

Urgence environnementale : quel impact a le numérique, quelles actions dans nos labos ?

Anne Baillot et Emmanuelle Frenoux

Anne.Baillot@univ-lemans.fr

Emmanuelle.Frenoux@universite-paris-saclay.fr



POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE



Soutenu par deux instituts du CNRS :

- informatique (INS2I)
- écologie et environnement (INEE)

> 50 ingénieurs et enseignants et/ou chercheurs de l'ESR partout en France

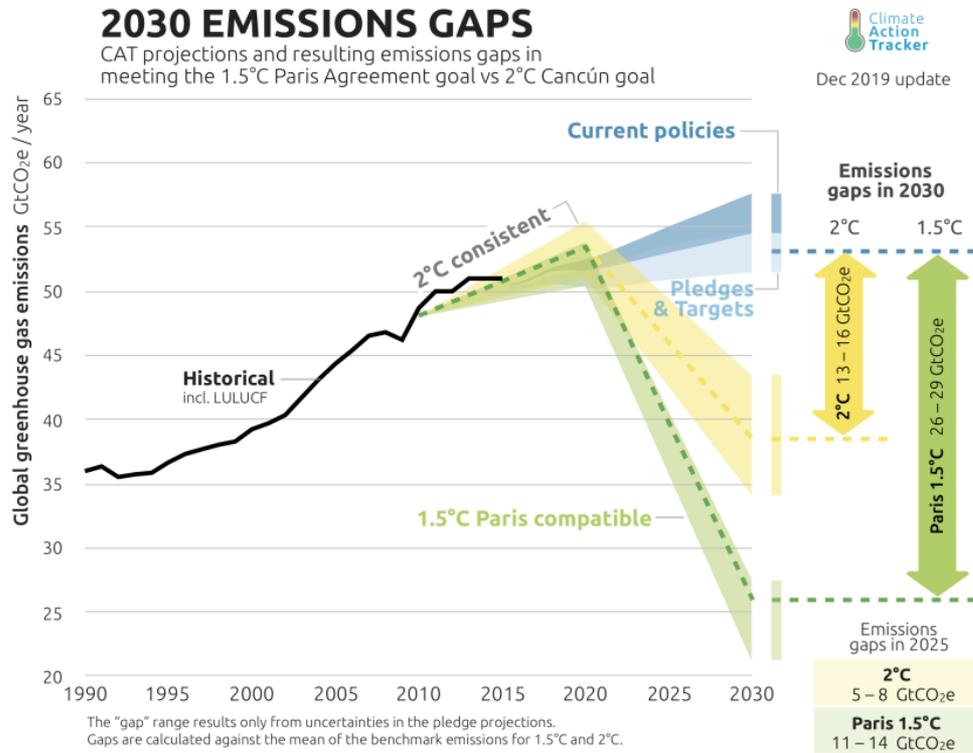
Agir pour réduire les impacts environnementaux et sociétaux (négatifs) des TIC

Quelques éléments de contexte...

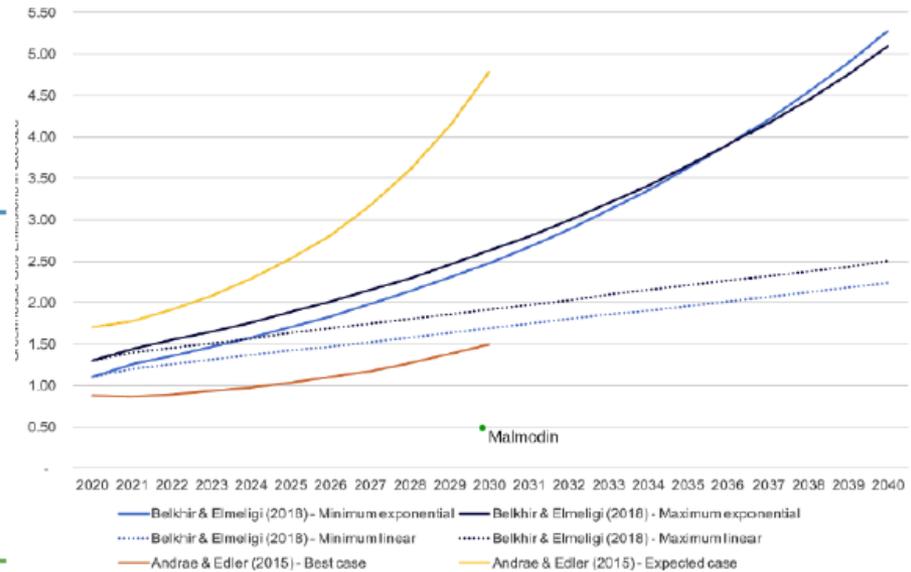
Enjeux de la crise climatique

- Toute activité a un impact environnemental
- Disproportion Nord/Sud (activités des pays du nord incompatibles avec la préservation d'une planète vivable)
- Deux voies
 - adaptation des fonctionnements existants (ajustement à la situation climatique)
 - mitigation (réduction des émissions de GES, réduction de l'activité)
- Scénarios de l'ADEME: importance du techno-solutionnisme en Europe/dans les pays du Nord
<https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/les-scenarios/>
- Problème systémique => pas de solution simple, consensuelle et implémentable en largeur.

Objectif GES 2030 vs émissions GES du numérique



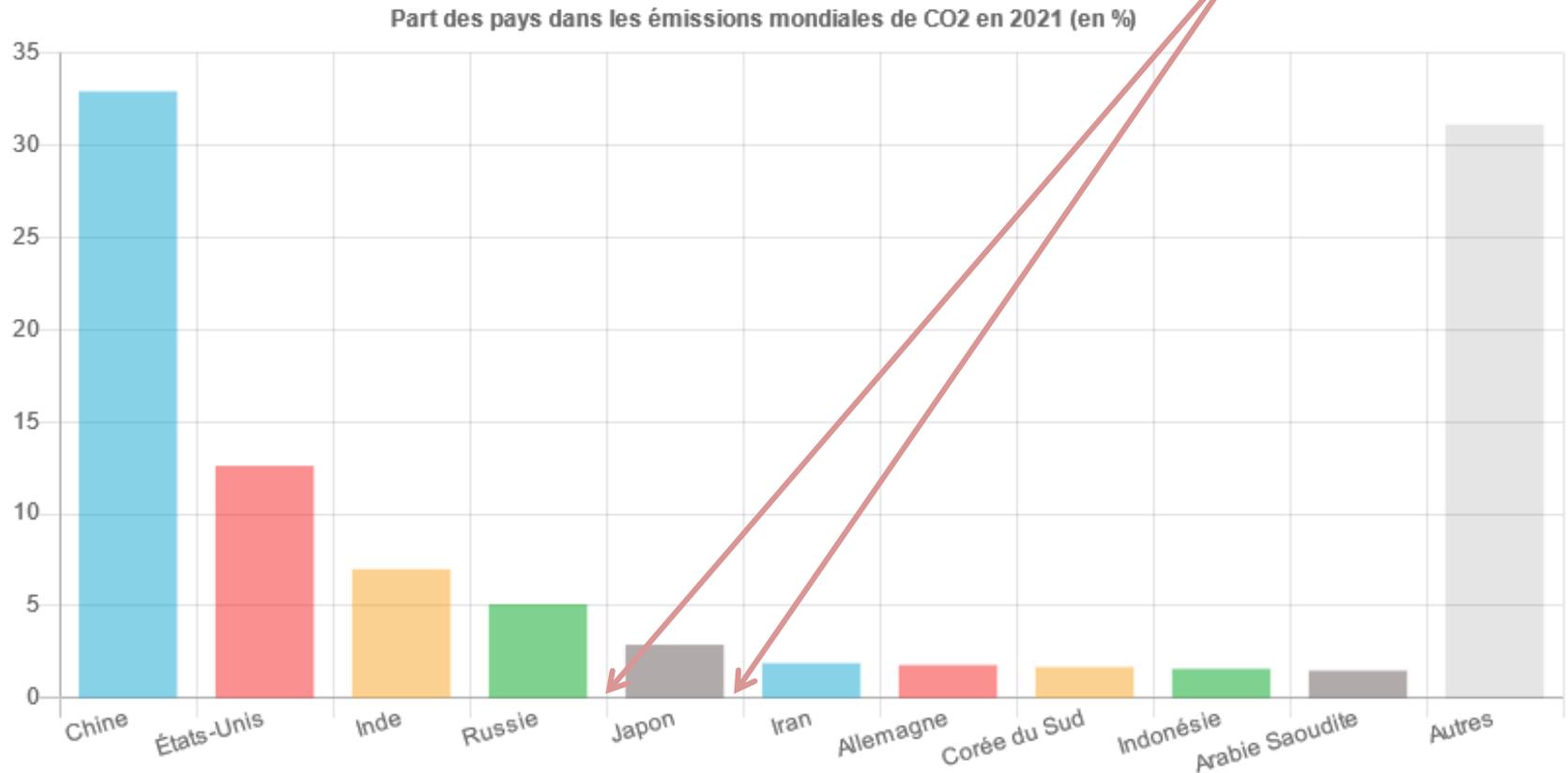
Émissions dues au numérique



Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G. S., and Friday, A. (2021). The real climate and transformative impact of ict: A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns*, 2(9) :100340

À quoi correspondent les émissions de GES du numérique ?

