

# IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE

Anne-Cécile Orgerie

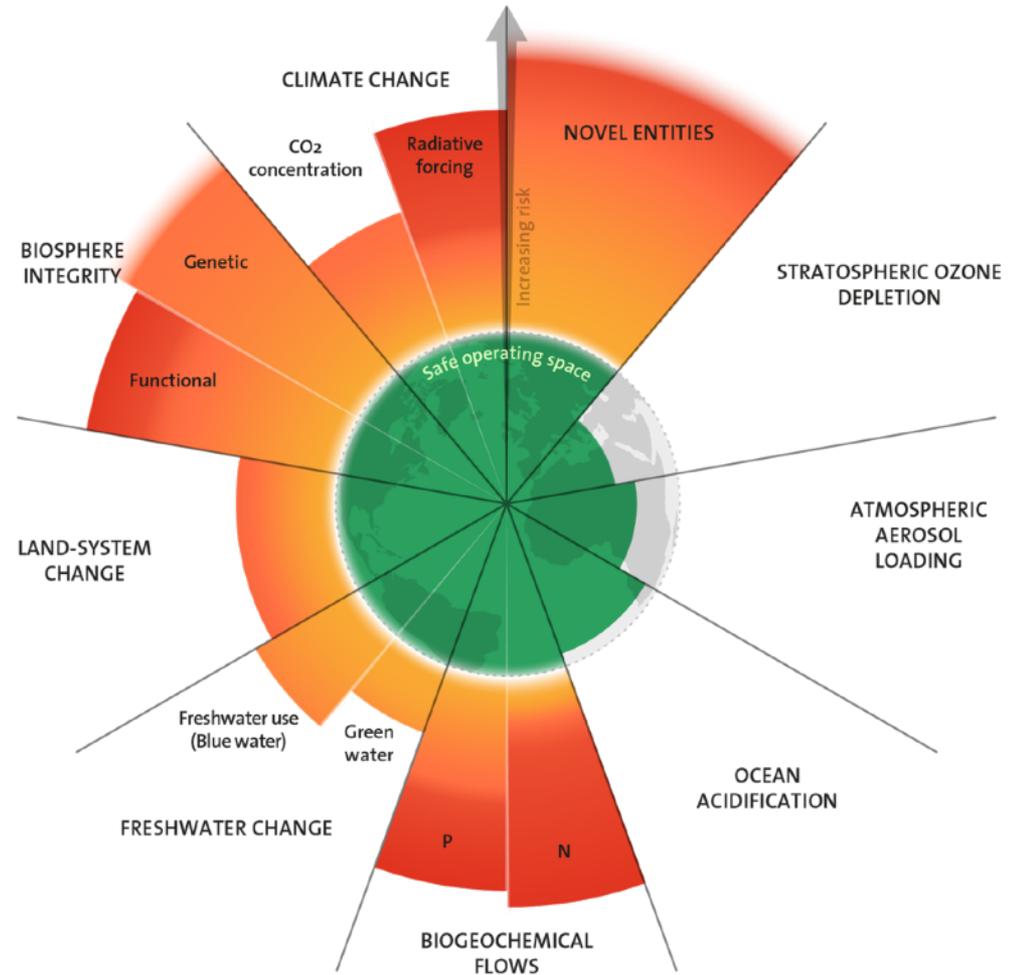
*Journée enseignement SIF  
28 mai 2025, Paris*



# Contexte

## Crise climatique

- Limites planétaires
- Niveau de vie décent et équitable



Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Richardson et al., 2023.

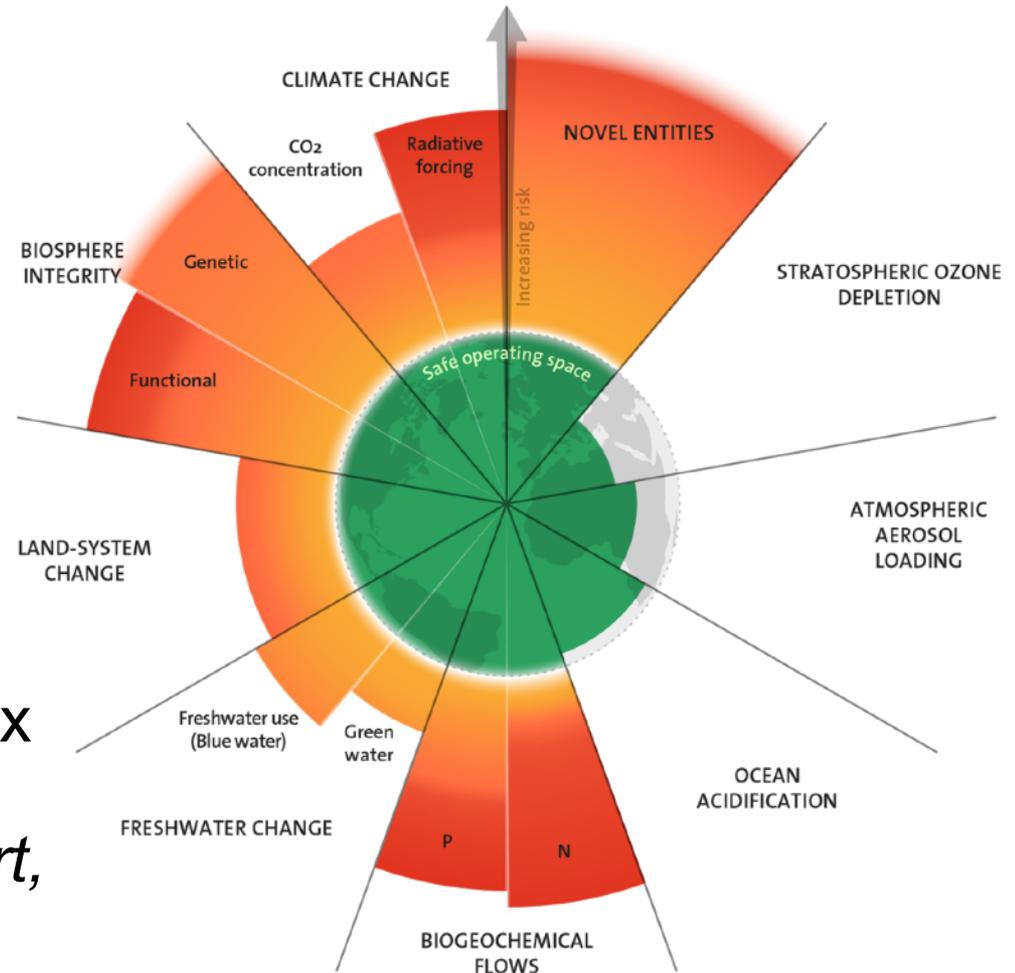
# Contexte

## Crise climatique

- Limites planétaires
- Niveau de vie décent et équitable

## Numérique

- Souvent présenté comme faisant partie de la **solution** aux problèmes climatiques (optimisations, systèmes *smart*, modélisation du climat, etc.)
- Mais fait assurément partie du **problème**



Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Richardson et al., 2023.

# Mon contexte scientifique

- **Comprendre**
- Consommation énergétique
- Systèmes distribués à large échelle
- Parties calcul et communication
- En phase usage



© Léa Castor / INS2I

Commencé il y a quelques années avec le *Grid computing*...

# Empreinte carbone

**Quelle est la part du numérique dans l'empreinte carbone mondiale ?**

- 2,1%
- 3,9%
- 8,6%
- 15,2%

# Empreinte carbone

**Quelle est la part du numérique dans l'empreinte carbone mondiale ?**

**2,1 à 3,9% en 2021** (1,2 à 2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq)

# Empreinte carbone

**Quelle est la part du numérique dans l’empreinte carbone mondiale ?**

**2,1 à 3,9% en 2021** (1,2 à 2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq)

Prévisions : +6% à 10% par an

*“The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations”, C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. Blair, A. Friday, Patterns, 2021.*

# Empreinte carbone

**Quelle est la part du numérique dans l’empreinte carbone mondiale ?**

**2,1 à 3,9% en 2021** (1,2 à 2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq)

Prévisions : +6% à 10% par an

*“The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations”, C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. Blair, A. Friday, Patterns, 2021.*

**Quelle est la part de l’aviation civile dans l’empreinte carbone mondiale ?**

# Empreinte carbone

**Quelle est la part du numérique dans l’empreinte carbone mondiale ?**

**2,1 à 3,9% en 2021** (1,2 à 2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq)

Prévisions : +6% à 10% par an

*“The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations”, C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. Blair, A. Friday, Patterns, 2021.*

**Quelle est la part de l’aviation civile dans l’empreinte carbone mondiale ?**

**2,4% en 2018**

*“Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, P. Jaramillo et al, IPCC 2022.*

# Empreinte carbone ?

- Exprimée en **g CO<sub>2</sub>e**: poids de CO<sub>2</sub>e
- Gaz à effet de serre: dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), ozone troposphérique (O<sub>3</sub>), halocarbures...
- CO<sub>2</sub>e calculé avec le potentiel de réchauffement global : ratio entre le pouvoir réchauffant d'un sur le pouvoir réchauffant de la même masse de CO<sub>2</sub> sur 100 ans



[Source: Maribor, Slovenia  
<https://www.interregeurope.eu/intensify/news/news-article/10745/what-1-tonne-of-co2-looks-like/>]

# Consommation électrique

**Quelle est la part du numérique dans la consommation électrique française ?**

- 2%
- 5%
- 8%
- 11%

# Consommation électrique

**Quelle est la part du numérique dans la consommation électrique française ?**

# Consommation électrique

**Quelle est la part du numérique dans la consommation électrique française ?**

**11% en 2020** (52 TWh)

→ Prévisions : 93 TWh en 2050 (+79%)

*“Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France et analyse prospective”*, rapport ADEME – ARCEP, 2022.

# Consommation électrique

**Quelle est la part du numérique dans la consommation électrique française ?**

**11% en 2020** (52 TWh)

→ Prévisions : 93 TWh en 2050 (+79%)

*“Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France et analyse prospective”*, rapport ADEME – ARCEP, 2022.

→ 65 TWh en 2020 en tenant compte des centres de calcul à l’étranger

*“Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France”*, rapport ADEME – ARCEP, 2025.

# Consommation électrique

**Quelle est la part du numérique dans la consommation électrique française ?**

**11% en 2020** (52 TWh)

→ Prévisions : 93 TWh en 2050 (+79%)

*“Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France et analyse prospective”*, rapport ADEME – ARCEP, 2022.

→ 65 TWh en 2020 en tenant compte des centres de calcul à l’étranger

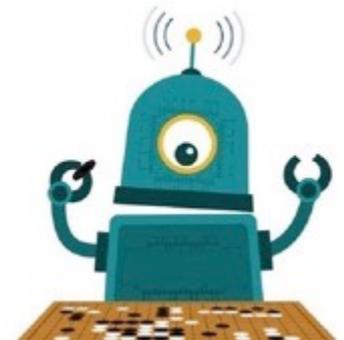
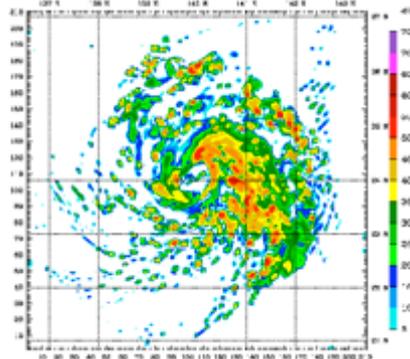
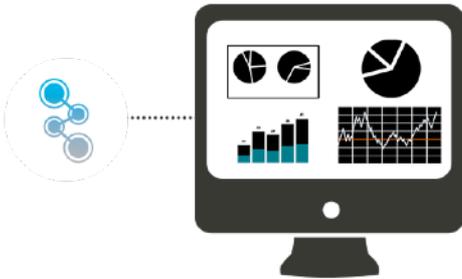
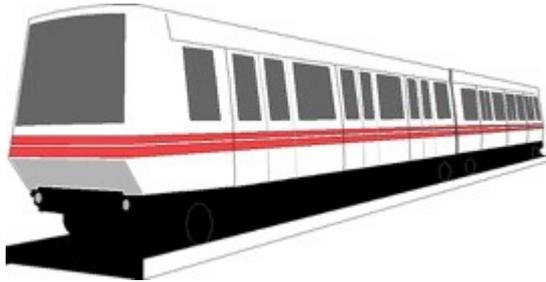
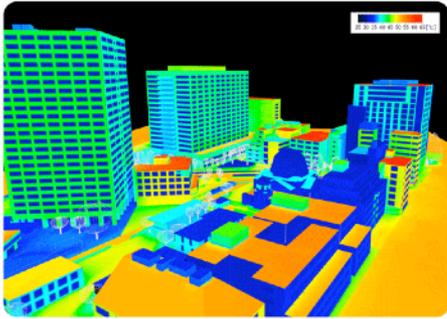
*“Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France”*, rapport ADEME – ARCEP, 2025.

**Consommation électrique mondiale : 22,848 TWh en 2019**

→ +1,7% par rapport à l’année précédente

<https://www.iea.org/reports/electricity-information-overview/electricity-consumption#>

# Calculer au 21<sup>ème</sup> siècle?



**STIC** : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

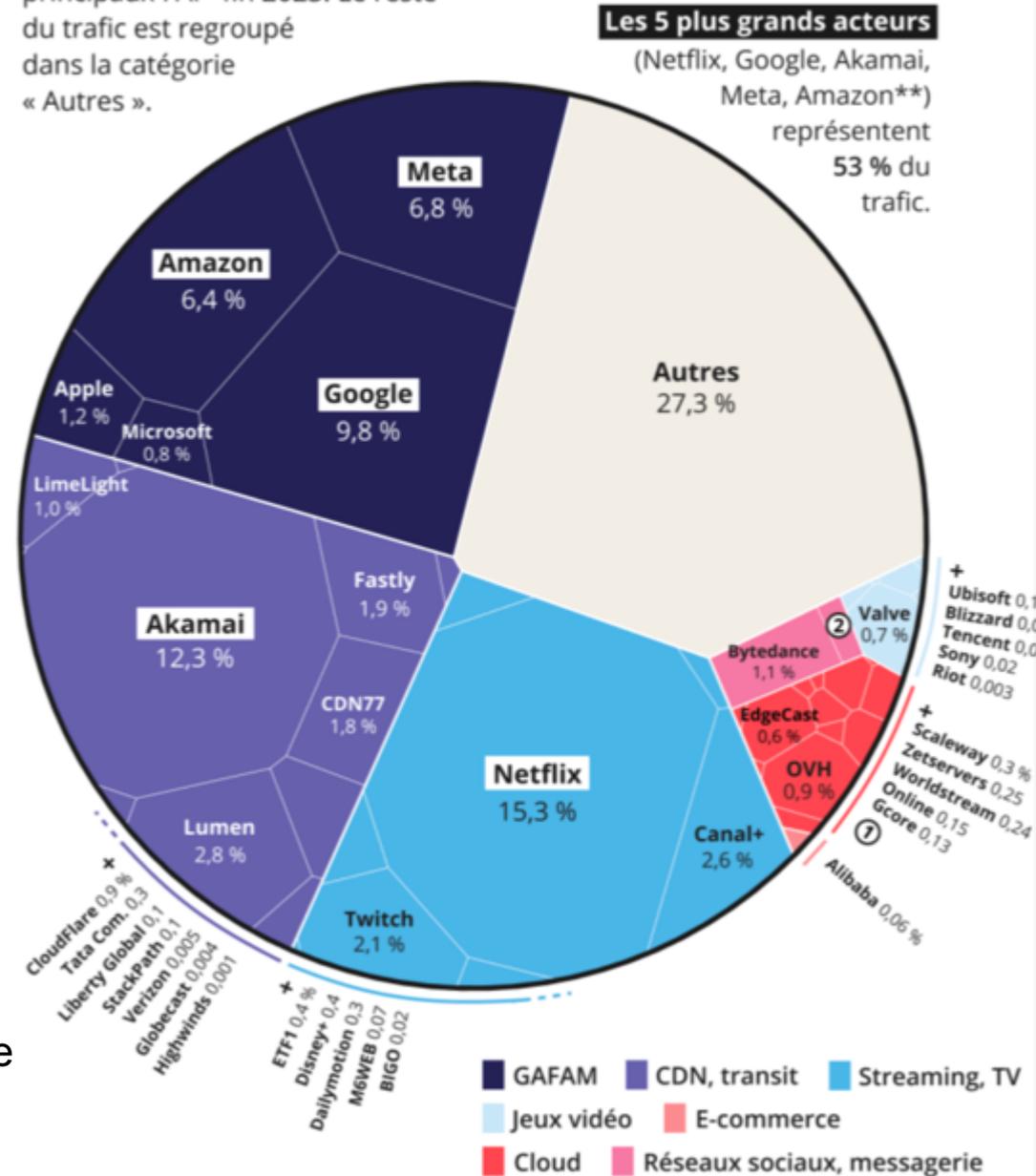
# Internet en France

- 53% du trafic: Netflix, Google, Akamai, Meta, Amazon
- Part importante due au streaming video

