

Numérique et environnement : quels enjeux à l'heure de la transition écologique ? (Synthèse bibliographique)**Grégoire Ngalamulume Tshiebue**

Université Catholique du Congo (UCC). Faculté d'Économie et Développement. BP 1534 Kinshasa-Limete (RDC). E-mail : gregoire.ngalamulume@ucc.ac.cd
 Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR-Tshibashi). BP 720 Kananga (RDC)

Reçu le 05 septembre 2024, accepté le 24 septembre 2024, publié en ligne le 28 septembre 2024

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v7i3.12>

RESUME

Description du sujet. L'interaction entre le numérique et l'environnement est souvent diversement commentée. Certains considèrent le numérique comme ayant une empreinte écologique considérable et par conséquent influant négativement sur l'environnement, alors que d'autres pensent que le numérique a des bienfaits à offrir à l'environnement de manière générale.

Littérature. Cet article essaie d'analyser les enjeux autour de la relation entre le numérique et l'environnement, notamment les divers impacts environnementaux des technologies numériques d'une part, et de réfléchir sur des pistes d'actions pour la réduction de la part négative de l'impact du numérique sur l'environnement, d'autre part. Cela permettrait de faire du numérique un outil important d'aide à la transition écologique.

Conclusion. Pour que les transitions numérique et écologique parviennent à s'articuler entre elles de manière souhaitable et que la transition numérique ne sacrifie celle écologique, il devient impérieux de concevoir et de mettre en place de nouvelles politiques publiques susceptibles de lisser les divergences et de permettre une interaction harmonieuse entre transition écologique et transition numérique. Dans ce sens, des stratégies efficaces et des politiques de soutien à l'innovation numérique doivent devenir à la fois plus exigeantes et plus créatives.

Mots-clés : Transition numérique, transition écologique, politiques publiques, innovations, développement durable

ABSTRACT**Digital and Environment: What are the challenges at the time of ecological transition?**

Description of the subject. The interaction between digital and the environment is often commented on in different ways. Some consider digital to have a considerable ecological footprint and therefore negatively influence the environment, while others believe that digital has benefits to offer to the environment in general.

Literature. Based on both scientific and professional literature, this article attempts to analyze the issues surrounding the relationship between digital and the environment, in particular the various environmental impacts of digital technologies on the one hand, and to reflect on avenues of action for reducing the negative part of the impact of digital on the environment on the other hand. This will make digital an important tool to support the ecological transition.

Conclusion. In order for the digital and ecological transitions to be able to articulate themselves in a desirable way and for the digital transition not to sacrifice the ecological transition, it becomes imperative to design and implement new public policies capable of smoothing out the divergences and allowing a harmonious interaction between the ecological transition and the digital transition. In this sense, effective strategies and policies to support digital innovation must become both more demanding and more creative.

Keywords: Digital transition, Ecological transition, Public policies, Innovations, Sustainable development.

1. INTRODUCTION

Les domaines du numérique et de l'environnement connaissent des évolutions et des transformations très rapides et importantes dans notre société qui suscitent des questionnements, des préoccupations, voire des inquiétudes. Ils sont en pleine mutation connue sous le concept de « transition ». Il devient dès lors nécessaire de s'intéresser de façon courageuse, aux enjeux à la fois sociétaux, environnementaux, socioéconomiques, techniques, suscités par ces interactions.

En effet, plusieurs chercheurs et analystes admettent l'idée d'une interaction entre le numérique et l'environnement. Pour certains, cette interaction est largement positive alors que pour d'autres, le numérique aurait une empreinte écologique considérable et donc, agirait de manière négative sur les ressources naturelles et sur l'environnement de manière générale, et serait responsable des émissions de gaz à effet de serre. Il s'avère dès lors impérieux de scruter la situation pour éclairer la lanterne de beaucoup, vu les enjeux majeurs au sein de la société.

Comme on le voit, la problématique des enjeux environnementaux des technologies numériques est de plus en plus mise en exergue, chaque fois que l'on aborde la question des relations d'interdépendance entre les secteurs marchands, les services, la production d'énergie, la recherche, l'éducation, la santé, la finance et le numérique (Longaretti & Berthoud, 2021). Même si le numérique convainc certains pour ses effets reconnus positifs sur l'environnement, il est néanmoins admis qu'il a des effets négatifs sur l'environnement qui suscitent de vives préoccupations.

C'est pourquoi, dans le cadre de cette opportunité offerte par le colloque sur la digitalisation et le développement socioéconomique en RDC, il sera question de tenter de réfléchir sur les interactions entre le numérique et l'environnement. Ainsi, cet article se propose d'analyser les impacts environnementaux des technologies numériques d'une part, et de réfléchir sur des pistes d'actions pour la réduction de la part négative de l'impact du numérique sur l'environnement, d'autre part. Cela permettrait de faire du numérique un outil important d'aide à la transition écologique.

