



Le paradoxe de l'adoption d'une démarche éco- responsable pour les datacenters de l'Afrique subsaharienne ?

The paradox of adopting an eco-responsible approach for data centers in sub-Saharan Africa?

KONÉ Souleymane

Enseignant chercheur

Université Péléforo GON COULIBALY (UPGC)

Unité de formation et de recherche (UFR) des sciences sociales

Date de soumission : 08/08/2024

Date d'acceptation : 03/11/2024

Pour citer cet article :

KONÉ. S. (2024) «Le paradoxe de l'adoption d'une démarche éco- responsable pour les datacenters de l'Afrique subsaharienne ?», Revue Internationale du chercheur «Volume 5 : Numéro 4» pp : 163-188

Résumé :

La demande croissante en matière de stockage, de mise en réseau et de calcul a entraîné de nos jours, une intensification des grands centres de données complexes qui exécutent de nombreuses applications Internet. Un centre de données comprend plusieurs milliers de serveurs et peut consommer autant d'énergie qu'une petite ville. Une quantité massive de puissance de calcul est nécessaire pour piloter et faire fonctionner ces fermes de serveurs, ce qui entraîne de nombreux défis tels que des consommations énormes d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre. Cet article s'intéresse à l'adoption des démarches éco-responsables (type Green IT) appliquées aux datacenters de l'Afrique subsaharienne. Nous analysons le niveau maturité des datacenters de ces pays. A travers la théorie de la diffusion des innovations, nous explorons leur possibilité d'adopter une performance vertueuse alors même que leur retard en matière d'infrastructure numérique et donc de souveraineté numérique reste significatif. A cet égard, nous adoptons une démarche qualitative basée sur une enquête terrain menée auprès des experts du salon du Big data et de l'IA à Paris sur la transition numérique. Nous montrons qu'il est paradoxalement important pour les pays de l'Afrique subsaharienne de penser et construire leur infrastructure sur une base éco-responsable et sobre afin d'intégrer les difficultés d'alimentation (électricité, eau, internet) du continent.

Mots clés : Green IT; théorie de la diffusion des innovations ; datacenters ; eco-responsabilité ; Afrique subsaharienne.

Abstract :

Increasing demand for storage, networking, and computing has led to an increase in large, complex data centers that run many Internet applications. A data center includes several thousand servers and can consume as much energy as a small city. A massive amount of computing power is required to drive and operate these server farms, which leads to many challenges such as enormous energy consumption, greenhouse gas emissions. This article focuses on the adoption of eco-responsible approaches (Green IT type) applied to data centers in sub-Saharan Africa. We analyze the maturity level of data centers in these countries. Through the theory of the diffusion of innovations, we explore their possibility of adopting virtuous performance even though their delay in terms of digital infrastructure and therefore digital sovereignty remains significant. In this regard, we adopt a qualitative approach based on a field survey carried out with experts from the Big Data and AI show in Paris on the digital transition. We show that it is paradoxically important for the countries of sub-Saharan Africa to think and build their infrastructure on an eco-responsible and sober basis in order to integrate the supply difficulties (electricity, water, internet) of the continent.

Keywords : Green IT; theory of diffusion of innovations; data centers; eco-responsibility; Sub-Saharan Africa.

Introduction

La croissance forte et continue des données fabriquées, stockées et traitées, l'intelligence artificielle, l'IoT et bien d'autres technologies numériques auront de profondes implications en matière d'investissements dans les infrastructures liées au cloud computing et donc dans les datacenters. Néanmoins la soutenabilité de ces infrastructures va se poser assez rapidement notamment au fur et à mesure de leur déploiement.

Ces dernières années, les nombreux avantages des entreprises technologiques, tels que de meilleures interfaces utilisateurs, des écosystèmes établis et une tarification agressive, leur ont permis de supplanter des acteurs historiques. Pourtant, dans nombre de secteurs et dans le monde, particulièrement en Afrique, le taux de pénétration de la technologie reste encore très faible (Abid. A.2022). Son adoption n'en est toujours qu'à ses débuts. Face à cet engouement pour le cloud computing, plusieurs questions se posent sur la soutenabilité des Datacenters traditionnels, en d'autres termes, leur stabilité, leur durabilité vertueuse à moyen et long terme.

Il est donc important de noter que les Datacenters aujourd'hui considérés comme le socle du numérique jouent un rôle majeur dans la sphère du digital et dans la logique de souveraineté chère aux politiques, car la plupart des entreprises et des particuliers connectés utiliseront des solutions externalisées de type Cloud Computing et notamment en situation de mobilité c'est à dire via des terminaux portables (Mellet, 2020).

En revanche, les modèles d'hébergement en Datacenter existant commencent à plier sous le poids de la révolution des IT. La course à la domination numérique et l'augmentation continue de la production des données numériques ne cessent de pousser le numérique vers l'agilité et la performance entraînant de manière inquiétante la consommation excessive et continue d'énergie, d'émission de Co2 (Khosravi, A., & Buyya, R.,2018) et d'augmentation vertigineux de coût d'exploitation attirant l'attention à la fois sur les effets négatifs et positifs des TI sur la durabilité de celles-ci et l'environnement (Bohas 2016).

Les effets négatifs et/ou non vertueux du numérique sont importants. Ceux-ci concernent principalement les émissions et les déchets liés à la fabrication et au cycle de vie des matériels, les émissions de CO2, la consommation excessive des ressources énergétiques et fossiles à la fois du matériel et des logiciels (Toosi, A. N & al., 2017). Dès lors, comme les datacenters, centres d'enregistrement et de traitement des données, sont au cœur d'un système internet mondial. Celui-ci apparait de plus en plus externalisé « dans les nuages » alors leurs besoins en électricité, eau, sable, terres rares et autres ressources deviennent de plus en plus

difficilement soutenable surtout là où elles sont à la fois rares, coûteuses et instables c'est à dire en Afrique subsaharienne. Selon un rapport de Greenpeace daté de janvier 2017, les data centers représenteraient à eux seuls 7% de la consommation d'électricité mondiale. En moyenne, la consommation énergétique d'un data center est de 5,15 MWh au mètre carré. Soit 37 fois plus que la consommation moyenne d'une habitation. L'approvisionnement énergétique des géants du web et grands opérateurs du cloud tel que le GAFAM devient préoccupant, entraînant des coûts très exorbitant au point de susciter une grande inquiétude pour l'avenir du numérique. A l'heure actuelle, les datacenters sont raccordés aux réseaux internationaux.

Assujettis à l'électricité traditionnelle (fossile) ; en cas de coupure électrique, des générateurs de secours, dont la plupart sont alimentés avec du diesel prennent le relais. Une ressource très coûteuse et polluante qui risque d'être assujettie aux menaces de futures politiques en matière de transition énergétique. Face à ce problème, les entreprises ont choisi de se tourner vers les énergies renouvelables pour faire baisser leur facture énergétique. Les fournisseurs de services cloud sont motivés à s'orienter vers des centres de données plus durables alimentés par des sources d'énergie renouvelables ou vertes, telles que le solaire ou l'éolien (Toosi, A. N & al 2017).

Le but de cet article est donc de comprendre dans une certaine mesure, qu'adopter le Green IT serait une voie intelligente et opportune pour ce continent en développement.

