

Quel âge à votre smartphone ?



Découvre l'impact des composants de ton smartphone

Inria

Qui suis-je ?



POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE



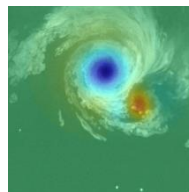
Benjamin Ninassi

- Ingénieur de Recherche spécialisé dans les technologies web, et l'écoconception de services numériques
- Adjoint au responsable du programme Numérique et Environnement d' INRIA.
- Contributeur au GDS EcoInfo
- Contributeur à la Mission Numérique Ecoresponsable (minu_meco)
- Contributeur à The Shift Project
- Membre de Boavitza
- Contributeur à l'Institut du Numérique Responsable (INR)
- Ex "Sustainability and Technology Manager" chez Accenture
- Ancien membre de « European Green Digital Coalition »
- Ancien membre de « Green Software Foundation »



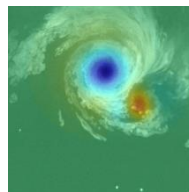
Numérique et environnement

- Modélisation de l'environnement
 - ★ Changement climatique, biodiversité, risques
 - ★ IA \Leftrightarrow modèles mécanistiques
- Le numérique pour favoriser la décarbonation
 - ★ Agriculture, alimentation, mobilité, énergie, industrie...
- Réduire les impacts environnementaux du numérique
 - ▶ Un programme à 360 degrés
 - ★ **Avoir de l'impact** (scientifique, économique, sociétal)
 - ★ Médiation scientifique
 - ★ Vie des laboratoires et façon de faire de la recherche



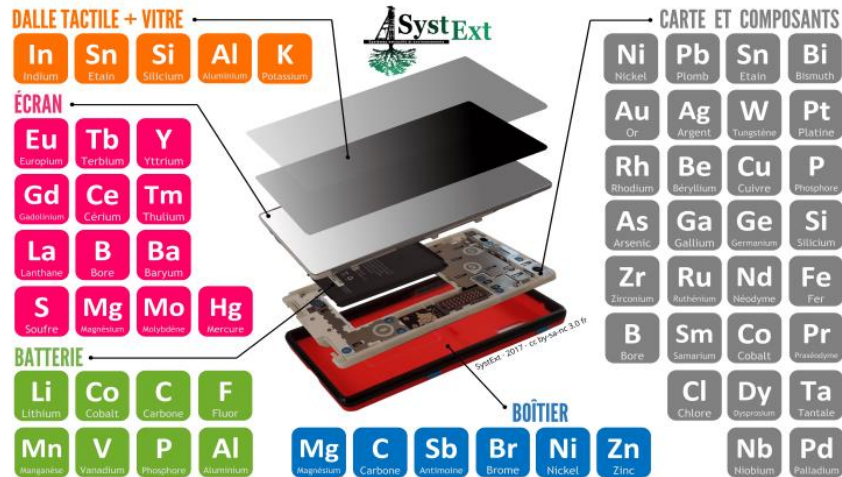
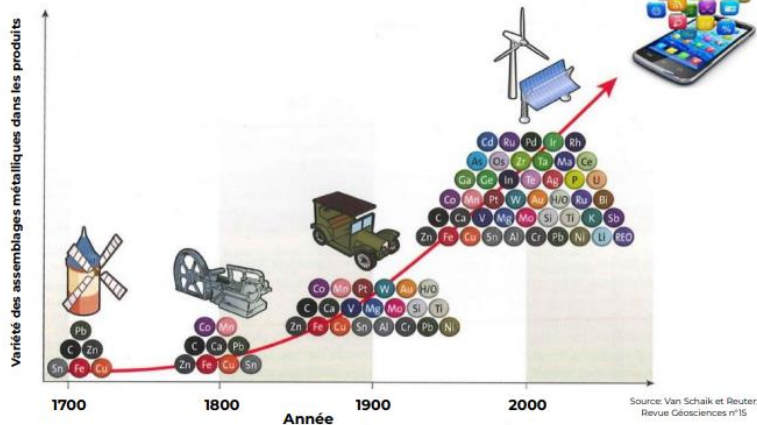
Numérique et environnement

- Modélisation de l'environnement
 - ★ Changement climatique, biodiversité, risques
 - ★ IA \Leftrightarrow modèles mécanistiques
- Le numérique pour favoriser la décarbonation
 - ★ Agriculture, alimentation, mobilité, énergie, industrie...
- Réduire les impacts environnementaux du numérique
 - ▶ Un programme à 360 degrés
 - ★ **Avoir de l'impact** (scientifique, économique, sociétal)
 - ★ Médiation scientifique
 - ★ Vie des laboratoires et façon de faire de la recherche





Plus de 50 éléments chimiques dans mon smartphone ?!



Des métaux communs (80 à 85%*) :

aluminium, cuivre, nickel...

Abondants dans la croûte terrestre, certains peuvent demander une grande quantité d'énergie pour être extraits et raffinés.

Des terres rares (0,1%*) :

néodyme, yttrium, terbium...

Plus abondantes que certains métaux rares, mais plus dispersées ! Les extraire nécessite des procédés complexes et très polluants. Elles sont recherchées pour leurs propriétés électroniques, magnétiques et optiques.

Des métaux précieux (0,5%*) :

or, argent, palladium...

Rares et de grande valeur économique, ils sont utilisés dans les circuits imprimés. Aujourd'hui, il y a plus d'or dans une tonne de déchets de cartes électroniques que dans 1 tonne de minerai d'or !

D'autres métaux rares (0,1 à 0,5%*) :

cobalt, tantale, indium...

Peu fréquents dans la croûte terrestre, leur utilisation a explosé avec le développement des nouvelles technologies, notamment le smartphone.

**pourcentage par rapport au poids total des métaux d'un smartphone.*

Vos impressions ?

