilatérales des entreprises norvégiennes. Ils constatent que la réduction de la friction de l'information induite par l'accès à Internet élargit l'ensemble des choix des exportateurs et des importateurs, rendant la demande de produits échangés plus élastique aux coûts commerciaux et à la distance. Dans les économies en développement, Hjort et Poulsen (2019) ont apporté des preuves solides que le déploiement des SMC en Afrique subsaharienne a stimulé le commerce et la création d'emplois, mais en examinant l'effet distinct du déploiement bilatéral des CSM sur la participation des entreprises aux exportations bilatérales dans un échantillon de 48 pays développés et en développement sur la période 1997-2014, Imbruno et al. (2022) montrent que cet effet est hétérogène : il a augmenté le nombre d'exportateurs bilatéraux des pays développés mais a réduit ce nombre dans les pays en développement, de 5,4% en Afrique subsaharienne. Ce résultat suggère que les exportateurs des zones développées et en développement diffèrent dans leur capacité à entreprendre une mise à niveau des technologies de l'information, comme cela a été souligné précédemment dans le contexte des exportations argentine-brésiliennes par Bustos (2011...).

Il convient de noter que l'établissement d'une relation commerciale exige des efforts considérables pour rassembler des informations qui ne sont pas

nécessairement disponibles gratuitement, mais assimilées grâce à des efforts de recherche et d'apprentissage. Les entreprises peuvent être confrontées à certains obstacles supplémentaires, notamment des barrières non tarifaires et des problèmes liés à des informations incomplètes ou à une capacité limitée de traitement de l'information (Allen, 2014 ; Dasgupta & Mondria, 2018), pour établir une relation commerciale réussie. En utilisant des données d'exportateurs chiliens, Morales et al. (2019) ont constaté que la gravité étendue a un impact important sur les coûts d'entrée à l'exportation. Ils estiment que le fait d'avoir des similitudes avec une destination d'exportation antérieure en termes de situation géographique, de langue et de revenu par habitant réduit conjointement le coût d'entrée sur le marché étranger de 69 % à 90 %. En introduisant le principe de parenté - une mesure de la similarité globale entre une activité et un lieu - la littérature économique sur le processus par lequel les pays apprennent à produire ce qu'ils exportent, a démontré comment une mauvaise diffusion des connaissances limite la capacité des pays à pénétrer de nouveaux marchés d'exportation. En effet, les pays sont plus susceptibles de commencer à exporter des produits qui sont liés à leur panier d'exportation actuel ou à celui de leurs voisins géographiques (Hidalgo et al., 2007 ; Hidalgo & Hausmann, 2009 ; Bahar et al., 2014 ; Jun et al., 2020 ; Hidalgo & Hausmann, 2009).<sup>3</sup> L'importance de la dissémination des connaissances dans la diversification des activités économiques a également été observée dans le développement des industries, des technologies et des activités de recherche régionales, ce qui suggère que la similarité entre les activités économiques permet la diffusion des connaissances en général (Hidalgo et al., 2018).

Dans cet article, nous continuons à nous interroger sur les conséquences du déploiement récent et rapide des CSM le long des côtes africaines sur les modèles commerciaux africains. En particulier, la contribution de cet article à la littérature empirique est triple. Premièrement, nous mettons en évidence une nouvelle dimension du déploiement des infrastructures des PME, appelée "connectivité numérique", qui reflète la proximité numérique d'un pays avec les marchés mondiaux, et nous évaluons son impact sur la sophistication des exportations. Cet indicateur est la part du PIB mondial à laquelle un pays est relié par des connexions SMC directes, considérant ainsi l'infrastructure de connectivité internationale sous un angle plus qualitatif. En fait, nous partons du principe que, si le nombre de SMC présents dans un pays est important, la taille des économies auxquelles un pays est connecté devrait l'être également. Le mécanisme mis en avant est assez simple et repose sur la littérature relative aux frictions informationnelles et à la sophistication des exportations (Rauch, 1999 ; Rauch & Trinidad, 2003 ; Chaney, 2014 ; Akerman et al, 2015 ; Jun et al, 2020 ; Hidalgo, 2021) : plus la connectivité numérique est grande, plus le pays est proche des principaux centres de production et de consommation, plus il est facile pour les exportateurs de recueillir des informations sur les acheteurs, les vendeurs, les technologies de production, le prix et la qualité des intrants, les réglementations et les institutions du marché, etc., plus les incitations et la capacité à pénétrer ces marchés et à exporter des produits plus sophistiqués sont grandes.

Deuxièmement, nous mesurons la sophistication des exportations en utilisant une mesure de la complexité du panier d'exportation (Hidalgo, 2021). Pour ce faire, nous nous appuyons principalement sur l'indice de complexité économique (ICE), calculé à partir du jeu de données commerciales de l'Observatoire de la complexité économique du MIT. Tel que défini par Hartman et al. (2017), l'ICE évalue la sophistication de la structure des exportations d'un pays en combinant des informations sur la diversité du produit exporté et le nombre de pays exportant ce produit (ubiquité). L'étude de l'effet du déploiement de l'infrastructure numérique sur la complexité économique est de première importance pour la recherche sur le développement économique, étant donné les tendances récentes de la croissance des TIC dans les zones en développement, en particulier en Afrique subsaharienne, et aussi parce que la complexité semble être un puissant prédicteur de la trajectoire de croissance future d'un pays, de l'émission de carbone de la richesse et de l'inégalité des revenus (Hidalgo & Hausman, 2009 ; Hidalgo, 2021).

Troisièmement, pour aborder une éventuelle causalité inverse entre la forme du réseau SMC et l'intégration des pays dans les marchés mondiaux, nous utilisons des méthodes classiques d'économétrie des données de panel et adoptons un cadre de variables instrumentales (2SLS). Notre approche consiste à régresser l'ICE sur la connectivité numérique et un ensemble de contrôles, et à instrumenter la variable de connectivité par le nombre de connexions SMC (indirectes) de second ordre, c'est-à-dire le nombre cumulé de connexions SMC distinctes que possèdent les connexions SMC de premier ordre d'un pays donné. Nous réduisons également le risque de biais dû à l'omission de variables en incluant des effets fixes de temps et de pays.

La première série de régressions effectuées sur un échantillon de 60 pays en développement sur la période 1995-2017 - dont 23 pays d'Afrique subsaharienne - montre que si la connectivité numérique augmente de manière significative la complexité du panier d'exportation dans tous les pays, il existe une hétérogénéité géographique et temporelle au sein de notre échantillon. En fait, les estimations IV soulignent que l'effet de la connectivité numérique sur la complexité des exportations est particulièrement fort sur la période 2006-2015, et indiquent le rattrapage des pays de l'ASS. En effet, nos résultats soulignent que, par rapport au Reste du Monde (RdM), une augmentation de 10 points de pourcentage de la part du PIB mondial atteinte par les connexions directes SMC des pays d'ASS<sup>4</sup> conduit à une augmentation supplémentaire allant de 4,6 points d'indice (estimations FE-MCO) à 5,3 points d'indice (estimations IV-2SLS). L'augmentation globale de la complexité des exportations de l'ASS résultant d'une augmentation de 10pp de sa connectivité est égale à 8,5pp, ce qui correspond à 47% de l'écart type de l'échantillon de l'ICE. Nos résultats indiquent également que, contrairement à l'Amérique latine et à l'Asie du Sud, il n'y a pas eu de divergence de l'ASS (avec les pays de la région MENA et de l'Asie du Sud-Est) en ce qui concerne la trajectoire de complexification des exportations de la Corée du Sud et de la Chine. Cet effet est également hétérogène dans le temps, puisqu'il s'avère positif et significatif à partir de 2006, qui coïncide avec le déploiement d'une nouvelle génération de câbles qui a apporté l'Internet à haut débit dans le monde entier (Weller

& Woodcock, 2013). Par conséquent, ces estimations suggèrent que le déploiement des PME et l'augmentation de la connectivité numérique qui en résulte ont contribué au rattrapage de l'ASS en termes de complexification du panier d'exportation.

Le deuxième volet d'estimations vise à identifier les facteurs accentuant ou atténuant l'effet de la connectivité sur la complexité des exportations. Sur la base des conclusions de la littérature sur la friction de l'information et les modèles commerciaux (Rauch & Trinitade, 2003 ; Bahar et al., 2014 ; Akerman et al., 2015 ; Lendle et al., 2015), nous testons d'abord si l'effet de la connectivité numérique est conditionné par les distances géographiques et maritimes des pays par rapport aux principaux marchés mondiaux, et nous trouvons des preuves soutenant cette hypothèse. Nos résultats soulignent que l'effet positif de la connectivité diminue avec les distances géographiques et maritimes aux marchés mondiaux ; sauf pour l'ASS où les deux distances augmentent en fait les avantages de la connectivité numérique. Cette conclusion est renforcée par des preuves supplémentaires de la contribution positive de la diminution des coûts de transport maritime en Afrique subsaharienne, reflétée par une connectivité maritime accrue, à l'effet positif de la connectivité sur la complexité des exportations. Ces estimations apportent donc des preuves supplémentaires aux études existantes sur le rôle de la distance géographique dans le commerce international (Blum & Goldfarb, 2006).<sup>5</sup>

Troisièmement, nous mettons en évidence un effet médiateur de la pénétration d'Internet et du capital humain, qui n'est pas spécifique aux pays d'Afrique subsaharienne, ce qui est conforme aux études soulignant l'importance de la capacité d'absorption numérique pour tirer parti du processus de numérisation (Choi et al., 2020 ; de Melo & Solleder, 2022). La contribution des dimensions critiques de la capacité d'absorption numérique, telles que la pénétration de l'Internet et le niveau d'éducation, est étudiée et il s'avère qu'elle médiate l'effet de la connectivité sur une longue période, mais n'explique pas le rattrapage de l'ASS en matière de complexité des exportations.

Enfin, dans une série de contrôles de robustesse, nous étendons notre analyse à d'autres dimensions de la modernisation des exportations. Les résultats montrent que la connectivité numérique augmente les exportations de biens différenciés et la participation aux chaînes de valeur mondiales. En ce qui concerne la participation aux chaînes de valeur mondiales, l'impact est beaucoup plus fort sur la participation en amont et plus important pour les pays d'Afrique subsaharienne. Ce résultat corrobore donc les preuves précédentes basées sur l'ICE.

Le reste de la présente étude est structuré comme suit. La section 2 est consacrée à la méthodologie et aux données, ainsi qu'à notre stratégie d'identification. Dans la section 3, nous interprétons les résultats empiriques. La section 4 est consacrée aux vérifications de robustesse, et la section 5 tire les conclusions des principaux messages de cette étude.



## 2. Cadre empirique

Notre analyse part du principe que la réduction des coûts de recherche, de reproduction, de transport, de suivi et de vérification résultant du déploiement des CSM de télécommunications a stimulé la sophistication des exportations de biens et de services. Nous considérons que la taille des économies auxquelles un pays est connecté par le biais des SMC est critique pour la diffusion de l'information et des connaissances, et par conséquent, pour la diversification et la sophistication des produits exportés. Par conséquent, nous soulignons la contribution d'une nouvelle dimension du réseau des CSM, que nous appelons "connectivité numérique", qui reflète la proximité numérique d'un pays avec les principaux centres de production et de consommation, et nous évaluons son impact sur la sophistication des exportations. En particulier, nous nous interrogeons sur le rôle de la distance et d'autres déterminants structurels du commerce, de la numérisation et de l'industrialisation, dans la canalisation de cette relation. Considérant que la connectivité numérique et la complexité des exportations pourraient se renforcer mutuellement, nous utilisons une approche originale de variable instrumentale pour identifier les relations causales. Les sous-sections suivantes présentent les données utilisées dans cette étude et notre stratégie empirique.

### **Données**

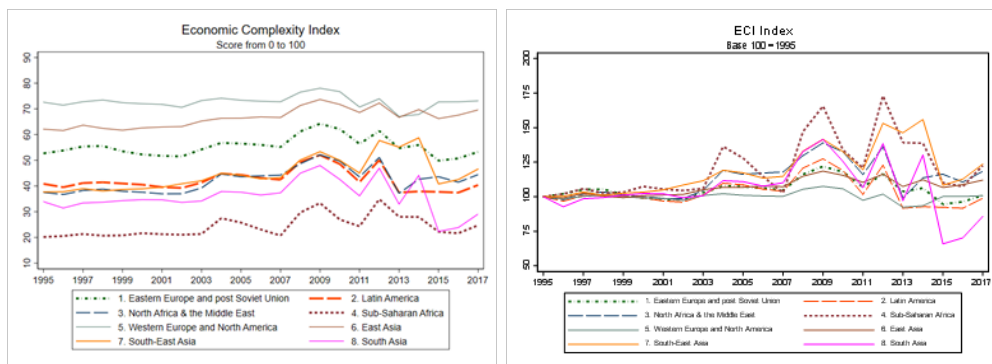
#### ***Indice de complexité économique***

L'autre point de vue<sup>6</sup> du processus de développement fourni par la recherche combinant la physique statistique des réseaux et l'économie du développement a fourni de nouveaux outils analytiques<sup>7</sup> pour quantifier la pertinence économique de la "structure productive historiquement ignorée". Pour cet article, nous nous appuyons sur l'un de ces outils, à savoir l'indice de complexité économique (ICE). Tel que défini par Hartman et al. (2017), l'ICE évalue la sophistication de la structure productive d'un pays en combinant des informations sur la diversité des produits exportés et le nombre de pays exportant ces produits (ubiquité). L'intuition derrière l'ICE est que les économies sophistiquées sont non seulement diversifiées, mais qu'elles exportent des produits et des services qui sont exportés par peu de pays (Hidalgo, 2021).

La figure 2 présente l'ICE par région. Dans le panneau de gauche, on peut facilement remarquer que l'Europe occidentale, l'Amérique du Nord et l'Asie de l'Est affichent un niveau de complexité plus élevé, tandis que l'Afrique subsaharienne affiche le niveau le plus bas. Le panneau de droite indique toutefois que l'Afrique subsaharienne est la région qui a connu la plus forte augmentation de la complexité entre 1995 et 2014, ainsi que la plus grande volatilité de l'indice entre 2003 et 2015, période correspondant à des troubles géopolitiques et financiers mondiaux et à une forte incertitude sur les marchés des matières premières.

Il convient de noter que, si l'ICE est notre principale variable dépendante, nous mobilisons également d'autres mesures de la modernisation des exportations, telles que l'indice de complexité économique augmenté (ICE+), la classification des biens d'exportation de Rauch (1999) et la participation en amont et en aval aux chaînes de valeur mondiales (CVM).

**Figure 2 : Evolution de l'ICE par région, 1995-2017**



Source : Selon les auteurs, sur la base des données brutes du MIT.