2. TRANSITION NUMÉRIQUE ET TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Boissière *et al.* (2013) notent que le début du troisième millénaire est incontestablement marqué par une révolution numérique globale dont la rapidité n'a

d'égale que l'ampleur. Ainsi, la colonne vertébrale de cette révolution consiste dans la numérisation de l'information, c'est-à-dire le fait de pouvoir désormais traiter, toute l'information (écriture, symbole, chiffre, image, image animée, sons) sous forme de signaux binaires assimilables à des nombres et dans le fait de pouvoir ensuite séparer l'information de son support physique. Toute la société étant embarquée dans ce vaste changement, il est dès lors permis de parler de transition numérique.

Aussi, face au défi du changement climatique avec ses effets néfastes, les sociétés se voient contraintes de mettre en place des stratégies qui visent à atteindre la neutralité carbone, d'une part, et à réduire l'empreinte carbone de la consommation humaine, d'autre part. Ces stratégies s'inscrivent dans le vaste mouvement qualifié de transition écologique, considérée comme l'ensemble des stratégies et des comportements visant à réduire l'impact environnemental (notamment énergétique et climatique) des activités humaines (Desaunay et Cécile, 2022).

Deux transitions enclenchées suite aux dynamiques et évolutions de la société sont désormais concomitamment en cours et peuvent se nourrir l'une de l'autre. Citant le dictionnaire de la pensée écologique, Laurence Monnoyer-Smith (2017) juge que la transition écologique et la transition numérique portent des convergences. Toutes deux annoncent un processus de « transformation au cours duquel un système passe d'un régime d'équilibre à un autre ». Chacune d'entre elles génère une perturbation des modes d'action tant des acteurs que des infrastructures qui organisent leurs relations conduisant à de nouvelles organisations des systèmes complexes dans lesquels elles émergent (Laurence Monnoyer-Smith (2017). Toutefois, la transition écologique repose sur la double prise de conscience de la finitude des ressources sur lesquelles repose la croissance économique mondiale et de l'empreinte écologique liée à notre consommation d'énergie. La transition numérique quant à elle, « découle des innovations techniques. Elle augure une forme de création de la valeur tant sur la production, l'analyse des données que sur la production de biens et de services » (Monnoyer-Smith, 2017, 5). Nonobstant les points communs de ces deux dynamiques, il y a lieu de se focaliser et de s'interroger sur leur nature et leur sens propres. Notons que ces deux transitions sont en étroite interaction et chacune produit des incidences éprouvées sur nos habitudes millénaires de vie, de production et de consommation (Monnoyer-Smith, 2017). Aussi, les deux dynamiques font face aux mêmes contraintes environnementales et

devraient dans ce sens, être conduites de manière concomitante. Les deux sont importantes pour la survie de notre société et devraient être promues de manière partagée. Sinon, la société risque de se diriger droit vers un mur. Les conditions d'accumulation pourront sensiblement se détériorer et l'humanité acheminera vers un monde fortement inégalitaire, profondément conflictuel et marqué par une détérioration sensible des conditions de vie (Monnoyer-Smith, 2017).

Parlant de la transition écologique et citant le Commissariat général au Développement durable (CGDD) en France, Serveille et Lavergne (2017) estiment qu'il s'agit de « mettre en mouvement coordonné l'ensemble des acteurs de la société et secteurs de l'économie, au-delà des premières mesures sectorielles déjà engagées (énergie, agriculture...) et des initiatives pionnières, sur quatre enjeux écologiques majeurs : le changement climatique, la perte accélérée de biodiversité, la raréfaction des ressources et la multiplication des risques sanitaires ». Ainsi pour ces auteurs, la transition écologique vise à « renouveler nos façons de consommer, de produire, de travailler, de vivre ensemble pour répondre à ces grands enjeux », tout en utilisant notamment des leviers transversaux tels que la prévention et la réduction des inégalités, l'orientation des instruments économiques et financiers et le recours à l'éducation et à la formation. Les dimensions sociales et économiques du développement durable sont parties intégrantes des solutions proposées, même si les enjeux prioritaires sont d'abord des problématiques écologiques (Serveille et Lavergne, 2017).

Par contre, selon France Stratégie, citée par les auteurs Serveille et Lavergne (2017), la transition – ou révolution – numérique entraîne, des « transformations en profondeur de nos organisations économiques et sociales (...), avec des structures de production plus fluides et éclatées, notamment la capacité à traiter une masse croissante d'informations pour une personnalisation accrue des offres de biens et services ; le travail collaboratif, en dehors du cadre classique de production ; l'accompagnement de l'économie collaborative ou l'économie circulaire ». Quelques idées de base à propos de ces deux dynamiques sont bien résumées par Demailly *et al.* (2017). Ainsi pour eux, la transition écologique est un horizon incontournable pour nos sociétés, la transition numérique est, quant à elle, la grande force transformatrice de notre époque. L'une a le but à atteindre, l'autre le chemin à emprunter : chacune de ces deux transitions a besoin de l'autre !

