



Le Numérique responsable

Mardi 13 mai 2025



Frédéric Lemaitre - 2025-002

1. Le Numérique est partout



“ Internet devient la place publique du village global de demain.

”

Bill Gates, Co-fondateur de Microsoft

Qu'est-ce qu'un équipement numérique?

Dispositif
électronique

Applications

(exécution de tâches spécifiques)

Traite de l'information
sous forme numérique
(bits)

Polyvalence
(différents usages)

Équipement
numérique

Interactif
(échange de données avec un
utilisateur ou un autre équipement)



Du numérique pour quels usages?

Se divertir

Communiquer

Calculer

Optimiser

Commercer



Combien y a-t-il d'équipements numériques sur Terre?



2 milliards
(rouge)

35 milliards
(vert)

500 millions
(bleu)



Combien y a-t-il d'équipements numériques sur Terre?



2 milliards

35 milliards
(vert)

500 millions



L'univers numérique dans le monde

Terminaux utilisateurs

35 milliards



Equipements réseau

 1,3 milliards

Equipements datacenters

 67 millions



Source: GreenIT (2019)

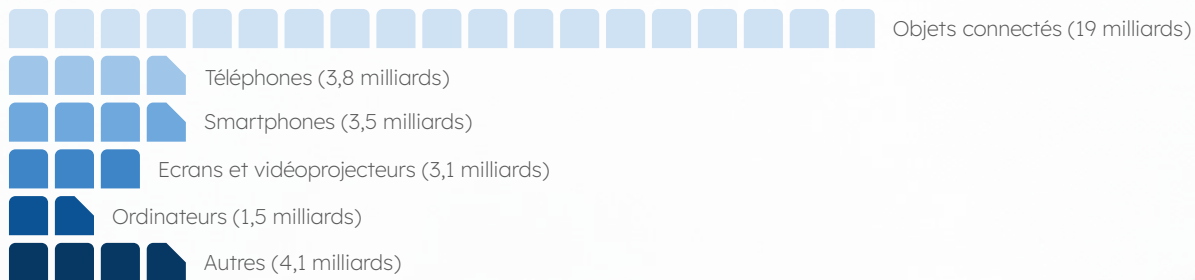


L'univers numérique dans le monde

Terminaux utilisateurs



35 milliards



Equipements réseau



1,3 milliards



Equipements datacenters

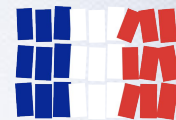


67 millions



Source: GreenIT (2019)





