

Les impacts environnementaux du numérique en Suisse



Les impacts environnementaux du numérique en Suisse

Livre blanc E4S & Resilio

Louis Guégan, Louise Aubet, Léa Bitard (Resilio SA)

Septembre 2025

© Centre Entreprise pour la Société (E4S), 2024 Entreprise pour Société (E4S) est une coentreprise de l'Université de Lausanne par l'intermédiaire de sa Faculté des sciences économiques et des affaires (UNIL-HEC), de l'Institute for Management Development (IMD) et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), sous la direction de son Collège de Management de la Technologie, avec pour mission d'être le fer de lance de la transition vers une économie durable et inclusive. E4S s'engage à former la prochaine génération de leaders, à inspirer la transformation économique et sociale et à promouvoir le changement en renforçant les start-ups et en stimulant l'innovation.

Resilio accompagne les organisations dans la réduction de l'empreinte environnementale de leurs infrastructures ou services numériques. Il s'agit d'une entreprise privée qui, plutôt que de poursuivre une maximisation de ses profits, est animée par le désir de faire la différence en créant des impacts positifs significatifs. Resilio a développé un ensemble unique d'outils et de méthodes permettant une analyse du cycle de vie (ACV) plus facile, plus rapide et plus précise des technologies de l'information et de la communication (TIC) avec des données à jour. L'équipe du Lab se consacre à repousser les limites de la connaissance dans le domaine. Elle mène de nombreuses recherches, dont cette étude fait partie.

Le rapport complet de l'étude et de plus amples informations sont disponibles à l'adresse suivante : sustainableit.ch

Table des matières

Table des matières	3
Résumé	4
1. Introduction	5
2. Méthodologie.....	6
2.1 Méthode et cadre	6
2.2 Unité fonctionnelle	6
2.3 Domaine d'application	7
2.4 Approche	7
2.5 Catégories, données et outils d'impact sur l'environnement.....	8
3. Résultats	9
3.1 Évaluation globale	9
3.2 Répartition des impacts environnementaux.....	13
3.3 Projections en 2035	19
4. Recommandations.....	21
4.1 Objectifs globaux.....	21
4.2 Recommandations par objectif, tier et partie prenante	22
5. Conclusion	25
5.1 Principaux résultats.....	25
5.2 Limites de l'étude	26
5.3 Remerciements	27

Résumé

Le rôle des activités humaines dans les crises environnementales est aujourd'hui indéniable. En 2016, la Suisse a signé l'Accord de Paris avec 196 pays¹ et a continué à se fixer d'autres **objectifs ambitieux**.

Le numérique joue un rôle complexe en matière d'environnement. Bien qu'il semble immatériel et donc d'importance moindre, ce secteur contribue à de **nombreuses pollutions et à l'épuisement de maintes ressources**. Il est donc crucial d'évaluer et d'atténuer ses impacts environnementaux pour assurer un avenir plus durable.

Pour répondre à ce besoin, de nombreuses organisations et institutions suisses ont mené une étude sur **les technologies de l'information et de la communication (TIC)** en **Suisse** visant à :

- **Identifier** les principales sources d'impacts de ce domaine ;
- **Inform**er les décideurs politiques et les motiver à passer à l'**action** ;
- Contribuer à **la sensibilisation** des citoyens et des entreprises suisses.

La méthodologie de l'étude est basée sur l'**Analyse du Cycle de Vie** (ACV), utilisée pour évaluer de nombreux impacts environnementaux d'un système tout au long de son cycle de. Le périmètre étudié est l'ensemble des **équipements et infrastructures numériques** utilisés en Suisse, à **usage personnel et professionnel**, en **2024 et projections en 2035**.

Les principaux résultats de cette étude montrent que les TIC contribuent à **2 % des**

émissions totales de gaz à effet de serre liées à la consommation suisse et à **12 % de la consommation d'électricité du pays**, en 2024. De plus, **l'empreinte augmentera rapidement d'ici 2035**. Ces tendances sont dues à l'augmentation de la population et à l'essor des nouveaux usages (IA générative, réalité virtuelle, etc.). La demande croissante d'appareils électroniques suscite une inquiétude particulière concernant **l'utilisation des ressources en métaux et minéraux** et joue donc un rôle essentiel sur l'appauvrissement de nos réserves.

Les équipements des utilisateurs **représentent** la principale source d'empreinte en 2024. L'empreinte des centres de données augmentera fortement jusqu'à concentrer **la plupart des impacts d'ici 2035**.

Il est essentiel d'agir sur la base de ces conclusions pour **assurer la durabilité de la transformation digitale**. Les recommandations présentées dans cette étude s'articulent autour de trois objectifs :

1. **Réduire le besoin de fabrication de nouveaux appareils** : éviter la fabrication de nouveaux équipements dès que cela est possible, en prolongeant la durée de vie des appareils existants ;
2. **Concevoir et fabriquer des équipements et des infrastructures plus performants** : appareils moins gourmands en ressources, pratiquer la sobriété et la circularité ;
3. **Arbitrer les usages numériques** : évaluer de manière critique et modérer l'usage des technologies numériques pour s'assurer qu'elles répondent aux stricts besoins.

¹ <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

1. Introduction

Le rôle des activités humaines dans les crises environnementales est aujourd'hui indéniable, comme l'indique le 6^{ème} rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)². L'expansion des industries, l'urbanisation et la déforestation modifient les écosystèmes, menacent d'innombrables espèces et perturbent l'équilibre fragile des systèmes terrestres. La pollution, la consommation excessive de ressources et le changement climatique accélèrent encore ce déclin, **réduisant la capacité de la planète à se régénérer**.

L'Accord de Paris signé en 2016, approuvé par 196 pays, dont la Suisse, vise à limiter le réchauffement climatique bien en dessous de 2 °C au-dessus des niveaux préindustriels, avec des efforts pour limiter l'augmentation à 1,5 °C d'ici 2100³. Malgré une croissance record des installations d'énergies renouvelables en Suisse⁴, **les projections actuelles indiquent un manque important pour atteindre cet objectif. Des efforts significatifs sont essentiels pour combler cet écart** et atteindre les objectifs internationaux.

Dans ce contexte, le **numérique joue un rôle complexe**. Bien qu'il puisse sembler immatériel à première vue, il est profondément ancré dans la réalité. L'extraction de matières premières, les

centres de données énergivores et le volume croissant de déchets électroniques contribuent à de nombreuses pollutions et à l'épuisement des ressources. On estimait en 2015 en Suisse, que les technologies numériques représentaient environ 3 % des émissions totales de gaz à effet de serre du pays⁶.

Si ces technologies peuvent offrir des solutions pour l'efficacité énergétique, elles ont également une **empreinte écologique importante**. Alors que l'utilisation des technologies numériques ne cesse d'augmenter, il est essentiel d'**évaluer et d'atténuer leurs impacts environnementaux** afin d'assurer un avenir plus durable

Pour répondre à ce besoin, Resilio, en collaboration avec de nombreuses institutions telles que l'Union internationale des télécommunications (UIT), l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) pour ne citer qu'elles, a décidé de **mener une étude** visant à **évaluer les impacts environnementaux des technologies numériques en Suisse en 2024 et 2035**.

Le public visé par cette étude est le suivant :

- les citoyens suisses ;
- décideurs politiques suisses ;
- Leaders de l'industrie numérique.

² RE6, GIEC, 2021, <https://www.ipcc.ch/assessmentreport/ar6/>

³ Accord de Paris, Nations Unies, 2015, https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

⁴ La Suisse installe 1,78 GW de photovoltaïque en 2024, PV magazine, <https://www.pv-magazine.com/2025/01/27/switzerland-installs-1-78-gw-of-pv-in-2024/>

⁵ « Les mesures adoptées par la Suisse sont insuffisantes pour limiter le réchauffement climatique », actu-environnement.com,

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/comite-ministres-decision-mesures-suisse-insuffisantes-limiter-rechauffement-climatique-45744.php4>

⁶ Hilty, Bieser, 2017, Opportunités et risques de la numérisation pour la protection du climat en Suisse. Université de Zurich, Swisscom, WWF https://www.ifi.uzh.ch/dam/jcr:066776d8-d2b0-4c7c-b75d-6b7283cb5791/Study_Digitalization_Climate_Protection_Oct2017.pdf

2. Méthodologie

L'objectif de l'étude est de fournir les connaissances les plus récentes sur les **impacts environnementaux** du **secteur numérique en Suisse**. Pour ce faire, cette étude se concentre sur les **appareils et les infrastructures liés aux technologies numériques** utilisés depuis la Suisse (se trouvant sur le territoire national ou à l'étranger) en 2024 et tels qu'ils devraient évoluer d'ici 2035.

2.1 Méthode et cadre

Cette étude s'appuie sur la méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), qui consiste à évaluer les impacts environnementaux potentiels d'un produit ou d'un service. Les principales caractéristiques de l'ACV sont les suivantes :

- Une **approche multicritère** : Plusieurs indicateurs environnementaux sont inclus dans l'analyse : potentiel de réchauffement climatique, épuisement des ressources abiotiques, pollution de l'eau, de l'air et des sols, etc.
- Une **perspective « cycle de vie »** : Pour tenir compte des impacts

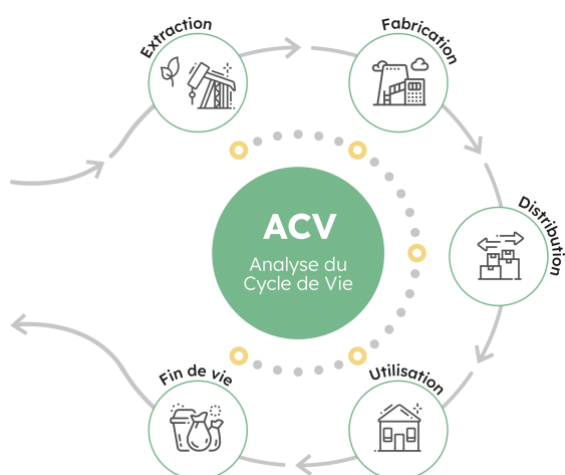


Figure 1- Schéma des étapes du cycle de vie généralement incluses en ACV

environnementaux de toutes les étapes du cycle de vie d'un système, de l'extraction des matières premières à la production, à l'utilisation et à l'élimination. La Figure 1 l'illustre.