Pour Geoffron (2017), la transition numérique correspond à une transformation induite initialement par les progrès combinés de l'électronique et de l'informatique, et, plus tard, par ceux des télécommunications. Le large déploiement de réseaux fixes et mobiles à haut débit, le taux de pénétration élevé des équipements numériques au sein des ménages non seulement des pays développés, mais aussi des pays en développement (pour ce qui est du téléphone mobile, notamment), l'émergence de plateformes de services transformant des secteurs d'activité entiers (transports, hôtellerie...) et la ramification d'Internet jusque dans les objets du quotidien (l'Internet dit « des objets ») constituent des preuves tangibles de cette évolution. En effet, « ces progrès fantastiques réalisés en termes de miniaturisation, de capacité, de rapidité et de coût ont permis le développement à très grande échelle des industries de l'information et de la communication, sous toutes leurs formes : appareils domestiques et professionnels, grands calculateurs et centres de données, Internet et réseaux associés, sans oublier l'apparition récente des centres de « minage » des cryptomonnaies, en commençant par le Bitcoin » (Hauet, 2023, 30). En face, la transition écologique est d'une tout autre nature : elle n'est pas le fruit du progrès technique, mais de la prise de conscience des limites du modèle d'accumulation en vigueur à ce jour, qui feint d'oublier que les ressources naturelles, même renouvelables, ont un caractère fini et qu'il y a, dès lors, lieu de penser à limiter les externalités négatives, du modèle productiviste et consumériste. Celles-ci touchent particulièrement aux émissions de gaz à effet de serre et à la dégradation de la qualité de l'air, de l'eau, de la biodiversité... (Geoffron, (2017).

Les technologies mises « en examen » ne sont toutefois pas frappées d'obsolescence : les centrales à charbon restent performantes pour produire de l'électricité, les véhicules thermiques offrent un service de transport également efficace... Mais l'utilisation de ces dispositifs techniques n'est pas soutenable à moyen ou long terme, d'où la nécessité d'une transition promouvant des technologies de substitution plus respectueuses de l'environnement (Geoffron, 2017).

2.1. Opportunités à tirer du numérique

Il y a lieu de noter que la culture numérique décrit un ensemble de valeurs, de comportements et de pratiques qui permettent à la fois le développement de nouveaux usages (par exemple, culturels : journalistiques, musicaux, muséaux et ludiques) et le déploiement d'outils numériques ; l'un et l'autre se renforçant mutuellement et diffusant leurs systèmes de valeurs dans tous les espaces publics et privés où

se déploient ces technologies, selon les modèles de traduction bien décrits par la sociologie latourienne (Monnoyer-Smith, 2017, 5).

En effet, comme le souligne Benatar (2017), le secteur des télécommunications est la colonne vertébrale de la révolution numérique. Grâce à des progrès technologiques rapides, chacun peut désormais disposer partout de connexions permanentes, peu onéreuses et offrant des débits toujours plus élevés. Cette disponibilité représente une opportunité certaine pour le développement durable de l'ensemble de la société. Toutefois, la maîtrise des impacts environnementaux qui sont générés constitue un enjeu de taille. Celle-ci devrait être imaginée dès la conception des produits et des réseaux, dans un secteur où les renouvellements des matériels sont fréquents et les investissements élevés.

Selon Deuze (2006), cité par Monnoyer-Smith (2017), la culture numérique comporte trois dimensions : le bricolage, c'est-à-dire la faculté de réaliser de façon permanente un mélange de contenus d'origines très variées ; la remédiation (le processus d'évolution des objets numériques comme un mélange intégrant anciens et nouveaux médias avant que ne se déploie une sémiotique spécifique au nouveau média) et la participation, qui combine des dispositifs numériques nécessitant un engagement actif pour la production de contenus, pour la mise en relation et la création de valeur (pas forcément marchande), qui naît de l'accroissement du nombre de personnes actives dans un réseau (Monnoyer-Smith, 2017).

