



Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement

Distr. générale
26 février 2025
Français
Original : anglais

Conseil du commerce et du développement
Groupe intergouvernemental d'experts du commerce
électronique et de l'économie numérique
Huitième session
Genève, 12-14 mai 2025
Point 3 de l'ordre du jour provisoire

Mettre la transition numérique au service d'un développement durable et inclusif

Note du secrétariat de la CNUCED

Résumé

Le monde fait face à des enjeux toujours plus complexes et interdépendants, et il est essentiel de mieux en saisir toutes les subtilités pour éclairer, à tous les niveaux, les débats sur les politiques à mener. Dans la présente note, le secrétariat étudie les liens entre l'essor rapide des technologies numériques, la durabilité environnementale et le développement inclusif. Il met en évidence la forte pression que les produits de la transition numérique font peser sur l'environnement aux différentes étapes de leur cycle de vie, et analyse les implications de ces effets environnementaux du point de vue du commerce et du développement. La promotion d'une transition numérique à la fois inclusive et écologiquement viable suppose l'adoption de mesures de politique générale aux niveaux national, régional et international, et exige que toutes les parties prenantes s'efforcent de tendre vers des modes de consommation et de production durables.





Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement

Distr. générale
28 mars 2025
Français
Original : anglais

Conseil du commerce et du développement
Groupe intergouvernemental d'experts du commerce électronique
et de l'économie numérique
Huitième session
Genève, 12-14 mai 2025
Point 3 de l'ordre du jour provisoire

Mettre la transition numérique au service d'un développement durable et inclusif

Note du secrétariat de la CNUCED

Rectificatif

1. Page 6, encadré

Substituer au texte existant

L'essor de l'intelligence artificielle a des répercussions croissantes sur l'environnement

L'accélération du développement et du déploiement des technologies fondées sur l'intelligence artificielle à la suite de l'émergence, en 2022, de Chat GPT (pour *generative pre-trained transformer*, qui signifie « transformateur génératif préentraîné »), entraîne une augmentation rapide des coûts environnementaux, qu'il s'agisse de la demande de matières, de la consommation d'eau et d'énergie, de la pollution de l'air, des émissions de carbone ou de la production de déchets électroniques. La lutte que se mènent les grandes entreprises technologiques, en particulier, pour mettre au point des modèles d'intelligence artificielle toujours plus puissants et plus sophistiqués, nécessite des capacités de traitement des données et de calcul de plus en plus grandes lors des phases d'apprentissage et d'inférence, et fait donc croître considérablement la demande de centres de données. Une étude menée par un cabinet de conseil montre que cette demande pourrait plus que tripler d'ici à 2030 à l'échelle mondiale, principalement en raison des besoins de l'intelligence artificielle. Les investissements dans les centres de données vont croissant dans le monde entier. Selon une estimation établie par un cabinet de recherche et de conseil, les dépenses consacrées à ces centres ont augmenté de 39,4 % en 2024, et devraient progresser de 23,2 % en 2025.

Les données sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle sont limitées, car les entreprises technologiques ne divulguent que rarement des informations à ce sujet et les méthodes de mesure varient. Toutefois, les nombreux travaux d'analyse récemment menés permettent d'établir que cette empreinte est considérable et s'élargit rapidement au fur et à mesure des progrès de l'intelligence artificielle générative. Les émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation de l'intelligence artificielle, notamment, sont élevées : celles de Google ont augmenté de 48 % entre 2019 et 2024 et celles de Microsoft étaient près de 31 % plus élevées en 2024 qu'en 2020. Une étude conduite par un organe de presse montre que les émissions des grandes entreprises technologiques pourraient être beaucoup plus élevées que les chiffres officiellement déclarés, selon la méthode employée pour les calculer. Une autre étude, menée par une société de services financiers,



révèle que les émissions des centres de données pourraient plus que doubler entre 2020 et 2030. L'augmentation de la demande de centres de données et de processeurs graphiques, conséquence du déploiement des technologies fondées sur l'intelligence artificielle, entraîne aussi une nette hausse de la consommation de minéraux, de métaux et d'autres matières.

Il est de plus en plus évident que la consommation d'énergie associée au déploiement des technologies de l'intelligence artificielle est élevée et va croissant. Selon des estimations, une recherche effectuée via un outil d'intelligence artificielle nécessite 10 fois plus d'électricité qu'une recherche en ligne classique. Une étude réalisée par une société de services financiers montre que la demande d'électricité des centres de données grimpera de 160 % d'ici à 2030, que les centres de données du monde entier représentaient 1 % à 2 % de la consommation énergétique mondiale en 2024, et que cette part pourrait passer à 3 % à 4 % d'ici à la fin des années 2020. À l'horizon 2028, l'intelligence artificielle devrait représenter environ 19 % de la consommation d'électricité des centres de données. Une telle perspective suscite des inquiétudes quant au risque de perturbations du réseau électrique et de pénurie d'électricité, qui pourraient à leur tour freiner le développement de l'intelligence artificielle. L'augmentation de la demande entraîne un retour aux combustibles fossiles et la relance de projets nucléaires, car l'énergie issue de sources renouvelables ne suffit pas à répondre à la demande. Dans l'idéal, l'énergie renouvelable devrait non pas être complémentaire de l'énergie fossile, mais la remplacer.

La croissance de la demande d'énergie des centres de données risque de compromettre les progrès accomplis par les grandes entreprises technologiques et par certains pays dans la poursuite de leurs objectifs climatiques. En Irlande, par exemple, la consommation d'électricité de ces centres est passée de 5 % à 21 % de la consommation nationale entre 2015 et 2023, et des prévisions montrent qu'elle pourrait atteindre 28 % d'ici à 2031. La production de puces menace également les objectifs climatiques, par exemple dans la province chinoise de Taïwan. En outre, les technologies de l'intelligence artificielle et la production des puces nécessaires à ces technologies consomment de grandes quantités d'eau. Une étude, fruit de la collaboration entre des journalistes et des chercheurs, montre que la génération d'un message électronique de 100 mots par Chat GPT-4 nécessite plus d'un demi-litre d'eau. D'après des estimations, la demande mondiale d'eau liée à l'utilisation de l'intelligence artificielle pourrait atteindre 4,2 à 6,6 milliards de mètres cubes en 2027, soit plus de la moitié de la consommation du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord en 2023. Étant donné que 95 % de l'eau consommée par les centres de données est potable et que la majeure partie s'évapore, la concurrence avec des utilisations plus essentielles de l'eau est source de préoccupations, en particulier dans les régions où l'eau est rare. L'intelligence artificielle est aussi source de pollution de l'air, causée par les activités manufacturières, la production d'électricité et l'utilisation de générateurs de secours au diesel, et cet autre effet environnemental peut être lourd de conséquences sur le plan de la santé publique.

Au stade de la fin de vie, les technologies de l'intelligence artificielle font croître la production de déchets électroniques, car les appareils deviennent rapidement obsolètes et doivent être fréquemment remplacés. Une étude publiée dans une revue à comité de lecture montre que le volume total de déchets électroniques liés à l'intelligence artificielle générative pourrait atteindre 1,2 million à 5 millions de tonnes sur la période 2020-2030. Selon les estimations, le taux de croissance annuel composé de la production de déchets électroniques liés aux grands modèles de langage fondés sur l'intelligence artificielle varie entre 129 % et 167 % sur la période 2023-2030, contre 3,6 % pour les déchets électroniques conventionnels.

Bien qu'incertains, les effets environnementaux croissants des technologies de l'intelligence artificielle tout au long de leur cycle de vie suscitent des inquiétudes parmi les acteurs concernés, notamment les populations touchées dans de nombreux pays. Des initiatives sont lancées aux niveaux national, régional et international pour remédier à ces effets. Une prise de conscience s'opère, mais des efforts considérables sont nécessaires de la part de toutes les parties prenantes pour assurer la viabilité environnementale des technologies de l'intelligence artificielle. Il reste beaucoup à faire dans les domaines de la mesure, de la transparence et de la recherche pour mieux comprendre les conséquences environnementales de ces technologies. Les débats devraient également porter sur la nécessité d'intégrer la dimension environnementale dans l'analyse coûts-avantages de la conception et du déploiement des technologies de l'intelligence artificielle. Il s'agit

notamment de déterminer si certaines tâches valent le coût environnemental et si la course à la création de modèles toujours plus grands, qui compromettent les objectifs de durabilité environnementale, est indispensable pour répondre aux besoins de la société, ou si des modèles plus petits peuvent faire une partie du travail. En outre, il est essentiel de prendre en compte les considérations d'équité. Dans beaucoup de pays en développement, l'accès limité à l'énergie et les situations de stress hydrique entravent le développement des technologies de l'intelligence artificielle, empêchant les acteurs nationaux de tirer parti de ces technologies.

Source : CNUCED, d'après <https://news.ucr.edu/articles/2024/12/09/ais-deadly-air-pollution-toll> ; <https://qz.com/ai-google-microsoft-climate-change-data-center-energy-1851589453> ; <https://www.aljazeera.com/economy/2024/12/25/taiwan-struggles-to-reconcile-climate-ambitions-and-chip-manufacturing> ; <https://www.bbvaresearch.com/en/publicaciones/global-ai-and-climate-disruptive-potential-amid-growing-resource-strain/> ; <https://www.capgemini.com/news/press-releases/organizations-are-increasingly-aware-of-the-environmental-footprint-of-gen-ai-but-most-arent-able-to-address-it-alone/> ; <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-01-21-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-9-point-8-percent-in-2025> ; <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand> ; <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/ai-power-expanding-data-center-capacity-to-meet-growing-demand> ; <https://www.nature.com/articles/s43588-024-00712-6> ; <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/how-ai-cloud-computing-may-delay-transition-clean-energy-2024-11-21/> ; <https://www.theguardian.com/technology/2024/sep/15/data-center-gas-emissions-tech> ; <https://www.theguardian.com/world/2024/dec/10/ai-fuelled-cloud-storage-boom-threatens-irish-climate-targets-report-warns> ; <https://www.unep.org/resources/report/artificial-intelligence-ai-end-end-environmental-impact-full-ai-lifecycle-needs-be> ; <https://www.washingtonpost.com/technology/2024/09/18/energy-ai-use-electricity-water-data-centers/>.

