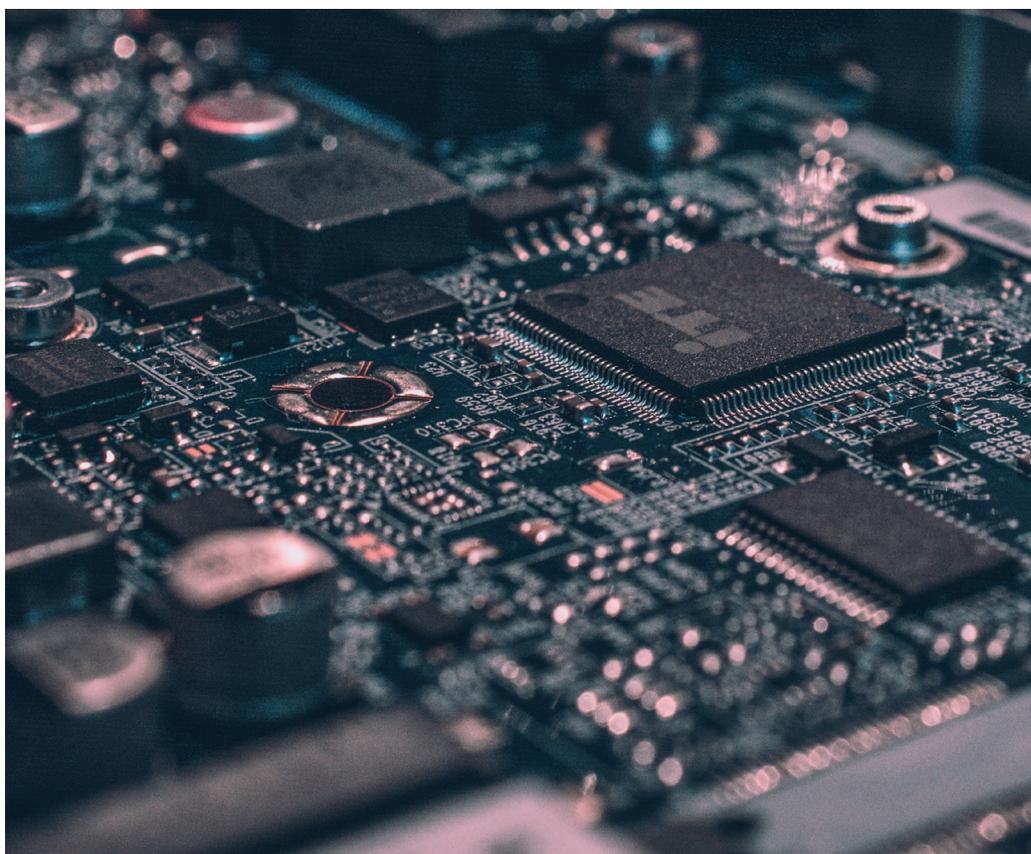


# Impact Environnemental du Numérique à l'EPFL

COMPTABILITÉ CARBONE

SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE

Version 1.0 Complète du 31 octobre 2020





Ce travail est publié sous une licence : **Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)**. Les termes de cette licence autorisent à :

- **Partager** : copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats,
- **Adapter** : remixer, transformer et créer à partir du matériel pour toute utilisation, y compris commerciale,

sous les conditions suivantes :

- **Attribution** : le document doit être crédité, et un lien vers la licence intégré. Toutes modifications au document doivent aussi être mentionnées. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que les auteurs de ce rapport vous soutiennent ou soutiennent la façon dont vous avez utilisé le matériel de ces pages.
- **Pas de restrictions complémentaires** : l'application des conditions légales ou de mesures techniques qui restreindraient légalement autrui à utiliser ce document dans les conditions décrites par la licence n'est pas autorisé.

Les auteurs ne peuvent retirer les autorisations concédées par la licence tant que les termes de cette dernière sont appliquées.

## Table des matières

<b>1. Auteurs</b>	<b>4</b>
<b>2. Résumé</b>	<b>5</b>
<b>3. Contexte</b>	<b>6</b>
<b>4. Données et Méthodologie</b>	<b>7</b>
<b>5. Empreinte globale du numérique à l'EPFL</b>	<b>8</b>
5.1. Détail du choix du mix électrique	8
5.2. Analyse générale	8
5.3. Répartition entre fabrication et utilisation du matériel	12
5.4. Répartition par domaine	12
5.5. Écart par rapport à la répartition moyenne	13
5.6. Flux de Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE)	15
5.7. Maturité de l'EPFL en matière de Sobriété Digitale	15
5.8. Répartition entre collaborateurs et étudiants	16
<b>6. Critique</b>	<b>17</b>
<b>7. Recommandations</b>	<b>18</b>
<b>8. Annexes</b>	<b>20</b>
8.1. Définitions	20
8.2. Références	21
8.3. Précision sur les données, hypothèses et calculs	22
8.3.1. Dossier accompagnant le rapport	22
8.3.2. Origine des données collectées	22
8.3.3. Hypothèses d'étude et calculs inférentiels	23
8.3.4. Périmètre et externalisation	27
8.3.5. Facteurs d'impact	28
8.3.6. Normalisation des impacts par éco-facteurs (UBP)	28
8.4. Résultats complémentaires	29
8.4.1. Répartition par domaine : données chiffrées	29
8.4.2. Répartition de l'empreinte environnementale en considérant le mix EPFL	30

## 1. **Auteurs**

Ce rapport a été dirigé par le groupe Sobriété Numérique de la Task Force Durabilité et Climat, conjointement avec le Zero Emission Group. Il n'engage que ses auteurs sans représenter la volonté de la Direction de l'EPFL.

### **Rédaction et analyse :**

*Marlène Hildebrand-Ehrhardt* - [marlene.hildebrand@epfl.ch](mailto:marlene.hildebrand@epfl.ch) - Zero Emission Group - Scientific Assistant, SCI STI DK Group, ICT for Sustainable Manufacturing Laboratory

*Amael Parreaux-Ey* - [amael.parreaux-ey@epfl.ch](mailto:amael.parreaux-ey@epfl.ch) - Zero Emission Group - Etudiant en Sciences de l'Environnement

*Dr. Matthieu Simeoni* - [matthieu.simeoni@epfl.ch](mailto:matthieu.simeoni@epfl.ch) - Audiovisual Communications Laboratory (LCAV) - Postdoctoral researcher

### **Calculs :**

*Frédéric Bordage* - Expert indépendant numérique durable - GreenIT.fr

### **Relecteurs :**

*Jérôme Payet* - Chargé de cours, Analyse du Cycle de Vie - ENAC, SIE - EPFL

*Olivier Jolliet* - Professor of Environmental Health Sciences - School of Public Health - University of Michigan

*François Marthaler* - Directeur - why! open computing SA

*Xavier Verne* - SNCF - Expert IT, projet Lean ICT - The Shift Project

*Alexandre Patti* - CISO & Energy Manager / Data Protection Officer - Infomaniak Network SA

### **Working Group Sobriété Numérique - Relecteurs :**

*Sepand Kashani* - [sepand.kashani@epfl.ch](mailto:sepand.kashani@epfl.ch) - Audiovisual Communications Laboratory (LCAV) - Doctoral Assistant

*Sage Daniel* - [daniel.sage@epfl.ch](mailto:daniel.sage@epfl.ch) - Biomedical Imaging Laboratory - Engineer

*Boisseau Aristide* - [aristide.boisseau@epfl.ch](mailto:aristide.boisseau@epfl.ch) - Système d'Information, Infrastructures - Ingénieur système

### **Mise en page et traduction :**

Zero Emission Group - [zeroemissiongroup@epfl.ch](mailto:zeroemissiongroup@epfl.ch) - <https://zeroemission.group>

*Éric Bolliger* - [eric.bolliger@epfl.ch](mailto:eric.bolliger@epfl.ch) - Zero Emission Group - Étudiant en Microtechnique



2. **Résumé**

L'EPFL, institution académique d'envergure internationale, s'est engagée à respecter les Accords de Paris en matière de climat, ratifiés par la Suisse le 6 octobre 2017, et se prépare aujourd'hui à employer son savoir-faire et ses compétences pour opérer une baisse drastique de ses émissions de gaz à effets de serre (GES). Les objectifs, fixés par la Confédération Helvétique, sont les suivants: atteindre 50% des émissions de GES de 2006 d'ici à 2030, et la neutralité carbone à l'horizon 2050. Afin de pouvoir respecter ces exigences, il est nécessaire, dans un premier temps, d'évaluer de façon précise l'empreinte environnementale de l'institution.

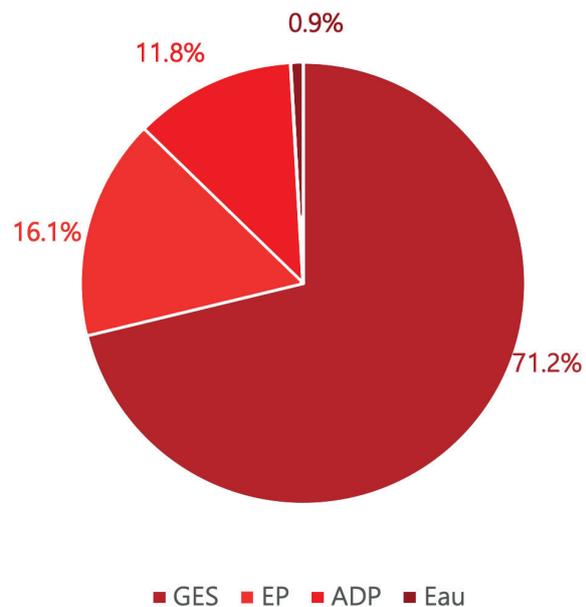


Figure 1 - Répartition de l'impact environnemental du numérique à l'EPFL par domaine d'impact

À cet égard, le numérique, pourtant fer de lance de l'innovation à l'EPFL, est très souvent omis des études d'impact environnemental alors même qu'il représente aujourd'hui environ **4% des émissions mondiales de GES, et avoisinera les 8% d'ici à 2025** (The Shift Project, 2018) et (Andrae, A., & Edler, T, 2015)). Par ailleurs, le numérique exerce également des tensions considérables sur **l'eau douce, l'énergie primaire et les ressources abiotiques** (minerais rares). L'épuisement de ces ressources menace directement la viabilité de plusieurs filières, dont la filière informatique.

Dans ce rapport, nous proposons donc une évaluation de l'empreinte environnementale globale de l'usage du numérique à l'EPFL par le personnel et les étudiants. Notre analyse ne se limite pas aux émissions de GES, mais considère aussi la tension sur l'eau douce ainsi que l'épuisement énergétique et des ressources abiotiques. Ce document a fait l'objet d'une évaluation par les pairs auprès d'un comité d'experts internationaux.

Nous évaluons l'impact carbone brut du numérique à l'EPFL au chiffre conséquent de **7 900 t éq CO2 / an**, soit l'équivalent d'environ **3500 vols Paris/New York aller-retour en classe économique**, ou de 400 voitures sur la totalité de leur cycle de vie. À titre de comparaison, cela représente **25% des émissions carbonées globales<sup>1</sup> de l'EPFL en 2017** (32 000 t éq CO2), ainsi que respectivement 103% et 68% des émissions liées à la mobilité pendulaire (7 700 t éq CO2) et aux déplacements professionnels (11 700 t éq CO2) cette même année. De plus, le numérique à l'EPFL consomme annuellement environ 121 000 m3 d'eau douce, 240 300 GJ EP d'énergie primaire et 541 kg éq Sb de ressources abiotiques. La méthode Swiss Ecofactors 2013 publiée par l'OFEV permet de comparer ces différents impacts en les ramenant à des points de charge environnementale (UBP). L'impact cumulatif du numérique à l'EPFL selon ces 4 métriques s'élève alors à 5 061 701 kUBP, **la tension sur l'eau représentant 0.9% du total** (44 723 kUBP), celle

1 Incluant la mobilité, l'énergie (y compris l'électricité dont une part alimente les activités numériques) et l'alimentation sur l'ensemble du campus.

sur **les ressources abiotique 11.8%** (595 061 kUBP), **l'épuisement énergétique 16.1%** (817 019 kUBP) et **les émissions de GES 71.2%** (3 604 898 kUBP).

Il apparait de plus que **40 à 50% de l'impact environnemental de l'EPFL est dû au matériel électronique** grand public (ordinateurs, laptops, portables, tablettes, etc).

Il est aussi estimé que plus de la moitié de l'impact des appareils électroniques est à **imputer à leur production**. Notre institution souffre, à ce propos, d'un problème de suréquipement. D'après l'inventaire EPFL, un membre du personnel moyen à l'EPFL est ainsi équipé par l'école de **3.3 ordinateurs** (fixes et portables confondus). La perte financière due à ce **suréquipement** s'élève selon nos estimations à près de **7.4 millions de francs suisses par an**. Celle due à la surconsommation électrique, à 1 million de francs annuels supplémentaires. En limitant le renouvellement du matériel électronique, en faisant chuter le taux d'équipement à une valeur plus raisonnable et en favorisant son recyclage, l'EPFL pourrait donc réduire de manière significative son empreinte environnementale numérique et se doter de moyens conséquents pour assurer la transition vers un modèle de numérique durable. Pour ce faire, **nous recommandons la création d'un service de gestion centralisée**.

Enfin, sur la base des données disponibles, nous avons grossièrement estimé que l'empreinte du numérique à l'EPFL devrait être réduite de **près de 18% par an jusqu'en 2030 afin de respecter les obligations fédérales**. Même si ce chiffre pourrait être raffiné par une étude plus approfondie, cet objectif semble si ambitieux qu'il sera probablement obligatoire de compenser l'impact excédentaire du numérique par des baisses supplémentaires dans d'autres domaines. L'intégration du numérique au bilan environnemental annuel de l'EPFL nous semble dès lors indispensable.