2 à 4% des émissions de GES mondiales



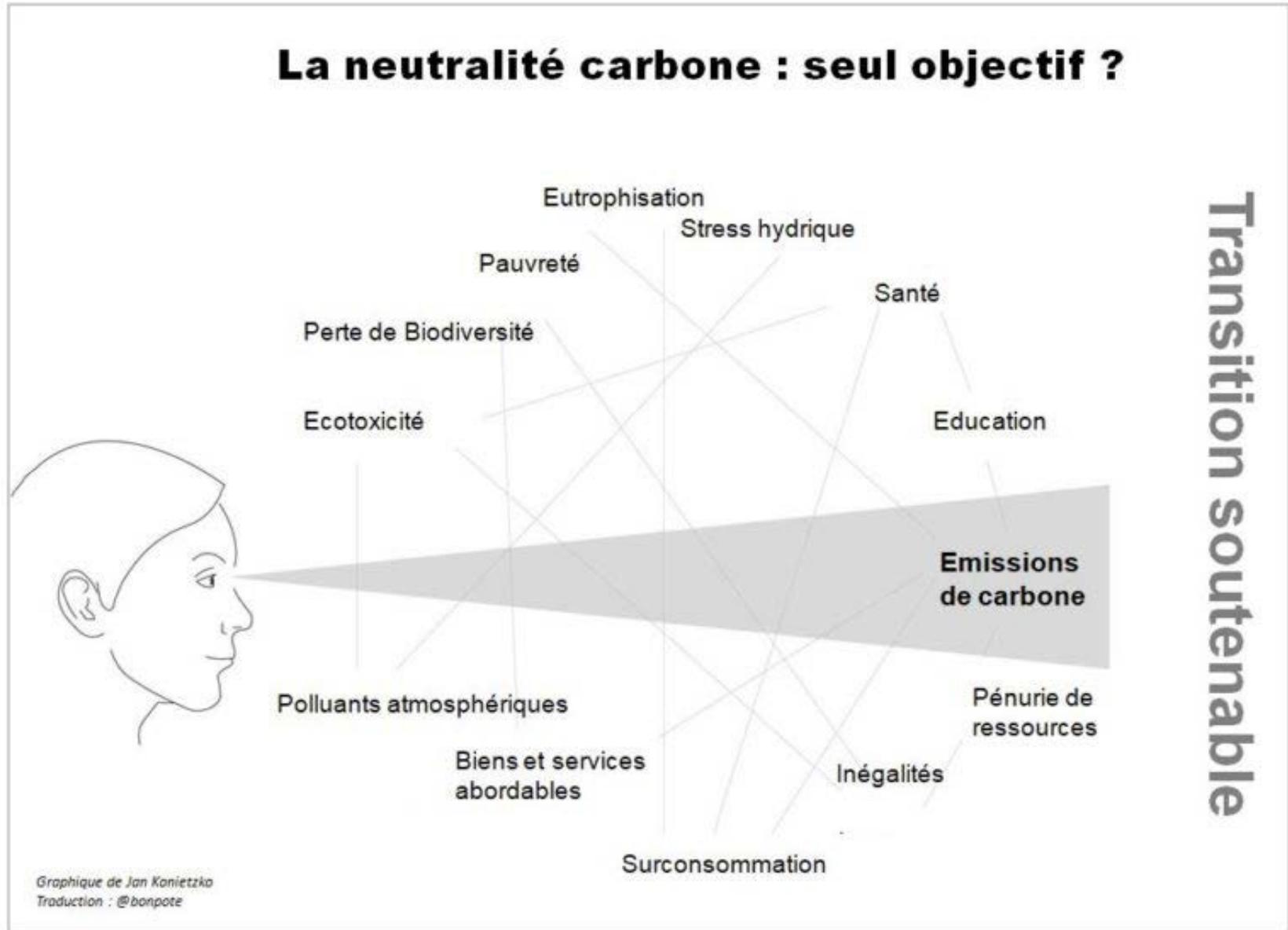
Source : [Commission européenne, calculs Statista \(2021\)](#)

Source illustration : <https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/pays-pollueurs>

Oui mais la Chine ! Et l'astrophysique !

- Problème de la proportion entre le « sacrifice » demandé par une réduction d'activité et le « bénéfice » chiffré en sortie
=> Quel effort vaut la peine d'être fourni ? A quoi servent les petits gestes ?
- Hypothèses de départ :
 - toute réduction est bonne à prendre
 - pour faire bouger le système, il faut s'y attaquer à de multiples niveaux
 - la responsabilité des anciens pays colonisateurs est énorme
 - les améliorations ne se mesurent pas qu'en tonnes de CO2 épargnées

Empreinte : lorsqu'on parle de GES, on met des œillères...



Notion de limites planétaires

- Concept proposé en 2009 par une équipe internationale menée par Johan Rockström (Stockholm Resilience Centre) et Will Steffen (Université nationale australienne)
- Indicateurs régulant la stabilité de la biosphère
- Seuils que l'humanité ne doit pas dépasser pour
 - ne pas compromettre les conditions favorables dans lesquelles elle a pu se développer
 - pouvoir vivre durablement dans un écosystème sûr
 - éviter les modifications brutales de l'environnement planétaire
- Il y a des interactions entre certaines limites (en dépasser une influe sur les autres)

Sources :

<https://www.nature.com/articles/461472a>

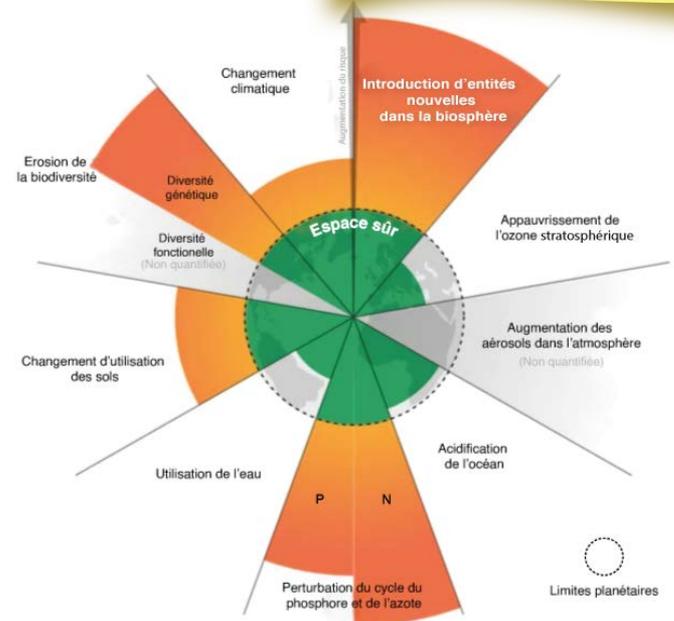
<https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

<https://bonpote.com/la-5eme-limite-planetaire-vient-detre-officiellement-franchie-et-tout-le-monde-sen-fout/>

<https://positivr.fr/cycle-de-leau-douce-une-6eme-limite-planetaire-a-ete-franchie/>

Limites planétaires



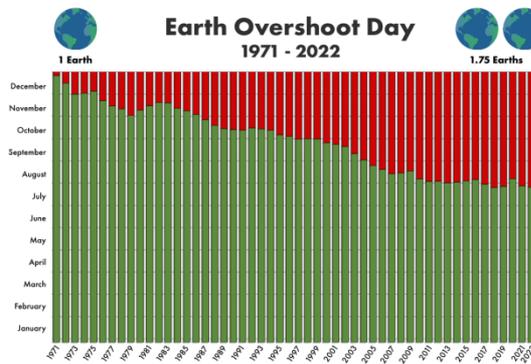
La limite planétaire pour les pollutions chimiques (nouvelles entités) a été quantifiée pour la première fois. Elle rejoint les 4 autres limites déjà dépassées
crédit : Stockholm resilience centre/Azote
Trad : Sydney THOMAS

@BonPote

Janvier 2022 :
dépassement de la 5^{ème} limite (Introduction de nouvelles entités dans l'environnement, facteurs de pollution)

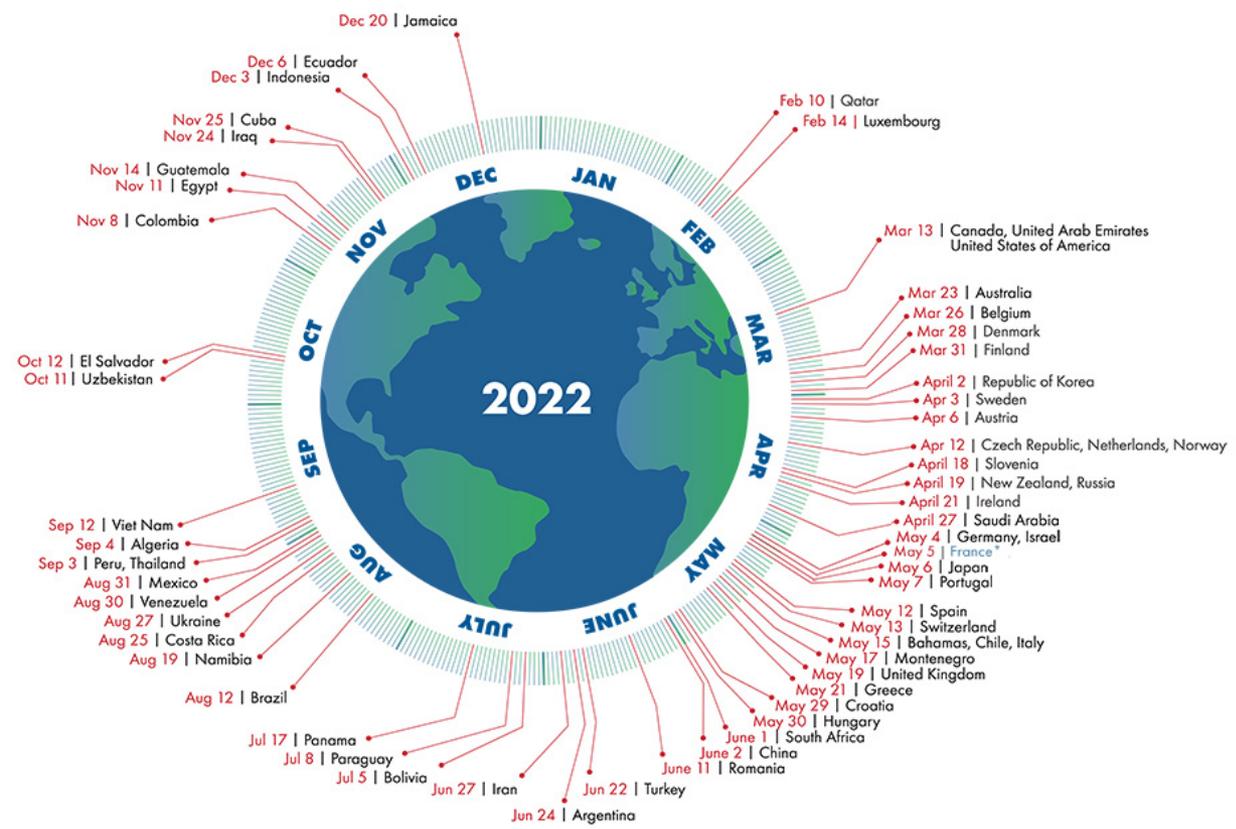
Mai 2022 :
dépassement de la 6^{ème} limite (consommation d'eau douce/eau verte).

Notion de jour du dépassement



Country Overshoot Days 2022

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



For a full list of countries, visit overshootday.org/country-overshoot-days.
 *France Overshoot Day updated April 20, 2022 based on nowcasted data. See overshootday.org/france.
 Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, 2022 Edition
data.footprintnetwork.org



Comment positionner l'impact
environnemental du numérique
dans tout ça ?

Qu'est-ce qui fait
« officiellement »
partie du
numérique ?

Big Brother is watching you : le numérique est partout !



Objets connectés
à moins de 100€

• Cliquez ici



Nos univers connectés

- Montres connectées
- Trackers d'activité
- Drones
- Maison connectée
- Santé et bien-être connectés
- Sport connecté

Nos autres produits connectés

- Caméras d'action
- Réalité virtuelle
- Systèmes audio multi-room
- Objets connectés
- Enceintes portables bluetooth



19⁹⁹€
Prix conseillé: 26,99€



16⁹⁹€
prime



19⁹⁹€
prime



14⁹⁹€
prime



16⁹⁹€
prime

À quel point Big Bro est-il big ?