Visant le contexte subsaharien, il s'agit d'une mise en route du concept Green IT que devrait et pourrait adopter l'Afrique subsaharienne pour soutenir la croissance et la souveraineté de son offre numérique naissante.

En effet, Il est à noter que la situation assez inconfortable de l'Afrique subsaharienne qui n'est pas encore en mesure de maîtriser sa souveraineté numérique mais qui semble quand même sur la voie d'une prise de conscience bienvenue et opportune. C'est donc à cause du manque d'équipements sur place, de l'absence de législation spécifique et d'une confiance limitée en la fiabilité des infrastructures existantes, que les données sensibles africaines sont hébergées à l'étrangers (Bidan & Kone,2020). L'Afrique subsaharienne vis donc une situation de dépendance. Cette situation de dépendance numérique ne peut durer et elle doit évoluer vers la souveraineté, d'un peu plus d'autonomie et de responsabilité dans cet élan de développement numérique.

Les datacenters étant le socle de l'industrie numérique, Si la maîtrise des activités énergétique, des émissions de gaz à effet de serre, de la transition énergétique et écologique

reste un domaine complexe et difficile à surmonter pour les pays développés outillé en matière numérique, alors qu'en est-il pour l'Afrique subsaharienne au regard de son retard technologique, saura-t-elle maîtriser une révolution vertueuse, plus responsable des data centers et autres infrastructures massives ?

Le but de ce travail est de répondre à une problématique majeure : Est-ce que le Green IT est une voie acceptable pour Afrique Subsaharienne ou sera-t-elle une impasse terriblement décevante ?

Nous voudrions explorer la capacité des datacenters de l'Afrique subsaharienne à aligner les prérogatives de durabilité numérique et environnementale au regard d'une demande plus en plus massive de stockage, de traitement et de transmission des données.

Pour répondre à cette problématique, il s'agira pour nous dans un premier temps de comprendre l'environnement Eco- tic des data centres de l'Afrique subsaharienne en regard de la littérature sur le Green IT avec lequel nous utiliserons la théorie de la diffusion des innovations (Rogers, 2010) pour développer un modèle conceptuel des facteurs influençant l'adoption du Green IT. Dans un second temps, Dans un second temps, du point de vue empirique, suivant un paradigme interprétativiste, d'explorer les facteurs qui influencent l'intention des acteurs du numérique d'adopter des comportements écoresponsables, en mettant particulièrement l'accent sur les caractéristiques écologiques respectueuses de l'environnement. A cet effet, nous nous sommes lancés à l'aide d'un guide d'entretien dans d'une enquête qualitative d'interviews semi-directives réalisée directement auprès de 21 managers de PME ivoiriennes. A l'issue de cette approche exploratoire et prospective, analytique, nous avons fait des propositions de performance et de pérennité.

1. Littérature

1.1 Green IT

Le concept Green IT aligne sur une volonté commune de minimiser le négatif, poursuivre la durabilité numérique et environnementale, minimisation des externalités environnementales négatives associées à la conception, la fabrication, l'utilisation des IT et l'élimination de ses déchets sont appelées TI vertes (Murugesan, 2008). C'est comme répondre aux besoins des générations actuelles sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins.

Le concept Green IT comprend également la culture écologique, les croyances et les actions des professionnels de l'informatique pour prévenir la pollution, améliorer la gestion des

produits et contribuer au développement durable (Molla et al., 2011).

Plusieurs études ont prouvé les conséquences du numérique et ont invité les professionnels du IT à intégrer la durabilité environnementale dans leurs recherches, leur enseignement et leur formation professionnelle pratiques (Bidan 2010, Melville, 2010; Bohas et al., 2013, Watson et al., 2010a); pour lutter contre les problèmes environnementaux induits par les TI (Murugesan, 2008); développer des solutions qui apportent des bénéfices humains, y compris la durabilité environnementale (Venable et al., 2011); influencer l'organisation dans les initiatives des transformations vertes (Elliot, 2011); et de rationaliser le lien entre attentes sociales en matière de durabilité environnementale et d'actions organisationnelles (Melville, 2010).

D'un point de vue organisationnel, selon les travaux de (Bohas et Poussing, 2010) l'adoption du Green IT fait état de cinq déterminants principaux, à savoir : l'engagement de l'entreprise dans le volet social et sociétal de la RSE ; la recherche d'éco-efficacité, l'éco-efficience au travers de la volonté de réduire les coûts d'exploitation ; la quête de légitimité sociale par le désir d'améliorer l'image de l'entreprise ; le fait d'appartenir à un groupe et le fait de recourir à des usages technologiques avancés.

Le Green IT n'est ni un concept bien défini, ni un ensemble de pratiques uniformément accepté (Molla, A., 2009). Dans la littérature des praticiens, le Green IT a été principalement associée à des technologies et à des initiatives visant à réduire les coûts d'électricité, de refroidissement et d'immobilier associés aux opérations TIC (Accenture, 2008 ; Rasmussen, 2006).

Cet aspect du Green IT n'est pas nouveau dans la mesure où l'industrie des TIC a commencé à entreprendre des innovations, des initiatives pour améliorer la performance énergétique des technologies depuis plusieurs décennies.

Dans notre compréhension plus large du Green IT, nous avons circonscrit les deux thèmes (problème et solutions) du Green IT ; celui qui couvre le cycle de vie informatique ; et un qui inclut non seulement les technologies dures ou rigides, mais aussi les politiques et pratiques commerciales souples. Du point de vue de l'éco-durabilité, le Green IT peut être définie comme l'application systématique de considérations environnementales (c'est-à-dire les pratiques de prévention, de la pollution, la gestion des produits et l'utilisation de technologies propres) liées à l'informatique (Bohas 2016). Le concept de l'informatique est très large au point où il a été difficile de trouver une définition consensuelle du Green IT.

En revanche, prenant en compte les perspectives d'infrastructure informatique (Byrd et



Turner, 2000; Broadbent et Weill, 1997) et d'éco-durabilité (Hart 1997) ainsi que la notion d'Elliot (2007) du cycle de vie informatique peut conduire à une définition du Green IT qui circonscrit les valeurs autour de la capacité d'une organisation à appliquer systématiquement des critères de durabilité environnementale (tels que la prévention de la pollution, la gestion des produits, l'utilisation de technologies propres) à la conception, à la production, à l'approvisionnement, à l'utilisation et à l'élimination de l'infrastructure technique des TI. De même que l'application de la durabilité écologique au sein des ressources humaines et managériales y compris les composants de l'infrastructure technologique numérique (Bohas, 2013).

Le Green IT renvoie ainsi à différentes problématiques ressources, toxicité, déchets et impacts sociaux (Flipo et al., 2012 ; Groupe EcoInfo, 2012) et à différents niveaux d'impacts individuel, organisationnel, inter-organisationnel et sociétal (Bidan, 2010 ; Boudreau et al., 2008).

Par ailleurs, la plupart des typologies ou taxonomies du Green IT ont en commun un rapprochement avec les travaux en management stratégique (Bohas , 2013) et (Bidan, 2010). Ainsi, Chen et al. 2008 et Jenkin et al. (2011) ont basé leurs travaux sur les typologies proposées par Hart (1997) et Dyllick et Hockerts (2002). La première retient trois objectifs de durabilité : la prévention de la pollution, l'écoconception des produits et le développement durable que l'auteur décompose entre l'utilisation de technologies plus propres et une vision de la durabilité (Hart, 1997).