Il existe deux types d'ACV :

- **Attributionnelle** : Décrit les impacts environnementaux directs associés à un produit ou service dans son état actuel.
- **Conséquentielle** : Évalue les conséquences environnementales d'un changement dans le système (p. ex., changement de politique, variation de la demande, innovation).

Dans cette étude, une **ACV attributionnelle simplifiée** a été réalisée (au niveau des dispositifs), en se concentrant uniquement sur les **impacts directs**. La méthode simplifiée est privilégiée, compte tenu de l'ampleur et des exigences de qualité du projet.

2.2 Unité fonctionnelle

L'**unité fonctionnelle** d'un produit ou d'un système est une description chiffrée de ses performances, servant de point de référence pour tous les calculs d'impact environnemental. Il est assez difficile de classer l'usage des technologies numériques dans les différentes unités fonctionnelles, en raison de la multiplicité et de la diversité des usages. Par conséquent, l'unité fonctionnelle est remplacée par deux unités déclarées, l'une à l'échelle nationale :

« Équipements et infrastructures liés aux technologies numériques utilisés en Suisse pendant un an ».

Et à l'échelle individuelle :

« *Équipements et infrastructures liés aux technologies numériques utilisés en Suisse pendant un an **par habitant*** ».

2.3 Domaine d'application

Le périmètre de cette étude couvre trois catégories différentes d'équipements appelés « Tiers » qui peuvent être classés de la manière suivante :

1. **Tier I - Équipements utilisateur** : Tout équipement utilisé directement par des utilisateurs finaux. Il s'agit d'appareils tels que des smartphones, des ordinateurs portables, des écrans ou objets connectés. Le tier I est séparé en deux catégories :
 - **Tier I - Usage personnel** : équipement acheté et utilisé directement par l'utilisateur, pour son usage personnel ;
 - **Tier I - Usage professionnel** : matériel acheté ou prêté par une entreprise, utilisé par les salariés dans un cadre professionnel.
2. **Tier II - Réseaux de télécommunications** : Cette catégorie comprend les infrastructures responsables de la transmission de données entre les utilisateurs finaux et les centres de données. Il est composé d'un réseau fixe, d'un réseau mobile et d'un réseau dorsal ;
3. **Tier III - Centres de données** : Cette catégorie englobe tous les appareils dédiés à l'hébergement et au traitement des données (serveurs, routeurs, équipements de refroidissement, etc.).

Compte tenu de l'**étendue géographique**, tous les équipements installés et utilisés

géographiquement en Suisse sont évalués et comptabilisés. Une attention particulière est accordée aux centres de données (Tier III). En effet, d'une part, certaines installations situées en Suisse fournissent des services cloud à des utilisateurs à l'étranger et sont donc exclues du champ d'application. D'autre part, la part des services cloud consommés par les utilisateurs en Suisse, hébergés dans des centres de données situés à l'étranger, est prise en compte dans l'évaluation. Cette approche vise à fournir l'estimation la plus précise possible des impacts environnementaux imputables à la population suisse.

Deux **périmètres temporels** sont choisis pour cette étude :

- 2024 : évaluer l'empreinte environnementale actuelle des TIC en Suisse,
- 2035 : estimer les impacts futurs, à travers un scénario prospectif.

Étant donné que chaque périmètre temporel couvre une durée d'un an, les impacts environnementaux des dispositifs dont la durée de vie est supérieure à un an sont **amortis sur une base annuelle** (c'est-à-dire que leurs impacts totaux sur le cycle de vie sont divisés par leurs durées de vie respectives).

Plus de détails sur la méthodologie sont donnés dans le rapport d'étude.

2.4 Approche

L'étape suivante d'une ACV, après la définition du périmètre et de l'unité fonctionnelle, consiste à dresser l'inventaire du cycle de vie. Dans cette étude, il s'agissait de collecter des données sur les appareils TIC utilisés en Suisse. Les données collectées sont les suivantes :

- **Nombre d'équipements** de chaque catégorie (smartphones, serveurs, antennes 4G, etc.) ;
- Consommation unitaire **d'électricité** ;
- **Durée de vie**.

Les données relatives aux **impacts du cycle de vie des équipements ou des flux TIC** entrant dans le système étudié sont principalement obtenues à partir de deux bases de données : Resilio Database⁷ et NegaOctet⁸.

Concernant le scénario prospectif, les principales hypothèses avancées sont les suivantes :

- **Tier I** : Les quantités d'appareils destinés aux utilisateurs finaux sont estimées en tenant compte de l'augmentation prévue de la population ;
- **Tier II** : Le modèle des quantités et de la consommation électrique des réseaux est basé sur l'augmentation attendue des abonnés et des données transférées ;
- **Tier III** : L'augmentation de la consommation électrique est basée

sur des scénarios prospectifs, et la quantité d'équipement des centres de données est modifiée en conséquence.

2.5 Catégories, données et outils d'impact sur l'environnement

Cette analyse s'appuie sur les 16 indicateurs environnementaux proposés par la Commission européenne dans le cadre du projet Product Environmental Footprint (PEF), en utilisant la **version PEF 3.0**.

Afin de rendre les résultats aussi compréhensibles que possible et de se concentrer sur les enjeux clés, l'ensemble des indicateurs est réduit aux catégories d'impact les plus significatives, présentées dans le tableau 1.

Le calcul est effectué à l'aide de **ResilioTech**⁹, un logiciel développé par Resilio pour effectuer des ACV de services numériques.

La revue critique n'est pas conforme à la norme ISO ou à une autre norme ; elle est effectuée par des examinateurs externes, comme mentionné au début du document.

⁷ <https://db.resilio.tech/>

⁸ <https://codde.fr/nos-marques/negaocet/base-de-donnees>

⁹ <https://resilio-solutions.com/fr/services/tech>

Catégorie d'impact	Acronyme (unité)	Définition
Utilisation des ressources, minéraux et métaux	ADPe (kg équ. Sb)	Impact environnemental potentiel associé à l'extraction et à l'utilisation de ressources minérales et métalliques non renouvelables, qui sont extraites de la croûte terrestre, compte tenu de leur rareté et de leur importance économique.
Écotoxicité d'eau douce	CTUe (CTUe)	Effets toxiques potentiels des émissions chimiques sur les écosystèmes d'eau douce (rivières, lacs, etc.), en particulier leur toxicité sur les organismes aquatiques au fil du temps.
Changement climatique	GWP (kg équ. CO ₂)	Contribution des émissions de gaz à effet de serre (GES) au réchauffement climatique sur 100 ans.
Utilisation des ressources, fossiles	ADPf (MJ)	Reflète la réduction à long terme de la disponibilité des ressources énergétiques fossiles non renouvelables en raison de leur extraction et de leur utilisation.
Particules fines	PM (incidence de maladies)	Effets potentiels sur la santé humaine causés par l'émission de matières particulaires (PM) et de leurs précurseurs.
Eutrophisation, eau douce	Epf (kg équ. P)	Contribution à l'eutrophisation des systèmes d'eau douce, causée par la charge excessive de nutriments, principalement d'azote (N) et de phosphore (P).

Tableau 1 - Liste des catégories d'impact

3. Résultats

Dans cette section, les résultats de l'empreinte environnementale pour l'année 2024 sont présentés, en commençant par une vue d'ensemble et en passant à des analyses plus granulaires. De plus, les résultats prospectifs à horizon 2035 sont également analysés.

3.1 Évaluation globale

3.1.1 Les technologies numériques en Suisse en 2024

Internautes

Au 2^e trimestre 2024, la population de la Suisse est estimée à 9 002 763 individus¹⁰. Parmi cette population, 99 % sont des utilisateurs actifs d'Internet qui passent en moyenne 5 heures et 32 minutes par jour sur Internet¹¹, ce qui reflète la connectivité numérique étendue du pays.

En décembre 2024, le nombre de personnes employées en Suisse s'élevait à environ 5 521 429 personnes, selon les données de CEIC¹².

¹⁰ <https://www.bfs.admin.ch/news/fr/2024-0538>

¹¹ internautes âgés de 16 à 64 ans, <https://datareportal.com/reports/digital-2024-switzerland>

¹² <https://www.ceicdata.com/en/indicator/switzerland/employed-persons>

Appareils et infrastructures

Si l'on tient compte des trois tiers de l'écosystème numérique (appareils des utilisateurs finaux, centres de données et réseaux, à l'exclusion de l'IoT industriel), le nombre total d'appareils TIC utilisés en Suisse en 2024 est estimé à **73 473 459 unités**. Cela correspond à une moyenne de **8,5 appareils**

Utilisation des ressources, minéraux et métaux (ADPe)



186 t éq. Sb

par habitant.