2. **Page 9, chapitre II, titre de la section B**

Substituer au texte existant

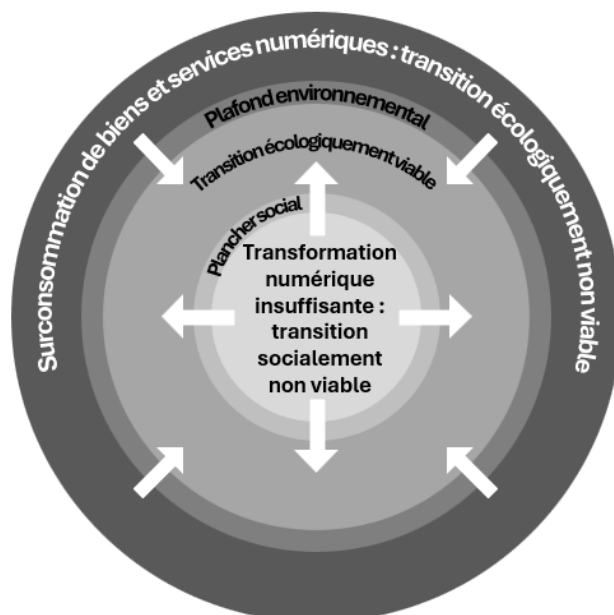
Les incidences des centres de données dans les pays en développement

3. **Page 10, chapitre II, titre de la section C**

Sans objet en français

4. **Page 11, figure**

Remplacer la figure par la figure ci-après.



5. Page 11, paragraphe 28, quatrième phrase

Substituer au texte existant

À l'inverse, les déchets à plus fort potentiel de création de valeur, eux, sont exportés des pays en développement vers les pays développés.

6. Page 13, paragraphe 33, dernière phrase

Sans objet en français

7. Page 13, paragraphe 34, première phrase

Substituer au texte existant

En plus d'accélérer la production nationale, beaucoup de pays se tournent vers l'étranger pour garantir leur accès aux minéraux critiques en nouant des alliances ou des partenariats. On peut citer le Partenariat pour la sécurité des minéraux, conclu entre les États-Unis, l'Union européenne et divers pays, ou encore les partenariats stratégiques bilatéraux que l'Union européenne a établis avec certains pays.

8. Page 14, paragraphe 35, première phrase

Substituer au texte existant

La gestion des déchets liés à la transition numérique est complexe, car ces déchets contiennent à la fois des substances dangereuses et des matières de valeur.

9. Page 15, paragraphe 39, quatrième et cinquième phrases

Substituer au texte existant

Dans les zones où le traitement des déchets est en grande partie informel, l'objectif à long terme devrait être la régularisation des activités, mais à court et à moyen terme, la recherche de moyens efficaces d'associer le secteur informel peut également être importante dans le cadre d'une stratégie globale de gestion des déchets.

10. Page 16, paragraphe 41, trois dernières phrases

Sans objet en français

Introduction

1. À sa soixante-seizième réunion directive, le Conseil du commerce et du développement a décidé que le thème de la huitième session du Groupe intergouvernemental d'experts du commerce électronique et de l'économie numérique serait « Mettre la transition numérique au service d'un développement durable et inclusif ».

2. La transformation numérique à l'œuvre à l'échelle mondiale suscite des préoccupations croissantes quant à l'épuisement des matières premières, à l'utilisation des ressources en eau, à la qualité de l'air, à la pollution, à la production de déchets et aux limites planétaires de manière plus générale, compte tenu de la crise climatique. La gestion de cette transformation aura une incidence déterminante sur l'avenir de l'humanité et sur la santé de la planète. Face au creusement des inégalités et à l'accroissement des vulnérabilités, notamment dans un contexte d'accentuation des disparités socioéconomiques, de la dégradation de l'environnement et des tensions géopolitiques, l'essor rapide des technologies numériques et l'impératif de la durabilité environnementale sont des enjeux de plus en plus interdépendants. La transition numérique continue de progresser à grande vitesse et, d'un point de vue environnemental, elle offre de nouvelles solutions, mais crée également des obstacles. Jusqu'à présent, l'essor des technologies numériques, d'une part, et le déploiement de technologies à faibles émissions de carbone, d'autre part, ont été considérés comme des processus parallèles, mais ils sont en réalité étroitement liés dans le contexte de la transition économique mondiale. Les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés, sont confrontés à deux injonctions contradictoires : celle de la transition numérique et celle de la lutte contre la dégradation de l'environnement. En effet, ils sont souvent les plus vulnérables aux effets néfastes que la transition numérique est susceptible d'avoir sur les plans environnemental et social, tout en étant moins bien équipés pour exploiter les technologies numériques à des fins d'atténuation des risques liés aux crises environnementales. En d'autres termes, ils ne tirent que de maigres avantages de la transition numérique, mais sont fortement exposés à ses répercussions néfastes. Les disparités liées au développement, à la responsabilité environnementale, aux coûts environnementaux et à la transition numérique sont interdépendantes et doivent être considérées de manière globale. Il convient d'accorder davantage d'attention aux liens entre l'évolution rapide de la transition numérique et la durabilité environnementale, ainsi qu'à leurs implications du point de vue du commerce et du développement. Il s'agit notamment de mieux comprendre la façon dont les pays sont touchés par les effets environnementaux de la transition numérique selon leur niveau de développement et la manière dont ces effets se répercutent sur le commerce mondial. Ce travail éclairera l'élaboration des politiques relatives à la transition numérique, au commerce et à la promotion d'un développement durable et écologiquement viable, l'objectif étant de maximiser les retombées positives de la transition numérique tout en atténuant ses effets néfastes sur l'environnement.

3. Dans le chapitre I de la présente note, le secrétariat étudie les principaux effets environnementaux des produits numériques sur l'ensemble de leur cycle de vie. Dans le chapitre II, il analyse les implications de ces effets environnementaux du point de vue du commerce et du développement. Dans le chapitre III, il réfléchit aux moyens de mettre la transition numérique au service d'un développement durable. Dans le chapitre IV, il décrit les mesures à prendre à différents niveaux pour que la transition soit inclusive et écologiquement viable.

4. La présente note a été établie à partir des questions d'orientation ci-après, approuvées par le Conseil du commerce et du développement¹ :

a) Quelles sont les principales conséquences environnementales causées par la transition numérique à ses différentes étapes ? Comment y faire face ? Quelles sont les

¹ La présente note est inspirée du Rapport 2024 sur l'économie numérique de la CNUCED (*Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future* (publication des Nations Unies, numéro de vente E.24.II.D.12, Genève)), dans lequel figurent les sources des données utilisées et les références correspondantes, sauf indication contraire. La mention d'une entreprise ou d'un procédé breveté n'implique aucune approbation de la part de l'Organisation

répercussions sur le commerce et le développement, en particulier dans les pays en développement ?

b) Comment faire en sorte que la transition numérique, à chacune de ses étapes, contribue à un développement durable ? (Par exemple, si l'on considère les minéraux critiques, qui sont essentiels à la transformation numérique, et la gestion des déchets.)

c) Par quelles mesures et activités de coopération, aux niveaux national, régional et international, garantir que la transition numérique est inclusive et propice à un développement durable, et que ses conséquences environnementales, en particulier pour les plus défavorisés, sont prises en considération ?

I. Principaux effets environnementaux des produits numériques sur l'ensemble de leur cycle de vie

5. L'empreinte environnementale globale de la transition numérique est difficile à évaluer et demeure largement inconnue. Le recensement des débouchés et des risques de cette transition est entravé par : l'absence de consensus sur les éléments constitutifs du secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) et sur les critères à retenir ; le manque de données actualisées, comparables et accessibles ; le manque de normes d'information harmonisées ; l'hétérogénéité des méthodes utilisées. Par conséquent, les chiffres disponibles varient considérablement. Par exemple, pour l'année 2020, les estimations des émissions de gaz à effet de serre du secteur des TIC sur l'ensemble du cycle de vie des produits vont de 0,69 à 1,6 gigatonne d'émissions d'équivalent CO₂, soit 1,5 à 3,2 % des émissions mondiales. Il y a lieu de penser que l'empreinte environnementale de la transition numérique est considérable et va croissant. La nécessité d'améliorer l'accès à des données de qualité et d'établir des méthodes de mesure communes ne doit pas être une excuse pour ne pas agir.

6. L'analyse du cycle de vie d'un produit permet d'en évaluer l'empreinte environnementale sur l'ensemble de sa durée de vie. Les appareils numériques et les infrastructures sur lesquelles reposent les TIC ont des effets directs sur l'environnement à toutes les étapes de leur cycle de vie, c'est-à-dire pendant la phase de production (extraction et transformation des matières premières, fabrication et distribution), la phase d'utilisation et la phase de fin de vie. Les effets directs sur les ressources naturelles, notamment sur les minéraux essentiels à la transition, l'énergie et l'eau, ainsi que les émissions de carbone et la pollution liée aux déchets, forment ensemble l'empreinte environnementale du secteur des TIC. À cela viennent s'ajouter des effets indirects, positifs ou négatifs, liés à l'utilisation des technologies numériques dans d'autres secteurs. La transition numérique peut être salubre pour l'environnement, car elle peut amener des technologies plus efficaces, optimiser l'utilisation des ressources et offrir des solutions innovantes d'atténuation des changements climatiques et d'adaptation à leurs effets. Toutefois, les avantages potentiels risquent d'être éclipsés par des effets de rebond, car les gains d'efficacité pourraient conduire à une augmentation de la consommation.

7. Les technologies numériques peuvent être mises au service de la protection de l'environnement, mais la croissance du nombre d'appareils numériques, les investissements dans les réseaux de transmission de données et les centres de données, ainsi que les applications numériques à forte intensité de calcul, comme l'intelligence artificielle ou les technologies de la chaîne de blocs (les cryptomonnaies, en particulier), font croître leur empreinte environnementale. Le modèle de production actuel de l'économie numérique, très linéaire (extraire-fabriquer-utiliser-jeter), se traduit par une augmentation : de la demande de matières premières, d'eau et d'énergie ; des émissions de gaz à effet de serre ; de la production de déchets. Dans la présente note, le secrétariat analyse essentiellement les effets directs de la transition numérique sur l'environnement, mais l'objectif sous-jacent est de maximiser tous les avantages de cette transition, y compris ses effets positifs indirects sur l'environnement, tout en réduisant ses effets néfastes sur l'ensemble du cycle de vie du

des Nations Unies. Tous les sites Web mentionnés dans les notes de bas de page ont été consultés en février 2025.

numérique. La transition doit être plus durable sur le plan environnemental tout en contribuant à un développement inclusif.