Partant de là, Bordage (2009) a fait une classification des éco-TIC en deux grandes catégories d'éco-TIC. D'une part l'utilisation des TIC pour réduire l'impact écologique de l'activité humaine et d'autre part la conception et la mise en place des TIC de façon à ce qu'elles réduisent leur propre impact sur l'environnement. Bordage (2009) propose également une autre classification des éco-TIC qui se résume en trois catégories : le Green IT 1.0, le Green IT 1.5 et le Green IT 2.0. Selon lui le Green IT 1.0 concerne la réduction de l'impact de l'informatique sur l'environnement. Cette catégorie consiste à réduire l'empreinte écologique (Mesure de la pression qu'exerce l'homme sur la nature correspondant à la surface productive nécessaire à une population pour répondre à sa consommation de ressources et à ses besoins d'absorption de déchets.) des technologies de l'information. Ensuite, le Green IT 1.5 concerne la réduction de l'empreinte écologique des infrastructures de communication et l'utilisation de ces outils pour réduire l'empreinte écologique de l'entreprise, notamment en réduisant les déplacements. Cette catégorie consiste à réduire l'empreinte écologique de l'organisation

physique de l'entreprise, que cette entreprise appartienne au secteur informatique ou non. Et enfin le Green IT 2.0 se rattache à l'utilisation des TIC pour réorganiser / optimiser des processus métiers en fonction de leur empreinte écologique. Cette catégorie fait référence à l'intégration des TIC dans d'autres industries (exemples : construction, transport, logistique, énergie, etc.) via le développement de systèmes d'information ou d'outils analytiques.

En permettant aux entreprises de bénéficier de plus de flexibilité et de systèmes informatiques intelligents capables de mesurer et réguler les consommations énergétiques, le Green IT 2.0 a ainsi la capacité de réduire l'empreinte écologique de ces industries en générant un changement structurel au cœur même de leur modèle d'affaires via la réorganisation et l'optimisation des processus métier, des opérations et de l'organisation de l'entreprise (Bordage, 2011b). De ce fait, cette catégorie est beaucoup plus ambitieuse que les deux précédentes, qui sont, elles, focalisées sur les dimensions techniques et organisationnelles de l'entreprise.

Le Green IT 2.0 permet donc à la fois de réduire la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre relatives au secteur TIC mais aussi relatives à l'entreprise dans laquelle la technologie informatique est utilisée.

Par conséquent, en nous fondant sur les travaux de Berthoud et al. (2007), Garretson (2007), Anderson et al. (2008), Pensel (2008), Bordage (2009) et Swanborg (2009). Nous pouvons catégoriser les éco-TIC en trois catégories, comme suit :

D'abord L'ensemble des méthodes, les politiques, les pratiques et services éco-responsable qui réduisent l'impact du métier des entreprises sur l'environnement. Citons par exemple le e-commerce, le télétravail, la vidéoconférence et le e-Learning... Ces pratiques ont pour principal objectif d'éviter les déplacements et les transports physiques.

Ensuite, l'ensemble des méthodes infrastructures, équipements, système virtualisation, régulation machine et des logiciels qui ont pour objectif de réduire la consommation énergétique de l'infrastructure informatique. Dans cette catégorie on cite les « Green Data Center », l'informatique de nuage, la virtualisation des serveurs...

Enfin, l'ensemble des technologies de l'information et de la communication éco-conçues ou encore appelé les « TIC propres ». L'éco-conception est une manière préventive qui consiste à internaliser les problématiques écologiques dans le processus de production (Patingre et Vigneron, 2001), ainsi l'impact environnemental devrait être mesurable tout le long du cycle de vie du produit (fabrication, suppression de l'obsolescence programmées, utilisation et gestion des déchets à la fin de vie).

Il ressort ainsi de cette discussion ci-dessus, que l'écologisation vise généralement à réduire la consommation d'énergie, la consommation d'eau, la pollution, la production de déchets et la consommation de ressources naturelles. Il vise également à remplacer l'utilisation de matériaux toxiques aux matériaux non toxiques et des bonnes politique et pratiques plus durables et éco-responsables.

Si la littérature récente sur la société de l'information insiste sur l'importance de la durabilité et tenté de mieux comprendre la société verte (Melville, 2010 ; Watson et al., 2010), cependant, il semble y avoir un manque de direction en termes de thèmes et d'approches spécifiques (Brooks et al., 2012), d'où le règne d'une situation relativement confuse entre les promesses des acteurs et leur implication spécifique.

Il en va de même pour les pays de l'Afrique subsaharienne dont le dynamisme technologique accuse un retard considérable. Et cela soulève plusieurs questions sur une volonté politique ou une insuffisance de moyens matériels et intellectuels. En revanche, l'espoir y existe tout de même. Mais, encore faut-il disposer des ressources, compétences et capacités de nature, à la fois, technologique, managériale et stratégique requises pour réaliser un processus d'alignement stratégique des TI verte (Teece 2007).

L'avantage d'un contexte de transition pourrait au mieux créer des environnements commerciaux aujourd'hui de plus en plus appelés des écosystèmes (Teece, 2014). Lesquels sont considérés comme un système de liens et d'interdépendances, comme entre des activités commerciales, des unités commerciales et les entreprises (Moore 1993) etc, contribuant au développement d'une société plus intelligente en IT et plus durable.

Restant dans le cadre des data centers nous avons décidé de faire un zoom sur les ressources et compétence dont dispose l'Afrique subsaharienne en matière d'Eco-TIC de ces usines à données, l'organe principal du cloud computing sans lequel la révolution numérique n'existerait peut-être jamais et examiner les obstacles qui l'empêcheraient d'y arriver.

1.2 Théorie de la diffusion de l'innovation et hypothèses de recherche

La théorie de la diffusion de l'innovation (Rogers, 2020) est l'une des théories les plus largement appliquées pour prédire l'adoption de technologies au niveau organisationnel (Wang et al., 2020). Il fournit le modèle de base de la manière dont les caractéristiques perçues de l'innovation affectent le taux d'adoption de l'innovation (Zhang et al., 2019).

De plus le modèle DOI de Rogers est le modèle de diffusion en plus d'être le plus largement utilisé est le plus populaire (Wang et al., 2020). Dans ce modèle, il existe cinq variables



indépendantes : attribut de l'innovation, type de décision d'innovation, canaux de communication, nature du système social et étendue des efforts de promotion des agents de changement.

Selon Rogers (2010), il existe cinq attributs perçus des innovations, ce sont : avantage relatif, compatibilité, complexité, capacité d'essai et capacité d'observation. Ces cinq caractéristiques de l'innovation proposées par Rogers (2010) influencent grandement l'acceptation d'une innovation. Ces caractéristiques sont l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la possibilité d'essai et l'observabilité.

- **Avantage relatif** : mesure dans laquelle les gens croient que l'innovation est meilleure que l'innovation traditionnelle. Robinson (2009) a souligné que plus l'avantage relatif perçu d'une innovation est grand, plus son taux d'adoption est susceptible d'être rapide. Dans cette étude, l'intention d'être frugale aux datacenters est utilisée comme variable dépendante et l'hypothèse suivante est proposée pour lier l'avantage relatif aux dispositions écoresponsables

H1 : L'avantage relatif aurait un effet positif sur l'intention d'adopter une politique écoresponsable des datacenters.

