

RAPPORT 2018

## Infrastructures et économie numériques en Afrique subsaharienne et dans l'UEMOA : Etat des lieux, vulnérabilités et perspectives de croissance

- ➔ JOËL CARIOLLE, Chargé de recherche, Ferdi.
- ➔ MICHAËL GOUJON, Maître de conférences, Cerdi, Université Clermont-Auvergne.

Avec les contributions de :

- ➔ CAMILLE DA PIEDADE, Assistant de recherche, Ferdi
- ➔ OLIVIER SANTONI, Géomaticien, Ferdi





## TABLE DES MATIERES

<b>ACRONYMES .....</b>	<b>4</b>
<b>RESUME EXECUTIF.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Etat des lieux de l'économie numérique dans l'UEMOA .....</b>	<b>11</b>
2.1. Pénétration du numérique dans l'Union : analyse rétrospective comparée .....	13
2.2. Intégration des réseaux internet en Afrique et dans l'UEMOA .....	13
2.3. Le secteur du numérique en Afrique et dans l'UEMOA: acteurs et caractéristiques sectorielles.....	17
<b>3. Déploiement de l'infrastructure et vulnérabilité numérique en Afrique subsaharienne et dans l'UEMOA .....</b>	<b>25</b>
3.1. Etat du déploiement des infrastructures haut-débit dans l'UEMOA et en ASS .....	25
3.2. Infrastructures de télécommunication et vulnérabilité numérique en ASS et dans l'UEMOA .....	32
<b>4. Analyse économétrique de la contribution des infrastructures à l'économie numérique, et d'un meilleur accès à l'Internet et à la croissance.....</b>	<b>42</b>
4.1. Stratégie empirique et données.....	42
4.2. Infrastructure et performance de l'économie numérique en ASS et dans l'UEMOA .....	45
4.3. Economie numérique et croissance économique .....	52
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>57</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>59</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>62</b>
<b>Appendice : Collecte et traitement des données sur les infrastructures numériques.....</b>	<b>66</b>

## FIGURES

Figure 1.1. Evolution de l'infrastructure maritime mondiale de télécommunications, 1990-2015. ....	10
Figure 2.1. IDI par région .....	12
Figure 2.2. L'IDI dans l'UEMOA – Tableaux de bord.....	12
Figure 2.3. Pénétration du numérique en ASS et dans l'UEMOA (1/2).....	14
Figure 2.4. Pénétration du numérique en ASS et dans l'UEMOA (2/2).....	15
Figure 2.5. Vitesse moyenne de connexion internet en Afrique (kb/s). ....	16
Figure 2.6. Ensembles numériques régionaux en Afrique. ....	17
Figure 2.7. Degré de concurrence sur les marchés nationaux de l'Internet filaire en ASS. ....	19
Figure 2.8. Revenu moyen et investissement moyen dans le secteur des télécoms, en USD .....	24
Figure 3.1 Déploiement des câbles sous-marins à fibre optique sur le continent Africain .....	26
Figure 3.2. Infrastructures numériques et chaîne de valeur de l'accès à l'Internet .....	26
Figure 3.3. Nombre de câbles sous-marins à fibre optique par pays, en 2015.....	28
Figure 3.4 Nombre de points d'échange Internet par pays, en 2015. ....	28
Figure 3.5. L'infrastructure maritime et terrestre de télécommunication dans l'UEMOA en 2016. ....	29
Figure 3.6 Corrélation entre le déploiement des CSM/PEI et l'économie de l'Internet dans le monde, 2014.....	29
Figure 3.7 Corrélation entre le déploiement des CSM/PEI et l'économie de l'Internet, UEMOA vs ASS, 2014.....	30
Figure 3.8. Nombre moyen d'opérateur par câble, en 2015. ....	31
Figure 3.9. Infrastructures numériques, partage des coûts, et attractivité du marché des télécommunications.....	32
Figure 3.10. Distance de l'infrastructure et coût de l'Internet .....	33
Figure 3.11. L'infrastructure numérique et répartition de la population dans l'UEMOA. ....	35
Figure 3.12. Evolution des besoins structurels moyens en infrastructures numériques terrestres, Afrique subsaharienne <i>versus</i> UEMOA. ....	36
Figure 3.13. Evolution des besoins structurels en infrastructures numériques terrestres dans l'UEMOA. ....	36
Figure 3.14. Besoin relatif en infrastructure et économie numérique en Afrique subsaharienne et dans l'UEMOA, 1995-2015. ....	37
Figure 3.15. Répartition mondiale des séismes marins supérieurs à 5 sur l'échelle de Richter, situés dans un rayon de 100-1000 km des stations d'atterrissage des câbles, entre 1990 et 2015 .....	40
Figure 3.16. Fréquence annuelle de séismes sous-marins situés dans un rayon de 1000 km des stations d'atterrissage des CSM et économie numérique en Afrique subsaharienne, 1994-2015..	41

## TABLEAUX

Tableau 2.1. Valeurs de l'IDI dans l'UEMOA.....	13
Tableau 2.2. Vitesse de connexion internet dans l'UEMOA.....	16
Tableau 2.3. Environnement concurrentiel en Afrique, par service internet, 2012-2015 (nombre de pays par catégories de concurrence). .....	20
Tableau 2.4. L'indépendance des régulateurs des télécoms dans l'UEMOA. ....	21
Tableau 3.1. Occurrence des ruptures de câbles ayant touché les pays d'ASS, reportés sur le web. ..	39
Tableau 4.1. Caractéristique de l'infrastructure télécom et économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes <i>within</i> (1/2).....	46
Tableau 4.2. Caractéristique de l'infrastructure télécom et économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes <i>within</i> (2/2).....	47
Tableau 4.3. Tendances de l'économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes <i>within</i> .....	48
Tableau 4.4. Contribution des CSM à l'économie numérique dans l'UEMOA .....	50
Tableau 4.5. Effet du besoin en infrastructure dans l'UEMOA .....	51
Tableau 4.6. Effet des ruptures de câbles ayant affecté l'UEMOA .....	52
Tableau 4.7. Impact de la pénétration de l'Internet sur la croissance en Afrique subsaharienne – estimations en panel dynamique. ....	55
Tableau 4.8. Impact de la pénétration de l'Internet sur la croissance dans l'UEMOA – estimations en panel dynamique.....	56

## ACRONYMES

ACE : Africa Coast to Europe

AfrISPA : African Internet Service Provider Association

AfriNIC : African Network Information center

AfNOG : African Network Operators' Group

ANR : Autorités Nationales de Régulation

ASS : Afrique subsaharienne

AXIS : African Exchange Internet System

BAD : Banque Africaine de Développement

CEDEAO : Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

CER : Communautés Economiques Régionales

CTOA : Conférence des Télécommunications Ouest Africaines

CSM : Câble sous-marin

EASSy : Eastern Africa Submarin System

FAI : Fournisseur d'Accès Internet

FSI : Fournisseur de Service Internet

IGF : Internet Governance Forum - Forum sur la Gouvernance Internet

NEPAD : Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique

PEI : Point d'échange internet

SAFE : South Africa Far East

SAT-3 : South Atlantic 3

TIC : Technologie de l'Information et de Communication

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

UA : Union Africaine

UIT : Union Internationale des Télécommunications

WACS : West Africa Cable System

WASC : West Africa Submarine Cable

## RESUME EXECUTIF

Pendant la dernière décennie, la connectivité mondiale s'est améliorée considérablement grâce au déploiement de 321 câbles fibre optique sous-marins (CSM) sur la période 1990-2015, par lesquels transite aujourd'hui plus de 99% des télécommunications internationales (internet et messagerie, appels téléphonique et vidéo,...), le 1% restant l'étant par satellite. Si l'Asie, l'Amérique du Sud comme l'Afrique du Nord ont été rapidement connectées par CSM aux pays du Nord, l'Afrique subsaharienne (ASS) est restée relativement isolée jusqu'en 2010. Depuis lors, l'infrastructure numérique s'est rapidement déployée, facilitant l'accès et réduisant le coût de l'internet haut-débit et de la téléphonie mobile. Actuellement, quasiment tous les pays côtiers, y compris Africains, sont connectés directement à l'internet mondial à travers les CSM. Pourtant, d'après le Rapport sur le Développement dans le Monde de 2016 de la Banque Mondiale, les dividendes attendus des technologies numériques en Afrique, plus particulièrement de l'internet haut-débit, tardent à se concrétiser et à bénéficier à l'ensemble de la population, du fait du déficit en infrastructure de télécommunication et de l'insuffisance des régulations du secteur des télécommunications. En conséquence, et en dépit du fort taux de pénétration de la téléphonie mobile, l'accès à l'internet haut débit en ASS bénéficie d'abord aux plus riches, aux urbains, et aux plus instruits.

Dans un premier temps, ce rapport réalise un état des lieux de l'économie numérique dans l'UEMOA, dans une perspective rétrospective et comparative. Selon les données de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), l'ASS accuse un retard certain en termes de pénétration de l'Internet au sein de la population, retard qui est particulièrement notable face à l'Asie de l'Est et à l'Afrique du Nord. Au sein de l'ASS, les pays de l'UEMOA sont en moyenne à un niveau de pénétration nettement plus bas que les autres pays africains. Des conclusions similaires, voire plus tranchées, peuvent être tirées des données sur l'accès au haut débit. Ce retard dans la pénétration de l'Internet (haut-débit) dans les pays de l'UEMOA par rapport au reste de l'ASS ne semble pas s'expliquer, à première vue, par une différence de tarification de l'abonnement au haut débit fixe. Elle pourrait en revanche s'expliquer par la faible couverture 3G, par des problèmes d'interconnexion des réseaux mobiles, ou par une plus forte tarification de l'Internet mobile. Ce premier constat met donc en avant l'insuffisante couverture de l'infrastructure de télécommunication terrestre comme premier obstacle à l'Internet mobile. Le déploiement de l'infrastructure Internet 3G constituerait dans ce cas un levier majeur pour améliorer l'accès de l'Internet dans l'UEMOA, d'autant qu'en termes strictes du nombre d'abonnés à la téléphonie mobile, l'UEMOA ne présente pas de retard en moyenne par rapport aux autres pays africains. Il convient cependant d'ajouter que le nombre d'abonnés à la téléphonie mobile est d'autant plus important que l'interconnexion de réseaux mobiles nationaux est mauvaise.<sup>1</sup>

D'ailleurs, les données sur la qualité de l'accès à Internet montrent que la vitesse de connexion Internet en Afrique est très faible, et que les réseaux internet des pays d'Afrique de l'Ouest et de l'UEMOA souffrent d'un faible degré d'intégration numérique. La pénétration du numérique et le degré d'intégration numérique de la zone UEMOA dépend d'un certain nombre de facteurs structurels, tout au long de la chaîne fournisseur-utilisateur, comme la capacité d'utilisation des acteurs économiques, administrations, entreprises, individus (plus faible quand le niveau d'éducation est plus bas), jusqu'au déploiement de l'infrastructure, plus faible du fait de l'éloignement ou de l'enclavement géographique. A ces facteurs structurels donnés, la pénétration et l'intégration

---

<sup>1</sup> Les usagers étant alors incités à prendre plusieurs abonnements pour pouvoir communiquer sur tous les réseaux.

numériques sont aussi déterminées par les facteurs institutionnels et industriels, comme la réglementation ou la présence de monopoles.

Les infrastructures de connexion internationale représentent le premier maillon de la chaîne d'accès à l'Internet. Parmi ces infrastructures, le réseau mondial de câblage à fibre optique (câbles sous-marins (CSM) et terrestres) reste l'option la plus performante et la moins coûteuse pour acheminer les télécommunications mondiales (e-mail, appels téléphoniques, contenu vidéos, etc.). Toutes choses égales par ailleurs, plus le nombre de CSM connectant un pays à l'internet mondial est important, plus la bande passante est large et plus le coût de l'accès à Internet est faible (une fois les coûts fixes amortis), plus la concurrence entre les opérateurs de câbles est forte et meilleures sont les conditions d'accès à l'Internet, plus les économies d'échelle sont importantes, plus les incitations sont élevées pour étendre les infrastructures terrestres et réduire à terme les tarifs des télécommunications, plus la redondance est élevée, plus la résilience des réseaux de communication est importante, et plus l'exposition aux ruptures des câbles et aux perturbations de l'Internet est faible.

En 2017, l'UEMOA est reliée à l'internet mondial par trois CSM à fibre optique : le SAT3/WASC, le ACE, et le WACS. L'atterrissement de ces trois CSM sur les côtes des pays de l'UEMOA accélère le développement de l'internet et de l'économie numérique dans les pays de la zone. Cette capacité plus grande de transmission des données peut contribuer à l'essor économique de la sous-région en améliorant la performance des entreprises, en facilitant la création d'emploi, en fluidifiant les flux de commerce et d'investissement direct étranger, et en améliorant le fonctionnement des administrations publiques. Les données sur le déploiement des CSM en Afrique et dans l'UEMOA montrent néanmoins que le sous-continent et la sous-région accusent un retard en termes d'interconnexion numérique câblée, comparé à l'Asie et à l'Amérique latine. La connectivité internationale y est relativement faible, et pâtit également du nombre important de pays sans accès à la mer pour lesquels le déploiement d'infrastructures terrestres dorsales est plus coûteux et complexe (car passant par un, voire plusieurs pays).

Une autre composante clef du réseau d'infrastructures dorsales de télécommunications sont les points d'échange Internet (PEI). Ces infrastructures constituent une source importante de bande passante et facilitent la coordination entre les acteurs de l'Internet. Les PEI permettent de réduire la latence en favorisant les interconnexions directes entre pays et en économisant de la bande passante par une meilleure affectation du trafic local, régional et international. Les PEI permettent ainsi également de partager le trafic Internet à faible coût, ce qui réduit le coût de l'accès à Internet. De même que pour les CSM, les données sur les PEI mettent en lumière les faiblesses de l'ASS (à l'exception de l'Afrique du Sud) et de l'UEMOA dans le déploiement de ces infrastructures.

Dans un deuxième temps, nous étudions, à partir de statistiques descriptives et d'une analyse économétrique en données de panel, la contribution rétrospective de l'infrastructure haut-débit à l'essor de l'Internet en Afrique et plus particulièrement dans l'UEMOA. On observe ainsi une relation positive entre le degré de déploiement des CSM (et des PEI) et les taux de pénétration de l'Internet d'une part, et les revenus du secteur des télécommunications d'autre part. Les pays côtiers d'ASS étant désormais quasiment tous connectés à l'Internet mondial par CSM, la numérisation du sous-continent est confrontée à deux principaux facteurs structurels de vulnérabilité numérique, définie comme le risque pour un pays et sa population de voir son accès à l'Internet mondial entravé par les

défaillances de son infrastructure: d'une part, l'isolement ou « fracture » numérique territoriale du fait de l'inégal déploiement de l'infrastructure terrestre ; et d'autre part, l'exposition aux ruptures de CSM.

L'isolement numérique dans lequel se trouvent certains pays et certaines populations dépend à la fois de facteurs structurels géographiques, comme l'enclavement, la taille du pays, le relief, la répartition spatiale de la population, et de facteurs économique-politiques, comme la qualité des régulations et l'ampleur des investissements publics et privés. Si les facteurs géographiques déterminent un besoin structurel en déploiement d'infrastructures terrestres, les facteurs économiques et politiques conditionnent sa satisfaction. L'étude des déterminants géographiques de l'isolement numérique, par leur nature structurelle et exogène, nous intéresse ici particulièrement. L'étude des données géographiques sur le déploiement des infrastructures terrestres et maritimes en ASS et dans l'UEMOA montre d'ailleurs une corrélation forte et négative entre le besoin structurel en infrastructure et le développement de l'économie numérique en ASS et dans l'UEMOA. Autrement dit, un besoin structurel en infrastructure important est un facteur d'isolement numérique et donc un obstacle pour le secteur des télécommunications, pour les pays de l'UEMOA comme pour le reste de l'Afrique.

Une seconde source majeure de vulnérabilité numérique est l'exposition du réseau de CSM aux ruptures de câble. L'Afrique de l'Ouest est exposée à ces ruptures principalement causées par le trafic maritime (filets de pêche, ancres de bateaux). En plus des coûts directs de réparation de câbles endommagés supportés par les opérateurs de télécommunications, s'élevant à des millions de dollars en fonction de la fréquence et de la longueur des réparations, il existe des coûts économiques indirects, s'élevant à des dizaines voire des centaines de millions de dollars, liés à la désorganisation de l'économie, au report du coût des réparations sur les tarifs des communications, au réacheminement des communications par des « routes Internet » plus coûteuses et à moindre capacité.

Ainsi, dans un troisième temps, la question de l'impact de l'économie numérique sur la croissance du PIB par tête est étudiée à travers le prisme de la vulnérabilité numérique. Afin de pouvoir identifier cet impact, une approche en panel dynamique, reposant sur une stratégie par variables instrumentales, est mise en œuvre. Les résultats obtenus montrent qu'un meilleur accès à l'Internet pour les populations, expliqué par une moindre vulnérabilité numérique des Etats, ne semble pas avoir d'effet à court terme sur la croissance en ASS et dans l'UEMOA. Pour comprendre ce résultat, plusieurs éléments explicatifs liés au contexte Africain peuvent être avancés. Tout d'abord, contrairement à l'Asie du Sud-est, aux pays d'Afrique du Nord et Moyen orient, et à l'Amérique Latine, le raccordement de l'ASS par CSM a été tardif. Ensuite, le nombre important de pays enclavés et la fragmentation territoriale du continent complexifie la couverture infrastructurelle et l'intégration numérique de l'ASS et de l'UEMOA. Ainsi, bien que la « révolution numérique » soit observable dans le sous-continent et dans la sous-région, il faut encore davantage de temps et d'engagement de la part des acteurs publics et privés pour que ces changements soient porteurs de croissance économique.

Dans l'UEMOA, les autorités de régulations ont un rôle à jouer dans la coordination de l'attribution des licences d'opérateurs et d'harmonisation du cadre fiscal sur les télécommunications. Ces autorités devraient aussi être sensibles à l'importance des réglementations ouvrant le marché à la

concurrence et imposant aux opérateurs et fournisseurs d'accès internet de garantir un accès équitable aux capacités nationales et internationales de communication, de fournir un service de colocation et de raccordement, et de proposer des conditions tarifaires transparentes, non discriminatoires, en fonction des coûts. L'amélioration de l'accès à Internet dans l'UEMOA passe par une meilleure gouvernance de l'Internet, impulsée par une approche multi-acteurs, reposant sur un réseau élargi de PEI nationaux et régionaux, sur l'appui aux organisations et forums de gouvernance internet africains.

## 1. Introduction

Les technologies de l'information et de la communication (TIC), plus particulièrement l'internet haut-débit et l'industrie mobile, jouent désormais un rôle de premier plan dans le développement économique. En contribuant à l'émergence et la diffusion des innovations dans le commerce, l'agriculture, les services financiers, ou le transport, et à la modernisation des administrations publiques, notamment fiscales, la numérisation de l'économie est en passe de révolutionner les échanges économiques et de stimuler la croissance, l'emploi et la réduction de la pauvreté (Banque Mondiale, 2016 ; Hjort et Poulsen, 2016 ; Andrianaivo et Kpodar, 2011 ; Cariolle et al, 2017). Cependant, les dividendes attendus des technologies numériques en Afrique, plus particulièrement de l'internet haut-débit, tardent à se concrétiser et à bénéficier à l'ensemble de la population (Banque Mondiale, 2016), du fait du déficit en infrastructure de télécommunication (Schuman et Kende, 2013 ; Bates, 2014) et de l'insuffisance des régulations du secteur des télécommunications (Akue-Kpakpo, 2013). En conséquence, et en dépit du fort taux de pénétration de la téléphonie mobile, l'accès à l'internet haut débit en Afrique subsaharienne bénéficie d'abord aux plus riches, aux urbains, et aux plus instruits (Banque Mondiale, 2016).

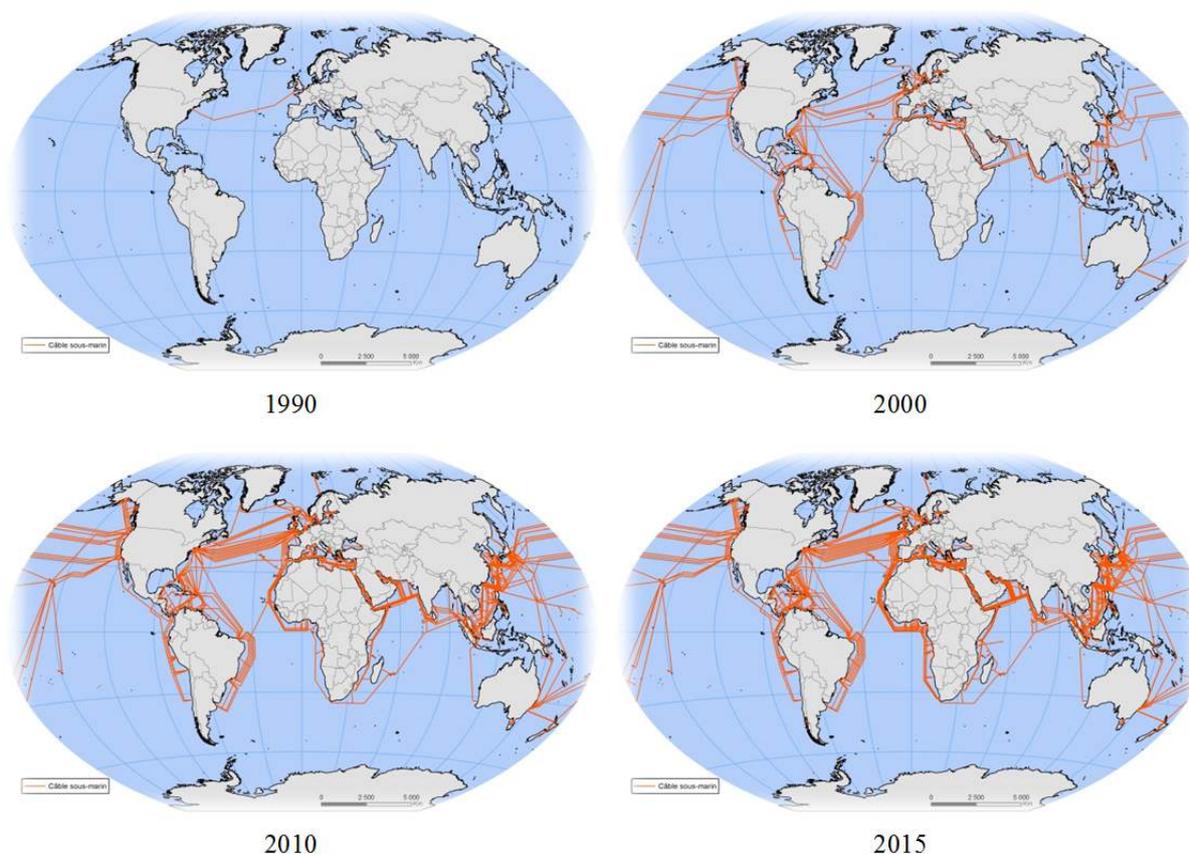
Pendant la dernière décennie, la connectivité mondiale s'est améliorée considérablement grâce au déploiement de 321 câbles fibre optique sous-marins (CSM) sur la période 1990-2015 (voir figure 1.1), par lesquels transite aujourd'hui plus de 99% des télécommunications internationales (internet et messagerie, appels téléphonique et vidéo, jusqu'aux messages diplomatiques classifiés), le 1% restant l'étant par satellite. On compte à l'heure actuelle plus de 3 milliards d'utilisateurs d'internet, et ce, alors que la consommation moyenne de bande passante de 20 ménages dans les pays industrialisés engendre un trafic équivalent à l'internet mondial en 1995 (Weller et Woodcock, 2013, et Towela et Tesfaye, 2015). Si l'Asie, l'Amérique du Sud comme l'Afrique du Nord ont été rapidement connectées par CSM aux pays du Nord, l'Afrique subsaharienne est restée relativement isolée jusqu'en 2010. Depuis lors, l'infrastructure numérique s'est rapidement déployée, facilitant l'accès et réduisant le coût de l'internet haut-débit et de la téléphonie mobile. Actuellement, quasiment tous les pays côtiers, y compris Africains<sup>2</sup>, sont connectés directement à l'internet mondial à travers les CSM. Si la pénétration de l'internet reste encore faible en Afrique subsaharienne relativement aux autres régions en développement, le fort dynamisme du marché de la téléphonie mobile constitue un important levier pour le développement de l'économie numérique (UIT, 2017).

En Afrique les perspectives de croissance du numérique, comme les besoins d'investissement et de réformes adaptées, sont particulièrement importants. Selon les Nations Unies, l'Afrique devrait passer d'1 milliard d'habitants en 2014 à 2,4 milliards en 2050, représentant alors un quart de la population mondiale, avec un nombre de 15-24 ans passant de 200 millions à plus de 700 millions en 2050 (30% de la population africaine). C'est sur ce continent que les changements économiques et sociaux liés au numérique peuvent être les plus profonds. Les perspectives de croissance, d'emploi, et de diversification des économies africaines pourraient être significativement améliorées par un environnement plus favorable à l'essor du secteur des télécommunications.

---

<sup>2</sup> En Afrique, seules l'Erythrée et la Guinée-Bissau ne sont pas connectées à un CSM. La Guinée-Bissau vient de lancer le chantier de son premier CSM, la reliant par voie maritime à l'Europe et au reste de l'Afrique orientale.

**Figure 1.1. Evolution de l'infrastructure maritime mondiale de télécommunications, 1990-2015.**



Source: Telegeography.com

Ce présent rapport analyse les perspectives de développement de l'essor de l'Internet sous l'angle des infrastructures. Notamment, il met en lumière la contribution du déploiement des infrastructures haut-débit aux économies d'Afrique subsaharienne et de l'UEMOA et pointe les nouvelles vulnérabilités qui en découlent. La suite de ce rapport s'articule en trois parties. La première partie propose un état des lieux de l'économie numérique, notamment de l'accès à l'internet<sup>3</sup> et des performances du secteur des télécommunications dans les pays de la zone UEMOA, dans une perspective comparative avec les autres pays Africains. La deuxième partie présente une analyse descriptive et comparative du déploiement des infrastructures maritimes et terrestres de télécommunication et de leur contribution à l'économie numérique. Notamment, certains facteurs structurels de vulnérabilité de l'Internet dans l'UEMOA et le reste de l'Afrique subsaharienne, liés au déploiement de l'infrastructure filaire, sont mis en lumière. Enfin, à travers une série de tests économétriques, la dernière partie analyse de manière plus approfondie la contribution des infrastructures de télécommunication à l'économie numérique et à la croissance dans l'UEMOA et en Afrique subsaharienne.

<sup>3</sup> La question de la téléphonie mobile est également abordée, l'accès à Internet étant souvent conditionné à la possession d'un téléphone dans le sous-continent.