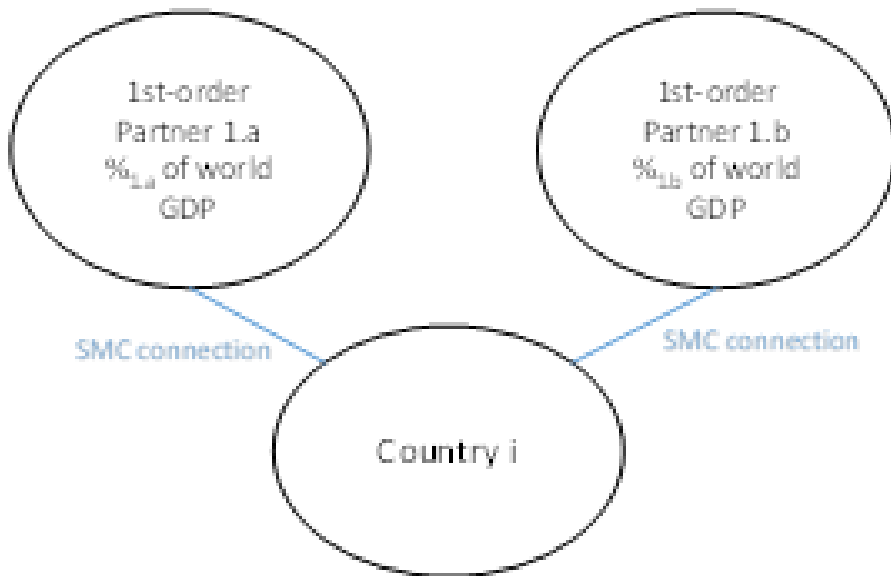
## Connectivité numérique

Nous utilisons le réseau de câbles sous-marins de télécommunications (CSM) comme l'infrastructure internationale conduisant la diffusion des connaissances, et par conséquent, comme une source critique de complexité économique. À ce jour, les CSM constituent la voie la moins chère et la plus rapide pour les télécommunications internationales (OCDE, 2014)<sup>8</sup>, de sorte que plus de 95 % des télécommunications internationales passent par cette infrastructure. Le réseau du CSM est donc un déterminant essentiel de la largeur de bande, de la vitesse, de la stabilité et de l'accessibilité financière de l'Internet d'un pays (Hjort & Poulsen, 2019 ; Cariolle, 2021 ; Cariolle & Le Goff, 2021). Une connexion CSM directe avec un pays partenaire facilitera considérablement les télécommunications et réduira les coûts bilatéraux d'information et de communication, par rapport aux pays non connectés. En effet, les télécommunications à destination d'un partenaire non connecté doivent être acheminées par des chemins de câbles indirects, et souffrent donc d'une bande

passante plus lente, plus étroite et plus coûteuse. La recherche de latences réduites, de coûts moindres, de stabilité du trafic et d'autonomie a été une motivation majeure pour le déploiement de connexions par câbles plus courtes et directes entre les pays de l'OCDE et, plus récemment, avec les pays émergents et en développement (OCDE, 2014).

Par conséquent, des connexions directes par câble avec les plus grandes économies permettront aux exportateurs d'avoir un meilleur accès aux informations sur ces marchés et faciliteront les télécommunications entre leurs composants. Pour construire une mesure synthétique de la proximité numérique d'un pays avec les principaux centres de production et de consommation, nous utilisons des données sur le réseau CSM mondial, les combinons avec des données mondiales sur le PIB, et construisons un indicateur original mesurant la part cumulée d'un pays dans le PIB mondial atteint par des connexions directes par câble, c'est-à-dire de premier ordre, comme le schématise la figure 3. Dans cette figure, le pays *i* est directement (ou de premier ordre) connecté (indice 1) aux pays *a* et *b* par l'intermédiaire de CSM (quel que soit leur nombre), ce qui donne un indicateur de connectivité mondiale consistant à agréger le poids des pays *a* et *b* dans le PIB mondial.

**Figure 3 : Connectivité numérique**

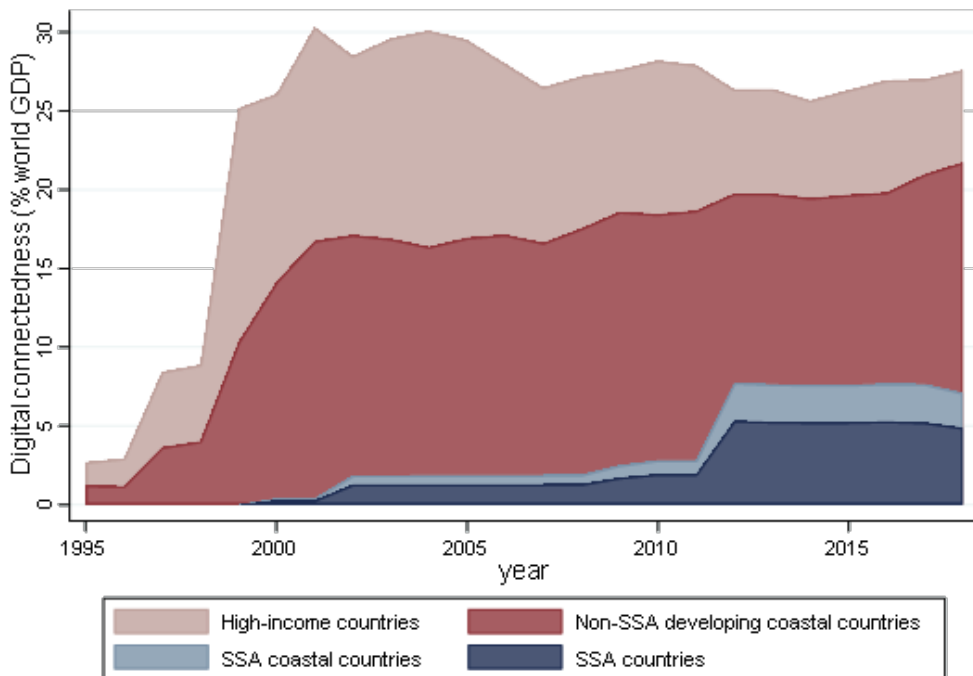


Source : Construction propre des auteurs.

Si l'on trace l'évolution moyenne de cet indicateur dans le monde et en Afrique subsaharienne, notamment dans la figure 4, on constate que, malgré un essor remarquable au début des années 2010, un pays africain est toujours, en moyenne, connecté à quelque 5 % du PIB mondial en 2017 (7 % si l'on exclut les pays enclavés), contre 20 % pour un pays côtier non africain en développement moyen et 27 %

pour un pays à revenu élevé moyen. Sachant que le commerce est limité par des frictions informationnelles, et que les capacités et la diffusion des connaissances limitent la complexification des exportations, notre intuition est que la connectivité numérique très limitée de l'Afrique aux principaux marchés mondiaux peut expliquer la complexité encore faible du panier d'exportation. Cependant, la récente et forte croissance de sa connectivité numérique aux marchés mondiaux devrait avoir stimulé la diffusion des connaissances et contribué à un rattrapage rapide au cours des dernières années.

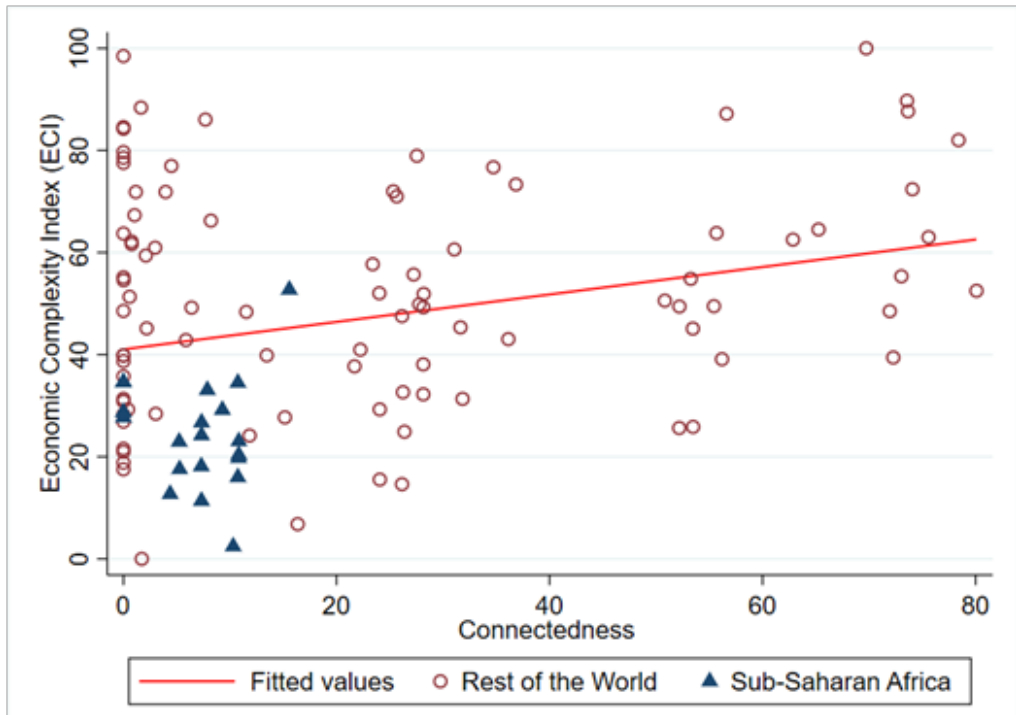
**Figure 4 : Évolution de la connectivité numérique (% du PIB mondial), 1995-2017**



Note : Sur l'axe X est présentée la part cumulative moyenne du PIB mondial atteinte par les connexions directes (de premier ordre) de CSM.

Source : Construction des auteurs sur la base des données brutes de Télégéographie et des Indicateurs de Développement Mondial.

**Figure 5 : complexité des exportations par rapport à la connectivité numérique, 2017**



Source : Construction des auteurs à partir des données brutes de Télégéographie et du MIT.

## Stratégie empirique

### Le modèle

En combinant notre ensemble de données original sur la connectivité internationale avec les données de l'Observatoire de la complexité économique du MIT, nous construisons un panel non équilibré de 60 pays (dont 23 pays subsahariens) sur la période 1995-2017. Le tableau 1 présente les statistiques descriptives des variables utilisées dans notre modèle, tandis que le tableau A1 montre la composition de l'échantillon. Notre modèle de base est spécifié comme suit :

$$ECI_{i,t} = \alpha_i + \alpha_t + \beta_1 GDP\_connectedness_{it} + (\beta_2 GDP\_connectedness_{it} \times SSA_i) + \beta_3 X_{i,t} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Où,  $ECI_{i,t}$  est l'indice de complexité pour le pays  $i$  au moment  $t$ ;  $GDP\_connectedness_{it}$  est le pourcentage cumulé du PIB mondial atteint par les câbles directs installés dans le pays  $i$  au moment  $t$ ;  $SSA_i$  une variable muette égale à 1 pour les pays subsahariens et 0 sinon;  $X_{i,t}$  est un ensemble de variables de contrôle;  $\alpha_i$  et  $\alpha_t$  sont,

respectivement, les effets fixes du pays et du temps;  $\varepsilon_{it}$  est le terme d'erreur. Puisque nous nous intéressons à un éventuel rattrapage de l'ASS, nos paramètres d'intérêt sont les suivants  $\beta_1$  et  $\beta_2$ . Conformément à la littérature connexe, nous contrôlons les taux de pénétration d'Internet, la taille et le niveau de développement du pays, l'éloignement commercial des marchés mondiaux (pour tenir compte d'un éventuel effet de seuil dans cette variable, nous contrôlons également sa valeur au carré), les rentes provenant des exportations de ressources naturelles, les entrées d'IDE, l'ouverture commerciale, la démocratie, l'accès à l'électricité et les taux de change à effet réel. La description, le signe attendu, la littérature connexe et la source sous-jacente de ces variables de contrôle sont fournis dans le tableau A2. Les statistiques descriptives de ces variables de contrôle sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Statistiques descriptives - Échantillon de base : 1 150 observations**

	Moyenne	Ecart type.	Min	Max	Source
<b>Variable dépendante</b>					
ICE	38.25	17.81	0.00	90.84	MIT's OEC
<b>Variable d'intérêt</b>					
Connectivité numérique	18.10	21.27	0.00	75.59	Auteurs
<b>Variable instrumentale</b>					
Connexions de câbles de 2ème ordre	32.00	27.84	0.00	102.00	Auteurs. Telegeographie
<b>Variables de contrôle</b>					
Log (PIB p.c.)	8.09	1.21	5.53	11.15	WDI
log (Population)	16.88	1.41	13.29	21.05	WDI
Flux d'IDE	3.67	4.52	-6.06	39.46	WDI
Commerce (% du PIB)	73.49	48.74	15.64	437.33	WDI
Utilisateurs d'Internet	17.90	22.19	0.00	97.39	WDI
log (REER)	4.68	0.40	3.04	14.65	FERDI
Indice d'éloignement	53.56	23.19	0.00	100.00	FERDI
Rentes naturelles	9.01	11.24	0.00	58.65	WDI
Polity2	5.81	2.68	0.00	10.00	QOG
Électricité (accès)	73.26	30.33	3.44	100.00	WDI
Distance maritime	7678.01	2935.01	2494.37	18646.79	CERDI
Indice de connectivité du transport maritime	26.91	23.30	0.80	141.58	UNCTAD
<b>Canal de la capacité d'absorption</b>					
Pénétration de l'Internet	17.90	22.20	0.00	97.39	WDI
1ary taux d'inscription	102.31	2.63	95.97	105.32	WDI
2ary taux d'inscription	78.39	6.65	67.79	90.21	WDI
3ary taux d'inscription	34.23	7.26	22.16	47.70	WDI

*suite page suivante*

**Tableau 1 Continué**

	Moyenne	Ecart type.	Min	Max	Source
<b>Participation � la chaîne de valeur</b>					
FVA pc	0.79	4.21	0.00	43.10	UNCTAD-Eora
DVX pc	0.46	1.13	0.00	9.96	UNCTAD-Eora
<b>Exportations de Rauch</b>					
Diff exp. pc	1.23	5.21	0.00	51.43	UN COMTRADE
OE exp. pc	0.78	1.86	0.00	17.94	UN COMTRADE
Réf Pr.exp.pc	0.79	3.38	0.00	39.57	UN COMTRADE

Note : Les définitions des variables et la littérature connexe sont présentées dans le tableau A3 (en annexe).

## Variable instrumentale

Une connectivité numérique accrue peut être un déclencheur de la complexité économique ou une conséquence de celle-ci. Le défi économétrique consiste donc à résoudre un éventuel problème de causalité inverse en isolant un lien de causalité allant exclusivement de la connectivité du PIB à l'ICE. Pour ce faire, nous adoptons l'approche IV en exploitant des informations sur la forme du réseau de CSM reliant les partenaires auxquels un pays est connecté. Nous utilisons spécifiquement le nombre de connexions CSM distinctes de second ordre (schématisées dans la figure 6) - en excluant les doublons et les partenaires communs (c'est-à-dire que seules les lignes unies sont prises en compte) - comme variable instrumentale (IV) prédisant la connectivité (figure 7). Nous estimons donc l'équation 1 précédente (deuxième étape) avec cette équation de première étape, en utilisant l'estimateur des moindres carrés en deux étapes (2SLS) :

$$\begin{aligned}
 Connectedness_{i,t} = & \alpha_i + \alpha_t + \gamma_1 2ndorder\_con_{it} + \\
 & (\gamma_2 2ndorder\_con_{it} \times SSA_i) + \gamma_3 X_{i,t} + \epsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{2}$$

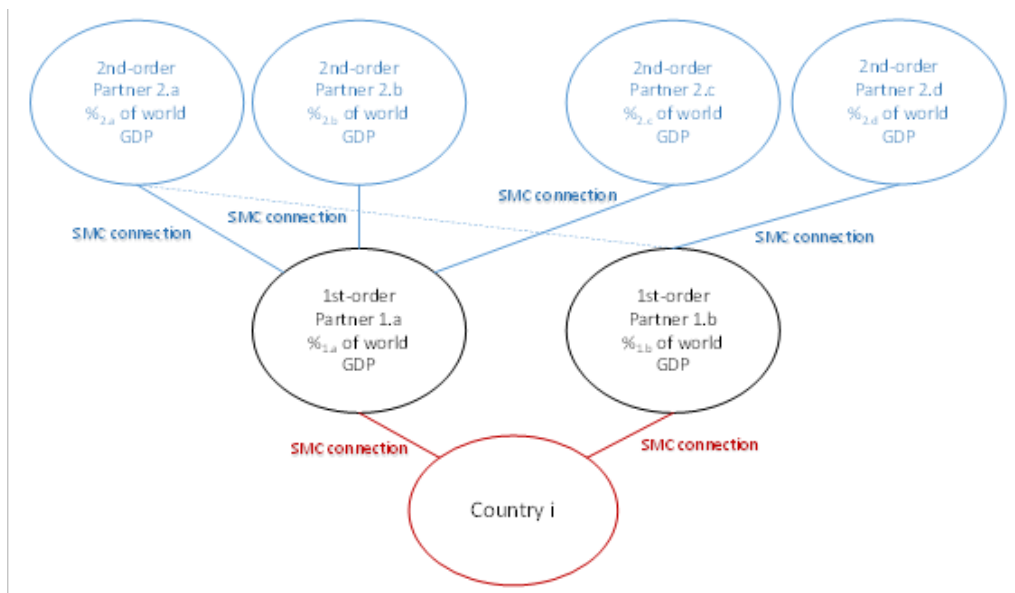
Correction de l'hétéroscédasticité et regroupement des erreurs standard au niveau des pays.