- en 2016 : 6.4 écrans/foyer (CSA et Médiamétrie)
- en 2019, (baromètre du numérique, ministère de l'économie) :
 - plus de 75% de la population française de 12 ans ou plus a
 - 2 terminaux (smartphone+PC ou ordinateur+tablette ou smartphone+tablette)
 - ou 3 terminaux (smartphone+tablette+PC)
- en 2018 (Shift Project)
 - Un américain possédait environ 10 périphériques numériques connectés et a consommé 140 Go de données/mois
 - Un indien possédait 1 seul périphérique numérique connecté et a consommé 2Go de données/mois.



Répartition
planétaire
très inégale

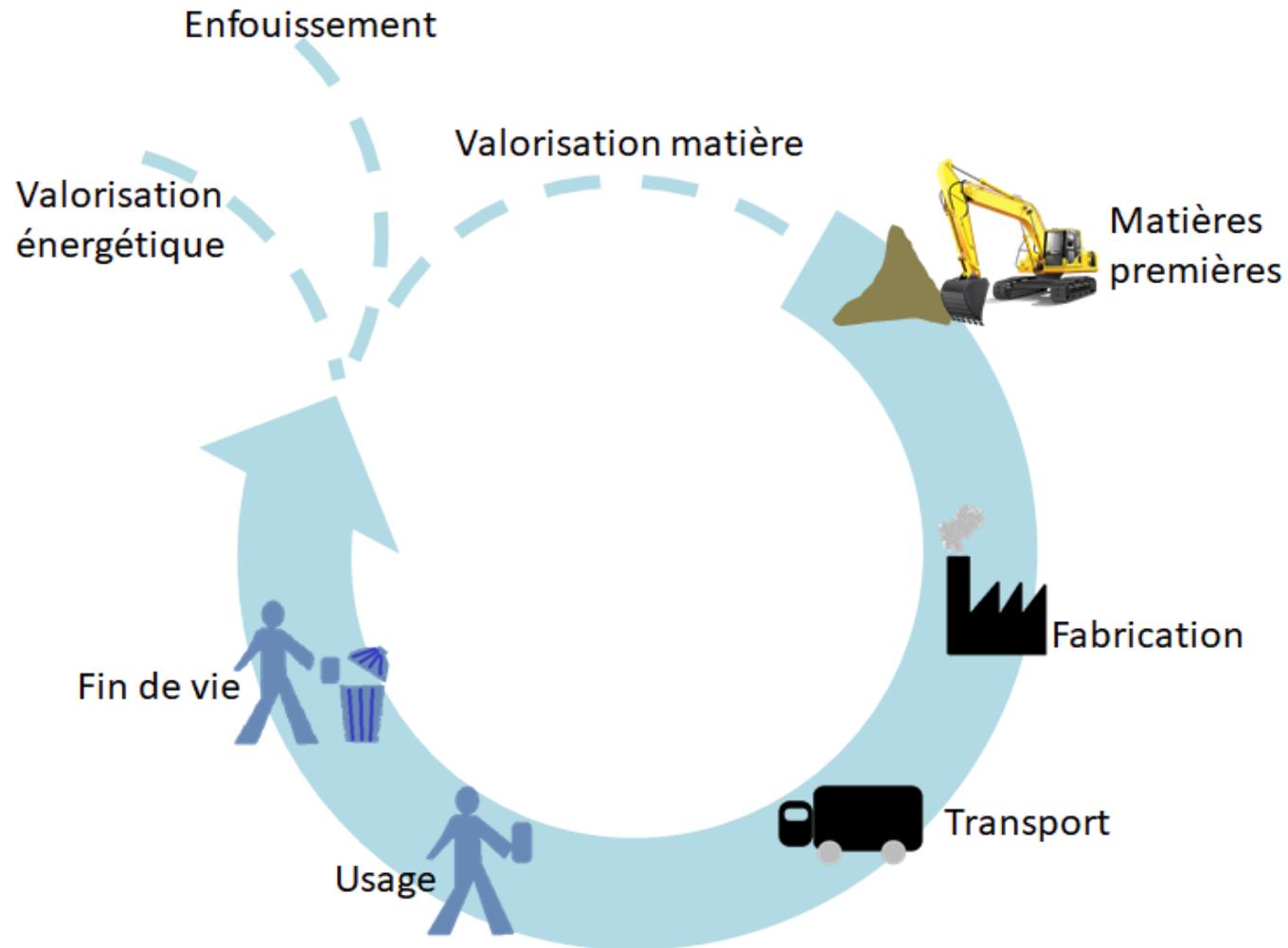
Sources :

<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>

<https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/15625-Connected-Living-Report.pdf>

https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/barometre-numerique-2019.pdf

Le cycle de vie d'un produit...



Les matières premières

DALLE TACTILE + VITRE

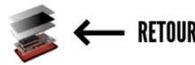
| | | | | |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
| In Indium | Sn Etain | Si Silicium | Al Aluminium | K Potassium |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|

ÉCRAN

| | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Eu Europium | Tb Terbium | Y Yttrium | |
| Gd Gadolinium | Ce Cérium | Tm Thulium | |
| La Lanthane | B Bore | Ba Baryum | |
| S Soufre | Mg Magnésium | Mo Molybdène | Hg Mercure |

BATTERIE

| | | | |
|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
| Li Lithium | Co Cobalt | C Carbone | F Fluor |
| Mn Manganèse | V Vanadium | P Phosphore | Al Aluminium |



BOÎTIER

| | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|------------|
| Mg Magnésium | C Carbone | Sb Antimoine | Br Brome | Ni Nickel | Zn Zinc |
|-----------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|------------|

CARTE ET COMPOSANTS

| | | | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Ni Nickel | Pb Plomb | Sn Etain | Bi Bismuth |
| Au Or | Ag Argent | W Tungstène | Pt Platine |
| Rh Rhodium | Be Béryllium | Cu Cuivre | P Phosphore |
| As Arsenic | Ga Gallium | Ge Germanium | Si Silicium |
| Zr Zirconium | Ru Ruthénium | Nd Néodyme | Fe Fer |
| B Bore | Sm Samarium | Co Cobalt | Pr Praséodyme |
| Cl Chlore | Dy Dysprosium | Ta Tantale | |
| | Nb Niobium | Pd Palladium | |

Chaque année, pour produire ordinateurs et mobiles : 19% de la prod. globale de métaux rares 23% du cobalt et les autres métaux !

métaux, silice, plastiques
Meilleur, + petit, + rapide, + fiable :
Gravure des wafers : 10nm, 7nm, 5nm, 3nm (2022)
Taille des virus
VIH: 90 nm - SARS-CoV-2 : 50-140 nm



sources :
<https://www.systext.org/>
<https://www.systext.org/node/1724>
 Laurent Lefèvre, EcoInfo, Eido64 2022

Impact des matières premières...

Conflits armés
(ex : guerre du Kivu)



Droits Humains

Conflits sur les usages de l'eau

Transfert de pollution / de responsabilité environnementale

Déchets toxiques à ciel ouvert

Lubumbashi, Katanga, RDC, le 23 mai 2016. (JUNIOR KANNAH / AFP)

Rejets de produits chimiques

Gestion (loi) de l'environnement

Gaz toxiques et pluies acides

Empoisonnement des nappes phréatiques et des terres



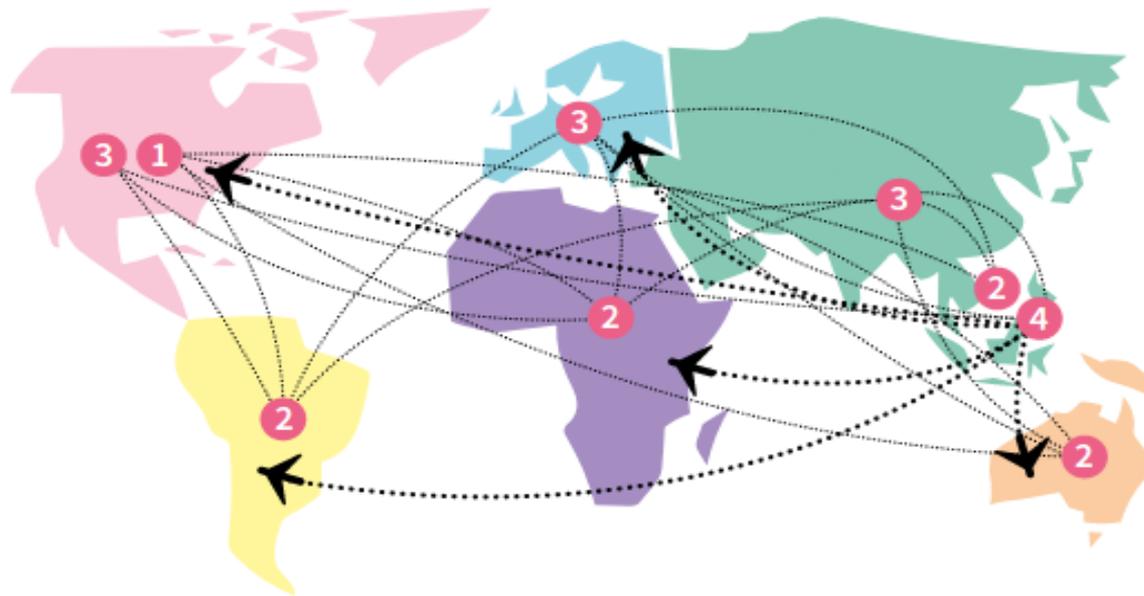
Saumures d'une mine de lithium, désert d'Atacama, Chili. Ivan Alvarado, REUTERS



La lac toxique de Baotou (Chine)
David Gray / Reuters

Conception, matières premières, fabrication : mon smartphone, ce pigeon voyageur !

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.

Sources :
ADEME &
France Nature Environnement

Selon vous, quel est l'impact principal :
l'extraction des matières premières, ou
le transport en avion ?

Une simple Analyse du Cycle de Vie nous
montre que l'extraction des matières
premières a beaucoup plus d'impact que le
transport !

La production consomme beaucoup
d'énergie aussi...