## 2. Etat des lieux de l'économie numérique dans l'UEMOA

L'Afrique Subsaharienne, y compris la zone UEMOA, souffre d'un «fossé» ou « fracture » numérique (UIT, 2016 ; Banque Mondiale, 2016) principalement causée par un déficit en termes d'infrastructures physiques filaires (*hard infrastructure*) d'une part, et à leur sous-exploitation ou utilisation (*soft infrastructure*) d'autre part (Schuman et Kende, 2013 ; Akue-Kpakpo, 2013 ; Bates, 2014). Ce déficit en infrastructures *hard* et *soft* n'est qu'en partie comblé par la téléphonie et l'internet mobiles, et ceci est d'autant plus vrai pour les Pays à Faible Revenu, notamment africains, et les pays de l'UEMOA (UIT, 2016).

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) a calculé pour les années 2015 et 2016 un indice de développement des TIC (ICT Development Index ou IDI), combinant des données sur la pénétration du numérique<sup>4</sup> et des données sur la capacité des populations à s'appropriier les outils numériques<sup>5</sup>. La figure 2.1 ci-dessous reporte les moyennes et la dispersion des valeurs de l'IDI par région, illustrant ainsi la fracture numérique entre le continent africain (IDI de 2,48) et les autres régions du monde (IDI moyen mondial de 4.94), mais également en son sein (forte dispersion des valeurs de l'indice). Le tableau 2.1 et la figure 2.2 reportent respectivement les valeurs et les tableaux de bord de l'indice, détaillant chacune de ses composantes, pour les pays de l'UEMOA. On peut observer qu'à l'exception de la Côte d'Ivoire et du Sénégal, les pays de la zone ont un score inférieur à la moyenne du continent Africain. On observe également qu'à l'exception du taux de pénétration de la téléphonie mobile et dans une moindre mesure de la bande passante internationale (apportée par les CSM), les pays de l'Union accusent un retard très important dans le développement des TIC.

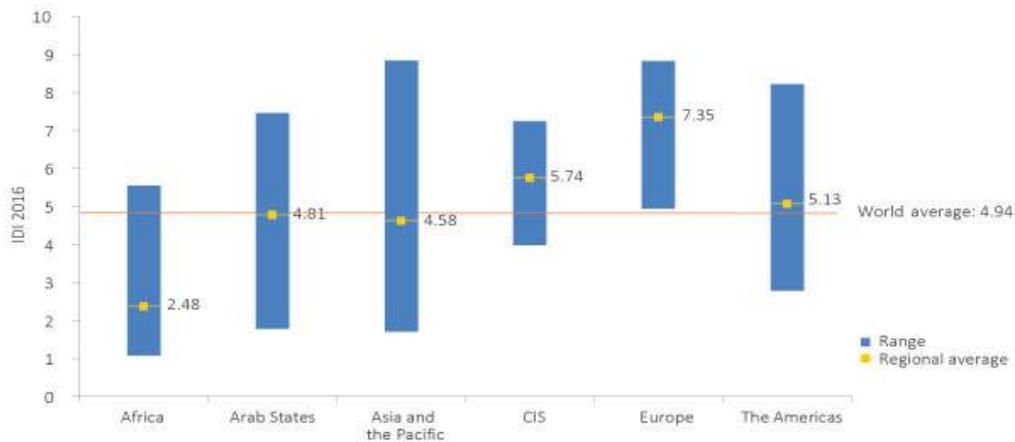
Pour aller au-delà de ce panorama général de la situation des TIC dans l'UEMOA, la section suivante aborde plus en détails l'évolution de plusieurs variables clés relatives à la pénétration du numérique en Afrique subsaharienne (ASS) et dans l'UEMOA.

---

<sup>4</sup> Les indicateurs de pénétration utilisés dans l'indice, normalisés entre 0 et 1, sont les suivants : le nombre d'abonnement à la téléphonie mobile, la bande-passante international par utilisateur d'Internet, le nombre de ménage dotés d'ordinateurs, le nombre de ménages dotés d'internet, le nombre d'utilisateur d'internet, le nombre d'abonnement à l'Internet filaire haut-débit, le nombre d'abonnement à l'Internet mobile haut-débit.

<sup>5</sup> Les indicateurs de capacité d'appropriation utilisés dans l'indice, normalisés entre 0 et 1, sont les suivants : les taux brut de scolarisation dans le primaire et le secondaire, et le nombre moyen d'années d'étude.

**Figure 2.1. IDI par région**



Source : UIT(2016).

**Figure 2.2. L'IDI dans l'UEMOA – Tableaux de bord.**



**Tableau 2.1. Valeurs de l'IDI dans l'UEMOA**

	Sénégal	Guinée-B	Bénin	Côte d'Ivoire	Togo	Mali	Burkina Faso
<b>IDI 2016</b>	2.53	1.38	1.92	2.86	1.86	2.14	1.80
<b>IDI 2015</b>	2.41	1.34	1.83	2.43	1.78	2.00	1.60

Notes : l'indicateur n'est pas construit pour le Niger. Source : UIT, 2016.

## 2.1. Pénétration du numérique dans l'Union : analyse rétrospective comparée

Selon les données de l'UIT, l'ASS accuse un retard certain en termes de pénétration de l'Internet au sein de la population (figure 2.3a), par rapport aux autres régions en développement, retard qui est particulièrement notable face à l'Asie de l'Est et à l'Afrique du Nord. La figure 2.3a montre notamment que l'ASS atteint sur la période 2010-2014 un taux moyen de pénétration de l'Internet d'environ 10% de sa population, taux qui a été dépassé par les autres régions en développement (à l'exception de l'Asie du Sud) dès 2000-2004. Au sein de l'ASS, les pays de l'UEMOA sont en moyenne à un niveau de pénétration nettement plus bas que les autres pays africains. Au sein de l'UEMOA, le Sénégal connaît une nette avance, tandis que la distinction entre pays côtiers et enclavés n'apparaît pas, au premier abord, si déterminante : le Mali et le Niger accusent certes un certain retard, mais le Burkina Faso présente un niveau de pénétration de l'internet plus élevé que le Bénin et le Togo. Des conclusions similaires, voire plus tranchées, peuvent être tirées des données sur l'accès au haut débit (figure 2.3b). Ce retard dans la pénétration de l'Internet (haut débit) dans les pays de l'UEMOA par rapport au reste de l'ASS ne semble pas s'expliquer, à première vue, par une différence de tarification de l'abonnement au haut débit fixe (figure 2.4b). Elle pourrait en revanche s'expliquer par la relativement faible couverture 3G (figure 2.4a) ou par une plus forte tarification de l'Internet mobile<sup>6</sup>. Ce premier constat met donc en avant l'insuffisante couverture de l'infrastructure de télécommunication terrestre comme premier obstacle à l'Internet mobile. Le déploiement de l'infrastructure Internet 3G constitue donc un levier majeur pour améliorer l'accès de l'Internet dans l'UEMOA, d'autant qu'en termes du nombre d'abonnés à la téléphonie mobile (figure 2.4a), l'UEMOA ne présente pas de retard en moyenne par rapport aux autres pays africains.

## 2.2. Intégration des réseaux internet en Afrique et dans l'UEMOA

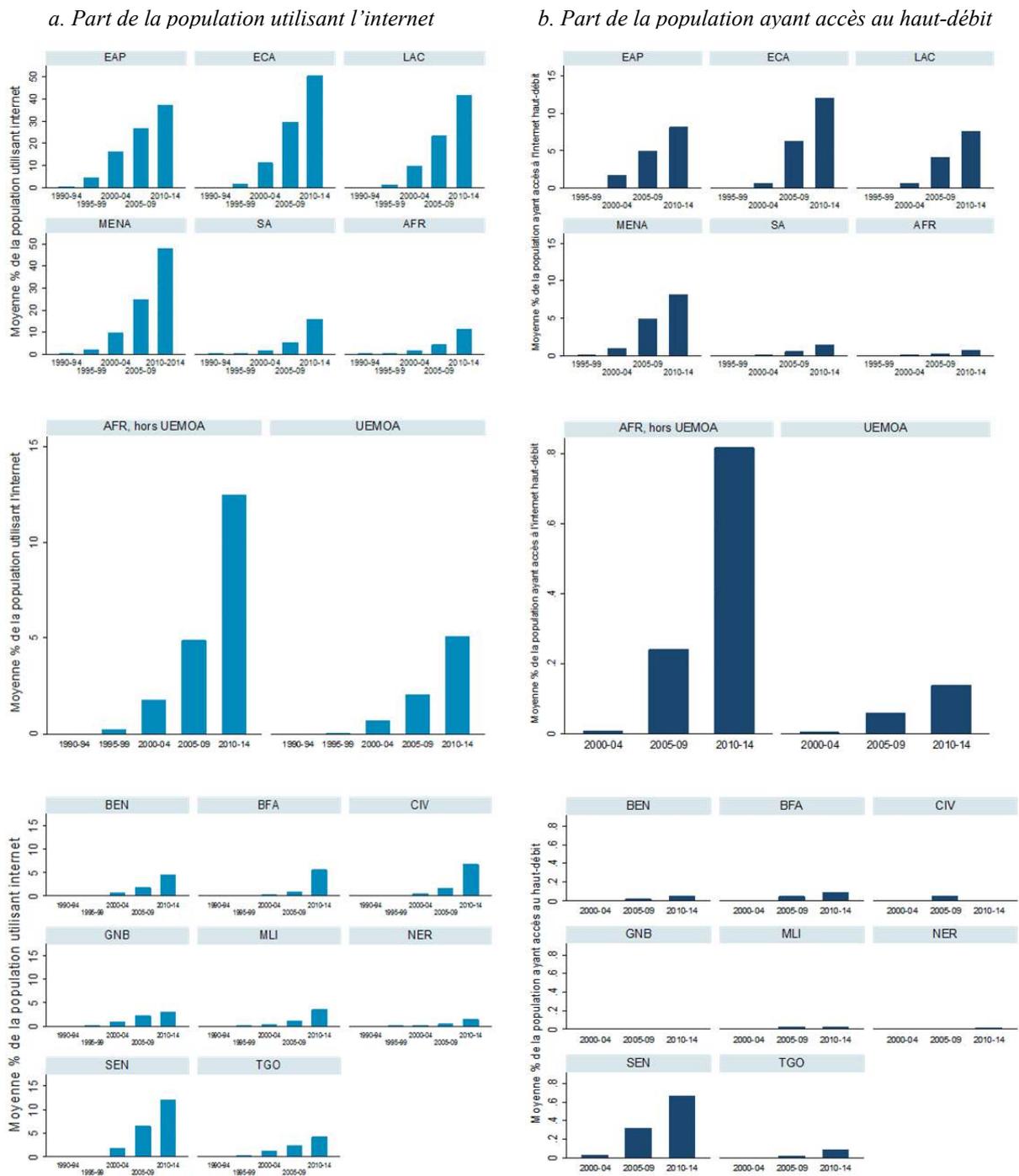
La section précédente a mis en évidence le retard de l'ASS, et plus particulièrement de l'UEMOA, en termes de pénétration de l'Internet haut débit. Cette section porte sur le degré d'intégration du continent Africain, et de l'UEMOA, au regard de la qualité de l'accès à l'internet. Les données récoltées auprès de d'Akamai Technologies<sup>7</sup> sur la vitesse de connexion moyenne observée en Afrique (Figure 2.5) et dans l'UEMOA (tableau 2.2) montrent qu'à l'exception de l'Afrique du Sud et du Kenya, l'ensemble du continent à une vitesse moyenne de connexion inférieure à 5 mégabytes par seconde<sup>8</sup>, l'UEMOA plafonnant à 2 mégabytes par seconde. Le tableau 2.2 met par ailleurs en évidence les moindres performances en termes de vitesse de connexion des pays enclavés par rapport à leur homologues côtiers de la zone UEMOA.

<sup>6</sup> Dont nous n'avons pas les données précises et complètes pour l'UEMOA et l'ASS.

<sup>7</sup> Un des leaders mondiaux dans les services de réseau de diffusion de contenu.

<sup>8</sup> A titre de comparaison, la vitesse moyenne de connexion est au minimum de 10 mégabytes en Europe de l'Ouest

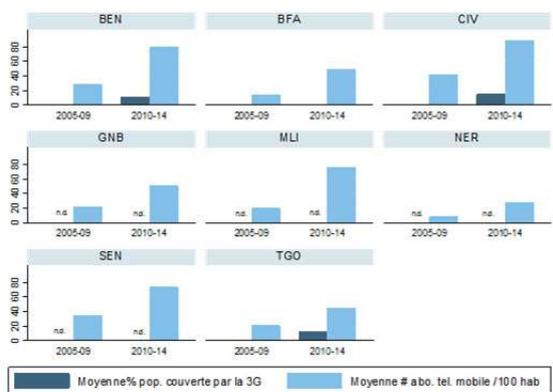
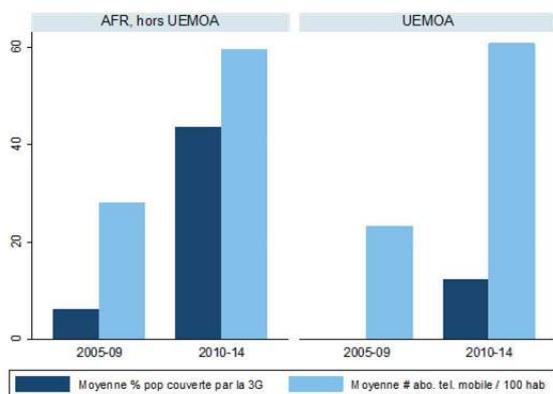
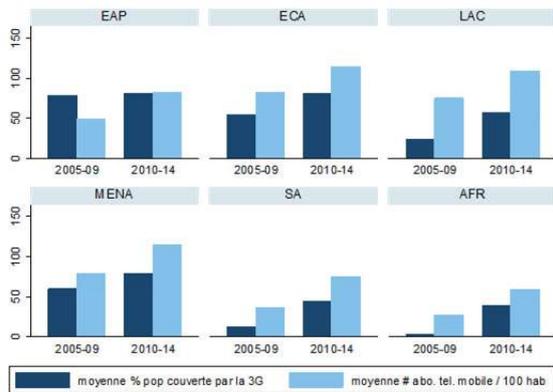
Figure 2.3. Pénétration du numérique en ASS et dans l'UEMOA (1/2)



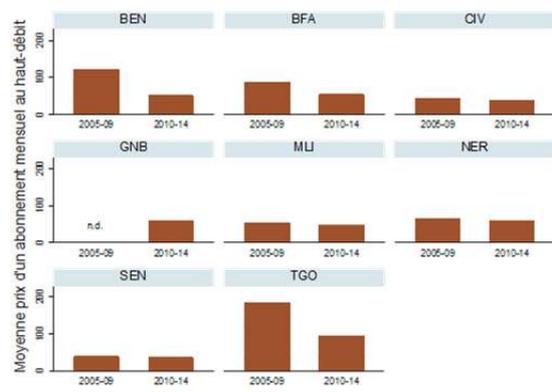
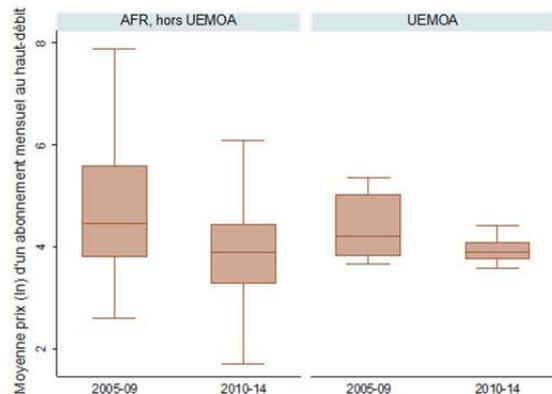
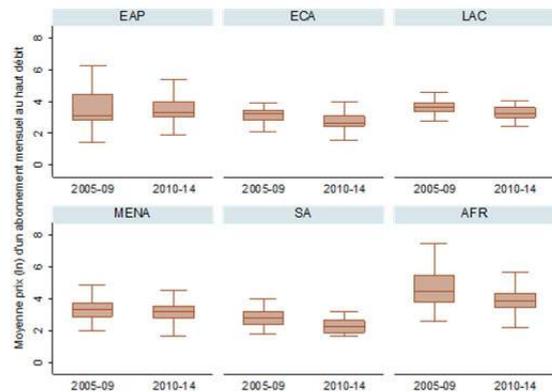
Source : base de données de l'UIT.

Figure 2.4. Pénétration du numérique en ASS et dans l'UEMOA (2/2)

a. Téléphonie mobile et internet 3G

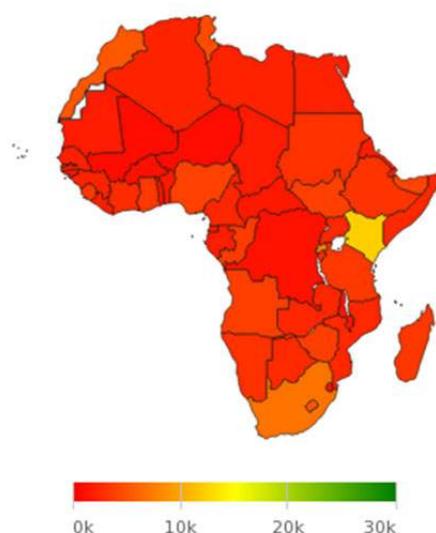


b. Prix moyen de l'abonnement haut débit



Source : base de données de l'UIT. Données sur la couverture 3G non disponibles (n.d.) pour la Guinée-Bissau, le Mali, le Niger, et le Sénégal.

**Figure 2.5. Vitesse moyenne de connexion internet en Afrique (kb/s).**



Source : Akamai technologies, 2017 - <https://www.akamai.com/fr/fr/about/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-connectivity-visualization.jsp>

**Tableau 2.2. Vitesse de connexion internet dans l’UEMOA.**

	<b>BEN</b>	<b>BFA</b>	<b>CIV</b>	<b>GNB</b>	<b>MLI</b>	<b>NGR</b>	<b>SEN</b>	<b>TGO</b>
Vitesse moyenne de connexion internet (kb/s)	1516	1006	1589	1522	773	831	2017	1388
Vitesse maximale de connexion internet (kb/s)	15552	10826	13564	20890	9857	7866	17041	15446

Source : Akamai technologies, 2017.

Une deuxième analyse relative aux performances des réseaux Internet de l’ASS et de l’UEMOA consiste à identifier l’existence d’ensembles (clusters) sous régionaux numériquement intégrés, définis comme étant des ensembles où les échanges de données intra-régionaux sont plus rapides que les échanges de données avec des pays ou zones tiers, extrarégionaux<sup>9</sup>. A cet égard, une étude récente de Chavula et al (2017) a permis d’identifier des ensembles ou groupes de pays dont les latences de connexion<sup>10</sup> intra-groupes sont significativement plus faibles que les latences de connexion entre le groupe et les pays hors-groupe. Ces groupes sont représentés dans la figure 2.6 ci-dessous. Il s’agit alors de vérifier si ces sous-ensembles recoupent les communautés économiques régionales.

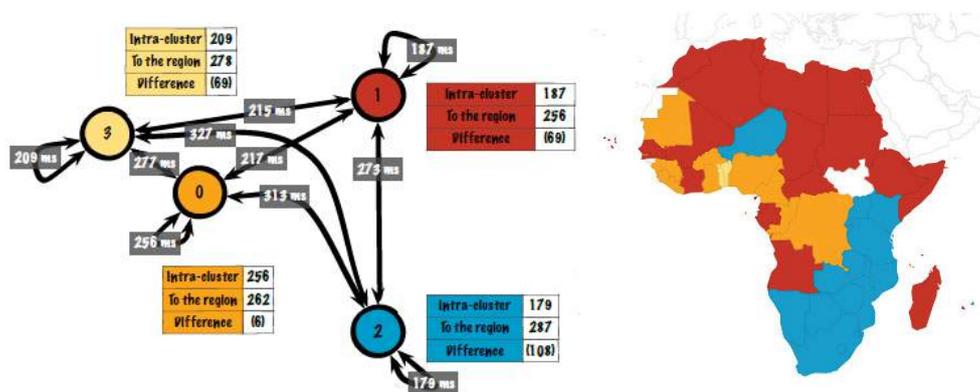
<sup>9</sup> Selon l’ARCEP, « l’interconnexion numérique désigne le raccordement des différents réseaux de télécommunication entre eux afin de permettre à l’ensemble des utilisateurs de communiquer librement ». L’interopérabilité des réseaux se définit comme la capacité d’un système de fournir et d’accepter les communications provenant d’autres systèmes, dont les fréquences, équipements et types de signaux peuvent différer.

<sup>10</sup> La latence est le temps que met un paquet de données pour arriver d’un ordinateur à un autre. Plus la latence est faible, meilleure est la connexion.

Les données montrent que les réseaux internet des pays de l’UEMOA souffrent d’un faible degré d’intégration, puisque les Etats membres se trouvent appartenir à quatre clusters (ensembles sous-régionaux numériquement intégrés) différents :

- le Burkina Faso appartient au cluster 0, associé à des pays de la CEDEAO (hors UEMOA) et à des pays d’Afrique Centrale. Ce cluster est le moins intégré, présentant la plus faible différence entre les latences des connexions intra et extra-cluster (6 millisecondes) et la plus forte latence de connexion intra-cluster (256 millisecondes)
- la Côte d’Ivoire, le Sénégal, et le Mali appartiennent au cluster 1, regroupant de nombreux pays d’ASS appartenant à différentes zones géographiques. Ce cluster présente un niveau d’intégration similaire au cluster 3, avec une différence identique (69 millisecondes) de latence entre connexions intra et extra-cluster. Il présente cependant de meilleures performances que le cluster 3, avec une latence de connexion intra-cluster de 187 millisecondes.
- le Niger, étrangement, appartient au cluster 2, associé à l’Afrique Australe et l’Afrique de l’Est. Ce cluster est le plus intégré, soit, présentant la différence la plus marquée entre les latences des connexions intra et extra-cluster (108 millisecondes) et la plus faible latence de connexion intra-cluster (179 millisecondes).
- le Bénin et le Togo constituent à eux deux le cluster 3. Ce cluster présente cependant de moins bonnes performances que le cluster 1, avec une latence de connexion intra-cluster de 209 millisecondes.

Figure 2.6. Ensembles numériques régionaux en Afrique.



Source : Chavula et al (2017)

Ainsi, au regard de ces données, l’Afrique Australe et l’Afrique de l’Est sont les seules zones géographiques où le degré d’intégration numérique coïncide avec leur intégration politique et économique. L’Afrique de l’Ouest, et a fortiori l’UEMOA, présentent à l’inverse une forte fragmentation numérique.

### 2.3. Le secteur du numérique en Afrique et dans l’UEMOA: acteurs et caractéristiques sectorielles.

La pénétration du numérique dans l’ensemble de la zone UEMOA et dans chacun de ses pays membres dépend d’un certain nombre de facteurs structurels, tout au long de la chaîne fournisseur-utilisateur, comme la capacité d’utilisation des acteurs économiques, administrations, entreprises, individus (plus faible quand le niveau d’éducation est plus bas), jusqu’au déploiement de l’infrastructure, plus faible du fait de l’éloignement ou de l’enclavement géographique (et qui peut

expliquer en partie un coût plus élevé). A ces facteurs structurels donnés, la pénétration du numérique est aussi déterminée par les facteurs institutionnels et industriels, comme la réglementation ou la présence de monopole (naturel s'agissant d'un marché où il peut y avoir des économies d'échelle) pouvant aussi expliquer un prix plus élevé (à coût donné).

### *La chaîne fournisseurs-utilisateurs*

Une étude complète sur la connexion internet en ASS produite par l'UIT (Akue-Kpakpo, 2013) distingue trois niveaux d'opérateurs et fournisseurs de services: le Fournisseur de Service Internet (FSI), le Fournisseur d'Infrastructure Dorsale ou backbone (FID) national ou international, et le Fournisseur d'Accès Internet (FAI). Le Fournisseur de Service Internet (FSI) offre le service à l'utilisateur final (équipements de raccordement, gestion, services). Il s'abonne lui-même auprès d'un FAI qui se charge de fournir l'accès et de transporter le trafic de ses clients. Le Fournisseur d'infrastructure dorsale national est l'intermédiaire entre le FAI local ou national et le FAI international, à travers un réseau de fibre optique qui lui permet de transporter le trafic. Son rôle est donc important pour les pays ne disposant pas de station d'atterrissage de CSM.

L'activité de FSI ne nécessitant pas un investissement important, contrairement à celles des FAI et des FID, la concurrence devrait être forte. Ce n'est cependant pas le cas quand d'anciens opérateurs historiques gardent un pouvoir significatif sur le marché comme cela peut être le cas dans les pays africains. Certaines associations de FSI peuvent d'ailleurs s'opposer aux monopoles et opérateurs historiques. Ces associations se sont regroupées au niveau africain au sein de l'AfriSPA (African Internet Service Provider Association).

Dans la zone, certains FAI ont un caractère régional comme le Groupe Orange-Sonatel (avec ses filiales Orange Guinée, Orange Guinée Bissau, Orange Mali, Orange Niger, et sa participation aux consortiums des câbles sous-marins Atlantis, SAT3 et ACE), ou le Groupe MTN, actuellement dans le mobile essentiellement, présent en Afrique de l'ouest (Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana, Libéria, Nigéria), en Afrique centrale (Cameroun et Congo) et en Afrique de l'est (Soudan). Les FAI historiques (Orange-Sonatel par exemple), dans leur grande majorité, utilisent un CSM pour la connexion internet international, tandis que les autres peuvent utiliser une connexion par satellite. Les opérateurs historiques peuvent participer aux consortiums de construction et de maintenance de câbles sous-marins, impliquant d'autres opérateurs privés comme Glo (deuxième Opérateur de téléphonie mobile au Nigéria) et MTN ou des institutions financières comme la BAD.

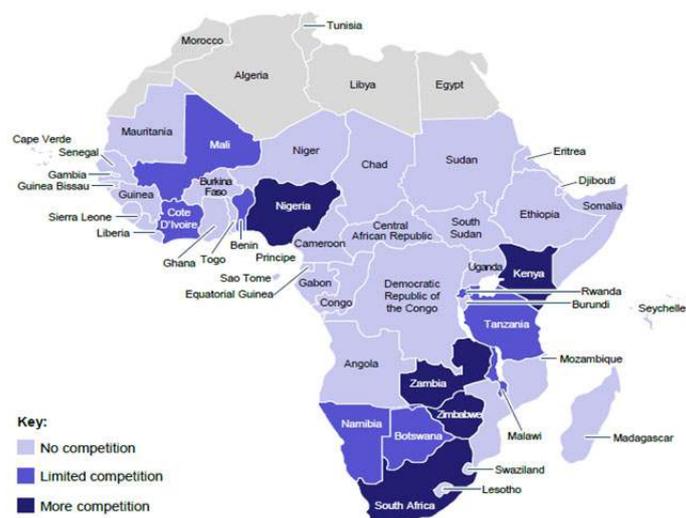
Ces différents types d'opérateurs peuvent se regrouper dans des associations nationales, comme l'UNITEL de Côte d'Ivoire, ou régionales, comme la CTOA (Conférence des Télécommunications Ouest Africaines, qui a milité pour la baisse des Droits de passage ou coût de connexion aux CSM pour les pays enclavés de la région ouest africaine). En parallèle, des associations de consommateurs plus ou moins actives militent pour la qualité et les prix des services, et peuvent faire partie des organes de direction des Agences Nationales de Régulation.