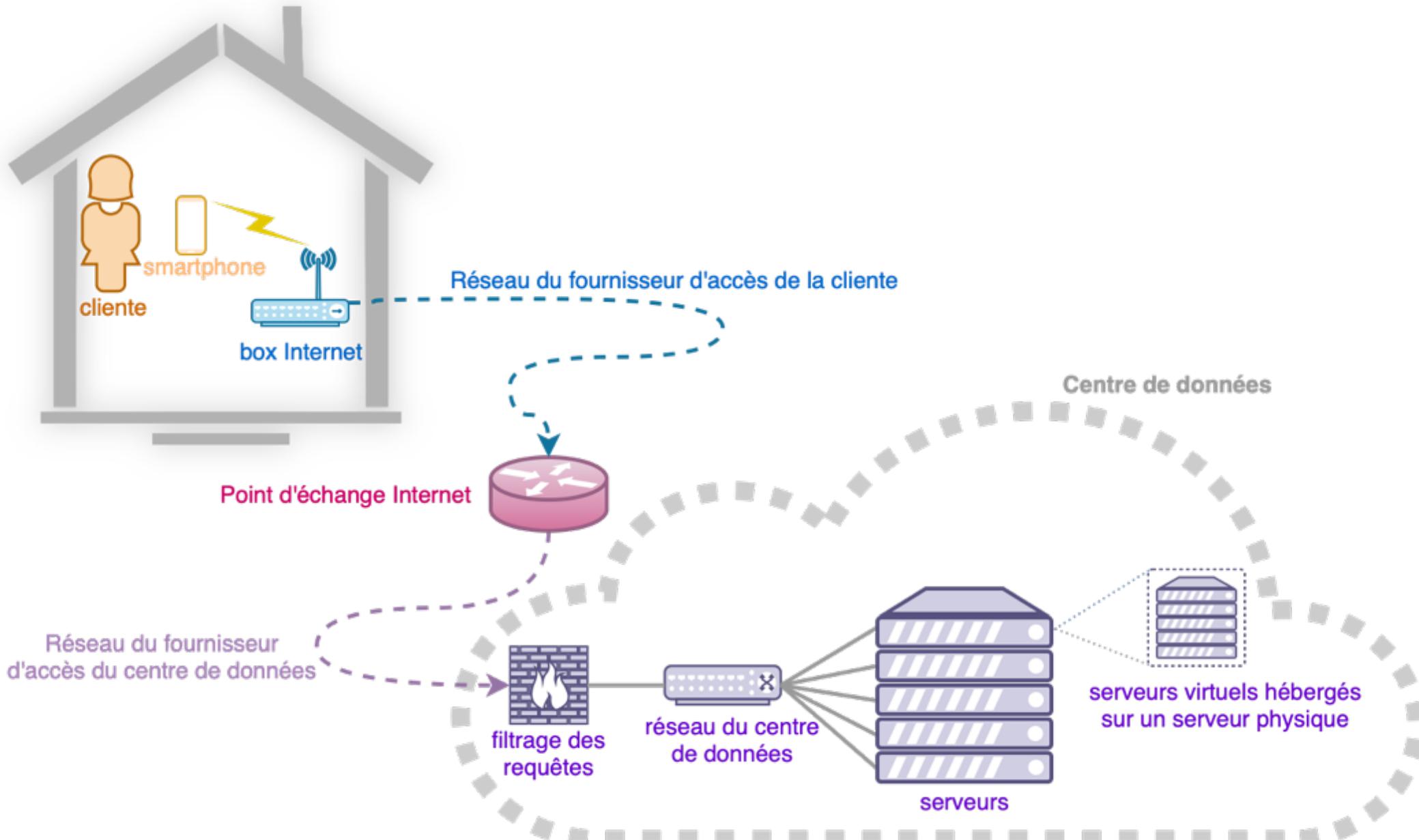
[Source: L'état de l'internet en France – tome 3, rapport ARCEP, 2024]

## DÉCOMPOSITION SELON L'ORIGINE DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2023)

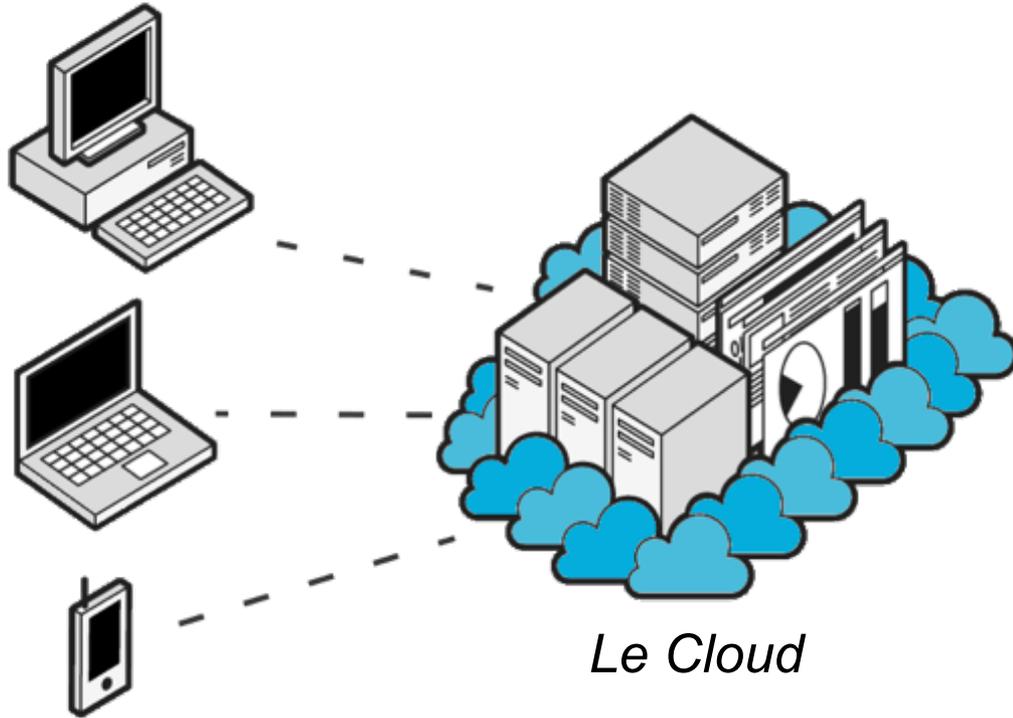
Pourcentage du trafic entrant au point d'interconnexion de 47 acteurs liés au transport ou à la production de contenu déclarés par les principaux FAI\* fin 2023. Le reste du trafic est regroupé dans la catégorie « Autres ».



# Quand utilise-t-on le cloud ?

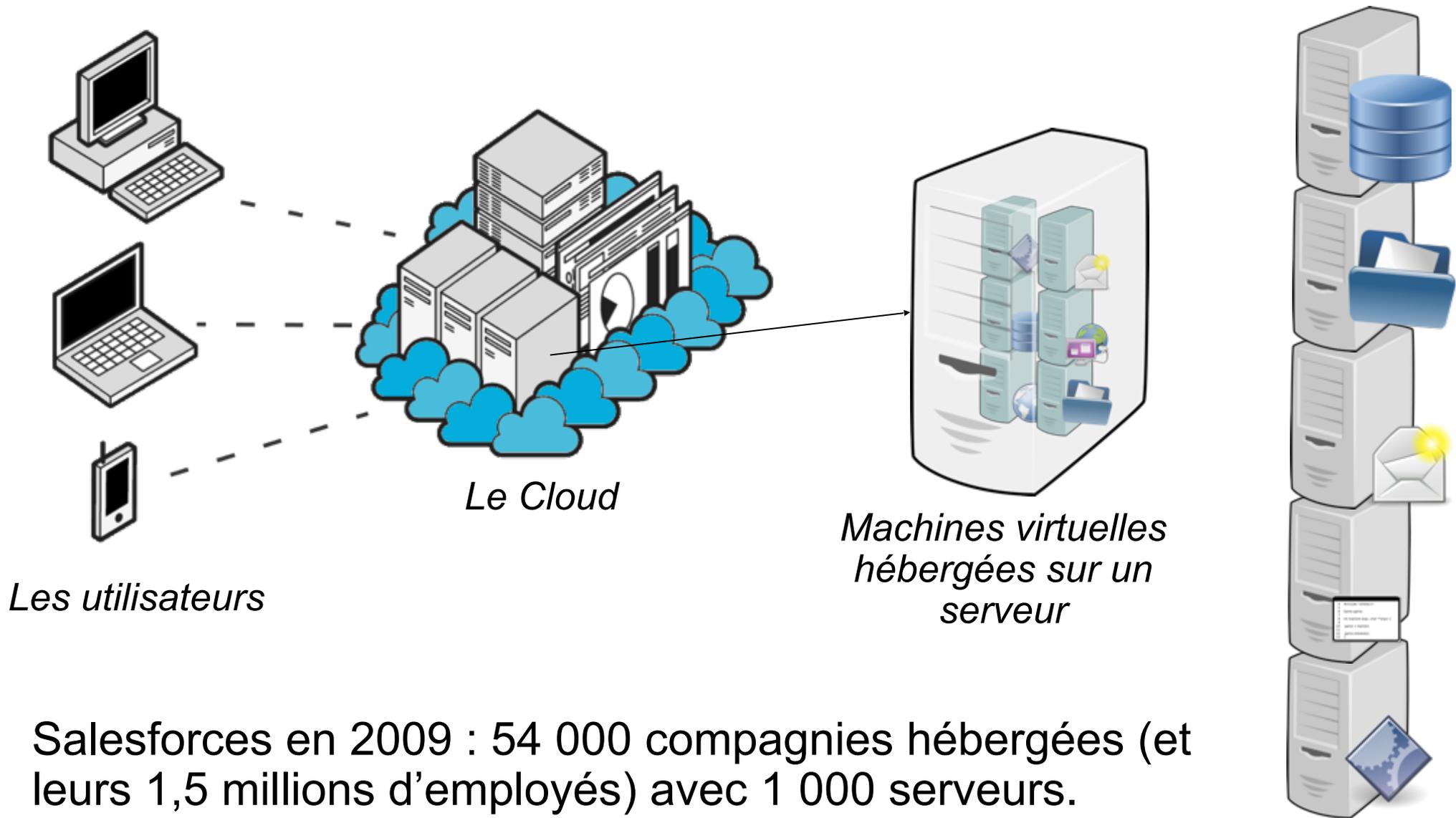


# Le Cloud : des ressources virtuelles



*Les utilisateurs*

# Le Cloud : des ressources virtuelles



Salesforces en 2009 : 54 000 compagnies hébergées (et leurs 1,5 millions d'employés) avec 1 000 serveurs.

[Source : <https://techcrunch.com/2009/03/23/the-efficient-cloud-all-of-salesforce-runs-on-only-1000-servers>]

# Un Cloud



# Centre de calcul de Google



Dalles, Oregon

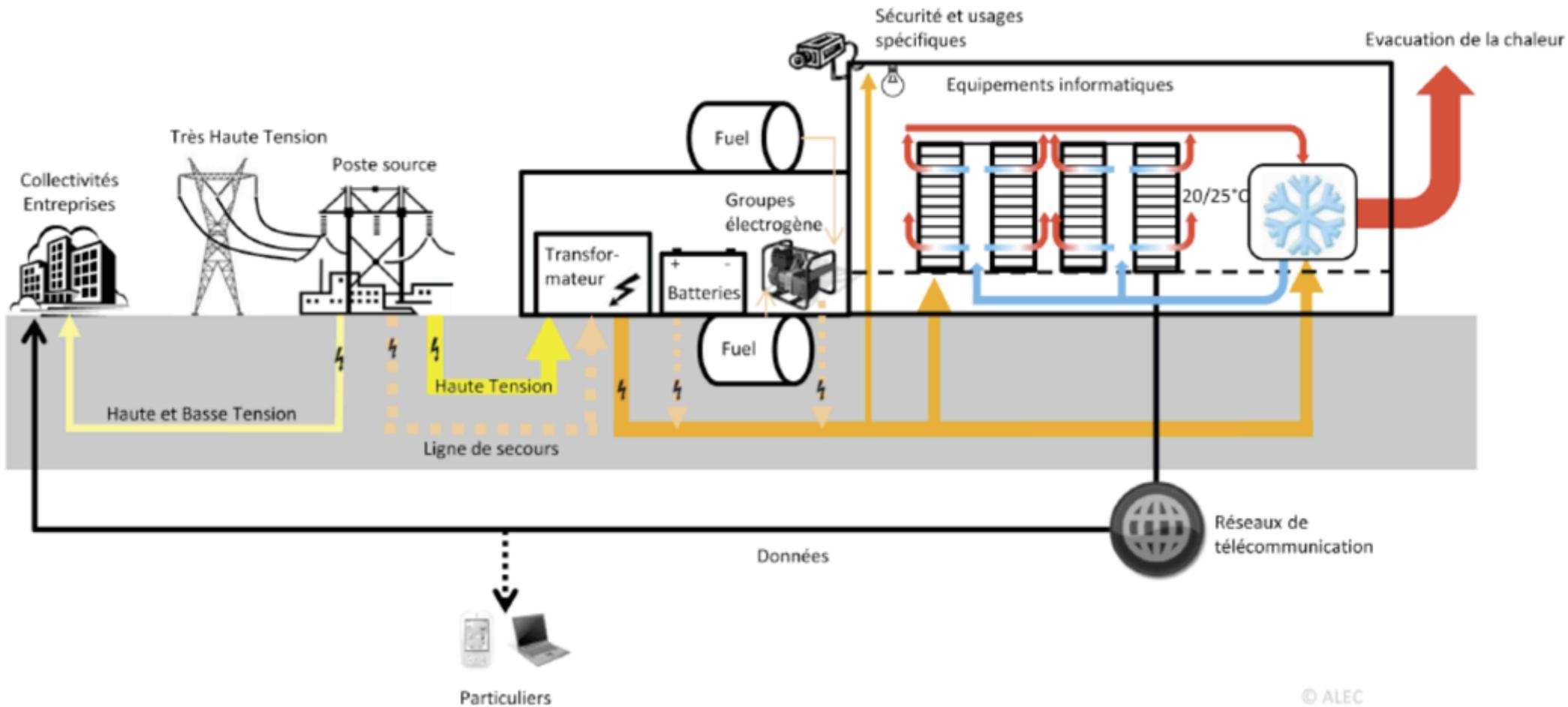
11,5 terrains de football

100 MWatts

100 000 serveurs

[Source : <https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/>]

