

#Numérique #Développementdurable #Climat #Digitalisation

Empreinte écologique du numérique - un état des lieux

La relation entre numérique et empreinte écologique est faite de contradiction. L'IT4Green, qui consiste en l'utilisation des services numériques pour mener à bien la transformation environnementale à travers une gestion optimisée des ressources et de la consommation énergétique, est au cœur de la transition écologique. Toutefois, le numérique a, lui-même, des répercussions environnementales fortes. Au niveau mondial, il présente une empreinte carbone équivalente à environ deux à trois fois celle de la France. Avec la digitalisation accélérée de l'économie, le besoin d'un numérique plus durable (GreenIT) s'intensifie.

Le Luxembourg a assez tôt intégré la nécessité de combiner la transition écologique avec la transition numérique. Des projets numériques nationaux visant à réduire l'empreinte écologique du pays sont en cours de développement. La mise en place d'outils et de pratiques rendant le numérique plus durable n'est quant à elle qu'à son commencement.

La transition numérique et la transition écologique sont des sujets majeurs. Le Luxembourg a l'ambition d'être pionnier dans ces deux domaines, d'où la mise en place de l'étude stratégique *Third Industrial Revolution* (TIR) en 2016 et de la feuille de route «Ons Wirtschaft vu muer» [du Ministère de l'Économie](#), qui soulignent l'importance des technologies numériques pour protéger l'environnement en décarbonant l'économie. Le numérique offre des possibilités pour soutenir la transition écologique en gérant efficacement les ressources naturelles, en améliorant l'efficacité énergétique et en réduisant les émissions de carbone.

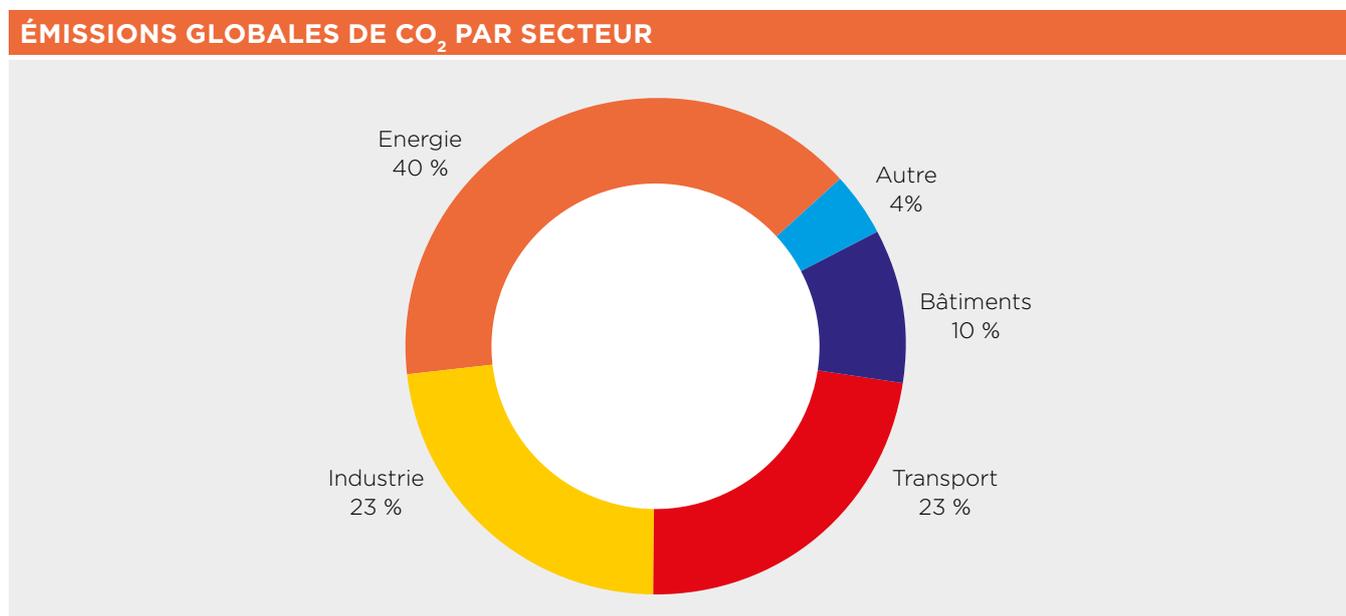
Toutefois, l'impact environnemental du numérique ne doit pas être négligé, car il nécessite des besoins énergétiques considérables provenant souvent de sources non-renouvelables. De plus, la fabrication des appareils numériques et le traitement de leurs déchets ont un impact environnemental important en raison de la présence de multiples composantes métalliques et toxiques.

Cette publication mettra en évidence les avantages du numérique pour aider à la transition écologique dans les quatre secteurs économiques les plus polluants, tout en analysant l'impact environnemental de trois niveaux du numérique.

1. IT4Green: un levier important pour la transition écologique

Les températures ne cessent d'augmenter, les catastrophes naturelles sont de plus en plus fréquentes et l'érosion de la biodiversité s'aggrave. La transition écologique suscite des préoccupations importantes. Au niveau européen, les États membres ont donc établi une feuille de route pour aborder les questions environnementales. L'Union européenne (UE) s'est ainsi fixée des objectifs à moyen et long termes pour contrer les effets néfastes de l'activité humaine sur la planète. Ils sont regroupés au sein du «Pacte vert pour l'Europe», approuvé en 2020. L'objectif principal de cet accord est d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Il ambitionne également de faire baisser d'ici à 2030 les gaz à effet de serre (GES) de 55% par rapport à 1990.

L'utilisation des énergies fossiles telles que le pétrole, le charbon et le gaz sont notamment à l'origine du déséquilibre climatique. En effet, la combustion de ces énergies fossiles augmente la concentration de GES dans l'atmosphère, et par conséquent contribue au réchauffement de la Terre. [L'Agence internationale de l'énergie](#) (AIE) a identifié **quatre secteurs d'activités qui émettent à eux seuls 96% des émissions globales de CO₂**. **Ce sont les transports (23%), l'industrie (23%), l'énergie (40%) et les bâtiments (10%).**



Source: AIE

Décarboner ces secteurs est ainsi le défi principal en matière de transition écologique. Parmi les pistes avancées par l'UE figure la digitalisation: elle doit permettre de transformer les processus de production pour les rendre plus soutenables grâce notamment à une meilleure gestion des ressources. En outre, son potentiel en matière de productivité est important. La Commission européenne souligne l'importance de la "twin transition", la combinaison de la transition écologique et numérique, qui sont interliées.