Akue-Kpakpo (2013) relève que les goulots d'étranglement de la connexion internet en ASS proviennent essentiellement de la détention de l'infrastructure par des opérateurs historiques, entraînant la dépendance des autres FAI à leur égard, et permettant des pratiques anti-concurrentielles. Ce phénomène est amplifié pour les pays enclavés du fait des insuffisances de l'infrastructure dorsale. Selon l'UIT (2014, p. 13), sur 44 pays africains, 57% avaient privatisé l'opérateur historique, mais les monopoles sur les services locaux demeuraient dans presque la

moitié d'entre eux (voir également Bates, 2014). Akue-Kpakpo (2013) considère que le manque de volonté politique est une des causes de ces dysfonctionnements, se traduisant par des difficultés d'applications au niveau national des textes régionaux pro-concurrentiels<sup>11</sup>, voire biaisant l'octroi ou le renouvellement des licences pour les opérateurs de téléphonie mobile et de licence 3G.<sup>12</sup> La Banque Mondiale (2016, p.3) relève bien que « parce que les aspects économiques de l'Internet favorisent les monopoles naturels, l'absence d'un environnement économique concurrentiel peut se traduire par une concentration des marchés, qui bénéficie aux entreprises en place ».

Le tableau 2.3 ci-dessous dresse à partir des données de l'UIT l'évolution de l'environnement concurrentiel en ASS et dans le reste du monde sur différents segments du marché des télécommunications. Ce tableau montre que si l'environnement concurrentiel s'est amélioré pour ce qui concerne l'offre Internet sans fil fixe (à laquelle la population a peu recours), le sous-continent affiche le plus grand nombre de pays en situations de monopole ou de concurrence partielle pour ce même segment, pour les communications fixes longue-distance, et pour les passerelles internationales. La concurrence est cependant plus aboutie dans le segment de la téléphonie mobile et des services Internet. Les données sur le degré de concurrence sectorielle en figure 2.7 montrent également des différences notables entre les pays de l'UEMOA, et un degré moyen de concurrence moins élevé qu'au Nigéria, en Afrique Australe et en Afrique de l'Est.

**Figure 2.7. Degré de concurrence sur les marchés nationaux de l'Internet filaire en ASS.**



Notes : Tiré de Analysys Mason limited, 2014. Fournisseurs de fibre nationaux. Pas de concurrence quand un seul fournisseur, limité quand deux, plus de concurrence quand plus de deux.

<sup>11</sup> Par exemple, cités par Akue-Kpakpo (2013), l'Acte additionnel A/SA de 2/01/2007 sur l'accès et à l'interconnexion des réseaux et aux services du secteur des TIC de la CEDEAO ou la Directive 1/2006/CM/UEMOA relative à l'harmonisation des politiques de contrôle et de régulation du secteur des télécommunications.

<sup>12</sup> L'annexe F reporte la liste des opérateurs de réseau mobile dans chacun des pays de l'UEMOA.

**Tableau 2.3. Environnement concurrentiel en Afrique, par service internet, 2012-2015 (nombre de pays par catégories de concurrence).**

		Afrique SS			MENA			Asie & Pacifique			CEI			Europe			Amériques			Total		
		2012	2015	Δ	2012	2015	Δ	2012	2015	Δ	2012	2015	Δ	2012	2015	Δ	2012	2015	Δ	2012	2015	Δ
Haut-débit sans fil fixe	M	9	9	0	2	3	1	2	2	0	0	0	0	2	2	0	1	0	-1	16	16	0
	CP	6	3	-3	7	5	-2	5	7	2	1	1	0	4	3	-1	2	3	1	25	22	-3
	CE	16	20	4	4	6	2	19	19	0	7	6	-1	28	30	2	26	28	2	100	109	9
	N/A	1	1	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0	3	6	3	0	0	0	6	10	4
Télécommunications mobiles internationales (3G, 4G, etc.)	M	2	2	0	2	2	0	4	3	-1	0	0	0	2	2	0	1	0	-1	11	9	-2
	CP	6	7	1	6	4	-2	7	8	1	0	0	0	11	9	-2	0	2	2	30	30	0
	CE	19	20	1	4	5	1	12	15	3	2	4	2	26	28	2	25	25	0	88	97	9
	N/A	4	5	1	4	5	1	2	1	-1	2	1	-1	2	1	-1	0	1	1	14	14	0
Passerelles Internationales <sup>a</sup>	M	7	7	0	6	8	2	5	5	0	2	1	-1	1	2	1	2	3	1	23	26	3
	CP	10	10	0	6	5	-1	5	5	0	0	0	0	4	2	-2	1	2	1	26	24	-2
	CE	21	16	-5	5	6	1	18	18	0	5	6	1	25	29	4	19	20	1	93	95	2
	N/A	1	2	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	5	6	1	2	1	-1	9	11	2
Communications fixes internationales longue distance	M	15	19	4	8	8	0	12	12	0	4	3	-1	4	4	0	5	4	-1	48	50	2
	CP	6	5	-1	4	4	0	5	3	-2	1	0	-1	3	1	-2	0	2	2	19	15	-4
	CE	17	14	-3	6	8	2	16	17	1	4	6	2	34	37	3	26	27	1	103	109	6
	N/A	2	3	1	2	1	-1	1	2	1	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	6	6	0
Services internet	M	3	3	0	2	2	0	4	4	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	11	11	0
	CP	5	3	-2	5	4	-1	5	4	-1	0	0	0	0	0	0	5	3	-2	20	14	-6
	CE	35	35	0	12	13	1	23	25	2	8	7	-1	37	37	0	28	31	3	143	148	5
	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Téléphonie mobile	M	2	3	1	5	5	0	5	3	-2	0	0	0	2	2	0	2	1	-1	16	14	-2
	CP	12	11	-1	10	7	-3	7	10	3	3	1	-2	12	10	-2	4	4	0	48	43	-5
	CE	27	25	-2	5	8	3	20	19	-1	8	10	2	27	30	3	28	28	0	115	120	5
	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0

Source: ITU Telecommunication/ICT Regulatory Database. M : Monopole ; CP : Concurrence Partielle ; CE : Concurrence Entière ; N/A : Non Applicable. L'UIT définit une passerelle internationale comme toute installation permettant d'envoyer des communications électroniques (voix, données et vidéo) entre les réseaux nationaux d'un pays et un autre. En pratique, les passerelles fournissent des liaisons soit par un système de câble international (souvent sous-marin), soit par un satellite via une station terrestre. Les nombres sont le nombre de pays africains placés en catégories M, CP, CE, N/A

## *Intervention des Etats et des Communautés Economiques Régionales*

Les Etats interviennent à plusieurs niveaux. Ils élaborent les plans de développement et la réglementation, et peuvent prendre aussi en charge la construction d'infrastructures (haut débit notamment)<sup>13</sup>. Certains Etats ont aussi créé des Agences pour le développement des TIC (AGETIC au Mali, AGeNTIC au Bénin) qui peuvent agir comme des agences d'exécution de projets. Les Autorités Nationales de Régulation (ANR) sont chargées de favoriser la concurrence, de créer un climat favorable aux investissements, et de protéger les droits des utilisateurs. Elles peuvent contrôler les tarifs de fourniture de connexion Internet, veiller à l'interconnexion des réseaux et au partage des infrastructures entre les opérateurs agréés, qui sont des obligations légales. Pour l'ensemble de ces raisons, l'indépendance des ANR vis-à-vis de l'exécutif est généralement un prérequis à une régulation efficace du secteur. Cette indépendance est favorisée, d'une part, par l'indépendance statutaire de l'agence, généralement établie en UEMOA (voir tableau 2.4), et d'autre part, par son autonomie budgétaire.

**Tableau 2.4. L'indépendance des régulateurs des télécoms dans l'UEMOA.**

	Bénin	Burkina Faso	Côte d'Ivoire	Guinée Bissau	Mali	Niger	Sénégal	Togo
Régulateur	ARCEP	ARCEP	ATCI	ICGB	CRTM	ARM	ARTP	ARCEP
Loi de création	2014	2008	1995	1999	1999	Na	2001	1998
Année création	2007	1998	1995	1999	1999	2004	2001	1998
Indépendance statutaire	oui	oui	oui	oui	oui	Na	oui	oui

Source: UIT 2015 country profiles

Les Communautés Economiques Régionales (CER) ont généralement une politique en matière de TIC, visant à établir une libre concurrence dans la communauté régionale, une harmonisation des textes règlementaires et un développement des infrastructures et des services. L'UEMOA a ainsi lancé dès 2006 un programme de modernisation des liaisons inter-états qui a pour objectif d'aboutir à la connexion en réseau fibre optique bilatérale des Etats membres de l'Union (Akue-Kpakpo, 2013). A l'heure actuelle, il existe encore deux segments manquant de l'infrastructure numérique dorsale régionale, que sont les liaisons en fibre optique entre le Bénin et le Burkina Faso et entre le Mali et le Niger. Plusieurs CER ont aussi créé des associations de régulateurs, comme l'Association des régulateurs des télécommunications de l'Afrique de l'Ouest de la CEDEAO, ou l'Assemblée Africaine des Régulateurs de Télécommunications de l'Union Africaine.

### *L'Ecosystème d'Internet en Afrique*

L'écosystème internet africain est composé de différentes organisations impliquées dans les discussions et des initiatives en la matière (Towela et Tesfaye, 2015). Par exemple, l'African Network Information center (AfriNIC) est le registre régional internet (distribution et gestion des adresses IP notamment). C'est une organisation non gouvernementale établie en 2005 qui organise régulièrement des rencontres entre les parties prenantes du secteur pour discuter des politiques internet. Le groupe de travail gouvernemental d'AfriNIC établi en 2010 permet les discussions avec

<sup>13</sup> Comme le Gouvernement du Mali dans le financement de la fibre optique Bamako-Niamey ; Gouvernement du Niger dans celle Alger-Zinder-Abuja (voir Akue-Kpakpo, 2013)

les gouvernements et les régulateurs. L'African Network Operators' Group (AfNOG) établi en 2010 est un espace de discussion des opérateurs d'infrastructure de connexion internet. Ces réseaux ou organisations se retrouvent à l'occasion du Sommet Internet en Afrique (Africa Internet Summit), qui se tient annuellement depuis 2012.

Parmi les évènements clefs pour l'écosystème de l'Internet, le Forum sur la Gouvernance Internet (Internet Governance Forum – IGF) est un moment privilégié pour les échanges entre les différents acteurs de l'Internet (Towela et Tesfaye, 2015). L'IGF est une initiative internationale qui se tient aux niveaux global, continental et régional, et qui a pour but d'encourager les discussions entre les multiples parties prenantes pour la diffusion de l'internet comme moyen d'atteindre les objectifs de développement. En Afrique de l'Ouest, le premier *West African IGF* s'est tenu en 2008. Des IGF nationaux sont établis dans la plupart des pays de la CEDEAO.

Parmi les acteurs incontournables de l'écosystème mondial de l'Internet, l'UIT, agence spécialisée des Nations Unies, est responsable notamment de l'allocation des fréquences radio et des orbites satellitaires, du développement des standards d'interconnexion entre les réseaux, et de l'amélioration de l'accès aux TIC en général. Le bureau régional pour l'Afrique de l'UIT mène le projet HIPSSA sur l'harmonisation des politiques pour les technologies de l'information et de la communication et apporte son assistance technique aux pays dans le cadre de directives régionales (UEMOA), y compris sur des projets d'infrastructure (au Liberia et en Gambie) et sur la cyber-sécurité (UIT, 2014). Il co-organise le *Transform Africa Summit*, où ont été adoptés le manifeste *Smart Africa* et son cadre d'application *Alliance Smart Africa* (repris lors de l'Assemblée de l'Union Africaine en janvier 2014).

Le programme pour le développement de l'infrastructure en Afrique couvre le secteur TIC (UIT 2014, p. 49). Il est formulé conjointement par la Commission de l'UA, le NEPAD et BAD, en ligne avec différentes décisions des organes politiques de l'UA, depuis son adoption en janvier 2012. Le composant TIC du programme présente plusieurs objectifs à la fois en termes d'infrastructures et de régulations :

1. garantir l'accès international (au moins deux CSM par pays),
2. garantir le routage terrestre (aux moins deux types d'infrastructures terrestres / choix dans les CSM),
3. garantir l'accès aux pays enclavés,
4. atteindre la connectivité continentale (chaque pays devant être connecté à ses voisins, capitale à capitale),
5. atteindre une utilisation de bande large optimale (chaque pays devant disposer d'un PEI national),
6. parvenir à des marchés ouverts et concurrentiels (notamment sur le segment haut-débit)

Ces objectifs permettent de promouvoir et sélectionner des projets d'infrastructure. L'UA a également lancé le projet AXIS (African Exchange Internet System) encourageant le développement des PEI, et a établi la convention sur la cybersécurité et la protection des données personnelles (Towela et Tesfaye, 2015). L'African Telecommunications Union est une agence spécialisée de l'UA prenant la forme d'un partenariat entre des parties publiques et privées<sup>14</sup>. C'est un forum pour l'élaboration de politiques sectorielles et de représentation de ces membres au niveau international,

---

<sup>14</sup> <http://atu-uat.org>

et une agence de promotion pour l'intégration, l'investissement et le renforcement des capacités dans le domaine.

### ***Financement***

Entre 1998 et 2008, environ 5 milliards de dollars US par an ont été investis dans le secteur des télécommunications en ASS (l'équivalent de 1% du PIB) et c'est le secteur privé qui assure la plus grande part de cet investissement, notamment dans le secteur du mobile suite à la libéralisation du secteur (World Bank, 2011<sup>15</sup>). L'investissement a principalement bénéficié, à hauteur de 60% du total, au Nigéria et à l'Afrique du Sud. L'origine de ces investissements est principalement africaine tandis que leur financement a plutôt été trouvé en dehors du continent (notamment du Moyen Orient et d'Afrique du Nord, mais aussi d'Inde, et des pays développés). Le secteur public continue à jouer un rôle quand il est propriétaire d'un opérateur ou pour l'investissement dans les infrastructures. Les acteurs publics étrangers ont pu avoir une petite contribution (le gouvernement libyen a notamment investi dans des opérateurs à travers une société d'investissement). Les institutions internationales ont aussi pu financer des projets de développement dans le secteur mais interviennent plutôt sous forme d'assistance technique.

Le financement de la construction des CSM est en ce sens illustratif. Le projet du câble ACE (Africa Coast to Europe) lancé en juin 2010 à l'initiative de France Telecom-Orange est géré par un consortium de 20 membres pour un budget de 700 millions USD.<sup>16</sup> Ces membres, issus de 15 pays, sont des opérateurs télécom (Orange et ses filiales ouest africaines, MTN, Côte d'Ivoire Telecom, Sonatel), des opérateurs d'infrastructures, qui ont pu être créés à l'occasion (ex : Cable Consortium of Liberia, la Guinéenne de Large Bande, qui sont des partenariats public-privés (PPP) entre gouvernements et opérateurs télécoms de ces pays), des Etats (Rép de Guinée Equatoriale, Rép du Cameroun). La Banque Mondiale a offert des financements aux pays pour lesquels c'était le premier câble, le Liberia, Sierra Leone et São Tomé et Príncipe, sous des accords de partenariat public-privé<sup>17</sup>. Autre exemple, le WACS (West Africa Cable System) a été construit en 2010-2012 pour un coût total de 650 millions USD. Ce câble a été construit et est géré par un consortium constitué d'opérateurs télécom et de fournisseurs d'infrastructures principalement Sud-Africain (mobile et fixe MTN, Neotel, Telkom...), mais aussi originaires des pays desservis (dont Togo Telecom, Congo Telecom...)<sup>18</sup>. Enfin, le SAT-3/WASC/SAFE (South Atlantic 3/West Africa Submarine Cable/ South Africa Far East) a aussi été construit par un consortium d'opérateurs (Telkom, France telecom, Nitel...).

La figure 2.8 rassemblent des données agrégées par régions et pays sur le revenu et l'investissement moyen dans le secteur des télécoms (incluant les opérateurs téléphoniques). Les niveaux de revenus apparaissent du même ordre entre la zone UEMOA et les autres pays d'ASS, tandis que les niveaux d'investissement peuvent paraître plus faibles. La Côte d'Ivoire et le Sénégal montrent des niveaux

---

<sup>15</sup> Africa's ICT Infrastructure, Building on the Mobile Revolution, by Mark D. J. Williams, Rebecca Mayer, and Michael Minges, The World Bank, Washington DC, 2011.

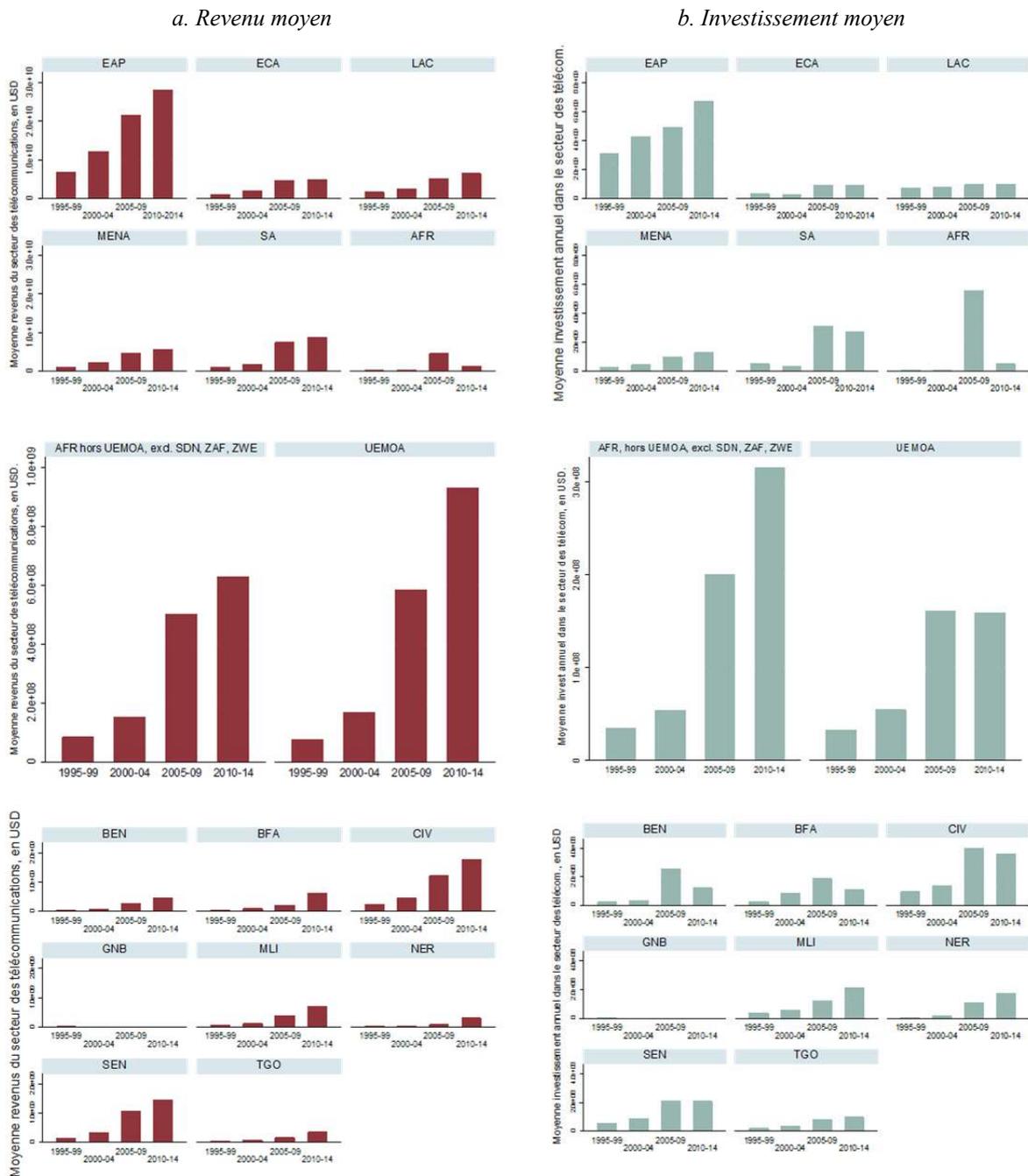
<sup>16</sup> [www.ace-submarinecable.com](http://www.ace-submarinecable.com); et Perret et al (2013)

<sup>17</sup> World Bank. 2012. *Delivering high-speed affordable broadband connectivity to West and Central Africa through the Africa Coast to Europe (ACE) Submarine Cable Project*. Results Profile. Washington, D.C. : World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/248641468188045518/Delivering-high-speed-affordable-broadband-connectivity-to-West-and-Central-Africa-through-the-Africa-Coast-to-Europe-ACE-Submarine-Cable-Project>

<sup>18</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/WACS\\_%28cable\\_system%29](https://en.wikipedia.org/wiki/WACS_%28cable_system%29)

plus importants de revenus. Des niveaux d'investissement importants sont aussi remarquables au Bénin et Burkina Faso en 2005-2009, et au Mali sur la période 2010-2014.

**Figure 2.8. Revenu moyen et investissement moyen dans le secteur des télécoms, en USD**



Notes : Données extraites de la base de données de l'UIT. Les moyennes régionales pour l'Afrique subsaharienne hors UEMOA ont été calculées en excluant l'Afrique du Sud, le Soudan et le Zimbabwe, ces derniers pays ayant tiré des revenus et réalisé des investissements très importants sur la période 2005-2009, affectant anormalement à la hausse la moyenne la sous-région pour cette période.

### **3. Déploiement de l'infrastructure et vulnérabilité numérique en Afrique subsaharienne et dans l'UEMOA**

Cette section propose un état des lieux de l'infrastructure numérique, plus particulièrement maritime, en ASS et dans l'UEMOA. Elle introduit également la notion de vulnérabilité numérique, résultant du déploiement de l'infrastructure filaire de télécommunication dans la sous-région. En raccordant les pays africains à l'économie numérique mondiale, l'arrivée du haut-débit par CSM rend ces pays davantage dépendants et vulnérables aux défaillances de ces infrastructures. Par ailleurs, le déploiement mondial dans le sous-continent crée également un isolement ou « fracture » numérique territoriale entre les pays et les populations, du fait de l'inégal accès aux infrastructures de télécommunication à haute capacité.

#### **3.1. Etat du déploiement des infrastructures haut-débit dans l'UEMOA et en ASS**

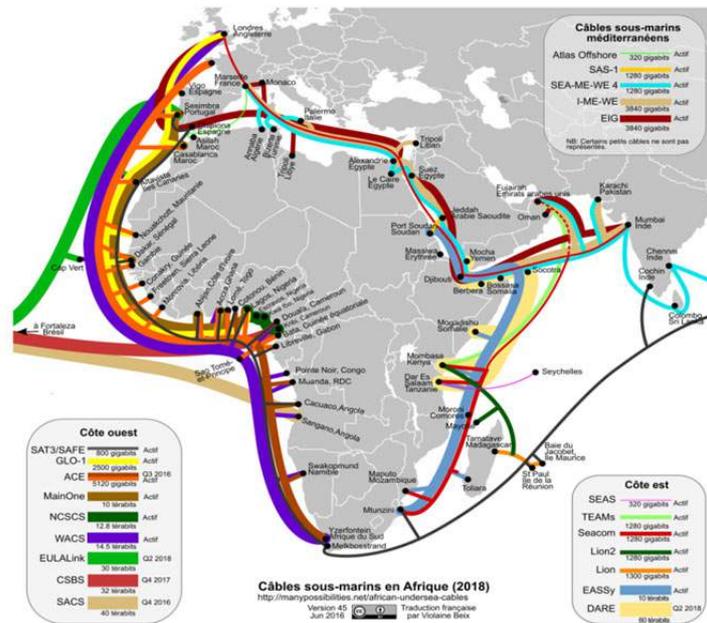
En 2017, l'UEMOA est reliée à l'internet mondial par trois CSM à fibre optique (voir Figure 3.1) :

- le SAT3/WASC (capacité de 800 gigabits, 11 pays), reliant la Côte d'Ivoire, le Bénin et le Sénégal au Ghana, à l'Angola, au Cameroun, au Nigéria, au Gabon, à l'Afrique du Sud, au Portugal et à l'Espagne (il est prolongé par le SAFE, South Africa Far East, reliant l'Afrique du Sud à l'Asie).
- le ACE (capacité de 5120 gigabits, 20 pays), reliant la Côte d'Ivoire, le Bénin et le Sénégal au Ghana, à l'Angola, la Guinée-Equatoriale, la Guinée, la Gambie, la Mauritanie, au Nigéria, au Sierra Leone, au Libéria, Sao Tomé et Principe, au Gabon, à la RDC, la Namibie, l'Afrique du Sud, au Portugal, à l'Espagne, et à la France.
- le WACS (capacité de 5120 gigabits, 14 pays), reliant la Côte d'Ivoire et le Togo, au Cap Vert, au Ghana, au Nigéria, au Cameroun, à la RDC, au Congo, à l'Angola, la Namibie, l'Afrique du Sud, au Portugal et au Royaume Uni.

L'atterrissement de ces trois CSM sur les côtes des pays de l'UEMOA accélère le développement de l'internet et de l'économie numérique dans les pays de la zone. Cette capacité plus grande de transmission des données peut contribuer à l'essor économique de la sous-région en améliorant la performance des entreprises (Cariolle et al, 2017), en facilitant la création d'emploi (Hjort et Poulsen, 2017), en fluidifiant les flux de commerce et d'investissement direct étranger, et en améliorant le fonctionnement des administrations publiques. Les retombées socio-économiques potentielles du déploiement des CSM sous-marins dans l'UEMOA sont donc très importantes. Dans les sous-sections suivantes, nous mettons en avant certains faits stylisés sur l'infrastructure de télécommunication en Afrique Subsaharienne et dans l'UEMOA, et examinons sa contribution à l'économie numérique. Ceci nous amènera, dans la prochaine section, à estimer son impact sur la croissance du PIB par habitant.