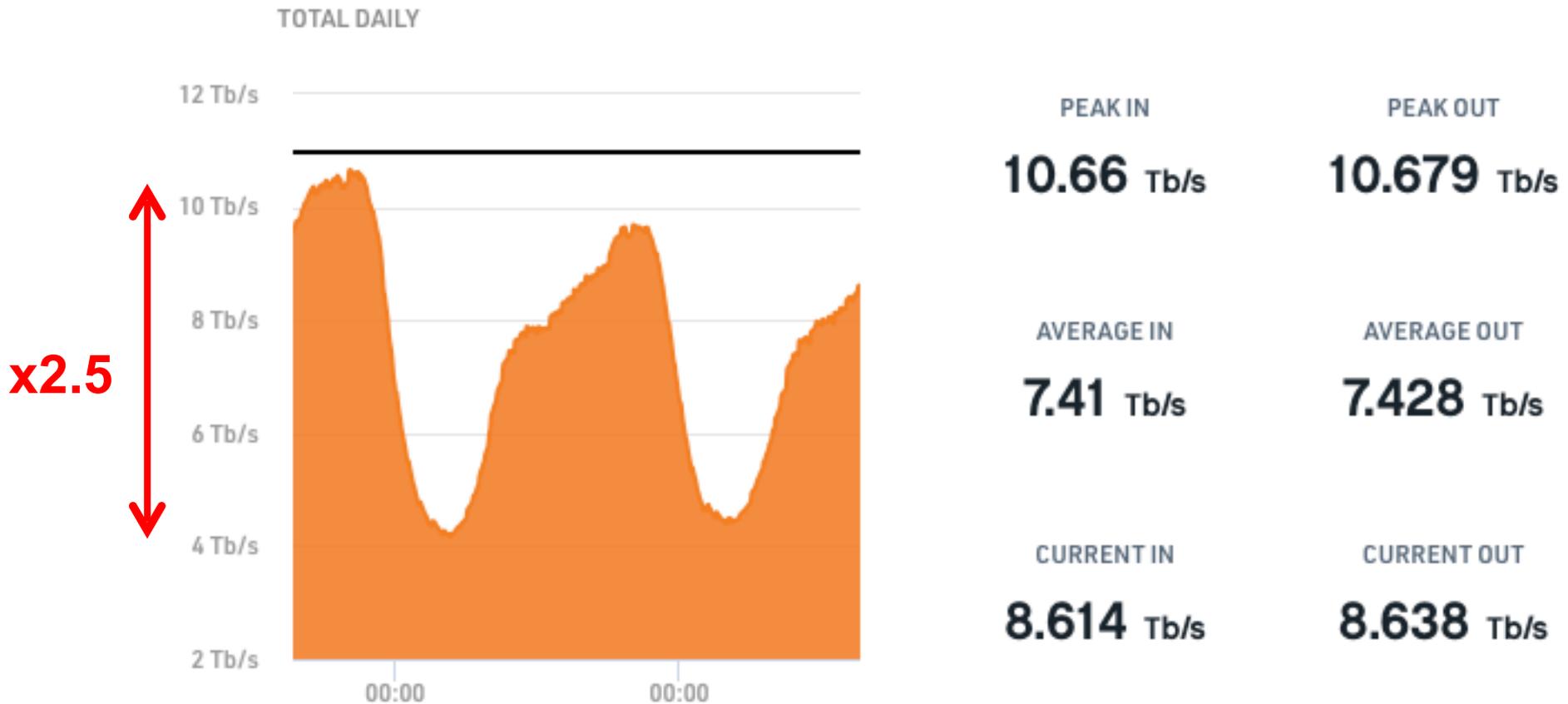
# Aperçu d'un centre de calcul



[Source : <http://www.alec-plaine.co.org/wp-content/uploads/2013/10/ALEC-Plaine-Commune-2013-Les-data-centers-sur-Plaine-Commune.pdf>]

Anne-Cécile Orgerie

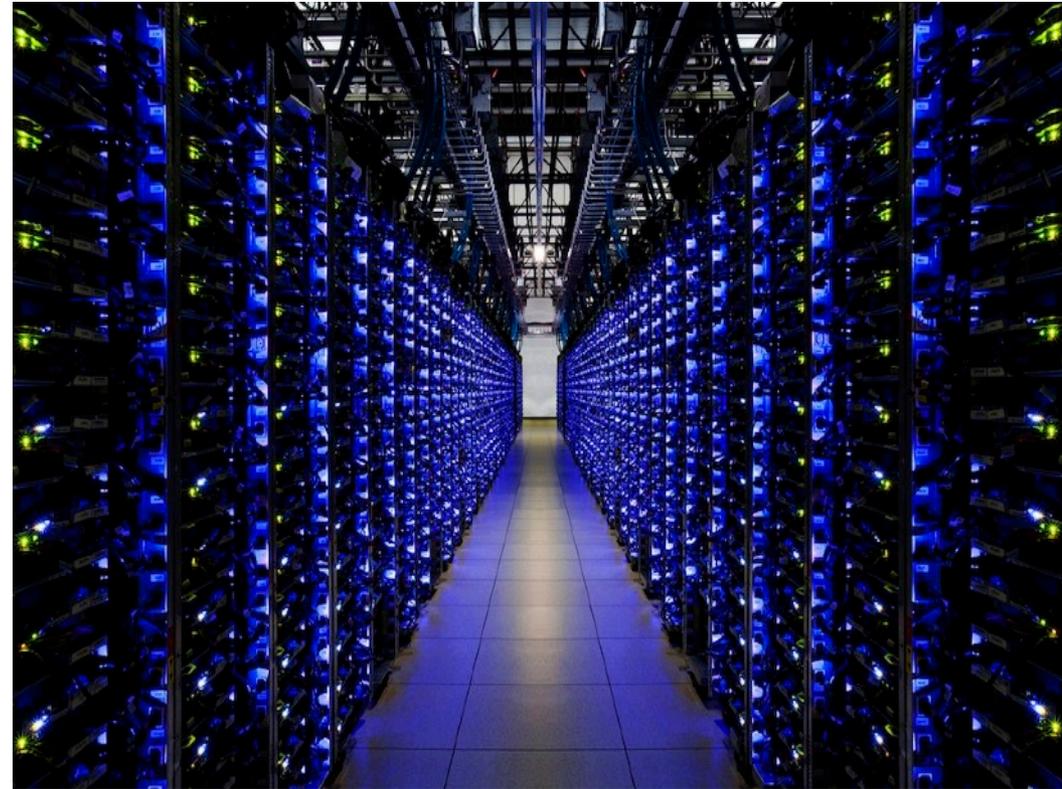
# Dimensionnement pour les pics d'usage



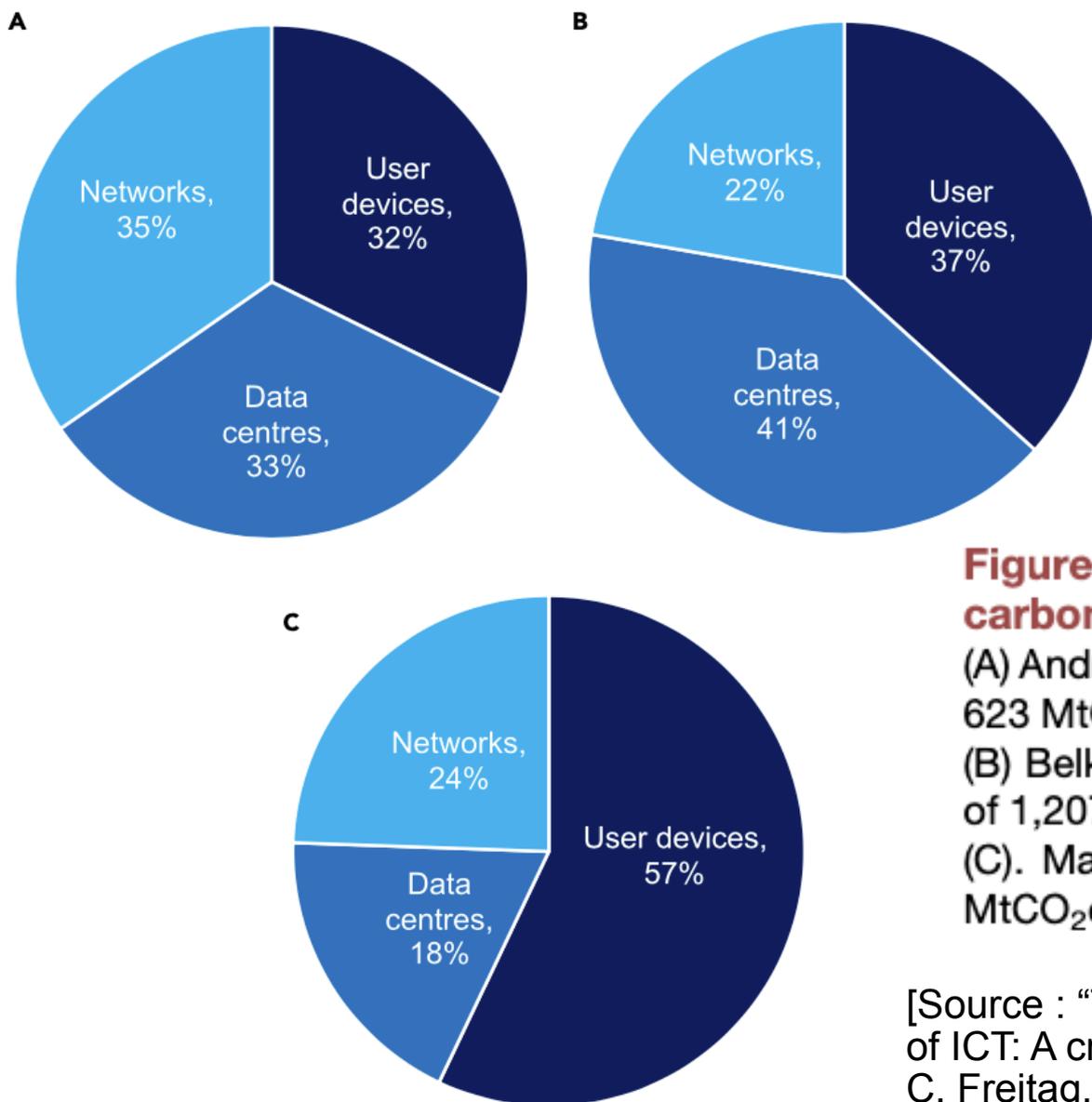
*Trafic agrégé sur l'ensemble des ports réseaux du point d'échange Internet d'Amsterdam (AMS-IX) le 8 février 2022.*

[Source : <https://www.ams-ix.net/ams>]

# Quelle partie consomme le plus ?



# Distribution de la consommation énergétique



**Figure 3. Proportional breakdown of ICT's carbon footprint, excluding TV**

(A) Andrae and Edler (2015): 2020 best case (total of 623 MtCO<sub>2</sub>e).

(B) Belkhir and Elmeligi (2018): 2020 average (total of 1,207 MtCO<sub>2</sub>e).

(C). Malmmodin (2020): 2020 estimate (total of 690 MtCO<sub>2</sub>e).

[Source : "The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations", C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. Blair, A. Friday, Patterns, 2021.]

# Fausse idée #0

*Le Cloud est neutre en carbone.*

**FACEBOOK**  
Sustainability

## Net Zero

reached net zero in operational GHG emissions

In 2020, we achieved net zero emissions in our operations by reducing emissions by 94 percent\* and supporting carbon removal projects.

\*from a 2017 baseline

 Microsoft

**2021  
Environmental  
Sustainability  
Report**

**100%**  
renewable energy

In 2020, we matched 100% of the electricity consumption of our operations with renewable energy purchases for the fourth consecutive year.

Google  
**Environmental  
Report**

## Our commitments

### Carbon negative

By 2030, we will be carbon negative, and by 2050, we will remove our historical emissions since we were founded in 1975.

### Reduce direct emissions

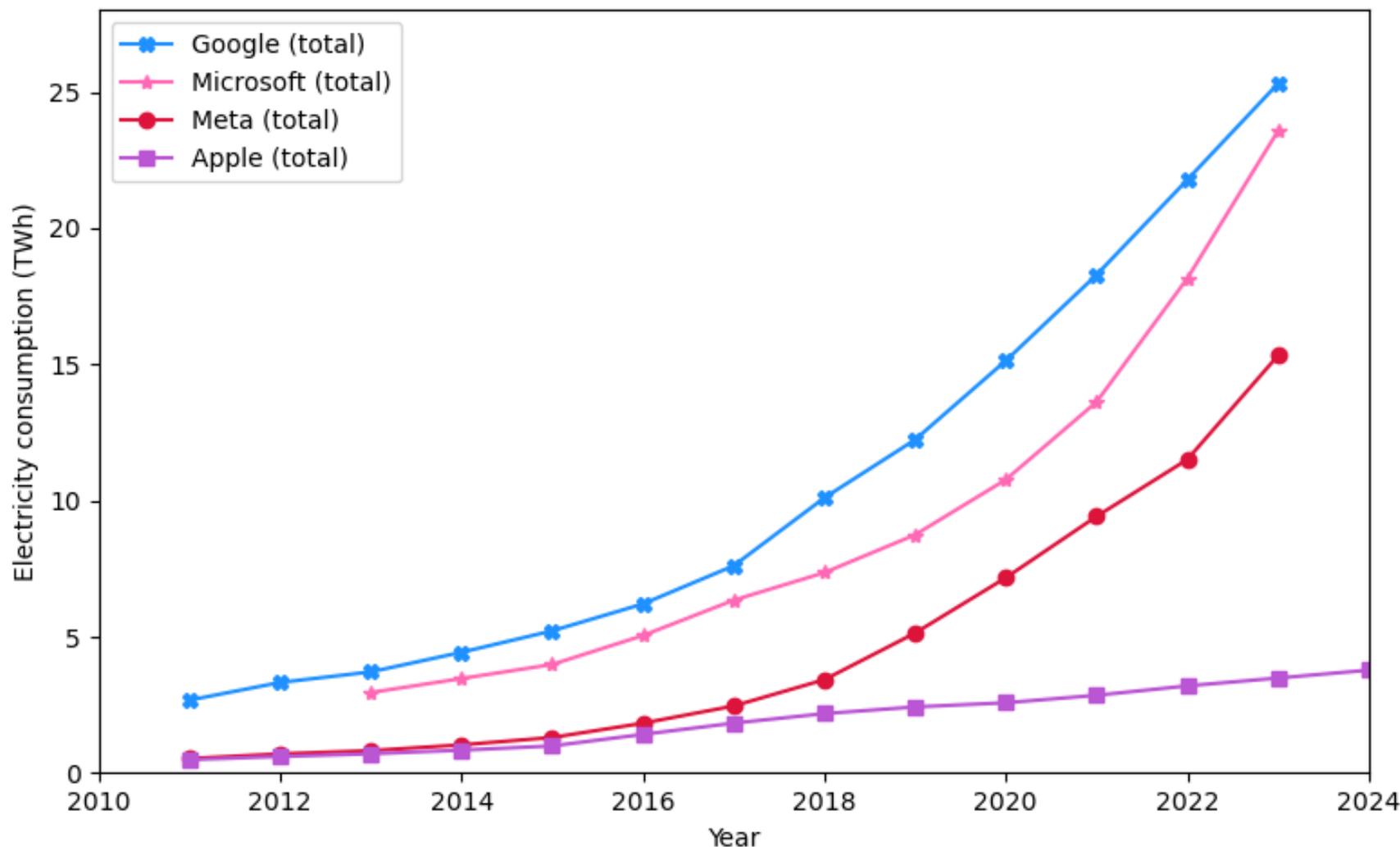
We will reduce our Scope 1 and 2 emissions to near zero by 2025 through energy efficiency work and by reaching 100 percent renewable energy.