### 3. Contexte

Afin de pouvoir répondre à la crise environnementale à laquelle nous faisons face, le président de l'EPFL Pr. Martin Vetterli a mis en place une Task Force « Durabilité et Climat », coordonnée par Dr. Barbara Baumann. Cette Task Force est notamment chargée d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre de l'EPFL, ainsi que ses impacts sur la biodiversité et les ressources, et d'établir des mesures permettant de réduire cette empreinte environnementale jusqu'à la neutralité carbone. Les études d'impact environnemental réalisées à l'EPFL par le passé ont notamment révélé l'importance des secteurs de l'alimentation, de l'énergie et du transport. Ces études ne prenaient cependant pas en compte le secteur du numérique, qui est pourtant responsable de 4% des émissions en GES mondiales, un chiffre qui devrait doubler d'ici à 2025. De plus, le numérique exerce une tension grandissante sur les ressources abiotiques, notamment les métaux et terres rares. Afin de répondre à cet enjeu, un groupe de travail dédié à la sobriété numérique a été établi au sein de la Task Force « Durabilité et Climat », sous la direction de Dr. Matthieu Simeoni. La tâche de ce groupe de travail est précisément de réaliser une telle étude d'impact. Le présent document a pour but de montrer les conclusions de cette étude, afin de guider la Direction dans l'application efficiente des mesures nécessaires pour diminuer l'impact du numérique tel qu'il est exploité actuellement à l'EPFL.

Ce rapport se divise en trois sections et plusieurs annexes. La première, basée sur les résultats de GreenIT, présente l'empreinte globale du numérique à l'EPFL, effectue des comparaisons avec d'autres institutions de tailles semblables, et présente la part de chaque domaine et groupe d'utilisateurs dans cette empreinte. La deuxième présente les critiques formulées par le groupe de relecture. La dernière partie enfin présente les conclusions du rapport ainsi qu'un ensemble de recommandations que la Direction de l'école est invitée à suivre afin de diminuer l'impact environnemental du numérique à l'EPFL. Les annexes détaillent la signification des unités, les chiffres bruts, l'origine des données, ainsi que les facteurs d'impact et hypothèses d'étude.

#### 4. Données et Méthodologie

Les calculs d'impact ont été réalisés par M. Frédéric Bordage<sup>2</sup> à partir des bases de données ACV du projet Greenconcept et des données présentées en annexe. Ces dernières décrivent de manière exhaustive l'infrastructure numérique de l'EPFL en passant par :

- Les équipements numériques à usage individuels (ordinateurs portables, tablettes, smartphones, périphériques, etc)
- L'infrastructure et les services numériques partagés par le personnel et les étudiants (imprimantes, écrans plats, salles informatiques, réseau, etc)
- Les centres informatiques et les serveurs de l'EPFL.

Ces données ont été collectées par Marlène Hildebrand-Ehrhardt, Amael Parreaux-Ey et Matthieu Simeoni avec l'aide de nombreux services de l'EPFL. Les sources exactes et les hypothèses de travail sont détaillées en annexe.

L'impact environnemental a été mesuré selon quatre indicateurs, issue des normes ISO 14040/44 pour les Analyses du Cycle de Vie (ACV), en étudiant le périmètre fonctionnel de l'EPFL :

- L'épuisement énergétique, exprimé en MJ EP (MégaJoules d'Energie Primaire),
- Le changement climatique, en considérant les émissions de gaz à effet de serre, calculées ici en kg éq CO<sub>2</sub> (kilogramme équivalent CO<sub>2</sub>),
- La tension sur l'eau, en considérant à la fois l'eau bleue et l'eau verte, exprimée en m<sup>3</sup>,
- L'épuisement des ressources, calculé en kg éq Sb (équivalent antimoine).

Les frontières du système encadrent l'ensemble de l'EPFL, comme unité fonctionnelle, sans prendre en compte l'impact hors réseau EPFL, ou impact WAN (activité sur des services en Cloud tel que Google Drive, Zoom etc). Une mise à jour du modèle de calcul de Frédéric Bordage dans le cadre du projet NégaOctet devrait permettre, à l'horizon mi-2021 de réviser ce document pour en tenir compte. Une précision est apportée dans les critiques quant au volume de données échangé

<sup>2</sup> Frédéric Bordage est un des plus grands spécialistes du domaine en Europe, travaillant sur ces problématiques depuis plus de 10 ans. Il a notamment fondé et gère la plateforme en ligne GreenIT.fr, très active sur les sujets de la sobriété numérique, l'écoconception des services numériques et la lowtech, et est auteur du livre «Sobriété Numérique: Les clés pour agir» publié chez Buchet Chastel.

sur le WAN. La fin de vie du matériel électronique n'a pas été prise en considération, car elle représente une source d'impact de second ordre.

La maturité de notre environnement numérique dans différents secteurs a aussi été évaluée selon 65 bonnes pratiques (voir annexe). Un échantillon de comparaison, ou benchmark, est constitué de 36 organisations (très majoritairement françaises), totalisant 750 000 utilisateurs et environs 4 millions d'équipements. Il sert de comparaison dans l'analyse, et provient d'un sous-ensemble de la base d'études de GreenIT. Ce sous-ensemble particulier a été sélectionné afin d'avoir une comparaison homogène.

Finalement, les résultats de cette étude ont été soumis à relecture par un groupe pluridisciplinaire d'experts du monde académique et industriel. De plus amples détails sur la provenance des facteurs d'impacts, des hypothèses spécifiques et leurs fondements sont données en annexe. L'ensemble des données sont fournies dans le dossier et les documents accompagnant ce rapport.

## 5. **Empreinte globale du numérique à l'EPFL**

Cette section détaille les résultats des calculs réalisés par Frédéric Bordage (GreenIT). Dans un premier temps, l'empreinte globale du numérique à l'EPFL est évaluée, et deux estimations sont proposées selon des hypothèses différentes : l'une considère le mix électrique acheté par l'EPFL, et l'autre considère le mix électrique suisse de consommation moyen. Ensuite, la part de la fabrication et de l'usage du matériel dans chaque empreinte environnementale est détaillée, ainsi que la répartition de ces empreintes selon les domaines. Un comparatif avec les autres institutions semblables à l'EPFL auditées par GreenIT (benchmarking) est proposé par la suite. Enfin, la répartition entre les collaborateurs et les étudiants est présentée.

### 5.1. **Détail du choix du mix électrique**

On entend par mix EPFL le mix électrique acheté par l'EPFL auprès de Romande Energie, selon le contrat établi. Ce mix est constitué d'énergie 100% renouvelable. Toutefois, le modèle de distribution électrique en réseau ne permet pas de garantir que l'EPFL est alimentée par ce mix. Son achat peut de plus contribuer à la dégradation de la qualité environnementale du mix acheté par d'autres utilisateurs du réseau. Ainsi, nous avons aussi étudié l'impact avec le mix suisse (mix CH), distribué en moyenne sur le réseau électrique helvétique.

L'étude de l'empreinte globale a été conduite pour les deux mix électriques. L'étude des empreintes numériques respectives des étudiants et des collaborateurs n'a été réalisée qu'avec le mix EPFL. Cependant, pour permettre une analyse plus proche de la réalité physique de l'alimentation électrique de l'EPFL, nous présenterons par défaut les résultats de l'empreinte globale selon le mix suisse. L'ensemble des données pour les deux mix sont disponibles en annexe.

### 5.2. **Analyse générale**

Les tableaux 1 et 2 présentent l'empreinte globale du numérique à l'EPFL et l'empreinte par utilisateur, en considérant les deux mix électriques. On retiendra

la valeur du mix CH, soit **7 840 t éq CO<sub>2</sub> / an** comme l'émission réelle du numérique à l'EPFL, et on comptera l'offset lié à l'achat d'énergie renouvelable, par des mécanismes de certificats d'origine, s'élevant à **1 890 t éq CO<sub>2</sub> / an**, comme **une forme de compensation carbone** dans la comptabilité CO<sub>2</sub> de l'EPFL.

Empreinte globale	Mix EPFL	Mix CH	Unité
Épuisement énergie (énergie)	160 534 087	240 299 716	MJ EP
Changement climatique (GES)	5 949 178	7 836 735	kg éq CO <sub>2</sub>
Tension sur l'eau (Eau verte et bleue)	123 812 744	121 286 552	Litres
Epuis. Ressources (ADP)	344	541	kg éq Sb

Tableau 1 - Empreinte annuelle globale du numérique à l'EPFL, en considérant les différents mix électriques

Empreinte globale	Par utilisateur mix EPFL	Par utilisateur mix CH	Min	Moyenne	Max	Unité
Épuisement énergie (énergie)	9 130	13 666	9 047	19 660	43 149	MJ EP
Changement climatique (GES)	338	446	332	793	2 340	Kg eq. CO <sub>2</sub>
Tension sur l'eau (Eau verte et bleue)	7 042	6 898	3 908	11 442	28 816	Litres
Epuis. Ressources (ADP)	0,020	0,031	0,0085	0,0204	0,0623	Kg eq. Sb

Tableau 2 - Empreinte annuelle par utilisateur, en considérant les différents mix électriques, et comparatif avec les empreintes benchmark

Les valeurs de comparaison sont issues du benchmark proposé par Green IT sur la base d'institutions semblables à l'EPFL.

Comme on peut le voir sur la Figure 2 ci-contre, l'EPFL affiche de bons résultats en comparaisons des entreprises du benchmark GreenIT. Cependant, un membre

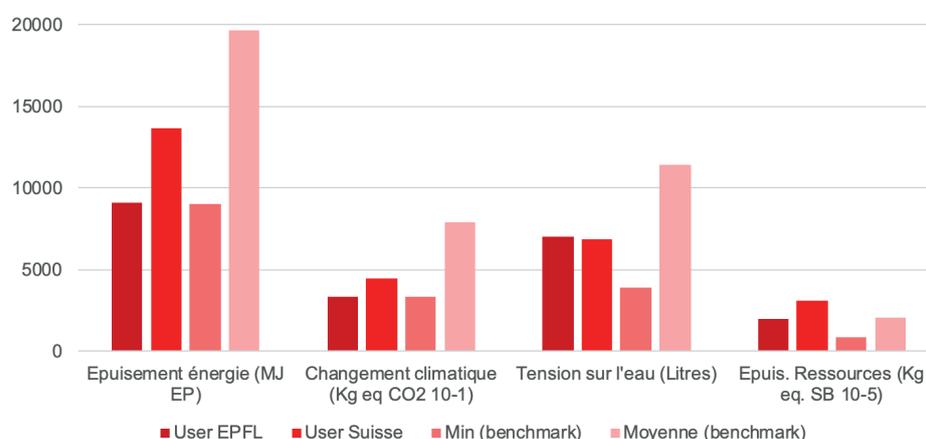


Figure 2 - Comparatif de l'empreinte par utilisateur en fonction du mix électrique considéré

de l'EPFL émet tout de même chaque année 5,6 fois son poids en équivalent CO<sub>2</sub>, soit l'équivalent en émissions carbone d'environ 4 trajets Genève-Zurich en voiture à essence de taille moyenne.

Si chaque être humain faisait de même (United Nations, 2020), les émissions du numérique représenteraient 3,4 Gt éq CO<sub>2</sub> / an ; soit 10,3% des émissions mondiales de GES en 2017 (IEA, 2019). À un tel rythme, le budget carbone fixé par le GIEC (IPCC, 2019) pour limiter le réchauffement climatique à 1,5°C serait consommé en 10 ans, et représente environ 100 ans de numérique pur.

Si chaque habitant de Suisse (Country Meters, 2020) faisait de même, les émissions du numérique représenteraient 3,9 mio t éq CO<sub>2</sub> / an ; soit 8,4% des émissions suisses de GES en 2018 (Office Fédéral de l'Environnement, 2020).

Pour obtenir une estimation des réductions nécessaires au respect des règles fédérales, nous avons considéré un modèle de croissance simplifiée passant par 2 points, 2001 et 2020, où les informations de 2001 ont été reconstituées sur la base de données datant de novembre 2001 (Prof. Olivier Jolliet, Dipl. Ing. Manuele Margni & Dipl. Ing. Filippo Della Croce, 2001) et du rapport de thèse de Monsieur Yves Loerincik (DOI - 10.5075/epfl-thesis-3540, <https://infoscience.epfl.ch/record/83858>, Table 9 chapitre 3).

En supposant une croissance exponentielle de l'impact du numérique à nos jours (The Shift Project, 2018) from data published by (Andrae, A., & Edler, T, 2015)), on peut estimer les émissions de GES du numérique (approximation simple sans correction par une courbe exponentielle passant par 2 points) en 2006 pour déduire l'objectif 2030 et la réduction attendue, avec un modèle de série géométrique de raison constante. Il demeure essentiel de préciser la valeur de référence 2006, les données ci-dessous comportant une incertitude relativement élevée. Toutefois, elles donnent une approximation raisonnable de l'effort à fournir pour atteindre les objectifs légaux.

Empreinte globale	2006 (Inféré)	2020	Objectif 2030	Réduction annuelle	Unité
Epuisement énergie (énergie)	90 500 000	240 299 716	45 300 000	15 %	MJ EP
Changement climatique (GES)	2 050 000	7 836 735	1 030 000	18 %	kg éq CO <sub>2</sub>
Tension sur l'eau (Eau verte et bleue)	37 000 000	121 286 552	19 000 000	17 %	m <sup>3</sup>
Epuis. Ressources (ADP)	166	541	83		kg éq Sb

Tableau 3 – Estimation des objectifs de réduction de l'impact du numérique à l'EPFL

Afin de respecter les obligations imposées par la Confédération, l'EPFL doit, dès à présent, réduire l'impact du numérique de près de 18% par an. La compensation n'est pas considérée, et l'on considère ici seulement le numérique. Seules les émissions de GES sont visées par les objectifs fédéraux. Les autres valeurs sont données à titre informatifs, en extension des objectifs sur les GES. Il sera nécessaire de préciser ces résultats. Leur obtention est détaillée en annexe.

Une telle réduction paraissant extrêmement difficile dans un contexte d'usage du numérique croissant exponentiellement, il est nécessaire d'agir au mieux et sur les leviers les plus efficaces pour maximiser les résultats, tout en augmentant les efforts dans d'autres secteurs, pour compenser le dépassement du secteur numérique. Une comptabilité carbone institutionnelle complète permettrait de quantifier ces compensations et écarts.