Compte tenu de l'importance des coûts sous-jacents aux investissements et aux opérations, la capacité d'un câble à relier un grand nombre de pays dépend des caractéristiques géographiques des pays/régions/continents desservis, en particulier des économies d'échelle possibles induites par l'apport de l'Internet à plusieurs pays, régions et continents.<sup>9</sup> C'est le cas de la plupart des câbles reliant l'Afrique au reste du monde, comme les câbles Afrique-Côte-Europe (ACE), WACS, EASSy, WASC ou TEAMS, déployés dans les années 2000 et 2010 pour desservir un grand nombre de pays situés dans les mêmes régions et/ou sur le chemin pour relier l'Afrique aux autres continents. C'est également le cas des câbles SEAMEWE-3/4/5 ou AAE1, reliant

des pays situés sur le chemin reliant l'Asie extrême-orientale à l'Europe via le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord. Cette caractéristique du réseau de câbles remplit donc les conditions d'un bon instrument.

Le raisonnement de notre IV est donc assez simple : les pays qui sont connectés aux marchés mondiaux eux-mêmes peu (densément) connectés afficheront une connectivité faible (élevée). Notre revendication d'exogénéité réside dans le fait que la forme et la densité du réseau des CSM sont déterminées par des conditions historiques à long terme favorables à l'interconnexion des pays industrialisés occidentaux (qui sont exclus de l'échantillon d'estimation), par des facteurs géographiques et des considérations économiques globales, indépendantes de la situation ou de la politique économique d'un pays donné (Eichengreen et al., 2016 ; Banque mondiale, 2018 ; Cariolle, 2021).<sup>10</sup> Cette affirmation est plausible pour les connexions par câble de premier ordre, mais encore plus probable si l'on se concentre sur la densité des connexions par câble de second ordre, qui est la raison d'être de notre principal instrument (Figure 6). L'annexe C présente des estimations IV utilisant le nombre de connexions par câble de premier ordre et de second ordre comme instruments pour tester les restrictions de sur-identification.

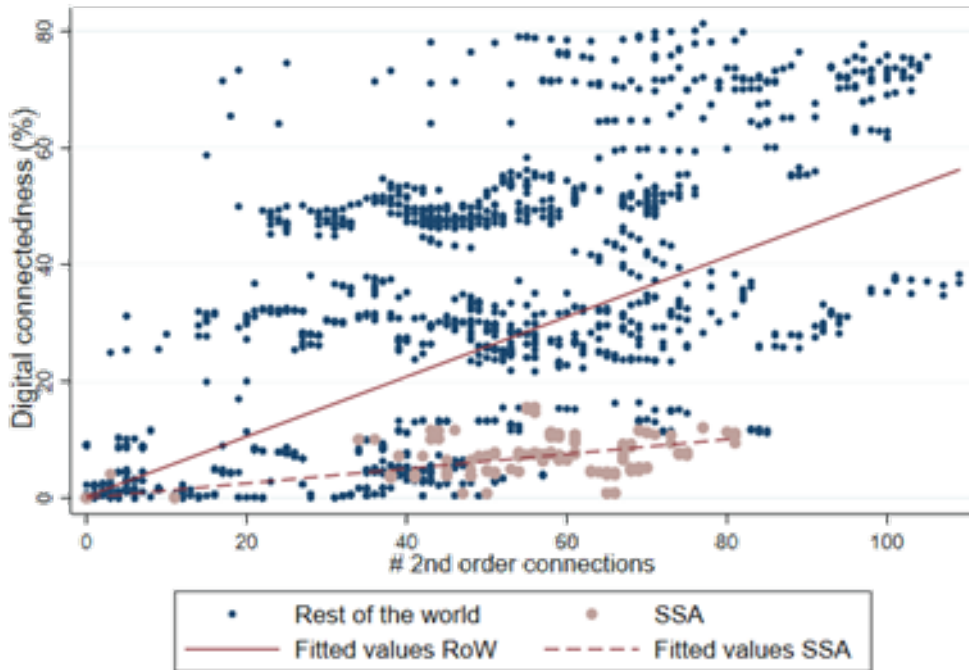
**Figure 6 : Connexions des CSM de deuxième ordre**



Source : Construction propre des auteurs.



Figure 7 : Connexions CSM de second ordre et connectivité numérique, 1995-2017



Source : Construction des auteurs sur la base des données de Télégéographie et des Indicateurs de Développement Mondial.

## 3. Résultats principaux

### Estimations de base et effets régionaux

Le tableau 2 présente les estimations à effet fixe des MCO de l'équation 1 sur la base d'un échantillon de 60 économies en développement et en transition (dont 23 d'Afrique subsaharienne) couvrant la période 1995-2017. Globalement, il apparaît que la connectivité numérique est positivement liée à la complexité économique. Suspectant une éventuelle autocorrélation étant donné la grande dimension temporelle de notre panel, nous effectuons le test d'Inoue-Solon pour les résidus autocorrélés et détectons la présence d'une autocorrélation d'ordre 1 dans les résidus (voir Annexe B). Par conséquent, nous présentons dans la colonne (3) les estimations de l'équation 1 avec les erreurs types AR (1) de Driscoll-Kraay, et nous ne trouvons pas que la correction des résidus AR (1) réduise la significativité des relations estimées.

Tableau 2 : Estimations des effets fixes des MCO

Var. dép. ICE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Période	1995-2017												
Connectivité	0.223**	0.109**	0.110***	0.128***	0.226***	0.128***	0.317***	0.205**	0.137***	0.240*	3.337***	0.268***	0.126
	(0.108)	(0.0527)	(0.0231)	(0.0470)	(0.0383)	(0.0470)	(0.0477)	(0.101)	(0.0487)	(0.134)	(0.878)	(0.0908)	(0.0945)
ASS x connecté				0.340*	0.195	0.340*	0.287	0.436***	0.562**	0.280	-2.947***	0.464**	0.567**
				(0.199)	(0.174)	(0.199)	(0.206)	(0.198)	(0.224)	(0.256)	(0.992)	(0.195)	(0.227)
Lat Am x connecté					-0.205***		-0.281**		-0.209		-3.624***		-0.181
					(0.0536)		(0.140)		(0.146)		(0.890)		(0.167)
MENA x connecté					-0.131***		-0.125		-0.0376		-3.350***		0.0585
					(0.0341)		(0.0798)		(0.0985)		(0.872)		(0.129)
Asie du Sud-Est x connecté					0.0239		0.0404		0.240***		-3.009***		0.278**
					(0.0466)		(0.0730)		(0.0803)		(0.924)		(0.112)
Asie du Sud x connecté					-0.280***		-0.320***		-0.117		-3.396***		-0.0648
					(0.0560)		(0.0751)		(0.0797)		(0.911)		(0.112)
<b>Variables de contrôle</b>													
log(PIB p.c.)	5.827***	(1.831)	-4.023***	5.851***	6.018***	5.851***	5.071***	4.598*	6.819***	3.326	5.601	1.953	5.887***
			(1.196)	(1.886)	(1.374)	(1.886)	(1.763)	(2.405)	(2.443)	(2.890)	(3.992)	(2.499)	(2.136)
Commerce (% du PIB)	0.0796***	(0.0156)	-0.0108	0.0763***	0.0482***	0.0763***	0.0321**	0.0779***	0.0244	0.0921***	0.0303	0.0968***	0.0258
			(0.0119)	(0.0161)	(0.0108)	(0.0161)	(0.0142)	(0.0208)	(0.0211)	(0.0276)	(0.0395)	(0.0226)	(0.0186)
Utilisateurs d'Internet (% pop.)	0.0276	(0.0347)	-0.0232	0.0442	0.0217	0.0442	0.0344	0.0568	-0.0190	0.0343	0.0942	-0.0400	-0.0868*
			(0.0449)	(0.0344)	(0.0332)	(0.0344)	(0.0356)	(0.0398)	(0.0475)	(0.0585)	(0.0871)	(0.0623)	(0.0524)
Éloignement	-0.179*	(0.108)	-0.102	-0.210*	-0.189*	-0.210*	-0.272	-0.346***	-0.465***	-0.498***	-0.467**	-0.536***	-0.451***
			(0.0715)	(0.110)	(0.106)	(0.110)	(0.169)	(0.129)	(0.169)	(0.130)	(0.194)	(0.109)	(0.148)
Éloignement <sup>2</sup>	0.0021*	(0.0012)	-0.00145	0.0024**	0.00224*	0.00242**	0.00313*	0.00395***	0.00483***	0.00589***	0.00455**	0.00663***	0.00509***
			(0.0010)	(0.0012)	(0.00122)	(0.00120)	(0.00184)	(0.00148)	(0.00183)	(0.00152)	(0.00210)	(0.00135)	(0.00164)

suite page suivante

Tableau 2 Continué

Var. dép. ICE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
Période	1995-2017			2000-2017			2005-2017			2010-2017			2006-2015	
Variables de contrôle														
Rentes naturelles		-0.379*** (0.0752)	-0.297*** (0.0791)	-0.354*** (0.0775)	-0.343*** (0.0807)	-0.354*** (0.0775)	-0.294*** (0.111)	-0.319*** (0.0930)	-0.383*** (0.109)	-0.400*** (0.0977)	-0.574*** (0.173)	-0.317*** (0.0873)	-0.273*** (0.0942)	
Polity2		0.246 (0.346)	0.493*** (0.180)	0.0906 (0.357)	-0.0805 (0.326)	0.0906 (0.357)	-0.300 (0.397)	-0.147 (0.433)	-0.580 (0.422)	-0.262 (0.449)	-0.695 (0.718)	-0.403 (0.473)	-0.881* (0.527)	
Accès à l'électricité (% pop.)		0.00083 (0.0591)	-0.168*** (0.0563)	-0.00276 (0.0616)	0.0125 (0.0441)	-0.00276 (0.0616)	-0.00486 (0.0499)	-0.0220 (0.0673)	-0.0695 (0.0679)	-0.0269 (0.0865)	-0.129 (0.124)	0.0718 (0.0714)	0.0173 (0.0537)	
log(Population)		1.505 (1.383)	1.406 (2.494)	1.132 (1.479)	0.375 (1.056)	1.132 (1.479)	-0.885 (1.308)	0.398 (1.736)	-1.262 (1.400)	0.274 (1.906)	-0.756 (1.876)	-0.0273 (1.673)	-1.881* (1.143)	
Flux d'IIDE		-0.0900 (0.0823)	-0.00057 (0.0493)	-0.0883 (0.0828)	-0.0977 (0.0684)	-0.0883 (0.0828)	-0.0513 (0.0546)	-0.0526 (0.0710)	-0.0472 (0.0802)	-0.0484 (0.100)	-0.0614 (0.0965)	-0.0790 (0.105)	-0.0713 (0.0869)	
log(REER)		-0.800* (0.417)	-1.029** (0.410)	-0.698* (0.391)	-0.712* (0.402)	-0.698* (0.391)	-1.064* (0.594)	-1.048* (0.587)	-0.856 (0.529)	-0.919 (0.613)	-0.584* (0.350)	-6.753*** (3.142)	-6.118* (3.161)	
N	2497	1150	1150	1150	1150	896	896	633	633	363	363	528	528	
R <sup>2</sup>	0.041	0.652	0.471	0.657	0.693	0.656	0.697	0.661	0.703	0.685	0.729	0.699	0.737	

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays, sauf dans la colonne (3) où les erreurs types de Driscoll Kraay AR (1) sont signalées. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Estimateur à variable muette FE, sauf dans la colonne (3) où les estimations à l'intérieur de FE sont indiquées. Les erreurs types de Driscoll-Kraay sont robustes aux formes très générales de dépendance transversale et temporelle lorsque la dimension temporelle devient importante.

Étant donné que le déploiement du CSM a eu lieu récemment en Afrique subsaharienne, nous avons divisé notre échantillon en quatre périodes afin d'évaluer correctement l'hétérogénéité temporelle et régionale. Les colonnes 6, 8 et 12 montrent que l'impact de la connectivité est plus important en Afrique subsaharienne que partout ailleurs, ce qui suggère un effet de rattrapage sur le continent. Cet effet est remarquable dans la mesure où l'ASS est comparée aux pays en développement les plus performants de notre échantillon (la Chine et la Corée du Sud), qui affichent des niveaux de connectivité similaires à ceux des pays occidentaux et nord-américains (figure 2). Il convient également de noter que la période 2006-2015 est celle au cours de laquelle l'effet de rattrapage le plus important a été enregistré (colonne 12 et colonne 13).<sup>11</sup> En ce qui concerne les variables de contrôle, l'éloignement et la rente naturelle s'avèrent préjudiciables à la complexité du panier d'exportation, tandis qu'une augmentation du niveau de revenu, de l'ouverture commerciale ou une dépréciation du REER est associée à une augmentation de la complexité du panier d'exportation. Toutes les autres variables de contrôle sont statistiquement non significatives.

Le tableau 3 présente les estimations FE-2SLS, tandis que l'annexe C présente les estimations du même estimateur en utilisant les connexions par câble de premier ordre et de second ordre comme ensemble d'instruments. Les statistiques relatives à la qualité des instruments sont satisfaisantes<sup>12</sup>, rejetant l'hypothèse nulle selon laquelle l'équation est sous-identifiée et affichant des statistiques F de première étape élevées, bien supérieures à 10. Les estimations de l'instrument sont positives et statistiquement significatives à 1% dans la régression de première étape. Les estimations FE-2SLS soutiennent un effet causal positif de la connectivité sur la complexité des exportations. Les estimations IV indiquent que l'effet est statistiquement significatif à 1% et légèrement supérieur aux estimations FE (tableau 2). Les estimations de la colonne (4) confirment le rattrapage technologique de l'ASS sur la période 2006-2015, déjà documenté dans le tableau 2. En termes d'ampleur, une augmentation de dix points de pourcentage (pp) de la part du PIB mondial directement exportée vers les pays de l'ASS entraîne une augmentation supplémentaire de 8,4 points de l'indice de complexité des exportations. Cette augmentation est supérieure de 5,3 points d'indice à celle du reste du monde en développement, une surperformance qui s'explique principalement par la performance inférieure de l'Amérique latine et de l'Asie du Sud (colonne 5). Cependant, contrairement aux estimations FE précédentes, les estimations IV de la colonne (5) ne montrent pas davantage de rattrapage de l'ASS par la Chine et la Corée du Sud.<sup>13</sup>

**Tableau 3 : Estimations 2SLS à effet fixe - Effets régionaux**

Var. dép. ICE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Période:</b>	<b>1995-2017</b>			<b>2006-2015</b>	
(A) Connectivité (con)	0.161** (0.0682)	0.124* (0.0657)	0.304*** (0.0531)	0.304** (0.123)	0.278 (0.205)
(B) ASS x con		0.265 (0.223)	-0.0779 (0.194)	0.532** (0.258)	0.250 (0.292)
(C) Lat Am x con			-0.315*** (0.0738)		-0.667** (0.261)
(D) MENA x con			-0.169*** (0.0603)		-0.0954 (0.358)
(E) Asie de Sud - Est x con			-0.0721 (0.0586)		0.0562 (0.136)
(F) Asie du Sud x con			-0.442*** (0.0907)		-0.326** (0.153)
<b>Estimations de première étape</b>					
F-stat (A)	63.28***	82.58 ***	117.37***	50.06***	97.92***
F-stat (B)		40.82 ***	19.41***	47.65***	30.14***
F-stat (C)			25.70***		5.42***
F-stat (D)			7.28***		2.02*
F-stat (E)			345.76***		143.67***
F-stat (F)			13.96***		615.46***
F-stat de Cragg-Donald	382.685***	503.183	121.077	115.980	6.482
Stat LM	24.113***	31.373	20.245	17.771	10.44
Contrôles, EF pays, EF année	YES				
N	1150	1150	1150	528	528
R <sup>2</sup>	0.650	0.657	0.689	0.698	0.731

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Estimateur FE 2SLS à variable muette. Les estimations de contrôle ne sont pas indiquées dans le tableau.