De ce total, environ 94 % sont équipements utilisateur, 5,6 % sont des équipements de

Changement climatique (GWP)



1,99 millions t éq. CO₂

centres de données et seulement 0,4 % sont attribués à l'infrastructure des réseaux de télécommunications. Le nombre d'appareils d'infrastructure télécom est naturellement inférieur à celui des équipements de

Écotoxicité d'eau douce (CTUe)



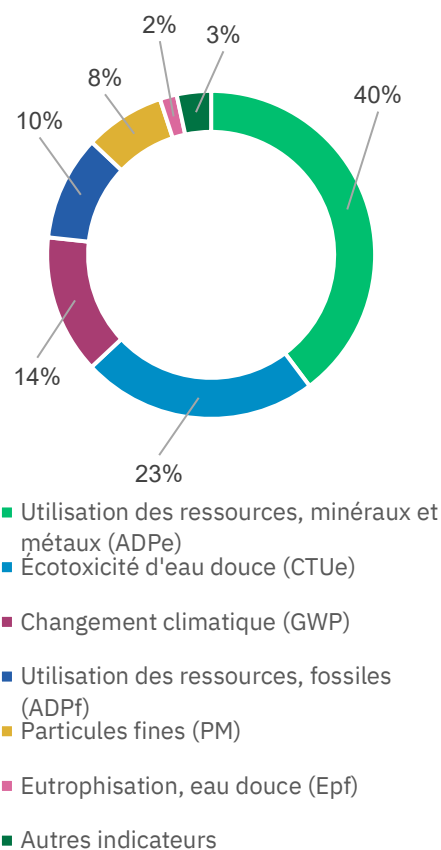
65 milliards CTUe

l'utilisateur final, car celle-ci est partagée entre un grand nombre d'utilisateurs. Cette mutualisation conduit à un nombre d'appareils inférieur par rapport à la population desservie.

La consommation totale d'électricité de la Suisse est d'environ 57 TWh¹³ et les **technologies numériques consomment au total environ 6,9 TWh**. Cela représente donc près **de 12 % de la consommation globale d'électricité du pays**, reflétant la demande importante du secteur numérique.

Les centres de données représentent à eux seuls une part substantielle de cette consommation (près de 50 %), estimée à environ 6,1 % de la consommation totale d'électricité de la Suisse. En effet, la Suisse présente une forte densité de centres de données par habitant. Cette attractivité s'explique par une protection stricte des données, la stabilité politique du pays, son mix électrique bas carbone et de faibles risques environnementaux (activité sismique par exemple).

3.1.2 Impacts



environnementaux à l'échelle du pays

Les résultats de l'empreinte environnementale mondiale des technologies

¹³https://www.news.admin.ch/en/newnsb/iTP15U0PYP57z2h_7EXJO

TIC en Suisse en 2024 sont présentés ci-dessous.

L'impact sur l'utilisation des ressources métalliques et minérales (ADPe) correspond à 40 % de l'empreinte totale et représente **186 tonnes de Sb eq.**, soit l'équivalent **de 930 millions de tonnes de terres excavées¹⁴**. Cela correspond également aux **métaux et minéraux contenus dans 62 millions de smartphones**.

L'impact sur l'écotoxicité de l'eau douce (CTUe) correspond à **65 milliards CTUe**. Cela équivaut à l'impact de la production d'environ **1,1 milliard de bouteilles de gel douche par an**, soit suffisamment de bouteilles pour couvrir la consommation de l'ensemble de la population suisse pendant environ 50 ans¹⁵.

Bien qu'il représente 14 % de l'impact quantifié total, comme le montre la Figure 2, le changement climatique reste une préoccupation environnementale centrale en raison de ses conséquences systémiques et à long terme. Cet impact correspond à **près de 2 millions de tonnes d'équivalents CO₂**. Si l'on considère que les émissions de CO₂ liées à la consommation en Suisse en 2023 s'élèvent à 122 millions de tonnes de CO₂,¹⁶ cela signifie que **les technologies numériques sont responsables de près de 2 % des émissions totales de CO₂ liées à la consommation en Suisse**.

Figure 2- Contribution des indicateurs environnementaux à l'empreinte

¹⁴ En utilisant une valeur de clark de 2,00E-04 kg éq. Sb par tonne de terre excavée.

¹⁵ <https://www.ecetoc.org/wp-content/uploads/2021/10/ECETOC-TR-127-Freshwater-ecotoxicity-as-an-impact-category-in-life-cycle-assessment.pdf> et

<https://www.planetoscope.com/hygiene-beaute/435-consommation-de-shampoings-en-france.html>

¹⁶ <https://ourworldindata.org/co2/country/switzerland#consumption-based-accounting-how-do-emissions-compare-when-we-adjust-for-trade>

3.1.3 Impacts environnementaux à l'échelle individuelle

Les résultats de l'empreinte environnementale des technologies TIC par habitant sont présentés.

Utilisation des ressources, minéraux et métaux (ADPe)



20,7 g éq. Sb

Équivalence : 7 smartphones achetés par habitant en un an

Changement climatique (GWP)



221 kg éq. CO₂

Équivalence : 524 km en voiture par habitant en un an

Écotoxicité d'eau douce (CTUe)



7 224 CTUe

Équivalence : 127 flacons de gel douche par habitant en un an

3.1.4 Comparaison avec les limites planétaires

Les limites planétaires font référence à des plafonds écologiques critiques qui définissent un espace d'exploitation sûr pour l'humanité. Ces plafonds visent à quantifier les limites à l'intérieur desquelles les systèmes environnementaux mondiaux peuvent continuer à fonctionner de manière stable et durable. Il est possible de comparer l'empreinte environnementale des

technologies numériques par habitant aux limites planétaires afin d'évaluer si celle-ci reste à des niveaux globalement durables.

La Figure 3 illustre la contribution des impacts aux limites planétaires. En 2024, les technologies numériques en Suisse consomment 22 % du budget annuel durable par habitant pour rester en dessous de 1°C de réchauffement climatique, la limite planétaire du changement climatique. De même, il consomme 65 % du budget annuel durable en termes d'utilisation des ressources minérales et métalliques, et près de 38 % du budget durable planétaire en termes d'écotoxicité de l'eau douce.

Les données montrent clairement que le secteur des TIC ne dépasse pas encore les limites planétaires par habitant en Suisse, mais qu'il consomme déjà une part importante de l'espace d'exploitation sûr, en particulier pour l'utilisation des ressources

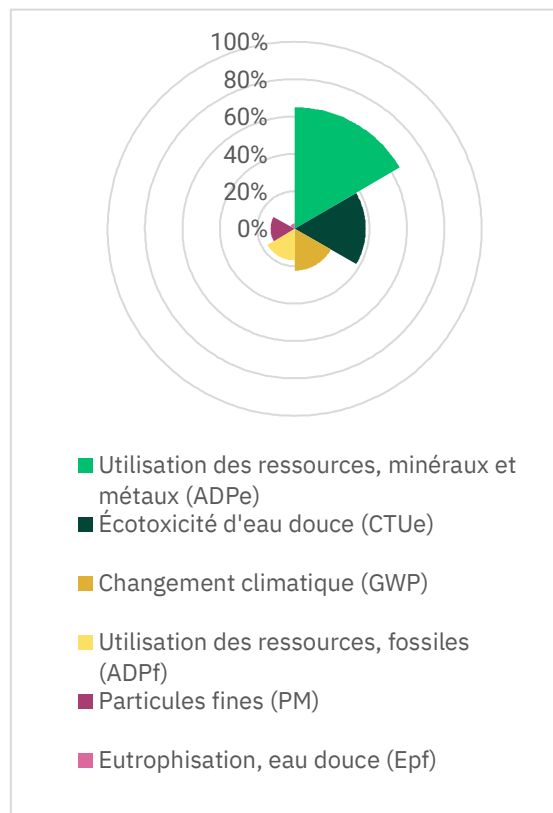


Figure 3- Résultats des limites planétaires en 2024

minérales, l'écotoxicité de l'eau douce et le changement climatique.

3.2 Répartition des impacts environnementaux

3.2.1 Répartition des impacts par Tier

Comme l'illustre la Figure 4, **les terminaux personnels des utilisateurs** concentrent la majorité des impacts, puisqu'ils représentent **51 %** de l'impact sur le changement climatique. **Les équipements professionnels** représentent **25 %** de l'empreinte environnementale. Cependant, la taille des populations concernées n'est pas la même. Il y a environ 9 millions d'habitants (et donc d'utilisateurs personnels) alors qu'il y a environ 5 millions de personnes employées.

Tout indicateur confondu, la **catégorie des terminaux d'utilisateur final regroupe 76 %**

de l'impact total. Les centres de données contribuent à 20 % de l'empreinte totale des technologies numériques sur le changement climatique. Enfin, **les réseaux de télécommunications ne représentent que 4 %** de l'impact environnemental total. Malgré leur rôle essentiel dans la connectivité numérique à l'échelle nationale, leur empreinte relative reste modeste.

Cette répartition dans la catégorie d'impact sur le changement climatique est similaire à celle des autres catégories d'impact. L'une se démarque, l'eutrophisation de l'eau douce, pour laquelle les centres de données concentrent près de 50 % de l'empreinte totale. Pour mieux comprendre la répartition de ces impacts, il est nécessaire de l'étudier en fonction du cycle de vie, comme détaillé dans la section suivante.