Concernant l'impact sur l'eau, le numérique à l'EPFL consomme chaque année autant d'eau que nécessaire pour la production de 60 000 kg de papier, ou la production d'environ 46 000 T-shirts en coton. Ce chiffre représente également l'équivalent de la consommation en eau annuelle d'environ 1 100 citoyens suisses, ou 17 000 habitants d'Afrique sub-saharienne. Ces chiffres sont à mettre en perspective avec ceux du cabinet McKinsey qui estime que la demande en eau dépassera de 40% les ressources disponibles, ainsi que les chiffres des Nations Unies, qui estiment que 1,8 milliards de personnes vivront dans des zones d'accès très restreint à l'eau (UNESCO, 2012), et que 4,8 à 5,7 milliards de personnes pourraient vivre dans des zones où l'accès à l'eau est restreint au moins un mois par an d'ici le milieu du siècle (Burek et al., 2016). L'eau représentera donc un enjeu crucial dans un avenir proche, et c'est pourquoi il est important de repenser son utilisation dès aujourd'hui.

Enfin, concernant les ressources abiotiques, chaque utilisateur de l'EPFL consomme environ 0,031 kg éq Sb par le biais du numérique. À titre indicatif, cela représente plus de dix fois la quantité moyenne de ressources abiotiques nécessaires impliquées dans l'alimentation d'un citoyen de l'Union Européenne en 2015 (Crenna et al., 2019). Par ailleurs, l'USGS estime qu'il reste à l'heure actuelle un stock total de 1 500 000 tonnes d'antimoine. Si chaque être humain consommait annuellement autant d'antimoine qu'un utilisateur de l'EPFL, les réserves mondiales seraient vidées en l'espace de 6 ans.

Empreinte	Score UBP	Part dans l'impact global
<b>Epuisement énergétique</b>	817 019 035	16.1 %
<b>Changement climatique</b>	3 604 898 213	71.2 %
<b>Tension sur l'eau</b>	44 723 203	0.9 %
<b>Epuisement des ressources</b>	595 061 043	11.8 %
<b>Total</b>	5 061 701 494	100 %

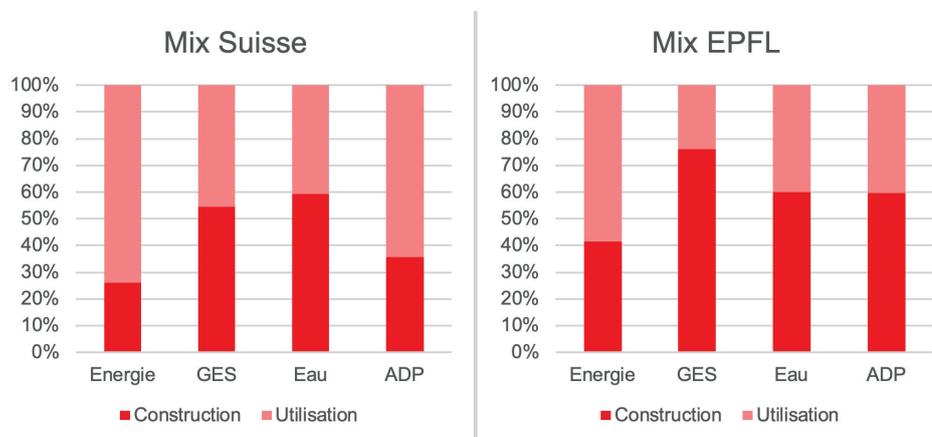
Tableau 4 - Estimation de la charge environnementale du numérique à l'EPFL et répartition selon les domaines d'impact

Afin de comparer l'importance relative des différents impacts environnementaux susmentionnés, il convient de les ramener à une unité commune. La méthode

Swiss Ecofactors 2013 publiée par l'OFEV propose l'utilisation de points de charge environnementale (UBP). Les impacts selon les quatre métriques sont fournis dans le tableau ci-dessous en termes de points d'impact environnemental.<sup>3</sup> On constate que les émissions de GES constituent la part majoritaire (71.2%) de l'impact environnemental global du numérique à l'EPFL, suivies de l'épuisement énergétique et des ressources abiotiques (16.1% et 11.8% respectivement) et finalement des tensions sur l'eau (0.9%).

**NOTE.** Un fichier informatif sur les métaux rares est proposé dans le dossier accompagnant ce rapport, comme documentation. Il s'agit d'un fichier de travail réalisé par M. Vithoban Thavapalan, étudiant à l'EPFL, dans le cadre de son Master. Ce fichier compile des informations provenant principalement du BRGM, et offre une grande quantité d'information, quoiqu'aucune garantie ne puisse être fournie.

Figure 3 - Répartition de l'impact environnemental entre construction et utilisation, par mix électrique



**NOTE.** Nous nous permettons de souligner les difficultés que nous avons eu à estimer la soutenabilité des indicateurs en matière d'eau et de ressources abiotiques. En effet, il n'existe à l'heure actuelle aucun objectif mondial ni national portant sur la préservation de ces ressources, en dépit des rappels de certains instituts et think-tank concernant leur criticité. Il n'existe par ailleurs pas d'indicateurs de référence sur lesquels se baser afin d'estimer si la consommation d'eau et de ressources abiotiques telles que pratiquées concernant le numérique à l'EPFL se fait de façon durable. Le rapport Swiss EcoFactors 2013 de l'Office Fédéral de l'Environnement est une bonne illustration de cette problématique : en l'absence d'objectifs chiffrés de la Confédération Helvétique concernant les ressources abiotiques, l'OFEV a estimé que le flux actuel de ressources abiotiques devait simplement ne pas croître, mais ne précise pas si le rythme consommation actuel de ces ressources est soutenable ou non sur le long terme. De fait, en l'absence d'objectifs de réduction chiffrés, l'OFEV propose des éco-facteurs de l'ordre du millier par gramme selon le type de métal ou de terre rare, alors que l'éco-facteur d'un gramme de CO2 est de 0,46. Ceci montre bien que l'impact sur l'environnement de la raréfaction et l'extraction des ressources abiotiques est mesurable et considérable, et la nécessité d'établir des valeurs de références et des objectifs politiques en la matière.

<sup>3</sup> Nous soulignons que les données ne sont qu'une application des facteurs Swiss EcoFactors 2013, mais que la méthode en détail n'a pas été appliquée. Les calculs ont été effectués sur les résultats selon les 4 catégories d'impacts normalisées afin de les comparer entre elles.

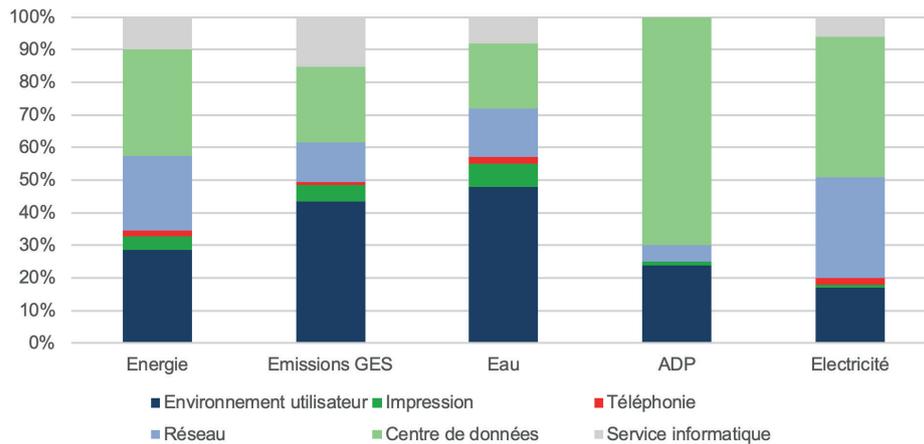


Figure 4 - Répartition de l'impact environnemental par domaine d'usage (mix CH)

### 5.3. Répartition entre fabrication et utilisation du matériel

On constate que la construction joue un rôle primordial dans les émissions de GES, de même que la pollution de l'eau. En revanche, son effet est moins important concernant l'ADP et la déplétion énergétique. Par ailleurs, en considérant les efforts réalisés via le mix EPFL, on constate que la construction prend une part encore plus grande dans l'impact environnemental.

Ces chiffres nous permettent de conclure qu'il convient ainsi d'encourager l'amélioration de la qualité environnementale du mix électrique Suisse, par l'innovation et le transfert de technologie, tout en réduisant dès aujourd'hui la quantité de matériel employé à l'EPFL.

### 5.4. Répartition par domaine

**NOTE.** On entend par Service Informatique les dépenses dues aux bureaux, déplacements et opérations courantes de la VPSI.

**NOTE.** L'électricité n'est pas un indicateur d'impact environnemental. Cependant, cette indication permet d'apprécier la part de l'impact environnemental d'un domaine due à sa fabrication, et celle due à son utilisation.

La Figure 5 nous permet de constater que les centres de données et le réseau sont de grands consommateurs d'électricité, mais que, par la qualité du mix électrique, suisse tout d'abord, et de l'EPFL a fortiori, leur impact environnemental reste faible en comparaison. Le matériel des centres de données représente en revanche la majeure partie de la consommation de ressources abiotiques. Il

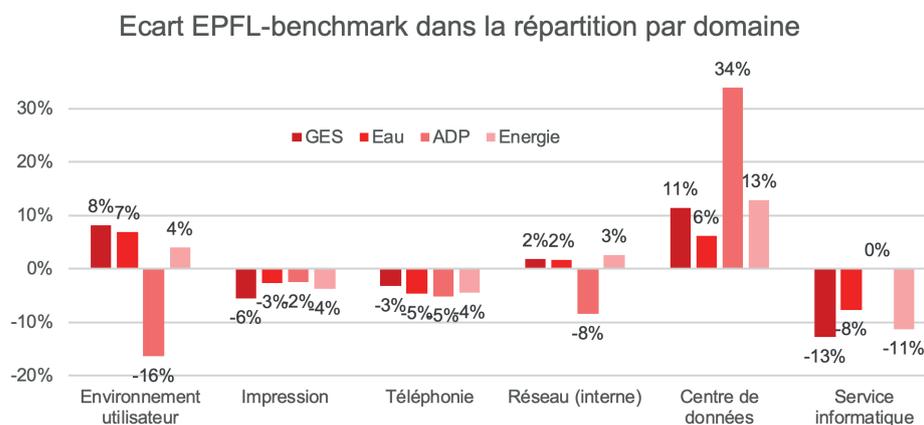


Figure 5 - Ecart dans la répartition par domaine, en points de pourcentage, entre l'EPFL et la moyenne benchmark

convient donc de favoriser le réemploi par catégorie d'usage (serveurs de calculs, de backup, haute disponibilité, etc) des composants au fur et à mesure de leur usage, pour améliorer leur durée de vie. L'environnement utilisateur est, lui aussi, une très grande source d'impact négatif sur l'environnement, et représente près de la moitié des GES, qu'il faut donc réduire sans tarder.

## 5.5. Écart par rapport à la répartition moyenne

Cette sous-section fait le comparatif entre la répartition par domaine des impacts du numérique à l'EPFL, et la répartition par domaine des impacts du numérique en moyenne du benchmark GreenIT. La Figure 6 présente les écarts en points de pourcentage entre la répartition par domaine des impacts environnementaux de l'EPFL et de la moyenne du benchmark, afin de caractériser la position de l'EPFL par rapport au panel d'institutions semblables en taille, activités et localisation.

En considérant les efforts engagés sur la mise en service du nouveau Data Center 2020, les actions et nouvelles politiques sont à concentrer sur la réduction du taux d'équipement des usagers. De plus, la faible externalisation des services numériques (XaaS), que traduit la forte prépondérance des centres de données, est une très bonne chose du point de vue environnemental. En effet, la qualité du suivi à l'EPFL, et surtout du mix électrique est bien meilleure que dans la quasi-totalité des fournisseurs de services externes. La distance entre le centre de données et les utilisateurs est aussi un facteur majeur de la consommation énergétique des réseaux. Il convient donc de limiter au maximum l'externalisation, et de la limiter aux partenaires de confiance, reconnus pour leurs prestations à haute qualité environnementale, et proches géographiquement. Infomaniak SA, basée à Genève, est sans doute le meilleur fournisseur de services en Suisse à cet égard, comme en conviennent les experts que nous avons consultés.

On constate également sur le graphe précédent la prépondérance des centres de données vis-à-vis du benchmark, qui traduit la faible externalisation des services informatiques mais aussi le fait que les autres institutions du benchmark sont des entreprises qui recourent plus fortement aux services externalisés.

On remarque de plus le suréquipement des usagers qui apparaissait déjà préalablement. Selon Frédéric Bordage, le taux d'équipement en laptops et unités centrales est 3 fois supérieur à l'EPFL que la moyenne du benchmark. En pratique, un membre non-étudiant de l'EPFL se voit attribuer 1.6 ordinateurs fixe et sensiblement autant d'écrans associés, ainsi que 1.7 ordinateur portable supplémentaire. Il en résulte un taux d'équipement d'environ 3.3 ordinateur par personnel. Le taux d'équipement des étudiants (1.2) est bien plus faible, car les équipements de sont pas fournis par l'EPFL. En revanche, nous avons considéré que chaque étudiant possédait un laptop, élément indispensable au suivi d'un cursus à l'école.

La grande liberté accordée aux unités quant à l'achat d'informatique engendre régulièrement des acquisitions de machines pour chaque nouveau collaborateur, mais le matériel n'est pas toujours réutilisé au départ de ce dernier et est laissé inutilisé dans des lieux de stockage, la durée d'un contrat moyen à l'EPFL étant généralement plus courte que la durée de vie des machines.

Une incertitude relativement grande nuance tout de même un peu ce résultat, en raison de la faible qualité de l'inventaire : certains rares doublons peuvent avoir été comptabilisés, ainsi que des équipements « fantômes » résiduels (équipements décommissionnés mais non supprimés de l'inventaire). Même avec une estimation fortement conservatrice de 30% de données erronées, doublons ou éléments non supprimés, le nombre d'ordinateurs par membre du personnel est 2.3. L'expérience quotidienne au sein de l'école laisse supposer qu'une très grande part du matériel est stockée un peu partout dans les unités, et n'est pas utilisé, bien que fonctionnel. L'amélioration de la qualité et l'exactitude du suivi du matériel permettrait d'augmenter la fiabilité des résultats. Une centralisation totale ou partielle pourrait fournir cette amélioration.

Le surplus de matériel est établi comme la différence entre le taux d'équipement constaté et le taux d'équipement moyen issu du benchmark GreenIT, d'environ 1.1. Il est donc de 2.2 pour les collaborateurs. Le tableau suivant récapitule les informations concernant le suréquipement à l'EPFL, ainsi que son coût annuel, les lignes en gras représentant les dépenses par type de membres de la communauté.

