



Vers une Afrique interconnectée

L'Initiative 80/20

Juillet 2021

Par Michael Kende



Table des matières

Table des matières	2
Synthèse	3
Principales conclusions	4
Appréciation	5
Remerciements	5
Introduction	7
Les trois phases du développement de l'écosystème Internet	9
Aperçu des IXP en Afrique	11
Introduction aux pays hôtes IXP	12
Introduction aux IXP	13
Réseaux connectés	17
Enquêtes IXP	28
Études de cas par pays	35
Angola	39
Burkina Faso	42
République Démocratique du Congo	46
Égypte	49
Île Maurice	52
Rwanda	55
Conclusions	58
Une feuille de route pour un meilleur écosystème Internet	59
Étapes suivantes	60
Annexe A : Enquête auprès des opérateurs IXP africains	61
Annexe B : Figures incluant l'Afrique du Sud	65
Annexe C : Liste des acronymes	67
Annexe D : Liste des figures et tableaux	69

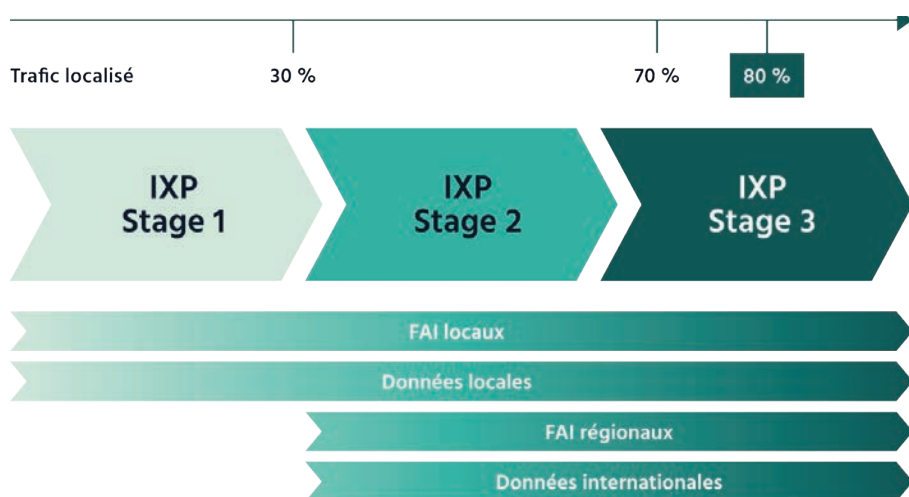


Synthèse

Le Bureau régional pour l'Afrique de l'Internet Society a mis en place un programme d'interconnexion et d'échange de trafic (ITE) au cours des 10 dernières années. L'Internet Society s'était fixé comme objectif, adopté par la communauté Internet, que 80 % du trafic Internet africain soit accessible en Afrique à l'horizon 2020 (« 80/20 d'ici 2020 »). Les activités communautaires ont inclus un soutien à long terme pour les points d'échange Internet (IXP) dans la région, ainsi qu'un soutien pour l'hébergement de contenu local. La raison pour laquelle on insiste sur le rôle des IXP est simple : les IXP sont des points névralgiques pour la localisation du trafic — leur utilisation réduit le coût et la latence de l'échange de trafic et augmente la résilience de l'écosystème Internet. Ce document évalue l'état général des IXP en Afrique et porte un regard approfondi sur six pays, chacun représentant une sous-région de l'Afrique.

Dans un travail récent,¹ nous avons identifié trois stades de développement, en fonction du niveau de trafic localisé, et déterminés par les connexions entre et parmi les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) et les fournisseurs de contenu (Figure 1). Nous avons montré que le Kenya et le Nigéria étaient passés du début de l'étape 2, avec 30 % de trafic local en 2012, au début de l'étape 3, avec 70 % de trafic local en 2020. Notre étude a révélé que de tous les pays d'Afrique dotés d'IXP, l'écosystème Internet le plus développé en Afrique est celui de l'Afrique du Sud, qui a clairement atteint l'objectif de 80 % du trafic localisé, suivie du Kenya et du Nigéria.

Figure 1. Étapes de développement de l'écosystème Internet (Source : Internet Society, 2020)



¹ Michael Kende, « Ancrer l'écosystème Internet africain : Leçons tirées de la croissance des points d'échange Internet au Kenya et au Nigéria » (Internet Society, juin 2020), <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2020/06/Anchoring-the-African-Internet-Ecosystem-Lessons-from-Kenya-and-Nigeria.pdf>.



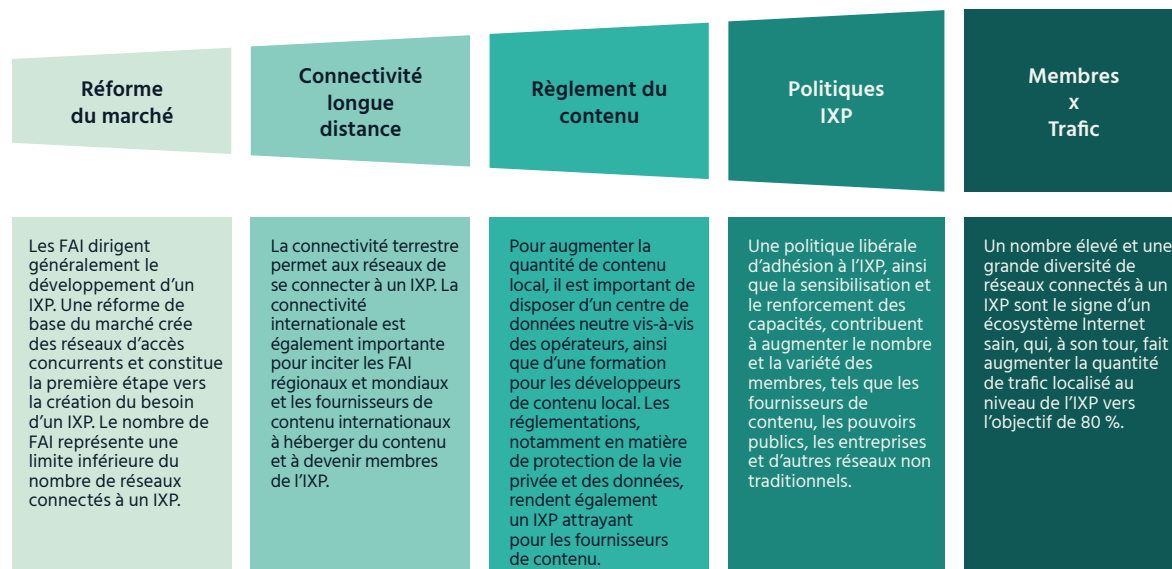
Principales conclusions

Le Kenya, le Nigéria et l'Afrique du Sud ont un aspect en commun : chacun de leurs plus grands IXP compte au moins 50 membres. Le nombre de membres d'un IXP est un indicateur fort de la santé de l'écosystème Internet d'un pays - à la fois parce qu'il y a beaucoup de réseaux et parce qu'ils sont tous connectés à l'IXP. En particulier, un nombre élevé de membres reflète une grande diversité de réseaux connectés. En raison de l'économie de l'entreprise, chaque pays dispose d'un nombre limité de réseaux d'accès, qu'il s'agisse de FAI ou d'opérateurs de réseaux mobiles (ORM) ; les autres membres sont généralement des fournisseurs de contenu, des agences gouvernementales, des opérateurs internationaux et des entreprises.

Nous avons également découvert une corrélation directe entre le nombre de membres d'un IXP et la quantité de trafic qui le traverse, une corrélation qui met en évidence les avantages d'avoir plus de réseaux connectés. Non seulement la quantité de trafic augmente avec le nombre de membres, mais la quantité de trafic par membre tend à augmenter avec le nombre de membres. Cette tendance suggère une capacité génératrice grâce à l'augmentation du nombre d'adhésions à mesure que davantage de trafic est échangé, ce qui, à son tour, aide les pays à atteindre des stades supérieurs de développement de l'écosystème Internet.

La figure 2 détaille une série de vecteurs qui permettent de stimuler l'adhésion à un IXP et générer du trafic. Chaque vecteur maximise le nombre de membres potentiels de l'IXP, qui peut être développé avec le prochain vecteur.

Figure 2. Facilitateurs d'adhésion (Source : Internet Society, 2021)



Vers l'objectif 80/20, il y a beaucoup de bonnes nouvelles à annoncer. Depuis le lancement de l'objectif en 2010, le nombre d'IXP fondés en Afrique a triplé, un témoignage inspirant de la puissance des efforts des parties prenantes et de la communauté. Aujourd'hui, plus de la moitié des pays africains ont un IXP, et six pays en ont plus d'un. De même, la présence de réseaux de diffusion de contenu (CDN) internationaux a considérablement augmenté, ainsi que le contenu développé localement. Bien que l'objectif 80/20 n'ait pas été atteint l'année dernière, la communauté devrait se fixer un nouvel objectif avec la certitude que ses activités continueront d'exercer une influence forte et positive sur l'écosystème IXP africain. Notre intention est que ce document entame un dialogue vers l'élaboration d'un nouvel objectif pour la décennie à venir, et que le nouvel objectif soit atteint en incluant les vecteurs d'adhésion éprouvés décrits ici.

Appréciation

Par Michael Kende

L'Internet Society reconnaît Facebook pour son soutien généreux et continu au développement des IXP en Afrique dans le cadre du projet de partenariat IXP. Ce document représente une réalisation importante de cette collaboration.

Remerciements

Ce document est le résultat de l'aide apportée par un certain nombre d'individus et d'organisations. Tout d'abord, l'auteur remercie Jane Coffin et Michuki Mwangi de l'Internet Society pour leur leadership continu sur ces questions et avec ce projet, Israel Nyoh et Ghislain Nkeramugaba pour leur contribution inestimable, et Karen Rose pour sa critique. Merci également à Michelle Speckler pour l'édition experte.

En outre, l'auteur remercie les personnes suivantes, qui ont pris le temps de répondre à l'enquête IXP.

IXP	Pays	Participant
TGIX	Togo	Damnam Bagolibe, Directeur exécutif
MIX	Malawi	Dr Paulos Nyirenda, Président de l'Association des FAI du Malawi
Angola-IXP	Angola	Directeur général, Angola Internet Association, Angola



IXP	Pays	Participant
UIXP	Ouganda	Kyle Spencer, Directeur exécutif
AIXP	Tanzanie (Arusha)	James Julius, Responsable IXP
SIXP	Soudan	Eng. Ahmad Ali Karamallah, Directeur
CON-IX	Guinée	Abdoulaye Sivory Sakho, Secrétaire Exécutif IXP-GUINEE
NAPAfrica	Afrique du Sud	Andrew Owens, Responsable de l'interconnexion et du peering
LUBIX	République Démocratique du Congo	Nico Tshintu Bakajika, Directeur des opérations
SIXP	Gambie	Abdoulie Sowe, Administrateur SIXP
DjIX	Djibouti	Hachin-Arafat Mohamed, Responsable du centre de données
GIX	Ghana	Équipe d'assistance GIX
RINEX	Rwanda	Richard Buregeya, Ingénieur réseau et système
CIVIX	Côte d'Ivoire	Armand Koffi, Directeur
MOZIX	Mozambique	Antonio Godinho, Administrateur réseau
IXPN	Nigéria	Jacob Dagunduro, Directeur principal du réseau
Gab-IX	Gabon	Willy Steeve Kaptue Konga, Responsable informatique
MIXP	Île Maurice	Keessun Fokeerah, Opérateur IXP
BFIX	Burkina Faso	Jean Baptiste Millogo, Directeur exécutif
CAIX	Égypte	Haitham El Nakhal, Expert principal
KINIX	République Démocratique du Congo	Daniel Alongi, Responsable technique
TIX	Tanzanie	Frank Habicht, Responsable technique-Core Network, SimbaNET
Angonix	Angola	Crisóstomo Mbundu, Responsable du développement commercial

L'auteur a interrogé un grand nombre de parties prenantes dans chacun des pays étudiés et leur exprime également sa gratitude. Remerciements particuliers aux responsables des IXP qui l'ont présenté à d'autres parties prenantes et ont patiemment répondu aux questions sur leurs IXP.

- Abdourahmane Dia, Directeur général, Technologies et Solutions Virtuelles, Burkina Faso
- Christian Muhirwa, Directeur général, Broadband Systems Corporation, Rwanda
- Gabriel Zema, Directeur général, Groupe Infoset, République Démocratique du Congo



- Haitham El-Nakhal, Expert principal, Autorité nationale de réglementation des télécommunications, Égypte
- Ibrahim Ballo, Directeur du projet G-Cloud, Agence Nationale de Promotion des Technologies de l'Information et de la Communication, Burkina Faso
- Ish Sookun, Architecte Systèmes, LSL Digital, Île Maurice
- Jean-Baptiste Millogo, Directeur exécutif, Point d'Échange Internet Burkina Faso, Burkina Faso
- Jose Assis, Président-directeur général, Ipworl Lda – Services de télécommunications, Angola
- Keessun Fokeerah, Opérateur IXP, MIXP, Île Maurice
- Martijn Schmidt, Vice-président du réseau, i3D.net, une société Ubisoft, Pays-Bas
- Nico Tshintu Bakajika, Directeur des opérations, ISPA-RDC et RDC-IX, République Démocratique du Congo
- Ranveer K Seetaloo, Responsable des activités de télécommunications, Rogers Capital Technology Services Ltd., Île Maurice
- Richard Buregeya, Ingénieur réseau et système, Rwanda Internet Community and Technology Alliance (RICTA), Rwanda
- Silvio Almada, Directeur général, Angola Internet Association, Angola

Merci à Andrew Owens et Kyle Spencer pour avoir fourni les données sur NAPAfrica et UIXP respectivement, et à Bijal Sanghani, Secrétaire général d'EuroIX pour son aide. Par ailleurs, l'auteur remercie les membres des trois CDN internationaux, qui ont compilé des données et des idées sur les pays étudiés et qui ont répondu à un certain nombre de questions sur les pays. En outre, d'autres personnes et entreprises, dont Etisalat Misr, ont fourni des informations précieuses, mais n'ont pas souhaité être remerciées personnellement.

Introduction

Le Bureau régional pour l'Afrique de l'Internet Society a mis en place un programme d'interconnexion et d'échange de trafic (ITE) au cours des 10 dernières années.² L'objectif de la communauté Internet était que 80 % du trafic Internet africain soit accessible en Afrique en 2020 (« 80/20 d'ici 2020 »). Notez que le contenu du trafic peut être international,

² Brochure du programme d'interconnexion et d'échange de trafic, <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2015/interconnection-and-traffic-exchange-ite-program-brochure>.



régional ou local à un pays - le problème étant de l'héberger et d'y accéder depuis l'Afrique. Les activités communautaires incluent un soutien de longue date pour les points d'échange Internet (IXP) dans la région, ainsi qu'un soutien pour l'hébergement de contenu local.

Dans le cadre du programme ITE, l'Internet Society a publié un document en 2012, qui documentait les avantages d'avoir un IXP, en mettant l'accent sur le Kenya et le Nigéria.³ Le document a quantifié les avantages de l'élimination du phénomène de trombone du trafic international en réduisant à la fois le coût de l'échange de trafic et la latence. En raison d'une latence plus faible, l'utilisation du contenu hébergé dans les pays a augmenté, ce qui a augmenté les revenus des réseaux d'accès. Une série d'études de suivi s'est concentrée sur les avantages de l'hébergement de contenu local, a illustré et quantifié ces avantages au Rwanda, et a examiné les facteurs qui ont amélioré les environnements de connectivité favorables à travers la région.⁴

En 2020, l'Internet Society a publié une mise à jour de l'étude initiale Kenya/Nigéria pour montrer comment ces IXP ont évolué et l'impact d'un certain nombre de changements dans leurs écosystèmes locaux.⁵ L'étude a documenté les progrès significatifs réalisés dans ces pays depuis cette étude initiale de 2012 et a identifié les forces qui ont conduit à ces progrès. L'étude a également identifié des lacunes qui ont empêché les pays d'atteindre l'objectif 80/20 d'ici 2020, notamment en ce qui concerne le fait d'encourager les fournisseurs de contenu local et les petits FAI à se connecter à leurs points d'échanges nationaux. Enfin, l'étude a offert des recommandations aux parties prenantes concernées, y compris les gouvernements, sur la manière de développer davantage les IXP et les écosystèmes Internet plus larges dans leurs pays.

L'étude de cette année offre une perspective plus large de l'évolution de l'interconnexion au niveau des IXP et de l'interconnexion sur le continent africain, en offrant tout d'abord une vue d'ensemble du continent, suivie d'un examen plus approfondi d'un pays dans chacune des six sous-régions : Angola (Afrique australe), Burkina Faso (Afrique de l'Ouest), République démocratique du Congo (RDC) (Afrique centrale), Égypte (Afrique du Nord), Maurice (Océan Indien) et Rwanda (Afrique de l'Est). Cette étude applique les conclusions de l'étude Kenya/Nigéria, ainsi que d'autres enseignements et recommandations pour créer des environnements propices aux IXP et aux écosystèmes Internet, y compris les meilleures pratiques et politiques. Ce faisant, un fil conducteur a émergé : le nombre et la diversité

3 Michael Kende et Charles Hurpy, « Évaluation de l'impact des points d'échange Internet – étude empirique portant sur le Kenya et le Nigéria, » (Internet Society, avril 2012), <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/E%CC%81valuation-de-l%E2%80%99impact-des-points-d%E2%80%99e%CC%81change-Internet-%E2%80%93-e%CC%81tude-empirique-portant-sur-le-Kenya-et-le-Nigeria.pdf>

4 Michael Kende et Karen Rose, « Promouvoir l'hébergement de contenu local pour développer l'écosystème Internet » (Internet Society, janvier 2015), <https://www.afpif.org/wp-content/uploads/2017/10/Promoting-Local-Content-Hosting-to-Develop-the-Internet-Ecosystem.pdf> et Michael Kende et Bastiaan Quast, « Les avantages de l'hébergement de contenu local : une étude de cas » (Internet Society, mai 2017), https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC_LocalContentRwanda_report_20170505.pdf.

5 Michael Kende, « Ancrer l'écosystème Internet africain : Leçons tirées de la croissance des points d'échange Internet au Kenya et au Nigéria » (Internet Society, juin 2020), https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2020/06/Anchoring-the-African-Internet-Ecosystem_FR.pdf.



des membres d'un IXP est un indicateur fiable de la force et du développement de son écosystème ; l'augmentation du nombre de membres devrait donc être un objectif des IXP cherchant à se développer.

Enfin, cette étude examine le succès du programme ITE, de sa création à nos jours, la situation actuelle et ce qu'il reste à faire pour atteindre ses objectifs, tout en soulevant la question de savoir, si et comment il faut réviser ces objectifs. Nous prévoyons que cette étude fournira une base pour le développement d'objectifs et d'activités futurs à la fois pour le programme ITE et la communauté Internet au sens large.

Les trois phases du développement de l'écosystème Internet

Le rôle d'un IXP est multiple. Il permet l'échange local de trafic parmi les fournisseurs d'accès et entre les fournisseurs de contenu et les fournisseurs d'accès. Il peut permettre l'échange de trafic local et l'accès au contenu, et peut profiter aux abonnés locaux à Internet (les utilisateurs finaux) et aux organisations. En se développant, un IXP devient un hub d'échange et d'accès au trafic transfrontalier au sein de sa sous-région, ainsi qu'au trafic et aux données internationaux.

Tout en évaluant le développement d'un IXP, cela nous permet de garder un œil sur les avantages spécifiques de la croissance de l'écosystème IXP. En particulier, en permettant l'échange, en local, de trafic local, les trois avantages suivants se dégagent.⁶

- **Économies de coûts.** Éviter le transit IP coûteux pour échanger du trafic à l'étranger permet aux FAI d'économiser de l'argent, pour ainsi en faire profiter leurs clients sous la forme de réduction de prix ou d'offres de data plus importantes.
- **Une réduction de la latence d'échange de trafic.** La réduction de la latence, à son tour, augmente l'utilisation du contenu.
- **Plus de revenus pour les réseaux d'accès.** Une utilisation accrue augmente les revenus des réseaux d'accès qui vendent des forfaits de données aux utilisateurs.