- Qu'avez-vous ressenti ?
- Quelle stratégie avez-vous mise en œuvre ?
- Avez-vous modifié votre stratégie à un moment de la partie ?
- Pourquoi ?
- Quelles sont les informations que vous avez retenues de ce jeu

Invia

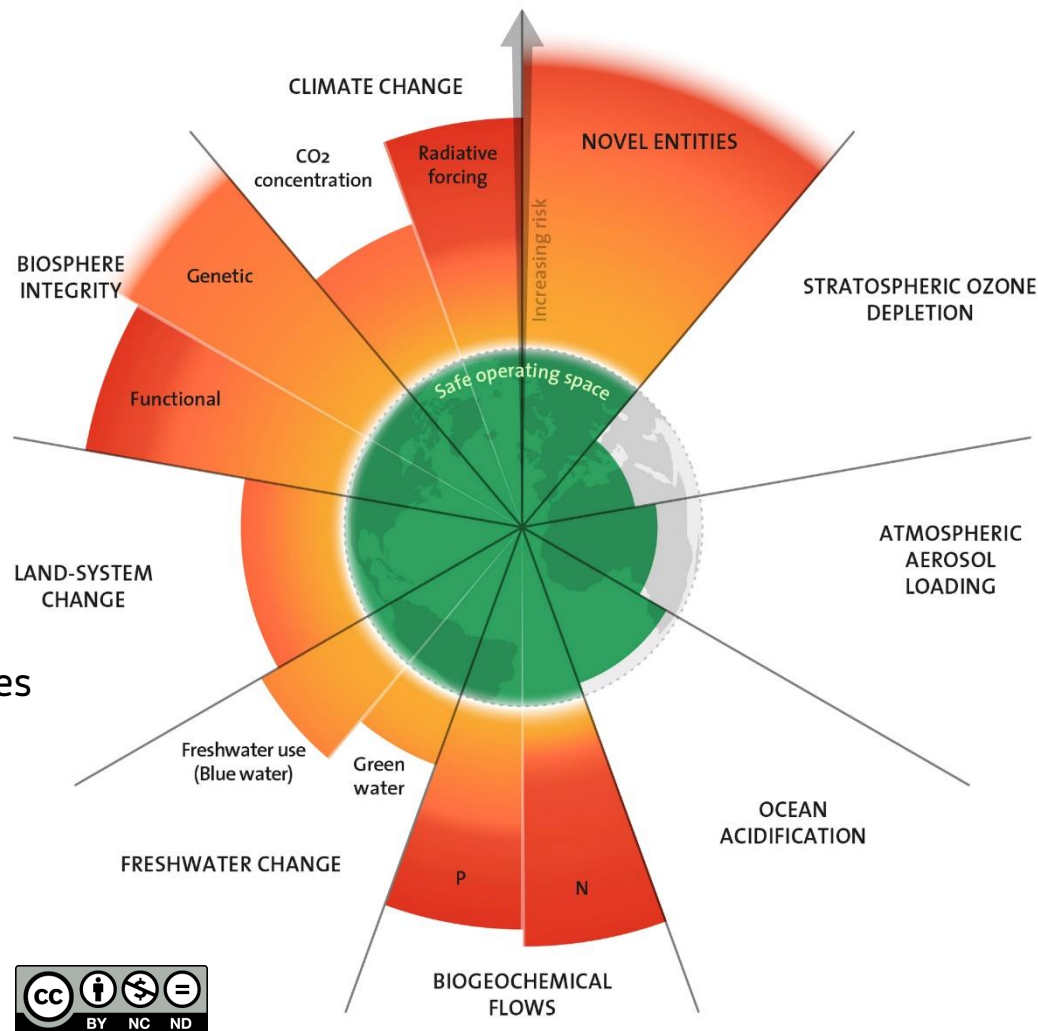
Le numérique
est-il
soutenable ?

*Une introduction à la compréhension des
impacts environnementaux du
numérique*

Évaluation de la situation mondiale

Le changement climatique n'est qu'une des 9 limites planétaires

- ⇒ Leur franchissement augmente les risques de transformation des écosystèmes
- ⇒ À ajouter l'épuisement de ressources naturelles nécessaires à notre développement



La part du numérique dans notre empreinte carbone : 2 à 4% selon les sources et le périmètre

01/2022

Périmètre FRANCE

16,9 MtCO₂e/an

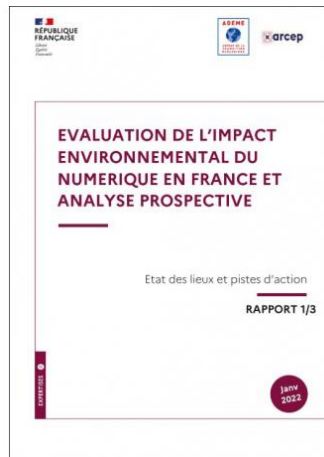
2,5% empreinte carbone

253 kgCO₂e/français.an*

48,7 TWh/an

10% consommation électrique
annuelle

* Autant que 1300 km en
voiture, soit 6,3 km par jour
200 jours par an



12/2021

Périmètre EUROPE

185 MtCO₂e/an

4,2% empreinte carbone

40% d'un budget soutenable
climatique et en ressources
minérales et métalliques

361 kgCO₂e/habitant.an*

283 TWh/an

9,3% consommation électrique
annuelle

* Autant que 1800 km en voiture,
soit 9 km par jour 200 jours par an

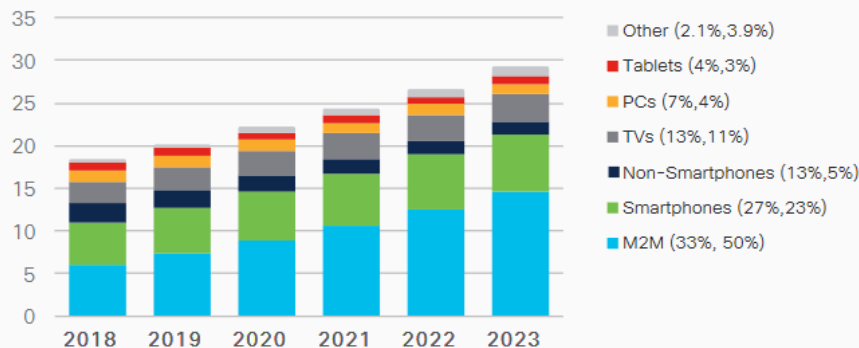


Une demande en forte croissance

- **3.9 milliards** de personnes connectées
51% de la population mondiale
- **19.4 milliards** d'appareils
33% d'entre eux sont des IOT
- **10% de croissance annuelle**
⇒ **30 milliards** d'objets en 2023
⇒ **75.44 milliards** en 2025 (Freitag et al.)
(déploiement massif de l'IOT)
- ⇒ **ADEME : 34 milliards** en 2019, **45 milliards** en 2025