  
**Environmental  
Progress  
Report**

**100%**  
renewable energy  
sourced for all  
Apple facilities

  
**Carbon neutral**  
for corporate operations  
since April 2020

# Consommation électrique $\times 2$ en 4 ans



La consommation électrique continue d'augmenter fortement.

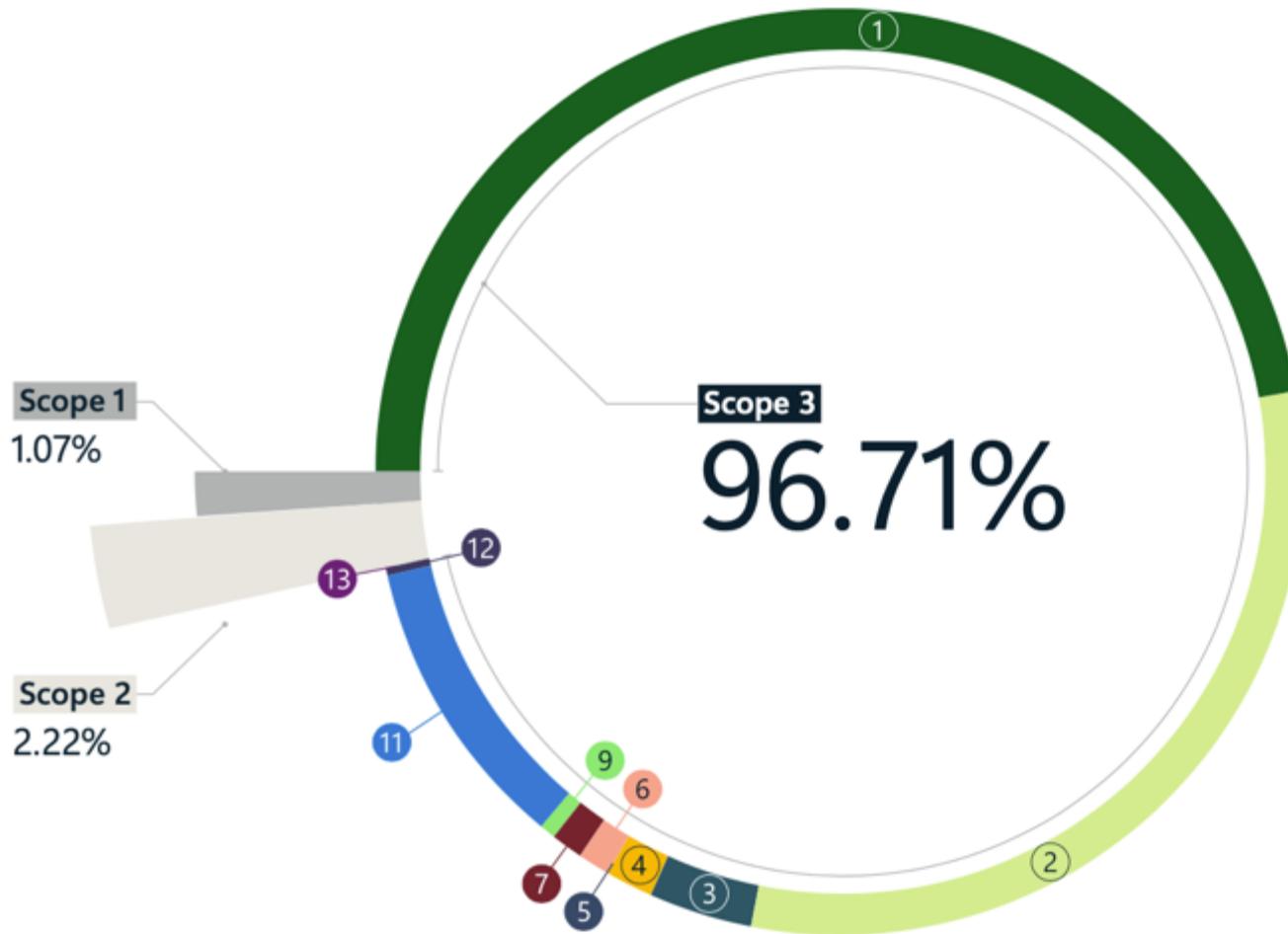
[Source : Rapports environnementaux annuels, Google, Microsoft, Meta, Apple, 2025]

# GHG Protocol

## Empreinte carbone : 3 catégories

- Scope 1: émissions qui résultent directement des activités de l'entreprise, comme la génération d'électricité en interne, les émissions de gaz réfrigérants des climatisations, etc.
- Scope 2: émissions qui résultent de la consommation d'énergie de l'entreprise, typiquement l'électricité et le chauffage achetés.
- Scope 3: tout le reste ! c'est-à-dire les achats, les déplacements professionnels et domicile-travail des employés, la gestion des déchets...

# Scope 3...



## Scope 3 Categories

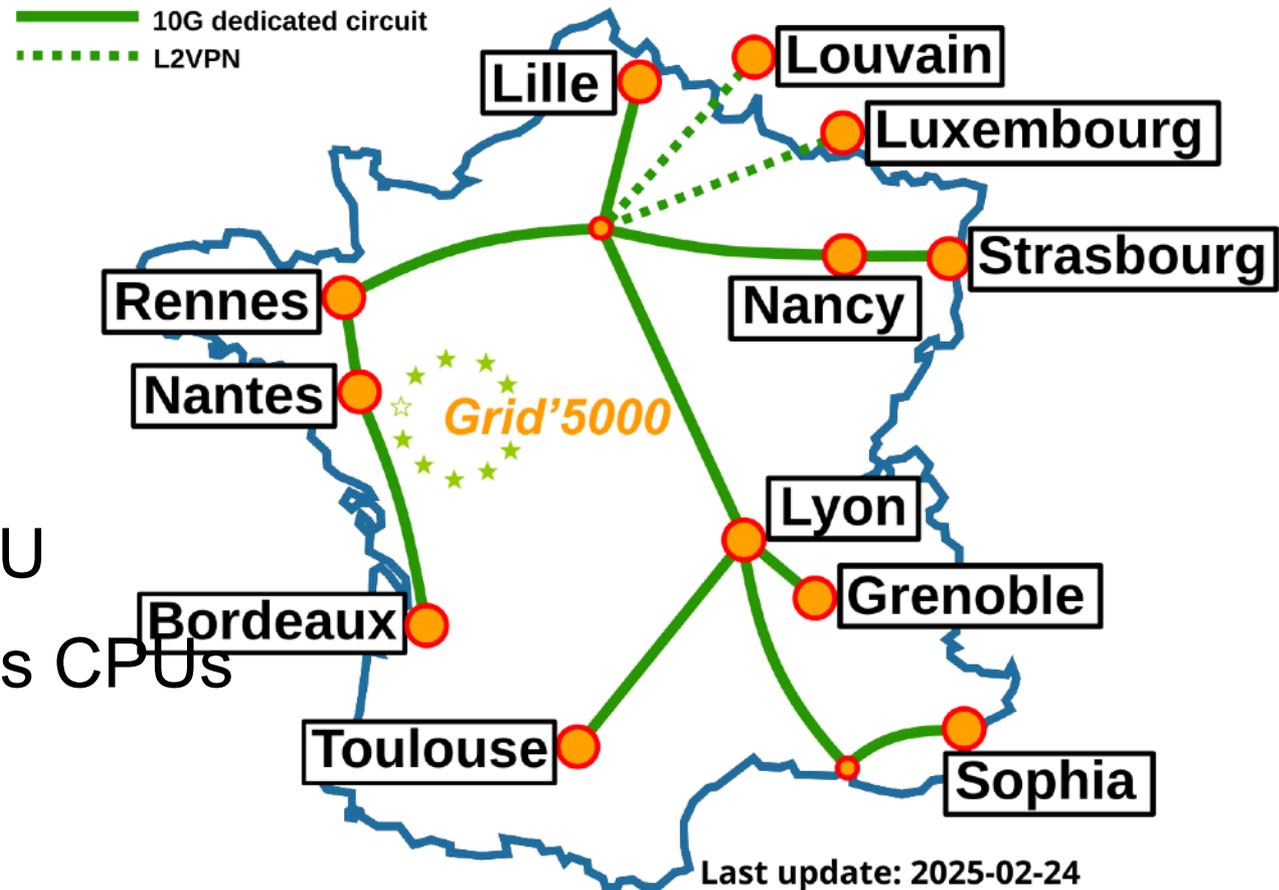
1	Purchased Goods & Services	47.24%
2	Capital Goods	30.97%
3	Fuel-and Energy-Related Activities (Market-Based)	3.46%
4	Upstream Transportation	1.85%
5	Waste	0.06%
6	Business Travel	1.07%
7	Employee Commuting	1.08%
9	Downstream Transportation	0.53%
11	Use of Sold Products	10.25%
12	End of Life of Sold Products	0.14%
13	Downstream Leased Assets	0.06%

[Source: 2022 Environmental Sustainability report, Microsoft.]

# Plateforme expérimentale

Plateforme dédiée à la recherche :

- 12 sites
- 28 clusters
- 442 serveurs
- 10706 cœurs CPU
- 187 GPUs
- 817472 cœurs GPU
- 516,2 Tflops sur les CPUs
- ...
- **Des wattmètres**



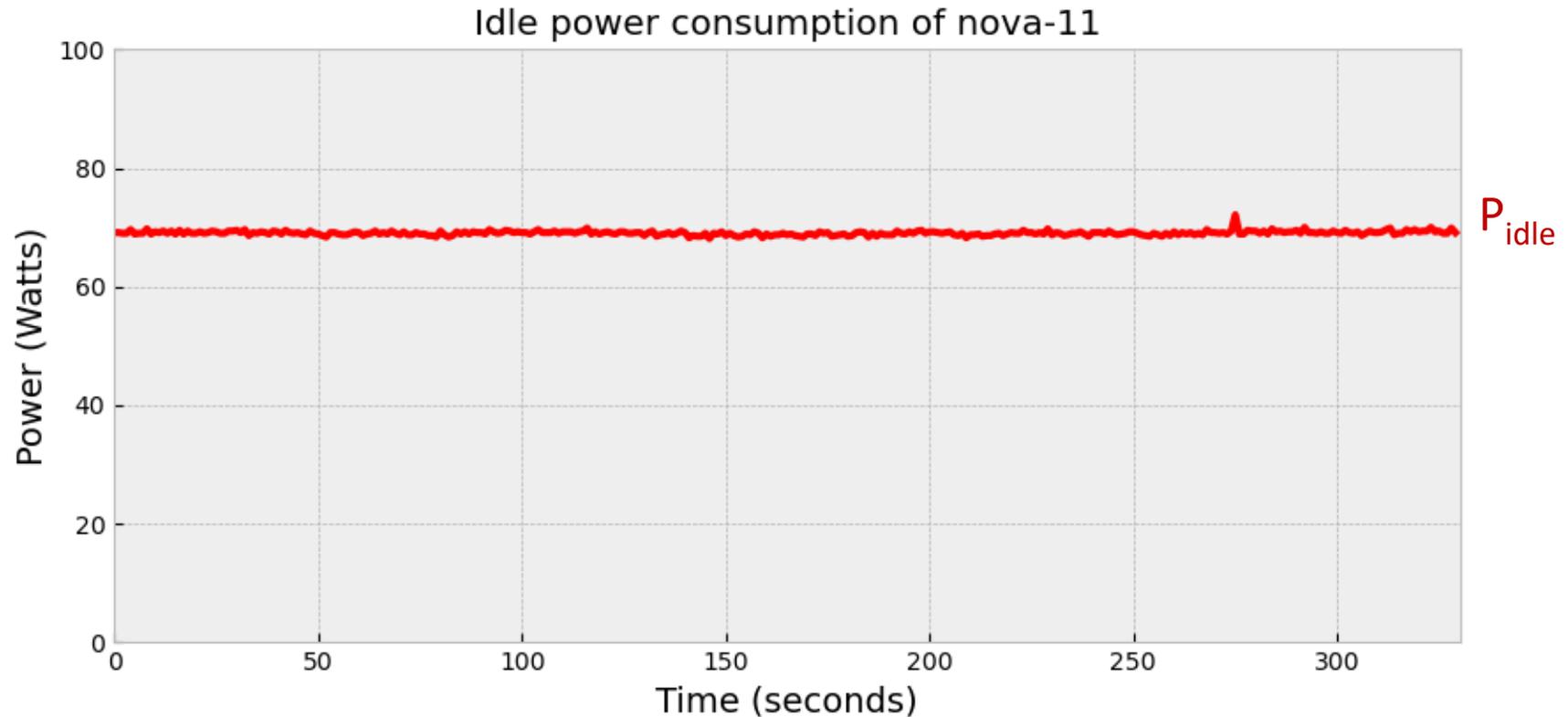
# Idée fausse #1



*Un serveur qui ne fait rien consomme rien ou peu.*

# Idée fausse #1

*Un serveur qui ne fait rien consomme rien ou peu.*

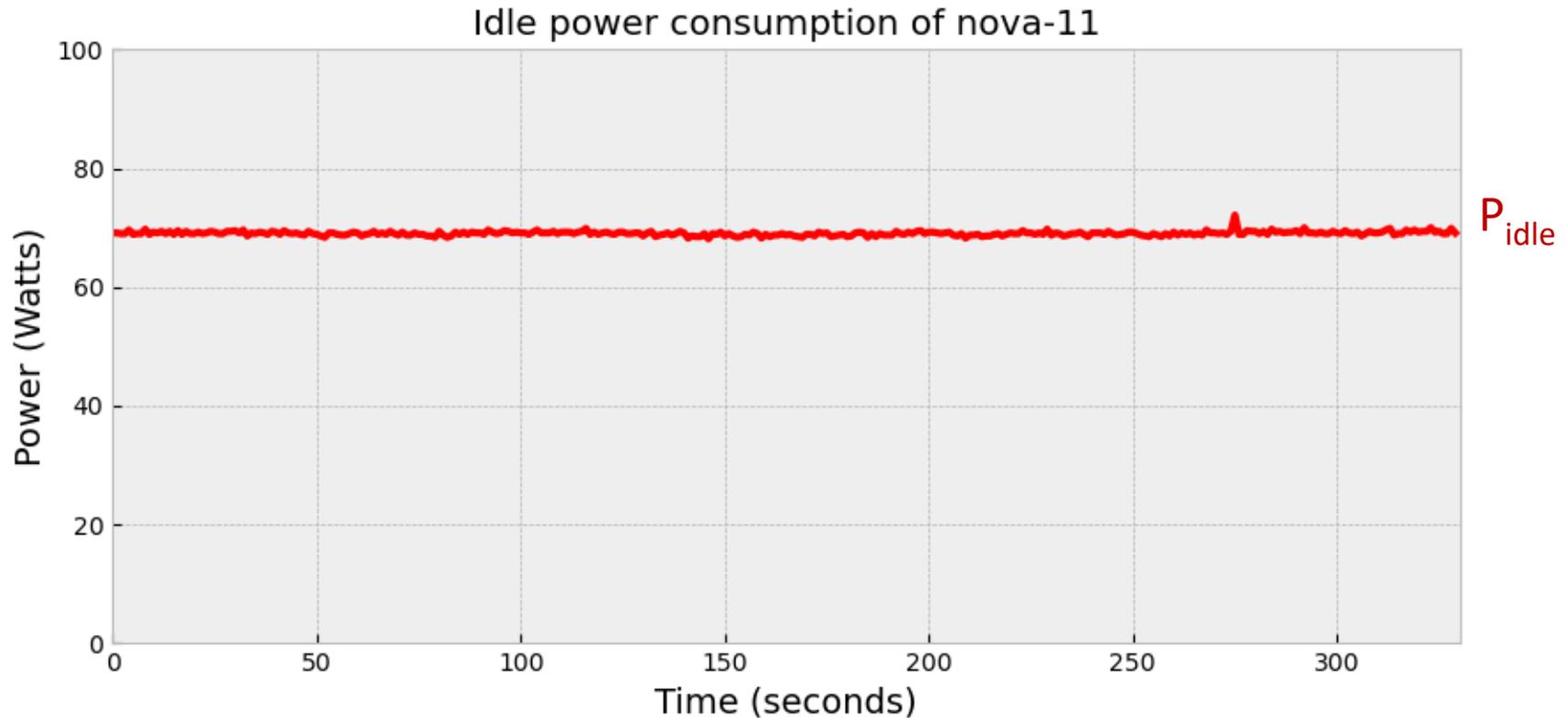


Dell PowerEdge R430 : 2 x Intel Xeon E5-2620 v4, 8 cœurs/CPU, 64 Go RAM, 598 Go HDD (2016)

