

Question 3/1

Accès à l'informatique en nuage: enjeux et perspectives pour les pays en développement

6e Période d'Études
2014-2017



NOUS CONTACTER

Site web: www.itu.int/ITU-D/study-groups
Librairie électronique: www.itu.int/pub/D-STG/
E-mail: devsg@itu.int
Téléphone: +41 22 730 5999

Question 3/1: Accès à
l'informatique en nuage:
enjeux et perspectives pour
les pays en développement

Rapport final

Préface

Les commissions d'études du Secteur du Développement des télécommunications de l'UIT (UIT-D) offrent un cadre neutre reposant sur les contributions, dans lequel des spécialistes des pouvoirs publics, du secteur privé et des milieux universitaires se réunissent afin d'élaborer des outils pratiques, des lignes directrices utiles et des ressources pour résoudre les problèmes de développement. Dans le cadre des travaux des commissions d'études de l'UIT-D, les Membres du Secteur étudient et analysent des questions de télécommunication/TIC précises axées sur les tâches, afin de progresser plus rapidement en ce qui concerne les priorités des pays en matière de développement.

Les commissions d'études offrent à tous les Membres du Secteur l'occasion d'échanger des données d'expérience, de présenter des idées, de dialoguer et de parvenir à un consensus sur les stratégies à adopter pour répondre aux priorités dans le domaine des télécommunications/TIC. Elles sont chargées d'élaborer des rapports, des lignes directrices et des recommandations sur la base des contributions et des documents soumis par les membres. Des données, qui sont recueillies grâce à des enquêtes, des contributions et des études de cas, sont mises à la disposition des membres, qui peuvent les consulter facilement en utilisant les outils de gestion de contenus et de publication sur le web. Les travaux des commissions d'études de l'UIT-D se rapportent aux différents programmes et initiatives adoptés par l'UIT-D, l'objectif étant de créer des synergies dans l'intérêt des membres pour ce qui est des ressources et des compétences techniques. La collaboration avec d'autres groupes et organisations travaillant sur des questions connexes est essentielle.

Les sujets sur lesquels les commissions d'études de l'UIT-D travaillent sont choisis tous les quatre ans par la Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT), qui établit des programmes de travail et des directives, afin de définir les questions et priorités relatives au développement des télécommunications/TIC pour les quatre années suivantes.

Le domaine de compétence de la **Commission d'études 1 de l'UIT-D** est l'étude d'un "**Environnement propice au développement des télécommunications/TIC**", tandis que celui de la **Commission d'études 2 de l'UIT-D** est l'étude du thème "**Applications des TIC, cybersécurité, télécommunications d'urgence et adaptation aux effets des changements climatiques**".

Pendant la période d'études 2014-2017, la **Commission d'études 1 de l'UIT-D** était placée sous la présidence de Roxanne McElvane Webber (Etats-Unis d'Amérique), assistée des Vice-Présidents, Regina Fleur Assoumou-Bessou (Côte d'Ivoire), Peter Ngwan Mbengie (Cameroun), Claymir Carozza Rodriguez (Venezuela), Victor Martinez (Paraguay), Wesam Al-Ramadeen (Jordanie), Ahmed Abdel Aziz Gad (Egypte), Yasuhiko Kawasumi (Japon), Nguyen Quy Quyen (Viet Nam), Vadym Kaptur (Ukraine), Almaz Tilenbaev (République kirghize) et Blanca Gonzalez (Espagne), qui représentaient les six régions.

Rapport final

Le présent rapport final sur la **Question 3/1 "Accès à l'informatique en nuage: enjeux et perspectives pour les pays en développement"** a été élaboré sous la direction du Rapporteur pour cette Question, M. Nasser Kettani (Microsoft Corporation, Etats-Unis d'Amérique), et de trois Vice-Rapporteurs nommés, Jules Essoh Kambo (Cameroun), Henri Numbi Ilunga (République démocratique du Congo) et Abdoulaye Ouedraogo (Burkina Faso). Le Rapporteur et les Vice-Rapporteurs ont par ailleurs bénéficié de l'assistance des coordonnateurs de l'UIT-D et du secrétariat des commissions d'études de l'UIT-D.

ISBN

978-92-61-22632-9 (version papier)

978-92-61-22642-8 (version électronique)

978-92-61-22652-7 (version EPUB)

978-92-61-22662-6 (version Mobi)

Le présent rapport a été établi par de nombreux experts provenant de différentes administrations et entreprises. La mention de telle ou telle entreprise ou de tel ou tel produit n'implique en aucune manière une approbation ou une recommandation de la part de l'UIT.



Avant d'imprimer ce rapport, pensez à l'environnement.

© ITU 2017

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

Table des matières

Préface	ii
Rapport final	iii
Résumé	ix
i. Introduction	ix
ii. Considérations générales	xi
1 CHAPITRE 1 – Introduction à l’informatique en nuage	1
1.1 Définitions et caractéristiques	1
1.1.1 Généralités	1
1.1.2 Caractéristiques principales	1
1.1.3 Types de capacités de nuage et catégories de services en nuage	2
1.1.4 Modèles de déploiement d’un nuage	3
1.2 Le nuage: une approche universelle impossible	4
1.3 Attention, il ne s’agit pas d’informatique en nuage	4
1.4 Le nuage à très grande échelle: les enseignements tirés du réel	5
2 CHAPITRE 2 – Les éléments moteurs et les avantages de l’informatique en nuage	7
2.1 Nouvelles opportunités offertes aux entreprises, aux consommateurs et aux pouvoirs publics par l’adoption de l’informatique en nuage	8
2.2 Pourquoi recourir au nuage et pourquoi maintenant?	9
2.3 Adoption de l’informatique en nuage: difficultés pour les entreprises, les consommateurs et les pouvoirs publics	10
3 CHAPITRE 3 – Etat des lieux de l’informatique en nuage dans les pays en développement	12
3.1 Méthodologie	13
4 CHAPITRE 4 – Principaux piliers de l’informatique en nuage	15
4.1. Les personnes: développement des compétences et sensibilisation	16
4.2. Innovation	20
4.3. Infrastructures	21
4.3.1 Des caractéristiques des réseaux prenant en charge un accès efficace aux services d’informatique en nuage	21
4.3.2 L’énergie	23
4.3.3 Le réseau à large bande	24
4.3.4 Eléments de l’architecture du réseau	25
4.3.5 Bonnes pratiques et recommandations en matière de développement d’une infrastructure en nuage	27
4.3.6 Modèles de coût et implications pour le développement d’une infrastructure locale d’informatique en nuage	28
4.4. Confiance	29
4.4.1 Mécanismes politiques et réglementaires permettant d’accéder efficacement aux services d’informatique en nuage	30
4.4.2 Transparence	31
4.4.3 Normes	32
5 CHAPITRE 5 – Enseignements tirés	33
5.1 Australie	33

5.2	Bhoutan	33
5.3	Burkina Faso	34
5.4	République populaire de Chine	34
5.5	Inde	35
5.6	République de Corée	35
5.7	Singapour	36
5.8	Royaume-Uni	37
5.9	Etats-Unis d'Amérique	37
6	CHAPITRE 6 – La voie à suivre	39
	Abbreviations and acronyms	41
	Annexes	43
	Annex 1: State of the business of Cloud Computing in developing countries	43
	Annex 2: Documents received for consideration by Question 3/1	58

Liste des tableaux, figures et encadrés

Tableaux

Tableau 1: Phases de l'adoption de l'informatique en nuage	12
Tableau 2: Débits minimaux acceptables pour la fourniture de services en nuage	13

Figures

Figure 1a: Diffusion de la courbe d'innovations (1)	15
Figure 1b: Diffusion de la courbe d'innovations (2)	15
Figure 2: Normes	32
Figure 1A: Reported speeds and latencies on fixed networks	43
Figure 2A: Reported speeds and latencies on mobile networks	44
Figure 3A: Exchange points	44
Figure 4A: Secure Internet servers per million inhabitants	45
Figure 5A: Reported speeds and latencies on fixed networks	46
Figure 6A: Reported speeds and latencies on mobile networks	46
Figure 7A: Existence of data centers and exchange points	47
Figure 8A: Secure Internet servers per million inhabitants	47
Figure 9A: Reported speeds and latencies on fixed networks	48
Figure 10A: Reported speeds and latencies on mobile networks	48
Figure 11A: Existence of data centres and IXPs	49
Figure 12A: Secure Internet servers per million inhabitants	49
Figure 13A: Reported speeds and latencies on fixed networks	50
Figure 14A: Reported speeds and latencies on mobile networks	50
Figure 15A: Existence of data centres and exchange points	51
Figure 16A: Secure Internet servers per million inhabitants	51
Figure 17A: Reported speeds and latencies on fixed networks	52
Figure 18A: Reported speeds and latencies on mobile networks	52
Figure 19A: Existence of data centers and exchange points	53
Figure 20A: Secure Internet servers per million inhabitants	53
Figure 21A: Reported speeds and latencies on fixed networks	54
Figure 22A: Reported speeds and latencies on mobile networks	54
Figure 23A: Existence of data centres and exchange points	55
Figure 24A: Secure Internet servers per million inhabitants	55
Figure 25A: Reported speeds and latencies on fixed networks	56
Figure 26A: Reported speeds and latencies on mobile networks	56
Figure 27A: Existence of data centers and exchange points	57
Figure 28A: Secure Internet servers per million inhabitants	57

i. Introduction

La majorité des observateurs en convient: la quatrième révolution industrielle est en marche. Une révolution qui fera passer tous les secteurs d'activité au numérique. Une révolution qui fusionnera le monde physique et le monde « virtuel ». Une révolution qui contraindra toutes les entreprises, tous les secteurs et tôt ou tard tous les pays, à mener leur transformation numérique.

Le nuage est le moteur de la quatrième révolution industrielle. L'informatique en nuage se situe au coeur des avancées technologiques qui rendent possible cette révolution, tout comme l'invention du moteur fut au coeur d'une révolution industrielle antérieure.

L'informatique en nuage constitue l'une des avancées les plus importantes de l'informatique dans l'histoire. Même si certains principes fondamentaux sont présents depuis un certain temps, les progrès technologiques récemment réalisés facilitent la généralisation de l'informatique en nuage, en la rendant plus acceptable et surtout plus innovante, plus à même de relever les défis auxquels les professionnels des technologies de l'information et les chefs d'entreprise sont confrontés à l'heure actuelle.

L'informatique en nuage intervient en outre à un moment précis dans le temps, alors que nous sommes à la croisée des innovations technologiques et des défis et opportunités d'affaires. Sur le plan technologique, l'informatique en nuage a à la fois inspiré et favorisé des avancées technologiques majeures telles que l'informatique mobile, les « big data » (ou mégadonnées), l'Internet des objets, le « machine learning » (également appelé apprentissage automatique) et l'intelligence artificielle, les nouvelles interactions avec l'utilisateur informatique (comme la téléphonie), etc. Sur le plan des affaires, elle est un modèle technologique essentiel qui nous aidera à répondre à certains des principaux défis auxquels seront confrontées les entreprises en termes de transformation numérique, de mutations des entreprises, de prestations de services, de capacité à satisfaire les besoins des collectivités, à relever les défis d'ordre sociétal en matière, notamment, d'environnement, d'éducation et de santé, compte tenu de la nature même du nuage en termes de flexibilité, de coûts et d'innovation.

Il existe au coeur de l'informatique en nuage des changements de paradigme cruciaux: prestation de services informatiques, modèles de coûts et rythme de l'innovation.

- **Prestation et consommation de services informatiques:** au cours des dernières décennies, la prestation de services informatiques était avant tout adaptée aux besoins spécifiques de chaque client, que ce soit en interne au sein d'une organisation ou en externe en cas de sous-traitance informatique. Chaque projet informatique était livré avec ses ressources spécifiques (matériel, logiciel, stockage, réseau, personnes, processus, etc.), tout en étant précisément adapté aux besoins spécifiques du projet, et nécessitait l'intervention et l'appui des équipes informatiques. L'informatique en nuage crée une rupture au niveau de ce modèle, puisque désormais, les ressources sont mises en commun et partagées entre les projets et les organisations, ce qui renforce leur optimisation. Les équipes informatiques sont moins impliquées dans la mesure où les clients peuvent obtenir par eux-mêmes les ressources dont ils ont besoin pour leurs projets, d'où une flexibilité accrue. Mais surtout, le rôle des équipes informatiques en matière d'informatique en nuage évolue, passant du déploiement, de la gestion et de la mise à jour de projets et ressources informatiques complexes à la gouvernance des technologies de l'information et des données, à la gestion de l'information, des risques, à l'innovation, tout en transférant la complexité de la gestion des infrastructures aux fournisseurs professionnels internes ou externes de services en nuage dont le travail consiste à fournir des services de bien meilleure qualité à un prix abordable.

- **Modèles de coûts:** les modèles des coûts informatiques ont également évolué. Traditionnellement, dans le secteur des prestations de services informatiques, chaque projet/client achète ses propres ressources en mode CAPEX¹ (dépenses d'investissement). Or, le recours au nuage favorise le passage à un modèle OPEX² (dépenses d'exploitation, du point de vue des clients/usagers)³ où les clients paient pour ce qu'ils consomment, d'une manière flexible (tout comme ils le feraient pour acheter de l'électricité), ce qui introduit plus de souplesse dans le processus. Les clients peuvent ainsi accroître leurs services à la demande sans avoir à acheter des ressources supplémentaires en infrastructures lorsqu'ils font face à des pics d'activité, des situations toujours difficiles à gérer dans le secteur de l'Internet. Dans le même temps, le comportement d'achat des clients et les modèles d'infrastructures informatiques n'évoluent pas par rapport au niveau des grands fournisseurs de services en nuage, qui offrent une puissance d'achats, et par conséquent, d'optimisation beaucoup plus grandes. En effet, l'achat des ressources d'un centre de données (matériel, éléments de stockage, énergie, etc.) est une opération commerciale dédiée à un client unique; or cela constitue un problème stratégique de chaîne d'approvisionnement pour un prestataire de services en nuage.
- **Rythme de l'innovation:** dans le modèle de prestation actuellement proposé, les clients achètent des technologies d'infrastructures informatiques (matériel, logiciels, etc.) auprès de fournisseurs spécialisés et passent énormément de temps à les tester, les intégrer et les déployer dans leur environnement actuel. La matérialisation du cycle allant de l'innovation (fournisseur informatique) à la consommation (client) nécessite plusieurs années. Dans le domaine de l'informatique en nuage, les fournisseurs de ces services innoveront à un rythme beaucoup plus rapide et font profiter rapidement les clients de leurs découvertes sans que ces derniers aient à les tester et les déployer: l'innovation est mise à la portée des clients facilement et rapidement. L'informatique en nuage rend également possibles des innovations envisageables uniquement si les données et les capacités informatiques présentent une échelle suffisante. Ainsi, c'est grâce à l'informatique en nuage que l'intelligence artificielle a pu apparaître et se démocratiser.

Il y a des points de comparaison pour l'informatique en nuage dont on peut tirer des enseignements. Prenons l'exemple des transports aériens: de fait le moyen le plus rapide, le moins cher et le plus sûr de parcourir des milliers de kilomètres est de prendre l'avion (dans certains pays des trains grande vitesse) plutôt que de prendre sa propre voiture, aussi rapide, aussi grosse, aussi sûre soit elle; les compagnies aériennes sont en soi un service de transport. L'impact de ce secteur sur l'économie mondiale dans son ensemble est incroyable en termes de tourisme, d'hospitalité, de création d'emplois, de déplacements de personnes, de commerce, etc. On peut citer d'autres exemples, la production et la distribution d'électricité, les services financiers, la restauration, la logistique, etc. L'impact sur la société, l'économie, la création de richesse, etc., a toujours été plus important que l'activité elle-même et l'informatique en nuage ne fait pas exception.

Toute innovation technologique majeure s'accompagne de possibilités et de risques qui lui sont inhérents; s'il est important de contrôler les risques, il est tout aussi essentiel de comprendre les possibilités offertes et de mettre en place des mécanismes adéquats pour les concrétiser.

Ces avancées constituent une occasion sans précédent pour chaque consommateur, chaque entreprise et chaque gouvernement, notamment s'ils sont implantés dans des pays en développement. Ils peuvent, en premier lieu, bénéficier d'un accès aux dernières technologies (l'innovation se fait dans le nuage) à un rythme beaucoup plus rapide (l'innovation dans le nuage est plus rapide que sur site), en deuxième lieu, et, en troisième lieu, réduire le coût de leurs projets informatiques (les services dans le nuage sont beaucoup moins onéreux que sur site), obtenant ainsi des résultats plus rapides en termes de croissance et de transformation numériques. En bref, ils peuvent faire davantage plus

¹ Dépenses d'investissement.

² Dépenses d'exploitation.

³ Même si le fournisseur de services en nuage fonctionne en mode CAPEX.

rapidement et à des coûts plus avantageux. Selon un rapport de recherche de researchICTafrica.net,⁴ « ...le secteur informel, qui occupe une place importante dans l'économie africaine puisqu'il assure la subsistance des populations pauvres et marginalisées, peut potentiellement profiter des avantages liés aux investissements à grande échelle en matériels et en logiciels dans le secteur formel par le biais des services en nuage. Bien que l'informatique en nuage soit dominée par des multinationales américaines, elle a le potentiel de permettre aux pays africains d'accéder à des marchés extérieurs inexplorés, contribuant ainsi au développement économique et à l'essor de la concurrence. Les entreprises africaines pourront quant à elles regrouper les services internationaux dans le nuage afin de répondre aux besoins locaux ». Nous sommes convaincus que, dans tous les secteurs, le recours aux services informatiques pour appuyer le développement et la prestation d'autres services pourra largement bénéficier à la plupart des pays africains et en développement.

Il existe toutefois d'autres obstacles à l'adoption de l'informatique en nuage. Le présent rapport examine les différentes opportunités ainsi que les défis qu'offre cette technologie et fournit des indications quant aux mesures que les gouvernements peuvent mettre en oeuvre à cet égard. Le même site web researchICTafrica.net rapporte ainsi que « la disponibilité, l'accessibilité et le caractère abordable des technologies sous-jacentes jouent un rôle déterminant dans la réussite de la diffusion de l'informatique en nuage. Or, il s'agit à l'heure actuelle des principaux obstacles à son déploiement dans les pays en développement. D'autres facteurs freinent la croissance des services en nuage, notamment les préoccupations relatives aux questions de sécurité, de protection de la vie privée et de la surveillance, en particulier au sein des secteurs fortement réglementés et prudents face aux risques, tels que les services financiers ».

Un certain nombre de décideurs politiques envisagent l'informatique en nuage comme un défi et se concentrent principalement sur les risques et les problèmes auxquels sont confrontés les pays adoptant les services en nuage. Bien que la Commission d'études reconnaisse l'existence de ces risques et problèmes, le présent rapport invite les responsables politiques et les régulateurs à tenir compte de cette approche et à répondre à la question suivante que nous jugeons cruciale: « *Quels sont les défis en jeu et comment les relever pour occuper la première place grâce à l'informatique en nuage?* »

Le présent rapport est divisé en plusieurs grands chapitres. Le **Chapitre 1** est une introduction à l'informatique en nuage. Il donne les définitions adoptées à l'échelle internationale et des précisions supplémentaires tirées de l'expérience concrète. Le **Chapitre 2** explique les principaux facteurs de diffusion de l'informatique en nuage. Le **Chapitre 3** fournit des données sur le secteur et présente les opportunités et les défis concernant l'adoption du nuage.

Le **Chapitre 4** du rapport examine en détail les quatre principaux problèmes qui doivent être réglés avant d'adopter l'informatique en nuage: l'innovation, l'infrastructure, les compétences, la sensibilisation et enfin la confiance.

Le **Chapitre 5** étudie les leçons à tirer des pays ayant adopté l'informatique en nuage.

Le **Chapitre 6** fournit des orientations sur l'élaboration de politiques relatives à l'informatique en nuage.

ii. Considérations générales

L'informatique en nuage constitue une tendance technologique majeure de l'époque actuelle. L'examen de divers problèmes et opportunités a conduit l'UIT en général et l'UIT-D en particulier à élaborer des rapports, émettre des recommandations de politique et réaliser des études permettant aux pays de comprendre cette approche et d'en tirer parti. Mais il reste encore beaucoup à faire.

⁴ http://www.researchictafrica.net/publications/Evidence_for_ICT_Policy_Action/Policy_Paper_20_-_The_Cloud_over_Africa.pdf.

Lors de la Conférence Mondiale de Développement des Télécommunications de 2014 (CMDT-14), à Dubaï, l'UIT a adopté la Résolution 2 créant les Commissions d'études. La Commission d'Études 1 de l'UIT-D (CE 1) a alors reçu pour mission de traiter la Question 3/1 et de rédiger un rapport sur le thème « Accès à l'informatique en nuage: enjeux et perspectives pour les pays en développement ».

Elle a été chargée d'axer son rapport sur les éléments dont un pays en développement aurait besoin pour tirer parti de l'informatique en nuage. Le champ d'application de la Question à étudier a été convenu.

Question/thème à étudier:

- Détermination des infrastructures nécessaires pour prendre en charge et permettre l'accès aux services liés à l'informatique en nuage. Mise en évidence des bonnes pratiques nécessaires au développement de ces infrastructures.
- Examen des définitions, caractéristiques et orientations futures concernant l'informatique en nuage.
- Nature des fonctionnalités des réseaux permettant un accès efficace aux services d'informatique en nuage.
- Etablissement et mise en place de cadres en nombre suffisant pour appuyer les investissements dans les infrastructures destinées à l'informatique en nuage, compte tenu des normes pertinentes reconnues par les deux autres Secteurs de l'UIT ou à l'étude dans ces Secteurs.
- Coûts associés à l'adoption de l'informatique en nuage.
- Réalisation d'études de cas concernant les plates-formes d'informatique en nuage utilisées avec succès dans les pays en développement.

Résultats attendus:

- Une analyse des facteurs ayant une incidence sur la mise en place d'un accès efficace à l'informatique en nuage.
- Une série de lignes directrices, par exemple des solutions politiques ou techniques, notamment, pour faciliter le déploiement de l'infrastructure, qui pourraient notamment être fournies dans le cadre de séminaires de formation conformément au programme de l'UIT-D sur le renforcement des capacités.
- Un Manuel sur l'infrastructure prenant en charge l'informatique en nuage dans les pays en développement. Ce manuel sera le fruit de la collaboration entre la Commission d'Études 13 de l'UIT-T et le groupe du Rapporteur chargé de cette Question dans le cadre de la Commission d'Études 1 de l'UIT-D.
- Un projet de Recommandation(s), s'il y a lieu et si cela est justifié.

1 CHAPITRE 1 – Introduction à l'informatique en nuage

La présente section utilise les définitions exactes fournies par les normes UIT et ISO qui constituent des références convenues à l'échelle internationale en matière d'informatique en nuage. La Commission d'études a décidé de réutiliser ces références et de ne pas s'en écarter. En outre, afin de faciliter la lecture de ce rapport, nous avons choisi d'inclure ces définitions au lieu de simplement renvoyer le lecteur vers un autre document.

1.1 Définitions et caractéristiques

L'UIT-T et l'ISO/JTC1 travaillent conjointement à l'élaboration d'un ensemble de normes et de directives en faveur de l'adoption de l'informatique en nuage: la série UIT-T Y.3500.

La recommandation UIT-T Y.3500 (Informatique en nuage – Présentation générale et vocabulaire) est la première de la série. Elle fournit un vocabulaire de référence complet et essentiel.

1.1.1 Généralités

L'informatique en nuage est un modèle permettant d'offrir un accès via le réseau à un ensemble modulable et élastique de ressources physiques ou virtuelles mutualisables fournies et administrées à la demande et en libre-service. Le paradigme de l'informatique en nuage se compose des caractéristiques clés, des rôles et des activités de l'informatique en nuage, ainsi que des différents types de fonctionnalités, des catégories de services, des modèles de déploiement et des aspects transversaux de cette technologie, des éléments brièvement décrits dans cette section.

1.1.2 Caractéristiques principales

L'informatique en nuage est un paradigme en pleine évolution. Cette section identifie et décrit les principales caractéristiques de l'informatique en nuage. Elle n'a pas pour objet de prescrire ni d'écarter une méthode de déploiement, une prestation de services ou un mode de fonctionnement spécifique. Les principales caractéristiques de l'informatique en nuage sont les suivantes:

- **Accès universel via le réseau:** les ressources physiques et virtuelles sont disponibles sur un réseau et accessibles par l'intermédiaire de mécanismes types qui favorisent l'emploi de plates-formes client hétérogènes. Cette caractéristique clé met l'accent sur le niveau accru de commodité offert par l'informatique en nuage. Grâce à elle, les utilisateurs peuvent accéder à des ressources physiques et virtuelles depuis n'importe quel lieu de travail, selon leurs besoins et dès lors qu'un réseau est accessible, en utilisant une grande variété de clients, y compris des dispositifs tels qu'un téléphone mobile, une tablette, un ordinateur portable ou un PC de bureau.
- **Service mesuré:** une fonctionnalité où la mesure de la prestation des services en nuage permet de surveiller, contrôler, déclarer et facturer son utilisation. Il s'agit d'une caractéristique essentielle et nécessaire à l'optimisation et la validation des services en nuage délivrés. Grâce à cette caractéristique clé, le client est en mesure de payer uniquement pour les ressources qu'il utilise. L'informatique en nuage offre de la valeur ajoutée aux clients en leur permettant d'accroître le rendement d'un modèle d'affaires auparavant axé sur l'utilisation des actifs.
- **Architecture multilocataires:** une caractéristique où les ressources physiques ou virtuelles sont attribuées de telle manière que plusieurs locataires ainsi que leurs calculs et leurs données sont isolés les uns des autres et inaccessibles entre eux. En règle générale, et dans le contexte d'une architecture multilocataires, les utilisateurs de services de nuage du groupe qui compose un locataire appartiendront tous à la même organisation de clients de services de nuage. Dans certains cas, le groupe d'utilisateurs de services de nuage peut comprendre des utilisateurs appartenant à plusieurs clients différents, en particulier dans le cas d'un nuage communautaire. Toutefois, une organisation de clients de services de nuage donnée peut avoir de nombreux

locataires différents pour un seul fournisseur de services de nuage, qui représentent peut-être différents groupes fonctionnels au sein de l'organisation.

- **Libre-service à la demande:** une caractéristique grâce à laquelle un client de services d'informatique en nuage peut, automatiquement ou moyennant une interaction minimale avec le fournisseur de services, configurer selon ses besoins ses capacités informatiques. Grâce à cette caractéristique clé, l'informatique en nuage offre aux utilisateurs une réduction relative des coûts, des délais et des efforts nécessaires pour agir dans la mesure où elle offre à l'utilisateur la possibilité de le faire selon ses besoins, sans que cela nécessite de sa part des interactions ou des frais supplémentaires.
- **Elasticité et modularité rapides:** une fonctionnalité grâce à laquelle les ressources physiques ou virtuelles peuvent être ajustées de manière rapide et élastique, parfois automatiquement, de façon à augmenter ou diminuer promptement les ressources. Pour les clients de services en nuage, les ressources physiques et virtuelles pouvant être mises à disposition semblent souvent sans limites et peuvent être achetées en quantité à tout moment, sous réserve des restrictions prévues dans les conventions de service. Par conséquent, grâce à cette caractéristique clé de l'informatique en nuage, les clients n'ont plus besoin de s'inquiéter d'éventuelles ressources limitées ni de se soucier de planifier les capacités.
- **Mutualisation de ressources:** une caractéristique où les ressources physiques ou virtuelles du fournisseur de services en nuage peuvent être regroupées afin de répondre aux besoins d'un ou plusieurs clients de services en nuage. Cette caractéristique clé doit permettre aux fournisseurs de services de prendre en charge une architecture multilocataires tout en ayant recours à l'abstraction pour masquer la complexité du processus au client. La seule chose que le client sait, c'est que le service fonctionne. En règle générale, il n'a aucun contrôle ni aucune connaissance sur la manière dont les ressources sont fournies ou l'emplacement où elles se trouvent. De la sorte, il se décharge d'une partie de sa charge de travail initiale (les besoins de maintenance, par exemple), laquelle est transférée au fournisseur. Il est à noter que, même à ce niveau d'abstraction, les utilisateurs pourraient encore être en mesure de spécifier l'emplacement à un niveau supérieur d'abstraction (par exemple, un pays, un Etat ou un centre de données).

1.1.3 Types de capacités de nuage et catégories de services en nuage

Le type de capacités de nuage correspond à une classification des fonctionnalités offertes par un service en nuage aux clients, en fonction des ressources utilisées. Il existe trois types de capacités de nuage: les capacités d'application, les capacités d'infrastructure et les capacités de plate-forme. Leur différence repose sur la séparation des questions qui prévoient un chevauchement minimal des fonctionnalités entre elles. Les types de capacités de nuages sont les suivants:

- **Capacités d'application:** type de capacités dans le cadre duquel le client peut utiliser les applications du fournisseur de services en nuage.
- **Capacités d'infrastructure:** type de capacités dans le cadre duquel le client peut disposer de ressources en matière de traitement, de stockage et de réseautage, et les utiliser.
- **Capacités de plate-forme:** type de capacités de nuage dans le cadre duquel le client peut déployer, gérer et exécuter des applications qu'il a créées ou acquises à l'aide d'un ou plusieurs langages de programmation et un ou plusieurs environnements d'exécution pris en charge par le fournisseur de services en nuage.

Une catégorie de services en nuage est un groupe de services en nuage possédant un ensemble commun de caractéristiques. Elle peut inclure des fonctionnalités d'un ou plusieurs types de capacités de nuages. Les catégories représentatives de services en nuage sont les suivantes:

- **Communication en tant que service (CaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle la capacité fournie au client du service en nuage est une interaction et une collaboration en temps réel.

- **Calcul en tant que service (CompaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle les capacités offertes au client du service en nuage portent sur la fourniture et l'utilisation des ressources de traitement nécessaires au déploiement et à l'exécution des logiciels.
- **Stockage des données en tant que service (DSaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle la capacité offerte au client du service en nuage porte sur la fourniture et l'utilisation de capacités de stockage de données.
- **Infrastructure en tant que service (IaaS):** catégorie de services de nuage pour laquelle le type de capacité fourni au client de services de nuage correspond à des capacités d'infrastructure.
- **Réseau en tant que service (NaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle la capacité fournie au client de services en nuage correspond à des capacités de connectivité de transport et à des capacités de réseau connexes.
- **Plate-forme en tant que service (PaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle le type de capacité fourni au client de services en nuage correspond à des capacités de plate-forme.
- **Logiciel en tant que service (SaaS):** catégorie de services en nuage pour laquelle le type de capacité fourni au client de services en nuage correspond à des capacités d'application.