De plus, un impact beaucoup plus large sur l'écosystème apparaît lorsque l'hébergement local est étendu. À mesure que les avantages de l'IXP émergent, la demande croissante

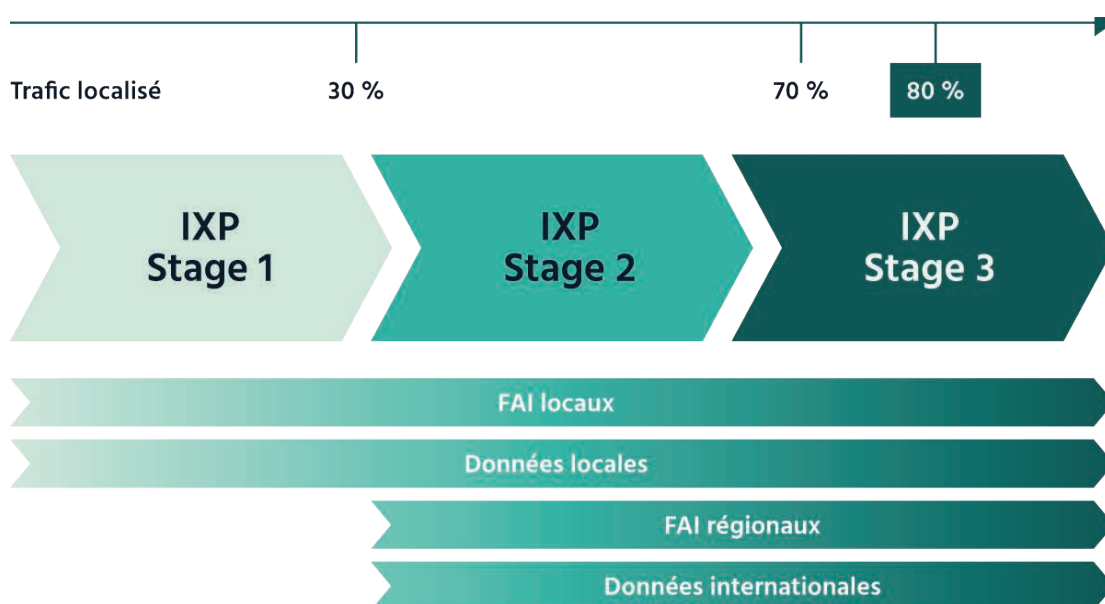
6 Michael Kende et Charles Hurpy, « Évaluation de l'impact des points d'échange Internet – étude empirique portant sur le Kenya et le Nigéria, » rapport pour l'Internet Society, avril 2012, <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/E%CC%81valuation-de-l%E2%80%99impact-des-points-d%E2%80%99e%CC%81change-Internet-%E2%80%93-e%CC%81tude-empirique-portant-sur-le-Kenya-et-le-Nigeria.pdf>.



de centres de données pour héberger du contenu et des services pouvant être mis à disposition sur l'IXP augmente également. Cela permet de soutenir les hébergeurs locaux, d'accroître la digitalisation des services et de favoriser le développement des compétences et des entreprises pour répondre à la demande croissante d'hébergement local.

À partir des expériences observées au Kenya, au Nigéria et dans d'autres pays, l'Internet Society a identifié trois phases dans l'évolution du développement d'un écosystème Internet (Figure 3). Lorsqu'un IXP passe systématiquement de la phase 1 à la phase 3, les avantages de chaque étape augmentent et un écosystème plus large se développe autour de l'IXP.

Figure 3. Étapes de développement de l'écosystème Internet (Source : Internet Society, 2020)



- **Phase 1.** L'IXP sert principalement à l'échange du trafic local entre les fournisseurs d'accès locaux. Les avantages comprennent des coûts réduits pour les fournisseurs d'accès : réduction des coûts pour les fournisseurs d'accès, réduction de la latence dans l'échange de trafic du fait de l'absence d'effet trombone, et meilleure résilience du réseau, qui n'est plus dépendant des connexions internationales pour l'échange de trafic local. En outre, les utilisateurs finaux bénéficient d'une latence plus faible et d'une plus grande résilience, et ils peuvent partager les économies de coûts réalisées par les FAI.⁷ La phase 1 localise approximativement 30 % ou moins du trafic local, car elle n'implique pas un volume de données significatif.

⁷ Les FAI économisent de l'argent en n'ayant pas à utiliser une capacité de transit IP internationale coûteuse pour échanger du trafic ; le trafic est plutôt échangé via l'IXP. Dans un marché de FAI concurrentiel, les économies réalisées grâce à ce coût d'échange inférieur peuvent être répercutées sur les utilisateurs sous la forme de tarifs de données inférieurs ou de paquets de données plus importants pour le même prix.



- **Phase 2.** Les données internationales sont rendues disponibles au niveau local, attirées par l'IXP et les réseaux qui le constituent. Les bénéfices viennent renforcer ceux obtenus lors de la Phase 1, notamment une réduction encore plus importante des coûts et de la latence pour l'accès aux données, ainsi qu'une meilleure résilience. La latence réduite entraîne une augmentation de la consommation de ce contenu, ce qui augmente les revenus des FAI qui vendent des forfaits de données. De plus, le moindre coût d'accès au contenu peut être répercuté sur les utilisateurs finaux ; et les FAI de la région peuvent commencer à se connecter à l'IXP afin d'accéder au contenu transfrontalier, sous régional et international. La Phase 2 localise approximativement 30 % à 70 % du trafic total.
- **Phase 3.** Les données locales sont hébergées localement, plutôt que dans des centres de données situés à l'étranger. Les avantages de cette phase s'appuient sur les avantages de l'hébergement local de contenu international et contribuent à promouvoir une économie numérique en offrant des opportunités aux développeurs de contenu locaux et aux entreprises qui les hébergent.⁸ Les utilisateurs finaux profitent de données locales plus pertinentes. La phase 3 localise 70 % ou plus du trafic total.

Comme indiqué dans notre dernière publication, entre 2012 et 2020, le Kenya et le Nigéria sont passés du début de la Phase 2, avec 30 % de trafic localisé, au début de la Phase 3, avec 70 % de trafic localisé ; l'Afrique du Sud est le seul pays d'Afrique actuellement en Phase 3. Sans surprise, le Kenya, le Nigéria et l'Afrique du Sud ont également les seuls IXP de la région comprenant 50 réseaux connectés ou plus. Avec ce fait essentiel à l'esprit, dans les pages suivantes, nous fournissons des recommandations pour aider d'autres IXP africains à augmenter leur nombre et la variété de leurs réseaux connectés et à franchir avec succès les trois étapes de développement.

Aperçu des IXP en Afrique

L'Internet Society a effectué un large aperçu des membres de l'Association africaine des IXP (Af-IX), ainsi que de plusieurs IXP qui ne sont pas membres.⁹ Les informations que nous avons obtenues contenaient de bonnes nouvelles : plus de la moitié des pays d'Afrique ont actuellement un IXP, et six pays ont plus d'un IXP (Angola, République Démocratique du Congo, Kenya, Nigéria, Afrique du Sud et Tanzanie). En revanche, 20 pays ne disposent toujours pas d'IXP dont ils pourraient bénéficier.

⁸ Pour plus d'informations sur la création d'une économie locale du numérique, voir Michael Kende, « Promouvoir l'économie Internet africaine » (Internet Society, 22 novembre 2017) https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/11/AfricaInternetEconomy_111517.pdf.

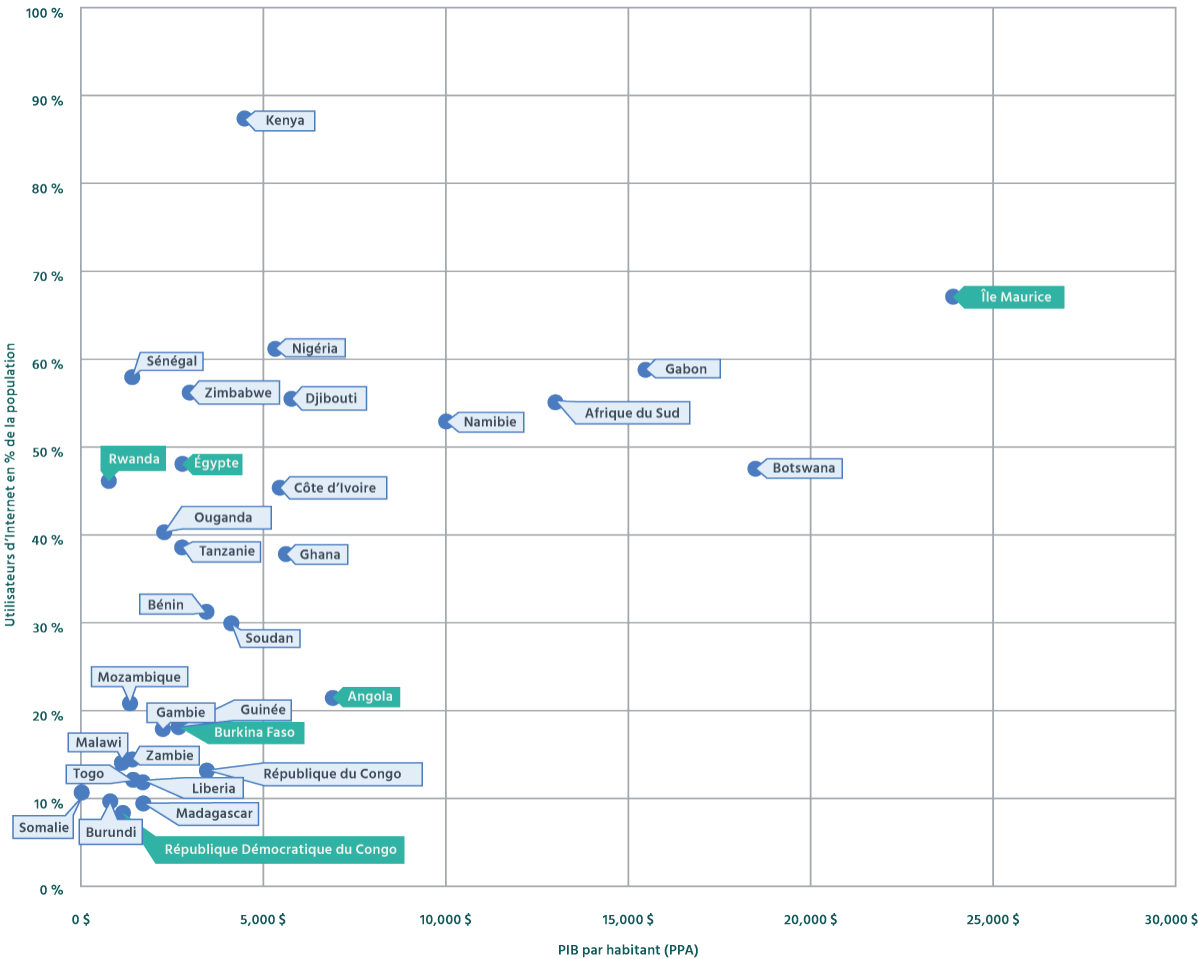
⁹ Voir <https://www.af-ix.net/ixps-list>.



Introduction aux pays hôtes IXP

Les pays que nous avons étudiés présentent des différences significatives en ce qui concerne les niveaux d'adoption d'Internet, qui présentent une faible corrélation avec leurs niveaux de revenu, tels que mesurés par le produit intérieur brut (PIB) par habitant (Figure 4).

Figure 4. Utilisateurs d'Internet et PIB par habitant (Source : InternetWorldStats ; Banque mondiale, 2020)
Vert = pays des études de cas



Certains pays surpassent d'autres en matière d'adoption d'Internet, malgré des niveaux de revenus similaires. Voir les pays au-dessus de la ligne de tendance, notamment le Kenya, avec le Djibouti, le Nigéria, le Sénégal et le Zimbabwe non loin derrière. Nous attribuons ces succès aux environnements favorables et positifs des pays, y compris le soutien à l'écosystème IXP, un contributeur avéré à la réduction du coût de l'accès à Internet et à l'amélioration de l'accès au contenu et aux services connectés à un IXP.

Introduction aux IXP

En examinant chaque IXP en Afrique, nous avons pu identifier ce qui fonctionne, ce qui ne fonctionne pas et où les politiques pourraient aider à promouvoir l'établissement et la croissance d'un IXP. Le tableau détaille les principales caractéristiques de chaque IXP, notamment la ville, le pays, la région, le nom abrégé, l'année de lancement, le nombre de réseaux connectés et les niveaux de trafic de pointe

Tableau 1. IXP africains par région (Source : Af-IX, enquêtes auprès des membres, sites Web IXP, Packet Clearing House (PCH), 2020)

Pays en italique gras = pays des études de cas

Nombre en gras de réseaux connectés et données de volume de trafic de pointe = Données fournies par l'IXP (versus PCH)

Région, Pays	Nom	Ville	Date de lancement	Nombre de réseaux connectés	Pic de trafic (Mbps)
Afrique du Nord					
Égypte	Le Caire IX (CAIX)	Le Caire	2002	5	20,000
Soudan	Point d'échange Internet du Soudan (SIXP)	Khartoum	2011	9	650
Afrique de L'ouest					
Bénin	Bénin IX (BENINIX)	Cotonou	2013	6	859
Burkina Faso	Point d'échange Internet du Burkina Faso (BFIIX)	Ouagadougou	2015	15	10,000
Côte d'Ivoire	Point d'échange Internet Côte d'Ivoire (CIVIX)	Abidjan	2013	9	1,400
Gambie	Point d'échange Internet Serekunda (SIXP)	Serekunda	2014	11	4,600
Ghana	Ghana Internet Exchange (GIX)	Accra	2005	23	60,000



Région, Pays	Nom	Ville	Date de lancement	Nombre de réseaux connectés	Pic de trafic (Mbps)
Guinée	Le Point d'Echange Internet de la Guinée (IXP-GUINEE)	Conakry	2020	7	200
Libéria	Point d'échange Internet du Libéria (LIXP)	Monrovia	2015	4	2
Nigéria	Abuja IX	Abuja	2011		
	Point d'échange Internet du Nigéria (IXPN)	Lagos	2007	74	150,000
	Port Harcourt IX	Port Harcourt	2012		
	Échange Internet d'Afrique de l'Ouest (WAF-IX)	Lagos	2018	16	17,842
Sénégal	Échange Internet du Sénégal (SENIX)	Dakar	2017	6	325
Togo	Point d'échange Internet du Togo (TGIX)	Lomé	2017	4	730
Afrique Centrale					
République Démocratique du Congo	Point d'échange Internet de Kinshasa (KINIX)	Kinshasa	2012	14	14,000
	Point d'échange Internet de Lubumbashi (LUBIX)	Lubumbashi	2019	7	3,500
Gabon	Point d'échange Internet du Gabon (GAB-IX)	Libreville	2014	11	500
République du Congo	Point d'échange Internet du Congo (CGIX)	Brazzaville	2013	7	0.020
Afrique de L'est					
Burundi	Point d'échange Internet national du Burundi (BDIXP)	Bujumbura	2017	8	2.74



Région, Pays	Nom	Ville	Date de lancement	Nombre de réseaux connectés	Pic de trafic (Mbps)
Djibouti	Échange Internet de Djibouti (DjIX)	Djibouti	2016	14	11,000
	Point d'échange Internet du Kenya (KIXP)-Mombasa	Mombasa	2014	8	102
	Point d'échange Internet du Kenya (KIXP)- Nairobi	Nairobi	2002	52	25,620
Kenya	Astéroïde Mombasa (Astéroïde)	Mombasa	2018	10	5,030
Malawi	Échange Internet du Malawi (MIX)	Blantyre	2008	12	6,000
Rwanda	Échange Internet du Rwanda (RINEX)	Kigali	2004	15	1,400
Somalie	Point d'échange Internet de la Somalie (SoIXP)	Mogadiscio	2018	6	.006
Tanzanie	Point d'échange Internet d'Arusha (AIXPO)	Arusha	2006	15	80
	Échange Internet de la Tanzanie (TIX)	Dar es Salam	2004	35	9,900
	Point d'échange Internet de Mwanza (MIXP)	Mwanza	2016	12	155
	Point d'échange Internet de Zanzibar (ZIXP)	Zanzibar	2018	3	8.79
	Point d'échange Internet de Dodoma (DIXP)	Dodoma	2018	4	30
Ouganda	Point d'échange Internet de l'Ouganda (UIXP)	Kampala	2001	28	13,000



Région, Pays	Nom	Ville	Date de lancement	Nombre de réseaux connectés	Pic de trafic (Mbps)
Océan Indien					
Madagascar	Échange Internet mondial de Madagascar (MGIX)	Antananarivo	2016	9	11,8
Ile Maurice	Point d'échange Internet de l'Île Maurice (MIXP)	Ébène	2008	14	110
Afrique Australe					
Angola	Angola-IXP (ANG-IXP)	Luanda	2006	18	1,000
	Angonix	Luanda	2015	24	20,000
Botswana	Échange Internet du Botswana (BIXP)	Gaborone	2005	14	1,000
Mozambique	Échange Internet du Mozambique (MOZIX)	Maputo	2002	18	3,880
Namibie	Point d'échange Internet Namibie (IXWHK)	Windhoek	2014	11	50
Zambie	Point d'échange Internet de Zambie (ZIXP)	Lusaka	2006	13	103
Zimbabwe	Point d'échange Internet de Harare (HIXP)	Harare	2017	10	165
Afrique du Sud	Point d'échange Internet du Cap (CINX)	Le Cap	1997	59	21,600
	Point d'échange Internet de Durban (DINX)	Durban	2012	69	21,700
	Point d'échange Internet de Johannesburg (JINX)	Johannesbourg	1996	113	56,300
	NAPAfrica IX Le Cap (Le Cap)	Le Cap	2012	202	220,000
	NAPAfrica IX Durban (Durban)	Durban	2011	93	12,000
	NAPAfrica IX Johannesburg (Jobourg)	Johannesbourg	2012	425	1,200,000



Les IXP ont été fondés entre 1996 et 2020 (Figure 5), avec un pic d'activité à partir de 2011 et un léger ralentissement jusqu'à aujourd'hui. Ce timing correspond à plusieurs facteurs. L'Internet Society a commencé l'activité ITE décrite précédemment entre 2008 et 2010, et elle a organisé le premier Forum africain du Peering et de l'interconnexion vers la fin de 2010 à Nairobi.¹⁰ Et en 2012, l'Union africaine a lancé son projet de système d'échange Internet africain (AXIS) pour faciliter l'établissement d'IXP en Afrique.¹¹ Les résultats de ces efforts sont décrits dans les pages qui suivent, y compris les avantages d'une sensibilisation accrue, le développement des capacités et les autres niveaux de soutien qui ont été fournis.

Figure 5. IXP africains : années de création (Source : Af-IX, 2020)



Réseaux connectés

Deux des caractéristiques clés utilisées pour évaluer les IXP sont le nombre de réseaux connectés et la quantité totale de trafic échangé. Alors que la quantité de trafic indique en fin de compte l'impact de l'IXP, en termes économiques de l'échange de trafic local et des avantages d'une latence plus faible, le trafic est une mesure du résultat de l'échange. Cela peut ne pas indiquer le plein impact de l'IXP. Par exemple, lorsque les membres d'un IXP se trouvent dans le même centre de données et commencent à utiliser des interconnexions de réseaux privés (PNI) pour échanger du trafic entre des membres sélectionnés, c'est un avantage découlant de la présence de l'IXP, mais cela n'apparaît pas dans le volume de trafic échangé.

¹⁰ Voir <https://www.afpif.org>.

¹¹ Voir <https://au.int/en/blockdatas/axis/axis-page>.

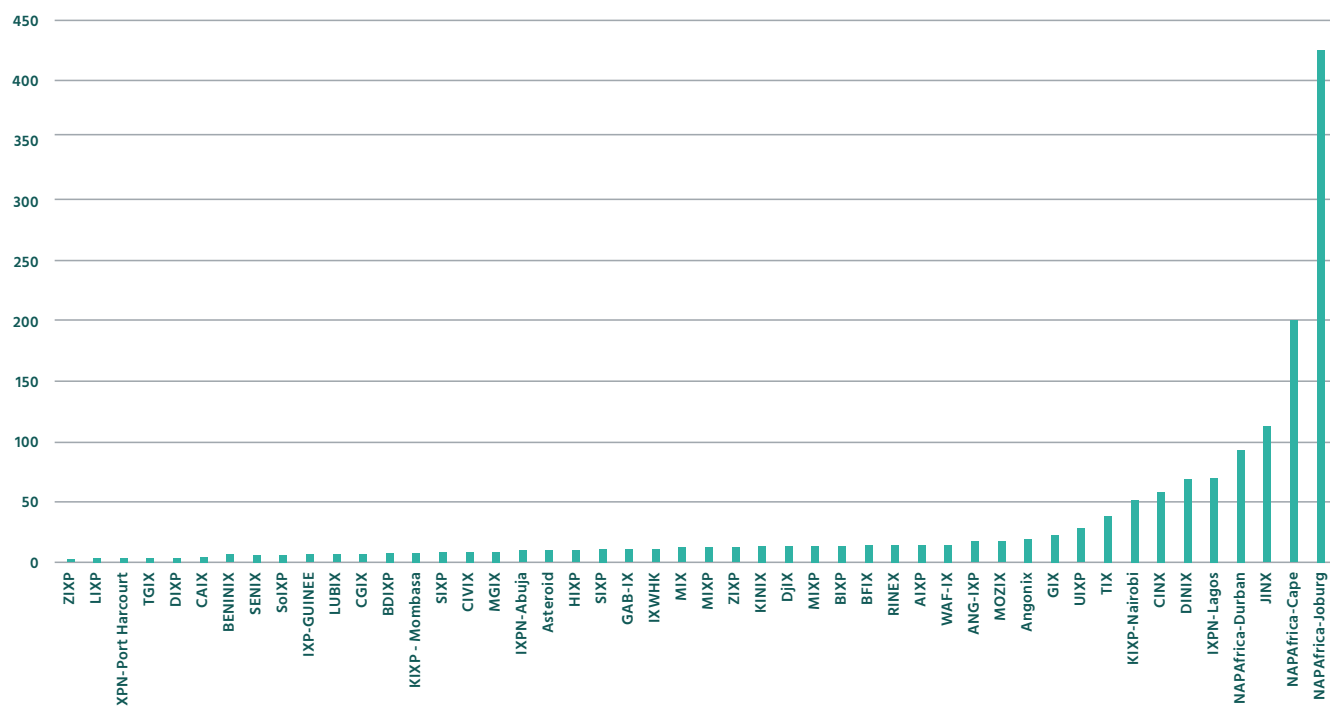


Le trafic est généré par les membres. Dans cet état d'esprit, une mesure plus pertinente pour évaluer un échange peut être le nombre de réseaux connectés, une mesure de la santé globale de l'écosystème Internet dans le pays et la région, ainsi que l'IXP. Le nombre de réseaux connectés, à son tour, détermine la quantité de trafic échangé.¹² De plus, même si les membres utilisent un PNI pour échanger entre des réseaux sélectionnés, ils se connecteront toujours à l'échange pour d'autres échanges de trafic.