Impact de la production

Pour un smartphone, plus de 80% d'énergie totale pour la production (hors internet)

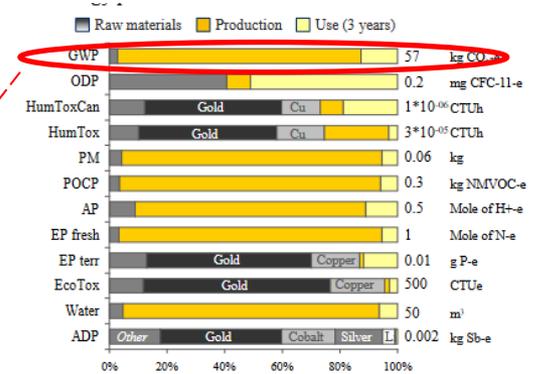
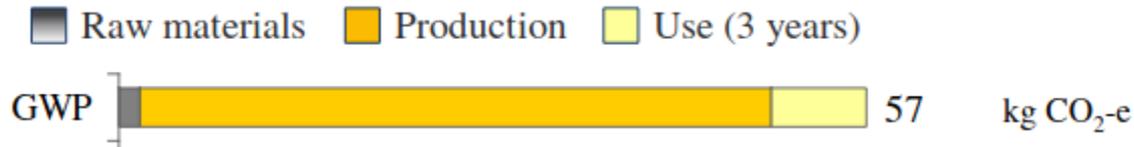


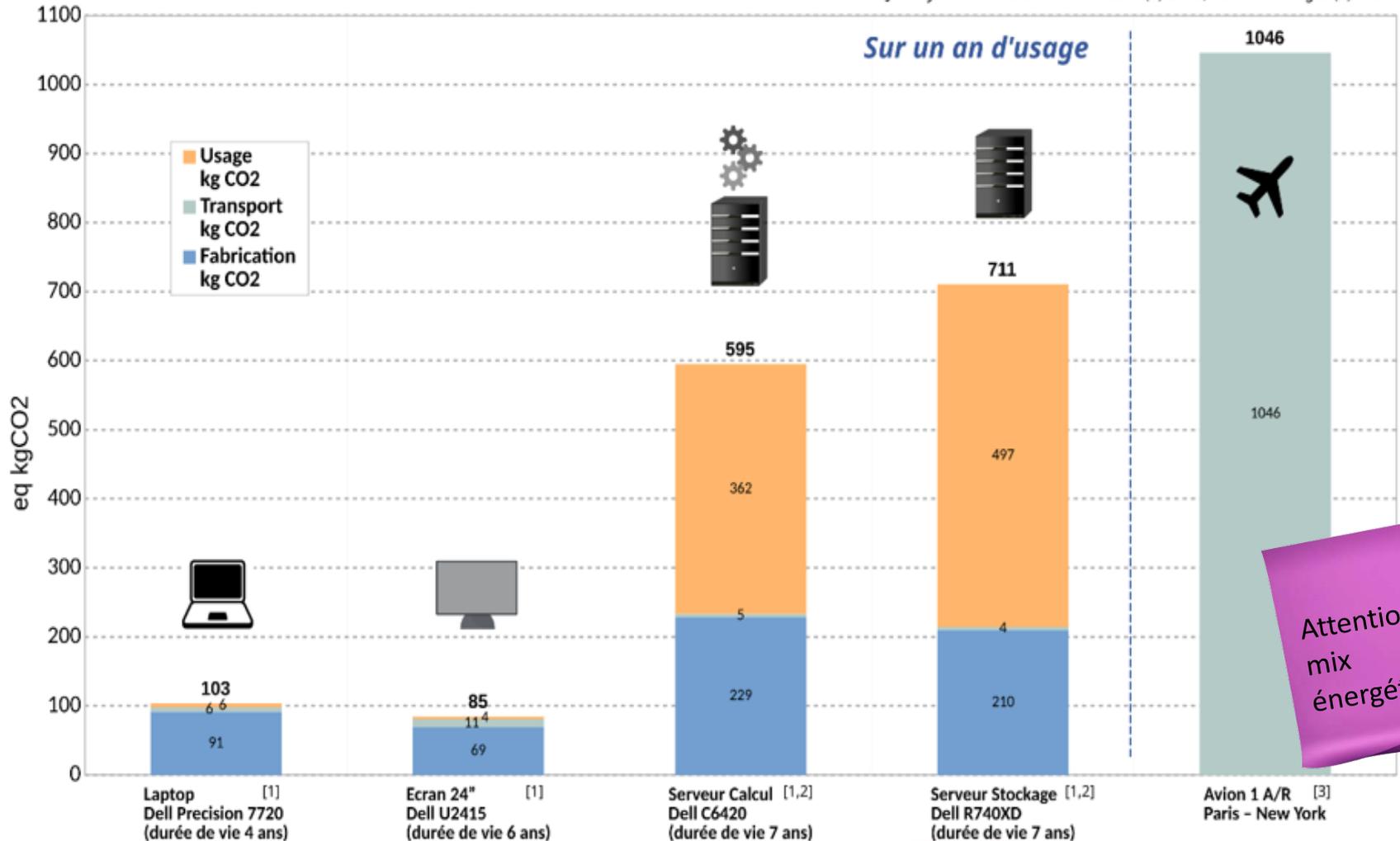
Fig. 4 Total life cycle result for all impact categories for smartphone Z5 with accessories using Ecoinvent database and adopting a 50/50 recycling approach with 19% recycling of gold assumed.



Empreinte carbone de chaque phase du cycle de vie d'un smartphone avec un mix électrique mondial

Empreinte carbone des équipements numériques

Par Jérémy Wambecke & Carole Plasson (C) 2019, Laurent Bourgès (C) 2020



Attention au mix énergétique

[1] Données Fiches Dell (usage corrigé pour usage FR) : https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment_carbon_footprint_products
 [2] Usage à partir de la consommation moyenne (Berthoud et al. 2020) d'un noeud = 275W (C6420), 375W (R740XD) (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02549565>)

[3] <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>
Facteur d'impact : 0,108 kgCO2e/kWh

Même ACV, mais on regarde tout...

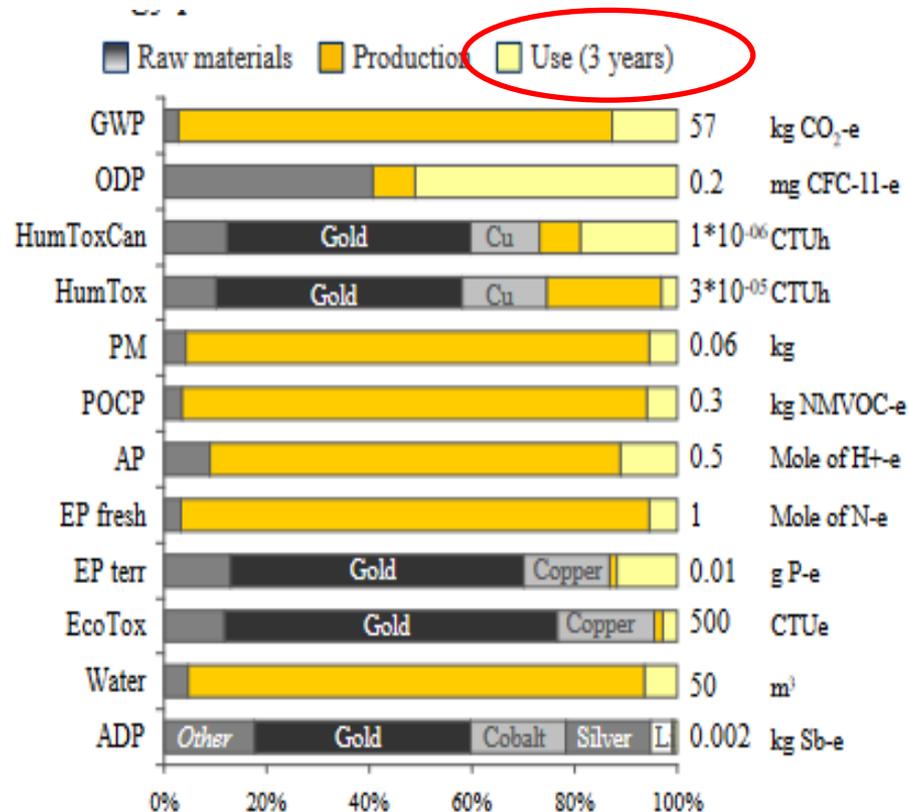


Fig. 4 Total life cycle result for all impact categories for smartphone Z5 with accessories using Ecoinvent database and adopting a 50/50 recycling approach with 19% recycling of gold assumed.

Empreinte de la production : acheter moins, et mieux

- Acheter moins
- Prolonger la durée de vie des matériels
- Acheter du matériel raisonné, garanti longtemps, réparable longtemps ou reconditionné (20% imposés par la loi)
- Prendre en compte les critères d'achat responsable
- Louer (/!\)
- Mutualiser



MATINFO

Groupement d'achat de matériel
informatique pour l'enseignement
supérieur et la recherche

**DONS.ENCHERES-
DOMAINE**

Dons des biens mobiliers du
Domaine

Au-delà du matériel, les
infrastructures...

Infrastructures réseau et câbles...

Répartition planétaire inégale

... of the web, considering: ... traffic points that allow different ... computer systems and associated ... and storage systems. ... of oceans, seas, lakes or rivers, ... network.

USA et Canada

Europe

Asie

Amérique du sud

Afrique

1 200 000 km de câbles en 2019 (32 fois le tour de la Terre)
99% des échanges sont par câble

selon le site Data Center Map, le 10 mai 2023 : 5004 DC en colocation dans 130 pays, dont 1851 aux USA et 163 en France.

- INTERNET DOMAINS
- af United Arab Emirates - al Afghanistan - ag Antigua and Barbuda - al Albania - am Armenia - ao Angola - ar Argentina - at Austria - az Azerbaijan - ba Bosnia and Herzegovina - bb Barbados - bd Bangladesh - be Belgium - bf Burkina Faso - bg Bulgaria - bh Bahrain - bi Burundi - bj Benin - bn Brunei - bo Bolivia - bs Bahamas - bt Bhutan - bw Botswana - by Belarus - bz Belize - cd Dem. Rep. of Congo - cf Central African Rep. - cg Republic of Congo - ch Switzerland - cl Côte d'Ivoire - co Colombia - cm Cameroon - cs Costa Rica - cu Cuba - cv Cape Verde - cy Cyprus - cz Czech Republic - dk Denmark - dm Dominica - do Dominican Republic - dz Algeria - ec Ecuador - ee Estonia - eg Egypt - er Eritrea - et Ethiopia - fi Finland - fj Fiji - ga Gabon - gd Grenada - ge Georgia - gh Ghana - gi Greenland - gm Gambia - gn Guinea - gg Equatorial Guinea - gr Greece - gt Guatemala - gw Guinea-Bissau - gy Guyana - hk Hong Kong - hr Croatia - hu Hungary - ie Ireland - il Israel - iq Iraq - ir Iran - is Iceland - jm Jamaica - jo Jordan - ke Kenya - kg Kyrgyzstan - kh Cambodia - km Comoros - kn South Korea - kw Kuwait - kz Kazakhstan - la Laos - lb Lebanon - li Liechtenstein - lk Sri Lanka - lr Liberia - ls Lesotho - lt Lithuania - lu Luxembourg - lv Latvia - ly Libya - ma Morocco - md Moldova - me Montenegro - mg Madagascar - mk North Macedonia - ml Mali - mm Myanmar - mn Mongolia - mv Mauritania - mt Malta - mu Mauritius - mw Maldives - mx Mexico - my Malaysia - mz Mozambique - na Namibia - ne Niger - ng Nigeria - ni Nicaragua - no Norway - np Nepal - om Oman - pa Panama - pe Peru - pg Papua New Guinea - ph Philippines - pk Pakistan - pl Poland - pt Portugal - py Paraguay - qa Qatar - ro Romania - rs Serbia - rw Rwanda - sa Saudi Arabia - sb Solomon Islands - sc Seychelles - sd Sudan - se Sweden - si Slovenia - sk Slovakia - sl Sierra Leone - sn Senegal - so Somalia - sr Suriname - ss South Sudan - sv El Salvador - sy Syria - sz Eswatini - td Chad - tg Togo - th Thailand - tj Tajikistan - tl Timor-Leste - tm Turkmenistan - tn Tunisia - tr Turkey - tt Trinidad and Tobago - tw Taiwan - tz Tanzania - ua Ukraine - ug Uganda - uy Uruguay - uz Uzbekistan - ve Venezuela - vn Vietnam - vu Vanuatu - ye Yemen - zm Zambia - zw Zimbabwe

Légende



Points d'échange trafic FAI



Centres de données

— Liens sous-marins

source :

<https://densitydesign.github.io/teaching-dd15/course-results/es01/group04/>

Et à propos de données...
quel volume ?