A. Phase de production

8. La première phase du cycle de vie du numérique est la production des appareils numériques et des infrastructures sur lesquelles reposent les TIC. Elle comprend plusieurs étapes : l'extraction des ressources naturelles (minéraux, métaux, etc.) et leur transformation ; la fabrication des différents composants des produits numériques, puis leur assemblage ; la distribution des produits partout dans le monde (transport).

9. La transition numérique est souvent considérée comme une transformation virtuelle et immatérielle, qui s'opère dans le *cloud*, mais elle est fortement tributaire de ressources physiques. Les appareils et infrastructures numériques sont composés de plastique, de verre et de céramique, ainsi que de dizaines de minéraux et de métaux, qui ne peuvent être aisément remplacés. L'objectif de dématérialisation de l'économie mondiale grâce à la transition numérique n'a pas été atteint. La quantité de minéraux et de métaux nécessaires à la fabrication d'un appareil peut être faible, compte tenu en particulier de la tendance générale à la miniaturisation, mais celle-ci complique le recyclage des matières une fois l'appareil mis au rebut. En outre, à mesure que la transition numérique progresse, des volumes toujours plus larges de minéraux et de métaux sont nécessaires, d'une plus grande variété et à des degrés de pureté plus élevés, pour répondre à la demande mondiale et permettre la fabrication d'appareils plus complexes et sans cesse plus performants. Le nombre d'éléments utilisés pour fabriquer un téléphone, par exemple, est passé de 10 en 1960 à 27 en 1990, et pouvait aller jusqu'à 63 en 2021 pour un smartphone. Les minéraux et les métaux sont également mélangés pour former des alliages, ce qui complique leur séparation à des fins de recyclage et de valorisation. De surcroît, les procédés utilisés pour atteindre des niveaux élevés de pureté consomment beaucoup d'énergie. La diminution de la richesse du minerai signifie aussi que des quantités de plus en plus grandes de minerai doivent être extraites pour obtenir un volume donné de minéraux. La fabrication d'un ordinateur de 2 kg nécessite par exemple l'extraction de 800 kg de matières premières. Globalement, plus un produit est performant, plus sa fabrication est gourmande en ressources.

10. Les données disponibles suggèrent que la phase de production est, dans l'ensemble, la plus néfaste pour l'environnement, en raison de l'extraction de minéraux et de métaux, du volume des émissions de gaz à effet de serre et des effets liés à l'eau. Dans le cas d'un smartphone, par exemple, environ 80 % des émissions sont imputables à cette phase. Les principaux minéraux et métaux nécessaires à la transition numérique, utilisés pour fabriquer les appareils numériques, électroniques et électriques, sont presque les mêmes que ceux qu'exige la transition vers une économie sobre en carbone. Il est beaucoup question des minéraux critiques et stratégiques dans le contexte de la transition énergétique, mais leur rôle dans la transition numérique est moins souvent évoqué. La demande de ces matières est tirée vers le haut aussi bien par l'essor des technologies numériques que par l'adoption de technologies à faibles émissions de carbone. Sans elles, la transition numérique est impossible. Selon les estimations de la Banque mondiale, la production de minéraux tels que le graphite, le lithium et le cobalt pourrait augmenter de 500 % d'ici à 2050 pour répondre à la demande croissante. De même, l'Agence internationale de l'énergie prévoit que la consommation des minéraux du groupe du platine pourrait être 120 fois plus élevée en 2050 qu'en 2022. L'explosion attendue de la demande est source de préoccupations, ces ressources étant finies. L'augmentation des coûts, à l'heure où les découvertes de gisements et de minerais se font de plus en plus rares, suscite un intérêt croissant pour l'exploration de ressources minérales dans des zones encore inexploitées, telles que le fond des océans et l'espace extra-atmosphérique, qui sont des biens communs de l'humanité, caractérisés par une réglementation minière encore floue et peu développée. La question de savoir s'il y aura suffisamment de minéraux pour répondre aux considérables besoins créés par les technologies numériques et sobres en carbone est cruciale, du point de vue tant économique qu'environnemental et géologique. Paradoxalement, le manque de ressources pourrait devenir un obstacle à l'essor de ces technologies.

11. La phase de production du cycle de vie du numérique impose des coûts écologiques aux pays en développement riches en minéraux recherchés. Les activités extractives ont souvent des effets néfastes sur l'environnement, qui varient selon le type de ressource minérale et l'emplacement géographique. Certains de ces effets sont toutefois très largement observés, à savoir les suivants :

a) Émissions de gaz à effet de serre et consommation d'énergie : les activités minières consomment beaucoup d'énergie, d'origine essentiellement fossile, qu'il s'agisse de l'étape de l'extraction ou de celle de la transformation ;

b) Utilisation d'eau : les opérations d'extraction et de transformation, ainsi que la fabrication de composants (semi-conducteurs, par exemple), nécessitent de grandes quantités d'eau, et ces opérations peuvent se dérouler dans des zones en situation de stress hydrique ;

c) Pollution des sols, de l'air et de l'eau : les activités minières génèrent des déchets et des substances chimiques toxiques. Si les résidus miniers ne sont pas correctement traités, ils peuvent polluer les sols et l'eau en cas de fuite, et provoquer un phénomène d'érosion. En outre, les procédés de séparation et de traitement requièrent l'utilisation de produits chimiques qui génèrent des externalités toxiques ;

d) Écosystèmes et biodiversité : les effets néfastes peuvent être particulièrement graves lorsque les activités minières ont lieu dans des zones protégées ou importantes pour la biodiversité, et menacent des écosystèmes vulnérables ;

e) Déforestation : les activités minières sont considérées comme la quatrième cause de déforestation.

12. Les conséquences environnementales de l'exploitation minière ont souvent des répercussions sociales et peuvent nuire à l'exercice des droits de l'homme : effets néfastes sur la santé et la sécurité des personnes ; déplacements de communautés, en particulier de peuples autochtones, en raison de changements d'affectation des terres ; mauvaises conditions de travail (pour les femmes, notamment) ; incidences sur les travailleurs artisanaux et les petits exploitants du secteur informel ; travail des enfants ; inégalités, injustices et potentielles violations des droits de l'homme, etc. En outre, beaucoup d'activités minières ont lieu dans des zones en proie à des conflits. Ces problèmes sont exacerbés dans les pays en développement, et surtout dans les pays les moins avancés, dont la capacité à remédier aux externalités négatives de l'exploitation minière est limitée.

B. Phase d'utilisation

13. La phase d'utilisation correspond à l'exploitation et à l'utilisation des appareils, des réseaux de transmission et des centres de données. Ces derniers exercent une pression considérable sur l'environnement. La transition numérique requiert des capacités importantes et croissantes de stockage et de calcul, concentrées dans des centres de données, qui consomment de grandes quantités d'énergie et d'eau, en plus d'émettre des gaz à effet de serre. La consommation d'eau et d'électricité des centres de données doit être considérée de manière globale. Ces centres ont également un autre effet néfaste, plus local : la pollution sonore.

14. La consommation d'électricité estimée de 13 des plus grands opérateurs de centres de données a plus que doublé entre 2018 et 2022, Amazon, Alphabet, Microsoft et Meta en tête. Selon l'Agence internationale de l'énergie, la consommation mondiale d'électricité des centres de données s'élevait à environ 460 TWh en 2022 et pourrait plus que doubler d'ici à 2026 pour atteindre 1 000 TWh. À titre de comparaison, la consommation totale d'électricité de la France était d'environ 459 TWh en 2022.

15. Les technologies numériques ont une forte empreinte hydrique. Les informations sur leur consommation d'eau sont toutefois limitées. Les centres de données requièrent non seulement de grandes quantités d'électricité, mais aussi de l'eau, nécessaire à leur refroidissement. Leur consommation d'eau et ses répercussions sur les ressources hydriques doivent être évaluées localement, car le choix de la technologie de refroidissement dépend des conditions locales (climat et ressources disponibles). Une région où sévissent de graves

pénuries d'eau et une autre où cette ressource est disponible en abondance ne sont pas confrontées aux mêmes défis.

16. Les effets environnementaux de la phase d'utilisation des technologies numériques sont accentués par le progrès des technologies à forte intensité de calcul, telles que les technologies de la chaîne de blocs et, surtout, l'intelligence artificielle générative. Dans les années 2010, les gains d'efficacité énergétique ont compensé la croissance de la demande d'énergie des centres de données, de sorte que leur part de la consommation mondiale d'électricité est restée stable (environ 1 %), mais l'essor de l'intelligence artificielle a changé la donne (voir l'encadré).

L'essor de l'intelligence artificielle a des répercussions croissantes sur l'environnement

L'accélération du développement et du déploiement des technologies fondées sur l'intelligence artificielle à la suite de l'émergence, en 2022, de Chat GPT (pour *generative pre-trained transformer*, qui signifie « transformateur génératif préentraîné »), entraîne une augmentation rapide des coûts environnementaux, qu'il s'agisse de la demande de matières, de la consommation d'eau et d'énergie, de la pollution de l'air, des émissions de carbone ou de la production de déchets électroniques. La lutte que se mènent les grandes entreprises technologiques, en particulier, pour mettre au point des modèles d'intelligence artificielle toujours plus puissants et plus sophistiqués, nécessite des capacités de traitement des données et de calcul de plus en plus grandes lors des phases d'apprentissage et d'inférence, et fait donc croître considérablement la demande de centres de données. Une étude montre que cette demande pourrait plus que tripler d'ici à 2030 à l'échelle mondiale, principalement en raison des besoins de l'intelligence artificielle. Les investissements dans les centres de données vont croissant dans le monde entier. Selon une estimation, les dépenses consacrées à ces centres ont augmenté de 39,4 % en 2024, et devraient progresser de 23,2 % en 2025.