10% CAGR
2018-2023

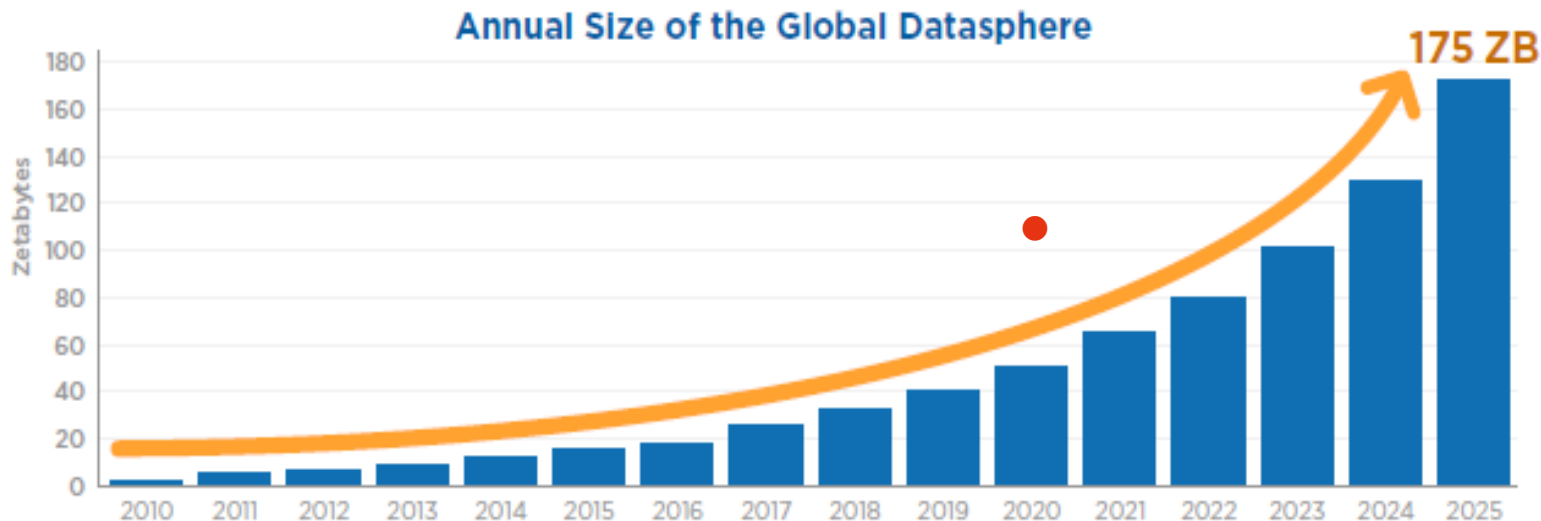
Billions of
Devices



* Figures (n) refer to 2018, 2023 device share

Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

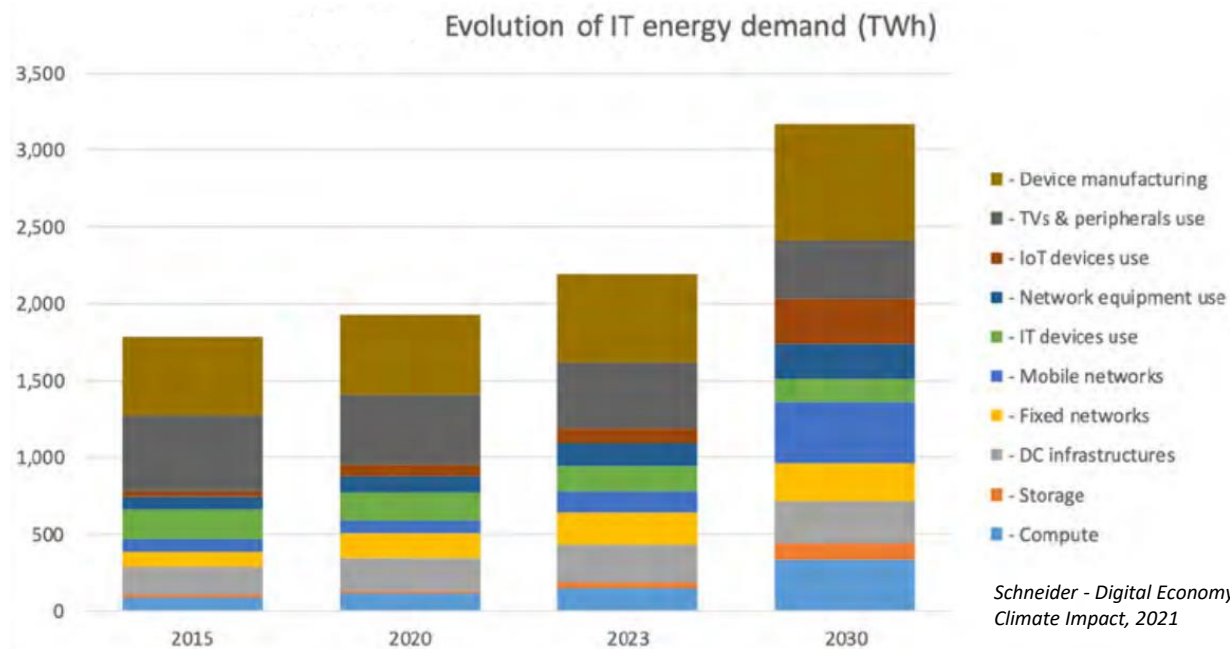
Une ↗ de la datasphere imprévisible



Source: Data Age 2025, sponsored by Seagate with data from IDC Global DataSphere, Nov 2018