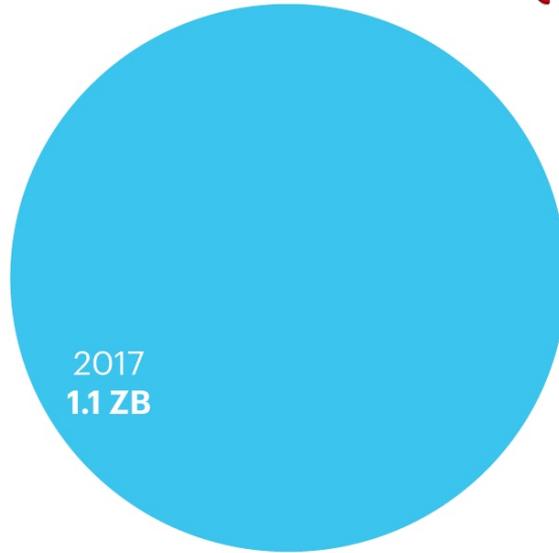
Volume de données annuel, chronologie...

Global annual internet traffic
Tracking Clean Energy Progress

1997
60 PB



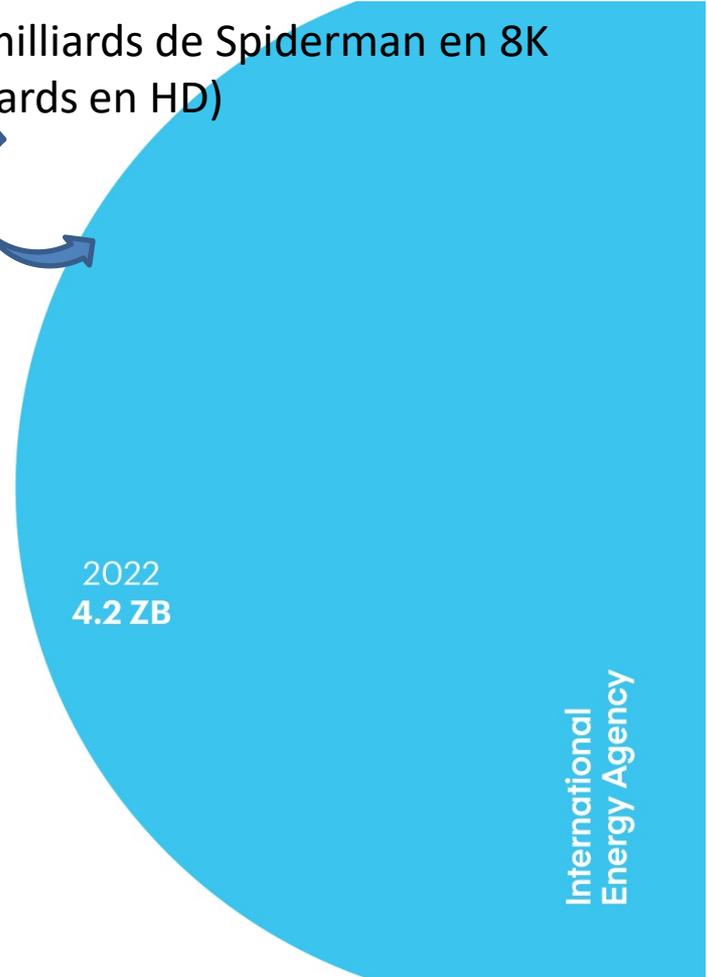
2007
54 EB



2017
1.1 ZB



4.2 ZB = 25 milliards de Spiderman en 8K
(ou 700 milliards en HD)



2022
4.2 ZB

| | | |
|----|-----------|-----------------|
| KB | kilobyte | 10^3 bytes |
| MB | megabyte | 10^6 bytes |
| GB | gigabyte | 10^9 bytes |
| TB | terabyte | 10^{12} bytes |
| PB | petabyte | 10^{15} bytes |
| EB | exabyte | 10^{18} bytes |
| ZB | zettabyte | 10^{21} bytes |
| YB | yottabyte | 10^{24} bytes |

International
Energy Agency

Il y a quoi, dans tous ces octets ??

streaming vidéo

web

Skype, etc...

GLOBAL APPLICATION CATEGORY TRAFFIC SHARE

| | | | |
|----|------------------|---------------|----------------|
| 1 | VIDEO STREAMING | 60.6%(+2.9) ↓ | 22.2%(-0.1) ↑ |
| 2 | WEB | 13.1%(-3.8) ↓ | 10.3%(-10.6) ↑ |
| 3 | GAMING | 8.0%(0.2) ↓ | 4.9%(+2.2) ↑ |
| 4 | SOCIAL | 6.1%(+1.1) ↓ | 7.6%(+3.8) ↑ |
| 5 | FILE SHARING | 4.2%(+1.4) ↓ | 30.2%(+8.1) ↑ |
| 6 | MARKETPLACE | 2.6%(-1.9) ↓ | 1.6%(-0.2) ↑ |
| 7 | SECURITY AND VPN | 1.6%(+0.2) ↓ | 5.3%(-2.1) ↑ |
| 8 | MESSAGING | 1.6%(-0.1) ↓ | 8.3%(-0.1) ↑ |
| 9 | CLOUD | 1.4%(+0.01) ↓ | 9.0%(-0.3) ↑ |
| 10 | AUDIO STREAMING | 0.4%(-0.5) ↓ | 0.3%(-0.1) ↑ |



Impact du streaming, quelques bonnes pratiques

- Limiter le visionnage et l'écoute en streaming.
 - Désactiver l'auto-play et tout ce qui procède de la captation d'attention (un plugin possible : Minimal, <https://minimal.aupya.org/>).
- Diminuer la résolution des vidéos pour le visionnage.
- Stopper la pub des sites web.
 - Avec un bloqueur (<https://adblockplus.org/fr/>, <https://ublockorigin.com/fr>)
 - En trompant le navigateur (<https://www.greenit.fr/2015/09/15/web-eliminer-definitivement-les-publicites/>)

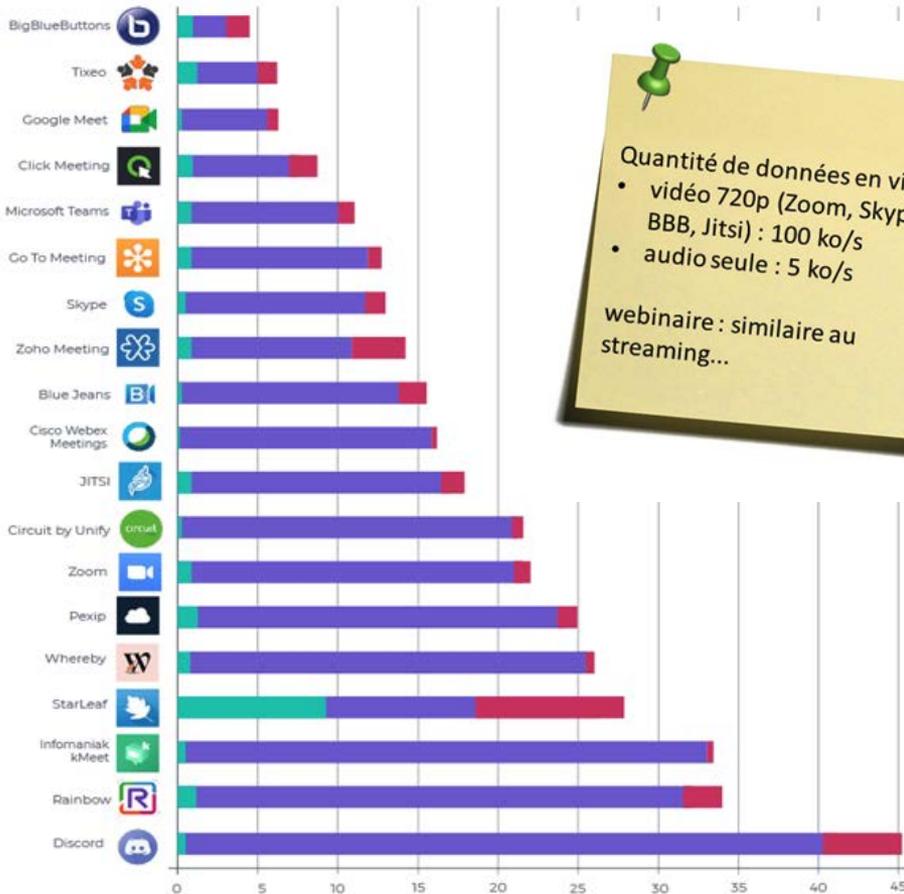
Focus visioconférences et webinaires



Données échangées d'une minute de visioconférence sur mobile

Greenspector - Visioconférences - Avril 2021

Plus cette valeur est basse, meilleure est l'application !



Quantité de données en visio :

- vidéo 720p (Zoom, Skype, BBB, Jitsi) : 100 ko/s
- audio seule : 5 ko/s

webinaire : similaire au streaming...

Paris-Berlin
en avion : 275 ± 27 kg eCO₂
 (sans traînées de condensation)
 ou 502 ± 352 kg eCO₂ (avec)
en voiture : 493 ± 296 kg eCO₂
 (1 personne/voiture)
en train : 34 ± 20 kg eCO₂
Visio : 7 g à 70 g eCO₂/h
 (max 1,12 kg eCO₂ pour 16h)
 Données : Labos1point5

Bonus saturation cognitive et CO₂

- En visio, désactiver la vidéo après s'être dit bonjour.
- Pour un webinaire : télécharger la vidéo pour la regarder ensuite hors connexion.