- **Complexité** : est une mesure dans laquelle une innovation est perçue comme relativement difficile à comprendre et à utiliser (Wang, et al., 2020). Les utilisateurs potentiels peuvent ne pas avoir confiance dans la technologie et ne pas en tirer des intérêts économiques, si elle est complexe à comprendre (Wang et al., 2020). L'hypothèse suivante est proposée :

H2 : La complexité aurait un effet négatif sur l'intention d'adopter une politique écoresponsable des datacenters

- **Compatibilité** : degré auquel une innovation est perçue comme cohérente avec les valeurs existantes, les valeurs passées et les besoins des adoptants potentiels (Luo, et al., 2023). Une compatibilité élevée a été identifiée comme un facilitateur de l'adoption de l'innovation (Wang et al., 2020). L'hypothèse suivante est proposée :

H3 : La compatibilité aurait un effet positif sur l'intention d'adopter une politique écoresponsable des datacenters

- **Possibilité d'essai** : est la mesure dans laquelle l'innovation technologique peut être essayée et testée à une échelle limitée. Les innovations qui peuvent être essayées au préalable ont beaucoup plus de chances d'être adoptées que celles qui ne le peuvent pas. Cela est particulièrement vrai pour les innovations qui ont une grande visibilité et une grande

incertitude. Par exemple, les effets positifs de toutes sortes de mesures d'économie d'énergie, comme les servers écoconçus, l'utilisation de technologie d'énergie renouvelable ne peuvent pas être facilement déterminés a priori. Ce n'est qu'après une utilisation soutenue de l'innovation que les utilisateurs peuvent en percevoir les avantages (Darley & Beniger, 1981).

L'hypothèse suivante est proposée :

H4 : la possibilité d'essai de la technologie numérique verte aurait un effet positif sur l'intention d'adopter une politique écoresponsable des datacenters.

- **Observabilité** : c'est la mesure dans laquelle les résultats d'une innovation sont visibles pour les autres. Une grande visibilité conduira en général à une adoption rapide. Si tout le monde peut clairement voir les effets de l'adoption d'une innovation, les clients seront plus enclins à l'adopter si les effets observés sont souhaitables. Les innovations vertes ont souvent une faible visibilité. En particulier avec les innovations de produits écologiques qui consistent en de petits changements limitant l'impact environnemental du produit, il n'y a souvent aucune différence perceptible avec une alternative plus ancienne et moins respectueuse de l'environnement. Une voiture équipée d'un moteur économe exemple une voiture électrique ressemble à une voiture équipée d'un moteur plus ancien et peu économe en carburant.

L'hypothèse suivante est proposée :

H5 : l'observabilité de la technologie numérique verte aurait un effet positif sur l'intention d'adopter une politique écoresponsable des datacenters.

Selon le modèle DOI, il y a cinq étapes par lesquelles passe un individu ou une organisation au cours du processus d'adoption : Connaissance de l'innovation, Persuasion, Décision de rejeter ou d'accepter l'innovation, Mise en œuvre de l'innovation et Confirmation de la décision. Le modèle Rogers de DOI est une approche globale pour analyser la diffusion de l'innovation, utilisant deux domaines de la psychologie et de la sociologie (J. A. Corrigan, 2012). Ce modèle a été utilisé dans de nombreux domaines comme les soins de santé, l'éducation et l'agriculture (J. A. Corrigan, 2012).

Dans cadre de notre étude, c'est le domaine sociologique qui nous intéresse le plus, dans la mesure où cette étude s'adresse aux organisations numériques, aux firmes numériques, les acteurs de gestion massive de données numérique à savoir les datacenters

2. Méthodologie

2.1 Notre terrain de recherche exploratoire

Pour la phase empirique de cette recherche, nous sommes partis d'abord d'une étude documentaire sur la situation actuelle des data centers de l'Afrique subsaharienne en prenant un appui documentaire sur l'article « Pourquoi toujours aussi peu de data centers en Afrique subsaharienne ? » (Bidan & Kone, 2020), auquel nous avons associé notre enquête qualitative effectuée à l'évènement Big Data les 14 et 15 septembre à 2020 à Paris, dont nous exposerons quelques résultats des entretiens sur l'éco-responsabilité du numérique en l'Afrique subsaharienne. De cette approche exploratoire, nous en identifierons des facteurs explicatifs d'opportunités et d'obstacles dans notre discussion.

L'étude sur les data centers en Afrique subsaharienne a révélé qu'en 2018, 1,3% des data centers mondiaux qui étaient localisés sur le continent africain c'est à dire moins d'une centaine comme évoqué dans l'article. Concrètement, il y en avait 40%, 30% et 10% qui étaient situés respectivement aux USA, en Europe et en Asie. Pour comprendre cette répartition plutôt inéquitable et qui fragilise grandement la souveraineté numérique du continent, il faut revenir aux fondamentaux des usines à données. Leur présence dans les zones tempérées voire froides du globe s'explique en grande partie par la proximité des populations consommatrices et productrices de données (donc les pays riches), par la santé économique des continents évoqués (ces infrastructures coûtent des millions de dollars à construire puis à exploiter) mais aussi par des caractéristiques géotechniques et géologiques.

Il faut, en effet, ne pas négliger qu'un data center a besoin d'eau, d'électricité, de béton, de verre, de plastique, de cuivre, de terres rares, de compétences humaines (ingénieurs et techniciens), de sécurité interne et externe (ni guerre, ni guérilla, ni conflit, ni coupeurs de routes) et qu'il n'apprécie guère la chaleur, les perturbations sismiques, le sable, l'humidité et l'instabilité. Enfin, il doit être connecté en permanence avec temps d'arrêt annuel de moins de 2h pour obtenir une classification Tier III. Alimenté aux réseaux énergétiques surtout électrique et bien-sûr internet par câble sous-marin par exemple, d'où la proximité du littoral.

Le tableau ci-dessous rappelle combien la classification de sécurité et de fiabilité des Data Centers (nommée Tier 1 à 4) définie par l'UPTIME Institute, est plus ou moins exigeante selon le niveau recherché.

Les datacenters de type TIER 1 disposent d'une seule chaîne électrique alors que les datacenters de type TIER 4 disposent de 2 chaînes électriques en redondance totale.

Le tableau ci-dessous rappelle combien la classification de sécurité et de fiabilité des Data Centers (nommée Tier 1 à 4) est plus ou moins exigeante selon le niveau recherché mais il souligne aussi que même le Tier I exige moins de 30 heures de non fonctionnement sur une année !

Tableau 1 : Classification de la sécurité et de la fiabilité des Data Center de Tier 1 à 4
(source: Uptime Institute Issued Awards)

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Redondance des équipements	1	2	2	2N+1
Alimentation	Réseau unique	Réseau unique	Réseau doublé	Réseau doublé
Composants de secours	Non	Non	Non	Oui
Alimentation des composants	Non	Non	Doublee	Doublee
Refroidissement en continu	Non	Non	Non	Oui
Temps d'arrêt annuel maximum	<30 heures	<22 heures	< 2 heures	<48 minutes
Durée de réserve des générateurs de secours	12 Heures	12 Heures	12 Heures	12 Heures

A l'heure où le fonctionnement de chaque entreprise est de plus en plus dépendant de l'informatique, la tendance actuelle est de privilégier des datacenters avec le niveau de TIER le plus élevé. Sans rentrer dans le débat de la légitimité de cet indice, on constatera tout au moins que l'on attend un taux de disponibilité de plus en plus important.