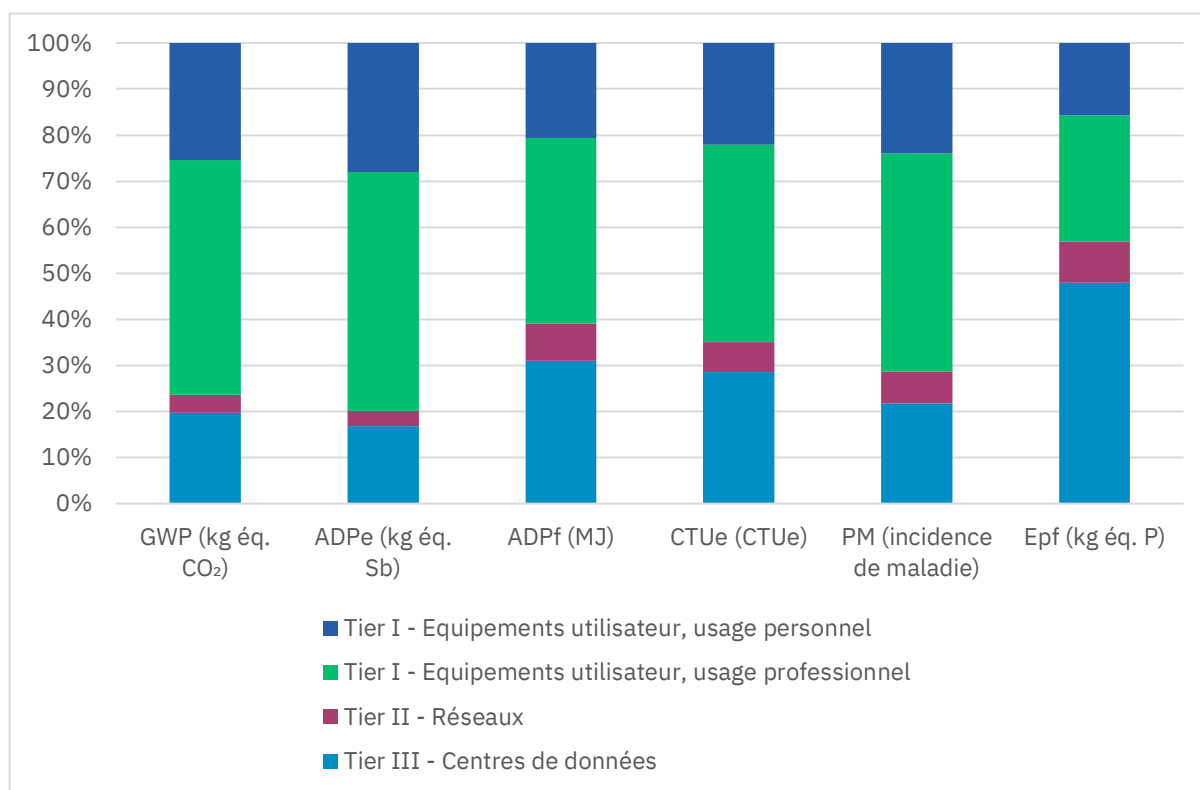


Figure 4 - Répartition de l'empreinte environnementale globale par tier

3.2.2 Répartition des impacts par étape du cycle de vie

La Figure 5 illustre la répartition de l'empreinte environnementale par étape du cycle de vie. Globalement, deux étapes clés du cycle de vie se dégagent clairement : la fabrication et l'usage.

La **prédominance de la phase de fabrication** provient en grande partie de l'équipement de l'utilisateur final (Tier I), pour lequel l'extraction et la transformation des matières premières génèrent une forte demande en ressources et en énergie. Cela est principalement attribué au **nombre élevé d'appareils d'utilisateurs finaux** en circulation et à leur **durée de vie relativement courte**, par rapport aux équipements réseau et des centres de données.

S'ensuit la **phase d'utilisation**, avec des impacts répartis plus uniformément entre les équipements utilisateur et les centres de données. Cela met en évidence l'importante

consommation d'électricité associée à au Tier III, malgré le nombre relativement faible d'appareils par rapport au Tier I. À l'inverse, les appareils du Tier I sont très nombreux, mais leur consommation individuelle d'électricité est beaucoup plus faible.

La phase d'utilisation contribue de manière moins significative à l'impact sur le changement climatique. En effet, l'électricité consommée provient du mix électrique Suisse, fortement basé sur des sources d'énergie renouvelables (principalement l'hydroélectricité),¹⁷ ce qui réduit l'impact environnemental associé. Cependant, comme la fabrication des appareils et des composants électroniques se fait principalement en Asie du Sud-Est, l'électricité utilisée au cours de cette étape a plus d'impact et augmente l'impact cette phase.

La **phase d'utilisation** est le **principal facteur d'eutrophisation de l'eau douce**. Ces impacts sont dus à la **distribution de l'électricité** à travers le réseau à l'aide **de cuivre**. En effet,

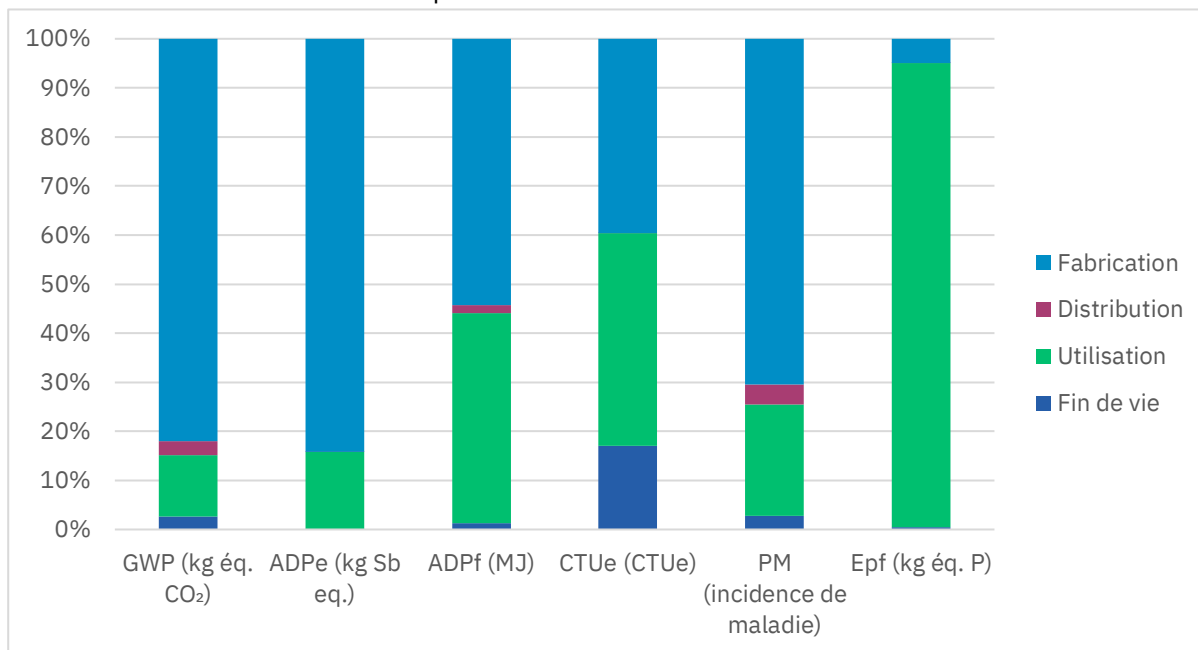


Figure 5- Répartition de l'empreinte environnementale globale par étape du cycle de vie

¹⁷ <https://www.news.admin.ch/fr/nsb?id=97643>

du phosphate soluble est ajouté aux résidus sulfurés générés lors de l'extraction du cuivre pour atténuer la phytotoxicité aiguë¹⁸.

Les **phases de distribution et de fin de vie** ont des **impacts environnementaux négligeables**, sauf sur l'écotoxicité de l'eau douce, car la fin de vie représente environ 15 % de l'impact. Cela est dû à la grande sensibilité de cet indicateur aux fuites de substances toxiques, telles que les métaux lourds et les composés organiques persistants, dans l'environnement.

3.2.3 Focus sur le Tier I – Équipements utilisateur

Pour rappel, les équipements utilisateur (Tier I) sont classés entre l'usage personnel et l'usage professionnel. La Figure 6 montre que

l'**impact des appareils TIC domestiques** en Suisse est dominé les **smartphones** et les **téléviseurs**. Les smartphones représentent 25 % des impacts sur le changement climatique (GWP) et les téléviseurs 15 %, ce qui en fait les principaux contributeurs. Les écrans (téléviseurs et écrans d'ordinateur) représentent également 41 % de l'épuisement des ressources abiotiques (ADPe) et 33 % des impacts sur l'eutrophisation. Cela est principalement dû à leur grand nombre.

Les téléviseurs et les écrans contribuent de manière significative à l'empreinte environnementale des équipements numériques, notamment en raison de leur taille et de leur consommation d'énergie. Environ 98 % du stock actuel d'écrans est constitué de LCD, d'une diagonale moyenne