Equipements numériques

800 millions

plus de 10 appareils par personne

245 M petits objets connectés

110 M stockages externes

70 M smartphones

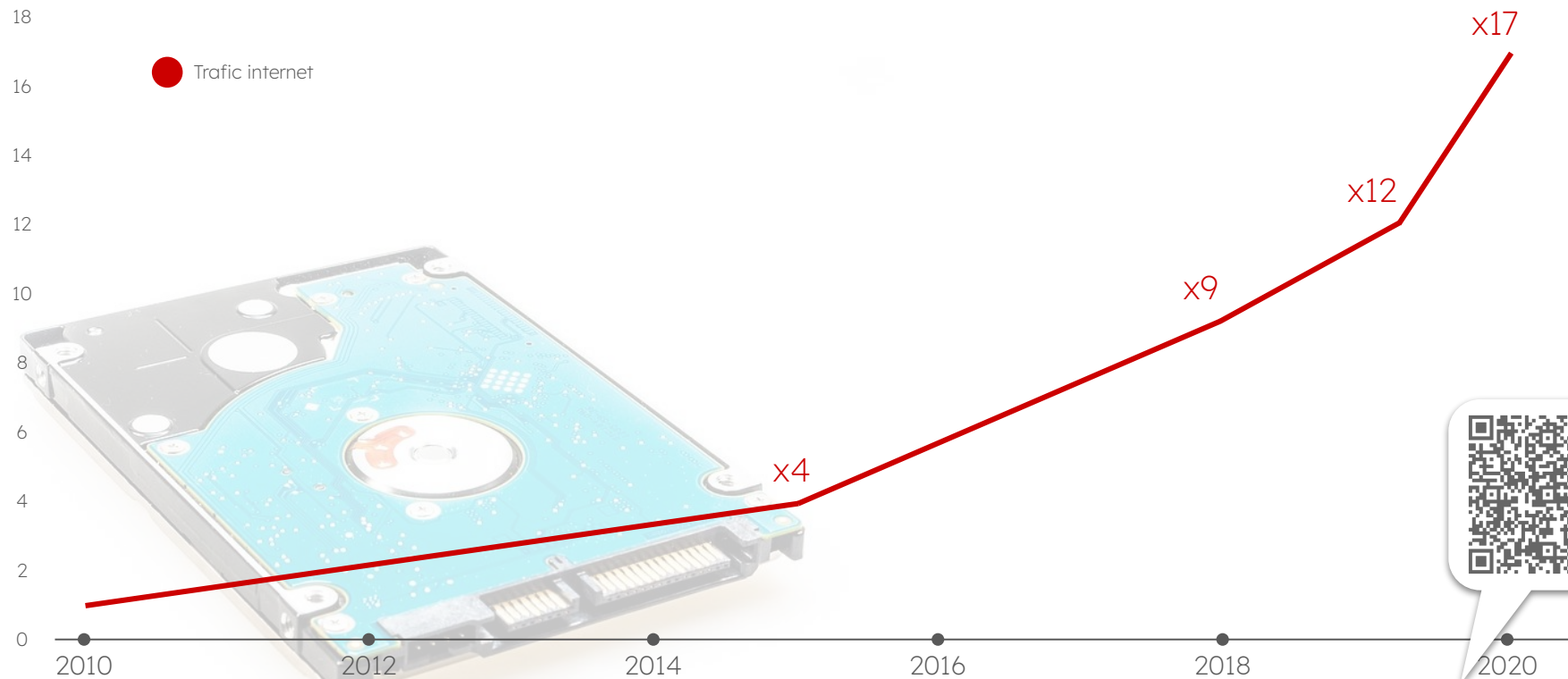
63 M télévisions

59 M ordinateurs portables

...



Toujours plus de données



Source: International Energy Agency (2021)



Part de la population mondiale ayant accès à internet



Qu'est-ce qui génère le plus de trafic internet?



Les vidéos
(rouge)

Les jeux vidéo
(vert)

Le partage de fichiers
(bleu)



Quest-ce qui génère le plus de trafic internet?



Les vidéos
(rouge)

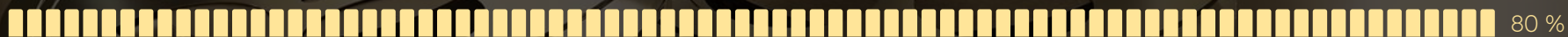
Les jeux vidéo

Le partage de fichiers



La vidéo: 80% du trafic internet

Vidéo



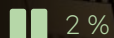
Web / données



Jeux vidéo



Partage de fichier



Source: Cisco (2019)



2. “Le numérique est dématérialisé”



Qu'est-ce qui pèse le plus dans l'**empreinte carbone** du numérique au niveau mondial?



Les datacenters
(rouge)

Les terminaux utilisateurs
(vert)

Les équipements réseau
(bleu)



Qu'est-ce qui pèse le plus dans l'**empreinte carbone** du numérique au niveau mondial?



Les datacenters

Les terminaux utilisateurs
(vert)

Les équipements réseau



Quelle empreinte carbone pour le numérique?

CO₂

Le numérique c'est

29,5 Mt CO₂e en France (2022)

4% de l'empreinte carbone

2 Gt CO₂e dans le monde (2019)

autant que les poids lourds
en France

+6%

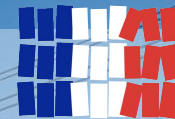
par an
(selon le [Shift Project](#))



Sources: ADEME-Arcep (2025), Shift Project (2021)



Quelle empreinte énergie pour le numérique?



11 %

+80%

d'ici 2050
(selon l'ADEME)

de la consommation électrique
nationale

52 TWh (sur 460 TWh)

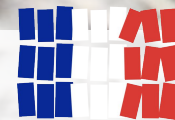
1 300 TWh dans le monde



Source: ADEME-Arcep (2025)



Quelle empreinte ressources pour le numérique?