Un IXP par définition doit avoir au moins trois réseaux connectés. En effet, un réseau n'a pas besoin d'échanger de trafic et deux peuvent utiliser un simple accord bilatéral. Le nombre de réseaux connectés dans les IXP africains va du minimum de trois à plus de 400 réseaux de NAPAfrica Johannesburg (Figures 6 et 15).

Alors que tous les IXP sud-africains font état d'au moins 50 membres, seuls deux autres IXP africains peuvent en dire autant : IXPN-Lagos et KIXP-Nairobi. L'Afrique du Sud, le Nigéria et le Kenya sont généralement considérés comme des hubs numériques dans leurs régions. Le rapport de l'Internet Society 2020 susmentionné a montré qu'IXPN et KIXP approchaient du Stade 3 du développement de l'IXP, avec 70 % du trafic localisé, tandis que NAPAfrica signale des membres qui atteignent 80 % ou plus de leur trafic localement.

Figure 6. Nombre de réseaux connectés (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)



¹² Les réseaux connectés peuvent être mesurés par le nombre de numéros uniques de système autonome (ASN) au niveau de l'échange et par les adresses IP qu'ils annoncent. La plupart des IXP répertorient leurs membres sur leurs sites Web.



Le nombre et la diversité des réseaux connectés à un IXP reflètent clairement la santé de l'écosystème Internet global dans un pays et la position du pays dans la région. Cet écosystème peut être impacté par les facteurs suivants : les réglementations des télécommunications, l'environnement relatif au contenu et les conditions de l'IXP. Ces facteurs, décrits dans les pages suivantes, peuvent déterminer le nombre de réseaux connectés, y compris les réseaux d'accès, les fournisseurs de contenu et d'autres réseaux divers, ce qui à son tour a un impact sur la quantité de trafic.

Réglementations des télécommunications

Les réseaux d'accès, y compris les FAI fixes et les ORM qui fournissent des services d'accès Internet, initient généralement le développement d'un IXP en tant que premiers membres. Dans certains cas, un gouvernement développe l'IXP pour une utilisation par les réseaux d'accès. En conséquence, en termes pratiques, la croissance au Stade 1 du développement d'un IXP dépend du nombre de réseaux d'accès Internet dans un pays, qui à son tour dépend de l'ouverture du marché. Un pays qui n'a pas entièrement libéralisé son marché des télécommunications ou qui a des licences restrictives pour les FAI aura moins de FAI, et vice versa. De même, les restrictions qui empêchent les FAI et les opérateurs régionaux d'entrer dans un pays et d'échanger du trafic restreindront la portée régionale de l'IXP.

L'absence de concurrence, entre les réseaux d'accès, a un certain nombre d'impacts connexes sur un écosystème. Premièrement, cela se traduira par des prix d'accès à Internet plus élevés et moins de choix en termes de fonctionnalités et de vitesses à large bande, qui restreignent l'adoption d'Internet. Deuxièmement, le volume de trafic échangé entre les réseaux d'accès sera limité, rendant l'IXP moins attrayant pour les fournisseurs de contenu.

Un problème connexe est le coût de la connectivité longue distance. Au sein d'un pays, les coûts de connectivité terrestre ont un impact sur le nombre de membres qui peuvent se permettre de se connecter à un central. Réduire les coûts de déploiement des réseaux dorsaux et permettre la concurrence entre les fournisseurs d'infrastructures réduit à la fois le coût de connexion à l'échange et augmente la résilience du réseau.

De même, le coût de la connectivité internationale influence son accès par les FAI régionaux, ainsi que le coût d'accès aux contenus et services à l'étranger. Le coût du transit IP international est affecté par le niveau de concurrence au niveau de la passerelle internationale et pour le transport dorsal national. Comme indiqué, ce coût peut être élevé dans les pays côtiers dotés de câbles sous-marins, et encore plus élevé dans les pays enclavés qui dépendent de leurs voisins pour l'accès.



Les réseaux d'accès sont probablement les premiers membres de l'IXP. Cependant, seul un nombre limité de réseaux d'accès peut fonctionner dans un pays. Du côté fixe, des câbles vers les résidences ou les entreprises sont nécessaires pour fournir le service, et l'aspect économique du déploiement de ces réseaux limite le nombre de FAI. Du côté du sans fil, il y a une limite sur la quantité de spectre de fréquences radios dans un pays, ce qui limite le nombre de ORM. Un IXP dépendant principalement des réseaux d'accès sera limité en termes de réseaux connectés.

Au fur et à mesure que l'adhésion à l'IXP dépasse le nombre de réseaux d'accès présents dans un pays, elle commence à indiquer et à refléter une plus grande diversité d'acteurs opérant dans l'écosystème Internet local. Par exemple, au Kenya, KIXP compte plus de 50 réseaux connectés, dont quatre ORM fournissant des services de données et neuf FAI avec au moins 0,1 % de la part du marché totale (et dont deux des ORM).¹³ Les autres membres de l'IXP sont un mélange de fournisseurs de contenu locaux et internationaux, de transporteurs internationaux, d'agences gouvernementales et d'entreprises.¹⁴ Le Nigéria et l'Afrique du Sud ont probablement des adhésions IXP encore plus diverses, car leurs IXP ont plus de membres, tandis que leurs écosystèmes sont confrontés aux mêmes contraintes sur le nombre de réseaux d'accès opérant sur leurs marchés. Ainsi, pour augmenter le nombre de membres à l'IXP, les politiques de télécommunications qui ouvrent le marché aux réseaux d'accès ne sont que la première étape.

Environnement du contenu

Les fournisseurs de contenu et de services représentent un bassin important et apprécié de membres potentiels de l'IXP. Cela inclut les CDN internationaux, les fournisseurs de contenu locaux et les fournisseurs de services. Un certain nombre de facteurs peuvent influencer le nombre de fournisseurs potentiels dans cette catégorie.

Le contenu international comprend généralement des films, des émissions de télévision et des compétitions sportives développés pour un public national et mondial. Cependant, certains contenus sont créés par les utilisateurs eux-mêmes (par exemple, les publications Facebook et les vidéos YouTube) et leur création dépend du niveau d'utilisateurs dans un pays. En outre, un certain nombre de facteurs peuvent déterminer la création de contenu local, notamment une éducation et une formation pertinentes et le coût d'accès. D'autres déterminants de la disponibilité du contenu local incluent le niveau de digitalisation des institutions gouvernementales et éducatives, et la capacité de traiter les paiements en ligne, ce qui augmente l'inclusion financière et facilite le commerce électronique.

¹³ Pour la dernière répartition des ORM et des FAI, voir <https://ca.go.ke/wp-content/uploads/2020/12/Sector-Statistics-Report-Q1-2020-2021.pdf>, pp. 18-19.

¹⁴ Pour la dernière répartition des ORM et des FAI, voir <https://ca.go.ke/wp-content/uploads/2020/12/Sector-Statistics-Report-Q1-2020-2021.pdf>, pp. 18-19.



Les fournisseurs de contenu sont un ensemble important de membres potentiels, qui peuvent apporter une quantité importante de contenu à un écosystème local. Pour comprendre les flux de trafic de données, il est important de faire la distinction entre les données statiques et dynamiques. Les données statiques ne changent pas avec le temps, et peuvent donc être conservées dans des emplacements multiples, hors des sites où elles ont été générées. Les vidéos sont un type important de données statiques, notamment les vidéos générées par les utilisateurs et les vidéos à caractère commercial, comme les émissions de télévision et les films. Les données dynamiques changent de manière continue au fil des demandes de l'utilisateur, et ne peuvent donc pas être conservées. Les communications directes entre utilisateurs finaux, comme les messages sur les médias sociaux, les jeux en ligne et les appels en visioconférence sont des exemples de données dynamiques.

Les CDN représentent un nouvel ensemble de fournisseurs qui déploient des caches afin de stocker du contenu statique populaire dans plusieurs emplacements. Ces caches sont souvent appelés caches de périphérie, car ils sont en périphérie du réseau du CDN, aussi proche que possible de l'utilisateur. Un autre moyen pour un CDN de développer son réseau dans un pays consiste à déployer un point de présence (PoP) qui fournit du contenu et des services dynamiques et qui remplit les caches périphériques avec du contenu statique. Le partage de contenu à partir de CDN via un IXP peut réduire considérablement le coût d'accès au contenu, tout en augmentant la quantité de trafic provenant localement.

En plus des fournisseurs de contenu, d'autres réseaux connectés potentiels fournissent des services en ligne, notamment des réseaux gouvernementaux qui offrent des services d'administration en ligne, des réseaux pour la recherche et l'enseignement (REN) et des entreprises qui offrent des services privés, comme les banques. Les fournisseurs de services cloud offrant un stockage cloud, des services de communication, des jeux en ligne et des services d'entreprise sont également importants, en particulier compte tenu de la dépendance accrue aux services Internet en réaction à la pandémie de COVID-19. Alors que ces fournisseurs commencent à offrir des services dans un pays, lui-même indicateur de la santé de l'écosystème, ils seront confrontés à des défis similaires à ceux des fournisseurs de contenu concernant l'endroit où héberger leurs services.

Tous les contenus et services, qu'ils soient internationaux ou locaux, ne sont pas hébergés localement. Un certain nombre de réglementations relatives au contenu peuvent avoir une incidence sur l'hébergement local du contenu, notamment les lois sur la confidentialité et la protection des données, la responsabilité des intermédiaires et la nature des demandes de retrait. En outre, le coût du transit IP international peut avoir une incidence sur la décision de localiser un cache CDN, un PoP ou un service cloud dans un pays, car le coût de remplissage du cache ou de livraison de contenu au PoP ou au service cloud doit être payé.



Des facteurs commerciaux peuvent également déterminer la décision d'héberger du contenu ou des services localement dans un centre de données en colocation. Un centre de données est une installation utilisée pour héberger des routeurs, des serveurs et d'autres ressources informatiques pour les applications et les données. La colocation signifie que le centre de données héberge des équipements appartenant à des parties indépendantes, telles que des FAI, des CDN, des entreprises, etc. Un centre de données peut être neutre vis-à-vis de l'opérateur, ce qui signifie qu'il n'appartient pas majoritairement à un opérateur qui fournit également des services d'infrastructure réseau à la même installation. Cela permet une concurrence entre les opérateurs, dont les services sont utilisés pour fournir du contenu ou des services vers et depuis le centre de données. Un centre de données de colocation neutre vis-à-vis des opérateurs est souvent le type d'emplacement d'hébergement préféré.

Même avec la disponibilité de centres de données neutres vis-à-vis des opérateurs, les coûts d'hébergement en Europe sont souvent bien inférieurs à ceux de l'Afrique, en raison des économies d'échelle sur les marchés européens beaucoup plus vastes. Il est important d'aborder tous les problèmes d'un pays qui peuvent avoir un impact sur le coût de l'hébergement local, notamment une alimentation électrique fiable et peu coûteuse, le terrain nécessaire pour le centre de données avec des connexions aux opérateurs, et le coût de construction et d'exploitation d'un centre de données. En outre, alors que les centres de données bénéficient des économies d'échelle résultant de l'exploitation de grandes installations, la concurrence dans les centres de données contribue également à développer l'écosystème Internet plus large en offrant des choix et en stimulant la croissance des réseaux.

Conditions IXP

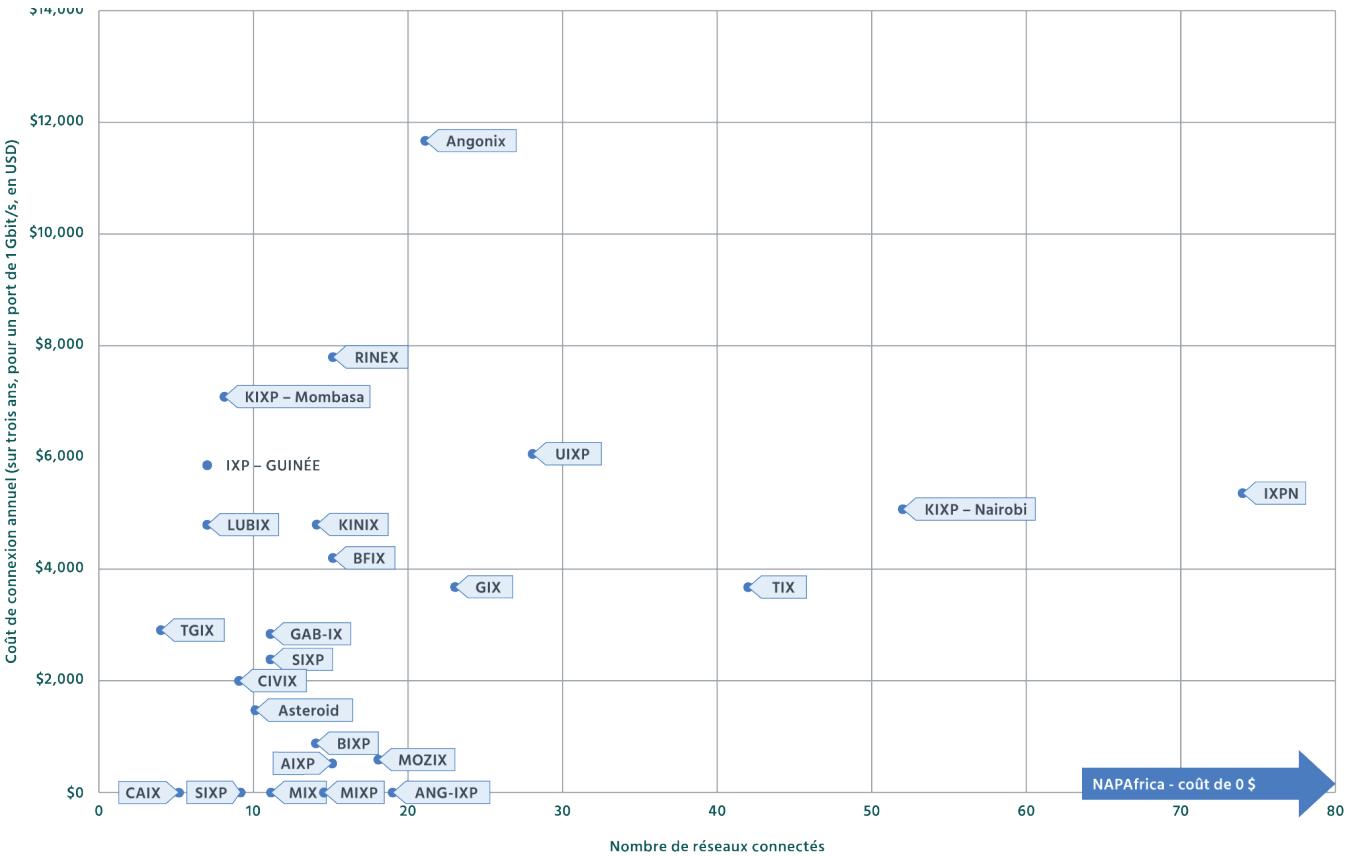
Au niveau le plus fondamental, les exigences d'un IXP peuvent limiter son nombre de réseaux connectés. Par exemple, dans certains pays, le gouvernement ou l'IXP n'autorise effectivement que les FAI à se connecter ; cela peut créer une limite supérieure sur le nombre de membres. D'autres conditions, telles que les accords multilatéraux obligatoires de peering (MMLPA), peuvent dissuader les membres potentiels qui souhaitent choisir avec qui ils se mettront à faire du peering, plutôt que d'être obligés de faire le peering avec tous les autres membres.

Le déploiement physique d'un IXP peut également faire la différence. Si un IXP est hébergé dans un centre de données neutre vis-à-vis des opérateurs, cela peut encourager les membres déjà présents à rejoindre l'IXP, voire attirer de nouveaux membres. Un IXP avec plusieurs nœuds dans une ville ou dans d'autres villes peut offrir à la fois plus de diversité et plus de concurrence pour l'hébergement, ce qui peut encourager davantage les réseaux à rejoindre l'IXP.



Le coût de l'échange de trafic via un IXP doit être pris en compte lors de l'évaluation du nombre de réseaux connectés. Il peut y avoir trois coûts pour la connexion à un IXP : des frais d'adhésion uniques, des frais annuels et des frais de port mensuels qui dépendent généralement de la vitesse de connexion que le membre souhaite avoir au point d'échange. Afin de comparer les différents coûts, nous avons calculé le coût annuel moyen sur trois ans de connexion pour un port 1 Gbps ; les coûts varient de zéro à près de 12 000 \$ (Figure 7).¹⁵

Figure 7. Coût de connexion sur trois ans et nombre de membres
(Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)



15 Nous avons exclu les IXP pour lesquels nous n'avions pas les coûts. Nous avons également exclu les IXP de l'Afrique du Sud, qui comptent jusqu'à 425 membres. Cela nous a permis de voir plus précisément la propagation complète des IXP inclus. Voir l'annexe C pour la figure complète.



Cela dit, le coût de connexion ne semble pas avoir un impact appréciable sur le nombre de réseaux connectés. Par exemple, NAPAfrica a en même temps des coûts de connexion nulle et le plus grand nombre de membres connectés.¹⁶ Cependant, les autres IXP gratuits et low-cost ne font pas mieux que les plus chers, dont Angonix (Angola) dans le haut de gamme. Les IXP du milieu de gamme—IXPN (Nigéria), KIXP (Kenya), TIX (Tanzanie) et UIXP (Ouganda)—ont le plus grand nombre de réseaux connectés, ce qui suggère fortement que d'autres facteurs sont en jeu.

Afin d'augmenter le nombre de réseaux connectés et leurs échanges de trafic associés, deux éléments sont nécessaires : la sensibilisation et le renforcement des capacités.

- **Sensibilisation.** On ne soulignera jamais assez l'importance de fournir une éducation sur les avantages du peering à un IXP. La sensibilisation peut augmenter les connexions dans les pays en attirant de nouveaux membres, y compris les petits FAI, les fournisseurs de contenu locaux, les institutions gouvernementales et éducatives, et même les entreprises.
- **Renforcement des capacités.** Les membres existants et potentiels d'un IXP ont besoin d'une formation pour comprendre comment tirer le meilleur parti d'un IXP et comment assurer un routage efficace de leur trafic. Au fur et à mesure que l'IXP augmente le nombre de nœuds et la variété de membres connectés, une formation continue les aidera à s'adapter aux changements.

La sensibilisation et le renforcement des capacités peuvent être assurés par l'IXP lui-même, par l'Internet Society, le Centre d'information sur les réseaux africains (AFRINIC), les groupes d'opérateurs de réseau (NOG), Packet Clearing House (PCH) et d'autres. En outre, le site Web d'un IXP est un atout souvent négligé qui comprend des informations sur les avantages de rejoindre l'IXP, des liens vers des publications et des documents actuels, et des manuels de procédures qui visent à faciliter le processus d'adhésion.

Relation entre le nombre de réseaux et le trafic

Une augmentation du nombre et de la diversité des réseaux connectés à un IXP indique un écosystème Internet sain dans ce pays et cette région, et garantit que les avantages du peering local sont largement appréciés. Comme chaque réseau générera du trafic qui n'aurait peut-être pas atteint l'IXP autrement, plus il y a de réseaux connectés, plus le trafic total via l'IXP est important. De plus, il existe une corrélation intéressante entre le nombre de réseaux connectés à un IXP et la quantité de trafic qui le traverse.