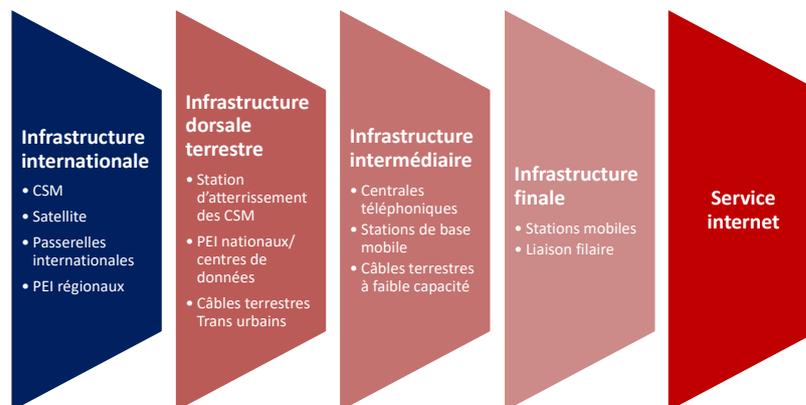
Les infrastructures de connexion internationale représentent le premier maillon de la chaîne d'accès à l'Internet, présentée en figure 3.2. Parmi ces infrastructures, le réseau mondial de câblage à fibre optique reste l'option la plus performante et la moins coûteuse pour acheminer les télécommunications mondiales (e-mail, appels téléphoniques, contenu vidéos, etc.). Ainsi, aujourd'hui, plus de 99% des communications mondiales passent par cette infrastructure, le reste passant par les satellites. En l'absence de câble sous-marin de télécommunication (CSM), un pays dispose de deux solutions pour obtenir une connexion Internet internationale: i) l'achat de bande passante Internet, coûteuse et limitée, à un pays voisin connecté à un CSM (ce qui suppose d'être relié à ce pays par une infrastructure filaire terrestre performante), ou ii) acheter une bande passante Internet – coûteuse, lente et limitée – aux satellites de communication.

**Figure 3.1 Déploiement des câbles sous-marins à fibre optique sur le continent Africain**



Source : [manypossibilities.net/african-undersea-cables](http://manypossibilities.net/african-undersea-cables)

**Figure 3.2. Infrastructures numériques et chaîne de valeur de l'accès à l'Internet**



Source : auteurs, adapté de Schumann et Kende (2013).

Le déploiement des CSM est donc la première étape vers l'accès à l'Internet mondial et en constitue un catalyseur pour les investissements en infrastructures terrestres dorsales, intermédiaires et finales, en les rendant plus rentables (Schumann et Kende, 2013). L'accroissement du nombre de CSM connectant les pays à l'Internet mondial augmente la bande passante totale disponible pour les internautes, réduit le coût des services Internet une fois l'investissement amorti, intensifie la concurrence entre opérateurs et FAI, et améliore la redondance de l'accès à l'Internet du pays, réduisant ainsi l'impact des défaillances du réseau d'infrastructures nationales et internationales de télécommunication (Weller et Woodcock, 2013, Schumann et Kende, 2013, Telegeography, 2016).

Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, plus le nombre de CSM connectant un pays à l'Internet mondial est important (Weller et Woodcock, 2013, Schumann et Kende, 2013, Telegeography, 2016):

- plus la bande passante est large, et plus l'Internet est rapide;
- plus la distance « numérique » entre les internautes est courte, plus le coût de l'accès à Internet est faible<sup>19</sup>;
- plus la concurrence entre les opérateurs de câbles et FAI est forte et meilleures sont les conditions d'accès à l'Internet;
- plus les économies d'échelle sont importantes, plus les incitations sont élevées pour étendre les infrastructures terrestres et réduire à terme les tarifs des télécommunications;
- plus la redondance est élevée, plus la résilience des réseaux de communication est importante, et plus la vulnérabilité aux ruptures des câbles et aux perturbations de l'Internet est faible.

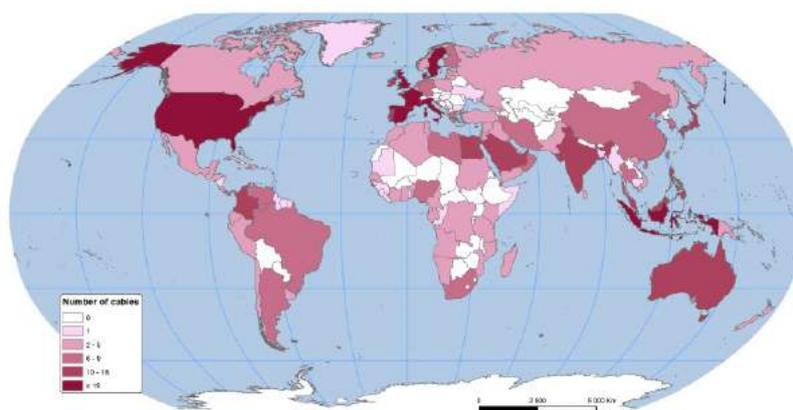
La figure 3.3 cartographie le nombre de CSM par pays, en 2015. Cette carte montre que le sous-continent reste en retard s'agissant de son interconnexion numérique câblée comparé à l'Asie et à l'Amérique latine. La connectivité internationale de l'ASS est relativement faible, et pâtit également du nombre important de pays sans accès à la mer pour lesquels le déploiement d'infrastructures terrestres dorsales est plus coûteux et complexe (car passant par un, voire plusieurs pays). Ce retard explique à la fois la moindre couverture géographique du réseau Internet national et régional, et le coût élevé de l'accès à Internet pour les africains (cf. section 2.1), pouvant parfois atteindre 30 à 40 fois celui des habitants des pays développés (Towela et Tesfaye, 2015).

Une fois les CSM branchés sur la côte, les points d'échange Internet (PEI) sont un élément clef du réseau d'infrastructures dorsales de télécommunications terrestres, car ils constituent une source importante de bande passante et facilitent la coordination entre les acteurs de l'Internet (Weller et Woodcock, 2013 ; OCDE, 2014 ; Towela et Tesfaye, 2015). Les PEI permettent de réduire la latence en favorisant les interconnexions directes entre pays et en économisant de la bande passante par une meilleure affectation du trafic local, régional et international. Les PEI permettent ainsi également de partager le trafic Internet à faible coût, ce qui réduit le coût de l'accès à Internet. Par conséquent, les PEI constituent donc un élément central pour le développement des écosystèmes Internet locaux et régionaux (Weller et Woodcock, 2013 ; OCDE, 2014). La figure 3.4 cartographie le nombre de PEI par pays, en 2015, et met en lumière de nouveau le retard de l'ASS (à l'exception de l'Afrique du Sud). Par conséquent, il n'est pas étonnant que l'UIT indiquait en 2014 que « seulement 0,5 Terabits (2,7%) des 18 Terabits de capacité sous-marine disponible est actuellement utilisée sur le continent » (UIT 2014, p. 50), le déséquilibre étant flagrant entre Afrique du nord et ASS.

---

<sup>19</sup> Une règle stipule que le coût des services de télécommunication est égal à la vitesse de l'Internet multipliée par la distance parcourue: coût = temps x distance (Weller et Woodcock, 2013).

Figure 3.3. Nombre de câbles sous-marins à fibre optique par pays, en 2015.



Source : Telegeography.com

Figure 3.4 Nombre de points d'échange Internet par pays, en 2015.



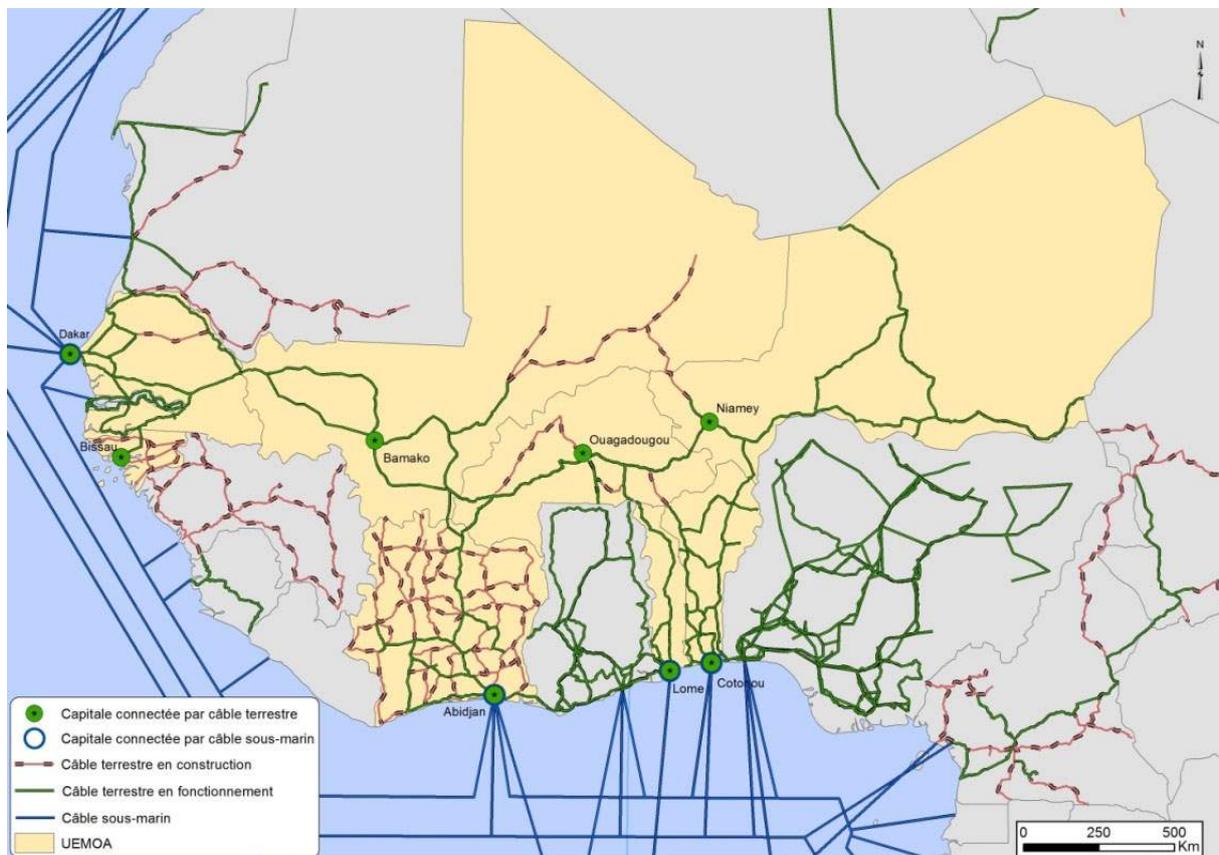
Sources : Telegeography.com, Packet Clearing House et Peering DB.

Pour ce qui concerne l'UEMOA, la carte représentée en figure 3.5 permet de voir les réalisations, les projets en cours et les besoins en infrastructure de la zone. A l'exception de la Guinée-Bissau (qui vient de mettre en place en 2017 un consortium pour gérer le futur câble sous-marin qui connectera le pays au câble ACE), l'ensemble des pays côtiers de l'UEMOA sont reliés par CSM à l'Internet mondial. Par ailleurs, les informations disponibles sur le déploiement des infrastructures terrestres montrent que les capitales de la zone sont reliées entre elles par l'infrastructure dorsale. En revanche, l'infrastructure est lacunaire dans les zones éloignées du littoral ou des capitales. Notamment, il apparaît clairement que les pays enclavés de la zone souffrent d'un handicap initial géographique vis-à-vis des pays côtiers, du fait de leur éloignement des points d'atterrissage des CSM et de l'étendue de leur territoire.

Enfin, la contribution des CSM et des PEI au développement de l'Internet est illustrée au niveau global dans la figure 3.6, et en ASS et dans l'UEMOA dans la figure 3.7. Ces graphiques mettent en avant une corrélation positive est assez nette entre le degré de déploiement des infrastructures à haut-débit (mesurée par le nombre de CSM et le nombre de PEI) et les taux de pénétration de

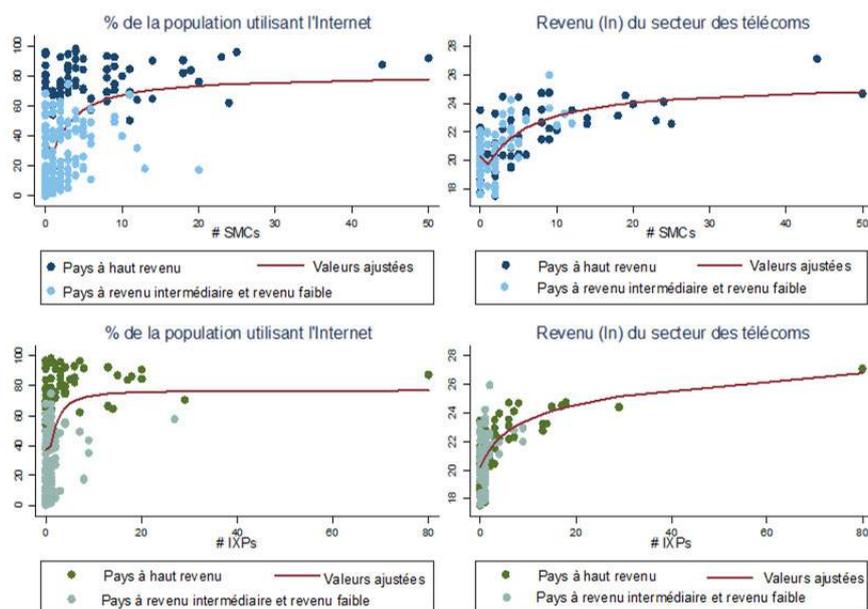
l'Internet d'une part (graphiques à gauche) et sur les revenus du secteur des télécommunications d'autre part (graphiques à droite).

**Figure 3.5. L'infrastructure maritime et terrestre de télécommunication dans l'UEMOA en 2016.**

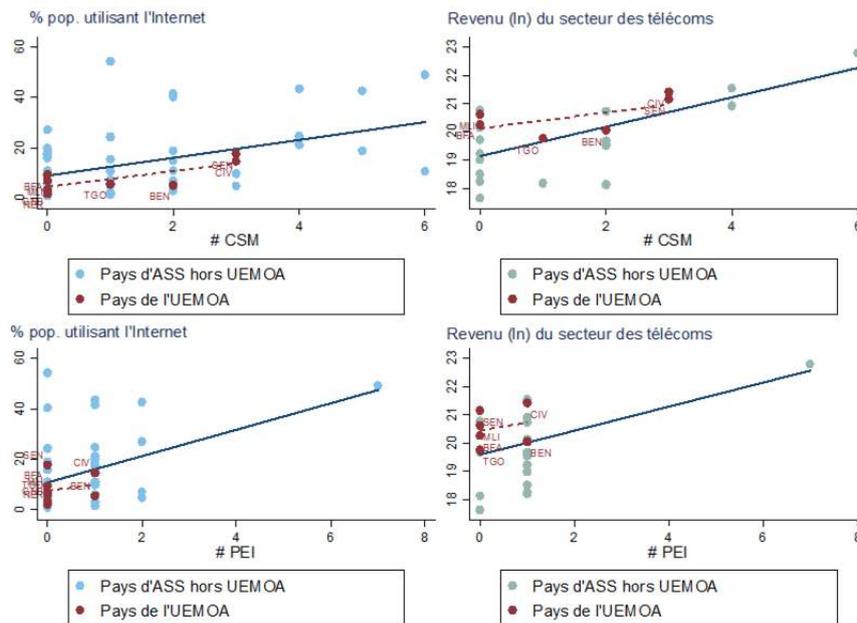


Sources : Telegeography.com (câbles sous-marins), AfterFibre (câbles terrestres) et Commission UEMOA.

**Figure 3.6 Corrélation entre le déploiement des CSM/PEI et l'économie de l'Internet dans le monde, 2014.**



**Figure 3.7 Corrélation entre le déploiement des CSM/PEI et l'économie de l'Internet, UEMOA vs ASS, 2014.**



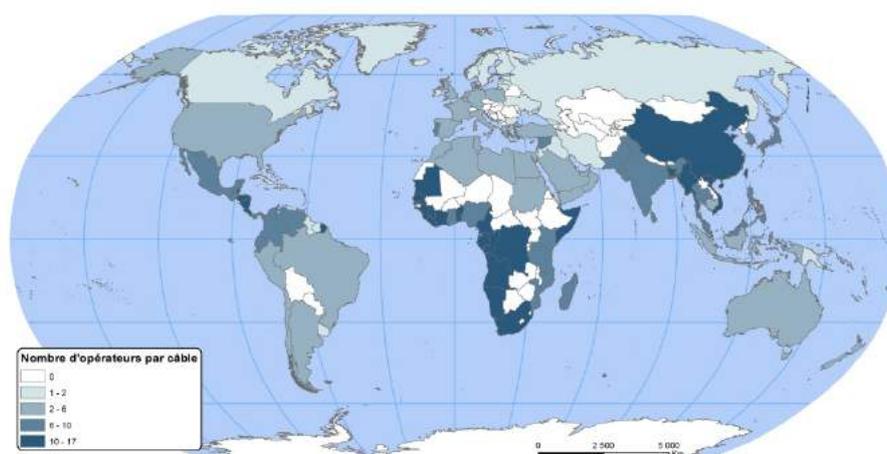
**Note :** Le point aberrant en termes de nombre de PEI (Afrique du Sud) n'affecte pas la pente des droites de corrélations des graphiques du bas. La droite de corrélation pleine est associée à l'ensemble de l'échantillon de pays d'Afrique subsaharienne. La droite de corrélation en pointillés est associée à l'échantillon de pays de l'UEMOA. **Sources :** UIT (2016) et de Telegeography.com.

### *Câbles sous-marins, coûts fixes et maturité du marché des télécommunications*

Les CSM nécessitent des investissements très importants pouvant atteindre des centaines de millions de dollars (Weller et Woodcock, 2013). Ce coût élevé représente une forte barrière à l'entrée pouvant maintenir certaines populations et régions dans une situation d'isolement numérique. Lorsque ces investissements se réalisent, ils permettent aux opérateurs internationaux de télécommunications d'acquies un pouvoir de marché important. Ce pouvoir de marché est normalement amené à décroître avec le temps lorsque les coûts fixes sont amortis et les économies d'échelle sont exploitées.

Dans les marchés moins matures, une solution au déploiement coûteux des CSM consiste à la mise en place de larges consortiums d'opérateur télécoms. Ces consortiums d'acteurs privés et publics permettent de partager les coûts fixes, de créer un effet de levier pour des financements additionnels, et ainsi de faciliter la pose des câbles. C'est ainsi que l'Afrique de l'Ouest est désormais connectée à l'Internet mondial grâce au déploiement en 2012 du câble ACE (Perret et al., 2013). Cet important projet de CSM a été initié par Orange en 2010, et fait l'objet d'une administration par un consortium de 16 opérateurs publics et privés (dont certains sont originaires de pays enclavés comme le Mali et le Niger). ACE, qui relie au total 20 pays, a permis ainsi de connecter pour la première fois 7 pays ouest-africains à l'Internet mondial, et d'améliorer la connectivité (au augmentant le nombre de CSM) de 10 autres pays africains. La figure 3.8 ci-dessous permet d'observer que le nombre moyen d'opérateurs par CSM dans les pays de la côte ouest et de la région australe d'ASS est particulièrement important par rapport au reste du monde.

Figure 3.8. Nombre moyen d'opérateur par câble, en 2015.



Source : Telegeography.com

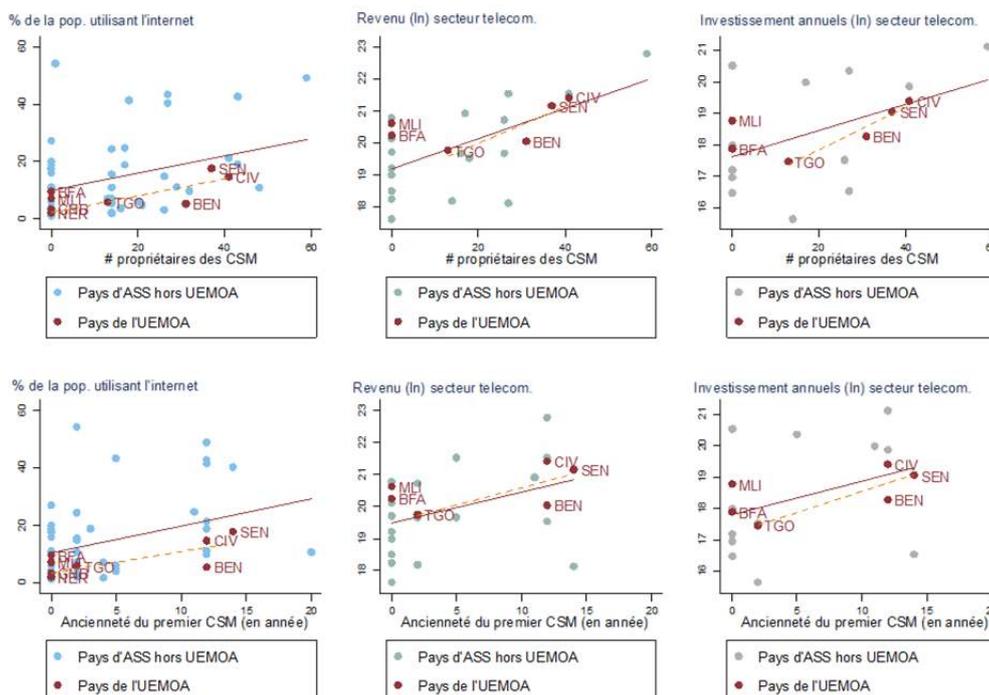
Par ailleurs, ces consortiums préfigurent les accords d'interconnexion et d'interopérabilité entre les différents réseaux internet locaux, nationaux, et régionaux, pouvant affecter l'environnement concurrentiel dans les pays concernés par l'arrivée des câbles. Sans une réglementation efficace du marché, adaptée pour fournir un environnement ouvert et concurrentiel, ces consortiums peuvent favoriser les ententes de cartel entre opérateurs et/ou fournisseurs d'accès internet. Dans une telle configuration, les opérateurs/FAI peuvent bénéficier d'un pouvoir de marché excessif qui entrave *in fine* le développement des infrastructures et la croissance du marché Internet.

La figure 3.9 ci-dessous montre que le partage des coûts (mesuré par le nombre total d'opérateurs propriétaires de CSM par pays) est corrélé positivement avec le développement de l'économie numérique (taux de pénétration, revenus et investissements du secteur des télécoms) en ASS et en UEMOA.

Ensuite, étant donné l'importance du coût de déploiement des câbles à fibre optique, l'ancienneté du premier CSM à fibre optique arrivé dans un pays révèle également une information utile sur le degré de maturité du marché des télécommunications dans ce pays d'une part (plus le marché étant mature, plus les câbles étant censés arriver précocement), ainsi que sur l'amortissement réalisé sur les coûts fixes (et donc sur les économies d'échelles) associés au déploiement des CSM. L'ancienneté du premier CSM devrait donc être positivement corrélée avec le développement de l'économie numérique, ce qui est confirmé par les corrélations représentées dans la figure 3.9. Les corrélations sont similaires s'agissant du taux de pénétration de l'Internet pour les pays côtiers de l'UEMOA et pour l'ensemble de l'ASS (graphiques de gauche). En revanche, pour les pays côtiers de l'UEMOA, le partage des coûts et l'arrivée précoce des CSM semblent associés à des niveaux de revenu et d'investissement plus élevés que pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne.

Ces deux caractéristiques de l'infrastructure numérique, le partage des coûts par les opérateurs d'une part et l'ancienneté des premiers CSM d'autre part, semblent donc pouvoir témoigner indirectement du poids des coûts fixes supportés par les opérateurs et de l'attractivité du marché des télécommunications.

**Figure 3.9. Infrastructures numériques, partage des coûts, et attractivité du marché des télécommunications.**



**Note :** Le point aberrant en termes de nombre de PEI (Afrique du Sud) n'affecte pas la pente des droites de corrélations des graphiques du bas. La droite de corrélation en pointillés est associée à l'échantillon de pays côtiers de l'UEMOA (Sénégal, Bénin, Togo, Côte d'Ivoire, Guinée-B). La droite de corrélation pleine est associée à tous les pays d'Afrique subsaharienne (ASS) (similaire à celle associées aux pays côtiers de l'ASS). **Source :** Auteurs, à partir de données d'UIT (2016) et de Telegeography.com.

### 3.2. Infrastructures de télécommunication et vulnérabilité numérique en ASS et dans l'UEMOA

Nous définissons la vulnérabilité numérique comme le risque pour un pays et sa population de voir son accès à l'Internet mondial entravé par les défaillances de son réseau de télécommunications. Ces défaillances peuvent résulter de l'obsolescence progressive de l'infrastructure de télécommunication et de l'exposition du réseau à des chocs externes récurrents : défaillances de l'infrastructure de télécom (pannes de serveur, ruptures de CSM, fermeture de PEI), pannes d'électricité, censure politique, et attaques informatiques. Dans ce cadre, la résilience numérique serait alors la capacité du réseau Internet à faire face à ces chocs. Cette résilience dépend d'une part des caractéristiques de l'infrastructure de télécommunication (notamment capacité de re-routage du trafic), et d'autre part des moyens humains, matériels, légaux, et financiers mobilisables pour assurer la permanence de la capacité et de la qualité du réseau. La suite du présent rapport s'attarde davantage sur la vulnérabilité numérique résultant des défaillances de l'infrastructure de télécommunication<sup>20</sup>.

Une fois les pays connectés à l'Internet mondial par le biais de CSM, les internautes sont ainsi exposés à deux facteurs structurels de vulnérabilité numérique suivants: i) l'isolement numérique, causé par l'inégale couverture géographique des infrastructures terrestres de télécommunication,

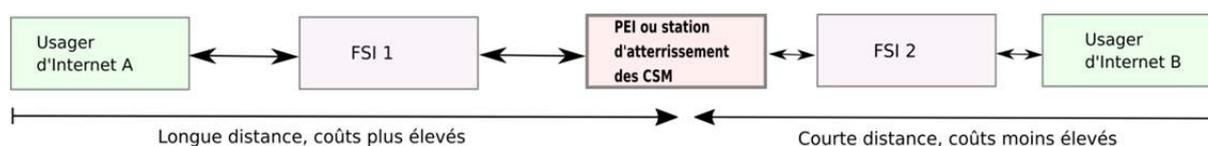
<sup>20</sup> Et ne traite donc pas la question de l'exposition du réseau Internet aux pannes d'électricité, à la censure et aux attaques informatiques.

exposant les pays et population mal desservies par ces infrastructures aux pannes de réseaux et augmentant le coût des communications nationales et mondiales, et; ii) l'exposition aux ruptures de CSM.

