

*Numérisation de la société :  
des fractures individuelles aux vulnérabilités collectives*

**Numérisation dans le champ de l'écologie :  
La « dématérialisation » n'existe pas !**



**Journée d'étude FTU / CIEP  
Namur – 30 novembre 2023**



# Plan de la présentation

- **1 – Le numérique est éminemment matériel !**  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- 2 – La croissance et ses impacts...
- 3 – Une ressource NON renouvelable !
- 4 – L'indispensable sobriété numérique
- 5 – 1 ou 2 pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »
- 6 – Livres et ressources pour aller plus loin...

# Terminaux, réseaux, data-centres



# Des terminaux multifformes...

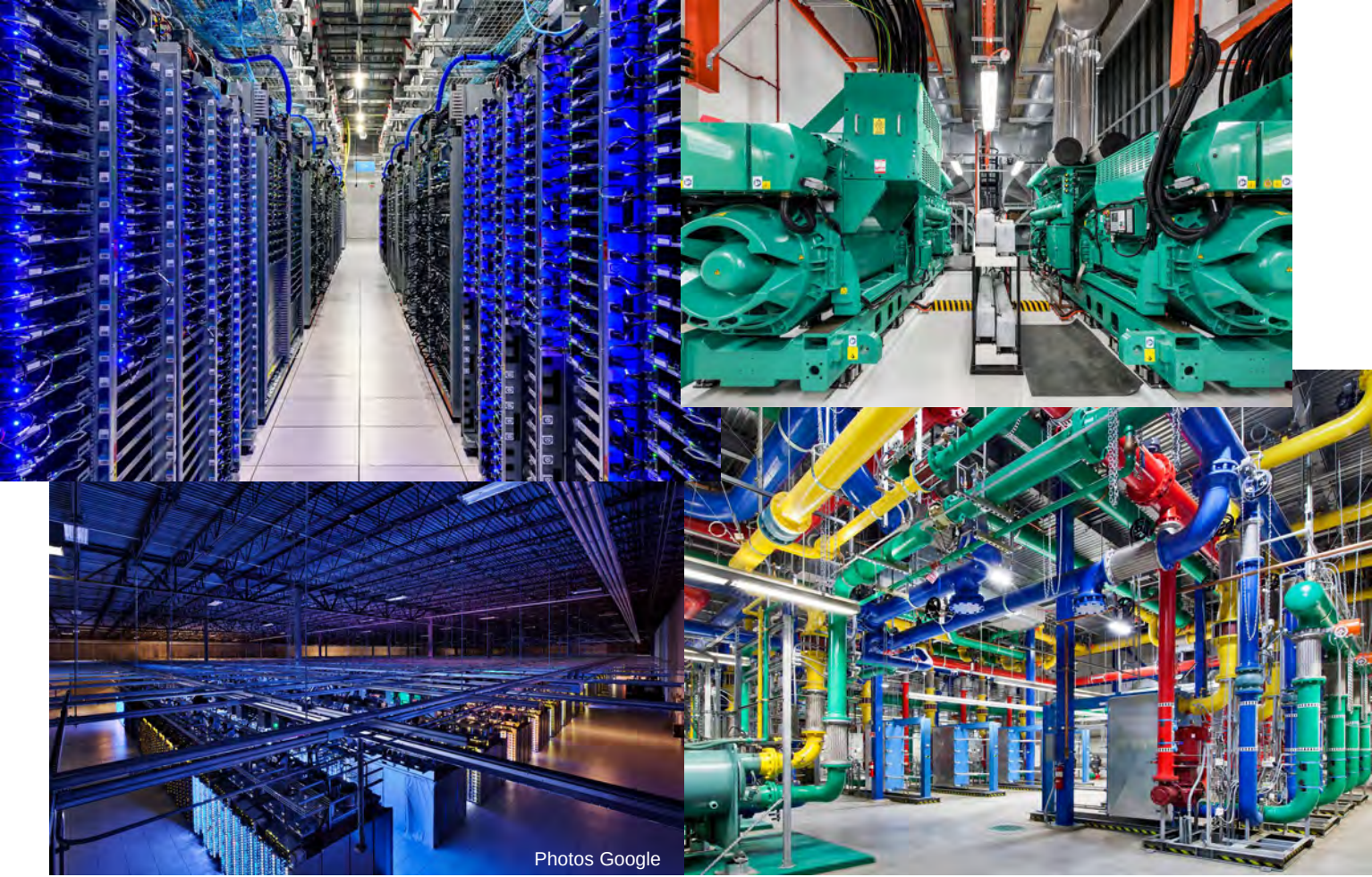


© CC BY 2.0 Jean-Pierre Dalbéra

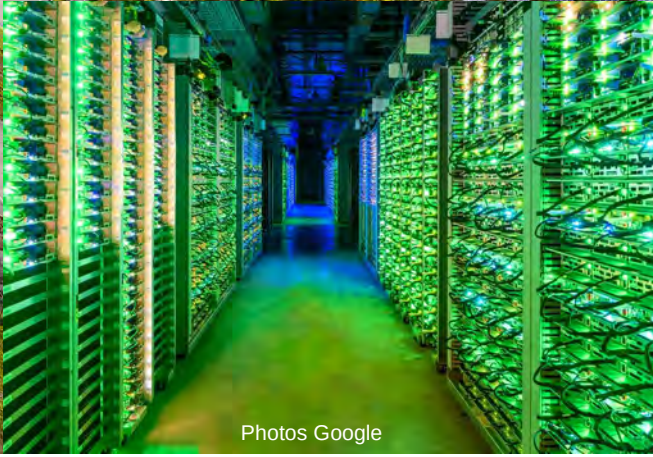
# Et de multiples objets connectés !



# L'industrie « lourde » du 21e siècle ?

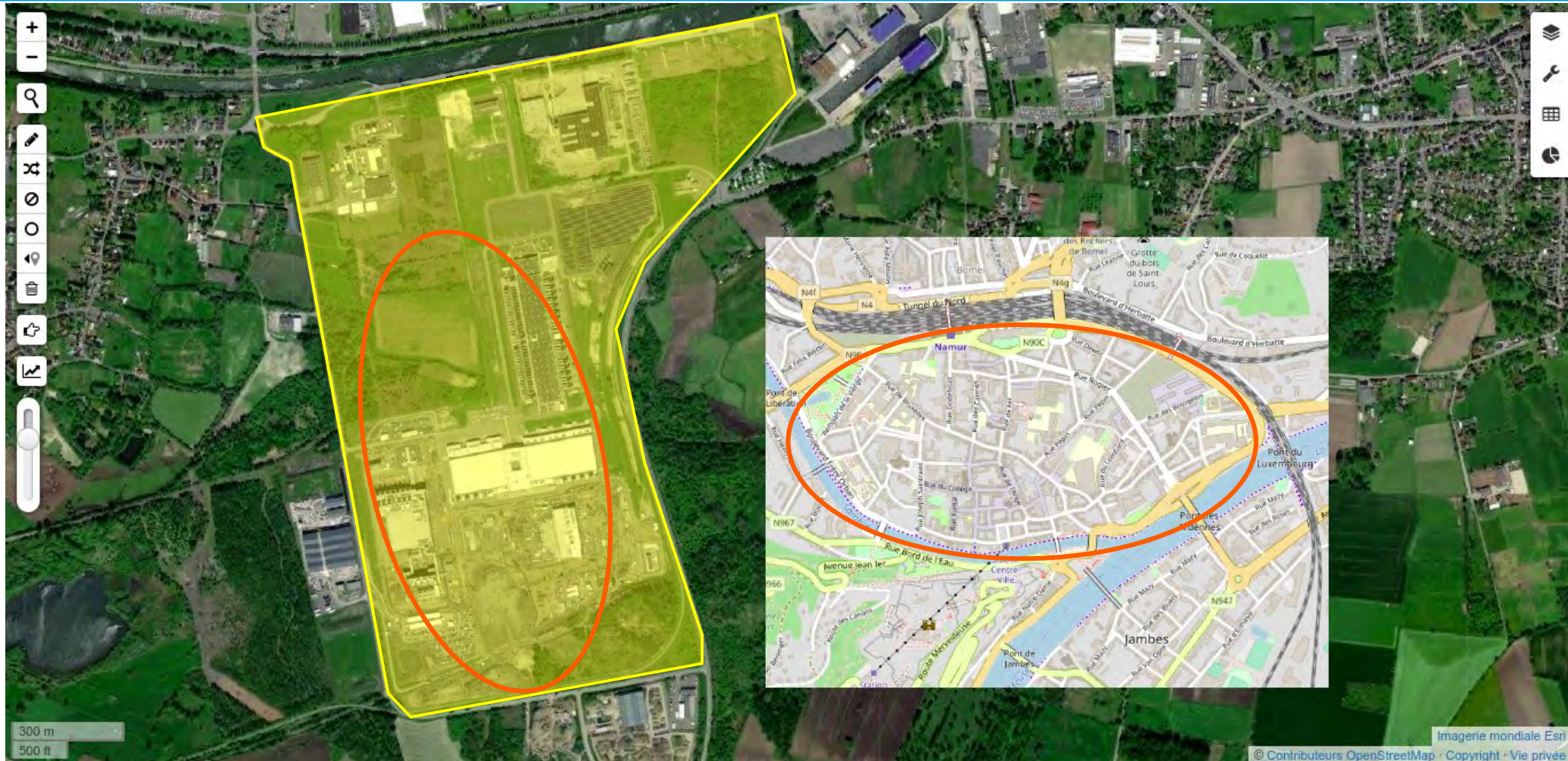


# Data-centre de Google à Saint-Ghislain...



Photos Google

# Plus grand que le centre de Namur !





# Des câbles, encore des câbles...



# Quelques antennes... Pour le dernier km !



# Et des appareils allumés H-24 !



**Sans oublier la « Box »,  
le point terminal du réseau,  
à la maison ou au bureau...**

# Petit focus sur les satellites

*Quelle est la part  
des satellites  
dans les transferts  
des communications  
de l'internet ?*



**12 000 satellites pour 2025  
42 000 satellites à terme...**

Photos NASA

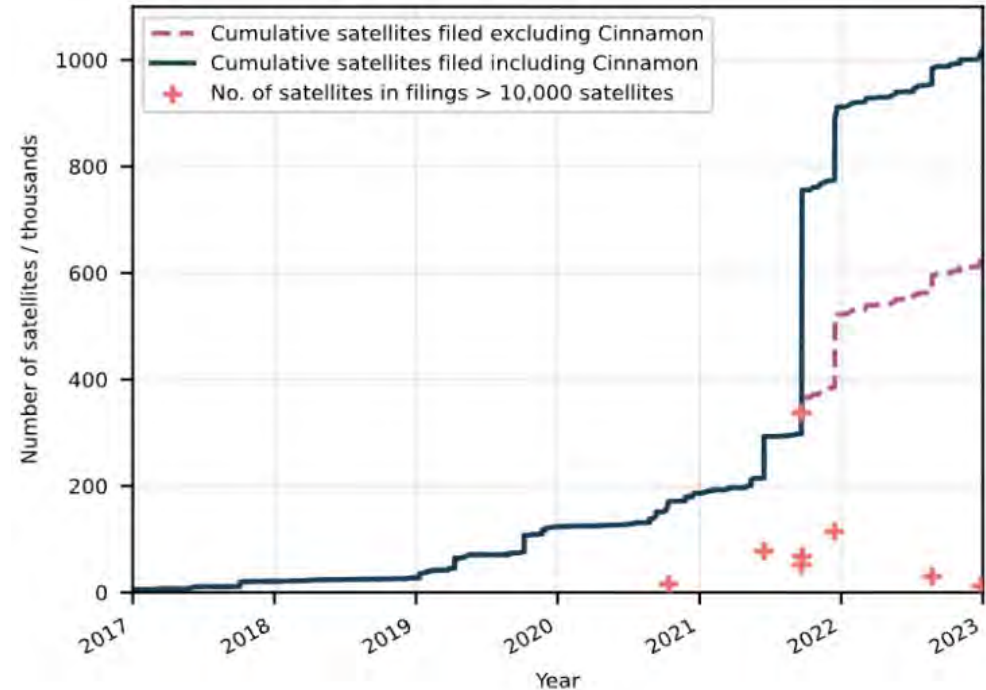
# Bientôt un satellite au-dessus de chacune de nos têtes ?

## Un million de satellites

*En utilisant la base de données "telle que reçue" de l'UIT, nous extrayons les dépôts pour les constellations de dix satellites ou plus, constatant que plus de 300 constellations représentant plus d'un million de satellites ont été déposées entre le 1er janvier 2017 et le 31 décembre 2022.*

*Cela représente plus de 115 fois le nombre de satellites opérationnels actuellement en orbite. En outre, parmi ces 300 constellations, plus de 90 comprennent plus de 1 000 satellites chacune. Vingt-trois constellations comptent plus de 5 000 satellites et huit en comptent plus de 10 000. La constellation la plus importante est Cinnamon-937 avec 337 320 satellites.*

SCIENCE / 12 Oct 2023 / Vol 382, Issue 6667 / pp. 150-152 / DOI: 10.1126/science.adi4639

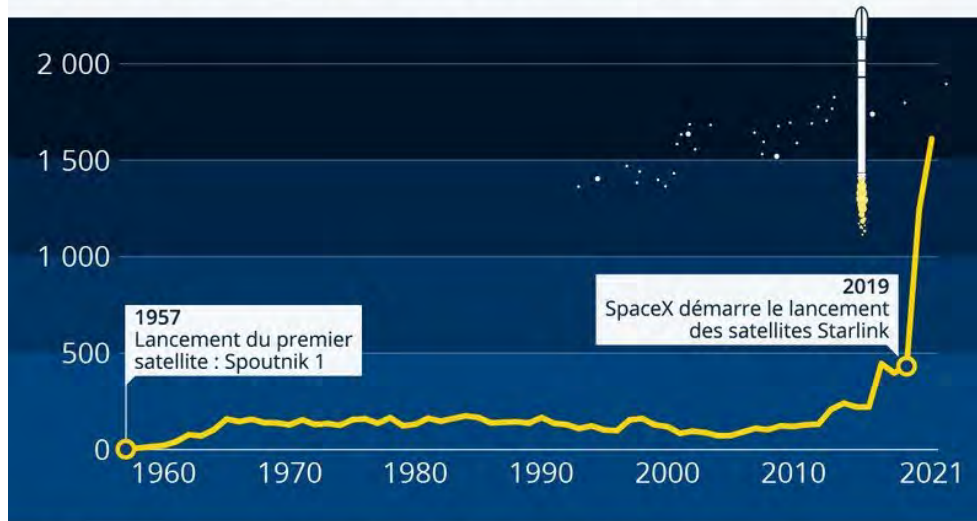


La figure 1 montre le nombre cumulé de satellites déposés au cours de la période examinée, la plupart de ces satellites étant destinés à l'orbite terrestre basse.

# Avec le Web, l'espace est un « Far West » ?

## De Spoutnik à Starlink : embouteillages en orbite

Total des charges utiles lancées dans l'espace de 1957 à 2021 \*

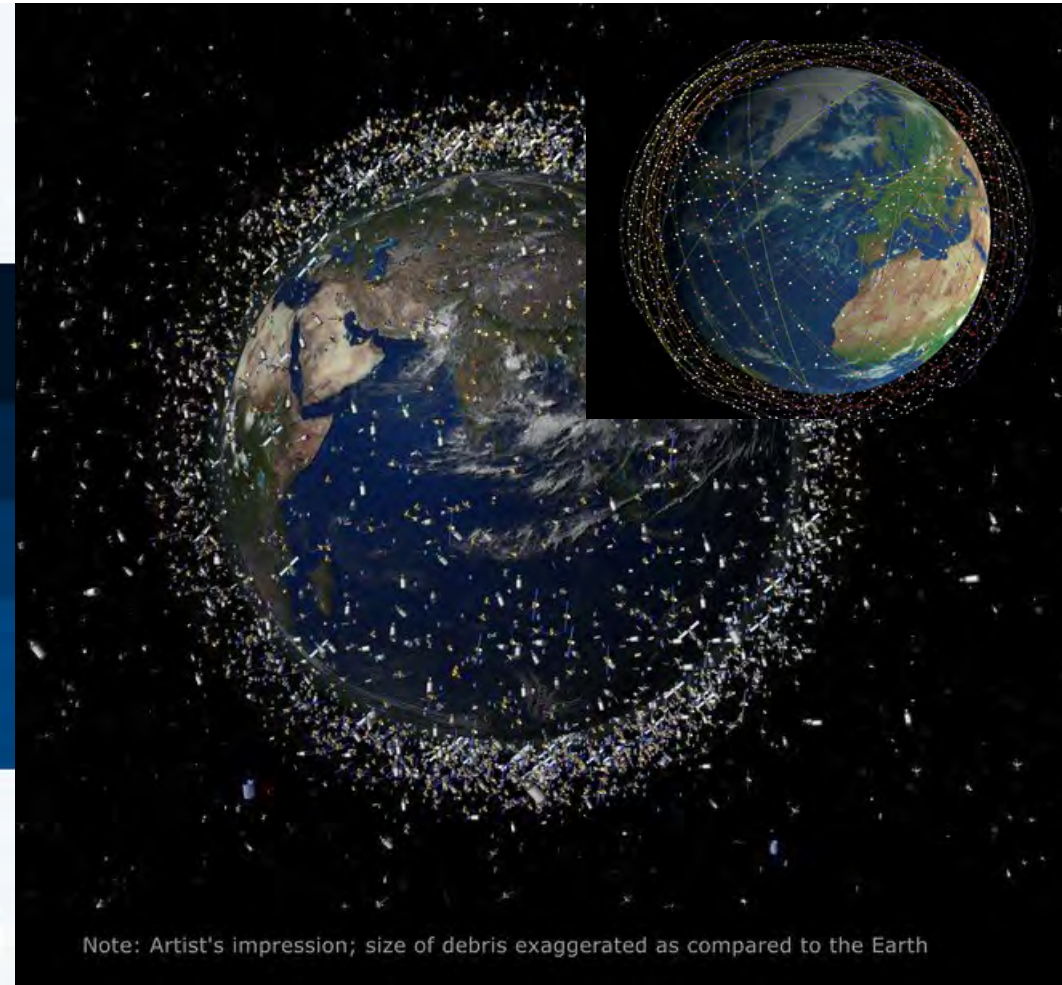


\* Charges utiles : engins spatiaux (satellites, sondes spatiales, etc.) conçus pour remplir une mission ou fonction spécifique.