Par cette étude documentaire, nous constatons une situation quasi-satisfaisante du continent africain, qui n'est pas bien loin de maîtriser sa souveraineté numérique, mais qui semble quand même sur la voie d'une prise de conscience bienvenue et opportune (en moyenne Tier III). Cette situation nous interpelle également quant à sa position d'éco-responsabilité

numérique, sa capacité à mieux appréhender les opportunités du numérique vertueux et des éventuels obstacles. Pour comprendre cela, nous nous sommes appuyés sur notre étude exploratoire qualitative d'interview semi-directive à l'évènement du Big data et de l'IA à Paris sur la transition écologique et du numérique.

2.2 Collecte des données

Une partie de cette enquête qualitative énumérée ci-après, nous a permis d'ouvrir une réflexion sur le retour d'expériences des pays développer et de proposer des solutions qui pourrait aider l'Afrique dans son décollage vers des pratiques éco-responsables (Green IT) au regard de son retard en matière du numérique.

Pour la collecte de données nous nous sommes rendus à évènementiel du Big data et de l'IA à Paris qui a réuni 300 Ateliers 370 Sponsors & Exposants 200 Speakers et des acteurs clés de l'innovation technologique et digitale : fournisseurs, institutionnels, chercheurs, porteurs de projets, en gros, tous ceux qui façonnent l'univers digital de demain.

Cette 9ème édition a été très riche eu égard aux retours d'expériences concrets, les présentations techniques et keynote stratégiques, les échanges interactifs, et interviews. Ces deux journées de conférences nous ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances et d'enrichir notre réflexion aux côtés d'intervenants d'exception. Au cours de cet évènement nous avons mené un entretien semi-directif avec 17 experts de la Tech, des ONG écologiques, des banquiers, et bien d'autres experts du numérique. Parmi ceux-ci 8 experts avaient une bonne connaissance de la situation numérique africaine. Cette entrevue bien enrichissante n'a duré presque une dizaine de minute, pendant lesquelles chacun a donné sa contribution sur les thématiques de la révolution numérique, du cloud computing, l'impact environnemental de la technologie, des solutions de sobriété et de frugalité numérique, d'efficacité énergétique.

L'entretien nous a permis d'ouvrir une réflexion sur le retour d'expériences des pays développer et de proposer des solutions qui pourrait aider l'Afrique dans son décollage vers des pratiques éco-responsables (Green IT) au regard de son retard en matière du numérique, ses opportunités et ses limites.

2.3 Traitement et analyse des données

Pour analyser les données collectées auprès des experts, nous avons procédé à une retranscription sociologique de l'entretien semi-directif entre ces 17 experts sous forme de verbatim avant de procéder à une analyse de contenu du corpus d'entretien.

L'analyse qualitative de contenu est une méthode pour décrire systématiquement les sens de

données qualitatives. C'est un instrument d'analyse qui vise la circonscription et l'analyse de contenu (Schreier, 2014). C'est une technique de recherche pour la description objective systématique et quantitative du contenu manifeste d'une communication (Berelson, 1952).

Nous avons effectué une L'analyse de contenu thématique, qui constitue un outil classique pour l'étude qualitative par la catégorisation des énoncés dans des thèmes d'analyse.

L'objectif de cette analyse est de dégager des éléments sémantiques fondamentaux en les regroupant à l'intérieur des catégories c'est-à-dire les thèmes que nous avons définis. Le but est de repérer les unités sémantiques qui constituent l'univers discursif de l'énoncé.

Il s'agit d'une reformulation de contenu de l'énoncé sous forme condensée et formée. Nous avons ainsi sélectionné, informatisé des données textuelles dans le texte d'origine : Nous avons intégré dans le logiciel Nvivo12 l'intégralité de son texte « brut » et procéder au traitement. Ensuite nous avons procédé à une classification catégorielle correspondant à chaque thème, puis nous avons dressé une typologie et faire une lecture horizontale et verticale du contenu textuel. En recontextualisant cette étape avait donc pour objectif de donner du sens à notre corpus d'entretien. Nous obtenons ainsi une production des résultats issus de ce traitement.

2.4 Résultat

Nous exposons ici une synthèse de l'avis des 8 experts que nous avons extraits. Leur contribution a été mis en exergue sur les 4 thèmes à savoir : la révolution numérique, transition énergétique et écologique du numérique, les opportunités numériques Eco-tic de l'Afrique subsaharienne et enfin les obstacles éventuels à cet élan Eco-tic. Il s'agit à cette étape de résumer l'avis des différents experts en révélant les points clés en lien avec nos thèmes.

2.4.1 Révolution numérique

Nous avons tout d'abord demandé aux participants d'expliquer ce qu'ils pense de la nouvelle révolution technologie et de son impact environnemental, quelles solutions préconisez-vous pour une sobriété numérique et énergétique, sachant que les innovations comme l'Edge computing, l'Edge data center, pico datacenters, les nano data, l'intelligence artificielle, le big data, l'industrie de demain ou nouvelles industrie (4.0), les IoT etc. , sont en plein essor, y compris leurs apports positifs et leurs impacts négatifs.

Les répondants ont ainsi expliqué que « les innovations telles que les IoT recouvre les systèmes verticaux, qui sont au centre de l'organisation dans de nombreux secteurs comme

industrie, santé, logistique et autres, ainsi que les connaissances spécialisées nécessaires pour faire fonctionner ces derniers, y compris le cloud de proximité. Cela n'existait pas par le passé. Ces dispositifs demandent évidemment une consommation énorme en énergie et produisent des émissions de CO2 important » (Participant 4). De plus, « que la demande est extrême et devient de plus en plus forte par les crises, particulièrement celle de la COVID-19 qui a alimenté et accentué le travail à distance et par conséquent, la technologie à gérer la collaboration distantielle. Ils ont noté que dans le secteur de la tech c'est l'innovation et la performance qui peuvent booster notre marge opérationnelle. Aujourd'hui le numérique se développe, il faut donc des capacités pour faire circuler les données de façon responsable » (Participant 1). « Les crises ont renforcé les contrats collaboratifs interentreprises, inter communautaires, inter- académique, les interactions sociales comme le phénomène des écosystèmes numérique par le Big Data, renforcé par la mise en commun et l'exploitation des bases de données consommateurs, utilisateurs, fournisseurs par exemple, également, l'arrivée de la 5G va dynamiser un marché déjà en croissance et permettre de gérer des mini-cloud distribués et connectés aux usines » (Participant 2). Le participant 5 a souligné que « les crises sont des meilleurs moments pour relancer les activités. Les crises créent des besoins énormes qu'il faut résoudre. C'est parce qu'il y a un problème dans la société que les entreprises existent pour les résoudre. Aujourd'hui les utilisateurs du numérique ont besoin énormément de plus de ressources de stockage, plus de proximité, moins de latence, plus de sécurité, plus d'innovation. Tout converge vers le smart comme smart city, smart house, smart country etc. selon eux, il importe donc à l'entreprise de chercher à résoudre ces problèmes de manière efficace et efficiente et les meilleurs dans cette course à solutions dans nos sociétés seront des leaders » (Participant 5).