### *L'isolement numérique et le besoin structurel en infrastructure numérique*

La qualité et la couverture des infrastructures, parce qu'elle contribue à réduire ou accroître l'éloignement des populations de l'Internet mondial, a été identifiée comme un déterminant fondamental du besoin d'intégration des économies Africaines (Guillaumont et Guillaumont-Jeanneney, 2014). En 2016, la plupart des pays en développement côtiers sont connectés à l'Internet mondial par CSM, réduisant ainsi leur isolement numérique au niveau international. La réduction de l'isolement numérique par l'arrivée des CSM ne toucherait cependant qu'une proportion limitée de la population des pays Africains – majoritairement aisée, urbaine et littorale – tant le déploiement de l'infrastructure à l'intérieur des terres est considéré comme l'un des défis majeurs pour l'économie numérique dans les pays à faible revenu (Nyirenda et Tesfaye, 2015, Bates, 2014 ; Weller et Woodcock, 2013). Et quand bien même la couverture de l'infrastructure terrestre serait suffisante pour atteindre une large part de la population, une règle générale stipulant que le coût de la communication internet est égal à sa vitesse multipliée par la distance parcourue (Weller et Woodcock, 2013) fait de la distance moyenne entre l'internaute et l'infrastructure d'échange de trafic internet (dorsale et internationale) un déterminant critique de l'isolement numérique. Autrement dit, plus l'éloignement de l'infrastructure dorsale ou maritime (CSM) est important, plus le besoin en déploiement et en maintenance de l'infrastructure terrestre est fort, plus le coût des communications Internet est élevé, ou plus la vitesse Internet est faible. On peut représenter le lien entre la distance aux infrastructures d'échange de trafic Internet – dans notre cas, stations d'atterrissage des CSM ou PEI – et le coût de l'Internet comme schématisé dans la figure 3.10.

**Figure 3.10. Distance de l'infrastructure et coût de l'Internet**



Note: adapté de Weller and Woodcock (2013). FSI: Fournisseur de Service Internet Source: Packet Clearing House.

Ce qui explique pourquoi Bates (2014) souligne que, dans les pays africains dotés d'un secteur de télécommunication peu compétitif, "l'Internet filaire dans les villes qui sont très éloignées des stations d'atterrissage par câble sous-marin coûte souvent cinq ou six fois plus que dans les alentours de la station d'atterrissage".

L'isolement numérique dans lequel se trouvent certains pays et certaines populations dépend donc à la fois de facteurs structurels géographiques, comme l'enclavement, la taille du pays, le relief, la répartition spatiale de la population, et politiques, comme la qualité des régulations et l'ampleur des investissements publics et privés. Si les facteurs géographiques déterminent un *besoin structurel en déploiement d'infrastructures terrestres*<sup>21</sup>, les facteurs économiques et politiques conditionnent sa

<sup>21</sup> Ici, le besoin en déploiement d'infrastructures numériques est donc un déterminant de la distance vis-à-vis de l'Internet mondial, et donc un facteur de vulnérabilité numérique. C'est également un déterminant du besoin d'intégration régional, tel que défini par Guillaumont et Guillaumont-Jeanneney (2014).

satisfaction. L'étude des déterminants géographiques de l'isolement numérique, par leur nature structurelle et exogène, nous intéresse ici particulièrement.

La carte représentée en figure 3.11 ci-dessous met en relation le déploiement des infrastructures dans l'UEMOA avec la répartition de sa population. On peut ainsi observer qu'à l'exception des régions à l'Est et au Nord de Ouagadougou (Burkina Faso), l'infrastructure dorsale terrestre régionale passe par les principales zones à forte densité de population suggérant que le besoin en déploiement d'infrastructures physiques terrestres est aujourd'hui pour l'essentiel satisfait.

Afin de comparer le besoin en infrastructure, les capitales, les centroïdes (centres géographiques) et les centroïdes pondérés par la répartition spatiale de la population (centre de gravité démographique) ont été représentés sur la carte en vert, jaune et en rouge, respectivement. La distance entre ces points et la station d'atterrissage des CSM la plus proche<sup>22</sup> permet d'approximer les **besoins structurels en déploiement d'infrastructures filaires terrestres dorsales** de chaque pays :

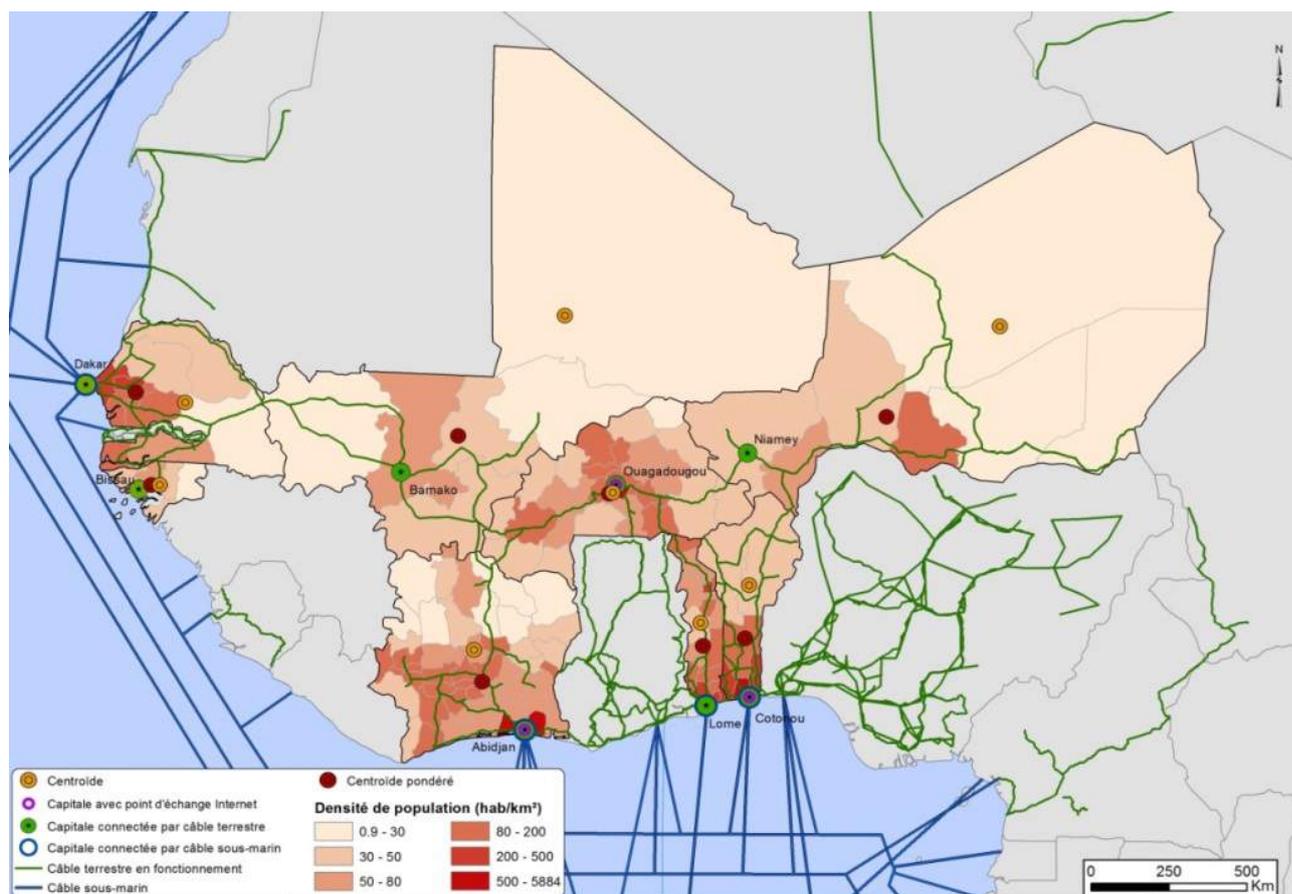
- Un **besoin absolu (inconditionnel)** mesuré par la distance (en km) du centroïde simple au point d'atterrissage du CSM le plus proche.
- Un **besoin relatif (conditionnel)** à la répartition de la population mesuré par la distance (en km) du centroïde pondéré par la population au point d'atterrissage du CSM le plus proche.
- Un **besoin essentiel** mesuré par la distance des capitales au point d'atterrissage du CSM le plus proche.

Le **besoin absolu en infrastructure** mesure les efforts – en termes de déploiement de l'infrastructure terrestre (*hard infrastructure*), de gestion et d'entretien (*soft infrastructure*) – nécessaires pour acheminer l'Internet aux utilisateurs quel que soit leur répartition sur le territoire. Le **besoin relatif**, en prenant en compte la répartition spatiale de la population, reflète l'infrastructure *hard* et *soft* nécessaire pour combler l'isolement numérique de la plus grande partie de la population. Le **besoin essentiel** en infrastructure exprime quant à lui l'infrastructure *hard* et *soft* nécessaire pour atteindre la capitale. On peut observer que les besoins essentiel et relatif en infrastructures ont été satisfaits pour l'ensemble des Etats membres, alors que le besoin absolu n'est pas satisfait pour le Mali et le Niger, illustrant ainsi la fracture numérique territoriale de la région.

---

<sup>22</sup> Lorsqu'un pays ne possède pas de CSM, la station d'atterrissage la plus proche à l'extérieur des frontières nationales est considérée.

**Figure 3.11. L'infrastructure numérique et répartition de la population dans l'UEMOA.**

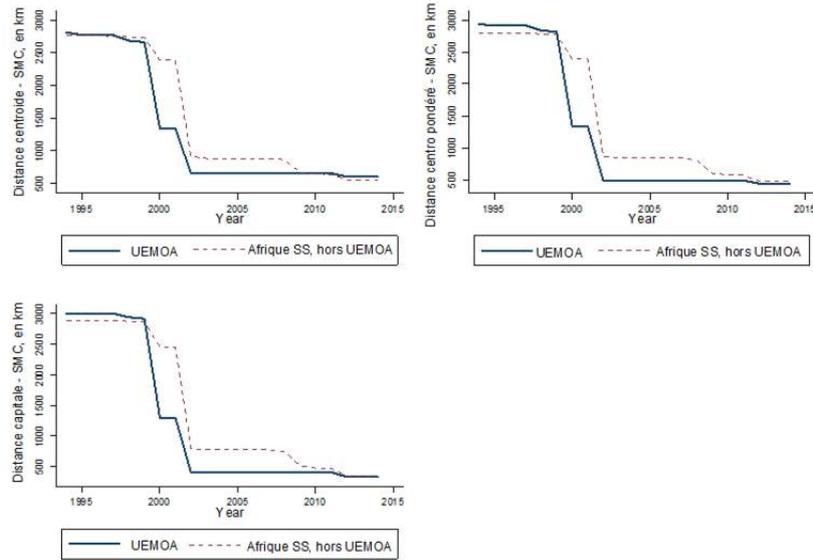


Sources : Auteurs, à partir de Telegeography.com (câbles sous-marins), AfTerFibre (câbles terrestres) et Commission UEMOA.

La figure 3.12 ci-dessous représente l'évolution des besoins essentiels, relatifs et absolus en infrastructure pour l'ASS, l'UEMOA, et chacun de ses Etats membres depuis 1994. Cette figure montre que ces besoins ont fortement diminué au cours du temps, de manière plus marquée à la fin des années 1990 (pour l'UEMOA) et au début des années 2000 (pour le reste de l'ASS), du fait de l'arrivée par vagues successives des CSM. Depuis l'arrivée des câbles SEACOM en 2009 et EASSy (*Eastern Africa Submarine System*) en 2010 le long de la côte Est-Africaine, les besoins en infrastructures sont d'un niveau comparable dans l'UEMOA et dans le reste de l'ASS. On observe une évolution similaire des besoins en infrastructures au sein de l'UEMOA, illustrée dans la figure 3.13, lesquels, depuis 2005, restent sans surprise élevés dans les pays enclavés de la zone.

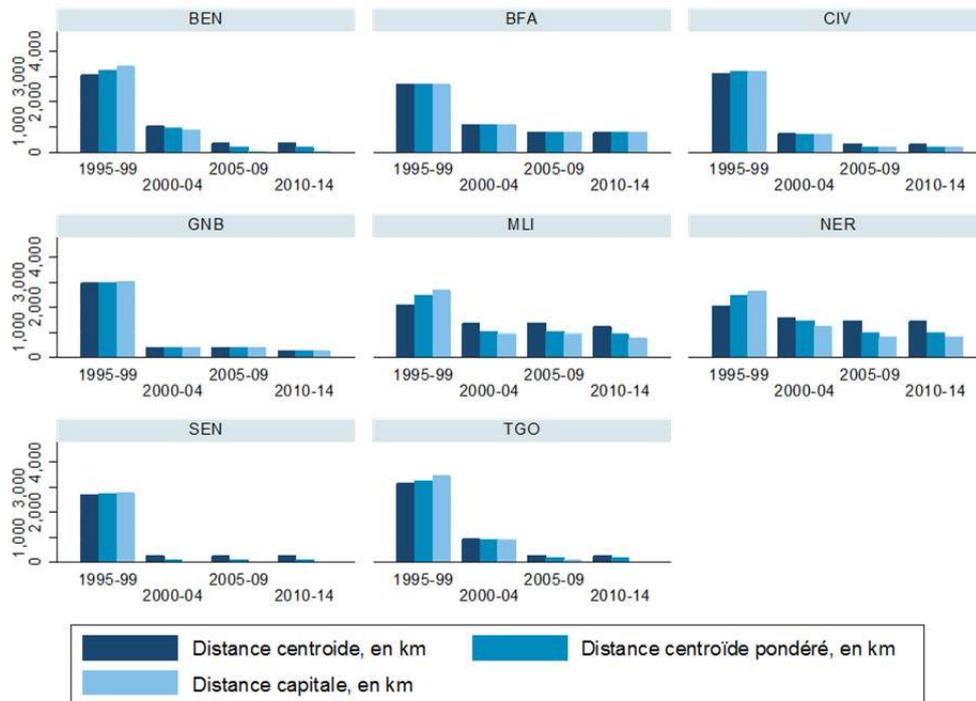
La figure 3.14 représente les corrélations entre les besoins en infrastructure et le taux de pénétration de l'internet d'une part (graphiques du haut), et le revenu du secteur des télécoms d'autre part (graphiques du bas), en ASS (points clairs) et dans l'UEMOA (points foncés), sur la période 1994-2015. On observe une corrélation forte et négative entre le besoin en infrastructure et le développement de l'économie numérique en ASS, mais plus marquée dans l'UEMOA (droite de corrélation en pointillés). Autrement dit, un besoin structurel en infrastructure important est facteur d'isolement numérique et donc un obstacle pour le secteur des télécommunications, pour les pays de l'UEMOA et pour le reste de l'Afrique.

**Figure 3.12. Evolution des besoins structurels moyens en infrastructures numériques terrestres, Afrique subsaharienne versus UEMOA.**



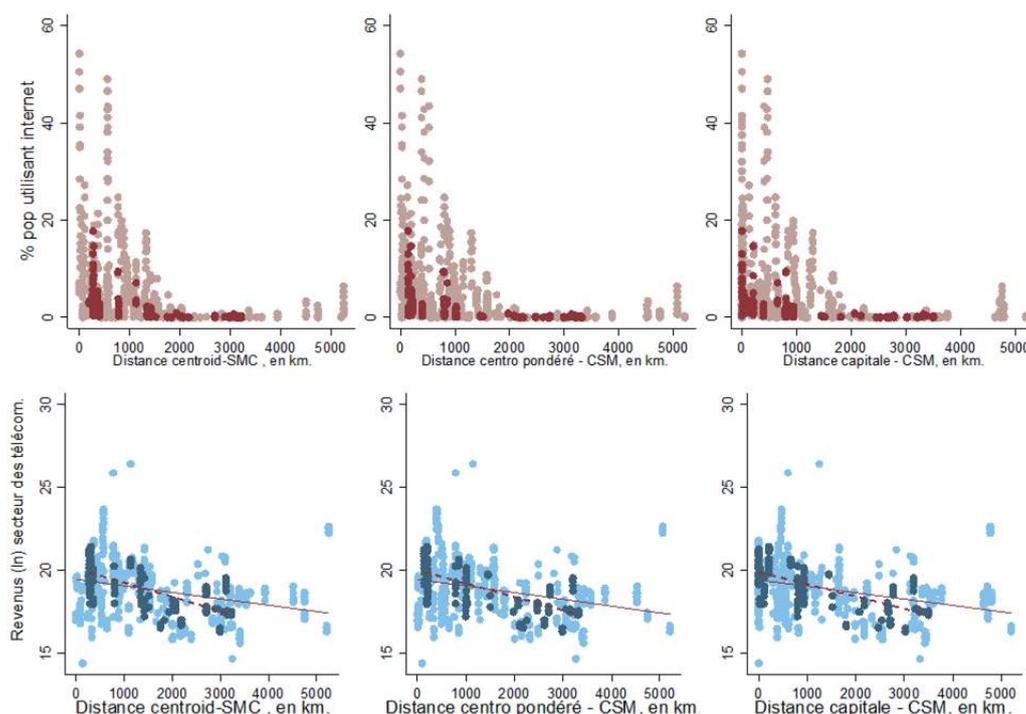
Source : auteurs.

**Figure 3.13. Evolution des besoins structurels en infrastructures numériques terrestres dans l'UEMOA.**



Source : auteurs.

**Figure 3.14. Besoin relatif en infrastructure et économie numérique en Afrique subsaharienne et dans l’UEMOA, 1995-2015.**



**Note :** pays d’Afrique subsaharienne en couleur claire, de l’UEMOA en couleur foncée. Dans les graphiques du bas, la droite de corrélation en pointillée est associée aux pays de l’UEMOA, la droite pleine est associée aux pays d’Afrique subsaharienne. **Sources :** auteurs.

### *L'exposition du pays aux ruptures de câbles*

Une seconde source majeure de vulnérabilité numérique est l'exposition du réseau de CSM aux ruptures de câble. Entre 2008 et 2012, les données recueillies par Palmer-Felgate et al (2013) indiquent que 471 réparations de câbles endommagés ont été réalisées dans le monde, réparties géographiquement comme suit: 186 réparations dans la zone ACMA (océan Atlantique), 115 dans la zone MECMA (Méditerranée ), 93 dans la zone YZ (Océan Pacifique, Asie), 68 dans le SEAIOCMA (2010-2011, Asie du Sud-Est et Océan Indien) et 9 dans la région de NAZ (Océan Pacifique, Amérique du Nord). L’annexe A représente la carte mondiale des zones de maintenance des CSM.

L’Afrique de l’Ouest est également exposée aux ruptures de câbles principalement causées par le trafic maritime (filets de pêche, ancres de bateaux). Le 10 juillet 2009, la rupture du câble SAT-3 reliant l’Europe à l’Afrique du Sud a ainsi perturbé les télécommunications au Bénin, au Togo, au Niger, et au Nigéria. En mai 2011, une nouvelle rupture du câble SAT-3 causée par une ancre de bateau a privé d’Internet les utilisateurs au Bénin, au Togo, au Niger, au Burkina Faso et au Nigéria pendant 10 à 15 jours. Plus récemment, en juin 2017, le câble MaIN OnE se rompt à 3000km au sud du Portugal perturbant l’Internet dans plusieurs pays d’Afrique de l’Ouest. Le même mois, l’ancre d’un porte-conteneurs sectionnait accidentellement l’unique CSM reliant la Somalie à l’Internet

mondial, privant le pays d'Internet pendant plus de trois semaines et induisant des pertes économiques estimées par le gouvernement somalien à plus de 10 millions de dollars par jour.<sup>23</sup>

Le tableau 3.1 ci-dessous reporte les pays d'ASS affectés par des ruptures de câbles, sur la base de l'étude des informations disponibles sur le web (détails en annexe B).

Les ruptures de câble résultent de quatre types de facteurs (Carter et al, 2009 ; Clark, 2016) :

- les activités maritimes (filets de pêche, ancrages), qui sont la cause la plus courante des ruptures ;
- Les événements naturels, tels que les séismes terrestres et marins, les typhons, les éruptions volcaniques, l'élévation du niveau de la mer et les courants de turbidité, provoquant environ 30% des ruptures de câble dans les eaux profondes<sup>24</sup>, et qui sont la source principale des ruptures multiples de câble ;
- Les morsures de requins et les enchevêtrements de baleines, bien que la nouvelle génération de câbles soit beaucoup moins exposée à ces risques ;
- Le piratage et les sabotages.

En plus des coûts directs de réparation de câbles endommagés supportés par les opérateurs de télécommunications, s'élevant à des millions de dollars en fonction de la fréquence et de la longueur des réparations par câble, il existe des coûts économiques indirects s'élevant à des dizaines voire des centaines de millions de dollars (Widmer et al, 2010 Clark, 2016) :

- Le report des coûts de réparation sur les tarifs Internet et ses conséquences sur sa pénétration ;
- Le réacheminement du trafic Internet via d'autres lignes de câble, plus coûteuses et de moindre capacité ;
- La désorganisation des chaînes mondiales de production et d'approvisionnement, et des services directement liés à Internet (par exemple, les services financiers).
- Enfin, ces coûts directs et indirects sont amplifiés par des retards dans les réparations des câbles. Selon Palmer-Felgate et al (2013), ces retards varient considérablement entre les zones de maintenance et entre les pays. Ils sont principalement causés par des ruptures multiples et simultanées causées par des événements naturels tels que des tremblements de terre ou des typhons, mais aussi quand un navire est engagé dans une réparation préalable (très souvent causée par des pannes simultanées), ou par le délai d'obtention de permis de réparation ou d'autres problèmes opérationnels (Borland, 2008).

---

<sup>23</sup> Voir « La Somalie a retrouvé sa précieuse liaison Internet après trois semaines de rupture » Le Monde Afrique, 17 juillet 2017.

<sup>24</sup> Selon les statistiques de 2006 (Carter et al, 2009). Probablement davantage aujourd'hui compte tenu de la densification importante du réseau de câbles sous-marins.

**Tableau 3.1. Occurrence des ruptures de câbles ayant touché les pays d'ASS, reportés sur le web.**

Pays/région	Année de rupture	# rupture
<b>Afrique de l'Ouest</b>	2017	1
<b>Afrique de l'Est</b>	2016	1
	2010	1
Afrique du Sud	2016	1
Bénin	2011	1
	2009	1
Burkina Faso	2011	1
Burundi	2012	1
Cameroun	2017	1
Congo Braz.	2017	1
Djibouti	2008	1
Gabon	2015	2
Kenya	2012	1
	2010	1
Niger	2011	1
	2009	1
Nigeria	2015	1
	2012	1
	2011	1
	2009	1
Rwanda	2012	1
Somalie	2017	1
Tanzanie	2012	1
	2010	1
Togo	2011	1
	2009	1
Zambie	2008	1
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>

Source : auteurs.

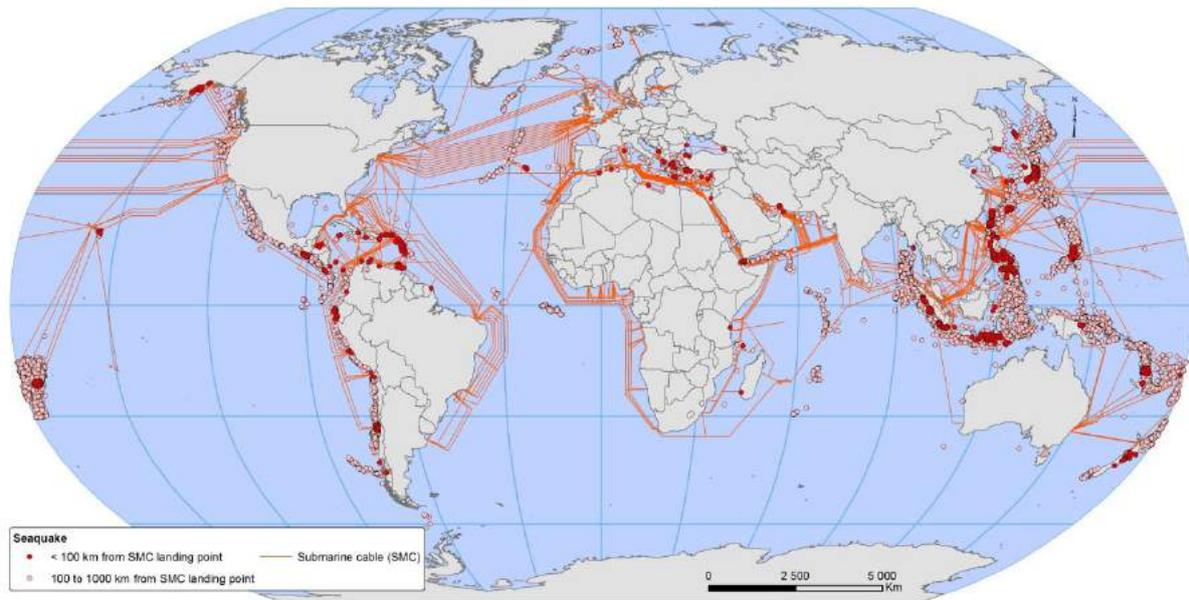
### ***L'exposition de l'infrastructure maritime au risque sismique***

Il n'existe pour l'instant pas de données publiques, officielles, et exhaustives sur les ruptures de câbles en Afrique et dans le reste du monde. Des informations exhaustives sont en revanche disponibles sur l'occurrence des catastrophes naturelles, évènements exogènes susceptibles de provoquer ces ruptures. Parmi les causes naturelles des ruptures de câble, les séismes sont les mieux documentés. L'activité sismique peut en effet provoquer directement des ruptures de CSM, ou indirectement en générant des courants de turbidités, des glissements de terrain et des tsunamis (Soh et al, 2004 ; Carter et al., 2009 ; Clark, 2016). L'activité sismique est aussi une source majeure de ruptures multiples et simultanées de CSM, allongeant par ailleurs leur temps de réparation (Palmer-Felgate et al, 2013). Enfin, en raison de leur impact sur les revenus du secteur des télécommunications, le risque de ruptures de CSM induites par les séismes est généralement provisionné par les opérateurs et reporté sur les tarifs de télécommunication (Widmer et al, 2010).

La cartographie de la répartition mondiale des séismes de forte amplitude ayant eu lieu entre 1990 et 2015 à proximité des stations d'atterrissage des CSM (Figure 3.15) suggère que, contrairement

aux pays d’Afrique Australe, Centrale, et de la Corne de l’Afrique, l’infrastructure ouest-Africaine est peu exposée au risque sismique. En revanche, la densification du maillage de CSM autour du continent Africain, et l’activité sismique à proximité du Cap Vert et au large des côtes Libériennes n’exclue pas ce risque pour la sous-région.