Source : OCDE



statista



Note: Artist's impression; size of debris exaggerated as compared to the Earth

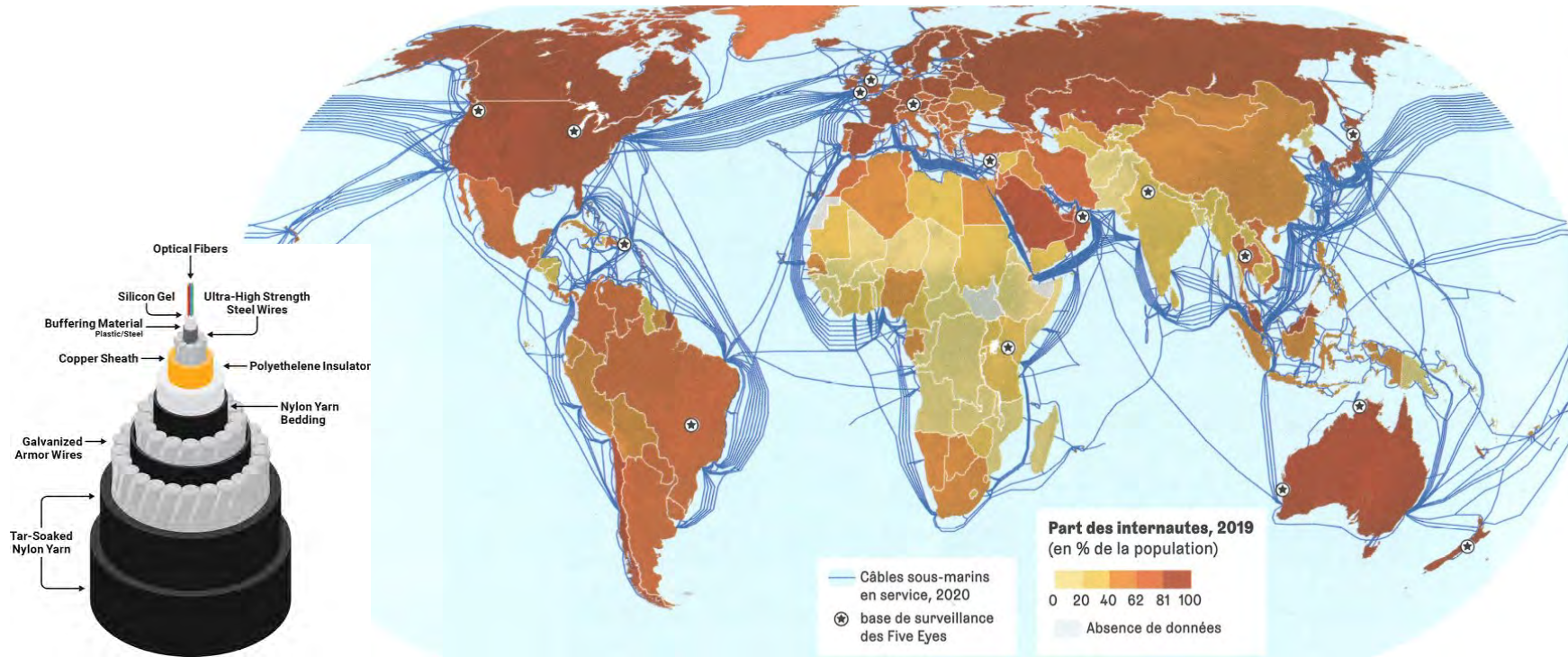
# Question ?

**Quelle est la part  
des satellites  
dans les transferts  
des communications  
de l'internet ?**

- A)  $> 50 \%$
- B)  $\pm 30 \%$
- C)  $\pm 15 \%$
- D)  $< 5 \%$



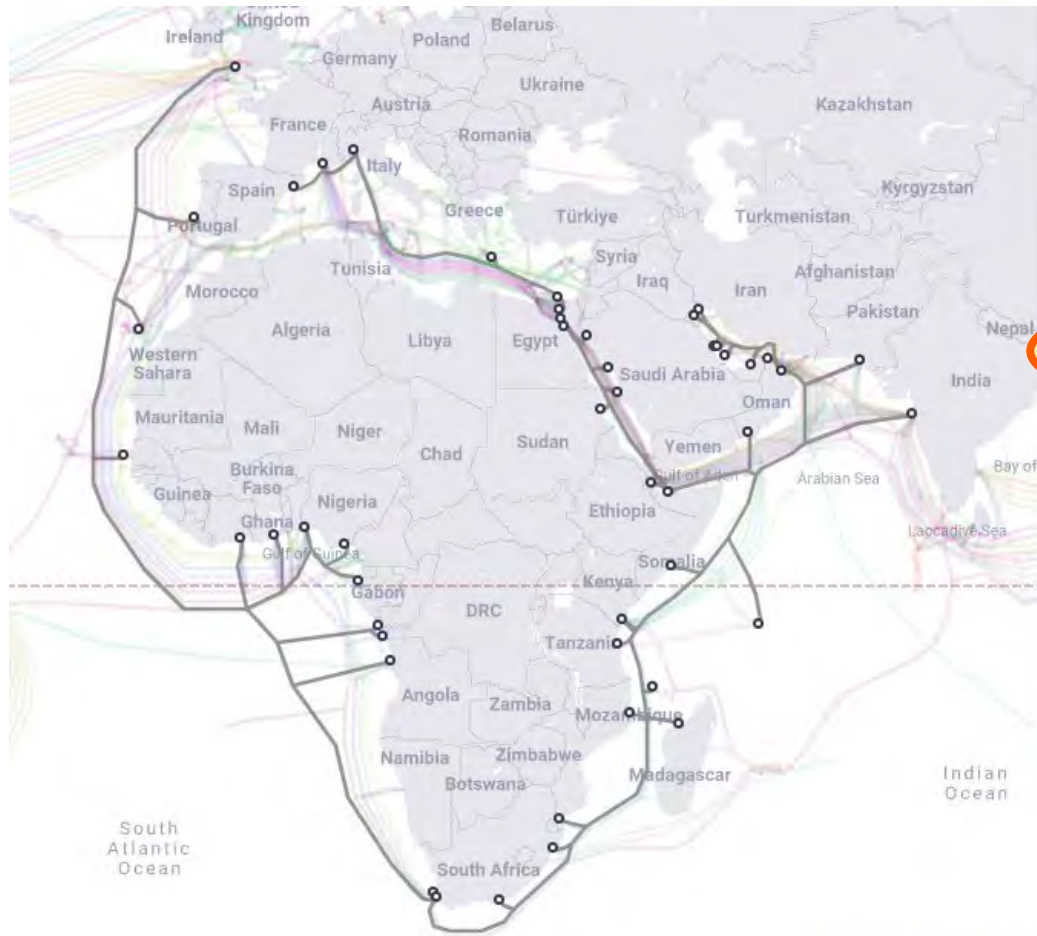
# Les câbles sous-marins : 99 % des données !



Plus de 95 % des données numériques mondiales transitent par des câbles sous-marins de télécommunications et, début 2023, ils étaient au nombre de 552 câbles en service selon [TeleGeography](#). 1 400 000, c'est le nombre de kilomètres de câbles posés sur les planchers océaniques, soit 35 fois le tour de la Terre.



# Plusieurs fois le tour de la terre...



🔍 Search by cable, landing, country, year

## 2Africa

🔗 Copy link

RFS

2023

Cable Length

45,000 km

Owners

China Mobile, MTN, Meta, Orange, Saudi Telecom, Telecom Egypt, Vodafone, WIOCC

Suppliers

ASN

URL

<https://www.2africacable.net/>

Landing Points

Luanda, Angola  
Manama, Bahrain  
Moroni, Comoros  
Muanda, Congo, Dem. Rep.  
Pointe-Noire, Congo, Rep.  
Abidjan, Côte d'Ivoire  
Djibouti City, Djibouti

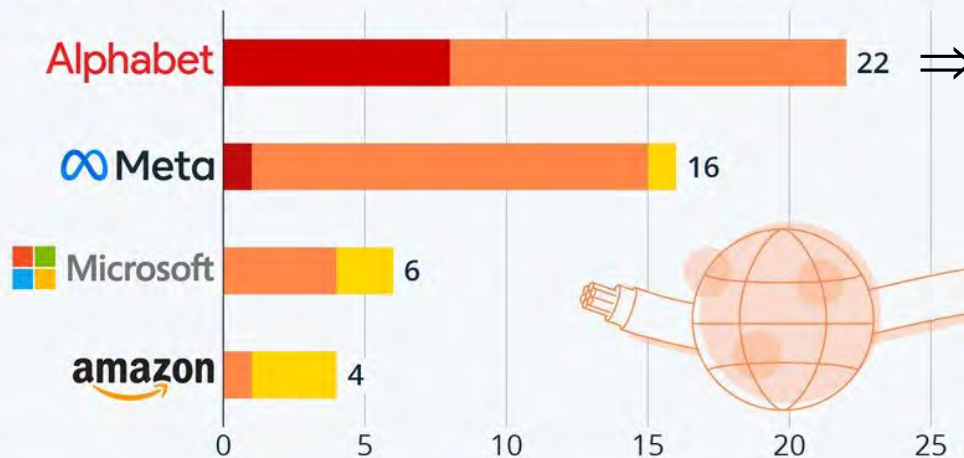
Last updated Mar 29, 2023

# La propriété des fournisseurs de contenus ?

## Câbles sous-marins : les GAFAM tissent leur toile

Nombre de projets de câbles sous-marins de télécoms dans lesquels les entreprises sont engagées

■ Propriétaire exclusif ■ Co-propriétaire ■ Investisseur majeur



Seuls les projets annoncés publiquement sont indiqués. En date de mai 2023.

Source : TeleGeography



statista

⇒ **Google déclare des investissements dans 26 câbles sous-marins (octobre 2023)**  
⇒ [TeleGeography](#)

# Le numérique est éminemment matériel !

Vue globalement, notre infrastructure numérique est très certainement la plus grande techno-structure créée par l'homme depuis toute l'histoire de l'humanité !

Faut-il bannir le terme “**dématérialisation**”  
et le remplacer par une formule telle que :  
« *industrialisation du stockage et du calcul de données administratives (des services publics)* » ?

On peut aussi affirmer que la “dématérialisation” est un mensonge qu'il convient de dénoncer... Continuer à utiliser le terme “dématérialisation” participerait également à la propagation d'une idéologie fallacieuse : celle qui nous pousse à croire que le numérique serait dénué d'impacts concrets sur la biosphère ?

Lire « [Les mots du numérique : Dématérialisation des services \(publics\)](#) »

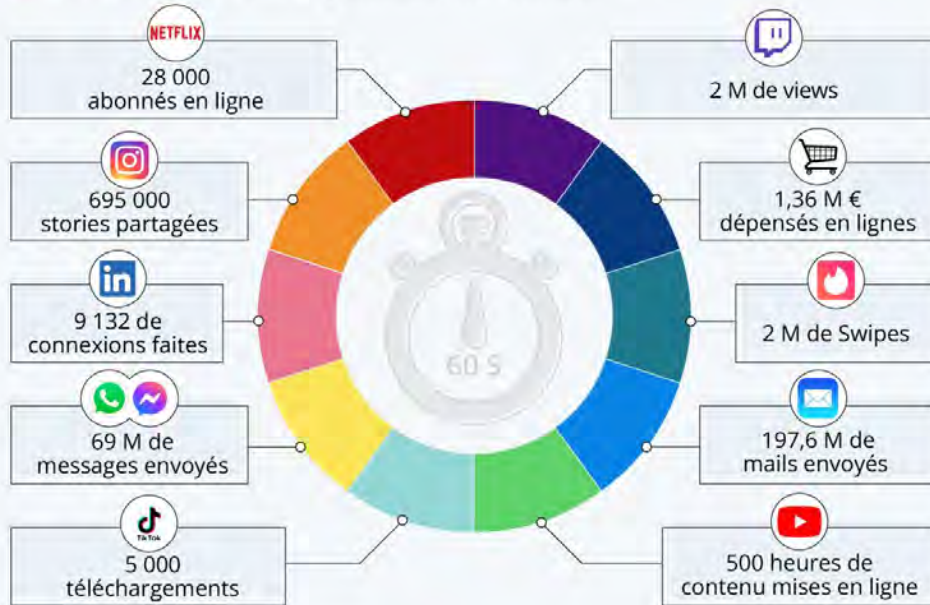
# Plan de la présentation

- 1 – Le numérique est éminemment matériel !  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- **2 – La croissance et ses impacts...**
- 3 – Une ressource NON renouvelable !
- 4 – L'indispensable sobriété numérique
- 5 – 1 ou 2 pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »
- 6 – Livres et ressources pour aller plus loin...

# L'ère du zettaoctet !

## Une minute sur Internet en 2021

Estimation de l'activité et des données générées sur Internet en l'espace d'une minute



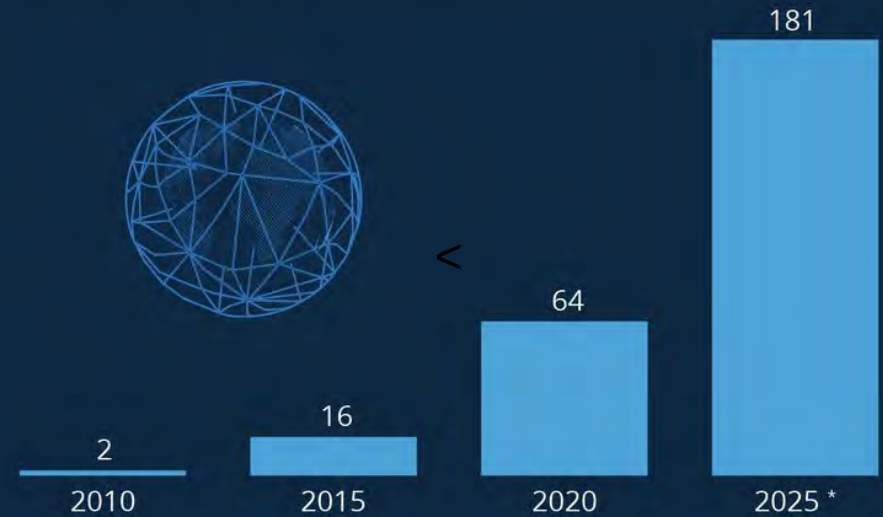
Source : Lori Lewis via AllAccess



statista

## Le Big Bang du Big Data

Estimation du volume de données numériques créées ou répliquées par an dans le monde, en zettaoctets



Un zettaoctet équivaut à mille milliards de gigaoctets.

\* Prévision en date de mars 2021.

Sources : IDC, Seagate, Statista



statista



# 2 – La croissance, ses impacts...

## EMPREINTE MONDIALE EN 2019



Si le numérique  
était un pays,  
il aurait 2 à 3 fois  
l'empreinte  
de la France.



CONSOMMATION  
D'ÉNERGIE  
PRIMAIRE (EP) :  
**4,2 %**



EMISSIONS  
DE GAZ À EFFET  
DE SERRE (GES) :  
**3,8 %**



CONSOMMATION  
D'EAU (EAU) :  
**0,2 %**



CONSOMMATION  
D'ÉLECTRICITÉ  
(ELEC.)\* :  
**5,5 %**

## 2 – La croissance, ses impacts...

x5 entre 2010  
et 2025



### 1. LES TÉLÉVISIONS

**5 à 15%**

DES IMPACTS EN 2010  
CONTRE

**9 à 26%**

EN 2025



### 2. LES SMARTPHONES

**2 à 6%**

DES IMPACTS EN 2010  
CONTRE

**4 à 16%**

EN 2025



### 3. LES OBJETS CONNECTÉS

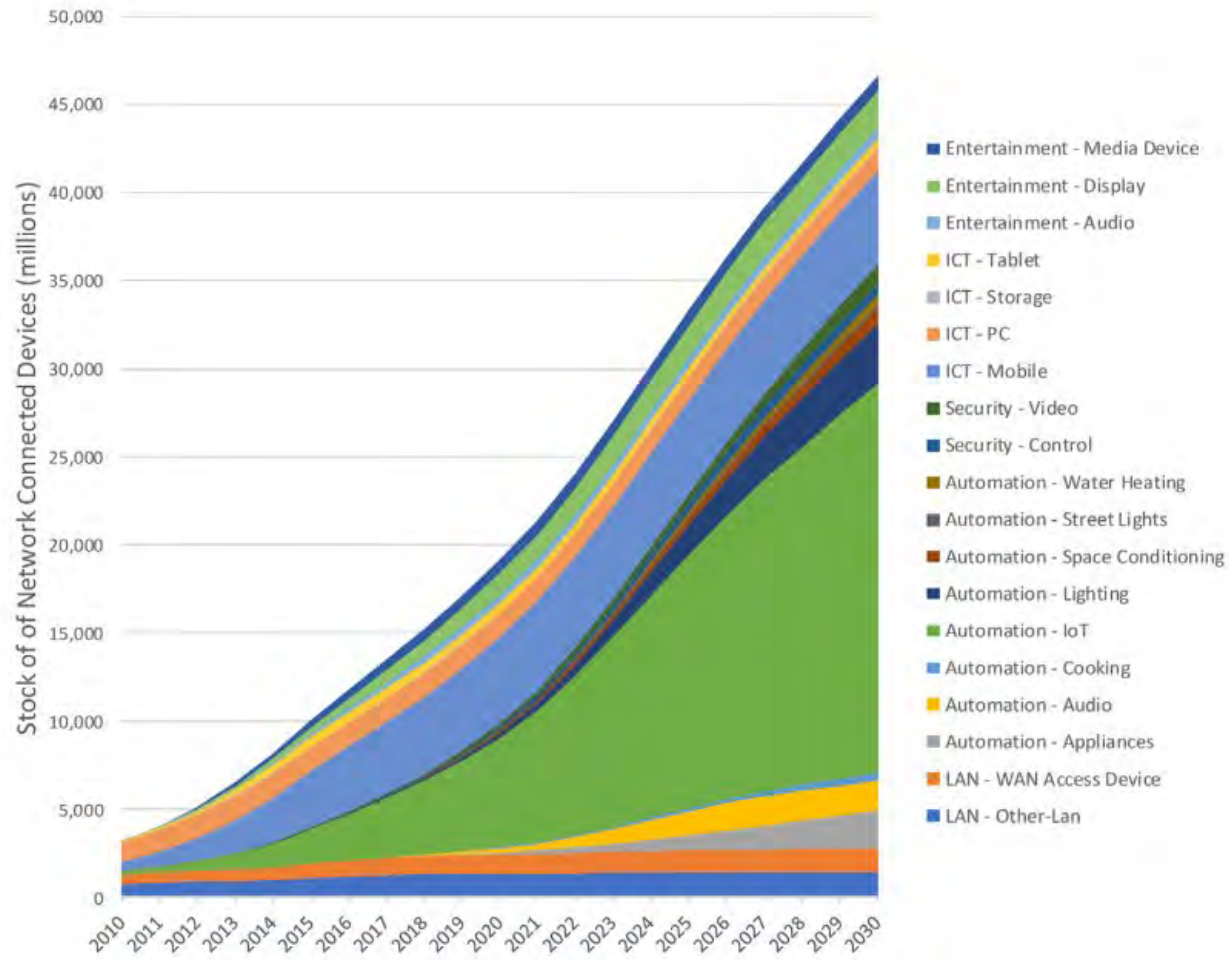
**1%**

DES IMPACTS EN 2020  
CONTRE

**18 à 23%**

EN 2025.