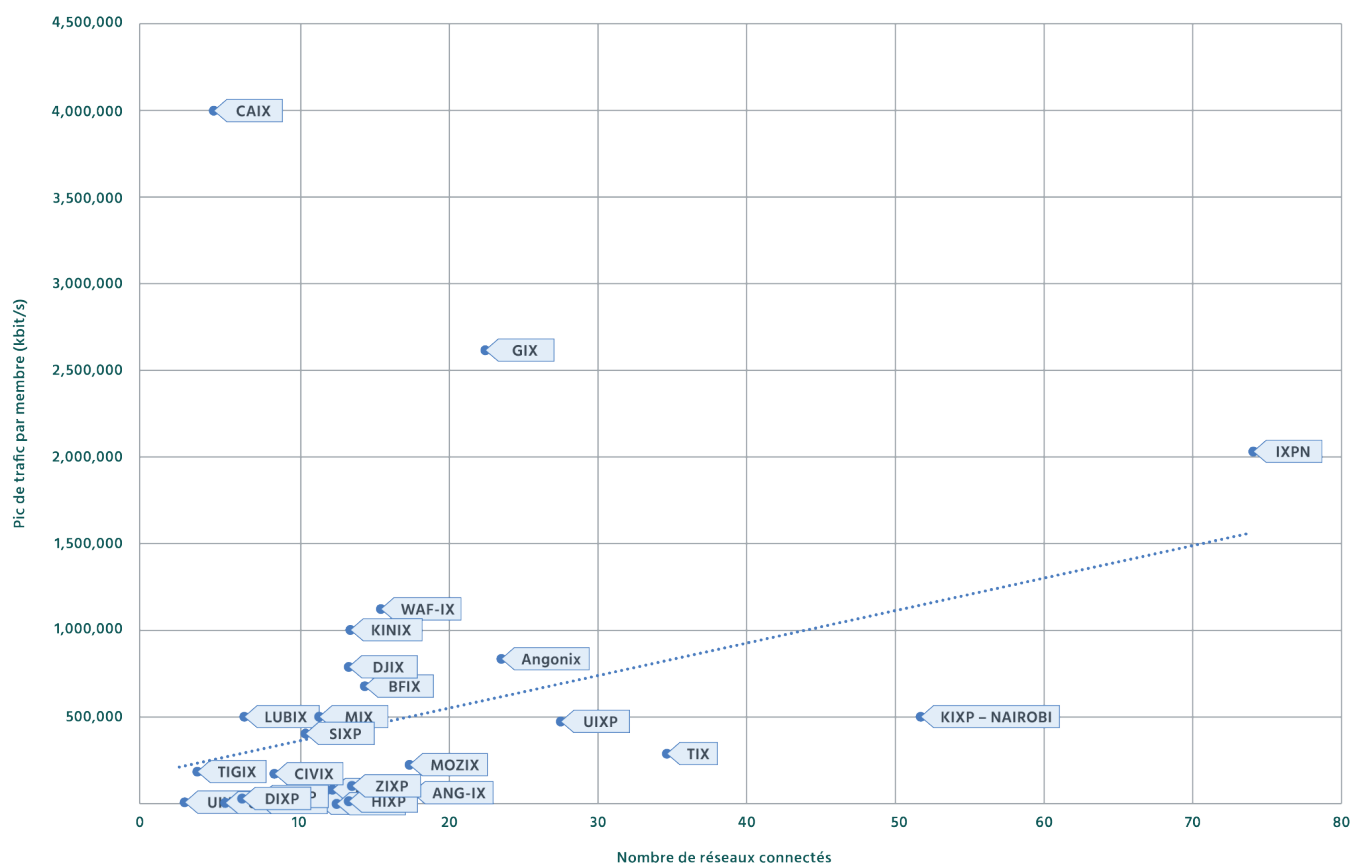
La figure 8 montre que, globalement, pour les IXP de cette étude, le volume de trafic par

¹⁶ NAPAfrica est situé dans les centres de colocation Teraco, mais ce n'est pas seulement gratuit pour les clients Teraco ; cela permet également des « ports distants » pour les réseaux dans d'autres centres de données locaux et internationaux.



réseau a tendance à augmenter à mesure que le nombre de réseaux connectés augmente.¹⁷ Il n'est pas surprenant que le trafic total augmente avec le nombre de membres connectés, mais cela démontre que la quantité moyenne de trafic augmente également, comme le montre la courbe de tendance.¹⁸ Cela suggère une propriété génératrice de volume de trafic : à mesure que le nombre de membres augmente, le trafic par membre augmente également, développant ainsi un cycle positif qui aide à atteindre l'objectif d'augmentation du trafic local.

Figure 8. Nombre de réseaux et trafic par réseau (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)



Cette tendance n'est pas seulement vraie à travers les IXP en Afrique, comme l'indiquent le nombre actuel de réseaux et le trafic de pointe ; c'est également vrai pour les IXP individuels à mesure qu'ils grandissent. Les données historiques de deux IXP—NAPAfrica Johannesburg et UIXP—illustrent ce phénomène (Figures 9 et 10, respectivement). Notez qu'à mesure que le nombre de réseaux connectés augmente, la quantité de trafic par

¹⁷ Compte tenu du nombre important de réseaux connectés et de trafic par réseau connecté dans les IXP sud-africains, en particulier NAPAfrica Johannesburg, ce chiffre n'inclut pas l'Afrique du Sud. Voir l'annexe C pour une figure qui inclut l'Afrique du Sud.

¹⁸ Notez qu'il y a une utilisation significative, bien que non mesurée, des réseaux privés d'interconnexion (PNI) à KIXP-Nairobi. Cela fait que les données de trafic par membre connecté semblent faibles ; il serait nettement plus élevé si le trafic PNI était inclus.



réseaux connectés augmente ; dans le cas de l'Ouganda, le trafic par réseau augmente encore plus vite que la croissance des réseaux connectés.

Figure 9. Réseaux et trafic NAPAfrica (Source : NAPAfrica, 2020)

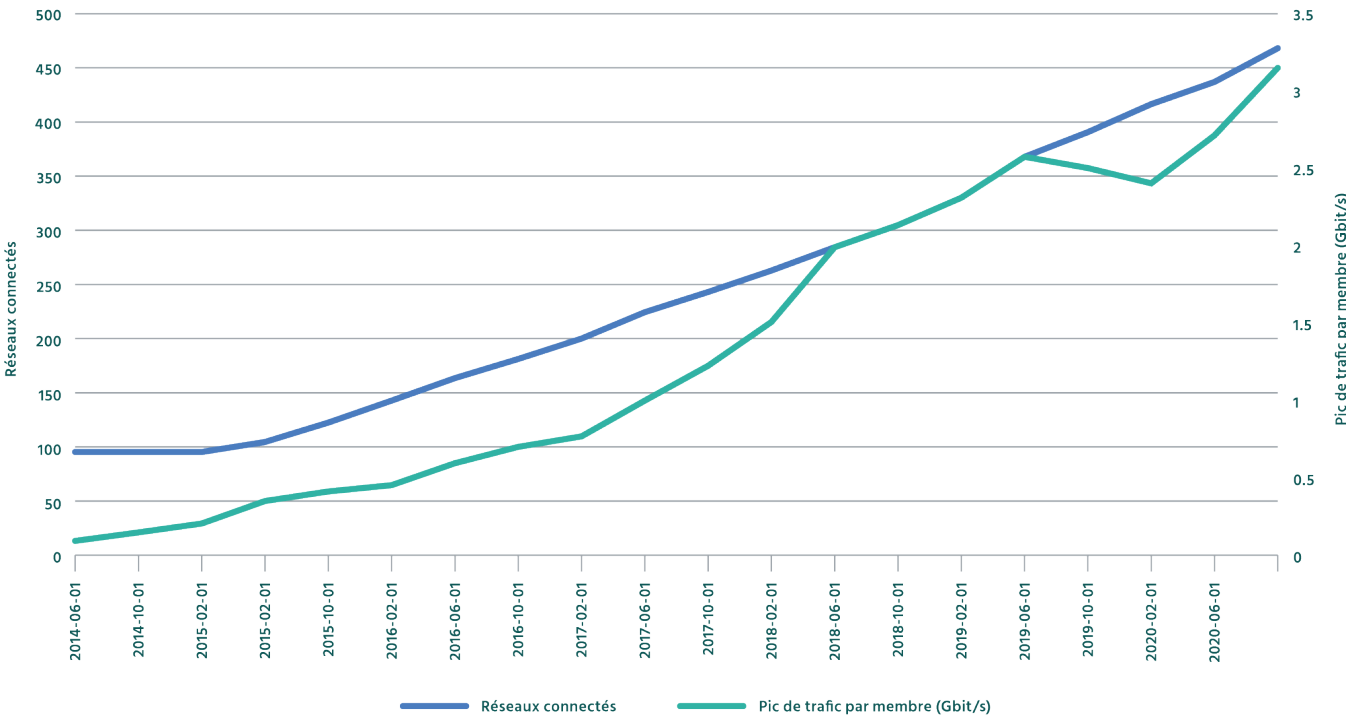
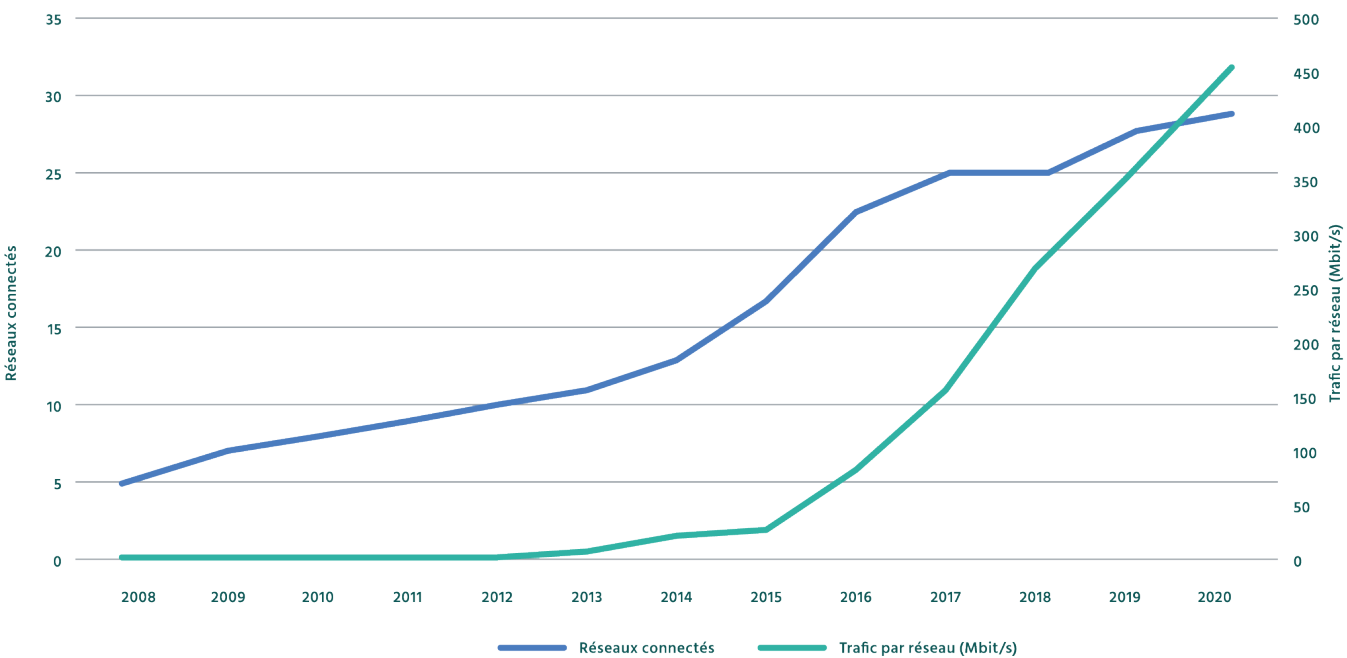


Figure 10. Réseaux et trafic UIXP (Source : UIXP, 2020)



Les périodes couvertes par la Figure 9 (2014-2020) et la Figure 10 (2008-2020) impliquent une croissance significative des écosystèmes Internet de ces pays. Toutefois, le trafic par réseau a été multiplié par 27 dans le cadre de NAPAfrica en Afrique du Sud, ce qui est nettement plus rapide que la croissance du nombre d'utilisateurs d'Internet, qui a été multiplié par 1,28 au cours de la même période. De même, en Ouganda, le trafic d'UIXP par réseau a été multiplié par plus de 500, mais sur une période plus longue. Depuis 2014 seulement, le trafic UIXP par réseau a été multiplié par près de 20.

Mais une augmentation du nombre d'utilisateurs d'Internet dans chaque pays n'est pas la seule croissance à avoir eu lieu ; il y a aussi une augmentation quantifiable de la capacité sur l'ensemble des réseaux à large bande des pays. L'Ouganda a bénéficié de l'installation de câbles sous-marins sur la côte Est de l'Afrique en 2009, et les smartphones et le haut débit mobile ont été introduits dans le monde à peu près à la même époque. La consommation de contenu s'est également développée - une quantité croissante de vidéos est disponible, ainsi que d'autres applications qui font augmenter la demande. Bien que nous nous attendions à ce que ce qui précède augmente le trafic par membre dans le pays, c'est l'UIXP qui a contribué à stimuler la croissance de la consommation de contenu.

Le faible coût et les avantages de la latence du peering à un IXP favorisent l'échange de trafic, qui, à son tour, attire les caches des CDN pour distribuer du contenu à leurs utilisateurs. Notez que lorsque les grands CDN ont commencé à rejoindre UIXP (Akamai en 2016, Google en 2017 et Facebook en 2019), le volume de trafic par réseau connecté a rapidement augmenté. L'ajout de tels membres valide le rôle de l'IXP et ajoute une quantité importante de trafic à la fois globalement et au trafic par numéros de réseau connectés, comme le montre la figure 10.

Une histoire similaire peut être racontée en Afrique du Sud, où la capacité internationale abondante et le volume de trafic font baisser les coûts d'accès. En plus de l'augmentation de la capacité mobile et de son adoption, les déploiements de la fibre optique à large bande offrent une capacité accrue qui est utilisée avec la vidéo à la demande et les sports en streaming, ainsi que les CDN internationaux avec caches et PoP. Le coût du peering sur NAPAfrica est nul¹⁹ et la latence plus faible de l'IXP continue d'augmenter l'utilisation, créant ainsi un cercle vertueux de croissance.

¹⁹ Voir la note de bas de page 16.



Il est clair que plus le nombre de réseaux connectés à un IXP est grand, plus cet IXP devient attractif pour les autres réseaux ; ces réseaux peuvent alors profiter d'un accès à faible coût à un nombre croissant de réseaux. C'est le cycle qui a conduit la localisation du trafic à des niveaux de 80 % et au-delà en Afrique du Sud. Encore une fois, une faible latence favorise l'utilisation et un faible coût de connexion favorise des services à bande passante plus élevée. De plus, le succès de l'IXP a contribué à stimuler le trafic régional, ce qui a encore augmenté la quantité de trafic localisé et de trafic par réseau connecté.

Nous pouvons conclure qu'un nombre accru de réseaux à l'IXP est à la fois un bon indicateur d'un écosystème Internet sain et un accélérateur de croissance du trafic. Il convient de noter que les seuls IXP africains avec plus de 50 réseaux connectés se trouvent au Kenya, au Nigéria et en Afrique du Sud, chacun étant en phase 3 de développement ou en voie de l'être.

Enquêtes IXP

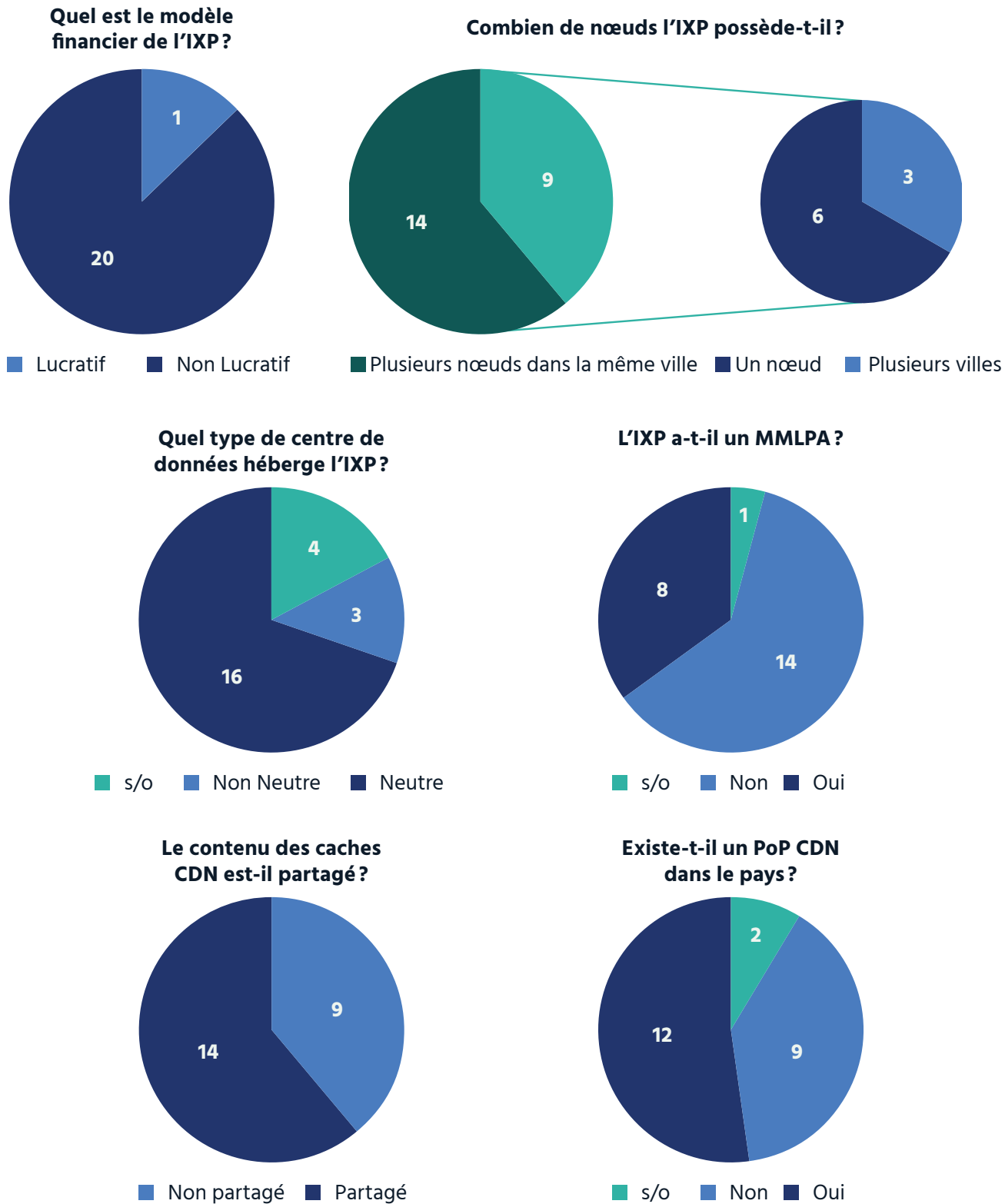
Afin d'identifier les facteurs qui contribuent ou non à la croissance d'un IXP, l'Internet Society a envoyé des enquêtes aux directeurs de chaque membre de l'Association africaine des IXP (Af-IX) - 46 IXP actifs dans 42 villes de 34 pays (voir Annexe 2).²⁰ Parmi celles-ci, nous avons reçu 23 réponses, représentant 50 % des IXP, ce qui, d'après notre expérience, est un taux de réponse important. Un résumé des données et des réponses de l'enquête suit avec certaines des questions et réponses les plus révélatrices mises en évidence (Figure 11).

- Vingt IXP sont à but non lucratif.
- Quatorze IXP ont un nœud ou point de présence.
- Neuf IXP ont deux nœuds ou plus, dont six ont des nœuds dans la même ville et trois ont des nœuds dans plusieurs villes.
- Seize IXP sont situés dans des centres de données neutres vis-à-vis des opérateurs, trois ne le sont pas et quatre n'ont pas indiqué d'emplacement.
- Huit IXP emploient des MMLPA.

²⁰ Voir <https://www.af-ix.net/ixps-list>.



Figure 11. Réponses à l'enquête IXP (Source : Internet Society, 2020)



Tous les IXP sauf un ont signalé la présence d'au moins un CDN international dans leur pays, dans 14 cas avec un cache hébergé sur le réseau d'un FAI et connecté directement à l'IXP, et dans les autres cas, indirectement connecté, via un IXP. De plus, 12 des IXP ont signalé la présence d'au moins un CDN PoP capable de remplir les caches et de fournir du contenu dynamique aux FAI connectés. Facebook et Google étaient disponibles dans presque tous les pays, suivis d'Akamai dans la moitié d'entre eux, et de Netflix et Cloudflare dans d'autres.

Si ces CDN internationaux représentent une part importante du contenu consommé par les utilisateurs, et donc du trafic échangé par le biais de l'IXP, l'écosystème bénéficie également de la présence de fournisseurs de contenu locaux hébergés dans le pays et connectés aux FAI par le biais de l'IXP. Lors de l'enquête, huit directeurs d'IXP ont déclaré sans ambiguïté qu'il y avait un contenu local important hébergé dans leur pays, cinq ont dit qu'il y en avait, et neuf ont dit, qu'il n'y en avait effectivement aucun. D'un autre côté, le contenu local disponible localement est largement disponible via l'IXP, ce qui est positif.

Dans certains pays, la raison invoquée pour le manque de contenu local hébergé localement est qu'il y a peu de contenu local disponible, en raison à la fois de la capacité des développeurs et des préférences des consommateurs pour le contenu international. Cependant, le contenu local disponible est souvent hébergé à l'étranger pour trois raisons importantes : le manque d'infrastructure pour héberger le contenu, le coût de l'hébergement s'il existe des centres de données disponibles et le manque de connaissance des options locales. Chaque situation justifie des efforts supplémentaires pour augmenter la quantité d'hébergement de contenu local.

Pouvez-vous estimer pour votre pays quel pourcentage du trafic Internet total est national par rapport à l'international ?

Les réponses à cette question variaient considérablement. Cinq directeurs d'IXP ont estimé le nombre à 5 % ou moins de trafic national, deux directeurs ont répondu à moins de 1 %, deux autres ont dit 10 % et quatre ont estimé le nombre à 20-25 % - les réponses qui indiquent que la majorité des IXP sont encore au Stade 1 de développement. Deux IXP sont au Stade 2, avec un directeur répondant à 35 % et un autre à environ 50 %. Nous savons d'après des travaux antérieurs que le Kenya et le Nigéria ont chacun environ 70 % de trafic Internet national, et l'Afrique du Sud a un pourcentage encore plus élevé. Cette disparité signifie clairement qu'un travail substantiel reste à faire dans de nombreux pays pour localiser et développer le contenu, et pour aider à atteindre l'objectif de la communauté - inspiré par l'Internet Society - de 80 % de trafic local à travers l'Afrique.