**Figure 3.15. Répartition mondiale des séismes marins supérieurs à 5 sur l’échelle de Richter, situés dans un rayon de 100-1000 km des stations d’atterrissage des câbles, entre 1990 et 2015**

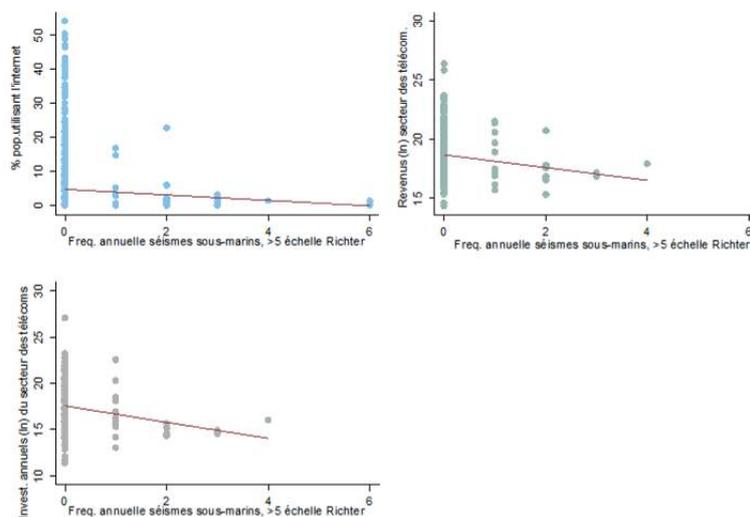


Sources: auteurs, à partir des données de Telegeography.com et du Northern California Earthquake Data Center de l’Université de Berkeley.

La figure 3.16 confronte la fréquence de séismes sous-marins situés dans un rayon de 1000 km des stations d’atterrissage des CSM aux taux de pénétration de l’Internet, aux revenus et aux investissements du secteur des télécommunications entre 1995 et 2014 (voir en Annexe E la corrélation graphique entre la fréquence annuelle de séismes sous-marins et la pénétration de l’Internet dans un échantillon de 101 pays développés et en développement). On observe une relation négative claire entre l’exposition de l’infrastructure au risque sismique et les performances du secteur des télécommunications.

En résumé, le déploiement rapide des CSM dans le monde a eu un impact important sur les performances du secteur des télécommunications, impulsant la « révolution numérique » dans de nombreux pays Africains, y compris ouest-Africain. Les pays côtiers d’ASS étant désormais quasiment tous connectés à l’Internet mondial par CSM, la numérisation du sous-continent est confrontée à deux principaux facteurs structurels de vulnérabilité numérique : d’une part, l’isolement ou la « fracture numérique » résultant de l’inégal déploiement de l’infrastructure terrestre, notamment dans les grands pays et/ou dans les pays enclavés ; et d’autre part, le risque de ruptures de CSM. Dans la section suivante, l’analyse empirique porte sur l’impact d’une plus forte pénétration de l’Internet, résultant d’une moindre vulnérabilité numérique, sur la croissance économique en ASS et dans l’UEMOA.

**Figure 3.16. Fréquence annuelle de séismes sous-marins situés dans un rayon de 1000 km des stations d’atterrissage des CSM et économie numérique en Afrique subsaharienne, 1994-2015.**



**Source :** auteurs, données sur l’Internet tirées de l’UIT (2016) et sur les séismes du Northern California Earthquake Data Center de l’Université de Berkeley.

## 4. Analyse économétrique de la contribution des infrastructures à l'économie numérique, et d'un meilleur accès à l'Internet et à la croissance

Dans cette section, l'analyse empirique de la contribution de l'infrastructure de télécommunication aux économies d'ASS et de l'UEMOA s'articule en deux temps. Dans un premier temps, l'analyse porte sur la contribution de l'infrastructure au développement de l'économie numérique, et s'intéresse particulièrement à la contribution des facteurs exogènes de vulnérabilité numérique. Cette première analyse permet ensuite de définir une stratégie d'identification pour estimer dans un second temps l'impact d'une meilleure pénétration de l'internet, résultant en partie d'une moindre vulnérabilité numérique, sur la croissance en ASS et dans l'UEMOA. En effet, les facteurs géographiques de vulnérabilité numérique mis en avant dans la section précédente possèdent les caractéristiques nécessaires au respect des conditions d'orthogonalité d'une stratégie d'identification valide : ils sont exogènes, car résultant de la géographie et d'évènements aléatoires, et sont susceptibles d'avoir un impact sur la croissance uniquement à travers leur effet sur le développement de l'économie numérique.

### 4.1. Stratégie empirique et données

L'analyse empirique est réalisée à partir de données de panel couvrant un échantillon d'environ 45 pays africains sur la période 1995-2015. En premier lieu, l'analyse de la contribution des infrastructures est conduite en appliquant l'estimateur effet-fixes *within* à la spécification suivante :

$$TIC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_{i,t} + \alpha_2 \cdot INF1_{i,t} + \theta_i + \rho_t + \omega_{i,t} \quad (1)$$

Où  $TIC_{i,t}$  est une des cinq variables approximant les performances du secteur des télécommunications ;  $X_{i,t}$  est un vecteur de variables de contrôle ; et  $INF1_{i,t}$  représente un vecteur des variables reflétant les dimensions de l'infrastructure filaire décrites dans la section 3.  $\theta_i$  représente l'hétérogénéité inobservable des pays,  $\rho_t$  est un ensemble de variables muettes temporelles annuelles et  $\omega_{i,t}$  un terme d'erreur.

La deuxième étape de l'analyse consiste à estimer l'impact de la pénétration de l'internet sur la croissance économique à partir d'un modèle en panel dynamique basé sur une équation de croissance à la Barro (1991) :

$$y_{i,t} - y_{i,t-1} = \gamma_1 \cdot y_{i,t-1} + \gamma_2 \cdot Internet_{i,t} + \gamma_3 \cdot V_{i,t} + \gamma_4 \cdot INF2_{i,t} + \theta_i + \rho_t + \varepsilon_{i,j} \quad (2)$$

avec

$$Internet_{i,t} = \beta_1 \cdot y_{i,t-1} + \beta_2 \cdot Z_{i,t} + \beta_3 \cdot V_{i,t} + \gamma_4 \cdot INF2_{i,t} + \theta_i + \rho_t + \varepsilon_{i,j} \quad (3)$$

Avec  $y_{i,t}$  le PIB par tête de l'année  $t$ ,  $Internet_{i,t}$  le taux de pénétration de l'internet,  $Z_{i,t}$  les variables instrumentales de vulnérabilité numérique décrite en section 3.3,  $V_{i,t}$  un vecteur de variables de contrôles,  $INF2_{i,t}$  un ensemble de variables reflétant les dimensions de l'infrastructure filaire (hors variables de vulnérabilité),  $\theta_i$  l'hétérogénéité inobservable des pays,  $\rho_t$  les variables muettes temporelles,  $\varepsilon_{i,j}$  et  $\varepsilon_{i,j}$  des termes d'erreur. Les équations (2) et (3) sont ainsi estimées par l'estimateur des doubles moindres carrés (DMC) avec correction *within* de l'hétérogénéité inobservable des pays. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par une estimation de (2) par la méthode des GMM-système (GMM-SYS) utilisant des instruments internes.

Les statistiques descriptives des variables utilisées dans l'analyse empirique, et les sources de données qui leur sont associées sont exposées en annexe C. Les différents ensembles de variables utilisées dans l'analyse sont détaillés ci-après.

### ***Performances du secteur des télécoms ( $TIC_{it}$ ; $Internet_{it}$ )***

Nous analysons tout d'abord la contribution de l'infrastructure numérique aux performances du secteur des télécoms ( $TIC_{it}$ ) spécifiée dans l'équation (1), mesurées par cinq variables provenant de la base de données de l'UIT :

- **Trois variables de résultats** : le taux de pénétration de l'Internet dans la population (nombre d'utilisateurs pour 100 habitants), le pourcentage de ménages abonnés à l'Internet<sup>25</sup>, et le nombre d'abonnements en téléphonie mobile pour 100 habitants (la pénétration de l'Internet en Afrique étant très liée à la pénétration de la téléphonie mobile, voir section 2.1).
- **Deux variables de performances intermédiaires du secteur** : le revenu (en logarithme) du secteur des télécommunications, et le nombre annuel moyen (en logarithme) de pannes de réseau pour 100 lignes de téléphone fixe. Ces deux variables permettent de prendre en considération à la fois la rentabilité du secteur et d'approximer la qualité des services de télécommunications, respectivement.

La variable du taux de pénétration de l'Internet dans la population est ensuite retenue pour estimer l'impact de l'accès à internet ( $Internet_{it}$ ) sur la croissance (équations (2) et (3)), car elle reflète mieux l'usage de l'Internet en Afrique (Akie-Kpakpo, 2013).

### ***Variables d'infrastructures numériques ( $INF1_{it}$ , $INF2_{it}$ , $Zit$ )***

Pour l'estimation de l'équation (1), nous contrôlons par des variables reflétant le **déploiement de l'infrastructure numériques** ( $INF1_{it}$ ) analysé dans la section 3.1:

- nombre de CSM,
- nombre de PEI,
- nombre total d'opérateurs propriétaires des CSM par pays (partage des coûts fixes /maturité du marché),
- et l'ancienneté du premier raccordement à un CSM à fibre optique (amortissement des coûts fixes/ maturité du marché).

Ces caractéristiques de l'infrastructure étant liés à la politique de télécommunication et aux régulations du secteur, et donc endogènes, nous portons une attention particulière à la contribution des trois facteurs exogènes de **vulnérabilité numérique**, mis en avant dans la section précédente, aux performances de l'économie numérique:

- **l'isolement numérique** : approximé par le besoin structurel relatif en infrastructure, mesuré par la distance (en logarithme) entre le centroïde pondéré par la répartition de la population et la station d'atterrissage du CSM la plus proche. Cette variable de besoin relatif est préférée aux deux autres variables de besoin, car elle résulte à la fois de la distance entre

---

<sup>25</sup> Le taux de pénétration de l'internet dans la population, mesurée par le pourcentage de la population utilisant Internet, reflète mieux les usages d'Internet (via cafés Internet, accès à l'Internet depuis smartphone) en Afrique que le pourcentage de ménages abonnés à Internet, davantage dépendant de la couverture de l'infrastructure finale (cf. figure 3.2).

centroïde et CSM (besoin absolu) et la distance entre capitale (où se situe souvent l'essentiel de la population) et CSM (besoin essentiel).

- **L'exposition des CSM au risque sismique** : mesurée par la fréquence annuelle de séismes supérieurs à 5 sur l'échelle de Richter, dans un rayon de 500 km des stations d'atterrissage des CSM. Ce rayon de 500 km est préféré à celui de 1000 km car davantage corrélé aux performances de l'économie numérique. Dans la deuxième étape de l'analyse, afin de respecter les restrictions d'identification, les pays/années ayant fait l'expérience d'un séisme marin dont l'intensité est supérieure à 6,5 sur l'échelle de Richter sont exclus de l'analyse. Les séismes au-dessus de cette intensité sont en effet associés à un risque de tsunami, qui peut affecter directement la croissance, et non uniquement par un moindre accès à Internet.<sup>26</sup>
- **L'expérience des ruptures de CSM** : à partir du tableau 3.1 (section 3.3) reportant les ruptures de CSM ayant affecté le trafic Internet des pays Africain, une variable de choc est construite, égale à au nombre annuel de ruptures de câbles par pays. Le détail de ces évènements est présenté en Annexe B.

S'agissant des régressions de croissance (équations (2) et (3)), l'étude de l'impact de l'utilisation d'Internet sur la croissance économique est réalisée en utilisant les trois variables de vulnérabilité numérique comme variables instrumentales ( $Z_{it}$ ). Les autres variables d'infrastructures, qui dépendent des politiques et des régulations et affectent les performances de l'économie numérique, étant probablement endogènes sont utilisées comme contrôles ( $INF2_{it}$ ) afin de s'assurer que notre stratégie d'identification ne souffre pas d'un biais de variables omises. En effet, le nombre de câbles, le nombre de PEI, ou encore les facteurs d'attractivité des investissements en infrastructure, sont autant d'éléments (endogènes) affectant la résilience des réseaux Internet aux défaillances des infrastructures pour lesquels il est indispensable de contrôler.

#### **Autres variables de contrôle ( $X_{it}$ ; $V_{it}$ )**

Les variables de contrôle  $X_{it}$  de l'équation (1) sont le logarithme du PIB par habitant, le logarithme de la taille de la population, la part de la population urbaine, le degré de démocratie, la part de la population ayant accès à l'électricité.<sup>27</sup>

L'ensemble de variables de contrôle  $V_{it}$  des équations (2) et (3) inclut les variables  $X_{it}$ , auxquelles s'ajoutent les variables usuelles d'une régression de croissance : les dépenses publiques (en % du PIB), le crédit octroyé au secteur privé (en % du PIB), l'inflation (en logarithme), et le taux brut de scolarisation dans le secondaire.

---

<sup>26</sup> Le seuil plancher a été choisi sur la base du travail de Soh et al (2004), qui constatent que les ruptures de câble se sont produites dans la partie orientale de Taïwan à la suite de séismes allant de 5,0 à 6,0 sur l'échelle de Richter. Le seuil plafond a été défini à la suite d'une entrevue avec le Dr Raphaël Paris, chargé de recherche en volcanologie au CNRS et au Laboratoire Magmas et Volcans (LMV) (Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand, Université Clermont-Auvergne) qui nous a informé que le risque de tsunami devenait significatif au-delà d'une intensité sismique de 6,5 sur l'échelle de Richter.

<sup>27</sup> Cette dernière variable étant renseignée de manière sporadique, les données manquantes sont remplacées par des moyennes quinquennales. Lorsqu'un quinquennat n'est pas renseigné, nous utilisons la valeur de l'année ou du quinquennat précédent.

## 4.2. Infrastructure et performance de l'économie numérique en ASS et dans l'UEMOA

Cette sous-section expose les résultats des estimations de l'équation (1) et met en lumière les relations entre les caractéristiques de l'infrastructure de télécommunication et le développement des TIC en ASS et dans l'UEMOA.

### *Contribution de l'infrastructure numérique à l'économie numérique en Afrique subsaharienne*

Les tableaux 4.1 et 4.2 donnent un premier aperçu des contributions respectives du déploiement des infrastructures et de la vulnérabilité numérique au secteur des télécommunications. Les variables de déploiement des infrastructures sont significativement corrélées avec les variables de résultats du secteur des télécommunications (tableau 4.1) mais ne le sont pas avec les variables de performances intermédiaires (tableau 4.2). Les variables de vulnérabilité numérique sont quant à elles significativement corrélées avec les variables de résultats et de performances intermédiaires du secteur des télécommunications.

Tout d'abord, on observe une relation positive, consistante, et significative entre le déploiement des CSM/PEI et la pénétration de l'Internet parmi la population (colonnes (1) à (3)) et les ménages (colonnes (4) à (6)). Ainsi, l'arrivée d'un CSM supplémentaire est associée à une augmentation de cinq points de pourcentage de la population utilisant l'Internet, et de trois points de pourcentage des ménages abonnés à Internet (colonnes (3) et (6)). Pour ce qui concerne le degré de maturité du marché des télécommunications, on observe une corrélation négative et significative entre le partage des coûts fixes entre opérateurs et la pénétration de l'internet parmi la population (colonne (3)), le nombre de ménages abonnés à l'Internet (colonne (6)), et le nombre d'abonnements cellulaires (colonne (9)). Cette relation négative, révélée dans le cadre d'une régression multivariée<sup>28</sup>, peut s'expliquer par la nécessité de partager les coûts fixes pour investir dans les marchés encore naissants où l'Internet n'est pas encore répandu, toutes choses égales par ailleurs. La précocité de l'arrivée du premier CSM est quant à elle corrélée positivement avec le pourcentage des ménages abonnés à Internet, mais de manière plus significative et consistante avec le développement du marché de la téléphonie mobile (colonnes (5-6) et (8-9)).

Ensuite, s'agissant de la contribution des facteurs de vulnérabilité numérique, l'inclusion des variables de besoin relatif en infrastructure, d'exposition des CSM aux séismes sous-marins, et de ruptures de CSM, augmente significativement le pouvoir explicatif des régressions, notamment pour les variables dépendantes de pénétration de l'Internet (colonnes (1) à (6) du tableau 4.1) et du nombre de pannes réseau (colonnes (4) à (6)). Ainsi, le besoin structurel relatif en infrastructure semble avoir un effet négatif et significatif sur la pénétration de l'internet dans la population (tableau 4.1, colonne (3)), sur le marché de la téléphonie mobile (tableau 4.1, colonne (9)), et positif sur le nombre de pannes réseau (tableau 4.2, colonne (6)). L'exposition de l'infrastructure maritime au risque sismique a quant à elle un effet négatif et significatif sur le pourcentage de ménage abonnés à l'Internet, sur le marché de la téléphonie mobile et sur le revenu du secteur des télécommunications. Enfin, l'expérience de ruptures de câbles a un effet négatif et significatif sur la part des ménages abonnés à Internet et sur la pénétration de la téléphonie mobile.

---

<sup>28</sup> La relation estimée entre le partage des coûts et la pénétration de l'internet est significative et positive lorsque l'on ne contrôle pas pour le nombre de CSM.

**Tableau 4.1. Caractéristique de l'infrastructure télécom et économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes *within* (1/2).**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	% de la pop utilisant l'internet			% des ménages dotés d'internet			# abonnements cellulaire / 100 habitants		
Ln PIB/tête	0.810 (0.36)	0.0026 (0.00)	-2.260 (-1.47)	3.815 (1.08)	2.369 (0.81)	-1.483 (-0.74)	0.235 (0.04)	-3.317 (-0.65)	-6.665 (-1.19)
Ln population	0.957 (0.15)	1.518 (0.25)	-2.174 (-0.61)	-9.684 (-1.10)	-11.35 (-1.41)	-14.21** (-2.40)	-3.746 (-0.16)	-4.281 (-0.20)	-8.850 (-0.50)
% pop urbaine	-0.001 (-0.00)	0.0183 (0.06)	-0.0569 (-0.29)	-0.740 (-1.48)	-0.698* (-1.71)	-0.781* (-1.89)	2.184* (1.93)	1.871 (1.61)	2.100* (1.99)
Démocratie	0.330 (0.60)	0.619 (1.05)	0.0704 (0.20)	-0.796 (-0.94)	-0.736 (-0.89)	-0.479 (-0.66)	3.678 (1.26)	5.234* (1.95)	4.055* (1.79)
Accès élect. (%)	-0.186 (-1.22)	-0.189 (-1.24)	-0.0176 (-0.19)	-0.174 (-1.64)	-0.191* (-1.89)	-0.0759 (-1.12)	0.411 (0.69)	0.266 (0.46)	1.036** (2.21)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>									
# CSM	2.195*** (3.74)	3.431*** (3.05)	4.947*** (5.24)	1.051* (1.84)	2.277* (1.99)	3.085** (2.68)	3.422 (1.28)	-2.468 (-0.78)	2.891 (1.21)
# PEI	2.866** (2.29)	3.033** (2.25)	3.234*** (3.21)	2.387* (1.76)	2.558+ (1.65)	2.848** (2.66)	1.493 (0.42)	4.231 (1.19)	3.039 (1.19)
# opérateurs CSM		-0.222* (-1.99)	-0.314*** (-3.83)		-0.294* (-1.75)	-0.228 (-1.45)		0.153 (0.41)	-0.436* (-1.73)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM		0.312 (1.41)	0.0034 (0.03)		0.560** (2.06)	0.193 (1.25)		1.826** (2.56)	1.310** (2.16)
<b>Vulnérabilité numérique</b>									
Ln Dist. Centr.			-0.921**			1.275			-4.664***
Pond.			(-2.34)			(1.32)			(-2.82)
Freq. Séismes			-0.0505 (-1.31)			-0.098** (-2.14)			-0.757*** (-2.72)
# Ruptures CSM			0.0615 (0.04)			-1.446** (-2.35)			-6.190** (-2.05)
<i>N</i>	775	775	700	418	418	381	815	815	732
# pays	46	46	45	44	44	43	46	46	45
R <sup>2</sup> (within)	0.562	0.583	0.731	0.537	0.587	0.710	0.786	0.813	0.848

*t*-student en parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

**Tableau 4.2. Caractéristique de l'infrastructure télécom et économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes *within* (2/2)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<b>Ln revenu secteur télécom.</b>			<b>Ln # pannes réseau (% nombre de lignes fixes)</b>		
Ln PIB/tête	-0.0439 (-0.09)	-0.0643 (-0.13)	0.0255 (0.05)	-0.759 (-1.60)	-0.816 (-1.67)	-0.402 (-1.04)
Ln population	0.302 (0.49)	0.361 (0.53)	0.411 (0.55)	1.488 (1.18)	1.649 (1.34)	2.025** (2.08)
% pop urbaine	0.0249 (0.86)	0.0385 (1.41)	0.0403 (1.38)	0.0743 (0.78)	0.0826 (0.86)	0.174** (2.56)
Démocratie	0.210 (1.40)	0.200 (1.33)	0.243 <sup>+</sup> (1.54)	0.0565 (0.24)	0.0874 (0.33)	-0.005 (-0.02)
Accès électricité (%)	-0.00268 (-0.17)	-0.0004 (-0.02)	-0.0113 (-0.59)	-0.0330 (-0.68)	-0.0318 (-0.68)	-0.0918* (-1.88)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>						
# CSM	0.0318 (0.33)	0.292 (1.22)	0.256 (1.07)	0.00105 (0.01)	0.114 (0.42)	-0.0353 (-0.14)
# PEI	0.00941 (0.05)	-0.0534 (-0.31)	-0.0882 (-0.48)	-0.166 (-0.57)	-0.169 (-0.61)	-0.293 (-1.24)
# opérateurs CSM		-0.0234 (-1.13)	-0.0203 (-0.95)		-0.0197 (-0.75)	0.0191 (0.74)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM		-0.0188 (-0.98)	0.0001 (0.01)		0.0231 (0.46)	-0.0139 (-0.28)
<b>Vulnérabilité numérique</b>						
Ln Dist. Centr. Pond.			0.0574 (0.66)			0.357*** (4.26)
Freq. Séismes			-0.172*** (-3.72)			0.137 (1.06)
# Ruptures majeures de CSM			0.189 (1.38)			-0.425 (-0.93)
<i>N</i>	601	601	527	378	378	320
# pays	46	46	44	44	44	42
R <sup>2</sup> (within)	0.693	0.700	0.704	0.542	0.545	0.613

*t*-student en parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

### ***Tendances de l'économie numérique, Afrique subsaharienne versus UEMOA***

Dans cette sous-section, il s'agit de vérifier si l'économie numérique en ASS et dans l'UEMOA suivent des tendances distinctes ou communes. A cette fin, nous incluons dans l'équation (1) une tendance temporelle ( $t$ ) appliquée à l'ensemble de l'échantillon, et une tendance temporelle en interaction avec une variable muette d'appartenance à l'UEMOA (dont le terme additif est capturé par les effets fixes) :

$$TIC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_{i,t} + \alpha_2 \cdot INF1_{i,t} + \alpha_3 \cdot t + \alpha_4 \cdot [t \times UEMOA]_{i,t} + \theta_i + \rho_t + \omega_{i,t} \quad (1a)$$

Les résultats sont reportés dans le tableau 4.3 ci-dessous. Les relations précédemment mises en évidence ne sont pas affectées par l'inclusion de ces tendances, si ce n'est celle de la contribution positive de l'exposition des CSM aux séismes à la fréquence de pannes de réseau. Les résultats montrent que la pénétration de l'Internet parmi la population (colonne (1)) au sein de l'UEMOA a en tendance divergé de la pénétration de l'Internet dans le reste de l'ASS. En revanche, il semble que le revenu du secteur des télécoms dans l'UEMOA a en tendance rattrapé le revenu du secteur en ASS. Ainsi, si le secteur tend à être de plus en plus rentable dans l'UEMOA, la population ne semble pas encore en récolter les bénéfices, ce qui corrobore les conclusions sur la digitalisation de l'économie

en Afrique du Rapport Mondial sur le Développement de 2016 telles qu'elles ont été rappelées en introduction du présent rapport.

**Tableau 4.3. Tendances de l'économie numérique dans l'Afrique Subsaharienne, modèle à effets fixes *within***

	(1) % pop utilisant internet	(2) % ménage doté d'internet	(3) Abo. Cellulaires / 100hab	(4) Ln rev. telecoms.	(5) Ln # pannes réseau
Ln PIB/tête	-2.629* (-1.72)	-1.514 (-0.76)	-7.068 (-1.25)	0.153 (0.27)	-0.553 (-1.41)
Ln population	-0.971 (-0.25)	-14.36** (-2.36)	-7.519 (-0.39)	0.197 (0.28)	1.929 (1.60)
% pop urbaine	-0.0121 (-0.06)	-0.778* (-1.81)	2.178* (1.95)	0.0328 (1.11)	0.167** (2.54)
Démocratie	0.0341 (0.09)	-0.464 (-0.64)	4.078* (1.79)	0.240 (1.57)	-0.0164 (-0.07)
Accès électricité (%)	-0.0001 (-0.00)	-0.0754 (-1.10)	1.061** (2.20)	-0.0172 (-0.94)	-0.0545** (-2.19)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>					
# CSM	4.910*** (5.12)	3.207*** (2.94)	2.966 (1.23)	0.291 (1.25)	-0.0258 (-0.11)
# PEI	2.994*** (2.93)	2.863** (2.63)	2.586 (0.94)	-0.0208 (-0.11)	-0.173 (-0.67)
# opérateurs CSM	-0.305*** (-3.83)	-0.235 (-1.52)	-0.436 (-1.67)	-0.0239 (-1.11)	0.0126 (0.56)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM	-0.0101 (-0.10)	0.186 (1.20)	1.277** (2.05)	-0.00193 (-0.11)	-0.0181 (-0.35)
<b>Vulnérabilité numérique</b>					
Ln Dist. Centro. Pondéré	-0.920** (-2.41)	1.198 (1.23)	-4.730*** (-2.90)	0.0566 (0.66)	0.312*** (3.65)
Freq. Séismes	-0.0577 (-1.42)	-0.0948** (-2.15)	-0.754*** (-2.72)	-0.154*** (-3.27)	0.278** (2.54)
# Ruptures majeures de CSM	-0.573 (-0.44)	-1.905** (-2.25)	-6.646** (-2.16)	0.166 (1.25)	-0.493 (-1.24)
<b>Tendances</b>					
<b>Tendance UEMOA</b>	<b>-0.155*</b> <b>(-1.80)</b>	<b>0.0281</b> <b>(0.22)</b>	<b>-0.240</b> <b>(-0.38)</b>	<b>0.0367**</b> <b>(2.43)</b>	<b>0.0250</b> <b>(0.53)</b>
Tendance Afr. Sub.	0.324** (2.18)	1.003*** (3.18)	1.648** (3.29)	0.111*** (5.48)	-0.173*** (-3.14)
<i>N</i>	700	381	732	527	320
# pays	45	43	45	44	42
R <sup>2</sup> (within)	0.736	0.714	0.849	0.709	0.597

*t*-student en parenthèses, \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

### **Déploiement des CSM et performances de l'économie numérique dans l'UEMOA**

Afin de mieux comprendre les performances relatives de l'UEMOA, nous étudions dans cette sous-section la contribution du déploiement des CSM aux performances de l'économie numérique en son sein. Nous reprenons ainsi l'équation (1), à laquelle nous ajoutons un terme d'interaction entre la variable d'appartenance à l'UEMOA et la variable de déploiement des CSM ( $CSM\_num$ ), également incluse en contrôle dans le vecteur de variable  $INF1_{i,t}$  :

$$TIC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_{i,t} + \alpha_2 \cdot INF1_{i,t} + \alpha_3 \cdot t + \theta_1 \cdot [CSM\_num \times UEMOA]_{i,t} + \theta_i + \delta_t + \omega_{i,t} \quad (1b)$$

Les résultats sont reportés dans le tableau 4.4 ci-après. Le déploiement des CSM dans l'UEMOA est associé à une rentabilité significativement plus forte par rapport au reste de l'Afrique (colonne (4)). Cependant, ce déploiement ne semble pas générer de bénéfices particuliers en termes de pénétration des TIC.