1.1.4 Modèles de déploiement d'un nuage

Les modèles de déploiement d'un nuage représentent la manière dont l'informatique en nuage peut être organisée en fonction du contrôle et du partage des ressources physiques ou virtuelles. Les modèles de déploiement d'un nuage comprennent:

- **Nuage public:** modèle de déploiement du nuage où les services en nuage peuvent être mis à la disposition de tout client de services en nuage et où les ressources sont contrôlées par le fournisseur de services en nuage. Un nuage public peut être possédé, géré et exploité par une entreprise, un organisme universitaire ou gouvernemental ou par plusieurs d'entre eux. Il est situé dans les locaux du fournisseur de nuage. La disponibilité réelle pour les clients de services en nuage spécifiques peut être soumise à la réglementation applicable. Les nuages publics ont des limites très larges: l'accès de l'utilisateur de services en nuage public n'a peu ou pas de restrictions.
- **Nuage privé:** modèle de déploiement du nuage où les services en nuage sont utilisés exclusivement par un seul client de services en nuage et où les ressources sont contrôlées par le client de services en nuage. Il peut être possédé, géré et exploité par l'organisme, une tierce partie ou les deux et peut être situé dans les locaux ou en dehors de ceux-ci. Le client de services en nuage peut également autoriser l'accès à d'autres parties pour son compte. Les nuages privés s'efforcent de définir une limite étroitement contrôlée autour du nuage privé en restreignant les clients à une seule organisation.
- **Nuage communautaire:** modèle de déploiement d'un nuage dans lequel les services en nuage prennent en charge exclusivement un ensemble défini de clients de services en nuage et sont utilisés en partage par ce même ensemble de clients, qui ont des exigences communes et une relation entre eux, les ressources étant contrôlées par au moins un membre de cet ensemble. Un nuage communautaire peut être possédé, géré et exploité par un ou plusieurs organismes de la communauté, une tierce partie, ou les deux et peut être situé dans les locaux ou en dehors de ceux-ci. Les nuages communautaires limitent la participation à un groupe de clients de services en nuage qui partagent un certain nombre de préoccupations, à l'opposé des nuages publics plus ouverts. Toutefois, les nuages communautaires reposent sur une participation plus étendue que les nuages privés. Ces préoccupations communes sont notamment la mission, les exigences de sécurité de l'information, la politique et les considérations liées à la conformité.
- **Nuage hybride:** modèle de déploiement d'un nuage utilisant au moins deux modèles de déploiement de nuages différents. Les déploiements impliqués restent des entités uniques, mais sont reliés entre eux par une technologie appropriée qui permet l'interopérabilité, ainsi

que la portabilité des données et des applications. Un nuage hybride peut être possédé, géré et exploité par l'organisme, une tierce partie ou les deux et peut être situé dans les locaux ou en dehors de ceux-ci. Les nuages hybrides résultent de situations où des interactions entre deux déploiements distincts peuvent être nécessaires, mais demeurer reliées par l'intermédiaire de technologies appropriées. Ainsi, les limites fixées par un nuage hybride reflètent ces deux déploiements de base.

1.2 Le nuage: une approche universelle impossible

Les définitions standard fournies ci-dessus par les normes UIT et ISO démontrent au contraire qu'il existe différentes manières de mettre en oeuvre et d'utiliser l'informatique en nuage, mettant en évidence l'impossibilité d'une approche universelle. A mesure que le marché de l'informatique en nuage se développera et que les clients gagneront en confiance, nous constaterons probablement l'apparition d'un plus grand nombre d'innovations ainsi que l'évolution de certaines de ces définitions.

Le marché offre d'ores et déjà aux clients une grande variété de services en nuage à mettre en oeuvre et déployer. Le présent rapport tente d'en faire la synthèse en les regroupant par catégorie afin de faciliter la lecture:

- **Technologies de mise en oeuvre:** elles aident les organisations à mettre en oeuvre l'informatique en nuage sous différentes formes selon qu'elles déploient des nuages privés (lorsqu'elles agissent pour leur compte, les organisations peuvent transformer leurs propres infrastructures et processus de fourniture informatiques à l'aide des concepts de l'informatique en nuage) ou qu'elles cherchent à proposer des services en nuage en tant que fournisseurs (à autrui ou pour le compte d'autrui; certains organismes gouvernementaux ont, par exemple, mis en place et à disposition de différentes entités publiques des infrastructures partagées en nuage).
- **Services en nuage polyvalents:** certaines organisations, locales et multinationales, fournissent un ensemble de services en nuage, reposant dans la plupart des cas sur des nuages publics ouverts à tous. Ces services peuvent être des IaaS, des PaaS, des SaaS ou l'une des différentes catégories et capacités décrites ci-dessus.
- **Certains services en nuage sont conçus pour une utilisation grand public, d'autres pour répondre aux besoins des entreprises (et des pouvoirs publics).** Dans la plupart des cas, les services destinés aux particuliers et aux entreprises sont régis par des principes, des clauses contractuelles, des accords sur les niveaux de service (SLA), des modèles d'affaires, des règles de sécurité et de confidentialité distincts.
- **Les nuages intégrés verticalement** correspondent à des services à grande échelle (de type réseaux sociaux ou moteurs de recherche) fournis aux utilisateurs se servant des propres infrastructures en nuage développées et intégrées par le fournisseur.
- **Services en nuage innovants fonctionnant sur des infrastructures en nuage polyvalentes.** Dans cette catégorie, des entreprises de toute taille et des fournisseurs de logiciels indépendants (ISV) développent des services en nuage pour autrui. Cependant, ils s'appuient sur des infrastructures en nuage tierces pour construire et exploiter leurs propres services en nuage. Cette catégorie est probablement la plus dynamique sur le marché, puisque, quelle que soit leur taille, les organisations peuvent utiliser des infrastructures en nuage prêtes à l'emploi pour fournir leurs propres services à leurs clients, qu'il s'agisse de particuliers ou d'entreprises.

1.3 Attention, il ne s'agit pas d'informatique en nuage

Les définitions fournies par les normes sont extrêmement importantes pour définir la terminologie applicable au nuage. Cela tient au fait qu'il existe une grande confusion sur le marché ainsi que dans l'esprit des entreprises et des pouvoirs publics autour des concepts ayant trait au nuage. Les cinq (5) caractéristiques décrites ci-dessus à la sous-section 1.1.2 – « accès universel via le réseau », « service

mesuré », « architecture multilocataires », « libre-service à la demande », « élasticité et modularité rapides » – représentent les principes fondateurs de ce qu'est et n'est pas le nuage.

Par exemple:

- 1) **Les centres de données ne sont pas synonymes de nuage.** Bien que l'informatique en nuage s'appuie sur les centres de données pour l'hébergement et la fourniture de services, le fait de détenir un centre de données ne signifie pas que l'on gère un nuage. En réalité, les centres de données existent depuis de nombreuses années déjà puisque des entreprises et des Etats ont mis en place, au fil du temps, de tels centres pour gérer leurs activités. La plupart n'offre pas ces cinq caractéristiques clés et ne peuvent pas/ne devraient pas être assimilées au nuage.
- 2) **Le web n'est pas synonyme de nuage.** Pour beaucoup, il existe également une énorme confusion entre l'accès web/Internet aux services ou même aux applications (sur un dispositif mobile) et l'informatique en nuage. Le fait d'accéder à un service par l'intermédiaire d'Internet ou du web ou via une application ne signifie pas que le back-end qui fournit le service répond aux cinq caractéristiques définies ci-dessus et est géré comme un nuage.
- 3) **L'hébergement et/ou l'externalisation ne sont pas synonymes de nuage.** Le nuage informatique est en effet fondamentalement différent de « l'hébergement » et de « l'externalisation ». L'hébergement et l'externalisation sont des pratiques sectorielles qui permettent à une entreprise d'héberger ses ressources informatiques et de stockage hors de ses locaux/centres de données. Née avant l'ère du nuage, cette pratique a aidé les entreprises à se concentrer sur leurs priorités commerciales tout en transférant la gestion d'une partie (ou plus) de l'infrastructure informatique à des tiers. Toutefois, le déplacement des serveurs physiques ou du stockage vers un centre de données tiers ne signifie pas que le tiers gère ce service comme un nuage. Par exemple, si l'entreprise souhaite une plus grande capacité informatique pendant une période de pointe, dans ce modèle, elle ne sera pas en mesure de l'acquérir en libre-service et à la demande sans une intervention même minime de la part de l'hébergeur tiers. En outre, dans bien des cas en matière d'externalisation, les ressources informatiques et de stockage ne sont pas nécessairement mises en commun au travers de différents locataires/clients. La mise en commun des ressources étant un pilier essentiel du nuage, les contrôles et les pratiques en matière de sécurité ont profondément évolué. Par exemple, un unique disque physique dans un centre de données peut contenir les données de plusieurs locataires; les techniques de chiffrement des données et les techniques de partitionnement des données logiques à l'aide de la virtualisation offrent une plus grande sécurité et protection contre les accès aux données non autorisés, y compris en interne, dans la mesure où il est difficile de cibler les données d'un locataire spécifique. De la même manière, un prestataire de services en nuage fournira le même service à tous ses locataires (clients) tandis qu'un hébergeur proposera des services et contrats spécifiques à chaque client.

Il est important de comprendre ces différences, les entreprises étant parfois amenées à les confondre lorsqu'elles passent au nuage. Les décideurs politiques dans certains secteurs réglementés doivent en outre ajuster les politiques existantes, lesquelles ont été conçues avant l'ère du nuage. C'est ainsi que certaines politiques ont été élaborées pour prendre en charge l'externalisation dans des secteurs tels que celui des services financiers; la commission d'études suggère que les régulateurs adaptent ces politiques afin que les banques puissent adopter l'informatique en nuage.

1.4 Le nuage à très grande échelle: les enseignements tirés du réel

Au fur et à mesure du développement du secteur, alors que les utilisateurs adoptent le nuage et que les entreprises et les pouvoirs publics l'expérimentent dans le monde entier, nous constatons d'ores

et déjà l'apparition de tendances et d'enseignements intéressants dont certains seront examinés en détail dans la section V du présent rapport.

- Comme nous l'avons vu précédemment, les utilisateurs – entreprises et pouvoirs publics compris – tirent parti de différents modèles de nuage (SaaS, PaaS et IaaS) ainsi que de différentes formes de déploiement pour répondre à leurs besoins. Les utilisateurs et les entreprises bénéficient de plusieurs « nuages » proposés par différents fournisseurs, ce qui démontre qu'il n'existe pas un nuage adapté à tous. De fait, les utilisateurs et les entreprises combinent des approches distinctes pour répondre à leurs besoins spécifiques.
- Un certain nombre d'entreprises, d'organismes gouvernementaux et de ministères ont modernisé leurs centres de données et leur prestation de services informatiques sous la forme de nuages privés, y compris, dans quelques cas, en consolidant des centres de données disparates. Il s'agit là d'une bonne pratique (voir les études de cas examinées à la fin du présent rapport) dont ces organisations retirent déjà des bénéfices considérables en termes de réduction des coûts et de flexibilité et d'agilité accrues.

Mais pour tirer pleinement parti des promesses offertes par le nuage, il convient de mettre en place cette technologie à une échelle relativement étendue. Le déploiement du nuage à grande échelle, voire à très grande échelle, favorise un changement de paradigme majeur à de nombreux niveaux:

- **Approvisionnement:** lorsqu'il est question d'un déploiement à grande échelle, l'approvisionnement et la chaîne d'approvisionnement jouent un rôle stratégique, bien plus que les processus. Le déploiement à grande échelle exige une planification adéquate et permet une meilleure négociation des prix ainsi que des réductions de coûts à tous les niveaux (matériel, énergie, réseau, etc.). Une planification appropriée est primordiale pour répondre, à la demande, aux besoins croissants des locataires.
- **Opérations:** les opérations deviennent en outre extrêmement automatisées, moins dépendantes des personnes et de processus manuels sources d'erreurs, et l'innovation en matière d'opérations prend une place stratégique. Le déploiement à grande échelle permet d'investir dans l'efficacité opérationnelle, et ce à tous les niveaux: efficacité énergétique, optimisation de la conception des centres de données, du matériel, des logiciels, etc. Une mise à jour de sécurité peut, par exemple, être déployée en quelques minutes au lieu de plusieurs semaines, différentes techniques de refroidissement des centres de données peuvent être appliquées, etc.
- **Sécurité:** avec un déploiement à grande échelle, la sécurité prend une autre dimension et devient essentielle. Les prestataires de services en nuage peuvent investir davantage dans la sécurité à tous les niveaux: personnel, technologie, processus, opérations et innovation permanente, puisque le coût de la sécurité sera réparti entre un grand nombre de locataires. Le nuage à très grande échelle permet d'améliorer la sécurité puisque la détection de la vulnérabilité d'un locataire aidera à protéger tous les autres. Le nuage à très grande échelle est par nature plus sûr.
- **Nouveaux modèles d'affaires:** avec un déploiement à très grande échelle, le prestataire de services en nuage répond à différents modèles d'affaires, ce qui permet le recours à divers modes de fixation des prix et favorise l'innovation en matière de prestation de services.

Bien que le nuage à très grande échelle permette au prestataire proposant ce type de service de mieux investir ainsi que de mieux développer et exploiter son offre, en réalité c'est grâce à ces avantages que l'utilisateur final ou le client de l'entreprise concrétisent véritablement le potentiel du nuage. Le déploiement à très grande échelle offre plus de sécurité, des coûts moins élevés, une plus grande flexibilité au niveau de la demande, une automatisation accrue des services en libre-service, ainsi qu'une innovation plus rapide.

2 CHAPITRE 2 – Les éléments moteurs et les avantages de l'informatique en nuage

Alors que l'informatique en nuage en son essence même n'est pas une nouvelle technologie, des avancées technologiques majeures l'ont rendue plus intéressante, plus économiquement viable, plus pertinente pour beaucoup et plus conventionnelle. L'informatique en nuage arrive à un moment très précis de l'ère technologique. Les principales tendances technologiques transforment la façon dont les services sont consommés, développés et fournis. Examinons plus en détail certaines d'entre elles:

- **Mobilité:** grâce à l'émergence des solutions mobiles, nous sommes devenus plus nomades puisque nous pouvons désormais travailler partout et à tout moment. Alors qu'au début, il fallait se rendre au bureau pour avoir accès aux technologies les plus récentes, aujourd'hui, la prolifération des nouvelles plates-formes et de la connectivité à large bande a changé la donne. Dans notre vie personnelle, nous bénéficions d'un ensemble de solutions qui, dans de nombreux cas, sont plus innovantes que celles dont nous disposons au travail. Les gens souhaitent utiliser leurs propres appareils au bureau. Dispositifs personnels et professionnels se confondent. Lorsque la personne passe d'un appareil à l'autre (smartphone, tablette, ordinateur portable, ordinateur fixe, télévision, console de jeux, etc.), elle s'attend à une expérience ininterrompue et transparente. Ce nouvel univers favorise l'émergence d'un nouvel ensemble d'opportunités en matière de services et de produits, de nouveaux styles de travail et d'e-services publics (éducatifs, municipaux et de santé, par exemple).
- **Ecosystème de l'informatique:** la vision de Bill Gates il y a plus de 40 ans – « un PC sur chaque bureau et dans chaque maison » – a rencontré des résultats remarquables avec plus de 1,5 milliard de PC disponibles à ce jour. En outre, il est fascinant de constater de quelle manière le téléphone mobile et les tablettes ont donné une nouvelle dimension à cette vision avec des milliards de personnes à travers le monde utilisant un téléphone mobile et profitant de la puissance de l'Internet. Cette vision a évolué grâce aux progrès technologiques qui garantissent aujourd'hui des produits intelligents partout (« Smart everything everywhere »). Nos téléphones, nos tablettes, nos voitures, les caméras vidéo dans la rue, les aéroports et les centres commerciaux, les capteurs intelligents présents partout, les réfrigérateurs, les dispositifs médicaux, les montres, les chaussures, etc., mais aussi les serveurs et les fermes de serveurs façonnent une révolution qui aujourd'hui passe de l'ordinateur à « l'écosystème de l'informatique ». D'autant plus que ces nouvelles plates-formes informatiques sont toutes reliées à l'Internet et fournissent ou consomment des informations. On estime à 50 milliards le nombre d'objets connectés dans les trois à cinq prochaines années, un phénomène désigné par certains sous l'expression « d'Internet des objets ». La Commission d'études préfère toutefois utiliser le concept plus large « d'écosystème de l'informatique ».
- **Mégadonnées:** ce nouveau monde axé sur l'écosystème de l'informatique crée par essence une énorme quantité de données. Selon IDC research,¹ il en a généré 1,8 zettaoctet (Zo) en 2011! Ces données ont atteint un TCAC de 45 pour cent entre 2010 et 2015. Il n'est pas seulement question des données créées par les entreprises ou les individus, mais également de celles issues des dispositifs eux-mêmes: les images provenant de caméras de surveillance dans les rues, les informations de localisation des téléphones mobiles, les données recueillies par toute sorte de capteurs et celles générées par des applications. Alors que certains voient dans ce déferlement de données un défi en termes de stockage et de gestion, en réalité, il offre une véritable opportunité si l'on parvient à l'exploiter et à le transformer en sources d'informations et de renseignements. Les experts estiment en effet que 0,5 pour cent seulement de ces données est analysé! Par exemple, grâce à l'analyse des données de localisation générées par les smartphones et les stations mobiles, une ville pourrait avoir une meilleure compréhension des mouvements de population en son sein et par conséquent optimiser son système de transport.

¹ <http://d38mhi8jtu7akf.Cloudfront.net/wp-content/uploads/2012/07/IDC-Analyst-Connection.pdf>

2.1 Nouvelles opportunités offertes aux entreprises, aux consommateurs et aux pouvoirs publics par l'adoption de l'informatique en nuage

L'examen attentif de ces tendances technologiques sources de transformation montre que le nuage joue en fait le rôle de catalyseur et de facilitateur pour chacune d'elles. L'informatique en nuage aidera à stocker cet important volume de données et offrira la possibilité d'en analyser et d'en extraire des informations de veille beaucoup plus rapidement. Grâce aux immenses centres de données qui offrent à la fois un stockage bon marché et une puissance de calcul sans précédent, aux nouveaux algorithmes et technologies de recherche et d'exploration de données, combinés aux progrès réalisés en matière de « machine learning » et d'intelligence artificielle, les entreprises et les pouvoirs publics pourront prendre des décisions plus judicieuses plus rapidement en fournissant de meilleurs services à leurs employés, clients et citoyens.

Dans presque tous les domaines, les scientifiques et les ingénieurs disposent aujourd'hui de plus de données que jamais. En quelques années, ils sont passés de la pénurie d'informations à une incroyable richesse, ce qui exige de leur part un changement important dans la façon dont ils gèrent et extraient des informations de l'ensemble de ces données. Par exemple, en astronomie, le *Sloan Digital Sky Survey*² a publié en janvier 2011 « la plus grande image numérique couleur du ciel jamais réalisée. Cette image dont la résolution est supérieure au térapixel est si grande et si détaillée que l'on aurait besoin de 500 000 téléviseurs haute définition pour la voir à sa pleine résolution ». Dans le domaine des neurosciences, les chercheurs travaillant sur la cartographie des connexions entre les neurones dans le cerveau ont découvert que les images nécessaires à la réalisation de cette carte pour un cube de cerveau de souris d'un millimètre de côté nécessitaient environ un pétaoctet de stockage; cela implique que pour une cartographie de ce type du cerveau humain, il faudrait des millions de pétaoctets.

- C'est grâce à l'informatique en nuage qu'un smartphone est « intelligent ». Ces dispositifs intelligents sont en fait des appareils de qualité disposant d'un espace de stockage restreint et d'une faible puissance de calcul et qui agissent en tant que front-ends pour les centres de données à grande échelle, offrant toutes sortes de services en temps réel. La voix, les « appli », les réseaux sociaux, la localisation, la traduction, les assistants personnels, etc., ne sont que quelques exemples de services fournis sur un dispositif intelligent connecté au nuage.
- L'informatique en nuage nous aidera à relever, de manière accélérée, certains des défis les plus urgents auxquels l'être humain sera confronté, notamment dans les domaines de l'énergie ou de l'environnement, ou concernant la nouvelle génération de dépistage des drogues ou la recherche en génomique. Grâce à la puissance de calcul et au stockage « illimités » des centres de données à grande échelle, il sera possible d'exécuter des algorithmes extrêmement complexes en quelques heures ou minutes au lieu de plusieurs mois ou années et à des coûts bien moins importants qu'auparavant!
- En combinant mobilité, connectivité, nouvelles tendances (données ouvertes, par exemple), recherche intelligente, informatique sociale, etc. – tous issus de l'informatique en nuage – les innovateurs seront en mesure de formuler de nouvelles idées pour aider chaque entreprise à accomplir sa transformation numérique, à innover et à proposer des scénarios de travail inédits à ses employés et des services novateurs à ses clients.
- L'informatique en nuage aidera les pouvoirs publics à devenir plus flexibles en offrant de nouveaux services en quelques jours et semaines à un coût extrêmement faible, ce qui réduira le risque d'échec. Grâce à l'utilisation des plates-formes PaaS existantes,³ les Etats seront en mesure d'élaborer une nouvelle génération de services axés sur les processus opérationnels centraux et les questions actuelles plutôt que sur l'achat et la gestion de l'ensemble des solutions

² <http://www.sdss.org/>.

³ Publiques ou privées.

technologiques déjà prises en charge par la plate-forme en nuage (en matière de matériel, réseautage, gestion, sécurité, etc.).

2.2 Pourquoi recourir au nuage et pourquoi maintenant?

Jeunes entrepreneurs et PDG expérimentés se posent les mêmes questions en matière de conduite d'entreprise. Comment se différencier de ses concurrents? Comment mieux déployer ses ressources et maximiser son retour sur investissement? Comment être souple et réactif? Comment survivre et prospérer? Pour répondre à ces questions, un dirigeant doit comprendre et utiliser les forces perturbatrices économiques et technologiques de son temps. Le nuage offre aux petites comme aux grandes entreprises de nouvelles occasions de se concentrer sur les fonctionnalités clés, d'affronter la concurrence de manière innovante sur de nouveaux marchés, de réduire les coûts en immobilisations et d'augmenter leur efficacité. En fait, l'informatique en nuage est le moteur de la transformation numérique qu'opèrent actuellement de nombreuses entreprises et de nombreux gouvernements

- Plus que jamais, les Etats et les entreprises sont censés fournir des services à leurs administrés et clients de façon à ce que ces derniers puissent, comme ils le souhaitent, les utiliser sur leur appareil préféré, partout et à tout instant.
- Les entreprises doivent innover, se différencier de leurs concurrents, mettre de nouveaux produits et services sur le marché plus rapidement et se connecter à leurs clients différemment.
- Les Etats sont censés répondre aux attentes et besoins de leurs administrés (citoyens et entreprises), tout en contrôlant leurs budgets et en réduisant leurs coûts afin de diminuer les déficits.
- Les Etats doivent prendre des décisions intelligentes, basées sur une réelle compréhension de leurs administrés, agir vite et faire preuve de souplesse et de flexibilité pour répondre rapidement aux attentes de leurs administrés.

L'informatique en nuage permet une réduction des coûts, une flexibilité, une souplesse, une modularité et l'innovation.

- **Réduction des coûts:** grâce à l'informatique en nuage, les entreprises et les pouvoirs publics, tenus aujourd'hui d'en faire plus avec moins, seront en mesure d'exploiter à grande échelle les infrastructures de fonctionnement à un coût bien moindre qu'actuellement. Dans un contexte privé, ils pourront consolider leurs investissements, leurs serveurs et leurs centres de données, les utiliser d'une manière très différente et, par conséquent, réduire leurs coûts, mais sans doute pas à un niveau identique à celui du nuage à très grande échelle. Toutefois, plus l'infrastructure du nuage privé sera grande, plus les économies de coûts seront importantes. Pour les Etats, la réduction des coûts a une incidence au niveau des dépenses de santé, de l'éducation numérique et des interactions avec les citoyens. Les PME seront en mesure d'accéder aux technologies les plus récentes, qui étaient autrefois réservées aux grandes entreprises, à un coût bien moins élevé et sans avoir à se soucier des infrastructures techniques non essentielles à son activité. Elles deviendront dès lors à même de rivaliser avec n'importe quelle autre entreprise dans le monde. Les PME seront capables de créer des magasins en nuage pour être présentes à l'international et compétitives.
- **Flexibilité, souplesse et modularité:** le nuage permet aux entreprises et aux administrations publiques d'accroître leur flexibilité et leur souplesse. Avec l'informatique en nuage, les entreprises et les pouvoirs publics peuvent créer de nouveaux produits et services beaucoup plus vite, en quelques jours ou semaines (voire dans certains cas quelques heures) et non en quelques mois ou quelques années comme auparavant. Par exemple, le fait de savoir ce que les citoyens et les clients disent sur les réseaux sociaux aidera les pouvoirs publics et les entreprises à devenir plus réactifs et à proposer des services appropriés à leurs administrés et clients. De par sa nature même « d'informatique à la demande en tant que service », le nuage s'accompagne d'un modèle financier axé sur les dépenses d'exploitation (OPEX), délaissant un

mode CAPEX qui restreint l'innovation dans de nombreuses entreprises ainsi qu'au sein des institutions de recherche. Avec ce nouveau modèle, les chercheurs du monde entier peuvent tester leurs idées et des algorithmes en quelques heures, sans avoir à investir dans du matériel et des infrastructures.

- **Innovation:** les innovateurs nous montrent toujours la voie à emprunter. Une fois encore, avec les avancées de l'informatique en nuage, les innovateurs et les jeunes entreprises actives sont à l'origine de toute une série de nouveaux produits, services ou applications qui changeront la façon dont nous consommons, voyageons, travaillons, lisons, interagissons et rencontrons des personnes. Grâce à l'informatique en nuage, les innovateurs du monde entier pourront dans leur garage, à l'aide d'un PC, d'une connexion Internet et d'une carte bancaire, donner vie à leurs brillantes idées à moindre coût. Le nuage met à leur disposition les dernières technologies mais aussi potentiellement une puissance de calcul infinie et un stockage illimité à moindre coût afin qu'ils puissent affronter la concurrence internationale. Ces innovations verront également le jour au sein d'entreprises ou d'administrations publiques établies. L'informatique en nuage aidera ces dernières à se concentrer et à investir exclusivement sur leurs idées et leurs activités plutôt que sur l'infrastructure technologique qui sous-tend les solutions et qui, en définitive, consomme jusqu'à 70 pour cent des budgets et ressources informatiques. L'informatique en nuage favorisera la transformation de l'ensemble des systèmes d'entreprise. Ces dernières années, l'accélération notable de l'innovation constatée chez les grands prestataires de services en nuage a donné naissance à de nouvelles technologies uniquement possibles dans le nuage telles que l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond, les mégadonnées, l'Internet des objets et de nouvelles interfaces utilisateurs (comme la voix).

2.3 Adoption de l'informatique en nuage: difficultés pour les entreprises, les consommateurs et les pouvoirs publics

Comme évoqué plus haut, l'informatique en nuage offre des promesses intéressantes aux consommateurs, aux PME, aux grandes entreprises et aux pouvoirs publics. Toutefois, de nombreux défis doivent encore être relevés pour que les pays, en particulier ceux en développement puissent concrétiser tous les avantages inhérents à l'informatique en nuage. Il existe, selon la Commission d'études, quatre catégories de défis dont il importe que les pouvoirs publics, les décideurs et les régulateurs tiennent compte lors de la définition de plans nationaux visant à tirer parti de l'informatique en nuage.

Plusieurs rapports et politiques ont été mis au point dans des pays où les décideurs se sont penchés sur la question de l'informatique en nuage en tant que *défi* et se sont concentrés sur les *risques* et *problèmes* auxquels sont confrontés les pays adoptant cette technologie. Cette réflexion a donné lieu à l'élaboration de politiques qui avant tout règlementent la confidentialité et de la sécurité des données et ont une incidence sur ces questions. Bien que ces éléments soient importants et doivent être pris en compte, le présent rapport apporte un éclairage supplémentaire sur le sujet et invite les décideurs et les régulateurs à répondre à la question suivante: « Quels sont les principaux défis en jeu et comment les relever pour qu'un pays occupe la première place grâce à l'informatique en nuage? »

La Commission d'études considère qu'il s'agit d'un point essentiel qui doit être abordé étant donné son importance, la nature perturbatrice de cette technologie et les possibilités qu'elle ouvre.

Pour les consommateurs, le smartphone a joué un rôle de catalyseur dans le développement de services en nuage destinés aux consommateurs. Sa pénétration du marché, le développement de la 3G/4G et l'essor des applications mobiles indiquent clairement que les consommateurs ont d'ores et déjà adopté le nuage comme le démontre leur recours massif aux solutions offertes « As a Service » (messagerie électronique, films, système vocal d'appel, jeux, etc.). Les consommateurs passent plusieurs heures par jour à consommer des services en nuage pour faire toute sorte de choses: communiquer, avoir des interactions sociales, jouer, stocker des documents et photos, réserver un voyage,

chercher un restaurant, apprendre en ligne grâce aux MOOC,⁴ accéder à des services de l'administration en ligne. La plupart des applications sur un smartphone utilise l'informatique en nuage en tant que back-end pour fournir le service. De fait, les consommateurs ont recours au nuage tous les jours sans s'en rendre compte et sans en comprendre nécessairement toutes les implications. Bon nombre de ces services sont « gratuits » pour les consommateurs, bien que différents modèles d'affaires existent.

Les applications les plus réussies reposent sur le nuage pour soutenir l'élasticité, répondre aux besoins en innovation et tenir compte des incidences financières. Dans ce cas, le nuage permet aux personnes qui produisent ces applications de répondre à leurs besoins stratégiques: accéder rapidement au marché, notamment international, toucher des millions d'utilisateurs de manière flexible, payer à hauteur de leur réussite sans avoir besoin de recourir à des investissements initiaux importants en matériel et infrastructures, faire preuve de réactivité face aux échecs et dans l'apprentissage pour rebondir rapidement, innover encore plus rapidement, s'adapter aux modes de consommation et aux retours des clients, corriger les erreurs et failles de sécurité, se déployer rapidement auprès de tous les utilisateurs et monétiser leurs applications à l'aide de nouveaux modèles d'affaires.