1.1. Le transport

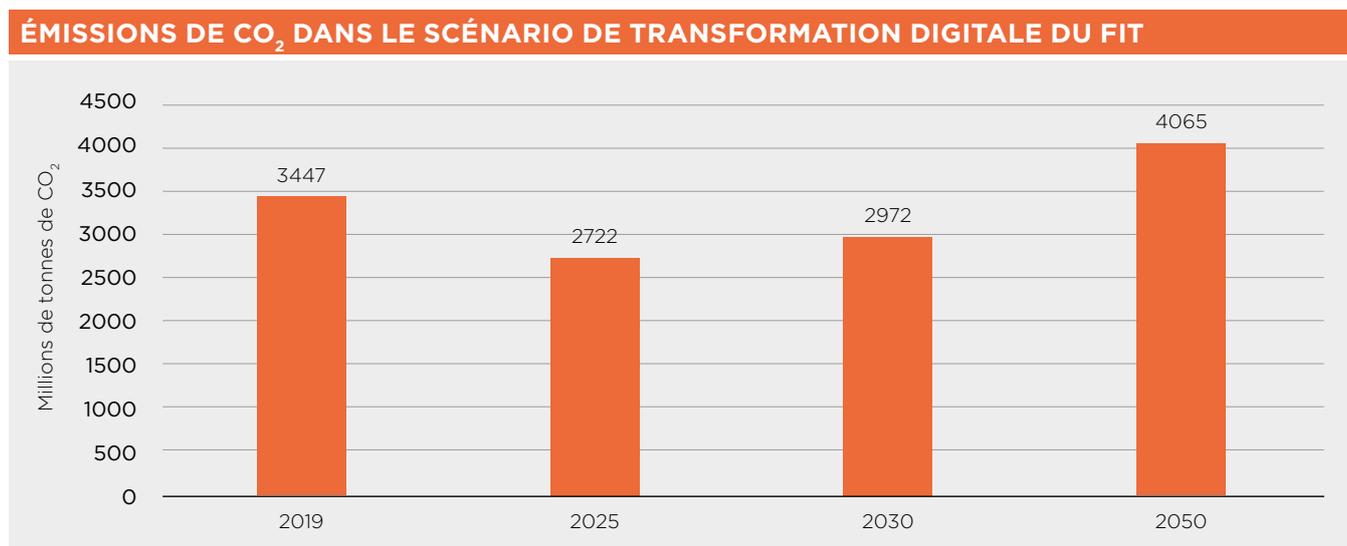
Les énergies fossiles représentent près de 91% de l'énergie utilisée par le secteur des transports. A lui seul, le secteur des transports de l'UE a émis [347 millions de tonnes de CO₂ en 2021](#). **Quant au Luxembourg, le secteur des transports représentait 61,1% des émissions totales hors ETS (European Trading System) en 2021.**

45 entreprises du secteur du transport ont été interrogées dans le cadre du Baromètre de l'Économie du printemps 2022. Parmi celles-ci, 89,2% utilisaient majoritairement des énergies fossiles (gaz, carburants et mazout) dans le cadre de leurs activités versus 10,8% de l'électricité. Sachant que la préservation de la qualité de l'air passe par la réduction de ces émissions, [la Commission européenne vise à les réduire de 90%](#) pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Les solutions offertes par le digital pour le secteur des transports sont déjà utilisées par des millions d'automobilistes avec les applications de navigation. Elles proposent des trajets alternatifs plus «verts», moins congestionnés et par conséquent permettent de limiter la consommation de carburant.

Quant au transport de fret, l'étude conjointe «How Digitally-driven operational Improvements Can Reduce Global Freight Emissions» de l'OCDE et du forum international du transport (FIT) de 2021, a conçu un scénario de transformation digitale qui met en avant le potentiel des technologies numériques pour réduire les émissions de CO₂ dans ce type de transport. Une des solutions offertes par la digitalisation est l'optimisation de l'utilisation des différents types de transport. Elle permet notamment de réduire les trajets à vide. Les systèmes de transports intelligents, de leur côté, ont la capacité de collecter, d'élaborer et de transmettre des informations de circulation en temps réel, afin d'éviter des congestions routières qui provoquent une pollution atmosphérique importante. L'intelligence artificielle est une technologie clé pour utiliser ces deux solutions au profit de l'environnement. Au Luxembourg, il n'existe pas actuellement d'état des lieux détaillé de l'utilisation du numérique pour réduire l'impact environnemental des entreprises. D'après un sondage du Cluster4Logistics datant de novembre 2022, 91% des entreprises de transport luxembourgeoises ont adopté des solutions digitales globales dans leurs entreprises. Les deux types d'outils digitaux les plus utilisés sont le "Transportation Planning Processes", qui peut servir à optimiser la consommation énergétique des trajets, et le "Tracking & Tracing", un outil de traçabilité des marchandises.

Le potentiel du numérique pour limiter les émissions globales dans le transport de fret selon l'adoption du scénario de la transformation digitale du FIT est conséquent, comme le montre le graphique qui suit.



Sources: OCDE & FIT

Malgré la hausse prévue de la demande de fret de l'ordre de [165% d'ici 2050](#), le scénario de transformation digitale réussie permet de minimiser la hausse des émissions de carbone. En effet, l'étude conjointe de l'OCDE et du FIT estime **que l'augmentation des émissions de CO₂ pourra être limitée à 18% entre 2019 et 2050**. Le transport de fret émettrait dès lors [4.065 millions de tonnes de CO₂ en 2050](#), contre [3.447 millions de tonnes en 2019](#). Un chiffre en hausse certes, mais qui est 22% inférieur au scénario central sans transformation digitale du secteur. Le numérique ne peut pas réduire à lui seul les émissions de carbone du secteur des transports. Ces mesures, couplées à d'autres comme la réduction de la demande de transport ou les carburants neutres, pourraient conduire à réduire d'environ 60% les émissions de carbone d'ici 2050.

1.2. Les bâtiments

Une quantité importante d'énergie est requise pour alimenter l'ensemble des immeubles. En effet, les bâtiments ont consommé [135 exajoules d'énergie en 2021 au niveau mondial](#), soit 20 de plus qu'en 2010¹, ce qui équivaut à 30% de la consommation finale d'énergie de tous les secteurs. **Au Luxembourg, les bâtiments étaient à l'origine de 20,4% des émissions hors ETS en 2021.**

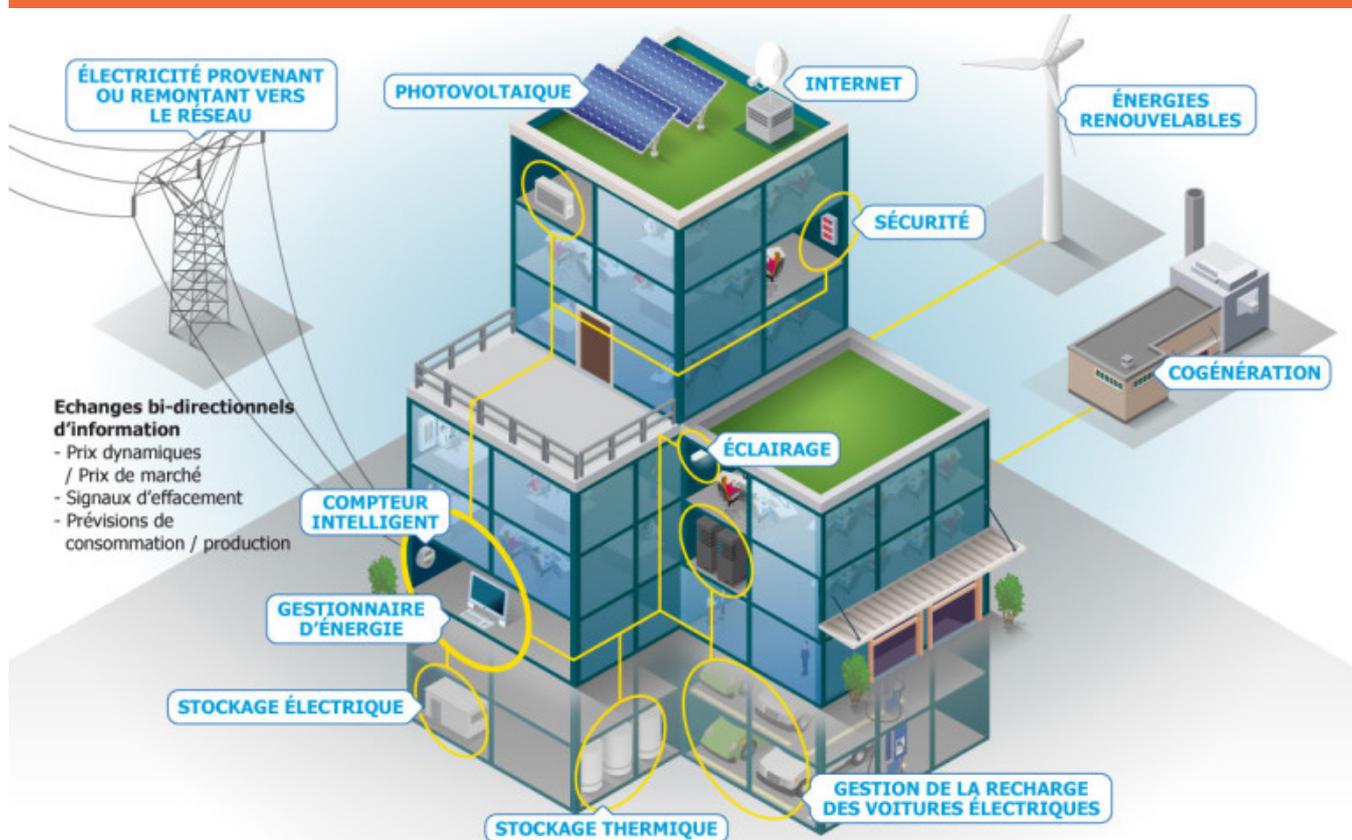
Afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050, les émissions des bâtiments doivent être divisées par deux d'ici 2030, estime l'AIE. Les technologies numériques conçues pour les bâtiments présentent un potentiel significatif en termes de réduction de la consommation d'énergie et donc de réduction de leur impact environnemental. Dans ces bâtiments intelligents se trouvent des capteurs connectés à un réseau intelligent qui permettent la collecte de données et garantissent une meilleure gestion des différents équipements installés. Grâce aux informations en temps réel sur la consommation ou la température atmosphérique, l'intelligence artificielle est capable de réguler le besoin d'énergie ainsi que de lancer la production en fonction des conditions et de l'occupation des pièces. L'avantage principal de cette autorégulation offerte par le numérique est notamment l'amélioration de la performance énergétique, qui permet de réduire la quantité d'énergie dont a besoin un bâtiment à consommation égale. D'après l'AIE, la collecte de données permise par les capteurs, tels que les IoT (Internet of Things / Internet des objets) permettra **d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments de l'ordre de 10% d'ici à 2040.**