# 45 milliards d'objets connectés en 2030 ?





# Une croissance exponentielle généralisée !

Nombre de data centers hyperscale - 2015 à 2021



Source : Statista

**Un data centre de 10 000 m<sup>2</sup> consomme en moyenne autant qu'une ville de 50 000 habitants...  
Celui de *La Courneuve*, en construction à 5 km de Paris sur un terrain de 7 hectares,  
avec ses 40 000 m<sup>2</sup> de salles informatiques, absorbera une puissance électrique de 130 MW,  
soit la consommation d'une ville de plus de 200 000 habitants !**

# Et complètement assumée (?)

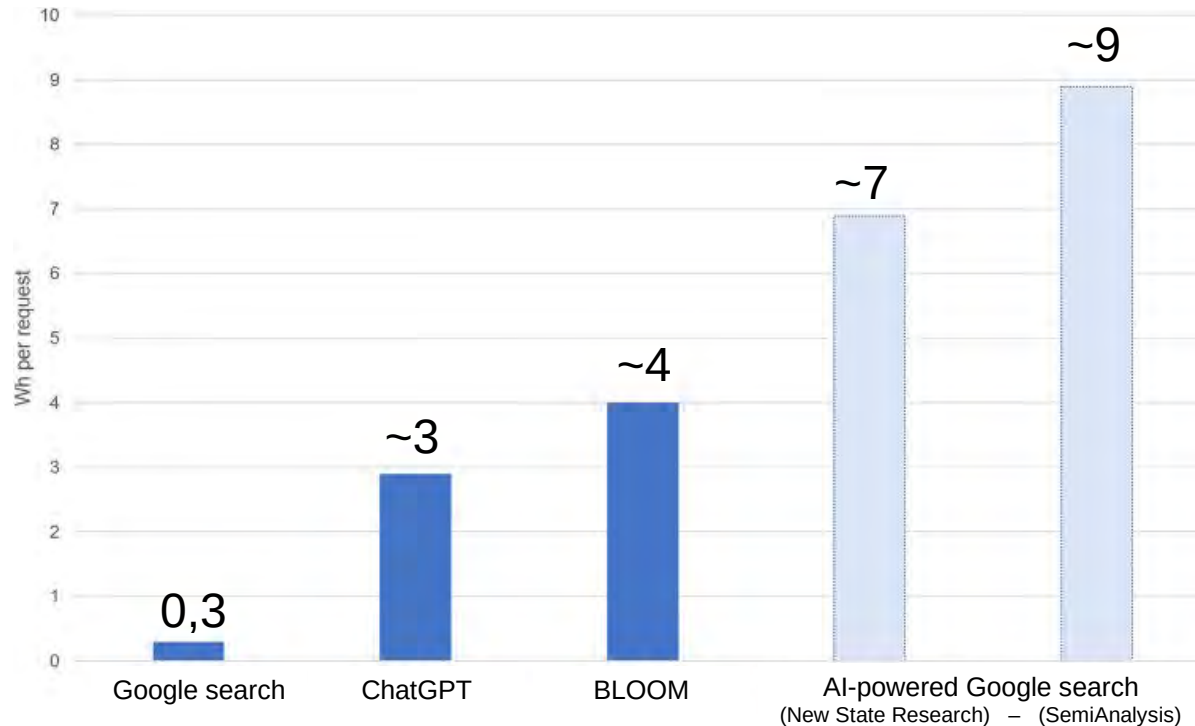
**« D'ici à 2030, une métropole telle que Paris aura besoin de 1400 hectares (soit 1/1000 de la surface de l'Ile-de-France) pour créer de nouveaux data centers et permettre aux données de cheminer sans encombre. »**

Fabrice Coquio, Président de Digital Realty France, d'Interxion France, et d'autres sociétés actives dans l'informatique et les data centres.  
In « [Data centers et filière du numérique : quelles tendances en 2023 ?](#) »



Photo DCmag (CC BY-ND)

# Avec toujours plus de calcul et de datas !



Estimation de la consommation d'énergie par requête pour différents systèmes alimentés par l'IA par rapport à une recherche Google standard (en W/h par requête)

« The growing energy footprint of artificial intelligence » / Alex de Vries / Published: October 10, 2023 / DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>

# Pourrons-nous éviter l'effet rebond ???



Katy Freeway, Houston, Texas, USA  
**Comment 26 bandes de circulation  
ne résolvent pas la congestion du trafic...**

# L'IA est-elle nécessaire et performante ?



**22 703 kW**

Frontier TDS - HPE Cray EX235a  
2<sup>e</sup> super ordinateur au classement  
[Green500 de juin 2023](#) (Energy Efficiency)  
62 684 GFlops/watts – 8 699 904 cores

**VS**

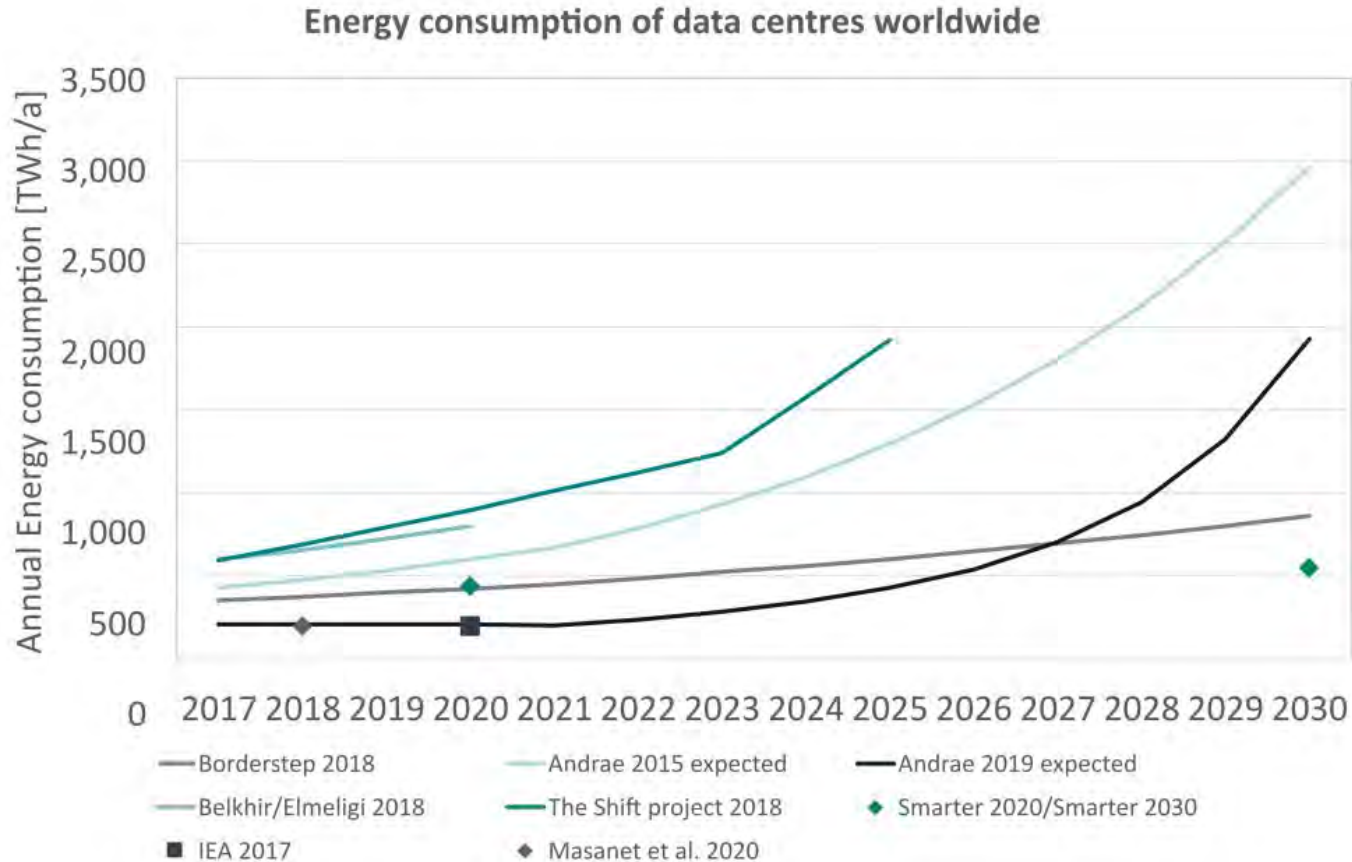


**1 million**

**X**

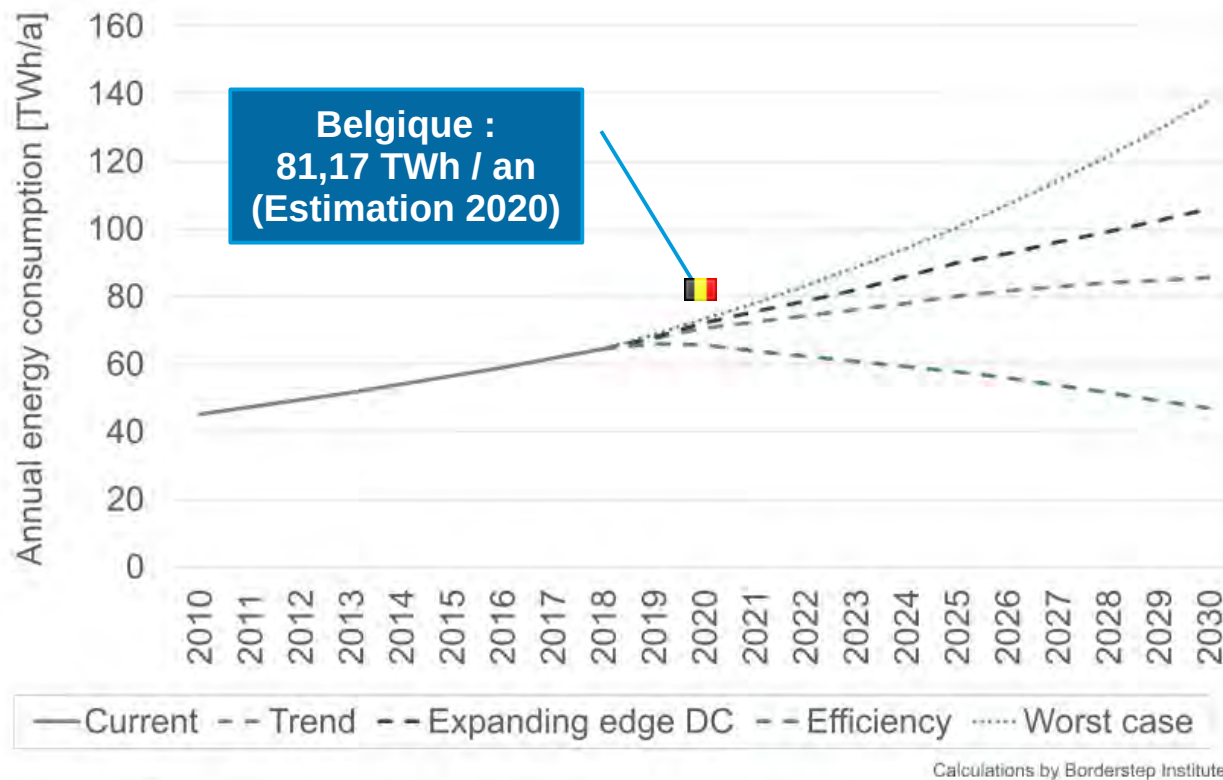
**~ 20 W**

# Croissance de la consommation électrique...



Montevecchi, F., Stickler, T., Hintemann, R., Hinterholzer, S. (2020). *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Final Study Report.* Vienna

# Croissance de la consommation électrique...

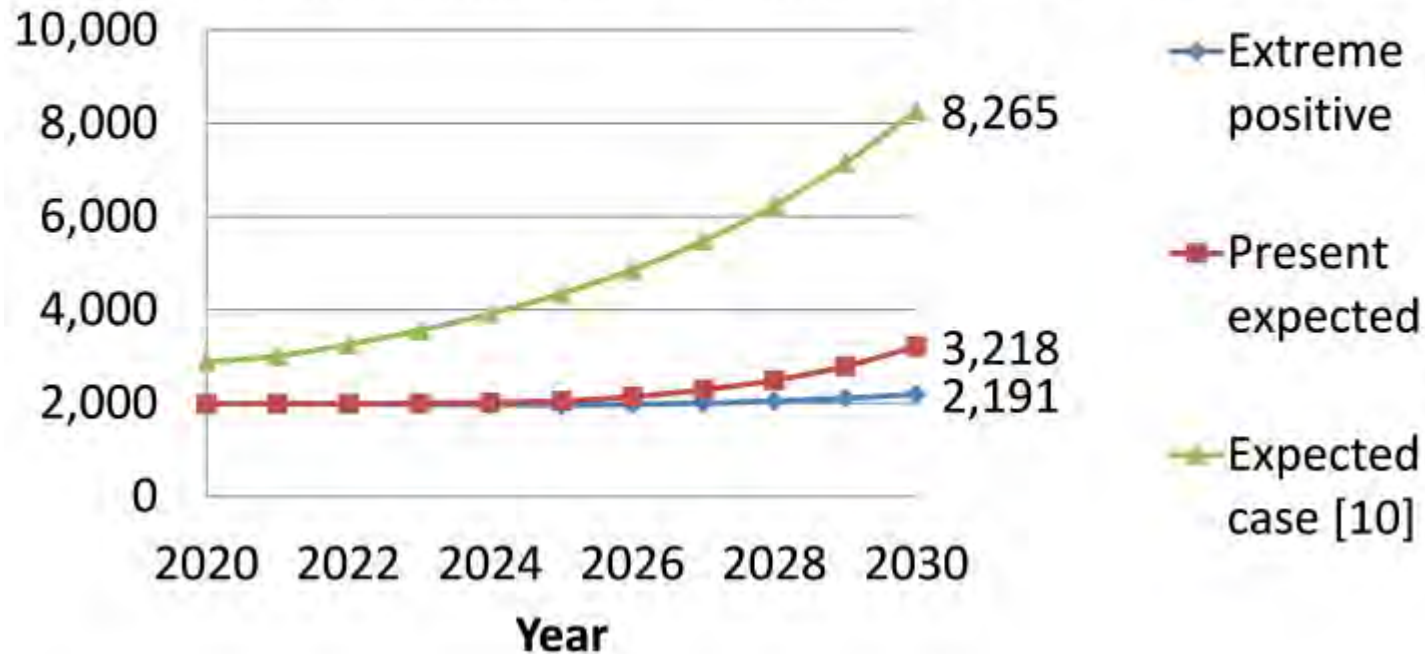


**Figure 21 - Possible scenarios for the development of the energy demand of data centres in the EU28 until 2030**

Montevecchi, F., Stickler, T., Hintemann, R., Hinterholzer, S. (2020). *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Final Study Report.* Vienna

# Croissance de la consommation électrique...

## Electricity footprint (TWh) of Communication Technology 2020-2030



« New perspectives on internet electricity use in 2030 » / Anders S.G. Andrae / Engineering and Applied Science Letter / Vol. 3 (2020), Issue 2, pp. 19 – 31 / DOI: 10.30538/psrp-easl2020.0038

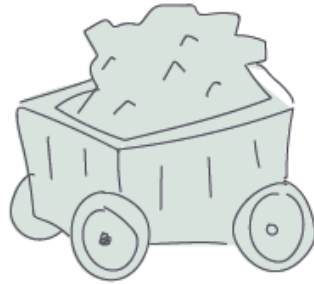


# Plan de la présentation

- 1 – Le numérique est éminemment matériel !  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- 2 – La croissance et ses impacts...
- **3 – Une ressource NON renouvelable !**
- 4 – L'indispensable sobriété numérique
- 5 – 1 ou 2 pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »
- 6 – Livres et ressources pour aller plus loin...

# 3 – Une ressource NON renouvelable !

## RECETTE DE FABRICATION D'UN ORDINATEUR PORTABLE



**800kg**

**DE MATIÈRES PREMIÈRES**

(plastique, aluminium, cuivre,  
métaux ferreux...)



**240 kg**

**DE COMBUSTIBLES FOSSILES**

# 3 – Une ressource NON renouvelable !



**+**  
**22 kg**  
**DE PRODUITS CHIMIQUES**



**+**  
**1,5 T**  
**D'EAU**

# 3 – Une ressource NON renouvelable !



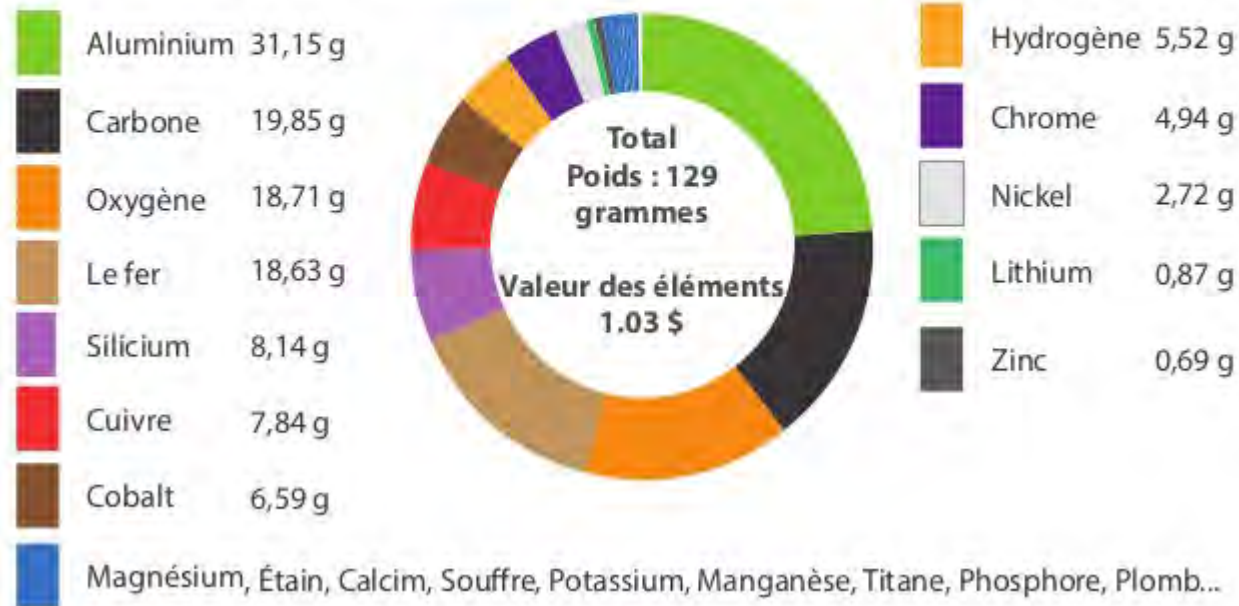
**120 à 180 kg  
de matières  
premières  
=  
150 à 200 g  
de produit fini**

# Plus de 50 métaux dans un smartphone...

## Les métaux dans l'iPhone

Matériaux utilisés pour la fabrication de l'iPhone 6 (modèle 16 GB)

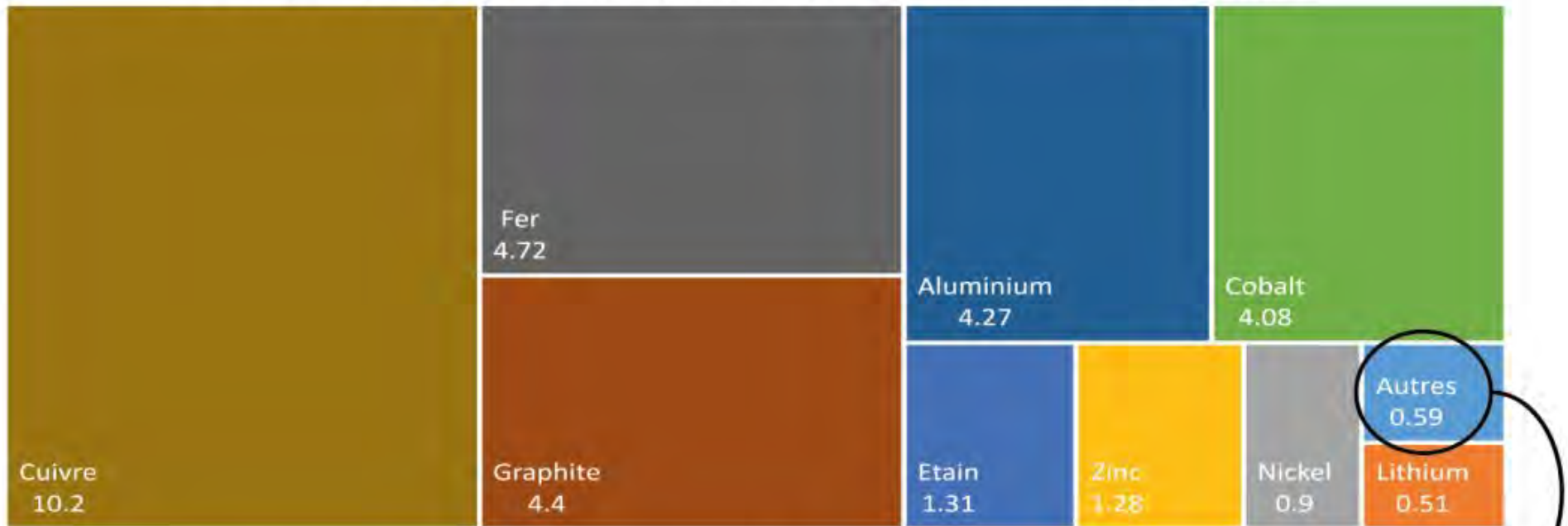
source des données : 911 Metallurgist (Vice.com)