**70 Watts** environ pendant une période d'inactivité pour ce serveur.

# Idée fausse #1

*Un serveur qui ne fait rien consomme rien ou peu.*



Dell PowerEdge R430 : 2 x Intel Xeon E5-2620 v4, 8 cœurs/CPU, 64 Go RAM, 598 Go HDD (2016)

**70 Watts** environ pendant une période d'inactivité pour ce serveur.

**1200 Watts** environ pour un serveur avec 8 GPUs.

Nvidia DGX-1: 2 x Intel Xeon E5-2698 v4, 20 cores/CPU, 512 GiB RAM, 480 GB SSD, 8 x Nvidia Tesla V100 (2019)

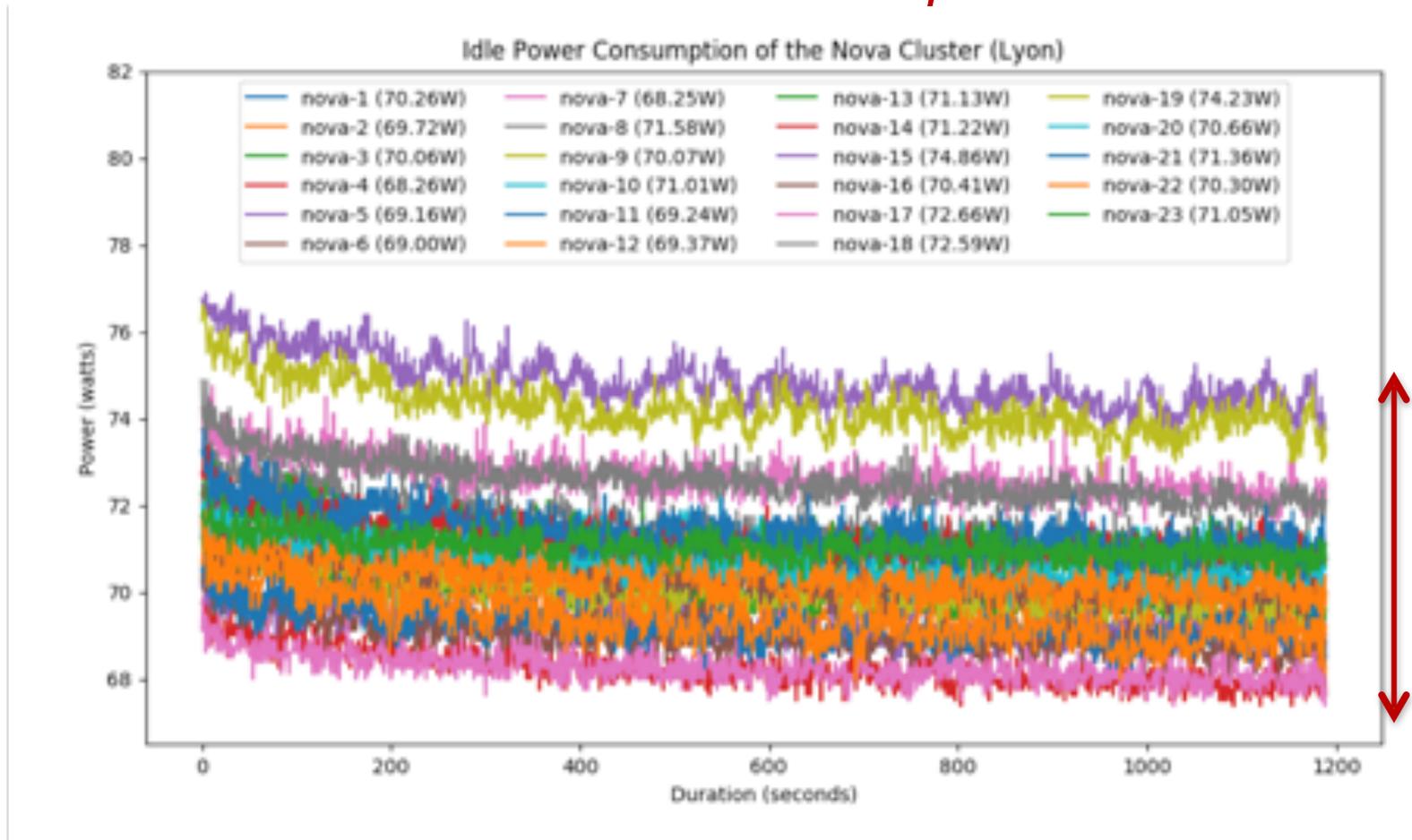
# Idée fausse #2



*Un modèle de serveur consomme une puissance donnée.*

# Idée fausse #2

*Un modèle de serveur consomme une puissance donnée.*



Dell PowerEdge R430 : 2 x Intel Xeon E5-2620 v4, 8 cœurs/CPU, 64 Go RAM, 598 Go HDD (2016)

10% de différence de consommation en période d'inactivité et plus à plein charge.

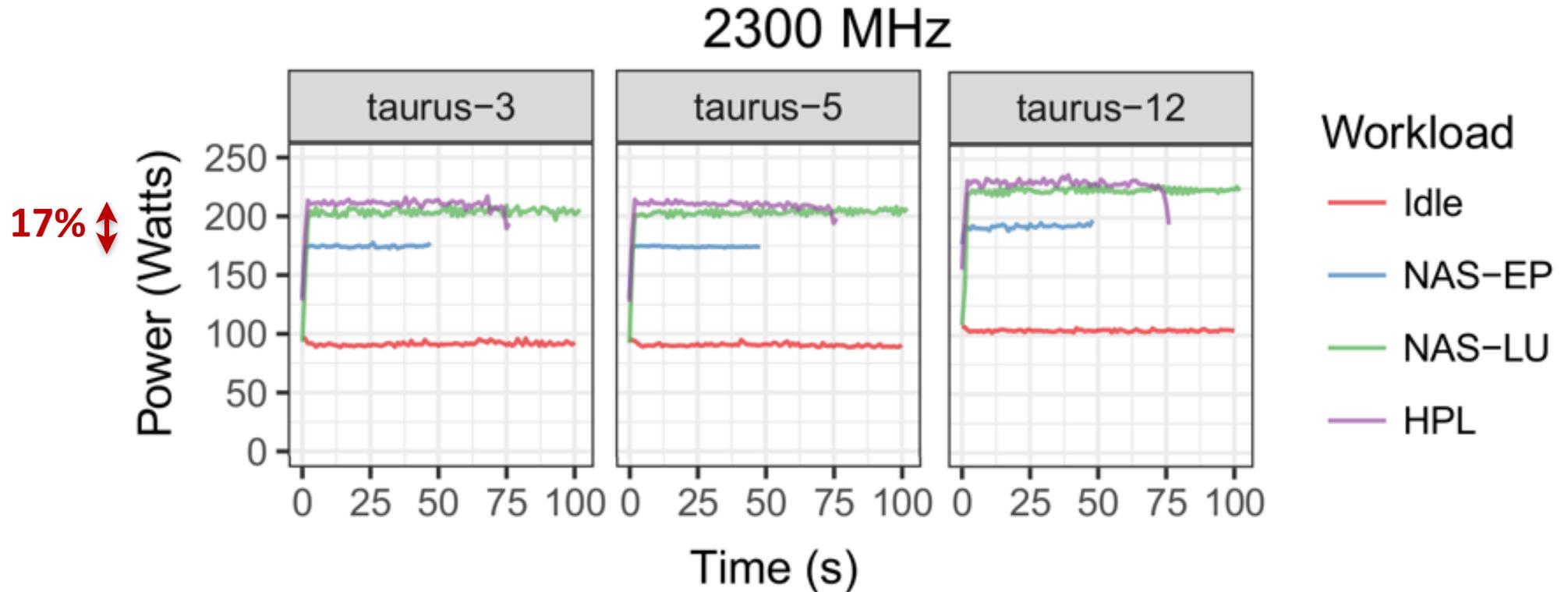
# Idée fausse #3



*La consommation d'un serveur dépend du taux d'utilisation du CPU.*

# Idée fausse #3

*La consommation d'un serveur dépend du taux d'utilisation du CPU.*



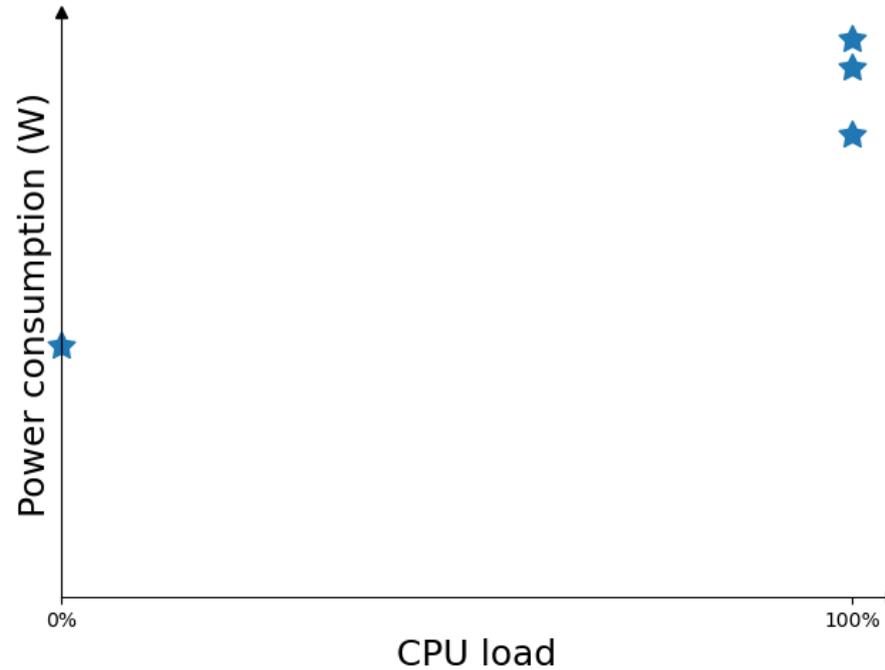
Dell PowerEdge R720 : 2 x Intel Xeon E5-2630, 6 cœurs/CPU, 32 Go RAM, 299 GB HDD (2012)

**17%** de différence de consommation pour des applications utilisant 100% du CPU.

“Predicting the Energy Consumption of MPI Applications at Scale Using a Single Node”, C. Heinrich, T. Cornebize, A. Degomme, A. Legrand, A. Carpen-Amarie, S. Hunold, A.-C. Orgerie, M. Quinson, *IEEE Cluster*, 2017.

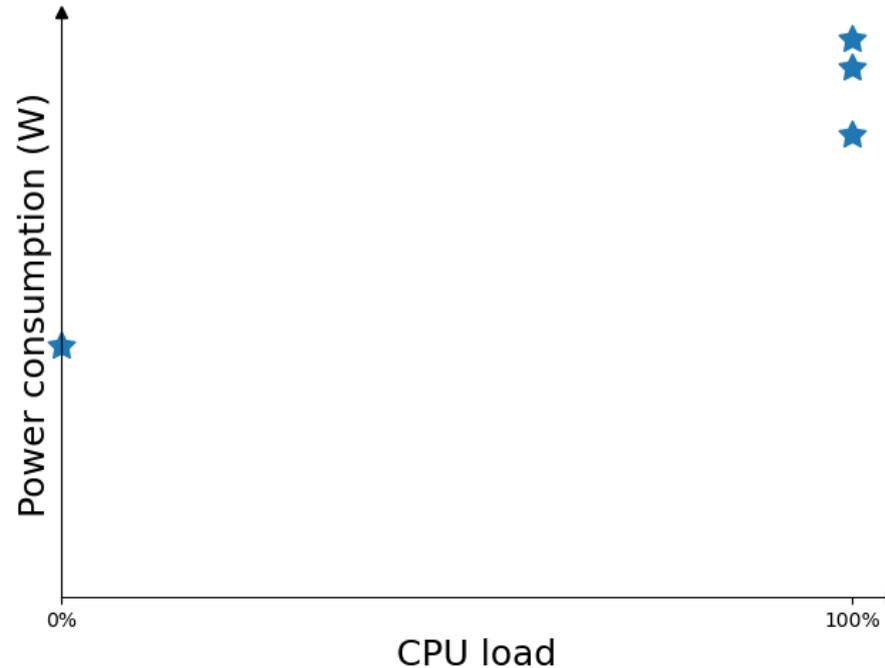
# Modèle énergétique

Pas de relation simple entre consommation électrique et charge processeur.



# Modèle énergétique

Pas de relation simple entre consommation électrique et charge processeur.



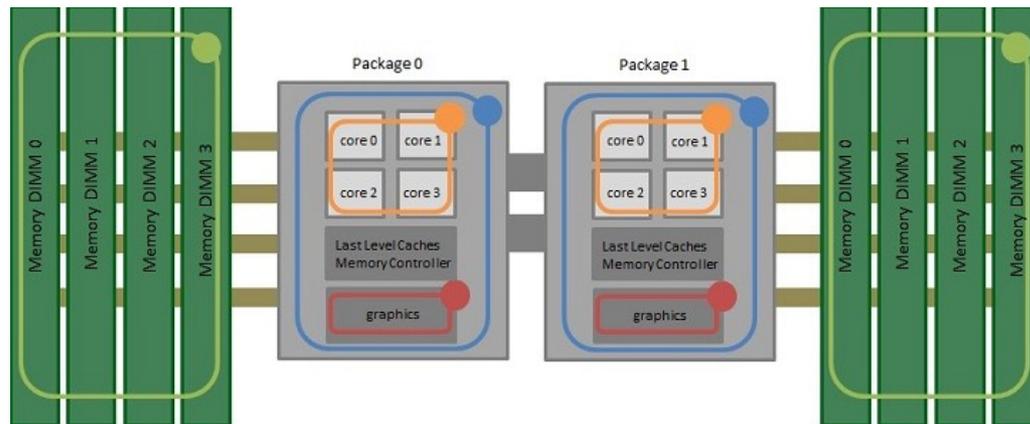
Plus rapide  $\neq$  moins gourmand en énergie.