117 millions de tonnes de
ressources

pour produire et utiliser les équipements numériques

soit

1,7 tonnes par français et par an



Sources: Shift Project (2021), World Resources Institute, 2019



Quelle empreinte eau pour le numérique?

7,8 millions de m³
d'eau douce utilisée par an
(2019)



3,6 milliards de
douches
par an



Source: GreenIT (2019)



**Globalement, le numérique représente
2 à 3 fois l'empreinte d'un pays comme la France**



Equipement numérique

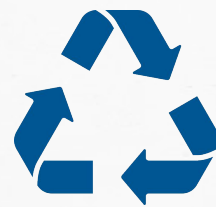
1. Fabrication



2. Utilisation



3. Fin de vie



Equipement numérique

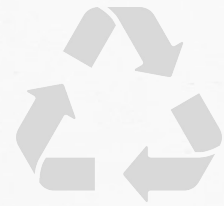
1. Fabrication



2. Utilisation



3. Fin de vie



Quelle quantité de ressources faut-il extraire
de la terre pour fabriquer un
ordinateur portable de 2 kg?



10 kg
(rouge)

75 kg
(vert)

800 kg
(bleu)



Quelle quantité de ressources faut-il extraire
de la terre pour fabriquer un
ordinateur portable de 2 kg?



10 kg

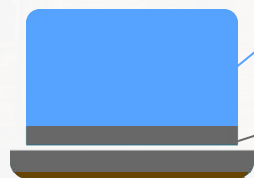
75 kg

800 kg
(bleu)



La fabrication

Ressources utilisées pour
la fabrication d'un:



Ordinateur
portable
(2 kg)



190 tonnes
d'eau



600 kg
pour l'extraction des minéraux
(cuivre, or, fer, chrome, nickel, argent...)



200 kg
pour l'extraction des énergies fossiles
(charbon, gaz naturel, pétrole, lignite)



Plusieurs dizaines de kg
produits chimiques
(semiconducteurs)

800 kg
de ressources
extraites



Quelle quantité de ressources faut-il extraire de la terre pour fabriquer un **smartphone** de 200g?



500 g
(rouge)

225 kg
(vert)

500 kg
(bleu)



Quelle quantité de ressources faut-il extraire
de la terre pour fabriquer
un **smartphone** de 200g?



500 g

225 kg
(vert)

500 kg



La fabrication

Ressources utilisées pour
la fabrication d'un:



Combien de matériaux différents dans un smartphone?



Entre 5 et 10
(rouge)

Entre 15 et 25
(vert)

Entre 50 et 70
(bleu)



Combien de matériaux différents dans un smartphone?