2.4.2 Transition énergétique et écologique du numérique

Concernant la transition écologique et énergétique : Le participant 3 a souligné que « La 5G est la première technologie mobile, qui a intégré l'enjeu environnemental et d'une efficacité énergétique bien plus importante que les générations précédentes 3G, 4G. C'est-à-dire qu'avec un volume de données équivalentes, l'on peut consommer 5 à 6 fois moins d'électricité. Et on sait que les principaux enjeux des opérateurs de télécom c'est d'une part la maîtrise forte de sa consommation énergétique. ». En outre, le Participant 2 a souligné « le numérique et les terminaux qui accompagnent sont tous liés à l'énergie et aux ressources fossiles. Le défi que nous devons relever aujourd'hui dans cette transition écologique, c'est de

construire une technologie qui contribue à la réduction de latence, à la possibilité d'être autonome en énergie (énergie renouvelable) , à favoriser la proximité des utilisateurs donc crée un rapprochement social favorable à la sécurité, la souveraineté des données numérique et à la confiance des utilisateurs. Parce que plus les data centre sont loin plus le travail de transmission de traitement et de stockage demande plus d'énergie et provoque plus d'émission Co2 ».

Pour le participant 5 « *On peut mobiliser, Il faut mobiliser la Biomasse, l'hydrogène vert, puisque c'est bien l'enjeu aujourd'hui. Je suis d'accord avec vous sur le fait que tout champ hors électricité est plus complexe plus difficile, plus diffus, plus difficile, sans doute attrapé par les grandes entreprises ».*

Le participant 4 a d'ailleurs expliqué « *la nécessité d'une transition énergétique efficace, une décentralisation du cloud, une émergence de l'Edge computing alimenté à l'énergie renouvelable et même l'immersion des petits data center dans l'océan à proximité des utilisateurs. Avec l'exemple du projet à succès Natick de Microsoft en 2018 sorti de l'eau en 2020, était également de profiter de l'énergie issue du milieu marin, pour effectuer deux tâches : d'abord le refroidissement des installations, selon le principe du water cooling, ensuite l'alimentation en électricité renouvelable, enfin, rapprocher les data centers des zones où vivent les populations. on comprend bien que c'est au niveau du rivage que les centres de traitement de données doivent être positionnés, afin de diminuer la distance entre le lieu où sont les données et les internautes, ce qui réduit au strict minimum la latence».*

2.4.3 Les opportunités numériques Eco-tic de l'Afrique subsaharienne

La question a été posée aux experts qui connaissent mieux la situation africaine. Nous avons été surpris que plusieurs d'entre eux ont déjà fait au moins un tour Afrique et en ont de bonnes connaissances. Quant aux opportunités numériques Eco-tic de l'Afrique subsaharienne, le répondant 8 explique que « *Bien qu'il commence à prendre son envol, le numérique est à une étape embryonnaire par rapport aux pays développé et fonctionne sur l'énergie fossile. Mais l'Afrique subsaharienne peut profiter de ses énormes potentiels en ressources énergétiques dont elle regorge ».* Il ajoute que « *'Afrique possède parmi les meilleures ressources d'énergies renouvelables au monde. Outre son potentiel considérable en matière de production hydraulique et géothermique, le continent dispose d'une importante radiation solaire tout au long de l'année pour faire tourner des datacenters moins énergivores ».* De plus au sujet de l'énergie éolienne, il affirme qu'elle « *y est exploitable à grande échelle ».*

Mais ce qui est inquiétant pour les répondants, c'est que tous ces atouts exceptionnels demeurent largement sous-utilisés alors qu'une majorité de la population africaine ne dispose pas d'un accès entièrement au numérique et aux services énergétiques de base. Ainsi le participant 4 a mis en exergue que *« La capacité de l'Afrique à développer les énergies renouvelables et à ouvrir la voie vers une plus grande utilisation est de plus en plus évidente »*. Pour le participant 7 *« il est important de prendre en compte l'énorme potentiel de production d'énergie du continent à partir de sources renouvelables, l'efficacité reste un élément essentiel pour un avenir durable. De plus, l'Afrique jouit d'immenses perspectives pour bâtir un continent résilient au changement climatique et à faibles consommation énergétique et d'émissions de CO2. Nous savons que l'énergie hydroélectrique est la source la plus importante d'électricité renouvelable au monde. Elle est depuis longtemps un élément important dans de nombreux systèmes électriques, en particulier en Afrique subsaharienne, son potentiel technique sur le continent est colossal et devrait être exploité pour des datacenters éco-responsables de petite et moyenne taille, car l'énergie renouvelable a une production relativement limitée et le niveau de besoin en énergie de cette zone est bien acceptable selon une étude récente fait par la banque mondiale »*.

Considérant que l'énergie demeure la matière première des data centres, nous avons demandé le choix des experts en matière énergétique pour les besoins éco-responsables des centres en Afrique. Selon le participant 5 *« parmi les énergies éco-responsables pour les data centre en Afrique, il y a l'énergie hydroélectrique qui est classiquement utilisé, l'énergie solaire est la source d'énergie renouvelable la plus propre et la plus abondante, l'énergie éolienne est aussi l'une des sources d'énergie renouvelable à exploiter de même que l'énergie géothermique faiblement exploitée »*.

2.4.4 Les obstacles éventuels à cet élan Eco-tic

Pour ce qui concerne les obstacles les participants ont enfin été invités à nous faire part de leur avis sur des blocages éventuels à l'émergence du numérique éco-responsable en Afrique subsaharienne. Selon le participant 7 *« Il est essentiel de noter que le secteur de l'énergie de la plupart des pays africains accuse un retard considérable, dans la détermination des voies claires pour le développement des énergies renouvelables, notamment en termes de cadres juridiques, d'incitations et de soutien financier au développement du secteur privé, dans la mesure où ces pays sont économiquement faibles, sans oublier les défis politiques, sociaux et culturels »*. le participant 1 ajoute comme solution qu' *« une intervention des gouvernements,*

des institutions financières internationales, travaillant en partenariat avec les secteurs de l'industrie et de l'investissement concernés, peut ainsi contribuer à accélérer le rythme et l'ampleur des investissements en matière d'énergie verte et des datacenters écoresponsables qui peuvent être immergés au large des côtes de l'océan atlantique, vue que la majorité de la population de l'Afrique subsaharienne vivent non loin des cotes maritimes ».