⁴ MOOC: Massive Open Online Course (Cours en ligne ouverts à tous).

3 CHAPITRE 3 – Etat des lieux de l'informatique en nuage dans les pays en développement

La commission d'études ne dispose pas de données complètes sur l'adoption réelle du nuage ou son déploiement dans le monde, et encore moins dans les pays en développement. Elle estime qu'il serait extrêmement utile d'élaborer un tel ensemble de métriques afin de comprendre dans quelle mesure ces technologies sont déployées partout dans le monde (comme ce qui existe déjà pour la téléphonie mobile).

Les rapports antérieurs de la CNUCED⁵ (2013) et de l'ARPTC⁶ (2015) fournissent toutefois un cadre utile et des données intéressantes, car cruciales pour favoriser l'adoption du nuage. Ces informations portent notamment sur la bande passante dans les réseaux fixes et mobiles, la latence, la disponibilité des centres de données (bien que ces chiffres soient difficiles à obtenir et assez peu précis), les points d'échange Internet, les connexions internationales et l'infrastructure de serveur existante. Des infrastructures de qualité sont en effet essentielles à l'adoption du nuage.

Toutefois, les exigences en la matière varieront selon la nature des services en nuage proposés. A cet égard, le rapport de la CNUCED suggère de classer les besoins en infrastructures en fonction de ce critère en différenciant les services de base (la navigation sur le web, par exemple), les services intermédiaires (la visioconférence, par exemple) et les services avancés (l'éducation et la santé connectées, par exemple).

Tableau 1: Phases de l'adoption de l'informatique en nuage

	Informatique Client/serveur	Applications Internet/web	Architecture en nuage pour le back-end
Phase 1: Extension des paradigmes ou abstractions existants	Utilisation des PC en tant que terminaux	Utilisation des navigateurs en tant que terminaux	Utilisation de « grosses » machines et de grappes de serveurs (clusters) traditionnelles
Phase 2: Maturation de la technologie de rupture	Viabilité des bases de données clients/serveurs	Apprentissage de la construction de sites web évolutifs	Secteur du nuage: construction des premiers composants de plate-forme réutilisables
Phase 3: Repérage des occasions uniques	Utilisation de la puissance de calcul chez le client favorisée par le SGBD ^{<?>} client/serveur	Protocoles permettant une expérience client enrichie, hors ligne, etc.	Plate-forme en tant que service (Paas)
Phase 4: Scénarios et architecture de l'application	Développement d'architectures d'application en trois niveaux (le client occupe le niveau intermédiaire)	Expériences multidimensionnelles, soutenues par les services	Services multilocataires, composables

⁵ CNUCED: Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement.

⁶ ARPTC: Autorité de Régulation de la Poste et des Télécommunications du Congo.

3.1 Méthodologie

L'examen régional des tendances en matière d'informatique en nuage s'est basé sur les paramètres suivants.

Technologie: situation en matière de TIC et de réseaux de transport d'énergie

Deux conditions préalables déterminent la fiabilité d'un service en nuage: la disponibilité de réseaux large bande (filaire et hertziens) et une connectivité Internet locale et internationale.

La disponibilité de réseaux de transport d'énergie et une fourniture d'électricité ininterrompue sont également essentielles.

Les indicateurs ci-dessous sont extraits du rapport de la CNUCED intitulé « Rapport sur l'économie de l'information – L'économie infonuagique et les pays en développement » publié fin 2013.

Disponibilité des réseaux dans divers pays en développement

Selon les résultats de plusieurs études effectuées en Afrique, dans 42 pour cent des pays étudiés toutes les grandes villes disposent d'une connectivité Internet haut débit, dans 42 pour cent d'entre elles seules certaines zones urbaines en sont dotées et dans les 16 pour cent restant la mise en oeuvre de réseaux large bande (EDGE/3G, LS-FO et ADSL) est en cours.

Disponibilité de l'électricité

Les rapports de la Banque mondiale font apparaître que moins de 20 pour cent des localités des pays africains ont accès à l'électricité.

Le taux d'électrification moyen est de 16 pour cent dans les villes et de 5 pour cent dans les régions rurales.

Cette situation pose un problème majeur pour assurer la fourniture, la stabilité et la continuité des services en nuage.

Débits et latence

Selon le rapport de la CNUCED, les débits minimaux acceptables pour la fourniture de services en nuage sont les suivants:

Tableau 2: Débits minimaux acceptables pour la fourniture de services en nuage

Service de base Débit descendant: 750 kbps Débit montant: 250 kbps Latence: 160 ms	Service de qualité intermédiaire Débit descendant: 751-2 500 kbps Débit montant: 251-1 000 kbps Latence: 159-100 ms	Service de qualité supérieure Débit descendant: >2 500 kbps Débit ascendant: >1 500 kbps Latence: <100 ms
Jeux à un seul joueur	ERP/CRM	Diffusion en continu de vidéos 3D
Communication de textes (messagerie, messagerie instantanée)	Diffusion en continu de vidéos haute définition	Vidéoconférences haute définition
Vidéo et musique en continu, qualité de base	Jeux multi-joueurs	Diffusion en continu de vidéos « super HD »

Service de base Débit descendant: 750 kbps Débit montant: 250 kbps Latence: 160 ms	Service de qualité intermédiaire Débit descendant: 751-2 500 kbps Débit montant: 251-1 000 kbps Latence: 159-100 ms	Service de qualité supérieure Débit descendant: >2 500 kbps Débit ascendant: >1 500 kbps Latence: <100 ms
Cyberconférences	Achats en ligne	Enseignement et médecine en ligne
Navigation Internet	Réseaux sociaux (multimédia, interactivité)	Appels vidéo de groupe
VoIP (téléphonie par Internet)	Vidéoconférences	Bureau virtuel

Il ressort de ce rapport ce qui suit:

- L'adoption de l'informatique en nuage dépend de la disponibilité d'une infrastructure Internet large bande de qualité, en particulier pour les charges de travail et les scénarios de pointe. Cela couvre des éléments comme la latence et le débit sur les réseaux fixes et mobiles. En fait, dans les pays en développement, étant donné que l'Internet mobile est plus développé que le fixe, les services d'informatique en nuage fournis sur mobile sont plus largement utilisés que ceux disponibles sur lignes fixes.
- L'absence de législation et de réglementation rend une adoption plus large de l'informatique en nuage plus incertaine. L'existence d'une législation, par exemple en ce qui concerne la confidentialité des données, apporte une certaine clarté pour l'écosystème tout entier, y compris les fournisseurs de services d'informatique en nuage, les gouvernements, les clients et les consommateurs.
- Le nombre de centres de données locaux ne donne pas d'indication sur l'utilisation de l'informatique en nuage. Etant donné que, par nature, le nuage est un groupement de centres de données, un grand nombre de centres de données n'est pas nécessairement une bonne indication. Par contre, le nombre et la taille des centres de données et éventuellement leur consommation énergétique pourraient être d'autres indicateurs.

Les figures détaillées sont données dans l'**Annexe 1** du rapport. La Commission d'études a décidé de fournir les figures en Annexe pour simplifier la lecture du rapport.

4 CHAPITRE 4 – Principaux piliers de l'informatique en nuage

Comme pour toute nouvelle technologie perturbatrice pour laquelle il existe un cycle d'adoption évident, l'informatique ne fait pas exception. Nous avons été témoins (**Figure 1a**) du fait que l'adoption de nouvelles technologies gagnait en rapidité au fil du temps. La **Figure 1b** indique le temps qu'il a fallu à diverses technologies pour atteindre 50 millions d'utilisateurs.

Figure 1a: Diffusion de la courbe d'innovations (1)

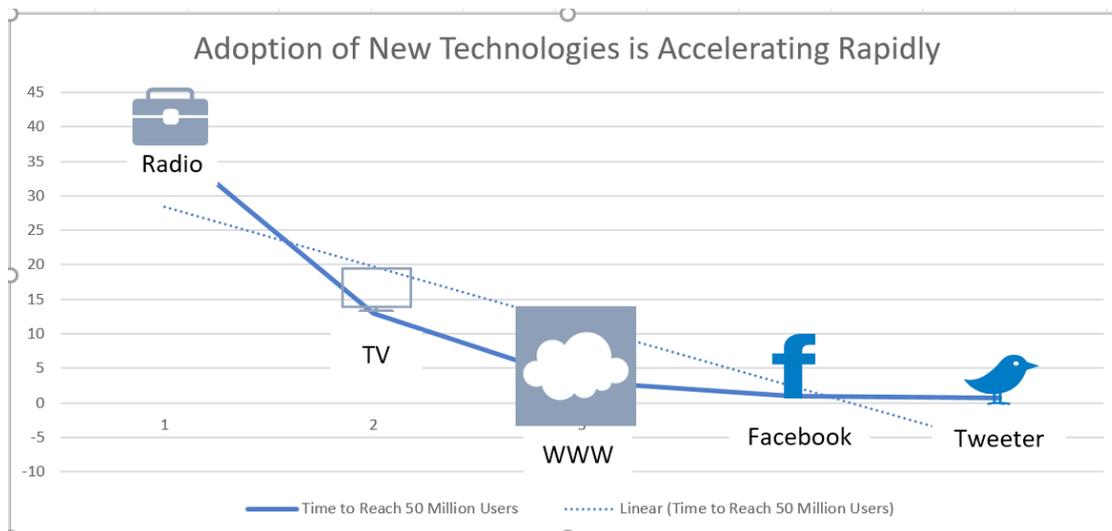
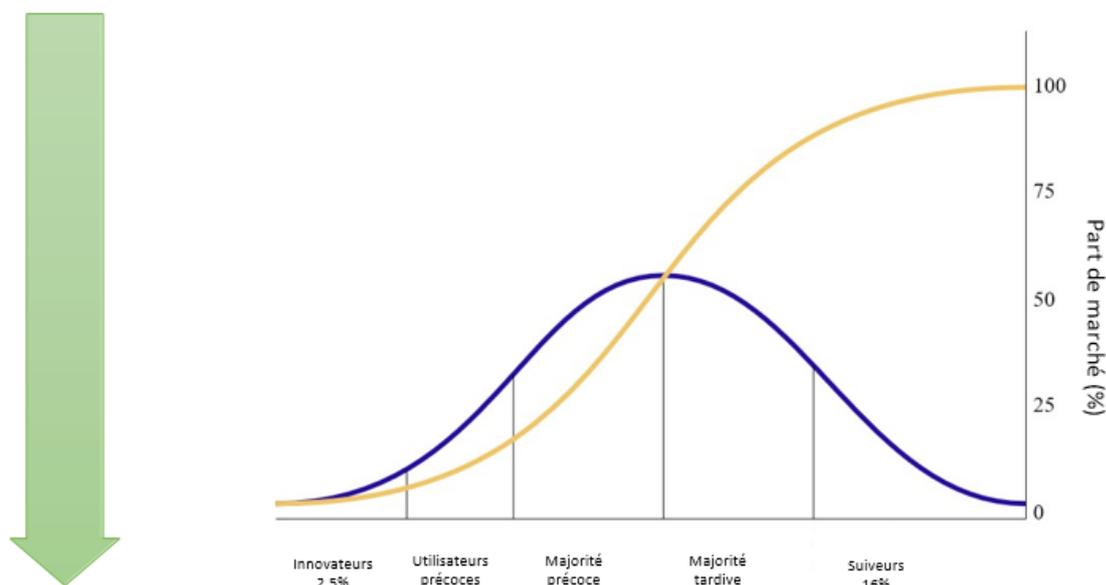


Figure 1b: Diffusion de la courbe d'innovations (2)



Comme pour toute technologie perturbatrice importante, il existe des obstacles importants qui freinent l'adoption à grande échelle de l'informatique en nuage. Il faut surmonter ces obstacles pour asseoir le déploiement de cette technologie et aider les pays à en tirer parti.

- 1) **Les personnes:** Les personnes sont indispensables à l'adoption massive de n'importe quelle technologie de marché. Le marché a besoin des personnes pour comprendre la technologie, comprendre comment l'utiliser, comment innover grâce à elle et comment réinventer les entreprises et les transformer à l'aide de la technologie. Le marché a aussi besoin de chefs

d'entreprise en mesure de comprendre comment tirer parti de l'informatique en nuage pour transformer leur entreprise. Nous avons également besoin de décideurs politiques qui comprennent la technologie et ses incidences sur les politiques afin qu'ils puissent prendre des décisions éclairées sur les principaux enjeux politiques pour occuper la première place du marché. La **section 4.1** du présent rapport porte sur la possibilité de développer des compétences appropriées et de fournir des recommandations en la matière. Elle proposera également des programmes susceptibles de faciliter le développement de ces compétences.

- 2) **Les infrastructures:** Comme pour toute autre technologie, les infrastructures jouent un rôle clé dans l'adoption, en particulier dans les pays en développement. Les voitures ont besoin de routes, Internet du large bande, la téléphonie mobile d'un backbone, les avions d'aéroports, etc. Lorsqu'il est question d'informatique en nuage, les infrastructures sont également nécessaires, bien qu'il ne s'agisse pas de nouvelles infrastructures puisque le nuage s'appuie principalement sur l'Internet et les réseaux large bande. Nous consacrons tout un chapitre à l'ensemble des éléments d'infrastructure. Nous vous y donnons conseils et recommandations sur les politiques à mettre en place pour mettre en place de telles infrastructures.
- 3) **L'innovation et le contenu:** La prochaine composante essentielle en matière d'adoption du nuage réside dans le développement du contenu. Dans le cas présent, il s'agit de contenu local, de contenu pertinent, d'innovations locales et adéquates qui favoriseront en définitive l'adoption par les clients. Le nuage et l'infrastructure sous-jacente sont des outils et technologies habilitants qui favoriseront la transformation numérique à l'échelle des pays et des entreprises. Une section entière traite de cet aspect important.
- 4) **La confiance:** Enfin, rappelons que les consommateurs, les entreprises et les administrations publiques utiliseront uniquement la technologie à laquelle ils font confiance. L'informatique en nuage ne fait pas exception. Alors qu'il nous paraît important que les politiques soient élaborées dans cet espace, le présent rapport ne fournit pas de politiques détaillées; en lieu et place, il donne des indications sur ce que ces politiques devraient être et ce qu'elles doivent traiter. Nous pensons que la confiance est un élément clé qui engage toutes les parties.

4.1. Les personnes: développement des compétences et sensibilisation

Afin de profiter pleinement des avantages potentiels de l'informatique en nuage, il est essentiel que les gens développent les compétences et les connaissances pertinentes et nécessaires pour soutenir et contribuer à l'essor de ce secteur. Une nouvelle génération de travailleurs dans le monde entier se prépare à entrer dans le vaste éventail de secteurs qui s'appuient de plus en plus sur l'informatique en nuage. Comme ces secteurs – qu'il s'agisse de celui des technologies, des soins de santé, des administrations publiques ou des finances – continueront d'introduire des utilisations novatrices des services informatiques en nuage, ils auront besoin de personnes à l'aise avec le développement de nouvelles applications à exécuter sur l'infrastructure sous-jacente du nuage, la conception d'interfaces utilisateur, la réalisation d'analyses statistiques sur d'importants ensembles de données et la surveillance de la sécurité des réseaux. Il est également possible que les décideurs politiques souhaitent développer de nouvelles compétences pour réglementer l'informatique en nuage et encourager sa croissance et son développement, ainsi que pour créer des infrastructures et un environnement éducatifs pour leurs citoyens.

Alors que les entreprises et les administrations publiques se tournent de plus en plus vers des prestataires de services en nuage pour répondre de manière centralisée à leurs besoins en infrastructures et en maintenance de réseaux, les personnes entrant sur le marché du travail risquent d'assister à une diminution de la demande globale pour des postes d'administrateurs de système et d'opérateurs de réseaux. Toutefois, bien que l'émergence de l'informatique en nuage puisse permettre la consolidation d'emplois dans certains de ces secteurs, elle créera également d'importantes possibilités de croissance et d'emploi dans plusieurs autres domaines en élargissant l'accessibilité des ressources

informatiques modulables. Les six domaines prioritaires et porteurs mis en évidence par les services informatiques en nuage sont les suivants:

- **Science des données:** La croissance de l'informatique en nuage s'accompagne de nombreuses opportunités pour la collecte de vastes banques de données susceptibles d'être exploitées pour obtenir des renseignements importants sur des sujets allant des opérations commerciales à la propagation d'épidémies, en passant par le comportement des marchés financiers, les flux des transports dans les villes encombrées, l'utilisation des services publics et les interactions sociales des individus. La disponibilité d'un stockage évolutif signifie que les organisations peuvent détenir davantage de données pendant des périodes bien plus longues qu'auparavant. Pour tirer parti de ces banques de données, et de ce qu'elles peuvent nous apprendre sur les individus, les villes et les nations, les membres du personnel devront posséder des compétences en matière d'analyse des données: des connaissances dans le domaine des statistiques, l'analyse des réseaux sociaux, la théorie de la complexité et la modélisation mathématique. Le nettoyage, l'interrogation et les tests portant sur de larges volumes de données constituent des composantes essentielles dans le développement de cet ensemble de compétences, ce qui souligne l'importance de la mise à disposition des données à des fins de formation et d'éducation. Puisque les méthodes fondamentales de la science des données s'appliquent dans différents secteurs industriels, ces compétences peuvent être intégrées aux programmes de formation spécifiques aux secteurs ainsi que dans ceux destinés aux personnes étudiant la médecine, les transports, la politique ou les affaires. Le développement des compétences liées à l'intelligence artificielle et au « machine learning » revêt une grande importance dans la mesure où celles-ci permettent d'exploiter les banques de données disponibles par le nuage et de les utiliser pour développer des technologies et des services nouveaux et novateurs. L'approfondissement des compétences et des techniques liées à l'intelligence artificielle sera indispensable pour mettre en place des effectifs capables de tirer pleinement parti du potentiel offert par la technologie du nuage et pour concrétiser ses avantages pour la société ainsi que les possibilités d'innovation technologique.
- **Sécurité:** L'informatique soulage les visiteurs de la nécessité de fournir l'ensemble de leurs propres services de sécurité informatique en interne en transférant bon nombre de ces responsabilités aux prestataires de services en nuage. Cela s'avère bénéfique pour les petites organisations qui n'ont ni le temps ni les ressources nécessaires à consacrer à une équipe de sécurité dédiée. Toutefois, cela impose également une pression considérable sur les principaux fournisseurs qui doivent maintenir leurs politiques et pratiques en matière de sécurité à jour dans la mesure ils sont responsables de la sécurité des données de nombreux clients. Dès lors, l'essor de l'informatique en nuage s'accompagnera d'une demande accrue en faveur d'ingénieurs qualifiés et d'experts en sécurité informatique. Compte tenu de la taille et de l'importance des banques de données qui doivent être protégées, ces personnes en charge de la sécurité n'auront pas seulement besoin d'apprendre les rudiments de la sécurité par coeur. Elles devront également savoir comment développer des modèles de menace, s'adapter aux nouvelles menaces, appliquer des cadres de gestion des risques aux réseaux informatiques et intervenir rapidement en cas d'incidents. Les postes axés sur la sécurité du nuage pourront également faire appel à des compétences en matière de science des données afin d'aider à analyser les journaux d'accès au réseau et à identifier les anomalies et les activités suspectes dans des environnements informatiques à grande échelle. L'élaboration de programmes de formation qui associent différents éléments de ces ensembles de compétences de manière pertinente devrait également être une priorité.
- **Confidentialité:** La croissance de l'informatique en nuage est également source de vives préoccupations non seulement en ce qui concerne la protection des données contre d'éventuelles infractions, mais aussi concernant les politiques, les règles et les règlements de confidentialité régissant ces données. Le modèle du nuage offre un certain nombre d'avantages en termes d'efficacité et d'évolutivité, mais il exige également d'élaborer des normes et des accords de confidentialité raisonnables et équilibrés pour les données sensibles stockées et gérées à distance par des tiers. Par conséquent, la formation de personnes ayant des compétences en confidentialité des données, y compris en mécanismes techniques visant à garantir et contrôler

les politiques de gestion des données ainsi que les cadres juridiques régissant la protection de la vie privée des individus et des organisations, sera essentielle à la mise en oeuvre efficace et sans heurts de l'informatique en nuage. Il sera crucial de disposer de professionnels formés aux questions de la confidentialité afin de s'assurer que les utilisateurs, les entreprises et les décideurs font confiance aux prestataires de services en nuage et sont à l'aise avec l'idée de confier la gestion de leurs données à des tiers. Surtout, les compétences que devront posséder ces professionnels engloberont des connaissances non seulement techniques sur la façon de restreindre les usages et le partage des données, mais aussi d'ordre social et politique sur les différentes attentes culturelles et les différents contextes de la vie privée.

- **Développement web frontal:** Le rôle des développeurs web frontal continuera à croître et à augmenter en importance avec l'essor de l'informatique en nuage et la prolifération des possibilités d'accès basées sur le web. Bien que le développement du web occupe d'ores et déjà une place de choix sur le marché du travail dans de nombreux pays, la croissance de l'informatique en nuage crée des opportunités pour le développement de produits et de services axés sur le web par des personnes qui, auparavant, n'avaient peut-être jamais eu accès aux infrastructures nécessaires pour l'hébergement et la gestion d'une entreprise en ligne. Ces emplois portent sur la conception d'interfaces et le développement d'applications web. Ils requièrent des compétences tels que les langages de développement, les techniques relatives à la facilité d'utilisation et les modèles de conception, les techniques de sécurité basées sur le web, les tests utilisateurs, ainsi que la conception et le développement pour les dispositifs mobiles. Dans la mesure où certaines compétences en matière de développement web et de sécurité se recouperont au niveau des personnes travaillant dans le domaine de l'informatique en nuage, il pourrait être opportun de favoriser la mise en place de programmes et de modules de formation combinés.
- **Développement d'applications:** Le nombre d'emplois en ingénierie logicielle continuera à croître grâce aux possibilités offertes par l'informatique en nuage, fournissant un nouvel ensemble de ressources bon marché et évolutives aux entrepreneurs et aux développeurs intéressés par le développement d'applications. Comme pour les personnes qui cherchent à améliorer leurs compétences et leur formation en développement web frontal, les développeurs d'applications voudront asseoir leurs compétences en codage et en conception, lesquelles sont nécessaires au développement d'applications à exécuter sur des appareils mobiles, des ordinateurs personnels et des tablettes. La montée en puissance des offres de formation axées sur le codage, la conception et les tests aidera à former les générations futures de développeurs d'applications afin qu'ils profitent pleinement des infrastructures de l'informatique en nuage et qu'ils participent à un marché mondial centré sur la technologie et le contenu numérique.
- **Architecture et développement de l'Internet des objets:** L'informatique en nuage est porteuse de nombreuses opportunités en termes de progrès et d'innovation en connectant de nouveaux dispositifs à l'Internet des objets (en anglais, Internet of Things ou IoT). Pour tirer parti des possibilités offertes par les technologies de l'IoT, il conviendra de mettre l'accent sur des programmes de formation qui marient les compétences requises pour créer et concevoir ces dispositifs (voitures, avions, équipements médicaux, etc.) avec celles nécessaires pour créer et concevoir des logiciels sécurisés, des algorithmes d'intelligence artificielle et des applications conviviales. Il s'agira probablement d'allier des ensembles de compétences axées sur la sécurité et le développement d'applications pertinentes en matière d'informatique en nuage avec des disciplines d'ingénierie plus traditionnelles, notamment le génie mécanique, le génie biomédical et l'ingénierie aérospatiale. L'intégration de ces domaines contribuera à préparer les employés et les entrepreneurs à diffuser les avancées réalisées en matière d'informatique en nuage vers de nombreux secteurs et technologies variés.
- Les décideurs joueront un rôle essentiel en créant, en finançant et en encourageant les systèmes éducatifs qui transmettront ces compétences à leurs citoyens. Des cours en ligne et des activités interactives seront nécessaires pour dispenser des enseignements et assurer une formation à grande échelle à la prochaine génération de travailleurs dans le monde. Un apprentissage

standard en classe, mené par un instructeur, ne sera pas suffisant pour répondre aux besoins croissants créés par l'informatique en nuage. L'éducation en ligne se développera rapidement dans les environnements d'entreprise, les administrations publiques et les institutions universitaires. Or, cette croissance est susceptible de donner lieu à certains changements en matière de certifications des fournisseurs. De plus en plus, les employeurs et les prestataires de services reconnaîtront la valeur des certificats d'achèvement de cours en ligne qu'ils vérifieront dans le cadre de leurs décisions d'embauche et de formation.

- Dans de nombreux cas, les décideurs pourront estimer que leurs efforts pour mettre sur pied l'infrastructure technique nécessaire au déploiement du nuage seront également susceptibles de servir un double objectif en favorisant des possibilités de formation en ligne. La fourniture d'un accès plus large à un éventail de modules et de supports éducatifs globaux est une conséquence importante de l'amélioration de la connectivité d'une nation et de son infrastructure technique. Avec un meilleur accès à l'éducation en ligne, un grand nombre d'étudiants finiront par étudier les cours élaborés dans d'autres pays et qui ne sont pas enseignés dans leur langue maternelle. Cela signifie que la maîtrise des langues étrangères, en particulier de l'anglais, sera une autre compétence essentielle qu'il conviendra de développer pour suivre une formation et des enseignements, ainsi que pour tirer parti des opportunités d'emploi. Dès lors, les décideurs politiques devront également se concentrer sur l'accès à des formations en langue, abordables et de qualité, dès les premières années de la scolarité, dans le cadre d'une stratégie globale, axée sur les compétences en informatique en nuage.
- Pour ceux qui sont activement engagés dans la réglementation du nuage, du stockage de données et des aménagements d'infrastructures, il pourrait en outre être utile de suivre une formation dans certains aspects de l'informatique, notamment les réseaux, la protection des données, les normes de la portabilité et les modèles de déclaration des incidents. La compréhension des protocoles sous-jacents et de l'architecture réseau favorisera la prise de décisions politiques éclairées sur la gouvernance de données, les flux de données transnationaux et les mesures de sécurité. Une bonne connaissance des normes internationales ayant trait à la sécurité, la confidentialité et la portabilité fournira aux décideurs un cadre de référence quant aux réglementations des autres pays et aux modalités d'alignement de ces décisions de la façon la plus efficace dans une économie mondialisée. C'est en s'intéressant à la manière dont différents Etats ont abordé les modèles d'analyse et de déclaration des incidents que les décideurs politiques pourront déterminer comment ils souhaitent traiter les incidents de sécurité et les interventions en cas d'incidents au sein de leurs propres juridictions.
- Il faudra mettre en place différents programmes d'enseignement et de formation pour que les populations et personnels très divers acquièrent ces compétences. Pour les étudiants dans les établissements d'enseignement classiques, les décideurs voudront peut-être encourager le développement de nouveaux programmes d'études et de nouveaux diplômes susceptibles d'être combinés avec les programmes d'enseignement existants à tous les âges. Pour les personnels qui ne fréquentent plus l'école, les décideurs peuvent proposer des formations en ligne, des partenariats avec le secteur et des formations à mi carrière sanctionnés par un certificat pour qu'ils puissent acquérir des nouvelles compétences susceptibles de leur ouvrir de nouvelles perspectives et de leur donner la possibilité d'assumer de nouvelles fonctions propres à l'informatique en nuage. Pour les personnes en dehors des filières scolaires et professionnelles traditionnelles axées sur la technologie, il faudra inventer d'autres méthodes de sensibilisation, par exemple des partenariats avec des écoles de formation professionnelle, utiliser de nouvelles méthodes largement diffusées pour rechercher des talents afin de trouver les personnes ayant les compétences requises, proposer des bourses et offrir des filières de formation traditionnelles pour des personnes ayant des profils moins classiques. Les décideurs veilleront à mettre en place sur ces différentes plates-formes des modules de formation pour acquérir les compétences liées à l'informatique en nuage afin de faciliter la croissance d'un vivier de professionnels dans ce domaine venant d'horizons divers.

4.2. Innovation

L'informatique en nuage promet avant tout de favoriser l'innovation à des coûts inférieurs et à une plus grande échelle pour qu'un plus grand nombre de personnes puissent en profiter, partout dans le monde. Cette innovation est rendue possible grâce à la flexibilité des ressources du nuage et aux économies de coûts qui accompagnent ce modèle de déploiement, mais garantir une innovation solide exige davantage que de simples infrastructures et offres techniques. Sans l'appui de décideurs et de politiques en faveur de la promotion des compétences, sans protection de la propriété intellectuelle et en l'absence des accords commerciaux nécessaires pour utiliser l'informatique en nuage, celui-ci ne tiendra pas ses promesses en matière d'innovation. A mesure que les décideurs investiront dans les compétences et le développement d'infrastructures, ils devront également garantir la création d'un cadre réglementaire au sein duquel il sera possible d'innover et d'apporter des solutions commercialisables qui aideront les entreprises à être présentes à l'international.

Pour que les opportunités entrepreneuriales offertes par l'informatique en nuage deviennent une réalité, la Commission d'études propose que les gouvernements donnent l'exemple en fournissant leurs propres services aux citoyens grâce aux infrastructures en nuage et en adoptant des politiques qui donnent la priorité au nuage et utilisent par défaut ces services pour leurs projets et leurs fournisseurs. Les gouvernements nationaux et locaux sont souvent des clients importants et leur activité est susceptible de susciter un grand intérêt chez les prestataires de services en nuage. Ils servent ainsi de point de départ pour l'introduction de services auprès de leurs citoyens et des fournisseurs auprès de leurs marchés locaux. L'adoption de cette technologie par un gouvernement envoie également un signal fort aux citoyens quant à la confiance accordée par ces figures d'autorité à ces services et leur fiabilité. Lorsqu'un gouvernement déclare publiquement que selon lui, l'informatique en nuage est une technologie sûre, rentable et efficace, il aide les individus et les petites entreprises à se sentir à l'aise à l'idée de confier leur activité à ces fournisseurs.