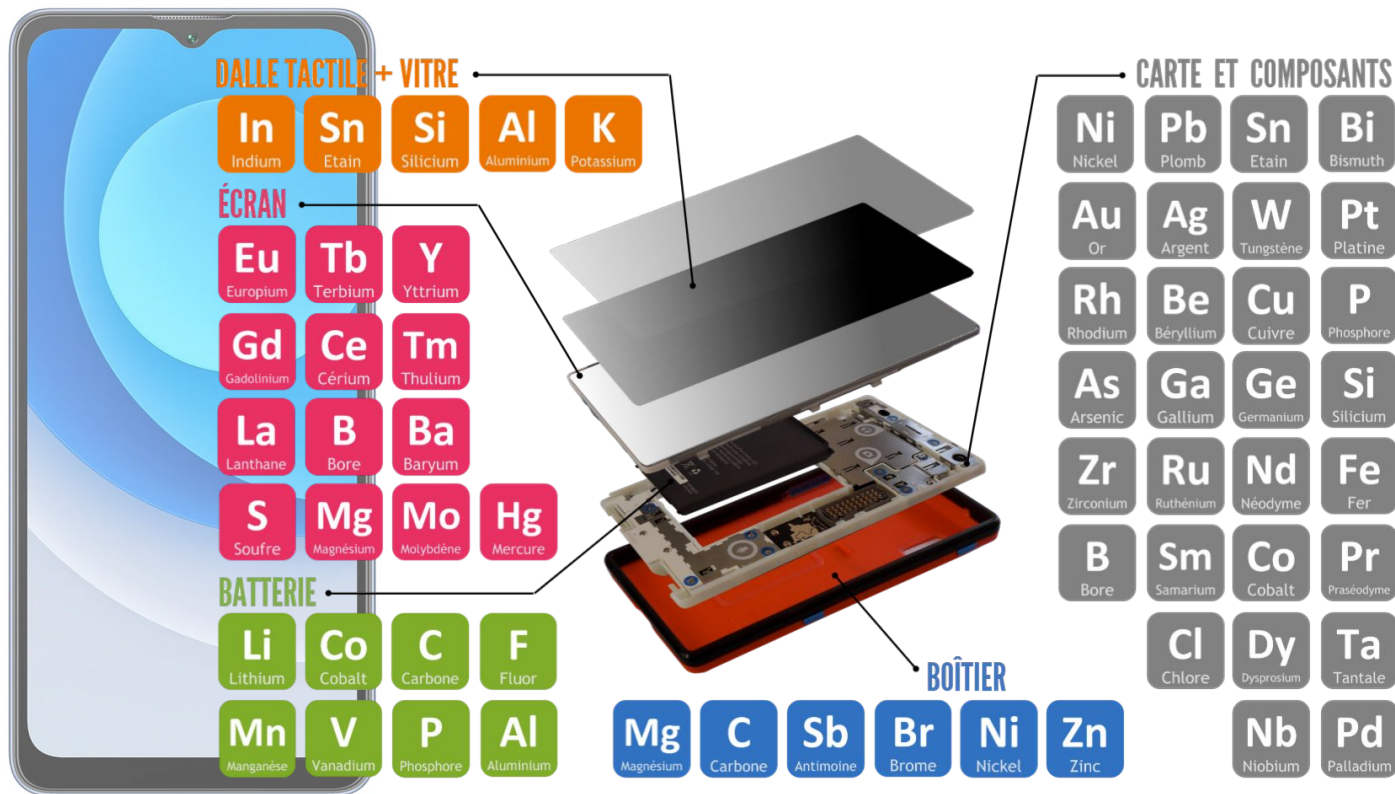
Entre 5 et 10

Entre 15 et 25

Entre 50 et 70
(bleu)



Plus de 60 matériaux



80 piscines olympiques
par jour

Excavatrice Bagger 288

15 000 t

240 000 t / jour

190 000 m³ / jour

Nécessite 16,5 MW en alimentation
électrique

Comment s'appelle cette machine?

Combien de piscines olympiques extrait-elle de la terre par jour?



Les métaux: la course à l'extraction

Mines de cuivre au Chili



Komatsu PC8000-11
Capacité de 700 t
Hauteur 10 mètres



CAT 797F
Capacité de 400 t
14,8 m x 6,52 m x 9,75 m



Mine de cuivre de Chuquicamata, Chili



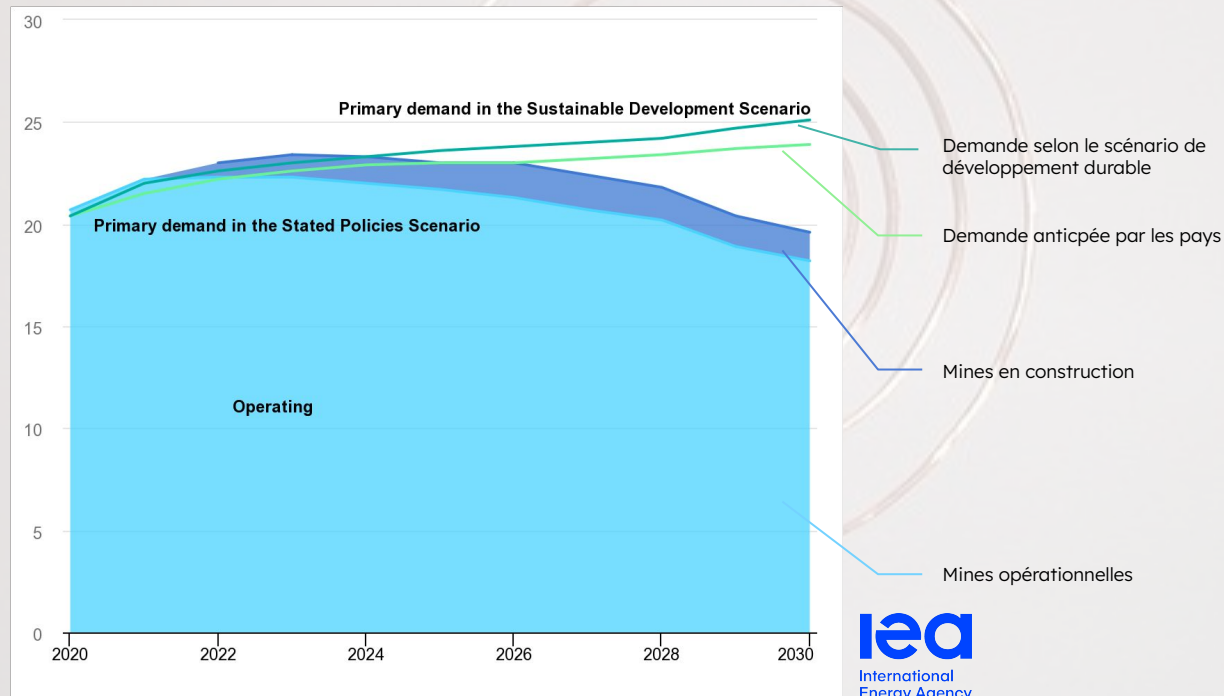
Minerais: la demande s'emballe...