Classe	Effectif	Taux de suréquip.	Qté nette suréquip.	Valeur annualisée unitaire (CHF)	Economie annuelle pour réduction (MCHF)
<b>Non-étudiants</b>	<b>6134</b>	<b>2.238</b>			<b>6,874</b>
Unité centrale	9785	1,070	6561	537,50	3,526
Ecran	9919	1,084	6650	100,40	0,668
Laptop	10624	1,161	7123	376,29	2,680
<b>Etudiants</b>	<b>11449</b>	<b>0.083</b>			<b>0,565</b>
Unité centrale	2000	0,075	855	537,50	0,460
Ecran	2197	0,092	1053	100,40	0,106
Laptop	11449	0,000	0	376,29	0,000

Tableau 5 - Evaluation de la quantité de suréquipement à l'EPFL et de son coût annuel

Le cout annuel du suréquipement est ainsi évalué à **7,44 millions de francs**. Avec un budget IT en 2019 de 24 millions de francs (EPFL, 2019), cela représente **27.6% du budget IT annuel** de l'EPFL. La surconsommation électrique est de même estimée ci-dessous. Les fonds économisés en appliquant une politique de réduction de l'équipement pour l'environnement utilisateur à un niveau raisonnable pourraient, entre autres, financer les coûts de fonctionnement d'une unité chargée du numérique durable.

## 5.6. Flux de Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE)

Cette section considère les flux de déchets annuels liés au numérique à l'EPFL, ainsi que l'électricité consommée. Sont considérés d'une part les déchets

électroniques et de l'autre les déchets liés à l'impression. Ces chiffres sont à mettre en comparaison avec les valeurs moyennes, minimales et maximales dans d'autres institutions.

Flux	TOTAL	Par utilisateur EPFL	Unité	Min	Moyenne	Max
DEEE	61 800	3,5	kg	0,1	2,4	5,8
Déchets papier	132 800	7,6	kg	1	14	33
Electricité	15 326 606	872	kWh EF	449	1 069	2 089

Tableau 6 : Flux des déchets électriques, papier, et consommation d'électricité

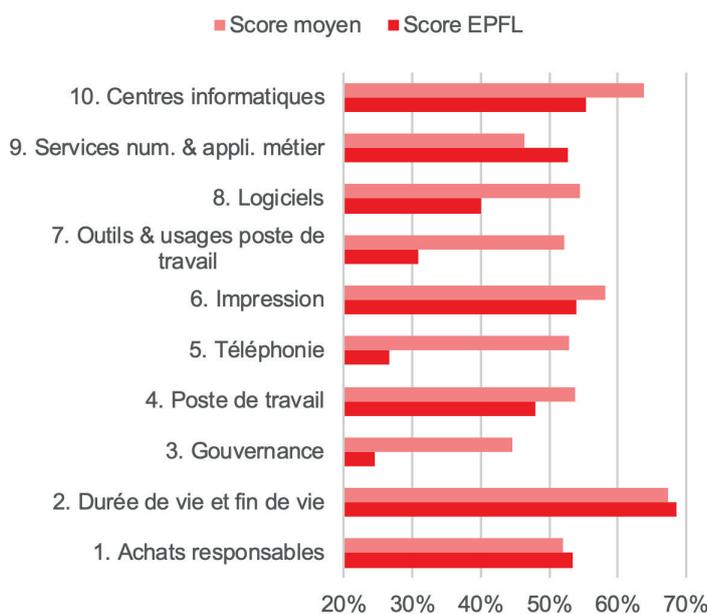
**NOTE.** DEEE : Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques

On retrouve dans les flux de déchets les progrès réalisés ces dernières années sur les impressions, de même que le suréquipement, qui génère une très grande quantité de déchets électroniques. A raison d'environ 0,15 CHF / kWh, la réduction de moitié de la consommation électrique pour atteindre le minimum benchmark, par un effort d'efficacité énergétique et de réduction des appareils, libérerait un peu plus d'un million de francs suisses, qui pourraient être par exemple réaffectés au financement d'autres activités de transition durable.

### 5.7. Maturité de l'EPFL en matière de Sobriété Digitale

Cette section présente la maturité des différents processus de gestion du numérique durable d'un point de vue environnemental. Le score est à chaque fois à mettre en perspective avec le score moyen du benchmark. Un score de 0% traduit une inexistence des processus vertueux, 100% leur efficacité systématique et leur amélioration constante. Il a été établi sur la base des réponses des services concernés, disponible en annexe.

Figure 6 - Comparaison de la maturité des processus de l'EPFL avec le benchmark



On remarque qu'une très grande marge d'amélioration est possible, notamment au niveau de la gouvernance, de l'encadrement de la téléphonie, ainsi que pour l'encadrement de l'usage des postes de travail. L'implantation d'une unité autonome chargée du numérique durable, qui dispenserait des formations pour les collaborateurs sur les bonnes pratiques à adopter, et qui contrôlerait l'application de processus vertueux semble ainsi adaptée.

La maturité globale de l'EPFL est de 47%, contre 56% en moyenne. En transposant sur la matrice CMM - Capability Maturity Model standard utilisée pour la notation initiale, on obtient

un score de 2,35, qualifiant des processus « au moins suffisamment documenté pour que l'on puisse tenter de répéter les mêmes étapes », mais pas encore « défini/confirmé comme un processus opérationnel standard, et décomposé aux niveaux 0, 1 et 2 (le dernier étant les instructions de travail) ».

### 5.8. Répartition entre collaborateurs et étudiants

Cette section présente la répartition des impacts environnementaux par type d'utilisateurs à l'EPFL, et compare les résultats au benchmark. Le mix électrique considéré est le mix EPFL, donc incluant l'offset dû à l'achat d'électricité verte.

L'EPFL fournissant moins d'équipements physiques aux étudiants, bien que tous possèdent un laptop qui a été comptabilisé pour mettre les résultats en balance, on constate une nette prépondérance de l'impact des collaborateurs au prorata. En effet, bien que les impacts apparaissent approximativement égaux, les collaborateurs ne représentent que 34.9% des 17583 membres de la communauté EPFL (EPFL, 2019).

On remarque en effet qu'ils ont ainsi, par leur équipement numérique supérieur, des émissions GES par utilisateur presque 2 fois supérieures à celle des étudiants. On observe de même que les bons résultats de l'EPFL face au benchmark sont en partie dus au sous-équipement des étudiants. Ce résultat contrebalance donc les plus positifs, et renforce la nécessité de mieux encadrer le réemploi du matériel, par une gestion centralisée et efficiente du matériel.

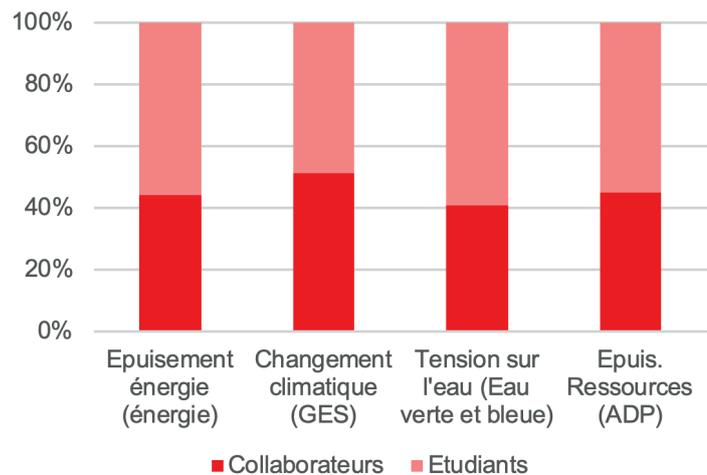


Figure 7 - Répartition des impacts environnementaux par type d'utilisateur (mix EPFL)

## 6. Critique

Afin de nous assurer de l'exactitude de notre approche, nous avons décidé de soumettre notre rapport à un groupe de relecteurs, tous issus du monde du numérique ou de celui de l'Analyse de Cycle de Vie, ainsi qu'à notre expert Frédéric Bordage. Ils nous ont adressé un certain nombre de corrections et de commentaires plus généraux, que vous pouvez trouver ci-dessous :

*Frédéric Bordage* a simplement confirmé que notre lecture des résultats n'était pas erronée et a confirmé l'avis général très positif sur la pertinence des informations fournies.

*Olivier Jolliet* est auteur de l'unique étude sur le numérique à l'EPFL que nous avons trouvée, datant de 2001. Il nous a ainsi aidé à affiner notre modèle d'évolution et l'impact de 2001 afin d'obtenir des objectifs 2030 selon les objectifs fédéraux. Il nous a aussi fait part du fait que, selon lui, l'achat de matériel basse consommation, en cas de renouvellement du matériel, restait une priorité. L'équipement devrait satisfaire à des labels de type A+ ou équivalents.

Il nous a aussi signifié qu'une précision quant aux facteurs d'impact et origines des calculs permettrait une meilleure rigueur scientifique. Il a spécifiquement cherché à connaître les hypothèses utilisées pour l'équipement des étudiants. Ces éléments sont donnés en annexe de ce rapport.

*François Marthaler* regrette l'absence d'un objectif chiffré et un calendrier de mise en œuvre à court et moyen terme, chose que le Working Group Task Force Sobriété Numérique espère pouvoir mettre en place suite à ce rapport. Il nous fait également part du fait qu'il serait souhaitable de mentionner la meilleure performance énergétique des logiciels libres, ainsi que leur capacité à améliorer la durée de vie des appareils, puisqu'ils fonctionnent généralement encore très bien sur du vieux matériel. Ils permettent notamment de prolonger la durée de vie des appareils pour des usages simple comme la bureautique.

*Jérôme Payet* nous demande si le périmètre de l'étude comprend le périmètre physique de l'EPFL ou bien le périmètre fonctionnel des impacts du numériques à l'EPFL. En d'autres termes, si les usages de serveurs hors EPFL, par le biais de services tels que Google, iCloud, WeTransfer ou encore Zoom sont inclus dans le périmètre et comment les identifier à partir des figures fournies. Nous avons utilisé le périmètre fonctionnel, tout en écartant certains domaines de l'analyse, car certaines données n'étaient pas accessibles.

Il estime qu'il serait également intéressant, si possible, de quantifier le volume de données échangées entre l'EPFL et le monde extérieur, et de mettre ces chiffres en perspective avec la quantité de données qui est traitée à l'EPFL même. Ceci permettrait d'avoir une idée des impacts hors des murs qui sont imputables à l'EPFL et ainsi de les relativiser, bien que les facteurs d'impact permettant de les préciser ne soit pas disponibles. Les données échangées avec l'extérieur (trafic entrant) représentent ainsi 1PB, contre 9.5PB de capacité de stockage de données à l'EPFL. L'externalisation est donc relativement faible.

Il insiste sur l'importance d'aborder la question environnementale sous l'angle de la fonction et pas de l'objet, car cela est la base même des bonnes pratiques

en environnement et un élément majeur du standard ISO 14040-44 de l'Analyse du Cycle de Vie.

*Alexandre Patti* a majoritairement salué notre travail, et apprécié la mention de la bonne performance environnementale de son entreprise. Il a souligné la pertinence de l'action de centralisation et d'orchestration pour l'achat de matériel, et nous a fait part de son souhait d'intégrer cette stratégie chez Infomaniak Network SA.

*Xavier Verne* rappelle que les postes liés à l'implémentation de la sobriété numérique à l'EPFL pourraient être autofinancés par les économies réalisées par la baisse de la consommation d'énergie. L'argent économisé permettrait également de faire appel aux fournisseurs les plus soucieux de l'environnement et qui offrent les meilleurs services de maintenance.

Il s'interroge également sur la possibilité de mettre en place des sessions de sensibilisation avec les étudiants, ainsi que celle, plus ambitieuse, mais néanmoins cruciale, d'intégrer la sobriété numérique au programme d'éducation à l'EPFL.

## 7. **Recommandations**

Les résultats des sections précédentes semblent suggérer que c'est aujourd'hui le matériel informatique, plus encore pour les utilisateurs que pour les centres de données, qui constitue l'essentiel de l'empreinte carbone et environnementale du numérique à l'EPFL. Les émissions liées à sa production et la déplétion des ressources rares nécessaires à sa fabrication sont aujourd'hui plus importantes que l'impact de son utilisation, minimisée par « un kilowatt-heure quasiment parfait » (F. Bordage). Il convient toutefois de raisonner la consommation énergétique et privilégier les solutions les plus économes.

Nous pouvons de même souligner **les difficultés rencontrées lors de la collecte des données liées à ce secteur à l'EPFL**. La grande liberté dont bénéficient les facultés dans leur gestion du matériel **complexifie le traçage de ce dernier** et ne permet pas de garantir des données fiables en la matière.

Nous recommandons ainsi **la création d'une unité dédiée au numérique durable à l'EPFL doté de moyens humains et financiers à hauteur de l'enjeu**. Celle-ci trouverait parfaitement sa place dans une vice-présidence opérationnelle directement aux côtés des autres unités stratégiques comme la sécurité informatique, ou plus idéalement dans une vice-présidence pour la transformation responsable où elle constituerait un élément majeur et pionnier.