### *La vulnérabilité numérique dans l'UEMOA*

Afin d'approfondir l'analyse, nous examinons l'impact des facteurs de vulnérabilité numérique aux performances de l'économie numérique dans l'UEMOA. Nous étudions ainsi dans un premier temps l'impact du besoin structurel en infrastructure de la zone. Dans un second temps, l'infrastructure de l'UEMOA ayant été jusque-là peu exposée aux séismes sous-marins, nous limitons l'étude à l'impact des ruptures de câbles ayant spécifiquement touché les pays de l'Union.

Tout d'abord, nous ré-estimons l'équation (1) en incluant un terme d'interaction entre la variable de besoin en infrastructure (*Besoin\_infra*) et la variable muette d'appartenance à l'UEMOA :

$$TIC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1.X_{i,t} + \alpha_2.INF1_{i,t} + \alpha_3.t + \theta_2.[Besoin\_infra \times UEMOA]_{i,t} + \theta_i + \delta_t + \omega_{i,t} \quad (1c)$$

Les estimations de l'équation (1c) sont reportées dans le tableau 4.5 ci-après. Il est intéressant de noter que si le besoin relatif en infrastructure (la distance du centroïde pondéré aux CSM) apparaît comme un handicap significatif pour le reste de l'Afrique, il a un effet positif et significatif dans l'UEMOA. Et il semble que cette performance soit, entre autre, associée à une meilleure stabilité du réseau dans la sous-région. Ce résultat corrobore l'observation faite en sous-section 3.3 (carte 3.6) selon laquelle l'infrastructure dorsale terrestre dans l'UEMOA dessert les zones à forte densité démographique de la sous-région, limitant ainsi la fracture numérique géographique régionale. Sur la base des résultats de cette analyse, il semble donc que, contrairement au reste de l'ASS dans son ensemble, l'UEMOA a satisfait son besoin relatif en déploiement d'infrastructures physiques de télécommunication, notamment en *soft infrastructure* (meilleure stabilité du réseau). Sur la base de ces résultats, les moins bonnes performances de l'Afrique de l'Ouest en termes d'intégration numériques soulignées dans la sous-section 2.2 (figure 2.6) s'expliqueraient davantage par des problèmes de coordination entre acteurs du secteur de télécoms (interconnexion des réseaux) que des problèmes d'interconnexion physique des infrastructures nationales.

**Tableau 4.4. Contribution des CSM à l'économie numérique dans l'UEMOA**

	(1) % pop utilisant internet	(2) % ménage doté d'internet	(3) Abo Cellulaires / 100hab	(4) Ln rev. telecoms.	(5) Ln # pannes réseau tel.
Ln PIB/tête	-2.355 (-1.55)	-1.606 (-0.83)	-6.523 (-1.15)	0.106 (0.20)	-0.448 (-0.77)
Ln population	-1.593 (-0.38)	-13.75** (-2.39)	-10.98 (-0.60)	0.0494 (0.07)	-1.070 (-0.93)
% pop urbaine	-0.0598 (-0.31)	-0.754* (-1.79)	2.138* (2.01)	0.0448 (1.53)	0.0625 (0.82)
Démocratie	0.0332 (0.09)	-0.603 (-0.77)	4.089* (1.83)	0.251 (1.63)	-0.0807 (-0.34)
Accès électricité (%)	-0.0120 (-0.13)	-0.0712 (-1.04)	1.011** (2.11)	-0.0175 (-0.92)	-0.0822*** (-2.76)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>					
# CSM	4.946*** (5.22)	3.099*** (2.79)	3.414 (1.42)	0.308 (1.26)	-0.258 (-1.17)
# CSM x UEMOA	<b>-0.458</b> <b>(-0.55)</b>	<b>-1.142</b> <b>(-1.07)</b>	<b>1.907</b> <b>(0.45)</b>	<b>0.307*</b> <b>(1.72)</b>	<b>0.200</b> <b>(0.67)</b>
# PEI	3.217*** (3.22)	2.784** (2.69)	3.177 (1.21)	-0.0471 (-0.25)	-0.399 (-1.41)
# opérateurs CSM	-0.305*** (-3.76)	-0.215 (-1.33)	-0.509* (-1.70)	-0.0302 (-1.25)	0.0470* (1.86)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM	0.00316 (0.03)	0.192 (1.23)	1.300** (2.13)	-0.000514 (-0.03)	-0.0412 (-0.83)
<b>Vulnérabilité numérique</b>					
Ln Dist. Centro. Pondéré	-0.924*** (-2.38)	1.342 (1.36)	-4.694*** (-2.82)	0.0556 (0.64)	0.467*** (5.06)
Freq. Séismes	-0.0582 (-1.39)	-0.0955** (-2.09)	-0.730** (-2.47)	-0.153*** (-3.11)	0.259** (2.22)
# Ruptures majeures de CSM	-0.834 (-0.64)	-1.984** (-2.32)	-6.923* (-1.97)	0.252 (1.66)	-0.699 (-1.56)
<i>N</i>	700	381	732	527	320
# pays	45	43	45	44	42
R <sup>2</sup> (within)	0.732	0.715	0.849	0.707	0.535

*t*-student en parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

**Tableau 4.5. Effet du besoin en infrastructure dans l'UEMOA**

	(1) % pop utilisant internet	(2) % ménage doté d'internet	(3) Abo. Cellulaires / 100hab	(4) Ln rev. Telecoms.	(5) Ln # pannes réseau tel.
Ln PIB/tête	-2.631* (-1.75)	-1.675 (-0.85)	-8.221 (-1.43)	0.0924 (0.16)	-0.409 (-0.69)
Ln population	-1.178 (-0.30)	-14.34** (-2.46)	-4.344 (-0.23)	0.258 (0.36)	-1.092 (-1.12)
% pop urbaine	-0.0508 (-0.27)	-0.756* (-1.81)	2.139** (2.06)	0.0408 (1.39)	0.0625 (0.90)
Démocratie	0.0956 (0.27)	-0.388 (-0.52)	4.401* (1.84)	0.230 (1.43)	-0.100 (-0.42)
Accès électricité (%)	-0.00955 (-0.10)	-0.0767 (-1.12)	1.078** (2.30)	-0.0132 (-0.71)	-0.0801*** (-2.74)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>					
# CSM	4.924*** (5.17)	3.211*** (2.97)	2.617 (1.06)	0.275 (1.17)	-0.206 (-1.01)
# PEI	3.141*** (3.15)	2.842** (2.68)	2.312 (0.89)	-0.0658 (-0.36)	-0.331 (-1.17)
# opérateurs CSM	-0.304*** (-3.92)	-0.237+ (-1.55)	-0.380 (-1.45)	-0.0227 (-1.06)	0.0444** (2.11)
# années 1 <sup>er</sup> CSM	0.00326 (0.03)	0.179 (1.16)	1.293** (2.21)	-0.00159 (-0.09)	-0.0494 (-0.97)
<b>Vulnérabilité numérique</b>					
Ln Dist. Centro. Pondéré	-1.047*** (-2.77)	1.189 (1.23)	-5.487*** (-3.54)	0.0830 (0.85)	0.531*** (4.96)
<b>Ln Dist. Centro. Pond. x UEMOA</b>	<b>0.618** (2.08)</b>	<b>2.027 (1.05)</b>	<b>3.541 (1.39)</b>	<b>-0.105 (-1.22)</b>	<b>-0.250* (-1.81)</b>
Freq. Séismes	-0.0557 (-1.44)	-0.0949** (-2.13)	-0.755*** (-2.73)	-0.166*** (-3.50)	0.256** (2.19)
# Ruptures majeures de CSM	-0.685 (-0.52)	-1.894** (-2.25)	-6.292* (-1.92)	0.198 (1.37)	-0.725 (-1.63)
<i>N</i>	699	381	731	526	320
# pays	44	43	44	43	42
R <sup>2</sup> (within)	0.734	0.704	0.850	0.705	0.534

*t*-student en parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

Dans un second temps, nous estimons l'équation (1) en remplaçant cette fois-ci la variable de rupture de câble par une variable de rupture de câble ayant affecté les seuls pays de l'UEMOA :

$$TIC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_{i,t} + \alpha_2 \cdot INF1_{i,t} + \alpha_3 \cdot t + \theta_2 \cdot [rupture \times UEMOA]_{i,t} + \delta_t + \omega_{i,t} \quad (1d)$$

Les estimations de l'équation (1d) sont reportées dans le tableau 4.6 ci-dessous, et sont consistants avec ceux de l'équation (1) reportés dans le tableau 4.1. On observe ainsi un effet significatif, négatif et d'ampleur similaire des ruptures de câbles ayant affecté les pays de l'Union sur la part des ménages abonnés à Internet et sur la pénétration de la téléphonie mobile.

**Tableau 4.6. Effet des ruptures de câbles ayant affecté l'UEMOA**

	(1) % pop utilisant internet	(2) % ménage dote d'internet	(3) Abo. Cellulaires / 100hab	(4) Ln rev. Telecoms.	(5) Ln # pannes réseau tel.
Ln PIB/tête	-2.316 <sup>+</sup> (-1.52)	-1.507 (-0.74)	-6.704 (-1.20)	0.0568 (0.10)	-0.397 (-1.03)
Ln population	-2.049 (-0.57)	-15.34 <sup>**</sup> (-2.41)	-9.207 (-0.52)	0.395 (0.54)	2.085 <sup>**</sup> (2.15)
% pop urbaine	-0.0541 (-0.27)	-0.781 <sup>*</sup> (-1.84)	2.097 <sup>*</sup> (1.99)	0.0404 (1.38)	0.174 <sup>**</sup> (2.55)
Démocratie	0.0381 (0.11)	-0.416 (-0.58)	4.192 <sup>*</sup> (1.85)	0.246 <sup>+</sup> (1.56)	-0.00792 (-0.03)
Accès électricité (%)	-0.0144 (-0.16)	-0.0789 (-1.14)	1.051 <sup>**</sup> (2.23)	-0.0132 (-0.68)	-0.0935 <sup>*</sup> (-1.90)
<b>Déploiement de l'infrastructure</b>					
# CSM	4.923 <sup>***</sup> (5.22)	3.005 <sup>**</sup> (2.51)	2.470 (0.99)	0.279 (1.20)	-0.0478 (-0.18)
# PEI	3.214 <sup>***</sup> (3.13)	2.821 <sup>**</sup> (2.52)	2.783 (1.07)	-0.0773 (-0.42)	-0.293 (-1.26)
# opérateurs CSM	-0.313 <sup>***</sup> (-3.85)	-0.229 (-1.44)	-0.420 <sup>+</sup> (-1.59)	-0.0212 (-1.01)	0.0189 (0.73)
# années 1 <sup>er</sup> CSM	0.00396 (0.04)	0.204 (1.29)	1.317 <sup>**</sup> (2.16)	-0.00113 (-0.06)	-0.0160 (-0.32)
<b>Vulnérabilité numérique</b>					
Ln Dist. Centro. Pond.	-0.917 <sup>**</sup> (-2.33)	1.365 (1.34)	-4.702 <sup>***</sup> (-2.81)	0.0585 (0.66)	0.350 <sup>***</sup> (4.18)
Freq. Séismes	-0.0488 (-1.21)	-0.0873 <sup>*</sup> (-2.01)	-0.714 <sup>**</sup> (-2.54)	-0.168 <sup>***</sup> (-3.55)	0.147 (1.09)
<b># ruptures majeures câbles dans l'UEMOA</b>	<b>-1.362<sup>**</sup> (-2.54)</b>	<b>0.0802 (0.20)</b>	<b>-5.299 (-0.95)</b>	<b>0.660<sup>***</sup> (3.63)</b>	<b>0.880<sup>**</sup> (2.59)</b>
<i>N</i>	700	381	732	527	320
# pays	45	43	45	44	42
R <sup>2</sup> (within)	0.732	0.703	0.848	0.706	0.613

*t*-student en parenthèses. <sup>+</sup>  $p < 0.15$ , <sup>\*</sup>  $p < 0.1$ , <sup>\*\*</sup>  $p < 0.05$ , <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.01$ . Ecart-types robustes à l'hétéroscédasticité. Variables muettes temporelles et constante non reportées.

Ces estimations ont souligné la contribution de l'infrastructure CSM et terrestre à l'économie, en mettant en évidence les défaillances de cette dernière dans certains pays d'ASS et de l'UEMOA. En effet, si le déploiement des CSM et des PEI a en moyenne fortement stimulé l'économie numérique, la présence de ces infrastructures peut avoir élargi pour certains pays la fracture numérique entre zones côtières et zones intérieures, et augmenté l'exposition des économies aux ruptures de câbles et aux pannes de réseau. Dans la section suivante, nous présentons les résultats des régressions de croissance de l'équation (2) en panel dynamique.

### 4.3. Economie numérique et croissance économique

Dans cette section, nous étudions l'impact de court-terme de la pénétration de l'internet dans la population sur la croissance du PIB par habitant en ASS et dans l'UEMOA<sup>29</sup>. A cette fin, nous estimons

<sup>29</sup> Au point de vue économique, l'impact positif de la connexion est avancé pour les exportations (Clarke and Wallsten, 2006, Choi 2010), et la croissance économique (Choi and Yi, 2009, et Czernich et al., 2011). Ces résultats sont aussi confortés au niveau microéconomique (Clarke (2008) sur la décision des firmes d'exporter ; Clarke et al. (2015) sur les chiffres d'affaires et la productivité; Paunov and Rollo (2015) sur la productivité). Chowdhury and Wolf (2003) montrent que l'investissement dans les technologies de l'information et de la communication a permis aux entreprises d'accéder à des marchés au-delà du marché local pour trois pays africains (Kenya, Tanzanie, Ouganda). Hjort et Poulsen (2017) sur un échantillon d'entreprises africaines et Cariolle et al (2017) sur un échantillon plus large d'entreprises de pays en développement trouvent une contribution d'internet aux chiffres d'affaires, à la productivité et l'emploi.

les équations (2) et (3) par l'estimateur des doubles moindres carrés (DMC) avec transformation *within* de l'effet-fixe en panel annuel dynamique, pour un échantillon de 40 pays Africains sur la période 1995-2014. Ces résultats sont ensuite comparés à ceux obtenus par l'estimateur GMM-système à partir des données moyennées par période de 5 ans.<sup>30</sup>

La variable de pénétration de l'internet ( $Internet_{it}$ ) est retenue comme proxy des performances de l'économie numérique car elle correspond mieux à l'usage qui est fait de l'Internet en Afrique que le nombre de ménages abonnés à Internet (UIT, 2013).

Nous utilisons comme instruments ( $Z_{it}$ ) :

- la distance du centroïde (non pondéré) au CSM le plus proche, reflétant le besoin absolu des Etats en infrastructure numérique. Elle est préférée à celle du centroïde pondéré par la distribution spatiale de la population (besoin relatif) dont le caractère exogène n'est pas assuré si la localisation des stations d'atterrissage des CSM est fonction de cette distribution spatiale de la population.
- la fréquence des séismes sous-marins dans un rayon de 500km des stations d'atterrissage des CSM. Ce périmètre est préféré au périmètre de 1000 km car il est plus corrélé avec la pénétration de l'Internet.
- le nombre de ruptures de CSM ayant affecté le trafic Internet<sup>31</sup>. Cette variable est ensuite déclinée en deux variables instrumentales: le nombre de rupture de CSM ayant affecté les pays de l'UEMOA, et le nombre de rupture de CSM ayant affecté les pays d'ASS hors UEMOA.

Les variables de contrôle comprennent les variables de déploiement des infrastructures et les variables d'attractivité du marché des télécommunications ( $INF2_{it}$ ), et les autres variables de contrôles ( $V_{it}$ ) décrites dans la section 4.1. Les définitions et sources des variables sont présentées en Annexe C.

Les résultats sont reportés dans le tableau 4.7 ci-dessous. Les statistiques de tests suggèrent que les instruments ne sont pas affectés par des problèmes de sur-identification et de sous-identification, et confirme la pertinence des variables de vulnérabilité numérique comme déterminants exogènes de l'accès à l'Internet. Notamment, les ruptures de CSM ayant touché les pays de l'UEMOA semblent avoir un impact plus prononcé que celles ayant touché le reste de l'ASS. En revanche, les résultats de l'équation de deuxième étape montrent, de manière consistante, que la pénétration de l'Internet n'a pas d'effet sur la croissance à court terme. Ces résultats sont corroborés par ceux obtenus par l'estimateur GMM-système. Autrement dit, un meilleur accès à l'internet du fait d'une moindre vulnérabilité numérique des pays n'aurait pas d'effet sur la croissance à court terme.

Par la suite, nous étudions l'impact de l'Internet sur la croissance dans les pays de l'UEMOA en ré-estimant les équations (2) et (3) par l'estimateur DMC avec effets fixes *within*, à partir de l'échantillon de huit pays de l'UEMOA, sur la période 1995-2014. Afin de mieux compléter la mesure

---

<sup>30</sup> Nous gardons une périodicité annuelle pour les estimations en DMC du fait du caractère aléatoire des variables instrumentales de fréquence de séismes et de ruptures de câble. Une moyenne quinquennale de ces fréquences aurait en effet peu de sens d'un point de vue économétrique. L'estimateur en GMM-système est appliqué aux données moyennées par période de 5 ans afin de purger le cycle de leur évolution.

<sup>31</sup> données recueillies à partir d'une recherche web d'évènements de rupture de câbles, notamment à partir du « submarine telecom forum » : <http://subtelforum.com/articles/category/cable-faults/>

de l'isolement numérique de la zone, nous ajoutons à l'instrument de besoin absolu en infrastructure (distance centroïde aux CSM), le nombre de frontières à traverser entre le centroïde du pays et le câble le plus proche. La connectivité numérique transfrontalière est en effet un problème majeur pour les pays enclavés et pour l'interconnexion de l'ensemble des pays de la zone (Internet Society, 2015) car elle requiert des accords d'interconnexion entre différents opérateurs et fournisseurs d'accès internet, et implique donc un certain degré de coopération entre ces derniers. Ainsi, en l'absence de régulations effectives facilitant de tels accords, le nombre de frontières séparant un pays de la station d'atterrissage des CSM, et par conséquent le nombre d'interconnexions transfrontalières nécessaires pour l'atteindre, constitue un obstacle important pour le désenclavement numérique de la région. Le tableau en Annexe D représente l'évolution du nombre de frontière entre le centroïde et le CSM le plus proche pour les pays de l'Union.

Le tableau 4.8 reporte les estimations des équations (2) et (3) par la méthode des DMC en effets fixes *within*. L'ensemble des variables instrumentales, intégrant la variable du nombre de frontières, semble valide (colonnes 2 et 3) ; et les résultats de l'estimation de deuxième étape suggèrent également que, pour les pays de l'UEMOA, un meilleur accès à l'Internet, résultant d'une moindre vulnérabilité numérique, n'amène pas à une augmentation du PIB par tête. Ce résultat est robuste à l'utilisation de l'estimateur par variable instrumentale CUE-GMM, estimateur robuste à l'hétéroscédasticité, à l'autocorrélation du terme d'erreur, et au problème de faible identification des instruments (colonne 3).

**Tableau 4.7. Impact de la pénétration de l'Internet sur la croissance en Afrique subsaharienne – estimations en panel dynamique.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<b>DMC-VI : Estimation 2<sup>e</sup> étape</b>				<b>GMM-sys</b>
<b>% pop utilisant l'Internet</b>	<b>-0.0049</b> <b>(-0.86)</b>	<b>-0.0027</b> <b>(-0.91)</b>	<b>-0.0020</b> <b>(-0.66)</b>	<b>-0.0033</b> <b>(-0.45)</b>	<b>-0.0025</b> <b>(-0.77)</b>
L1. ln PIB/tête	0.853*** (24.22)	0.855*** (24.65)	0.855*** (24.69)	0.854*** (24.16)	0.997*** (16.36)
Ln population	-0.0167 (-0.47)	-0.0212 (-0.70)	-0.0226 (-0.74)	-0.0199 (-0.54)	0.0445* (1.76)
% pop urbaine	0.00009 (0.06)	0.00027 (0.18)	0.00032 (0.22)	0.00021 (0.13)	0.0011 (0.49)
Accès électricité (%)	0.0013* (1.90)	0.0014** (2.20)	0.0014** (2.26)	0.0014* (1.95)	-0.0010 (-0.34)
Consommation gvt (% PIB)	-0.0008 (-1.08)	-0.0008 (-1.06)	-0.0008 (-1.05)	-0.0008 (-1.03)	-0.0046 (-0.87)
Crédit secteur privé (% PIB)	0.00012 (0.19)	-0.00006 (-0.14)	-0.0001 (-0.26)	-0.00001 (-0.01)	-0.0007 (-0.43)
Ln inflation	0.0135+ (1.48)	0.0137+ (1.53)	0.0138+ (1.55)	0.0136+ (1.53)	-0.0801** (-2.09)
Taux brut scolarisation 1 <sup>aire</sup>	0.00017 (0.42)	0.00030 (1.15)	0.00034 (1.30)	0.00026 (0.55)	0.0012 (0.59)
Démocratie	-0.0116* (-1.73)	-0.0106* (-1.69)	-0.0103* (-1.65)	-0.0109+ (-1.61)	-0.109*** (-2.88)
# CSM	0.0252 (1.17)	0.0178 (1.27)	0.0154 (1.12)	0.0200 (0.71)	0.104 (1.03)
# PEI	0.0229+ (1.58)	0.0180** (2.01)	0.0164* (1.78)	0.0194 (1.09)	0.0086 (0.18)
# opérateurs CSM	-0.0011 (-0.80)	-0.0007 (-0.67)	-0.0006 (-0.55)	-0.0008 (-0.48)	-0.0093 (-1.11)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM	-0.0017* (-1.90)	-0.0018** (-2.22)	-0.0019** (-2.28)	-0.0018** (-2.08)	-0.0005 (-0.09)
Muettes temporelles	Année	Année	Année	Année	Période
	<b>Estimation 1<sup>ère</sup> étape – var dep : % pop utilisant internet</b>				
Ln Dist. centroïde-CSM	-0.394* (-1.82)	-0.435** (-2.04)	-0.448** (-2.11)	-0.405** (-1.88)	
Freq. Séismes	-0.3721 (-0.90)	-0.4992 (-1.18)			
# ruptures CSM	-2.088 (-1.37)				
# ruptures UEMOA		-1.700** (-2.16)	-1.698** (-2.17)	-1.851** (-2.30)	
# ruptures hors UEMOA		-6.143+ (-1.44)	-5.999 (-1.43)		
Contrôles ( $V_{it}$ , $INF2_{it}$ )	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Hansen test (p-value)	0.31	0.21	0.37	0.20	0.97
F-test	1.89+ .	2.90** .	3.55** .	3.95** .	.
Under-identification LR test	17.18***	30.04***	28.27***	9.366***	.
<i>N</i>	511	511	511	511	146
# pays	40	40	40	40	44
# instruments	3	4	3	2	37
<i>R</i> <sup>2</sup> within	0.917	0.920	0.920	0.919	Pr > chi2 = 0.00
AR(2) test (p-value)	.	.	.	.	0.40

*t* student entre parenthèses. +  $p < 0.15$ , \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Panel annuel pour les estimations en Effets fixes-DMC. Panel quinquennal pour les estimations en GMM-système (1995-99, 2000-04, 2005-09, 2010-14).

**Tableau 4.8. Impact de la pénétration de l'Internet sur la croissance dans l'UEMOA – estimations en panel dynamique**

	(1)	(2)	(3)
	<b>DMC-VI : Estimation 2<sup>e</sup> étape</b>		<b>VI CUE-GMM</b>
<b>% pop utilisant l'Internet</b>	<b>0.0249</b> <b>(1.00)</b>	<b>0.0266</b> <b>(0.95)</b>	<b>0.0290</b> <b>(1.28)</b>
L1. ln PIB/tête	0.473** (2.24)	0.469* (1.93)	0.482*** (3.46)
Ln population	-0.109 (-1.20)	-0.114 (-1.09)	-0.135 (-1.43)
Accès électricité (%)	-0.00437 (-0.86)	-0.00469 (-0.95)	-0.00524 (-1.17)
% pop urbaine	0.00975 (1.26)	0.00970 (1.31)	0.00825 <sup>+</sup> (1.62)
Consommation gvt (% PIB)	-0.00431** (-2.11)	-0.00437* (-1.78)	-0.00430** (-2.02)
Crédit secteur privé (% PIB)	0.00437 (1.45)	0.00450* (1.67)	0.00499* (1.73)
Ln inflation	-0.348 (-1.25)	-0.346 (-1.27)	-0.294 (-1.07)
Taux brut scolarisation 1 <sup>aire</sup>	0.00218 <sup>+</sup> (1.62)	0.00215* (1.93)	0.00192** (2.23)
Démocratie	0.00387 (0.26)	0.00324 (0.24)	0.000190 (0.02)
# CSM	0.0203 (0.16)	0.0132 (0.10)	-0.00816 (-0.07)
# opérateurs CSM	-0.0005 (-0.07)	-0.00009 (-0.01)	0.0012 (0.17)
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM	-0.0087 (-1.30)	-0.0090 (-1.21)	-0.0097 <sup>+</sup> (-1.63)
	<b>Estimation 1<sup>ère</sup> étape – var dep : % pop utilisant internet</b>		
Ln Dist. centroïde-CSM	0.121 (0.96)	0.629** (2.47)	0.629** (2.16)
# frontières centroïde-CSM		-0.17** (-2.55)	-0.17** (-2.17)
# rupture majeures de CSM	-0.593 <sup>+</sup> (-1.55)	-0.575 <sup>+</sup> (-1.57)	-0.575* (-1.68)
Contrôles ( $V_{it}$ , $INF2_{it}$ )	Oui	Oui	Oui
Hansen test (p-value)	0.44	0.71	0.63
F-test	1.70	2.69**	1.97 <sup>+</sup>
Under-identification LR test	6.19**	11.09***	11.09***
<i>N</i>	114	114	114
# pays	8	8	8
$R^2$	0.88	0.88	0.88

*t student* entre parenthèses. <sup>+</sup>  $p < 0.15$ , \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Pour l'estimateur GMM-CUE (colonne (3)), statistiques robustes à l'autocorrélation et à l'hétéroscédasticité. La variable #PEI a été éliminée de l'analyse pour cause de colinéarité.