Au-delà de l'adoption des services en nuage eux-mêmes, les gouvernements peuvent également encourager l'innovation informatique en rendant certaines données disponibles à partir de services publics: la consommation d'énergie, les horaires d'arrivée des transports publics, le recensement et les enquêtes sur le revenu, les tendances de l'emploi, les cas de maladie, les crimes et délits signalés, etc. La mise à disposition de ces données auprès des citoyens en vue de leur analyse est utile dans la mesure où cela les incite à mettre en pratique des compétences en analyse des données qui jouent un rôle essentiel dans de nombreux aspects de la croissance en matière d'informatique en nuage. Les citoyens peuvent également être tentés d'exploiter ces données dans le cadre du développement de nouvelles applications et de nouveaux services axés sur le nuage, tels que des outils pour suivre l'arrivée des autobus et des trains, surveiller la propagation d'une maladie, ou rassembler et analyser les chiffres de la criminalité dans toute une région. En fournissant aux citoyens des possibilités concrètes de participer au développement de technologies civiques, les Etats peuvent contribuer à stimuler davantage l'innovation axée sur le nuage à travers l'ensemble de la population.

Les innovations favorisées par l'informatique en nuage ont intrinsèquement une portée mondiale. Les services en nuage et la connectivité permettent aux entrepreneurs de travailler avec des clients du monde entier. Mais la disponibilité de ce marché international de l'innovation dépend des décideurs politiques et de leur volonté d'encourager les personnes qui, dans leur pays, développent du contenu local et des applications dans le but de toucher un public mondial. Ce point est particulièrement important pour les innovateurs dans les petits pays où la population est limitée. Sans cela, ceux-ci seraient dans l'impossibilité d'avoir une clientèle suffisamment grande. En conséquence, il sera important que les décideurs s'assurent non seulement que leur population dispose des compétences linguistiques et techniques nécessaires pour réussir à servir des clients internationaux, mais aussi que leur gouvernement a mis en place des mesures appropriées de protection de la propriété intellectuelle, des politiques de lutte contre la cybercriminalité et une réglementation en faveur de la sécurité des données. Dans la mesure où ces régimes de propriété intellectuelle peuvent s'aligner sur la réglementation internationale, ils seront plus efficaces pour encourager et favoriser l'innovation et les activités à l'international. De la même manière, les politiques relatives à la sécurité et à la lutte contre

la cybercriminalité qui encouragent la coopération internationale dans le cadre d'enquêtes criminelles et autorisent la libre circulation des données au-delà des frontières nationales sont susceptibles de faciliter le développement international et les occasions d'affaires pour les entrepreneurs locaux.

Les innovateurs, les jeunes pousses, les fournisseurs de logiciels indépendants et les entreprises utilisant le nuage pour fournir un service sont, par nature, capables de s'implanter sur les marchés mondiaux. Toutefois, des politiques qui imposent, par exemple, la résidence des données ou la confidentialité de données particulières limiteront la possibilité pour les innovateurs de se positionner au niveau mondial ou, à tout le moins, fera augmenter sensiblement le coût de leur activité économique.

4.3. Infrastructures

L'absence d'une infrastructure adéquate est sans aucun doute le principal problème auquel se heurtent les pays en développement. La concrétisation des opportunités d'innovation et du potentiel de l'informatique en nuage nécessite des infrastructures informatiques et des réseaux solides afin de fournir une connectivité fiable à une grande variété de périphériques et d'applications. Compte tenu que les services informatiques en nuage dépendent de l'accès au réseau, la création de réseaux haut débit, flexibles et résistants est une composante essentielle pour favoriser l'adoption du nuage. Les différents modèles de déploiement du nuage peuvent nécessiter des architectures de réseaux distinctes: par exemple, un service en nuage privé imposera aux utilisateurs et fournisseurs de partager un réseau unique et fiable, alors que dans le cas de services en nuage public, les utilisateurs et les fournisseurs seront autorisés à exploiter des réseaux distincts, souvent connectés par le biais de l'Internet public. Néanmoins, ces modèles nécessitent certains éléments et traits communs au niveau de l'infrastructure pour garantir un accès efficace aux services informatiques en nuage. La création d'un environnement réglementaire favorable afin de faciliter l'investissement dans les ressources d'infrastructure nécessaires pour soutenir l'informatique en nuage joue un rôle crucial pour les décideurs qui cherchent à encourager son adoption. Sans ces composantes infrastructurelles fondamentales, l'accès à l'informatique en nuage risque d'être trop limité, trop coûteux et peu adapté à la concrétisation des possibilités économiques offertes par les services en nuage.

4.3.1 Des caractéristiques des réseaux prenant en charge un accès efficace aux services d'informatique en nuage

Les services informatiques en nuage dépendent des utilisateurs ayant un accès fiable au réseau. Souvent, cet accès doit s'étendre sur plusieurs dispositifs différents et sur une limite géographique relativement large afin que les utilisateurs soient en mesure d'utiliser ces services indépendamment du lieu où ils se trouvent, des appareils qu'ils utilisent pour y accéder ou des réseaux auxquels ils sont connectés. Ce type d'accès fiable à un réseau étendu est obtenu lorsque le réseau présente les caractéristiques suivantes:

- **Des sources d'énergie stables:** afin que les utilisateurs puissent accéder aux services en nuage, ils doivent être en mesure de se connecter au réseau. Or le maintien en fonctionnement du réseau nécessite des infrastructures de production et d'approvisionnement en énergie stables et sûres. Sans une alimentation électrique constante, les serveurs du nuage et les routeurs réseau n'offriront qu'un accès épisodique aux utilisateurs finals, ce qui sera source de désagréments importants et de nombreuses interruptions. L'alimentation électrique devra également pouvoir être adaptée aux exigences du réseau et offrir une capacité suffisante lors des périodes de forte activité.
 - L'alimentation en énergie devient extrêmement critique lorsqu'il est question de centres de données locaux. De fait, ces derniers exigent des quantités massives d'énergie pour fonctionner. En outre malheureusement, l'alimentation électrique doit suivre la croissance des centres de données: plus les utilisateurs et les services sont nombreux, plus il faut ajouter de serveurs et d'espaces de stockage et plus les besoins en énergie sont élevés pour tout faire fonctionner. Le développement et l'exploitation de centres de données moins

énergivores exigent une grande expertise. Dans le même temps, ce n'est qu'en passant à plus grande échelle qu'il est possible de bénéficier des avantages inhérents au nuage.

- Plus l'infrastructure énergétique sous-jacente du réseau et des centres de données locaux est fiable, plus les utilisateurs pourront s'appuyer sur les services en nuage et les utiliser pour favoriser l'innovation et s'ouvrir à de nouvelles possibilités. Encourager l'élaboration et l'adoption de sources d'énergie renouvelable ou verte peut également contribuer à accroître les investissements dans les infrastructures des centres de données et du nuage en raison de l'intérêt croissant accordé à la réduction de l'impact environnemental et climatique de ces ressources.
- **Une architecture résiliente:** outre la fiabilité de l'approvisionnement en énergie pour le réseau et le centre de données local et sa résistance aux coupures, pannes ou interférences, il est également important que l'architecture du réseau soit en mesure de supporter des périodes d'activité intense, de résister en cas de catastrophes naturelles ou d'attaques malveillantes et de reprendre une activité normale après de tels événements. Le développement d'un réseau résilient implique de faire en sorte qu'il y ait redondance au niveau des composants d'infrastructure critiques afin que la défaillance d'un serveur ou d'une connexion ne donne pas lieu à une panne généralisée. La résilience nécessite également l'utilisation de composants de réseau conçus pour un rétablissement rapide en cas de défaillance et un retour à des opérations régulières, même après une période d'interruption. Il s'agit enfin d'une composante importante de l'infrastructure logistique et de la chaîne d'approvisionnement nécessaire aux réseaux de l'informatique en nuage.
- **Un accès à large bande au haut débit:** un accès à large bande au haut débit est indispensable à l'informatique en nuage. Il permet notamment à de grands volumes de données de circuler rapidement entre les fournisseurs et les utilisateurs. Un accès à large bande comprend plusieurs composants distincts, notamment des infrastructures de connectivité, de raccordement et d'interconnexion au centre intradonnées pour transporter les données vers le réseau dorsal et une connectivité sur le dernier kilomètre pour atteindre les utilisateurs individuels, les entreprises et les foyers. Chacun de ces types d'infrastructure à large bande peut être mis en oeuvre par les différentes entités et utilise des technologies différentes, en fonction des contraintes de coûts, des exigences techniques et des restrictions réglementaires. De nombreuses technologies sont accessibles sur les lignes téléphoniques (ou le DSL) ou via les satellites, ainsi que les raccordements à la télévision câblée et la fibre dédiée, utilisée pour fournir un accès à large bande, notamment la fibre optique, le câble coaxial, la technologie par satellite et les réseaux sans fil, qui vont des routeurs personnels à la Wireless Gigabit Alliance (WiGig) des réseaux sans fil de grande capacité, adaptés aux centres de données. Les services en nuage nécessitent généralement de nombreuses différentes technologies à large bande, qui travaillent toutes ensemble à travers le centre de données, le réseau dorsal et le réseau sur le dernier kilomètre. Plus l'intégration de ces technologies sera homogène, plus la variété et la bande passante de l'infrastructure à large bande disponible seront de qualité et plus la gamme de services en nuage, les applications et les possibilités dont pourront bénéficier et tirer parti les utilisateurs finaux seront grandes.
- **Un accès basé sur les dispositifs mobiles:** l'une des caractéristiques de plus en plus importantes en matière d'informatique en nuage porte sur la fiabilité de l'accès basé sur les dispositifs mobiles. Offrir partout un accès sans fil aux appareils mobiles utilisant les ressources du spectre réglementé est par conséquent essentiel pour le développement de réseaux capables de prendre en charge des services informatiques en nuage sans interrompre le flux de travail quotidien. L'accès mobile peut fournir une connectivité sur le dernier kilomètre, précieuse aux yeux des utilisateurs lorsqu'ils sont en transit, ainsi qu'à ceux dont les modes d'accès en ligne primaire se font sur des appareils mobiles. Encourager l'investissement dans l'infrastructure d'accès mobile est, dès lors, une question de disponibilité et de commodité pour les utilisateurs, un moyen d'offrir un accès aux services en nuage à ceux qui s'appuient principalement sur les appareils mobiles, mais aussi de s'assurer que les personnes ayant besoin d'un accès régulier à des services

en nuage peuvent se connecter de manière fiable, y compris lorsqu'ils ne sont pas chez eux ou au travail.

- **Une capacité et une architecture flexibles:** une grande partie des promesses et du potentiel de services informatiques en nuage découle de leur évolutivité rapide et facile. L'infrastructure réseau doit faciliter cela, en favorisant une certaine flexibilité dans la capacité de trafic et l'affectation des ressources aux différents utilisateurs et charges de travail à mesure que les besoins évoluent. De même, les réseaux doivent être en mesure de fournir un ensemble varié de différentes configurations réseau, adaptées à toute la gamme de modèles de mise en oeuvre et de déploiement du nuage (nuages privés, publics et hybrides).
- **Une fourniture automatisée des ressources du réseau:** la mise à l'échelle du réseau pour répondre à la demande fluctuante et fournir des capacités supplémentaires ou de nouvelles configurations doit être un processus immédiat et sans heurts pour favoriser les services en nuage. Les composants réseau devraient idéalement être en mesure de faire face automatiquement à ces fluctuations et ajustements, afin que les ressources réseau puissent être configurées selon les besoins des utilisateurs, sans nécessiter une intervention ou une reconfiguration manuelle.

4.3.2 L'énergie

Une alimentation électrique suffisante et régulière est une composante essentielle de l'infrastructure informatique en nuage. L'électricité a toujours joué un rôle primordial au niveau du matériel informatique; pour l'informatique en nuage, toutefois, il est fondamental de pouvoir fournir une alimentation électrique fiable afin de garantir le fonctionnement continu des réseaux. Sans accès au réseau, les utilisateurs ne peuvent plus accéder aux services en nuage. En outre, il est possible qu'ils ne disposent pas d'une copie locale de leurs données ou informations. Cela signifie qu'il est important non seulement que l'alimentation électrique soit disponible pour les appareils des utilisateurs et leur infrastructure de connectivité locale, sur le dernier kilomètre, mais aussi au niveau de l'ensemble de la zone géographique et des concentrateurs réseau utilisés pour se connecter aux réseaux extérieurs. C'est pour cette raison que l'information en nuage donne aux utilisateurs individuels un rôle bien plus actif dans l'approvisionnement en énergie de leurs « voisins » et la production constante d'électricité dans la région dans son ensemble. Cet intérêt collectif et commun pour le développement d'un approvisionnement énergétique fiable, nécessaire pour soutenir une infrastructure réseau robuste, exige une coordination entre les organismes de services publics locaux ainsi qu'un soutien et un renforcement mutuel pour garantir la résilience des infrastructures de production et de distribution d'énergie. La fiabilité du réseau étant au coeur de l'efficacité et l'utilité des services en nuage, la fiabilité et la redondance des infrastructures alimentant en énergie ce réseau sont tout aussi primordiales.

Bien que la fiabilité et la résilience jouent un rôle extrêmement important dans le développement de l'infrastructure énergétique pour soutenir l'informatique en nuage, ces services en eux-mêmes ne nécessitent pas forcément plus d'énergie que les autres formes d'informatique. L'approvisionnement doit toutefois être plus régulier et plus stable. En définitive, l'informatique en nuage peut considérablement améliorer l'efficacité énergétique par rapport aux modèles informatiques standard localisés en centralisant les ressources informatiques. Cela favorise une utilisation plus efficace des ressources de traitement et de stockage, en réduisant le besoin, pour chaque appareil individuel ou organisation, de consommer autant d'énergie que pour des tâches réalisées séparément. Par exemple, dans une étude de cas, une analyse effectuée à l'aide du Cloud Energy and Emissions Research Model (CLEER), une équipe de recherche a découvert que le transfert de courriers électroniques, du traitement de feuilles de calcul, de systèmes de gestion de clientèle et d'autres outils logiciels vers des services informatiques basés sur un nuage et exploités par le biais de serveurs hors site centralisés pouvait réduire la consommation en énergie du matériel informatique des entreprises américaines de 87 pour cent.⁷ Ces gains en efficacité énergétique exigent toutefois une alimentation en électricité suffisamment stable afin que les utilisateurs aient confiance dans le fait qu'ils ne perdront pas l'accès à leur

⁷ U. Irfan. « Cloud Computing Saves Energy ». Scientific American. 12 juin 2013. Disponible sur: <http://www.scientificamerican.com/article/cloud-computing-saves-energy/>.

réseau, sinon ils ne peuvent être disposés à soutenir la consolidation des ressources informatiques par l'intermédiaire des services en nuage, indépendamment des éventuels avantages énergétiques.

Alors que la fiabilité est primordiale pour les sources d'énergie qui sous-tendent les réseaux en nuage, les fournisseurs d'infrastructures sont de plus en plus intéressés par l'utilisation de sources d'énergie verte ou renouvelable lorsqu'ils investissent dans de nouvelles ressources en nuage. On constate l'apparition d'une tendance marquée en faveur de la construction de nouveaux centres de données écologiques utilisant des technologies telles que les panneaux solaires et de piles à combustible afin de limiter les coûts de consommation d'énergie, mais aussi l'impact environnemental. Encourager les investissements en faveur du développement et de la mise à disposition de sources d'énergie verte peut, dès lors, contribuer aux investissements axés sur les infrastructures et les services en nuage.

4.3.3 Le réseau à large bande

Les services informatiques en nuage nécessitent d'être capables de transférer de grandes quantités de données facilement et instantanément entre les utilisateurs et les fournisseurs. La rapidité de l'acheminement de ce volume élevé de données repose principalement sur un réseau à large bande robuste, capable de fournir des ressources dédiées ayant une capacité suffisante pour supporter des charges de pointe. Comme dans le cas de l'approvisionnement en énergie, la planification des infrastructures à large bande ne doit pas seulement tenir compte des infrastructures locales, mais aussi du réseau plus large au sein duquel se trouve une région et la qualité de celui-ci tout au long des chemins que les données emprunteront, probablement des centres de données en nuage centralisés aux utilisateurs et clients individuels. Le développement d'infrastructures à large bande est, par conséquent, un processus qui exige une collaboration minutieuse et étendue entre des régions voisines, ainsi qu'entre le secteur privé et les décideurs politiques.

L'évaluation de la qualité du réseau à large bande ne doit pas uniquement porter sur la vitesse ou la bande passante, mais aussi sur la vitesse maximale à laquelle les données peuvent être transportées sur le réseau. Plusieurs autres facteurs importants influent sur les performances du réseau et peuvent jouer un rôle majeur dans la détermination de la viabilité et le caractère pratique de certains services d'informatique en nuage. Ces facteurs de performance comprennent:

- **La latence:** le délai nécessaire pour que les informations traversent le réseau et aillent de l'émetteur au récepteur.
- **La gigue:** la variation de la latence des informations sur un réseau côté récepteur ou l'irrégularité au niveau du délai requis pour que des informations parviennent au récepteur.
- **Le débit:** le taux réel de transmission des données sur un réseau en tenant compte non seulement de la bande passante disponible, mais aussi d'autres restrictions au niveau de la transmission du trafic.

Pour les services vocaux et vidéo, en particulier, la latence et la gigue peuvent avoir une grande incidence sur l'expérience utilisateur. Le développement d'infrastructures à large bande robustes, capables de prendre en charge l'informatique en nuage, nécessite non seulement de mettre en oeuvre un réseau disposant d'une bande passante suffisante pour proposer différents services en nuage, mais également de prêter attention aux autres indicateurs de performance du réseau qui, outre la vitesse, contribuent à la qualité de service du réseau. La mesure et l'évaluation régulières de ces différents indicateurs de performance jouent un rôle important dans l'identification et la résolution de défaillances telles que les goulots d'étranglement ou les problèmes de performances qui interviennent au niveau de la couche réseau.

La résilience de l'infrastructure à large bande joue également un rôle majeur dans la réussite de la prise en charge des services en nuage. La disponibilité universelle étant un élément clé de l'informatique en nuage, le réseau à large bande doit être capable de gérer des composants défectueux ou des pannes sans interrompre l'accès aux données des utilisateurs et aux services de traitement pour des périodes prolongées. Cela implique, par conséquent, de concevoir un réseau à large bande

disposant de ressources redondantes, de configurations flexibles et d'un reroutage automatisé en cas de défaillances. Cela signifie également que les fournisseurs de services en réseau devront tenir compte de ces points dans leur planification de la redondance et montre pour quelle raison ils souhaitent, en règle générale, être en mesure de garantir la redondance sur les différents segments de réseau et dans plusieurs régions géographiques.

4.3.4 Éléments de l'architecture du réseau

Pour répondre aux besoins de l'informatique en nuage, il convient de prêter attention à au moins deux éléments de l'architecture du réseau: le spectre et les points d'échange Internet (IXP).

L'infrastructure large bande filaire/à fibre optique et hertzienne joue un rôle important dans la prise en charge des services en nuage, mais peut s'avérer coûteuse. De plus, sa mise en place s'étale souvent sur une très longue période. De ce fait, certaines régions pourront juger inadapté ou trop onéreux de baser l'intégralité de la couverture sur diverses formes d'accès large bande à haute capacité, telles que les réseaux à fibre optique, coaxiaux et satellitaires, ou de les proposer à brève échéance. Le recours à la connectivité hertzienne, pour le raccordement comme pour les dispositifs mobiles/portables, peut compléter utilement le large bande filaire/à fibre optique. Dans les régions dotées d'une infrastructure filaire limitée, cette approche moins onéreuse et plus rapide permet de commencer à utiliser les services en nuage et à créer des réseaux *ad hoc* en profitant de l'ubiquité des appareils mobiles.

Même les régions pourvues d'une infrastructure large bande filaire/à fibre optique fiable pourront avoir intérêt à investir dans des réseaux hertziens axés sur les dispositifs mobiles pour augmenter leurs connexions filaires. Compte tenu que les réseaux large bande filaires/à fibre optique n'assureront probablement pas l'intégralité de la couverture, les réseaux mobiles et hertziens pourront renforcer l'ubiquité de la connectivité de l'informatique en nuage, permettant ainsi aux utilisateurs d'accéder aux services à partir d'un nombre accru de lieux et de dispositifs, par exemple, lors de leurs déplacements. Les questions relatives au spectre sont traitées en profondeur dans le Rapport final du Groupe mixte UIT-D/UIT-R sur la Résolution 9 de la CMDT.⁸ La fourniture d'accès aux ressources spectrales est une étape essentielle du développement de réseaux hertziens et mobiles, capables de prendre en charge les services en nuage. Ces réseaux peuvent jouer un double rôle: dans les zones dotées d'une importante connectivité large bande filaire/à fibre, ils serviront de ressources supplémentaires pour renforcer l'ubiquité des services en nuage et la facilité d'accès, alors que dans les régions qui commencent juste à développer une infrastructure d'informatique en nuage, ils pourront constituer un précurseur infrastructurel du large bande filaire/à fibre moins gourmand en ressources.

Compte tenu de la popularité grandissante de la technologie mobile et de la part croissante de la connectivité hertzienne dans l'informatique personnelle et professionnelle, des réseaux hertziens soutenus par un accès rentable suffisant au spectre devraient faire partie intégrante du développement de toute infrastructure visant à prendre en charge l'informatique en nuage. La création de réseaux mobiles et hertziens capables de prendre en charge la demande de services en nuage requiert d'attribuer les ressources spectrales nécessaires à leur connectivité. Le spectre étant généralement une ressource réglementée, les décideurs auront un rôle essentiel à jouer pour encourager le déploiement d'une infrastructure de réseau et l'adoption des services en nuage qu'elle rendra possible. L'attribution de spectre aux réseaux mobiles et hertziens peut prendre diverses formes et ne nécessite pas obligatoirement de réorienter des fréquences allouées à d'autres utilisations cruciales.

Les décideurs désireux d'encourager l'investissement dans le développement d'une infrastructure spectrale destinée aux services en nuage disposent de trois options: attribuer du spectre à une utilisation privée sous licence dans la région concernée, autoriser l'usage exempté de licence ou non soumis à licence de certaines bandes de fréquences et permettre le partage opportuniste de ressources spectrales attribuées mais non utilisées (il est utile de consulter à cet effet Résolution 9 de la CE 1). Dans le premier cas, les régulateurs auraient la possibilité d'attribuer ou de réattribuer

⁸ <https://www.itu.int/pub/D-STG-SG01>.

au développement de réseaux mobiles et hertziens des bandes de fréquences spécifiques non utilisées ou sous-utilisées, ce qui permettrait aux prestataires de services de construire des réseaux de capacité supérieure assurant un service plus fiable. Dans le deuxième cas, les fournisseurs de réseaux d'informatique en nuage seraient autorisés à utiliser certaines bandes de fréquences sans licence au titre d'un régime d'exemption similaire à celui en vigueur pour la bande spectrale ISM (industrielle, scientifique et médicale) de 2,4 GHz et les bandes 5 GHz, pourvu que la politique mise en place permette la coexistence de différents réseaux utilisant du spectre non soumis à licence. Ainsi, dans de nombreux pays, des bandes de fréquences considérées inutilisables pour les télécommunications longue distance sont depuis longtemps exemptées de licence, à condition que les dispositifs qui les emploient respectent certaines restrictions en matière de puissance de sortie. A mesure que les technologies de télécommunication gagnaient en maturité, les fournisseurs de réseaux ont élaboré un nombre croissant de solutions leur permettant de se servir des bandes de fréquences précédemment jugées inutilisables. C'est ainsi qu'ont été développées de nombreuses normes et technologies nouvelles dans les bandes non soumises à licence, notamment le Wi-Fi, le Bluetooth et le RFID. La libération de blocs de fréquences aux fins d'une utilisation sans licence peut donc constituer une opportunité intéressante en termes d'innovation et de développement de nouvelles technologies d'infrastructure de réseau aptes à prendre en charge les services en nuage. Enfin, les décideurs pourront vouloir réfléchir à des politiques favorables au partage opportuniste des ressources spectrales attribuées, qui autoriseraient les opérateurs de réseaux mobiles à profiter des fréquences inutilisées, ou zones blanches, pour fournir de la connectivité aux utilisateurs sans perturber la fourniture normale des services sur ces fréquences.⁹Cette approche permet un usage très efficace du spectre attribué. L'utilisation des zones blanches télévisuelles en constitue un bon exemple (voir la Résolution 9 de la CE 1 pour les exemples de cas de pays).

La fiabilité et la résilience du réseau étant essentielles à la fourniture de services en nuage, la création d'infrastructures d'échanges Internet (IX) ou de points d'échange Internet (IXP) constitue un mécanisme courant destiné à renforcer ces caractéristiques et à réduire les coûts pour les fournisseurs de services locaux. Dans de nombreuses régions, ces systèmes coordonnent l'échange de trafic Internet sur les différents réseaux, la formation de partenariats entre les opérateurs de ces réseaux ainsi que la baisse des coûts et l'appui que se dispensent mutuellement les fournisseurs de services voisins. Les points d'échange Internet sont des points physiques d'interconnexion entre les fournisseurs de services Internet et les réseaux de diffusion de contenu. Ils permettent à ces entreprises d'échanger du trafic directement entre elles au lieu de transiter par des fournisseurs en amont. Les prestataires réalisent des économies conséquentes puisqu'ils évitent ainsi d'acheminer leur trafic via des fournisseurs tiers en concluant des accords entre eux qui prévoient la gratuité de l'échange de trafic via un IXP.

Le recours à des points d'échange Internet peut également présenter des avantages en termes de latence et de largeur de bande du réseau. Comme l'interconnexion s'effectue directement sur un site physique commun, le trafic n'a pas à traverser différentes régions pour effectuer l'échange avec un autre système autonome, ce qui en réduit potentiellement la latence. Les IXP ont également la capacité d'augmenter la largeur de bande apparente d'un réseau dans les régions où la connectivité avec les principaux fournisseurs situés en amont est généralement lente et onéreuse. Dans ces régions, les échanges directs avec des fournisseurs de services locaux situés à proximité peuvent accélérer considérablement la transmission des données puisqu'il n'est plus nécessaire de recourir à des connexions longue distance limitées. L'interconnexion directe avec d'autres fournisseurs de services Internet offre également à chaque opérateur de réseau un nombre accru de voies d'accès potentielles ses clients, ce qui renforce considérablement la redondance et la résilience du réseau ainsi que l'efficacité de l'acheminement des données.

⁹ Pour un exemple de recommandations réglementaires en la matière, voir par exemple, le rapport technique de la Dynamics Spectrum Alliance intitulé « Suggested Technical Rules and Regulations for the Use of Television White Spaces », disponible sur: <http://www.dynamicspectrumalliance.org/assets/submissions/Suggested%20Technical%20Rules%20and%20Regulations%20for%20the%20use%20of%20TVWS.pdf>.

La structure des points d'échange Internet favorise également la collaboration locale et la mise en place de communautés de fournisseurs de services régionaux qui se soutiennent mutuellement tant au niveau de leur infrastructure qu'au niveau de leurs clients. Les IXP étant en principe conçus pour profiter à tous ceux qui participent à ces échanges, leur création découle fréquemment d'arrangements locaux informels et sans but lucratif qui parfois se développent considérablement pour accueillir de nouveaux membres et prendre en charge une capacité d'échange accrue. Le processus initial de création d'un point d'échange Internet nécessite peu de temps et de ressources, ce qui en fait un investissement crédible dans les régions où le développement de l'infrastructure d'informatique en nuage en est encore à ses balbutiements.¹⁰ Le fait d'encourager la collaboration entre fournisseurs de services locaux peut également faciliter la création de partenariats qui renforceront ultérieurement le pouvoir de négociation de ces opérateurs et de leurs relations avec des fournisseurs plus solidement établis dans d'autres régions.

4.3.5 Bonnes pratiques et recommandations en matière de développement d'une infrastructure en nuage

Le développement de l'infrastructure nécessaire à la prise en charge de services en nuage est un processus en perpétuelle évolution, qui requiert la participation active des décideurs, du secteur privé et des communautés locales et nécessite une évaluation et une réévaluation permanentes pour assurer son alignement sur les technologies, les politiques et les tendances émergentes. Pour développer les composants d'une telle infrastructure, il est recommandé de suivre les bonnes pratiques en la matière, détaillées ci-après:

- Encourager la participation et la coopération au niveau régional: la mise en place d'une infrastructure de réseau est une activité essentiellement communautaire, qui requiert la participation des fournisseurs de réseau interconnectés. L'établissement de partenariats forts avec les autorités locales et les partenaires du secteur qui entreprennent de développer une infrastructure ou envisagent de le faire peut s'avérer un atout de poids pour rassembler les connaissances et former des partenariats institutionnels sous forme de points d'échange Internet ou promouvoir l'élaboration de normes techniques et de politiques harmonisées visant à favoriser l'interconnectivité.
- Commencer par développer une infrastructure mobile à faible coût: l'échelle et le coût d'une infrastructure large bande filaire/à fibre destinée à l'informatique en nuage sont susceptibles de décourager les régions qui se lancent dans la prise en charge de ce type de services. Lorsque ce coût est prohibitif, il paraît plus raisonnable de favoriser l'attribution aux réseaux mobiles de ressources spectrales soumises ou non à licence et en accès partagé ou d'opter pour des mécanismes peu onéreux tels que les points d'échange Internet, susceptibles de renforcer les niveaux de performance et de résilience moyennant un investissement initial relativement faible. Bien que limités et peu onéreux par rapport à la pose d'un câble à fibre optique reliant tous les foyers d'une région donnée, ces aménagements peuvent avoir un impact considérable sur la capacité des utilisateurs à profiter des services en nuage. Ces retombées peuvent, à leur tour, faire prendre conscience aux utilisateurs et aux fournisseurs des opportunités de l'informatique en nuage et encourager les investissements dans des projets d'infrastructure plus ambitieux à un stade ultérieur.
- Mettre l'accent sur la résilience et la disponibilité de l'infrastructure: sans connectivité au réseau, les services en nuage seront inaccessibles et les utilisateurs s'en détourneront rapidement, quels qu'en soient les avantages en termes d'efficacité et de coût. Par conséquent, la disponibilité des services constitue la caractéristique majeure des principaux composants de l'infrastructure, notamment en ce qui concerne la source d'énergie, le réseau large bande et les réseaux hertziens. Pour assurer la stabilité et la fiabilité optimales de ces éléments, il est important que leur

¹⁰ Pour en savoir plus sur la mise en oeuvre d'échanges Internet régionaux à faible budget, voir, par exemple, la présentation du RIPE rédigée par Remco van Mook intitulée « The \$1,000 Internet Exchange ». Septembre 2015. Disponible sur: <https://ripe71.ripe.net/presentations/30-1000-dollar-exchange-ripe71.pdf>.

conception mette l'accent sur la redondance, la tolérance aux pannes et la rapidité des temps de récupération. Des partenariats entre les fournisseurs de services locaux permettant d'identifier d'autres voies d'acheminement possibles et de renforcer les composants physiques du réseau peuvent également contribuer à la résilience et à la stabilité globale du réseau sous-jacent.