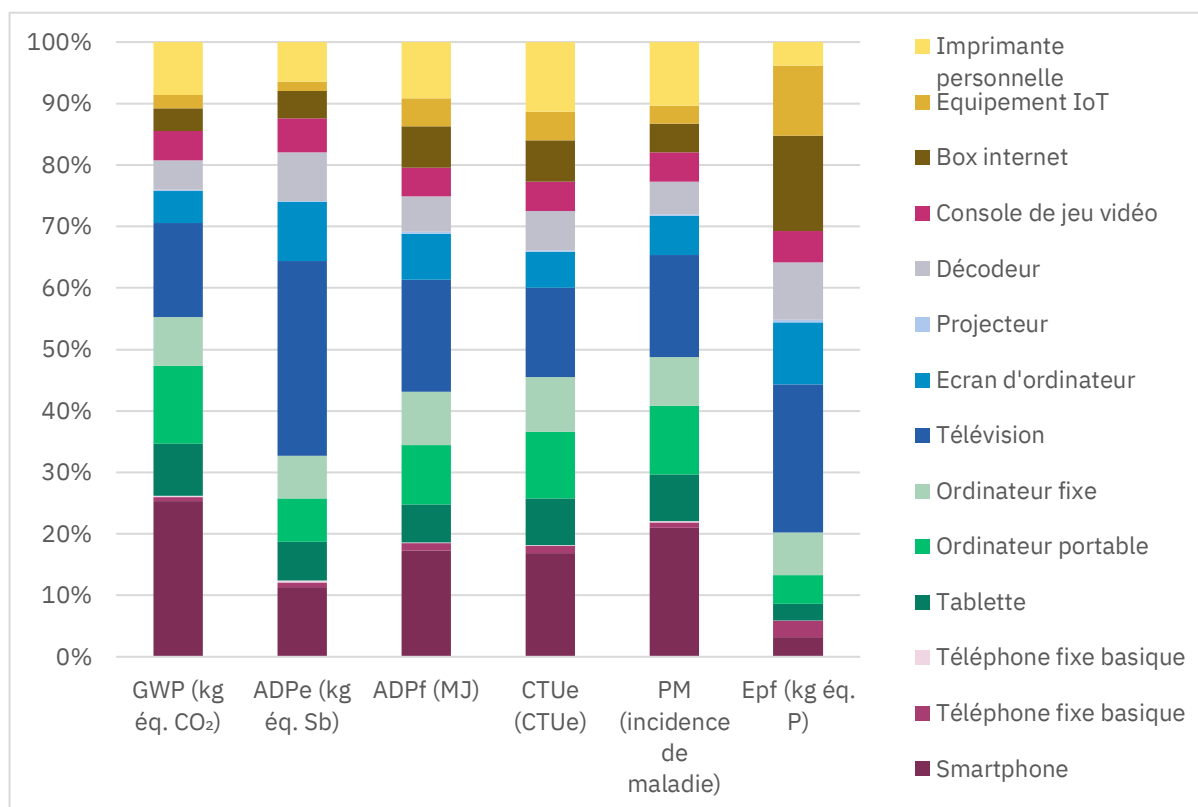


Figure 6 - Répartition de l'empreinte environnementale des équipements de l'utilisateur final (Tier I) à usage personnel par catégorie d'équipement

¹⁸<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749119304920#:~:text=As%20a%2>

[Oresult%2C%20it%20is%20hypothesized%20that tailings%2C%20improving%20the%20success%20of%20tailings%20phytostabilization.](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749119304920#:~:text=As%20a%2)

de 47 pouces. Bien que les modèles OLED, généralement d'environ 60 pouces, soient de plus en plus vendus, ils ne représentent encore qu'une petite fraction du stock installé.

Les ordinateurs portables et de bureau contribuent respectivement à 13 % et 8 % du GWP, tandis que les appareils plus petits comme les modems, les imprimantes et les décodeurs ont des impacts plus localisés, notamment en ce qui concerne l'eutrophisation (par exemple, 19 % pour les modems) et les émissions de particules (par exemple, 11 % pour les ordinateurs portables et les imprimantes). En revanche, les appareils IoT, les projecteurs et les téléphones fixes ont un impact minime (≤ 2 % GWP, chacun), bien que le nombre croissant d'appareils IoT puisse augmenter leur empreinte future.

La Figure 7 montre qu'en ce qui concerne les **équipements destinés aux utilisateurs finaux professionnels, les ordinateurs portables** et les **écrans d'ordinateur** sont les principaux contributeurs aux impacts

environnementaux dans la plupart des catégories. Les ordinateurs portables se démarquent, représentant 27 % du potentiel de réchauffement climatique (GWP), 21 % de l'utilisation des ressources fossiles (ADPf) et 22 % de la toxicité humaine (CTUe). Les écrans d'ordinateur ont également une empreinte environnementale importante, avec les contributions les plus élevées à l'épuisement des ressources minérales (39 % de l'ADPe) et à l'eutrophisation de l'eau douce (36 % de l'EpF), ainsi qu'à des impacts élevés sur le GWP (18 %) et la formation de matières particulaires (22 %). En effet, ils sont aujourd'hui un élément indispensable des outils de travail des employés, notamment dans le secteur des services.

Les smartphones suivent en tant qu'autres contributeurs majeurs, en particulier pour le GWP (18 %) et les émissions de particules (15 %), soulignant leur impact environnemental disproportionné compte tenu de leur petite taille, expliqué par leur nombre, donc. Les ordinateurs de bureau affichent une

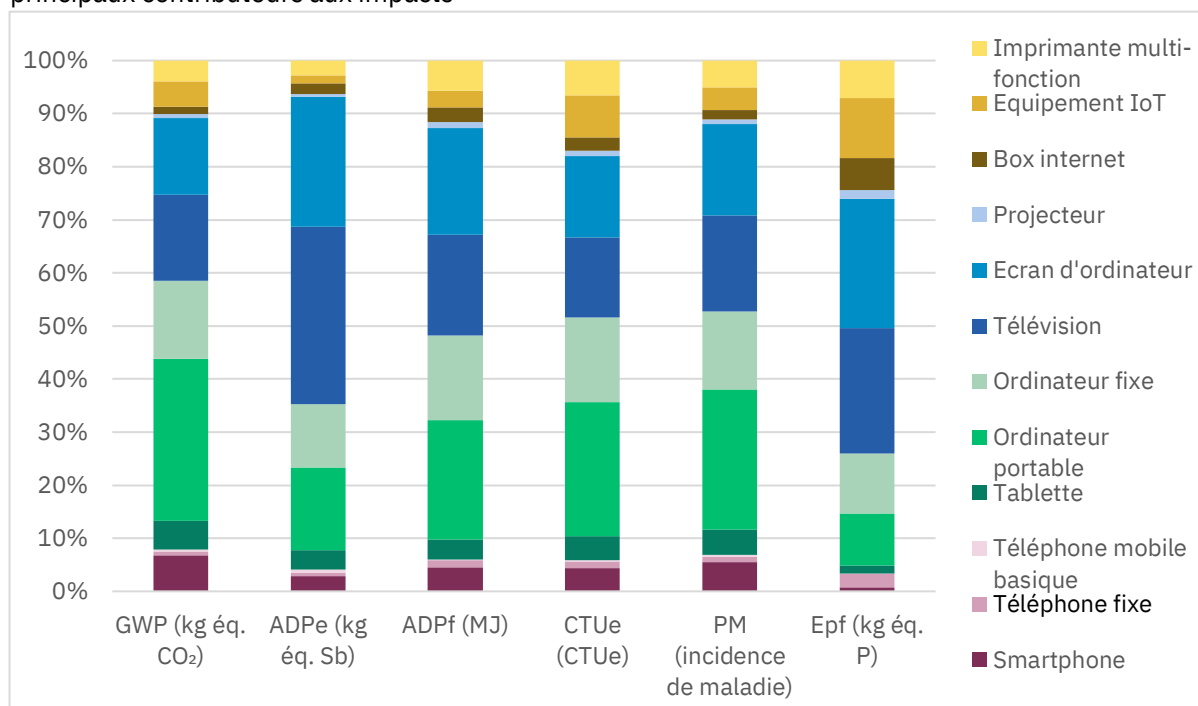


Figure 7- Répartition de l'empreinte environnementale des équipements de l'utilisateur final (Tier I) à usage professionnel par catégorie

contribution modérée mais cohérente pour tous les indicateurs, allant de 15 % à 19 %. Cela correspond à une évolution ces dernières années vers l'utilisation d'ordinateurs portables au lieu de fixes, en particulier dans les entreprises.

3.2.4 Focus sur le Tier II – Réseaux

Comme le montre la Figure 8, la consommation d'électricité, en particulier pour les réseaux fixes, est le principal facteur d'impacts environnementaux du Tier II, atteignant jusqu'à **56 % des impacts sur l'eutrophisation** et **43 % des impacts sur la toxicité humaine**. L'électricité du réseau mobile joue également un rôle majeur sur l'ensemble des indicateurs (14 à 34 %).

Parmi les équipements, **l'essentiel des impacts est également attribué aux réseaux fixes**. Les OCN, les câbles coaxiaux et les fibres optiques se distinguent par leurs

contributions importantes, notamment dans le réchauffement climatique, l'utilisation des ressources et la formation de particules. En ce qui concerne le réseau mobile, les amplificateurs et les antennes passives sont les principaux contributeurs.

Il semble que la plupart des impacts soient attribués au réseau fixe, avec 60 à 70 % de l'empreinte totale de Tier II. Cette répartition est très différente de ce que l'on peut observer dans d'autres études, comme l'évaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture de services internet en France¹⁹. Dans cette étude, la consommation d'électricité est plus concentrée dans le réseau mobile. L'hypothèse principale de cet écart est la différence de périmètre considéré. Il est possible que les petits centres de données des fournisseurs d'accès à Internet et les PoP (Points of Presence) soient inclus alors qu'ils ne le sont pas dans l'autre étude.

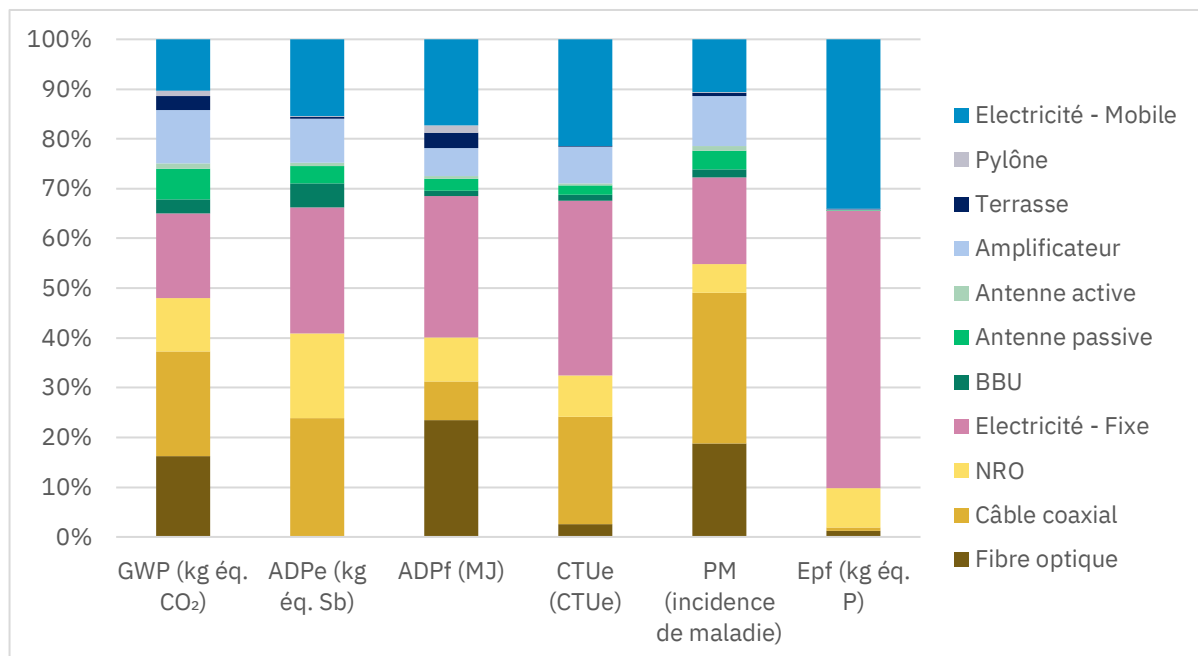


Figure 8- Répartition de l'empreinte environnementale des réseaux de télécommunication (Tier II) par catégorie d'équipement en Suisse