## 5. Conclusion

Ce rapport propose un état des lieux et analyse les perspectives de l'économie numérique en ASS et dans l'UEMOA, en mettant en avant le rôle des infrastructures de télécommunication et de la vulnérabilité numérique du sous-continent et de la région. A cette fin, elle mobilise un large spectre d'indicateurs de résultats et de performances sectorielles qu'elle confronte à une base de données originale sur le déploiement des infrastructures maritimes de télécommunications.

Dans un premier temps, ce rapport réalise un état des lieux de l'économie numérique dans l'UEMOA, dans une perspective rétrospective et comparative. Le degré de pénétration de l'internet fixe et mobile est tout d'abord évalué. A cet égard, il apparaît que l'ASS, et encore plus l'UEMOA, accuse un retard notable par rapport aux autres régions en développement. Le degré d'intégration des réseaux Internet en Afrique et dans l'UEMOA est ensuite mis en perspective. Encore une fois, l'UEMOA apparaît comme un espace numérique beaucoup plus fragmenté que le reste de l'Afrique. Enfin, une analyse des acteurs du secteur permet de prendre la mesure du faible degré de concurrence dans l'UEMOA et du besoin de régulation du secteur, afin que les revenus générés par les entreprises de télécommunications aboutissent à une réelle amélioration de l'accès l'Internet pour les populations.

Dans un deuxième temps, nous mettons en lumière, à partir de statistiques descriptives et d'une analyse économétrique en données de panel, la contribution de l'infrastructure haut-débit à l'essor de l'Internet en Afrique et plus particulièrement dans l'UEMOA. Il en ressort que le déploiement rapide et massif des CSM et des PEI est associé étroitement aux performances de l'économie numérique : taux de pénétration de l'Internet, de la téléphonie, revenus du secteur des télécoms, stabilité du réseau de télécommunication. En revanche, ce déploiement fulgurant a pour conséquence d'accroître la fracture numérique entre pays côtiers et pays enclavés, entre zones côtières et zones intérieures éloignées des câbles sous-marins, entre centres urbains et zones rurales. Il a également pour conséquence d'augmenter l'exposition du secteur des télécommunications en Afrique aux ruptures de câbles. Ainsi, il apparaît qu'une plus grande vulnérabilité numérique des pays, mesurée en ces termes, est un handicap pour le développement de l'économie numérique en Afrique et dans l'UEMOA. Ce résultat corrobore ceux obtenus pour un large échantillon de pays en développement par Cariolle et al (2017).

Dans un troisième temps, la question de l'impact de l'économie numérique sur la croissance du PIB par tête est étudiée à travers le prisme de la vulnérabilité numérique. Afin de pouvoir identifier cet impact, une approche en panel dynamique, reposant sur une stratégie par variables instrumentales, est mise en œuvre. Les résultats obtenus montrent qu'un meilleur accès à l'Internet pour les populations, expliqué par une moindre vulnérabilité numérique des Etats, ne semble pas avoir d'effet à court terme sur la croissance en ASS et dans l'UEMOA. L'absence d'impact macroéconomique à court terme de l'amélioration de l'accès à Internet mis en avant dans cette étude semble *a priori* nuancer les estimations microéconomiques de Hjort et Poulsen (2017) sur l'impact de l'Internet haut-débit sur l'emploi et le dynamisme des firmes Africaines. Ce résultat doit être également mis en perspective avec les résultats de Cariolle et al (2017), qui trouvent de fortes retombées d'une meilleure pénétration de l'Internet au niveau local (ville-province) sur le chiffre d'affaires des firmes, leur productivité, et l'emploi temporaire, dans un échantillon plus large et hétérogènes de pays en développement et en transition. Tout d'abord, contrairement à l'Asie du Sud-est, aux pays d'Afrique du Nord et Moyen orient, et à l'Amérique Latine, le raccordement de l'ASS par CSM a été tardif. Par

ailleurs, le nombre important de pays enclavés et la fragmentation territoriale du continent complexifie la couverture infrastructurelle et l'intégration numérique de l'ASS et de l'UEMOA. Bien que la « révolution numérique » soit observable, en modifiant profondément les interactions humaines dans le continent africain, il faut encore davantage de temps et d'engagement de la part des acteurs publics et privés pour que ces changements soient porteurs de croissance économique.

Dans l'UEMOA, les autorités de régulations ont un rôle à jouer dans la coordination de l'attribution des licences d'opérateurs et d'harmonisation du cadre fiscal sur les télécommunications. Ces autorités devraient aussi être sensibles à l'importance des réglementations ouvrant le marché à la concurrence et imposant aux opérateurs et fournisseurs d'accès internet de garantir un accès équitable aux capacités nationales et internationales de communication, de fournir un service de colocation et de raccordement, et de proposer des conditions tarifaires transparentes, non discriminatoires, en fonction des coûts. L'amélioration de l'accès à Internet dans l'UEMOA passe par une meilleure gouvernance de l'Internet, impulsée par une approche multi-acteurs, reposant sur un réseau élargi de PEI nationaux et régionaux, sur l'appui aux organisations et forums internet africains.

## Bibliographie

Andrianaivo, M. et K. Kpodar. ICT, financial inclusion, and growth evidence from African countries. IMF Working Paper No.11/73, April 2011.

Akue-Kpakpo, A., Etude sur la connectivité internationale d'Internet en Afrique subsaharienne, Union International des Télécommunications, Mars 2013.

Groupe de la Banque Mondiale. Rapport sur le Développement dans le Monde 2016, Les dividendes du numérique, abrégé, Washington : Banque Mondiale, 2016. DOI : 10.1596/978-1-4648-0671-1

Borland, J. (2008), "Analyzing the Internet Collapse. Multiple fiber cuts to undersea cables show the fragility of the Internet at its choke points." MIT Technology Review.

Bates, P. Submarine cables in Sub-Saharan Africa: terrestrial networks need to keep up, Analysys Mason, April 2014.

Cariolle, J., Goujon, M., et Guillaumont, P. (2016). "Has structural economic vulnerability decreased in Least Developed Countries? Lessons drawn from retrospective indices." *The Journal of Development Studies*, 52(5), 591-606.

Cariolle, J., Le Goff, L., et O. Santoni, "Fast Internet, Digital Vulnerabilities, and Firm Performance in Developing and Transition Countries", Ferdi Working Paper P195, July 2017.

Carter, L., Burnett, D., Drew, S., Marle, G., Hagadorn, L., Bartlett-McNeil, D., et Irvine, N. (2009). *Submarine cables and the oceans – Connecting the world* (UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31). Cambridge: UNEP-WCMC.

Center for International Earth Science Information Network - CIESIN - Columbia University. 2015. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Population Count. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC).

Choi, C. (2003), "Does the Internet Stimulate Inward Foreign Direct Investment?". *Journal of Policy Modelling*, vol.25, No.4, 319-326.

Choi, C. (2010), "The effect of the Internet on service trade", *Economics Letter*, vol.109, 102-104.

Choi, c. et M. H. Yi, (2009), "The Effect of the Internet on Economic Growth: Evidence from Cross-Country Panel Data", *Economics Letters*, vol. 105(1): 39-41.

Choi, C., D. Rhee et Y. Oh, (2014), "Information and Capital Flows revisited: The Internet as a Determinant of Transactions in Financial Assets", *Economic Modelling*, vol. 40, 191-198.

Chowdhury, S. K. et S. Wolf. Use of ICTs and the Economic Performance of SMEs in East Africa. WIDER Discussion Paper n 2003/06, January 2003.

Clark, B. (2016), "Undersea cables and the future of submarine competition" *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 72(4): 234-237.

Clarke, G. (2008), "Has the Internet Increased Exports for Firms from Low and Middle-Income Countries?", *Information Economics and Policy*, vol. 20(1): 16-37.

Clarke, G. C. Z. Qiang, et L. C. Xu, (2015), "The Internet as a general purpose technology: Firm-level evidence from around the world", *Economics Letters*, vol. 135(C), 24-27.

Clarke, G. et S. J. Wallsten (2006), "Has the Internet Increased Trade? Developed and Developing Country Evidence", *Economic Inquiry*, vol. 44(3), 465-84.

Czernich, N., O. Falck, T. Kretschner et L. Woessmann (2011) "Broadband Infrastructure and Economic Growth", *Economic Journal*, vol. 121, 205-532.

Guillaumont, P. (2009). *Caught in a trap: Identifying the Least Developed Countries*. Economica.

Patrick Guillaumont, Sylviane Guillaumont Jeanneney (2014) "Un indicateur de besoin d'intégration régionale", *Revue d'économie du développement*, Vol. 22, No.4, 83-93. DOI 10.3917/edd.284.0083

Hansen, L.P., Heaton, J., et Yaron, A. 1996. Finite Sample Properties of Some Alternative GMM Estimators. *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol.14, No.3, 262-280.

Hjort, J., et Poulsen, J. (2017). *The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa*. Working Paper No. w23582. National Bureau of Economic Research.

International Telecommunication Union (2014). *Connect Africa – Transforming Africa – the promise of broadband*. Connect the World series vol IV, UIT, march 2014.

OCDE, "International Cables, Gateways, Backhaul and International Exchange Points", OECD Publishing, February 2014.

Palmer-Felgate, A., Irvine, N., Ratcliffe, S., et S.S. Bah (2013), "Marine maintenance in the zones – a global comparison of repair commencement times", Suboptic Conference *From ocean to cloud*, pp. 22-25 April 2013.

Paunov, C. et V. Rollo (2015), 'Overcoming Obstacles: the Internet's Contributions to Firm Development', *World Bank Economic Review*, vol. 29(suppl.1): S192-S204.

Perret, C., Ségalard, O., et P. Soen (2013), "The ACE project: how to manage all challenge that arise to ensure a successful delivery", Suboptic Conference *From ocean to cloud*, 22-25 April 2013.

Schumann, R., et M. Kende, "Lifting barriers to Internet development in Africa: suggestions for improving connectivity", Report for the Internet Society, Analysys Mason and Internet Society, May 2013.

Sihra, J. (2013), "Developing and Implementing Suboptic ICT Infrastructures. Case Study: The EASSy / WIOCC Model", Suboptic Conference *From ocean to cloud*, pp. 22-25 April 2013.

Soh, W., Machiyama, H., Shirasaki, Y. et Kasahara, J., 2004. Deep-sea floor instability as a cause of deepwater cable fault, off eastern part of Taiwan. *Frontier Research of Earth Evolution*, vol. 2: 1–8.

Telegeography (2016), the Submarine cable map, Global Bandwidth Research Service. <http://www.submarinecablemap.com/>

Towela, N-J., et B. Tesfaye, "Internet Development and Internet Governance in Africa", Internet Society, May 2015.

Union Internationale des Télécommunications, "Measuring the Information Society Report", UIT report, 2016.

Weller, D., et B. Woodcock, "Internet Traffic Exchange: Market Developments and Policy Challenges", OECD Digital Economy Papers, No. 207, OECD Publishing, January 2013.

Widmer, G. Wolff, M. (Producers) et U. Dotzer (Director). Les câbles Internet sous-marins: l'autoroute mondiale de l'information. Arte reportage. Fact+ film production, 2010. Documentary.

## Annexes

### Annexe A. Zones de maintenance des CSM



Source: Global Marine Systems Ltd.

### Annexe B. Evènement de rupture de câbles ayant touché les pays d'Afrique subsaharienne, répertoriés sur le web.

<i>Evènements</i>	<i>Nom du CSM concerné</i>	<i>Date</i>	<i>Localisation</i>	<i>Pays affectés</i>	<i>Durée de l'interruption</i>
Rupture de câble, cause inconnue	MainOne	juin-17	Europe-Afrique SSA	Afrique de l'ouest, Cameroun	14 jours
Rupture accidentelle de câble	SEACOM	oct-16	Europe-Afrique du Nord	Afrique de l'Est, du Sud	inconnu
Sabotage	SAT-3	avr-15	Afrique Centrale	Gabon	4 jours
Sabotage	SAT-3	mars-15	Afrique Centrale	Gabon	2-3 jours
Rupture de câble, cause inconnue	SAT 3	févr-15	Afrique de l'ouest	Nigeria	inconnu
Sabotage de fibre optique terrestre	inconnu	sept-12	Afrique de l'Ouest	Nigeria	inconnu
Rupture de câble due à une ancre de bateau	TEAMS et EASSY	févr-12	Afrique de l'Est	Kenya, Burundi, Rwanda et Tanzanie	15 jours
Rupture de câble dû à une ancre de bateau	SAT-3	mai-11	Afrique de l'Ouest	Bénin, Niger, Togo, Nigeria et une partie du Burkina-Faso	10 à 15 jours
Défaillance de répéteur	Seacom	juil-10	Europe-Afrique de l'Est -Asie	Afrique de l'Est, Europe (France, G-B), Inde	environ 8 jours
Rupture de câble, cause inconnue	SAT-3	juil-09	Afrique de l'Ouest	Bénin, Niger, Togo et Nigeria	3 semaines

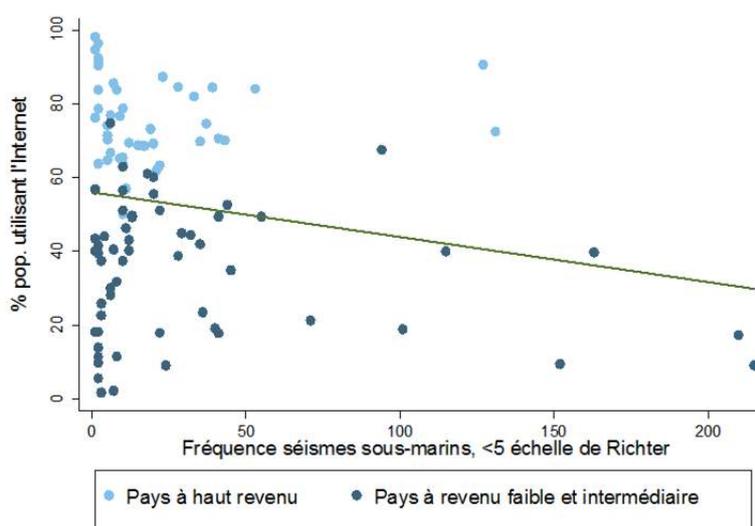
### Annexe C. Moyenne, écart-type, définition et sources des variables

Variable	Obs/pays	Moyenne	$\sigma^2$	Définition	Source
% de la pop utilisant l'internet	700/45	3.03	5.56	Part de la population utilisant internet	
% des ménages dotés d'internet	381/43	2.87	5.43	Part des ménages dotés d'internet	Union International des Télécommunications
Ln revenu secteur télécom	527/44	18.71	1.71	Log du revenu généré par tous les services de télécommunication	
Ln # pannes réseau (% nombre de lignes fixes)	320/42	3.54	1.35	Log du ratio du nombre de pannes réseau sur le nombre de lignes fixes téléphoniques	
# abonnements cellulaire / 100 habitants	732/45	19.76	28.87	Nombre d'abonnements à la téléphonie mobile / 100 habitants	
Ln PIB/tête	700/45	6.51	1.05	Log du PIB par habitants, en dollars constants (2005)	
Ln population	700/45	15.96	2.69	Log de la taille de la population	
Consommation gvt (% PIB)	653/43	15.08	7.61	Dépenses de consommation finale du gouvernement (% of GDP)	World Bank
Crédit secteur privé (% PIB)	671/45	18.73	23.24	Crédit domestique octroyé au secteur privé (% PIB)	
% pop urbaine	700/45	36.44	16.64	Part de la population urbaine dans la population totale	
Accès électricité (%)	700/45	31.38	22.5	Part de la population ayant accès à l'électricité	
Ln inflation	669/45	4.69	0.83	Inflation	IMF
Taux brut scolarisation 1 <sup>aire</sup>	571/43	91.80	26.13	Taux brut scolarisation en primaire	UNESCO
Démocratie	700/45	2.16	0.71	Statut de la démocratie : Libre (1), partiellement libre (2), non libre (3)	Freedom House
# CSM	700/45	0.41	0.88	Nombre de câbles sous-marins par pays	Auteurs. Données brutes : Telegeography
	700/45	0.24	0.56	Nombre de points d'échange internet actifs par pays	Auteurs. Données brutes : Telegeography, Packet Clearing House, Peering DB
# PEI					
# opérateurs CSM	700/45	4.64	9.18	Nombre total d'opérateurs associés aux CSM de chaque pays	Auteurs. Données brutes : Telegeography
# années depuis 1 <sup>er</sup> CSM	700/45	-1.32	5.70	Différence (en années) entre l'année en cours et l'année d'arrivée du premier CSM	Auteurs. Données brutes : Telegeography
Ln Dist. Centro. Pondéré	700/45	6.62	1.35	Log de la distance (en km) entre le centroïde pondéré par la répartition spatiale de la population et le point d'atterrissage du CSM le plus proche.	Auteurs. Données brutes : Telegeography
Freq. Séismes	700/45	0.091	1.00	Fréquence annuelle de séisme marins compris > à 5 sur l'échelle de Richter, situés dans un rayon de 500 km du point d'atterrissage des CSM	Auteurs. Données brutes : Telegeography, Northern California Earthquake Data Center (University of Berkeley)
# Ruptures majeures de CSM	700/45	0.028	0.17	Fréquence annuelle de ruptures de câble documentées sur internet	Auteurs : <a href="http://subtelforum.com">http://subtelforum.com</a> + autres recherche google
# frontières centroïde-CSM	700/45	1.67	1.58	Nombre de frontières à traverser entre le centroïde et le point d'atterrissage du CSM le plus proche	Auteurs. Données brutes : Telegeography

#### Annexe D. Nombre d'interconnexions transfrontalières nécessaires pour rejoindre le CSM le plus proche.

	BEN	BFA	CIV	G#	MLI	NER	SEN	TGO
1994	3	3	3	4	2	2	3	4
1995	3	3	3	4	2	2	3	4
1996	3	3	3	4	2	2	3	4
1997	3	3	3	4	2	2	3	4
1998	2	3	3	4	2	1	3	3
1999	2	3	3	4	2	1	3	3
2000	3	2	2	1	1	1	0	3
2001	3	2	2	1	1	1	0	3
2002	0	1	0	1	1	1	0	1
2003	0	1	0	1	1	1	0	1
2004	0	1	0	1	1	1	0	1
2005	0	1	0	1	1	1	0	1
2006	0	1	0	1	1	1	0	1
2007	0	1	0	1	1	1	0	1
2008	0	1	0	1	1	1	0	1
2009	0	1	0	1	1	1	0	1
2010	0	1	0	1	1	1	0	1
2011	0	1	0	1	1	1	0	1
2012	0	1	0	2	1	1	0	0
2013	0	1	0	2	1	1	0	0
2014	0	1	0	2	1	1	0	0

**Annexe E. Fréquence annuelle de séismes sous-marins situés dans un rayon de 1000 km des stations d’atterrissement des câbles et pénétration, pays développés et en développement, 2014.**



**Note :** Pays à revenu élevé (couleur foncée), revenu faible et intermédiaire (couleur claire), ayant connu au moins 1 séisme marin supérieur à 5 sur l’échelle de Richter. Echantillon : 101 pays. Données sur l’Internet tirées de l’UIT (2016) et sur les séismes tirées du Northern California Earthquake Data Center de l’Université de Berkeley.

**Annexe F. Opérateurs de réseau mobile en UEMOA**

	<b>MTN (Afr Sud)</b>	<b>Maroc Telecom (Etilasat 53%)</b>	<b>Orange (France)</b>	<b>Autres</b>	<b>Sanction régulateurs</b>
Bénin	MTN(75%) <b>4,1</b> (GSM) <i>60%</i>	Moov <b>3,8</b> (GSM) <i>30%</i>		Glo <b>1,7</b> ; BCom <b>0,1</b> ; Libercom (Benin telec) <b>0,06</b>	2017: MTN (2016: lancement réforme opé. publics)
Burkina Faso		Onatel(MT51%) <b>7,0</b> (GSM 3G+) <i>44%</i>	Orange exAirtel <b>6,9</b> (GSM 3G+) <i>37%</i>	Telecel (Planor) <b>2,4</b> (GSM) <i>19%</i>	2016: Onatel 2014: opérateurs
Côte d'Ivoire	MTN(59%) <b>10,4</b> GSM) <i>34%</i>	Moov(MT85%) <b>7,0</b> (GSM 3G+) <i>23%</i>	Orange CI (Orange 85%) <b>13,2</b> (GSM 4G) <i>43%</i>		2017 : opérateurs 2014 : opérateurs
Guinée Bissau	MTN <b>0,7</b> (GSM)		Orange (via Sonatel) <b>0,7</b> (GSM)	Guinetel ND (Guinée telecom Etat 50%, Port. Telec. 40%)	
Mali		Sotelma Malitel <b>10,6</b> (GSM)	Orange Mali (via Sonatel 70%) <b>13,3</b> (GSM)		2016 : annonce d'une 4 <sup>ème</sup> licence (la 3 <sup>ème</sup> accordée à Planor non opérationnelle) ;
Niger		Moov <b>1,6</b> (GSM) <i>10%</i>	Orange Niger (Orange) <b>1,8</b> (GSM) <i>27%</i>	Airtel-Celtel (Bharti-Inde) <b>3,9</b> (GSM) <i>60%</i> Niger telecom (Etat) <b>0,5</b> (GSM)	2017: opérateurs 2014: opérateurs 2012: opérateurs
Nigeria	MTN (79%) <b>60,5</b> (GSM)			Etilasat <b>19,5</b> ; Vmobile <b>5,2</b> ; Glo <b>5</b> ; Mtel (Etat) <b>4,2</b>	2015 : MTN
Sénégal			Orange Sonatel (Orange 60%) <b>8,2</b> (GSM) <i>55%</i>	Tigo (MIC) <b>3,6</b> <i>23%</i> ; Expresso (Sudatel) <b>0,5</b> <i>22%</i>	2016 : Sonatel
Togo		Moov <b>2,5</b>		Togocel	

Notes : Entre parenthèses information sur propriétaire-actionnaire ; en gras nombre d'abonnés en millions début 2017 (technologie) ; en italique les parts de marché (source Jeune Afrique 2016-17). Source : données Wikipedia (23/10/2017) et Jeune Afrique (2016-17)

## Appendice : Collecte et traitement des données sur les infrastructures numériques

### A.1. Variables de déploiement d'infrastructure

Les données brutes sur les Points d'échange Internet (PEI) sont tirées de Telegeography et complétées par les bases de données *Packet Clearing House* et *DB Peering* :

- les PEI et leur statut (actif/inactif/projet)
- leur année d'activation
- leurs coordonnées GPS

Après une conversion en polygones (disque de 5 km de diamètre) pour éviter les imprécisions topologiques, les points d'atterrissage des câbles et les PEI de chaque pays sont identifiés, situés et comptabilisés. Ensuite, pour chaque pays, tous les câbles associés aux points d'atterrissage et tous les IXP sont identifiés, ce qui donne les données en panel du **nombre de câbles** et du **nombre de PEI**.

La variable du **nombre d'années passées depuis l'arrivée du premier câble** est obtenue en calculant la différence entre l'année en cours et l'année de la première activation du CSM, par pays. Cette variable est « tournée vers l'avenir » et peut prendre des valeurs négatives au moment  $t$  lorsque l'année d'activation se produit au temps  $t + k$ .

A partir des informations de Telegeography sur la structure de propriété CSM, la variable du **nombre de propriétaires de câble** est calculée pour chaque pays en additionnant le nombre de propriétaires de câbles associés à tous les CSM atterrissant dans ce pays.

### A.2. Le besoin en infrastructure numérique

**Données brutes** : coordonnées GPS des stations d'atterrissage des CSM, du centroïde des pays, de la capitale, et la distribution spatiale de la population.

**a. pays avec des câbles** : Pour un pays donné, la distance entre le centroïde (pondéré ou non par la répartition spatiale de la population) ou la capitale et le point d'atterrissage du CSM le plus proche sur le territoire national est calculée.

**b. pays sans câble** : Pour un pays donné, la distance entre le centroïde pondéré par la répartition spatiale de la population et le point d'atterrissage du CSM le plus proche à l'étranger est calculée.

Pour calculer le besoin minimum en infrastructure, la capitale économique est préférée à la capitale administrative lorsque les deux sont distinctes.

### A.3. exposition aux ruptures de CSM induites par séisme sous-marin

Le centre de données s de Californie du Nord de l'Université de Berkeley fournit une base de données mondiale des tremblements de terre. Pour chaque pays, nous obtenons pour chaque année, le nombre, l'emplacement et l'intensité moyenne des épicentres des séismes sous-marins, et sommes donc en mesure de calculer la fréquence annuelle de tsunamis près des stations d'atterrissage des CSM dans un rayon de 500 km.

Pour s'assurer que nous ne considérons pas les séismes dont l'intensité pourrait provoquer des tsunamis, ce qui violerait donc des conditions d'orthogonalité de nos instruments, nous excluons les observations où l'intensité des séismes marins est supérieure à 6,5 sur l'échelle de Richter. Par ailleurs, pour s'assurer que nous considérons des séismes assez puissants pour provoquer des ruptures de câbles, nous ne comptabilisons que la fréquence des séismes dont l'intensité excède 5 sur l'échelle de Richter.

#### **A.4. le nombre d'évènement de rupture de CSM**

A partir des données sur les ruptures de câbles fournies par le forum Submarine Telecoms (<http://subtelforum.com/>) nous avons constitué une base de données sur les évènements de rupture de CSM (Annexe B). Ces données ont été ensuite complétées et croisées à partir d'une recherche web sur les évènements de rupture de CSM dans le monde.

#### **A.5. le nombre de frontières entre le centroïde et le CSM le plus proche.**

Pour chaque année, les points d'atterrissage des pays ayant au moins une frontière avec un autre pays sont sélectionnés.

A partir de ces points d'atterrissage, on détermine la part du territoire la plus proche des points de chaque pays. Pour cela, on crée un raster de coût où toutes les cellules valent 1 et sur lequel on applique l'outil Allocation de Coût (ArcGIS/Spatial Analyst).

Sur chaque territoire on calcule une distance pondérée à partir des points d'atterrissage. Cette distance est calculée au moyen d'un raster de coût où toutes les cellules valent 0 à l'exception des frontières valant 1. Ainsi, les distances dépendent uniquement du nombre de frontières traversées.

Toutes les distances individuelles sont mosaïquées au sein d'un même raster de distance. L'application de l'outil Statistiques Zonales avec les centroïdes des pays non câblés donne directement le nombre de frontières devant être traversées pour rallier le point d'atterrissage le plus proche.





*“Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore.”*

**Pascal**

**FERDi**

Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.



**Contact**

[www.ferdi.fr](http://www.ferdi.fr)

[contact@ferdi.fr](mailto:contact@ferdi.fr)

+33 (0)4 73 17 75 30