

Vers un numérique responsable ?

Benoît Parrein, MCF Polytech Nantes
Département Informatique
(reprise et adaptation du cours de Sébastien Pillement)

Sommaire

- Partie 1 : « Sur la route de l'enfer climatique »
- Partie 2 : Les ordres de grandeurs du numérique
- Partie 3 : Les solutions (des exemples)
 - pas de solution miracle
- Conclusions

Partie 1

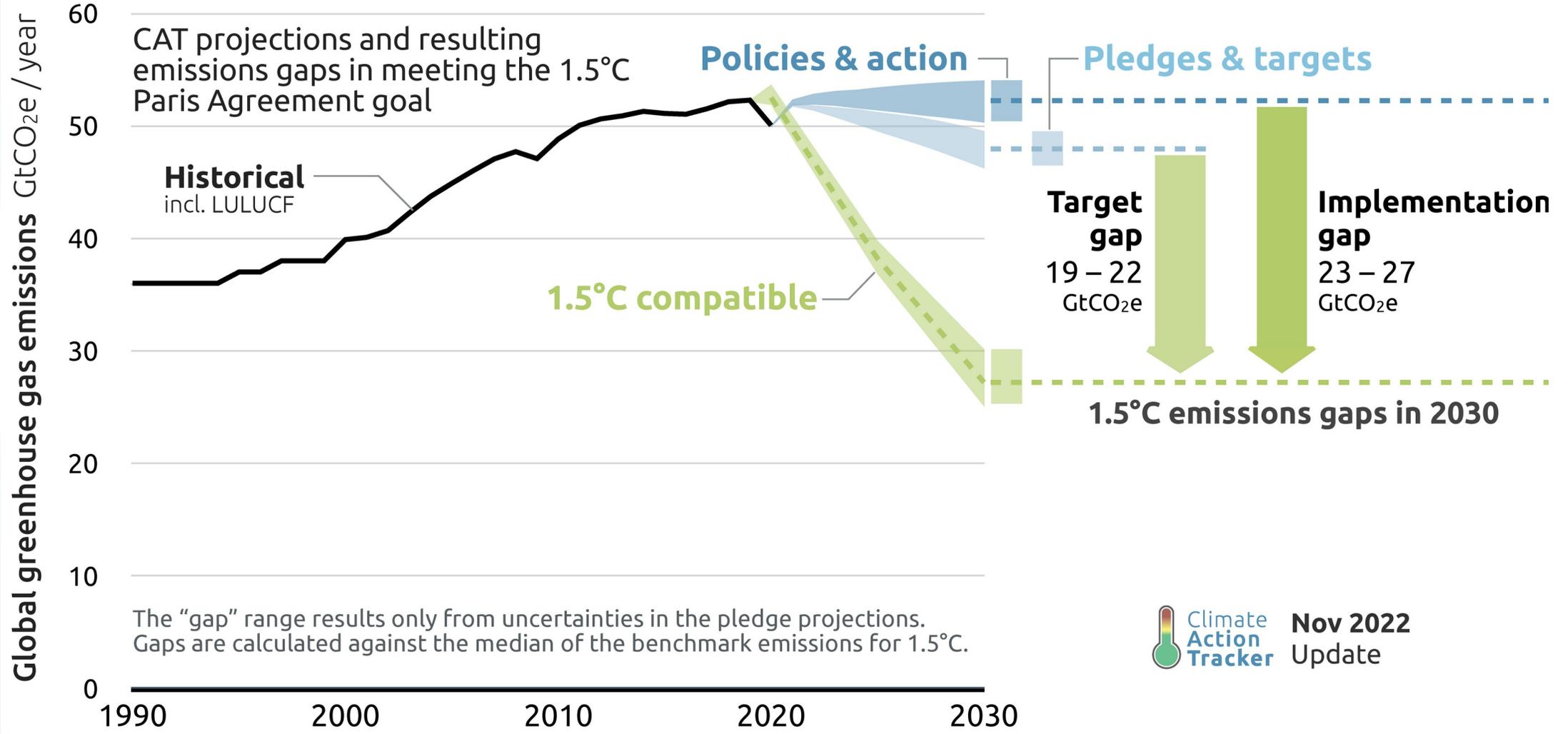
« Sur la route de l'enfer climatique... »

Déclaration d'Antonio Guterres Secrétaire Général des Nations Unies

- “We are on a highway to climate hell with our foot still on the accelerator”,
COP27, Sharm el-Sheikh, Egypt, Nov. 2022



2030 EMISSIONS GAPS



Climate Action Tracker **Nov 2022**
Update

Source: <https://climateactiontracker.org/>

Production Mondiale d'électricité par source (en TWh)

- **+65 %** de sources fossiles entre 2000 et 2020
- **+161 %** de sources EnR entre 2000 et 2020 (mais reste bien en deçà des énergies fossiles)

Source	2000	2020	Variation 2000-2020	Part en 2000	Part en 2020
Charbon	5 995	9 452	+58 %	38,7 %	35,2 %
Pétrole	1 188	668	-44 %	7,7 %	2,5 %
Gaz naturel	2 771	6 335	+129 %	17,9 %	23,6 %
Total fossiles	9 954	16 455	+65 %	64,2 %	61,3 %
Nucléaire	2 591	2 674	+3 %	16,7 %	10,0 %
Hydraulique	2 696	4 453	+65 %	17,4 %	16,6 %
Géothermie	52	95	+82 %	0,3 %	0,4 %
Biomasse	112	571	+408 %	0,7 %	2,1 %
Déchets renouv.	17	38	+118 %	0,1 %	0,1 %
Éolien	31	1 598	x51	0,2 %	6,0 %
Solaire PV	0,8	824	x1062	0,005 %	3,1 %
Solaire th.	0,5	14	x26	0,003 %	0,05 %
Marées	0,5	1	+81 %	0,004 %	0,004 %
Total EnR	2 911	7 594	+161 %	18,8 %	28,3 %
Déchets non renouv.	32	75	+133 %	0,2 %	0,3 %
Autres	22	34	+55 %	0,1 %	0,1 %
Total	15 510	26 833	+73 %	100 %	100 %

Source des données : [Agence internationale de l'énergie](#)⁶⁸
 PV = photovoltaïque ; EnR = énergies renouvelables ; solaire th. = solaire thermodynamique.

Source: https://fr.wikipedia.org/wiki/Production_d'électricité

Production d'électricité par pays en 2021 et 2022

- **Chine+US=45 %** de production d'électricité mondiale (avec ~60 % qui provient d'énergie fossile)
- Brésil ou Canada : **> 60 % d'EnR**
- Cas particulier de la France (10ème producteur) et de son parc nucléaire

↕	Pays	Production 2021 (TWh)	% mondial 2021 ¹²	% fossiles 2021	% nucléaire 2021	% EnR 2021	Production 2022 (TWh) ¹²	% mondial 2022 ¹²
1	Chine*	8 571	30,1 %	65,9 %	4,8 %	28,7 %	8 885	30,5 %
2	États-Unis	4 371	15,5 %	60,6 %	18,6 %	20,5 %	4 548	15,6 %
3	Inde*	1 715	6,0 %	78,0 %	2,6 %	19,4 %	1 858	6,4 %
4	Russie*	1 157	4,1 %	61,4 %	19,2 %	19,0 %	1 167	4,0 %
5	Japon	1 009	3,6 %	67,7 %	7,0 %	21,9 %	1 034	3,5 %
6	Brésil*	654	2,3 %	20,3 %	2,2 %	77,4 %	677	2,3 %
7	Canada	643	2,3 %	18,3 %	14,4 %	67,2 %	660	2,3 %
8	Corée du Sud	606	2,1 %	66,6 %	26,1 %	6,9 %	620	2,1 %
9	Allemagne	596	2,1 %	47,0 %	11,6 %	40,1 %	577	2,0 %
10	France	555	1,9 %	8,6 %	68,4 %	22,5 %	468	1,6 %
11	Arabie saoudite*	357	1,3 %	99,8 %	-	0,2 %	402	1,4 %

Source: https://fr.wikipedia.org/wiki/Production_d'electricité

L'extraction minière



Crédits Dillon Marsh

<https://www.youtube.com/watch?v=xx3PsG2mr-Y>
L'effondrement : le point critique ? Aurore Stéphant

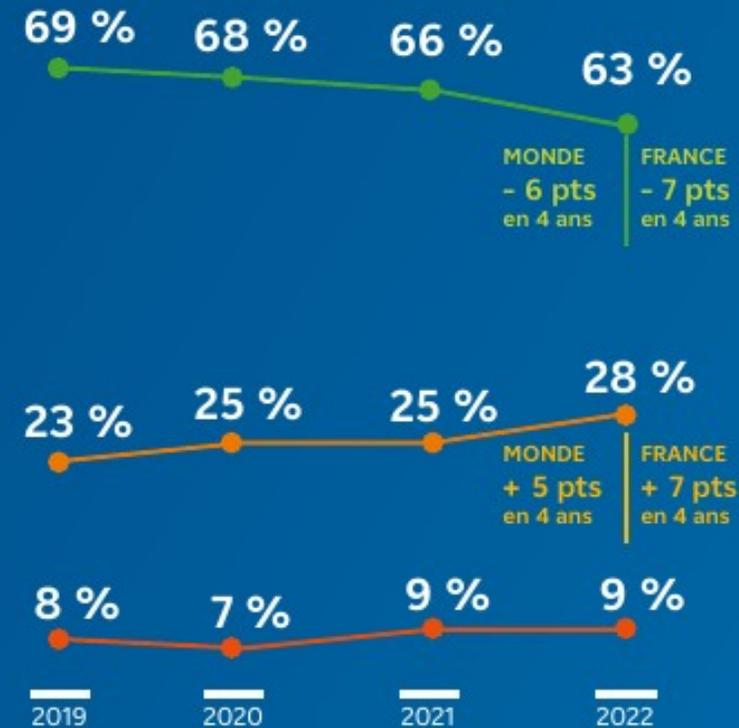


source: Arthur Keller!

Retour du Climatoscepticisme

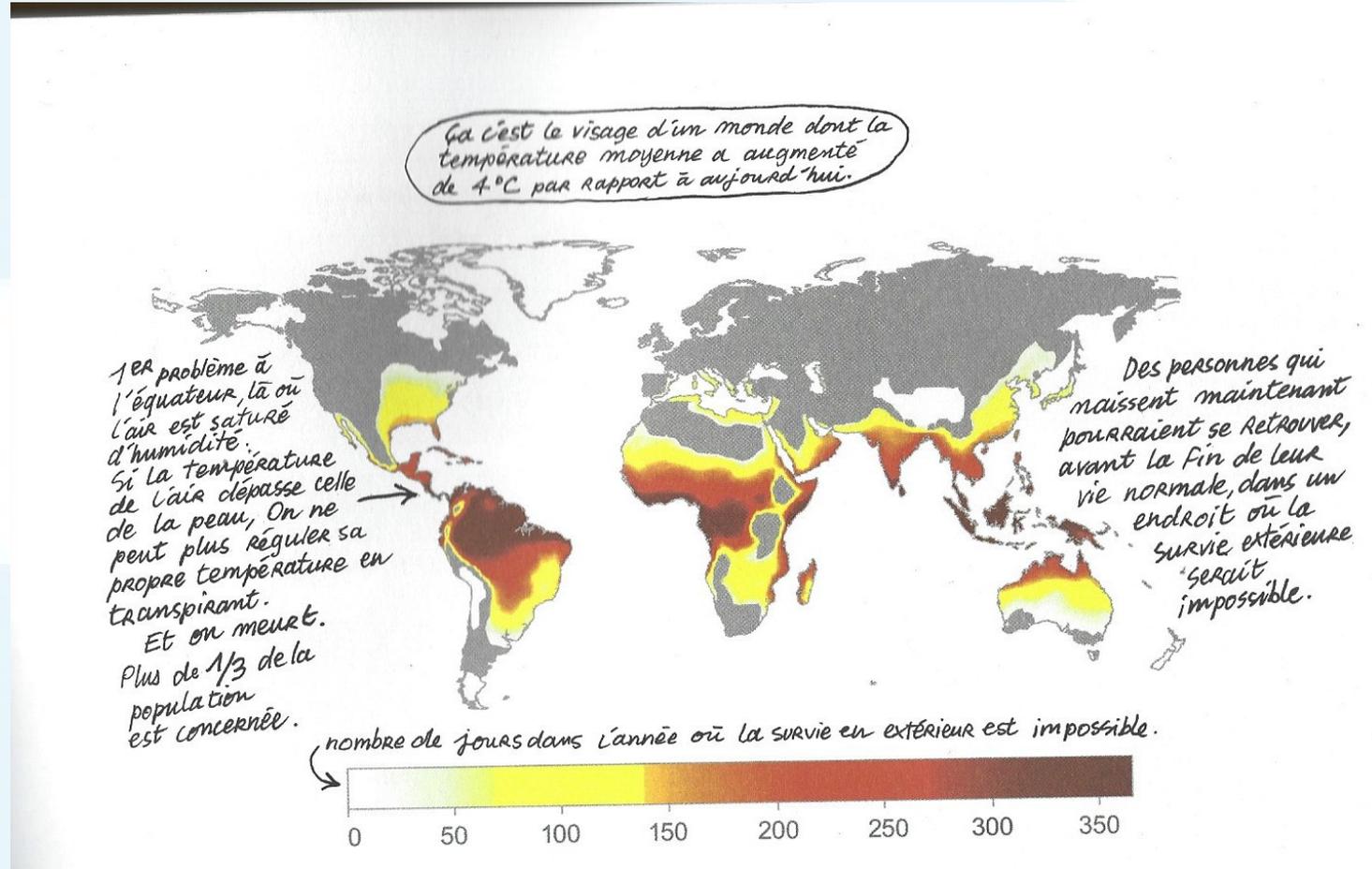
- La responsabilité de l'Homme dans le changement climatique est de moins en moins reconnue.