Pensez-vous qu'il y a une prise de conscience générale des avantages d'un IXP dans votre communauté Internet locale, en particulier chez les petits FAI et les fournisseurs de contenu locaux ?

Dans l'ensemble, les réponses à cette question ont été assez positives, la majorité affirmant qu'il existe au moins une sensibilisation générale ; seuls trois répondants ont déclaré qu'il n'y avait effectivement pas ou peu de sensibilisation.

Comment la sensibilisation a été faite ? Que pourrait-on faire pour augmenter la sensibilisation ?

Les personnes interrogées ont cité un certain nombre de moyens de sensibilisation, notamment des réunions, des ateliers, des tournées de présentation, des mini-séminaires, des couvertures médiatiques, des discussions en ligne, des formations de l'Internet Society et des publications. Notamment, la plupart ont également déclaré que davantage pourrait être fait, en particulier en ce qui concerne les fournisseurs de contenu local et les petits FAI.

Selon Jacob Dagunduro, Gestionnaire de réseau principal au Point d'échange Internet du Nigéria, « Il y a une prise de conscience générale des avantages, et cela constitue généralement la base de l'intérêt pour le service IXP. La sensibilisation de la communauté se fait via des événements, des ateliers et des publications de médias sur les progrès et l'impact de l'IXP. Des campagnes médiatiques plus ciblées, la localisation de plus de contenu gouvernemental, une collaboration plus renforcée entre l'IXP et les centres de données, et davantage de campagnes de sensibilisation via des événements et des ateliers [pourraient aider à augmenter la sensibilisation]. »

Pensez-vous qu'il y a suffisamment de renforcement des capacités en matière de peering et d'interconnexion dans votre pays ? Quelles sont les sources de renforcement des capacités ? Que pourrait-on faire pour augmenter le renforcement des capacités ?

Plusieurs participants ont répondu, oui, qu'il y a suffisamment de renforcement des capacités dans leurs pays ; 18 ont dit qu'il en fallait plus. Les principales sources de renforcement des capacités citées comprennent l'Internet Society, l'AFRINIC, les NOG locaux, PCH et les associations locales de fournisseurs de services Internet. Clairement, avec plus de 40 IXP dans plus de 30 pays en Afrique, et en particulier maintenant avec le COVID-19, la formation en présentiel est largement impossible en ce moment. Des solutions qui créent un effet de levier pour les ressources actuelles seraient les bienvenues et utiles, même après la levée des restrictions liées à la pandémie.



Existe-t-il des obstacles au niveau des politiques en général qui ont un impact sur les FAI dans votre pays ?

Environ la moitié des opérateurs IXP ont déclaré qu'il n'y avait aucun obstacle réglementaire auquel les FAI de leur pays étaient confrontés. D'autres ont mis l'accent sur le coût des dorsales internationales et nationales, et d'autres encore ont cité le manque de concurrence comme un obstacle à la croissance dans leur pays.

Y a-t-il des obstacles au niveau des politiques par rapport au développement d'un centre de données dans votre pays ou à l'introduction d'un cache ou d'un point de présence dans votre pays par un fournisseur de contenu international ?

Les opérateurs d'IXP ont indiqué presque uniformément qu'il n'y avait pas d'obstacles au niveau des politiques dans leurs pays. D'un autre côté, un participant a déclaré que le gouvernement voulait décourager les nouveaux centres de données en faveur des leurs, tandis qu'un autre a souligné que les niveaux d'activité du gouvernement sur les technologies de l'information et de la communication (TIC) étaient trop faibles pour stimuler la demande.

Quels changements de politiques ou de réglementations contribueraient le plus à augmenter l'utilisation de votre IXP ?

D'autres changements politiques et réglementaires plus généraux sont plus indirects. Plusieurs participants ont noté que le développement d'un plus grand nombre de services de gouvernement électronique qui pourraient être connectés à l'IXP serait utile. D'autres ont fait valoir que l'IXP pourrait être ouvert au-delà des FAI, dans au moins un cas, en supprimant les restrictions gouvernementales sur les personnes pouvant rejoindre l'IXP. Et enfin, quelques opérateurs ont suggéré que les FAI pourraient aider la situation locale en augmentant leur volonté de peering, et que ces FAI avec des caches CDN partagent le contenu via l'IXP.

Nous approfondissons ces questions dans les études de cas qui suivent.



Question n° 12 de l'enquête : De quoi êtes-vous le plus fier dans le développement de votre IXP ?

1. Notre IXP est devenu attractif et contribue beaucoup à notre écosystème Internet (amélioration de la Qualité de Service (QoS)).
2. La mise à niveau vers plusieurs ports 10G pour les membres.
3. Nous sommes fiers d'être passés de 1 Mbps quotidien à 10 Gbps en 12 mois, et de 2 peers à 15.
4. L'un de nos derniers projets consiste à installer un nouveau nœud (point de présence) dans un centre de données neutre.
5. Avoir connecté le plus grand nombre de FAI du pays et favorisé au moins 10 % de la circulation des données locales sans passer par nos câbles sous-marins.
6. Il est passionnant de voir l'amélioration de l'expérience QoS des utilisateurs à mesure que davantage de contenu international devient local et que de plus en plus de fournisseurs de services locaux réduisent leur capacité de coût de transit. Nous sommes contents que la croissance de l'échange entraîne l'attraction d'autres réseaux de contenu et de transporteurs internationaux dans le pays. La croissance favorisera certainement davantage d'innovations dans les nouveaux services Internet pour tirer parti d'une bande passante Internet disponible plus élevée et plus abordable.
7. La croissance qui a été atteinte. Le trafic ne cesse d'augmenter et les communications s'améliorent localement, notamment en ce qui concerne les connexions des opérateurs à l'IXP montrant à quel point elles sont importantes.
8. Je suis fier de la motivation des acteurs et de leur adhésion totale au Comité de Concertation CIVIX.
9. Développer la consommation des capacités locales avec notre communauté locale.



10. L'ouverture aux différents réseaux pour qu'ils s'échangent des informations et que le trafic local reste local.
11. L'adhésion de tous les opérateurs et la disponibilité du contenu du cache pour les utilisateurs, ce qui améliore considérablement leur expérience de navigation.
12. Collaboration entre les membres. Garder le trafic local. Rapprocher le contenu international des utilisateurs finaux de la communauté.
13. Lorsque nous avons lancé NAPAfrica, nous sommes allés dans le reste du monde pour apprendre. Nous continuons d'apprendre, mais nous et l'Afrique sommes maintenant aussi des contributeurs.
14. Notre fierté s'explique par le raccordement de tous les fournisseurs d'accès Internet de la république de Guinée. Aujourd'hui, tout le trafic local passe par le CONIX.
15. Cela a été fait par un Soudanais. Cela a grandement profité à la stabilité des services électroniques dans le pays et à l'amélioration de la qualité d'Internet et de la sécurité de l'information.
16. Pouvoir accéder au contenu local avec moins de latence et de coût.
17. Survivre à des années de tentatives de nationalisation et d'attaques gouvernementales connexes. Unir la communauté locale après des années de guerre civile.
18. Bonne coopération dans le cadre de l'Association des fournisseurs de services Internet du Malawi (MISPA).
19. Il y a un dialogue qui s'instaure entre les membres et une prise de conscience collective des enjeux du peering et de l'interconnexion.
20. Essayer de réduire les coûts d'opérations. Essayer d'anticiper de nouvelles fonctionnalités.
21. Nous sommes devenus le plus grand IXP d'Angola (membres, trafic échangé), notamment en faisant partie des cinq premiers IXP africains.



Études de cas par pays

Afin de mieux comprendre le paysage africain des IXP, nous avons examiné de plus près un pays dans chacune des sous-régions du continent. Nous avons évalué le stade de développement de chacun des IXP dans les pays choisis, ainsi que son écosystème environnant, en portant une attention particulière à la disponibilité de contenus internationaux et locaux hébergés localement. Cela nous a permis de faire des recommandations sur les mesures que les parties prenantes peuvent prendre pour promouvoir le succès des IXP et un écosystème Internet plus large dans chaque pays d'étude de cas.

Nous avons utilisé les catégories de sous-régions définies par AFRINIC : Afrique centrale, Afrique de l'Est, Afrique du Nord, Afrique australe, Afrique de l'Ouest et océan Indien. En termes de critères de choix du pays, le critère principal était que le pays ait un IXP actif. Nous avons examiné des pays à divers stades de libéralisation en matière de télécommunication et avec des IXP à divers niveaux de développement afin de mettre en évidence les politiques qui pourraient augmenter les avantages d'un IXP, notamment en attirant davantage de réseaux.

Les pays que nous avons choisis sont l'Angola, le Burkina Faso, la République Démocratique du Congo, l'Égypte, l'Ile Maurice et le Rwanda (Tableau 2).

Table 2. Pays des études de cas (Source : Banque mondiale, InternetWorldStats, 2021)

Région	Pays	PIB par habitant (PPA)	Utilisateurs d'Internet	Autres aspects
Afrique australe	Angola	6 930 \$ US	27,3 %	Côtier, Portugais
Afrique de l'Ouest	Burkina Faso	2 280 \$ US	22,0 %	Enclavé, Français
Afrique centrale	RDC	1 144 \$ US	18,3 %	Côtier, Français
Afrique du Nord	Égypte	2 800 \$ US	48,1 %	Côtier, Arabe
Océan Indien	Ile Maurice	23 942 \$ US	67,0 %	État insulaire, Anglais
Afrique de l'Est	Rwanda	780 \$ US	46,2 %	Enclavé, Anglais



Le résultat est une riche variété de pays et d'écosystèmes, avec deux pays enclavés, trois côtiers et un État insulaire ; deux pays francophones, un arabophone et un lusophone ; et trois pays considérés comme à faible revenu, deux à revenu intermédiaire inférieur et un à revenu intermédiaire supérieur. En termes de couverture Internet, les taux d'adoption varient d'un peu plus de 18 % à 67 %. Enfin, chaque pays a au moins un IXP fonctionnel, et deux pays ont deux IXP fonctionnels (Tableau 3).

Tableau 3. Étude de cas IXP (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)

Pays	Nom abrégé	Ville	Année de lancement	Nombre de membres	Pic de trafic (Mbps)	Pic de trafic par membre (Mbps)
Angola	ANG-IXP	Luanda	2006	22	1 000	55,55
	Angonix	Luanda	2015	24	20 000	833,33
Burkina Faso	BFIX	Ouagadougou	2015	15	10 000	666,66
RDC	KINIX	Kinshasa	2012	14	14 000	1 000
	LUBIX	Lubumbashi	2019	7	3 500	500
Égypte	CAIX	Le Caire	2002	5	20 000	4 000
Ile Maurice	MIXP	Ébène	2008	14	110	7,85
Rwanda	RINEX	Kigali	2004	15	1 400	93,33

Selon les réponses à l'enquête, les dates de lancement des IXP vont de 2002 à 2019, leurs tailles vont de 5 à 24 membres et leur trafic de pointe va de 110 Mbps à 20 Gbps.²¹ Sur la base de ces réponses, seule l'Égypte est au stade 2 de développement, avec plus de 30 % de trafic localisé ; les autres pays ont moins de 30 % de trafic localisé, avec une estimation aussi basse que 1 %.

L'un des avantages importants d'un IXP est la réduction des coûts en permettant au trafic local d'être acheminé localement, plutôt que d'utiliser un transit IP international plus coûteux.

²¹ Les réponses à l'enquête ont été recueillies au cours de l'été 2020. Beaucoup, sinon tous les IXP, ont connu une croissance depuis lors, à la fois en général et en raison de la demande accrue de la pandémie de la COVID-19.



Tableau 4. Coûts et économies par IXP en \$ US (Source : Entretiens, sites Web IXP, 2020)

IXP	Prix de transit IP/ Mbps/mois	Économies annuelles sur le transit IP	Coût du port IXP/ Mbps/mois	Économies annuelles par réseau
Angola-IXP	18 \$	216 000 \$	0 \$	12 000 \$
Angonix	18 \$	4 320 000 \$	0,97 \$	228 350 \$
BFIX	12 \$	1 440 000 \$	0,35 \$	115 800 \$
KINIX	23 \$	3 780 000 \$	0,40 \$	163 233 \$
LUBIX	23 \$	945 000 \$	0,40 \$	37 233 \$
CAIX	9 \$	2 040 000 \$	0 \$	240 000 \$
MIXP	100 \$	132 000 \$	0 \$	1 320 \$
RINEX	15 \$	254 016 \$	0,65 \$	9 000 \$

Le tableau 4 montre le coût du transit IP international par Mbps (en \$ américain et basé sur le coût d'une connexion GigE), et les économies globales et les économies par réseau de routage du trafic via un IXP plutôt que d'utiliser une connexion internationale. Dans chaque cas, les frais de port moyens par Mbps (basés sur le coût d'un port de 1 Go) sont soit gratuits, soit nettement inférieurs au prix du transit IP, ce qui permet d'économiser jusqu'à 240 000 \$ américains par réseau. Le tableau met également en évidence les domaines où des économies supplémentaires pourraient être importantes, notamment pour le MIXP, où le prix du transit IP est élevé, le coût du port est nul, mais le trafic est relativement faible.



Dans les coulisses : Réseaux internationaux de diffusion de contenu

Une source importante de trafic dans tous les pays provient des réseaux internationaux de diffusion de contenu. D'une manière générale, les CDN peuvent fournir du contenu pour le compte de leurs clients (par exemple, Akamai ou Cloudflare), ou ils peuvent fournir leur propre contenu (par exemple, Facebook, Google ou Netflix). Dans cette dernière catégorie, certains fournissent leur propre contenu (par exemple, Netflix), et certains sont des plateformes pour le contenu fourni par les utilisateurs, comme des vidéos (par exemple, Facebook, Google). C'est-à-dire que le contenu n'est pas entièrement international ; les utilisateurs peuvent utiliser ces plateformes pour partager leur propre contenu avec leurs amis, leur famille et leurs collègues locaux.

Trois CDN internationaux nous ont fourni des données sur leur offre de contenu dans chacun des six pays, ainsi que des conclusions et des recommandations sur l'écosystème dans chaque pays. Chacun a fourni des points de données légèrement différents qui, lorsqu'ils sont combinés, soulignent la valeur d'un cache local ou d'un PoP, en termes de réduction de la latence de fourniture de contenu et d'augmentation du débit, ainsi que l'impact résultant sur le trafic consommé dans un pays, à la suite de la mise à disposition d'un cache local.

Étant donné que les données sont commercialement sensibles, les trois CDN ont demandé que leurs noms ne soient pas cités. Comme leurs données et recommandations sont précieuses et qu'il est peu utile de savoir quel CDN a fourni quelles données, nous avons choisi d'inclure les données et de respecter leurs demandes commerciales d'anonymat.

Les six études de cas suivantes mettent en évidence les réalisations et les problèmes auxquels chaque pays est confronté, les enseignements tirés et les recommandations. Chaque section comprend l'historique de l'IXP, ses réseaux connectés, y compris les CDN internationaux, les efforts visant à accroître la sensibilisation et le renforcement des capacités, les défis réglementaires et du marché, et les recommandations. Les informations ont été tirées des enquêtes IXP, des entretiens avec les parties prenantes dans chaque pays et des données de recherche accessibles au public.



Angola

L'Angola a deux IXP : Angola IXP et Angonix (Tableau 5). Angola IXP a été créé en 2006 par l'Angola Internet Association (AAI), anciennement l'Association angolaise des FAI (Associação Angolana dos Provedores do Serviço de Internet ou AAPSI). Angonix a été créé en 2015. Il est exploité par Angola Cables et dispose de services backend fournis par l'IXP allemand, De-CIX.

Tableau 5. Étude de cas IXP (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)

	Angola IXP	Angonix
Créé par	AAI (2006)	Angola Cables (2015)
Modèle	Non lucratif	Lucratif
Nœuds	2	1
Hébergé par	Centre de données neutre	Angonap (propriété d'Angola Cables)
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	Gratuit (pour les membres payants de l'AAI)	34 950 \$ américains
Réseaux connectés	22	24
Réseaux d'accès ²²	16	16
Pic de trafic	1 Gb/s	20 Gbit/s
Obligations	MMLPA	Recommander MLPA
Restrictions	Aucune restriction pour les membres	Aucune restriction pour les membres

²² Cela comprend à la fois les IXP fixes et les ORM qui fournissent des services de données.



Alors qu'Angola IXP avait une longueur d'avance de neuf ans et est gratuit, Angonix compte un peu plus de membres et beaucoup plus de trafic. Angola Cables, qui exploite Angonix, est une entreprise publique majoritaire qui possède une capacité dans les câbles internationaux et organise le transit IP à vendre en Angola. Angola Telecoms, l'opérateur historique, détient 51 % d'Angola Cables.

En termes de réseaux connectés, il y a un chevauchement considérable, avec 10 membres des deux IXP. Cela inclut les deux ORM ; un certain nombre de FAI, dont l'opérateur historique Angola Telecom ; et PCH, qui fournit un accès DNS. Chaque IXP a d'autres FAI qui ne sont connectés qu'à l'un des IXP. Angonix a également connecté une banque, Verisign (DNS) et Angola Cables. Angola IXP a plusieurs autres FAI, deux banques et une agence gouvernementale avec des services d'e-gouvernement. Les deux ont une proportion relativement élevée de réseaux d'accès dans le nombre de réseaux connectés.

La plus grande différence entre les deux IXP réside dans leur contenu disponible. Alors qu'Angonix n'a aucun CDN connecté, Angola Cables a des caches CDN connectés, et ceux qui achètent le transit IP d'Angola Cables ont accès au trafic CDN. Il apparaît que le trafic CDN est mis à disposition via Angonix, qui est exploité par Angola Cables, et donc l'IXP agit au moins partiellement comme une plaque tournante de transit pour Angola Cables. De plus, sur le site Web d'Angonix, les réseaux connectés sont appelés clients, et non membres ou réseaux de peering. Cette formulation reflète la nature commerciale de l'IXP, ce qui n'est pas typique des IXP africains.

Aucun des trois CDN internationaux qui ont fourni des données n'est directement connecté à l'un des IXP angolais, mais tous ont des caches dans les pays connectés aux FAI. L'un rapporte que 72 % de leur trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, 82 % est desservi dans la région et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Un deuxième a des caches avec au moins quatre FAI et signale une augmentation de 250 % du trafic immédiatement après la mise en service de l'un des caches. Le troisième CDN rapporte que la majorité de son trafic est desservi localement, le reste provient du Brésil, du Portugal et de l'Afrique du Sud. Il rapporte qu'en moyenne, son trafic desservi localement est livré avec une latence plus faible et un débit plus élevé. Aucun des CDN ne déclare desservir le trafic de l'Angola vers d'autres pays.

Alors que les CDN ont un trafic localisé, l'un des IXP a indiqué que seulement 10 % du trafic est domestique, plaçant l'IXP au Stade 1 de développement où la plupart du trafic provient toujours de l'étranger. Par exemple, l'un des FAI connectés aux deux IXP a indiqué qu'il recherche une quantité importante de trafic en provenance d'Europe et d'Afrique du Sud.

D'un autre côté, les deux IXP ont réussi à convaincre des réseaux non traditionnels de les rejoindre. Les deux ont au moins une banque locale et un fournisseur racine DNS. En outre,



Angola IXP possède l'Instituto Nacional de Fomento da Sociedade de Informação (INFOSI), une entité gouvernementale avec des services d'administration en ligne, et Angonix possède i3D.net, un opérateur qui héberge des jeux en ligne multi-joueurs et utilise la connexion en Angola pour connecter les utilisateurs à ses serveurs en Afrique du Sud afin d'éviter la latence de transiter par l'Europe. Comme on peut l'imaginer, la latence est un inconvénient considérable pour les joueurs.

Pour le moment, l'Afrique du Sud sert de plaque tournante régionale de l'Angola pour le trafic qui n'est pas capté en Europe. Plusieurs parties prenantes ont fait part de leur volonté d'étendre leur présence en Angola à la RDC voisine, mais cela n'a pas encore été réalisé. Un défi politique est le prix relativement élevé du transit IP en Angola, qui est jusqu'à 10 fois plus élevé qu'en Afrique du Sud. Cela augmente considérablement le coût de remplissage des caches dans le pays et constitue un obstacle à l'utilisation par la RDC voisine de l'Angola comme plaque tournante du trafic.

La raison des coûts de transit IP élevés de l'Angola semble être qu'Angola Telecom et Angola Cables détiennent la capacité internationale entrant dans le pays et les stations d'atterrissage, et les deux sont des entreprises publiques - Angola Telecom détient 51 % d'Angola Cables. En raison de ces facteurs, le coût d'accès au transit IP est assez élevé, ce qui rend difficile pour l'Angola de desservir d'autres pays, comme la RDC.

Enfin, des efforts ont été déployés pour accroître la sensibilisation aux avantages des IXP. Angonix a organisé un atelier de peering sur les avantages du peering en 2015, et a également organisé un forum sur l'économie numérique et la connectivité. L'Angola NOG (AONOG) organise un forum annuel de peering (AOPF) et développe du matériel pour partager les connaissances. Et les deux IXP ont des sites Web complets qui offrent des informations pour les réseaux potentiels, partagent des statistiques de peering et des informations sur les services fournis, et fournissent des liens vers d'importantes ressources internationales.