Consommation dépend du jeu d'instructions, de l'allocation des calculs sur les cœurs, de la génération du processeur, de la température, du serveur, etc.

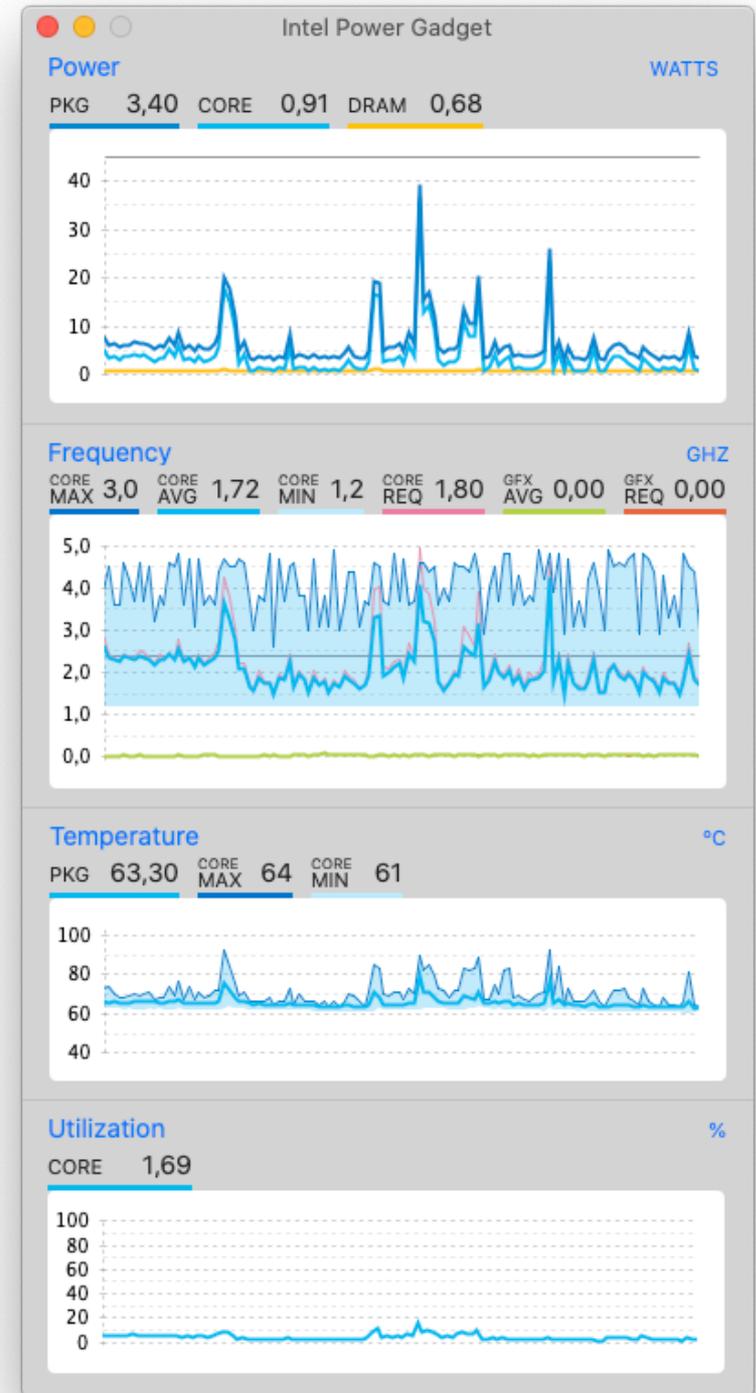
# Mesurer

- Intel Power Gadget & Intel Performance Counter Monitor
- Compteurs matériels RAPL

<https://pypi.org/project/pyRAPL/>



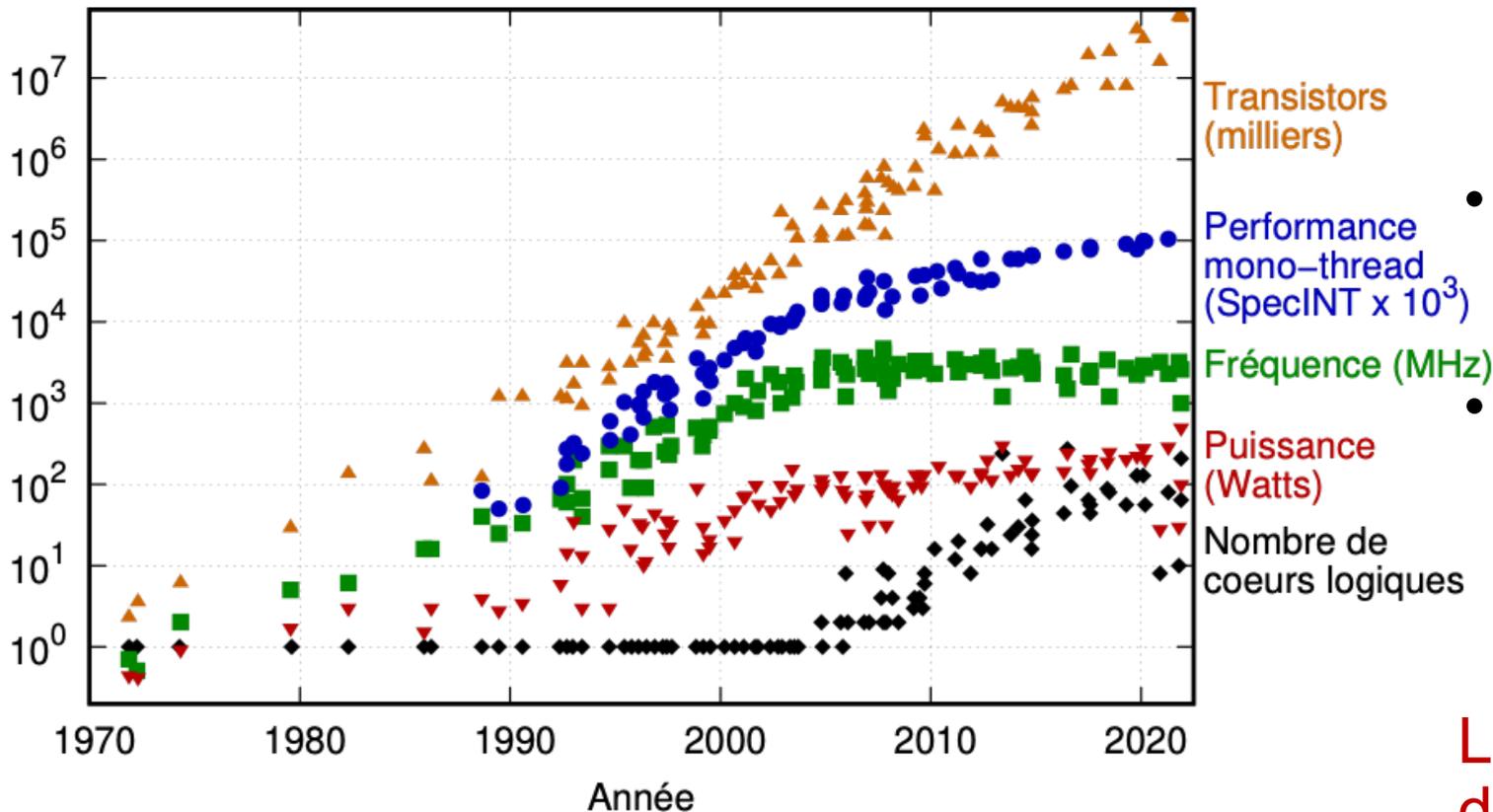
- package power plane
- pp0/core power plane (all cores on the package)
- pp1/graphics power plane (client only)
- DRAM power plane (server only)



# Lois empiriques

Loi de Moore : le nombre de transistors sur une puce de microprocesseur double tous les deux ans.

Tendances des microprocesseurs sur 50 ans



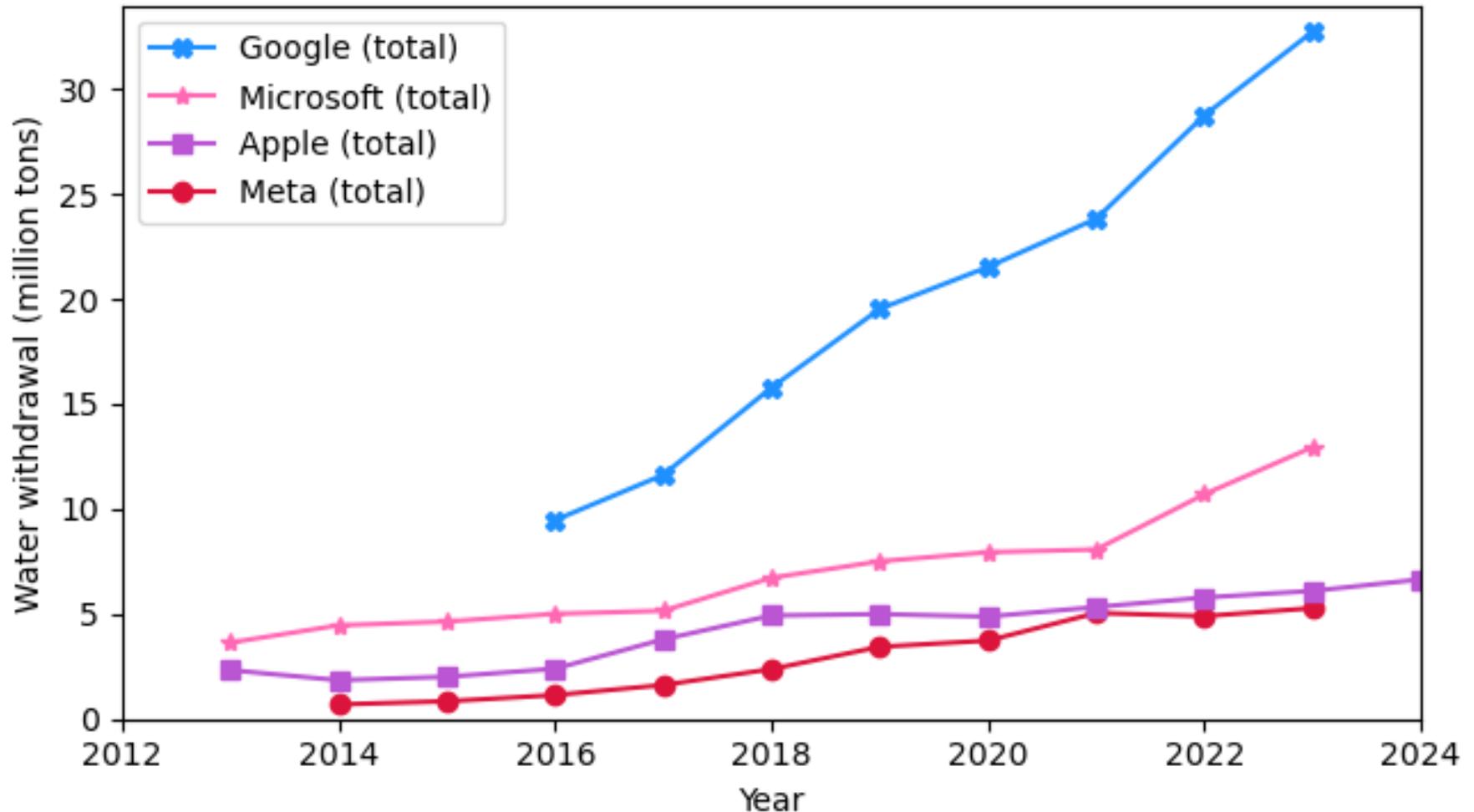
Données originales jusqu'à 2010 collectées et tracées M. Horowitz, F. Labonte, O. Shacham, K. Olukotun, L. Hammond et C. Batten  
Nouveau graphique et données collectées pour 2010–2021 par K. Rupp

[Source : Karl Rupp, <https://github.com/karlrupp/microprocessor-trend-data>]

- Augmenter la fréquence du processeur
- Augmenter le nombre de cœurs par processeur
- Augmenter la finesse de gravure

Limites physiques de dissipation thermique

# Consommation en eau des Clouds

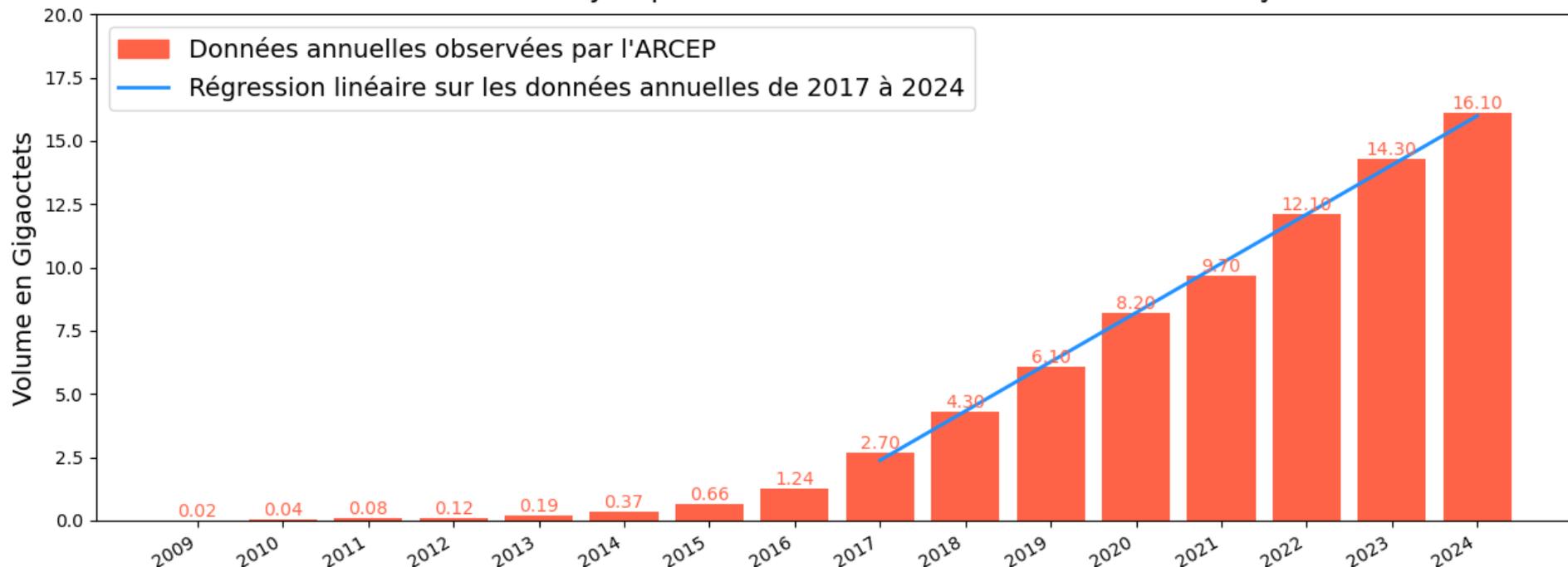


La consommation en eau continue d'augmenter.