- Global Datasphere in 2018 : 33 zettabytes (ZB)
- A total of 64.2 Zettabytes was created or replicated in 2020

Évolution de la demande d'électricité pour les TIC (+30% d'ici 2030)

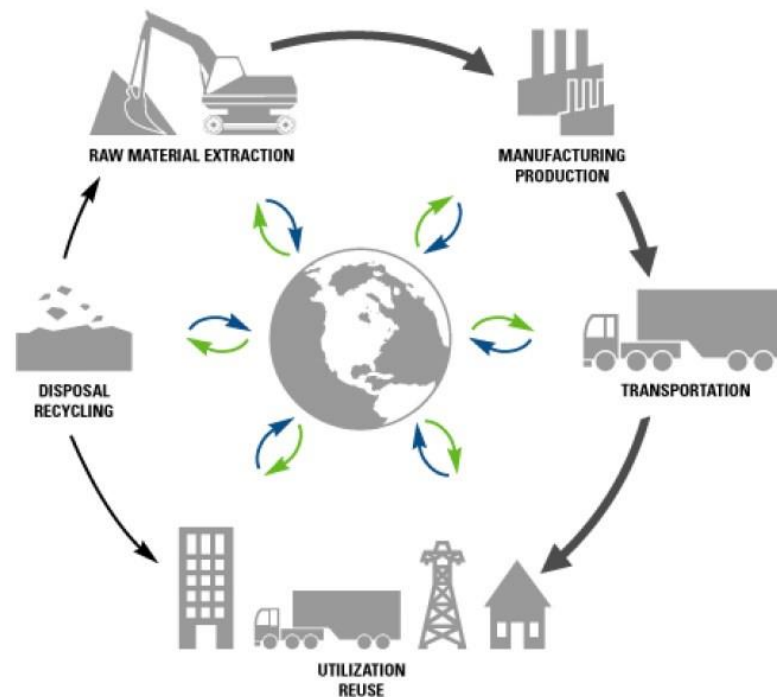


Schneider - Digital Economy and Climate Impact, 2021

Cycle de vie d'un produit

Impacts environnementaux

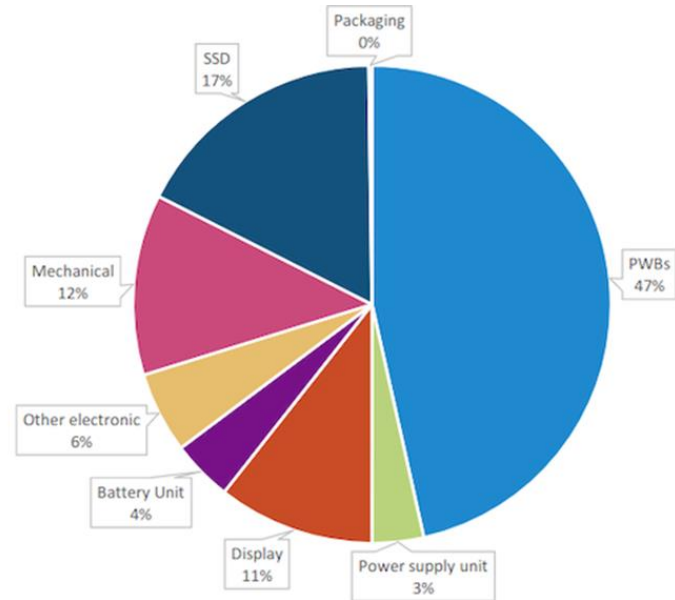
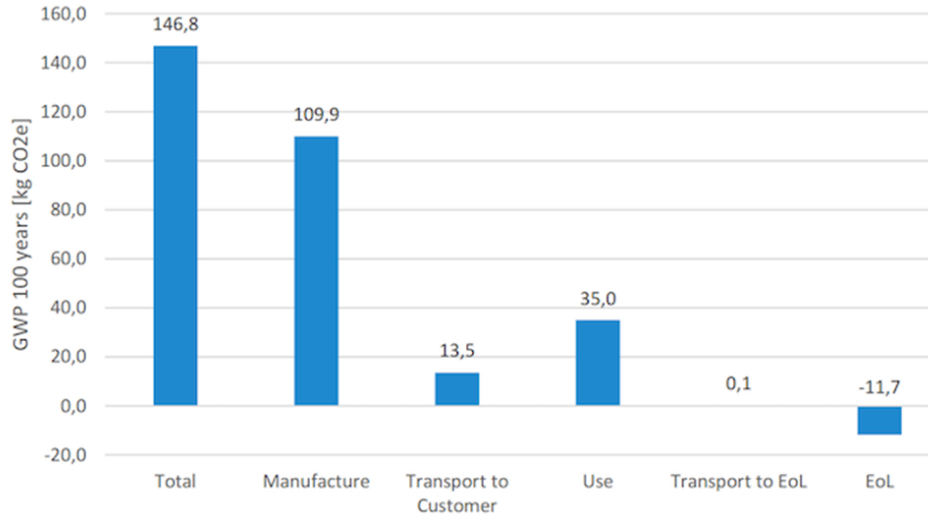
- Gaz à effets de serre (GES)
- Contribution au stress hydrique
- Acidification des sols
- Acidification des océans
- Emissions de particules fines
- Effondrement de la biodiversité
- Epuisement des ressources naturelles
- Artificialisation des sols
- Etc.