Le concept du bâtiment intelligent consiste à utiliser une série d'équipements innovants, illustrés dans le schéma suivant, pour améliorer l'efficacité énergétique.

Au niveau européen, les bâtiments résidentiels pourraient consommer presque 4 Pwh (pétawatt/heure) de moins, tandis que les bâtiments non-résidentiels presque 6 Pwh de moins.

En plus d'une meilleure efficacité énergétique offerte par le numérique, ce dernier peut contribuer à la circularité des bâtiments, plus précisément lors de leur construction. A travers le stockage des données des différents matériaux dans une sorte de « Passeport digital », comme le *Product Circularity Data Sheet* (PCDS) au Luxembourg, l'objectif est d'établir une norme officielle en matière de communication des données relatives aux propriétés d'économie circulaire des produits. Il est ainsi possible d'avoir un suivi sur les produits utilisés, ainsi que de savoir s'ils peuvent être réutilisés pour une future construction.

APPLICATION CONCRÈTE D'UN SMART BUILDING



Source: <https://www.objetconnecte.com/batiments-intelligents-marche-iot/>

¹ 1 exajoule = soit l'équivalent de la consommation de 22.005 milliards de barils de pétrole pour 135 exajoules.

La réduction de la consommation d'énergie peut être atteinte grâce à l'utilisation d'éclairage et de thermostats intelligents. Le *smart lighting* utilise un système connecté à l'éclairage LED, qui est moins énergivore que les lampes halogènes, et permet d'éclairer une pièce selon les préférences des utilisateurs, la lumière du jour et l'occupation. L'AIE estime que l'utilisation de l'éclairage intelligent peut contribuer à réduire la demande d'électricité de 8 Pwh jusqu'en 2040, ce qui équivaut à 14% de la consommation d'électricité finale.

Les thermostats intelligents suivent la même logique. Il s'agit d'appareils connectés qui permettent aux ménages de surveiller et régler la température du chauffage et de la climatisation. Les thermostats peuvent potentiellement réduire la consommation d'énergie de 10% dans le secteur résidentiel.

Au niveau luxembourgeois, des solutions de bâtiments intelligents ont été mises en place suite à l'étude TIR. Créée en 2012, la Smart Building Alliance a inauguré son antenne luxembourgeoise au printemps 2022. Elle est notamment à l'origine du cadre de référence *Ready to service* (R2S), socle pour définir les exigences de base d'un bâtiment intelligent et construit autour de 6 thèmes principaux de la transition numérique: la connectivité, l'architecture réseau, les équipements et interfaces, la sécurité numérique, le management responsable et les services.

1.3. L'énergie

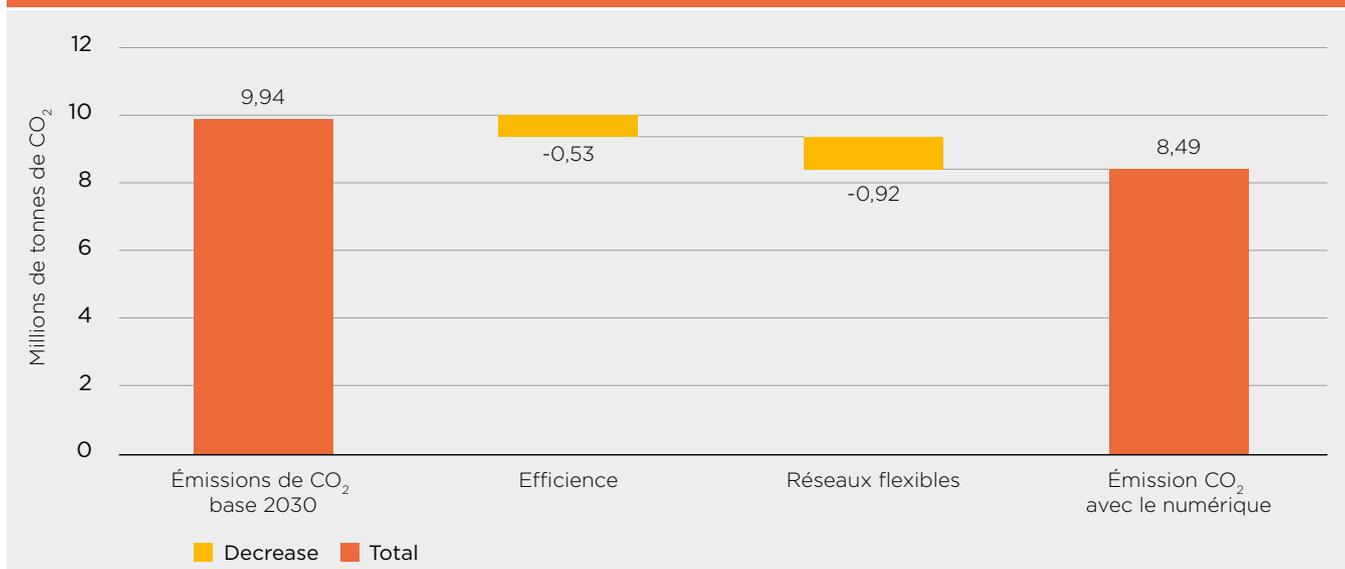
En ce qui concerne le secteur de l'énergie, celui-ci émet environ 40% des émissions européennes de CO₂. **En 2020, 69,7% de l'énergie consommée totale venait de ressources fossiles contre 17,4% pour les énergies renouvelables.** Le reste provient de l'énergie nucléaire (12,7%) ou d'autres sources (0,2%).