Les données sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle sont limitées, car les entreprises technologiques ne divulguent que rarement des informations à ce sujet et les méthodes de mesure varient. Toutefois, les nombreux travaux d'analyse récemment menés permettent d'établir que cette empreinte est considérable et s'élargit fortement au fur et à mesure des progrès de l'intelligence artificielle générative. Les émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation de l'intelligence artificielle, notamment, sont élevées : celles de Google ont augmenté de 48 % entre 2019 et 2024 et celles de Microsoft étaient près de 31 % plus élevées en 2024 qu'en 2020. Une étude montre que les émissions des grandes entreprises technologiques pourraient être beaucoup plus élevées que les chiffres officiellement déclarés, selon la méthode employée pour les calculer. Une autre révèle que les émissions des centres de données pourraient plus que doubler entre 2020 et 2030. L'augmentation de la demande de centres de données et de processeurs graphiques, conséquence du déploiement des technologies fondées sur l'intelligence artificielle, entraîne aussi une nette hausse de la consommation de minéraux, de métaux et d'autres matières.

Il est de plus en plus évident que la consommation d'énergie des technologies de l'intelligence artificielle est élevée et va croissant. Selon des estimations, une recherche effectuée via un outil d'intelligence artificielle nécessite 10 fois plus d'électricité qu'une recherche en ligne classique. Une étude montre que la demande d'électricité des centres de données grimpera de 160 % d'ici à 2030, que les centres de données du monde entier représentaient 1 à 2 % de la consommation énergétique mondiale en 2024, et que cette part pourrait passer à 3 à 4 % d'ici à la fin des années 2020. À l'horizon 2028, l'intelligence artificielle devrait représenter environ 19 % de la consommation d'électricité des centres de données. Une telle perspective suscite des inquiétudes quant au risque de perturbations du réseau électrique et de pénurie d'électricité, qui pourraient à leur tour freiner le développement de l'intelligence artificielle. L'augmentation de la demande entraîne un retour aux combustibles fossiles et la relance de projets nucléaires, car l'énergie issue de sources renouvelables ne suffit pas à répondre à la demande. Dans l'idéal, l'énergie renouvelable devrait non pas être complémentaire de l'énergie fossile, mais la remplacer.

La croissance de la demande d'énergie des centres de données risque de compromettre les progrès accomplis par les grandes entreprises technologiques et par certains pays dans la poursuite de leurs objectifs climatiques. En Irlande, par exemple, la consommation

d'électricité de ces centres est passée de 5 à 21 % de la consommation nationale entre 2015 et 2023, et des prévisions montrent qu'elle pourrait atteindre 28 % d'ici à 2031. La production de puces menace également les objectifs climatiques, par exemple dans la province chinoise de Taïwan. En outre, les technologies de l'intelligence artificielle et la production des puces nécessaires à ces technologies consomment de grandes quantités d'eau. Une étude montre que la génération d'un message électronique de 100 mots par Chat GPT-4 nécessite plus d'un demi-litre d'eau. D'après des estimations, la demande mondiale d'eau liée à l'utilisation de l'intelligence artificielle pourrait atteindre 4,2 à 6,6 milliards de mètres cubes en 2027, soit plus de la moitié de la consommation du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord en 2023. Étant donné que 95 % de l'eau consommée par les centres de données est potable et que la majeure partie s'évapore, la concurrence avec des utilisations plus essentielles de l'eau est source de préoccupations, en particulier dans les régions où l'eau est rare. L'intelligence artificielle est aussi source de pollution de l'air, causée par les activités manufacturières, la production d'électricité et l'utilisation de générateurs de secours au diesel, et cet autre effet environnemental peut être lourd de conséquences sur le plan de la santé publique.

Au stade de la fin de vie, les technologies de l'intelligence artificielle font croître la production de déchets électroniques, car les appareils deviennent rapidement obsolètes et doivent être fréquemment remplacés. Une étude montre que le volume total de déchets électroniques liés à l'intelligence artificielle générative pourrait atteindre 1,2 million à 5 millions de tonnes sur la période 2020-2030. Selon les estimations, le taux de croissance annuel composé de la production de déchets électroniques liés aux grands modèles de langage fondés sur l'intelligence artificielle varie entre 129 et 167 % sur la période 2023-2030, contre 3,6 % pour les déchets électroniques conventionnels.

Bien qu'incertains, les effets environnementaux croissants des technologies de l'intelligence artificielle tout au long de leur cycle de vie suscitent des inquiétudes parmi les acteurs concernés, notamment les populations touchées dans de nombreux pays. Des initiatives sont lancées aux niveaux national, régional et international pour remédier à ces effets. Une prise de conscience s'opère, mais des efforts considérables sont nécessaires de la part de toutes les parties prenantes pour assurer la viabilité environnementale des technologies de l'intelligence artificielle. Il reste beaucoup à faire dans les domaines de la mesure, de la transparence et de la recherche pour mieux comprendre les conséquences environnementales de ces technologies. Les débats devraient également porter sur la nécessité d'intégrer la dimension environnementale dans l'analyse coûts-avantages de la conception et du déploiement des technologies de l'intelligence artificielle. Il s'agit notamment de déterminer si certaines tâches valent le coût environnemental et si la course à la création de modèles toujours plus grands, qui compromettent les objectifs de durabilité environnementale, est indispensable pour répondre aux besoins de la société, ou si des modèles plus petits peuvent faire une partie du travail. En outre, il est essentiel de prendre en compte les considérations d'équité. Dans beaucoup de pays en développement, l'accès limité à l'énergie et les situations de stress hydrique entravent le développement des technologies de l'intelligence artificielle, empêchant les acteurs nationaux de tirer parti de ces technologies.

Source : CNUCED, d'après <https://news.ucr.edu/articles/2024/12/09/ais-deadly-air-pollution-toll> ; <https://qz.com/ai-google-microsoft-climate-change-data-center-energy-1851589453> ; <https://www.aljazeera.com/economy/2024/12/25/taiwan-struggles-to-reconcile-climate-ambitions-and-chip-manufacturing> ; <https://www.bbvaresearch.com/en/publicaciones/global-ai-and-climate-disruptive-potential-amid-growing-resource-strain/> ; <https://www.capgemini.com/news/press-releases/organizations-are-increasingly-aware-of-the-environmental-footprint-of-gen-ai-but-most-arent-able-to-address-it-alone/> ; <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-01-21-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-9-point-8-percent-in-2025> ; <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand> ; <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/ai-power-expanding-data-center-capacity-to-meet-growing-demand> ; <https://www.nature.com/articles/s43588-024-00712-6> ; <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/how-ai-cloud-computing-may-delay-transition-clean-energy-2024-11-21/> ; <https://www.theguardian.com/technology/2024/sep/15/data-center-gas-emissions-tech> ; <https://www.theguardian.com/world/2024/dec/10/ai-fuelled-cloud-storage-boom-threatens-irish-climate-targets-report-warns> ;

<https://www.unep.org/resources/report/artificial-intelligence-ai-end-end-environmental-impact-full-ai-lifecycle-needs-be> ; <https://www.washingtonpost.com/technology/2024/09/18/energy-ai-use-electricity-water-data-centers/>.

C. Phase de la fin de vie : les effets environnementaux des déchets liés à la transition numérique

17. La dernière phase du cycle de vie des produits et infrastructures numériques débute lorsque les utilisateurs ne veulent plus ou ne peuvent plus utiliser ces produits et infrastructures, qui deviennent alors des déchets à traiter. Les déchets liés à la transition numérique sont une préoccupation environnementale de plus en plus pressante. Entre 2010 et 2022, le volume de déchets générés par la mise au rebut d'écrans, de petit matériel informatique et de petit matériel de télécommunications a augmenté de 30 % au niveau mondial, passant de 8,1 millions à 10,5 millions de tonnes. La croissance de la production de déchets liés à la transition numérique a des causes multiples, parmi lesquelles : la consommation d'un plus grand nombre d'appareils électroniques et d'équipements TIC à la durée de vie plus courte ; le manque d'information des consommateurs sur les déchets générés par leurs appareils ; la linéarité du modèle de production dominant ; le manque de possibilités de réparation ou de mise à niveau des appareils. De nouveaux modèles d'appareils, plus performants, remplacent rapidement les modèles existants ou les rendent inutiles. L'obsolescence programmée, qui consiste par exemple à rendre les smartphones plus lents avec le temps ou à cesser progressivement de mettre à jour d'anciennes versions de logiciels, ne fait qu'aggraver le problème de l'accumulation de déchets.

18. Les déchets liés à la transition numérique contiennent des matières dangereuses, qui peuvent nuire à l'environnement et à la santé humaine si elles ne sont pas traitées correctement (métaux lourds, substances telles que l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure, polluants organiques persistants, etc.). Dans les contextes informels, la gestion de ces déchets est caractérisée par une multitude de pratiques dangereuses et non respectueuses de l'environnement, telles que la récupération sauvage, le déversement sur la terre ferme ou dans l'eau, la mise en décharge avec les déchets ordinaires, l'incinération ou la fonte à l'air libre, l'utilisation de bains acides ou la lixiviation, le décapage et le déchiquetage de revêtements plastiques ou le désassemblage d'équipements sans précautions de sécurité adaptées. Ces activités libèrent en outre des polluants, qui contaminent l'air, les sols, la poussière, l'eau et les aliments, non seulement là où les déchets sont recyclés, mais aussi dans les communautés avoisinantes. L'incinération et la fonte sont considérées comme des activités parmi les plus dangereuses, car elles dégagent des fumées toxiques.

19. Dans un modèle de production linéaire, la mise au rebut constitue la dernière étape du cycle de vie d'un produit. En revanche, dans un modèle circulaire, plus durable, la fin d'un cycle devient le début d'un autre.

II. Implications du point de vue du commerce et du développement

20. Les pressions que la transition numérique fait peser sur l'environnement sont un enjeu d'envergure mondiale, mais selon leur niveau de développement, les pays y sont inégalement exposés. De nombreux pays en développement peinent encore à accéder aux technologies nécessaires pour répondre à leurs besoins de développement et pourtant, ils sont parmi les premières victimes de l'épuisement des ressources naturelles, de l'accumulation des déchets et des changements climatiques. En outre, ils paient généralement un plus lourd tribut aux changements climatiques, dont les effets peuvent restreindre leurs perspectives de développement socioéconomique, et n'ont souvent pas les ressources et les capacités nécessaires pour utiliser les technologies numériques à des fins de lutte contre la dégradation de l'environnement. L'essentiel de la valeur ajoutée de l'économie numérique est capté par les pays développés et par quelques pays en développement déjà bien avancés dans la transition, tandis qu'une grande partie des coûts est davantage supportée par le reste du monde. Beaucoup de pays en développement sont des fournisseurs de matières premières

indispensables, et certains sont la destination de gros volumes de déchets liés à la transition. Pourtant, dans la grande course du commerce mondial, les régions en développement se trouvent souvent en queue de peloton, où les perspectives de création de valeur ajoutée et de croissance économique sont limitées. Il se crée donc une situation de déséquilibre des échanges sur le plan écologique.