Dans nos labos, le travail sur les données

- Ne représente qu'une partie des émissions liées aux activités de recherche
- Qui elles-mêmes ne représentent qu'une partie du total de nos émissions

MAIS

- engage des choix épistémologiques et sociétaux à long terme
- permet d'ouvrir le débat sur des orientations fondamentales, en particulier sur la mise en commun de ressources et d'infrastructures (qui elle-même remet en question les logiques de concurrence et déplace la notion de performance)

Quels aspects sont concernés ?

- Equipement
- Logiciels et formats
- Stockage (datacenters)
- Transmission (type de connexion et infrastructure de câblage afférente)
- Mode d'accès (API, licences)
- Computation/acquisition
- Réutilisation

Pistes d'actions pour gérer les données

- Utiliser des standards : favorise partage et réutilisabilité
 - Eviter les silos
 - Choix de formats et de langages (poids des fichiers, interopérabilité)
 - Importance des métadonnées notamment dans la gestion des collections (découvrabilité, réutilisabilité)
-
- une application intelligente des principes FAIR et de la science ouverte va dans le sens d'une activité de moindre impact environnemental
 - incitation à travailler avec du texte (format particulièrement facile à pérenniser à moindre coût environnemental)

Les TIC, c'est aussi du code... et du calcul

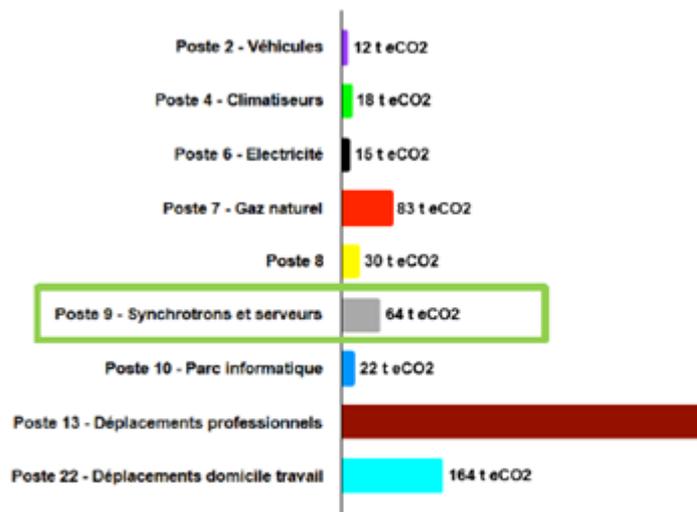
Des millions d'applications, de logiciels de formats différents : distribué/web/cloud, virtualisé, sur le store (Apple, Play), réseau (Software Defined Network & Network Function Virtualization)

VOLUMES REPRÉSENTÉS :

- Plus d'un million de logiciels par store
- Environ 30 applis par smartphone
 - Une application sur 4 non utilisée
 - 59 % des applications utilisées une seule fois
- Application simple : une centaine de lignes de code
- Android : 10 millions, Noyau Linux : 15 millions
- Windows 7 : 40 millions, Office 2013 : 45 millions
- Services Web Google : 2 milliards

Prise en compte à l'échelle d'un labo

Emissions de GES par poste d'émission

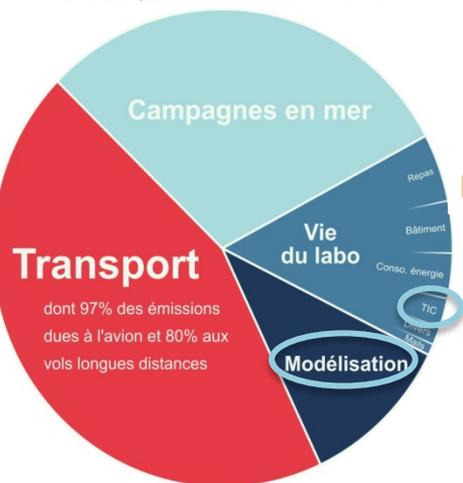


TOTAL : 1065 tonnes eCO₂

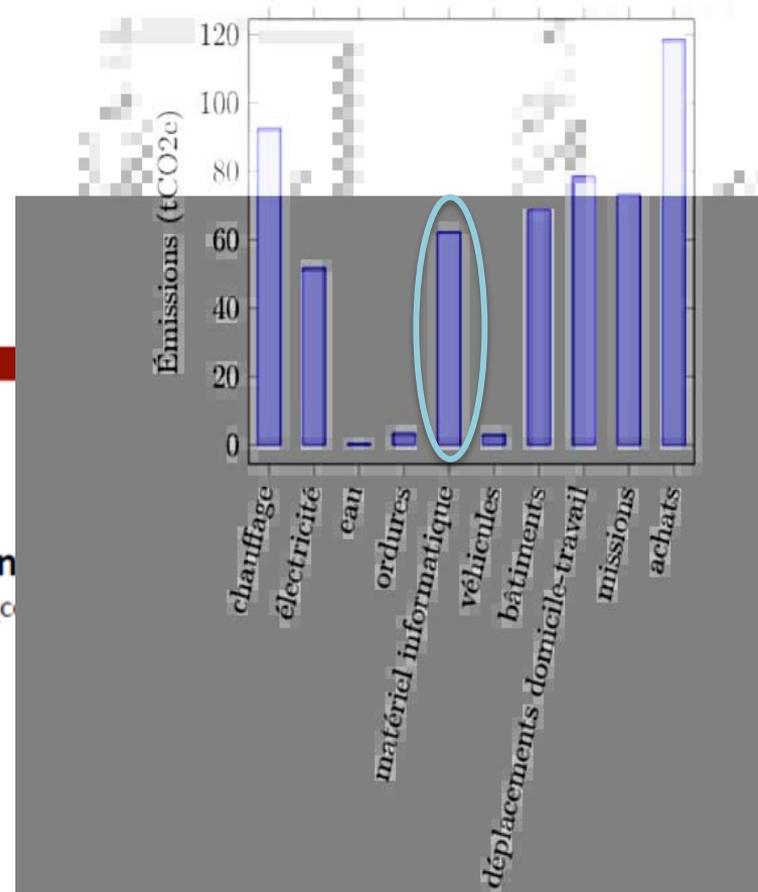
ISTERRE, bilan 2017, 250 personnes

https://www.isterre.fr/IMG/pdf/beges_isterre_2017_c

1750 tCO₂e
émises par le LOCEAN en 2018



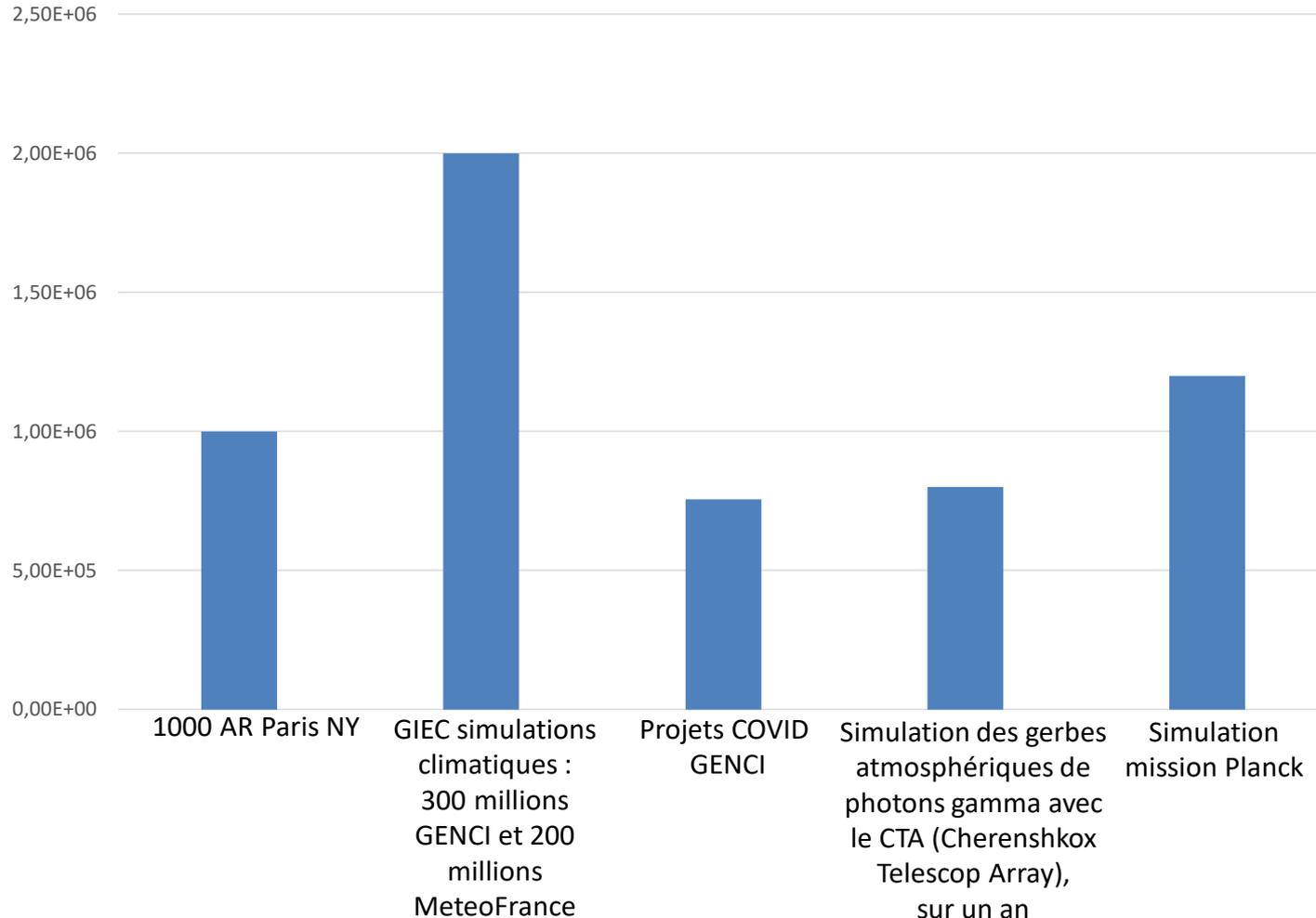
LOCEAN : UMR, 2019
187 personnes, INSU.



LIMSI : UPR, 2019
169 personnes, INS2I.

À l'échelle d'un pays

EqCO2 kg



Estimation faite en utilisant le facteur de conversion 1heure de calcul = 0.004 kg EqCO2

Grappe : AC Orgerie, EcoInfo

Sources : chiffres GENCI et estimations d'Ingénieurs ayant travaillé sur les différents projets.

Réduire l'impact du code



Je code : les bonnes pratiques en écoconception de service numérique à destination des développeurs de logiciels

Par exemple :

- avant : maîtriser le nombre de fonctionnalités, réutiliser des briques logicielles, planifier la gestion du logiciel...
- pendant : analyser son code, mesurer les performances...
- après : choisir hébergement mutualisé, labellisé CoC, local, privilégier mutualisation...