Une telle unité supporterait les missions suivantes, par ordre de priorité temporelle :

1. Intégrer le numérique comme **secteur à part entière** dans le rapport annuel public de l'impact environnemental de l'EPFL, dès 2020 ; puis dans une **comptabilité carbone complète** de l'EPFL afin de prendre en compte les mécanismes de compensations et de transfert pour l'ensemble des secteurs de l'EPFL ;
2. **Centraliser et orchestrer l'achat du matériel numérique** de tout type, afin de pouvoir aux besoins de toutes les unités de l'EPFL, tout en réduisant la quantité

de matériel en rotation au strict nécessaire, **en allongeant la durée de vie** et en exigeant des **normes de qualité environnementale** et des possibilités de **réparation**, en plus des qualités de calcul. Fusionner avec le CRI (Centre de Réparation Informatique) pour appliquer ses bonnes pratiques et systématiser le réemploi du matériel. Tout achat de matériel informatique devrait, **à l'horizon 2024, passer sans exception par cette unité de contrôle ;**

3. Veiller au maintien d'un **faible niveau d'externalisation des services numériques** (XaaS), l'EPFL étant, par son mix électrique, bien meilleure que la moyenne des fournisseurs de services en termes d'impact environnemental. Contrôler ainsi les rares externalisations afin qu'elles soient réalisées **auprès de prestataires de grande qualité environnementale**, avec un suivi important notamment quant à l'impact et sa quantification, et proche géographiquement, comme le genevois Infomaniak. **Eviter les GAFAM, les services basés hors d'Europe, et plus généralement hors de Suisse ;**
4. Piloter un **nouvel audit du numérique**, doté de plus de moyens, plus complet et ambitieux, en attachant davantage de précaution au niveau des facultés ;
5. Créer et exploiter une infrastructure de données, permettant de **collecter et analyser en temps réel l'état de l'empreinte du numérique à l'EPFL**, mesurer les avancées des politiques menées, et orienter les actions à venir pour les engagements de l'institution ;
6. **Former le personnel d'exploitation** des systèmes d'information **aux bonnes pratiques du numérique durable** de façon continue et pérenne, et étendre l'offre à tous les collaborateurs et étudiants, par des campagnes de sensibilisation sur le campus notamment ;
7. Piloter l'avancement et **l'amélioration continue** du bilan environnemental du numérique à l'EPFL, en adaptant les politiques d'action à l'avancement de la situation ;
8. Piloter et garantir la **constante amélioration** des performances environnementales des **centres de données**, notamment en favorisant le **réemploi du matériel en fonction des performances** exigées par l'usage des serveurs.

En 2001, dans le cadre du projet RUMBA (Prof. Olivier Jolliet, Dipl. Ing. Manuele Margni & Dipl. Ing. Filippo Della Croce, 2001), l'informatique avait été incluse dans l'une des premières études d'impact environnemental de l'EPFL pour son importance déjà majeure. **Aujourd'hui, elle est la fierté de l'École et l'excellence dans ce domaine est notre marque de fabrique. Il est donc d'autant plus important que le numérique à l'EPFL devienne durable, et que, pionniers, nous nous engagions sur cette voie.**

L'ensemble des auteurs, ainsi que le Zero Emission Group, tiennent leur expertise et partenaires à disposition de la Présidence, ainsi que de tout membre de la communauté souhaitant être accompagné dans cette démarche.

## 8. Annexes

### 8.1. Définitions

**EP** (Energie primaire) : Ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés tels que pétrole brut, schistes bitumineux, gaz naturel, combustibles minéraux solides, biomasse, énergie solaire, énergie hydraulique, énergie éolienne, géothermie, énergie nucléaire.

**MJ EP** : MégaJoule d'énergie primaire, unité de mesure de la consommation d'énergie primaire.

**KWh EF** : kilowatt par heure d'énergie finale, représente l'énergie utilisée augmentée des pertes de rendement.

**kg éq CO<sub>2</sub>** : kilogramme équivalent CO<sub>2</sub>. L'équivalent CO<sub>2</sub>, est, pour un gaz à effet de serre, la quantité de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui provoquerait le même forçage radiatif que ce gaz, c'est-à-dire qui aurait la même capacité à retenir le rayonnement solaire.

**kg éq Sb** : kilogramme équivalent antimoine. L'équivalent antimoine, est, pour un minéral, la quantité d'antimoine nécessaire pour provoquer le même impact d'épuisement des ressources naturelles, en termes d'extraction de minéraux et de carburants fossiles en fonction des réserves disponibles et de leur consommation actuelle.

**GES** : gaz à effet de serre.

**ADP** : abiotic depletion potential, représente la disponibilité décroissante de ressources naturelles non vivantes.

**Eau bleue** : eau captée pour les usages domestiques et agricoles. Elle est aussi définie comme l'eau douce de surface ou souterraine, autrement dit l'eau douce des lacs, des rivières et des aquifères.

**Eau verte** : eau de pluie stockée dans le sol – humidité + évaporation + transpiration.

**Neutralité carbone** : En climatologie et en matière de politique climatique, la neutralité carbone à l'intérieur d'un périmètre donné, est un état d'équilibre à atteindre entre les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine et leur retrait de l'atmosphère par l'homme ou de son fait. La différence entre les gaz émis et extraits étant alors égale à zéro, la neutralité carbone est également désignée par l'expression zéro émissions nettes (Zen).

## 8.2. Références

Andrae, A., & Edler, T. (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. *Challenges*, 117 - 157.

Country Meters. (2020, 06 29). *Population CH*. Récupéré sur Country Meters: <https://countrymeters.info/fr/Switzerland>

EPFL. (2019, 09 08). *Statistiques institutionnelles - EPFL*. Récupéré sur epfl.ch: <https://www.epfl.ch/about/overview/fr/statistiques-institutionnelles/statistiques-education/>

IEA. (2019). *IEA - Key World Energy Statistics 2019*. Récupéré sur IEA Webstore: [https://webstore.iea.org/download/direct/2831?filename=key\\_world\\_energy\\_statistics\\_2019.pdf](https://webstore.iea.org/download/direct/2831?filename=key_world_energy_statistics_2019.pdf)

IPCC. (2019). *SR 15 Chapter 2 (Page 108)*. Récupéré sur IPCC.ch: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter2\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf)

Office Fédéral de l'Environnement. (2020, 04 15). *Evolution\_emissions\_GES\_depuis\_1990.xlsx*. Récupéré sur bafu.admin.ch: [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/klima/fachinfo-daten/THG\\_Inventar\\_Daten.xlsx.download.xlsx/Evolution\\_emissions\\_GES\\_depuis\\_1990.xlsx](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/klima/fachinfo-daten/THG_Inventar_Daten.xlsx.download.xlsx/Evolution_emissions_GES_depuis_1990.xlsx)

Prof. Olivier Jolliet, Dipl. Ing. Manuele Margni & Dipl. Ing. Filippo Della Croce. (2001). *Quantification des Performances Environnementales de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne dans le cadre du projet RUMBA*. EPFL - Lausanne.

The Shift Project. (2018). *Lean ICT - Towards Digital Sobriety*. Récupéré sur: <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>

United Nations. (2020). *UN - Issues Depth - Population*. Récupéré sur United Nations: <https://www.un.org/fr/sections/issues-depth/population/index.html>

Les informations concernant les facteurs d'impact utilisés les hypothèses précises pour certains calculs et leur origine sont à l'annexe suivante.

## 8.3. Précision sur les données, hypothèses et calculs

### 8.3.1. Dossier accompagnant le rapport

L'ensemble des données collectées, calculs effectués et résultats bruts obtenus sont rassemblés dans le document EPFL-Bilan-GreenIT.xlsx accompagnant ce rapport, accessible à tous. Les feuillets correspondants à des informations transmises pour le calcul d'impact sont préfixées '0-', les feuillets de résultats bruts fournis par Frédéric Bordage sont préfixés '1-', les calculs effectués par Frédéric pour compléter les données ou par les auteurs pour le rapport sont préfixés '2-', les autres feuillets, divers, sont préfixés '3-'. Un dossier accompagne aussi ce rapport, et se compose de 3 sous-dossiers « Critique », « Documentation » et « Données brutes ».

Le dossier Documentation rassemble divers documents portés à la connaissance des auteurs durant l'étude, et pouvant éclairer le lecteur sur divers points. Il comporte notamment un fichier Excel informatif sur les métaux critiques, une thèse et un rapport sur le numérique à l'EPFL évaluant l'impact de ce dernier en 2001, des indications sur les objectifs environnementaux fédéraux, la méthode Swiss Eco-Factor 2013 de l'OFEV ainsi qu'une aide sur la classification des locaux à l'EPFL.

Le dossier Critique rassemble les retours originaux des relecteurs ayant rendu un document PDF ou Word. Les autres critiques ont été formulées par email et ne sont donc pas fournies dans le dossier.

Des explications sur la structure et l'origine des informations sont fournies si dessous pour chaque élément. Le lecteur est invité à faire part de toute remarque ou question aux auteurs.

Les résultats bruts fournis par Frédéric Bordage sont disponibles dans le document EPFL-Bilan-GreenIT.xlsx accompagnant ce rapport, feuillets '1-1' à '1-5'. Aucune modification n'a été apportée par les auteurs sur ces feuillets, à l'exception du calcul de l'impact en point UPB, détaillé dans l'annexe « Normalisation des impacts par écofacteurs (UBP) » sur le feuillet '1-1'.

Le document EPFL-Bilan-GreenIT.xlsx est distribué sous licence détaillée en feuillet '3-2. Licence'.

### 8.3.2. Origine des données collectées

L'ensemble des données brutes utilisées sont présentes dans le dossier complet accompagnant ce rapport, sous « Données brutes ». Le code python utilisé pour travailler les données d'inventaire est aussi fourni, sous forme de Notebook Jupyter. Du fait de leur caractère confidentiel, seul les lecteurs autorisés pourront requérir l'accès à ces informations auprès des auteurs.

Les données collectées ont été agrégées dans le document EPFL-Bilan-GreenIT.xlsx accompagnant ce rapport, accessible à tous. Les feuillets reprenant les données récoltées sont préfixés du chiffre 0. Ils reprennent les données

d'inventaire dans leur ensemble, et indiquent l'ensemble des données qui ont été transmises à Frédéric Bordage, pour le calcul d'impact de l'EPFL, exception faite des facteurs d'impact des mix électriques Suisses et EPFL, dont le calcul est détaillé en feuillet « 2-10. Origines Facteurs Impact ».

- 0-1. Inventaire : La date de collecte des informations, le responsable de la collecte et l'unité ou la personne ayant fourni l'information est indiquée pour chaque ligne. Lorsque la date n'est pas explicitement fournie, la donnée a été obtenue durant le 2e trimestre 2020. Des encarts supplémentaires sous le tableau principal reprennent les quelques calculs simples effectués pour estimer notamment la taille des salles informatiques, calculer le nombre de serveurs équivalents et la consommation des centres de données. Les informations n'ayant pas pu être obtenues et non transmises à Frédéric Bordage ont été inférées par ce dernier (locaux LAN). Les détails sont présentés au feuillet '2-1. Hyp completion invent'.

Les répartitions étudiants / staff ont été estimées aussi précisément que possible, suivant 3 hypothèses : 0%/100% lorsqu'un type d'appareils n'est pas fournis à l'une des catégories ; RP, soit respectivement aux proportions dans la population lorsque les services ou matériels sont fournis aux deux catégories de façons homogènes ; ou de façon plus précise lorsque c'était possible, en fonction d'hypothèses détaillées aux lignes concernées. L'impact environnemental associé à la possession et l'usage d'un ordinateur portable par étudiant ont été attribués à l'EPFL, car il est aujourd'hui impossible de suivre un cursus à l'EPFL sans laptop, mais il n'est cependant pas nécessaire d'en posséder plus. La consommation énergétique a été attribuée sur la base du mix électrique du reste de l'institution. Les téléphones portables des étudiants n'ont pas été comptabilisés, car l'achat d'un smartphone n'est pas nécessaire afin de pouvoir poursuivre des études à l'école.

- 0-2. Maturité-Input : Les 65 bonnes pratiques et leur implémentation à l'EPFL ont été évaluées sur la base d'entretien entre les auteurs et les différents responsables concernés par ces pratiques à l'EPFL. Les notes sont attribuées de 1 à 5 sur l'échelle standardisée CMMI. Les critères sont détaillés feuillet '3-1. Echelle CMMI'. L'auteur référent est indiqué en tête de colonne. La personne interrogée est indiquée en dessous. Les commentaires, le cas échéant, ont été indiqués pour chaque pratique, en bout de ligne. Le nombre de personnes s'étant exprimées sur la pratique est aussi indiquée. La colonne Final score reprend la moyenne des résultats prononcés, à poids égaux. La colonne « validation score » indique le score donné, considéré comme le plus juste et transmis à Frédéric Bordage, établi par consensus entre les auteurs sur la base des réponses fournies par les interrogés, ainsi que leurs commentaires.

### 8.3.3. Hypothèses d'étude et calculs inférentiels

Les hypothèses d'étude, réalisées par Frédéric Bordage pour compléter les données manquantes, ainsi que les calculs réalisés pour obtenir les résultats de l'objectif 2030, du suréquipement et du coût de l'électricité sont présents dans le document EPFL-Bilan-GreenIT.xlsx accompagnant ce rapport. Les feuillets reprenant ces informations sont préfixés du chiffre 2. Des explications plus détaillées sont fournies ci-dessous.

- 2-1. Hyp completion invent : Les données concernant les locaux techniques, les distances parcourues par les collaborateurs VPSI ainsi que le nombre de serveurs exprimés en serveurs équivalents GreenIT n'étaient pas fournies dans le feuillet récapitulatif donné à Frédéric Bordage. Ce dernier a donc complété ces données. Les calculs effectués pour l'approximation du nombre de locaux techniques reposent sur 2 approches, la première sur un facteur local technique/ utilisateur issu du benchmark GreenIT, la seconde sur les extractions de données d'Archibus concernant les locaux informatiques portées à la connaissance des auteurs. Les distances parcourues par les collaborateurs VPSI ont été inférées à partir des informations moyennes du benchmark GreenIT. Les serveurs ont été réexprimés en serveurs équivalents GreenIT, par une simple règle de trois pour pouvoir appliquer correctement les facteurs d'impact. Enfin, sur la base d'une extraction du logiciel PTRG pour une semaine, du 23 au 30 mars 2020, les données échangées entre le réseau EPFL et l'extérieur (le WAN) ont été extrapolées. Seul le trafic entrant est pris en compte. Ce résultat permet une expression du taux d'externalisation des activités numérique de l'EPFL, en comparant la valeur obtenue à la capacité de stockage de l'école.
- 2-3. Inférence 2001 : Pour estimer l'objectif d'émissions 2030 selon la règle sur les GES pour les institutions fédérales, qui stipule que les émissions brutes de 2030 doivent être à la moitié du niveau des émissions brutes de 2006, nous avons voulu calculer les impacts en 2006, et en déduire les objectifs 2030. Seul le CO2 est visé par la règle mais nous avons fait le calcul pour les 4 indicateurs à notre disposition. La seule source d'information disponible était issue du Pr. Jolliet, un calcul d'EP datant de 2001 dans un rapport sur le numérique qu'il a transmis aux auteurs. Ce document est dans le dossier Documentation du dossier accompagnant le rapport. On y lit une valeur de  $1.91 \cdot 10^7$  MJ EP. Nous avons donc utilisé cette valeur comme référence initiale pour le modèle détaillé au paragraphe suivant.