Wikipedia - NIST

Dell 7300 : Global warming potential

- 75% de la fabrication
- > 80% des circuits imprimés, écran et autres composants électroniques



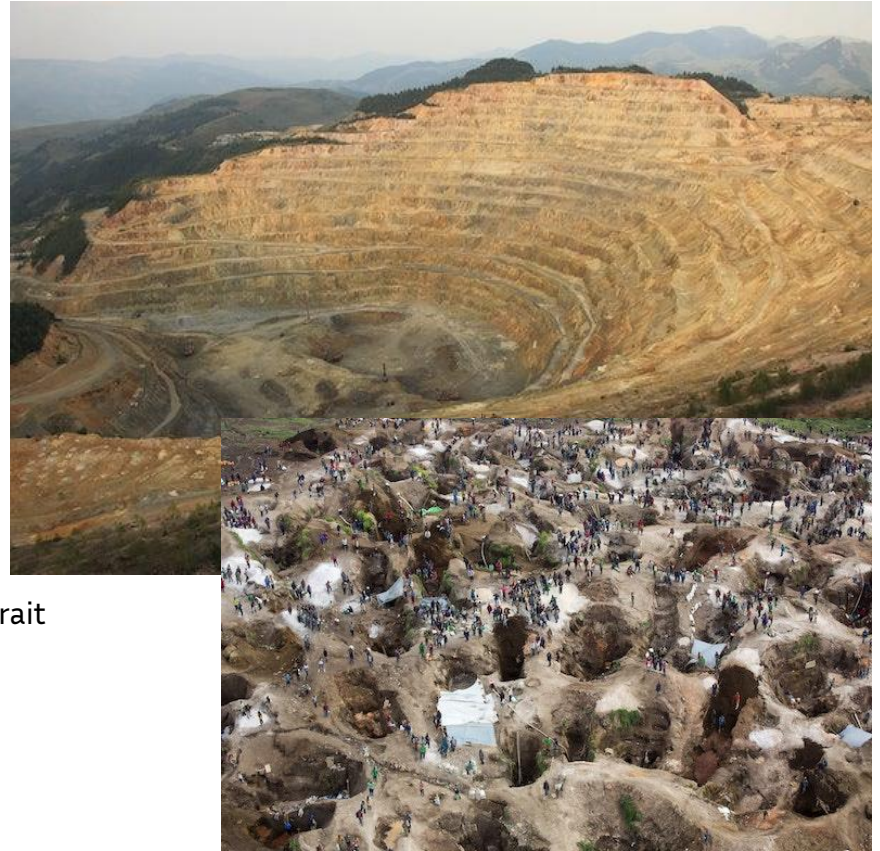
Production des Métaux (50+)

3 étapes majeures :

- Extraction du minerai
- Concassage et broyage
- Concentration/enrichissement du minerai

Impacts principaux :

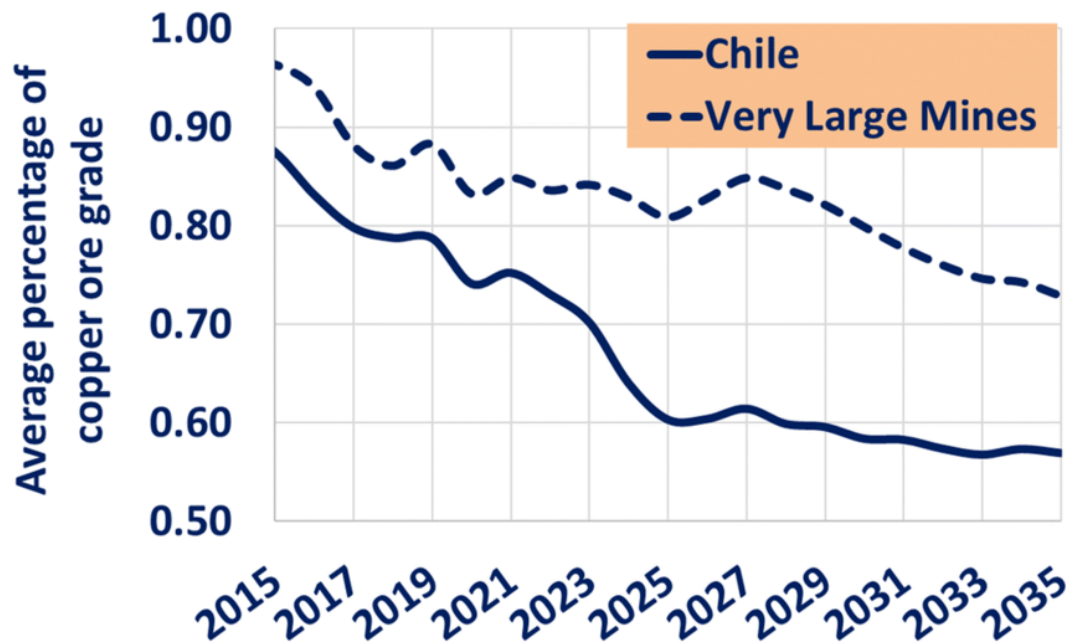
- Consommation massive d'Energie
 - > Évacuer la terre et les roches
 - > extraire le minerai à partir duquel le métal est extrait
- Consommation massive d'eau
- Pollution des eaux (sous-terrain et de surface)
- Pollution des sols et de l'air
- Impacts sociaux/humains => normes CIRGL



Ex : Concentration des mines de cuivre

1 tonne de terre traitée
(déplacée, concassée, broyée,
polluée)

=> Moins de 60 Kg de cuivre



Potential copper production through 2035 in Chile,
Lagos et al., 2020

Tout ça pour ça ?



Risques miniers

Ex : Ruptures de digues

- Impacts directs liés à la coulée
- Impacts indirects à court, moyen et long terme liés à la pollution des sols et des eaux

Ex : Risques industriels

- Impacts directs liés à la fuite
- Impacts indirects à court, moyen et long terme liés à la pollution des