- Il y a un changement climatique d'origine humaine
- Il y a un changement climatique, mais pas d'origine humaine
- Il n'y a pas de changement climatique



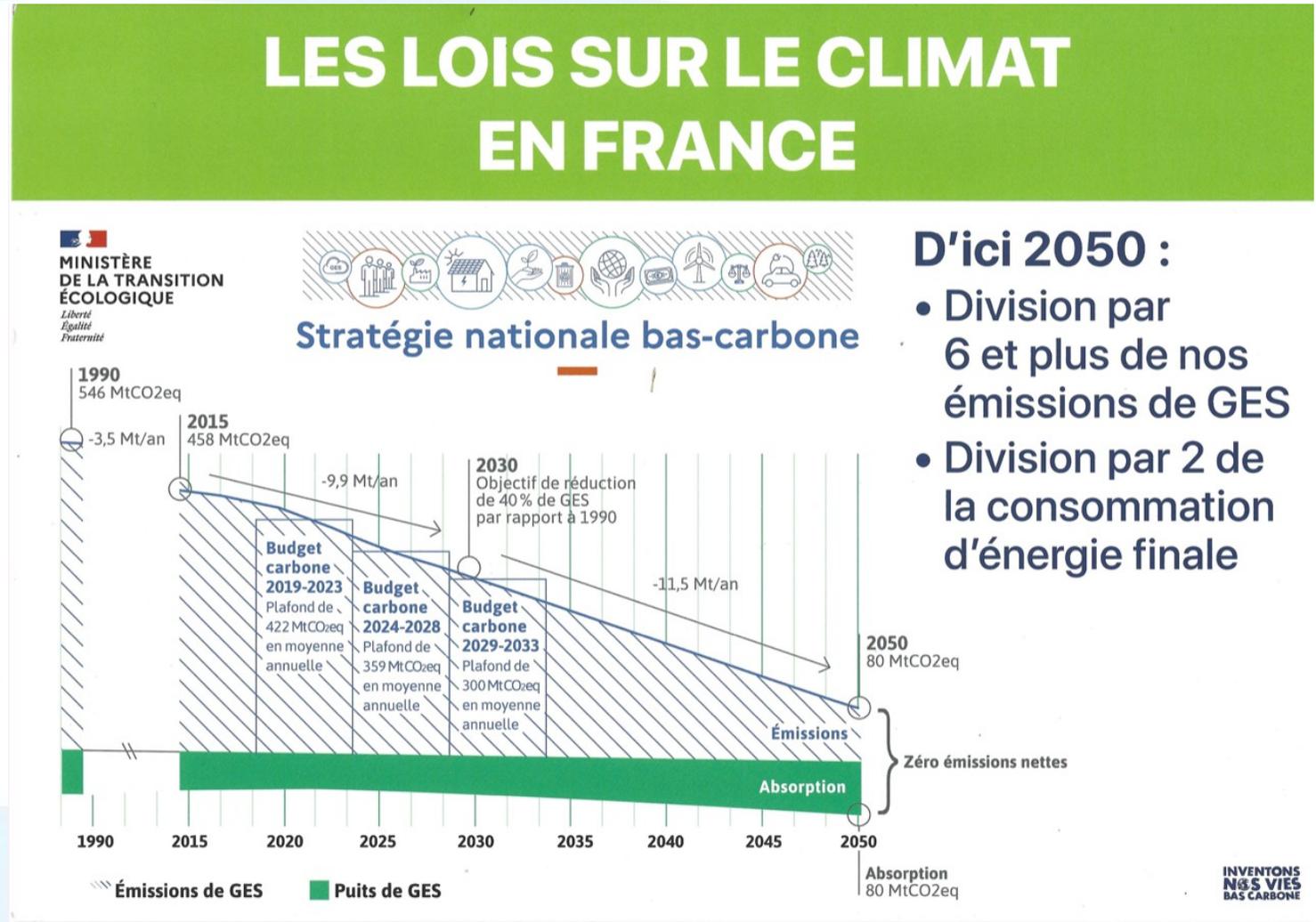
Witkowski, D., & Boy, D. (2023). Une planète mobilisée ? L'opinion mondiale face au changement climatique. EDF. <https://www.edf.fr/groupe-edf/observatoire-international-climat-et-opinions-publiques>

+4°C c'est quoi ?



Extrait "Le monde sans fin", Blain et Jancovici, Edition Dargaud

C'est aujourd'hui la loi ! (Loi n°2015-992 du 17 Août 2015)



Infographie : Inventons nos vies Bas Carbone

C'est aujourd'hui la loi ! La loi REEN (ou Loi Chaize)

LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France

- **#1** Sensibiliser et faire prendre conscience de l'impact environnemental du numérique
 - Promouvoir la sobriété à l'école et à l'université
 - « La CTI vérifie que les formations d'ingénieur comportent un module relatif à l'écoconception des services numériques et à la sobriété numérique. »
- **#2** Limiter le renouvellement des appareils numériques
 - Exemple : lutte contre l'obsolescence programmée
- **#3** Favoriser des usages numériques écologiquement vertueux
- **#4** Promouvoir des datacenters et des réseaux moins énergivores
- **#5** Promouvoir une stratégie numérique responsable dans les territoires
 - Un plan de stratégie numérique responsable pour collectivité >50000 hab.

<https://label-nr.fr/decryptage-loi-reen/>

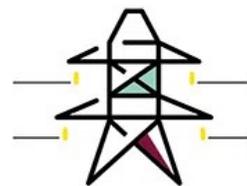
Partie 2

Les ordres de grandeurs du numérique

Impact du numérique (Infographie de l'ADEME)



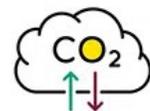
Au niveau
Monde,
C'est 4% de
l'empreinte
carbone
(équivalent de
l'aviation
civile)



10 %
de la consommation
électrique annuelle vient
des services numériques.

Cela représente, pour chaque Français :

- L'équivalent de la consommation électrique d'un radiateur de 1000 W alimenté sans interruption pendant 30 jours.
- Le même impact environnemental qu'un trajet de 2259 km parcouru en voiture.



2,5 %

de l'empreinte
carbone de
la France est liée
au numérique.
C'est un peu plus
que le secteur
des déchets (2 %).



20

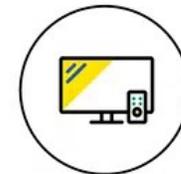
millions de tonnes
de déchets sont
produits par an sur
l'ensemble du cycle de
vie des équipements
à l'échelle de la France.
Soit : 299 kg/habitant.



62,5

millions de tonnes
de ressources sont
utilisées par an
pour produire
et utiliser
les équipements
numériques.

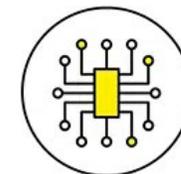
QUELS SONT LES OUTILS NUMÉRIQUES LES PLUS IMPACTANTS ?



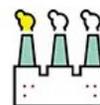
Les terminaux utilisateurs :
téléviseurs, ordinateurs,
smartphones, tablettes...
(65 à 90 % de l'impact
environnemental, selon
l'indicateur environnemental
considéré)



Les centres de données
(data center) (entre 4 % et 22 %)



Les réseaux
(entre 2 % et 14 %)



78 %

de l'impact environnemental du numérique sur
les émissions de gaz à effet de serre est lié à l'étape de
fabrication. Celle-ci nécessite une extraction importante
de métaux rares et est surtout effectuée dans des pays
au mix énergétique fortement carboné.



21 %

concerne la phase d'usage.

Des chiffres qui confirment l'importance des politiques visant
à allonger la durée d'usage des équipements numériques à travers
la durabilité des produits, le réemploi, le reconditionnement,
l'économie de la fonctionnalité ou la réparation.

LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE GÉNÉRÉES PAR LE NUMÉRIQUE :

47 % DUES AUX ÉQUIPEMENTS DES CONSOMMATEURS

53 % DUES AUX DATA CENTERS ET AUX INFRASTRUCTURES RÉSEAU

600 kg
de matières premières mobilisées pour fabriquer un ordinateur de 2kg

8,9 équipements / personne en 2021 en Europe occidentale contre 5,3 en 2016

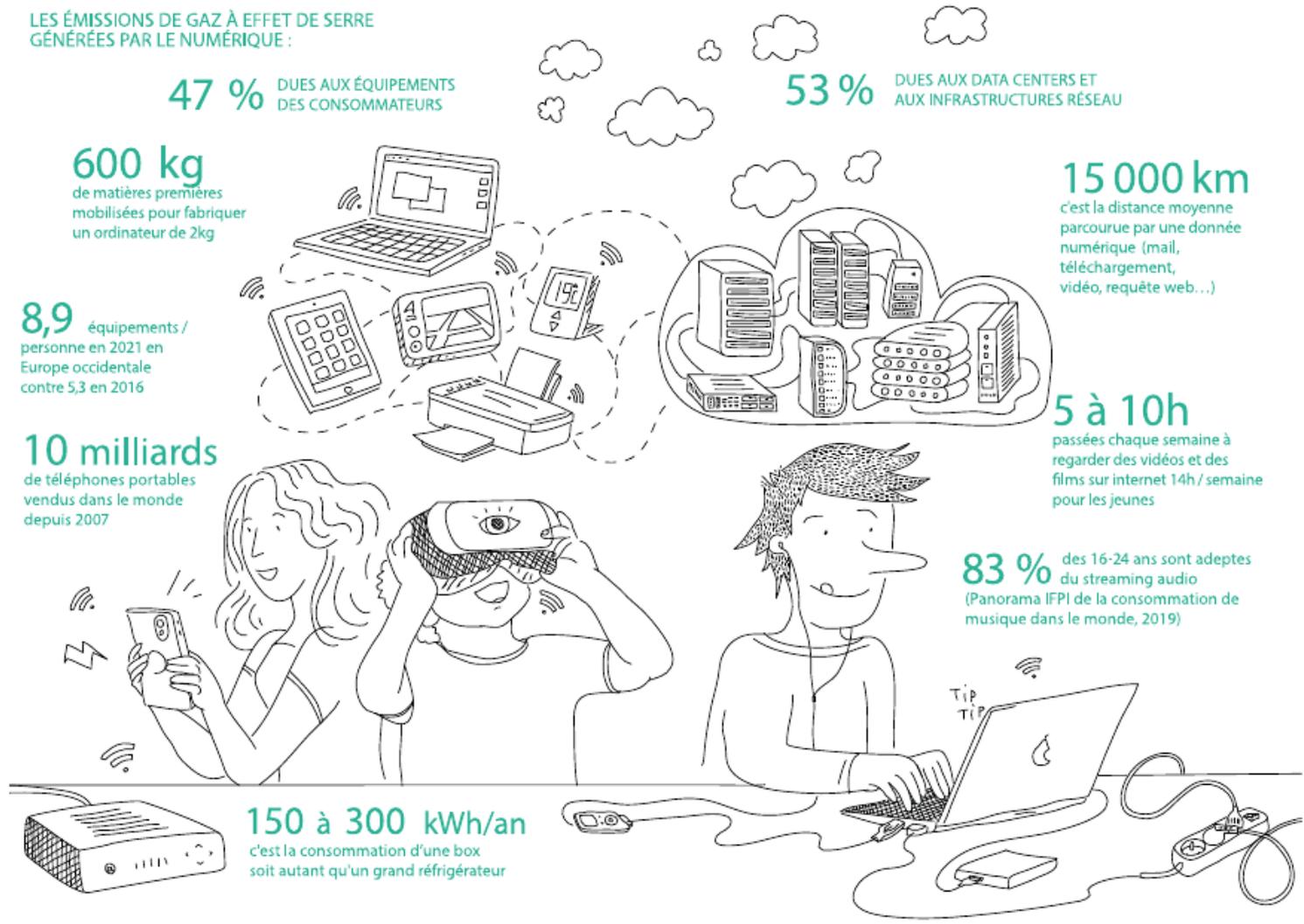
10 milliards de téléphones portables vendus dans le monde depuis 2007

15 000 km
c'est la distance moyenne parcourue par une donnée numérique (mail, téléchargement, vidéo, requête web...)