Réduire les émissions du secteur énergétique passe par le développement de la production d'énergies renouvelables. Dans cette optique, le numérique peut jouer un rôle déterminant en offrant la possibilité de rendre l'énergie «intelligente», permettant ainsi d'optimiser et gérer la production énergétique. À travers les réseaux intelligents électriques, la production d'électricité provenant du photovoltaïque ou de l'éolien, peut démarrer automatiquement grâce à l'intelligence artificielle qui collecte les données fournies par les IoT, les données des capteurs intelligents et des techniques de prévision avancées. Ils ont la capacité d'offrir une opérationnalité et une consommation plus flexible selon le besoin dans la journée ou alors au moment où le tarif est le plus avantageux. Sachant qu'il n'est pas toujours possible d'utiliser l'éolien ou le photovoltaïque en raison de leur forte dépendance aux conditions météorologiques, les capteurs peuvent collecter ces données météorologiques pour lancer la production d'électricité propre ou même la stocker pour l'utiliser en cas de pic de consommation ultérieure.

D'après un rapport de Agoria et Accenture sur le secteur énergétique belge*, l'utilisation des appareils numériques et leurs technologies digitales pourraient réduire les émissions CO₂ de **1,2 à 1,4 million de tonnes d'ici 2030**, selon un scénario d'adoption plus ou moins accélérée du numérique. Cela correspond à une **réduction de 12 à 14% d'émissions de carbone grâce à une production plus efficace (entre 0,44 et 0,53 million de tonnes de CO₂ économisé) et l'adoption de réseaux flexibles (entre 0,76 et 0,92 million de tonnes de CO₂)**. Ces gains émanent d'une meilleure gestion de la production d'électricité des éoliennes, mais aussi d'une plus grande flexibilité permise pour la production, le stockage et la consommation d'énergie, permettant de réduire le décalage entre l'offre et la demande d'énergie. Les réseaux flexibles permettent, entre autres, de réduire le nombre d'interruptions de l'électricité produite et d'éviter les redémarrages qui sont particulièrement énergivores.

* https://acdn.be/enews7/upload/whitepaper/digital4climate_study_EN.pdf

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CARBONE AVEC UNE ADOPTION DU NUMÉRIQUE DANS LE SECTEUR ÉNERGÉTIQUE BELGE



Source: Accenture & Agoria

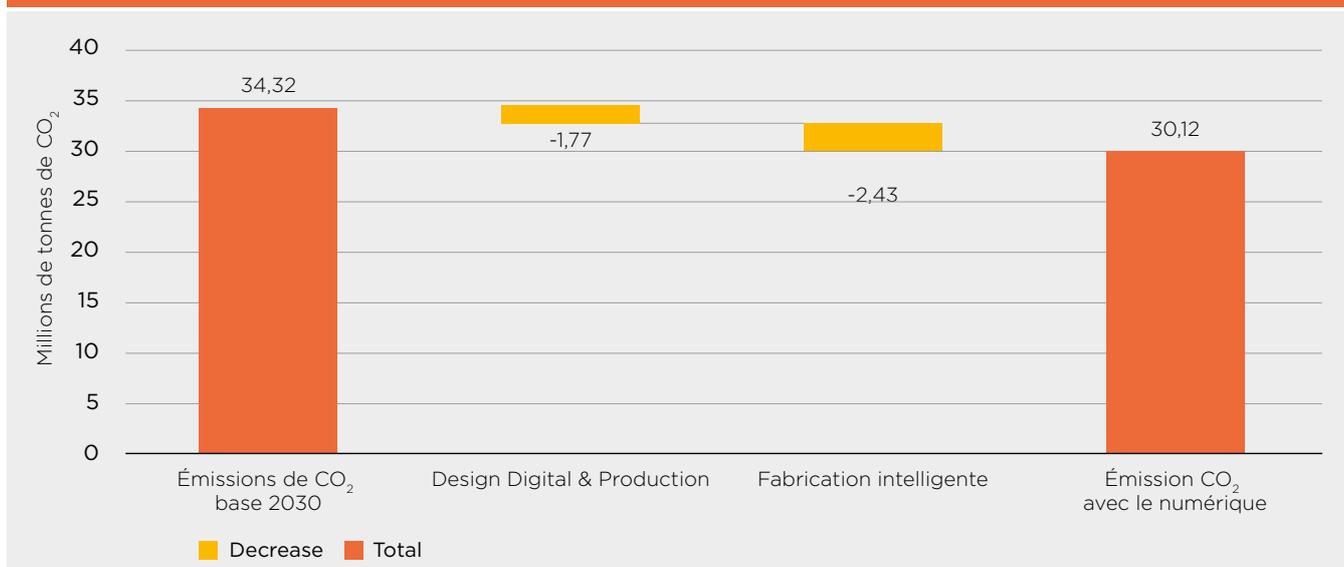
Un projet de création d'un internet national de l'énergie a été lancé en 2018 par le Gouvernement luxembourgeois en collaboration avec Enovos, Creos et d'autres parties prenantes du secteur de l'énergie, pour soutenir la transition énergétique du Luxembourg. Celui-ci vise à passer d'un système centralisé axé sur les énergies fossiles à un système décentralisé qui utilise les énergies renouvelables via l'instauration d'une plateforme nationale de données énergétiques. Elle doit permettre de gérer de manière intelligente la production, la consommation et la distribution des énergies renouvelables pour améliorer l'efficacité énergétique. Des mesures sont en cours de déploiement.

1.4. L'industrie

En 2021, au niveau mondial, le secteur de l'industrie a émis 9,4 gigatonnes de CO₂, soit un quart des émissions globales de carbone. Comme le secteur de l'énergie, l'industrie est très dépendante (68% en 2021) de combustibles fossiles pour alimenter les usines et les processus de production. L'AIE estime que **les émissions mondiales devront baisser et atteindre les 7 gigatonnes de CO₂ en 2030**, avant d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

La digitalisation peut contribuer à rendre le secteur de l'industrie plus respectueux de l'environnement en favorisant l'utilisation de processus de production plus efficaces et en adoptant des technologies qui permettent de réduire la consommation d'énergie et l'utilisation de ressources lors de la phase de production. En effet, des machines telles que les imprimantes 3D sont moins énergivores et consommatrices de ressources naturelles lors de la phase de production que les outils traditionnels. Alors qu'un rapport de l'AIE estime que les technologies 3D peuvent remplacer entre 9% et 17% des composants du secteur aérien américain actuelles, les gains en matière d'émission peuvent être conséquents. L'étude conjointe d'Agoria et Accenture estime que le numérique peut potentiellement réduire les émissions du secteur industriel belge entre **3,4 et 4,2 millions de tonnes de CO₂**, ce qui correspond à **une baisse de 10% à 12% des émissions totales de l'industrie belge**.

RÉDUCTION D'ÉMISSIONS DE CARBONE AVEC UNE ADOPTION DU NUMÉRIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL BELGE



Sources: Accenture & Agoria

La réduction des émissions de CO₂ peut être atteinte dans deux domaines particuliers d'après Agoria et Accenture. En premier lieu, le design digital et la production offrent la possibilité de créer un jumeau numérique du futur produit. Cette technique évite de produire plusieurs prototypes, puisqu'il est possible d'utiliser la représentation numérique du produit tout au long du cycle de vie, de la phase de test jusqu'à la mise hors service. L'étude prévoit une réduction de **1,77 million de tonnes d'émissions de carbone** rien qu'en adoptant le design digital pour le secteur industriel belge. Le deuxième grand domaine d'amélioration est basé sur la fabrication intelligente qui permettrait selon les estimations de réduire les émissions de carbone de 2,43 millions de tonnes. Celle-ci prône la combinaison de l'automatisation de la fabrication et des technologies numériques. A travers l'utilisation des IoT, des *clouds* et d'autres machines intelligentes, les données collectées pourront être utilisées pour optimiser le processus de production, en lançant la production au moment le plus opportun et lorsque l'électricité est la moins chère. A l'heure où les hausses des coûts énergétiques sont conséquentes suite à la guerre en Ukraine, cette solution serait d'une grande utilité pour les entreprises industrielles, souvent les plus impactées par cette hausse.