En relisant notre rapport, le Pr. Jolliet a relevé que l'EP prise en compte dans son calcul n'incluait pas l'usage du matériel (électricité) car elle était à ce moment-là comptée à part et pour tout l'EPFL. Par ailleurs, seule l'énergie primaire non-renouvelable fut considérée en 2001, alors que nos données actuelles n'ont pas ce degré de granularité. Le Pr. Jolliet nous a indiqué la thèse de M. Loerincik, réalisée à l'EPFL et traitant de la question, ainsi que des émissions de GES. Dans son document de critique, il présente le tableau page 68 de la thèse, qui contient toutes les données nécessaires pour recalculer l'impact de 2001 afin d'obtenir des données comparables aux nôtres. Le feuillet reprend donc ces informations, ainsi que les données 2020 pour le mix électrique suisse. Dans l'encart « 2001 Inventaire et info » le niveau de consommation 2001 est recalculé, comme suggéré par Pr. Jolliet. Les calculs à ce niveau sont de simples additions/ multiplications pour appliquer correctement les facteurs d'impact.

Pour l'intégration de l'électricité, 3 chiffres ont été calculés : le premier sans la prendre en compte ; le deuxième en prenant en compte directement la valeur donnée dans la thèse ; et la troisième en recalculant la consommation sur la base des informations fournies. Le calcul de consommation se fait sous l'hypothèse d'une consommation électrique standard, détaillée dans le feuillet. Les deux

valeurs différant entre notre calcul et la donnée de la thèse, nous avons nommé le calcul « élec compute ».

Pour pouvoir comparer les informations de 2020 avec les données de 2001, et ce qui a été pris en compte à ce moment-là, nous avons extrait des « valeurs comparables » des résultats 2020. L'effet des services IT (m2+km parcouru) n'est pas inclus, et il y a une valeur avec et une sans l'usage, donc l'électricité.

Finalement, pour chacun des couples « valeur comparable » - information 2001, nous avons calculé le ratio 2020/2001 pour les GES et l'EP, ainsi qu'un ratio moyen par impact et un ratio moyen général. Nous avons ainsi supposé qu'il était pertinent d'appliquer ces ratios moyens à l'ensemble des impacts comptés en 2020 pour avoir l'ensemble de l'impact en 2001, suivant une règle de 3 pour compenser les valeurs manquantes en 2001. Ceci implique une imprécision dans le modèle 2001-2006-2030, mais découle directement du manque de données historiques à disposition.

- 2-4. Modèle objectifs 2030 : Selon l'étude « On Global Electricity Usage of Communication Technology » (Andrae, A., & Edler, T, 2015), la croissance de l'usage d'énergie à destination du numérique sur les 20 à 30 dernières années a suivi une évolution quasiment exponentielle, et le Shift Project, à partir des chiffres de cette étude, a estimé que les émissions de GES liées au numérique ont suivi la même tendance. Ainsi, nous avons choisi d'estimer les impacts en 2006 en injectant les données 2001-2020 dans un modèle de croissance exponentielle simpliste, en  $C \cdot e^{(-kt)}$ , ajustée sur deux points. L'objectif 2030 est ainsi déduit, et les valeurs 2020-2030 ajustées sur un modèle de suite géométrique de raison  $q$  constante, d'où l'on extrait le taux de diminution de l'impact exigé annuellement,  $r = 1 - q$ . Ces valeurs considèrent l'ensemble de l'impact du numérique, seul, donc sans aucune forme de compensation. De plus, seules les émissions de GES sont soumises à la loi fédérale, tandis que nous avons appliqué ce principe pour tous les types d'impact. Les valeurs obtenues ont donc principalement une valeur informative et devront rapidement être précisées, étant donné que ces impacts doivent également pris en considération et vraisemblablement diminués.

Initialement, la valeur d'entrée était celle fournie par l'étude du Pr. Jolliet pour l'EP, et l'hypothèse était que tous les facteurs d'impact avaient suivi la même croissance (coefficients  $k$  égaux). Il en résultait un  $r$  de 20% annuels. Par la suite, nous avons intégré les résultats de nos calculs d'impact pour 2001 afin d'affiner le  $r$  pour les GES. La valeur d'entrée pour 2001 a ainsi été obtenue des données et calculs du feuillet 2-3 expliqués ci-dessus. Pour l'EP et les GES, le ratio moyen pour l'indicateur correspondant a été utilisé (3.76 et 6.16), suivant l'hypothèse que l'impact de 2001 est égal à l'impact 2020 divisé par ce ratio. Pour les indicateurs ADP et eau, le ratio moyen général (4.96) a été appliqué. Il en découle 3 taux de réduction, pour l'EP, les GES et l'ADP/l'eau, de 15%, 18% et 17% respectivement. Ces chiffres doivent sensibiliser le lecteur à l'ampleur du problème et l'urgence de la situation pour respecter les objectifs fédéraux, ainsi que la nécessité de compenser les excédents du numérique par des baisses plus conséquentes dans d'autres domaines.

- 2-5. Suréquipement : Selon Frédéric Bordage, l'EPFL est « 3 fois trop équipée

». Avec un taux d'équipement utilisateur de 3.3 ordinateurs, fixes et portables confondus par collaborateur, et 1.2 par étudiant, le problème apparait comme criant. Nous avons ainsi cherché à évaluer la perte financière annuelle associée au suréquipement dans le cadre orange du feuillet. Le taux d'équipement cible est arbitrairement fixé à 1.1, et provient de la moyenne du benchmark GreenIT. Ce chiffre semble naturellement raisonnable, l'expérience quotidienne proposant qu'un ordinateur professionnel adapté est suffisant mais nécessaire, à l'exception de rares collaborateurs. Le taux de 1.1 résume bien ce constat.

Afin d'évaluer la perte financière, nous avons extrait, par agrégation, le prix moyen des moniteurs, laptops et unité centrales de l'inventaire EPFL. Ces données sont rappelées dans les premières colonnes, de même que leurs effectifs respectifs. Le cas des collaborateurs a été séparé des étudiants, car leur accès au matériel proposé par l'école est différent, et de plus, l'impact des laptops personnels des étudiants ayant été comptabilisé, les deux cas ne peuvent être traités suivant la même méthode. En reprenant la durée de vie des différents éléments, nous avons, sur le principe d'amortissement linéaire comptable, annualisé la valeur des équipements. Le taux d'équipement est le nombre d'ordinateurs sur l'effectif humain considéré. Cependant, nous avons dû, pour préciser l'estimation des couts, séparer les écrans des unités centrales (UC) pour les ordinateurs fixes. Ainsi, nous avons recalculé le nombre d'ordinateurs comme la moyenne des effectifs d'écrans et d'unités centrales plus le nombre de laptops. Il est indiqué dans le feuillet comme total pondéré. L'autre option aurait été de considérer que, certains ordinateurs pouvant être équipés de plusieurs écrans, mais pas de plusieurs UC, le nombre d'ordinateurs fixes est donné par le nombre d'UC. La qualité des données d'entrée n'étant pas excellente, certains appareils décommissionnés n'ayant probablement pas été sortis de l'inventaire, nous avons préféré faire une moyenne, afin de légèrement corriger ce biais. Ce choix engendre une tendance légère à la surévaluation du résultat (au maximum 0.13MCHF).

Les taux d'équipements et les quantités suivent le même principe de total pondéré afin de considérer le couple UC/écran pour les ordinateurs fixes. Le taux d'équipement actuel est obtenu par définition. Le taux d'équipement cible se fait sous l'hypothèse que la réduction du matériel doit toucher tous les types d'équipement de la même façon. Le taux cible est donc issue d'une règle de trois : le produit du taux cible global de 1.1 par la part de l'équipement dans le total. Le taux de suréquipement est la simple différence entre le taux actuel et le taux cible. Les quantités sont le produit simple du taux associé et de l'effectif de l'équipement considéré. La valeur de l'économie annuelle en cas de réduction à un niveau plus raisonnable est le produit de la quantité de suréquipement par la valeur annualisée.

Pour les étudiants, la différence réside dans le taux d'équipement en laptop, de 1 par définition, puisque les auteurs ont choisi d'attribuer cet impact à l'EPFL. De même, ce taux ne peut pas être modifié. Les taux cible sont donc simplement de 0.1 pour les composants des ordinateurs fixes.

L'économie totale annuelle potentielle est portée à 7.44 MCHF, soit 27,55% du budget IT de l'institution en 2019. Les colonnes de contrôle et validation servent

simplement à vérifier que la somme des quantités de suréquipement et quantités cible donne bien l'effectif, et que les calculs n'incluent pas d'erreur grossière.

- 2-6 Surcout électricité : L'EPFL, qui se dote d'équipement à haute efficacité énergétique, et mise beaucoup sur cette approche, devrait être en mesure d'afficher d'excellentes performances en termes de consommation électrique sous peu. Cependant, la consommation électrique par personne, liée au numérique, est presque deux fois supérieur au minimum du benchmark GreenIT, qui rassemble pourtant des organisations semblables à l'EPFL. Nous avons donc évalué le coût de l'électricité excédentaire annuellement consommée, au sens où l'EPFL devrait être arriver, par ces efforts engagés, et accompagnés par une réduction de sa consommation de matériel à un niveau raisonnable, à abaisser sa consommation électrique à ce que d'autres organisations semblables font déjà.

Pour ce faire, nous avons relevé le prix du kWh électrique dans le canton de Vaud pour des institutions de la taille de l'EPFL, sur la base des données fournies par les autorités fédérales, et calculé leur moyenne. Le prix payé par l'EPFL est confidentiel et nous n'avons pas pu y accéder. Par la suite, dans le cadre noir, nous avons simplement multiplié les consommations par personne par l'effectif de l'EPFL, déduit la quantité d'électricité « surconsommée » et le cout associé. Ce dernier s'élève à 1 MCHF.

#### 8.3.4. Périmètre et externalisation

L'étude que nous avons réalisée se base sur l'inventaire de l'EPFL très majoritairement, et les calculs de Frédéric Bordage sur ces données, suivant une méthodologie d'ACV simplifiée type screening pour 4 scénarios :

- l'EPFL dans son ensemble, avec le mix électrique de consommation suisse (nous considérons que ces résultats sont bruts) [1-1. Empreinte EPFL CH];
- l'EPFL, avec son mix électrique propre (nous considérons que ces résultats sont nets, et que l'achat d'électricité renouvelable correspond à une forme de compensation) [1-2. Empreinte EPFL] ;
- les collaborateurs de l'EPFL, avec le mix électrique de l'EPFL (résultats nets) [1-3. Empreinte EPFL staff] ;
- les étudiants de l'EPFL, avec le mix électrique de l'EPFL (résultats nets) [1-4. Empreinte EPFL étudiants] ;

Les détails sur le choix et explications quant au mix électrique sont détaillées à la section « Détail du mix électrique ». Les facteurs utilisés sont précisés au feuillet '2-2. Origines Facteurs Impact'. Des informations additionnelles sont proposées à l'annexe suivante.

- Frontières du système : Dans le modèle utilisé par Frédéric Bordage, l'impact WAN n'est pas pris en compte. Une mise à jour devrait intervenir début 2021. Et permettre une révision de cette étude à ce moment-là. À cet horizon, la parution de la nouvelle base de données NegaOctet et ces nouveaux facteurs d'impacts, alors l'état de l'art à l'échelle mondiale pourraient aussi affiner les informations.

- Critère de coupure : La fin de vie n'est pas prise en considération car elle représente une source d'impacts de second ordre.
- Externalisation : La quantité de données échangées annuellement avec le WAN en trafic entrant a été extrapolée. Les détails sont donnés dans le feuillet '2-1' et dans les annexes précédentes. Elle est ainsi évaluée à 1PB / an. Cette information est à mettre en comparaison avec les 9.5 PB de stockage disponible à l'EPFL. Cette externalisation est faible, et majoritairement due à la tradition d'excellence scientifique et à la faible confiance accordée aux infrastructures extérieures pour supporter les activités de l'école. Les freins légaux se lèvent aujourd'hui, et la tentation est grande d'externaliser les activités pour baisser artificiellement l'impact des centres de données. Toutefois, avec la mise en service du nouveau centre de données, peu d'endroits dans le monde pourront offrir un si faible impact environnemental par unité de stockage ou de calcul. Il est donc nécessaire de maintenir une très faible externalisation, et d'augmenter l'offre de services et sa qualité à l'EPFL pour garantir la pérennité de l'ensemble. Une attention particulière devra continuer d'être portée à l'externalisation, afin de ne pas effectuer de transfert de pollution.

### 8.3.5. Facteurs d'impact

Les facteurs d'impact utilisés par Frédéric Bordage proviennent majoritairement de la base de données Greenconcept, qui fait le plus consensus entre les experts du domaine. Nous aurions souhaité les porter à l'attention du lecteur mais ceux-ci sont extrêmement couteux. Nous ne pouvons donc que fournir la source, et pas les facteurs en eux-mêmes.

- 2-2. Origines Facteurs Impact : Frédéric Bordage a ainsi fourni un tableau récapitulatif pour les flux et équipements la source des facteurs d'impact, et leur année de référence. Les facteurs pour le mix électrique sont issus du travail des auteurs. Ils sont notés EPFL dans le tableau de Frédéric Bordage et détaillés dans les encarts de couleur. Les informations pour l'électricité proviennent d'ecoinvent 3. Le mix suisse est le mix de consommation, donc incluant l'import. L'EPFL achète son électricité auprès de Romande énergie SA, à hauteur de 97.5% d'hydroélectrique, et 2.5% de photovoltaïque. Nous avons ainsi reconstitué à proportion des informations de production les impacts pour le mix dit « EPFL ». Une part est labélisée Naturmade mais aucun facteur d'impact ne prend en compte cette distinction. Les impacts ont été mesurés suivant la méthode ILCD 2011 Midpoint+ v1.10. Seuls les indicateurs nécessaires ont été retenus. Ces informations ont été transmises à Frédéric Bordage et ainsi incluses dans son modèle.

Toute personne souhaitant des informations ou conseil sur les méthodes employées est invitée à contacter le Zero Emission Group : [zeroemissiongroup@epfl.ch](mailto:zeroemissiongroup@epfl.ch).