Dans cette optique, il devient nécessaire que la transition écologique évolue avec ces dimensions de la culture numérique qui lui parviennent tant via les dispositifs techniques que via les pratiques sociales. Concrètement, le numérique est susceptible d'apporter des améliorations notables dans le domaine de la protection de l'environnement et cela, de plusieurs manières : connaissance des phénomènes en cause (données, observation, météorologie, modélisation...), recherche environnementale, évolutions sociétales, mise au point de nouvelles applications, de nouvelles techniques, efficacité des installations et des équipements énergétiques (tant au niveau de la production que de la consommation), transformation des relations entre clients et fournisseurs d'énergie, etc. Ces différentes opportunités peuvent générer des emplois et créer de la valeur, en intensifiant la contribution du numérique tant à la transition énergétique qu'à la transition écologique (Serveille et Lavergne, 2017). Dans le domaine des transports, le numérique contribue énormément à la gestion des bornes de recharge ou

des batteries des véhicules électriques. Il est à la base de nouveaux services ou concepts (compteurs communicants ou intelligents, par exemple), dans la relation entre clients et fournisseurs d'énergie, etc. Dans le temps long, certains projettent une vision « Internet » de l'énergie, avec un rôle des réseaux complètement remanié grâce au développement des blockchains, au crowdfunding, aux « boucles locales », etc. C'est aussi le cas des initiatives en matière d'énergie répartie encore limitées actuellement, mais qui ont vocation à se diffuser largement (Serveille et Lavergne, 2017). Le numérique est, à ce titre, capable de booster la compétitivité et d'assurer une meilleure coopération au sein du secteur industriel. Il peut permettre la digitalisation des essais nucléaires ainsi que la décentralisation de la politique énergétique au profit des territoires, voire de communautés (Serveille et Lavergne, 2017). Dans le cadre de l'économie circulaire et collaborative, le numérique contribue aux transitions écologique et énergétique, en facilitant l'échange de biens et de services. C'est le cas de la montée en puissance des phénomènes comme le covoiturage et l'auto-partage entre particuliers, le crowdsourcing urbain (pour produire des données utiles à la ville).

Aussi, le numérique ouvre des perspectives de relance économique et de création d'emplois grâce à des gains de compétitivité et d'agilité (Serveille et Lavergne, 2017). Mais le numérique est aussi un moyen de disruption, en lien avec la productivité des ressources, la décentralisation des actions, l'économie circulaire, etc., qui vise à réduire la demande d'énergie et de ressources naturelles, tout en réduisant les émissions de CO₂, et ce, sans perte de bien-être. Il contribue à la « croissance verte », qui se définit comme « un mode de développement économique respectueux de l'environnement, à la fois moins consommateur d'énergie, de ressources et de carbone, socialement inclusif, soutenant le potentiel d'innovation et garant de la compétitivité des entreprises ».

Dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, comme dans les autres secteurs d'activité économique, le numérique (sans en négliger les risques) représente une opportunité de « croissance verte », à la fois en préservant l'environnement, en améliorant la gestion des ressources et en permettant la relance d'activités économiques en difficulté (Serveille et Lavergne, 2017).

Dans ce sens, il est indiqué d'avoir un regard tout autre vis-à-vis du numérique dans la mesure où il est dans une certaine mesure porteur de certaines promesses (Demailly *et al.*, 2017). En effet, le numérique

contribue à la mesure et à la compréhension des phénomènes climatiques ou des pollutions quotidiennes par l'intermédiaire d'applications individuelles ; il est à la base de la montée en puissance de formes partagées de mobilité ou de consommation ; les « sciences citoyennes », comme le recensement collaboratif de la biodiversité, ainsi que les projets *open source* et *low tech* en matière d'énergie ou d'agriculture ; les mobilisations massives (telles que 350.org) et l'organisation complexe des flux de l'économie circulaire. Les actions en faveur de l'écologie pourraient ainsi s'appuyer sur le numérique en matière d'information, d'implication des citoyens et des parties prenantes, de collaboration, d'organisation, de passage à l'échelle (Demailly *et al.*, 2017).

Comme le note Geoffron (2017), les transitions numérique et écologique structurent les transformations socioéconomiques de ce demi-siècle au travers de relations complexes. D'un côté, la transition numérique, même si elle génère une empreinte écologique directe (consommation énergétique, en particulier) et indirecte (pratiques sociales dont le numérique encourage le développement, comme le tourisme) ; la numérisation demeure néanmoins une condition essentielle de la réalisation de la transition écologique, notamment pour répondre à la complexification du pilotage des systèmes énergétiques. Le développement de projets de *smart cities* laisse entrevoir le large potentiel d'innovations qui se situe à la convergence de ces deux transitions, ainsi que des disruptions organisationnelles (Geoffron, 2017).

2.2. Impacts environnementaux des technologies numériques

Certains analystes comme Monnoyer-Smith (2017), continuent à croire que la révolution numérique reste incompatible avec la transition écologique. Pour lui, les logiques économiques sous-jacentes au développement de l'ensemble du secteur « IT » peuvent faire craindre que l'on élude l'empreinte environnementale du secteur. Il note précisément les énormes quantités d'énergie nécessaires pour fabriquer, alimenter les appareils et traiter les données ainsi que les réseaux à haut-débit pour permettre de faire circuler ceux-ci en nombre toujours plus élevé. Selon un rapport de Greenpeace publié en janvier 2017, le secteur informatique représente environ 7 % de la consommation mondiale d'électricité. La consommation d'électricité du secteur numérique ne cesse de croître, pour atteindre des niveaux comparables à celle de certains des plus grands pays du monde (Monnoyer-Smith, 2017). Cette expansion des usages du numérique, qui ne semble pas

aujourd'hui vouloir se calmer, s'est bien évidemment accompagnée d'une croissance des consommations des énergies – essentiellement l'électricité – nécessaires au fonctionnement des appareils et des infrastructures.