5 à 10h passées chaque semaine à regarder des vidéos et des films sur internet 14h / semaine pour les jeunes

83 % des 16-24 ans sont adeptes du streaming audio (Panorama IFPI de la consommation de musique dans le monde, 2019)

150 à 300 kWh/an
c'est la consommation d'une box soit autant qu'un grand réfrigérateur



Extrait de «la face cachée du numérique» Ademe illustrations de Olivier Junière / Camille Leplay

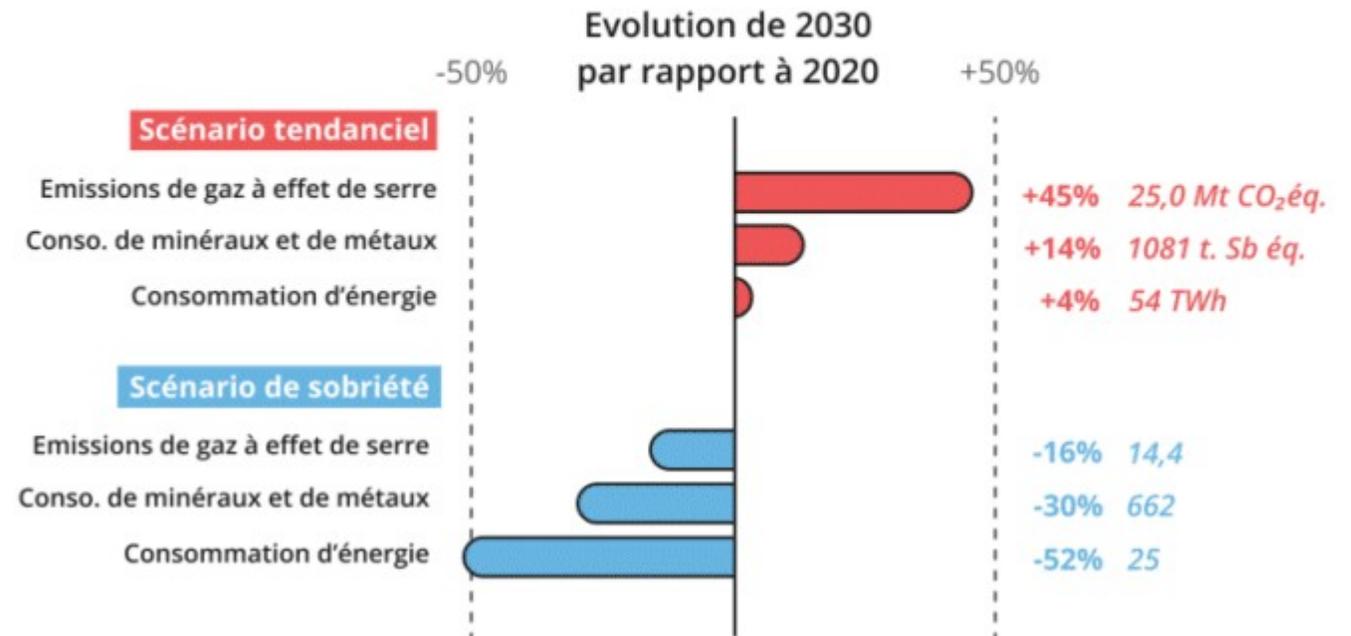
Scénario tendanciel et scénario de sobriété

- <https://presse.ademe.fr/2023/03/impact-environnemental-du-numerique-en-2030-et-2050-lademe-et-larcep-publient-une-evaluation-prospective.html>



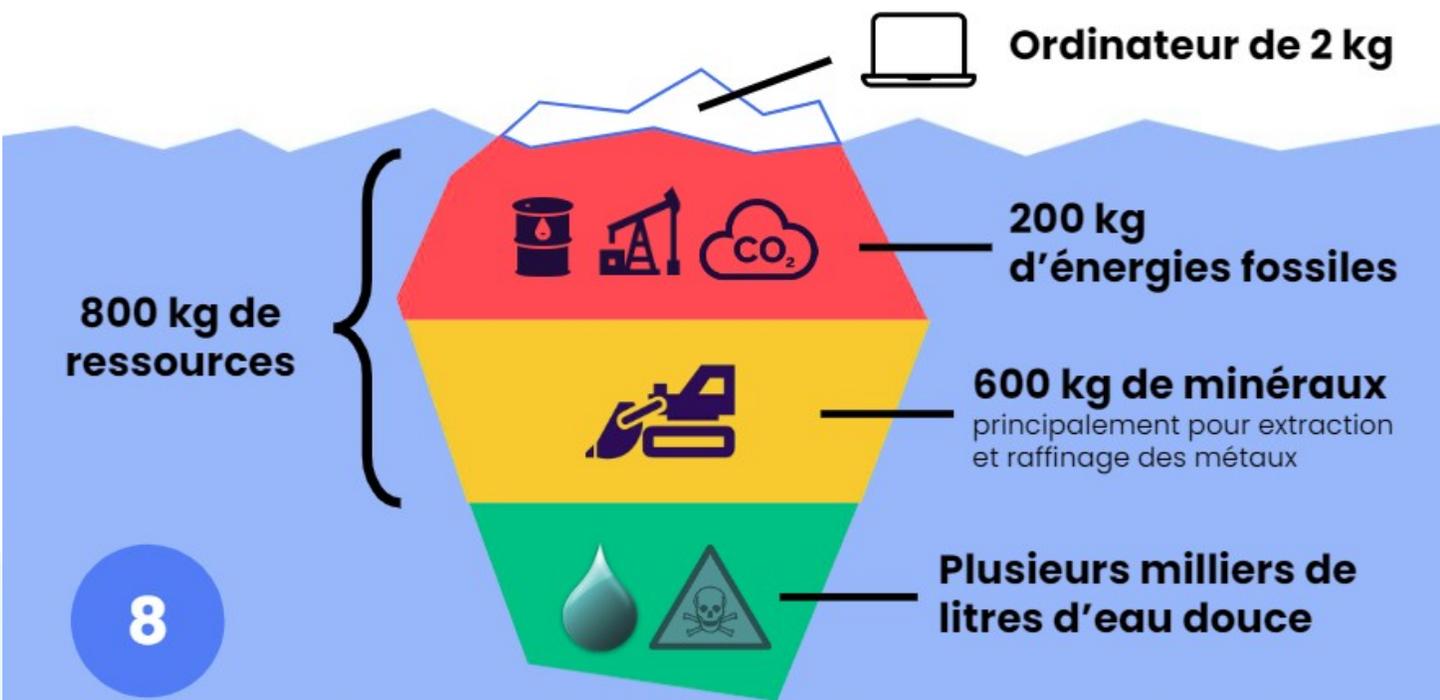
La combinaison de mesures de sobriété et d'écoconception permettrait de réduire l'impact environnemental du numérique

Evolution de 3 principaux critères (sur tout le cycle de vie) de l'impact environnemental du numérique en 2030, comparés à 2020, selon la poursuite des tendances actuelles ou l'application d'actions de sobriété.



La Fresque du Numérique

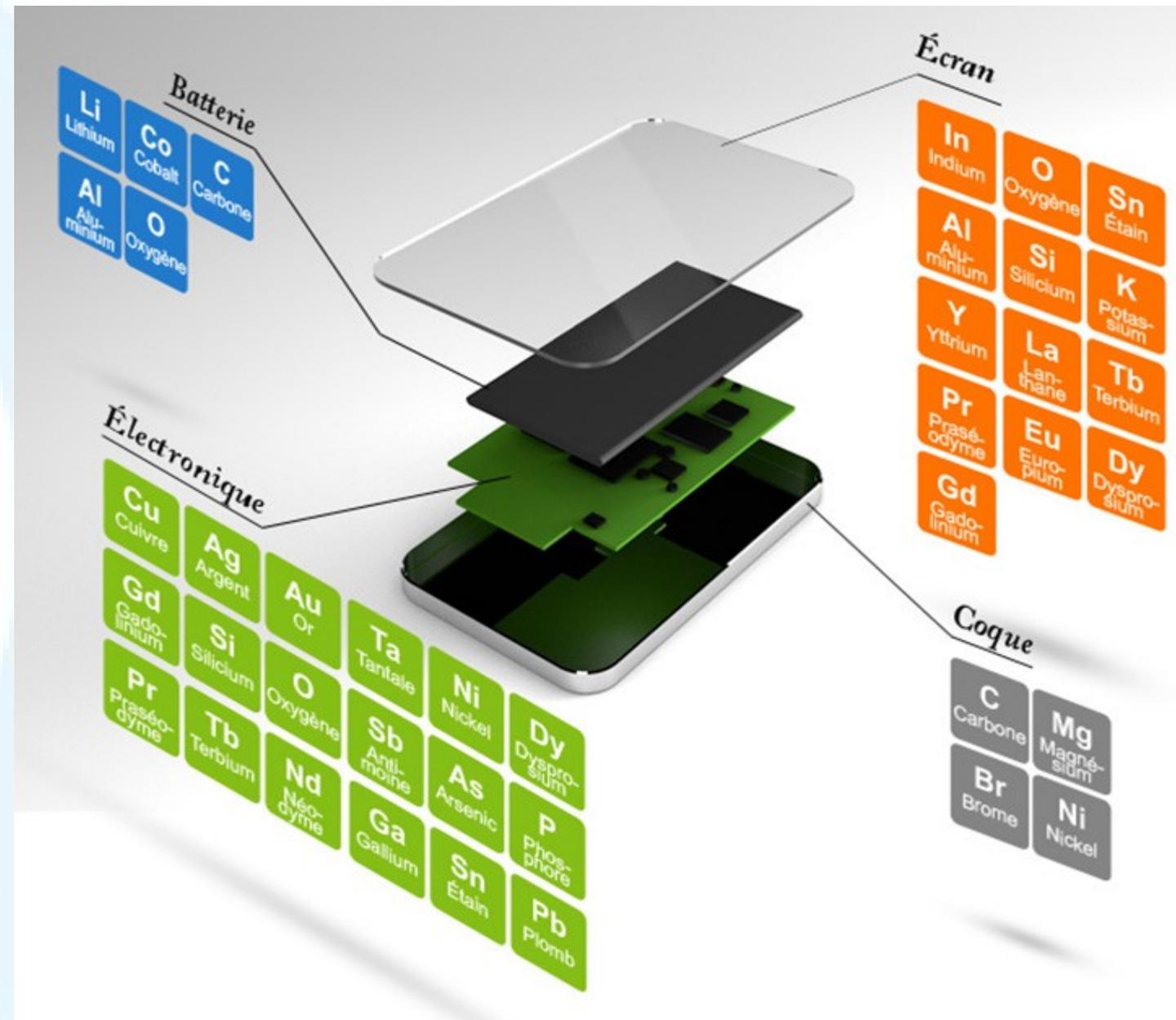
Sac à dos écologique



Source : rapport de l'ADEME "Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation [...]", 2018, p.25

Du téléphone à l'ordiphone

- 1960: 10 matériaux tout au plus dont zinc et aluminium
- 1990 : +19 matériaux
- 2021 : 54 matériaux (dont des métaux rares)



Crédits : Damien Hypolite

Répartition sur une architecture 3 « tiers »

%	 Energie	 GES	 Eau	 Ressources ⁽¹⁾
Utilisateurs	64 %	84 %	91 %	79 %
Réseau	21 %	10 %	5 %	15 %
Centres informatiques ⁽²⁾	15 %	6 %	4 %	6 %

Répartition par tiers des impacts du numérique en France en 2020

<https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2021/02/2021-01-iNum-etude-impacts-numerique-France-rapport-0.8.pdf>

Échelle individuelle : notre quotidien



<https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2021/02/2021-01-iNum-etude-impacts-numerique-France-rapport-0.8.pdf>

1h de streaming Netflix ?

What's the carbon footprint of one hour streaming Netflix?