Insistant sur le coût de mise en œuvre, le participant 4 a souligné que *«la mise en œuvre d'un Data center éco-responsable à l'état de l'art est exorbitant, ça demande beaucoup d'argent, des centaines de million d'euros. Partant du foncier jusqu'à l'acheminement de l'électricité. Il faut énormément d'argent pour emmener une bonne quantité d'électricité, dans le bâtiment. Le Datacenter est une usine numérique, et donc pour acheminer l'électricité, pour refroidir les bâtiments, emmener tous les câbles électriques et télécom, nécessite un investissement énorme. Cela peut être un obstacle si l'Afrique subsaharienne n'est pas financièrement soutenue dans ce projet ».*

De plus, pour le participant 8 *« le manque d'engagement des dirigeants privés et la difficulté à traduire le concept éco-responsable des data centre en action concrète est un véritable obstacle à son adoption ».* Il a ajouté également que *«la résistance au changement est un facteur important au blocage d'adoption des innovations éco-responsable ».* En particulier dans la transition écologique les témoignages des répondants montrent clairement que la résistance au changement est à la fois privée, publique. Le manque d'engagement réel, des dirigeants privés et le pouvoir public qui traine à agir réellement en faveur d'une décentralisation et écologisation du secteur des data centres peu constituer un frein. Comme le souligne le participant 3 *« c'est une problématique de résistance collective, qui peut parfois créer un blocage, qu'il faut gérer ».*

2.5 Discussion

Comme nous l'avons constaté plus haut à l'étude des data centers, l'Afrique subsaharienne, n'est pas loin de sa souveraineté numérique. Malgré son retard en matière numérique, elle exprime des efforts considérables pour disposer du minimum. Cette prise de conscience doit s'aligner sur des bases d'éco- responsabilité et construire un avenir numérique plus durable et responsable. En effet les pays développés ont été surpris par leur avancée rapide du numérique. Ils se sont constitués une jungle dans la course à la révolution numérique créant un environnement de domination, de fusion écosystémique et d'absorption d'autres entreprises. Les réponses des Experts 4,1,2,5 de l'entrevue, explique le niveau actuel de



développement numérique des grandes puissances et des grands groupes leaders comme les GAFAM. Cependant la course à leur puissance numérique n'a pas été faite sur un fondement de durabilité numérique environnementale (mais fossile). C'est la raison qui suscite aujourd'hui à ces endroits de la planète des inquiétudes fortes au sujet d'un retour à la protection environnementale, à une transition énergétique et écologique durable. Ceci semble complexe et difficile à réaliser, dans la mesure où les grandes infrastructures technologiques ont bien du mal à s'y adapter et s'inscrivent dans le dilemme d'un retour en arrière pour reconfigurer tout le système écologiquement ou aller vers une transition processuelle qui prendra du temps. Les hypothèses H1, H2, H3, H4, H5 trouvent leurs réponses dans cette discursive. En effet, les répondants 3,2,5,4 font état de plusieurs avantages relatifs à la politique de sobriété, qui est entièrement observable dans la pratique et compatible avec les attentes de responsabilité sociale environnementale. En effet, les répondants suggèrent plus de dispositions optimales pour réussir une transition énergétique et écologique du numérique à savoir, la décentralisation du cloud computing ou Edge computing aidera la réduction des latences et la proximité des données auprès de utilisateurs. L'usage du mixte énergétique, des solutions renouvelables, l'hydrogène vert, la réduction d'énergie fossile, le mixte énergétique, la réduction de l'impact environnemental des datacenters, la construction d'infrastructures plus sobres en énergie, plus efficaces et plus innovantes, incitation du gouvernement, des pouvoirs publics, l'aide publique au développement du numérique éco-responsable, une culture écologique forte, une approche institutionnelle plus efficace, une implication des leaders, des grands groupes permettront entre autre, selon les répondants 4,5,6,7,8, d'arriver à bout d'une transition énergétique et écologique efficace.

Concernant l'Afrique subsaharienne dont la base des infrastructures numériques pas encore bien mature. Elle peut d'ores et déjà prendre de bonnes dispositions utiles pour éviter le dilemme actuel des puissances numériques qui essaie avec difficulté de trancher entre « protéger un développement du numérique fort et un environnement naturel plus durable ». Quant aux opportunités numériques Eco-tic de l'Afrique subsaharienne, répondants 8,4,7,5 sont du même avis que le numérique de l'Afrique subsaharienne étant à son étape d'émergence, peut profiter de ses énormes potentiels en ressources énergétiques dont elle dispose. Elle possède parmi les meilleures ressources d'énergies renouvelables au monde à savoir l'énergie hydroélectrique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique dont elle peut créer des parcs assez vastes pour alimenter des datacenters éco-responsables de petites et moyenne taille. Dans la mesure où la demande en infogérance, la production de



données numériques, leur traitement, leur stockage et leur transmission sont relativement moindre par rapport aux pays développés. La construction de datacenter éco-responsables, même immergés dans l'océan atlantique sera favorable à l'Afrique subsaharienne du point de vue économique et sa contribution positive à la crise environnementale, vue que la majorité de la population de l'Afrique subsaharienne vivent non loin des cotes maritimes.

En revanche les Experts 7,1,4,8,3 indiquent avec regrets que le secteur de l'énergie de la plupart des pays africains accuse un retard considérable. Selon eux les pays de l'Afrique subsaharienne sont économiquement faibles et les enjeux politiques, sociaux et culturels constituent un défi à ne pas ignorer. Outre cela, le coût de mise en œuvre de datacenters éco-responsables est énorme. Sans un soutien financier important il serait difficile d'y arriver. De plus, le manque d'engagement des dirigeants privés et la difficulté à traduire le concept éco-responsable des data centre en action concrète, la résistance au changement à la fois privée et publique constituent de véritables obstacles à son adoption de tels projet éco-responsable de data centres.

En utilisant la théorie de la diffusion de l'innovation, les résultats indiquent également un lien positif élevée se situe entre l'adoption de l'informatique verte et les facteurs liés à la technologie, et la corrélation la plus faible entre la pression externe et l'adoption de l'informatique verte. Bien qu'il n'y ait pas de grande différence entre ces deux variables, nous pouvons conclure que les organisations numériques à savoir les datacenters subissent moins de pression sur le Green IT par la concurrence que par les technologies en Afrique subsaharienne

En plus de mieux aligner aux prérogatives du green IT rappelées et confirmées par les experts, dans cette émergence du numérique, les pays de l'Afrique subsaharienne devons entre autres, prendre en compte les valeurs institutionnelles (coercitive, normative et mimétique)(DiMaggio & Powell 1983, Suchman 1995), les attentes des parties prenantes (Boele, Fabig et Wheeler, 2001) c'est-à-dire tous les acteurs intervenants dans les projets Eco-tic, instaurer une culture écologique organisation et sociale (Leidner et Kayworth, 2006 ; Whitfield et Landeros, 2006) afin puisse se sentir concerné, disposer de bonne ressources et de compétences (Molla, Cooper, et al., 2009) et l'implication entière des dirigeants ou la haute direction (Thong, J.Y.L. , 1999).

Conclusion, limites et voies de recherche

En conclusion, en utilisant la théorie de la diffusion de l'innovation, nous avons développé un



modèle conceptuel pour saisir ces facteurs saillants des points de vue organisationnel, technologique et environnemental et évaluer la préparation potentielle de l'organisation à entreprendre des initiatives de Green IT (c'est-à-dire l'initialisation de Green IT). Notre étude, permet donc un retour vers la littérature exposée sur le Green IT et de situer son intérêt dans cette situation d'émergence des pays en voie de développement numérique comme ceux du continent africain. Notre recherche apporte une contribution dans la littérature sur la situation du numérique éco-responsable des pays émergents.

Dans ce travail, nous avons tenté également de révéler des facteurs qui influencent le succès des innovations vertes des datacenter en Afrique subsaharienne du point de vue de leur adoption et de leur diffusion. Notre intention a été de montrer que la théorie de l'adoption et de la diffusion offre un cadre utile pour étudier le succès des innovations vertes du point de vue des organisations numérique.