Notons avec GreenIT (2019) que le parc informatique mondial compte 34 milliards d'équipements et environ 4,1 milliards d'utilisateurs ; et que les équipements présents dans la plupart des foyers : smartphones, tablettes, ordinateurs, TV connectées, box internet, etc. sont responsables entre 59 et 84 % des impacts environnementaux. Comme l'expliquent Créach et Flipo (2017), les « objets numériques » sont voraces en énergie et en matières premières. L'engagement de grandes entreprises, comme Apple, à alimenter leurs usines à 100 % en énergies renouvelables pourrait permettre de relever ce défi et limiter le risque. Autrement dit, une mobilisation importante de l'ensemble des acteurs du numérique est cruciale pour permettre de relever les défis du changement climatique (Monnoyer-Smith, 2017). Les choix en matière d'alimentation des infrastructures numériques conditionnent le respect des engagements de l'Accord de Paris sur le climat. Par ailleurs, nonobstant les enjeux énergétiques, l'empreinte environnementale du secteur numérique est particulièrement importante sur certains types de ressources (métaux, eau) et conduit à de multiples pollutions du fait de l'absence de filières organisées de traitement des déchets et de recyclage.

L'augmentation sensible des infrastructures numériques s'est en effet traduite par un doublement de la production d'aluminium depuis le début des années 2000, alors que l'extraction des métaux rares nécessaires à la production informatique, aux batteries, aux écrans, aux LEDs, etc. augmente de façon exponentielle. Si, dans les années 1980, une dizaine de métaux étaient nécessaires à la fabrication d'un ordinateur, aujourd'hui, une cinquantaine d'éléments seraient requis (Monnoyer-Smith, 2017). En effet, plusieurs de ces éléments sont jugés très critiques, comme l'argent, le cobalt, le cuivre, l'indium, le gallium, le germanium, le lithium, le tantale, et autres terres rares. En effet, les réserves sont parfois très faibles (pour l'indium, par exemple), les métaux sont pour l'heure très peu recyclés, et il n'existe quasiment pas, à l'heure actuelle, de possibilité de substitution. Le coût de production de certains d'entre ces éléments augmente de manière notable au fur et à mesure que les réserves diminuent, ce qui accroît d'autant la quantité d'énergie nécessaire à leur production. La concurrence, enfin, est assez forte entre le secteur IT et le secteur des énergies renouvelables, qui sont, elles aussi, fortement consommatrices de terres rares (indium, gallium,

sélénium et tellure), avec une augmentation de la demande allant de 5 à 10 % par an (Monnoyer-Smith, 2017).

Aussi, dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, comme dans les autres secteurs d'activité économique, le numérique génère des préoccupations et des craintes : cybercriminalité/terrorisme, menaces sur la confidentialité des données, pertes d'emplois, remise en cause du service public et des tarifs sociaux ou réglementés, remise en cause d'équilibres socioéconomiques établis de longue date, etc. (Serveille et Lavergne, 2017).

En outre, la transition numérique est un facteur de croissance du PIB qui, au niveau mondial, tend à augmenter les émissions de CO₂ et, donc, à cracher sur la transition écologique. Enfin, le modèle économique du secteur numérique reste profondément linéaire, basé sur l'obsolescence technique des matériels sans qu'un travail approfondi sur le cycle de vie des produits n'ait été réalisé (Monnoyer-Smith, 2017). La durée de vie des ordinateurs a ainsi été divisée par 3 en 30 ans et il faut 100 fois plus d'octets pour faire tourner Windows Office aujourd'hui qu'il y a 20 ans, cela sans compter la multiplication des versions des téléphones portables (Iphone, Samsung...). On sait que ce modèle n'est pas tenable, qu'il s'inscrit dans une dynamique de consommation excessivement productrice de déchets, dont une partie significative s'échappe au travers des filières informelles, notamment en Afrique, et qu'il repose pour l'essentiel sur un marketing de la nouveauté. La transition numérique n'a pas pour l'heure abordé une réflexion approfondie sur les conditions de sa possible existence, à quelques exceptions près. Cette industrie compte encore des pratiques et des modèles qui rappellent la culture productiviste et prédatrice de l'environnement typique du siècle passé (Monnoyer-Smith, 2017).