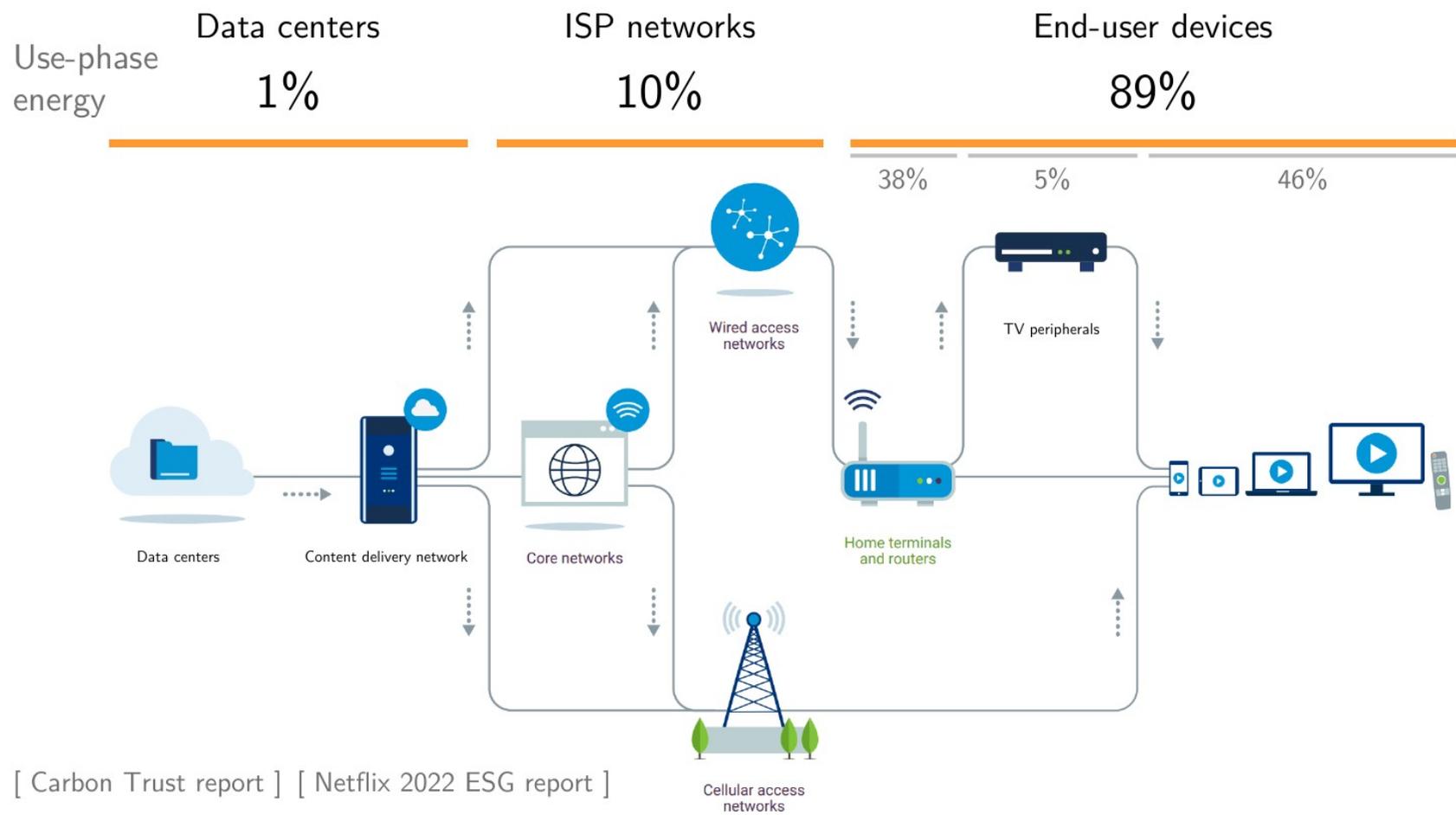
Let's count in **number of boils** of an electric kettle.

▶ 0.077 kWh in 2021 that is ~ three boils
55 gCO₂eq (*)
225m driving an ave. gasoline car

* : considering the 2021 average carbon intensity in the UK
[Netflix 2022 ESG report] [GHG equivalencies calculator]

Source: Roman Jacob, ETH Zurich, available here: <https://polybox.ethz.ch/index.php/s/OreTzMWYLMVMrjb>

1h de streaming Netflix ?

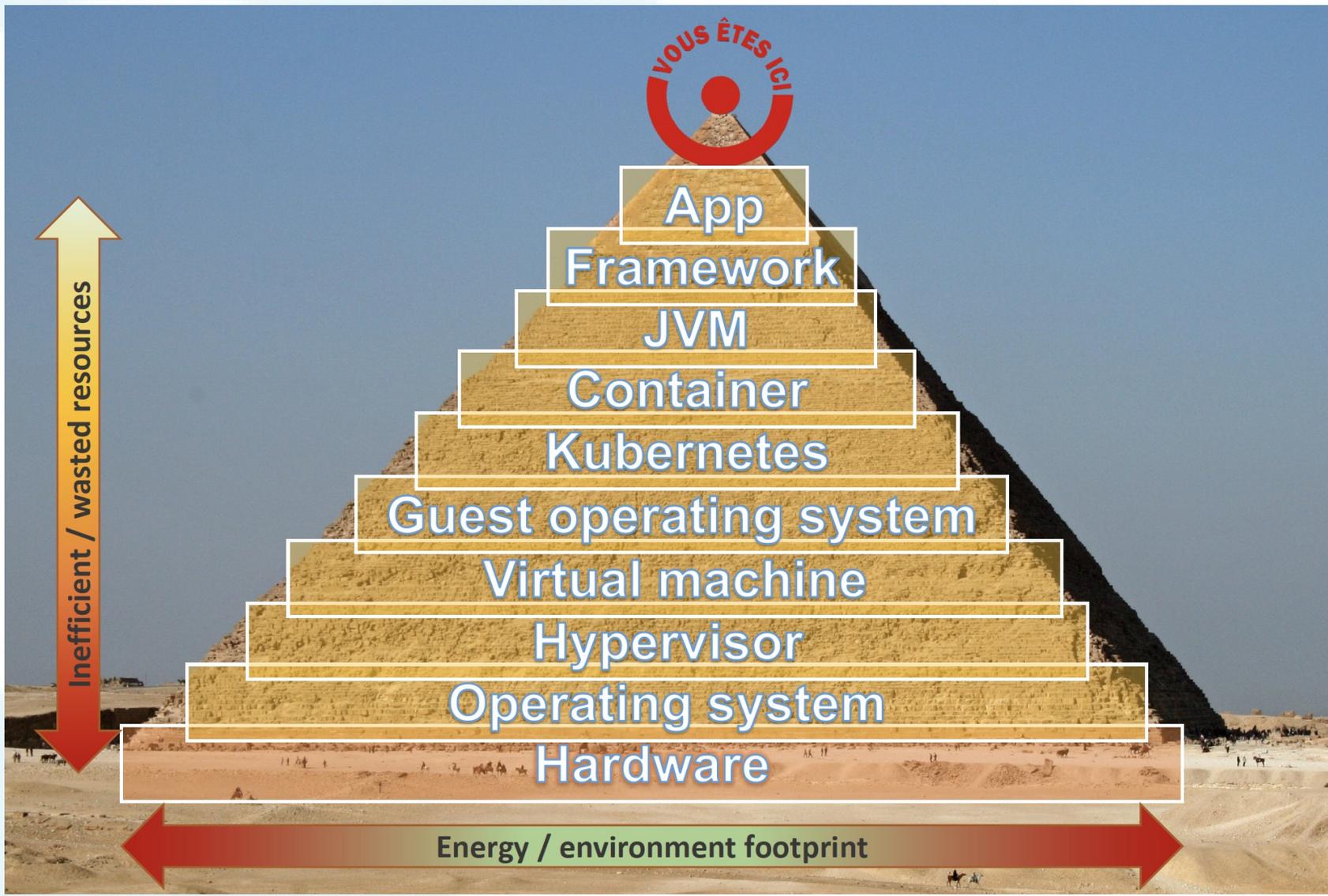


[Carbon Trust report] [Netflix 2022 ESG report]

Source: Roman Jacob, ETH Zurich, available there: <https://polybox.ethz.ch/index.php/s/OreTzMWYLmVMrjb>

Ordre de grandeur: La série *Squid Game* = 1,5.10⁹ heures visionnées (Télérama, n°3896)

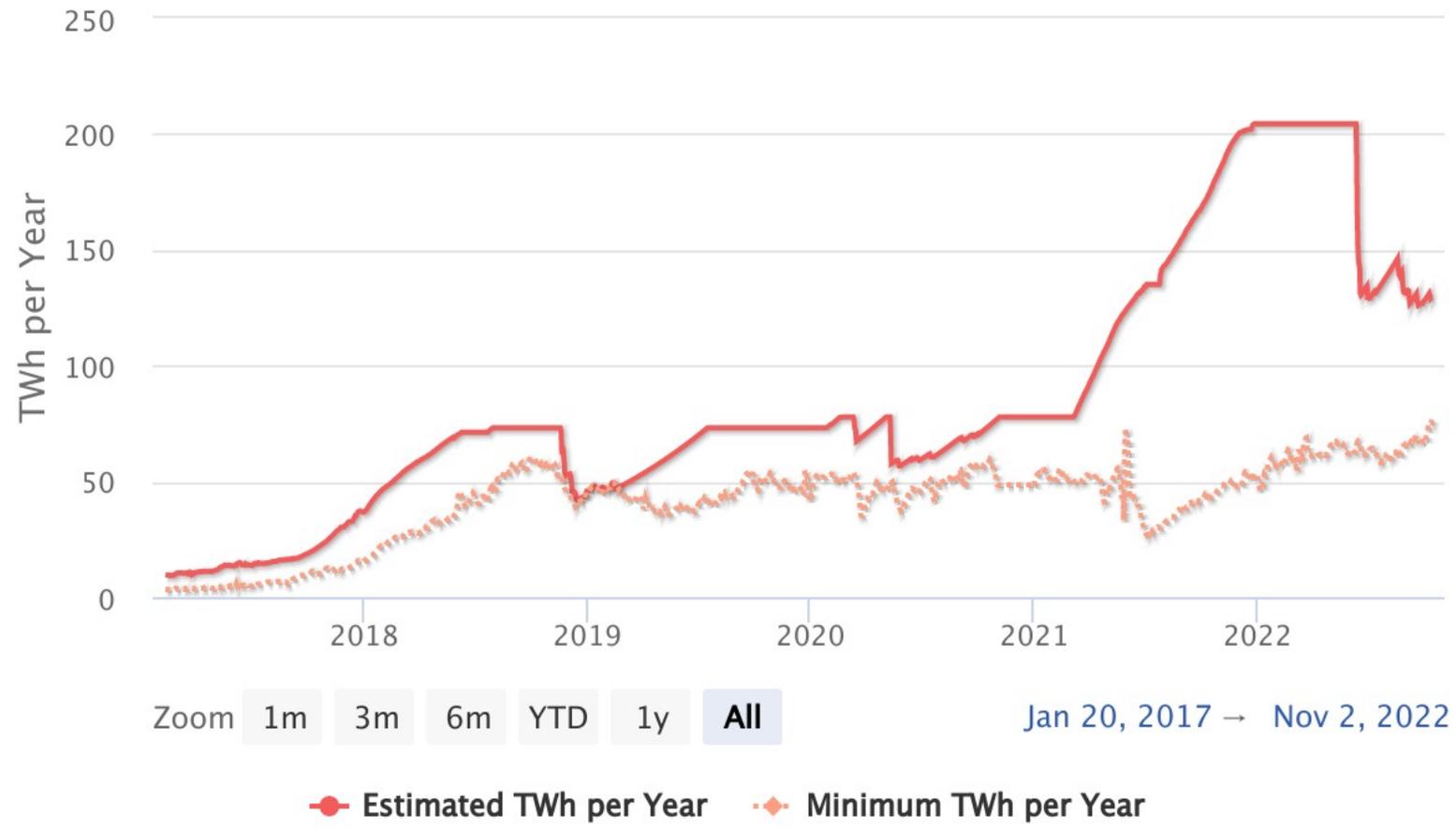
La pyramide de consommation



Blockchains et crypto-monnaies

Bitcoin Energy Consumption

Click and drag in the plot area to zoom in



À 200 TWh, si minage exclusif en Chine
→ 276 MtCO₂ eq
(selon mix énergétique, 1.38 KgCO₂eq/kwh)

si minage exclusif en France
(ce qui n'est pas le cas !)
→ 18,4 MtCO₂eq (0,09 KgCO₂eq/kwh)

En fait ~70Mt CO₂eq (~émission Danemark) +65Kt de déchet IT

BitcoinEnergyConsumption.com

Consommation de l'Intelligence Artificielle (générative)

0,3 Wh par requête via Google std
3 Wh par requête ChatGPT (x10)
7-9 Wh par requête dopée à l'IA dans
un futur proche (x30)