## La distance a-t-elle encore de l'importance ?

Comme souligné précédemment, la question de savoir si la numérisation des échanges a stimulé la disparition de la distance dans le commerce international est centrale (Lendle et al., 2016 ; Goldfarb & Tucker, 2019), et cette sous-section vise à recadrer cette problématique dans le cadre du lien connectivité-complexité. Dans le tableau 4, nous testons si l'effet positif de la connectivité est conditionné par la distance géographique du pays aux principaux marchés d'exportation. Pour ce faire, nous interagissons la variable d'éloignement commercial utilisée comme contrôle avec les variables fictives de connectivité numérique et d'ASS, en appliquant la même procédure d'interaction avec notre ensemble d'instruments. Les résultats montrent que l'effet positif de la connectivité décroît avec la distance géographique aux marchés mondiaux, et cette

conclusion est valable que l'on limite la période d'estimation à la période 2006-2015 ou que l'on considère uniquement les pays côtiers dans l'analyse. Cependant, ils suggèrent, dans un niveau de confiance de 10%, que l'effet de la connectivité sur la complexité des exportations augmente avec l'éloignement des marchés mondiaux dans les pays côtiers de l'ASS (colonne 6). Cette série d'estimations suggère que, malgré la numérisation et la digitalisation du commerce, la distance géographique entrave la complexification du commerce, mais avec une exception probable en ASS. Nous approfondissons cette non-linéarité dans les régressions suivantes, en utilisant des mesures plus sophistiquées des coûts commerciaux liés à la distance.

**Tableau 4 : Connectivité numérique et distance géographique aux principaux marchés mondiaux**

Var. dép. ICE Echantillon: Période	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Tous les pays			Pays côtiers		
	1995–2017		2006–2015	1995–2017		2006–2015
(A) Connectivité (con)	0.330*** (0.118)	0.296** (0.119)	0.889*** (0.233)	0.321*** (0.120)	0.290** (0.125)	0.803*** (0.243)
(B) Con x éloignement	-0.0038** (0.00185)	-0.0038** (0.00187)	-0.016*** (0.00424)	-0.0032* (0.00193)	-0.0035* (0.00193)	-0.014*** (0.00426)
(C) Con x ASS		0.570 (0.742)	-0.710 (0.889)		0.540 (0.798)	-0.974 (0.927)
(D) Con x ASS x éloignement		-0.00538 (0.0119)	0.0263 (0.0174)		-0.00277 (0.0135)	0.0350* (0.0192)
<b>Contrôles additionnels</b>						
ASS x éloignement		0.0211 (0.0577)	-0.0673 (0.0664)		0.00723 (0.0831)	-0.133 (0.118)
Indice d'éloignement	0.0758 (0.0535)	0.0671 (0.0619)	0.323*** (0.0938)	0.0477 (0.0680)	0.0460 (0.0685)	0.252** (0.111)
<b>Estimations de première étape</b>						
F-stat (A)	30.99	35.72	21.26	22.96	26.37	17.41
F-stat (B)	33.22	33.97	38.19	33.91	28.26	33.07
F-stat (C)		139.04	77.79		144.25	58.62
F-stat (D)		94.45	41.9		102.11	36.96
F-stat de Cragg-Donald	220.269	194.980	36.606	156.917	137.18	23.743
LM-stat	24.993***	19.48***	11.42***	21.721***	24.13***	7.726***
Contrôles, EF pays, EF année	Oui					
N	1150	1150	528	1039	1039	484
R <sup>2</sup>	0.646	0.655	0.681	0.649	0.663	0.688

Notes : Les erreurs standard sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Estimateur EF 2SLS à variable muette. Les estimations de contrôle ne sont pas indiquées dans le tableau. Pour tenir compte des effets médiateurs de l'éloignement, le terme au carré de la variable d'éloignement a été supprimé de l'équation économétrique.

Dans un second temps, nous avons construit une variable alternative reflétant la distance maritime aux marchés mondiaux, en utilisant les données sur les distances maritimes bilatérales de la base de données sur les distances maritimes CERDI-Sea (Bertoli et al., 2016). Il est probable que la distance euclidienne entre les capitales, utilisée dans l'indice d'éloignement, reflète de manière inappropriée les coûts commerciaux liés à la distance, et que la prise en compte des distances maritimes serait plus pertinente pour notre problématique puisque de nombreuses exportations sont des marchandises expédiées et transportées par bateaux à l'étranger. Sur la base de ces données, nous calculons la distance maritime moyenne d'un pays par rapport à ses dix principaux partenaires commerciaux (y compris les importations et les exportations), et nous interagissons cette variable avec les variables de connectivité et d'ASS dans l'équation 1, et avec l'instrument dans l'équation 2. Les résultats, présentés dans le tableau 5, sont cohérents avec les estimations précédentes basées sur l'indice d'éloignement.<sup>14</sup> Ils confirment en effet que la distance maritime atténue l'effet positif de la connectivité numérique sur la complexité des exportations. Ils confirment également une relation qui n'était significative qu'à 10% avec la variable d'éloignement commercial (tableau 4, colonne 6), soulignant que, contrairement à d'autres régions en développement, l'effet de la connectivité augmente avec la distance maritime en ASS. Par exemple, une augmentation de 3 000 km de la distance maritime par rapport aux principaux partenaires commerciaux (environ un écart-type) réduit de 47 % l'effet positif de la connectivité sur la complexité des exportations dans les pays non ASS, mais augmente de 75 % l'effet positif de la connectivité sur la complexité des exportations dans les pays ASS. Cet effet n'est pas dû à la présence de l'Afrique du Sud dans l'échantillon (colonne 4), et est robuste à l'exclusion de l'éloignement commercial des variables de contrôle (colonne 5). De plus, l'interaction simple de la connectivité avec la variable muette ASS est associée à un signe négatif et significatif, ce qui suggère que le rattrapage de la complexité de l'ASS est dû à une connectivité accrue dans les pays les plus éloignés des marchés mondiaux. Par conséquent, la distance (maritime) aux marchés mondiaux pourrait avoir été un handicap structurel pour la complexification du panier d'exportation des pays africains, qui est en train d'être compensé par le processus d'interconnexion numérique.



**Tableau 5 : Connectivité numérique et distance maritime par rapport aux principaux partenaires commerciaux**

Var. dép. ICE Période:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	1995–2017		2006–2015		
(A) Connectivité (con)	0.194	1.201***	1.593***	1.590***	-0.133
	(0.363)	(0.291)	(0.420)	(0.396)	(0.195)
(B) Con x distance maritime	-0.000004	-0.000178***	-0.00025***	-0.00025***	0.000015
	(0.00006)	(0.00005)	(0.00008)	(0.00007)	(0.00004)
(C) Con x SSS		-2.437***	-2.612***	-2.695***	-2.417***
		(0.486)	(0.485)	(0.605)	(0.925)
(D) Con x ASS x dist mer.		0.000348***	0.000398***	0.000408***	0.000271***
		(0.0000679)	(0.0000808)	(0.0000909)	(0.0000999)
<b>Contrôles additionnels</b>					
ASS x distance maritime		-0.000912	-0.00167	-0.00152	0.000081
		(0.000804)	(0.00115)	(0.00140)	(0.00095)
Distance maritime	0.000154	0.000861	0.00203	0.00194	-0.00223**
	(0.00067)	(0.00103)	(0.00146)	(0.00158)	(0.000875)
<b>Estimations de première étape</b>					
F-stat (A)	10.44	14.8	15.57	20.9	19.42
F-stat (B)	10.68	16.77	18.7	31.19	18.72
F-stat (C)		36.46	38.45	41.85	34.51
F-stat (D)		29.72	29.84	37.32	34.75
F-stat de Cragg-Donald	61.486	47.031	28.296	30.515	90.671
Stat - LM	17.894***	8.326***	9.080***	8.387***	13.471***
Contrôles, EF pays, EF année	Oui	Oui†	Oui††		
N	737	737	528	518	797
R <sup>2</sup>	0.624	0.674	0.707	0.708	0.774

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Estimateur FE 2SLS à variable muette. Les estimations de contrôle ne sont pas indiquées dans le tableau. Pour éviter une colinéarité potentielle avec la variable d'interaction de la distance maritime et assurer la comparabilité des résultats avec le tableau 4, le terme au carré de la variable d'éloignement a été abandonné dans l'équation économétrique. † Dans la colonne (4), l'Afrique du Sud a été exclue de l'échantillon. †† Dans la colonne (5), la variable d'éloignement commercial a été exclue de l'équation économétrique.

Pour mieux comprendre le rôle de la distance dans notre relation, nous cherchons à savoir si les coûts de transport maritime peuvent servir de médiateur à l'effet de la connectivité numérique sur la complexité des exportations, en utilisant l'indice de connectivité du transport maritime de ligne de la CNUCED comme variable d'interaction. Cet indice mesure la connectivité d'un pays au réseau mondial de transport maritime sur la base de cinq paramètres : le nombre de navires, leur capacité de transport de conteneurs, la taille maximale des navires, le nombre de services et le nombre d'entreprises qui déploient des porte-conteneurs dans les ports d'un pays. Les résultats sont présentés dans le tableau 6 et soulignent que la connectivité

maritime est complémentaire de la connectivité numérique, c'est-à-dire qu'elle augmente la contribution de la connectivité à la complexité des exportations, et que cette complémentarité est plus forte en ASS, notamment lorsque l'Afrique du Sud est exclue de l'échantillon (colonne 4).

**Tableau 6 : Connectivité numérique et canal de connectivité du transport maritime**

Var. dép. ICE Période:	(1)	(2)	(3)	(4)
	1995–2017		2006–2015	
(A) Connectivité (con)	0.174 (0.265)	0.104 (0.161)	0.0228 (0.209)	-0.0324 (0.196)
(B) Con x SCI	0.00314 (0.00262)	0.00370* (0.00209)	0.00424* (0.00243)	0.00468* (0.00240)
(C) Con x ASS		-0.277 (0.573)	-0.333 (0.635)	-0.743 (0.609)
(D) Con x ASS x SCI		0.0445 (0.0423)	0.0568 (0.0478)	0.109** (0.0477)
<b>Contrôles additionnels</b>				
ASS x SCI		-0.189 (0.485)	-0.413 (0.514)	-0.973 (0.596)
Indice de connectivité du transport maritime (SCI)	-0.328* (0.179)	-0.304* (0.178)	-0.258 (0.186)	-0.244 (0.213)
<b>Estimations de première étape</b>				
F-stat (A)	6.67***	20.24***	23.28***	10.47***
F-stat (B)	35.49***	112.35***	88.97***	39.06***
F-stat (C)		144.19***	143.52***	57.20***
F-stat (D)		103.68***	143.09***	49.54***
F-stat de Cragg-Donald	19.19	46.389	38.863	40.42
Stat - LM	5.034**	8.360***	8.988***	8.972***
Contrôles, EF pays, EF année	Oui	Oui†		
N	681	681	492	482
R <sup>2</sup>	0.631	0.676	0.706	0.712

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Estimateur FE 2SLS à variable muette. Les estimations de contrôle ne sont pas présentées dans le tableau. Pour éviter une colinéarité potentielle avec la variable d'interaction SCI et assurer la comparabilité des résultats avec le tableau 4 et le tableau 5, le terme au carré de la variable d'éloignement a été supprimé de l'équation économétrique. † Dans la colonne (4), l'Afrique du Sud est exclue de l'échantillon.

Par conséquent, ce groupe d'estimations souligne que la distance est toujours importante pour expliquer l'effet de la connectivité sur le lien de complexification économique, mais elle l'est d'une manière différente pour les pays d'Afrique subsaharienne. Alors que l'augmentation de la distance géographique ou maritime par rapport aux marchés mondiaux atténue l'effet positif de la connectivité numérique

sur la complexité des exportations dans la plupart des économies en développement, on constate qu'une distance accrue accentue cet effet en Afrique subsaharienne. Cela signifie que le rattrapage de l'ASS en matière de complexité économique s'explique par la connectivité des pays africains les plus éloignés des marchés mondiaux (à l'exception de l'Afrique du Sud). Ces pays souffrent probablement des plus grands handicaps structurels au commerce, et c'est donc probablement là que le retour à une connectivité accrue (la réduction des coûts d'information et de transaction) pourrait être le plus fort. Cette explication est corroborée par la contribution positive, mais moins robuste, de la connectivité maritime au lien connectivité-complexité, reflétant la baisse des coûts de transport maritime en ASS par rapport aux autres régions en développement.

## **Le canal de la capacité absorbante**

Dans un troisième temps, nous étudions un autre canal clé du lien entre connectivité et complexité, à savoir la capacité d'absorption numérique du pays. Nous postulons que la connectivité numérique déclenchera des transformations structurelles et la complexification de la structure des exportations si un pays et sa force motrice sont capables d'absorber le changement technologique et de transformer l'accès aux technologies numériques en réductions des coûts de transaction. Nous considérons que cette capacité d'absorption est reflétée par la pénétration de l'Internet dans l'ensemble de la population d'une part, et par le niveau de capital humain d'un pays d'autre part. Alors que l'utilisation d'Internet dans la population est un indicateur naturel de la familiarité d'une population donnée avec les technologies liées à Internet, le niveau d'éducation a été désigné comme un facteur critique de l'absorption de la technologie (Paunov & Rollo, 2015, 2016 ; Choi et al., 2020), comme en témoigne la littérature sur le changement technologique et organisationnel basé sur les compétences (Akerman et al., 2015).

Dans le tableau 7, nous présentons les estimations du canal de la capacité d'absorption numérique. Dans les colonnes (1) à (3), la part de la population utilisant Internet est utilisée comme indicateur de cette capacité et interagit avec les variables fictives de connectivité et d'ASS. Les résultats soulignent que, conformément à nos attentes, la pénétration de l'Internet est à l'origine de l'effet positif de la connectivité numérique. Cependant, cet effet conditionnant semble être moins significatif sur la période 2006-2015 (colonne 3). En outre, l'estimation de la colonne (3) suggère que l'augmentation des taux de pénétration de l'Internet en ASS n'est pas un facteur expliquant le rattrapage observé en matière de complexité économique, probablement en raison de la persistance de faibles taux de pénétration de l'Internet sur le sous-continent.

Une autre dimension essentielle de la capacité d'absorption du numérique est le capital humain, en particulier le niveau d'éducation (Choi et al., 2020). Dans les colonnes (4) à (12), nous mesurons le niveau d'éducation par les taux bruts

de scolarisation dans le primaire, le secondaire et le supérieur<sup>15</sup>, et interagissent séparément ces variables avec les variables muettes de connectivité et de l'ASS. Tout d'abord, les estimations soulignent que l'effet médiateur du taux de scolarisation, en particulier du taux de scolarisation primaire, est significatif sur l'ensemble de la période 1995-2017 plutôt que sur la période 2006-2015. De plus, les estimations de la colonne (5) confirment que l'augmentation du taux de scolarisation primaire dans les pays d'ASS bien connectés est particulièrement bénéfique à la complexité des exportations. Deuxièmement, les estimations de la colonne (4) et de la colonne (5) soulignent que l'atteinte d'un taux de scolarisation primaire minimum est nécessaire pour que l'effet positif de la connectivité numérique sur la complexité des exportations se fasse sentir. Sur la base des estimations de la colonne (4), ce taux est établi à 99%, ce qui correspond au premier quartile de la distribution de l'échantillon. Troisièmement, les effets médiateurs des taux de scolarisation dans le secondaire et le tertiaire sont positifs et significatifs, à un niveau de significativité de 10 % ou 5 % et sur une longue période seulement, mais on ne trouve pas de différence dans les pays d'Afrique subsaharienne.