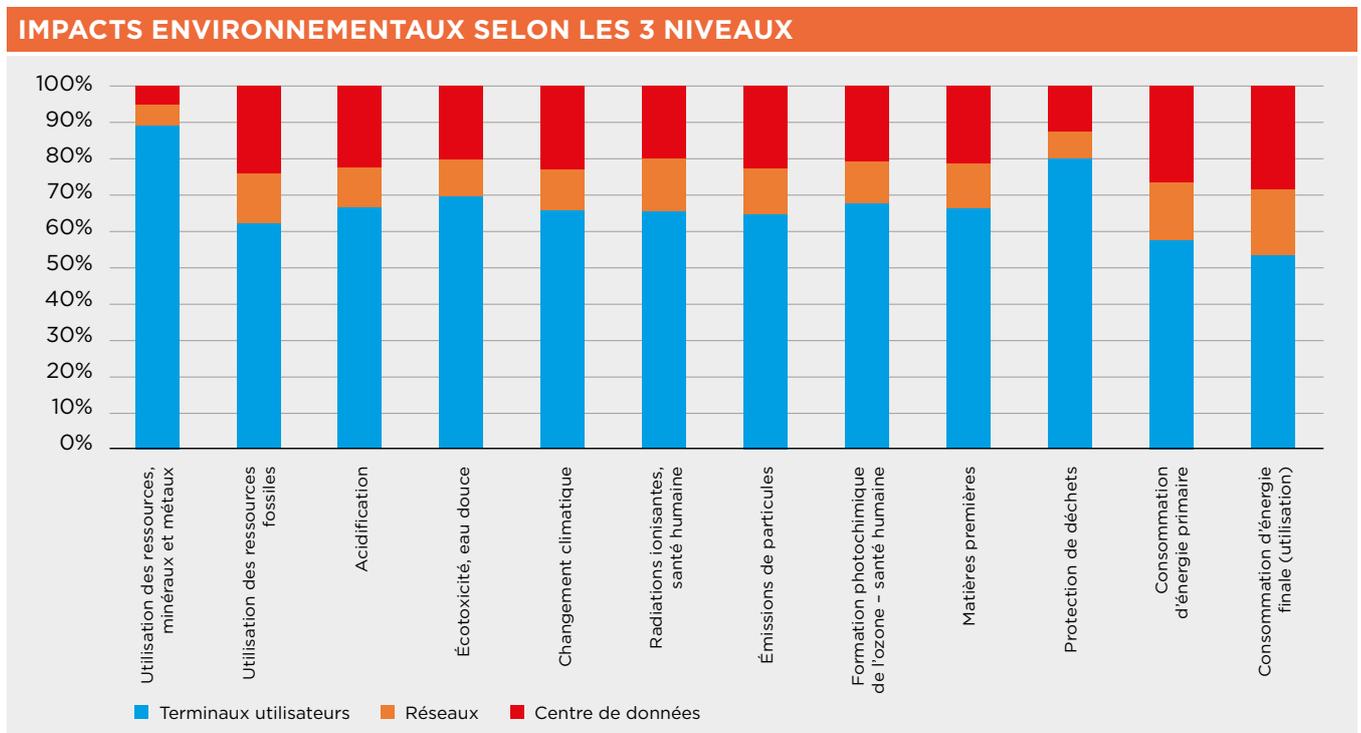
Au Luxembourg, l'utilisation des données numériques est l'un des sujets phares des stratégies industrielles. Le projet «Circularity Dataset Initiative» initié par le Ministère de l'Économie et des dirigeants d'entreprises industrielles, a conçu le *Product Circularity Data Sheet*. Le groupement d'intérêt économique (GIE) «Terra Matters», un partenariat public-privé entre le Ministère de l'Économie et la Chambre de Commerce, a pour objectif d'en assurer la promotion et l'accompagnement. Actuellement, plus de 50 entreprises issues de douze pays de l'UE et des États-Unis testent le développement d'un projet en lien. Le modèle se base sur 3 principes clés:

1. Un modèle de données comportant des énoncés standardisés et fiables sur les caractéristiques de circularité d'un produit, quelle que soit sa position dans une chaîne d'approvisionnement donnée.
2. Un protocole d'échange de données standardisées fondé sur une stratégie de stockage de données décentralisé.
3. Un processus de vérification tiers pour la validation du contenu du PCDS.

2. L’empreinte écologique du numérique ou la nécessité d’un GreenIT

Bien que le numérique et toutes les nouvelles technologies peuvent être essentielles pour atteindre la neutralité carbone en 2050, cela ne va pas sans contradiction. Le secteur des technologies de l’information et de la communication (TIC) contribue en effet au réchauffement climatique au cours du cycle de vie de ses appareils. En premier lieu, la fabrication des outils numériques nécessite une grande quantité de métaux et de terres rares. L’extraction de celles-ci est un processus extrêmement polluant et se fait principalement dans les pays du MERCOSUR ou en Chine, où les normes environnementales sont peu contraignantes par rapport à l’Union européenne. Pour répondre au besoin du secteur du numérique européen, il faut **déplacer chaque année 571 millions de tonnes de matériaux, soit environ le poids de 9,2 milliards d’êtres humains**. La consommation d’électricité suscite également des préoccupations. Pour fonctionner, les services numériques en Europe ont besoin de **283 TWh**, ce qui représente **9,3% de la consommation européenne d’électricité**. Certes, la consommation d’électricité utilisée par le numérique est importante, mais son empreinte carbone va surtout dépendre de la source de l’électricité. Le dernier grand point faible des services numériques est leur courte durée de vie qui implique des changements de matériel fréquents. En moyenne, un outil électronique est utilisé pendant 5 ans avant d’être jeté ou recyclé. Ceci mène inévitablement à une grande production de déchets électroniques équivalent au poids d’**1,9 milliard d’êtres humains**. L’impact du numérique sur le changement climatique équivaut à **370.000 allers-retours entre Paris et New York**, et représente au niveau européen **185 millions de tonnes de CO², soit l’équivalent de 40% du budget GES soutenable de l’Europe pour contenir le réchauffement climatique à +1,5 degré**.

L’analyse suivante vise à mettre en avant l’impact environnemental des trois niveaux du numérique, à savoir les terminaux utilisateurs, tels que les téléphones ou les ordinateurs, les réseaux de communication et les centres de données. Ce sont les premiers cités qui ont l’impact le plus fort d’après une étude pilotée par GreenIT et réalisée en 2021. Le constat est identique dans l’étude « Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France et analyse prospective » menée par l’Autorité française de Régulation des Communications Électroniques, des Postes et de la Distribution de la Presse (ci-après “Arcep”). Et ceci alors même que les terminaux ont une faible intensité d’utilisation puisqu’ils sont souvent (75% du temps) en mode veille ou éteint.



Rien que pour l’utilisation de matières premières, les terminaux utilisateurs comptent pour 88,8% de l’impact total, contre respectivement **5,9% et 5,3%** pour les réseaux et les centres de données. Les terminaux produisent également beaucoup de déchets électroniques de par leur faible durée de vie.

Les centres de données sont également énergivores avec environ 27% de l'énergie totale consommée par les trois niveaux.