Recommandations

La libéralisation du secteur contribuerait à réduire le coût du transit IP pour la capacité nationale et internationale et à la passerelle internationale. Un opérateur en gros offrant des tarifs compétitifs pour le transit IP rendrait le pays beaucoup plus attrayant pour les caches CDN, aiderait l'Angola à s'établir comme un hub pour le trafic vers la RDC et ses autres voisins, et une connectivité à latence plus faible vers l'Amérique latine et les États-Unis via le câble South Atlantic Cable System (SACS).²³

23 Voir <https://www.angolacables.co.ao/wp-content/uploads/2019/11/GUIA-SACS-EN.pdf>.



La sensibilisation via des ateliers, des forums et du contenu de sites Web semble avoir eu des avantages en présence de banques et d'autres membres non traditionnels rejoignant les IXP. Néanmoins, davantage pourrait être fait pour accroître l'intérêt et renforcer les capacités, notamment en créant des documents spécifiques sur les avantages et les opérations d'un IXP avec des balises permettant aux utilisateurs de naviguer dans le matériel.

Burkina Faso

Le point d'échange Internet du Burkina Faso (BFIK) a été créé en 2015 en tant qu'association à but non lucratif avec un financement du projet d'infrastructure de communications régionales en Afrique de l'Ouest de la Banque mondiale (Tableau 6). L'IXP fait partie d'un projet plus large conçu pour aider les pays à surmonter les défis de l'enclavement sans accès direct à la capacité d'atterrissage des câbles sous-marins.

Tableau 6. Informations BFIK (Source : enquêtes IXP, site Web IXP, 2020)

	BFIK
Créé par	Association des membres (2015)
Modèle	Non lucratif
Nœuds	2
Hébergé par	Centre de données neutre
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	12 600 \$ américains
Réseaux connectés	15
Réseaux d'accès	9
CDN internationaux	1
Pic de trafic	10 Gbit/s
Obligations	MMLPA
Restrictions	Aucune restriction pour les membres



Le BFIX a des nœuds dans deux villes, Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, et assure la connectivité entre elles dans le cadre de ses coûts. À ce jour, l'essentiel du trafic passe par le nœud initial de la capitale Ouagadougou. L'autre nœud, plus récent, a été mis en place en septembre 2020 à Bobo-Dioulasso, et c'est là que Facebook est connecté. Afin de maximiser l'adhésion, l'IXP n'a aucune restriction d'adhésion ; pour les réseaux qui ont adhéré, il y a un MMLPA.

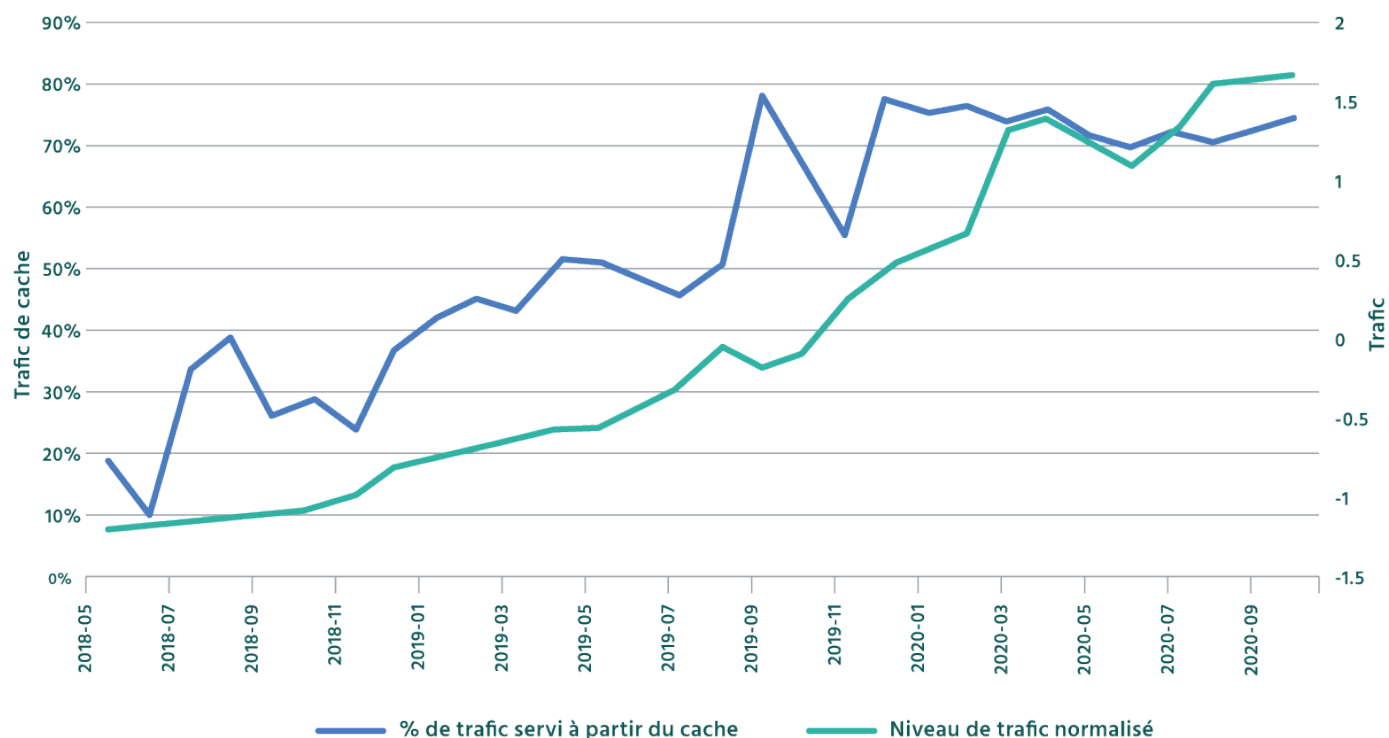
L'IXP rapporte que 20 % de son trafic est domestique, ce qui place l'IXP au Stade 1 de développement. Ceci est confirmé par les numéros de membres. Du côté positif, les membres englobent tous les FAI et les opérateurs de réseaux mobiles (ORM) du Burkina Faso, y compris l'opérateur historique. Il comprend également le Point d'atterrissage virtuel (PAV). Le PAV fournit un accès virtuel depuis le Burkina Faso à la capacité des câbles sous-marins au Ghana, aidant ainsi le pays à surmonter l'un des défis liés au fait d'être un pays enclavé en réduisant le coût du transit IP.

En termes de contenu, nous comprenons qu'un CDN international est connecté à BFIX à Ouagadougou avec le soutien d'un réseau assurant le transit, tandis qu'un Facebook Network Appliance (FNA) est connecté indirectement à l'IXP de cette ville. Les membres comprennent l'Agence nationale de promotion des technologies de l'information et de la communication (ANPTIC), une agence gouvernementale qui héberge des contenus et des services, tels que des ressources pédagogiques pour les universités. Au-delà de cela, il y a relativement peu de contenu local, et ce qui existe est principalement hébergé en dehors du Burkina Faso à cause du coût.

Aucun des trois CDN internationaux qui ont fourni des données n'est directement connecté aux IXP, deux ont des caches dans le pays, hébergés au sein des FAI. L'un rapporte que 72 % de leur trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, 90 % est desservi dans la région et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Un deuxième CDN a des caches avec deux FAI. L'impact de l'hébergement local au Burkina Faso a été important. Un CDN, qui dispose d'un cache connecté via l'IXP, a fourni des données montrant comment le niveau de trafic augmentait à mesure que le pourcentage servi à partir du cache augmentait (Figure 12). Un autre CDN a signalé une augmentation des niveaux de trafic de 1 400 % lorsque son cache a été activé.



Figure 12. Impact du contenu localisé sur le trafic (Source : International CDN, 2020)



Le troisième CDN n'a pas de cache au Burkina Faso, mais rapporte du trafic en provenance d'Europe et d'autres pays d'Afrique. La latence de la majorité du trafic desservi par ce CDN est plus élevée que dans les autres pays étudiés avec un cache, et le débit est plus lent. Cela met en évidence les avantages de l'hébergement local de contenu.

Au niveau régional, le trafic est accessible à l'IXP par le Ghana et le Nigéria voisins, sous réserve du contenu et du coût du transport pour se rendre à ces deux endroits. Il y a également une capacité transfrontalière vers les pays enclavés voisins du Mali et du Niger, ainsi que vers les côtes du Togo et du Bénin. Bien que BFIX puisse diffuser du contenu dans ces pays, le coût du transport est important. L'un des CDN a signalé une petite quantité de trafic vers le Niger, tous les autres contenus semblent rester au Burkina Faso.

Le leadership et les politiques de BFIX l'ont aidé à se développer rapidement au cours des derniers mois ; il s'est maintenant étendu à une deuxième ville. De plus, aucun intervenant n'a signalé de problèmes réglementaires concernant la connectivité Internet ou l'hébergement de contenu. En effet, les actions du gouvernement avec le point d'atterrissage virtuel ont considérablement réduit le coût du transit IP, et l'ANPTIC a été membre fondateur de l'IXP afin de permettre le peering du contenu du gouvernement avec les FAI locaux.



Recommandations

Les défis du Burkina Faso découlent à la fois de son enclavement, de l'étendue et du développement du pays. Bien que BFIX ait considérablement aidé le pays à surmonter ces défis, les changements clés suivants peuvent aider un mouvement vers le Stade 2 du développement en renforçant l'écosystème et en fournissant un contenu plus localisé au pays et, éventuellement, à la région.

Une sensibilisation accrue concernant les avantages de l'IXP contribuera à augmenter le nombre de membres et l'utilisation de l'IXP, de même pour un renforcement accru des capacités. Une séance de formation d'une semaine a été organisée début 2019 par l'Internet Society dans le cadre du projet de partenariat Facebook IXP ; elle comprenait un atelier d'une journée pour les managers, suivi d'un atelier technique de quatre jours. Cette formation a conduit à une modification de la conception de l'IXP qui a entraîné une augmentation de 1 100 % du trafic via l'IXP, ainsi qu'une augmentation correspondante des économies.²⁴ Néanmoins, un certain nombre de parties prenantes locales ont noté qu'un renforcement des capacités serait une bonne chose pour les membres actuels, tout comme des tournées de présentation pour les gestionnaires d'autres organisations afin d'augmenter le nombre de membres.

Le site Web BFIX fournit une bonne vue des opérations de l'IXP, y compris des informations sur les membres existants, des statistiques de peering et des informations pour les membres potentiels. Le site Web pourrait peut-être fournir plus d'informations sur les avantages de l'adhésion, ainsi que des liens vers des ressources offrant des informations et une formation en ligne, en particulier à la lumière des défis des voyages pendant la pandémie.

Un ou plusieurs centres de données neutres ayant la capacité d'héberger du contenu et des services à des prix qui le rendraient attractif pour du contenu international et national supplémentaire seraient les bienvenus. Virtual Technologies and Solutions (VTS) construit un centre de données aussi neutre, qui sera un ajout important à l'écosystème. Jusque-là, il est moins cher d'utiliser des services cloud internationaux, ce qui peut augmenter considérablement le coût d'accès au contenu en utilisant la capacité internationale.

Le coût du transit IP international reste élevé. Le point d'atterrissage virtuel a considérablement réduit le coût sur la base d'un achat en gros de transit par le gouvernement, qui, à son tour, a décuplé le coût du transit. Néanmoins, le coût par Mbps est encore relativement élevé de 14 \$ américains par mois. De plus, nous savons que le transport international (pas le transit IP), qui peut être préféré par les gros utilisateurs, y compris les CDN internationaux, est encore très coûteux. Un fournisseur d'opérateurs en

24 Voir <https://www.internetsociety.org/blog/2019/05/growing-an-internet-exchange-in-burkina-faso>.



gros pourrait réduire considérablement le coût. Entre-temps, le partenariat de l'Internet Society avec Facebook a fourni une subvention qui couvre 50 % du coût de remplissage de tout cache CDN connecté à l'IXP, les membres couvrant les 50 % restants.²⁵

République Démocratique du Congo

Les deux IXP de la RDC – KINIX à Kinshasa et LUBIX à Lubumbashi – ont tous deux été établis par l'Association des fournisseurs d'accès à Internet de la RDC (ISPA-RDC) (Tableau 7). ISPA a des plans pour un troisième IXP à Goma, qui s'appellera GOMIX.

Tableau 7. Informations sur les IXP de la RDC (Source : enquêtes IXP, site Web ISPA RDC, 2020)

	KINIX (Kinshasa)	LUBIX (Lubumbashi)
Créé par	ISPA-RDC (2012)	ISPA-RDC (2019)
Modèle	Non lucratif	Non lucratif
Nœuds	1	1
Centre de données neutre	Non	Non
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	14 300 \$ américains	14 300 \$ américains
Réseaux connectés	14	7
Réseaux d'accès	9	5
CDN internationaux	Facebook, un autre	Facebook
Pic de trafic	14 Gbit/s	3,5 Gbit/s
Obligations	MMLPA	MMLPA
Restrictions	Aucune restriction pour les membres	Aucune restriction pour les membres

KINIX compte parmi ses membres tous les principaux FAI et opérateurs de réseaux mobiles (ORM) du pays, à l'exception de l'opérateur fixe, la Société Congolaise des Postes et Télécommunications (SCPT), qui fournit aujourd'hui une connectivité de gros nationale et internationale. Tous les membres de LUBIX sont un sous-ensemble des FAI et des ORM de

25 Pour plus de détails sur ce programme, voir <https://www.internetsociety.org/issues/ixps/facebook-ixp-partnership>.



KINIX. Ce chevauchement peut s'expliquer par la distance d'environ 2 300 km entre les deux villes et le coût des connexions nationales - pour les plus grands FAI, il est plus efficace de se connecter aux deux endroits. Goma est à au moins 1 500 km des deux villes, formant un triangle et offrant une connectivité locale à moindre coût lorsque son IXP sera opérationnel. Facebook et un autre CDN international sont connectés à KINIX, et Facebook est connecté à LUBIX, offrant les avantages de peering du contenu de leurs caches via l'IXP. De plus, Infoset est connecté à KINIX, qui donne accès à son contenu éducatif et de santé. Infoset rapporte que la qualité de sa connexion aux FAI s'est considérablement améliorée avec l'IXP, de sorte qu'il a pu fournir un accès à l'apprentissage en ligne à l'Université de Kinshasa pendant les récentes restrictions liées au COVID-19. Il y a, cependant, relativement peu d'autres contenus disponibles via l'IXP, qui rapporte que 1% ou moins du trafic est généré localement.

Deux des CDN internationaux fournissant des données ont des caches en RDC. L'un rapporte que 60 % de leur trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, 80 % est desservi dans la région et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Un deuxième CDN a des caches avec au moins quatre FAI et signale une augmentation de 100 % du trafic immédiatement après la mise en service de l'un des caches. Le troisième CDN n'a pas de cache dans le pays et signale que la plupart du trafic provient d'Europe et d'autres régions d'Afrique, avec une latence plus élevée et un débit inférieur, en moyenne, dans les autres pays d'étude de cas où il a des caches. Aucun des CDN ne déclare desservir le trafic de la RDC vers d'autres pays.

Les FAI et les ORM sont très conscients des avantages de l'IXP – les principaux ont tous adhéré, en dehors de l'opérateur historique. Les fournisseurs de contenu locaux peuvent être mieux sensibilisés, dans la mesure où ils sont capables d'héberger localement. De plus, alors que l'Internet Society et l'ISPA RDC ont proposé des ateliers techniques, un renforcement des capacités serait le bienvenu. Les informations sur les IXP sont publiées sur le site Web de l'ISPA RDC, mais elles contiennent relativement peu d'informations autres que les données sur les membres et le trafic.

Les défis de la RDC sont basés sur les conditions et les réglementations du marché : il y a relativement peu de contenu local généré, il est difficile de lever des fonds pour créer du contenu et il n'y a pas de centres de données neutres où le contenu peut être hébergé. Il semble que les fournisseurs de contenu et les centres de données nécessitent des licences, ce qui constitue un obstacle supplémentaire au développement de contenu local. De plus, il y a relativement peu de services gouvernementaux en ligne qui bénéficieraient de l'IXP.

La RDC a des défis réglementaires : le secteur des télécommunications fonctionne avec une loi de 2002 obsolète. Bien qu'une loi actualisée sur les télécommunications ait été adoptée, elle n'est pas encore en vigueur au moment de la rédaction de ce document.



Plus généralement, la couverture des opérateurs mobiles est relativement faible et le coût du service est élevé, en partie à cause des taxes élevées sur les services mobiles, notamment une taxe sur la valeur ajoutée de 16 %, un droit d'accise de 10 % et des taxes sur les téléphones mobiles. La taxe sur un téléphone 2G est de 1 \$ américain par an, et de 7 \$ américains par an pour un smartphone, des sommes non négligeables dans un pays où 72 % de la population vit avec moins de 1,90 \$ américains par jour.²⁶ Cela permet d'expliquer pourquoi la pénétration d'Internet est inférieure à 20% de la population, ce qui, à son tour, restreint sévèrement à la fois la taille du marché du contenu et la quantité de trafic disponible via l'IXP. En conséquence, une restriction à l'utilisation et aux avantages de l'IXP est le nombre d'utilisateurs et les coûts sous-jacents.

Recommandations

Les CDN déjà connectés aux IXP en RDC ont permis de baisser le coût d'accès aux contenus. Baisser davantage le coût du transit IP contribuerait à réduire le coût d'accès au contenu, dans le but d'attirer plus de CDN. Cela aiderait non seulement les utilisateurs en RDC, mais pourrait également aider à faire de la RDC un hub pour ses voisins en apportant du contenu international et en le servant à d'autres pays d'Afrique centrale. Dans l'état actuel des choses, c'est l'inverse : au moins un CDN fournit du contenu à la RDC depuis le Rwanda.

En outre, le site Web de l'IXP pourrait être mis à niveau pour inclure plus d'informations sur les avantages des IXP, des liens vers du matériel de renforcement des capacités, les conditions d'adhésion et la manière de rejoindre l'IXP. Dans le même temps, davantage de formations sont nécessaires, en particulier pour gérer les flux de trafic à travers le protocole « Border Gateway Protocol (BGP) » et d'autres aspects importants pour les membres actuels et potentiels.

Il y a plusieurs problèmes dans l'ensemble du secteur qui pourraient être abordés. Premièrement, le coût du transit IP international est encore important, à plus de 20 \$ américains par Mbps. Compte tenu de la taille du pays, le coût du déploiement d'une dorsale nationale est élevé et la concurrence est historiquement relativement faible.²⁷ Au moins un nouveau câble sous-marin, le 2Africa de Facebook, sera en RDC et offrira une capacité et une concurrence supplémentaires significatives. Selon la presse, Liquid Telecom dispose d'une licence pour construire une deuxième station d'atterrissage en RDC et exploite une dorsale à travers la RDC avec son réseau One Africa qui relie la côte ouest de l'Afrique à la côte est.²⁸ Un accès accru à la capacité sous-marine et au transport de gros contribuerait à réduire le coût de l'accès international.

26 Voir <https://globalvoices.org/2020/12/30/new-tax-on-mobile-devices-threatens-digital-inclusion-in-the-democratic-republic-of-congo>. Pour une discussion plus générale de la fiscalité mobile, voir https://www.gsma.com/subsaharanafrica/wp-content/uploads/2018/11/GSMA_DRC-report_ENGLISH_72pp_WEB.pdf. Niveaux de revenu en <https://www.worldbank.org/en/country/drc/overview>.

27 Voir <https://engineering.fb.com/2020/05/13/connectivity/2africa>.

28 Voir <https://www.developingtelecoms.com/telecom-technology/optical-fixed-networks/9315-liquid-wins-licence-for-drc-s-second-landing-station.html>.



Égypte

L'échange Internet du Caire (CAIX) a été créé par le ministère des Communications et des Technologies de l'information (MCIT) et est géré par l'organisme de réglementation des télécommunications du pays, l'Autorité nationale de réglementation des télécommunications (NTRA) (Tableau 8).

Les réseaux connectés de l'IXP sont les FAI et les Opérateurs de Réseaux Mobile (ORM) agréés en Égypte. Il n'y a pas de fournisseurs de contenu attachés à l'IXP, bien que leur contenu puisse être partagé via l'IXP par leur FAI en amont. Le trafic via l'IXP a récemment plus que triplé - le résultat d'une mise à niveau de l'IXP vers des ports de 10 Go, plus l'augmentation du trafic due aux restrictions COVID-19 créant une plus grande dépendance de l'Internet, une dépendance que le gouvernement égyptien a contribué à promouvoir.²⁹

Tableau 8. Informations CAIX (Source : enquêtes IXP, site Web CAIX, 2020)

	CAIX
Créé par	MCIT (2002)
Modèle	Géré par le gouvernement
Nœuds	1
Hébergé par	Gouvernement
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	Gratuit
Réseaux connectés	5
Réseaux d'accès	Aucun
CDN internationaux	Aucun
Pic de trafic	20 Gbit/s
Obligations	Obligation de licence FAI
Restrictions	Approbation NTRA pour les CDN

29 Voir <https://blogs.worldbank.org/arabvoices/digital-transformation-time-covid-19-case-mena>.



Les FAI égyptiens d'aujourd'hui sont conscients des avantages d'un IXP, car il s'agit d'une condition de licence obligatoire pour échanger du trafic local localement, et chacun dispose d'une équipe dédiée à l'interconnexion et au peering. Aucun fournisseur de contenu n'est connecté directement à l'IXP pour le moment.