Tableau 7 : Estimations de l'effet fixe par 2SLS – Le canal de la capacité absorbante

Var. dép. : ICE	(1)	(2)		(3)	(4)		(5)	(6)		(7)	(8)		(9)	(10)	(11)	(12)
		Pénétration de l'Internet			Taux de scolarisation primaire			Taux d'inscription secondaire			Taux d'inscription tertiaire					
Var. de la capacité absorbante:	1995-2017		2006-2015		1995-2017		2006-2015		1995-2017		2006-2015		1995-2017		2006-2015	
	(A) Connectivité (con)	0.0425 (0.0758)	0.000369 (0.0584)	0.147 (0.137)	-2.932*** (1.012)	-2.552** (1.008)	-1.900 (2.763)	-0.357 (0.284)	-0.436 (0.280)	-0.292 (0.502)	-0.0947 (0.130)	-0.136 (0.117)	-0.0859 (0.307)			
(B) Con x internet	0.00290*** (0.00076)	0.00385*** (0.00062)	0.00284* (0.0016)													
(B) Con x e.r.				0.0297*** (0.00990)	0.0257*** (0.00997)	0.0210 (0.0257)	0.00620* (0.00364)	0.00657* (0.00367)	0.00660 (0.00573)	0.00640* (0.00352)	0.00669** (0.00325)	0.00918 (0.00726)				
(C) Con x ASS		0.343 (0.289)	0.634* (0.343)		-28.85** (11.68)	-2.676 (23.94)		-0.727 (2.191)	0.487 (3.641)	-0.358 (0.942)	-0.505 (2.175)					
(D) Con x ASS x internet		-0.0480*** (0.0176)	-0.0233 (0.0280)													
(D) Con x ASS x e.r.					0.281** (0.113)	0.0304 (0.229)		0.0131 (0.0264)	0.000750 (0.0427)	0.0141 (0.0259)	0.0257 (0.0538)					
<b>Contrôles additionnels</b>																
ASS x internet		0.588*** (0.173)	0.214 (0.318)													
ASS x e.r.					-0.0119 (0.0451)	0.0112 (0.0503)		-0.0147 (0.0647)	-0.00647 (0.0626)	0.0784 (0.159)	0.0251 (0.139)					
Taux d'inscription (e.r.)				-10.40*** (1.400)	-10.46*** (1.413)	14.11** (5.643)	3.581*** (0.517)	3.299*** (0.523)	-2.120*** (0.772)	5.011*** (0.716)	4.410*** (0.756)	-18.45*** (6.709)				
Internaute (% pop)	-0.0495 (0.0373)	-0.0126 (0.0439)	-0.0741 (0.0706)	0.00241 (0.0387)	0.0358 (0.0364)	-0.0401 (0.0674)	0.0122 (0.0372)	0.0395 (0.0369)	-0.0405 (0.0687)	0.0117 (0.0373)	0.0500 (0.0402)	-0.0375 (0.0682)				

suite page suivante

Tableau 7 Continué

Var. dép. : ICE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Var. de la capacité absorbante:	Pénétration de l'Internet		Taux de scolarisation primaire		Taux d'inscription primaire		Taux d'inscription secondaire		Taux d'inscription tertiaire			
	1995-2017	2006-2015	1995-2017	2006-2015	1995-2017	2006-2015	1995-2017	2006-2015	1995-2017	2006-2015	1995-2017	2006-2015
<b>Estimations de première étape</b>												
F-stat (A)	53.98	37.53	27.32	60.15	34.31	16.52	30.66	36.02	34.78	30.81	39.96	41.81
F-stat (B)	97.12	58.14	67.52	59.18	34.8	16.91	30.59	38.24	41.57	30.94	41.12	51.24
F-stat (C)		25.42	33.87		26.86	28.37		25.68	22.99		27.7	23.36
F-stat (D)		7.64	7.63		26.8	28.7		24.38	22.54		23.49	21.04
F-stat de Cragg-Donald	122.986	139.992	56.312	131.977	270.721	53.755	186.542	274.393	76.958	185.623	262.082	84.706
Stat - LM	26.491***	2.930***	3.524*	29.340***	35.727***	15.763***	27.687***	32.018***	16.930***	27.593***	29.575***	18.200***
Xit, EF pays et année	Oui											
N	1150	1150	528	1150	1150	528	1150	1150	528	1150	1150	528
R <sup>2</sup>	0.660	0.657	0.698	0.652	0.663	0.702	0.656	0.665	0.703	0.656	0.665	0.703

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne figurent pas dans le tableau.

## 4. Analyse de robustesse

Dans cette dernière section, nous vérifions la robustesse de nos résultats et interprétations en utilisant des mesures complémentaires du processus de sophistication des exportations. Premièrement, nous vérifions si les effets régionaux précédents dans le lien connectivité-complexité se maintiennent pour les exportations différenciées, les exportations échangées sur des marchés organisés, ou les exportations avec un prix de référence, en utilisant la classification des produits de Rauch (Rauch, 1999). Deuxièmement, nous cherchons à savoir si ces relations sont corroborées par une participation accrue aux chaînes de valeur mondiales. Troisièmement, nous utilisons des mesures supplémentaires de l'amélioration des exportations, telles que l'ICE+ ou l'indice de sophistication des exportations de Hausman et al. (2007) (EXPY).

### **Connectivité numérique et exportations selon la classification de Rauch**

Comment augmentation de la connectivité numérique se matérialise-t-elle dans les exportations? Pour répondre à cette question, nous utilisons la classification de Rauch (1999), qui est largement utilisée dans les travaux empiriques sur la relation entre les TIC et le commerce. La classification de Rauch se compose de trois groupes de produits et présente une caractéristique importante en ce qu'elle nous permet de distinguer les produits dont l'échange est confronté à des coûts de recherche d'information élevés (biens différenciés) de ceux qui sont confrontés à des coûts de recherche d'information modérés ou faibles (biens homogènes vendus sur un marché d'échange organisé ou avec un prix de référence). Rauch propose deux classifications, une classification "conservatrice" qui minimise le nombre de produits homogènes tandis que la classification "libérale" les maximise. Pour construire nos exportations par catégorie de groupe suivant les deux classifications, nous nous basons sur le niveau à quatre chiffres de la Classification Standard du Commerce International (SITC, révision 2) fournie par UN COMTRADE.

Le tableau 8 présente les résultats basés sur la classification conservatrice<sup>16</sup>; Les colonnes (1) à (6) montrent que la connectivité numérique a un effet positif et statistiquement significatif sur les exportations de biens différenciés, tandis que l'impact sur les biens homogènes reste non significatif.

Tableau 8 : Estimations de l'effet fixe par 2SLS - Connectivité numérique et exportations de Rauch

Période : 2005-2017 Var. dép.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc
(A) Connectivité (con)	0.256** (0.112)	0.0272 (0.0204)	0.0443 (0.0368)	0.131* (0.0728)	0.0117 (0.00802)	0.0160 (0.0164)	-0.193** (0.0941)	-0.0231 (0.0143)	-0.0296 (0.0357)
(B) ASS x con				0.235 (0.165)	0.0287 (0.0237)	0.0526 (0.0439)	0.584*** (0.214)	0.0570* (0.0317)	0.118 (0.0948)
(B) Lat Am x con							0.497** (0.252)	0.0280 (0.0278)	0.00920 (0.0486)
(C) MENA x con							0.0141 (0.145)	-0.00718 (0.0162)	0.0115 (0.0336)
(D) Asie du Sud-Est x con							0.272** (0.128)	0.0344** (0.0158)	0.0403 (0.0410)
(E) Asie du Sud x con							0.416*** (0.138)	0.0283* (0.0145)	0.0639 (0.0618)
Réf. Pr. exportations par habitant	0.824** (0.333)		0.236** (0.107)	0.792** (0.332)		0.228** (0.0998)	0.694** (0.288)		0.200** (0.0860)
Exportations de l'OE par habitant	-0.322* (0.179)	0.0583*** (0.00588)		-0.336* (0.177)	0.0565*** (0.00490)		-0.350* (0.193)	0.0524*** (0.00818)	
Exportations diff. par habitant		0.0511*** (0.0110)	-0.0886 (0.110)		0.0513*** (0.00984)	-0.0877 (0.108)		0.0469*** (0.0103)	-0.102 (0.123)
<b>Statistiques de la première étape</b>									
F -stat de Cragg-Donald	58.447	57.215	57.357	195.632	195.335	195.205	19.759	19.699	19.501
Stat - LM	10.524***	9.375***	9.595***	21.068***	20.915***	20.977***	14.628***	14.292***	13.758***
Contrôles, EF pays et année	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
N	773	773	773	773	773	773	773	773	773
R <sup>2</sup>	0.816	0.318	0.252	0.847	0.349	0.276	0.857	0.363	0.286

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne sont pas présentées dans le tableau.



Ce résultat est cohérent avec la littérature et répond à nos attentes dans la mesure où les biens différenciés sont caractérisés par un coût de recherche plus élevé et sont intensifs en information. En ce qui concerne l'analyse de l'hétérogénéité, la colonne (7) indique que l'effet bénéfique de la connectivité numérique sur les exportations de biens différenciés est statistiquement significatif au niveau de 1 % et plus important en Afrique subsaharienne que partout ailleurs - aucun effet significatif n'est trouvé dans les pays de la région MENA. La colonne (8) montre que, les échanges organisés ne sont pas écartés, un effet positif de la connectivité numérique étant enregistré en ASS et dans les deux régions asiatiques.

## **Connectivité numérique et participation à la chaîne de valeur**

Pour bien comprendre le mécanisme en jeu en Afrique subsaharienne, nous poursuivons notre enquête empirique en nous concentrant sur la participation aux chaînes de valeur mondiales. À cette fin, nous utilisons les données de la CNUCED-Eora sur les chaînes de valeur mondiales de Casella et al. (2019). En utilisant l'ensemble de données EORA intrants et extrants multirégionaux (MRIO), et en suivant la décomposition des exportations brutes de Koopman et al. (2014), ces auteurs calculent divers indicateurs de valeur commerciale, notamment le contenu en valeur ajoutée étrangère des exportations (FVA) et les exportations à valeur ajoutée indirecte (DVX). La première mesure la part des exportations d'un pays incorporant la valeur ajoutée précédemment importée de l'étranger et est largement utilisée comme un indicateur de la participation aux chaînes de valeur mondiales en amont. La seconde mesure la participation à la CVM en amont et est calculée comme la partie des exportations brutes produites dans le pays qui entre comme intrant intermédiaire dans la valeur ajoutée exportée par d'autres pays, y compris la valeur ajoutée réimportée.

Dans le tableau 9, la colonne (1) et la colonne (2) montrent que la connectivité numérique induit une plus grande participation aux chaînes de valeur mondiales et que l'impact est beaucoup plus fort en termes d'ampleur sur la participation en amont que sur la participation en aval. En ce qui concerne l'hétérogénéité de l'effet, la colonne (5) suggère que la connectivité numérique augmente la participation en amont dans toutes les régions, à l'exception des pays de la région MENA. En outre, l'effet est beaucoup plus important pour les pays d'Afrique subsaharienne, ce qui confirme l'effet de rattrapage documenté précédemment dans le sens où davantage de biens intermédiaires sont nécessaires pour produire des biens complexes. La même conclusion s'applique dans une moindre mesure lorsqu'il s'agit de la participation en amont, sauf pour les pays de la région MENA et de l'Asie du Sud-Est où l'effet n'est pas significatif.

**Tableau 9 : Estimations de l'effet fixe par 2SLS - Connectivité numérique et participation à la chaîne de valeur**

Période: 2005–2017 Var. dép.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	FVA pc	DVX pc	FVA pc	DVX pc	FVA pc	DVX pc
(A) Connectivité (con)	0.202** (0.0906)	0.0398** (0.0174)	0.126* (0.0661)	0.0232* (0.0128)	-0.165* (0.0882)	-0.0237 (0.0198)
(B) ASS x con			0.127 (0.102)	0.0277 (0.0189)	0.419** (0.184)	0.0720* (0.0375)
(C) Lat Am x con					0.344* (0.178)	0.0641* (0.0334)
(D) MENA x con					0.0551 (0.116)	-0.00161 (0.0256)
(E) Asie du Sud-Est x con					0.276** (0.129)	0.0445 (0.0276)
(F) Asie du Sud x con					0.322** (0.131)	0.0492* (0.0275)
<b>Estimations de première étape</b>						
F-stat de Cragg-Donald	86.835	86.835	322.281	322.281	28.202	28.202
Stat - LM	13.40***	13.40***	25.084***	25.084***	10.541***	10.541***
Contrôles, EF pays, EF année	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
N	855	855	855	855	855	855
R <sup>2</sup>	0.795	0.819	0.826	0.850	0.838	0.865

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne sont pas présentées dans le tableau.

## Variables alternatives de mise à niveau des exportations

Cette section se concentre sur la sensibilité des résultats à une mesure alternative de la sophistication du panier d'exportation. Les résultats du tableau E1 (en annexe) sont basés sur l'ICE+, une version augmentée de l'ICE qui tient compte de la difficulté d'exporter chaque produit. L'ICE+ est jugé équivalent à l'indice d'aptitude proposé par Tacchella et al. (2012) et surpasse l'ICE lorsqu'il est utilisé pour prédire la croissance économique future (Albeaik et al., 2017). Les estimations de la colonne (1) à la colonne (4) montrent que l'utilisation d'une mesure alternative ne change pas nos résultats. Dans le tableau E2 (en annexe), nous introduisons EXPY comme indicateur alternatif de sophistication. Tel que défini par Hausmann et al. (2007), EXPY indique le niveau de productivité associé au modèle de spécialisation d'un pays. Par rapport à l'indice ICE, l'EXPY présente deux limites (Valette, 2018). Premièrement, il inclut le PIB par habitant et est de facto corrélé avec celui-ci. Deuxièmement, il ne prend pas en compte la proximité entre les produits.

Malgré ces limites, les estimations laissent inchangées nos conclusions sur le rôle positif de la connectivité numérique dans la sophistication des exportations et le rôle négatif de la distance maritime. Cependant, l'exception de l'Afrique sub-saharienne ne tient plus, dans les niveaux de significativité habituels.

## 5. Conclusion

Cet article se concentre sur les impacts du déploiement récent et rapide des CSM le long des côtes africaines sur les modèles commerciaux africains, et apporte trois contributions à la littérature empirique. Premièrement, nous mettons en évidence une nouvelle dimension du déploiement de l'infrastructure des CSM, appelée "connectivité numérique", qui reflète la proximité numérique d'un pays avec les marchés mondiaux. Deuxièmement, nous évaluons son impact sur la sophistication des exportations en utilisant l'indice de complexité économique (Hidalgo, 2021). Troisièmement, nous examinons la possibilité d'une causalité inverse entre la forme du réseau CSM et l'intégration des pays dans les marchés mondiaux, en utilisant le nombre de connexions CSM (indirectes) de second ordre comme instrument.