¹⁹ <https://librairie.ademe.fr/industrie-et-production-durable/7111-evaluation-of-the-environmental-footprint-of-internet-service-provisioning-in-france.html>

[environmental-footprint-of-internet-service-provisioning-in-france.html](https://librairie.ademe.fr/industrie-et-production-durable/7111-evaluation-of-the-environmental-footprint-of-internet-service-provisioning-in-france.html)

3.2.5 Focus sur le Tier III – Centres de données

La Figure 9 montre la répartition de l'empreinte environnementale des centres de données entre les différentes catégories d'équipements.

La consommation d'électricité (pour les équipements TIC et non TIC) domine la plupart des indicateurs, en particulier l'eutrophisation de l'eau douce (98 % du total) et l'écotoxicité de l'eau douce (76 % du total). La consommation d'électricité est séparée en électricité pour les équipements numériques (serveurs, serveurs de stockage, commutateurs) et pour les équipements non numériques (refroidissement, alimentation électrique). Un rapport de 2,4 peut être observé entre l'électricité non-ICT et l'électricité ICT (correspondant à un PUE (Power Usage Effectiveness) de 1,4).

Les **équipements TIC** et la consommation électrique qui leur est associée représentent entre **65 % et 85 % de l'empreinte**. Les

serveurs de calcul et de stockage arrivent en deuxième position après la consommation d'électricité. Les serveurs sont le principal contributeur au potentiel de réchauffement climatique (43 % de l'empreinte GWP), en raison des **processus de fabrication énergivores** et des **exigences opérationnelles**. En comparaison, la consommation d'électricité est de 22 %, donc deux fois moins importante. Cette répartition est très différente de ce que l'on peut habituellement observer pour les serveurs. En effet, comme il s'agit d'équipements énergivores, la phase d'utilisation est généralement la plus impactante même pour l'indicateur GWP. Dans cette étude, le mix électrique de la Suisse a un impact carbone très faible : 34,6 g eq. CO₂/kWh - Ecoinvent.

Parmi tous les serveurs, **ceux de stockage** représentent environ 50 % de l'impact total des serveurs. Les serveurs de milieu de gamme sont la deuxième catégorie la plus impactante en raison de leur nombre. Leur impact est 15 fois plus important que celui des serveurs dédiés à l'IA. Les serveurs

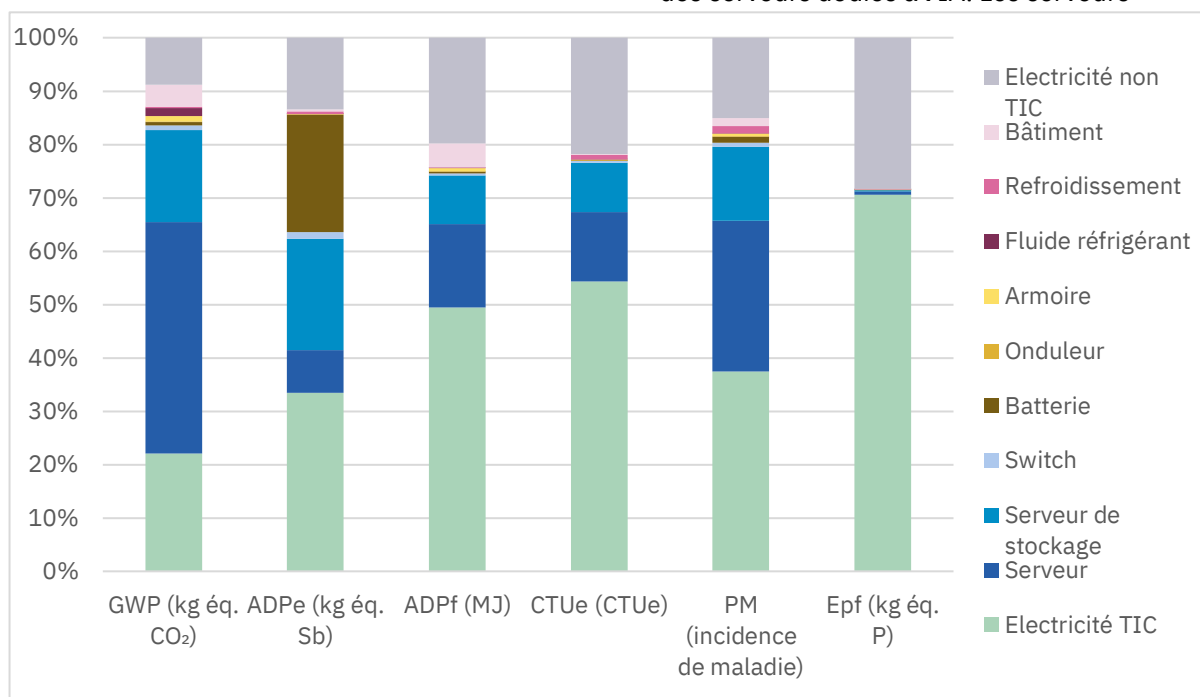


Figure 9 - Répartition de l'empreinte environnementale des centres de données (Tier III) par catégorie d'équipement en Suisse

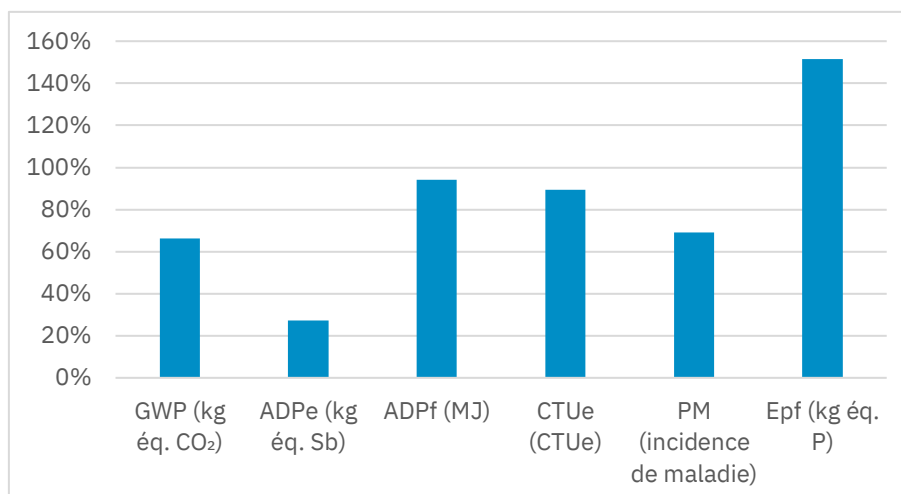


Figure 10- Pourcentage d'augmentation de l'impact du numérique en Suisse entre 2024 et 2035

dédiés à l'IA sont la troisième catégorie de serveurs à l'impact le plus important. Cela est dû à leur impact unitaire plus élevé (en raison de la présence d'un GPU) et au fait qu'ils sont un peu plus nombreux que les serveurs haut de gamme.

L'**environnement technique** (bâtiment, refroidissement, alimentation électrique et consommation électrique associée) **représente 15 % à 35 % de l'empreinte des centres de données**. Les impacts se concentrent principalement dans la consommation d'électricité. L'indicateur environnemental ADPe fait figure d'exception puisque les batteries représentent la majorité des impacts (31 %). En effet, la fabrication des batteries au plomb nécessite une quantité considérable de minéraux et de métaux.

La répartition de l'empreinte entre les étapes du cycle de vie montre une tendance similaire avec le Tier II. Dans la phase d'utilisation, la consommation d'électricité est à l'origine de la quasi-totalité de l'impact, l'impact du fluide frigorigène étant presque négligeable.

Le reste de l'impact est lié à l'impact manufacturier des équipements ICT et non-ICT. La distribution et la fin de vie ne

représentent que quelques % de l'impact total.

3.3 Projections en 2035

Il est essentiel de prévoir les impacts environnementaux des TIC jusqu'en 2035, pour anticiper les tendances futures en matière de numérisation, de développement des infrastructures et de comportement des utilisateurs. Alors que la demande de services numériques ne cesse d'augmenter, sous l'impulsion de nouveaux usages tels que l'IA, l'IoT et la 5G, la compréhension de la **trajectoire environnementale à long terme** permet aux décideurs, aux entreprises et aux chercheurs d'**identifier les zones d'impact critiques, d'évaluer l'efficacité des stratégies d'atténuation et de soutenir la transition vers des systèmes numériques plus durables**.

3.3.1 Résultats par habitant

Les projections de la Figure 10 établies pour 2035 mettent en évidence une **augmentation significative de l'impact environnemental** des technologies numériques en Suisse pour tous les indicateurs. Par rapport à l'année de référence 2024, toutes les catégories

d'impact environnemental affichent une augmentation substantielle, reflétant à la fois l'expansion des infrastructures numériques et l'intensification de l'utilisation des services numériques.