Dépollution des sites à la charge des collectivités

- Impacts sur la santé humaine
- Impacts financiers



Brésil, 2019



Russie, 2020



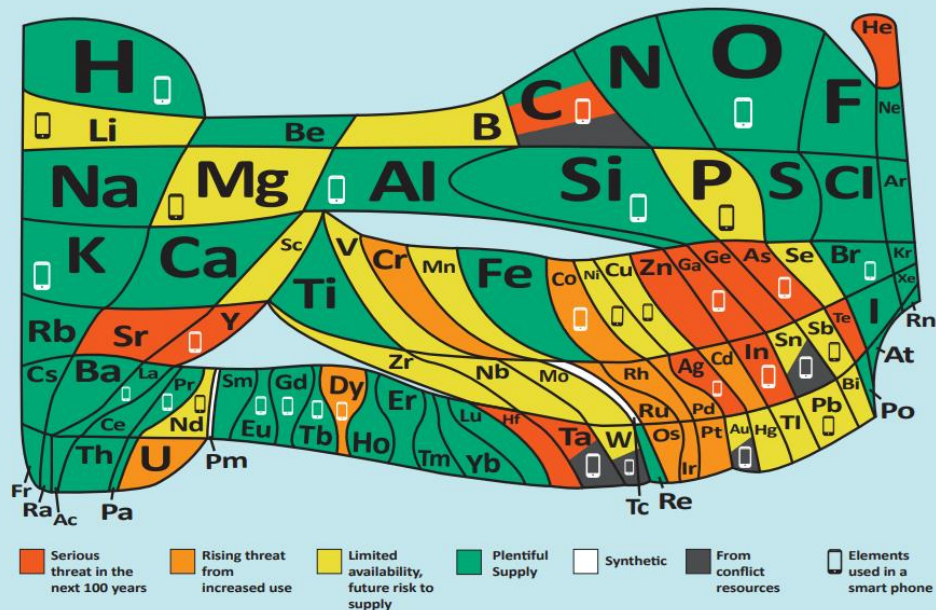
Roumanie, 2000



Rareté des éléments

The 90 natural elements that make up everything

How much is there? Is that enough? Is it sustainable?



Inspired by WF Sheehan's 'A Periodic Table with Emphasis' published in Chemistry, 1976, 49, 17-18

Read more and play the video game <http://bit.ly/euchems-pt>

Et le recyclage ?

Numérique mélangé aux DEEE

Seulement 17% collectés (monde) en 2019

- Métaux majeurs et précieux > 50% recyclés
- Métaux mineurs (dont terres rares) < 1% recyclés
- Plastiques & autres brûlés

Trafics illégaux dans le collimateur d'Interpol :

- Pollution de l'air
- Pollution des sols
- Pollution des eaux
- Impacts humains



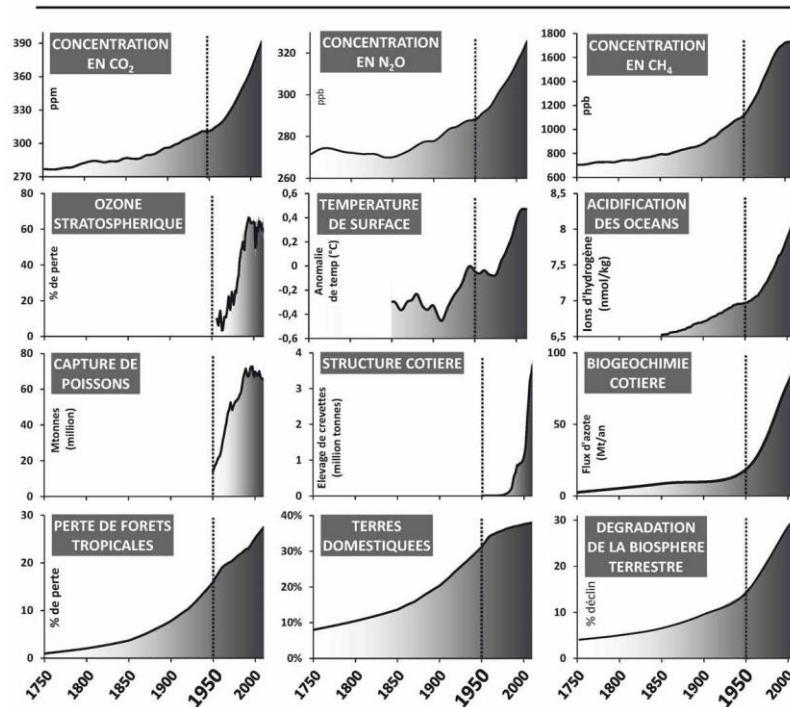
Le numérique : un catalyseur

Tech4good & Tech4bad

- Automatisation – Asservissement
- E-commerce – plateformes logistiques
- Emancipation – Cybercriminalité
- Décarbonation – Industrie fossile +
- Désenclavement – Illectronisme
- Assistants IA – travailleurs du clique
- Gratuité d'accès – Données personnelles

⇒ **Ethique ? Utilité sociétale ?**

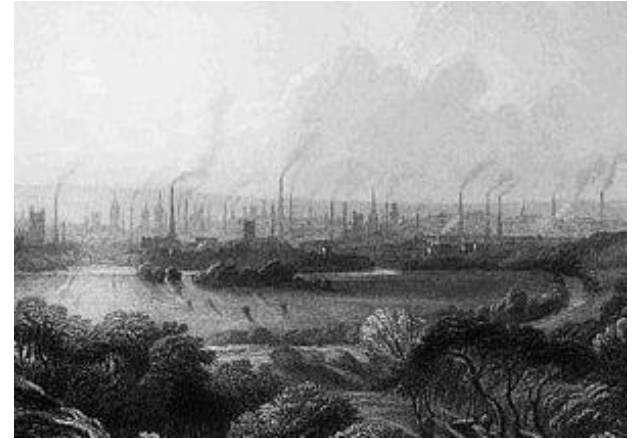
TENDANCES DU SYSTÈME-TERRE



Paradoxe de Jevons

Le progrès technologique qui accroît l'efficacité avec laquelle une ressource est utilisée ou produite peut entraîner une augmentation du taux de consommation de cette ressource en raison d'une demande croissante!