A partir d'un échantillon de 60 pays en développement, qui comprend 23 pays d'Afrique subsaharienne, et qui couvre la période 1995-2017, nos résultats montrent que, si la connectivité numérique augmente significativement la complexité du panier d'exportation dans tous les pays, il existe une hétérogénéité géographique et temporelle au sein de notre échantillon. En effet, l'effet de la connectivité numérique sur la complexité des exportations est particulièrement fort sur la période 2006-2015, et indique un rattrapage des pays d'Afrique subsaharienne. Par rapport au reste du monde, une augmentation de 10pp de la part du PIB mondial atteinte par les connexions CSM directes des pays de l'ASS entraîne une augmentation supplémentaire allant de 4,6 points d'indice (estimations FE) à 5,3 points d'indice (estimations IV). L'augmentation globale de la complexité des exportations de l'ASS résultant d'une augmentation de 10pp de sa connectivité est égale à 8,5pp, ce qui correspond à 47% de l'écart type de l'échantillon de l'ICE. Nous avons également constaté que l'effet positif de la connectivité diminue avec la distance géographique et maritime aux marchés mondiaux, sauf pour l'ASS où ces deux types de distances augmentent en fait les avantages de la connectivité numérique. Par exemple, une augmentation de 3 000 km de la distance maritime (environ un écart-type) réduit de 47 % l'effet positif de la connectivité sur la complexité des exportations dans les pays hors ASS, mais augmente de 75 % l'effet positif de la connectivité sur la complexité des exportations en ASS. Tous ces résultats majeurs sont valables lorsque l'on utilise l'ICE+ comme indicateur alternatif de la complexité et apportent ainsi des preuves supplémentaires aux études existantes sur le rôle de la distance géographique dans le commerce international (Blum & Goldfarb, 2006).

En nous concentrant sur les canaux supplémentaires par lesquels la connectivité numérique opère, nous documentons un effet médiateur de la pénétration d'Internet et du capital humain, non spécifique aux pays d'ASS. Ce résultat est conforme à ceux qui soulignent le rôle préalable joué par la capacité d'absorption numérique dans le processus de numérisation (Choi et al., 2020). Enfin, en examinant comment la connectivité numérique se matérialise dans l'amélioration des exportations, nous avons constaté que la connectivité numérique augmente les exportations de biens différenciés - c'est-à-dire les biens pour lesquels les coûts de recherche sont plus élevés - et favorise la participation en amont et en aval aux chaînes de valeur mondiales. Un impact beaucoup plus fort est observé dans la participation en amont, et l'Afrique sub-saharienne reste la région avec l'effet le plus important.

## Remarques

1. Les connaissances tacites ne sont pas codifiables et sont difficiles à communiquer, tandis que les connaissances polyvalentes sont des connaissances spécifiques à une activité ou à une tâche économique (Hidalgo, 2021).
2. Voir, par exemple, Ouassi-Olsson, L. "Investir dans l'exceptionnelle créativité africaine", *Entreprenante Afrique*, 4 octobre 2021. <https://www.entreprenanteafrique.com/en/investing-in-the-exceptional-african-creativity/>
3. Dans cette optique, Regolo (2013) montre que les partenaires commerciaux dotés de ressources similaires ont tendance à présenter une structure commerciale plus diversifiée que les partenaires dotés de ressources différentes, ce qui s'explique par une concurrence accrue découlant de coûts commerciaux identiques. Nous pensons que ce mécanisme pourrait être étendu aux coûts d'information.
4. Un scénario très plausible puisqu'une nouvelle connexion vers la Chine représenterait une augmentation de 15pp de cette part. C'est ce qui s'est produit en 2017 à Djibouti lors du déploiement du câble Asie Afrique Europe-1 (AAE-1) qui relie la France, l'Italie, le Moyen-Orient, l'Asie centrale, l'Inde, l'Asie du Sud-Est et la Chine.
5. Voir Goldfarb et Tucker (2019) pour une revue des recherches sur le lien entre la distance et le commerce dans un contexte de numérisation.
6. Selon Hidalgo (2009 : 2), la principale conclusion de ce domaine de recherche peut être résumée comme suit : "ce qu'un pays produit importe plus que la valeur qu'il extrait de ses produits".
7. Élaboration de nouveaux concepts et mesures tels que la complexité économique, la complexité des produits, la corrélation entre les produits et l'aptitude des pays (Hidalgo, 2021 ; Tacchella et al., 2012).
8. En 2014, "Une seule fibre sous-marine intercontinentale peut potentiellement transporter plus de données, avec moins de retard que ce que l'on pourrait obtenir en combinant tous les satellites de communication géostationnaires actifs du monde." (OCDE, 2014 : 20).

9. À titre d'illustration des coûts importants liés à ce déploiement d'infrastructures, le WACS reliant l'Afrique du Sud et la côte ouest-africaine à l'Europe depuis 2012 a coûté 600 millions de dollars US, tandis que l'AAE-1 reliant l'Asie, l'Afrique et l'Europe depuis 2017 a coûté 800 millions de dollars US. Pour plus d'informations, voir: <https://subtelforum.com/submarine-cable-map/> or <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/a-new-coming-for-submarine-cable-systems-the-independent-infrastructure-developers>
10. La préoccupation d'un possible influence de la politique sur la densité du réseau des CSM est encore plus faible en contrôlant les taux de pénétration de l'Internet, qui est le résultat combiné des politiques de télécommunications et de la capacité d'absorption numérique d'un pays. En outre, les estimations qui tiennent compte d'une composante essentielle de l'infrastructure terrestre, à savoir le nombre de points d'échange Internet dans le pays, restent strictement inchangées. Les résultats peuvent être fournis sur demande.
11. La période 2006-2015 correspond également aux épisodes de forte augmentation de la complexité économique de l'ASS mis en évidence dans la figure 2. Le score ICE moyen de l'ASS est de 27,13, soit une augmentation de 11,46 % par rapport au score moyen de l'ensemble de la période 1995-2017.
12. F-stat de première étape, F-stat de Cragg-Donad, test de faiblesse LM et, à l'annexe C, tests de Hansen.
13. Lorsque l'Amérique latine est prise comme groupe de référence, les termes d'interaction sont positifs et significatifs, sauf pour l'Asie du Sud, l'ASS affichant l'effet marginal le plus fort. Les estimations peuvent être fournies sur demande.
14. Nous obtenons une corrélation de 23% entre ces deux variables de distance dans notre échantillon de base (Tableau A2 dans l'annexe).
15. Pour éviter l'attrition de l'échantillon, nous avons comblé les valeurs manquantes par interpolation et extrapolation linéaire. Il nous a semblé raisonnable d'utiliser ces techniques car nous nous attendons à ce que ces variables évoluent lentement dans le temps. Les estimations utilisant la variable originale du taux de scolarisation primaire (la mieux documentée) montrent peu de différence avec celles utilisant la variable inter-extrapolée.
16. Les estimations basées sur la classification libérale sont disponibles dans l'Annexe D.
17. Voir <https://www.un.org/development/desa/dpad/least-developed-country-category/evi-indicators.html> et aussi le Secrétariat du CDP. Note sur la mesure de l'éloignement pour l'identification des PMA. Août 2015.

# Références

- Aker, J.C. and I.M. Mbiti. 2010. "Mobile phones and economic development in Africa". *Journal of Economic Perspectives*, 24(3): 207–32.
- Akerman, A., I. Gaarder and M. Mogstad. 2015. "The skill complementarity of broadband Internet". *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4): 1781–1824.
- Akerman, A., E. Leuven and M. Mogstad. 2022. "Information frictions, internet, and the relationship between distance and trade". *American Economic Journal: Applied Economics*, 14(1): 133–63.
- Allen, T. 2014. "Information frictions in trade". *Econometrica*, 82(6): 2041–83.
- Albeaik, S., M. Kaltenberg, M. Alsaleh and C.A. Hidalgo. 2017. "Measuring the knowledge intensity of economies with an improved measure of economic complexity". arXiv preprint arXiv:1707.05826.
- Bahar, D. and M.A. Santos. 2018. "One more resource curse: Dutch disease and export concentration". *Journal of Development Economics*, 132: 102–114.
- Bahar, D., R. Hausmann and C.A. Hidalgo. 2014. "Neighbors and the evolution of the comparative advantage of nations: Evidence of international knowledge diffusion?" *Journal of International Economics*, 92(1): 111–23.
- Balié, J., D. Del Prete, E. Magrini, P. Montalbano and S. Nenci. 2019. "Does trade policy impact food and agriculture global value chain participation of sub-Saharan African countries?" *American Journal of Agricultural Economics*, 101(3): 773–89.
- Bertoli, S., M. Goujon and O. Santoni. 2016. The CERDI Sea-Distance Database. CERDI Etudes & Documents #7.
- Blum, B.S. and A. Goldfarb. 2006. "Does the internet defy the law of gravity?" *Journal of International Economics*, 70(2): 384–405.
- Brun, J.F., C. Carrère, P. Guillaumont and J. de Melo. 2005. "Has distance died? Evidence from a panel gravity model". *The World Bank Economic Review*, 19(1): 99–120.
- Bustos, P. 2011. "Trade liberalization, exports, and technology upgrading: Evidence on the impact of MERCOSUR on Argentinian firms". *American Economic Review*, 101(1): 304–40.
- Cariolle, J. 2021. "International connectivity and the digital divide in sub-Saharan Africa". *Information Economics and Policy*, 55: 100901.
- Cariolle J. and M. Le Goff. 2021. "Spatial internet spillovers in manufacturing". FERDI Document de Travail P288, April.
- Cariolle, J., M. Goujon and P. Guillaumont. 2016. "Has structural economic vulnerability decreased in Least Developed Countries? Lessons drawn from retrospective indices". *The Journal of Development Studies*, 52(5): 591–606.

- Carrere, C., J. de Melo and J. Wilson. 2013. "The distance puzzle and low-income countries: An update". *Journal of Economic Surveys*, 27(4): 717–42.
- Casella, B., R. Bolwijn, D. Moran and K. Kanemoto. 2019. "Improving the analysis of global value chains: The UNCTAD-Eora database". *Transnational Corporations*, 26(3): 115–42.
- Cairncross, F. 1997. "The death of distance: How the communications revolution will change our lives. No. C20-21. Harvard Business School.
- Chaney, T. 2014. "The network structure of international trade". *American Economic Review*, 104(11): 3600–3634.
- Clarke, G. R., and S. J. Wallsten .2006. "Has the internet increased trade? Developed and developing country evidence". *Economic Inquiry*, 44(3), 465–484.
- Choi, J., M.A. Dutz and Z. Usman. (eds.). 2020. *The Future of Work in Africa: Harnessing the Potential of Digital Technologies for All*. Washington, D.C.: The World Bank Publications.
- Cristelli, M., A. Tacchella and M. Cader. 2018. "The virtuous interplay of infrastructure development and the complexity of nations". *Entropy*, 20(10): 761. DOI:10.3390/e20100761
- Czernich, N., O. Falck, T. Kretschner and L. Woessmann. 2011. "Broadband infrastructure and economic growth". *Economic Journal*, 121: 505–532.
- Dasgupta, K. and J. Mondria. 2018. "Inattentive importers". *Journal of International Economics*, 112: 150–65.
- de Melo, J., & Solleder, J-M. (2022). Structural transformation in MENA and SSA: the role of digitalization.
- de Melo, J. and A. Twum. 2021. "Prospects and challenges for supply chain trade under the Africa Continental Free Trade Area". *Journal of African Trade*, 8(2). DOI:10.2991/jat.k.210105.001
- Dennis, A. and B. Shepherd. 2011. "Trade facilitation and export diversification". *The World Economy*, 34(1): 101–122.
- Disdier, A.C. and K. Head. 2008. "The puzzling persistence of the distance effect on bilateral trade". *The Review of Economics and statistics*, 90(1): 37–48.
- Eichengreen, B., R. Lafarguette and A. Mehl. 2016. "Cables, sharks and servers: Technology and the geography of the foreign exchange market". NBER Working Paper No. 21884. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, January.
- Falvey, R.E. 1976. "Transport costs in the pure theory of international trade". *The Economic Journal*, 86(343): 536–50.
- Frankel, J.A. 2012. "The natural resource curse: A survey of diagnoses and some prescriptions". *Commodity Price Volatility and Inclusive Growth in Low-income Countries*, 7–34.
- Freund, C. and D. Weinhold. 2004. "The effect of the Internet on international trade". *Journal of International Economics*, 62(1): 171–89.
- Freund, C. and M.D. Pierola. 2012. "Export surges". *Journal of Development Economics*, 97(2): 387–95.
- Goldfarb, A. and C. Tucker. 2019. "Digital economics". *Journal of Economic Literature*, 57(1): 3–43.
- Hartmann, D., M. R. Guevara., C. Jara-Figueroa., M. Aristarán., and C. A. Hidalgo. 2017. "Linking economic complexity, institutions, and income inequality". *World development*, 93, 75–93.
- Hadenius, A. and J. Teorell. 2005. "Cultural and economic prerequisites of democracy: Reassessing recent evidence". *Studies in comparative international development*, 39(4): 87–106.



- Hausmann, R. 2016. "Economic development and the accumulation of know-how". *Welsh Economic Review*, 24: 13–16.
- Hausmann, R., J. Hwang and D. Rodrik. 2007. "What you export matters". *Journal of Economic Growth*, 12(1): 1–25.
- Hidalgo, C. A. 2009. "The dynamics of economic complexity and the product space over a 42-year period". *CID Working Paper Series*.
- Hummels, D. 2007. "Transportation costs and international trade in the second era of globalization". *Journal of Economic Perspectives*, 21(3): 131–54.
- Hummels, D. and P.J. Klenow. 2005. "The variety and quality of a nation's exports". *American Economic Review*, 95(3): 704–723.
- Hidalgo, C.A. 2021. "Economic complexity theory and applications". *Nature Reviews Physics*, 3(2): 92–113.
- Hidalgo, C.A., P.A. Balland, R. Boschma, M. Delgado, M. Feldman, K Frenken, K. Frenken, E. Glaeser, C. He, D.F. Kogler, A. Morrison, F. Neffke and D. Rigby. 2018. "The principle of relatedness". In *International Conference on Complex Systems*, pp. 451–57. Springer, Cham.
- Hidalgo, C.A. and R. Hausmann. 2009. "The building blocks of economic complexity". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26): 10570–10575.
- Hidalgo, C.A., B. Klinger, A.-L. Barabasi and R. Hausmann. 2007. "The product space conditions the development of nations". *Science*, 317(5837): 482–87.
- Hjort, J. and J. Poulsen. 2019. "The arrival of fast internet and employment in Africa". *American Economic Review*, 109(3): 1032–79.
- Iacovone, L. and B. Javorcik. 2008. "Shipping good tequila out: Investment, domestic unit values and entry of multi-product plants into export markets". Unpublished Manuscript.
- Imbruno M., J. Cariolle and J. de Melo. 2022. *Digital Connectivity and Firm Participation in Foreign Markets: An Exporter-Based Bilateral Analysis*. CEPR Discussion Paper No. DP17318. Centre for Economic Policy Research, May.
- Imbs, J. 2004. "Trade, finance, specialization, and synchronization". *Review of economics and Statistics*, 86(3): 723–34.
- Jacolin, L., J. Keneck Massil and A. Noah. 2021. "Informal sector and mobile financial services in emerging and developing countries: Does financial innovation matter?" *The World Economy*, 44(9): 2703–2737. <https://doi.org/10.1111/twec.13093>
- Keller, W. 2010. "International trade, foreign direct investment, and technology spillovers". In *Handbook of the Economics of Innovation*, Vol. 2, pp. 793–829). Amsterdam: Elsevier (North-Holland Publishing Co.).
- Jun, B., A. Alshamsi, J. Gao and C.A. Hidalgo. 2020. "Bilateral relatedness: Knowledge diffusion and the evolution of bilateral trade". *Journal of Evolutionary Economics*, (30): 247–77.
- Koopman, R., Z. Wang and S.J. Wei. 2014. "Tracing value-added and double counting in gross exports". *American Economic Review*, 104(2): 459–94.
- Krautheim, S. 2012. "Heterogeneous firms, exporter networks and the effect of distance on international trade". *Journal of International Economics*, 87(1): 27–35.
- Lapatinas, A. 2019. "The effect of the Internet on economic sophistication: An empirical analysis". *Economics Letters*, 174: 35–38.