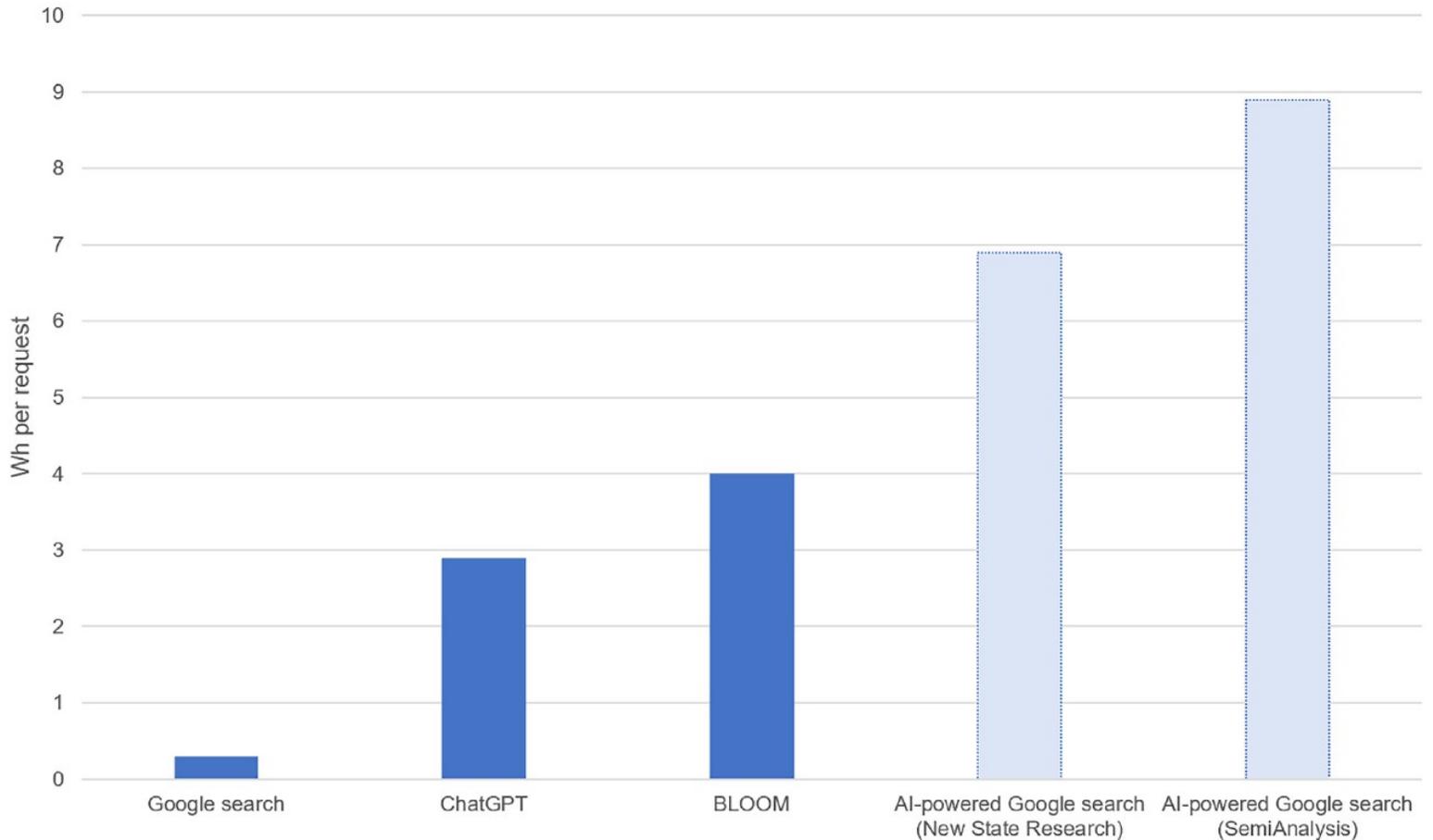


Figure 1. Estimated energy consumption per request for various AI-powered systems compared to a standard Google search

Source: de Vries, The growing energy footprint of artificial intelligence, Joule (2023), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>

Partie 3

Les solutions (des exemples)
- pas de solution miracle

Quelques pistes pour les composants

Quelques pistes

Augmenter la réutilisation et la flexibilité des composants

Utilisation d'architectures reconfigurables.

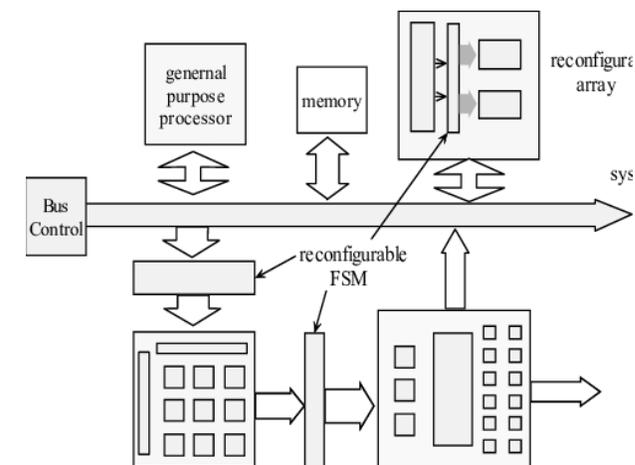
Rallonger le cycle de vie

Maintenabilité, réparabilité

Gestion avancée de la consommation

Diminuer la complexité des assemblages

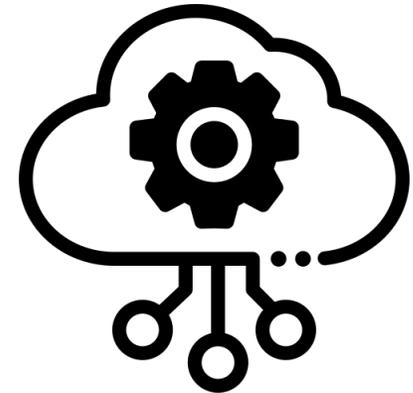
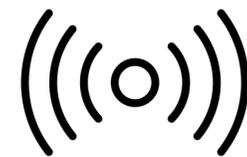
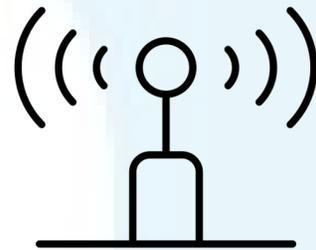
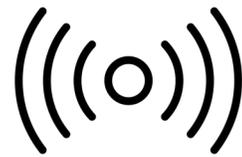
Nouveaux matériaux, nouvelles techniques



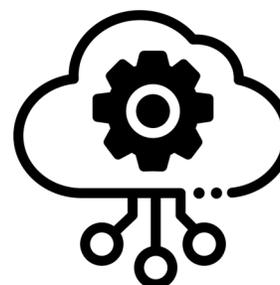
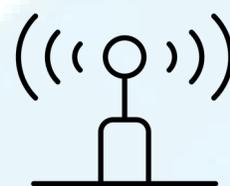
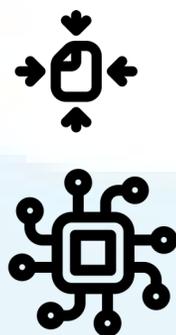
Réduire les communications

Augmenter la « pertinence » des données

De l'envoi de données brutes

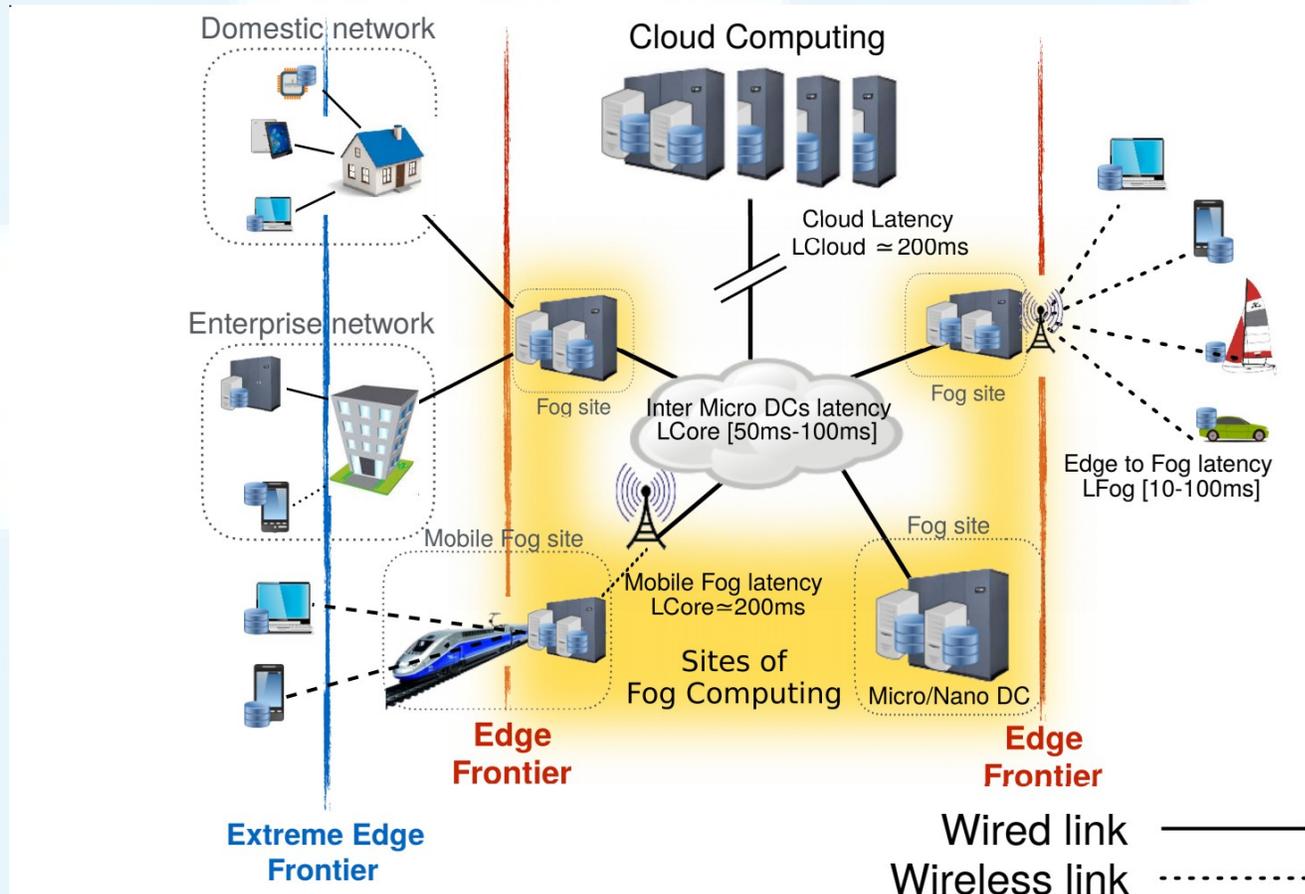


Au traitement local (envois de données traitées et qualifiées)



Le traitement local (compression, classification, identification) est plus efficace (1aJ/b/op) que la transmission de données massives (1pJ/b/mm)

Edge et Fog computing



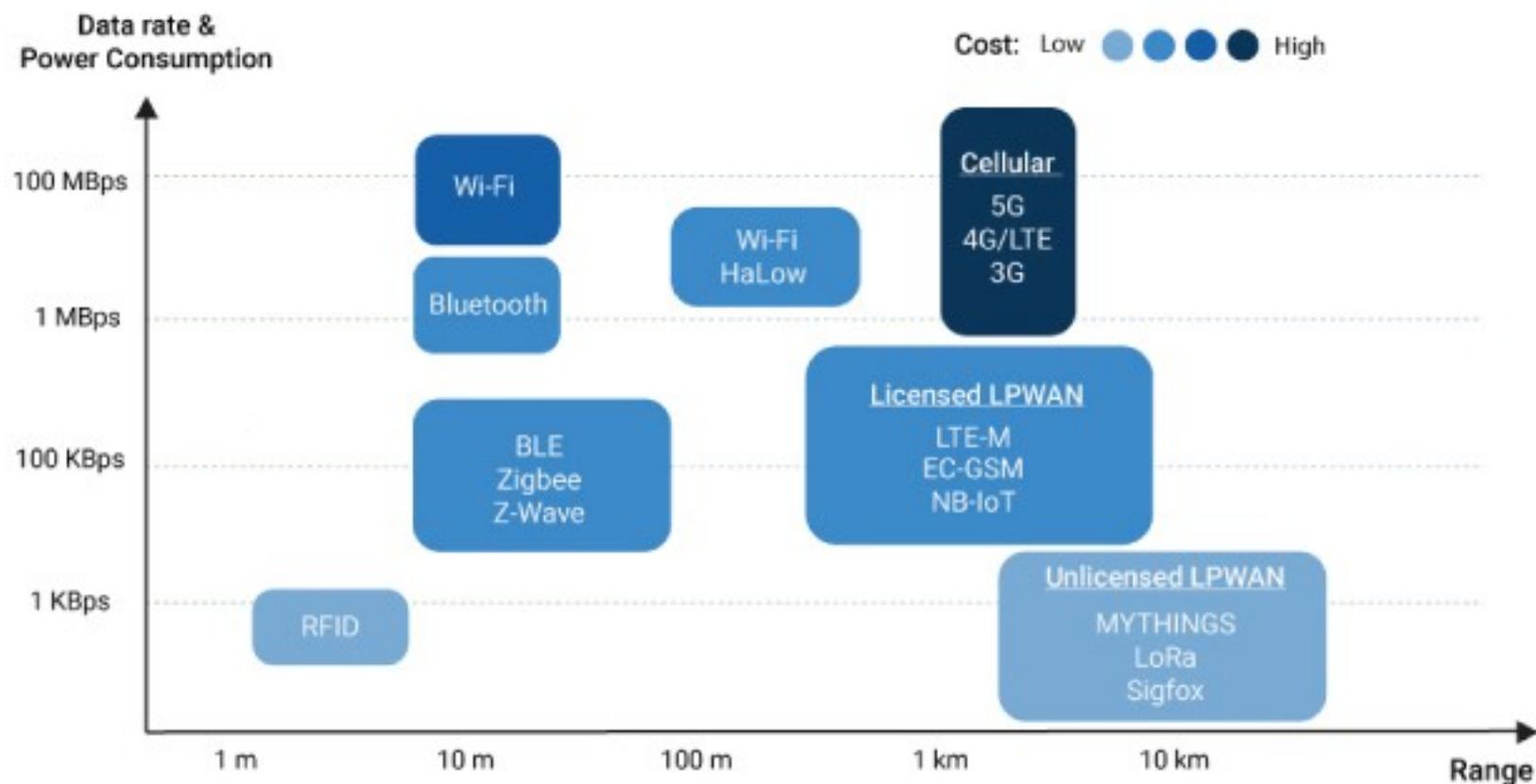
- Décentralisation du modèle Cloud
- Respect de la vie privée
- Réduction du transport de données
- Calcul local (à l'edge)