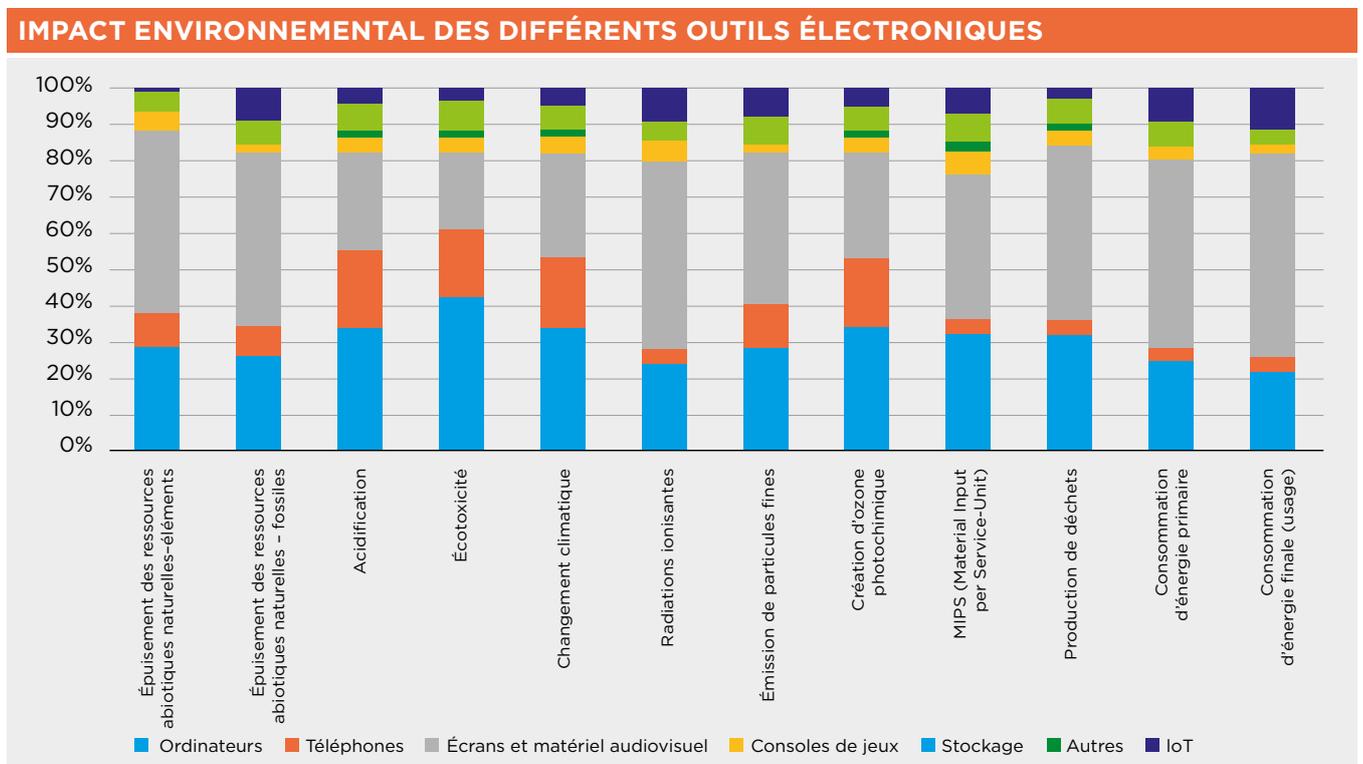
Parmi les trois niveaux, les réseaux ont l'impact le plus faible sur l'environnement en raison d'une phase de fabrication moins polluante. L'impact vient surtout de l'utilisation de l'électricité pour le transfert de données d'un utilisateur à l'autre. Concernant la consommation d'énergie, celle-ci s'élève entre 15% et 18% de l'impact total des réseaux.

2.1 Les terminaux utilisateurs

Les terminaux utilisateurs, également appelés périphériques ou équipements terminaux, sont des dispositifs électroniques qui permettent aux utilisateurs d'accéder à des réseaux informatiques ou de communication. Les terminaux utilisateurs incluent une variété de dispositifs, tels que les ordinateurs (fixes ou portables), les smartphones, les imprimantes ou encore les objets connectés. Ils ont la capacité de fournir et de traiter des données en temps réel ainsi que d'automatiser certains processus.

L'impact environnemental des terminaux utilisateurs est caractérisé par trois phases du cycle de vie : les phases de fabrication, d'utilisation et de fin de vie. Les phases de fabrication et d'utilisation exercent la pression la plus importante sur l'environnement. En se basant sur les données de l'étude de GreenIT sur le numérique en Europe, l'épuisement des ressources de minéraux et de métaux est provoqué presque entièrement (88,6%) par la phase de fabrication des terminaux. En revanche, la phase de fabrication et d'utilisation contribuent de façon égale (environ 48%) au changement climatique, donc sur l'ensemble des émissions de GES. L'impact de la fin de vie des terminaux se concentre sur la quantité de déchets électroniques qui requièrent des processus complexes de traitement. Le recyclage des terminaux reste encore très faible. D'après Eurostat, en 2022, seulement 11,1% des smartphones et 12,4% des ordinateurs sont recyclés au Luxembourg.

Le graphique suivant, issu de l'étude de l'Arcep sur l'impact environnemental du numérique en France illustre, plus en détail, l'impact des terminaux utilisateurs sur l'environnement en fonction des différents indicateurs environnementaux.



Source: ARCEP 2022

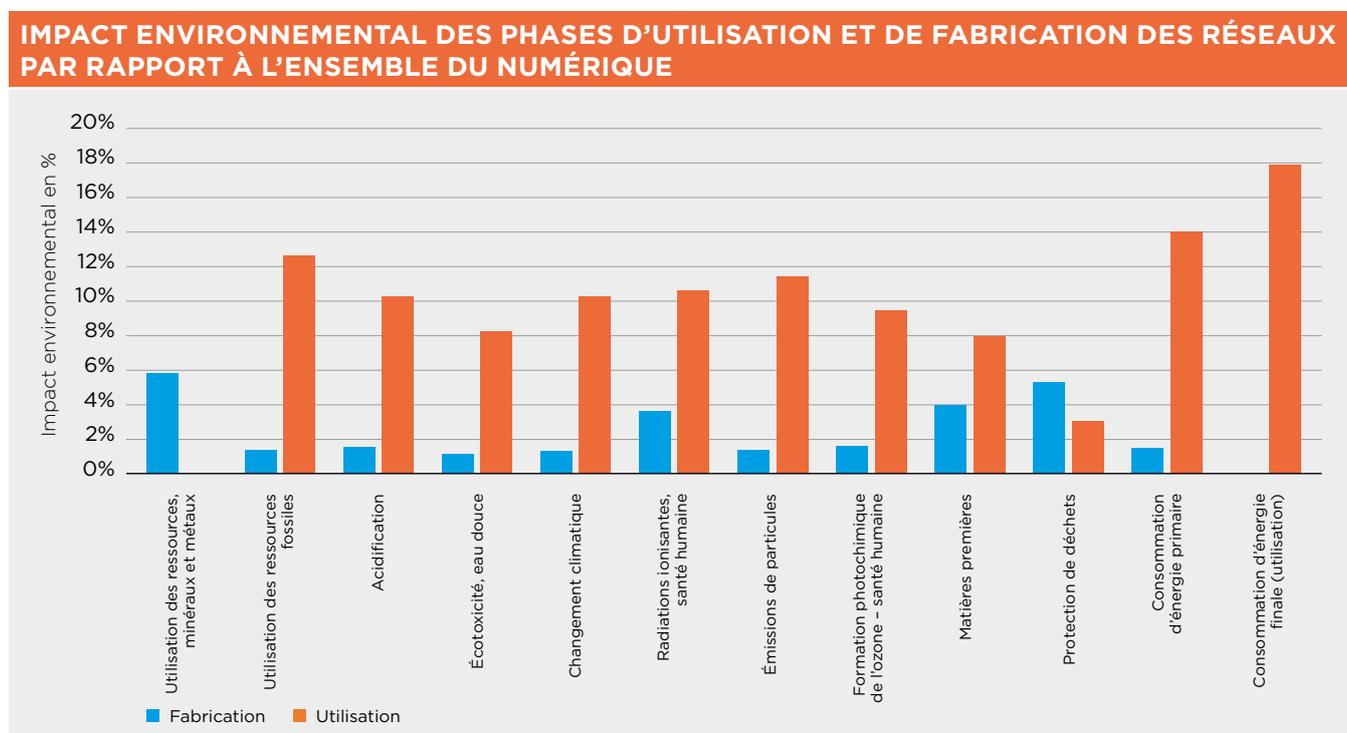
En observant les différents indicateurs environnementaux dans le tableau, les écrans et le matériel audiovisuel ont les plus grands impacts (entre 11% et 30%) par rapport aux autres appareils électroniques. Ils contribuent surtout à la production de déchets, à la consommation d'énergie, à l'épuisement de ressources et aux radiations ionisantes. Par rapport au reste des équipements électroniques, les ordinateurs sont majoritairement (35,3%) responsables des répercussions sur les écosystèmes terrestres, dénommée écotoxicité. Il faut noter que si les **ordinateurs portables consomment moins d'électricité (30,96 kWh/an) qu'un ordinateur de bureau (104,39 kWh/an)**, leur production est plus néfaste pour l'environnement que celle des ordinateurs de bureau.