Concrètement, les impacts environnementaux du numérique peuvent se résumer de la manière suivante :

(i) Au niveau de la fabrication et de l'utilisation des appareils numériques

Il se dégage des pollutions consécutives à la consommation des ressources et de l'énergie émettant du CO₂. En effet, la consommation de l'énergie s'opère à toutes les étapes du cycle de vie des produits : de l'extraction des matières premières, à la fabrication des appareils, à leur transport jusqu'à leur utilisation (plus un appareil est petit, plus sa fabrication est complexe et plus son impact sur l'environnement est grand). Ainsi, +75 % des émissions de GES du numérique proviennent de la fabrication des terminaux (GreenIT, 2019). A titre

d'exemple, pour produire un ordinateur portable de 2 kg environ, sa fabrication nécessite 800 kg de matières premières, 240 kg de combustibles fossiles, 22 kg de produits chimiques et 1,5 tonne d'eau (ADEME, 2017). S'agissant particulièrement de l'eau, le processus de production nécessite 2 500 litres pour un t-shirt, 7 980 litres pour un Jeans, 12 075 litres pour un smartphone, 75 708 litres pour une voiture (Raphaël Lemaire/Données Watercalculator.org). Les distances parcourues pour la fabrication de certains produits représentent également un élément important augmentant l'empreinte écologique des technologies numériques. A titre d'exemple, il faut quatre tours du monde pour fabriquer un smartphone : la conception a lieu généralement aux Etats-Unis ; l'extraction et la transformation des matières premières se réalise en Afrique centrale, en Amérique latine, en Australie, en Asie du Sud-Est ; la fabrication de principaux composants en Asie, aux Etats-Unis et en Europe ; l'assemblage en Asie du Sud-Est ; et la distribution vers le reste du monde, souvent en avion. Comme on le voit, pour fabriquer un smartphone, 70 matériaux différents, dont 50 métaux (notamment des métaux rares) sont nécessaires ! Produire un téléviseur exige d'extraire 2,5 tonnes de matières premières, et génère 350 kg de CO₂ (GREENPEACE France. <https://www.greenpeace.fr/la-pollution-numerique/#:~:text=Le>). La production d'un ordinateur portable requiert des dizaines de métaux en provenance du monde entier : du tantale congolais, du lithium bolivien, de l'or australien, des terres rares chinoises (ADEME, 2017 ; GreenIT, 2019). L'exploitation des mines conduit à une destruction d'écosystèmes et multiples pollutions de l'eau, de l'air et des sols.

(ii) Impact social et éthique

Il y a lieu de mettre en exergue à ce niveau deux dynamiques : d'abord, l'extraction des matières premières alimente des conflits (rebellions, milices, guerres, conflits armés, conflits intercommunautaires...) dans beaucoup de pays. C'est le cas des « Minerais de sang » (étain, tantale, tungstènes et or) présents dans les smartphones à la base des conflits armés interminables, menaçant les populations locales et dégradant les écosystèmes particulièrement à l'Est de la RDC (Ngalamulume, 2021). C'est aussi la situation du conflit entre les Mines de Lithium (batteries smartphones) et les populations locales autour de l'eau en Amérique latine (Chili, Argentine et Bolivie). Ensuite, l'on épingle la question de la fabrication des technologies numériques souvent localisée dans des pays où les conditions de travail sont très mauvaises, ne respectant pas les droits humains fondamentaux.

(iii) Consommation d'énergie

Comme l'affirme Hauet (2023), « l'expansion des usages du numérique, qui ne semble pas aujourd'hui vouloir se calmer, s'est bien évidemment accompagnée d'une croissance des consommations des énergies – essentiellement l'électricité – nécessaires au fonctionnement des appareils et des infrastructures ». Comme déjà annoncé plus haut, l'on note une explosion de la consommation électrique du secteur numérique (multiplication des centres de données, expansion des réseaux de télécommunications, distribution massive de terminaux connectés). Il faut dès lors d'énormes quantités d'énergie pour fabriquer, alimenter les appareils et traiter les données/réseaux à haut-débit en nombre toujours plus élevé, avec environ 7 % de la consommation mondiale d'électricité (Greenpeace, 2017).

(iv) Pollutions numériques

Plusieurs formes de pollution sont générées par le secteur informatique, notamment les émissions de gaz à effets de serre (GES), la contamination chimique, les rejets toxiques dans l'eau, l'air et le sol, l'érosion de la biodiversité, la production de déchets électroniques sans filières coordonnées de recyclage. Un rapport de l'ONU (2013) évaluait que 75 % des déchets électroniques échappent aux filières légales de recyclage. Ils sont exportés illégalement en Chine, en Inde ou en Afrique, et terminent leur vie dans des immenses décharges à ciel ouvert, comme celle d'Agbogbloshie au Ghana (GREENPEACE France. <https://www.greenpeace.fr/la-pollution-numerique/#:~:text=Le> . Le déploiement de la 5G risque d'aggraver la pollution numérique.