A. Déséquilibre écologique dans le commerce de minéraux et de métaux

21. Certains pays en développement sont des acteurs clefs des chaînes d’approvisionnement mondiales en minéraux et métaux nécessaires à la transition, car les réserves de ces ressources sont très concentrées géographiquement, de même que les activités d’extraction et de transformation. Par exemple, environ 60 % des réserves mondiales de lithium se trouvent en Argentine, dans l’État plurinational de Bolivie et au Chili, qui forment ensemble le « triangle du lithium ». En 2022, 68 % du cobalt extrait dans le monde l’a été en République démocratique du Congo, et l’Indonésie a représenté environ la moitié de la production mondiale de nickel. La Chine, quant à elle, était à l’origine de 65 % de la production mondiale de graphite naturel, de 78 % de celle de silicium métal et de 70 % de celle de terres rares. Elle joue en outre un rôle majeur dans la transformation des minéraux, assurant plus de la moitié des activités de transformation de l’aluminium, du cobalt et du lithium, environ 90 % des activités de transformation du manganèse et des terres rares, et près de 100 % des activités de transformation du graphite naturel.

22. Souvent richement dotés en minéraux nécessaires à la production des technologies numériques, les pays en développement supportent une part disproportionnée des coûts environnementaux des activités extractives, alors qu’ils n’en retirent que des avantages limités. Du fait de la concentration géographique de ces minéraux, les répercussions environnementales et sociales sont elles aussi concentrées dans les régions productrices. Dans les pays en développement tributaires de minéraux, la croissance économique, les recettes en devises et les recettes publiques dépendent fortement de l’évolution du secteur minier. Ces pays sont donc vulnérables aux chocs extérieurs qui pèsent sur la demande de minéraux nécessaires à la transition numérique, ainsi qu’à la volatilité des prix, qui compromet la stabilité économique.

23. Le commerce international des minéraux nécessaires à la transition numérique reflète largement la distribution géographique des réserves et des activités extractives. De nombreux pays en développement d’Afrique, d’Asie et du Pacifique et d’Amérique latine sont de grands exportateurs de minéraux et de métaux essentiellement bruts, qui sont transformés dans les pays développés et en Chine. La Chine, les États-Unis d’Amérique et l’Union européenne ne peuvent satisfaire leur demande de minéraux en exploitant uniquement les ressources nationales. Il se crée ainsi un déséquilibre des échanges sur le plan écologique : les activités à forte valeur ajoutée (production de services et de biens immatériels) sont concentrées dans les pays développés, qui importent des matières premières, mais externalisent les activités de production à forte intensité de matières et d’énergie vers d’autres pays, et externalisent également les effets environnementaux de ces activités vers des pays à revenu faible ou intermédiaire. Ainsi, les pays en développement exportent principalement des minéraux et métaux non transformés de faible valeur, supportent les coûts environnementaux et sociaux de la transition numérique et importent des produits finaux de plus grande valeur. D’après des estimations, 82 % des émissions de carbone du secteur des TIC sont attribuables aux régions en développement, tandis que les régions développées captent 58 % de la valeur ajoutée.

B. L’empreinte environnementale des centres de données dans les pays en développement

24. La plupart des centres de données se trouvent dans des pays déjà bien avancés dans leur transition, mais la transformation numérique des pays en développement fait croître la demande de centres dans ces pays, malgré les conditions climatiques difficiles, les restrictions d’accès à l’énergie, la raréfaction de l’eau, la connectivité lacunaire et les pannes de courant. Pour des raisons de latence, l’essor de l’Internet des objets et la croissance des réseaux

mobiles de cinquième génération favorisent également l'établissement de centres de données à proximité des utilisateurs. De surcroît, divers objectifs de politique générale, tels que la protection de la vie privée et d'autres droits de l'homme, la protection de la sécurité nationale et la promotion du développement économique, peuvent expliquer que les pays préfèrent construire des centres de données à l'intérieur de leurs frontières. Cette situation risque de perdurer tant qu'il n'existera pas d'approche mondiale de la gouvernance des données, qui permette à tous les pays de tirer parti équitablement de leur valeur à des fins de développement, indépendamment de l'endroit où ces données sont stockées. Les investissements dans les centres de données devraient continuer de croître dans les pays en développement, non sans répercussions sur la consommation locale d'énergie et d'eau. Dans les régions soumises à un important stress hydrique, les centres de données sont souvent en concurrence avec les populations locales pour l'accès à l'eau potable. Dans les régions chaudes, telles que l'Afrique et l'Asie du Sud-Est, il pourrait être particulièrement difficile de réduire la quantité d'eau consommée à des fins de refroidissement.

25. L'empreinte environnementale des centres de données suscite des inquiétudes tant dans les pays développés que dans les pays en développement, notamment au Nigéria (Afrique), en Malaisie (Asie) et au Chili, au Mexique et en Uruguay (Amérique latine). Il est indispensable de prendre en considération les enjeux de durabilité de manière globale dès les premières étapes de l'établissement de nouveaux centres de données, au stade de la planification, en tenant compte de tous les effets sur l'environnement. Pour que la répartition géographique des centres de données à travers le monde soit compatible avec l'impératif de durabilité environnementale, des mesures doivent également être prises pour parvenir à une meilleure gouvernance des données. Dans les pays en développement, les décideurs et les entreprises de services publics de distribution pourraient évaluer les possibilités de codéveloppement des infrastructures locales d'approvisionnement en électricité et en eau avec les promoteurs de projets de construction de centres de données et de développement des réseaux. Les opérateurs d'infrastructures numériques étant de grands consommateurs d'électricité et d'eau, leur implantation dans les pays en développement peut nécessiter d'améliorer les réseaux d'approvisionnement, au bénéfice des populations locales.

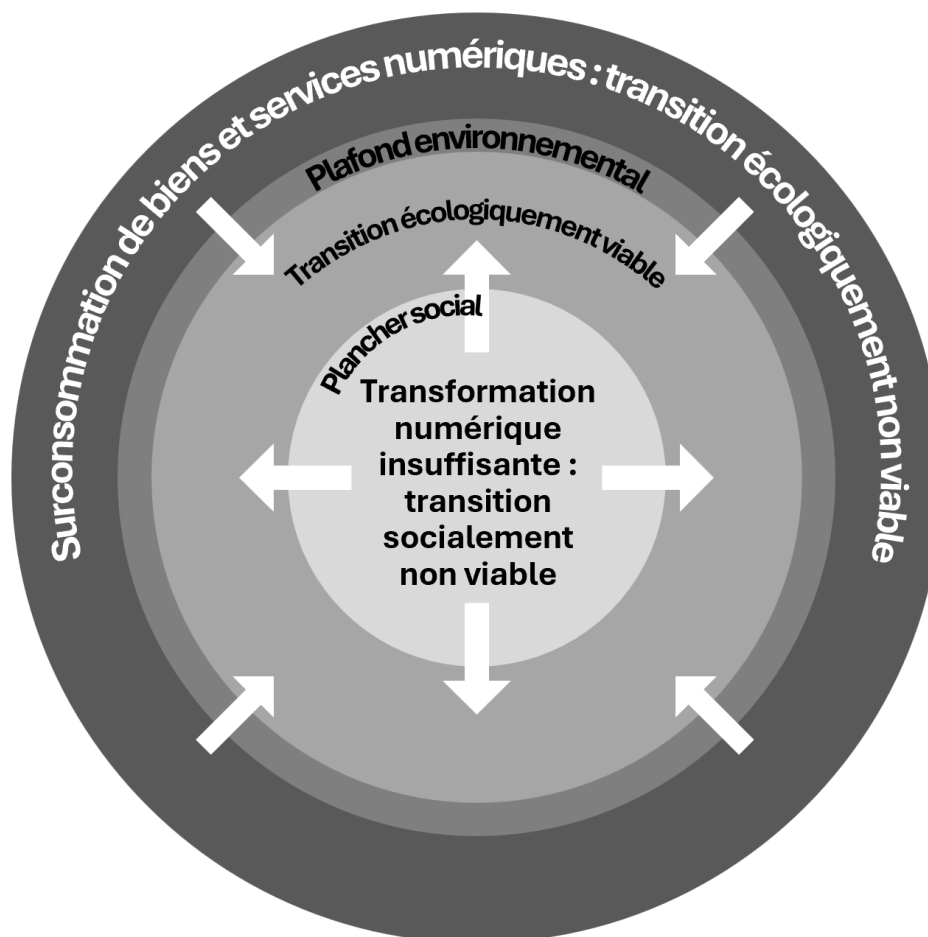
C. Disparités dans la production de déchets liés à la transition numérique et déséquilibre des échanges sur le plan écologique

26. La croissance de la production de déchets liés à la transition numérique est caractérisée par de fortes disparités entre régions. La fracture entre pays développés et pays en développement devrait subsister, car elle est le reflet d'asymétries dans la demande d'appareils. En 2024, les plus gros producteurs de déchets liés à la transition numérique étaient la Chine, les États-Unis et l'Union européenne. Les pays développés produisent en moyenne 3,25 kg de déchets par habitant, contre moins de 1 kg dans les pays en développement et 0,21 kg dans les pays les moins avancés. Un citoyen des États-Unis génère en moyenne 25 fois plus de déchets qu'un citoyen d'un pays parmi les moins avancés. Cet écart s'explique par de profondes disparités dans la disponibilité, l'accessibilité financière et l'utilisation des appareils et équipements numériques : le nombre moyen d'appareils et de connexions par habitant est d'environ 13 en Amérique du Nord, 9 en Europe occidentale, 4 en Europe centrale et orientale, et 3,5 en Asie-Pacifique et en Amérique latine, et de moins de 2 en Afrique et au Moyen-Orient.