- Lendle, A., and P.L. Vézina. 2015. "Internet Technology and the Extensive Margin of Trade: Evidence from eBay in Emerging Economies". *Review of Development Economics*, 19(2), 375–386.
- Lendle, A., M. Olarreaga, S. Schropp and P.L. Vézina. 2016. "There goes gravity: eBay and the death of distance". *The Economic Journal*, 126(591): 406–41.
- Lim, S. 2021. "Global agricultural value chains and structural transformation". NBER Working Paper No. 29194. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, August.
- Makhlouf, Y., N.M. Kellard and D. Vinogradov. 2015. "Trade openness, export diversification, and political regimes". *Economics Letters*, 136: 25–27.
- Morales, E., G. Sheu and A. Zahler. 2019. "Extended gravity". *The Review of Economic Studies*, 86(6): 2668–2712
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 2014. "International cables, gateways, backhaul and international exchange points". OECD Digital Economy Paper No. 232. OECD Publishing, Paris, February. <http://dx.doi.org/10.1787/5jz8m9jf3wkl-en>
- Parteka, A. and M. Tamperi. 2008. "Determinants of export diversification: An empirical investigation". *Universita Politecnica delle Marche, Dipartimento di Economia Quaderno di Ricerca*, No. 327. DOI:10.2139/ssrn.1345728
- Paunov, C. and V. Rollo. 2015. "Overcoming obstacles: The Internet's contributions to firm development". *World Bank Economic Review*, 29(Suppl.1): S192–S204.
- Paunov, C. and V. Rollo. 2016. "Has the Internet fostered inclusive innovation in the developing world?" *World Development*, 78: 587–609.
- Rauch, J.E. 1999. "Networks versus markets in international trade". *Journal of international Economics*, 48(1): 7–35.
- Rauch, J.E. and V. Trindade. 2003. "Information, international substitutability, and globalization". *American Economic Review*, 93(3): 775–91.
- Regolo, J. 2013. "Export diversification: How much does the choice of the trading partner matter?" *Journal of International Economics*, 91(2): 329–42.
- Rodrik, D. 2016. "Premature deindustrialization". *Journal of Economic Growth*, 21(1): 1–33.
- Röller, L.-H. and L. Waverman. 2001. "Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach". *American Economic Review*, 91(4): 909–23.
- Ross, M.L. 2004. "How do natural resources influence civil war? Evidence from thirteen cases". *International Organization*, 58(1): 35–67.
- Ross, M.L. 2015. "What have we learned about the resource curse?" *Annual Review of Political Science*, 18: 239–59.
- Ross, M.L. 2017. "What do we know about economic diversification in oil-producing countries?" EEG State-of-Knowledge Paper Series No. 5.2. Oxford Policy Management Center for Effective Global Action, December.
- Rostow, W.W. 1990. *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Saadi, M. 2020. "Remittance inflows and export complexity: New evidence from developing and emerging countries". *The Journal of Development Studies*, 56(12): 2266–92.
- Starosta de Waldemar, F. 2010. "How costly is rent-seeking to diversification: An empirical approach". In Proceedings of the German Development Economics Conference, Hannover 2010 (No. 4).

- Tacchella, A., M. Cristelli, G. Caldarelli, A. Gabrielli and L. Pietronero. 2012. "A new metrics for countries' fitness and products' complexity". *Scientific Reports*, 2(1): 1–7.
- Tang, H. and Y. Zhang. 2012. "Exchange rates and the margins of trade: Evidence from Chinese exporters". *CESifo Economic Studies*, 58(4): 671–702.
- Valette, J. 2018. "Do migrants transfer productive knowledge back to their origin countries?" *The Journal of Development Studies*, 54(9): 1637–56.
- van der Ploeg, F. 2011. "Natural resources: Curse or blessing?" *Journal of Economic literature*, 49(2): 366–420.
- Venables, A.J. 2016. "Using natural resources for development: Why has it proven so difficult?" *Journal of Economic Perspectives*, 30(1): 161–84.
- Weller, D. and B. Woodcock. 2013. "Internet traffic exchange: Market developments and policy challenges". OECD Digital Economy Paper No. 207. OECD Publishing, Paris, January. <https://doi.org/10.1787/5k918gpt130q-en>
- World Bank Group. 2018. *Innovative Business Models for Expanding Fiber-Optic Networks and Closing the Access Gaps*. Washington, D.C.: The World Bank.

# Annexes

## Annexe A : Tableaux supplémentaires

Tableau A1 : Composition de l'échantillon

Pays	Région	Obs	Pays	Région	Obs
AGO	Afrique sub-saharienne	15	KAZ	Europe orientale et Union post-soviétique	23
CIV	Afrique sub-saharienne	23	BOL	Amérique Latine	23
CMR	Afrique sub-saharienne	22	BRA	Amérique Latine	23
COD	Afrique sub-saharienne	13	CHL	Amérique Latine	23
COG	Afrique sub-saharienne	11	COL	Amérique Latine	23
GAB	Afrique sub-saharienne	16	CRI	Amérique Latine	23
GHA	Afrique sub-saharienne	23	DOM	Amérique Latine	23
GIN	Afrique sub-saharienne	18	ECU	Amérique Latine	23
KEN	Afrique sub-saharienne	23	GTM	Amérique Latine	23
LBR	Afrique sub-saharienne	3	HND	Amérique Latine	23
MDG	Afrique sub-saharienne	23	MEX	Amérique Latine	23
MLI	Afrique sub-saharienne	3	PER	Amérique Latine	23
MOZ	Afrique sub-saharienne	21	PRY	Amérique Latine	23
MRT	Afrique sub-saharienne	13	SLV	Amérique Latine	22
MUS	Afrique sub-saharienne	3	URY	Amérique Latine	23
NGA	Afrique sub-saharienne	23	VEN	Amérique Latine	19
SEN	Afrique sub-saharienne	22	DZA	Afrique du Nord et Moyen-Orient	9
TGO	Afrique sub-saharienne	17	EGY	Afrique du Nord et Moyen-Orient	22
TZA	Afrique sub-saharienne	23	IRN	Afrique du Nord et Moyen-Orient	13
UGA	Afrique sub-saharienne	3	ISR	Afrique du Nord et Moyen-Orient	23
ZAF	Afrique sub-saharienne	22	JOR	Afrique du Nord et Moyen-Orient	18
ZMB	Afrique sub-saharienne	23	MAR	Afrique du Nord et Moyen-Orient	23
ZWE	Afrique sub-saharienne	13	OMN	Afrique du Nord et Moyen-Orient	23
CHN	Asie de l'Est	18	QAT	Afrique du Nord et Moyen-Orient	18
KOR	Asie de l'Est	23	SAU	Afrique du Nord et Moyen-Orient	23

*suite page suivante*

**Tableau A1 Continué**

<b>Pays</b>	<b>Région</b>	<b>Obs</b>	<b>Pays</b>	<b>Région</b>	<b>Obs</b>
IDN	Asie du Sud-Est	23	TUN	Afrique du Nord et Moyen-Orient	22
KHM	Asie du Sud-Est	20	TUR	Afrique du Nord et Moyen-Orient	8
PHL	Asie du Sud-Est	23		<b>Total</b>	<b>1150</b>
SGP	Asie du Sud-Est	23			
THA	Asie du Sud-Est	18			
BGD	Asie du Sud-Est	21			
IND	Asie du Sud-Est	23			
LKA	Asie du Sud-Est	17			

Tableau A2 : Tableau de corrélation

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
(1) ECI	1.000																								
(2) Connectedness	0.520	1.000																							
(3) 2nd order	0.305	0.675	1.000																						
(4) log(GDP p.c.)	0.629	0.365	0.309	1.000																					
(5) Trade (% of GDP)	0.287	0.186	0.110	0.279	1.000																				
(6) Internet users	0.483	0.449	0.551	0.618	0.216	1.000																			
(7) Remoteness	-0.081	-0.281	-0.338	-0.132	-0.039	-0.133	1.000																		
(8) Sea distance	-0.316	-0.308	-0.066	-0.098	-0.174	-0.135	0.234	1.000																	
(9) Shipping connectivity index	0.599	0.724	0.501	0.433	0.247	0.509	-0.198	-0.179	1.000																
(10) Natural rents	-0.298	-0.090	-0.034	0.171	0.029	-0.058	-0.130	0.367	-0.171	1.000															
(11) Electricity (access)	0.605	0.497	0.365	0.814	0.123	0.507	-0.205	-0.350	0.438	-0.065	1.000														
(12) log(Population)	0.139	0.376	0.269	-0.220	-0.370	-0.040	-0.110	-0.019	0.431	-0.208	-0.009	1.000													
(13) FDI inflows	0.089	-0.001	0.067	0.064	0.542	0.103	0.093	-0.001	0.051	0.049	-0.047	-0.223	1.000												
(14) log(REER)	-0.091	-0.026	0.010	-0.042	-0.061	0.056	0.108	0.002	-0.008	-0.026	-0.034	0.028	-0.046	1.000											
(15) Internet penetration	0.483	0.449	0.551	0.618	0.216	1.000	-0.133	-0.155	0.509	-0.058	0.507	-0.040	0.103	0.036	1.000										
(16) 1ary enrollment rate	0.083	0.319	0.582	0.095	0.076	0.478	-0.105	-0.016	0.068	0.143	0.116	0.064	0.145	0.056	0.478	1.000									
(17) 2ary enrollment rate	0.043	0.255	0.614	0.125	0.033	0.645	-0.113	-0.003	0.176	0.037	0.153	0.073	0.115	0.124	0.645	0.775	1.000								
(18) 3ary enrollment rate	0.045	0.273	0.623	0.123	0.040	0.646	-0.114	-0.002	0.175	0.093	0.151	0.073	0.131	0.126	0.646	0.805	0.975	1.000							
(19) Oil rents (%GDP)	-0.154	0.041	0.046	0.368	0.047	0.017	-0.212	0.211	-0.063	0.914	0.172	-0.185	-0.033	-0.031	0.017	0.086	-0.008	0.005	1.000						
(20) FVA P.c	0.402	0.276	0.197	0.348	0.788	0.344	-0.005	-0.162	0.446	-0.116	0.139	-0.143	0.440	0.004	0.344	0.056	0.065	0.065	-0.066	1.000					
(21) DVX P.c	0.449	0.282	0.277	0.610	0.637	0.555	-0.142	-0.078	0.390	0.142	0.311	-0.251	0.305	-0.010	0.355	0.139	0.163	0.167	0.201	0.802	1.000				
(22) Diff exp. P.c	0.425	0.270	0.206	0.411	0.793	0.394	-0.040	-0.130	0.429	-0.061	0.187	-0.168	0.424	-0.006	0.394	0.078	0.080	0.081	-0.013	0.935	0.834	1.000			
(23) OE exp. P.c	0.117	0.080	0.102	0.561	0.194	0.334	-0.152	0.194	0.019	0.644	0.272	-0.338	0.068	-0.012	0.334	0.151	0.106	0.115	0.672	0.148	0.607	0.244	1.000		
(24) Ref Pr.exp.p.c	0.296	0.132	0.172	0.456	0.553	0.405	-0.086	-0.031	0.218	0.138	0.189	-0.250	0.273	-0.007	0.405	0.096	0.098	0.099	0.159	0.649	0.872	0.664	0.561	1.000	

**Tableau A3 : Variables dépendantes et de contrôle, signe attendu et littérature associée**

Variable	Définition	Source
ICE	Indice de complexité économique.	Observatoire de la complexité économique (OEC, MIT)
ICE+	Indice de complexité économique augmenté prenant en compte la difficulté d'exporter chaque produit .	
Connectivité	Part cumulative du PIB mondial atteinte par des connexions directes, c'est-à-dire de premier ordre, par câble. .	Calcul de l'auteur à partir du réseau CSM mondial.
Commerce	Le commerce est la somme des exportations et des importations de biens et de services, mesurée en pourcentage du produit intérieur brut. .	WDI
(% du PIB)	Les utilisateurs de l'internet sont des personnes qui ont utilisé l'internet (depuis n'importe quel endroit) au cours des trois derniers mois. L'internet peut être utilisé via un ordinateur, un téléphone mobile, un assistant numérique personnel, une machine de jeux, une télévision numérique, etc.	WDI
Utilisateurs d'Internet	L'éloignement des marchés mondiaux, corrigé de l'enclavement, est la distance moyenne pondérée des échanges par rapport aux marchés mondiaux. .	La série EVI rétrospective de l'UN-CDP et de la FERDI.
(% de la population)	Distance maritime moyenne entre le pays et ses 10 principaux partenaires commerciaux en matière d'importations et d'exportations	Calcul de l'auteur à partir de la base de données CERDI- Base de données sur les distances maritimes (Bertoli et al., 2016).).
Éloignement	Le score de l'indice de connectivité des lignes maritimes indique dans quelle mesure les pays sont connectés aux réseaux mondiaux de transport maritime, sur la base du statut de leur secteur du transport maritime.	CNUCED
Distance maritime	Les rentes totales des ressources naturelles (en % du PIB) sont la somme des rentes pétrolières, des rentes du gaz naturel, des rentes du charbon (dur et mou), des rentes minérales et des rentes forestières. .	WDI
Polity 2	Polity2 est une version révisée et combinée de l'indicateur de score POLITY, qui saisit le spectre de l'autorité du régime politique sur une échelle de -10 (monarchie héréditaire) à 10 (démocratie consolidée).	QOG

*suite page suivante*

**Tableau A3 Continué**

Variable	Définition	Source
Accès à l'électricité (% de la population)	L'accès à l'électricité est le pourcentage de la population ayant accès à l'électricité. .	WDI
Flux d'IDE (en % du PIB)	Les investissements directs étrangers sont les entrées nettes d'investissements visant à acquérir une participation durable à la gestion (10 % ou plus des actions avec droit de vote) d'une entreprise opérant dans une économie autre que celle de l'investisseur..	WDI
REER	Le taux de change effectif réel est calculé comme la moyenne géométrique pondérée des indices de taux de change nominaux vis-à-vis des dix principaux partenaires, des importations et exportations totales hors pétrole du pays sous examen, ajustés pour les prix relatifs..	Données de l'Observatoire de la compétitivité durable de la FERDI (SCO)
FVA pc	Valeur ajoutée étrangère par habitant utilisée comme indicateur de la participation en amont aux chaînes de valeur mondiales. .	Données sur la chaîne de valeur mondiale de la CNUCED-Eora tirées de Casella et al. (2019).
DVX pc	La valeur ajoutée indirecte par habitant est largement utilisée comme indicateur de la participation future aux chaînes de valeur mondiales.	
Diff exp pc	Exportations de biens différenciés par habitant	Calcul de l'auteur à l'aide de la base de données COMTRADE de l'ONU et selon la classification de Rauch (1999)
OE exp pc	Exportations de biens en échange organisé par habitant.	
RefPr exp Pc	Exportations de biens à prix de référence par habitant .	

**Éloignement des marchés mondiaux.** Les coûts de transport et la distance géographique ont un impact crucial sur le commerce international (Falvey, 1976 ; Hummels, 2007). Plusieurs études empiriques du commerce bilatéral ont souligné la relation négative entre la distance et les flux commerciaux (Brun et al., 2005 ; Disdier & Head, 2008 ; Krauthem, 2012 ; Carrere et al., 2013) - et la diversification ne fait pas exception. Dennis et Shepherd (2011) ont constaté qu'une réduction des coûts d'exportation ou de transport international est associée à un gain de diversification des exportations. Conformément aux résultats de Parteka et Tamberi (2008) qui posent l'éloignement des principaux marchés comme un déterminant robuste de la diversification des exportations, nous avons recours à l'indice d'éloignement pour notre enquête empirique. Cet indice, sous-composante de l'indice de vulnérabilité économique (EVI) des Nations Unies (Cariolle et al., 2016), est la distance moyenne minimale normalisée à 33% des marchés mondiaux.<sup>17</sup> Nous nous attendons à ce que la complexité des exportations diminue avec l'éloignement des marchés mondiaux, mais pour tenir compte d'un éventuel effet de seuil de cette variable, nous contrôlons également sa valeur au carré.