(v) obsolescence programmée

Avec le développement du numérique dans une société de consommation, le cycle de vie des produits est de plus en plus réduit, de manière intentionnelle, pour booster la consommation de nouveaux produits. Ainsi, la durée de vie des ordinateurs est divisée par 3 en 30 ans et il faut 100 fois plus d'octets pour faire tourner Windows Office aujourd'hui qu'il y a 20 ans (Monnoyer-Smith, 2017). La multiplication des versions des téléphones portables (6 versions Iphone en quelques années, sans compter ce qui se passe chez Samsung). L'humanité est au cœur d'une dynamique de consommation excessivement productrice de déchets basé sur le marketing de la nouveauté. Il s'agit d'une culture productiviste et qui se révèle prédatrice de l'environnement. Le streaming vidéo nécessite 60 % de flux de données sur internet, en raison du poids des fichiers vidéo (Benatar, 2017 ; Monnoyer-Smith, 2017 ; Morgane Créach et Fabrice Flipo, 2017)

3. POUR UN NUMÉRIQUE VERT, PLUS RESPECTUEUX DE LA PLANÈTE ET COMME OUTIL DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Pour que les transitions numérique et écologique parviennent à s'articuler entre elles de manière harmonieuse et que la transition numérique ne sacrifie celle écologique à cause de la recherche d'une rentabilité de courte vue (Monnoyer-Smith, 2017), il faut concevoir une nouvelle catégorie de biens, les communs. Issus notamment des travaux de l'économiste américaine Elinor Ostrom (2010), ce concept fait aujourd'hui l'objet de plusieurs recherches et propositions de la part des acteurs inscrits dans la dynamique de la transition écologique. Il caractérise ces biens comme étant d'accès universel, mais susceptibles de devenir exclusifs, et dont la disparition ou l'appropriation menacerait directement ou indirectement certaines communautés humaines en mettant en danger les écosystèmes qui leur permettent de vivre. Il en va ainsi de la plupart des ressources naturelles, de la faune halieutique des océans ou des pollinisateurs (Monnoyer-Smith, 2017). C'est aussi le cas de certaines ressources informatiques, comme les logiciels libres ou la connaissance. Il y a donc lieu de mettre en place une forme de gouvernance des ressources qui permet de mieux articuler entre elle les transitions numérique et écologique. Il s'agirait à la fois de placer en tête de la hiérarchie des valeurs un élément essentiel de la transition écologique, à savoir la préservation des écosystèmes et des ressources, tout en incitant les acteurs du numérique à changer de paradigme pour se penser comme des acteurs à part entière de la transition écologique. C'est ce que dessinent en toile de fond, par exemple, l'Accord de Paris, la COP de Carthagène sur la biodiversité et les Objectifs du développement durable adoptés par l'ONU en 2015. Ces mutations nécessitent une prise de conscience urgente des défis communs à relever, mais elles peuvent aussi constituer ce projet de société auquel de nombreuses populations aspirent aujourd'hui (Monnoyer-Smith, 2017).

Bien que le rapprochement entre numérique et écologie reste encore fragile, des connaissances et des méthodes structurantes émergent toutefois dans plusieurs domaines (Demailly *et al.*, 2017). Ainsi le « green IT » s'appuie sur des méthodes fiables pour réduire l'empreinte écologique de l'informatique des grandes entreprises. Aussi, à ce jour, plusieurs études ont démontré le potentiel du covoiturage et de l'autopartage sur de courtes distances, ainsi que celui des systèmes « multimodaux » intégrant les modes actifs de mobilité pour rendre celle-ci plus « durable » (Demailly *et al.*, 2017). Par ailleurs, en facilitant la participation et la mobilisation des citoyens

localement, par l'intermédiaire de plateformes de budget participatif comme l'on en voit actuellement dans certaines villes, ou au travers de plateformes de crowdsourcing urbain ou de financement participatif, le numérique peut soutenir des actions citoyennes susceptibles de mettre en œuvre une transformation écologique plus inclusive (Demailly *et al.*, 2017).

Il devient dans ce contexte urgent de concevoir et de mettre en place de nouvelles politiques publiques susceptibles de lisser les divergences et de permettre une interaction harmonieuse entre transition écologique et transition numérique. Dans ce sens, des stratégies efficaces et des politiques de soutien à l'innovation numérique doivent devenir à la fois plus exigeantes et plus créatives. Plus exigeantes, en mettant en exergue la question de leur empreinte écologique et de leurs impacts potentiels, positifs comme négatifs. Plus créatives, en abordant moins exclusivement la performance technologique et économique et davantage à l'exploration de modèles alternatifs (Demailly *et al.*, 2017).