**Smartphone : 70 matériaux dont près de 50 éléments métallique**

# Plus de 50 métaux dans un smartphone...

Composition d'un smartphone (1/3) : métaux en **Gramme**

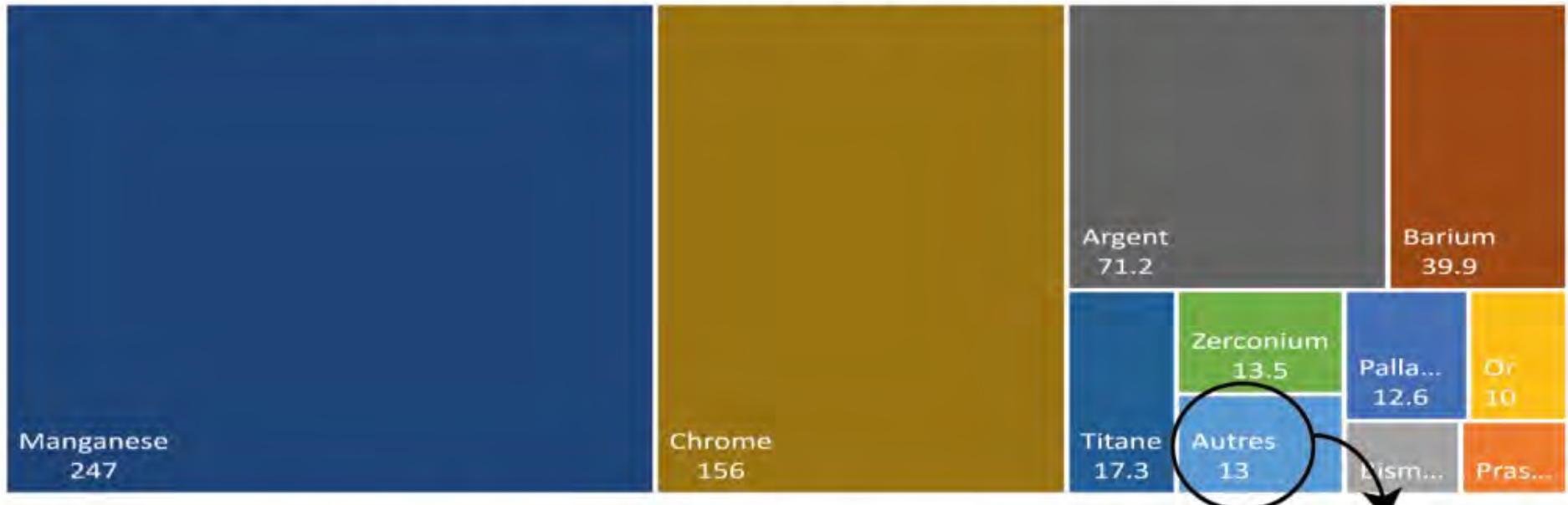


Composition d'un smartphone (2/3) : métaux en **Milligramme**

**Smartphone : 70 matériaux dont près de 50 éléments métallique**

# Plus de 50 métaux dans un smartphone...

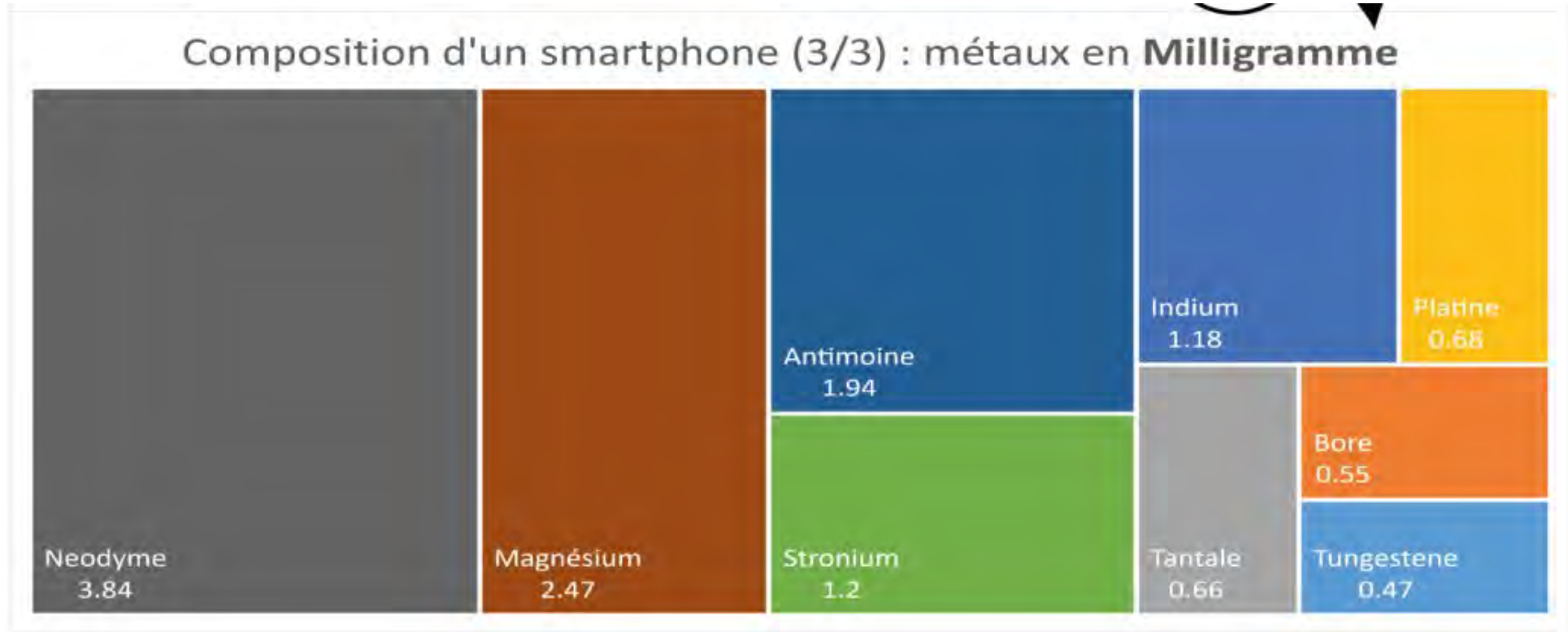
Composition d'un smartphone (2/3) : métaux en **Milligramme**



Composition d'un smartphone (3/3) : métaux en **Milligramme**

**Smartphone : 70 matériaux dont près de 50 éléments métallique**

# Plus de 50 métaux dans un smartphone...



**Smartphone : 70 matériaux dont près de 50 éléments métallique**



# L'électronique repose sur les métaux



Métal	Part de l'électronique dans la production mondiale
Cuivre	6%
Or	10%
Palladium	10%
Argent	20%
Étain	35%
Cobalt	35%
Tantale	60%
Indium	80%
Ruthénium	80%
Gallium	90%
Germanium	30-50%

Tableau 1. Part du secteur de l'électronique dans la consommation mondiale de certains métaux. Le numérique représente une partie importante du secteur de l'électronique.

Source : Bihouix et Mauvilly (2016).

# L'électronique repose sur les métaux



Métal affiné. Ici l'exemple de l'aluminium, parmi les dizaines de métaux affinés © CC.0—Public Domain

# Métaux = Mines



Mine de Katanga - RDC © BY-NC 2.0 - Dave Dyet



# Métaux = Mines

Illustration d'une mine d'extraction - lieu et minerais inconnus © CC.0—Public Domain



# Mines = forte empreise sur les territoires



# Mines = forte emprise sur les territoires



# Or (Au) : 1 g / tonne de minerais

Métal	Teneur moyenne dans la croûte terrestre (ct)	Teneur moyenne dans les gisements exploités
Fer (Fe)	5 % (2 <sup>ème</sup> élément le plus abondant de la ct)	30 à 66 %
Aluminium (Al)	8 % (élément le plus abondant de la ct)	25 à 30 % <sup>14</sup>
Plomb (Pb) <sup>i</sup>	16 g/t	1 à 12 %
Nickel (Ni)	75 g/t	1 à 3 %
Tungstène (W)	1.5 g/t	0.3 à 2 %
Cuivre (Cu)	55 g/t	0.3 à 2 %
Uranium (U)	3 à 4 g/t	0.1 à 0.3 %
Lithium (Li)	20 g/t	0.05 à 0.15 % (dans les salars)
Argent (Ag)	0.075 g/t	Quelques dizaines à quelques centaines de g/t
Platine (Pt)	0.005 g/t	0.0003 % à 0.0015 % (3 à 15 g/t)
Or (Au)	0.005 g/t	0.0001 % (1 g/t)

Tableau 1 : Teneurs moyennes des gisements exploités dans le monde pour certains métaux ; d'après L'Élémentarium ([lelementarium.fr](http://lelementarium.fr))

# La mine d'or industrielle...



La mine d'or à ciel ouvert de Yanacocha, au Pérou (Panorámica de operaciones) – Source : [Wikimédia](#) – Elbuenminero – 2009 – CC-BY-SA



# Or (Au) : 1 g = 1 tonne de déchets !

Dans les grandes mines industrielles actuellement en exploitation, pour obtenir en moyenne 0,8 grammes d'or pur, il faut extraire et broyer finement une tonne de minerais.

Beaucoup d'autres métaux sont extraits dans des concentrations comparables, de l'ordre des quelques grammes au plus par tonne de minerais...

L'extraction minière est assurément une des activités industrielle les plus polluantes : quand vous extrayez et raffinez une tonne de minerais pour obtenir au plus un gramme d'or, vous vous retrouvez avec un coproduit tel l'argent, **mais surtout avec de grandes quantités de déchets forts polluants car contenant bien souvent de l'arsenic, du mercure, de l'uranium, du cuivre, du plomb, de l'antimoine, du zinc, du baryum, du bismuth...**

# Mines = activités industrielles très polluantes



Accidents majeurs sur le site minier de Norilsk, Russie :  
Pollution de la rivière Daldykan en septembre 2016 suite au débordement  
d'un parc à résidus miniers | © Alex Kokcharov · Twitter

# Mines = activités « artisanales » très polluantes



Déforestation due à l'extraction informelle de l'or dans une réserve naturelle au Pérou. © CC BY-SA 4.0 - Planet Labs

# Mines = activités très polluantes

**Le secteur minier industriel serait le 2<sup>e</sup> plus gros émetteur de mercure dans l'air** (14,1 % des émissions globales ; 3,8 % pour la production d'or à grande échelle, 10,3 % pour la production des autres métaux concernés), après la mine artisanale d'or (37,7 %) et **devant les centrales à charbon** (13,1 %). Le secteur est également responsable d'environ 40 % du total des rejets de mercure dans l'eau (1/4 provenant des mines d'or à grande échelle), ce qui en fait la 2<sup>e</sup> source, après la mine artisanale d'or. Le secteur serait également à l'origine d'une contamination des sols importante, mais cette question reste indéterminée pour le moment.

SystExt, 2021 – Rapport d'étude – Controverses minières – Volet 1 –  
Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales – pp. 16

# Mines = 3 à 5 accidents majeurs / an



Catastrophe minière de Mariana, rupture de barrage contenant les boues toxiques de la mine de fer, au Brésil, en 2015 © CC BY - Senado Federal

# Épuisement des ressources abiotiques



Épuisement à court terme (moins de 30 ans)	Épuisement à moyen terme (moins de 50 ans)
Antimoine	Manganèse
Étain	Nickel
Argent	Cuivre
Cobalt	Sélénium
Or	Niobium
Zinc	Molybdène
Plomb	Lithium
Bismuth	
Chrome	
Indium	
Germanium	
Tantale	

Tableau 2. Estimation de la date d'épuisement des métaux importants dans le numérique si les taux de production continuent au rythme des dernières décennies. Les réserves prises en compte ne sont pas toutes rentables, et donc pas nécessairement exploitables actuellement (USGS 2019, p.195-196). Sources : croisement des données de Bihouix (2015), Geldron (2018, p.9), Halloy (2018, p.40-41) et USGS (2019).

# Produire en 35 ans plus de métaux que jamais ?

Au total, les stocks totaux de tous les métaux devant être produits d'ici 2050 et les flux de métaux en 2050 pourraient atteindre 5 à 10 fois les niveaux actuels (Graedel, 2011 ; Graedel et Cao, 2010).

**Cela signifie que la quantité cumulée de métaux à produire au cours des trente-cinq prochaines années dépasserait la quantité cumulée produite depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui (2018).**

Ces chiffres, qui donnent le tournis, sont la réalité de la formule « croissance à taux constant ». Pour un taux de croissance constant de 5 % par an, la quantité double tous les douze ans. S'il a été possible de doubler la production d'aluminium depuis 2000, sera-t-il possible de la quadrupler dans les quarante ans à venir ?

Au-delà de l'aspect comptable, **il existe naturellement d'autres enjeux comme les impacts environnementaux et sociaux d'une croissance exponentielle, ainsi que de la demande énergétique.**

Vidal Olivier. (2018). Ressources minérales, progrès technologiques et croissance. Temporalités [En ligne], 28 / Institut des Sciences de la Terre-ISTerre, University Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble, France.

# Avec des risques majeurs pour la biodiversité ?

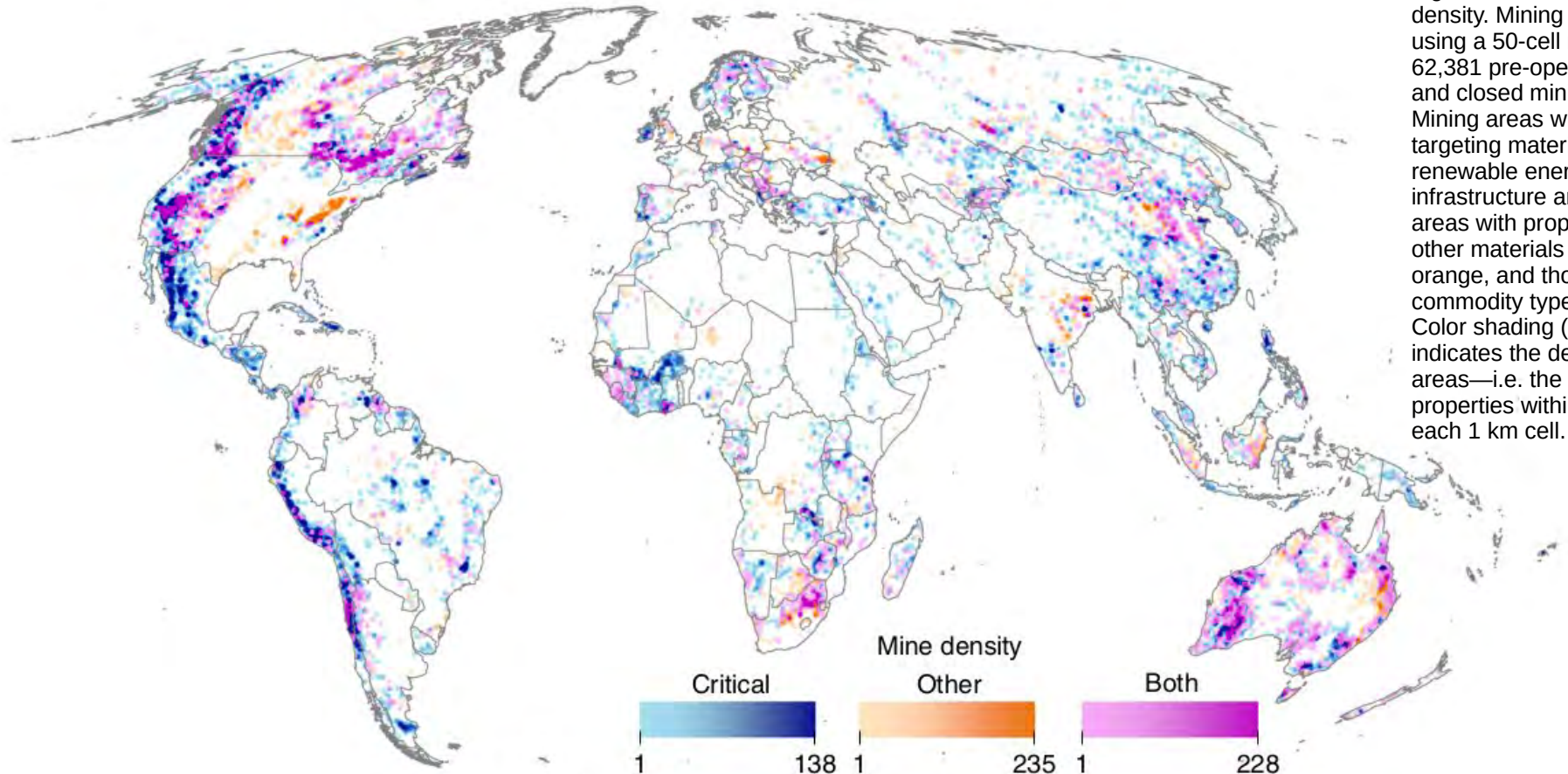


Fig. 1 Global mining areas and their density. Mining areas were mapped using a 50-cell radius around 62,381 pre-operational, operational, and closed mining properties. Mining areas with properties targeting materials critical for renewable energy technology and infrastructure are shown in blue, areas with properties targeting other materials are shown in orange, and those targeting both commodity types are shown in pink. Color shading (light to dark) indicates the density of mining areas—i.e. the number of mining properties within a 50-cell radius of each 1 km cell.