- Adapter les besoins infrastructurels à la demande locale de services et de dispositifs: étant donné que différents groupes d'utilisateurs peuvent avoir différentes demandes en matière de services d'infrastructure en nuage, il convient d'adapter le développement de l'infrastructure aux besoins de ces groupes spécifiques. Ainsi, les utilisateurs qui accèdent au réseau exclusivement via leurs appareils mobiles ont des exigences de priorité et de capacité différentes de ceux qui opèrent principalement à partir de dispositifs connectés à des réseaux large bande filaires. De la même manière, les consommateurs de messages texte n'ont pas besoin des performances requises pour les applications de vidéo ou de voix, grosses consommatrices de bande passante. Les plans de développement de l'infrastructure doivent tenir compte des différents types de services et de dispositifs prisés par les utilisateurs ciblés et leur accorder la priorité tout en laissant la possibilité à ces utilisateurs d'explorer d'autres services et d'autres options de connectivité.
- Promouvoir l'utilisation de l'infrastructure en continu ainsi que les procédures de test tout au long de la phase de mise en place: au fur et à mesure du développement et de la mise en oeuvre de nouveaux composants de l'infrastructure en nuage, il est important que les utilisateurs et les fournisseurs testent régulièrement la nouvelle infrastructure et expriment leur opinion sur sa facilité d'utilisation, sa qualité de service et sa fiabilité. Cette approche permettra de tenir compte des besoins et des préoccupations des utilisateurs et des fournisseurs au cours de la phase de développement. Elle contribuera également à créer une demande pour l'infrastructure pendant sa mise en place et donnera l'occasion aux utilisateurs de s'adapter aux services en nuage et de commencer à en explorer les avantages potentiels dès le début du processus de développement, ce qui devrait faciliter son adoption.
- Prévoir suffisamment de flexibilité pour la mise à jour ultérieure de l'infrastructure: l'émergence de technologies innovantes et le développement de nouveaux services et de nouvelles fonctions entraînent une évolution rapide de l'informatique en nuage. Il est impossible de prédire avec exactitude à quoi celle-ci ressemblera dans une dizaine d'années, mais il est souhaitable que les investissements requis pour la prise en charge de l'infrastructure aient une durée de vie supérieure à cette période.

Par conséquent, l'infrastructure en nuage devra, dans la mesure du possible, autoriser d'éventuels ajustements, mises à jour et reconfigurations futurs. Cette exigence pourra prendre plusieurs formes: fourniture d'une capacité de trafic supérieure à celle requise dans l'immédiat, intégration de moyens automatisés de mise à jour des composants de l'infrastructure de réseau ou planification de réévaluations régulières de l'adéquation de l'infrastructure existante aux besoins de ses utilisateurs. Cela pourra également impliquer l'examen et la mise à jour de l'infrastructure de la chaîne d'approvisionnement et de logistique afin qu'elle continue à répondre aux besoins du réseau et prenne en charge de nouvelles technologies et de nouveaux développements.

4.3.6 Modèles de coût et implications pour le développement d'une infrastructure locale d'informatique en nuage

L'infrastructure d'informatique en nuage est un investissement. Compte tenu des avantages économiques potentiels de ses services, il convient de concevoir les investissements à ce titre comme des financements destinés à la mise en place d'une plateforme de croissance économique, d'innovation et d'entrepreneuriat technologique pour l'avenir. Il n'est cependant pas nécessaire de consentir des investissements financiers initiaux massifs pour commencer à profiter des avantages des services en nuage. Au contraire, les initiatives de développement à faible coût d'une infrastructure de réseau locale, notamment la création de points d'échange Internet régionaux regroupant les fournisseurs de services d'une zone donnée, et l'assouplissement des restrictions relatives au spectre inutilisé pour élargir la connectivité hertzienne et mobile peuvent exercer un impact significatif et constituer un

bon point de départ pour évaluer les avantages potentiels d'un investissement plus important dans l'infrastructure.

Des partenariats locaux entre plusieurs organisations et organes décisionnels visant à partager les coûts de construction d'une infrastructure destinée à profiter ultérieurement à une population plus nombreuse sont les bienvenus pour contribuer à la prise en charge des coûts de développement. Les économies dont peuvent bénéficier les membres de partenariats locaux étroits et solides du fait de l'élimination des intermédiaires extérieurs et des coûts de transaction inutiles sont à l'origine du développement généralisé des points d'échange Internet en Europe et en Asie. La collaboration locale et les réseaux mobiles ont un rôle important à jouer dans l'allègement des coûts de développement de l'infrastructure en nuage et dans l'instauration d'une stratégie d'investissement progressif permettant de profiter de ses avantages pendant la phase développement. Au final, des investissements importants dans l'infrastructure en nuage seront sans doute nécessaires pour réaliser tout le potentiel de ces services, mais il s'agit probablement d'un but à long terme, à poursuivre une fois que les avantages, en termes d'efficacité et d'économies, de l'usage accru du nuage apparaîtront clairement.

4.4. Confiance

Les clients n'utiliseront qu'une technologie en laquelle ils ont confiance et l'informatique en nuage ne fait pas exception. L'informatique en nuage repose sur l'existence d'une relation de confiance entre les utilisateurs, les fournisseurs et les régulateurs. Comme les services en nuage nécessitent souvent le partage de ressources informatiques communes ainsi que le stockage et le traitement à distance des données et parfois d'informations sensibles ou personnelles, les utilisateurs doivent pouvoir être certains que leurs données sont aussi sécurisées et protégées que si elles étaient stockées dans leurs propres locaux, si ce n'est davantage. De la même manière, les décideurs doivent pouvoir être sûrs que le traitement des informations relatives aux citoyens respecte les lois et les politiques pertinentes de leur région, même en cas de transfert et de stockage des données à l'extérieur de leur juridiction. Enfin, les fournisseurs de services en nuage doivent être rassurés sur la stabilité des cadres politiques qui régissent le traitement et l'utilisation des données de leurs clients, sinon ils ne seront pas incités à les leur proposer. La création de relations de confiance entre ces trois groupes, au-delà des frontières juridictionnelles, des différences culturelles et des systèmes politiques, est cruciale pour la mise en place d'un environnement favorable aux services en nuage. Les décideurs, les fournisseurs et les clients ont tous un rôle important à jouer dans l'établissement de la confiance nécessaire à la viabilité de l'informatique en nuage et aux bénéfices que toutes les parties concernées peuvent en attendre. Les quatre principes suivants devront régir le développement de services d'informatique en nuage dignes de confiance:

- **Sécurité et protection:** les clients doivent être certains que leur contenu est protégé et à l'abri du piratage ainsi que de tout accès non autorisé. La sécurité est le fondement de toutes les activités entreprises dans le nuage. Les fournisseurs de services en nuage ont l'obligation de prendre des dispositions spécifiques pour sécuriser les informations de leurs clients. Ils doivent appliquer les contrôles de sécurité et les bonnes pratiques énoncés dans les normes internationales. Dans l'idéal, les prestataires de services en nuage devront respecter ces normes pour susciter la confiance de leurs clients.
- **Confidentialité et contrôle:** les clients qui déplacent leurs données dans le nuage ne doivent pas seulement être assurés que celles-ci sont à l'abri (sécurisées et protégées par le fournisseur de services), mais aussi pouvoir prendre connaissance des règles de confidentialité qui les régissent, notamment celles du prestataire. Les utilisateurs veulent savoir qui a accès à leurs données et à quel moment, et à quel emplacement celles-ci sont stockées. Ils veulent également savoir ce qui arrive à leurs données lorsqu'ils ont eux-mêmes quitté le service et s'ils peuvent les récupérer en cas de résiliation du service, etc. Dans l'idéal, les utilisateurs devraient pouvoir contrôler l'accès à leurs données et leur lieu de stockage, en détenir la propriété pour les récupérer à la résiliation du contrat. De plus, ils pourraient éventuellement exiger la suppression de leurs données par les fournisseurs de services. Par conséquent, il appartient aux décideurs d'adopter des lois sur

la confidentialité des données, comme c'est le cas dans de nombreux pays. Selon l'UIT, en 2015 82 pays avaient adopté une loi sur la confidentialité ou la protection des données. Mais les pays qui possèdent ce type de législation ne l'appliquent pas toujours efficacement. Il est également conseillé aux pays qui élaborent de nouvelles lois sur la confidentialité de les aligner le plus possible sur celles des autres nations. Cela permettrait aux fournisseurs de services en nuage de les respecter sans fragiliser leur modèle économique à mesure qu'ils s'implantent dans de nouveaux territoires.

- **Conformité:** les utilisateurs contraints de respecter les lois et les règlements en vigueur dans leur pays ou des normes internationales spécifiques doivent pouvoir le faire même s'ils utilisent un fournisseur de services en nuage. Dans ce cas, ce dernier devra éventuellement se conformer lui-même à certaines de ces politiques ou de ces normes, mais dans tous les cas, il lui faudra fournir au client la preuve attestant du respect de ses propres obligations. Les obligations de conformité ne sont pas transférables au fournisseur de services en nuage, car celui-ci n'est souvent qu'un simple maillon de la chaîne d'approvisionnement. Cependant, le fournisseur ne devrait en aucun cas édicter des règles empêchant ses clients de remplir leurs obligations de conformité.
- **Transparence:** la transparence est essentielle à la confiance. La transparence du fournisseur de services porte sur tous les aspects de la sécurité, de la confidentialité et de la conformité. Les utilisateurs, notamment les entreprises et les gouvernements, veulent savoir ce qu'il advient de leurs données. Ils sont informés de l'identité des personnes autorisées à y accéder dans différentes situations ainsi que des procédures de protection, de transfert et de suppression. Dans la mesure du possible, il appartient aux fournisseurs de répondre à une demande faite par un organisme en vertu de la loi pour obtenir des informations concernant des clients de s'adresser directement à ces derniers pour se procurer ces données.

4.4.1 Mécanismes politiques et réglementaires permettant d'accéder efficacement aux services d'informatique en nuage

- **Investir dans l'infrastructure informatique:** l'informatique en nuage requiert un accès au réseau fiable, ubiquitaire et financièrement abordable. Les décideurs doivent inciter le secteur privé à investir dans l'infrastructure large bande et mobile et adopter des lois favorisant l'accès universel à ces réseaux. Deux mécanismes encouragent l'investissement dans l'infrastructure: l'élaboration d'un plan national en matière de large bande et l'affectation de ressources publiques à l'amélioration et à l'élargissement de l'accès aux réseaux fixes et mobiles.
- **Encourager le libre-échange:** afin de maximiser ses avantages en termes d'efficacité et d'économie, l'informatique en nuage doit pouvoir transcender les frontières nationales. Son potentiel de croissance économique dépend d'un marché mondial qui supprime les obstacles au libre-échange, notamment la préférence pour certains produits ou fournisseurs. Afin de faciliter le libre-échange, les décideurs peuvent élaborer des régimes et des règles de marchés publics qui éliminent les obstacles à la circulation transfrontalière des données, notamment les exigences et les préférences nationales pour certains produits, et devenir signataires de l'accord sur les marchés publics de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC).
- **Encourager l'interopérabilité et l'harmonisation internationale des règlements:** la fluidité de la circulation des données dans le monde, par ex. entre différents fournisseurs de services en nuage et centres de données, est un facteur essentiel de concrétisation de la valeur économique des informations. Elle requiert de promouvoir l'ouverture et l'interopérabilité. Les gouvernements doivent adopter les normes du secteur de l'informatique en nuage, notamment en tenant compte des normes pertinentes reconnues par la CE 13 de l'UIT-T, et aider à en accélérer l'élaboration le cas échéant, tout en évitant d'imposer des obligations légales contradictoires aux fournisseurs. Grâce à la promotion de normes issues de processus internationaux volontaires menés sous l'égide du secteur, les décideurs pourront contribuer à l'existence de services en nuage mondiaux fiables.

- **Protéger la propriété intellectuelle:** la protection des brevets, des droits d'auteur, des secrets professionnels et d'autres formes de propriété intellectuelle sous-jacentes au nuage ou utilisées dans des applications et des contenus partagés dans les services en nuage est nécessaire pour encourager l'innovation, les avancées technologiques et l'investissement. Afin de protéger la propriété intellectuelle, les décideurs peuvent adopter des lois très favorables à l'investissement, qui assurent une protection claire contre l'appropriation frauduleuse et les infractions conformément au traité sur les droits d'auteur de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle, et qui sont appliquées avec vigueur.
- **Lutter contre la cybercriminalité:** les décideurs doivent veiller à ce que les systèmes juridiques proposent un mécanisme efficace d'application de la loi qui permette également aux fournisseurs de services en nuage eux-mêmes de se défendre contre l'accès non autorisé aux données stockées dans le nuage et de régler les délits extraterritoriaux dans le respect de l'état de droit. Les décideurs peuvent notamment contribuer à la lutte contre la cybercriminalité en édictant des lois conformes à la Convention de Budapest sur la cybercriminalité (p. ex., législation exhaustive sur la criminalité informatique).
- **Promouvoir la sécurité:** les utilisateurs doivent être certains que leurs données sont sécurisées lors de l'exécution d'applications dans le nuage, et pendant leur stockage et leur transit vers/ depuis le nuage. Compte tenu de la rapide évolution des technologies de sécurité, les fournisseurs de services en nuage doivent pouvoir appliquer des solutions de cybersécurité de pointe sans se voir imposer des technologies spécifiques. Les décideurs peuvent aider à sécuriser les services en nuage en instaurant des lois claires et technologiquement neutres sur la signature électronique, ainsi que des obligations d'audits généraux de sécurité applicables à l'hébergement des données numériques.
- **Garantir la confidentialité des données:** le succès et l'adoption de l'informatique en nuage dépendent de la conviction des utilisateurs que leurs informations ne seront ni utilisées ni divulguées de manière inattendue. Dans le même temps, afin de maximiser les avantages du nuage, les fournisseurs doivent pouvoir y déplacer librement les données de la manière la plus efficace possible. Pour éviter les conflits entre ces deux objectifs, les décideurs peuvent promouvoir des politiques basées sur des principes de confidentialité internationaux tels que les Lignes directrices de l'Organisation pour la Coopération et le Développement Économiques et les Principes de la Coopération économique de la zone Asie-Pacifique (APEC), ainsi que des directives raisonnables en matière de notification des violations de la confidentialité.

4.4.2 Transparence

Le fait que les utilisateurs connaissent la nature des données collectées à leur sujet et les modalités de leur utilisation joue un rôle essentiel dans l'adoption de services en nuage dignes de confiance. A cette fin, plusieurs directives importantes régissent l'élaboration d'un cadre de transparence grâce auquel les utilisateurs savent qu'ils peuvent accorder leur confiance aux services en nuage qu'ils adoptent et connaissent les modalités d'utilisation de leur contenu.

- **S'abstenir de répondre aux demandes impropres ou par trop générales des autorités chargées de l'application de la loi:** dans la mesure du possible, les fournisseurs de services en nuage doivent informer leurs clients des demandes les concernant (ou rediriger celles-ci vers les clients eux-mêmes), de la communication de leurs données et de l'identité du demandeur. La méfiance à l'égard de l'opacité perçue de ce processus risque de détourner les utilisateurs des services en nuage, les privant ainsi, eux et leur communauté, des avantages potentiels de ces services en termes économiques et d'innovation.
- **Fournir aux clients des informations sur le lieu de stockage et de traitement de leurs données:** les utilisateurs du nuage doivent être pleinement informés du lieu où se trouvent leurs données et des modalités de leur traitement afin d'être au courant des différents régimes juridiques susceptibles de les régir ainsi que des possibilités d'accès licite par d'autres parties pendant la transmission, le stockage et le traitement.

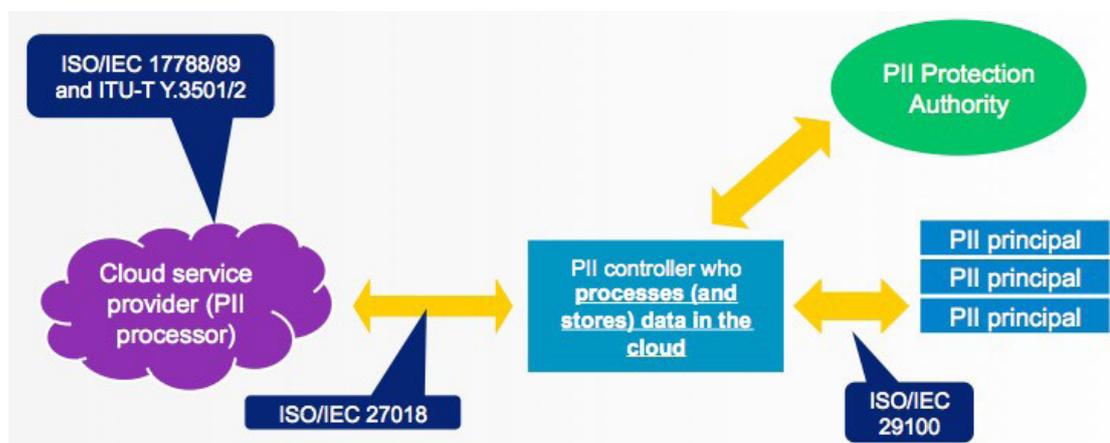
- **Publier des rapports complets sur la transparence:** grâce aux rapports sur la transparence précisant les méthodes et les dates d'accès aux données des services en nuage, les clients sont assurés de connaître les tentatives d'accès licites et d'en être tenus informés par leur fournisseur. Cette communication ouverte entre fournisseurs et utilisateurs est essentielle pour maintenir la confiance entre eux.

4.4.3 Normes

Les fournisseurs de services en nuage et leurs clients doivent être en mesure de respecter les lois, les règlements et les principales normes internationales applicables. Des audits réguliers confiés à des tiers indépendants peuvent faciliter la certification de la conformité aux normes sectorielles et instaurer la confiance entre utilisateurs, fournisseurs et régulateurs. Les principales normes internationales régissant la protection des informations d'identification personnelles dans le nuage sont les suivantes:

- **ISO/CEI 17788/89 et UIT-T Y.3501/2:** cadre, définitions et architecture de référence de l'informatique en nuage publiés conjointement par l'ISO/CEI, JTC-1 et UIT-T.
- **ISO/CEI 27018:** basée sur ISO/CEI 27000, la norme internationale en matière de sécurité informatique universellement reconnue, ISO/CEI 27018 fournit des orientations spécifiques en matière de protection des informations d'identification personnelles par les fournisseurs de services en nuage chargés de leur traitement.
- **ISO/CEI 29100:** cadre de confidentialité énonçant les conditions et les considérations normatives internationales relatives aux informations d'identification personnelles.
- Ajout des normes pertinentes reconnues par la CE 13 de l'UIT-T.

Figure 2: Normes



5 CHAPITRE 5 – Enseignements tirés

Bien que l'informatique en nuage gagne en maturité, en acceptation et en déploiement dans le monde, le stade d'adoption de ces technologies et leurs modalités de prise en charge varient selon les pays. Outre les organisations commerciales, les pouvoirs publics de nombreuses nations tirent parti des avantages de l'informatique en nuage. La diversité de leurs expériences et des résultats obtenus livre plusieurs enseignements quant aux mérites comparés de différentes approches réglementaires. La Commission d'Études 13 de l'UIT-T a réalisé une enquête¹¹ sur les différents scénarios relatifs à l'informatique en nuage dans les pays en développement.

5.1 Australie

En 2014, le Gouvernement australien a lui aussi adopté une politique privilégiant le nuage¹² similaire à celle des États-Unis et du Royaume-Uni. Dans ce cadre, il a publié un document de politique formel sur l'informatique en nuage afin d'aider les agences gouvernementales à administrer, mettre en oeuvre et acquérir des services en nuage et de fournir des orientations sur le respect des exigences en matière de confidentialité et de sécurité. L'adoption de cette politique a été motivée par la volonté d'abaisser les coûts, de réduire les émissions de carbone, d'améliorer la sécurité et d'augmenter la productivité, entre autres exemples des multiples avantages que les organisations des secteurs public et privé sont en droit d'attendre des services en nuage.

Comme les États-Unis et le Royaume-Uni, l'Australie a également pris plusieurs mesures concrètes afin de faciliter l'acquisition de technologies en nuage par les agents de la fonction publique, notamment la modification du processus de double approbation préexistant que devaient respecter les administrations désireuses de délocaliser leur infrastructure informatique en nuage dans un autre pays. Afin d'encourager l'adoption du nuage, les pouvoirs publics australiens ont décidé que l'approbation d'un seul directeur suffirait, ce qui a éliminé un obstacle bureaucratique majeur au déploiement du nuage.

5.2 Bhoutan

A la mi-2013, le Premier ministre du Bhoutan a décidé de transformer les modes d'activité économique du gouvernement et a chargé le Département des technologies de l'information et des télécommunications d'élaborer une stratégie pour passer d'ici un an à une plateforme sans papier. Cet objectif ambitieux fixé par le premier ministre ne pouvait être atteint que si le gouvernement adoptait une solution d'informatique en nuage car il serait impossible d'élaborer et de mettre en place une solution locale en un espace de temps aussi court. En outre, les plates-formes de communications électroniques dont disposaient la plupart des organismes publics à l'époque n'étaient pas fiables, étaient victimes régulièrement de pirates informatiques, de virus et de spam, d'où une certaine frustration chez les utilisateurs. Le département a rapidement analysé la situation et proposé une solution au gouvernement consistant à adopter une plate-forme d'informatique en nuage disponible sur le marché. L'adoption de la stratégie visant à transformer les modes d'activité économique du secteur public était simple et les avantages des solutions d'informatique en nuage laissaient penser que la mise en oeuvre serait tout aussi simple mais un certain nombre de problèmes non visibles au départ sont apparus:

- La résistance au changement, y compris celles des entités politiques qui ont avancé des arguments comme la souveraineté des données.
- La résistance des utilisateurs à adopter une nouvelle méthode de travail retardant le démarrage du projet. Le changement doit être géré.

¹¹ SG1RGQ/262, Note de liaison de la CE 13 de l'UIT-T aux responsables de la Question 3/1 (CE 1 de l'UIT-D) concernant les résultats du questionnaire sur les scénarios d'informatique en nuage dans les pays en développement.

¹² <http://www.finance.gov.au/Cloud/>.

- L'absence de cohérence dans la disponibilité de largeur de bande Internet au niveau des différents organismes a une influence négative sur l'expérience de l'utilisateur.

L'informatique en nuage peut apporter de gros avantages aux pays en développement qui ainsi pourraient sauter des étapes et contourner un grand nombre des obstacles qui freinent l'utilisation des TIC au service du développement. Le Bhoutan a réussi à éviter un bon nombre d'écueils et à mettre en place en l'espace de quelques mois un système de collaboration moderne en ligne au niveau de l'Etat. Il reste quelques problèmes politiques à résoudre comme celui de la souveraineté des données avant que pays en développement et pays développés puissent exploiter pleinement le potentiel de l'informatique en nuage.

5.3 Burkina Faso

Le Burkina Faso a mis en oeuvre un environnement en nuage dans un centre de données public dans le but de répondre aux besoins de diverses administrations et des citoyens.

Cette initiative vise clairement l'optimisation et la réduction des coûts puisque de nombreuses entités publiques utiliseront une infrastructure partagée. Cette dernière confèrera également aux pouvoirs publics la souplesse et la flexibilité nécessaires pour traiter les projets urgents. Ce projet atteindra ses objectifs lorsque les cinq principaux piliers de l'informatique en nuage (accès universel via le réseau, service mesuré, architecture multilocataires, libre-service à la demande, élasticité et évolutivité rapide) seront effectivement mis en oeuvre au-delà du centre de données commun, qui constitue déjà un progrès majeur.

5.4 République populaire de Chine

La plate-forme chinoise d'administration électronique utilise l'informatique en nuage pour réduire les investissements récurrents et permettre le développement intensif de ce type d'administration. La technologie des mégadonnées promeut l'application intelligente des services d'administration électronique. La Chine a également réalisé quelques progrès et acquis de l'expérience en matière d'application des technologies de l'informatique en nuage au tourisme intelligent grâce aux réseaux de télécommunications. L'industrie chinoise du tourisme est relativement récente et son niveau informatique global demeure basique. En cette ère nouvelle où les technologies de l'information et de la communication évoluent rapidement, la voie à suivre pour promouvoir le tourisme à l'aide des TIC et mettre pleinement en oeuvre le tourisme intelligent constitue un défi majeur pour le secteur chinois du tourisme. Les technologies de l'informatique en nuage permettent aux utilisateurs d'accéder, où qu'ils se trouvent, à diverses applications et à divers services grâce à des terminaux. Elles sont donc bien adaptées au style de voyage dit « personnalisé » caractérisé par un grand nombre de touristes ayant eux-mêmes organisé leur séjour dans des régions géographiquement dispersées. Tous les services que ces voyageurs requièrent sont accessibles par le biais de « nuages de services de voyage », quels que soient l'endroit où ils se trouvent ou les ressources d'information disponibles à la destination souhaitée.

Il serait ainsi possible de simplifier l'accès aux applications et de réduire les exigences en matière de terminaux des utilisateurs. Ces derniers pourraient accéder à de puissantes ressources informatiques, de stockage et d'applications à l'aide de divers terminaux intelligents, ce qui serait susceptible d'améliorer considérablement leur expérience et de rendre leur séjour agréable et gratifiant. La large disponibilité de services d'informations de voyage basés sur le nuage diminue non seulement les investissements dans les logiciels et les matériels mais aussi la consommation de ressources consacrées à la gestion des informations et à la prestation des services, ce qui permet aux voyageurs de tailles petite et moyenne de se concentrer sur leurs services de base.

La Chine a aussi utilisé l'informatique en nuage pour des initiatives relatives aux villes intelligentes. Puisque la construction de villes intelligentes entraîne une forte demande en matière de stockage des données, des volumes massifs de demandes d'informations de la part du public, la nécessité d'une

gestion intégrée de systèmes multiples et le partage d'informations entre de multiples utilisateurs, le modèle traditionnel utilisant un seul ordinateur ou un seul réseau ne permet pas de répondre à ces besoins. L'informatique en nuage permet l'attribution dynamique des ressources informatiques, ainsi que le stockage et le partage de quantités considérables d'informations, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour le développement des villes intelligentes. L'informatique en nuage est beaucoup utilisée pour la gestion du trafic, la création de plates-formes médicales ou de plates-formes d'enseignement au service des communautés intelligentes. La Chine a constaté que l'informatique en nuage permettait de fournir des plates-formes harmonisées et efficaces, de gérer de façon très efficace l'attribution des ressources/des services, et de mieux gérer les contrôles de sécurité. Selon la Chine: « L'informatique en nuage est non seulement la clé de la construction de villes intelligentes, mais aussi le fondement de leur 'intelligence' ».

5.5 Inde

Certains Etats indiens ont élaboré des approches similaires d'utilisation du nuage consistant à recourir à un centre de données développé par les pouvoirs publics et leur appartenant pour exécuter les services destinés à la population. Ces approches se centrent sur la mise en place d'une infrastructure capable de soutenir les services en nuage et de fournir aux entreprises locales et aux entités du secteur public l'espace de stockage et les serveurs nécessaires au développement de technologies basées sur le nuage.

En 2006, le Gouvernement indien a approuvé un Programme national de cybergouvernance afin de mettre en oeuvre différents projets visant à réaliser l'accès universel à tous les services publics grâce à des centres communs de prestation de services et à assurer l'efficacité, la transparence et la fiabilité de services d'un coût abordable afin de répondre aux besoins fondamentaux de l'ensemble de la population. Conformément à cette décision, plusieurs administrations et Etats indiens ont commencé à renforcer leurs infrastructures informatiques ou à en mettre en place de nouvelles. L'Etat du Maharashtra s'est appuyé sur le concept de l'informatique en nuage. L'infrastructure en nuage a été mise sur pied par le Département de l'informatique du Gouvernement de l'Etat du Maharashtra qui est l'autorité compétente en la matière. Le projet, dénommé MahaGov Cloud, un nuage privé détenu par le gouvernement, a pour objet de fournir des services d'infrastructure (infrastructure en tant que service ou IaaS), des services de plate-forme (plate-forme en tant que service ou PaaS) et des services logiciels (logiciel en tant que service ou SaaS) en nuage à différentes administrations du Gouvernement de l'Etat. Le projet a progressivement transformé la façon dont les services informatiques sont fournis.

A l'heure actuelle, le MahaGov Cloud a été mis en oeuvre dans le centre de données de l'Etat du Maharashtra et est utilisé activement par les administrations pour l'hébergement de leurs sites web et de leurs applications. L'introduction de l'infrastructure en nuage a créé au sein de cet Etat une synergie dans le domaine de la cybergouvernance et les services peuvent désormais être lancés plus rapidement et plus efficacement. La période d'incubation des projets de cybergouvernance, qui était très longue en raison de la complexité des processus d'achat, a diminué. Les départements qui consacraient auparavant beaucoup de temps et d'énergie au processus d'achat et à la détermination de l'ampleur de l'infrastructure TIC peuvent désormais se concentrer pleinement sur les services qu'elles offrent aux habitants. Le Gouvernement indien a également lancé le projet « Megh raj » dans le domaine de l'informatique en nuage pour l'ensemble des activités de cybergouvernance du pays.

Cependant, celle-ci entrave l'accès des administrations à des technologies dont l'infrastructure en place ne dispose pas.

5.6 République de Corée

En octobre 2013, le Ministère coréen des sciences, des TIC et de la planification (MISP) a proposé une loi sur le développement de l'informatique en nuage et la protection de ses utilisateurs (« loi sur

le développement de l'informatique en nuage ») qui vise à faciliter l'utilisation de l'informatique en nuage par les institutions publiques, à promouvoir le secteur de l'informatique en nuage et à mettre en place un environnement utilisateur sûr. A l'issue de procédures d'examen approfondies comportant notamment des audiences publiques et des réunions des parties prenantes, la loi a été adoptée en mars 2015 par l'assemblée nationale et est entrée en vigueur en septembre 2015. Elle comporte quatre axes principaux: « dispositions générales », « création d'une base pour le développement de l'informatique en nuage », « facilitation de l'utilisation des services en nuage » et « amélioration de la fiabilité des services en nuage et de la protection des utilisateurs ».