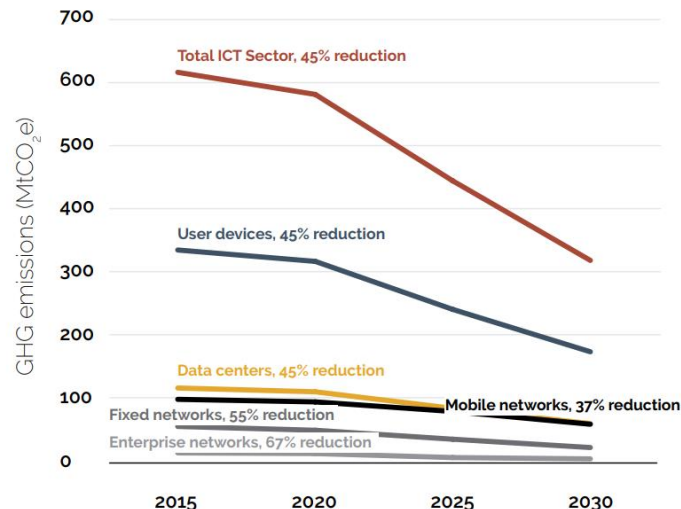
- Datacenters
- Stockage de données
- Débits réseaux
- Tailles et résolutions des écrans
- Besoins en GPU pour les jeux vidéos
- Crypto monnaies, Métavers, IA, etc.
- Etc.



Accord de Paris : Trajectoire SBTi pour le numérique

Figure 1: Summary of ICT sector and sub-sector trajectories including embodied emissions and operation

ICT Sector emissions trajectories 2015-2030
(with percent reductions from 2020 to 2030)



-45% objectif mondial de décarbonation de la filière numérique (SBTi, 2020)

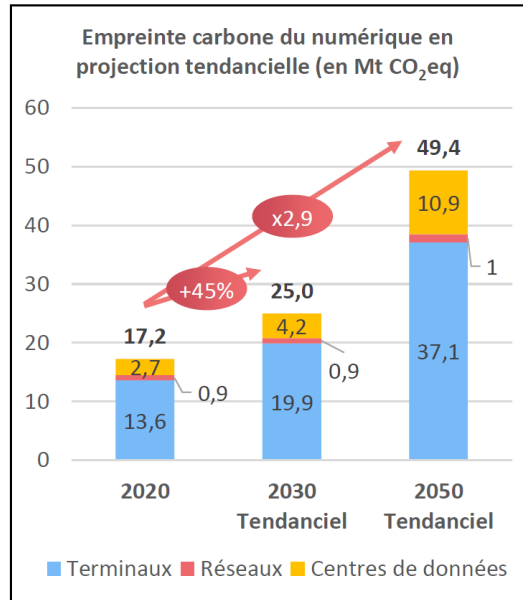
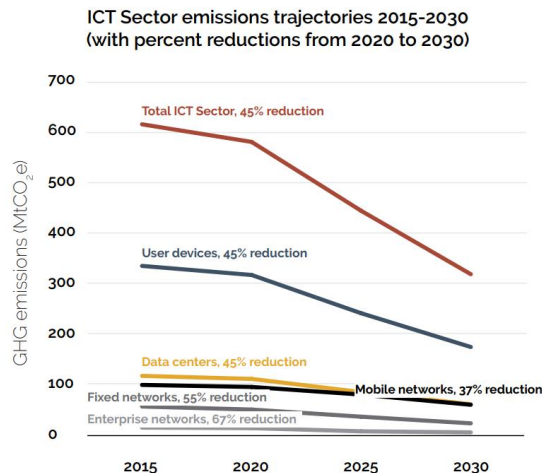
Arcep https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/communiques/communiques/2023/slides-conf-presse-PNS_05_04_2023.pdf
SBTi - Guidance for the ICT sector – 02/2020 (ITU, GeSI, GSMA, SBTi) <https://sciencebasedtargets.org/sectors/ict#project-participants>

Incompatibilité des scénarios d'évolution des émissions de la filière numérique (pour la France)

-45% objectif mondial de décarbonation de la filière numérique (SBTi, 2020)

+45% scénario tendanciel France (Arcep, 2023)

Figure 1: Summary of ICT sector and sub-sector trajectories including embodied emissions and operation



Arcep https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/communiques/communiques/2023/slides-conf-presse-PNS_05_04_2023.pdf

SBTi - Guidance for the ICT sector – 02/2020 (ITU, GeSI, GSMA, SBTi) <https://sciencebasedtargets.org/sectors/ict#project-participants>

Les travaux du SGPE – Secrétariat Général à la Planification Ecologique montre la nécessité de hiérarchiser les usages



Proposition de hiérarchisation des usages de la biomasse locale

Usages prioritaires		Volume actuel
Alimentation humaine	Enjeu de souveraineté alimentaire	~15MtMS
Alimentation animale	Enjeu d'autonomie protéique - à hauteur des besoins de la consommation intérieure de protéines animales	~110MtMS
Puits de carbone – produits bois et forêts	A hauteur des besoins déterminés par la SNBC pour assurer le bouclage GES?	~40MtMS
Fertilité des sols (retour au sol des résidus végétaux)	A hauteur des besoins pour conserver le rendement?	~80MtMS
Industrie – chaleur haute °C et non-énergétiques	Pas d'alternatives décarbonées	~0
Réseaux de chaleur	Peu d'alternatives pour décarboner le mix de chaleur – réinterroger le potentiel géothermie basse énergie?	~1.5MtMS
Consommations énergétiques de l'agriculture	Peu d'alternative – circuit court – question sur le vecteur (GNV vs. B100?)	~1.5MtMS
Usages à interroger		
Trafic aérien (domestique et international)	Alternative via e-fuel également contrainte – Possibilité de réduire le trafic (signal prix, report modal, sobriété)	~0
Soutes maritimes	Alternative e-fuel également contrainte – proposition de resouter pour limiter l'empreinte carbone – trafic?	~0
Export alimentaire et bois brut	Enjeu géostratégique variable des exportations (e.g. céréales méditerranée vs. nord europe)	~30MtMS
Transports – VP, PL, bus et cars	Possibilité d'électrifier davantage (y compris via H2) – faut il maintenir deux infrastructures (H2 et GNV) – souveraineté énergétique	~5MtMS
Industrie – chaleur basse température	Existence d'alternatives décarbonées (PAC, solaire thermique, RCU...)	~4MtMS
Résidentiel et tertiaire – chauffage et ECS	Possibilité de prioriser l'usage de la biomasse sur les appareils performants (après 2005) et très performants (après 2015) et qui remplacent des équipements fossiles (fioul/GPL) en zone rurale.	~1MtMS
Production d'électricité en ZNI	Enjeu sur la durabilité de l'importation de biomasse de métropole dans les OM; structuration de filières locales soutenables	~1MtMS
Usages à réduire		
Production d'électricité Métropole	Privilégier l'H2 pour assurer la production thermique de pointe	~5MtMS
Bâtiments – chauffage et ECS	Réduire l'usage des appareils peu performants (installés avant 2005) en finançant leur remplacement	~9MtMS
Résidentiel et tertiaire – cuisson	Alternative électrique (induction notamment) plus efficace	~1MtMS