Bien qu'aucun des trois CDN internationaux qui ont fourni des données ne soit directement connecté à l'IXP, tous ont des caches dans le pays connecté à plusieurs FAI, et au moins l'un a un PoP dans le pays. Un CDN rapporte que 90 % de son trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Le deuxième CDN a un certain nombre de caches dans le pays, chacun avec un FAI différent. Un troisième CDN rapporte que la plupart du trafic est servi localement via ses caches, et le reste vient des pays européens. Le trafic servi localement a beaucoup moins de latence, en moyenne, avec un débit plus élevé. Aucun des CDN ne déclare desservir le trafic de l'Égypte vers d'autres pays.

Le trafic disponible localement est estimé à 35 % du trafic, ce qui place le pays au Stade 2 de développement. Cependant, il y a quelques défis. Les fournisseurs de contenu internationaux ont besoin de l'autorisation de la NTRA pour se connecter directement à l'IXP, vraisemblablement pour résoudre les problèmes de confidentialité et de sécurité. À ce jour, aucun n'a demandé une autorisation, car aucun fournisseur de contenu n'est rattaché à l'IXP. Alors que les CDN plus grands peuvent se permettre de placer des caches avec tous ou la plupart des FAI, ce n'est pas le cas pour les CDN plus petits ; ce qui signifie que les FAI doivent s'approvisionner en trafic à l'étranger.

Dans l'ensemble, l'Égypte pourrait jouer un rôle plus important comme hub du trafic Internet national et régional. Le pays lui-même est le plus grand de la région en termes de population et de potentiel. Dix-sept câbles sous-marins passent par le pays ou sont en cours de planification, le pays faisant office de passage entre l'Europe, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Asie. Mais l'opérateur historique Telecom Egypt a un monopole effectif sur les stations d'atterrissage pour les câbles internationaux, et il est également dominant dans le transport par fibre optique dans le pays. De ce fait, la richesse des débarquements de câbles sous-marins n'apporte que peu d'avantages au niveau local. En outre, les centres de données nationaux n'ont pas pleinement profité de l'emplacement, en partie à cause des problèmes de connectivité et en partie parce qu'une récente loi sur la protection des données susceptible d'augmenter la demande a été adoptée, mais pas encore mise en œuvre.

En outre, l'Égypte n'a pas été en mesure de tirer pleinement parti de ses avantages de situation géographique pour devenir un hub de la région. Bien que le trafic régional puisse traverser le pays, il doit être séparé du trafic intérieur, ce qui entraîne une duplication des installations pour les CDN et d'autres entreprises. Et il y a relativement peu de peering au sein de la région entre les FAI régionaux. En conséquence, une grande partie du peering qui



peut avoir lieu en Égypte à lieu à Marseille, en France, où atterrissent de nombreux câbles de la région. La résolution des problèmes susmentionnés pourrait faire de l'Égypte – et, en particulier, du CAIX – une plaque tournante régionale pour l'échange de trafic.

Recommandations

La sensibilisation aux avantages de l'IXP pourrait être accrue, fournissant ainsi des raisons aux fournisseurs de contenu de se connecter directement, tandis qu'un renforcement des capacités serait également nécessaire pour les préparer. Le site Web de l'IXP contient de bonnes informations, qui pourraient être complétées par des liens supplémentaires et des informations pour les nouveaux membres.

Alors que le gouvernement a fourni un service important dans l'établissement de l'IXP et que les actions récentes ont conduit à une augmentation significative du trafic, le nombre de membres est encore faible par rapport aux autres IXP en Afrique. L'ouverture de l'accès et la mise en place d'un modèle de gestion multipartite contribueraient à accroître les échanges locaux de trafic. La libéralisation totale de la passerelle internationale et le développement d'un réseau de gros à l'intérieur du pays réduiraient le coût de l'accès international et aideraient à développer l'hébergement de contenu local. Les résultats seraient une augmentation des échanges de trafic intérieur et la capacité de mieux tirer parti des attributs favorables du pays en tant que hub du trafic régional.



Île Maurice

Le Mauritius Internet Exchange Point (MIXP) a été créé en 2005 dans le Government Online Center (Tableau 9).

Tableau 9. Informations sur le MIXP (Source : enquêtes IXP, site Web du MIXP, 2020)

	MIXP
Créé par	Gouvernement
Modèle	Non lucratif
Nœuds	2
Hébergé par	Gouvernement, centre de données neutre
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	Gratuit
Réseaux connectés	14
Réseaux d'accès	7
CDN internationaux	Aucun
Pic de trafic	110 Mbit/s
Obligations	Aucun
Restrictions	Aucun

L'IXP possède deux nœuds dans la ville d'Ébène, l'un dans un centre de données gouvernemental et l'autre hébergé par Rogers Capital. Les connexions entre les nœuds sont fournies par les membres. Tous les principaux FAI et ORM nationaux sont membres de l'IXP, tout comme le National Computer Board et une société de médias locale. Un certain nombre de CDN internationaux ont des caches dans le pays qui sont hébergés par un ou plusieurs FAI, mais ils ne sont pas partagés via l'IXP.

Bien qu'aucun des trois CDN internationaux ayant fourni des données ne soit directement connecté à l'IXP, tous disposent de caches dans le pays connectés aux principaux FAI. L'un rapporte que 90 % de leur trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, 99 % est desservi dans la région et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Un deuxième CDN possède des



caches chez plusieurs FAI et signale une augmentation de 150 % du trafic immédiatement après l'activation du dernier cache. Le troisième CDN rapporte que la majorité du trafic est desservi localement, et le reste vient d'Afrique du Sud. Le trafic desservi localement a beaucoup moins de latence, en moyenne, avec un débit plus élevé. Aucun des CDN ne déclare desservir le trafic de l'île Maurice vers d'autres pays.

Le MIXP a organisé un certain nombre de tournées de présentation pour sensibiliser aux avantages de l'IXP, et a proposé des sessions de renforcement des capacités avec des pairs et des pairs potentiels afin de mieux comprendre leurs problèmes. En outre, le ministère des TIC a organisé un atelier de renforcement des capacités de cinq jours avec la Commission de l'Union africaine et l'Internet Society. Enfin, l'île Maurice a bénéficié de l'accueil de plusieurs grands événements qui ont contribué à sensibiliser et à renforcer les capacités, notamment AFRINIC-25 en 2016 et la 10e édition annuelle de l'AfPIF en 2019.

Les Avantages du Renforcement des Capacités : La Sentinelle Ltd.

La Sentinelle Ltd. est une entreprise médiatique locale qui propose des contenus d'actualité et des vidéos. Jusqu'en 2019, elle était hébergée par une société de cloud en Europe, ce qui faisait que 80 % du trafic retournait à l'île Maurice sur une bande passante internationale très coûteuse. Les FAI locaux ont proposé d'héberger le contenu de l'entreprise, mais à un coût encore plus élevé que ce qui était facturé en Europe.

Les choses ont commencé à changer en 2017, lorsqu'Ish Sookun, architecte système chez LSL Digital, une division de La Sentinelle, a assisté à une réunion de l'Internet Society sur l'hébergement local. Sur place, le personnel d'AFRINIC l'a convaincu de demander des adresses IP et un numéro AS, afin que La Sentinelle puisse mieux obtenir un hébergement local efficace. Un FAI local, Rogers Capital, a co-organisé l'AfPIF à Maurice en 2019, et sur la base des réunions et des discussions, a accepté d'annoncer les adresses IP de La Sentinelle.

Pour le reste de son activité, La Sentinelle a investi dans de nouveaux équipements qui lui ont permis d'héberger localement son propre service cloud et de rencontrer les FAI au MIXP. Les résultats ont été significatifs : la latence est passée de 250 - 300 millisecondes (ms) à moins de 10 ms, une différence



perceptible pour les utilisateurs. La latence considérablement réduite a permis à La Sentinelle de fournir les résultats des élections en temps réel, et bientôt leurs actualités vidéo migreront de YouTube vers leur propre serveur cloud.

Il convient de noter que La Sentinelle avait un besoin commercial existant d'investir dans de nouveaux équipements permettant le service cloud. Les fournisseurs de contenu locaux sans ce besoin commercial dépendront toujours des services internationaux, car l'hébergement cloud local est toujours un ordre de grandeur plus cher que l'international.

L'IXP rapporte que 2 % du trafic est domestique, plaçant l'Île Maurice au Stade 1 de développement. Cependant, il convient de noter que les principaux défis à l'Île Maurice sont essentiels pour le marché. Alors que l'Île Maurice est un marché Internet avancé, c'est une nation insulaire avec une population relativement faible. La pénétration d'Internet est de 68 % de la population, avec une disponibilité de 100 % de la fibre optique jusqu'au domicile, mais cela ne représente que 860 000 utilisateurs.

Le marché mauricien est entièrement libéralisé, avec une concurrence dans tous les secteurs. Cependant, étant donné les faibles volumes de trafic, le transit IP international coûte 100 \$ américains par Mbps par mois, une somme importante. De plus, étant donné la petite taille du marché, l'hébergement local est également relativement coûteux et la plupart du trafic se situe à l'extérieur du pays. En conséquence, chaque FAI engage un coût important pour récupérer ce trafic international en Afrique du Sud ou en Asie.

Recommandations

Alors que l'IXP permet de réaliser des économies importantes en localisant le trafic entre les FAI, le partage du trafic de cache ou la connexion des caches directement à l'IXP permettrait d'économiser des ressources importantes, en particulier pour les plus petits FAI qui doivent accéder au trafic à l'étranger. Des efforts pour agréger la demande afin de réduire le coût de l'hébergement seraient également utiles pour localiser davantage le trafic et tirer pleinement parti de l'IXP.

Le site Web de l'IXP est assez basique, avec un peu plus qu'une liste de membres et de statistiques. L'ajout de plus d'informations sur le site Web pourrait aider à sensibiliser et à fournir des ressources pour le renforcement des capacités.



Rwanda

Le Rwanda Internet Exchange (RINEX) a été lancé par la Rwanda Information Technology Authority en 2004, et il est maintenant géré par la Rwanda Internet Community and Technology Alliance (RICTA) et hébergé dans un centre de données de FAI (Tableau 10). En tant que pays enclavé avec les défis attendus pour accéder à la capacité internationale de câbles sous-marins, RINEX a joué un rôle important en aidant à localiser le trafic et en évitant de dépendre de l'accès côtier.

Tableau 10. Informations RINEX (Source : enquêtes IXP, site Web RINEX, 2020)

	Rwanda
Créé par	RICTA (2004)
Modèle	Non lucratif
Nœuds	1
Hébergé par	Centre de données FAI
Coût total sur trois ans (1 Gbit/s)	23 400 \$ américains
Réseaux connectés	18
Réseaux d'accès	8
CDN internationaux	Cloudflare, Facebook, Netflix
Pic de trafic	1,4 Gbit/s
Obligations	Aucun
Restrictions	Aucun

RINEX a une large base de membres. Tous les principaux FAI et ORM sont membres, de même que plusieurs opérateurs. En outre, quatre membres (AFRINIC, NetNOD, PCH et Verisign) fournissent un accès aux serveurs DNS, ce qui réduit le temps de résolution des noms de domaine.

RINEX compte un certain nombre de fournisseurs de contenu internationaux et locaux en tant que réseaux connectés. Facebook, Cloudflare et Netflix sont membres de l'IXP ; et Akamai et Google sont disponibles via des connexions FAI. De plus, plusieurs CDN sont



connectés directement à plusieurs FAI ; cela offre les avantages de la connectivité locale, tout en réduisant le trafic via l'IXP. En termes de contenu local, Rwanda Education Network et Rwanda Revenue Authority sont connectés à l'IXP, les services d'administration en ligne sont accessibles via le FAI BSC et d'autres fournisseurs de contenu local sont connectés indirectement via les FAI.

Les trois CDN internationaux qui ont fourni des données sont directement ou indirectement connectés à l'IXP via les FAI. L'un rapporte que 60 % de leur trafic est desservi depuis l'intérieur du pays, 99 % est desservi dans la région et le reste vient de l'extérieur de l'Afrique. Un deuxième CDN possède des caches avec un certain nombre de FAI et rapporte qu'il a connu une augmentation de trafic allant jusqu'à 100 % immédiatement après la mise en place des caches. Un troisième CDN rapporte que la majorité de son trafic est desservi localement, le reste provenant du Kenya, d'Afrique du Sud, d'Ouganda et d'Europe. En moyenne, le trafic desservi localement a beaucoup moins de latence et un débit plus élevé. L'un des CDN signale qu'il dessert le trafic via plusieurs FAI vers la RDC voisine.

RINEX a un programme de sensibilisation actif qui a aidé à attirer ses membres diversifiés. Comme pour de nombreux IXP en Afrique, le renforcement des capacités a été fourni par l'Internet Society, ainsi que le RWNOC local, mais un renforcement des capacités pourrait être fourni pour augmenter ce qui a été fait.

Ouvrir la voie : RINEX.org.rw

Presque tous les IXP d'Afrique ont en commun l'appel à une plus grande sensibilisation aux avantages de l'adhésion à un IXP et à un meilleur accès au matériel de renforcement des capacités en ligne. Les sites Web IXP sont une ressource de première ligne pour faire les deux.

Le site Web de RINEX est un excellent exemple de la façon dont le site Web d'un IXP peut jouer un rôle important en aidant à sensibiliser et à partager des informations sur l'IXP. Sa structure est un modèle de partage de plusieurs catégories d'informations.

- Accueil : les points forts des membres ; l'accès aux politiques de l'IXP sur l'interconnexion, la qualité de service, la collecte de données et l'accès aux données ; les données sur l'ASN, le port et la capacité de commutation ; et les liens vers les données de trafic et le miroir multi-routeur de l'IXP.



- À propos : la vision, la mission, les valeurs et l'histoire de l'IXP
- Services : les services disponibles à l'IXP
- Contact : coordonnées et formulaire de demande par courriel
- Se connecter : conditions requises pour se connecter à l'IXP
- Réseaux connectés : une liste de réseaux et des informations de base sur le réseau
- Tarification : un aperçu de la structure des frais de l'IXP

Bien que le Rwanda ait le défi intrinsèque d'être un pays relativement petit et enclavé, il s'en est très bien tiré, en grande partie grâce à ses politiques prospectives et de haut niveau pour développer une infrastructure numérique et transformer son économie. Cependant, des défis subsistent sur son marché : le coût de l'hébergement local est relativement élevé, ce qui oblige les sites Web locaux à rechercher un hébergement à l'extérieur du pays. Bien que le pays dispose d'un centre de données neutre vis-à-vis des opérateurs qui héberge du contenu et des services, il est relativement limité dans l'espace et peu susceptible de fournir les économies d'échelle des grands centres de données à l'étranger. De plus, le coût du transport local et du contenu international est relativement élevé.

Recommandations

Le marché rwandais bénéficierait d'une concurrence accrue dans la capacité de gros, y compris le transport vers les pays côtiers pour accéder au contenu au Kenya, ainsi que les câbles sous-marins et les capacités régionales. Par exemple, le Rwanda pourrait devenir un hub IXP plus important pour la RDC voisine, avec un transit transfrontalier approprié vers ce pays. Ces défis ne sont pas réglementaires, mais plutôt déterminés par le marché, et peuvent être surmontés à mesure que Liquid Telecom et d'autres opérateurs développent leurs réseaux.



Conclusions

L'objectif communautaire de longue date pour l'Afrique est que 80 % de son trafic Internet provienne du continent. Depuis plus de 10 ans, l'Internet Society soutient cet objectif en promouvant les IXP en tant que points focaux pour localiser le trafic, réduire le coût et la latence de l'échange de trafic et augmenter la résilience de l'écosystème Internet d'un pays. Dans cette publication, nous avons évalué l'état actuel des IXP en Afrique et examiné en détail comment cette stratégie fonctionne dans six pays de chaque sous-région d'Afrique.

Nous avons construit notre analyse sur la base de l'examen le plus récent de l'Internet Society sur le Kenya et le Nigéria, deux des IXP et des écosystèmes les plus avancés d'Afrique.³⁰ Dans cette publication, nous avons identifié trois étapes de développement, telles que définies par le niveau de contenu localisé, et avons montré que les deux pays étaient passés du début du Stade 2, avec 30 % de trafic local en 2012, au début du Stade 3, avec 70 % de trafic local en 2020. Notre étude a révélé que de tous les pays d'Afrique dotés d'IXP, l'écosystème Internet le plus développé en Afrique est l'Afrique du Sud, qui a clairement atteint l'objectif de 80 % du trafic localisé, suivie du Kenya et du Nigéria.

Un aspect que le Kenya, le Nigéria et l'Afrique du Sud partagent est les grands IXP avec au moins 50 membres. C'est une indication forte de la santé de l'écosystème Internet dans chacun de ces pays - qu'il y a tellement de réseaux, et qu'ils sont tous connectés à l'IXP. Concrètement, cela reflète une grande diversité de réseaux connectés dans chaque pays. Notez que chaque pays dispose d'un nombre limité de réseaux d'accès (FAI et ORM) en raison de la nature de l'entreprise et de l'accès aux intrants nécessaires, y compris les câbles aux ménages et aux entreprises ou le spectre. Le nombre de réseaux d'accès est la limite inférieure du nombre de membres connectés ; les autres doivent être des fournisseurs de contenu, des agences gouvernementales, des opérateurs internationaux et des entreprises.

Notre évaluation a révélé une corrélation positive entre le nombre de membres et le volume de trafic échangé via un IXP. Cette corrélation renforce les avantages d'avoir plus de réseaux connectés : non seulement le volume de trafic augmente avec le nombre de membres, mais le volume de trafic par membre augmente également. Cette tendance suggère un impact générateur d'une augmentation du nombre d'adhésions à mesure que davantage de trafic est échangé, ce qui, à son tour, aide les pays à atteindre des stades supérieurs de développement de l'écosystème Internet.

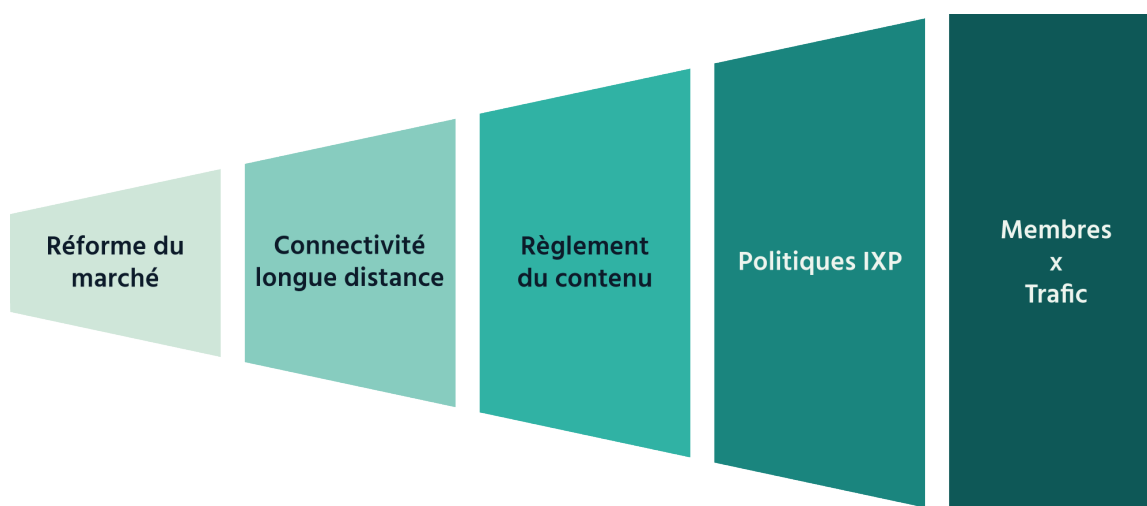
30 Michael Kende, « Ancrer l'écosystème Internet africain : Leçons tirées de la croissance des points d'échange Internet au Kenya et au Nigéria » (Internet Society, juin 2020), <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2020/06/Anchoring-the-African-Internet-Ecosystem-Lessons-from-Kenya-and-Nigeria.pdf>.



Une feuille de route pour un meilleur écosystème Internet

La figure 13 illustre quatre facilitateurs d'adhésion, des moyens éprouvés pour les IXP africains d'augmenter l'adhésion et de générer plus de trafic. Chaque catalyseur est important et s'appuie sur les précédents pour maximiser le nombre de membres potentiels.

Figure 13. Facilitateurs d'adhésion (Source : Internet Society, 2021)



Réforme du marché. Les FAI stimulent généralement le développement d'un IXP, et un IXP n'est nécessaire que s'il y a au moins trois FAI (un FAI n'a pas besoin d'échanger de trafic et deux peuvent le faire de manière bilatérale). Ainsi, la première étape vers le développement de la demande pour un IXP dans un pays est une réforme de base du marché des télécommunications qui conduit à l'émergence de réseaux d'accès concurrents, y compris les FAI fixes et les opérateurs mobiles qui fournissent un accès Internet. Cela signifie ouvrir le marché à la concurrence, et il est amélioré s'il n'y a pas de limites sur le nombre de licences et si les barrières financières et non financières à l'acquisition d'une licence sont faibles ou inexistantes. Cependant, comme indiqué, le nombre de FAI représente une limite inférieure du nombre de réseaux connectés à un IXP.