Réduire l'impact du calcul scientifique

- Minimiser le nombre d'expériences
 - préparation
 - réutilisation de modèles, mise en commun de calculs
- Minimiser leur impact
 - choix du centre de calcul : localisation, efficacité énergétique

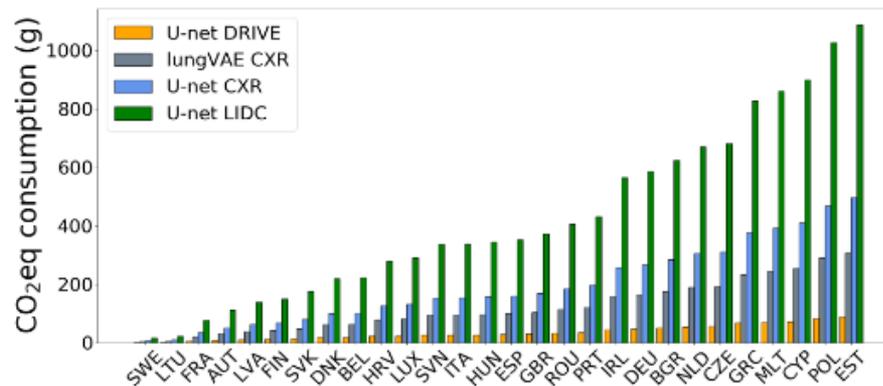


Figure 4. Estimated carbon emissions (gCO₂eq) of training our models (see [Appendix B](#)) in different EU-28 countries. The calculations are based on the average carbon intensities from 2016 (see [Figure 8](#) in Appendix).



Choisir son supercalculateur :
toi aussi, t'es dans le Top500 ?

TOP500 : projet d'évaluation des 500 plus gros
supercalculateurs en termes de performances sur des
benchmarks d'analyse numérique.

Depuis 2007 : **Green 500** évalue l'efficacité
énergétique.

<https://top500.org/>

<https://www.top500.org/lists/green500/>

Fin de vie :
petit EEE deviendra grand DEEE

Évolution de la quantité de DEEE dans le monde

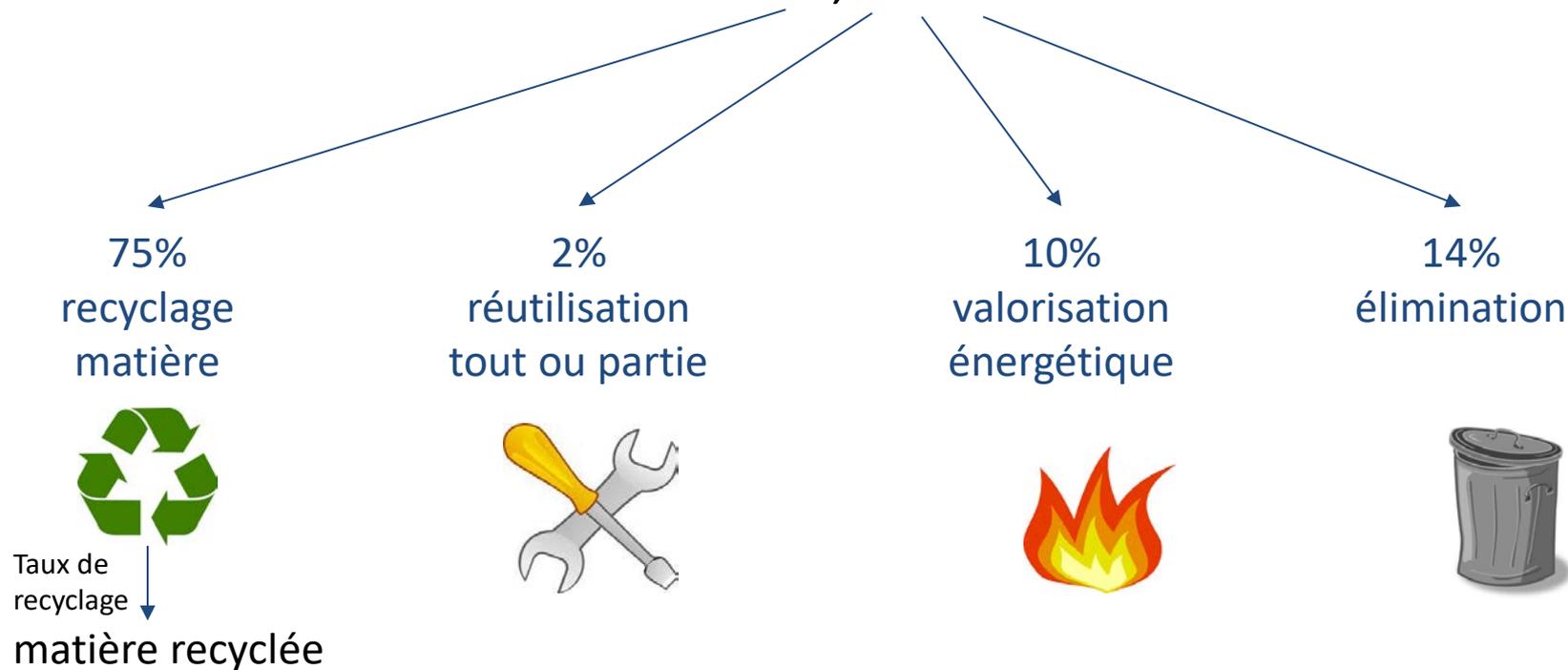
Petit cours de conversion...
44.4 millions de tonnes
≈ 4400 tours Eiffel



Source : [Global E-wasteMonitor 2020](http://ewastemonitor.info/), Forti, Baldé, Ruediger Kuehr, Garam Bel
<http://ewastemonitor.info/>

DEEE collectés en France

en France : 47,5% en 2019

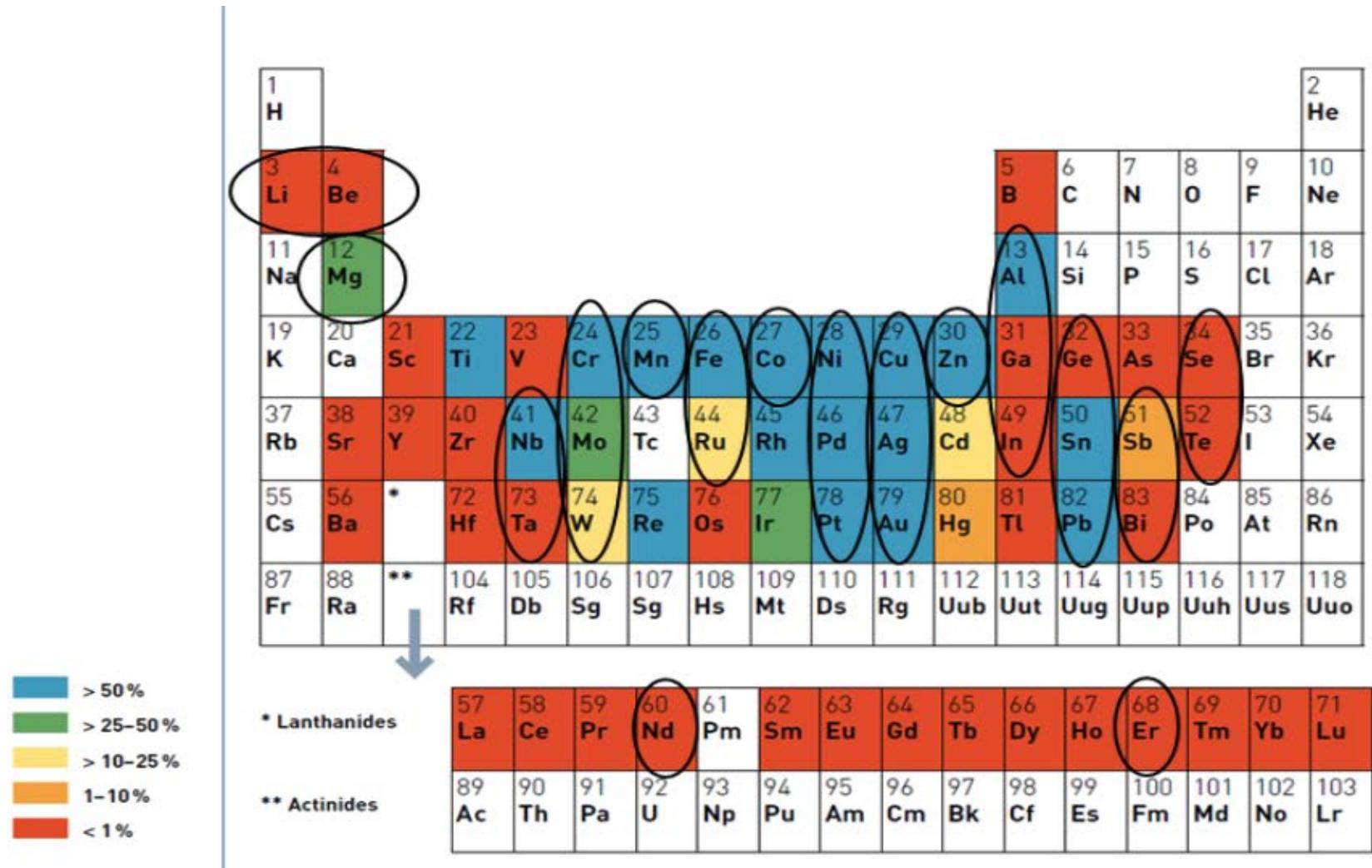


Quelques pourcents à peine

Ne pas confondre taux de collecte et taux de recyclage

Source des chiffres : ADEME, Registre des DEEE 2019.
Schéma initial : Anne-Laure Ligozat (EcoInfo)