27. S'il importe de remédier à la surconsommation des pays à revenu élevé et d'avoir conscience de la quantité de déchets produits, il faut également garder à l'esprit que beaucoup de pays en développement doivent encore progresser dans leur transition numérique pour être en mesure de participer véritablement à l'économie mondiale. Or cette transition se traduira inévitablement par une augmentation de la consommation : c'est là toute la complexité de l'équilibre entre durabilité et développement économique. Pour que la transition numérique soit viable, il faut limiter la surconsommation et laisser une plus grande marge de manœuvre aux pays en retard dans cette transition pour l'opérer dans le cadre de leur développement. D'un point de vue social, l'objectif est de sortir du cercle de la transformation numérique insuffisante, tandis que d'un point de vue environnemental, il faut passer sous le plafond environnemental au-delà duquel la transition n'est pas viable (voir figure). Une grande partie

des déchets numériques étant traités dans le secteur informel, les procédés de recyclage sont sous-optimaux, avec pour conséquence une récupération inefficace et insuffisante des ressources de valeur. Les travailleurs n'ont souvent pas les compétences et les connaissances nécessaires pour traiter efficacement les déchets et en extraire la valeur maximale. En outre, ils sont soumis à de mauvaises conditions de travail, ne bénéficient pas de systèmes de protection sociale et n'ont guère la possibilité de s'organiser et d'améliorer leurs moyens de subsistance.

Transition numérique viable



Source : CNUCED.

28. Les données disponibles révèlent un déséquilibre, sur le plan écologique, dans le commerce international des déchets liés à la transition numérique, notamment des équipements électriques et électroniques usagés. En effet, ces déchets, dont le commerce est largement incontrôlé, sont typiquement exportés des régions développées vers les régions en développement, et, au sein d'une même région, des pays les plus développés vers les pays les moins développés. Ce commerce s'accompagne d'un transfert des responsabilités et des risques, c'est-à-dire que les coûts environnementaux et sociaux sont supportés par les pays importateurs. À l'inverse, les composants situés plus haut dans la chaîne de valeur des déchets, eux, sont exportés des pays en développement vers les pays développés. Les pays en développement sont donc cantonnés aux activités de recyclage les moins lucratives, tandis que les pays développés captent la plus grande part de la valeur des déchets. De plus, dans les pays de destination, les systèmes officiels de collecte et de recyclage sont souvent inadaptés. Les mouvements de ces déchets sont réglementés par la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, mais la mise en œuvre de cet instrument est difficile compte tenu de l'ampleur du commerce informel et illégal, ainsi que du manque de moyens des autorités chargées de son application. Il faut éviter d'envoyer des déchets dans les pays en développement, mais encourager le

commerce international d'équipements électroniques usagés, qui offre des possibilités de promotion de la circularité et du développement.

III. Mettre la transition numérique au service d'un développement durable

29. Une transformation numérique respectueuse de l'environnement, qui favorise un développement inclusif, passe nécessairement par un rééquilibrage de la répartition des coûts écologiques de la transition et par la recherche de solutions aux vulnérabilités des pays en développement. Il s'agit de promouvoir une économie numérique plus circulaire et de réduire l'empreinte environnementale de la transition numérique, notamment en améliorant la gestion des déchets, tout en veillant à ce que tous les pays puissent tirer parti équitablement de cette transition pour progresser dans leur développement.

A. Les minéraux critiques comme vecteur d'un développement inclusif et durable

30. Les minéraux critiques sont devenus un enjeu majeur des débats internationaux sur le développement, directement lié aux grands défis mondiaux que sont la transition numérique et la durabilité environnementale. L'accroissement de la demande de ces minéraux soulève des préoccupations majeures sur les plans de la géopolitique et du développement. Il peut être un vecteur de développement si les pays en développement riches en ressources parviennent à valoriser davantage les minéraux extraits, à capter une juste part des revenus tirés des activités extractives, à utiliser efficacement ces revenus et à se diversifier dans d'autres maillons de la chaîne de valeur et d'autres secteurs. Les pays en développement, notamment les pays les moins avancés, ont depuis longtemps un problème de dépendance à l'égard d'un petit nombre de produits de base. Pour s'affranchir de cette dépendance, ils doivent diversifier la structure de leur production et de leurs exportations en opérant une transition vers des activités plus productives, à forte valeur ajoutée. L'objectif est de capter, de gérer et d'utiliser les revenus tirés des exportations de minéraux dans l'optique d'une transformation structurelle. Pour corriger les déséquilibres commerciaux, les pays en développement doivent chercher à maximiser les perspectives de développement offertes par les activités nationales de transformation et de fabrication. Le climat international des affaires et de l'investissement doit toutefois être favorable pour que ces pays puissent davantage tirer profit de leurs ressources minérales, et ainsi capter une plus grande part de l'économie numérique mondiale, accroître les recettes publiques et les recettes d'exportation, financer leur développement, se libérer de leur dépendance à l'égard des produits de base, créer des emplois et élever le niveau de vie de leur population. L'Afrique et l'Amérique latine abritent de vastes réserves de minéraux encore inexploitées, qui pourraient être utilisées pour favoriser un développement inclusif et durable.

31. Les enseignements tirés des approches « extractivistes » du passé, qui n'ont guère permis aux pays en développement de tirer profit de leurs ressources minérales, sont pertinents dans le contexte du *boom* des minéraux critiques. Pour éviter une nouvelle ruée vers les ressources naturelles, ces pays doivent tourner le dos aux modèles extractivistes afin que l'exploitation minière soit davantage un moteur de leur transformation structurelle et de leur développement. Les ressources minérales peuvent les aider à créer une interaction dynamique et vertueuse entre la production et les exportations en favorisant la diversification économique, notamment par le développement du secteur manufacturier, et ainsi à modifier les structures traditionnelles du commerce mondial en devenant des exportateurs de produits à plus forte valeur ajoutée, issus de la transformation de minéraux. Certains pays en développement exportateurs de minéraux nécessaires à la transition explorent déjà les possibilités de production de produits à plus forte valeur ajoutée, par exemple en transformant leurs minéraux, en fabriquant des produits intermédiaires tels que des précurseurs et des batteries et, à plus long terme, en créant des chaînes de valeur régionales de produits finaux tels que des véhicules électriques et des smartphones. Cette tendance est particulièrement visible en Afrique, par exemple en République démocratique du Congo, pays riche en cobalt et autres minéraux, et en Amérique latine, dans le triangle du lithium. En Indonésie, les

restrictions à l'exportation de nickel brut pourraient avoir entraîné une forte expansion des flux d'investissements étrangers et une intensification des activités d'aval.

32. Au-delà des politiques nationales, des initiatives régionales et mondiales d'aide et de coopération sont nécessaires afin de ménager aux pays en développement la marge d'action budgétaire et stratégique dont ceux-ci ont besoin pour promouvoir leur transformation structurelle et leur développement. Dans le cadre d'un développement fondé sur l'exploitation des minéraux, il faut veiller à réduire au minimum les coûts environnementaux et sociaux des activités d'extraction, de transformation et de fabrication. C'est dans ce contexte que le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies a créé le Groupe chargé de la question des minéraux essentiels à la transition énergétique. Dans son rapport intitulé *Resourcing the Energy Transition: Principles to Guide Critical Energy Transition Minerals towards Equity and Justice*, le Groupe propose des solutions pour ancrer la révolution des énergies renouvelables dans la justice et l'équité afin que la transition stimule le développement durable dans le respect des personnes, contribue à la protection de l'environnement et favorise la prospérité dans les pays en développement riches en ressources². Il formule en outre des recommandations destinées à promouvoir l'équité, la transparence, les investissements, la durabilité et le respect des droits de l'homme, non seulement là où les minéraux sont extraits, mais aussi tout au long de la chaîne de valeur des minéraux, du raffinage et de la fabrication au recyclage en fin de vie en passant par le transport. Ces recommandations s'appliquent également aux minéraux utilisés dans la fabrication des appareils numériques.

33. Les minéraux critiques étant devenus des intrants indispensables à la fabrication des technologies sobres en carbone comme des technologies numériques, les aspects géopolitiques de l'accès à ces minéraux, de leur production et de leur commerce ont gagné en importance. Les pays développés et la Chine représentent la majeure partie de la consommation mondiale de minéraux nécessaires à la transition. L'accès aux minéraux critiques, la réduction de la dépendance à l'égard des importations et la diversification des sources d'approvisionnement sont aujourd'hui des priorités stratégiques, en particulier pour les grands producteurs de technologies sobres en carbone et de technologies numériques. Les pays se sont donc engagés dans une course mondiale aux minéraux, qui s'inscrit dans le cadre d'une course plus large au leadership économique, commercial et technologique, et pourrait favoriser des pratiques sous-optimales et entraîner des coûts environnementaux inutilement élevés en encourageant l'accumulation de grandes quantités de minéraux et le développement de capacités de production excédentaires tout en compromettant les perspectives de développement. L'importance croissante des minéraux critiques a aussi entraîné l'élaboration de nouvelles politiques. L'Asie, et en particulier la Chine, s'est imposée comme un pôle mondial de fabrication de produits électroniques, et la proximité de marchés de produits intermédiaires et de composants a également favorisé l'essor des activités de traitement de minéraux sur le continent. Les efforts déployés par les pays pour renforcer leur position dans les secteurs technologiques stratégiques, tels que ceux de l'intelligence artificielle et des technologies à faibles émissions de carbone, se traduisent par une augmentation de la demande de minéraux essentiels à ces secteurs. Plus récemment, en raison des pénuries d'approvisionnement engendrées par une réorientation des priorités, les impératifs de sécurité économique prenant le pas sur les objectifs d'efficacité économique, certaines chaînes d'approvisionnement sont passées du « juste à temps » au « juste au cas où », entraînant, dans certains pays, la résurgence de politiques industrielles concernant les minéraux critiques et les secteurs associés (notamment l'électronique), ainsi qu'en témoignent, par exemple, la loi sur la réduction de l'inflation (*Inflation Reduction Act*), adoptée par les États-Unis en 2022, et le Règlement sur les matières premières critiques (*Critical Raw Materials Act*), adopté par l'Union européenne en 2023. Le risque de « guerre des subventions » et de tensions commerciales augmente, et de tels conflits pourraient entraîner des pertes importantes à l'échelle mondiale, en particulier dans les pays en développement, qui disposent d'une marge d'action budgétaire beaucoup plus étroite que les pays développés.