### 8.3.6. Normalisation des impacts par éco-facteurs (UBP)

Afin de pouvoir comparer entre eux les impacts sur l'environnement des différents facteurs, à savoir ADP, eau, énergie et GES, nous avons appliqué, après les calculs par Frédéric Bordage et sur les résultats finaux de l'empreinte globale, la méthode

Swiss Ecofactors 2013 développée par l'OFEV. Plus exactement, nous avons appliqués les facteurs de conversion par unité d'impact (1g de CO2 équivalent, 1g d'antimoine (Sb) équivalent, 1L d'eau et 1MJ d'énergie primaire) détaillés par la méthode. Nous n'avons fait les calculs que pour les impacts nets, soit pour le mix électrique suisse. La méthode Swiss écofactors se base notamment sur la distance des impacts environnementaux réels aux objectifs fédéraux et internationaux, ainsi que sur une normalisation par la population, la consommation et la disponibilité des ressources. Les détails sont fournis dans le document disponible dans le dossier Documentation.

Les facteurs UBP / unité d'impact sont directement issus du rapport de l'OFEV, et sont les suivants :

Catégorie d'impact	Normalisation en UBP
Tension sur l'eau	368.74 UBP par m3
Déplétion des ressources abiotiques	1'100 UBP par g Sb éq
Déplétion des ressources énergétiques	3.4 UBP par MJ EP
Emissions de GES	0.46 UBP par g éq CO2

La valeur pour l'eau dépend du lieu d'usage. Il s'agit de la prise en compte d'un phénomène simple : consommer un litre d'eau en Afrique saharienne n'a pas le même impact sur la ressource que consommer un litre d'eau en Suisse. Pour obtenir une valeur la plus exacte possible à partir des deux facteurs à notre disposition (23 UBP par m3 en Suisse, 609 UBP par m3 dans l'OCDE), nous avons repris le rapport usage/production pour l'impact sur l'eau (41%-59%) et considéré que la consommation d'eau due à l'usage avait lieu en Suisse, alors que le reste avait lieu dans l'OCDE. Quoique simpliste, cette hypothèse permet de préciser le résultat, dans la limite des informations disponibles. Le facteur corrigé est donc de  $23 * 0.41 + 609 * 0.59 = 368.74$  UBP par m3.

La multiplication des facteurs par les résultats, les ajustements d'unités et le calcul des parts relatives est effectué dans les cellules J43 à L49 du feuillet '1-1. Empreinte EPFL CH'. Les équivalences en vols Paris/New York ou en voitures sur leur cycle de vie sont issues des chiffres de l'Ademe.

## 8.4. Résultats complémentaires

Les données suivantes sont fournies brutes, sans analyse détaillées.

### 8.4.1. Répartition par domaine : données chiffrées

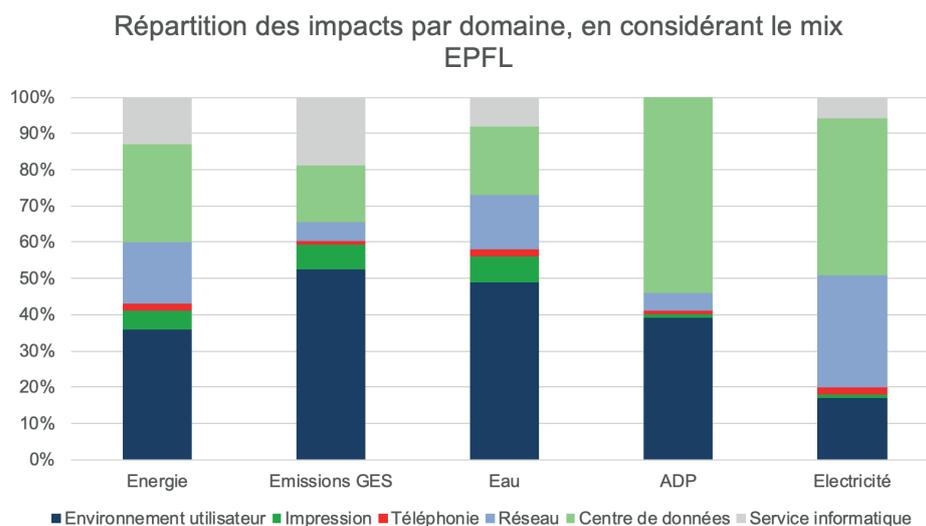
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	751	141	1 593	0,0066	148
Impression	104	18	221	0,0003	11
Téléphonie	34	3	63	0,0001	17
Réseau	361	13	492	0,0008	273
Centre de données	553	42	637	0,0093	373
Service informatique (m2 IT + kms collab)	262	4	265	-	49
	2 064	221	3 271	0,0171	872

Tableau 6 : Répartition par domaine en considérant le mix EPFL

Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	954	160	1 598	0,0068	148
Impression	119	19	221	0,0003	11
Téléphonie	57	5	63	0,0001	17
Réseau	734	46	501	0,0013	273
Centre de données	1 063	88	650	0,0200	373
Service informatique (m2 IT + kms collab)	329	4	265	-	49
	3 256	323	3 299	0,0286	872

Tableau 7: Répartition par domaine en considérant le mix suisse

### 8.4.2. Répartition de l'empreinte environnementale en considérant le mix EPFL

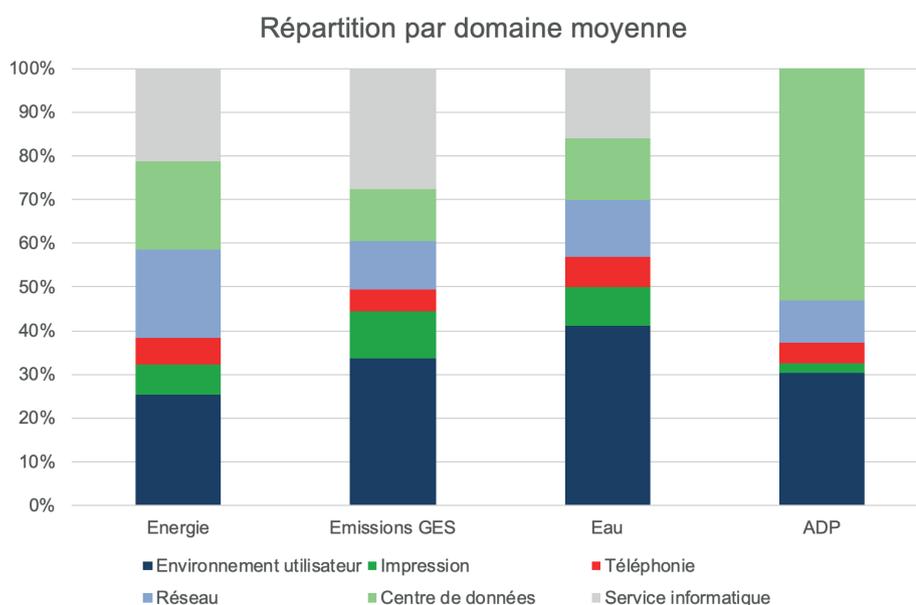


**Répartition moyenne : données chiffrées**

Cette sous-section présente l'impact moyen de chacun de ces domaines dans les institutions auditées par GreenIT, ainsi que la répartition moyenne qui en découle.

Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	913	172	1 875	0,0052	164
Impression	254	48	394	0,0004	35
Téléphonie	239	23	288	0,0006	82
Réseau	767	64	627	0,0016	346
Centre de données	746	64	657	0,0079	311
Service informatique (m2 IT + kms collab)	861	11	760	-	132
	3 780	381	4 601	0,0157	1 069

Tableau 8 : Répartition par domaine moyenne des institutions auditées par GreenIT



Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	4%	-7%	-15%	30%	-10%
Impression	-53%	-59%	-44%	-30%	-67%
Téléphonie	-76%	-77%	-78%	-78%	-79%
Réseau	-4%	-27%	-20%	-18%	-21%
Centre de données	43%	36%	-1%	155%	20%
Service informatique	-62%	-63%	-65%	-	-63%

Tableau 9 : Ecart à la répartition moyenne en valeur absolue (mix CH)

Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP
Environnement utilisateur	4%	8%	7%	-16%
Impression	-4%	-6%	-3%	-2%
Téléphonie	-4%	-3%	-5%	-5%
Réseau	3%	2%	2%	-8%
Centre de données	13%	11%	6%	34%
Service informatique	-11%	-13%	-8%	0%

Tableau 10 : Ecart à la répartition moyenne (pourcentage) (mix CH)

Ecart par rapport à la répartition moyenne, en considérant le mix EPFL

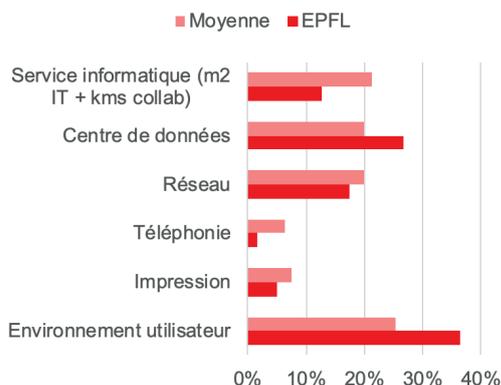
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	-18%	-18%	-15%	26%	-10%
Impression	-59%	-62%	-44%	-35%	-67%
Téléphonie	-86%	-86%	-78%	-82%	-79%
Réseau	-53%	-80%	-22%	-47%	-21%
Centre de données	-26%	-35%	-3%	18%	20%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-70%	-63%	-65%	-	-63%

Tableau 11 : Ecart à la répartition moyenne en valeur absolue (mix EPFL)

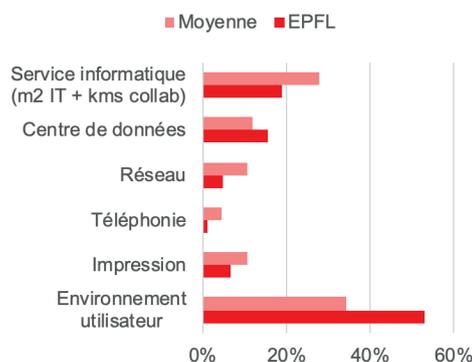
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP
Environnement utilisateur	11%	18%	7%	-2%
Impression	-2%	-4%	-2%	-2%
Téléphonie	-5%	-3%	-5%	-5%
Réseau	-2%	-6%	2%	-8%
Centre de données	7%	4%	6%	18%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-9%	-9%	-8%	0%

Tableau 12 : Ecart à la répartition moyenne (mix EPFL)

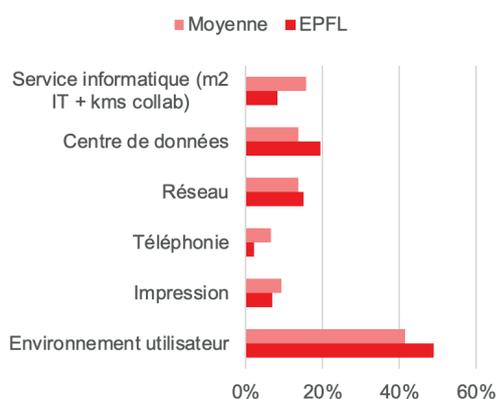
Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'énergie (mix EPFL)



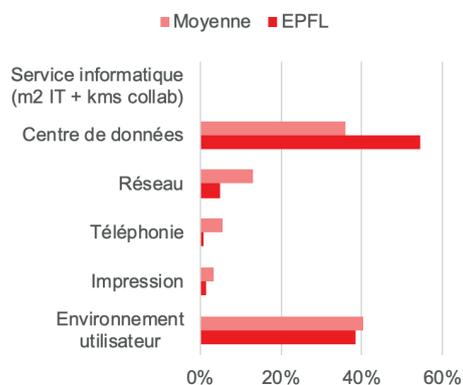
Ecart par rapport à la répartition moyenne de GES (mix EPFL)



## Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'eau (mix EPFL)



## Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'ADP (mix EPFL)



### Maturité : données chiffrées

Maturité	Domaine	Score	% du potentiel	Score moyen
1. Démarches transversales	1. Achats responsables	32	53%	52%
1. Démarches transversales	2. Durée de vie et fin de vie	48	69%	67%
1. Démarches transversales	3. Gouvernance	27	25%	45%
2. Utilisateur	4. Poste de travail	36	48%	54%
2. Utilisateur	5. Téléphonie	12	27%	53%
2. Utilisateur	6. Impression	62	54%	58%
2. Utilisateur	7. Outils et usages du poste de travail	17	31%	52%
3. Entreprise	8. Logiciels	18	40%	55%
3. Entreprise	9. Services numériques et applications métier	29	53%	46%
3. Entreprise	10. Centres informatiques	97	55%	64%
	Indice global de maturité	378	47%	56%

Tableau 13 : Evaluation de la maturité des processus

**Empreinte partielle des collaborateurs**  
**Empreinte globale des collaborateurs**

Empreinte globale	TOTAL	Par utilisateur EPFL	Unité	Min	Moyenne	Max
Epuisement énergie (énergie)	68 614 078	11185	MJ EP	9047	19660	43150
Changement climatique (GES)	2 812 614	459	kg eq. CO2	332	793	2 340
Tension sur l'eau (Eau verte et bleue)	40 573 826	6 615	litres	3 908	11 442	28 816
Epuis. Ressources (ADP)	157	0,026	kg eq. Sb	0,0085	0,0204	0,0623

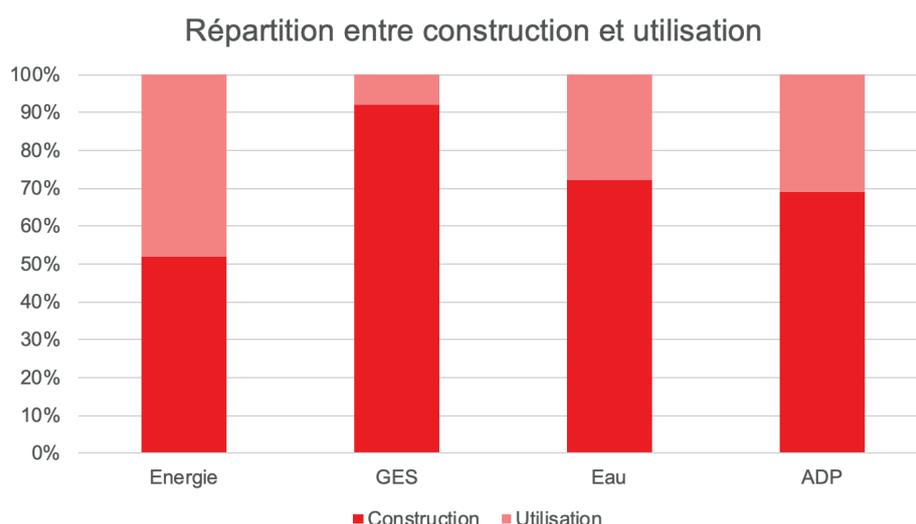
Tableau 14 : Empreinte globale des collaborateurs