D'après les données de l'Arcep, les IoT n'ont individuellement qu'un impact marginal sur l'environnement. Toutefois, l'agence souligne qu'il ne faut surtout pas les sous-estimer. En raison d'un nombre élevé d'équipements installés, leur impact environnemental est à évaluer avec prudence. Rien que pour le contrôle des bâtiments commerciaux européens, [l'étude sur le numérique en Europe de GreenIT](#) estime qu'il y a 223.067.528 compteurs intelligents qui consomment au total 12,1 TWh par an sur les 27,7 TWh consommés par les IoT.

2.2. Les réseaux

Les réseaux représentent le point de relais des terminaux utilisateurs et des centres de données pour la transmission d'informations. Ils constituent un élément crucial pour une «data driven economy» comme le Luxembourg y aspire: le nombre d'abonnements à des réseaux de communication s'élève environ à 1.221.000 au Luxembourg, soit près du double de la population nationale.

Bien que les réseaux exercent une moindre pression sur l'environnement (entre 6% à 18%) par rapport aux terminaux et aux centres de données, leur impact n'est néanmoins pas négligeable. Ceux-ci contribuent à 12% de l'émission des GES de l'ensemble des trois niveaux du numérique. Par rapport aux terminaux utilisateurs, les réseaux ont une utilisation plus intensive et cela s'explique par le fait qu'ils fonctionnent en permanence pour assurer le transfert de données. Par conséquent, **les réseaux utilisent presque 1/5 de l'énergie finale consommée par le numérique**. Le tableau suivant illustre la pression sur l'environnement des phases de fabrication et d'utilisation des réseaux par rapport au total des outils numériques.



Source: GreenIT 2021

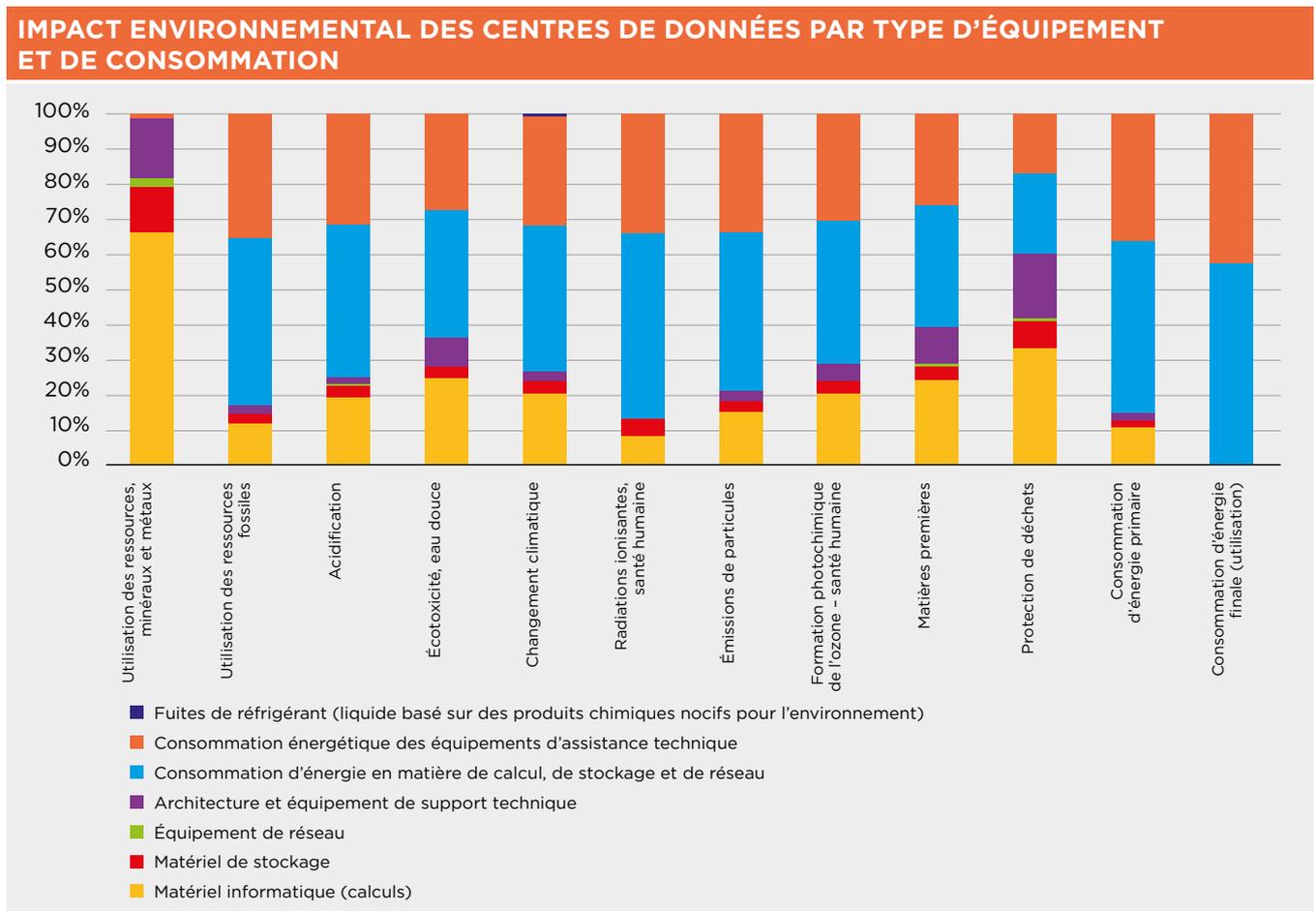
La phase d'utilisation représente la partie la plus importante de l'impact environnemental des réseaux. Ce sont surtout la consommation primaire et finale d'énergie (14,1% et 17,9%), l'utilisation des ressources fossiles (12,5%), les émissions de particules (11,4%) et le changement climatique (10,3%) pour lesquels la phase d'utilisation des réseaux est la plus polluante. L'impact environnemental de la phase de fabrication porte notamment sur l'utilisation des ressources (5,3%) et de la production de déchets (5,3%).

2.3. Les centres de données

Les centres de données sont des structures qui permettent de traiter, de stocker et de transférer des données entre utilisateurs. Ils doivent assurer un fonctionnement sans interruption, puisque le monde du travail se tourne toujours plus vers le digital pour offrir des services tels que la banque à distance, le commerce en ligne ainsi que garantir la protection de données.