Source : « Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity » – Laura J. Sonter, Marie C. Dade, James E. M. Watson & Rick K. Valenta – NATURE COMMUNICATIONS | (2020) 11:4174 | <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17928-5>



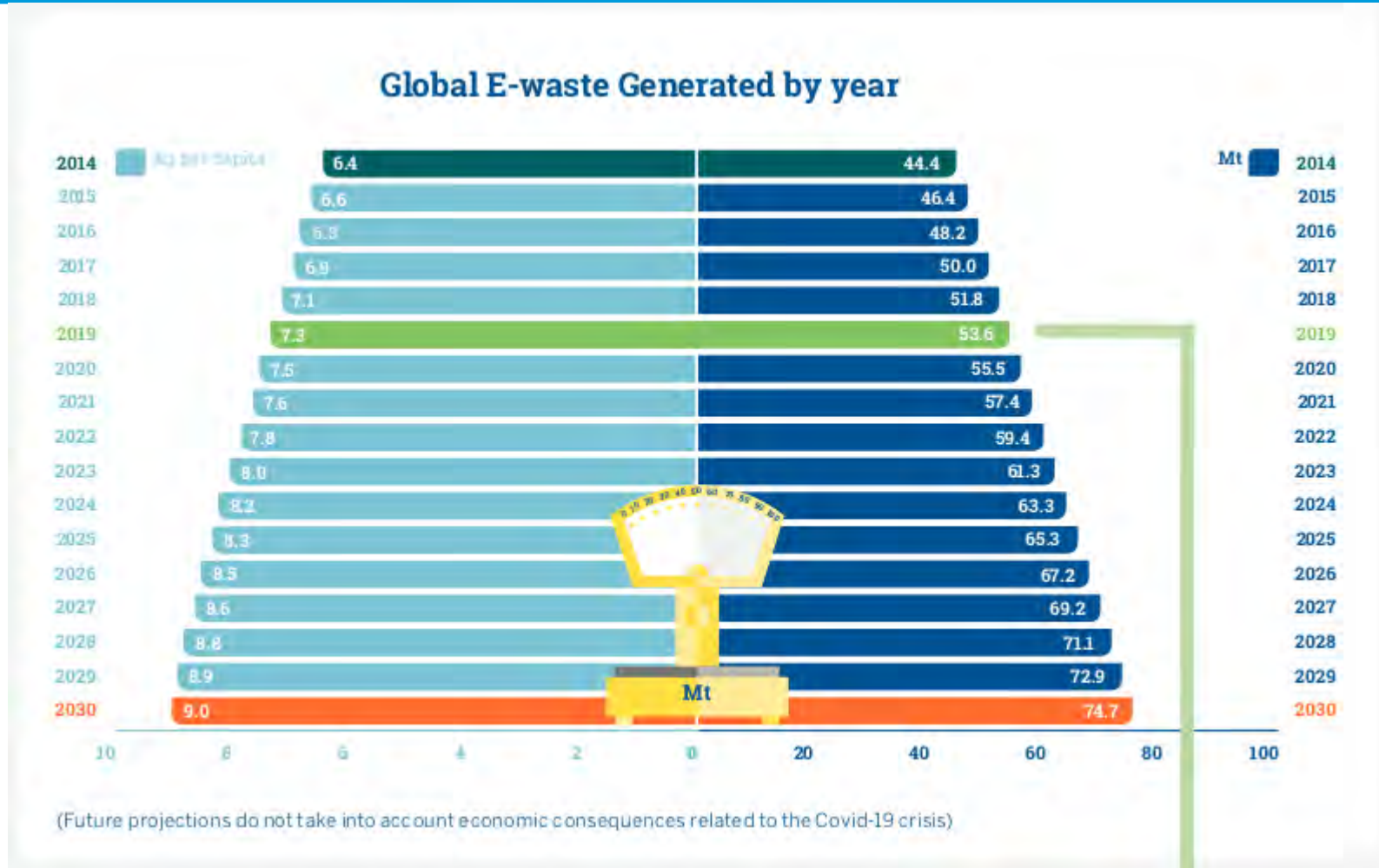
# Avec des risques majeurs pour la biodiversité ?

Dans cet article publié par Nature Communications en 2020, **les auteurs montrent que les nouvelles menaces que l'exploitation minière fait peser sur la biodiversité pourraient dépasser celles que l'on pourrait éviter en atténuant le changement climatique.**

Ces conclusions résultent d'un travail de cartographie des zones minières et de l'évaluation des coïncidences spatiales des zones minières qui se chevauchent avec les sites de conservation de la biodiversité...

Source : « Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity » – Laura J. Sonter, Marie C. Dade, James E. M. Watson & Rick K. Valenta – NATURE COMMUNICATIONS | (2020) 11:4174 | <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17928-5> | [www.nature.com/naturecommunications](http://www.nature.com/naturecommunications)

# Les DEEE en croissance continue...



# Quelle fin de vie pour les DEEE ?



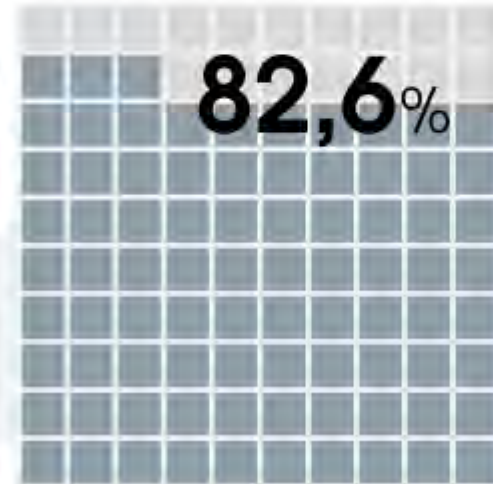
Photo Google

# Quelle fin de vie pour les DEEE ?

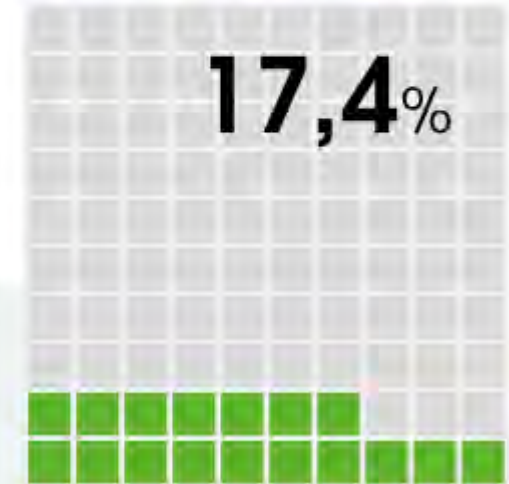
**53,6 Mt**  
de déchets  
d'équipements  
électriques et  
électroniques  
produits dans le  
monde en 2019

Source :  
« [Les enfants et les décharges numériques](#) »  
– Rapport de l'OMS – Juin 2021

On ignore ce que sont  
devenus **82,6%** ou  
**44,3 Mt** des déchets  
d'équipements électriques  
et électroniques mondiaux  
produits en 2019



**17,4%** ou **9,3 Mt** de déchets  
d'équipements électriques  
et électroniques ont été  
enregistrés comme **ayant  
fait l'objet d'une collecte ou  
d'un recyclage adéquats**



# Quelle fin de vie pour les DEEE ?

La situation actuelle est celle de la croissance effrénée des Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE ou D3E), qui atteignaient déjà le chiffre impressionnant de **53,6 millions de tonnes produites en 2019** au niveau mondial. Un chiffre qui connaît une croissance annuelle de près de 2 millions de tonnes...

Or « ***on ignore ce que sont devenus 82,6 % de ces déchets, soit 44,3 millions de tonnes, car seuls 17,4 % des déchets d'équipements électriques et électroniques ont été enregistrés comme ayant fait l'objet d'une collecte ou d'un recyclage adéquats*** ».

Ces déchets dont le sort est inconnu sont probablement mis en décharge, échangés ou recyclés dans de mauvaises conditions, notamment dans des pays pauvres d'Afrique et d'Asie... Pour survivre, les populations locales de ces pays s'adonnent en outre à des « *activités informelles de recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques qui peuvent exposer les enfants au plomb, au cadmium, au chrome, aux retardateurs de flamme bromés et aux dioxines et aux biphényles polybromés, parmi d'autres produits chimiques toxiques. Certaines de ces substances étant associées à des effets néfastes sur le développement neurologique, même à des niveaux d'exposition très faibles* ».

# Quelle fin de vie pour les DEEE ?



# Électronique = NON recyclable ?

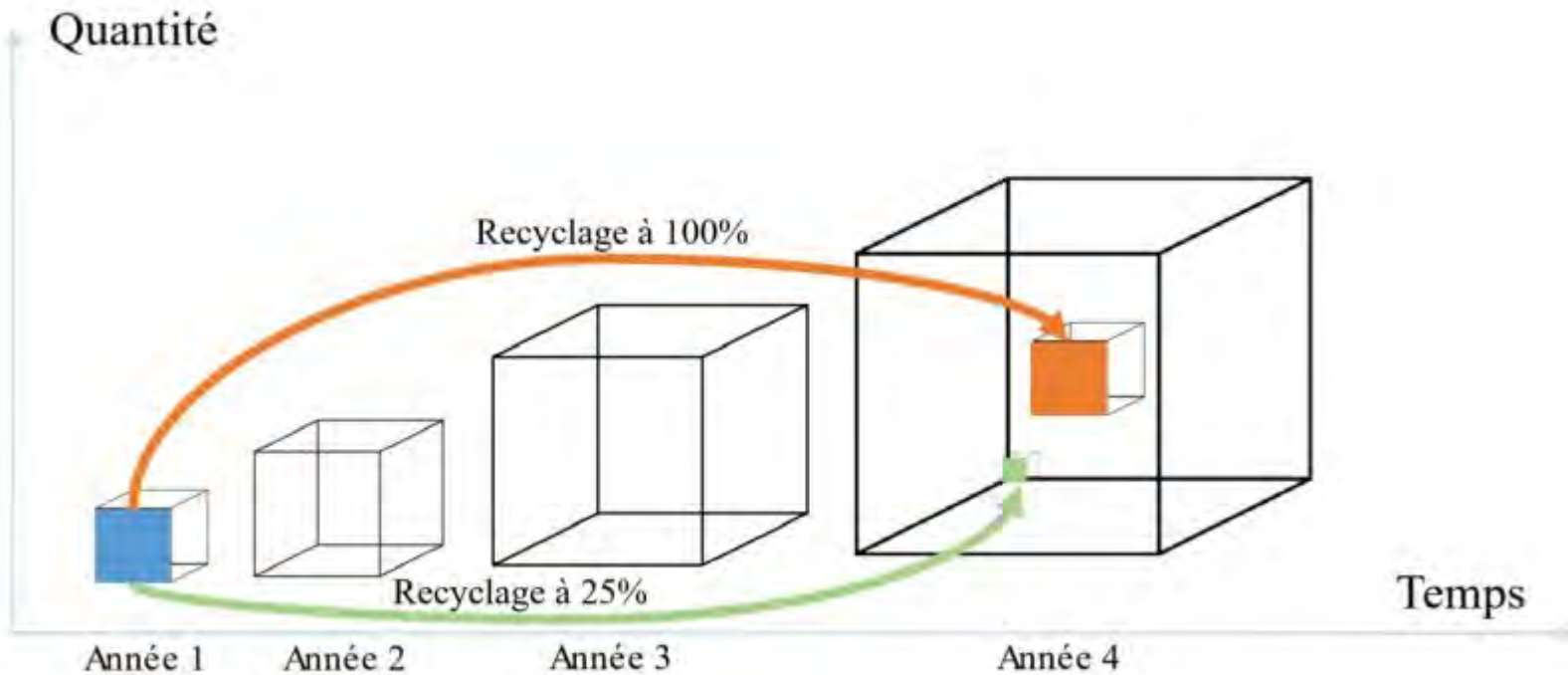


À titre d'exemple, prenons les écrans qui fleurissent partout autour de nous : aujourd'hui, la fabrication de ceux-ci comporte entre autres l'utilisation d'un « plaquage » composé d'oxyde d'étain-indium, que l'on obtient par **vaporisation** de cet oxyde sur une plaque de verre. Cet **oxyde d'étain-indium** offre des caractéristiques conjointes de conductibilité électrique et de transparence optique, ce qui est fort appréciable dans les écrans... L'inconvénient, c'est que **c'est non recyclable !**

Quelle est la quantité d'indium recyclée aujourd'hui au niveau international ? **Zéro !**

À votre avis, qui va essayer de récupérer des vapeurs de métal sur une plaque de verre ?  
Personne...

# Recyclage compatible avec la croissance ?



*Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante*



# Disparaître d'ici une à deux générations ?

Globalement, le taux de « circularité » (utilisation de matériaux provenant du recyclage dans la fabrication des composants) est très faible, voire nulle, pour la grande majorité des 50 à 70 matériaux différents, et surtout des éléments métalliques, qui composent nos joujoux électroniques... Et quand on constate par ailleurs que le taux de circularité est en diminution ces dernières années, car il était évalué à 9,1 % en 2018, à 8,6 % en 2022, et à seulement 7,2 % en 2023 (!), on comprend aisément que « l'économie circulaire » tant vantée par nos hommes et femmes politiques est loin d'être une réalité atteignable à court terme, surtout en ce qui concerne le numérique...

C'est ce qui fait dire à Frédéric Bordage de [GreenIT.fr](https://www.greenit.fr) que :  
**« le numérique est une ressource non renouvelable qui pourrait disparaître d'ici une à deux générations » !**

# Plan de la présentation

- 1 – Le numérique est éminemment matériel !  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- 2 – La croissance et ses impacts...
- 3 – Une ressource NON renouvelable !
- **4 – L'indispensable sobriété numérique**
- 5 – 1 ou 2 pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »
- 6 – Livres et ressources pour aller plus loin...

# 4 – L'indispensable sobriété numérique

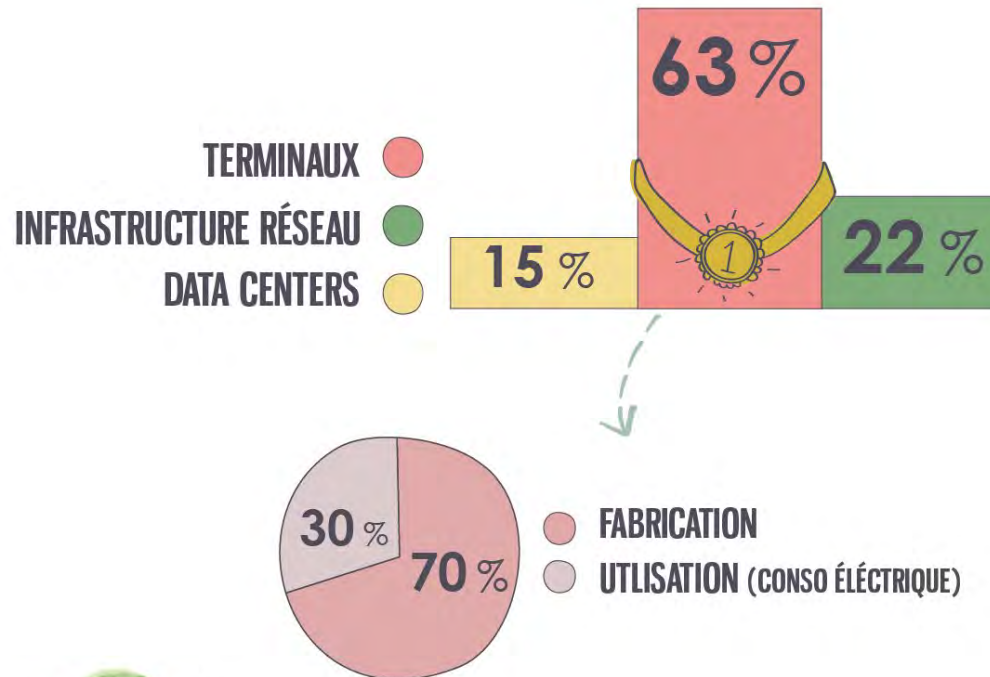
En France, l'empreinte du numérique rapportée à des usages quotidiens, pour un utilisateur du numérique (et pour chacun des 58 millions d'utilisateurs français), cela revient à cumuler chaque jour les consommations suivantes :



Étude « iNum2020 », Impact environnementaux du numérique en France – GreenIT.fr – 30/01/2021 – Page 9

# Impacts majeurs = les terminaux !

## LES PRINCIPAUX RESPONSABLES DE LA POLLUTION NUMÉRIQUE



VERDA MANO

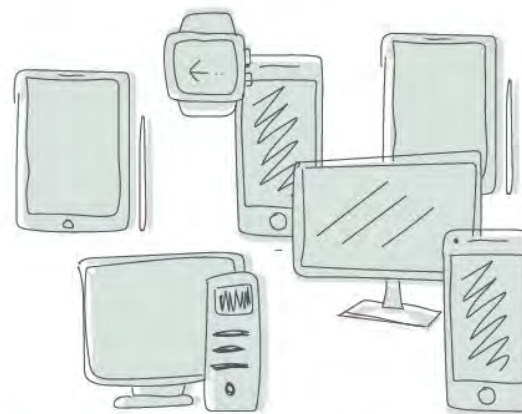
Source : Empreinte environnementale du numérique mondial, GreenIT, 2019



# Plus de terminaux = plus d'impacts !

## LES ÉQUIPEMENTS : PREMIÈRE SOURCE DE POLLUTION NUMÉRIQUE

### PRODUCTION DE TERMINAUX ENTRE 2017 ET 2020

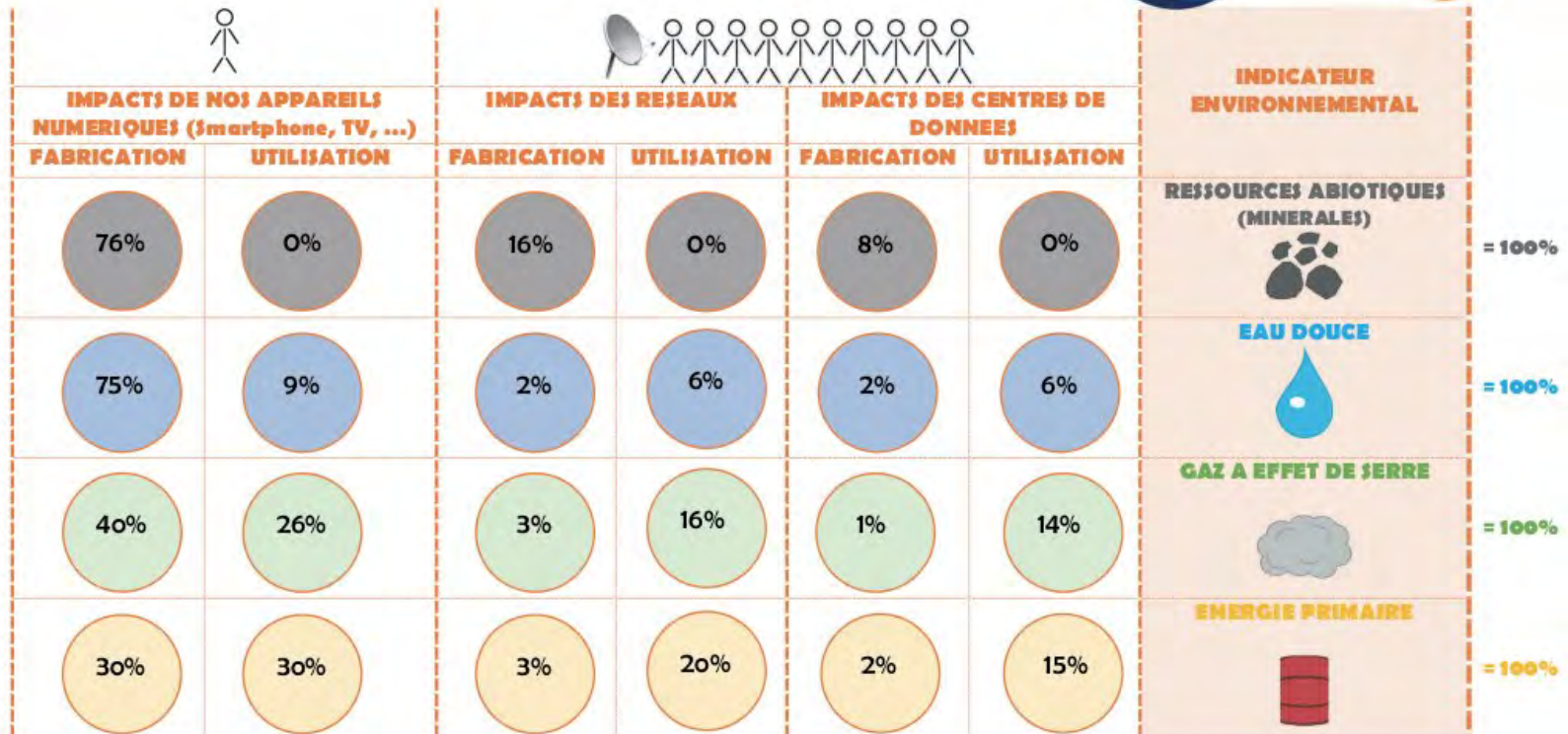


**8 ÉQUIPEMENTS** PAR UTILISATEUR  
EN MOYENNE

Source : Blog Verda Mano – e-book « [Face à la pollution numérique : la sobriété](#) » – Mars 2021