34. En plus d'accélérer la production nationale, beaucoup de pays se tournent vers l'étranger pour garantir leur accès aux minéraux critiques en nouant des alliances ou des

² Voir <https://www.unep.org/resources/report/resourcing-energy-transition>.

partenariats, tels que le Partenariat pour la sécurité des minéraux, conclu entre l'Union européenne et divers pays. De telles alliances, souvent formées par des pays développés importateurs de minéraux, ne devraient pas avoir pour effet de déséquilibrer encore plus les rapports de force, au détriment des intérêts des pays en développement exportateurs de minéraux. Ceux-ci ne devraient pas être contraints de choisir entre plusieurs sources d'investissement étranger direct ; au contraire, ils devraient faire jouer la concurrence pour négocier les conditions les plus favorables à leur développement. Les efforts de « diplomatie des ressources » que déploient les pays développés pour s'assurer un accès aux minéraux nécessaires à la transition devraient être fondés sur l'équité, garantir des avantages mutuels et permettre aux pays en développement de créer de la valeur ajoutée au niveau national. En outre, les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés, ont besoin d'un soutien international, à la fois financier et technique, pour surmonter leurs contraintes structurelles et se doter des capacités nécessaires à leur transformation structurelle. Certaines approches nationales, qui peuvent sembler stratégiques du point de vue de la sécurité économique, pourraient nuire à l'efficacité de l'économie mondiale et à la protection de l'environnement. Il serait préférable d'adopter une approche plus équilibrée, globale et mondiale, qui tienne compte de l'offre et de la demande et concilie les intérêts des pays en développement et des pays développés, des exportateurs et des importateurs, tout en favorisant des modes de consommation et de production plus responsables et plus durables. Dans l'ensemble, la réponse à l'augmentation de la demande de minéraux nécessaires à la transition semble consister à intensifier les activités extractives. Il importe de trouver un équilibre entre l'expansion des activités minières à des fins de développement, le respect des droits des populations locales et la protection de l'environnement. Il reste encore beaucoup à faire dans les domaines de la gestion des déchets et de la transition vers une économie numérique circulaire.

B. La gestion des déchets liés à la transition numérique

35. La gestion des déchets liés à la transition numérique est une activité complexe, car elle consiste à traiter à la fois des substances dangereuses et des matières de valeur. Elle doit être écologiquement rationnelle, c'est-à-dire que les matières dangereuses doivent être traitées en toute sécurité et séparément. S'ils ne sont pas correctement gérés, les déchets peuvent avoir de graves effets néfastes sur l'environnement, la santé et la société, et les premiers touchés sont souvent les plus vulnérables. Une gestion efficace des déchets liés à la transition numérique peut aboutir à la récupération de matières de valeur, et donc être économiquement et écologiquement bénéfique, puisqu'elle augmente l'offre de matières premières secondaires, qui peuvent se substituer aux minéraux primaires dans la fabrication de nouveaux appareils. La collecte de statistiques exactes sur la situation des déchets liés à la transition numérique est une dimension essentielle de la gestion de ces déchets. Le taux de collecte formelle des déchets liés à la transition numérique reste faible, en particulier dans les pays en développement. En 2022, il s'élevait à 24 % à l'échelle mondiale, et à 7,5 % seulement dans les pays en développement. Même dans les pays développés, malgré des systèmes de collecte formelle généralement plus efficaces, il demeure insuffisant (47 % en moyenne).

36. Le traitement des déchets liés à la transition numérique est un défi de taille. Dans les pays en développement, les systèmes de collecte nécessaires à une gestion écologiquement rationnelle de ces déchets font souvent défaut, de sorte qu'une grande partie est traitée par le secteur informel. De surcroît, seul un pays en développement sur quatre dispose d'une législation sur la gestion des déchets liés à la transition numérique. La complexité des produits électroniques, la disponibilité limitée des technologies de recyclage et de récupération, le coût élevé du recyclage, l'insuffisance des infrastructures de collecte et de traitement, le manque d'information et de formation des travailleurs et la sensibilisation insuffisante des consommateurs aux conséquences d'une élimination inadéquate de leurs déchets d'équipements électriques et électroniques sont autant d'obstacles à la gestion, à la collecte et au recyclage de ces déchets. En outre, des investissements massifs sont nécessaires pour renforcer les capacités de gestion des déchets liés à la transition numérique. Sur les sites informels, les travailleurs, les petites et moyennes entreprises et les microentreprises utilisent généralement des techniques rudimentaires pour remettre en état des équipements à des fins

de revente ou pour démonter des pièces afin d'en extraire des matières de valeur. Ces activités contribuent à réduire la pauvreté et la fracture numérique, car elles rendent les appareils et les équipements plus abordables. Toutefois, l'inefficacité des procédés et le manque de compétences conduisent à une récupération sous-optimale et insuffisante des ressources de valeur. Les travailleurs sont également soumis à de mauvaises conditions de travail, car ils disposent de peu de droits. Les femmes, lorsqu'elles sont présentes dans le secteur, occupent souvent des postes situés au bas de l'échelle hiérarchique. En outre, des tensions peuvent se faire jour, dans les pays en développement, du fait de la nécessité de veiller, à court terme, à ce que les récupérateurs de déchets du secteur informel aient un revenu décent, mais aussi de remédier, à plus long terme, aux risques sanitaires et environnementaux d'un traitement inadéquat des déchets.

C. Les perspectives de développement offertes par une économie numérique circulaire

37. Pour relever les défis environnementaux que soulève la transition numérique, il faut promouvoir des pratiques à toutes les étapes du cycle de vie du numérique, de la conception à l'élimination en passant par la production et l'utilisation, tout en assurant une répartition équitable des avantages. Les débats relatifs à l'adoption de modes de consommation et de production responsables (objectif de développement durable n° 12) sont de plus en plus axés sur l'opportunité d'une économie plus circulaire. L'économie numérique reste très linéaire ; une économie numérique plus circulaire consisterait à encourager la réutilisation et le recyclage des appareils et infrastructures numériques, et à réduire la production de déchets, notamment en prolongeant la durée de vie des équipements. Les solutions sont multiples : partage, location ou don, entretien et réparation, revente et redistribution, refabrication et remise à neuf, etc. Les déchets peuvent ainsi être transformés en ressources et acquérir une valeur économique.

38. Les activités axées sur la circularité doivent reposer sur le principe fondamental de la conception circulaire, qui vise à rendre les produits plus durables et plus facilement réparables et recyclables. Elles offrent la possibilité de récupérer des ressources de valeur et de créer des activités économiquement bénéfiques, et donc des emplois. Les consommateurs doivent également repenser leur rapport aux appareils numériques afin d'en prolonger la durée de vie, et prendre des décisions réfléchies en faveur de la consommation d'équipements plus durables. Dans une économie numérique circulaire, la priorité est d'éviter la production de déchets. L'augmentation de la production de minéraux secondaires, issus du recyclage des déchets, notamment de l'« exploitation minière urbaine » (*urban mining*), peut atténuer dans une certaine mesure la pression qui pèse sur l'approvisionnement en minéraux primaires. Le recyclage ne suffira toutefois pas, à lui seul, à pallier une éventuelle pénurie de matières ou à réduire la forte empreinte environnementale de la production et de l'élimination des équipements électroniques. D'autres mesures de promotion de la circularité, qui visent cette fois-ci à modérer la demande de nouveaux équipements, peuvent aider à réduire la pression exercée sur l'offre. Le progrès technologique peut également être utile, qu'il s'agisse de mettre en place de nouveaux procédés plus efficaces dans l'utilisation des ressources, de créer des matières de substitution plus respectueuses de l'environnement ou de mettre au point des technologies améliorant la gestion des déchets.

39. Au-delà de ses avantages environnementaux, la circularité peut apporter de considérables avantages économiques, car les déchets sont constitués de pièces et de matières de valeur, qui peuvent être recyclées et récupérées. Les activités d'extraction des matières de valeur, si elles sont menées convenablement, c'est-à-dire que les éventuels risques sanitaires sont pris en compte, peuvent amener des possibilités de création de valeur ajoutée et d'emplois tout au long de la chaîne de valeur des déchets. Elles peuvent offrir des moyens de subsistance aux travailleurs et être une source de revenus pour les entreprises concernées. La régularisation des activités devrait être l'objectif à long terme dans les zones où le traitement des déchets est en grande partie informel. La recherche de moyens efficaces d'associer le secteur informel peut également être importante dans le cadre d'une stratégie globale de gestion des déchets. Le renforcement des compétences, la promotion de la durabilité des entreprises, l'amélioration des conditions de travail, la constitution d'organisations de

travailleurs et le dialogue social sont autant d'éléments d'une transition juste. Il existe des arguments économiques en faveur de la circularité, comme l'émergence de modèles commerciaux innovants qui contribuent à l'allongement de la durée de vie des produits électroniques (réutilisation, produits électroniques en tant que services, etc.). Par exemple, le volume du marché des produits recyclés, remis à neuf et usagés devrait tripler au cours des dix prochaines années.

40. L'économie circulaire a également une dimension internationale. La vente légale d'appareils usagés, lorsque ces appareils peuvent être réutilisés, sont réellement de seconde main et peuvent être réparés ou remis à neuf, peut contribuer à la création de valeur ajoutée et d'emplois, ainsi qu'à l'accessibilité financière du numérique, et donc à la résorption de la fracture numérique et à la réalisation des objectifs de développement. Toutefois, les pays importateurs, dont les capacités de gestion des déchets sont généralement limitées, ne devraient pas supporter les coûts environnementaux et sociaux sans une compensation financière qui leur permette d'améliorer la gestion des déchets. Une solution consiste à rendre les producteurs responsables de la gestion des déchets à l'échelle mondiale. Les pays en développement doivent renforcer leurs capacités de gestion des déchets et de surveillance, et promouvoir les activités fondées sur les principes de la circularité. Pour ce faire, ils ont besoin de plus de ressources financières, de compétences adaptées, d'infrastructures de collecte et de recyclage propres à atténuer les risques sanitaires et environnementaux, ainsi que des capacités institutionnelles nécessaires au suivi et à l'application de la législation. Les ressources de beaucoup de pays étant limitées, le soutien de la communauté internationale est indispensable.