[Source : Rapports environnementaux annuels, Google, Microsoft, Meta, Apple, 2025]

# Usages

Volume mensuel moyen par carte SIM sur les réseaux mobiles français



[Source : Marché des communications électroniques en France – Données annuelles, ARCEP, 2025]

Au 4<sup>ème</sup> trimestre 2014 :

- **71,7** millions de cartes SIM en France (prépayées et abonnements, hors MtoM)
- consommation mensuelle moyenne de données par carte SIM : **0,46 Go/mois**

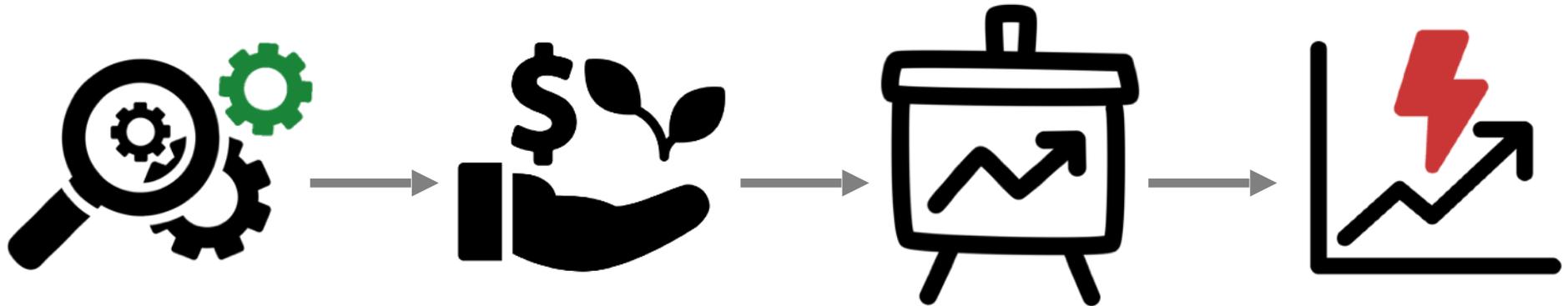
Au 4<sup>ème</sup> trimestre 2024 :

- **83,8** millions de cartes SIM en France
- **16,6 Go/mois (x35 en 10 ans par carte SIM)**



[Source : Marché des communications électroniques en France – Données trimestrielles, ARCEP, 2025]

# Augmenter l'efficacité énergétique ≠ réduire la consommation



**Optimisations**  
énergétiques

Réduction du coût  
des ressources

Augmentation de  
l'utilisation

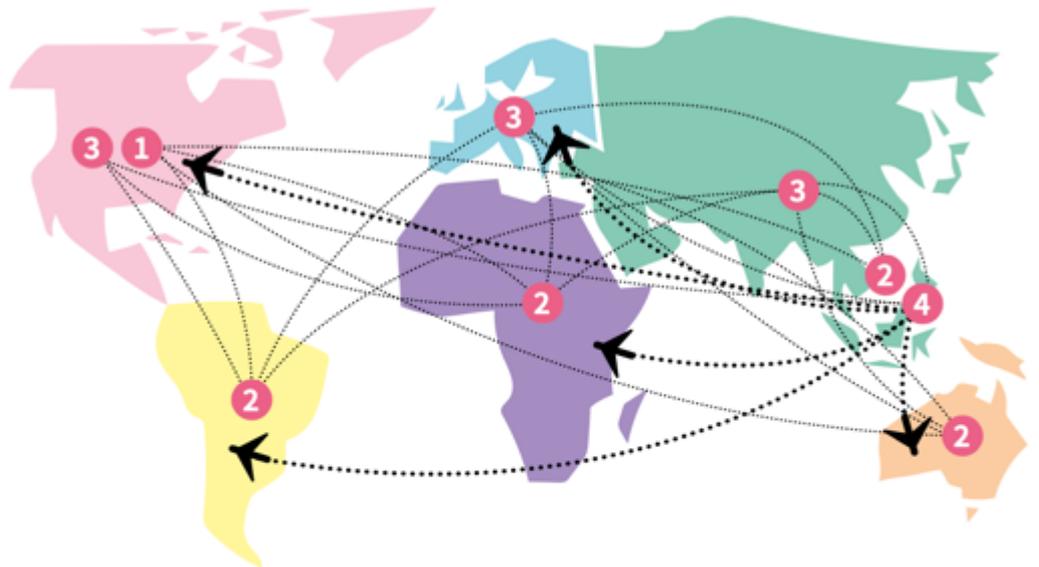
Augmentation  
de l'**énergie**  
consommée

## Tendances de fond :

- Accélération des taux de renouvellement des équipements
- Explosion des usages et des consommations de données
- Numérisation de tous les secteurs, sans étude préalable des impacts environnementaux

# Une fabrication complexe

## QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE



**1. Conception** le plus souvent aux États-Unis

**2. Extraction et transformation des matières premières** en Asie du Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du Sud

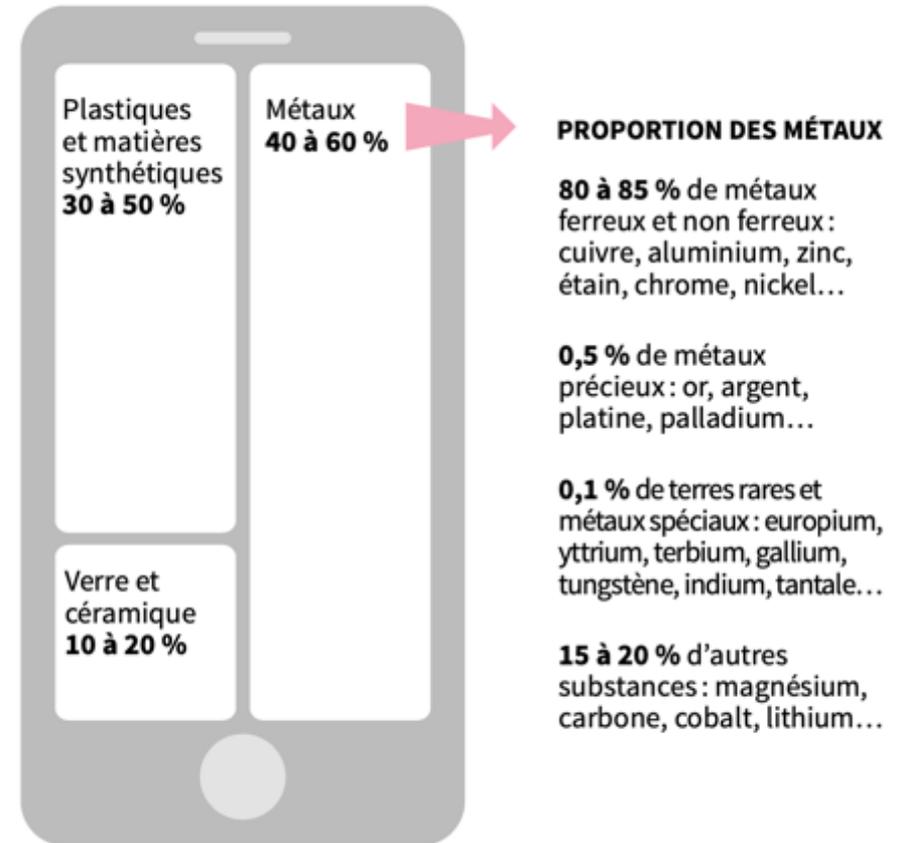
**3. Fabrication des principaux composants** en Asie, aux États-Unis et en Europe

**4. Assemblage** en Asie du Sud-Est

↑  
**Distribution** vers le reste du monde, souvent en avion.

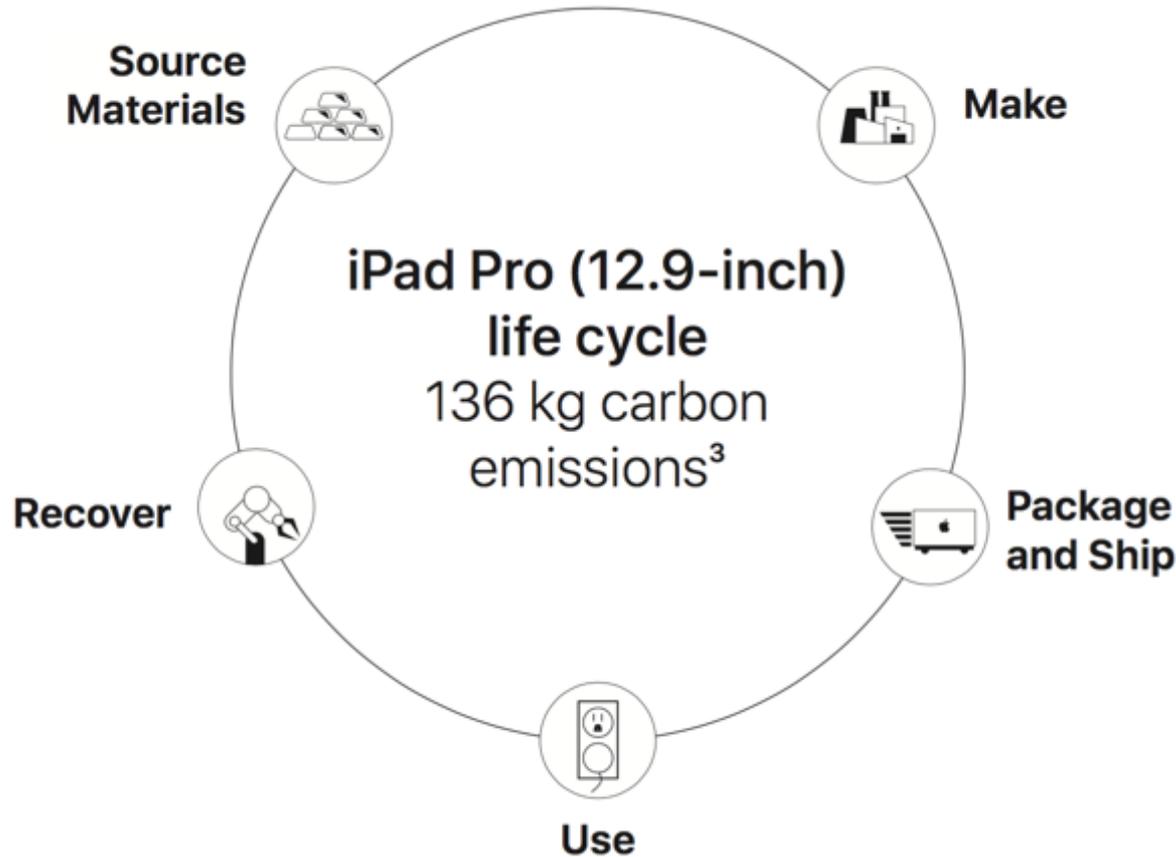
## 70 MATÉRIAUX POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE

### RÉPARTITION DU POIDS DES MATÉRIAUX DANS LA COMPOSITION D'UN SMARTPHONE



Source : Oeko-Institut, EcoInfo et Sénat

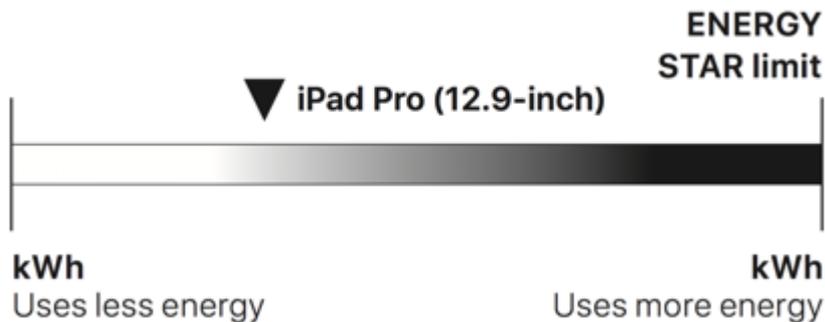
# La phase usage : pointe de l'iceberg



## iPad Pro (12.9-inch) life cycle carbon emissions

83%	Production
11%	Transport
6%	Use
<1%	End-of-life processing

*Pour 3 ans d'utilisation*



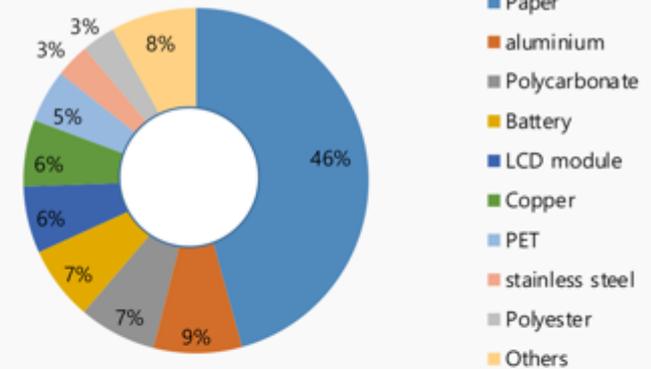
# Beaucoup d'autres impacts

## Product Features



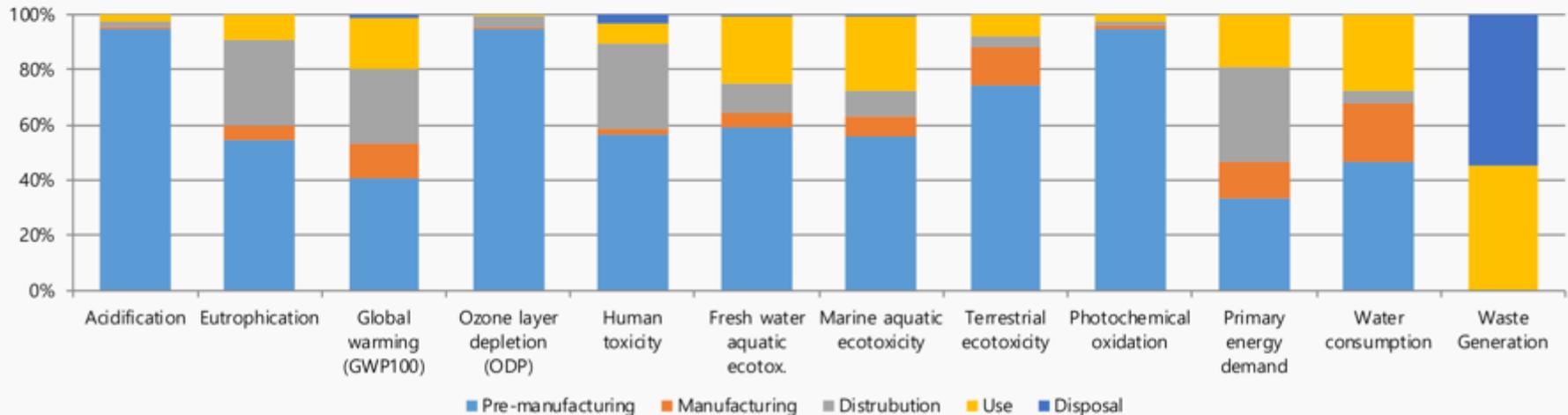
Model name	SM-N950U (Galaxy Note8)
Processor	Qualcomm 2.35GHz, 1.9GHz Octa-Core 64bit
Dimension	162.5 x 74.8 x 8.6 mm
Display	6.3" 2960 x 1440, 16M In-Cell Touch LCD
Battery	Li-Ion 3300 mAh
Camera	12 MP / 5MP
Wt.(g)	186.34g

## Material Use



## Characterized Environment Impact

[Source : Life Cycle Assessment for Mobile Products, Samsung, 2018.]