Nous avons découvert que l'adoption et la diffusion montre que les fournisseurs des équipements et des dispositifs technologiques ou sociotechnique peuvent jouer un rôle important dans l'adoption et la diffusion des innovations vertes. En particulier, le rôle du gouvernement pourrait être plus important dans le cas des politique écoresponsables et de innovations vertes (encore plus au début du processus de diffusion, des décisions d'ordre réglementaire, d'encadrement, de pédagogie à la sobriété énergétique, de culture écocitoyenneté et la facilitation de l'acquisition des ressources) que dans le cas d'autres innovations. Néanmoins, le modèle d'adoption standard n'accorde pas d'attention particulière au rôle du gouvernement ; ce n'est qu'un des facteurs externes qui pourraient influencer le processus d'adoption. Par conséquent, un modèle d'adoption spécialement conçu pour les innovations vertes, avec un rôle plus important pour les gouvernements est nécessaire.

Nonobstant leur situation inconfortable en matière du digital, les pays de l'Afrique subsahariens ne sont pas encore loin de leur souveraineté numérique, mais qui semble quand même sur la voie d'une prise de conscience bienvenue et opportune. En outre, cette étude nous a montré que l'Afrique subsaharienne regorge un potentiel incontestable pour développer son environnement numérique éco-responsables sur les énergies vertes avec des data centres verts à proximité des utilisateurs et à la dimension de leurs faibles besoins. Ainsi l'exemple typique du projet Natick de Microsoft devrait guider l'Afrique dans des projets futurs de data centers immergés au fond de l'océan atlantique. Cette solution est jusqu'à ce jour la meilleure pour une soutenabilité du numérique et une efficacité en termes de performance stratégique, mais devra être accompagné d'un engagement ferme des dirigeants



publics et privé et d'un soutien financier indéfectible.

Notre étude prospective n'est pas exempte de limite. Elle est exploratoire et déclarative, elle reste un peu naïve sur les dimensions géopolitiques et économiques qui gangrènent l'autonomie décisionnelle du continent et surtout l'état des rapports de forces asymétriques dans les négociations avec les GAFAM et autres grands opérateurs de l'internet (par exemple les câbliers). C'est pourquoi, une étude plus approfondie en termes d'alignement stratégique par exemple sur l'adoption du Green IT est la bienvenue. Néanmoins, les experts sont relativement clairs sur le fait que le green IT et le soutenable n'est pas illusoire et n'est pas si paradoxal que cela dans le cas de l'équipement infrastructurel du continent africain en particulier au sud du Sahara là où la population et les besoins vont croître.

Bibliographie

- Abid. A.(2022)** «Transformations organisationnelles au cœur d'Entreprises de Service du Numérique (ESN) performantes: une étude exploratoire.», *Revue Française d'Économie et de Gestion*«Volume3: Numéro 10»pp:259-284.
- Augier, M., & Teece, D. J. (2007).** Dynamic capabilities and multinational enterprise: Penrosean insights and omissions.*Management international review*, 47(2), 175-192.
- Berelson, B. (1952).** Content analysis in communication research.
- Berrou, J. P., & Mellet, K. (2020).** Une révolution mobile en Afrique subsaharienne?. *Réseaux*, (1), 11-38.
- Bidan, M. (2010).** Systèmes d'information et développement durable: modèles théoriques et pratiques organisationnelles.*Management Avenir*, (9), 304-306.
- Boele, R., Fabig, H., & Wheeler, D. (2001).** Shell, Nigeria and the Ogoni. A study in unsustainable development: I. The story of Shell, Nigeria and the Ogoni people–environment, economy, relationships: conflict and prospects for resolution 1. Sustainable development, 9(2), 74-86.
- Bohas, A., & Poussing, N. (2016).** An empirical exploration of the role of strategic and responsive corporate social responsibility in the adoption of different Green IT strategies.*Journal of cleaner Production*, 122, 240- 251.
- Bohas, A., Dagorn, N., & Poussing, N. (2013).** Une analyse des liens entre types de Green IT et stratégies RSE.
- Bordage, F. (2009).** Green IT: tentative de définition.
- Brooks, S., Wang, X., & Sarker, S. (2012).** Unpacking green IS: a review of the existing literature and directions for the future.*Green business process management*, 15-37.
- Butchart, S. H., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., & Watson, R. (2010).** Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164-1168.
- Deephouse, D. L., & Suchman, M. (2008).** Legitimacy in organizational institutionalism. *The Sage handbook of organizational institutionalism*, 49, 77.
- Hart, S. L. (1997).** Beyond greening: strategies for a sustainable world. *Harvard business review*, 75(1), 66-77.
- J. A. Corrigan,(2012)** “The implementation of e-tutoring in secondary schools: A diffusion study,”*Computers & Education*, vol. 59, no. 3, pp. 925–936, Nov. 2012



- Khosravi, A., & Buyya, R. (2018).** Energy and carbon footprint-aware management of geo-distributed cloud data centers: a taxonomy, state of the art, and future directions. In *Sustainable Development: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1456-1475). IGI Global.
- Luo, Y., Lu, Z., & Wu, C. (2023).** Can internet development accelerate the green innovation efficiency convergence: Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122352.
- Molla, A. (2009).** Organizational motivations for Green IT: Exploring Green IT matrix and motivation models. *PACIS 2009 Proceedings*, 13.
- Moore, C. A. (1993).** Symmetry of mandibular muscle activity as an index of coordinative strategy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 36(6), 1145-1157.
- Murugesan, S. (2008).** Harnessing green IT: Principles and practices. *IT professional*, 10(1), 24-33.
- Rogers, E.M. (2010).** Diffusion of innovations. New York: The Free Press.
- Schreier, M. (2014, January).** Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: ein wegweiser im dickicht der Begrifflichkeiten. *InForum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 15, No. 1, p. 27).
- Teece, D. J. (2007).** Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, 28(13), 1319-1350.
- Teece, D. J. (2014).** The foundations of enterprise performance: Dynamic and ordinary capabilities in an (economic) theory of firms. *Academy of management perspectives*, 28(4), 328-352.
- Thong, J. Y. (1999).** An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of management information systems*, 15(4), 187-214.
- Toosi, A. N., Qu, C., de Assunção, M. D., & Buyya, R. (2017).** Renewable-aware geographical load balancing of web applications for sustainable data centers. *Journal of Network and Computer Applications*, 83, 155-168.
- Wang, X. & Yuen, K. F., Wong, Y. D., Ma, F., (2020).** The determinants of public acceptance of autonomous vehicles: An innovation diffusion perspective. *Journal of Cleaner Production*, 270, 121904.
- Whitfield, G., & Landeros, R. (2006).** Supplier diversity effectiveness: does organizational culture really matter?. *Journal of Supply Chain Management*, 42(4), 16-28.



Zhang, H., & Vorobeychik, Y. (2019). Empirically grounded agent-based models of innovation diffusion: a critical review. *Artificial Intelligence Review*, 52, 707-741.

Web

<https://lenergeek.com/2017/11/16/green-it-data-center-web-energies-renouvelables/> (consulté en mai 2021)

<https://www.revuefreg.fr/index.php/home/article/view/867> (consulté en mai 2021)

<https://mns-consulting.com/le-cloud-en-afrique-subsaharienne/> ((consulté en juin 2021)

<https://theconversation.com/pourquoi-rehabiliter-le-cloud-regional-de-la-pertinence-des-data-center-locaux-et-globaux-83556> (consulté en avril 2021)

<https://management-datascience.org/articles/14031/> <https://www.cairn.info/revue-reseaux-2020-1-page-11.htm> (consulté en mai 2021)