Source: thèse Bastien Confais, LS2N/Polytech Nantes, 2018
<https://hal.science/tel-01868308v1>

Réduire les coûts des communications

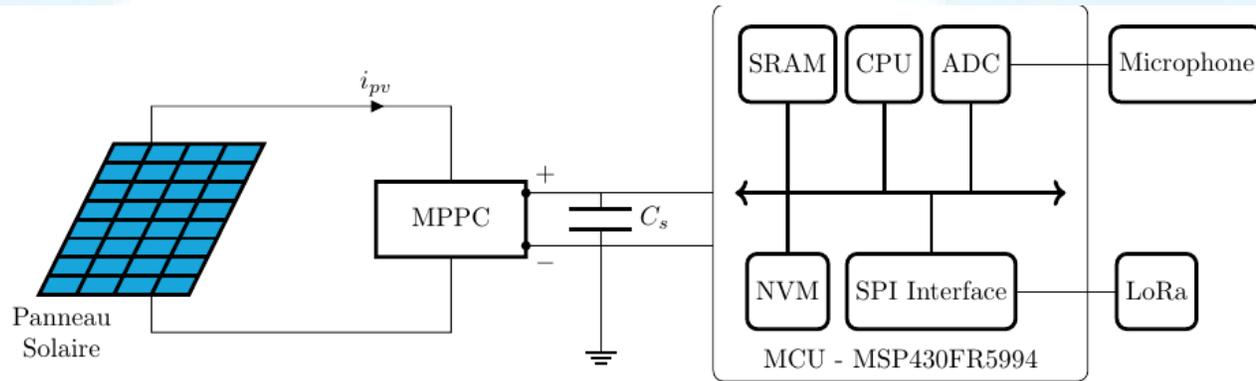
Choisir le bon protocole

Exemple : Le WiFi consomme 3x moins que la 4G (source ADEME).



<https://behrtech.com/blog/6-leading-types-of-iot-wireless-tech-and-their-best-use-cases/>

Le calcul intermittent (ou le calcul sous réserve de disponibilité d'énergie renouvelable)



Thèse Antoine Bernabeu, LS2N/Centrale Nantes 2023
<https://theses.hal.science/tel-04455224v1>



À noter: ESWN competition (TU Graaz, Austria: <https://ewsn24.tii.ae/call-for-competitors.html>)

OS ordiphone : exemple <https://e.foundation/fr/e-os/>

/e/OS est un écosystème mobile, complet et entièrement « déGooglisé »

“/e/OS est un système d'exploitation mobile à code source ouvert associé à des applications soigneusement sélectionnées. Elles forment un système interne de protection de la vie privée pour votre téléphone mobile. Et il ne s'agit pas seulement de revendications : code source ouvert signifie que le respect de la vie privée peut être évalué. /e/OS a reçu **une reconnaissance académique** de la part de chercheurs de l'université d'Édimbourg et du Trinity College de Dublin.”

Ordiphone Murena : <https://murena.com/fr/>
Smartphones et Clouds Éthiques

Allongement de la durée de vie du smartphone (**7 à 8 ans**)
(Objectif de la loi REEN)



Analyse des langages vs Efficacité Énergétique (EE)

1. Étude réalisée sur le Computer Language Benchmarks Game (CLBG)

13 applications

2. Est ce que le langage le plus rapide est toujours le plus EE ?

Si c'est vrai pour les 5 premiers, pas vrai pour les autres

3. Quel est l'impact de la mémoire sur l'EE ?

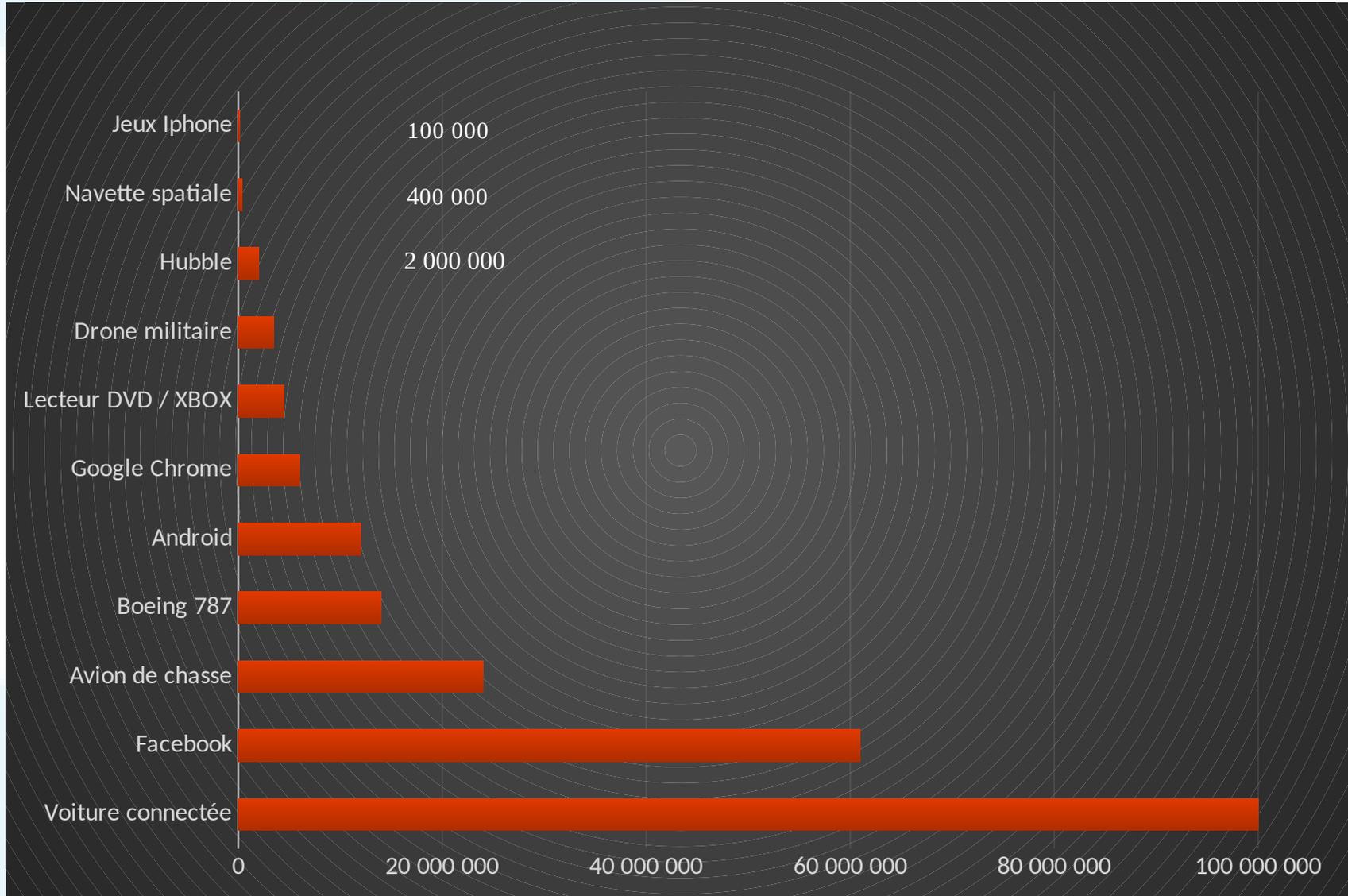
C'est plus comment la mémoire est utilisée qui importe plutôt que sa taille

4. Comment choisir le langage ?

Facile si seul le timing et énergie sont considérés. Plus difficile si la taille mémoire est aussi un facteur.

Total					
	Energy		Time		Mb
(c) C	1.00	(c) C	1.00	(c) Pascal	1.00
(c) Rust	1.03	(c) Rust	1.04	(c) Go	1.05
(c) C++	1.34	(c) C++	1.56	(c) C	1.17
(c) Ada	1.70	(c) Ada	1.85	(c) Fortran	1.24
(v) Java	1.98	(v) Java	1.89	(c) C++	1.34
(c) Pascal	2.14	(c) Chapel	2.14	(c) Ada	1.47
(c) Chapel	2.18	(c) Go	2.83	(c) Rust	1.54
(v) Lisp	2.27	(c) Pascal	3.02	(v) Lisp	1.92
(c) Ocaml	2.40	(c) Ocaml	3.09	(c) Haskell	2.45
(c) Fortran	2.52	(v) C#	3.14	(i) PHP	2.57
(c) Swift	2.79	(v) Lisp	3.40	(c) Swift	2.71
(c) Haskell	3.10	(c) Haskell	3.55	(i) Python	2.80
(v) C#	3.14	(c) Swift	4.20	(c) Ocaml	2.82
(c) Go	3.23	(c) Fortran	4.20	(v) C#	2.85
(i) Dart	3.83	(v) F#	6.30	(i) Hack	3.34
(v) F#	4.13	(i) JavaScript	6.52	(v) Racket	3.52
(i) JavaScript	4.45	(i) Dart	6.67	(i) Ruby	3.97
(v) Racket	7.91	(v) Racket	11.27	(c) Chapel	4.00
(i) TypeScript	21.50	(i) Hack	26.99	(v) F#	4.25
(i) Hack	24.02	(i) PHP	27.64	(i) JavaScript	4.59
(i) PHP	29.30	(v) Erlang	36.71	(i) TypeScript	4.69
(v) Erlang	42.23	(i) Jruby	43.44	(v) Java	6.01
(i) Lua	45.98	(i) TypeScript	46.20	(i) Perl	6.62
(i) Jruby	46.54	(i) Ruby	59.34	(i) Lua	6.72
(i) Ruby	69.91	(i) Perl	65.79	(v) Erlang	7.20
(i) Python	75.88	(i) Python	71.90	(i) Dart	8.64
(i) Perl	79.58	(i) Lua	82.91	(i) Jruby	19.84

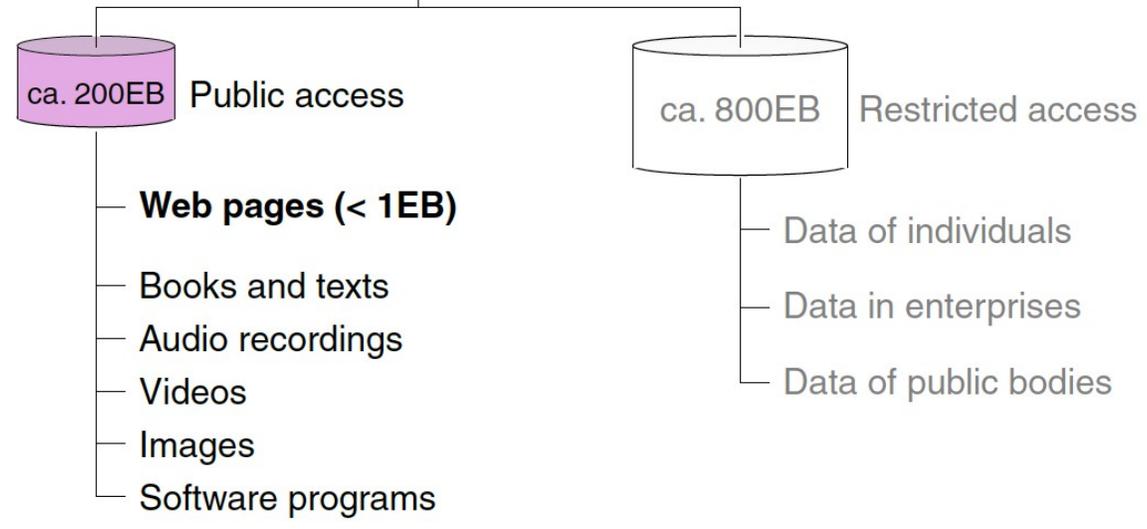
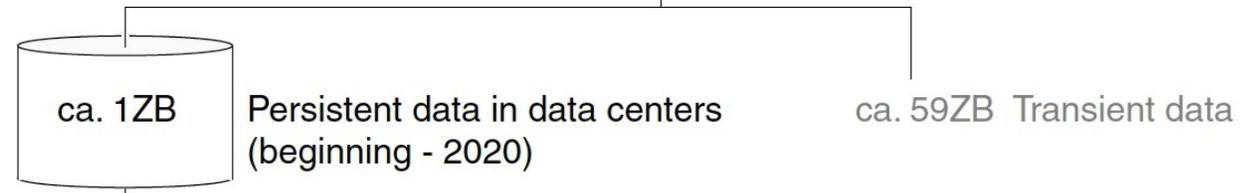
Nombre de lignes de code