La performance environnementale des centres de données suscite des débats. Au niveau mondial, les milliers de centres de données existants ont environ besoin de 400 à 500 TWh d'électricité par an, l'équivalent de la consommation annuelle de l'Allemagne, et émettent 250 millions de tonnes de CO₂. Le Grand-Duché compte, lui, 23 centres de données qui occupent une surface de 46.000m², soit l'équivalent de trois fois la commune de Esch-sur-Alzette.

Les centres de données sont composés d'une multitude d'équipements qui contribuent chacun à l'empreinte carbone globale de manière différente. Parmi ces outils, on retrouve du matériel informatique pour effectuer les calculs ou le matériel de stockage, ainsi que des équipements pour assurer leur fonctionnement, tels que le système d'aération et de refroidissement. 60% des GES produits par les centres de données viennent de ses composantes, du stockage et des réseaux qui permettent le transfert de données. Les autres 40% des GES sont principalement issus de l'air conditionné et du système de refroidissement. Ce dernier a besoin d'une quantité importante d'énergie et d'eau pour refroidir tous les équipements, ce qui augmente davantage la pression sur l'environnement.



Source: GreenIT 2021

La consommation énergétique des centres de données représente la plus grande part des impacts sur l'environnement, malgré une amélioration en matière d'efficacité énergétique au cours des dernières années. Le matériel de stockage se trouve à la deuxième place, en raison de leur grand nombre dans les centres de données. 67% de la pression exercée sur les ressources est due au matériel de stockage, qui nécessite des matières rares pour être fabriqué.

Les centres de données se subdivisent en trois types: le cloud, le traditionnel et l'edge. Chacun présente des caractéristiques spécifiques, aussi bien dans leur utilisation que dans leur fonctionnement. Les centres de données traditionnels sont les plus répandus dans l'UE. Le type cloud a connu une montée en popularité ces derniers temps, grâce à une plus grande utilisation de ses solutions de la part des professionnels et des particuliers. Quant aux data centers du type edge, ils sont utilisés pour effectuer des calculs intensifs. S'ils sont encore peu usités, leur nombre va probablement augmenter avec le développement de la 5G.

Parmi les centres de données, les traditionnels représentent à eux seuls 60% de l'impact environnemental total de ce type d'infrastructures. Un plus grand nombre d'équipements y sont installés, ce qui implique un plus grand besoin de matières premières pour les fabriquer ainsi qu'une augmentation de la consommation d'énergie pour les alimenter. Cependant, l'impact environnemental des centres de données n'est pas uniquement lié à leur taille. En utilisant le PUE² (Power Usage Effectiveness), un indicateur d'efficacité énergétique des centres de données, il en résulte que les traditionnels sont les plus énergivores. Dans l'étude de l'Arcep, **les centres de données traditionnels présentent un PUE moyen de 1,93 en termes d'énergie consommée, contre 1,55 et 1,17** pour les types cloud et edge, respectivement.

Les centres de type cloud représentent 37% de l'impact total. Pour les centres de données edge, l'impact est très marginal en raison de leur structure et leur fonctionnement. Contrairement aux centres de données traditionnels et de type cloud, les edge traitent les données proches de la source. Il n'y a plus besoin de passer par des serveurs centraux et uniquement les données nécessaires sont transmises. Ce type de centre permet ainsi d'éviter des « longs trajets » de données ainsi qu'une réduction du nombre de données transmises au bénéfice d'une moindre consommation d'électricité.

Conclusion

Le rôle de soutien à la transition écologique du numérique se révèle important si on observe son potentiel dans les quatre secteurs clés analysés. Les technologies numériques permettent d'adresser une série de contraintes et de problèmes environnementaux à savoir les émissions de carbone, la consommation d'énergie ainsi que la gestion des ressources naturelles. La réduction potentielle de 22% des émissions carbone dans le transport de fret, tout comme les 39 Pwh d'électricité économisée dans le secteur des bâtiments, à travers un usage optimisé grâce aux réseaux intelligents, illustrent la contribution du numérique en faveur de l'environnement.

En revanche, l'empreinte carbone du numérique se révèle très conséquente. La pollution engendrée par l'emploi du numérique dans l'économie est souvent sous-estimée. En effet, l'émission des 185 millions de tonnes de CO₂, tout comme les 571 millions de tonnes de déchets numériques produits annuellement au niveau européen, « pèsent » de manière significative sur l'environnement, d'où l'importance d'illustrer ce côté moins connu du numérique.

Le potentiel du numérique pour contribuer à la transition écologique et pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, est certes très important, mais il nécessite d'être « guidé » dans la bonne direction, afin de limiter son empreinte écologique. En effet, il faut limiter les effets rebonds du numérique, tels qu'une forte consommation d'électricité ainsi que l'exploitation de matières premières pour leur fabrication. Par conséquent, le Luxembourg devra favoriser l'adoption des meilleures technologies disponibles par les entreprises, promouvoir leurs propres innovations et inciter la mise en place de bonnes pratiques pour un numérique plus durable.

² Ratio entre l'énergie totale consommée par le centre de données (à savoir le système de refroidissement, la climatisation, etc.) et l'énergie totale consommée par les différents équipements informatiques des centres de données. Plus la valeur est proche de 1, plus le centre de données est considéré comme performant d'un point de vue énergétique.

Messages clés

1. L'IT4Green, qui consiste dans les apports du numérique à la transition écologique, est essentiel pour atteindre les objectifs de développement durable. Les quatre secteurs d'activité observés dans cette étude (les transports, l'industrie, l'énergie et les bâtiments) représentent 96% des émissions globales de CO₂ et nécessitent d'être décarbonés de manière significative.
2. Les technologies numériques permettraient de limiter de 18% l'augmentation des émissions carbone du secteur des transports entre 2019 et 2050.
3. La création de bâtiments intelligents, basés sur des outils numériques tels que les IoT, induirait une meilleure efficacité énergétique des bâtiments de l'ordre de 10% d'ici 2040.
4. La production d'énergie nécessite une meilleure efficacité énergétique, favorisée par l'adoption de réseaux flexibles qui, grâce au numérique, vont pouvoir réduire les émissions de carbone entre 12% et 14%.
5. Le numérique a le potentiel de faire baisser les émissions du secteur industriel de 10% à 12% à travers le design digital et la fabrication intelligente.
6. Le Luxembourg aspire à être pionnier dans la transition écologique et digitale, via notamment le développement de la TIR et de la feuille de route «Ons Wirtschaft vu muer». La création du PCDS et le développement d'un internet national de l'énergie sont deux projets d'ampleur de cette double transition.
7. Une économie basée sur les données présente des effets rebonds significatifs. Les appareils électroniques comme les IoT permettent, certes, une réduction de la consommation d'électricité, mais ils en ont eux-mêmes besoin pour fonctionner. Les trois niveaux du numérique (les terminaux utilisateurs, les réseaux et les centres de données) représentent environ 4% des GES au niveau mondial.
8. Les terminaux utilisateurs contribuent majoritairement (environ 70%) à l'empreinte carbone du numérique, surtout à cause de leurs phases de fabrication et d'utilisation.
9. L'impact environnemental des réseaux est le moins important parmi les trois niveaux (entre 6% à 18%), mais demeure non négligeable. Les besoins énergétiques des réseaux sont considérables durant leur phase d'utilisation.
10. Les centres de données nécessitent des quantités importantes d'électricité pour fonctionner (400-500 TWh au niveau mondial) et émettent environ 250 millions de tonnes de CO₂ par an. L'impact environnemental des 23 centres de données installés au Luxembourg n'est pas à négliger pour son empreinte écologique.

Auteurs

Leonardo Bei

Stagiaire aux Affaires Économiques

Nicolas Liebgott

Affaires Économiques

Jean-Baptiste Nivet

Affaires Économiques

Contactez les auteurs

eco@cc.lu