**Taille et niveau de développement du pays.** La taille et le niveau de développement des pays, notamment par le biais du développement du capital humain, sont favorables à l'augmentation de la taille du panier d'exportation et des possibilités de diversification des pays (Hummels & Klenow, 2005 ; Parteka & Tamberi, 2008 ; Starosta de Waldemar, 2010). Pour saisir le rôle joué par un grand marché intérieur dans l'augmentation de la variété et de la qualité des produits, nous contrôlons le logarithme de la population. Nous utilisons également le logarithme du PIB par habitant comme indicateur global du niveau de développement. Nous nous attendons à ce que ces facteurs exercent un effet positif sur la complexité des exportations.

**Les rentes naturelles.** Si l'abondance des ressources naturelles était autrefois considérée comme une source de développement Rostow (1990), une vaste littérature sur la " malédiction des ressources " a mis en évidence l'impact négatif des ressources naturelles sur la croissance économique (Frankel, 2012 ; van der Ploeg, 2011 ; Ross, 2015 ; Venables, 2016). Une abondance de rentes naturelles et un faible niveau de diversification économique caractérisent les pays riches en ressources. En effet, les ressources naturelles dominent les recettes d'exportation et les recettes publiques (Ross, 2017 ; Bahar & Santos, 2018). Il en résulte un faible niveau de diversification économique, ce qui les rend vulnérables aux chocs économiques et aux conflits (Ross, 2004 ; Venables, 2016). Pour tenir compte du rôle des ressources naturelles sur la complexité économique, nous incluons un indicateur des rentes totales des ressources naturelles exprimé en part du PIB, fourni par le WDI (et nous nous appuyons également sur une décomposition de cet indicateur en rentes pétrolières, gazières, minérales et forestières). Nous nous attendons à un signe négatif pour cette variable. Les flux d'IDE. La complexité des exportations est plus susceptible d'être affectée par les IDE. En facilitant le transfert de connaissances, de technologies et de compétences de gestion, les IDE peuvent favoriser la production et l'exportation de biens et services plus complexes (Hausmann, 2016). Nous nous appuyons sur les flux d'IDE récupérés dans les indicateurs de développement mondial. Nous nous attendons à ce que cette variable ait un impact positif sur la complexité des exportations.

**L'ouverture commerciale** est souvent associée à une plus grande spécialisation (Imbs, 2004), à une diversification (Dennis & Shepherd, 2011 ; Makhoul et al., 2015), ou à une plus grande complexité de la structure des exportations (Keller, 2010). Nous utilisons le commerce en pourcentage du PIB, dérivé du WDI de la Banque mondiale, comme mesure de l'ouverture. Comme la littérature montre que les pays les plus ouverts bénéficient le plus de la diffusion des technologies, nous nous attendons à un effet positif de l'ouverture sur la complexité.

**La qualité des institutions.** Les institutions sont importantes pour la sophistication et la complexité de l'économie (Makhoul et al., 2015 ; Saadi, 2020). Pour saisir cet impact, nous utilisons l'indice polity 2 imputé de Freedom House fourni par l'institut de la qualité du gouvernement (QOG) et jugé plus performant en termes de validité

et de fiabilité (Hadenius & Teorell, 2005). L'indice va de 0 à 10, 0 caractérisant un pays moins démocratique et 10 le plus démocratique. Nous nous attendons à ce qu'une augmentation de l'indice Polity 2 améliore la complexité de l'exportation.

**L'accès à Internet et à l'énergie** est central pour la sophistication des exportations (Cristelli et al., 2018). Nous contrôlons les utilisateurs d'internet (Lapatinas, 2019) et l'accès à l'électricité. Ces deux données sont issues de la base de données WDI de la Banque mondiale et sont censées influencer positivement la complexité des exportations.

**Taux de change effectif réel.** Le taux de change est au cœur de la stratégie de diversification dans les pays en développement. En étudiant les flambées d'exportations dans les pays en développement, Freund et Pierola (2012) montrent que les accélérations d'exportations sont précédées d'un épisode de fortes dévaluations réelles et d'une réduction de la volatilité du taux de change. Ainsi, la dépréciation du taux de change augmente l'entrée dans de nouveaux produits et marchés et ces nouveaux flux représentent 25% de la croissance lors des flambées. Dans la même optique, Iacovone et Javorcik (2008) trouvent que les dévaluations précèdent les " percées " à l'exportation des entreprises mexicaines, tandis que Tang et Zhang (2012) soulignent l'impact négatif de l'appréciation du taux de change sur la marge extensive des entreprises. Pour rendre compte du rôle du REER sur la complexité, nous nous appuyons sur les données de l'Observatoire de la compétitivité durable (SCO) de la FERDI. L'indice du REER est calculé comme la moyenne géométrique pondérée des indices du taux de change nominal vis-à-vis des 10 principaux partenaires, des importations totales et des exportations hors pétrole du pays considéré, ajustés aux prix relatifs. Les pondérations sont calculées en fonction de la part relative des partenaires sur la période 2009-2013. Une variation inférieure à 100 reflète une dépréciation réelle, et donc une tendance à la sous-évaluation. Conformément aux conclusions de Freund et Pierola (2012), nous nous attendons à ce que le REER ait un effet négatif sur la complexité du panier d'exportation.

#### Annexe B : Test LM sur les résidus de Inoue et Solon (2006)

Lags	IS-stat	p-valeur	N	Max T
K=1	44.16	0.003	60	23
K=2	52.76	0.146	60	23

Notes : H0: Pas d'autocorrélation d'un ordre quelconque. Ha : Autocorrélation jusqu'à l'ordre k.

Source : Inoue, A. et G. Solon. 2006. " Un test de Portmanteau pour les erreurs sériellement corrélées dans les modèles à effets fixes ". *Théorie économétrique*, 22(5) : 835–51.

**Annexe C : Installation multi-instruments**

<b>Période : 2005–2017.Var dép. : ICE</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>
(A) Connectivité (con)	0.304*** (0.114)	0.202* (0.115)	0.300** (0.132)	1.549*** (0.308)
(B) ASS x con		0.416* (0.222)	0.290 (0.287)	0.000347*** (0.000111)
(C) Lat Am x con			-0.438* (0.253)	
(D) MENA x con			-0.00930 (0.211)	
(E) Asie du Sud-Est x con			0.0524 (0.152)	
(F) Asie du Sud x con			-0.340** (0.167)	
(G) Con x distance maritime				-0.000230*** (0.0000548)
(H) Con x ASS x dist. maritime				0.000347*** (0.000111)
<b>Contrôles additionnels</b>				
Distance maritime				0.00213*** (0.000819)
Distance maritime x ASS				-0.00166** (0.000828)
<b>Statistiques de la première étape</b>				
F-test (A)	67.56***	110.57***	105.43****	43.44***
F-test (B)		103.17***	93.45***	42.46***
F-test (C)			2.67**	
F-test (D)			2.51**	
F-test (E)			183.22***	
F-test (F)			240.83***	
F-test (G)				93.36***
F-test (H)				85.14***
F-stat de Cragg-Donald	74.249	312.249	18.974	79.47
Stat - LM	11.385***	24.673***	8.115***	11.65***
Value - p de test Hansen	0.69	0.12	0.20	0.35
Contrôles, EF pays et année	Oui	Oui	Oui	Oui
N	633	633	633	633
R <sup>2</sup>	0.643	0.660	0.698	0.690

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne sont pas indiquées dans le tableau. L'ensemble d'instruments de base (colonne 1) est : le nombre de connexions par câble de premier ordre, le nombre de connexions par câble de second ordre et le produit des deux instruments. Ensemble d'instruments des colonnes (2) à (4) : les variables conditionnelles sont mises en interaction avec le nombre de connexions de câble de second ordre et ajoutées au nombre de connexions de câble de premier ordre et au produit des deux instruments dans l'ensemble d'instruments.

## Annexe D : Les exportations de Rauch - Classification libérale

Estimations 2SLS à effet fixe - Connectivité numérique et exportations de Rauch									
Période: 2005-2017	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Var. dép. :	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc
(A) Connectivité (con)	0.143** (0.0707)	0.0303 (0.0211)	0.114* (0.0625)	0.0684 (0.0462)	0.0129 (0.00854)	0.0591 (0.0402)	-0.122* (0.0722)	-0.0233 (0.0148)	-0.0785 (0.0483)
(B) ASS x con				0.138 (0.114)	0.0321 (0.0241)	0.104 (0.0656)	0.352*** (0.152)	0.0609* (0.0323)	0.267*** (0.133)
(B) Lat Am x con							0.336* (0.172)	0.0308 (0.0295)	0.129 (0.0885)
(C) MENA x con							-0.0304 (0.0988)	-0.00788 (0.0165)	0.0545 (0.0729)
(D) Asie du Sud-Est x con							0.146* (0.0847)	0.0361** (0.0168)	0.133* (0.0768)
(E) Asie du Sud x con							0.267*** (0.104)	0.0289* (0.0153)	0.164* (0.0844)
Réf. Pr. exp. par habitant	-0.00288 (0.357)	0.0611*** (0.00860)		0.00717 (0.365)	0.0631*** (0.00639)		-0.0472 (0.349)	0.0569*** (0.00775)	
OE exp. par habitant	0.608*** (0.212)		0.388*** (0.122)	0.582*** (0.208)		0.373*** (0.118)	0.546*** (0.200)		0.328*** (0.108)
Diff exp. par habitant		0.0562*** (0.0127)	0.0155 (0.201)		0.0548*** (0.0117)	0.0124 (0.197)		0.0518*** (0.0117)	-0.0150 (0.210)

suite page suivante

## Annexe D Continué

Estimations 2SLS à effet fixe - Connectivité numérique et exportations de Rauch									
Période: 2005-2017 Var. dép. :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc	Diff exp. pc	OE exp. pc	Réf Pr. exp. pc
	Estimations de première étape								
F-stat (A)	10.39***	10.12***	11.03***	55.07***	51.06***	53.44***	52.52***	58.40***	58.33***
F-stat (B)				20.86***	21.04***	20.88***	26.54***	28.50***	28.77***
F-stat (C)							2.78**	2.64**	2.79**
F-stat (D)							2.55**	2.56**	2.52**
F-stat (E)							62.83**	62.58***	59.44***
F-stat (F)							279.85**	270.43***	273.52***
F-stat de Cragg-Donald	56.536	56.806	59.392	192.569	194.370	197.599	19.830	19.724	19.462
Stat - LM	10.539***	9.569***	10.014***	21.255***	21.033***	21.029***	14.292***	14.353***	13.814***
Contrôles, pays et année EF	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
N	773	773	773	773	773	773	773	773	773
R <sup>2</sup>	0.805	0.328	0.620	0.824	0.365	0.654	0.832	0.379	0.664

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne sont pas présentées dans le tableau.

## Annexe E : Indice augmenté de complexité économique et indice de sophistication des exportations

### Tableau E1 : Indice ICE

Période : 2005–2017 Var dép. : ICE +	(1)	(2)	(3)	(4)
	Estimations de la 2e étape			
(A) Connectivité (con)	0.996* (0.560)	0.338** (0.135)	0.172 (0.299)	1.168*** (0.383)
(B) ASS x con		0.855* (0.450)	1.124* (0.613)	-2.946*** (1.144)
(C) Lat Am x con			0.116 (0.560)	
(D) MENA x con			0.598 (0.560)	
(E) Asie du Sud-Est x con			0.293 (0.238)	
(F) Asie du Sud x con			0.0952 (0.240)	
(G) Con x distance maritime				-0.000191*** (0.0000670)
(H) Con x ASS x dist. maritime				0.000485*** (0.000142)
<b>Contrôles additionnels</b>				
Distance maritime				0.00284** (0.00113)
Distance maritime x ASS				-0.00329*** (0.000838)
<b>Statistiques de première étape</b>				
F-test (A)	4.69**	49.66***	116.72***	17.06***
F-test (B)		48.68***	30.36***	30.52***
F-test (C)			5.68***	
F-test (D)			2.07*	
F-test (E)			144.61***	
F-test (F)			845.20***	
F-test (G)				19.66***
F-test (H)				39.45***
F-stat de Cragg-Donald	21.053	116.295	6.332	31.58
Stat-LM	5.049**	17.410***	10.600***	8.827***
Contrôles, EF pays et année	Oui	Oui	Oui	Oui
N	521	521	521	521
R <sup>2</sup>	0.595	0.811	0.805	0.838

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne figurent pas dans le tableau.

**Tableau E2 : Indice de sophistication des exportations (EXPY)**

Période: 2005–2017 Var dép.: Score EXPY	(1)	(2)	(3)	(4)
	Estimations de la 2ème étape			
(A) Connectivité (con)	0.255*	0.0422	0.200*	1.074***
	(0.134)	(0.113)	(0.115)	(0.348)
(B) ASS x con		0.326	-0.0806	0.184
		(0.232)	(0.209)	(0.554)
(C) Lat Am x con			-0.771***	
			(0.192)	
(D) MENA x con			-0.121	
			(0.127)	
(E) Asie du Sud-Est x con			-0.0700	
			(0.113)	
(F) Asie du Sud x con			-0.545***	
			(0.124)	
(G) Con x distance maritime				-0.000159***
				(0.0000612)
(H) Con x ASS x dist. maritime				0.0000588
				(0.0000642)
<b>Contrôles additionnels</b>				
Distance maritime				0.00195**
				(0.000957)
Distance maritime x ASS				0.0000316
				(0.000742)
<b>Statistiques de première étape</b>				
F-test (A)	13.08***	74.21***	72.77***	26.00***
F-test (B)		56.11***	34.90***	41.65***
F-test (C)			3.78***	
F-test (D)			2.81**	
F-test (E)			60.83***	
F-test (F)			275.87***	
F-test (G)				36.57***
F-test (H)				41.97***
F-stat de Cragg-Donald	74.249	312.249	18.974	68.287
Stat - LM	11.385***	24.673***	8.115***	14.444***
Contrôles, EF pays et année	Oui	Oui	Oui	Oui
N	801	801	801	681
R <sup>2</sup>	0.855	0.875	0.923	0.916

Notes : Les erreurs types sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par pays. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Les estimations de contrôle ne sont pas présentées dans le tableau. L'indice de sophistication des exportations est une version normalisée (entre 0 et 100) de l'indice proposé par Hausmann et al. (2007).



## Mission

Renforcer les capacités des chercheurs locaux pour qu'ils soient en mesure de mener des recherches indépendantes et rigoureuses sur les problèmes auxquels est confrontée la gestion des économies d'Afrique subsaharienne. Cette mission repose sur deux prémisses fondamentales.

Le développement est plus susceptible de se produire quand il y a une gestion saine et soutenue de l'économie.

Une telle gestion est plus susceptible de se réaliser lorsqu'il existe une équipe active d'économistes experts basés sur place pour mener des recherches pertinentes pour les politiques.

[www.aercafrica.org/fr](http://www.aercafrica.org/fr)

### Pour en savoir plus :



[www.facebook.com/aercafrica](https://www.facebook.com/aercafrica)



[www.instagram.com/aercafrica\\_official/](https://www.instagram.com/aercafrica_official/)



[twitter.com/aercafrica](https://twitter.com/aercafrica)



[www.linkedin.com/school/aercafrica/](https://www.linkedin.com/school/aercafrica/)

Contactez-nous :

Consortium pour la Recherche Économique en Afrique  
African Economic Research Consortium

Consortium pour la Recherche Économique en Afrique

Middle East Bank Towers,

3rd Floor, Jakaya Kikwete Road

Nairobi 00200, Kenya

Tel: +254 (0) 20 273 4150

[communications@ercafrica.org](mailto:communications@ercafrica.org)