L'explosion des données



ca. 59ZB Entire data generated in 2020



1GB	=	10 ⁹	Bytes
1TB	=	10 ¹²	Bytes
1PB	=	10 ¹⁵	Bytes
1EB	=	10 ¹⁸	Bytes
1ZB	=	10 ²¹	Bytes

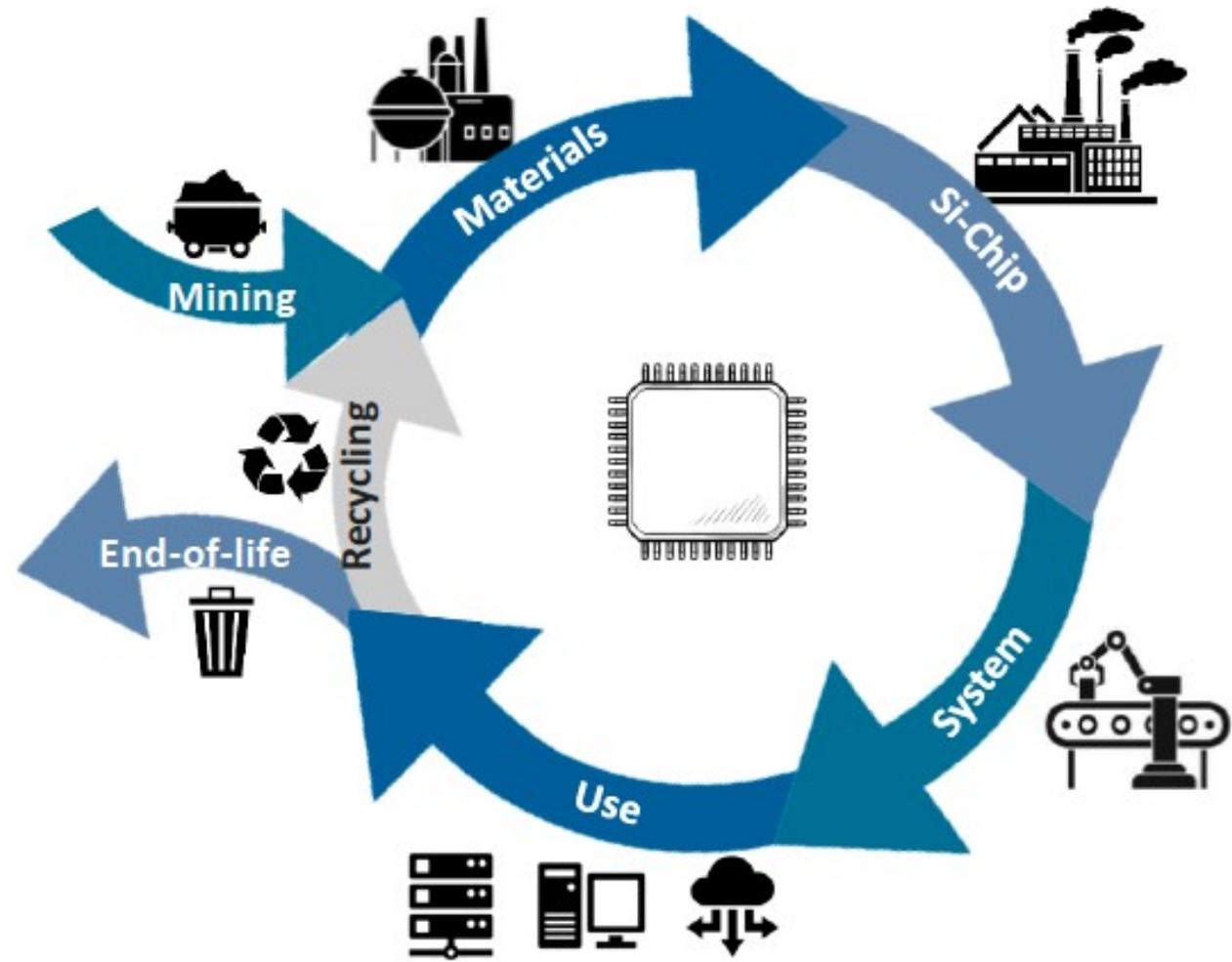


Un changement nécessaire

De l'économie linéaire à l'économie circulaire



Industrie électronique

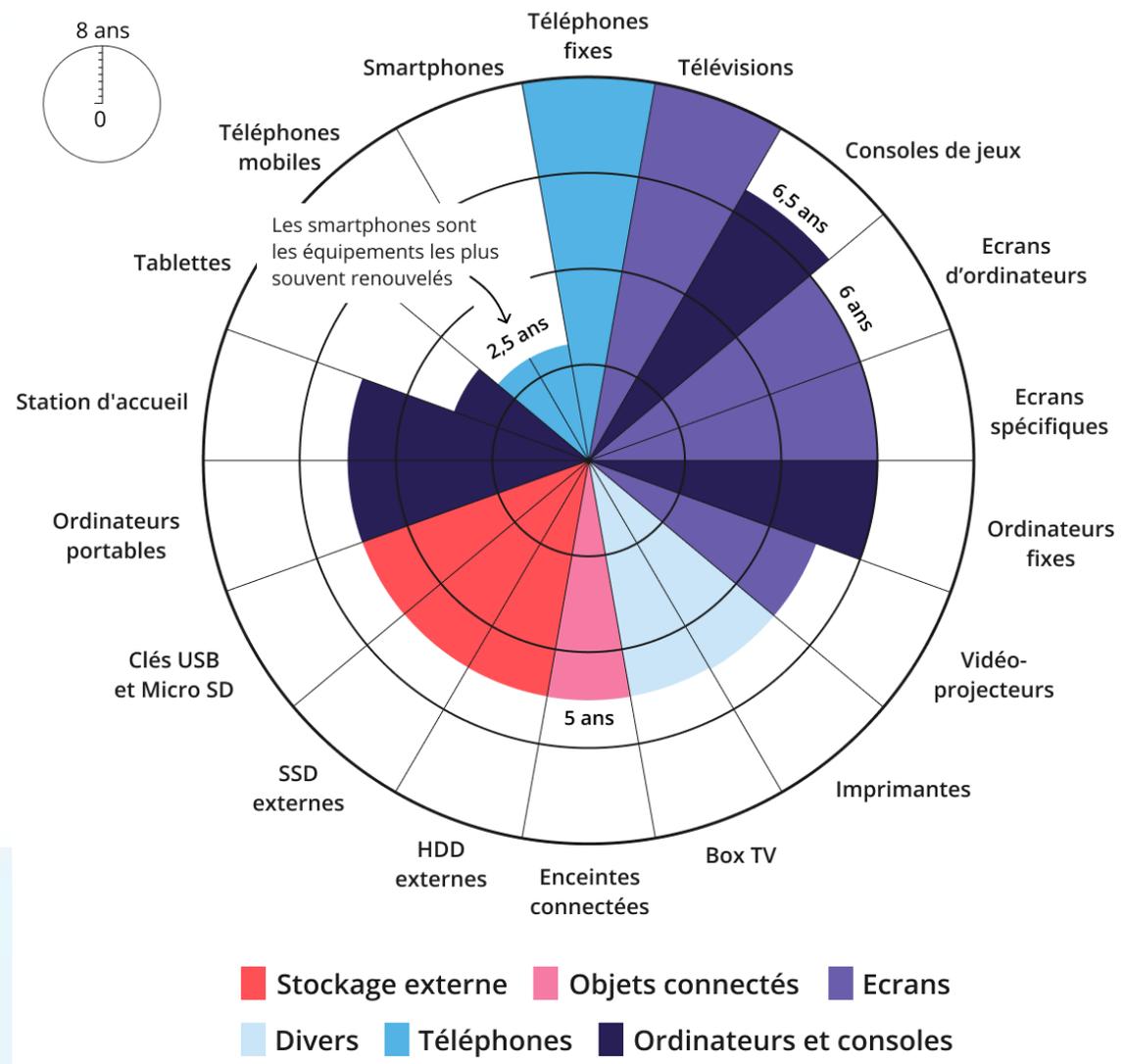


La fabrication d'un ordinateur de **2Kg** :
800Kg de matières premières mobilisés,
124 Kg de CO2 générés sur les
169Kg émis sur l'ensemble de son cycle de vie

Utilisation
Fin de vie



Durée d'utilisation de différents équipements



Quels leviers d'action ?

4 scénarios

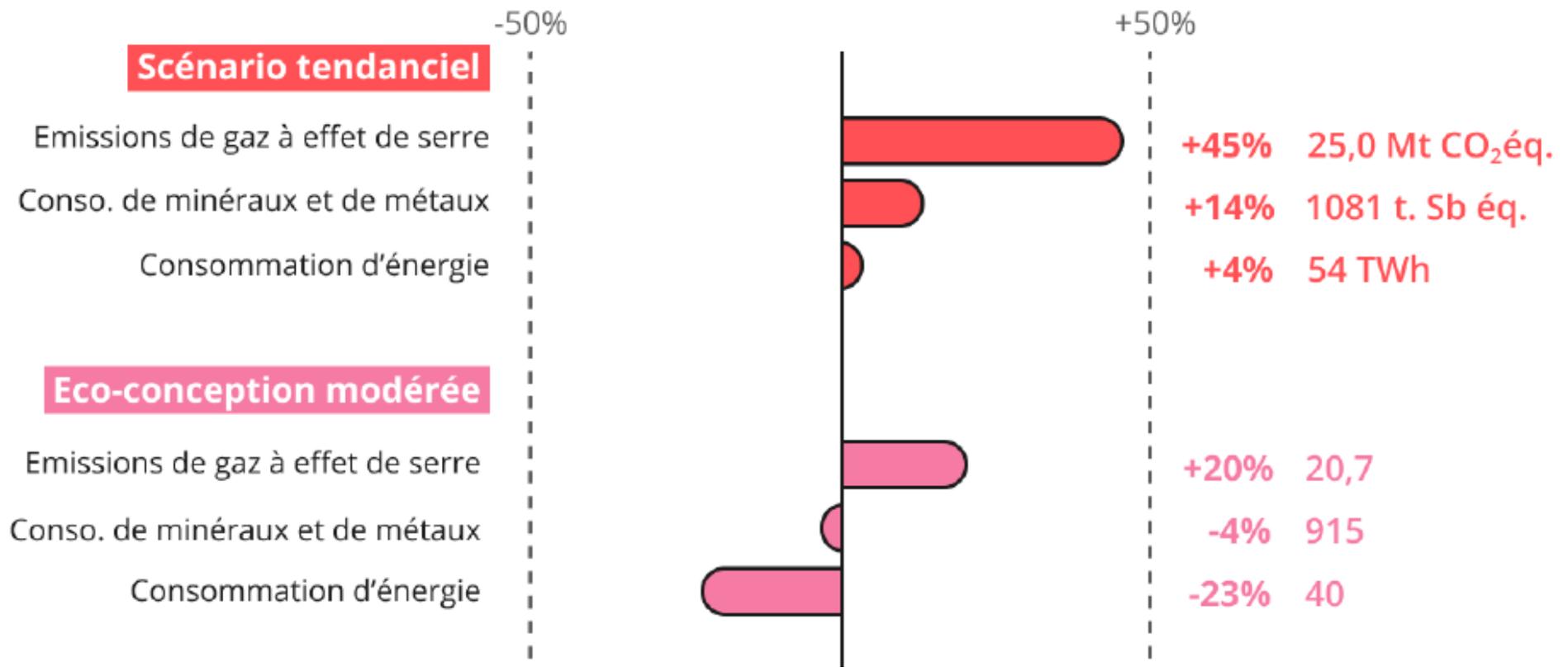
	Scénario tendanciel	Eco-conception modérée	Eco-conception généralisée	Sobriété
Eco-conception des équipements	×	✓	✓	✓
Allongement de la durée de vie des équipements	×	+1 an	+2 ans	+2 ans
Substitution progressive des téléviseurs par des vidéo-projecteurs	×	×	×	✓
Nombre d'antennes du réseau mobile (comparé à 2020)	↗	↗	↗	=
Nombre d'équipements (comparé à 2020)	↗	↗	↗	=
Progression des usages	↗	↗	↗	↗ choix de la techno. la plus adaptée selon l'usage
Consommation électrique unitaire des équipements	↘	↘	↘↘	↘↘

Eco-conception :

- L'allongement de la durée de vie des équipements grâce à leur meilleure conception, leur meilleure réparabilité, leur recyclage systématique en fin de vie et l'adaptation de leurs fonctionnalités aux besoins réels de l'utilisateur ;
- L'optimisation des flux vidéo et leur adaptation systématique aux différents terminaux ;
- L'amélioration des performances énergétiques des équipements réseaux et de l'architecture des centres de données ;
- L'optimisation du codage sites et services numériques et la gestion des flux de données afin d'en limiter les impacts énergétiques ;
- Passage automatique d'un réseau mobile à un réseau fixe (Wifi) quand cela est possible.