12/06/2023



Travail à mener pour préciser ces orientations et les traduire opérationnellement

15

Exemple de la biomasse :

1. Usages prioritaires

2. Usages à interroger

Ex. Biocarburant

aérien = pas assez =

réduire le trafic

3. Usages à réduire

<https://www.gouvernement.fr/france-nation-verte/publications>

<https://www.gouvernement.fr/upload/media/content/0001/06/b2be9a22d052f9e36065e4a6ad765c6536942939.pdf>

Inria

Référentiel Général d'Ecoconception de Services Numériques

Complément des RGAA, RGPD, RGSSI (=> Evolution réglementaire ?)

- Questionner l'utilité – techno discernement - **RGESN** – critère 1.1 :

Le service numérique a-t-il été évalué favorablement en termes d'utilité en tenant compte de ses impacts environnementaux ?

- Quelle mise en œuvre ?

- > les 17 objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU
- > les 9 limites planétaires
- > la Taxonomie européenne sur les activités vertes
- > la Directive CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive
- > les Normes ISO, en particulier ISO 26 000 (non certifiable)
- > Global Reporting Initiative.



Exemple de site de la Deutsche Bahn (compagnie ferroviaire publique allemande)

Search connection

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

from:
to:
Date: 18.12.20
Time: 01:39 ☒ Departure ☐ Arrival

Query functions

Links

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

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

[Lynn] [Standard] — [Deutsch] [English]

Software/Data: HAFAS 3.45.DB.R20.12.J - 18.12.20

All information is issued without liability. Please consider the local references concerning the platform information. You can reach us [here](#) in case of any problems.

The screenshot shows the Deutsche Bahn website with a red header bar containing navigation links: Offres, Informations réservation, Parc de trains, Ma Bahn, and Connexion. Below the header is a large image of a high-speed train. A search and reservation form is overlaid on the image. The form has tabs for 'Itinéraire et réservation', 'Voyager au meilleur prix', 'Ponctualité', and 'Mes réservations'. The 'Itinéraire et réservation' tab is active, showing fields for 'de Gare / arrêt / adresse' and 'à Gare / arrêt / adresse', a date field set to 'ven., 18.12.20', and a time field set to '01:37'. There are radio buttons for 'Dép.' (selected) and 'Arr.'. A red 'Recherche' button is at the bottom right of the form. Above the form, there are links for 'Page d'accueil', 'Contact', and a language selector set to 'Français'.



Numérisation des tickets de transport : une approche low-tech ?



- Smartphone compatible NFC
- "Bonjour RATP" app (plusieurs centaines de Mo)
- "Ticket sans contact" app (plusieurs dizaines de Mo)
- Connectivité 3G/4G
- Carte de crédit ou app bancaire
- Aucune information sur la période de validité



- N'importe quel téléphone capable d'envoyer un sms
- Facturé sur l'abonnement téléphonique
- Pas besoin de NFC
- Pas besoin de smartphone
- Pas besoin de données (3G/4G)
- Pas besoin de carte de crédit ou d'application bancaire
- Fourni des informations sur la période de validité



Phone Impact

- Jeux sérieux, en print & play
 - > Liens entre smartphone, métaux et activité extractive
 - > Parties de 45 min, tout public
- Conditions d'utilisation : Licence CC-BY-NC-SA 4.0



Découvre l'impact des composants de ton smartphone



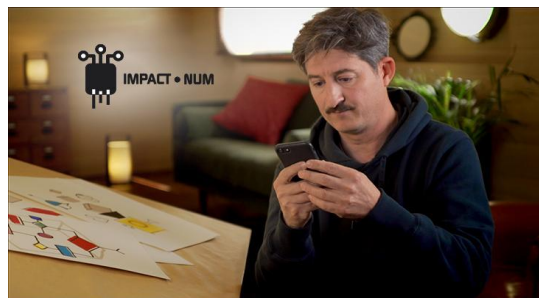


Mooc Impact'Num

- 2 Moocs ouverts sur une longue durée
 - > En français depuis le 16 Novembre 2021
 - > En anglais depuis le 7 Avril 2022
- Conditions d'utilisation : Licence CC-BY 4.0

Inria

<Class'Code>



A growing sustainable IT ecosystem



Boavitza



**designers
éthiques**



Les guides/référentiels

Organisation/Entreprise

- GR491 : <https://gr491.isit-europe.org>
- Guide de bonnes pratiques responsables pour les organisations
<https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/bonnes-pratiques/>

Logiciel

- RGENS :
https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consultation-referentiel-ecoconception-services-numeriques_091023.pdf
 - Ecoinfo : <https://hal.science/hal-03009741>
- Site web d'EcoInfo : <https://ecoinfo.cnrs.fr>

Going further

MOOC Inria/Class'Code about Environmental impacts of digital technologies: <https://www.fun-mooc.fr/en/courses/environmental-impacts-of-digital-technologies/>

Hand book of sustainable design of digital services : <https://gr491.isit-europe.org/en/>

2019 the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency :

https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc114148_best_practice_guide_2019_final.pdf

W3C – Sustainable web design community group : <https://www.w3.org/community/sustyweb/>

W3C – Web ecology community group : <https://www.w3.org/community/webeco/>

Greensoftware principles : <https://principles.green/>

Greensoftware Software Carbone Intensity : <https://greensoftware.foundation/projects/software-carbon-intensity-sci-specification>

Thank you!

Benjamin Ninassi
benjamin.ninassi@inria.fr



Inria