IV. L'élaboration de politiques nationales, régionales et internationales en faveur d'une transition numérique à la fois inclusive et écologiquement viable

41. La transformation numérique continue de progresser rapidement, bouleversant nos vies et nos moyens de subsistance. Or si elle n'est pas réglementée, elle risque de faire des laissés-pour-compte et d'exacerber les problèmes environnementaux. Les initiatives en faveur de la transition vers des modes de consommation et de production plus durables, tout comme les mesures de promotion de la circularité, doivent être soutenues, aux niveaux national, régional et international, par des politiques appropriées et rigoureusement appliquées (voir tableau). Une économie numérique circulaire doit également reposer sur des outils numériques. Pour que la transition numérique soit à la fois inclusive et durable, les politiques doivent être fondées sur le principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives, et tenir compte des besoins particuliers des différents pays et acteurs. Pour élaborer des politiques efficaces, les pays doivent au préalable améliorer la compréhension des effets environnementaux de la transition numérique, notamment en collectant de meilleures données, en renforçant la transparence et en sensibilisant l'opinion à ces effets. L'interaction nouvelle et complexe entre transition numérique, durabilité environnementale et développement inclusif exige une approche intégrée, holistique, interdisciplinaire et multipartite. La société civile joue un rôle clef dans la sensibilisation de l'opinion à la nécessité de prendre en compte les coûts environnementaux du numérique sur l'ensemble de son cycle de vie. Il est impératif de tirer parti de la transformation numérique pour favoriser un développement inclusif et durable tout en limitant ses effets néfastes sur l'environnement. Les décideurs devraient aligner les politiques numériques et les politiques environnementales à tous les niveaux pour renforcer la capacité de la communauté internationale à lutter contre ces effets. Afin de remédier au creusement des inégalités face aux répercussions environnementales de la transition numérique, des mesures concertées doivent être prises pour garantir des pratiques plus équitables, notamment pour promouvoir des approches durables de l'exploitation minière, améliorer les infrastructures numériques, lutter contre les exportations illégales de déchets liés à la transition numérique et soutenir le renforcement des capacités dans les pays en développement. Il n'existe actuellement aucun cadre mondial et inclusif de gouvernance de la transition numérique. Un tel cadre permettrait d'aiguillonner l'action collective, de faciliter le partage de connaissances entre pays, de promouvoir le consensus, d'établir des normes

mondiales et d'encourager, à des fins de suivi, la communication transparente d'informations sur les progrès accomplis dans la poursuite des objectifs communs de promotion d'une transition numérique respectueuse de l'environnement. La question fait toutefois l'objet de débats au sein des instances internationales, comme en témoignent l'adoption du Pacte numérique mondial et l'organisation d'une journée de la transition numérique à la vingt-neuvième session de la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

Mesures recommandées, par phase du cycle de vie du numérique

Phase du cycle de vie du numérique	Objectif	Mesures		
		Nationales	Régionales	Internationales
Production	Promouvoir des pratiques responsables et respectueuses de l'environnement dans les industries extractives et le secteur de l'électronique tout en donnant aux pays producteurs les moyens de promouvoir leur développement économique en créant davantage de valeur ajoutée au niveau local	Améliorer l'information sur les ressources minières pour favoriser l'exploration	Promouvoir la coopération régionale afin d'accroître le pouvoir de négociation des pays dans le cadre de la conclusion de contrats miniers et de favoriser l'instauration de régimes fiscaux régionaux	Établir des normes de responsabilité et de durabilité applicables aux industries extractives et au secteur de l'électronique
		Promouvoir la négociation des contrats miniers afin de garantir une répartition équitable des revenus tirés de l'extraction des minéraux nécessaires à la transition	Élaborer au niveau régional des politiques industrielles de nature à promouvoir la création de valeur ajoutée dans les pays en développement	Limiter l'utilisation des minéraux susceptibles d'être source de conflit
		Élaborer des politiques industrielles de nature à favoriser la valorisation des minéraux bruts et l'essor du secteur manufacturier		Adopter et appliquer des normes de transparence mondiales
		Élaborer des politiques de promotion de la recherche de matériaux de substitution plus durables		Collaborer à l'amélioration des données géologiques et minières
		Interdire l'utilisation de substances toxiques		Introduire des licences d'exploitation minière assorties d'exigences de durabilité
		Encourager, notamment au moyen de mesures d'incitation, l'utilisation de matériaux recyclés, de manière à favoriser l'émergence de marchés secondaires		Négocier un régime fiscal international qui garantisse une répartition équitable des revenus entre producteurs et consommateurs
		Imposer aux producteurs de publier en toute transparence des informations sur leur empreinte environnementale		Favoriser la coopération internationale entre pays producteurs et consommateurs de minéraux et de métaux nécessaires à la transition

Phase du cycle de vie du numérique	Objectif	Mesures		
		Nationales	Régionales	Internationales
Utilisation	Optimiser l'efficacité des centres de données pour limiter autant que possible leur consommation d'énergie et d'eau, ainsi que leur impact sur les populations locales	Sensibiliser l'opinion aux coûts environnementaux de différents usages des technologies numériques (l'IA, par exemple)	Envisager la construction de centres régionaux de données, qui constituent une solution écologiquement plus rationnelle	Élaborer des normes mondiales d'information sur les coûts environnementaux
	Optimiser les logiciels pour réduire la consommation d'énergie	Élaborer des politiques pour combattre et interdire l'écoblanchiment	Sélectionner les lieux d'implantation des centres régionaux de données sur la base d'évaluations des besoins et des potentiels coûts environnementaux	Promouvoir une gouvernance mondiale des données, qui tienne compte des considérations de durabilité environnementale
	Lutter contre la surconsommation	Imposer la mutualisation des infrastructures de réseau		Intensifier la coopération internationale dans le cadre de la résorption des fractures liées au numérique et aux données, ainsi que du renforcement des capacités des pays en développement dans les domaines du numérique et de la protection de l'environnement
	Encourager et promouvoir une utilisation effective, efficace et productive des outils et équipements numériques	Exiger que les centres de données publient des informations exhaustives sur leur empreinte environnementale		
	Résorber les fractures liées au numérique et aux données	Réduire le stockage excessif des données		
		Mettre en place des politiques technologiques de nature à promouvoir l'adoption et le respect d'exigences d'efficacité de l'utilisation de l'énergie et de l'eau dans les centres de données		Intensifier la coopération internationale dans le cadre de l'application de politiques de concurrence destinées à lutter contre les abus de position dominante sur les marchés de l'économie numérique
		Imposer aux centres de données hyperscale d'investir dans la transition des réseaux locaux d'électricité vers les énergies renouvelables		
		Promouvoir la conservation de l'eau dans les centres de données en réduisant au maximum la quantité d'eau consommée à des fins de refroidissement		

Phase du cycle de vie du numérique	Objectif	Mesures		
		Nationales	Régionales	Internationales
Fin de vie	Prévenir et réduire au minimum la production de déchets liés à la transition numérique, et accroître la récupération de ressources et la valorisation de ces déchets	Adopter et faire appliquer des politiques, des lois et des réglementations destinées à améliorer les taux de collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques Améliorer la collecte de données et d'informations sur les déchets liés à la transition numérique Construire des infrastructures de gestion des déchets Mettre en place des mécanismes de responsabilité élargie du producteur Améliorer les conditions de travail dans le secteur de la gestion des déchets dans l'optique de sa formalisation	Créer des centres de recyclage régionaux, en particulier dans les pays en développement, pour faciliter la progression dans la chaîne de valeur des déchets liés à la transition numérique, et améliorer la récupération des ressources de valeur Faciliter la collaboration dans le domaine de la gestion des déchets, notamment le partage des technologies et des meilleures pratiques	Améliorer la collecte de données et d'informations sur les déchets liés à la transition numérique Élaborer des normes mondiales de circularité Garantir le respect des règles de la Convention de Bâle quant aux mouvements transfrontières pour prévenir les exportations illégales de déchets liés à la transition numérique Envisager de créer un mécanisme de transfert de la responsabilité élargie du producteur dans le cadre des mouvements transfrontières d'équipements usagés et/ou d'étendre la portée géographique de cette responsabilité
Toutes les phases	Permettre, favoriser et réglementer la consommation durable, la production durable et la circularité dans l'économie numérique grâce à des politiques axées sur la réduction, la réutilisation et le recyclage	Appliquer des approches circulaires à tous les stades du cycle de vie du numérique Renforcer l'intégration cohérente des enjeux de durabilité environnementale et de développement numérique dans les stratégies nationales de développement Réglementer pour : imposer que les produits TIC soient à la fois circulaires et durables ; lutter contre l'obsolescence programmée ; accroître la durabilité des produits ; garantir le droit à la réparation ; assurer la traçabilité des produits, y compris les	Envisager l'élaboration d'approches régionales de la circularité dans l'économie numérique et le commerce numérique Élaborer des approches régionales du traçage des produits numériques	Promouvoir la coopération internationale entre parties prenantes tout au long du cycle de vie du numérique Adapter les politiques commerciales de manière à promouvoir l'inclusivité de l'économie numérique et du commerce numérique au niveau mondial Établir des normes mondiales de durabilité, de réutilisation, de réparation et de recyclage des appareils et équipements TIC Inclure le secteur des TIC dans les cadres internationaux

Phase du cycle de vie du numérique	Objectif	Mesures		
		Nationales	Régionales	Internationales
		composants et les matières premières, par exemple en établissant un système de passeports pour les produits numériques et les matières ; augmenter le taux de recyclage		d'évaluation de divers impacts sur l'environnement
		Promouvoir, notamment au moyen de mesures d'incitation, l'adoption de nouveaux modèles commerciaux plus durables (modèle des produits numériques en tant que services, par exemple)		
		Promouvoir la collaboration et l'établissement de partenariats entre les parties prenantes tout au long du cycle de vie du numérique		
		Renforcer le socle de connaissances aux fins de l'élaboration de politiques fondées sur des données factuelles		
		Sensibiliser l'opinion aux coûts environnementaux de la transition numérique en menant des campagnes ciblées		
		Réglementer la publicité dans l'économie numérique afin de prévenir la manipulation et le contrôle des consommateurs, y compris les campagnes qui encouragent la surconsommation		

Source : CNUCED.