Réduction de l'impact environnemental

Evolution en 2030 par rapport à 2020



Réduction de l'impact environnemental

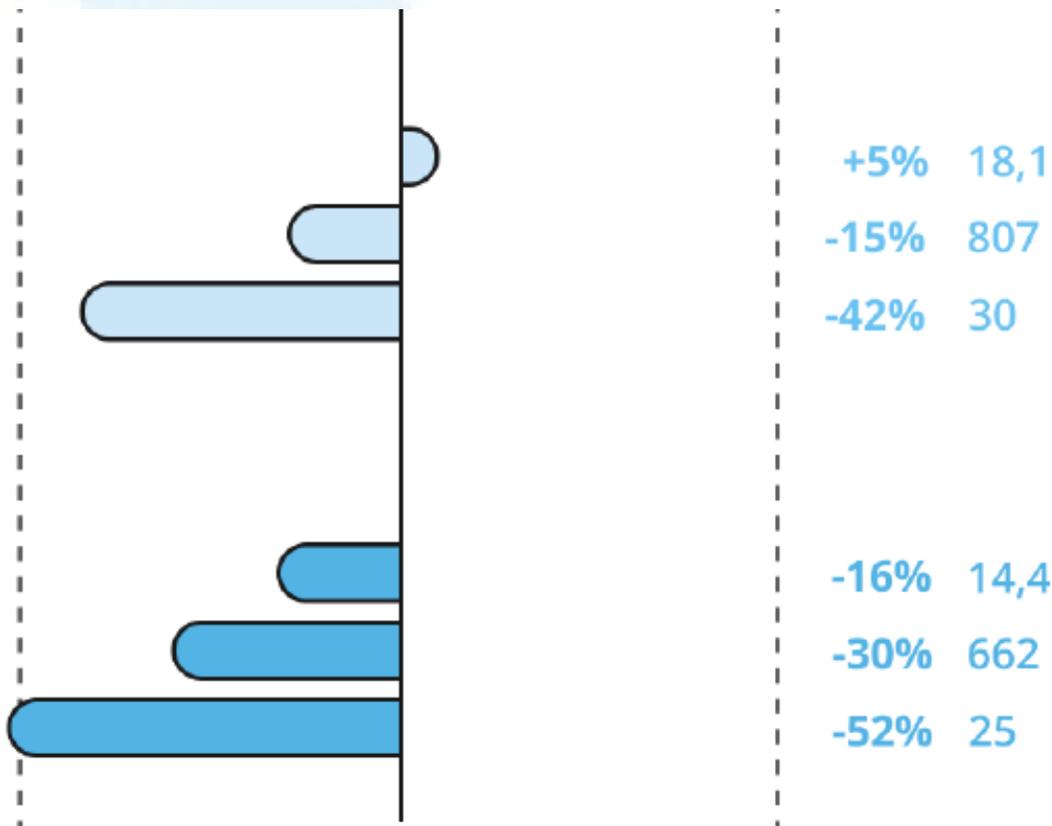
Evolution en 2030 par rapport à 2020

Eco-conception généralisée

Emissions de gaz à effet de serre
 Conso. de minéraux et de métaux
 Consommation d'énergie

Sobriété

Emissions de gaz à effet de serre
 Conso. de minéraux et de métaux
 Consommation d'énergie



Le projet ALT-IMPACT (ADEME, Inria, CNRS) 2023-2026



Former et sensibiliser à la **sobriété numérique** afin de réduire les impacts environnementaux du numérique

- **Sobriété numérique :**

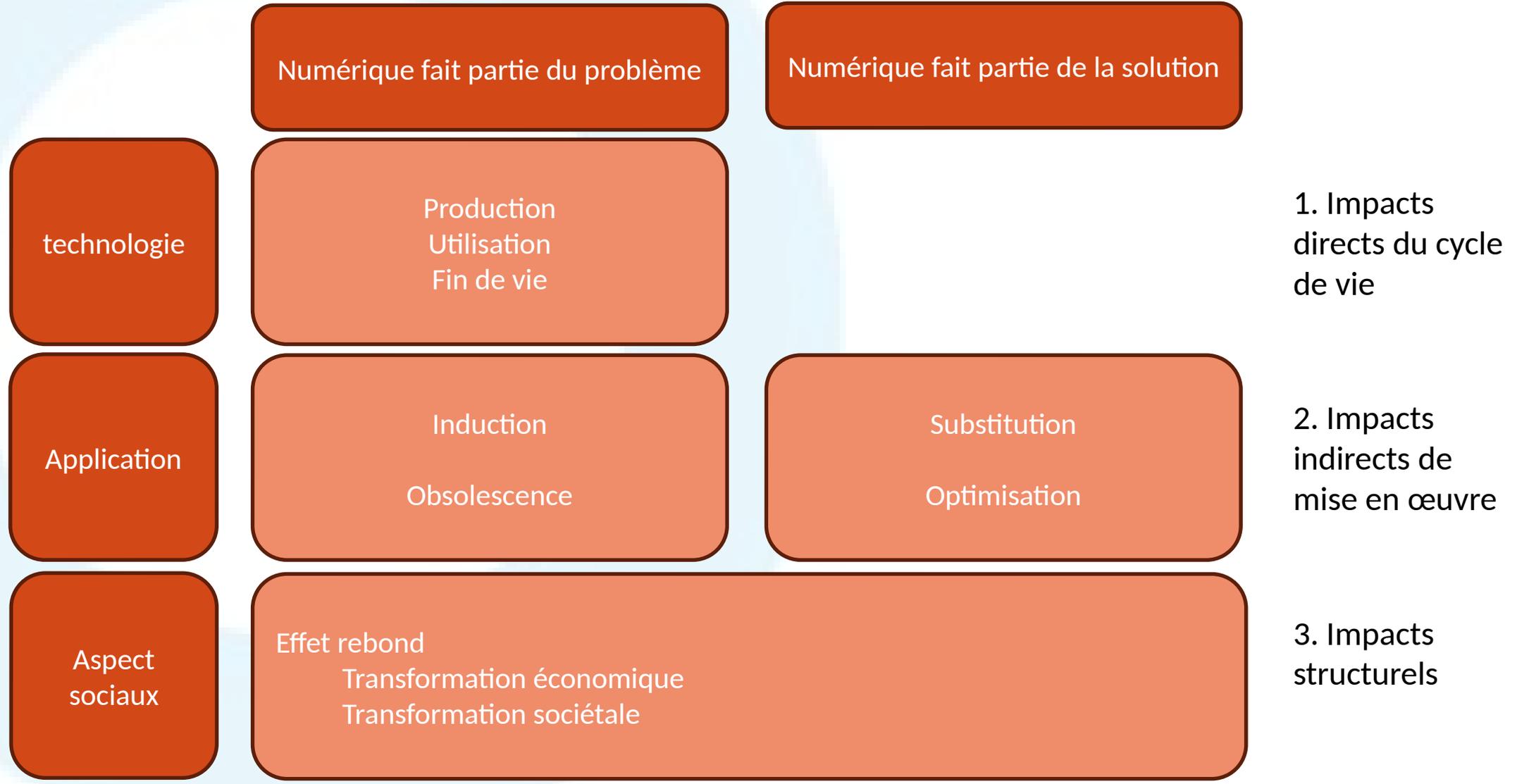
“La sobriété numérique est une démarche qui consiste, dans le cadre d’une réflexion individuelle et collective, à questionner le besoin et l’usage des produits et services numériques.”

Cette démarche vise à concevoir, fabriquer, utiliser et traiter la fin de vie des équipements et services numériques en tenant compte des besoins sociaux fondamentaux et des limites planétaires.”

Objectif : réduire les impacts environnementaux du numérique, de façon absolue

Conclusions

Un cadre d'analyse



Paradoxe de Jevons

Ou effet rebond



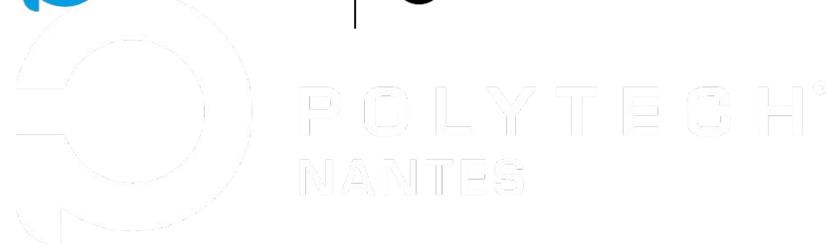
Conclusions

- Impacts généraux du numérique :
 - Positif : Santé, accès à l'information, élans démocratiques (printemps arabes) ...
 - Négatif : Ébriété numérique, désinformation/déstabilisation, super-pouvoir des GAFAM (supra-étatique) ...
- Impacts environnementaux
 - 4% des émissions de gaz à effet de serre (en augmentation) + déchets (source: <https://theshiftproject.org>) + eau !
 - Potentiel pour réduire l'impact d'autres secteurs (à confirmer!)
- L'électronique n'est pas une low-tech mais il est possible d'améliorer les choses (<https://longuevieauxobjets.gouv.fr>)
- Nécessité d'une révolution sociologique (discussion sur les usages !)
 - Différencier l'utile du futile
 - Ne soyons pas dupes vis-à-vis des GAFAM
 - Réinventer notre rapport aux écrans (et « si la sobriété numérique était une chance ? »)

Le numérique est une partie de la solution mais aussi une partie du problème !

Références

- Internet la pollution cachée, Coline Tison, Laurent Lichtenstein, Documentaire, 52 min, Édition Montparnasse, 2014
- L'enfer numérique, voyage au bout d'un like, Guillaume Pitron, Edition LLL, ISBN : 979-10-209-0996-1, 2021
- L'impératif de la sobriété numérique, Fabrice Flipo, Éd. Matériologiques, 2020
- https://inetlab.icube.unistra.fr/index.php?title=Fichier:Sobriete_et_convivialite_numerique_marc_chantreux.pdf&page=30
- Marc Chantreux : L'informatique post-personnelle : si la sobriété numérique était une chance?, JRAF 2023, Grenoble (en vidéo)
- Colloque Green Days 2024, Toulouse : <https://perso.ens-lyon.fr/laurent.lefevre/greendaystoulouse2024/> (colloque organisé tous les ans)
- Transition environnementale de la filière du numérique : réflexions technologiques et sociétales, Sébastien Pillement, Cours Polytech Nantes 3A, 2023
- La face cachée de la transition : l'intensification de l'exploitation minière, par Aurore STEPHANT, ingénieur géologue minier et co-fondatrice de SystExt
- La mailing list/site web d'EcoInfo : <https://ecoinfo.cnrs.fr/>
- <https://theshiftproject.org/category/thematiques/numerique/>
- ADEME : <https://librairie.ademe.fr/recherche-et-innovation/6270-prospective-transitions-2050-feuilleton-numerique.html>
- Haut Conseil pour le Climat : MAITRISER L'IMPACT CARBONE DE LA 5G, 2020
https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2020/12/haut-conseil-pour-le-climat_rapport-5g.pdf



Campus Chantrerie
NANTES

Campus Gavy
SAINT-NAZAIRE

Campus Courtaisière
LA ROCHE-SUR-YON

www.polytech.univ-nantes.fr



We need you ! Défis Climat (sur le numérique)



D'octobre à janvier, organisé par la MTE en collaboration avec le BDE. Groupe de 10 12 étudiants interspé.

Plus d'info... bientôt (via votre BDE ou service communication).