On peut noter que l'ADPe est l'indicateur environnemental ayant connu la plus faible augmentation, 27 % entre 2024 et 2035. Cela s'explique par le fait que la principale augmentation concerne les centres de données pour, lesquels les impacts de consommation électrique sont importants par rapport aux impacts matériels.

3.3.2 Limites planétaires

Lorsqu'ils sont replacés dans le cadre des limites planétaires, les impacts environnementaux prévus d'ici 2035 soulèvent des préoccupations importantes, comme illustré à la Figure 11. La tendance la plus alarmante apparaît dans **l'utilisation des ressources (minéraux et métaux), qui passe de 65 % de la limite planétaire par habitant en 2024 à près de 83 % en 2035**. Cela indique que, sans intervention, le secteur numérique suisse pourrait à lui seul consommer une part disproportionnée du budget planétaire annuel des habitants du pays. L'écotoxicité de l'eau douce approche également d'un seuil critique, passant de 39 % à 72 % de la limite planétaire par habitant.

D'autres indicateurs, bien que moins importants, montrent des tendances tout aussi préoccupantes : le changement climatique passe de 22 % à 37 %, l'utilisation des ressources fossiles passe de 17 % à 33 % et les émissions de particules fines passent de 13 % à 22 %, ce qui reflète la demande croissante de ressources et l'intensité de la production des infrastructures numériques.

Dans l'ensemble, cette comparaison des limites planétaires révèle que l'empreinte

environnementale des TIC en Suisse suit une **trajectoire incompatible avec les objectifs mondiaux de durabilité à long terme**, notamment en termes d'utilisation des matériaux et d'émissions toxiques. Il renforce les arguments en faveur d'actions ciblées telles que la circularité des équipements et une approche plus modérée de la croissance numérique.

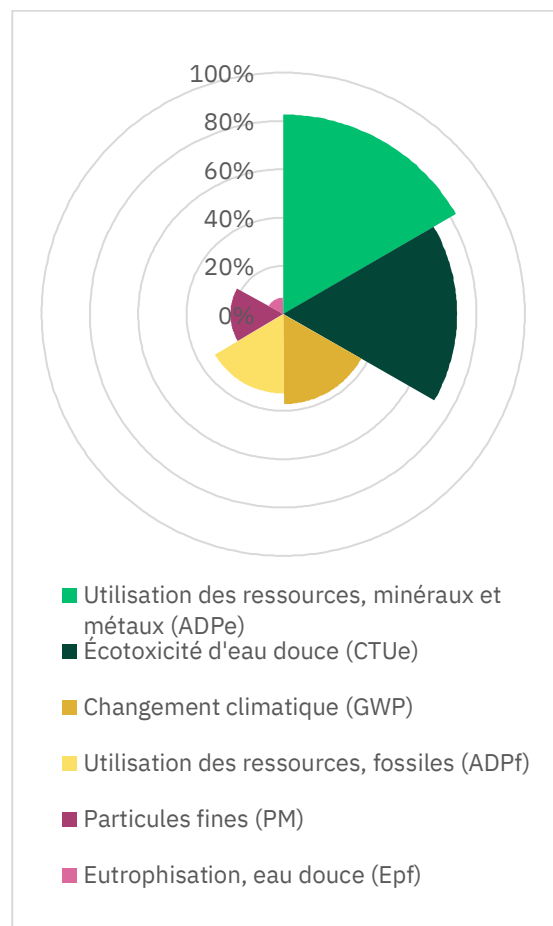


Figure 11 - Résultats des limites planétaires en 2035

4. Recommandations

Après avoir étudié quantitativement les impacts environnementaux du numérique en Suisse entre 2024 et 2035, il est nécessaire d'identifier les éléments structurels de l'empreinte numérique. Cela nous permettra ensuite d'identifier les actions les plus appropriées et les meilleures pratiques pour réduire cette empreinte environnementale. C'est l'objectif de cette section.

4.1 Objectifs globaux

Les technologies numériques font désormais partie intégrante de la vie moderne en Suisse et offrent de nombreux avantages dans différents secteurs. Cependant, nous démontrons dans cette étude que leur impact environnemental est conséquent et croissant. Notamment, en 2024, une partie importante de cet impact provient des appareils utilisateur, tels que les smartphones et les téléviseurs. La phase de fabrication de ces appareils est particulièrement gourmande en ressources, représentant une part substantielle de l'empreinte.

En outre, les résultats montrent également que l'impact environnemental des centres de données est susceptible d'augmenter considérablement dans les années à venir, de sorte que ces-derniers deviendront le Tier ayant le plus grand impact en 2035. Enfin, les réseaux de télécommunications semblent avoir un impact modéré, ne représentant pas plus de 10 % de l'empreinte totale. Cependant, l'incertitude des résultats pour ce tier est très élevée et les impacts environnementaux sont susceptibles d'être sous-estimés.

Malgré l'impact substantiel associé aux équipements utilisateur en 2024, **la responsabilité de l'atténuation des impacts environnementaux n'incombe pas**

uniquement aux consommateurs individuels. Les fabricants, les décideurs politiques et les organisations doivent jouer un rôle crucial dans l'élaboration de pratiques et de politiques durables. Par exemple, les choix de conception des fabricants peuvent influencer de manière significative la durabilité et la réparabilité d'un appareil, tandis que les décideurs politiques peuvent mettre en œuvre des réglementations qui favorisent à la fois la conception et la production durables, ainsi que les habitudes de consommation.

Pour relever les défis environnementaux posés par les technologies numériques, il est essentiel de privilégier des **actions efficaces et réalistes**. Les trois principaux objectifs autour desquels s'articulent les recommandations sont les suivants :

- **Objectif n°1 : Concevoir et fabriquer des équipements et des infrastructures plus performants :** Fabriquer des équipements et des infrastructures moins gourmands en ressources, en mettant en pratique des démarches de sobriété et de circularité ;
- **Objectif n°2 : Réduire le besoin de fabrication de nouveaux appareils :** Éviter la fabrication de nouveaux équipements chaque fois que cela est possible en prolongeant la durée de vie des appareils actuellement utilisés et en réduisant leur nombre ;
- **Objectif n°3 : Arbitrer les usages numériques :** Évaluer de manière critique et modérer les usages des technologies numériques pour s'assurer qu'elles répondent à des besoins réels, sans excès.

4.2 Recommandations par objectif, tier et partie prenante

Pour réduire l'impact environnemental des technologies numériques en Suisse, il est important d'examiner les appareils des utilisateurs finaux, les réseaux de télécommunication et les centres de données, car chacun contribue différemment à l'empreinte globale. L'analyse de leurs cycles de vie et de leurs habitudes d'utilisation révèle des possibilités de réduction des

impacts. La démarche doit impliquer l'ensemble des parties prenantes (pouvoirs publics, entreprises, organisations, citoyens) ayant chacune un rôle spécifique dans la conduite du changement. Des recommandations adaptées à chaque groupe peuvent favoriser une action collective en faveur d'un secteur numérique plus durable en Suisse.

4.2.1 Objectif 1 : Concevoir et fabriquer des équipements et des infrastructures plus performants

	Pouvoirs publics	Citoyens	Entreprises et organisations
Tier I	- Créer et démocratiser des normes et des labels pour des appareils plus économes en énergie. - Proposer des formations systématiques à l'éco-conception dans les écoles d'ingénierie.		- Appliquer les principes d'éco-conception dès la conception matérielle, pour des dispositifs plus robustes et réparables - Concevoir des équipements moins gourmands en ressources : moins consommateurs d'électricité, recyclables, utilisant des matériaux recyclés, etc.
Tier II			- Améliorer l'efficacité énergétique des nouveaux équipements réseau. - Mettre en œuvre des systèmes de gestion de réseau intelligents pour optimiser la consommation d'énergie de manière dynamique.
Tier III	Réglementer le développement de nouveaux centres de données en privilégiant les solutions économes en énergie, telles que la réutilisation de la chaleur.		- Améliorer l'efficacité énergétique des nouvelles infrastructures, augmentant ainsi le PUE. - Améliorer l'efficacité énergétique des nouveaux équipements TIC. - Encourager l'utilisation de centres de données optimisés, alimentés par des énergies renouvelables et situés dans des juridictions suisses ou européennes.
Tous les tiers	Assurer les conditions-cadres qui permettront une meilleure efficacité énergétique		

4.2.2 Objectif 2 : Réduire le besoin de fabriquer de nouveaux appareils

	Pouvoirs publics	Citoyens	Entreprises et organisations
Tier I	Promouvoir des pratiques qui prolongent la durée de vie des appareils, telles que l'entretien régulier, les réparations, la disponibilité des pièces de rechange et les mises à jour logicielles, afin d'éviter l'obsolescence programmée.	- Acheter des équipements d'occasion, avec un indice de réparabilité élevé ou un label pertinent (par exemple TCO, EPEAT), ainsi que des extensions de garantie. - Protéger, réparer, prendre soin du matériel tout au long de sa durée de vie. - Donner ou vendre les équipements inutilisés s'ils sont réutilisables. Sinon, les recycler, afin de donner une seconde vie à l'équipement, à ses composants ou à sa matière.	- Mutualiser les équipements entre plusieurs utilisateurs. Encourager l'utilisation d'un nombre réduit d'appareils par personne et préconiser des équipements partagés ou multifonctionnels. - Partager des équipements pour des usages multiples : approche BYOD (Bring Your Own Device) pour allier usage personnel et professionnel. - Réduire le nombre et la taille des écrans.
Tier II	Optimiser le nombre d'équipements : coordonner les collaborations inter-opérateurs pour éviter les redondances inutiles sur les infrastructures réseaux et mutualiser les équipements et infrastructures, notamment dans les zones moins denses.		
Tier III			
Tous les tiers	- Améliorer l'infrastructure de collecte des déchets électroniques et les programmes de recyclage pour assurer l'élimination et la récupération appropriées des matériaux précieux provenant d'appareils électroniques défectueux. - Assurer des conditions-cadres qui permettront une durée de vie plus longue.		Maintenir la transparence concernant les impacts environnementaux des infrastructures, équipements et services numériques.