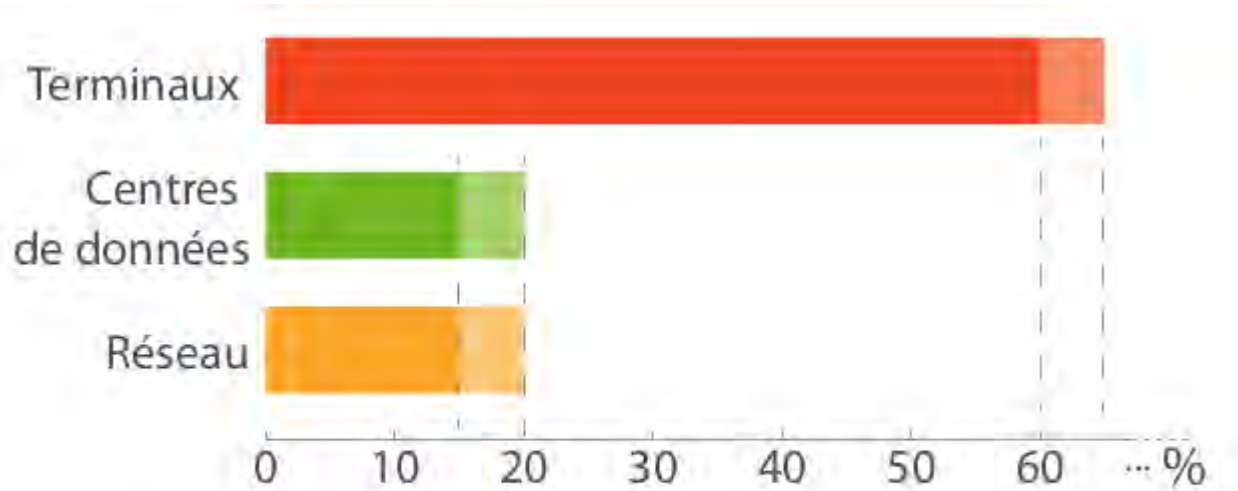
# Impacts majeurs = terminaux et fabrication

## Répartition des impacts environnementaux du numérique mondial par indicateur



Source : étude Green IT "Empreinte environnementale du numérique mondial" (2019)

# Production de GES = terminaux



Répartition des émissions de CO<sub>2</sub>e dans les équipements du numérique

Source : « [Conscience Numérique Durable](#) » –  
Livret d'information, chapitre 10 : Crise climatique et énergie, page 55

# Production de GES du numérique mondial...



Estimations de la part des émissions de CO<sub>2</sub>e du secteur numérique dans le total mondial

Source : « [Conscience Numérique Durable](#) » –  
Livret d'information, chapitre 10 : Crise climatique et énergie, page 62



# Réduire les GES : avec/sans le numérique ?

## L'empreinte carbone de nos activités numériques

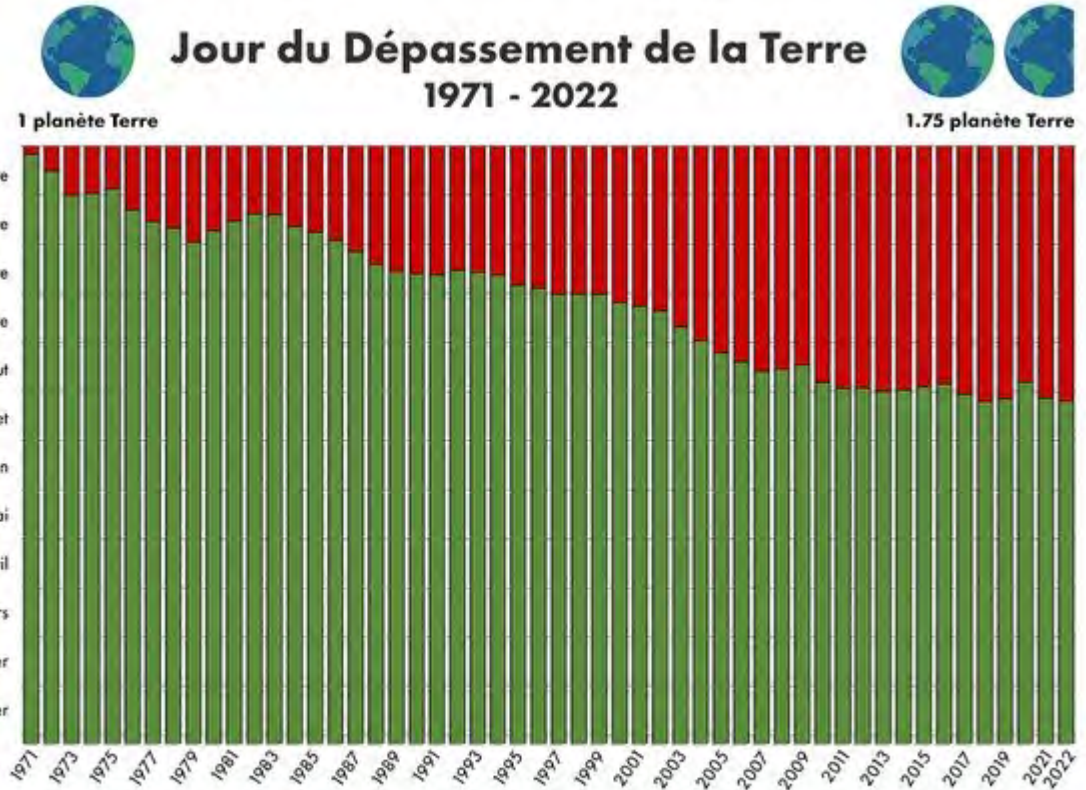
Estimation des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation des technologies numériques par personne et par an \*



\* Calculs réalisés en Allemagne en avril 2020.  
Source : Öko-Institut

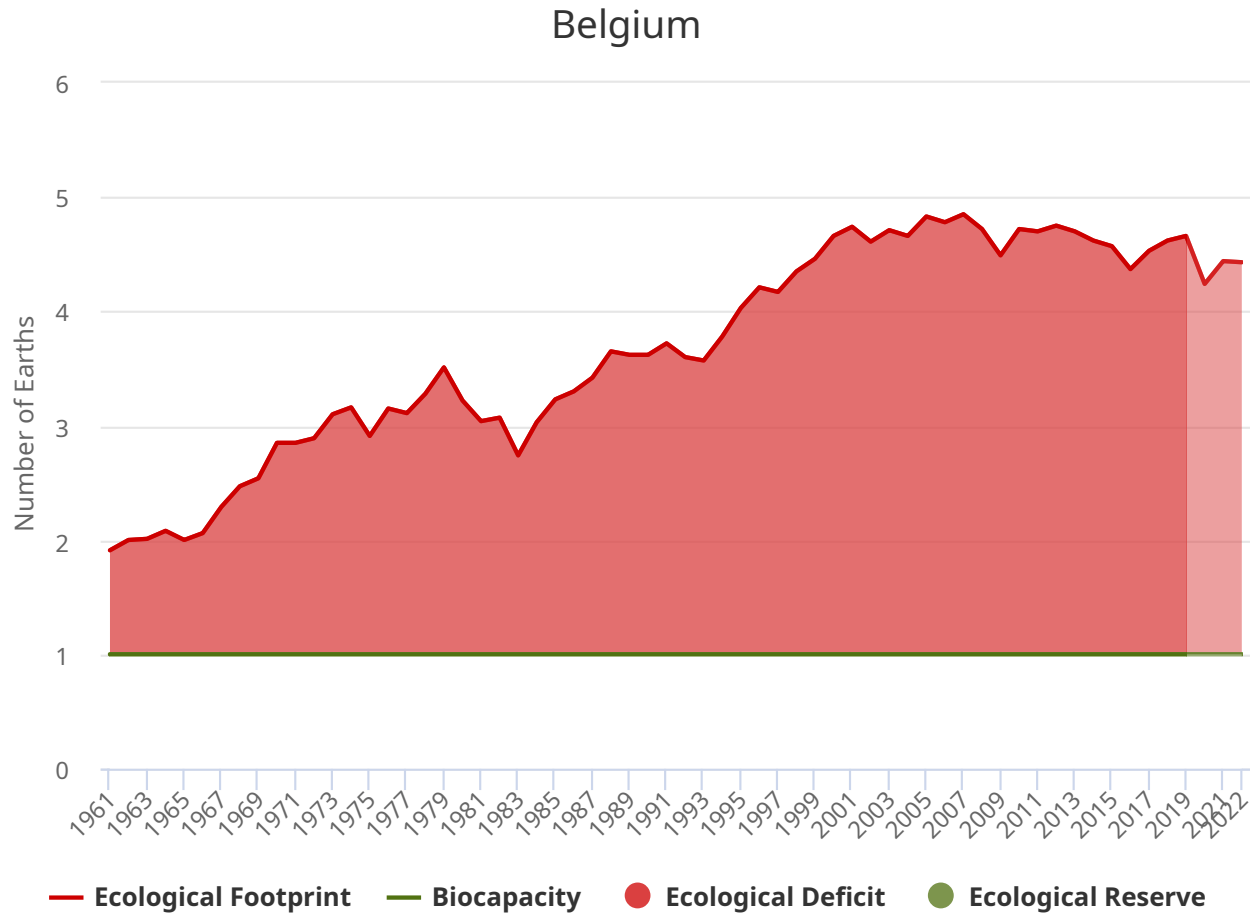


statista



Source : National Footprint and Biocapacity Accounts, édition 2022  
data.footprintnetwork.org

# Réduire les GES : pour la Belgique aussi...

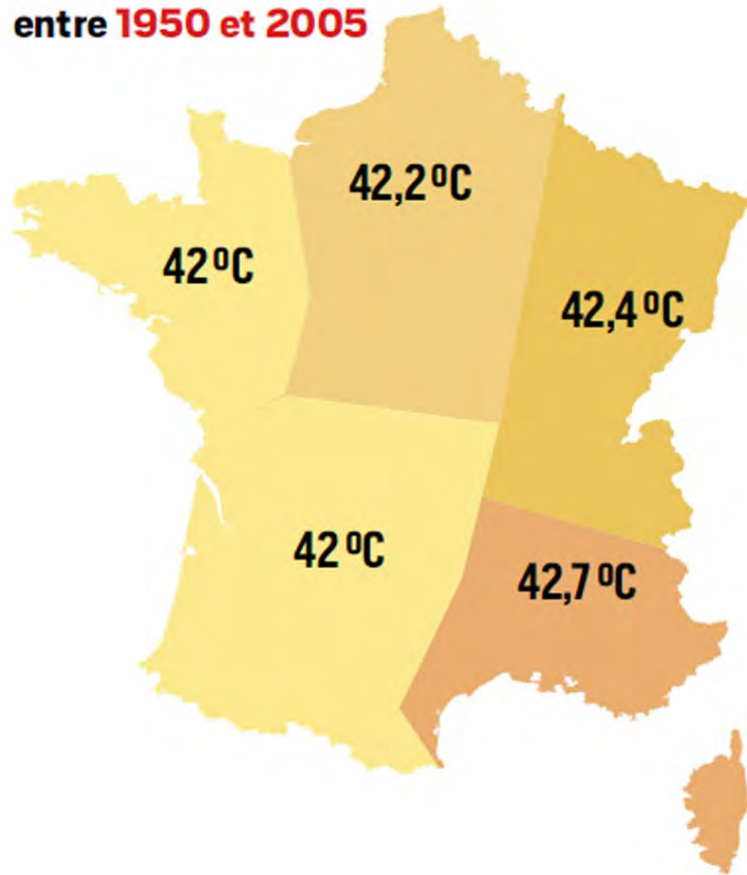


York University, FoDaFo, Global Footprint Network, 2023 National Footprint and Biocapacity Accounts Note: last three years are estimates

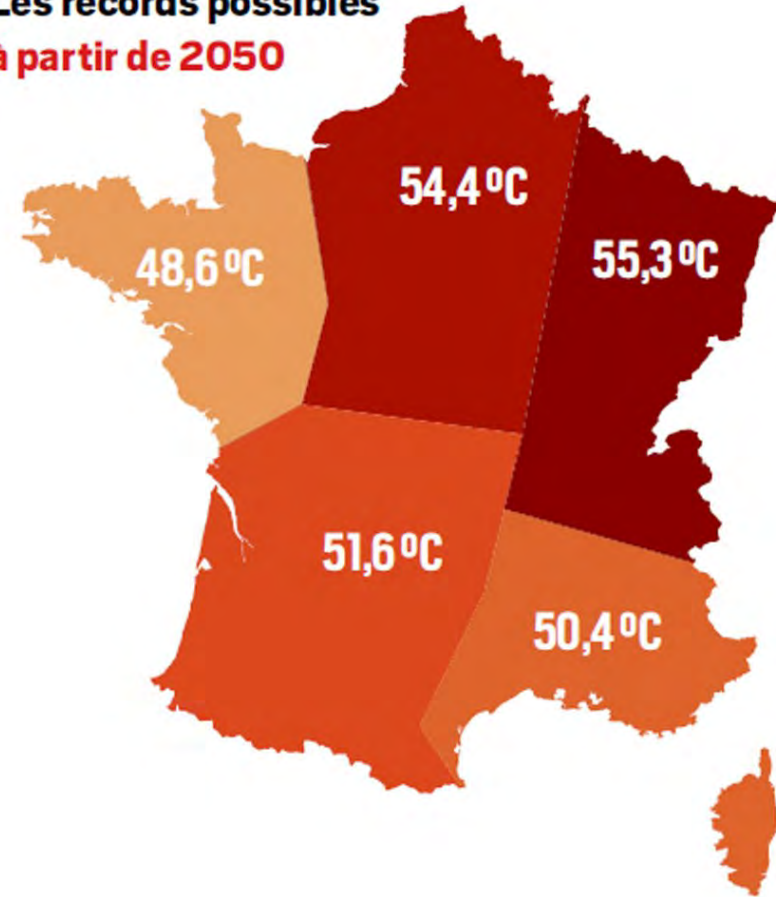


# Le climat futur est-il encore négociable ?

Les records observés  
entre 1950 et 2005

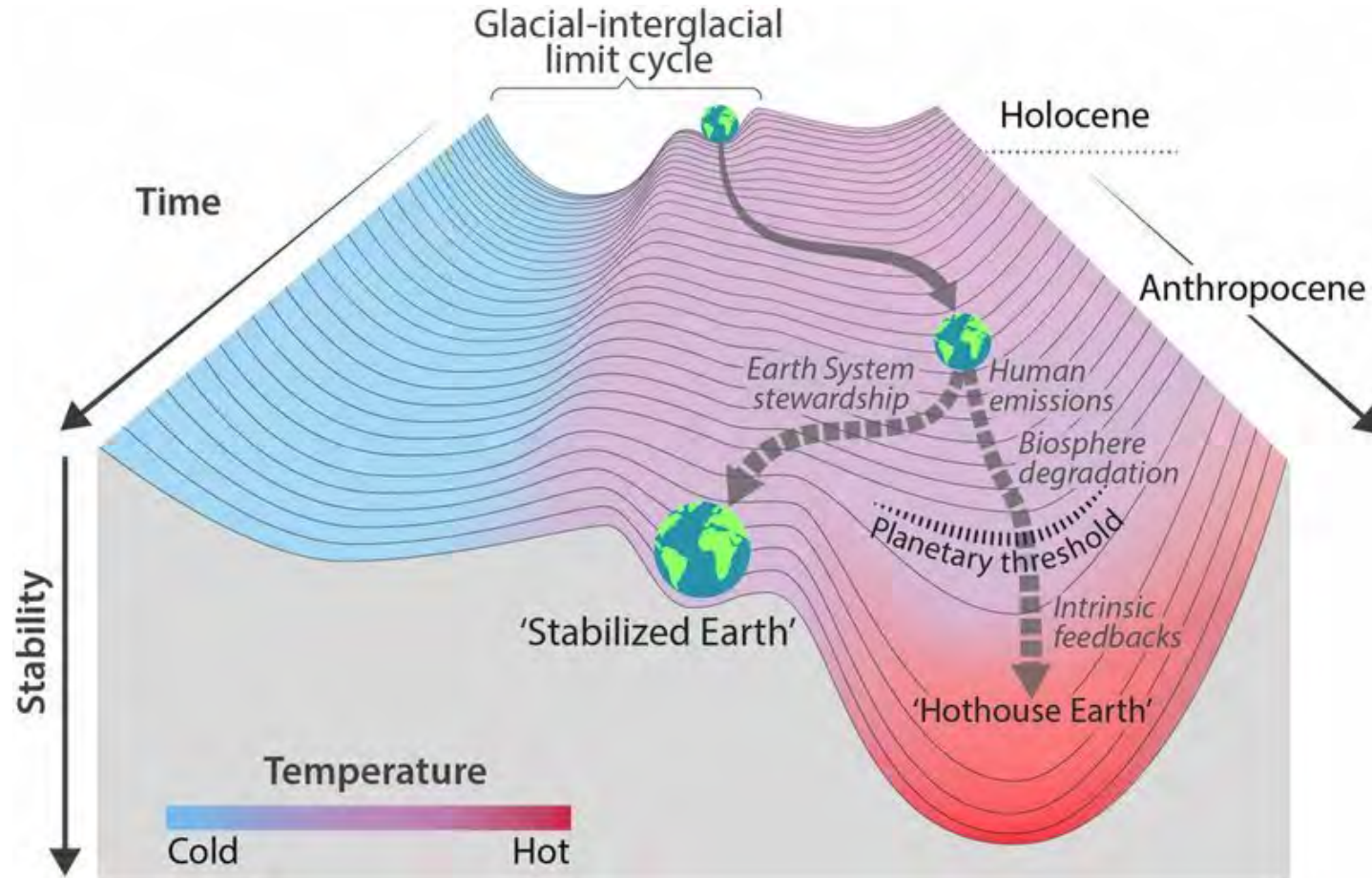


Les records possibles  
à partir de 2050



Source image : Article « En 2050, des pics à 55 degrés dans l'Est et le Nord » – Juliette Demey – LjdD – 14/08/2017

# Le climat futur est-il encore négociable ?



Source : Steffen, Will et al., « Trajectories of the Earth System in Anthropocene », PNAS USA 115(33), août 2018, p. 8252.