Connectivité longue distance. Le sujet de la connectivité longue distance a été soulevé dans un certain nombre de réponses à l'enquête, et il est essentiel au développement d'un écosystème Internet sain. La connectivité terrestre est nécessaire pour permettre aux FAI et autres organisations de se connecter à un IXP - la concurrence entre les fournisseurs de connectivité garantit que le coût de l'accès est abordable et que l'accès est résilient. La connectivité internationale est également importante. Premièrement, la libéralisation de



la passerelle encourage les FAI régionaux et mondiaux à rejoindre l'IXP et à en faire un hub régional ; deuxièmement, le transit IP international à faible coût est essentiel pour fournir du contenu à l'IXP et attirer des CDN internationaux pour déployer des caches et des points de présence (PoP) dans le pays.

Règlementations du contenu. D'autres facteurs importants pour attirer du contenu vers un IXP sont les réglementations d'un pays en matière de confidentialité et de protection des données, et si les plateformes sont soumises à une responsabilité intermédiaire pour le contenu de tiers. Plus fondamentalement, les réponses au sondage ont indiqué un besoin d'hébergement de contenu plus local et plus de contenu local. En ce qui concerne le premier, des centres de données neutres vis-à-vis des opérateurs sont nécessaires pour héberger l'IXP, les CDN et toute organisation locale souhaitant se connecter à l'IXP. En ce qui concerne le développement du contenu local, les gouvernements peuvent promouvoir le contenu local avec leurs propres services d'administration en ligne, avec une formation pour les développeurs de contenu et en promouvant les paiements numériques pour faciliter la création de nouveaux services locaux.

Politiques de l'IXP. Les politiques d'un IXP ont un impact direct sur son nombre de membres, en particulier lorsqu'il passe d'une adhésion précoce aux réseaux d'accès à un groupe plus diversifié de réseaux connectés. Les IXP peuvent déterminer qui peut les rejoindre. Une politique libérale, en particulier pour attirer des fournisseurs de contenu et de services, notamment des agences gouvernementales, des entreprises et d'autres réseaux non traditionnels, contribuera à augmenter leur nombre. Le fait d'avoir un MMLPA peut dissuader les membres potentiels qui ne souhaitent pas se connecter avec tous les autres membres.

De plus, les IXP africains seraient avisés de mieux faire connaître leurs avantages afin d'attirer de nouveaux membres potentiels. De même, le renforcement des capacités garantirait que les membres actuels profitent pleinement de ces avantages. Le développement d'un site Web complet est un outil clé pour fournir une sensibilisation et des liens vers les ressources des membres, en particulier lorsque les voyages sont réduits pendant la pandémie et que les affaires sont de plus en plus gérées en ligne.

Étapes suivantes

Approchés systématiquement, ces facilitateurs d'adhésion aideront les IXP africains à maximiser leur nombre de réseaux connectés et, ainsi, à étendre l'écosystème Internet de leur pays. Il est clairement établi que les IXP jouent un rôle particulièrement central dans la création d'un écosystème Internet qui se porte bien. Alors qu'ils sont au centre des échanges de trafic et contribuent à attirer des contenus et des services dans le pays ; ils sont également particulièrement bien placés pour tirer parti de leurs membres afin de



promouvoir les politiques et les réglementations nécessaires pour réformer le marché, réduire le coût de la connectivité et développer des conditions d'hébergement de contenu favorables. L'Internet Society est convaincue qu'en prenant les mesures susmentionnées, les pays africains développeront non seulement leurs écosystèmes Internet locaux, mais favoriseront également la croissance régionale et atteindront l'objectif d'au moins 80 % de localisation du trafic en Afrique.

L'avenir s'annonce radieux pour l'écosystème Internet africain. Aujourd'hui, plus de la moitié des pays africains ont un IXP, et six pays en ont plusieurs. De plus, le nombre d'IXP a considérablement augmenté en réponse aux efforts des parties prenantes et de la communauté. Bien que l'objectif 80/20 n'ait pas été atteint en 2020, la communauté devrait se fixer un nouvel objectif avec la certitude que ses activités continueront d'exercer une influence forte sur l'écosystème IXP africain. Ce document est destiné à entamer le dialogue en vue de développer et d'atteindre le nouvel objectif pour la nouvelle décennie, sur la base d'un certain nombre de facilitateurs d'adhésion.

Annexe A : Enquête auprès des opérateurs IXP africains

L'enquête a été publiée via SurveyMonkey le 29 juillet 2020 et mise à la disposition de tous les contacts Af-IX IXP. Les contacts ont été invités avec plusieurs rappels.

1. Merci de vous présenter.

Votre nom

Votre titre

Votre IXP

Votre pays

Votre ville

Votre adresse électronique

2. Veuillez nous parler de votre IXP.

Quel est votre modèle d'entreprise (par exemple, sans but lucratif, à but lucratif, etc.) ?

Combien de nœuds avez-vous ?

S'il y en a plusieurs, tous les nœuds sont-ils dans la même ville ou dans plusieurs villes ?



Dans quelle(s) ville(s) se trouvent les nœuds ?

Fournissez-vous la connectivité entre les nœuds ou les membres la fournissent-ils ?

Au moins un de vos nœuds est-il basé dans un centre de données neutre ?

Avez-vous des plans d'expansion que vous pourriez partager avec nous ?

3. Nous aimerions en savoir plus sur vos opérations.

Combien de réseaux de peering avez-vous au total ?

Quel est votre pic de trafic ?

Quel est votre niveau de trafic moyen ?

Pouvez-vous estimer quel pourcentage de votre trafic est régional ?

4. Si vous avez plus d'un nœud, veuillez décomposer vos nombres.

Nœud 1 : emplacement, nombre de réseaux de peering ; niveau de trafic de pointe et moyen

Nœud 2 : emplacement, nombre de réseaux de peering ; niveau de trafic de pointe et moyen

Nœud 3 : emplacement, nombre de réseaux de peering ; niveau de trafic de pointe et moyen

Nœud 4 : emplacement, nombre de réseaux de peering ; niveau de trafic de pointe et moyen

5. Quels sont les prix de votre IXP ? (Veuillez indiquer les devises)

Avez-vous des frais d'adhésion initiaux ? Si oui, c'est combien ?

Avez-vous une redevance annuelle autre que les frais de port ? Si oui, c'est combien ?

Avez-vous des frais de port mensuels forfaitaires ? Si oui, qu'est-ce que c'est ?

Avez-vous une tarification des ports basée sur la vitesse ? Énumérez les vitesses (par exemple, 1 Gbit/s) et les frais mensuels pour chacun ?

Énumérez les vitesses (par exemple, 1 Gbit/s) et les frais mensuels pour chacun ?



- 6. Pouvez-vous estimer pour votre pays quel pourcentage du trafic Internet total est national par rapport à l'international ?**
- 7. Pensez-vous qu'il y a une sensibilisation générale sur les avantages d'un IXP dans votre communauté Internet locale, en particulier avec les petits FAI et les fournisseurs de contenu locaux ? Comment la sensibilisation a été faite ? Que pourrait-on faire pour augmenter la sensibilisation ?**
- 8. Pensez-vous qu'il y a suffisamment de renforcement des capacités en matière de peering et d'interconnexion dans votre pays ? Quelles sont les sources de renforcement des capacités ? Que pourrait-on faire pour augmenter le renforcement des capacités ?**
- 9. Y a-t-il des restrictions à votre IXP ?**

Avez-vous un accord de peering multilatéral obligatoire à votre IXP ?

N'importe quel réseau domestique peut-il rejoindre l'IXP, ou seulement les FAI ?

N'importe quel réseau international peut-il rejoindre l'IXP ou a-t-il besoin d'une licence nationale ?

Quel est le but de ces exigences, le cas échéant ?

10. Veuillez nous parler des réseaux de diffusion de contenu (CDN) internationaux

Y a-t-il des CDN internationaux présents dans votre pays ?

Leurs caches sont-elles disponibles à l'IXP ?

Ont-ils des points de présence (PoP) dans votre pays ?

Pouvez-vous nommer les CDN internationaux et ce qu'ils ont dans votre pays ?

11. Veuillez nous parler des fournisseurs de contenu locaux

Y a-t-il un nombre important de fournisseurs de contenu locaux hébergeant dans votre pays ?

S'il y en a, sont-ils disponibles à l'IXP ?

S'il y a peu de contenu local disponible, pourquoi pas ?

12. De quoi êtes-vous le plus fier dans le développement de votre IXP ?



13. Y a-t-il des obstacles politiques plus larges qui ont un impact sur les FAI dans votre pays ? Y a-t-il des obstacles politiques plus larges qui ont un impact sur les FAI dans votre pays ? Quels sont les obstacles politiques ?

14. Y a-t-il des obstacles politiques au développement d'un centre de données dans votre pays ou à l'introduction d'un cache ou d'un point de présence dans votre pays par un fournisseur de contenu international ? Selon vous, quels sont les obstacles politiques ?

15. Quels changements de politique ou de réglementation contribueraient le plus à augmenter l'utilisation de votre IXP ?

16. Merci !

Pouvons-nous accuser réception de votre contribution dans le rapport, y compris votre nom ?

Pouvons-nous faire référence à l'une de vos réponses dans le rapport (nous vérifierons d'abord avec vous) ?



Annexe B : Figures incluant l’Afrique du Sud

Les IXP sud-africains éclipsent considérablement les autres IXP africains, à la fois en termes de nombre de membres connectés et de volume de trafic, ceci est particulièrement vrai pour NAPAfrica Johannesburg. Considérées toutes ensemble, les données peuvent apparaître faussées. En conséquence, nous avons exclu les IXP sud-africains du corps des chiffres de ce document. Nous les présentons ici.

Figure 14. Coût de connexion sur trois ans et nombre de membres avec l’Afrique du Sud (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)

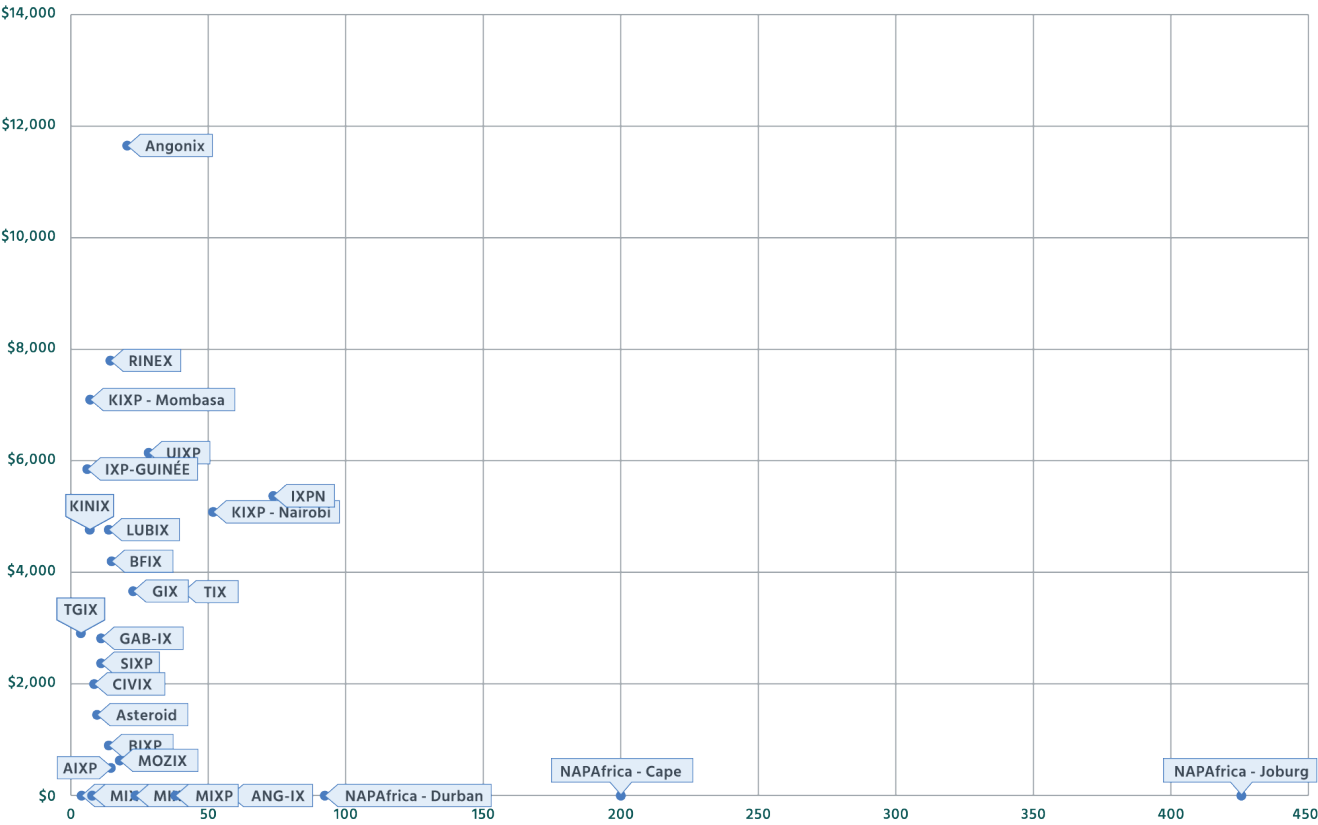
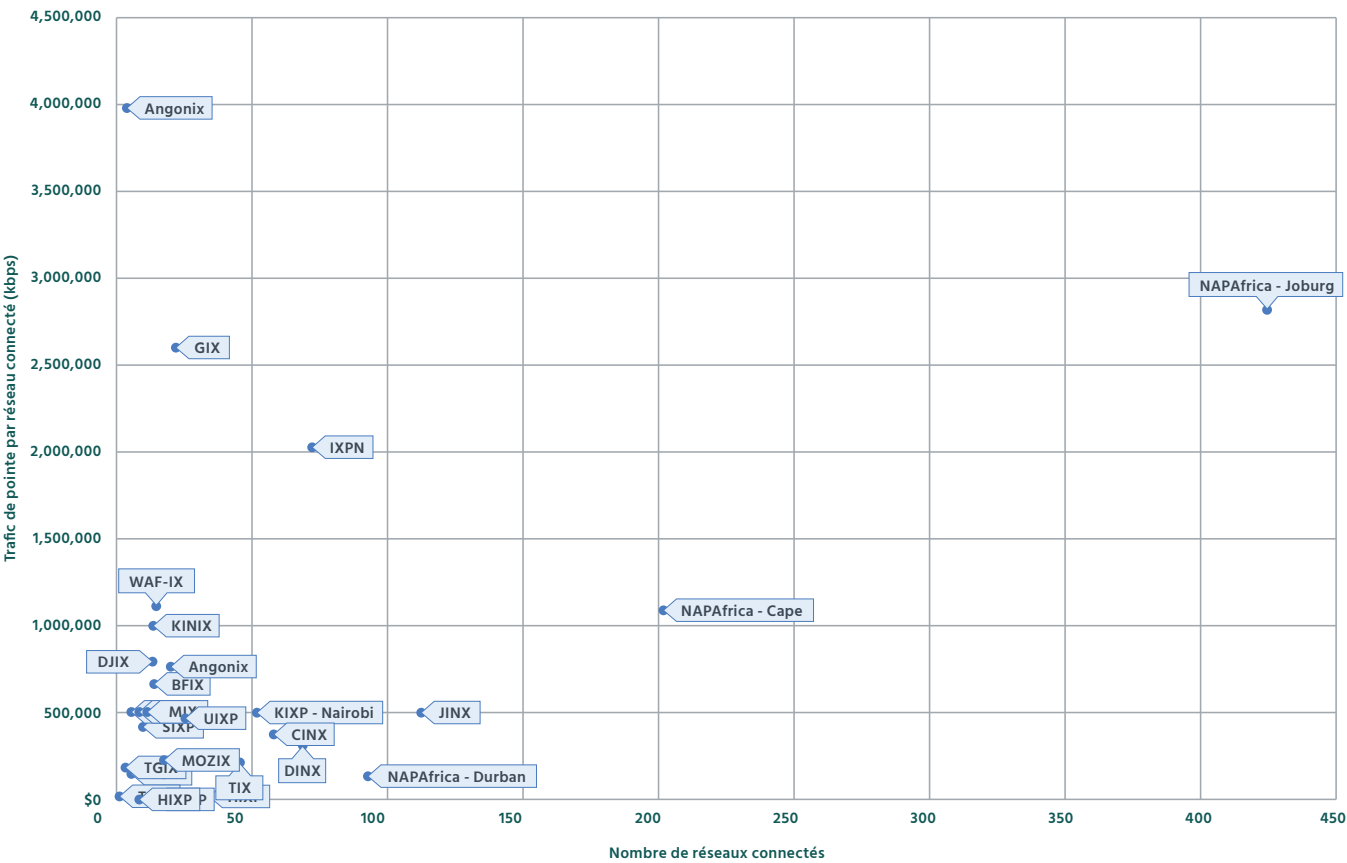


Figure 15. Nombre de réseaux et trafic par réseau avec l'Afrique du Sud (Source : enquêtes IXP, sites Web IXP, 2020)



Annexe C : Liste des acronymes

ADC	Centres de données de l'Afrique (entreprise)	GGC	Cache global Google
Af-IX	Association africaine des IXP	TIC	Technologies de l'information et de la communication
AfPIF	Forum africain sur le peering et l'interconnexion	IP	Protocole Internet
AFRINIC	Registre Internet régional pour l'Afrique	INFOSI	Instituto Nacional de Fomento da Sociedade de Informação (Angola)
ANPTIC	Agence Nationale de Promotion des Technologies de l'Information et de la Communication (Burkina Faso)	ISP	Fournisseur d'accès à Internet (FAI)
ARDA	African Route-Collectors Data Analyzer	ISPA-RDC	Association des Fournisseurs d'Accès Internet de la République Démocratique du Congo
ASN	Numéros de système autonome	ITE	Interconnexion et échange de trafic [Programme]
AXIS	Système d'échange Internet africain	IXP	Point d'échange Internet
BGP	Protocole de passerelle frontalière	Mbps	Mégabits par seconde
CDN	Réseaux de diffusion des données	MCIT	Ministère des communications et des technologies de l'information (Égypte)
CON-IX	Le Point d'Échange Internet de la Guinée (IXP-GUINÉE)	MISPA	Association des fournisseurs de services Internet du Malawi
De-CIX	Échange Internet commercial Deutscher	MLPA	Accord de peering multilatéral
DRC	République Démocratique du Congo	MMLPA	Accord de peering multilatéral obligatoire
DNS	Système de noms de domaines	Ms	Millisecondes
EuroIX	Association européenne des échanges Internet	NDPR	Règlementation nigériane sur la protection des données
FNA	Appareil réseau Facebook	NIRA	Association pour les enregistrements Internet du Nigéria
Go	Gigaoctet	NITDA	Agence du Nigéria pour le développement des technologies de l'information
Gbit/s	Gigaoctets par seconde		
PIB	Produit intérieur brut		



NOG	Regroupement d'opérateurs de réseaux
NTRA	Autorité nationale de régulation des télécommunications (Égypte)
ORM	Opérateur de réseau mobile
PCH	Chambre de compensation de paquets
PAV	Point d'atterrissage virtuel ou point d'atterrissage virtuel
PNI	Interconnexion réseau privé
PoP	Point de présence
QoS	Qualité de service
RICTA	Communauté Internet du Rwanda et Alliance technologique
SACS	Système de câble de l'Atlantique Sud
SCPT	Société Congolaise des Postes et Télécommunications (RDC)
TESPOK	Fournisseurs de services technologiques du Kenya
VLAN	Réseau local virtuel
VTs	Technologies et solutions virtuelles (entreprise)
WAF-IX	Échange Internet d'Afrique de l'Ouest



Annexe D : Liste des figures et tableaux

Figures

Figure 1. Stades de développement de l'écosystème Internet	3
Figure 2. Facilitateurs d'adhésion	4
Figure 3. Étapes de développement de l'écosystème Internet	10
Figure 4. Internauts et PIB par habitant.....	12
Figure 5. IXP africains : années de création.....	17
Figure 6. Nombre de réseaux connectés.....	18
Figure 7. Coût de la connexion sur trois ans et nombre de membres.....	23
Figure 8. Nombre de réseaux et trafic par réseau	25
Figure 9. Réseaux et trafic NAPAfrica	26
Figure 10. Réseaux et trafic UIXP	26
Figure 11. Réponses à l'enquête IXP	29
Figure 12. Impact du contenu localisé sur le trafic.....	44
Figure 13. Facilitateurs d'adhésion.....	59
Figure 14. Coût de la connexion sur trois ans et nombre de membres avec l'Afrique du Sud	65
Figure 15 Nombre de réseaux et trafic par réseau avec l'Afrique du Sud	66

Tableaux

Tableau 1. IXP africains par région.....	13
Tableau 2. Pays des études de cas	35
Tableau 3. Étude de cas IXP.....	36
Tableau 4. Coûts et économies par IXP en \$ US.....	37
Tableau 5. IXP Angola.....	39



Tableau 6. Informations BIFX	42
Tableau 7. Informations sur l'IXP de la RDC.....	46
Tableau 8. Informations CAIX.....	49
Tableau 9. Informations MIXP	52
Tableau 10. Informations RINEX.....	55