4. CONCLUSION

Pour permettre une interaction harmonieuse souhaitée entre transition numérique et transition écologique, l'on peut, en plus des idées avancées plus haut, ajouter des actions du genre : (i) promouvoir une économie circulaire qui limite l'utilisation des matières premières, la consommation d'énergie, de l'eau ; de même que la limitation de la production de déchets ; (ii) Allonger la durée de vie des équipements informatiques (ordinateurs, tablettes, smartphone, téléviseurs...) en luttant contre l'obsolescence programmée (fragilité des objets, coût exorbitant des réparations, indisponibilité des pièces détachées, marketing agressif, etc.) ; (iii) Maîtriser la consommation énergétique (mise au point d'équipements plus sobres, plus rustiques/conception intelligente, recours aux sources d'énergie renouvelables) ; (iv) Limiter la très haute définition des vidéos incitant à l'acquisition d'écrans plus grands et plus complexes (donc plus polluants) et demandant plus d'énergie pour être lues (car plus lourdes) ; (v) Réduire les objets connectés...éteindre les box la nuit et durant l'absence.

Pour y arriver, il faut une RESPONSABILITE COLLECTIVE à travers une PRISE DE CONSCIENCE. Ainsi, un changement d'état d'esprit de la part de tous les acteurs devient indispensable pour obtenir des résultats souhaitables, palpables et durables.

Des études ultérieures sur la situation réelle de la RD Congo présentée comme un pays-solution dans la lutte contre le réchauffement climatique, grâce à la

disponibilité de ses immenses ressources naturelles dont ses forêts et ses minerais stratégiques, permettraient de mettre en évidence l'impact de la poussée du numérique sur l'environnement.

Références

- ADEME, 2017. *L'impact du numérique sur l'environnement*, 18 p.
- Benatar L., 2017. La maîtrise de l'empreinte énergétique des services informatiques et des réseaux en entreprise. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 63-67. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0063>
- Boissière J., Simon F. & Francesc P., 2013. *Une révolution numérique globale. Le numérique. Une chance pour l'école*. Sous la direction de Boissière Joël, Fau Simon, Pedro Francesc. Armand Colin, pp. 19-29.
- Bordage F., 2019. *Empreinte environnementale du numérique mondial*. GreenIT, 40 p.
- Brun É. & Lisa B., 2022. Impacts du changement climatique à l'échelle mondiale : principaux enseignements du dernier rapport du groupe de travail II du GIEC. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 106(2), 17-20. <https://doi.org/10.3917/re1.106.0017>
- Coux Q. & Gaël G., 2021. La difficile conversion à l'écologie de la recherche en économie. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 101(1), 21-24. <https://doi.org/10.3917/re1.101.0021>
- Créach M., 2017. Le point de vue d'une ONG environnementale. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 94-97. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0094>
- Demailly D. et al., 2017. Faire converger les transitions numérique et écologique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 13-16. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0013>
- Désaunay C., 2022. Introduction. *Informations sociales*, 206(2), 5-9. <https://doi.org/10.3917/inso.206.0005>
- Deuze M., 2006. Participation, Remediation, Bricolage: Considering Principal Components of a Digital Culture. *The Information Society*, 22(2), 63-75. <https://doi.org/10.1080/01972240600567170>
- Geoffron P., 2017. Comment transition numérique et transition écologique s'interconnectent-elles ? *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 17-19. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0017>
- GREENPEACE France, 2024. La pollution numérique, qu'est-ce que c'est ? <https://www.greenpeace.fr/la-pollution-numerique/#:~:text=Le>
- Huet J.-P., 2023. Énergie et numérique : se préparer à un autre combat. *Annales des Mines - Responsabilité & environnement*, v110(2), 30-36. <https://doi.org/10.3917/re1.110.0030>

Lemaire R., 2019. *Mise en perspective des impacts écologiques du numérique.*, <https://raphael-lemaire.com/2019/11/02/mise-en-perspective-impacts-numerique/>

Michel L. & Guillaume M., 2017. Numérique et transition énergétique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 31-34. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0031>

Monnoyer-Smith L., 2017. Transition numérique et transition écologique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 5-7. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0005>

Ngalamulume Tshiebue G., 2021. *Reconstruire après la crise. Regard sur le conflit Kamwina Nsapu et la dynamique de relèvement du Kasai Central post-conflit.* Academia, Louvain-la-Neuve, 260 p.

Ostrom E. (trad. de l'anglais), 2010. *La Gouvernance des biens communs : Pour une nouvelle approche des ressources naturelles* [« *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* »], Bruxelles/Paris, De Boeck, 300 p.

Salas y Mélia D., 2022. Les principaux enseignements du 6e rapport du groupe I du GIEC. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 106(2), 11-16. <https://doi.org/10.3917/re1.106.0011>

Serveille H. & Richard L., 2017. Introduction. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87(3), 8-10. <https://doi.org/10.3917/re1.087.0008>