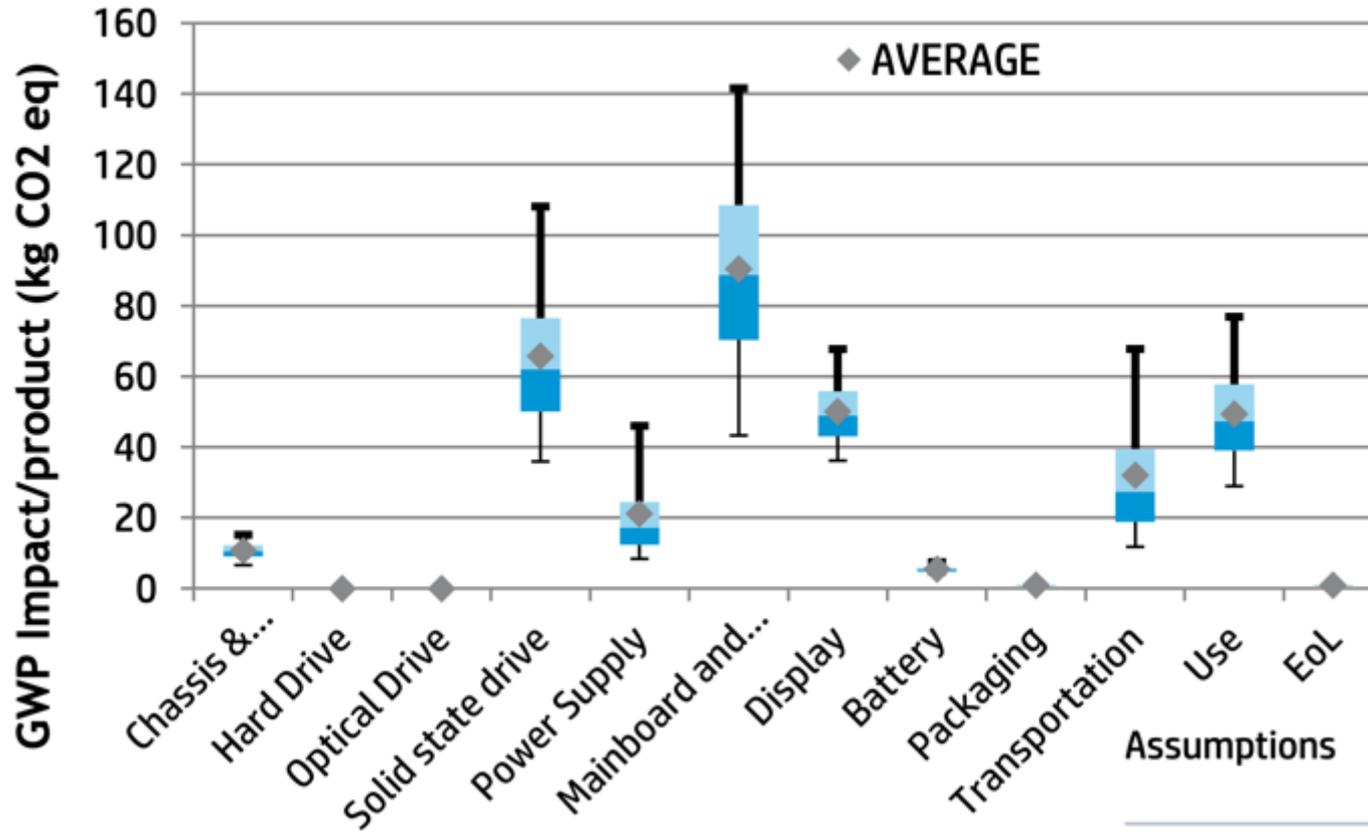


Standard	ISO 14040:2006 and 14044:2006
Database	Ecoinvent 2.2
Method for impact assessment	Life cycle impact assessment classification and characterization factors according to CML 2001 as provided in the SimaPro 7.1.5 LCA tool
LCA software	SimaPro 7.1.5

Pre-manufacturing	Parts and materials constituting the products and its transportation (from supplier to Samsung factory)
Manufacturing	Product assembly by Samsung Electronics (Data collection period : 3 months ahead of assessment)
Distribution	From China or Vietnam to United States
Usage	2 years use
Disposal	Waste treatment of parts and material

# Des marges d'incertitudes

GHG emissions [kg CO2 eq]



[Source: Product carbon footprint HP mt44, HP, 2018]

## Assumptions

Lifetime of product	4 years
Use location	Worldwide
Use energy demand (Yearly TEC)	23.4 kWh
Product weight	1.8 kg
Screen size	14 inches
Final manufacturing location	China

# Nombreux impacts du numérique

## Des effets directs à chaque étape du cycle de vie

- Extraction : pollution, destruction d'éco-systèmes, conflits armés, épuisement des ressources
- Transport
- Utilisation : mix électrique
- Déchets : collecte insuffisante, recyclage limité

## Des effets indirects plus ou moins positifs et négatifs

- Optimisations dans les autres secteurs
- Obsolescence
- Effets rebond
- Interdépendance liée au numérique
- Fracture numérique, santé (addictions, etc.)

# De nombreux défis

# De nombreux défis

**Côté recherche**

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

## **Côté enseignement**

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

## **Côté enseignement**

- Connaissances pluridisciplinaires

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

## **Côté enseignement**

- Connaissances pluridisciplinaires
- Ressources pédagogiques existantes limitées

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

## **Côté enseignement**

- Connaissances pluridisciplinaires
- Ressources pédagogiques existantes limitées
- Organisation des cursus

# De nombreux défis

## **Côté recherche**

- Communauté scientifique naissante
- Manque de données, de méthodologies, etc.
- Questionnements plus larges (transitions écologiques et sociales)
- Cohérence personnelle

## **Côté enseignement**

- Connaissances pluridisciplinaires
- Ressources pédagogiques existantes limitées
- Organisation des cursus
- Attentes des élèves

# <http://ecoinfo.cnrs.fr>



SERVICES

THÉMATIQUES

COMMUNICATIONS

PUBLICATIONS (HAL)

LE GDRS

## EcolInfo

**Réduire les impacts environnementaux et sociétaux négatifs des technologies du numérique.**

*Cet espace est pour vous : enseignant, informaticien, décideur, acheteur, logisticien, en charge du développement durable, et tout particulièrement si vous travaillez dans le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche ou vous êtes simplement curieux ...*

Découvrez EcolInfo

## Agir vers la sobriété numérique

EcolInfo souhaite ainsi vous accompagner dans l'action et même s'il est difficile de donner des conseils définitifs et absolus, nous allons voir ensemble comment il est possible d'**agir** suivant différents axes pour réduire les impacts des TICs sur notre environnement et appliquer ainsi une forme de sobriété numérique par des comportements et des choix éco responsables (qui tiennent compte des impacts environnementaux du numérique en cherchant à les minimiser).

Groupement de Recherche et de Service du CNRS

<https://ecoinfo.cnrs.fr>

Actions de :

**Terrain** : développement logiciel, campagne de mesures, audit de centre de calcul, revue critique de projet, etc.

**Recherche** : animation d'une journée thématique, étude bibliographique ou prospective, proposition de méthodologie, etc.

→ *Actions de terrain et de recherche complémentaires pour comprendre les enjeux*

<https://greendays.sciencesconf.org/resource/page/id/3>

**Évaluation** : comprendre, mesurer, modéliser, simuler, de façon qualitative et quantitative, les impacts environnementaux et sociétaux du numérique, positifs et négatifs, directs et indirects

**Évaluation** : comprendre, mesurer, modéliser, simuler, de façon qualitative et quantitative, les impacts environnementaux et sociétaux du numérique, positifs et négatifs, directs et indirects

**Efficacité** : rendre un même usage avec un impact moindre, optimiser les systèmes

**Évaluation** : comprendre, mesurer, modéliser, simuler, de façon qualitative et quantitative, les impacts environnementaux et sociétaux du numérique, positifs et négatifs, directs et indirects

**Efficacité** : rendre un même usage avec un impact moindre, optimiser les systèmes

**Sobriété** : redéfinir les usages, réorienter les besoins, en lien avec les enjeux planétaires

**Évaluation** : comprendre, mesurer, modéliser, simuler, de façon qualitative et quantitative, les impacts environnementaux et sociétaux du numérique, positifs et négatifs, directs et indirects

**Efficacité** : rendre un même usage avec un impact moindre, optimiser les systèmes

**Sobriété** : redéfinir les usages, réorienter les besoins, en lien avec les enjeux planétaires

**Résilience** : définir le type de numérique qui aiderait à faire face aux situations de ruptures

# Loi REEN

**LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l’empreinte environnementale du numérique en France (1)**

**NOR : ECOX2102044L**

L’Assemblée nationale et le Sénat ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

## **CHAPITRE I<sup>er</sup>**

### **FAIRE PRENDRE CONSCIENCE AUX UTILISATEURS DE L’IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE**

#### **Article 1<sup>er</sup>**

Le deuxième alinéa de l’article L. 312-9 du code de l’éducation est complété par une phrase ainsi rédigée :  
« Cette formation comporte également une sensibilisation à l’impact environnemental des outils numériques ainsi qu’un volet relatif à la sobriété numérique. »

#### **Article 2**

Le deuxième alinéa de l’article L. 611-8 du code de l’éducation est complété par une phrase ainsi rédigée :  
« Cette formation comporte une sensibilisation à l’impact environnemental des outils numériques ainsi qu’un volet relatif à la sobriété numérique. »

#### **Article 3**

I. – Le premier alinéa de l’article L. 642-3 du code de l’éducation est complété par une phrase ainsi rédigée :  
« Elle vérifie que les formations d’ingénieur comportent un module relatif à l’écoconception des services numériques et à la sobriété numérique. »

II. – Le I du présent article entre en vigueur le premier jour de la rentrée scolaire 2022.

# Référentiel de connaissances en 2020

Comprendre les impacts  
environnementaux du  
numérique

Mesurer les impacts

Vers un numérique éco-  
responsable

Acteurs du numérique  
responsable

## 3.4 Évolution des impacts du numérique

*Au-delà de l'impact du numérique à un moment donné, il est nécessaire de comprendre la dynamique d'évolution du secteur dans un contexte où une diminution drastique des impacts écologiques est préconisée par le GIEC.*

Notions :

- Développement de l'infrastructure numérique : nombre d'équipements, volumes des données...
- Part croissante des émissions de GES mondiale
- Améliorations techniques : efficacité, intensité, loi de Moore et loi de Koomey, PUE, autonomie des batteries, principe de Landauer etc.
- Prédications vs. projections. Les projections effectuées à partir des modèles ne doivent pas être considérées comme des prédictions. Ils ne capturent, loin s'en faut, pas toute la complexité des évolutions socio-techniques.
- Scénarios prospectifs pour le numérique : connaître et critiquer les scénarios prospectifs incluant un volet numérique : SMART 2020 et 2030 du GeSI, BIO Intelligence Service 2008, Shift, Fing, Ademe, etc.

[1] Cisco. Cisco visual networking index : Forecast and trends, 2017–2022 white paper. Technical report, Cisco, February 2019. Document ID :1551296909190103. URL : <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html>.

[2] Jens Malmödin and Dag Lundén. The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. 10(9) :3027. URL : <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3027>, doi:10.3390/su10093027.

[3] Shift Project. Lean ICT – pour une sobriété numérique. Technical report, The Shift Project, 2018. URL : <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>.

“Référentiel de connaissances pour un numérique éco-responsable”, P. Boulet, S. Bouveret, A. Bugeau, E. Frenoux, J. Lefèvre, A.-L. Ligozat, K. Marquet, P. Marquet, O. Michel, O. Ridoux, 2020, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02954188>

# MOOC en 2021



Recherche de cours



INSCRIPTION

CONNEXION

Aide

Français ▾

Accueil

Actualités

Cours

GRADEO

Diplômes

Etablissements

Vous êtes ici: Accueil > Cours > Impacts environnementaux du numérique

Environnement et développement durable

Numérique et technologie

## Impacts environnementaux du numérique

Réf. 41025

🕒 Effort : 5 heures 🔄 Rythme: Auto-rythmé

Impact Num est un Mooc pour se questionner sur les impacts environnementaux du numérique, apprendre à mesurer, décrypter et agir, pour trouver sa place de citoyen dans un monde numérique.



2 sessions sont actuellement  
ouvertes pour ce cours

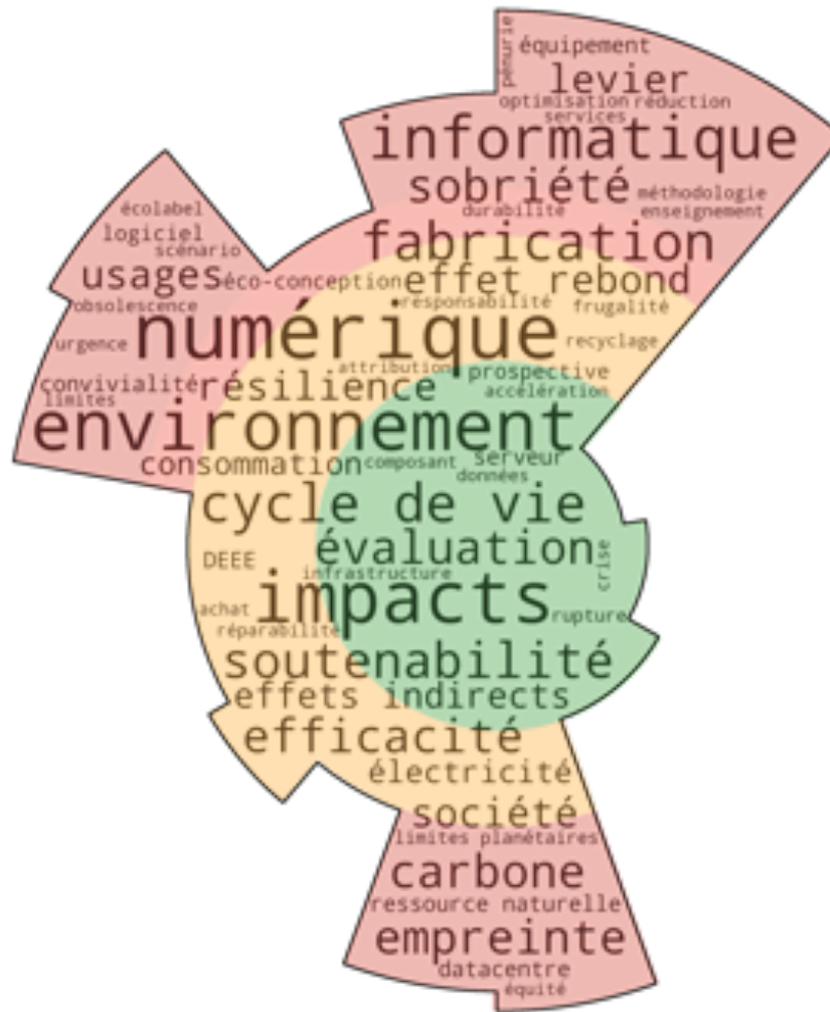
Choisir maintenant



<https://ecoinfo.cnrs.fr/2022/01/11/mooc-impacts-environnementaux-du-numerique/>

# Session retours d'expériences

- Sylvain Bouveret, ENSIMAG, Grenoble
- Chiara Giraud et Jean-Marc Pierson, Alt Impact, IRIT, Toulouse
- Anne-Laure Ligozat, ENSIIE, Paris



<http://people.irisa.fr/Anne-Cecile.Orgerie>