**Flux de déchets des collaborateurs**

Flux	TOTAL	Par utilisateur EPFL	Unité	Min	Moyenne	Max
DEEE	62	10,1	kg	0,1	2,4	5,8
Déchets papier	46	7,6	kg	1	14	33
Electricité	6 696 039	1 092	kWh EF	449	1 069	2 089

Tableau 15 : Flux des déchets et de l'électricité des collaborateurs

**Répartition construction/utilisation du matériel des collaborateurs**



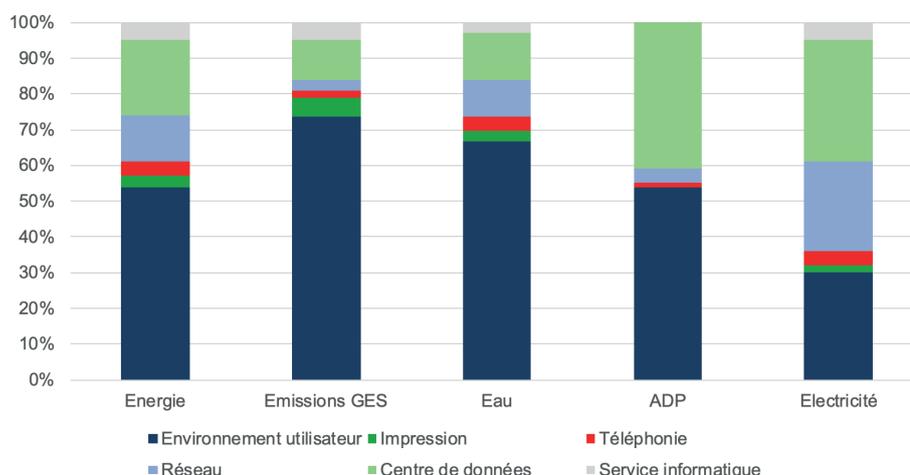
Répartition des impacts des collaborateurs par domaine et comparaison à la moyenne

*Répartition des impacts des collaborateurs*

Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	1 439	283	3 117	0,0122	324
Impression	87	21	161	0,0001	24
Téléphonie	98	9	180	0,0003	49
Réseau	361	13	492	0,0008	273
Centre de données	553	42	637	0,0093	373
Service informatique (m2 IT + kms collab)	136	4	160	-	49
	2 674	371	4 748	0,0228	1 092

Tableau 16 : Répartition des impacts en valeur absolue

Répartition des impacts par domaine



*Ecart à la moyenne des collaborateurs*

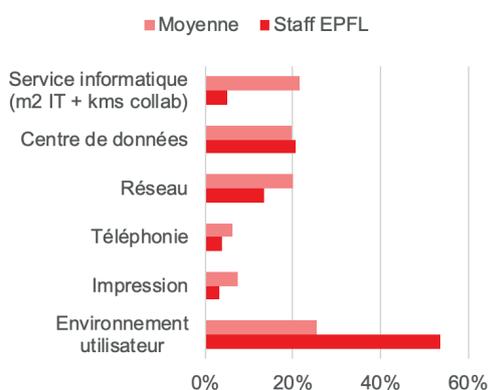
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP
Environnement utilisateur	29%	39%	24%	13%
Impression	-4%	-5%	-6%	-3%
Téléphonie	-3%	-2%	-3%	-4%
Réseau	-6%	-7%	-3%	-9%
Centre de données	1%	-1%	0%	5%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-16%	-23%	-12%	0%

Tableau 17 : Ecart à la moyenne

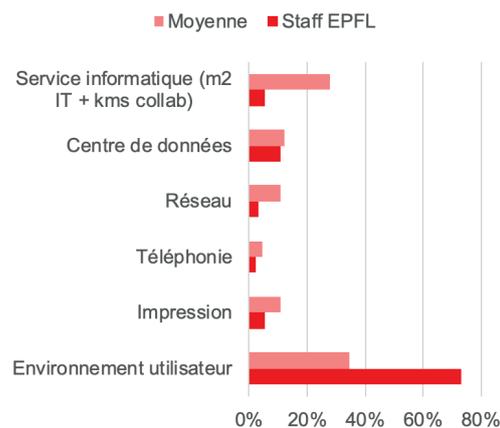
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	58%	65%	66%	133%	97%
Impression	-66%	-56%	-59%	-72%	-30%
Téléphonie	-59%	-61%	-38%	-50%	-41%
Réseau	-53%	-80%	-22%	-47%	-21%
Centre de données	-26%	-35%	-3%	18%	20%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-84%	-63%	-79%	-	-63%

Tableau 18 : Ecart à la moyenne en valeur absolue

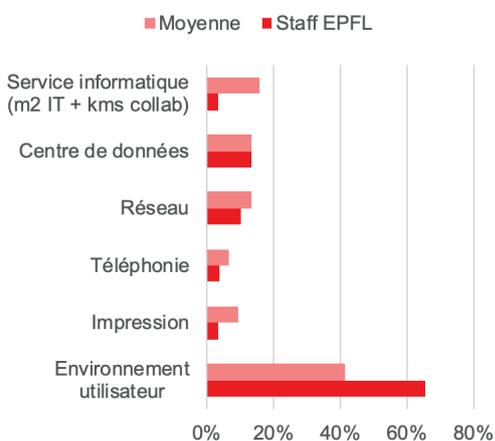
### Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'énergie



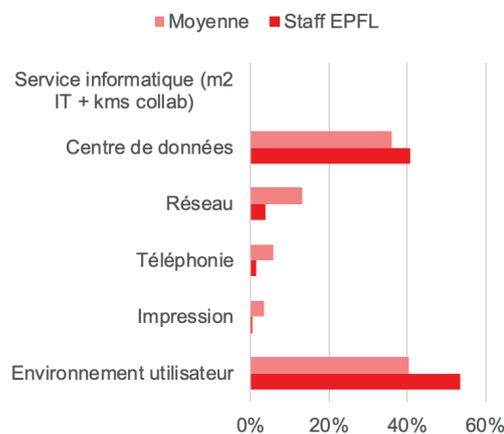
### Ecart par rapport à la répartition moyenne de GES



### Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'eau



### Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'ADP



**Empreinte des étudiants**  
*Empreinte globale des étudiants*

Empreinte globale	TOTAL	Par utilisateur EPFL	Unité	Min	Moyenne	Max
Epuisement énergie (énergie)	87 528 431	7 646	MJ EP	9 047	19 660	43 150
Changement climatique (GES)	2 692 500	235	kg eq. CO2	332	793	2 340
Tension sur l'eau (Eau verte et bleue)	58 231 086	5 086	litres	3 908	11 442	28 816
Epuis. Ressources (ADP)	189	0,017	kg eq. Sb	0,0085	0,0204	0,0623

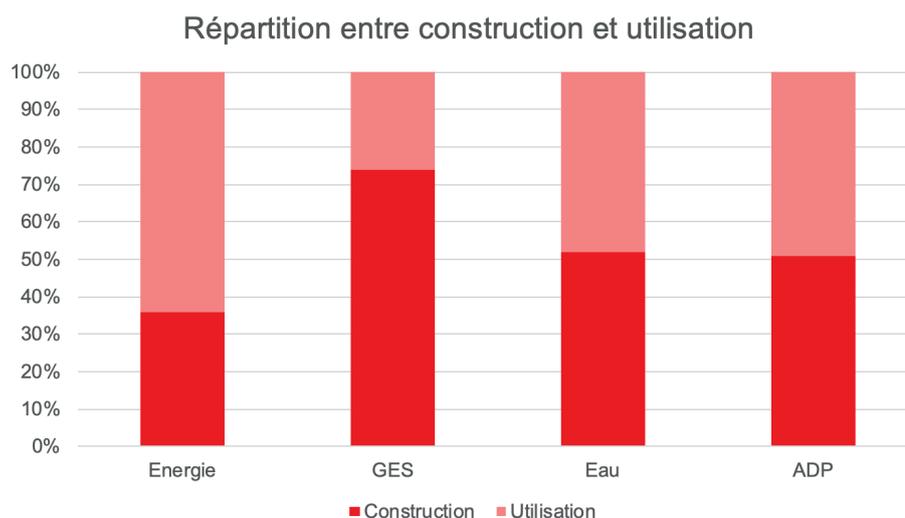
Tableau 19 : Empreinte globale des étudiants

*Flux des déchets des étudiants*

Flux	TOTAL	Par utilisateur EPFL	Unité	Min	Moyenne	Max
DEEE	0	0,0	kg	0,1	2,4	5,8
Déchets papier	86	7,6	kg	1	14	33
Electricité	8 630 567	754	kWh EF	449	1 069	2 089

Tableau 20 : Flux des déchets et de l'électricité des étudiants

*Répartition entre construction et utilisation du matériel des étudiants*

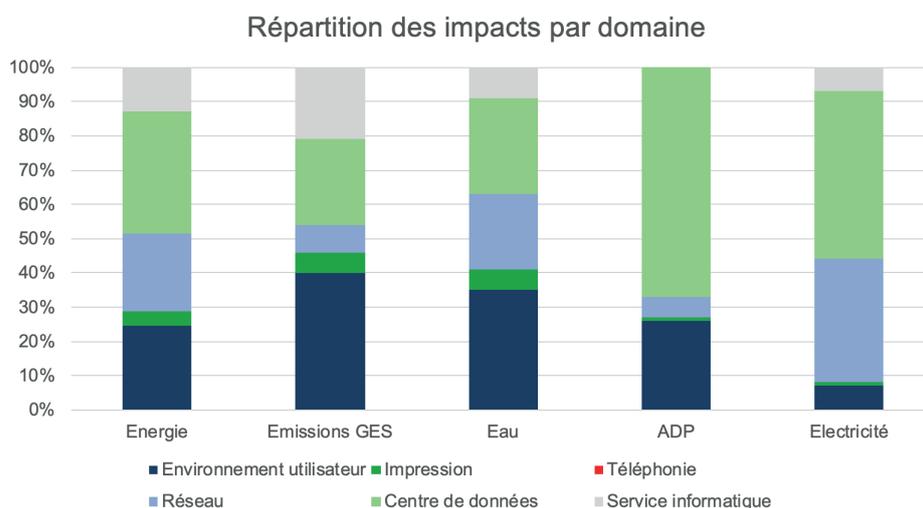


Répartition des impacts des étudiants par domaine et comparaison à la moyenne

Répartition des impacts par domaine des étudiants

Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	1 439	283	3 117	0,0122	324
Impression	87	21	161	0,0001	24
Téléphonie	98	9	180	0,0003	49
Réseau	361	13	492	0,0008	273
Centre de données	553	42	637	0,0093	373
Service informatique (m2 IT + kms collab)	136	4	160	-	49
	2 674	371	4 748	0,0228	1 092

Tableau 21 : Répartition des impacts par domaine



Ecarts à la moyenne des étudiants

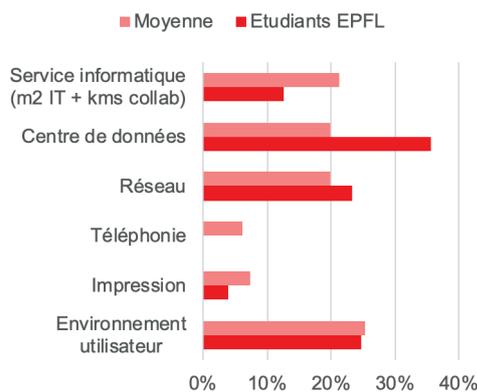
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP
Environnement utilisateur	-1%	6%	-7%	-15%
Impression	-4%	-5%	-4%	-2%
Téléphonie	-6%	-5%	-7%	-6%
Réseau	3%	-3%	8%	-7%
Centre de données	16%	13%	15%	31%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-9%	-7%	-6%	0%

Tableau 22 : Ecart à la moyenne

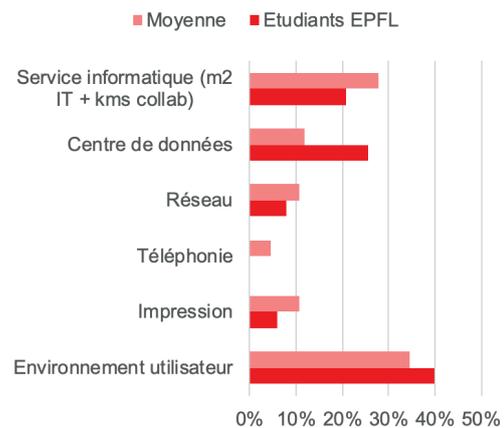
Répartition / domaine	Energie	GES	Eau	ADP	Elec
Environnement utilisateur	-58%	-62%	-59%	-32%	-67%
Impression	-76%	-80%	-67%	-58%	-87%
Téléphonie	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%
Réseau	-53%	-80%	-22%	-47%	-21%
Centre de données	-26%	-35%	-3%	18%	20%
Service informatique (m2 IT + kms collab)	-77%	-63%	-72%	-	-63%

Tableau 23 : Ecart à la moyenne en valeur absolue

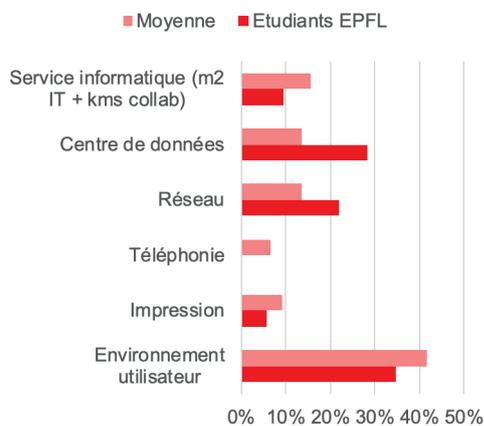
Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'énergie



Ecart par rapport à la répartition moyenne de GES



Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'eau



Ecart par rapport à la répartition moyenne de l'ADP