# L'empreinte carbone future des TIC ?

**« Pour éviter les conséquences catastrophiques du changement climatique, tous les secteurs de l'économie mondiale, y compris les technologies de l'information et de la communication (TIC), doivent maintenir leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) en conformité avec l'accord de Paris. »**

C'est ce que nous dit une étude publiée en septembre 2021 et intitulée  
*« La réalité du climat et l'impact transformateur des TIC :  
Une critique des estimations, des tendances et des réglementations »*

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

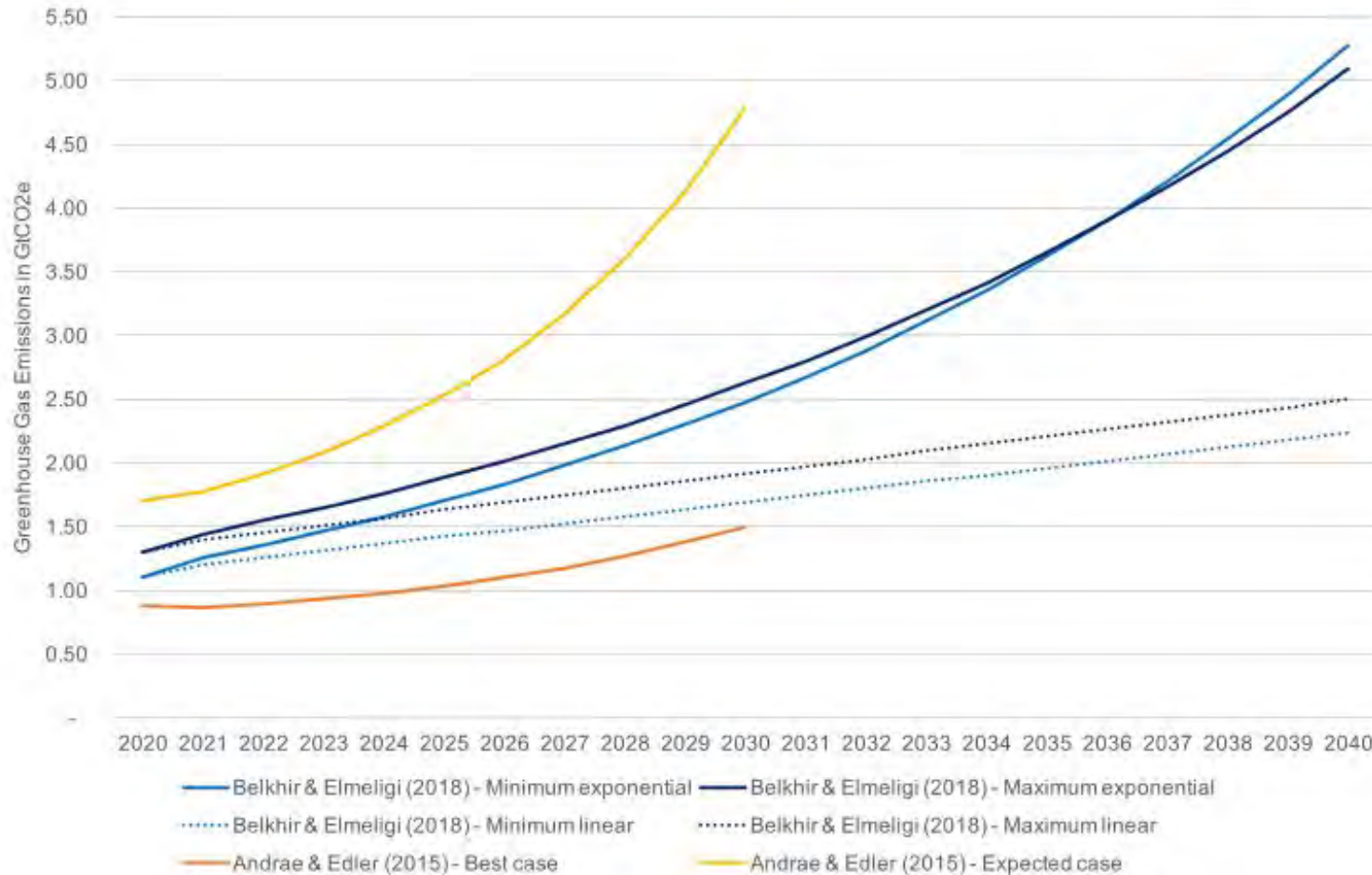
# L'empreinte carbone future des TIC ?

## Les analystes du domaine s'accordent largement sur certaines hypothèses clés :

- L'empreinte carbone de la planète doit diminuer pour éviter une catastrophe climatique.
- Le trafic de données continue de croître.
- La demande énergétique des TIC augmente.
- La demande de centres de données et de services de réseau va augmenter.
- Le passage aux smartphones réduit les émissions des PC et des téléviseurs.
- L'utilisation de davantage d'énergies renouvelables permettrait de réduire les émissions des TIC.
- Les TIC pourraient réduire les émissions dans d'autres secteurs, mais pas par défaut et seulement sous certaines conditions (contrairement aux affirmations de GeSI SMARTer, 2030).
- **Les TIC ont le potentiel d'augmenter leurs propres émissions et de faciliter l'augmentation des émissions dans d'autres secteurs.**

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

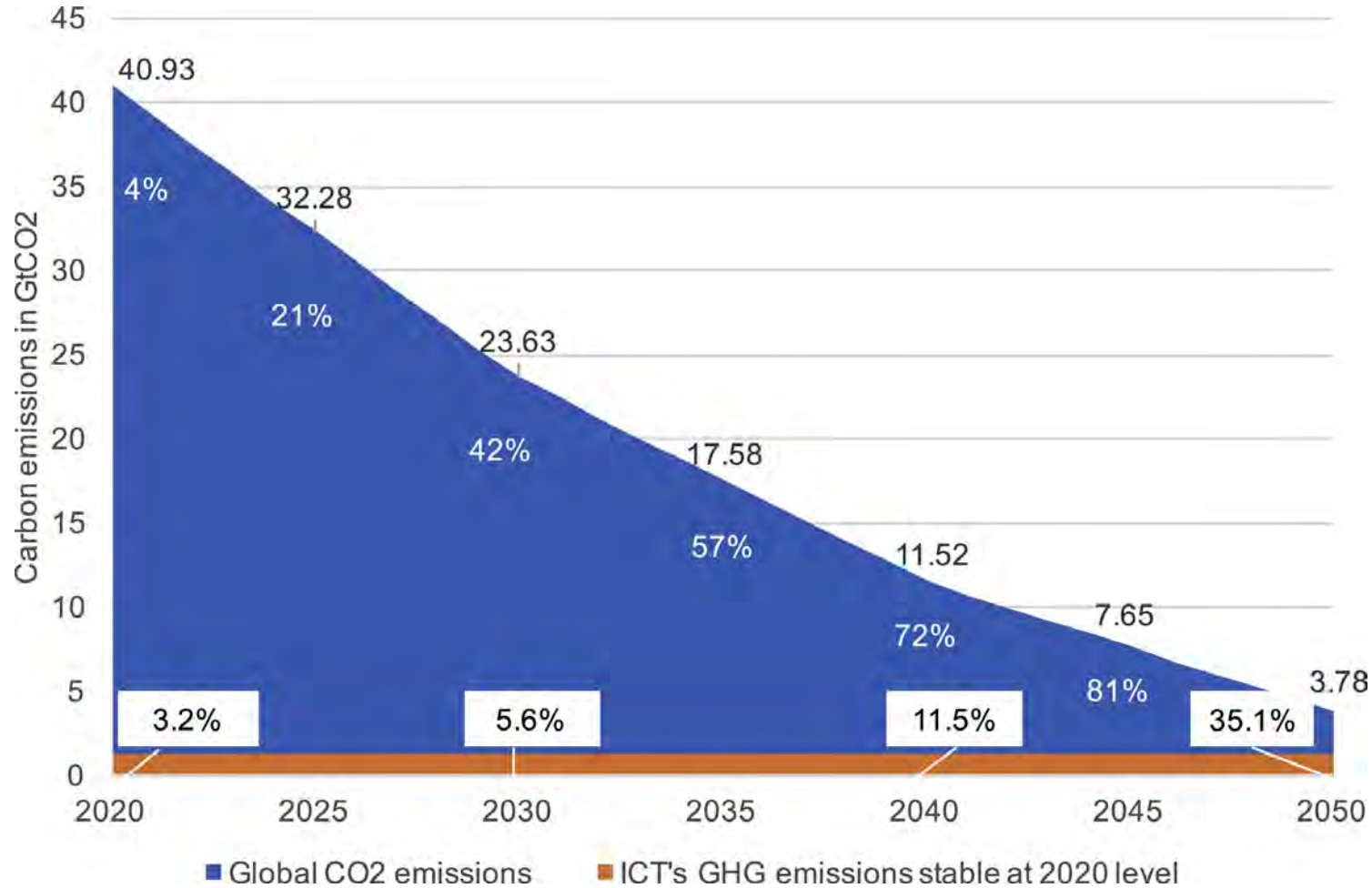
# L'empreinte carbone future des TIC ?



**Figure 4. Projections of ICT's GHG emissions from 2020** (A) Andrae, (B) Belkhir, (C) Malmodin, personal communication. Belkhir and Elmeligi judge their exponential scenario as most realistic, while the linear growth scenario is more conservative and reflects the impact of mitigating actions between now and 2040. Malmodin and Lundén did not make concrete estimates beyond 2020, but Malmodin suggests that ICT's carbon footprint in 2020 could halve by 2030—offering a 2030 estimate of 365 MtCO<sub>2</sub> e in a recent techUK talk.

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

# L'empreinte carbone future des TIC ?



**Figure 6. ICT emissions, assuming the 2020 level (adjusted for truncation error) remains stable until 2050, and global CO<sub>2</sub> emissions reduced in line with 1.5° C under scenario SSP2-19**

Numbers on the blue slope indicate global CO<sub>2</sub> cuts needed relative to 2010 and labels at the bottom indicate ICT's share of global CO<sub>2</sub> emissions in percent. We assume most of ICT's emissions are from CO<sub>2</sub> because a large proportion of its footprint is from electricity consumption and there are no agricultural components. The comparison to CO<sub>2</sub> emissions was chosen because reliable budgets do not exist for GHG emissions at this point.

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>



# L'empreinte carbone future des TIC ?

**« Tous les analystes de l'étude s'accordent à dire que les émissions des TIC ne diminueront pas sans d'importants efforts politiques et industriels concertés, et nous donnons trois raisons de prévoir que les émissions des TIC vont en fait augmenter sans intervention. Notre analyse suggère que les promesses de réduction des émissions de carbone des TIC ne sont pas toutes suffisamment ambitieuses pour atteindre les objectifs climatiques, et que les mécanismes politiques permettant de faire respecter les objectifs climatiques à l'échelle du secteur font défaut. »**

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

# L'empreinte carbone future des TIC ?

« Pour l'avenir, nous craignons que cette croissance des émissions se poursuive à un moment où les émissions doivent diminuer. **Toutes les analyses examinées dans ce rapport s'accordent à dire que les TIC ne sont pas sur la voie d'une réduction des émissions conforme aux recommandations de la science du climat, à moins que le secteur, ou les législateurs, ne prennent des mesures supplémentaires pour y parvenir.** »

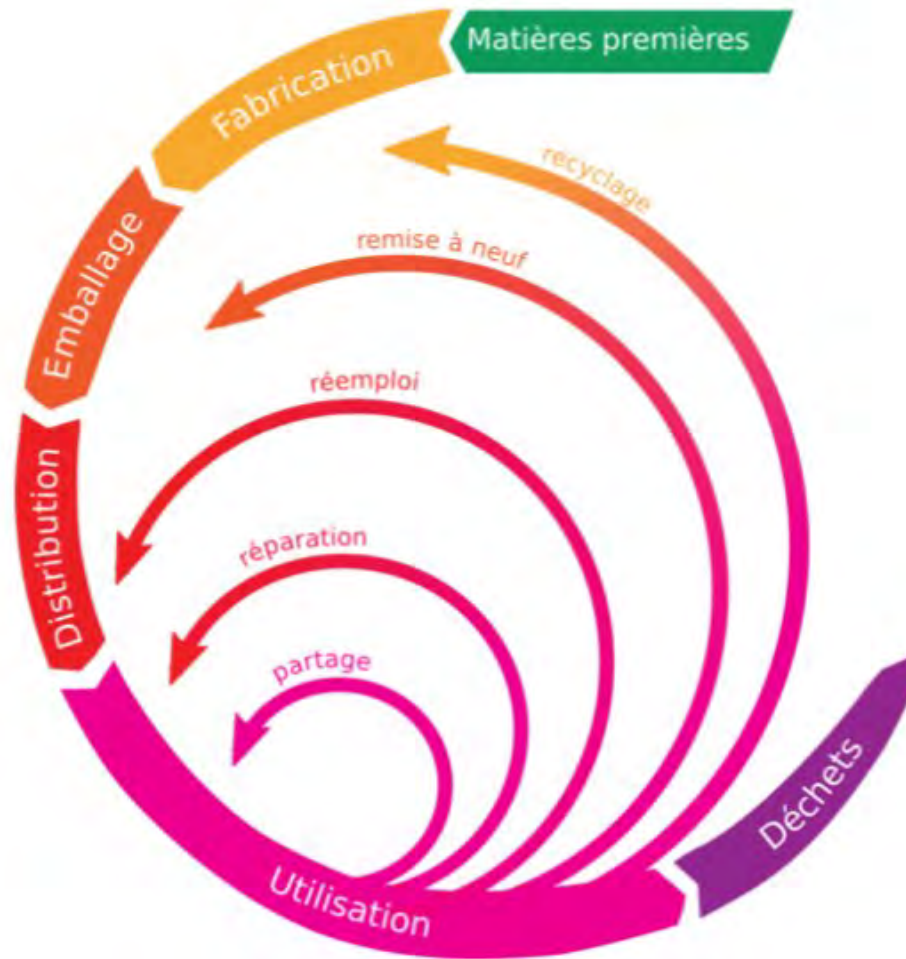
Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

# L'empreinte carbone future des TIC ?

« Sur la base des preuves disponibles, il est également essentiel que les régulateurs abandonnent la présomption selon laquelle les TIC permettent d'économiser plus d'émissions qu'elles n'en produisent – à tout le moins, il semble peu sûr de supposer que les gains d'efficacité des TIC entraînent des économies de carbone par défaut. **Si les TIC offrent la possibilité de réduire les émissions de GES dans d'autres secteurs, il n'est pas prouvé qu'elles permettent de réaliser les économies de carbone importantes et durables dont nous avons besoin d'ici 2050.** Et si les TIC peuvent rendre possible un mode de vie plus sobre en carbone, **elles ne contribueront pas en soi à la réduction des émissions de carbone et pourraient même entraîner des effets de rebond conduisant à une augmentation globale des émissions.** »

Source : « The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations » – Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, Adrian Friday – 10 septembre 2021 – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

# Économie (quasi) circulaire = Solution ?



## Les 5R :

- ✓ Refuser
- ✓ Réduire
- ✓ Réparer
- ✓ Réutiliser
- ✓ Recycler

# Économie (quasi) circulaire = Solution ?

## Pourquoi vouloir sortir de cette « inéluctable marche en avant du progrès » ? Ne faut-il pas vivre avec son temps ?

Il s'agit moins d'un véritable progrès qui augmenterait globalement le bien être de tout un chacun-e, que de simples innovations dont l'objectif réel n'est autre que de faire tourner une machine économique basée sur « **produire, utiliser, jeter** » !...

Une économie « quasi-circulaire » n'est possible qu'à cette double condition : **utiliser au minimum 80 % de matière recyclée** dans la fabrication tout ce qui est « nécessaire » **ET maintenir le taux de croissance sous la barre de 1 %**. Car sans répondre à cette double injonction, il est très probable que l'on se dirige rapidement vers un monde où la disponibilité de nos outils numérique soit très problématique...

Lire « *Croissance soutenable ? – La société au défi de l'économie circulaire* » – François Grosse – PUG – Mai 2023

# « Dénumériser » les sociétés ?

Cet appel à la « dénumérisation » de la société, outre le fait qu'il soit par exemple concrétisé par un [appel à la « désmartphonisation »](#) lancé par plusieurs auteurs techno-critiques, il est aussi celui d'Aurore Stéphant, ingénieure minier, qui considère avec son association SystExt, que pour se placer dans la nécessaire utilisation raisonnée des matières minérales, il faut « dénumériser » les sociétés.

Et pour y arriver, ses propositions sont les suivantes :

- Proposer un équivalent non numérique pour tout usage numérique, en priorité pour les services essentiels.
- **Réserver le numérique pour les usages qui ne peuvent s'en passer** et supprimer tous les dispositifs (tels que les écrans ou les applications) qui ne sont pas indispensables dans les espaces publics et scolaires, en priorité.
- Lutter contre les idées reçues mélioratives concernant le numérique : dématérialisation, solutionnisme technologique, rôle du numérique dans la transition écologique, etc.

Voir la conférence d'Aurore Stéphant de l'association SystExt – [Réalités minières et limites matérielles | UNIL – Moins c'est Mieux #4](#)  
(Voir le passage à partir de 1 h et 9 minutes)

# Plan de la présentation

- 1 – Le numérique est éminemment matériel !  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- 2 – La croissance et ses impacts...
- 3 – Une ressource NON renouvelable !
- 4 – L'indispensable sobriété numérique
- **5 – 1 ou 2 pistes d'action  
pour rejoindre la « sobriété »**
- 6 – Livres et ressources pour aller plus loin...

# Pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »

Trop souvent, nous laissons croire à nos enfants que la technologie est capable de venir à bout de tous les enjeux majeurs de la société. **Nous créons ainsi une illusion qui ne leur permet pas de penser un avenir viable. C'est criminel.** La technologie et le numérique ne sont que des outils au service d'un projet de société. Le numérique est un *pharmakon*, c'est-à-dire un remède qui a de nombreux effets secondaires indésirables, lesquels peuvent être pires sur le long terme que les bénéfices à court terme. **Il est donc urgent et indispensable d'aider nos jeunes enfants à adopter une forme d'hygiène numérique** et de leur montrer comment prendre du recul par rapport à cet outil.

— « **Sobriété numérique – Les clés pour agir** » – Frédéric Bordage, Buchet-Chastel, 2019 – Pages 189 & 190

**Le plus important : réduire le nombre d'équipements et prolonger la durée de vie de ceux qu'on possède déjà !**



Toutes les études qui analysent les impacts environnementaux du numérique mettent en avant le fait que ce sont les terminaux des utilisateurs, et globalement la fabrication des équipements numériques, qui concentrent le plus d'impacts négatifs... Par terminaux des utilisateurs, on considère les terminaux utilisés par les utilisateurs finaux tels que les smartphones, les ordinateurs, les écrans, les box TV, les objets connectés, etc. De ce premier constat, il découle que les actions les plus « rentables » en termes de sobriété numérique sont celles qui visent à réduire la fabrication de nouveaux équipements.