4.2.3 Objectif 3 : Arbitrer les usages numériques

	Pouvoirs publics	Citoyens	Entreprises et organisations
Tier I			
Tier II			
Tier III	Réguler et ralentir la diffusion de nouveaux usages, notamment l'utilisation de l'IA.		
Tous les tiers	- Informer et consulter les citoyens sur les conséquences environnementales des technologies numériques, en promouvant une approche collective des transitions numériques durables. - Mettre en œuvre des normes environnementales claires et des limites d'utilisation, en particulier dans les domaines à fort impact tels que l'intelligence artificielle, afin d'atténuer ses impacts environnementaux.	Réfléchir aux habitudes personnelles de consommation numérique et chercher de l'information sur les implications environnementales de l'utilisation du numérique.	Évoluer vers des modèles d'affaires qui réduisent la dépendance à l'égard de la production et de la vente continues de nouveaux appareils électroniques
	S'interroger sur le coût environnemental et les bénéfices attendus des nouvelles technologies telles que la 6G, les montres connectées, l'IA, etc.		

5. Conclusion

5.1 Principaux résultats

Cette étude dresse un examen détaillé des impacts environnementaux du secteur des technologies de l'**information et de la communication (TIC) en Suisse** et révèle une réalité souvent sous-estimée : les technologies numériques ont un **impact environnemental important**. Loin d'être immatériel, le secteur numérique est fortement dépendant des ressources physiques et produit des émissions et des déchets importants.

Le premier constat est que la **Suisse est fortement digitalisée**. En 2024, 99 % de la population accède régulièrement à internet et chaque habitant possède en moyenne 6 appareils numériques. En outre, les infrastructures TIC consomment 12 % de la consommation d'électricité de la Suisse.

Les TIC consomment une partie importante de l'espace d'exploitation sûr délimité par les limites planétaires, en particulier pour l'utilisation des ressources minérales, l'écotoxicité de l'eau douce et le changement climatique. Son **empreinte augmente rapidement**, avec des augmentations attendues allant de 27 % à 151 % **d'ici 2035**, selon les catégories environnementales. Ces tendances sont dues à l'augmentation de la population et à l'essor de nouveaux usages (IA générative, blockchain, réalité virtuelle, etc.).

De plus, cette étude met en évidence le **rôle critique de l'utilisation des ressources matérielles**, en particulier les terres rares et les métaux stratégiques, dans le fardeau environnemental des technologies numériques. Les technologies numériques consomment 65 % du budget annuel durable défini par les limites planétaires en termes

d'utilisation des ressources minérales et métalliques, et devraient passer à 83 % d'ici 2035. Ceci est particulièrement préoccupant compte tenu de la **demande croissante d'électronique**.

Autre enseignement, les **équipements utilisateur concentrent la majorité des impacts environnementaux du numérique en Suisse en 2024**. Cependant, les tendances jusqu'en 2035 montrent que l'empreinte des centres de données et des réseaux augmente et que **les centres de données seront la principale source d'impacts d'ici 2035**.

Toutes ces observations soulignent la nécessité de **stratégies d'atténuation ciblées** ainsi que d'un cadre de gouvernance plus large pour assurer la durabilité de la transformation numérique. En tant que nation très connectée et technologiquement avancée, la Suisse joue un rôle central, tant dans l'élaboration des politiques nationales que dans l'influence des efforts mondiaux en matière de durabilité numérique.

La responsabilité de l'atténuation des impacts environnementaux ne doit pas reposer uniquement sur les consommateurs.

Les fabricants, les décideurs politiques et les organisations doivent jouer un rôle crucial dans l'élaboration de pratiques et de politiques durables. Les trois principaux objectifs qui structurent les recommandations sont les suivants :

- **Réduire le besoin de fabrication de nouveaux appareils ;**
- **Concevoir et fabriquer des équipements et des infrastructures plus performants ;**
- **Arbitrer les usages numériques.**

En résumé, **la sobriété numérique**, faire moins et faire mieux, doit être au cœur de la politique numérique de la Suisse. L'efficacité technique seule ne suffira pas. Un avenir durable dans le domaine des TIC dépendra de la gestion de la demande, de l'allongement de la durée de vie des produits et de la refonte des services numériques pour répondre aux besoins de la société sans dépasser les limites planétaires.

5.2 Limites de l'étude

Bien que les résultats, conclusions et recommandations présentés dans cette étude fournissent une compréhension solide et structurée des impacts environnementaux du secteur des TIC en Suisse, ils doivent être considérés à la lumière de certaines **limites méthodologiques et de disponibilité des données**.

Ces contraintes ne remettent pas en cause la validité globale des résultats, mais précisent plutôt les conditions dans lesquelles ils doivent être interprétés. Il est essentiel d'aborder ces aspects de manière transparente pour soutenir une lecture critique de l'étude et guider les améliorations dans les évaluations futures.

5.2.1 Limites dues à la portée de l'étude

Plusieurs limites liées à la portée de l'analyse sont à identifier, car elles peuvent mener à une légère sous-estimation des impacts :

- Certaines **catégories d'équipements** et **d'infrastructures** n'ont pas été **prises en compte** en raison de données insuffisantes ou peu fiables, afin d'assurer la cohérence méthodologique de l'analyse ;
- Toutes les étapes du cycle de vie n'ont pas été pleinement prises en compte. **L'entretien, la rénovation** et les mises à niveau ont été **omis**, malgré

leur importance croissante dans les modèles d'économie circulaire ;

- **Les impacts indirects**, tels que les déplacements des employés et les frais généraux d'infrastructure, ont également été exclus.

5.2.2 Limites associées à l'inventaire du cycle de vie et à la collecte de données

L'étude se heurte à des limites liées aux données de l'inventaire du cycle de vie (ICV) et aux hypothèses de modélisation. Les principales incertitudes sont les suivantes :

- **Des estimations généralisées** sont utilisées pour les spécifications techniques, la consommation d'énergie et la durée de vie des produits, et peuvent ne pas refléter pleinement la variété des appareils sur le marché suisse ;
- **Les projections à l'horizon 2035** reposent sur des tendances historiques et des hypothèses linéaires, qui peuvent ne pas tenir compte des changements perturbateurs ou des changements de politique, ce qui fait de ces prévisions des scénarios plausibles plutôt que des prédictions précises.
- L'utilisation d'un **mix électrique suisse moyen annuel** peut ne pas tenir compte des variations saisonnières ;
- Parmi les autres défis : le nombre limité de données sur les appareils IoT, les impacts non quantifiés des échanges internationaux de données.

5.2.3 Améliorations possibles

Bien que cette étude constitue un point de départ solide pour évaluer l'impact environnemental du secteur suisse des TIC, des analyses futures pourraient fournir une compréhension plus complète et nuancée de l'empreinte totale du secteur, telles que :

- Élargir le champ d'application pour inclure des technologies négligées (comme certains appareils IoT et systèmes industriels) ;
- Appliquer des distinctions plus granulaires entre les infrastructures et les appareils personnels et professionnels ;
- Appliquer une approche plus dynamique pour les impacts projetés, qui reflètent l'évolution des technologies et des comportements au fil du temps.

Cela permettra d'**accroître l'exactitude et la pertinence des évaluations futures.**

5.3 Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement toutes celles et ceux qui ont contribué à cette étude.

Tout d'abord, nous tenons également à remercier le Centre Entreprise for Society (E4S) et l'Union internationale des télécommunications (UIT) avec qui nous nous sommes associés dans le cadre de cette étude et qui nous aident à faire connaître l'importance d'évaluer les impacts des technologies numériques.

Nous tenons également à remercier les experts UIT (UIT-T, Study Group 5, Q9) ainsi que les relecteurs suivants qui ont participé activement et ont aimablement offert leur temps et leur attention pour assurer la plus grande rigueur du rapport d'étude principal :

- Dr. Thibault Simon, Ingénieur R&D chez Resilio - Doctorat en Informatique
- Hon. Prof. Jean Pierre Danthine – Centre Entreprise Pour la Société, UNIL-HEC, IMD, EPFL

- Prof. Jan Bieser – Berner Fachhochschule (BFH), Universität Zürich (UZH)
- Prof. Michael Zwicky Hauschild – Université technique du Danemark (DTU)
- Mme Gudrun Gudmundsdottir – Université technique du Danemark (DTU)

Nous tenons également à remercier OpenCH et Barbara Dravec de nous avoir soutenus avec enthousiasme avec la communauté suisse d'acteurs partageant les mêmes idées.

Cette étude a également été rendue possible grâce au soutien de Swisscom, du Canton de Vaud et de tous nos partenaires qui ont participé à la collecte des données et avec lesquels nous avons eu le plaisir de collaborer étroitement.

Enfin, nous remercions Exoscale, Hidora, Nextthink, OneTeam, Orange Business, SparkIT et le Swiss Institute for Sustainable IT (ISIT-CH) pour le soutien financier qu'ils ont apporté à la réalisation de cette étude.

Partenaires :**Centre Enterprise for Society
(E4S)**e4s.centerinfo@e4s.center**Resilio**resilio-solutions.comcontact@resilio.tech

Entreprise for Society Center, Route de Blévallaire 16, 1024 Ecublens

Resilio SA - EPFL Innovation Park, Bâtiment C, 1015 Lausanne

Livre Blanc - Les impacts environnementaux du numérique en Suissesustainableit.ch