Cette loi a pour objectif majeur et prioritaire la promotion de l'introduction de l'informatique en nuage dans le secteur public. Pour l'atteindre, les organes de l'Etat et d'autres autorités publiques s'efforceront d'introduire l'informatique en nuage dans leur système logiciel, le directeur de chaque organe de l'Etat ou autre autorité publique soumettra au moins une fois par an les prévisions de la demande en projets d'informatique en nuage manifestée par les entités affiliées au MSIP et le gouvernement encouragera les institutions publiques à utiliser pour leurs processus de travail les services dispensés par des prestataires d'informatique en nuage. La loi coréenne sur le développement de l'informatique en nuage devrait fonder solidement le développement de l'infrastructure en nuage qui constituera une composante clé de l'innovation et de la convergence rendant possible la mise en place dans le pays d'une économie créative et d'une société orientée logiciels grâce à l'utilisation élargie du nuage dans le secteur public, à la promotion du secteur de l'informatique en nuage et à la mise en place d'un environnement utilisateur sûr. Elle devrait également créer de nouvelles opportunités de mise en place de services de convergence basés sur le nuage dans divers secteurs d'activité, notamment la finance, la santé, l'éducation et la sécurité.

5.7 Singapour

Singapour met actuellement en place un écosystème du nuage, sous la direction de l'Autorité de Développement des Infocommunications de Singapour (IDA), en collaboration avec les acteurs du secteur privé et à l'aide d'un cadre politique solide. Deux objectifs ont été définis pour le nuage: le renforcement de la compétitivité économique globale de Singapour en catalysant la demande et l'adoption de l'informatique en nuage dans des secteurs verticaux clés d'une part, et l'intensification du dynamisme du secteur des TIC grâce au développement d'un écosystème du nuage. Le nuage du Gouvernement de Singapour (« G-Cloud ») vise à fournir une infrastructure de nuage à l'ensemble du secteur public. La stratégie met l'accent sur la flexibilité et l'exploitation des avantages des modèles de nuage existants. Le recours aux offres d'informatique en nuage publique du commerce permet d'abaisser les coûts des ressources informatiques. Par exemple, le système iCONnect du Ministère de l'Éducation est une messagerie électronique destinée aux enseignants bâtie sur un nuage public. De la même manière, pour mieux répondre aux besoins de la plupart des administrations en matière de sécurité et de gouvernance, un G-Cloud privé a également été mis en oeuvre.

Outre les actions menées en collaboration avec d'autres administrations pour attirer les acteurs de l'informatique en nuage à Singapour, l'IDA a lancé en octobre 2011 le programme SEP (SaaS Enablement Programme) afin de financer des projets de mise en oeuvre de l'approche « logiciel en tant que service » (SaaS) dans des secteurs verticaux spécifiques du pays. Le SEP a un triple objectif: abaisser les barrières à l'entrée pour les fournisseurs de logiciels traditionnels souhaitant prendre en charge l'approche SaaS, accélérer le processus de prise en charge de l'approche SaaS et mettre à niveau la capacité des fournisseurs de logiciels à prendre en charge l'approche SaaS. Les candidats dont le projet est accepté peuvent prétendre à une participation aux coûts ouvrant droit à financement plafonnée à 30 pour cent du total de ces coûts ou à 50 000 dollars. Depuis son lancement, 20 bénéficiaires des secteurs du bâtiment, de la mécanique de précision, de l'industrie manufacturière et de la santé ont bénéficié d'une aide à la prise en charge de l'approche « logiciel en tant que service ».

Les changements réglementaires liés à l'adoption et à l'utilisation des technologies en nuage ont également eu des répercussions sur un grand nombre de secteurs réglementés tels que les services financiers. Les banques centrales de nombreux pays envisagent de réviser les politiques et les

réglementations nationales en matière d'externalisation applicables aux banques pour tenir compte de l'informatique en nuage. Ces entreprises fortement réglementées ont souvent davantage de difficulté que d'autres entités du secteur privé à adopter rapidement les nouvelles technologies et les innovations. Les changements et les incitations réglementaires leur sont donc particulièrement utiles. De la même manière, l'évolution des processus de marchés publics aura probablement des conséquences particulièrement significatives sur les secteurs qui traitent directement avec les régulateurs.

Lorsqu'un gouvernement adopte une approche consistant à mettre en place sa propre infrastructure d'informatique en nuage, cela risque d'entraver l'accès des administrations aux technologies dont l'infrastructure mise en place ne dispose pas. Elle contraint également le gouvernement à exploiter une infrastructure en nuage complexe, ce qui ne relève pas nécessairement de sa mission principale. Enfin, du point de vue de la sécurité informatique, si une infrastructure commune est théoriquement plus sûre qu'une galaxie de centres de données distincts, elle pousse les pouvoirs publics à appliquer des pratiques de sécurité de pointe car elle devient alors un point de défaillance isolé et une cible naturelle pour les cyberattaques malveillantes.

5.8 Royaume-Uni

Le Royaume-Uni a élaboré une politique donnant la priorité au nuage (« Cloud First ») dans le secteur public,¹³ qui contraint l'Etat à faire du nuage son principal mécanisme d'utilisation de l'informatique ou de fourniture de services aux citoyens. Cette politique impose au gouvernement central britannique de se tourner en priorité vers le nuage lorsqu'il envisage d'acquérir et de fournir de nouveaux services. Afin de faciliter l'acquisition et la sélection par les entités publiques d'options basées sur le nuage, les autorités ont instauré un marché numérique baptisé G-Cloud.¹⁴ Selon sa responsable Mme Denise McDonagh, ce programme a permis au secteur public de réduire de manière considérable le budget des services informatiques. Le Royaume-Uni a également révisé la politique relative à la classification des informations et des données afin de déployer les technologies en nuage sans déroger aux exigences nationales en matière de sécurité.

L'adoption d'une politique d'achats publics délibérément favorable au nuage conjuguée simultanément à la révision de la classification des données et des politiques de sécurité afin de généraliser le déploiement du nuage a doté le pays d'un cadre réglementaire pourvu d'orientations claires et d'une flexibilité suffisante pour inciter les décideurs à privilégier les services en nuage, dans le double but d'améliorer l'efficacité des pouvoirs publics et de montrer l'exemple au secteur privé. Comme les décisions d'achats de l'Etat pilotent souvent la conception et le développement de produits et de services par les entreprises privées, l'impact national des choix du Gouvernement britannique dépasse largement les confins du secteur public.

5.9 Etats-Unis d'Amérique

En 2011, le Directeur informatique du Gouvernement des Etats-Unis a lui aussi publié une politique donnant la priorité au nuage¹⁵ dans le but de réduire les dépenses informatiques publiques de 75 pour cent. Il a justifié l'instauration de cette politique en ces termes: « *Pour tirer parti des avantages de l'informatique en nuage, nous avons instauré une politique privilégiant le nuage. Cette politique, qui a pour but d'accélérer le rythme auquel le gouvernement récoltera les bénéfices de l'informatique en nuage, demande aux différentes entités publiques d'examiner des options d'informatique en nuage sûres et sécurisées avant d'effectuer de nouveaux investissements* ».

Cette approche similaire au cadre britannique présente un double avantage: améliorer l'efficacité des pouvoirs publics et réaliser des économies tout en incitant le secteur privé à innover et en promouvant l'adoption de bonnes pratiques en matière de sécurité. Les Etats étant des clients majeurs

¹³ <https://www.gov.uk/government/news/government-adopts-Cloud-first-policy-for-public-sector-it>.

¹⁴ <https://digitalmarketplace.blog.gov.uk/>.

¹⁵ <https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/digital-strategy/federal-cloud-computing-strategy.pdf>.

de nombreuses entreprises technologiques, les décisions du secteur public en matière de dépenses informatiques prioritaires exercent une influence importante sur le secteur privé également. Aux Etats-Unis comme au Royaume-Uni, la reconnaissance par les pouvoirs publics que les mesures de sécurité en vigueur dans le nuage sont aussi bonnes, voire meilleures, que celles protégeant les données stockées localement a constitué un élément déterminant en faveur de l'adoption du nuage et contribué à augmenter le volume d'économies, à stimuler l'innovation et à favoriser la confiance du public dans le nuage.

6 CHAPITRE 6 – La voie à suivre

L'informatique en nuage se situe au coeur des technologies qui ont rendu possible la quatrième révolution industrielle que nous connaissons actuellement. L'informatique en nuage a atteint un niveau de maturité, d'acceptation et d'utilisation favorable à la création d'un environnement propice à l'adoption de politiques en faveur du nuage quel que soit le gouvernement. Ce rapport traite de la question de la libération de la puissance et du potentiel de l'informatique en nuage et s'efforce d'y répondre. Un cadre a été défini pour examiner quatre défis importants qu'il faudra relever pour faciliter le développement du nuage dans n'importe quel pays (**Compétences, Innovation, Infrastructure et Confiance**). Ce sont les quatre piliers qui devraient permettre d'exploiter les opportunités offertes par le nuage et de relever les défis fondamentaux qu'il soulève.

Par conséquent, pour les gouvernements qui souhaitent tirer parti des avantages de l'informatique en nuage pour eux-mêmes mais aussi pour leurs entreprises et leurs innovateurs, en termes de rentabilité, de réduction des coûts, d'innovation, etc., la Commission d'études suggère les lignes directrices suivantes, la principale étant l'adoption d'une politique donnant la priorité à l'informatique en nuage.

Dans une politique donnant la priorité à l'informatique en nuage, l'informatique en nuage est considérée comme une plate-forme technologique qui est évidente pour le pays et qui constitue une opportunité. Elle offrira un cadre qui permettra au pays d'envisager les problèmes et les obstacles comme des opportunités en matière de développement et de politique.

Par exemple, ce type de politique marque la préférence qu'accordent les pouvoirs publics à l'informatique en nuage pour acquérir une quelconque technologie et fournir un quelconque service faisant appel aux TIC à leurs administrés utilisant ces technologies. Il envoie également au secteur privé un message fort quant à l'intérêt de ces services et à la confiance que le public leur accorde, qui l'incite lui aussi à adopter l'informatique en nuage et à y recourir pour ses activités de développement et d'innovation.

Les politiques privilégiant l'informatique en nuage ne contraignent pas les autorités à utiliser le nuage public comme unique moyen de consommation des TIC. En revanche, elles donnent la priorité aux solutions d'informatique en nuage et incitent à réformer les processus bureaucratiques bien établis susceptibles d'entraver l'adoption de technologies plus efficaces, plus écologiques et plus sûres.

Outre l'adoption d'une politique donnant la priorité à l'informatique en nuage, les autres recommandations à l'intention des Etats envisageant de déployer le nuage sont les suivantes:

- Définir une politique d'achats demandant aux entités publiques d'utiliser le nuage et d'acquérir des services en nuage, de préférence; réviser les politiques existantes en matière de marchés publics afin de privilégier le nuage. Malheureusement, les politiques de marchés publics de nombreux pays n'autorisent pas l'acquisition de services en nuage même en l'absence d'autres obstacles et même si l'entité concernée souhaite y recourir. Par exemple, de nombreuses politiques en matière de marchés publics interdisent le paiement à l'utilisation ou à la demande et lui préfèrent des coûts fixes d'octroi de licences matérielles et logicielles. Il en va de même pour les audits d'achats qui exigent le contrôle des actifs physiques et/ou des licences plutôt que de la consommation informatique.
- Elaborer un ensemble de politiques en matière de sécurité et de confidentialité désignant l'informatique en nuage comme principal mécanisme de prestation de services. Par exemple, définir une politique de classification des informations et des données donnant aux administrations les moyens d'adopter l'informatique en nuage. La classification des informations les aidera à classer leurs données puis à appliquer des contrôles de sécurité subordonnés au niveau de classification. L'expérience britannique constitue un excellent modèle de bonnes pratiques pouvant servir de référence à d'autres pays.
- Elaborer des lignes directrices et des recommandations en matière d'architecture permettant aux administrations d'adopter l'informatique en nuage. Conjointement à la classification des

informations, ces lignes directrices les aideront à choisir les modèles de déploiement de l'informatique en nuage les mieux adaptés: nuage public, nuage privé ou nuage hybride.

- Lorsque les scénarios d'affaires exigent le recours à des centres de données étatiques, élaborer des stratégies pour consolider les centres de données publics et les investissements dans des centres de données en plus petits lots, de manière à réduire les dépenses publiques tout en augmentant le partage entre les entités publiques et en améliorant la gestion et la sécurité.
- Imposer les mêmes règles à tous les prestataires de services en nuage, indépendamment du lieu de stockage des données et des propriétaires de l'infrastructure (secteur public ou privé), afin que les pouvoirs publics puissent acquérir des services en nuage fiables, sûrs et ré pondant à leurs besoins. Par exemple, le gouvernement pourra demander au prestataire de services en nuage de respecter des normes internationales reconnues telles que celles définies par l'UIT, l'ISO, etc.

Une politique privilégiant l'informatique en nuage permet aussi d'examiner les quatre principaux problèmes soulevés dans le présent rapport, à savoir l'infrastructure, la confiance, l'innovation et les compétences.

La large bande est le principal élément infrastructurel requis par l'utilisation de l'informatique en nuage puisque celle-ci accède le plus souvent à l'infrastructure back-end via Internet. Nous invitons donc les décideurs et les régulateurs à continuer à élaborer des politiques et des règlements favorables au développement de la large bande. Nous encourageons l'UIT à élaborer un Indice de l'état de préparation au nuage indiquant à toutes les parties prenantes la mesure dans laquelle l'infrastructure de chaque pays est prête à utiliser le nuage à grande échelle. Cet indice aidera également les décideurs et les investisseurs à prendre des décisions en matière de politique et d'investissements favorables au développement de l'écosystème du nuage. Les avantages de l'élaboration de ce type d'écosystème concernent tous les secteurs d'activité et vont d'un impact positif en matière d'énergie et de durabilité à l'amélioration de la sécurité en ligne des données sensibles et à la multiplication des opportunités d'innovation et de développement des petites entreprises.

L'établissement d'un système de confiance stable et ouvert permettant aux utilisateurs, aux gouvernements et aux fournisseurs de services de collaborer et de promouvoir l'usage de l'informatique en nuage constitue un autre élément essentiel. Sans une base solide de confiance, il est impossible de réaliser les gains d'efficacité et les économies rendus possibles par l'informatique en nuage parce que les clients, les organisations, les citoyens et les pouvoirs publics hésiteront à transférer leurs opérations et leurs interactions sur le nuage. Nous avons proposé un cadre à ces fins et formulé des recommandations spécifiques à l'intention des décideurs chargés de l'élaborer.

Pour que les particuliers et les entreprises profitent des avantages de l'infrastructure en nuage, il est essentiel que les décideurs leur donnent la possibilité d'acquérir les compétences techniques pertinentes. La formation de personnes capables d'exploiter les opportunités de l'informatique en nuage devrait être la première priorité des régulateurs pour l'avenir. Ces efforts devraient inclure à la fois des programmes de formation traditionnelle en face-à-face et des initiatives de formation à distance et en ligne accessibles à des personnes n'appartenant pas aux populations type d'étudiants.

Enfin, nous pensons que les Etats ont la possibilité de donner l'exemple en se servant du nuage pour fournir des services efficaces et efficaces à leurs administrés. Nous sommes convaincus que l'informatique en nuage est l'approche la plus efficace pour ce faire puisqu'elle leur permettra de réduire les coûts, de faire preuve de souplesse et d'agilité et d'innover au service de leurs citoyens. En adoptant les technologies du nuage et en encourageant d'autres à faire de même, en permettant aux étudiants et aux professionnels à mi carrière d'acquérir les compétences nécessaires pour exploiter ces technologies, en construisant l'infrastructure de réseau nécessaire et en réduisant les obstacles réglementaires au développement et à la croissance des innovations faisant appel à des technologies de pointe, les décideurs peuvent jeter les bases d'un avenir plus durable et plus prospère.

Abbreviations and acronyms

Various abbreviations and acronyms are used through the document, they are provided here for simplicity.

Abbreviation/acronym	Description
AI	Artificial Intelligence
CAGR	Consolidated Annual Growth Rate
CAPEX	CAPital Expenditure
CEO	Chief Executive Officer
CLEER	Cloud Energy and Emissions Research Model
CSP	Cloud Service Provider
DBMS	Data Base Management System
DC	Data Center
HW	Hardware
IaaS	Infrastructure as a Service
ICT	Information and Communication Technology
IDC	International Data Corporation
IoT	Internet of Things
ISO	International Standards Organization
ISV	Independent Software Vendor
IT	Information Technology
ITU	International Telecommunication Union
IXP	Internet eXchange Point
JTC1	Joint technical Committee
MOOC	Massive Open Online Courses
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OPEX	Operational Expenditure
PaaS	Platform as a Service
PC	Personal Computer
PII	Personal Identifying Information
SaaS	Software as a Service
SG	Study Group
SW	Software

Abbreviation/acronym	Description
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development.
WTO	World Trade Organization

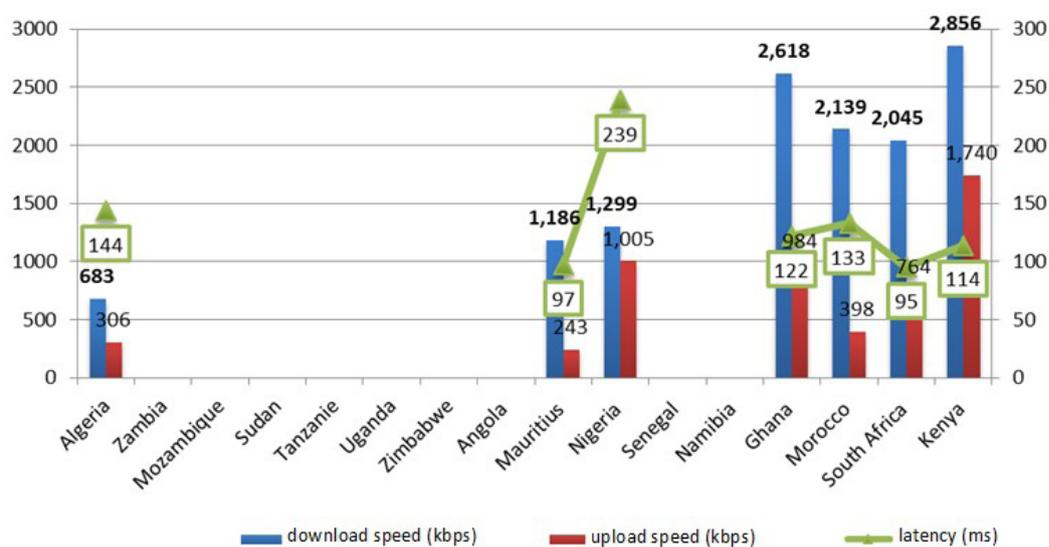
Annexes

Annex 1: State of the business of Cloud Computing in developing countries

This annex provides data analysis coming from UNCTAD¹⁶ 2013 and ARPTC¹⁷ 2015 reports that provide some indications that are good to look at since they are key to enabling Cloud adoption. Cloud indicators in developing countries:

Africa

Figure 1A: Reported speeds and latencies on fixed networks

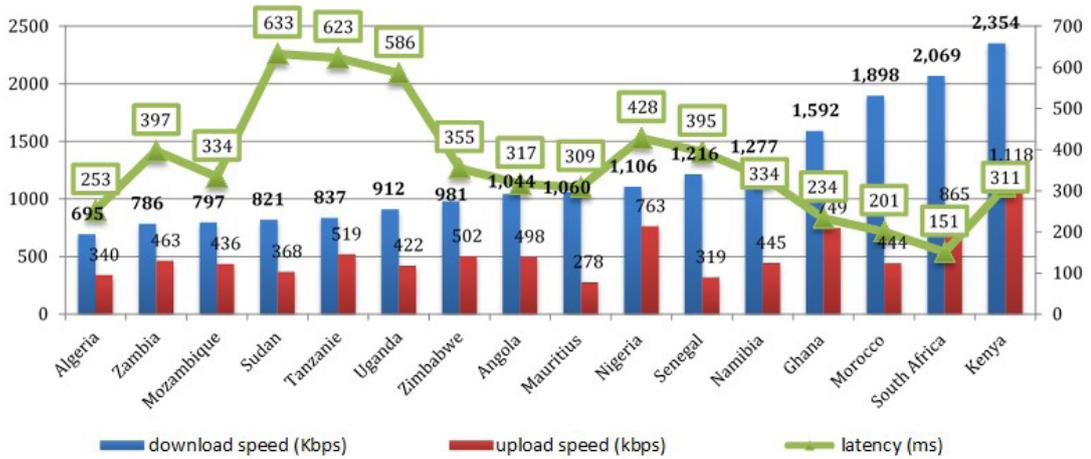


- The speed and latency indicators are favorable for the provision of basic Cloud services.
- The latency in Nigeria is high by comparison with the required limit, whereas Kenya and Ghana are able to develop intermediate Cloud services.
- The latency in South Africa is favorable to the development of advanced Cloud services; however, the reported speed is below the threshold required for such services.

¹⁶ UNCTAD: United Nations Conference on Trade and Development.

¹⁷ ARPTC : Autorité de Régulation de la Poste et des Télécommunications du Congo.

Figure 2A: Reported speeds and latencies on mobile networks



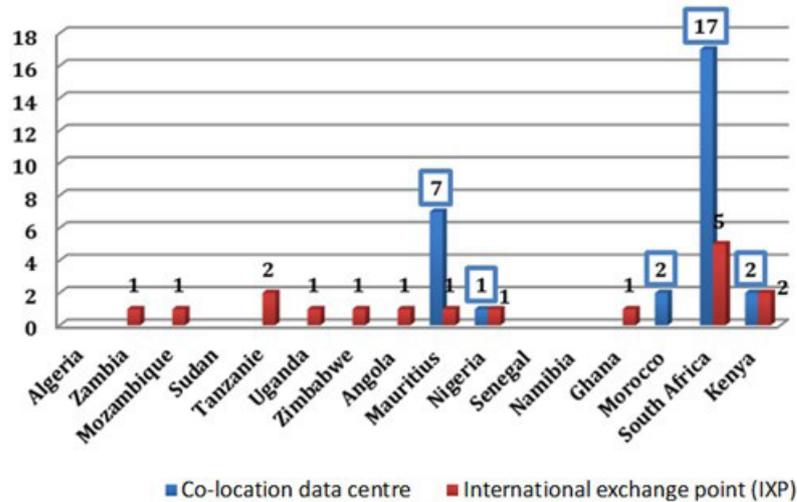
- Of all the countries listed, only South Africa is able, in terms of speed and latency, to offer basic and intermediate Cloud services.
- Where speed is concerned, basic Cloud services can be developed in almost all of the countries listed, subject to latency being reduced to a maximum 160 ms.

Existence of data centers and exchange points

Data centers: South Africa reports 17 data centers, followed by Mauritius, whereas the majority of countries have no data center or a maximum of two.

Exchange points: South Africa has five exchange points, the average for the other countries being one.

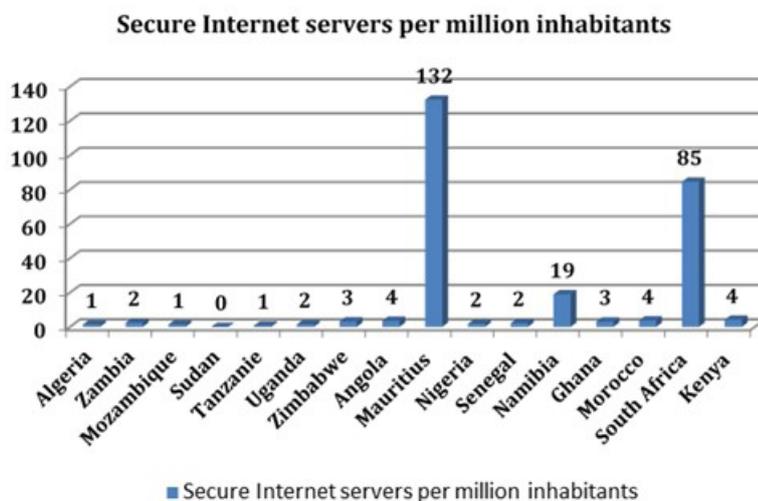
Figure 3A: Exchange points



Secure Internet servers per million inhabitants

Mauritius has the greatest number of secure servers per million inhabitants, followed by South Africa and Namibia. The other countries listed have an average two to three secure Internet servers per million inhabitants.

Figure 4A: Secure Internet servers per million inhabitants



Regulation: Existence/adoption of Cloud legislation

From surveys conducted in a number of African countries it emerges that 55 per cent of the countries consulted have data-protection legislation, while the other 45 per cent do not.

It is interesting to note that almost half of the countries surveyed have no data-protection legislation.

Trends

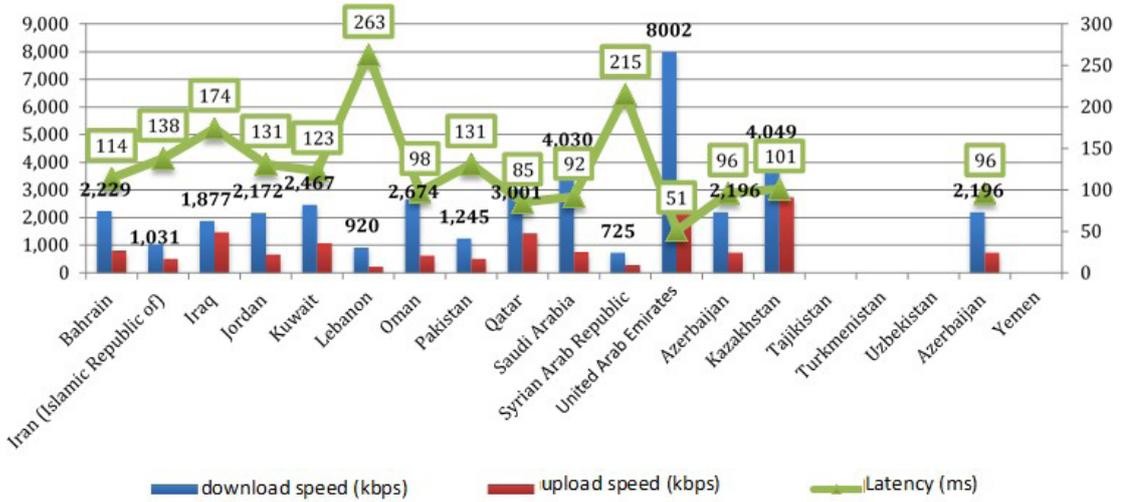
In most of the African countries surveyed, the indicators that are favorable to development of the Cloud computing market need to be improved if there is to be any expectation of meeting the challenge of operating Cloud computing services.

The improvements to be made are essentially in the following areas:

- Availability and coverage of broadband networks
- Speed
- Availability and provision of electricity and water supplies
- Telecommunication network latency
- Number of data centers and exchange points
- Data-protection regulation/legislation.

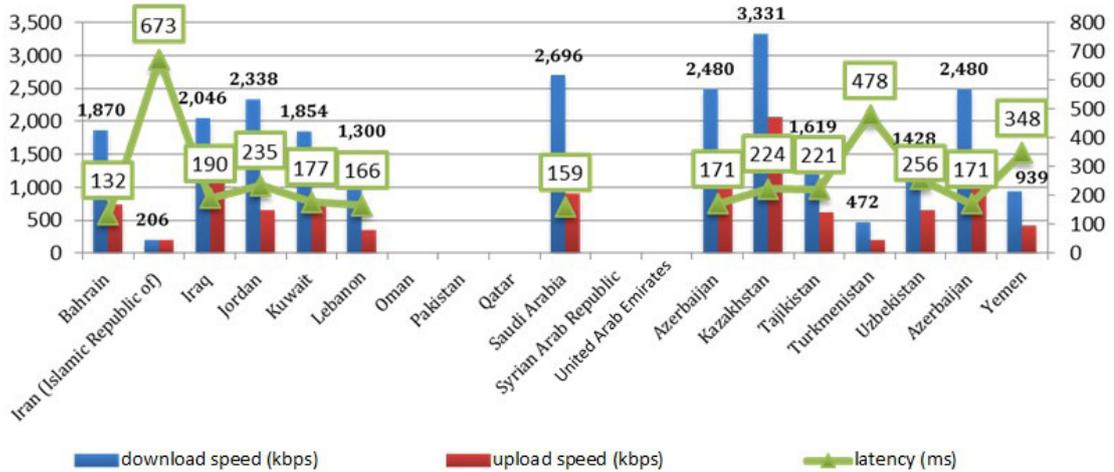
Middle East and Central Asia

Figure 5A: Reported speeds and latencies on fixed networks



Where fixed networks are concerned, the speed and latency indicators in countries such as the United Arab Emirates, Saudi Arabia, Qatar and Kazakhstan are favorable to the development of the Cloud market for all services.

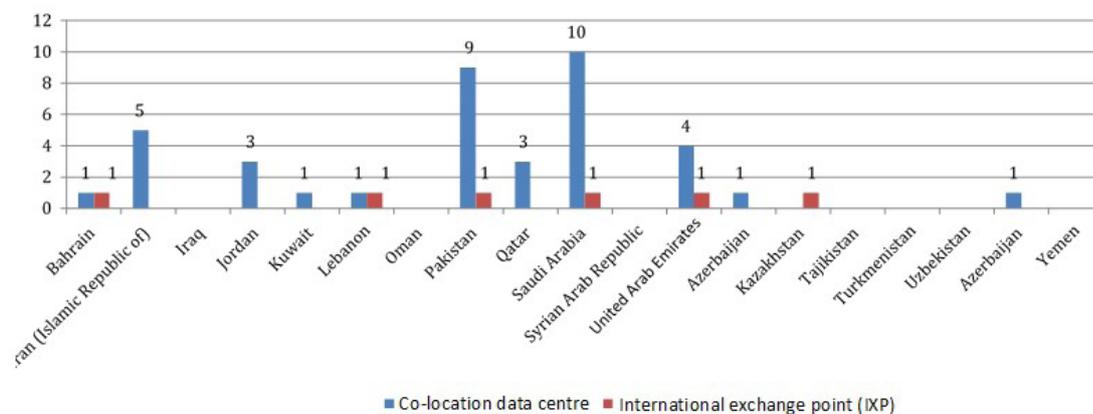
Figure 6A: Reported speeds and latencies on mobile networks



On mobile networks, the speed and latency in Bahrain and Saudi Arabia are favorable to the development of basic and intermediate Cloud services, whereas in the other countries the latency remains high by comparison with the upper limit specified for basic Cloud services.