Taux de recyclage des métaux des TIC



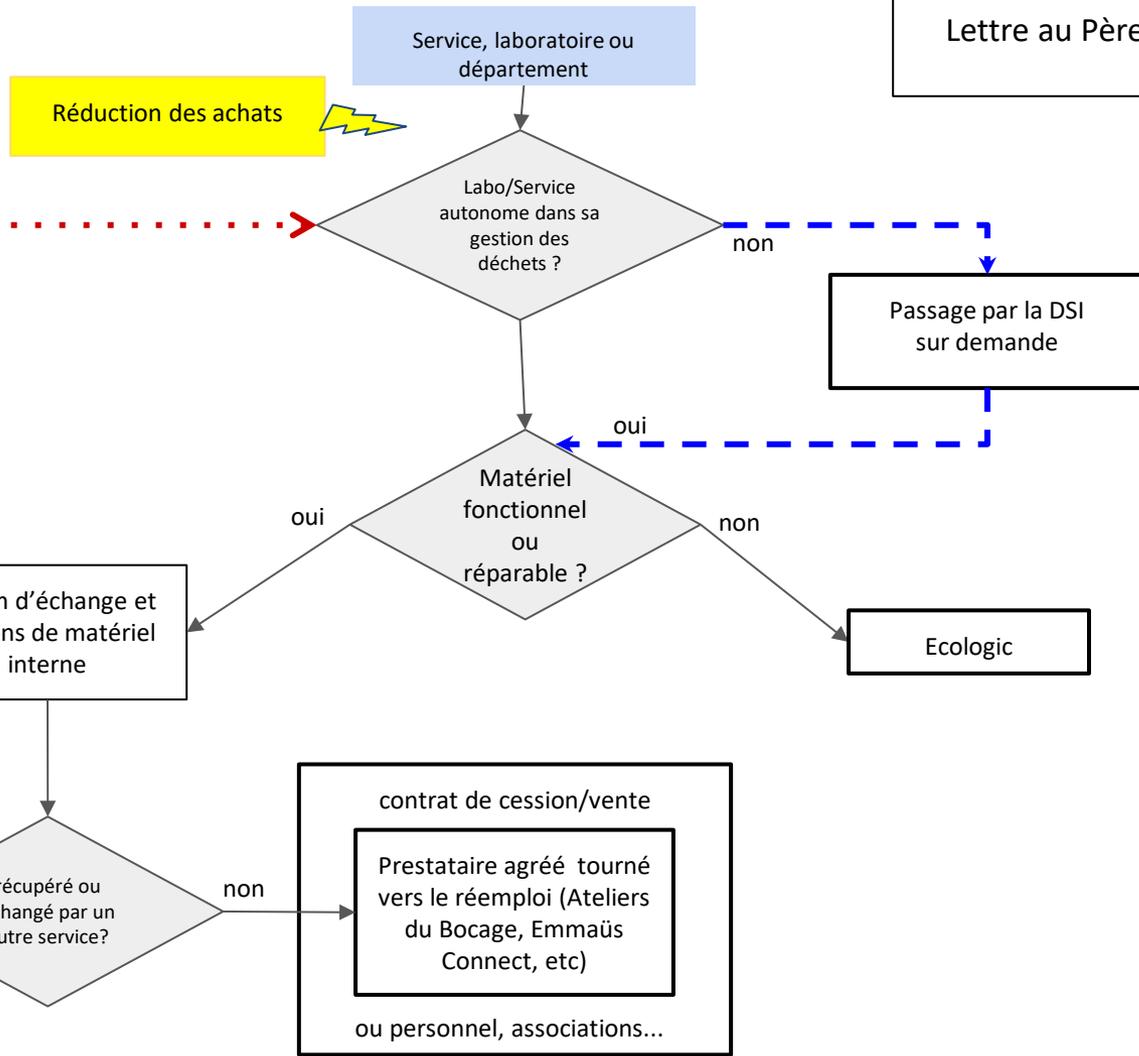
Source : [Recycling Rates of Metals, A Status Report. United Nation Environment Program](https://www.resourcepanel.org/file/381/download?token=he_rldvr)
https://www.resourcepanel.org/file/381/download?token=he_rldvr



Fin de vie : quelques bonnes pratiques

- Le meilleur DEEE est celui qu'on ne produit pas
 - Prolonger la durée de vie au delà de 5 ans : acheter des extensions de mémoire, réparer
 - Favoriser le réemploi
- Lorsque le matériel est hors d'usage, s'adresser à des filières ou associations spécialisées et agréées

Lettre au Père Noël des DEEE



Réduction des achats



lorsque le matériel n'est plus utilisé

oui

Concrètement, comment mesurer les impacts directs?

Impact environnemental global (multi-critères)

- Analyse du Cycle de Vie
 - Attributionnelle (quelle part des impacts ?)
 - pas de lien cause-conséquence
 - traduit le « degré de responsabilité »
 - comptabilité
 - Conséquentielle (quelle conséquence sur les impacts ?)
 - si l'on augmente la demande
 - si l'on modifie le cycle de vie
- Étude d'impact
- Multi Regional Input Output analysis (MRIO)
- Warning DEEE !

Outils de mesure de consommation (CO2)

Outils de mesure de puissance :

- PDU (Protocol Data Unit ou Unité de données de protocole), wattmètre, ampèremètre
- paramètres de ces outils : fréquence, échantillonnage, précision, multi-prises, actionnables à distance, ...

Outils logiciels :

- Power API
- Intel Power Gadget
- Mac Power Meter (comparaison logiciel/wattmètre)

Un exemple de mesure du coût du transit des données :

<https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2020/12/Rapport-revise-1Go-VF02-2021.pdf>

<https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/articles/intel-power-gadget.html>.

<https://gitlab.inria.fr/guenneba/mac-power-meter/-/tree/master>.

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

Outils de mesure de consommation

Outils de mesure en ligne : mesure d'impact d'une page web (diagnostic)

- Carbonalyser : extension du navigateur calculant le carbone émis pendant un temps d'utilisation du navigateur
- Ecometer : analyse l'impact environnemental d'un site
- Ecoindex : analyse l'impact environnemental d'un site

Attention, certains outils sont critiqués pour leur imprécision.

Évaluer son matériel : Ecodiag

<https://ecoinfo.cnrs.fr/ecodiag-calcul/>

Effectuer le bilan GES du labo : GES1point5

<https://www.labos1point5.org/ges-1point5>



➤ On peut aussi [faire] auditer son centre de calcul

<https://github.com/carbonalyser/Carbonalyser>

<http://www.ecoindex.fr/>

<http://www.ecometer.org/>

Impacts indirects ou induits

Des impacts difficiles à quantifier...

- problèmes de droits humains sur les sites d'extraction et de traitement de déchets
 - conditions de travail et travail des enfants
 - conflits armés pour la possession des mines (eg. guerre du Kivu, en RDC, pour le Coltan)
 - conflits d'accès à l'eau (extraction métaux, fabrication puces)
- santé humaine liée à l'usage excessif (selon âge) des écrans
 - Neuro-développement chez l'enfant (cognitif, attention, comportement)
 - troubles musculo-squelettiques
 - troubles du sommeil
- et tout le reste...
 - surveillance généralisée
 - concentration de pouvoir
 - résilience (de notre société vis-à-vis de sa dépendance au numérique)
 - souveraineté
 - tension sur les métaux entre ENR, numérique, mobilité, ...

Effet rebond/paradoxe de Jevons

Augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie.

Exemples : covoiturage, télétravail, gain d'efficacité...



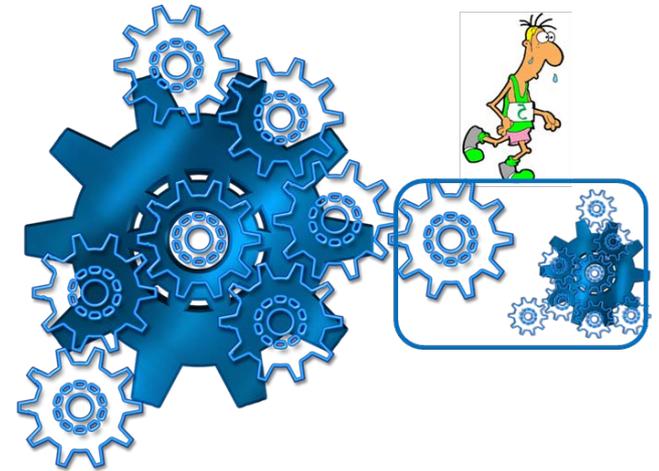
Amélioration
d'efficacité
énergétique
vs
augmentation
des usages

En clair : ce n'est pas parce que ça impacte deux fois moins qu'on peut en fabriquer/utiliser deux fois plus !

Effet d'accélération...

L'usage du numérique

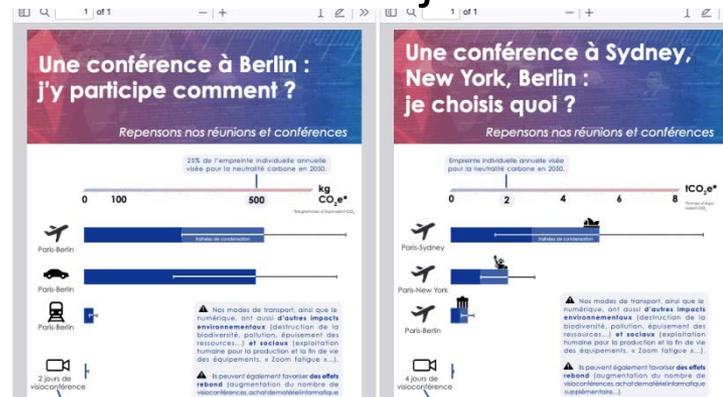
- **Accroît le niveau d'interdépendance**
 - ajoute de la complexité
 - réduit les capacités de résilience
 - augmente les besoins en numérique
 - empile les technologies (e.g. 2G-3G-4G-5G)
 - accroît l'obsolescence directe et indirecte
- **Une technologie au service de l'optimisation et de l'accélération**
 - des flux de marchandises, de personnes,
 - des flux financiers (trading haute fréquence, économie des données)
 - des procédés de production et donc de la production de biens
 - de la consommation, *via* les mécanismes de captation de l'attention, notamment le suivi et la collecte des données



Comment s'engager
dans nos laboratoires ?

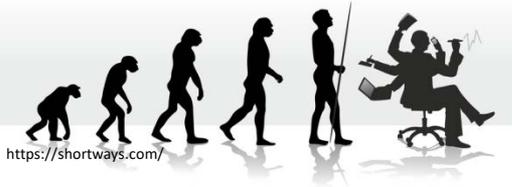
Faire bouger les pratiques collectives

- Effort de sensibilisation essentiel dans l'ensemble des disciplines.
 - GDR Labos1point5
 - GDS EcoInfo
- Utiliser les bilans pour faire levier
 - Difficulté à obtenir tous les chiffrages = possibilité d'initier le dialogue avec les nombreux acteurs impliqués
 - Base pour solliciter les cellules DD&RS des institutions
 - Réflexion collective indispensable à l'échelle des laboratoires (priorisation des travaux des jeunes chercheur·es essentielle)



Et au-delà des laboratoires

- Rôle des associations et sociétés savantes
- Rôle des infrastructures : réflexion à mener sur l'identification de leviers d'action collectifs
- Se préparer à devoir déplacer des montagnes administratives, d'où la nécessité d'une énergie collective
- Alternative : contribuer à donner forme à ces changements maintenant ou les subir dans trois ans



Vers la sobriété numérique...

- Ralentir, diminuer nos usages et nos achats
- Mutualiser
- Avoir un usage raisonné du numérique et des services en ligne
- Débrancher/éteindre (ordinateurs, serveurs, smartphones, ...)
- Mettre les Low Techs à la mode
- Faire attention au Green Washing

Merci !