# Question ?

**Combien de temps avez-vous conservé votre précédent smartphone avant de le remplacer par celui que vous utilisez actuellement ?**

- A) Moins de 2 ans
- B) Entre 2 et 3 ans
- C) Entre 3 et 5 ans
- D) Plus de 5 ans



# Mes changements de comportement...

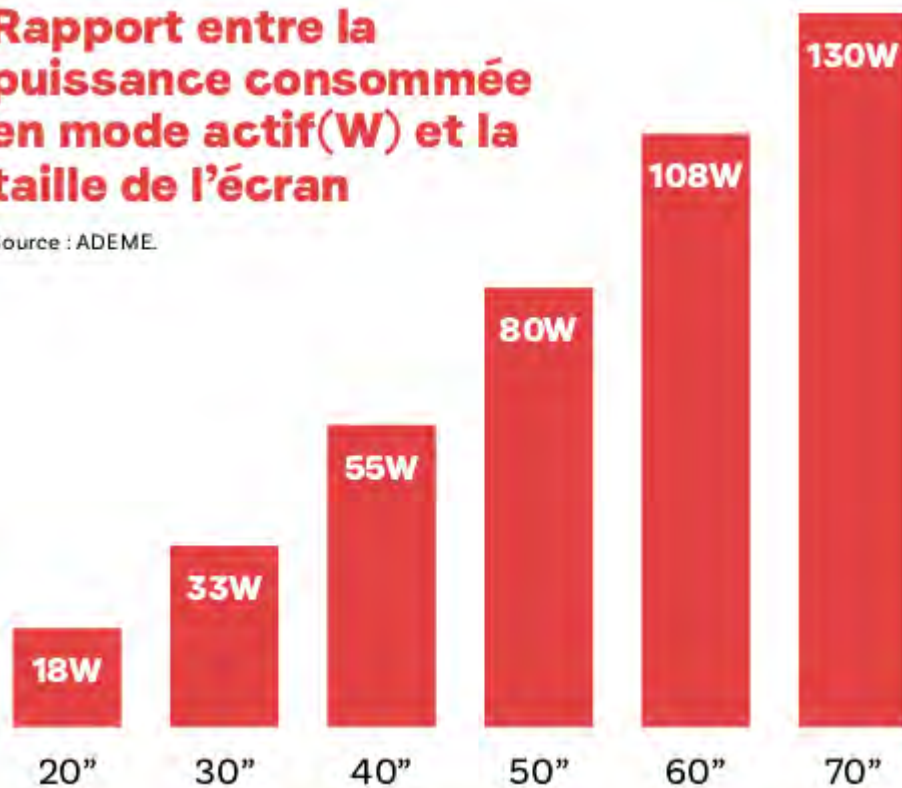
Mes changements de comportement * ...	Sur	Je réalise en moyenne une réduction d'émission de (kg CO2e)	C'est comme si j'arrêtais de faire en voiture ...	
Si j'achète un vidéoprojecteur plutôt qu'une télévision connectée	1 action	400	1 600 km	
Si je garde mon ordinateur portable 6 ans au lieu de 4	2 ans	150 à 250	600 à 1 000 km	
Si j'éteins ma box Internet et/ou TV tous les soirs	1 an	30 à 65	120 à 260 km	
Si je n'achète pas la nouvelle enceinte connectée	1 action	176	704 km	
Si je garde mon smartphone 4 ans au lieu de 2	2 ans	61	244km	
Si je regarde deux heures de vidéo HD en moins par jour via mon smartphone en 4 G	1 an	 ITA	111	444 km
		 BEL	72	290 km
		 FR	18	72 km
Si je me désabonne de 50 newsletters envoyant chacune un mail de 1 Mo par semaine	1 an	9	36 km	
Si je cesse de stocker 1 GB d'email – c'est-à-dire que j'en supprime plusieurs milliers	1 an	0,04	0,16 km	

**Priorité à l'allongement de la durée de vie des appareils...  
Mais aussi réduction des usages !**

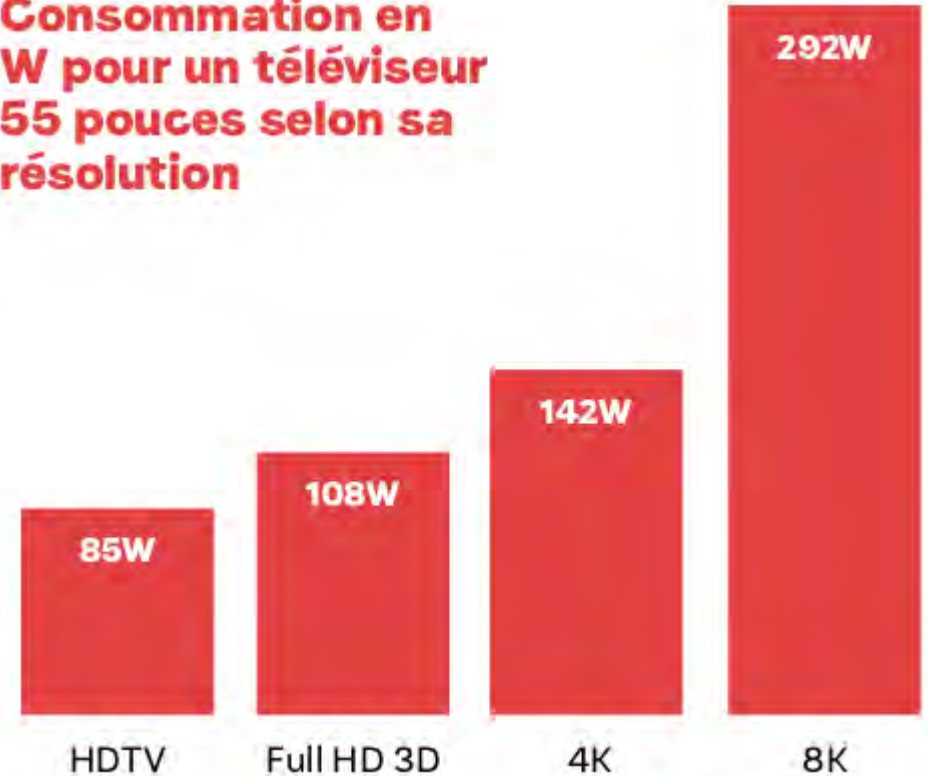
# Le petit écran est devenu trop grand !

**Rapport entre la puissance consommée en mode actif (W) et la taille de l'écran**

Source : ADEME.



**Consommation en W pour un téléviseur 55 pouces selon sa résolution**



**Pour le « home cinéma », privilégier le projecteur vidéo !**

# Pour une éco-conception du Web ?

Dimensions: Responsive 864 x 568 100% No throttling

Where do you want to go?

from Station / stop / address ↔ to Station / stop / address

Outbound journey

< So., 23.07.2023 > < 22:19 > Dep Arr

> Seat only (no ticket)

79 requests | 1.2 MB transferred | 2.4 MB resources | Finish: 3.16 s

Search

DevTools is now available in French!

Always match Chrome's language Switch DevTools to French

Don't show again

Elements Console Network >> 10 2

Preserve log Disable cache

No throttling

Filter Invert Hide data URLs

All Fetch/XHR JS CSS Img Media Font Doc WS Wasm Manifest Other

Has blocked cookies Blocked Requests 3rd-party requests

Use large request rows Group by frame

Show overview Capture screenshots

Name	S...	T...	Initiator	Size	T	Waterfall
data:...	2...	s...	quickf...	(m...	0...	
data:...	2...	s...	Other	(m...	0...	
favico...	2...	x-...	Other	(di...	4...	
s4747...	2...	gif	7d0c4...	43 B	6...	

79 requests | 1.2 MB transferred | 2.4 MB resources | Finish: 3.16 s | DOMCont

Console

3 Issues: 2 1

```
net::ERR_BLOCKED_BY_CLIENT
net::ERR_BLOCKED_BY_CLIENT
net::ERR_BLOCKED_BY_CLIENT
net::ERR_BLOCKED_BY_CLIENT
```



# Pour une éco-conception du Web ?

The image shows a web browser window displaying a search connection page. The page title is "Search connection" and it asks the user to specify the connection details. The browser's developer tools are open, showing the Network tab with a summary of 2 requests, 3.9 kB transferred, 4.5 kB resources, and a finish time of 580 ms. A console error is also visible: "Uncaught ReferenceError: initFocus is not defined at onload (el:13:40)".

**Search connection**

Please specify the connection you want. You will get connections before and after the time entered.

from: .....  
to: .....  
Date: ..... 23.07.23  
Time: ..... 22:21  Departure  Arrival

Query functions

- Search connection
- Means of Transport
- more via stations

Links

- [New Query](#)
- [Main Page of Deutsche Bahn AG](#)

House-to-House-Service is only available with newer [Netscape](#)- or [Microsoft](#)-Browsers.

[Lynx] [Standard] --- [Deutsch] [English]

Software/Data: 2 requests | 3.9 kB transferred | 4.5 kB resources | Finish: 580 ms

All information us [here](#) in case of any problems.

DevTools is now available in French!

Always match Chrome's language | Switch DevTools to French

Don't show again

Elements | Console | Network >> 1

Preserve log | Disable cache

No throttling

Filter | Invert | Hide data URLs

All | Fetch/XHR | JS | CSS | Img | Media | Font | Doc | WS | Wasm | Manifest | Other

Has blocked cookies | Blocked Requests | 3rd-party requests

Use large request rows | Group by frame

Show overview | Capture screenshots

Name	S...	T...	Initiator	Size	T	Waterfall
el	2...	d...	VM6:...	3.9...	3...	
favico...	2...	v...	Other	(di...	1...	

2 requests | 3.9 kB transferred | 4.5 kB resources | Finish: 580 ms | DOMConte...

Console

Filter | Default levels

No Issues

Uncaught ReferenceError: initFocus is not defined at onload (el:13:40)



# Pour une éco-conception du Web ?

The image shows a browser window with the URL `https://reiseauskunft.bahn.de//bin/query.exe/el`. The page title is "Search connection". The form includes fields for "from:", "to:", "Date:" (23.07.23), and "Time:" (22:21). There are radio buttons for "Departure" (selected) and "Arrival". Below the form are "Query functions" (Search connection, Means of Transport, more via stations) and "Links" (New Query, Main Page of Deutsche Bahn AG). A "House-to-House-Service" notice is also present. At the bottom, there are language options: [Lynx] [Standard] --- [Deutsch] [English].

A Windows calculator window is overlaid on the page, showing the number **630,153846154**.

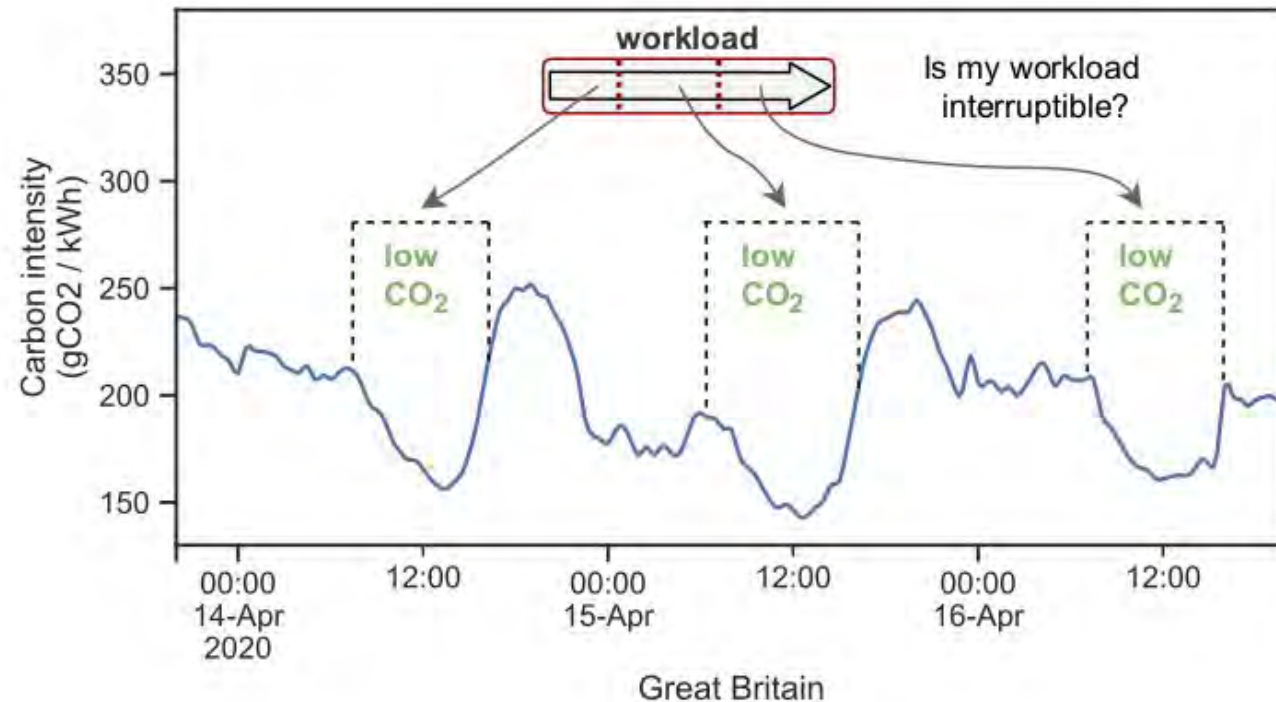
The Chrome DevTools network panel shows a request for `el` with a duration of 580 ms. A summary bar at the bottom of the network panel indicates: **2 requests | 3.9 kB transferred | 4.5 kB resources | Finish: 580 ms**. This bar is highlighted with an orange box. A blue arrow points from this bar to the console panel.

The console panel shows an error: **Uncaught ReferenceError: initFocus is not defined at onload (el:13:40)**. The error message is highlighted with a red box.



# Réorganiser l'utilisation des outils ?

Les charges de travail interruptibles peuvent être divisées en morceaux et programmées séparément...



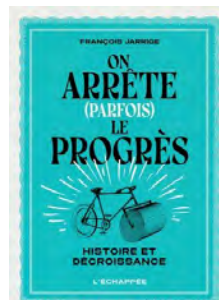
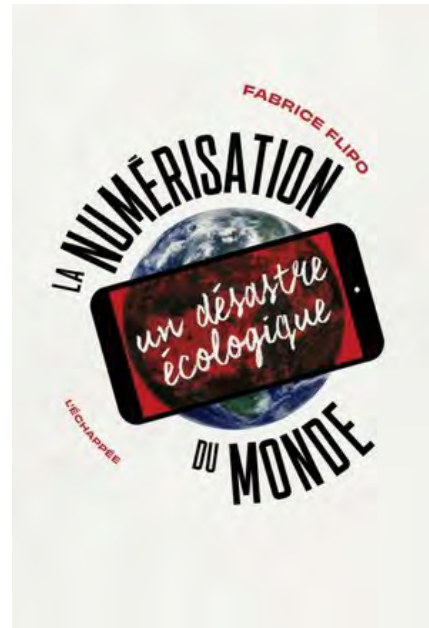
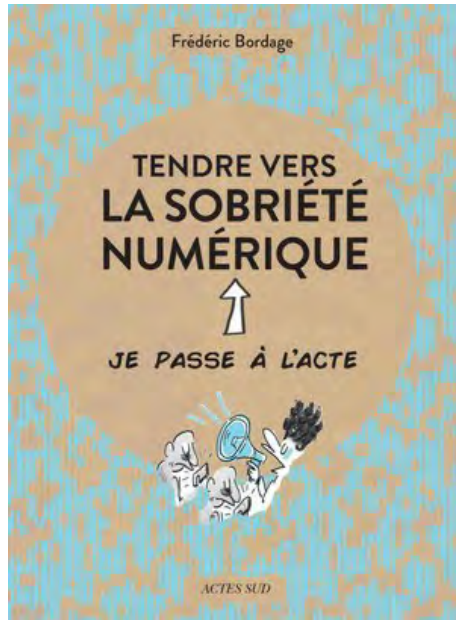
Source : « Let's Wait Awhile: How Temporal Workload Shifting Can Reduce Carbon Emissions in the Cloud », figure 3 – Philipp Wiesner, Ilja Behnke, Dominik Scheinert, Kordian Gontarska, Lauritz Thamsen – 25/11/2023 – arXiv:2110.13234 [cs.DC] <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.13234>

# Plan de la présentation

- 1 – Le numérique est éminemment matériel !  
*Des terminaux, des réseaux, des data-centres...*
- 2 – La croissance et ses impacts...
- 3 – Une ressource NON renouvelable !
- 4 – L'indispensable sobriété numérique
- 5 – 1 ou 2 pistes d'action pour rejoindre la « sobriété »
- **6 – Livres et ressources pour aller plus loin...**



# Livres et ressources pour aller plus loin...



# Livres et ressources pour aller plus loin...

## Quelques listes bibliographiques sur Educodes.be :

- Liste de livres à lire : [Sobriété numérique et enjeux écologiques](#)
- Liste de livres à lire : [Anthropocène, énergie, climat, sobriété, enjeux économiques et écologiques...](#)
- Liste de livres à lire :  
[Les critiques \(radicales\) à l'encontre du numérique et des technologies](#)

Les pages et articles de la catégorie « [Numérique & enjeux sociétaux](#) » sur Educodes.be

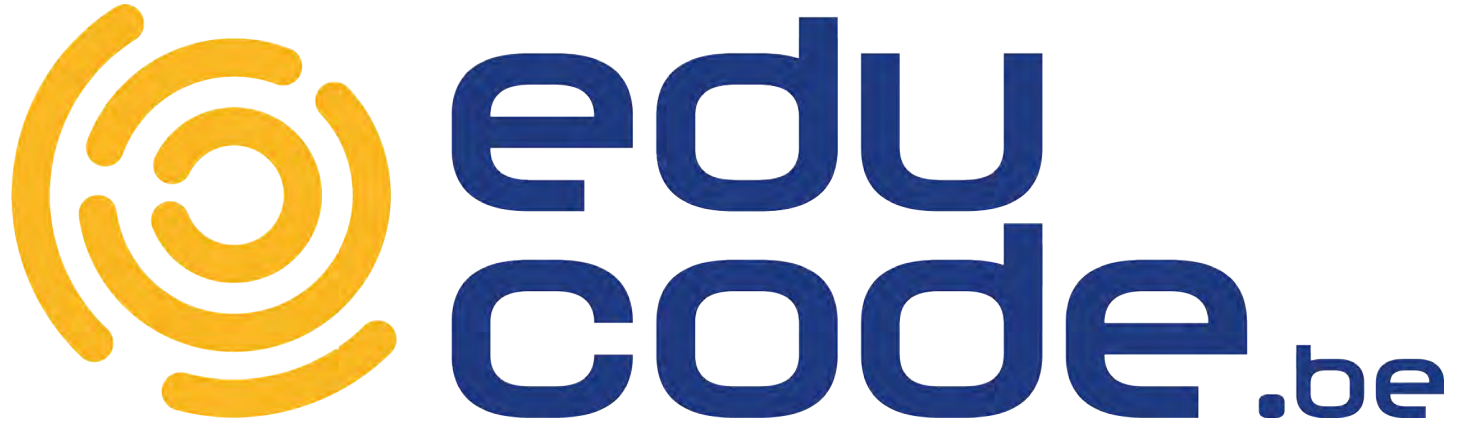
- [La sobriété numérique : c'est par où ?](#)  
(Avec [la liste](#) des 80 propositions d'actions)

Un **MOOC** de l'Inria (FR) très intéressant :

- « [Impacts environnementaux du numérique](#) »
- [Les ressources du MOOC](#)
- Le cours « [Impacts environnementaux du numérique](#) » sur [librecours.net](#)



# Contact



<https://wiki.educode.be/>

[erick@educode.be](mailto:erick@educode.be)

Présentation réalisée par Erick Mascart – Educode asbl – Novembre 2023

# Télécharger la présentation :



Télécharger le fichier PDF...

[https://www.ethicalnet.eu/divers/sobriete\\_numerique/2023-11-30\\_Presentation\\_by\\_Educode\\_-\\_La\\_dematerialisation\\_n\\_existe\\_pas.pdf](https://www.ethicalnet.eu/divers/sobriete_numerique/2023-11-30_Presentation_by_Educode_-_La_dematerialisation_n_existe_pas.pdf)