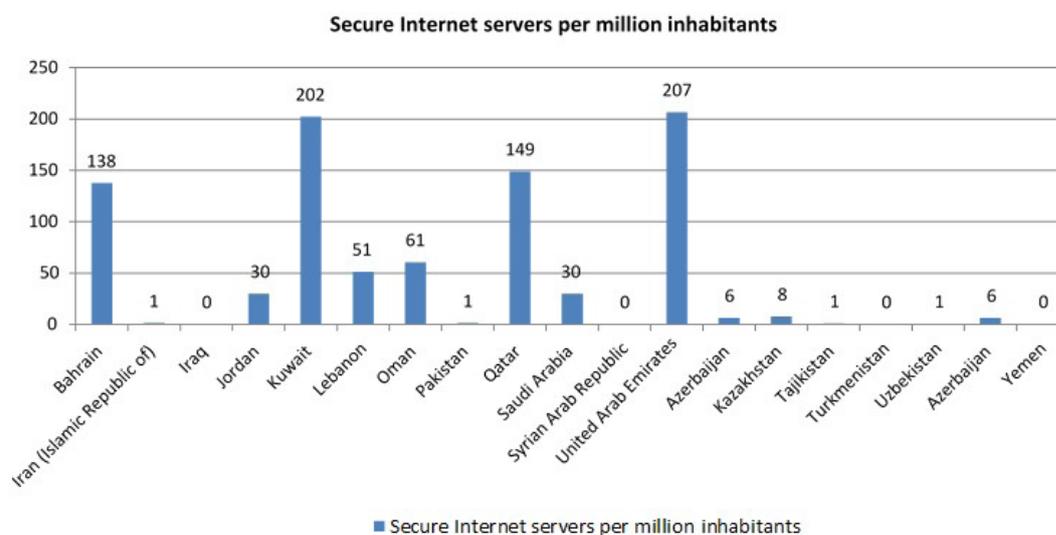
Existence of data centers and exchange points

Figure 7A: Existence of data centers and exchange points



- Saudi Arabia has ten data centers, followed by Pakistan with nine
- Most of the countries have one data center and one IXP.

Figure 8A: Secure Internet servers per million inhabitants



- The highest number of secure servers per million inhabitants is in the United Arab Emirates.

Trends

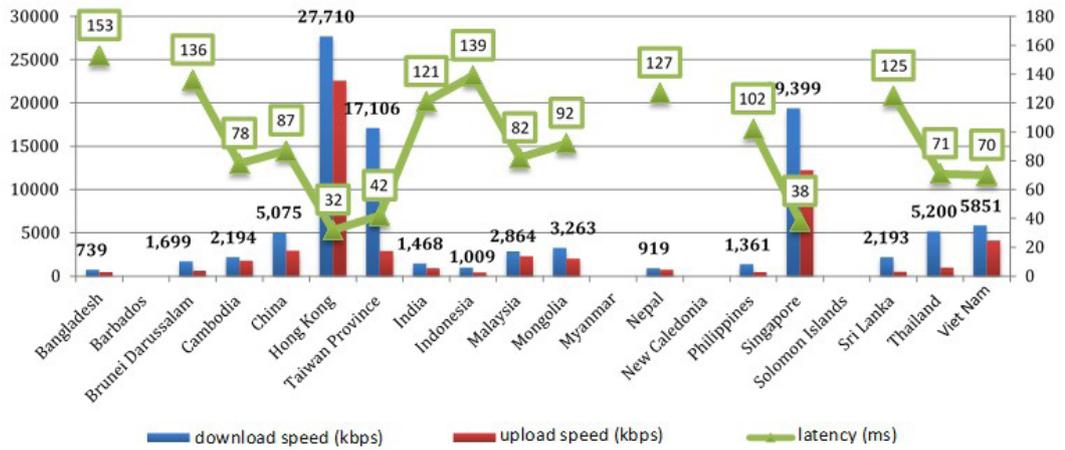
In most countries of the Middle East, the indicators that are favourable to development of the Cloud computing market need to be improved if there is to be any expectation of meeting the challenge of operating Cloud computing services.

The improvements to be made are essentially in the following areas:

- Speed
- Telecommunication network latency
- Number of data centers and exchange points.

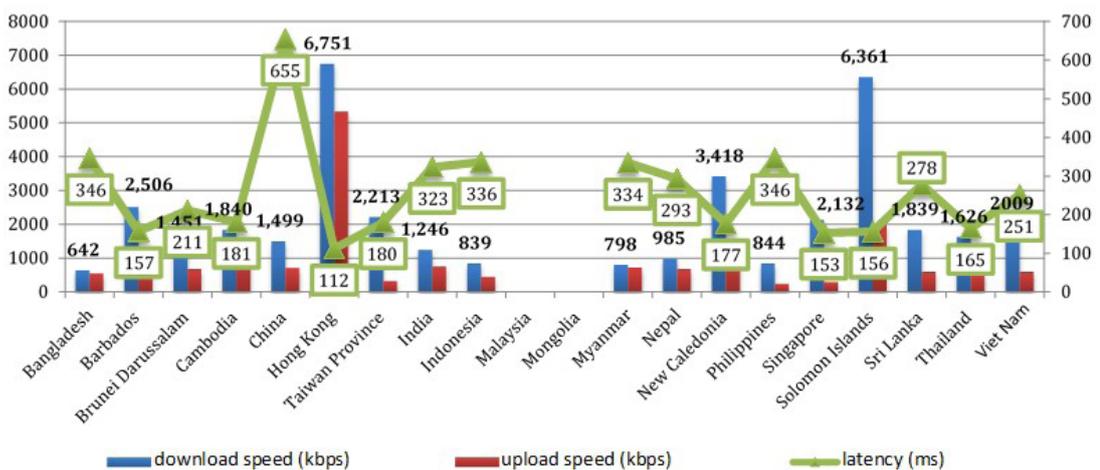
Asia-Pacific

Figure 9A: Reported speeds and latencies on fixed networks



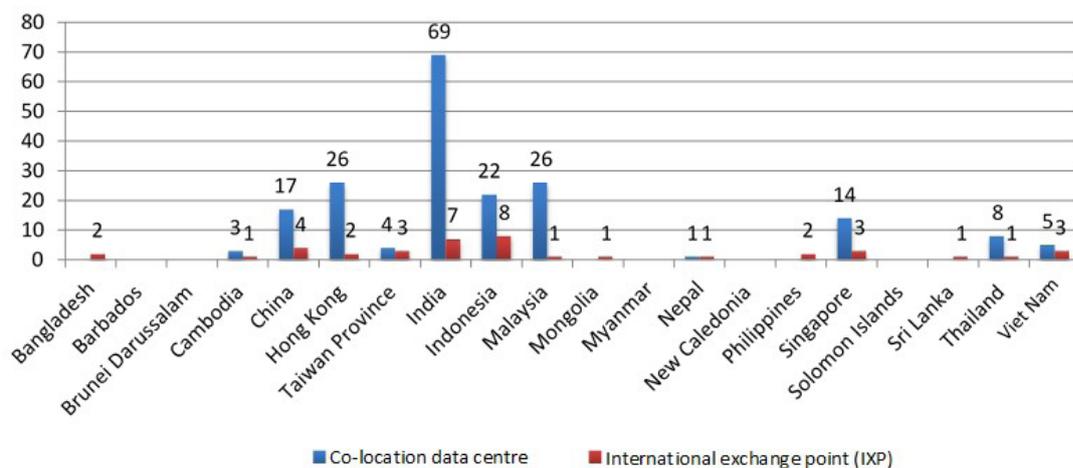
- On fixed networks, the speed and latency indicators in almost all the countries are favorable to development of the Cloud market, at least where basic services are concerned.
- With the exception of Bangladesh, all of the countries are able to develop intermediate Cloud services.
- Favorable indicators for advanced Cloud services are found in countries such as People’s Republic of China, Hong Kong (SAR of China), Taiwan (Province of China), Malaysia, Mongolia, Singapore, Thailand and Viet Nam.
- The highest speeds and lowest latencies are found in Hong Kong (SAR of China) and Taiwan (Province of China).

Figure 10A: Reported speeds and latencies on mobile networks



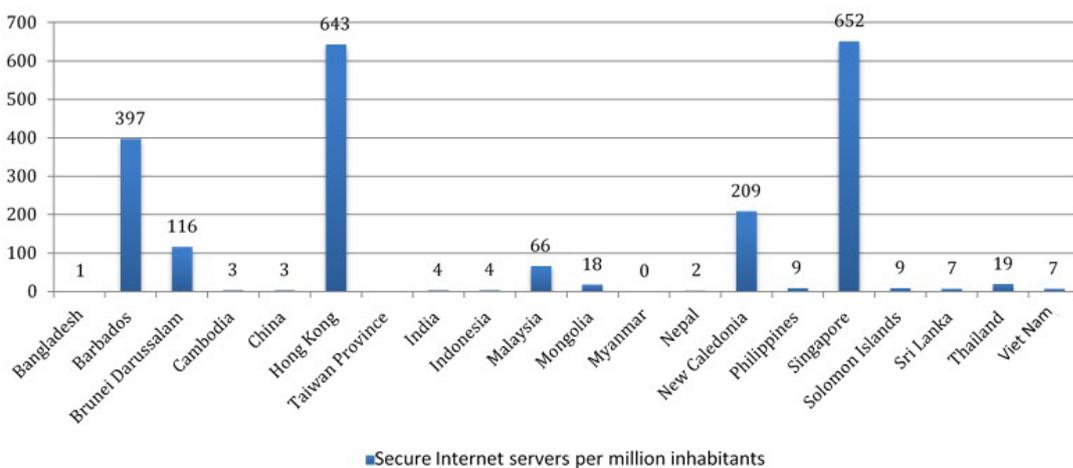
- On mobile networks, only four countries out of 20 have a latency that is favorable to the development of basic Cloud services, namely Barbados, Hong Kong (SAR of China), Singapore and Solomon Islands.
- Generally speaking, the latencies are high on mobile networks in the Asia-Pacific region.

Figure 11A: Existence of data centres and IXPs



The highest number of data centres in the sub region is found in India.

Figure 12A: Secure Internet servers per million inhabitants



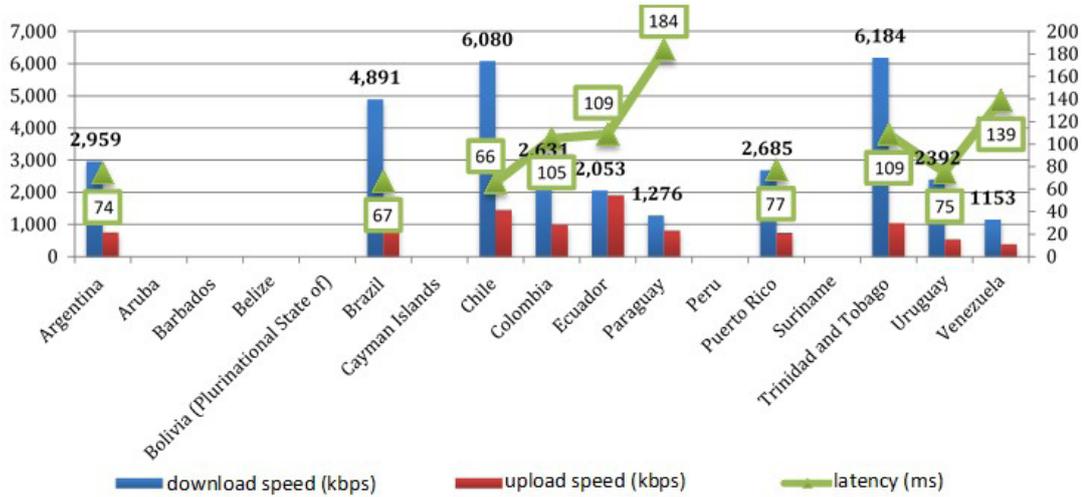
Three countries have over 350 secure Internet servers per million inhabitants, with Singapore in top position with 652 servers, followed by Hong Kong (SAR of China) with 643.

Trends

- In most countries of the Asia-Pacific region, the speed and latency indicators on fixed networks are highly favorable to development of the Cloud computing market.
- Generally speaking, the latency on mobile networks will need to be improved if Cloud services are to be offered.

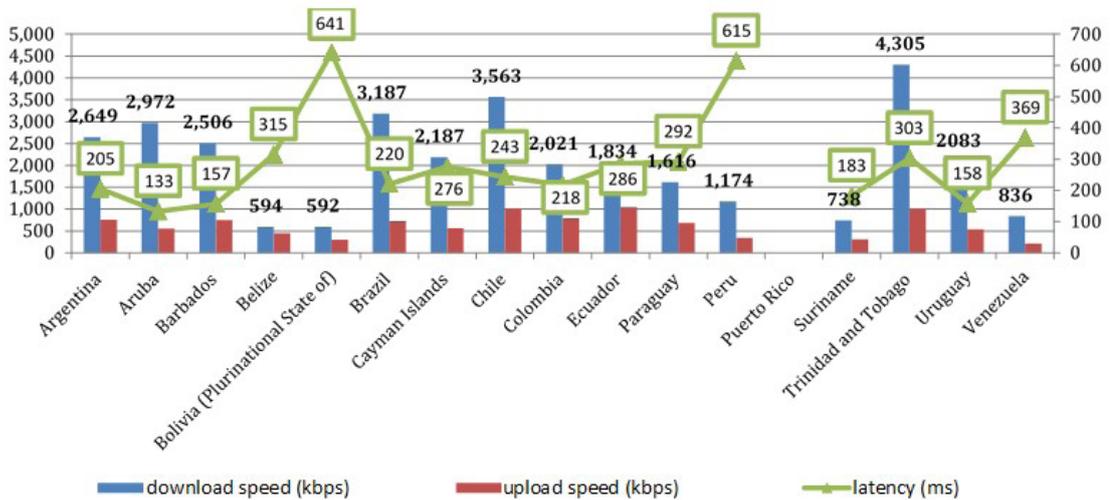
Latin America

Figure 13A: Reported speeds and latencies on fixed networks



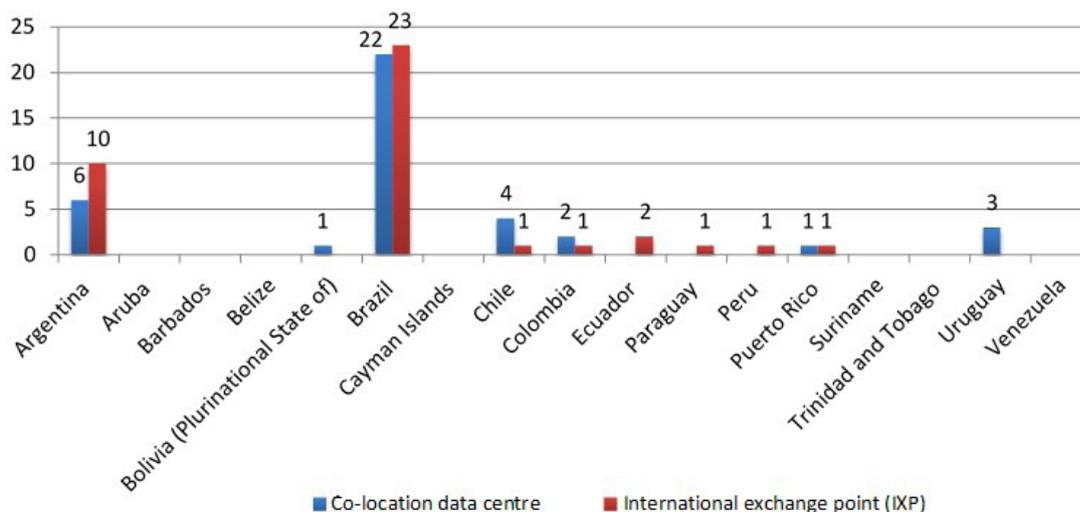
- On fixed networks, the speed and latency indicators in almost all the countries are favorable to development of the Cloud market for all basic services.
- Favorable speeds and latencies for the development of intermediate and advanced Cloud services are found in Chile, Brazil, Argentina and Puerto Rico.

Figure 14A: Reported speeds and latencies on mobile networks



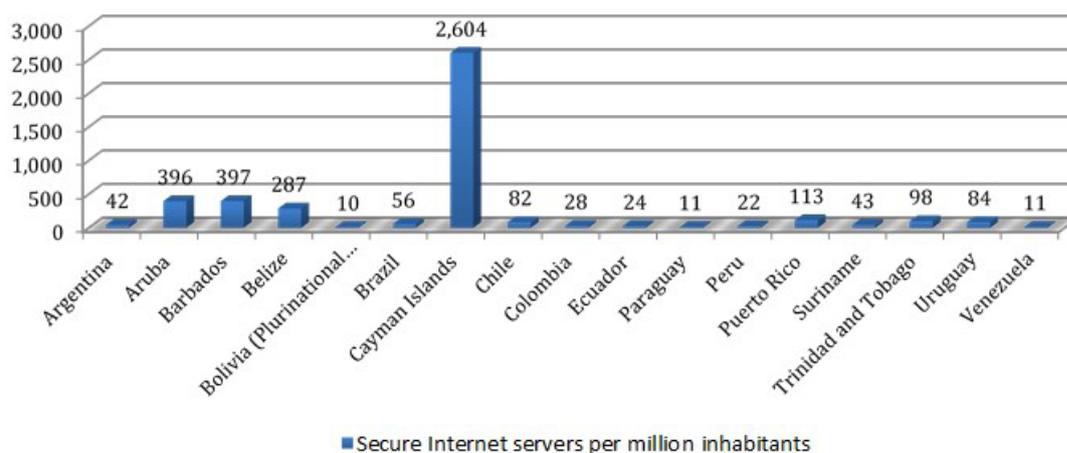
On mobile networks, only Barbados and Chile have speed and latency indicators that are favourable to development of the Cloud market.

Figure 15A: Existence of data centres and exchange points



The highest number of data centers and exchange points is found in Brazil.

Figure 16A: Secure Internet servers per million inhabitants



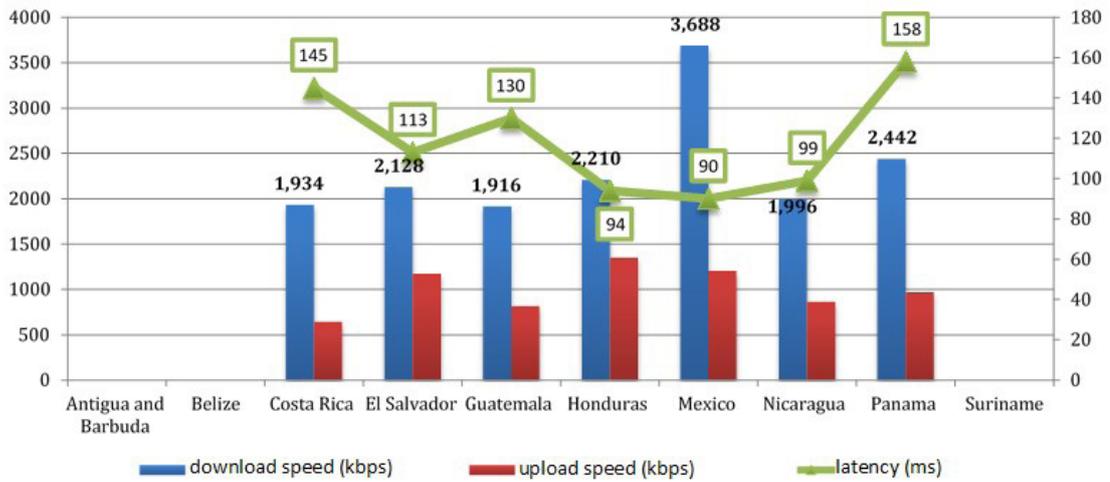
The highest number of secure Internet servers per million inhabitants is found in the Cayman Islands.

Trends

- In most of the countries of Latin America, the speed and latency indicators for fixed networks are highly favorable to development of the Cloud computing market.
- Generally speaking, the latency on mobile networks will need to be improved if Cloud services are to be offered.

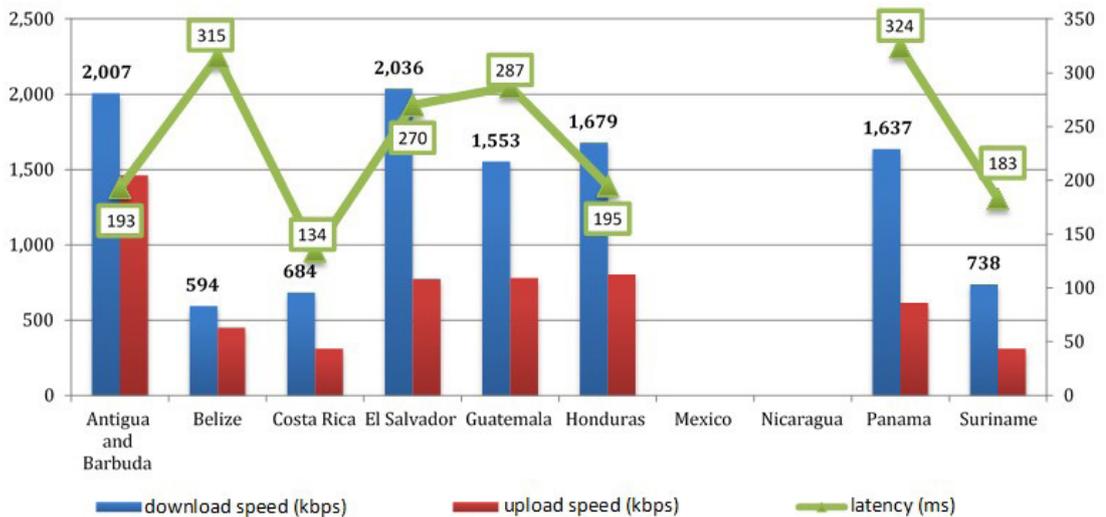
Central America

Figure 17A: Reported speeds and latencies on fixed networks



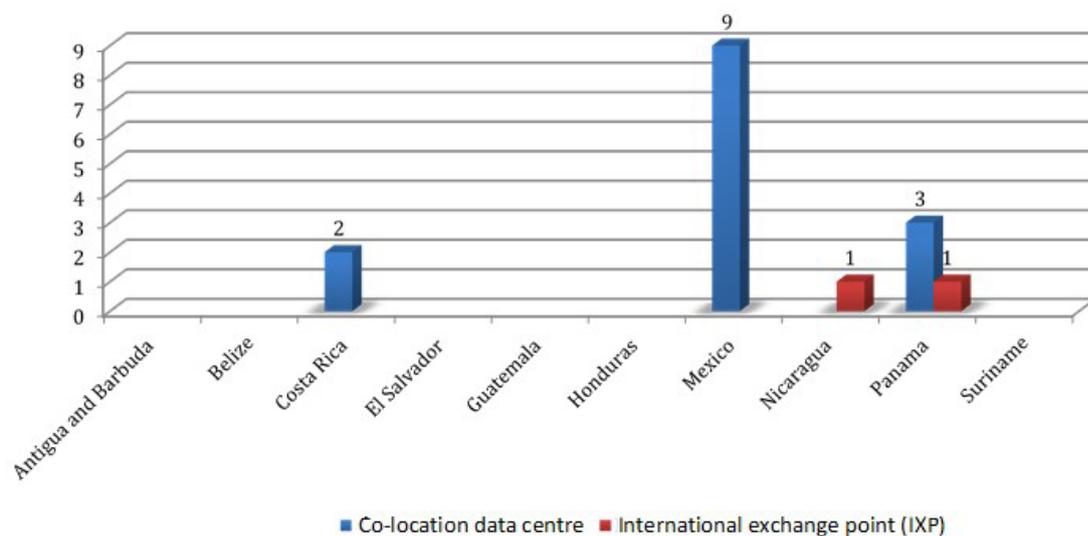
- On fixed networks, the speed and latency indicators are favorable to development of the Cloud market for basic and intermediate services.
- Only in the case of Mexico are the indicators favorable to the development of advanced Cloud services.

Figure 18A: Reported speeds and latencies on mobile networks



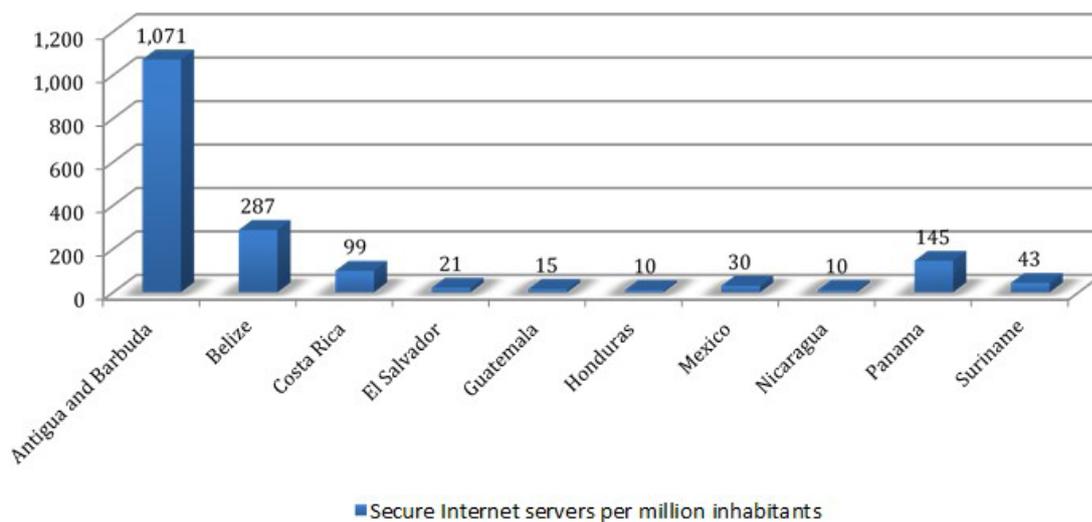
- On mobile networks, only Costa Rica has a latency that is favorable to basic and intermediate Cloud, but with a speed that is inadequate for their development.
- The other countries have high latencies that are unfavorable to Cloud services.

Figure 19A: Existence of data centers and exchange points



- Most of the countries of the sub region have neither data centers nor exchange points.
- A number of data centers are located in Mexico (nine), Costa Rica and Panama.
- Nicaragua and Panama each have one exchange point.

Figure 20A: Secure Internet servers per million inhabitants



- Antigua and Barbuda has 1071 secure Internet servers per million inhabitants.
- Each of the countries has a number of secure Internet servers.

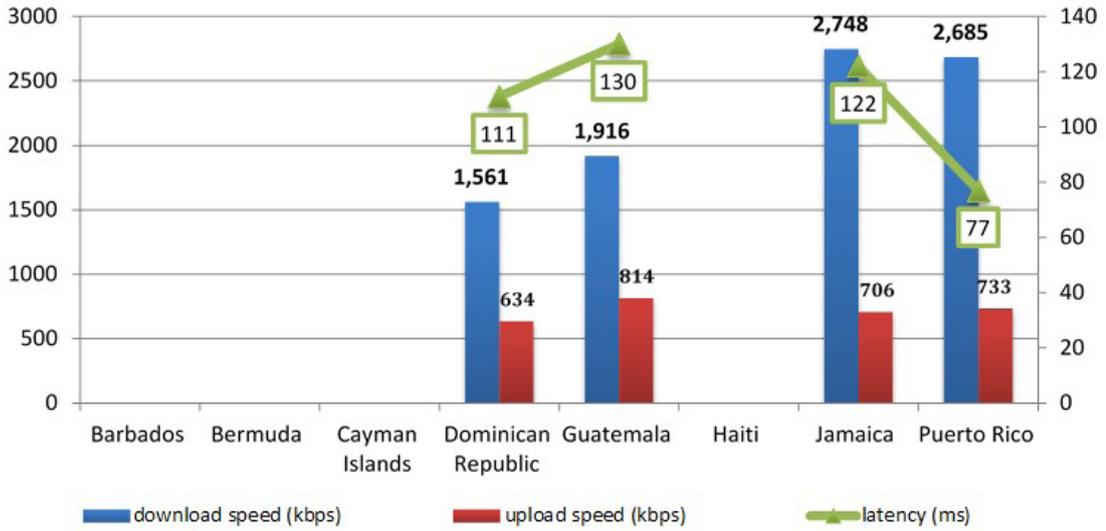
Trends

- In most of the countries of Central America, the speed and latency indicators on fixed networks are highly favorable to development of the Cloud computing market for basic and intermediate services.
- Latency and speed will need to be improved to enable the development of advanced Cloud services in certain countries.

- Generally speaking, the latency on mobile networks will need to be improved if basic Cloud services are to be offered.

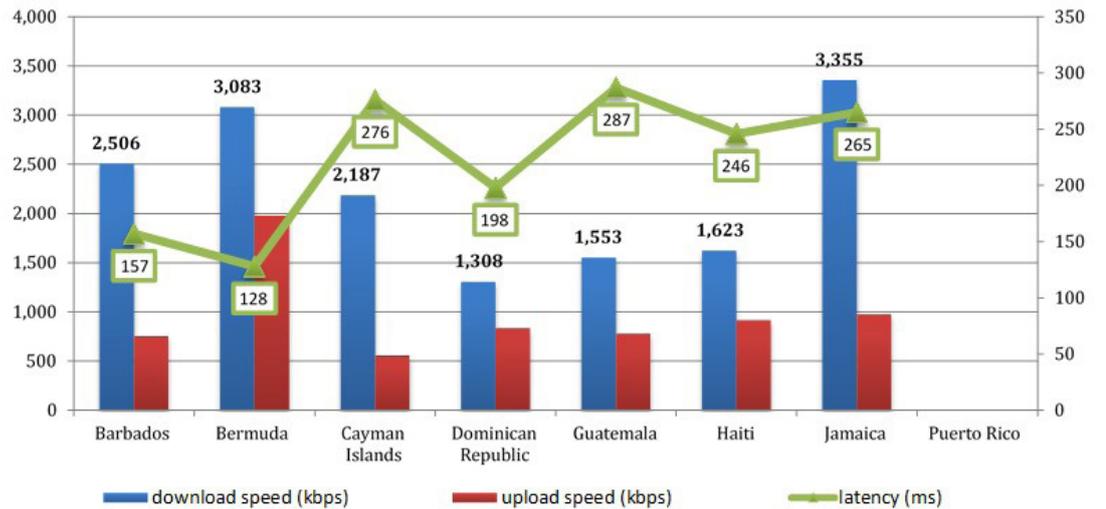
Other countries in the Americas

Figure 21A: Reported speeds and latencies on fixed networks



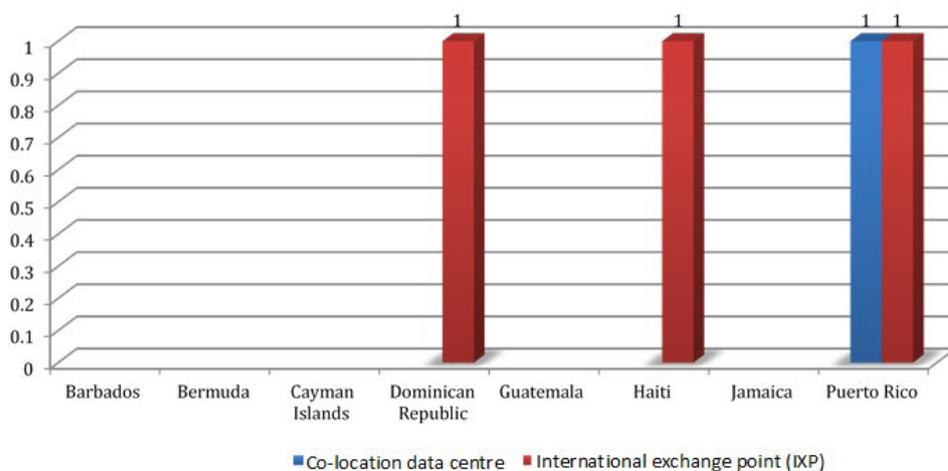
On fixed networks, the speed and latency indicators within the countries are favourable to development of the Cloud market for basic and intermediate services, as well as for advanced services except in the case of Puerto Rico.

Figure 22A: Reported speeds and latencies on mobile networks



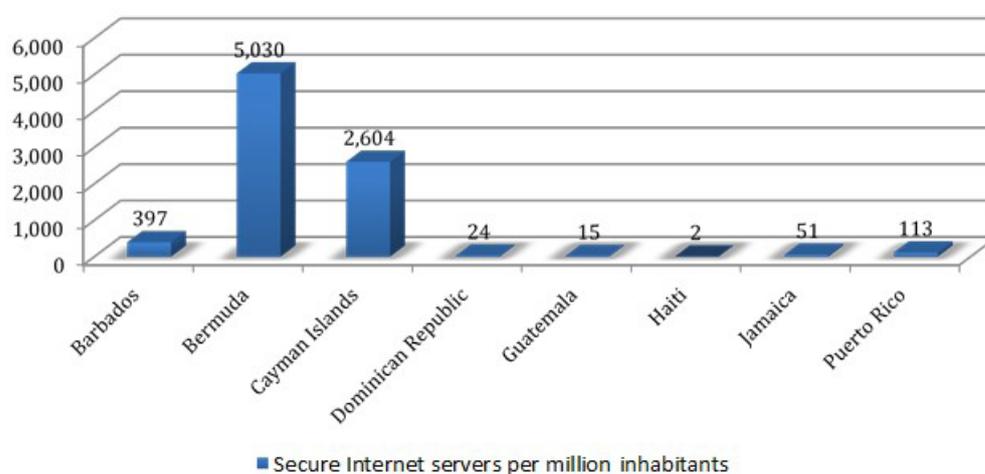
- The mobile network speeds are favorable to Cloud services, except that the latency is high for most of the countries, with only the indicators for Bermuda and Barbados being favorable to basic and intermediate Cloud services.

Figure 23A: Existence of data centres and exchange points



- Most of the countries of the sub region have neither data centers nor exchange points, apart from the handful of countries shown above which each have one data center and one exchange point.

Figure 24A: Secure Internet servers per million inhabitants



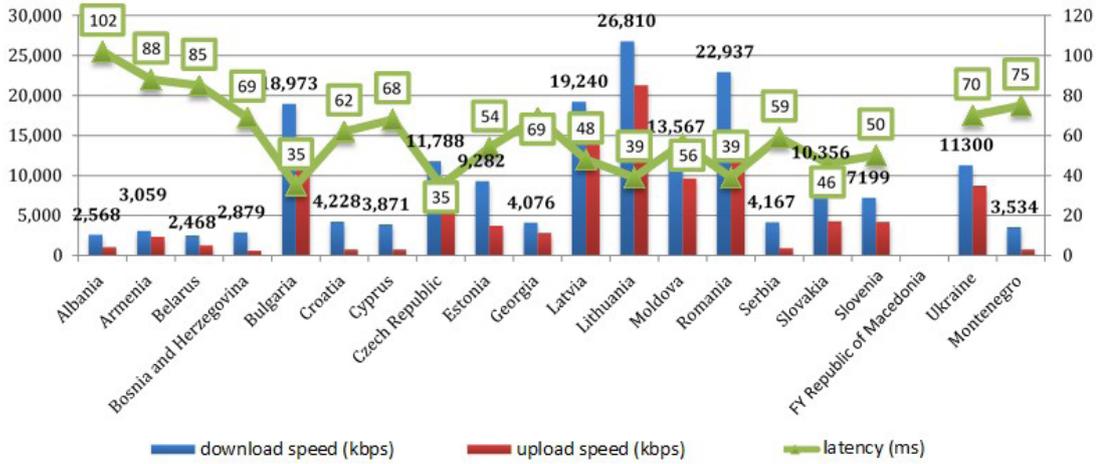
All of the countries have secure Internet servers, with Bermuda having the largest number and Haiti the smallest.

Trends

- In developing countries of the Americas region, the speed and latency indicators on fixed networks are highly favorable to development of the Cloud computing market for basic and intermediate services.
- Latency and speed will need to be improved to enable the development of advanced Cloud services in certain countries.
- Generally speaking, the latency on mobile networks will need to be improved if basic Cloud services are to be offered.

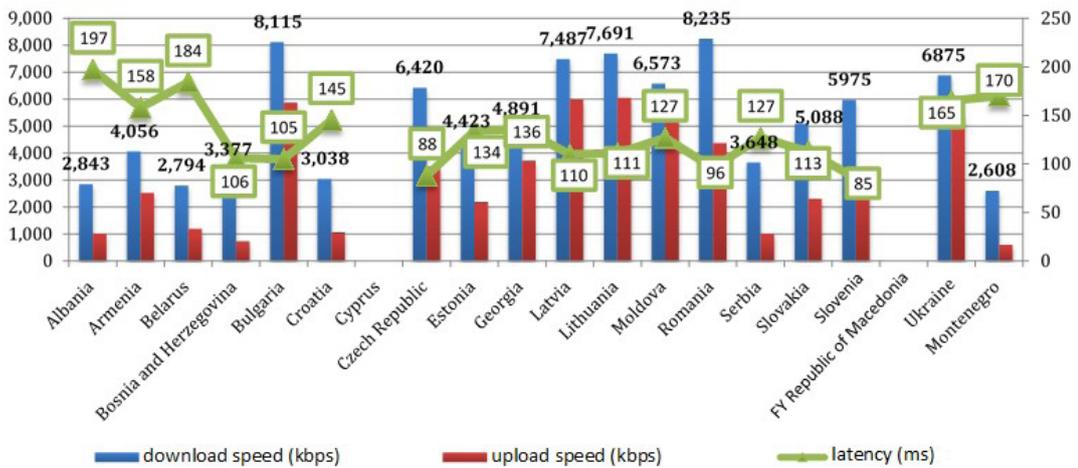
Europe

Figure 25A: Reported speeds and latencies on fixed networks



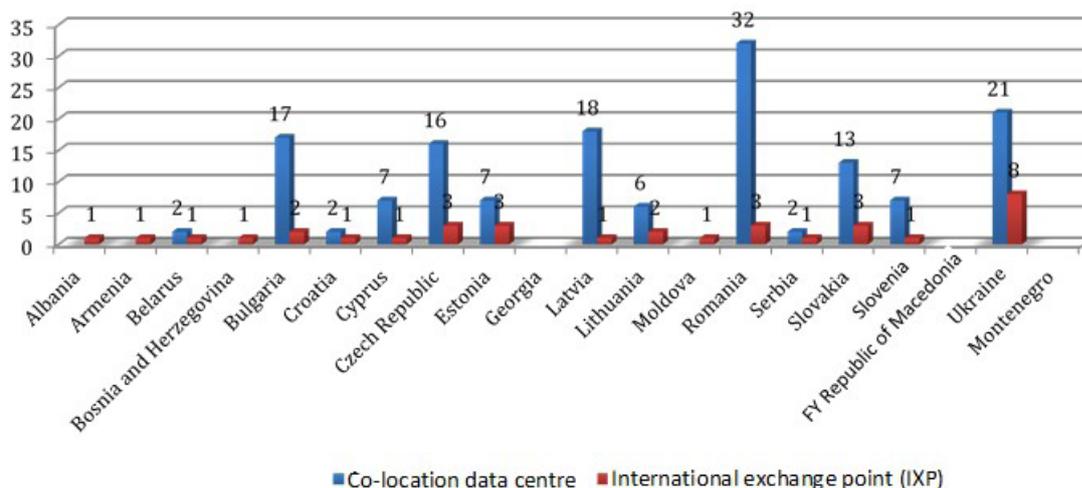
The speed and latency indicators for fixed networks in the countries of Europe are favourable to development of the Cloud market for all services.

Figure 26A: Reported speeds and latencies on mobile networks



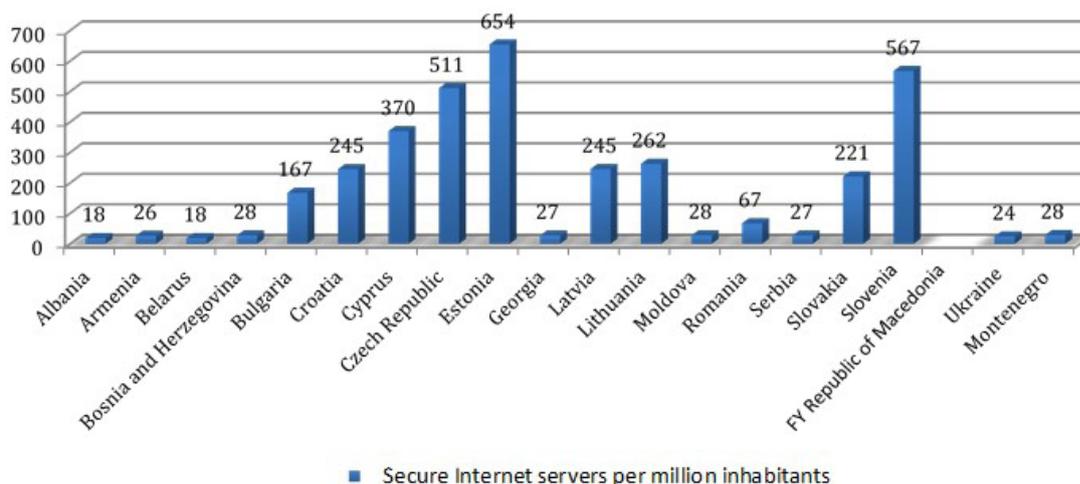
- Mobile network speeds and latency in most of the countries are favorable to development of the Cloud market for basic and intermediate services.
- The Czech Republic, Romania and Slovenia have speeds and latency that are favorable to advanced Cloud services.

Figure 27A: Existence of data centers and exchange points



All of the countries have at least one exchange point. Romania has the highest number of data centres.

Figure 28A: Secure Internet servers per million inhabitants



Apart from The Former Yugoslav Republic of Macedonia, all of the countries have several secure Internet servers per million inhabitants, with the highest numbers in Estonia, Slovenia and the Czech Republic.

Trends

- In almost all the developing countries of Europe, the speed and latency indicators for fixed networks are highly favorable to development of the Cloud computing market for basic, intermediate and advanced services.
- Improvement of the latency on mobile networks will enable the development of advanced Cloud services.

Annex 2: Documents received for consideration by Question 3/1

All documents received for consideration by Question 3/1 are listed below.

Question 3/1

Reports

Web	Received	Source	Title
1/REP/23	2017-03-01	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group meeting on Question 3/1 (Geneva, Tuesday, 28 March 2017, 14:30-15:45 hours)
RGQ/REP/21	2017-01-13	Rapporteur for Question 3/1	Report for the Rapporteur Group meeting on Question 3/1 (Geneva, Thursday, 12 January 2017, 14:30- 17:30 hours)
1/REP/23	2016-09-20	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group meeting on Question 3/1 (Geneva, Tuesday, 20 September 2016, 14:30- 16:00 hours)
RGQ/REP/12	2016-04-17	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group meeting on Question 3/1 (Geneva, Friday, 8 April 2016, 09:00- 12:00 and 14:30- 17:30 hours)
1/REP/13	2015-09-15	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 3/1 (Geneva, Tuesday 15 September 2015, 14:30- 15:45 hours)
RGQ/REP/3	2015-04-17	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 3/1 (Geneva, Tuesday 16 September 2014, 11:15- 12:30 hours)
1/REP/3	2014-09-16	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 3/1 (Geneva, Tuesday 16 September 2014, 11:15- 12:30 hours)

Question 3/1 contributions for Rapporteur Group and Study Group meetings

Web	Received	Source	Title
1/470 Annex	2017-03-17	BDT Focal Point for Question 1/1	GSR-17 provisional programme focusing on living in a world of digital opportunities
1/450	2017-03-10	China (People's Republic of)	Participants are invited to consider this document and it is requested to include the relevant results in the Final Report for Question 3/1
1/439	2017-01-12	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group meeting on Question 3/1, Geneva, 12 January 2017
1/424	2017-02-14	China (People's Republic of)	The advantages of applying cloud computing on smart city and case analysis
1/414 [OR]	2017-02-10	Rapporteur for Question 3/1	Final Report for Question 3/1
1/408	2017-02-08	Bhutan (Kingdom of)	Migrating to the cloud – Bhutan's experience

Web	Received	Source	Title
RGQ/272 [OR]	2016-11-14	Rapporteur for Question 3/1	Draft Final Report for Question 3/1
1/370 +Ann.1	2016-09-07	Singapore (Republic of)	Promoting cloud computing adoption in Singapore
1/355	2016-09-07	China (People's Republic of)	An overview of the development of China's e-Government cloud platform
1/342	2016-08-05	Rapporteur for Question 3/1	Etat des lieux des réseaux TIC et de l'énergie
1/341 [OR]	2016-08-05	Rapporteurs for Question 3/1	Draft report on Question 3/1
1/308 +Ann.1	2016-08-04	BDT Focal Point for Question 6/1	GSR 2016 Discussion Papers and Best Practice Guidelines
1/281	2016-07-28	China (People's Republic of)	Advantages of applying cloud computing technology to smart tourism and promotion measures
1/243	2016-04-08	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 3/1, Geneva, 8 April 2016
RGQ/232 +Ann.1-3	2016-03-22	BDT Focal Point for Question 3/1	Compilation of results on cloud-related topics based on responses to the 2015 ITU annual telecoms regulatory survey
RGQ/217	2016-03-22	Korea (Republic of)	Cloud Computing Development Act in Republic of Korea
RGQ/205	2016-03-21	BDT Focal Point for Question 3/1	Study on the use of cloud computing technology in education in Arab Countries
RGQ/194	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat des indicateurs de l'informatique en nuage dans les pays en développement: Cas des pays de l'Europe
RGQ/193	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat des indicateurs de l'informatique en nuage dans les pays en développement: Cas des pays de la région d'Amérique
RGQ/192	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat des indicateurs de l'informatique en nuage dans les pays en développement: Cas des pays de l'Amérique Centrale
RGQ/191	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat de lieu des indicateurs de l'informatique en nuage dans les pays en développement: cas des pays de l'Amérique Latine
RGQ/190	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Cette contribution présente un état de lieu des indicateurs favorables au développement du marché du cloud dans quelques pays en développement de l'Asie-Pacifique

Web	Received	Source	Title
RGQ/189	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat de lieu des indicateurs de l'informatique en nuage dans les pays en développement: Cas des pays du Moyen Orient et Asie Centrale
RGQ/187	2016-03-11	Democratic Republic of the Congo	Etat de lieu de l'exploitation de l'informatique en nuage dans les pays en développement: cas des pays Africains
RGQ/160 (Rev.1)	2016-02-19	Rapporteurs for Question 3/1	Draft provisional report on Question 3/1
RGQ/158	2016-02-18	Burkina Faso	Deployment of cloud infrastructure for the administration of companies and citizens in Burkina Faso
1/198	2015-08-21	Zimbabwe (Republic of)	To use of not to use cloud computing?: The question for the developing world
1/110	2015-05-08	Rapporteur for Question 3/1	Work plan for Question 3/1 and proposed outline of the Question 3/1 report
1/103	2015-05-07	Rapporteur for Question 3/1	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 3/1, Geneva, 17 April 2015
RGQ/110 +Ann.1	2015-04-17	ISO	ISO/JTC1 liaison report on ISO Cloud Standards Work
RGQ/69	2015-03-04	Burkina Faso	Technique contractuelle et perspectives réglementaires en matière de cloud computing
RGQ/64	2015-02-28	Rapporteur for Question 3/1	Unleashing the power of cloud computing
RGQ/51	2015-02-26	India (Republic of)	Essential features of the access networks used for the cloud computing
RGQ/45	2015-02-26	Brazil (Federative Republic of)	Adoption of ITU-T Y.3500 and ITU-T Y.3502 for regulation and consumer information purposes
RGQ/42	2015-02-26	India (Republic of)	Successful utilisation of cloud computing for effective implementation of e-Governance projects
RGQ/37	2015-02-25	Cameroon (Republic of)	Access to cloud computing: challenges and opportunities for developing countries
RGQ/9	2014-12-15	Rapporteur for Question 3/1	Draft work plan for Question 3/1
1/68	2014-09-09	Microsoft Corporation	Proposal for initial work plan for Question 3/1
1/43 +Ann.1	2014-07-31	BDT Focal Point for Question 3/1, Telecommunication Standardization Bureau	Overview of ITU's work in the area of Cloud Computing

Contributions for QAll for Rapporteur Group and Study Group meetings

Web	Received	Source	Title
1/371	2016-09-07	Telecommunication Development Bureau	Update on innovation activities to ITU-D Study Groups
1/332	2016-08-05	General Secretariat	WSIS Stocktaking 2014-2016 Regional Reports of ICT Projects and Activities
1/331	2016-08-05	General Secretariat	WSIS Prizes 2016-2017
1/330	2016-08-05	General Secretariat	WSIS Stocktaking 2016-2017
1/310	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Action Line Roadmaps C2, C5 and C6
1/309	2016-08-04	General Secretariat	ITU's Contribution to the Implementation of the WSIS Outcomes 2016
1/307	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Forum 2016 and SDG Matrix
1/306	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Action Lines Supporting Implementation of the SDGs
1/305	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Forum 2016: High Level Track Outcomes and Executive Brief
1/304	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Forum 2016 Outcome Document - Forum Track
1/303	2016-08-04	General Secretariat	WSIS Forum 2017 – Open Consultation Process
1/253 Rev.1	2016-05-31	Chairman, ITU-D Study Group 1	Compendium of Draft Outlines for expected outputs to be produced by ITU-D Study Group 1 Questions and Resolution 9 (September 2016)
RGQ/204	2016-03-18	BDT Focal Point for Question 8/1 and Resolution 9	Outcomes of RA-15,WRC-15 and CPM19-1 related to ITU-D
RGQ/152	2016-02-18	Kazakhstan (Republic of)	Contribution from Kazakhstan to Questions 1/1, 2/1, 3/1, 4/1, 5/1, 6/1, 7/1, 8/1 and 5/2
1/232 +Ann.1	2015-09-13	Chairman, ITU-D Study Group 1	Work plan for ITU-D Study Group 1 (September 2015)
1/231 (Rev.1)	2015-09-04	Chairman, ITU-D Study Group 1	Compendium of Draft Outlines for Expected Outputs to be Produced by ITU-D Study Group 1 Questions and Resolution 9 (September 2015)
1/229 (Rev.1)	2015-09-02	Argentine Republic	Draft new Resolution: "Telecommunication/ICT accessibility for persons with disabilities and persons with specific needs"
1/228 (Rev.1)	2015-09-02	Argentine Republic	Modification of the Resolution ITU-R 61 "Contribution in implementing the outcomes of the World Summit on the Information Society"

Web	Received	Source	Title
1/200	2015-08-25	Telecommunication Development Bureau	ITU-D Study Groups Innovation Update
1/183	2015-08-07	Telecommunication Development Bureau	1 st ITU-D Academia Network Meeting
1/145	2015-07-24	General Secretariat	WSIS Forum 2015: High level policy statements, Outcome document, Reports on WSIS Stocktaking
1/126	2015-07-06	Uganda (Republic of)	Increasing women's participation in ITU Study Groups' work
1/125	2015-06-29	BDT Focal Point for Question 1/1	ITU GSR15 discussion papers and best practice guidelines
1/70	2014-09-18	Chairman, ITU-D Study Group 1	Appointed Rapporteurs and Vice-Rapporteurs of ITU-D Study Group 1 Questions for the 2014-2018 period
1/66	2014-09-04	Telecommunication Development Bureau	List of information documents
1/65	2014-09-03	Australia, Samoa (Independent State of), United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Vanuatu (Republic of)	Numbering misappropriation
1/64	2014-09-03	Intel Corporation	New question for ITU-D Study Group 1 (2014-2018): Assistance to developing countries for the implementation of ICT programs in education
1/50	2014-08-28	United States of America	Selected recent developments in U.S. spectrum management
1/48	2014-08-23	Nepal (Republic of)	Need for developing detailed table of contents for each Question under both the ITU-D Study Groups at the beginning
1/38 +Ann.1	2014-08-04	Telecommunication Development Bureau	Quality of Service Training Programme (QoSTP)
1/22	2014-06-27	BDT Focal Point for Question 1/1	Status report on Regulatory and Market Environment
1/5 (Rev.1-2)	2014-09-08	Telecommunication Development Bureau	Candidates for Rapporteurs and Vice-Rapporteurs of ITU-D Study Group 1 and 2 study Questions for the 2014-2018 period
1/4	2014-09-01	Telecommunication Development Bureau	List of WTDC Resolutions and ITU-D Recommendations relevant to the work of the ITU-D Study Groups
1/3	2014-08-20	Telecommunication Development Bureau	Resolution 9 (Rev. Dubai, 2014): Participation of countries, particularly developing countries, in spectrum management

Web	Received	Source	Title
1/2 +Ann.1	2014-08-20	Telecommunication Development Bureau	Resolution 2 (Rev. Dubai, 2014): Establishment of study groups + Full text of all ITU-D Study Group 1 Questions in Annex 1
1/1	2014-06-11	Telecommunication Development Bureau	Resolution 1 (Rev. Dubai, 2014): Rules of procedure of the ITU Telecommunication Development Sector

Information Documents

Web	Received	Source	Title
1/INF/3	2014-09-02	University of Rwanda College of Science and Technology (Rwanda (Republic of))	Overview on challenges and benefits facing cloud computing used in the e-Government

Liaison Statements

Web	Received	Source	Title
1/433	2017-02-22	ITU-T Study Group 11	Liaison Statement from ITU-T SG11 to ITU-D SG1 Questions 2/1, 3/1, 6/1 on Operational Plan for implementation of WTSA-16 Resolution 95
RGQ/262	2016-10-31	ITU-T Study Group 13	Liaison Statement from the ITU-T SG13 to ITU-D SG1 Question 3/1 on the results of the questionnaires on cloud computing scenarios in developing countries
1/360	2016-09-07	ITU-T Study Group 13	Liaison Statement from ITU-T SG13 to ITU-D SG1 Q3/1 on invitation to update the information in draft Supplement on Cloud Computing Standardization Roadmap
RGQ/126	2015-12-18	ITU-T Study Group 13	Liaison statement from ITU-T SG13 to ITU-D SG1 Q3/1 on the elaboration of questionnaires on the cloud computing scenarios in developing countries
RGQ/125	2015-12-18	ITU-T Study Group 13	Liaison statement from ITU-T SG13 to ITU-D SG1 Q3/1 on invitation to update the information in the cloud computing standards roadmap and remark on the matrix for standardization gap analysis
1/127	2015-07-04	ITU-T Study Group 15	Liaison Statement from ITU-T SG15 to ITU-D SGs on ITU-T SG15 OTNT standardization work plan
1/115	2015-05-18	ITU-T Study Group 13	Liaison Statement from ITU-T SG13 to ITU-D SG1 on Progress on cloud computing work

**Union internationale des télécommunications (UIT)
Bureau de développement des télécommunications (BDT)
Bureau du Directeur**

Place des Nations
CH-1211 Genève 20 – Suisse
Courriel: bdtdirector@itu.int
Tél.: +41 22 730 5035/5435
Fax: +41 22 730 5484

**Adjoint au directeur et
Chef du Département de
l'administration et de la
coordination des opérations (DDR)**

Courriel: bdtdeputydir@itu.int
Tél.: +41 22 730 5784
Fax: +41 22 730 5484

**Département de l'environnement
propice aux infrastructures et
aux cyberapplications (IEE)**

Courriel: bdtiee@itu.int
Tél.: +41 22 730 5421
Fax: +41 22 730 5484

**Département de l'innovation et des
partenariats (IP)**

Courriel: bdtip@itu.int
Tél.: +41 22 730 5900
Fax: +41 22 730 5484

**Département de projets et de la gestion
des connaissances (PKM)**

Courriel: bdtipkm@itu.int
Tél.: +41 22 730 5447
Fax: +41 22 730 5484

Afrique

Ethiopie

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau régional
P.O. Box 60 005
Gambia Rd., Leghar ETC Building
3rd floor
Addis Ababa – Ethiopie

Courriel: ituaddis@itu.int
Tél.: +251 11 551 4977
Tél.: +251 11 551 4855
Tél.: +251 11 551 8328
Fax: +251 11 551 7299

Cameroun

**Union internationale des
télécommunications (UIT)**

Bureau de zone de l'UIT
Immeuble CAMPOST, 3^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé – Cameroun

Courriel: itu-yaounde@itu.int
Tél.: + 237 22 22 9292
Tél.: + 237 22 22 9291
Fax: + 237 22 22 9297

Sénégal

**Union internationale des
télécommunications (UIT)**

Bureau de zone de l'UIT
8, Route du Méridien Immeuble
Rokhaya B.P. 29471 Dakar-Yoff Dakar
– Sénégal

Courriel: itu-dakar@itu.int
Tél.: +221 33 859 7010
Tél.: +221 33 859 7021
Fax: +221 33 868 6386

Zimbabwe

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau de zone
TelOne Centre for Learning
Corner Samora Machel and
Hampton Road
P.O. Box BE 792 Belvedere
Harare – Zimbabwe

Courriel: itu-harare@itu.int
Tél.: +263 4 77 5939
Tél.: +263 4 77 5941
Fax: +263 4 77 1257

Amériques

Brésil

**União Internacional de
Telecomunicações (UIT)**

Bureau régional
SAUS Quadra 06, Bloco "E"
10^o andar, Ala Sul
Ed. Luis Eduardo Magalhães (Anatel)
70070-940 Brasília, DF – Brazil

Courriel: itubrasilia@itu.int
Tél.: +55 61 2312 2730-1
Tél.: +55 61 2312 2733-5
Fax: +55 61 2312 2738

La Barbade

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau de zone
United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown – Barbados

Courriel: itubridgetown@itu.int
Tél.: +1 246 431 0343/4
Fax: +1 246 437 7403

Chili

**Unión Internacional de
Telecomunicaciones (UIT)**

Oficina de Representación de Área
Merced 753, Piso 4
Casilla 50484 – Plaza de Armas
Santiago de Chile – Chili

Courriel: itusantiago@itu.int
Tél.: +56 2 632 6134/6147
Fax: +56 2 632 6154

Honduras

**Unión Internacional de
Telecomunicaciones (UIT)**

Oficina de Representación de Área
Colonia Palmira, Avenida Brasil
Ed. COMTELCA/UIT, 4.º piso
P.O. Box 976
Tegucigalpa – Honduras

Courriel: itutegucigalpa@itu.int
Tél.: +504 22 201 074
Fax: +504 22 201 075

Etats arabes

Egypte

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau régional
Smart Village, Building B 147, 3rd floor
Km 28 Cairo – Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo – Egypte

Courriel: itu-ro-arabstates@itu.int
Tél.: +202 3537 1777
Fax: +202 3537 1888

Asie-Pacifique

Thaïlande

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau régional
Thailand Post Training
Center, 5th floor,
111 Chaengwattana Road, Laksi
Bangkok 10210 – Thaïlande

Adresse postale:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210 – Thaïlande

Courriel: itubangkok@itu.int
Tél.: +66 2 575 0055
Fax: +66 2 575 3507

Indonésie

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau de zone
Sapta Pesona Building, 13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110 – Indonésie

Adresse postale:
c/o UNDP – P.O. Box 2338
Jakarta 10110 – Indonésie

Courriel: itujakarta@itu.int
Tél.: +62 21 381 3572
Tél.: +62 21 380 2322/2324
Fax: +62 21 389 05521

Pays de la CEI

Fédération de Russie

**International Telecommunication
Union (ITU)**

Bureau de zone
4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscow 105120
Fédération de Russie

Adresse postale:
P.O. Box 47 – Moscow 105120
Fédération de Russie

Courriel: itumoskow@itu.int
Tél.: +7 495 926 6070
Fax: +7 495 926 6073

Europe

Suisse

**Union internationale des
télécommunications (UIT)
Bureau de développement des
télécommunications (BDT)
Bureau de zone**

Place des Nations
CH-1211 Genève 20 – Suisse
Courriel: eurregion@itu.int
Tél.: +41 22 730 6065

Union Internationale des Télécommunications
Bureau de Développement des Télécommunications
Place des Nations
CH-1211 Genève 20
Suisse
www.itu.int

ISBN 978-92-61-22642-8



Imprimé en Suisse
Genève, 2017