L'humanité a extrait autant de cuivre sur les 21 dernières années (1998 à 2018) que sur les 98 années précédentes (1900 à 1997), soit environ 320 Mt de cuivre.



BRGM, 2019



iea
International
Energy Agency



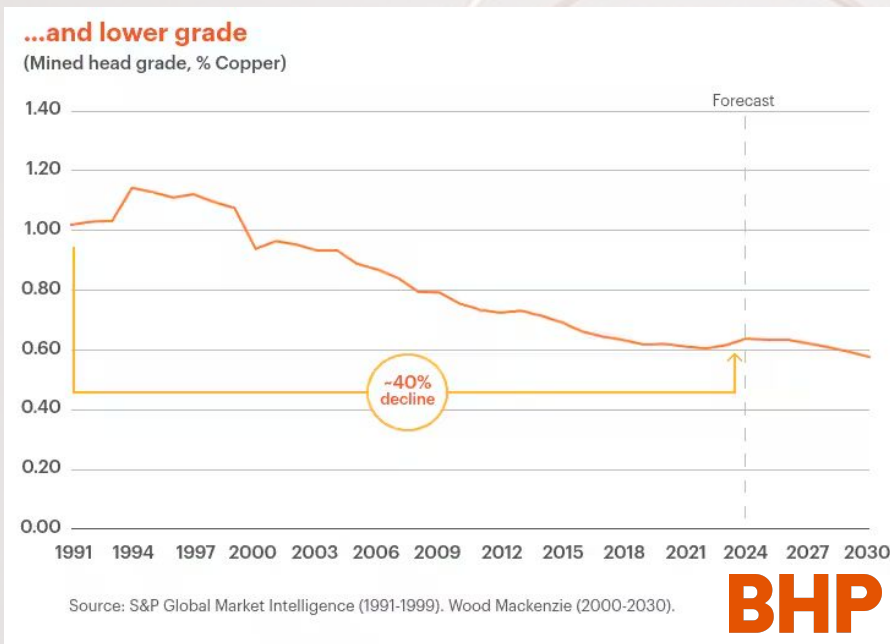
Sources: IEA (2021)



Mines: moins de métaux dans les mines

“ La baisse de la teneur implique qu'il faut extraire, traiter et transporter davantage de minerai pour produire la même quantité de cuivre. ”

BHP, 2024



-40%
depuis 1991
(teneur en cuivre)



Sources: BHP (2024)



Mines: pollutions locales

“

“L'air scintille dès qu'un rayon de lumière touche les particules” dans un village de l'extrême nord-est de la Chine proche d'une mine de graphite

”

The Washington Post, 2016



Pollution des mines

Drainages miniers actifs (DMA)

Réaction des roches (oxydation) avec l'oxygène de l'air dégageant de l'acide dans l'eau

Contamination par métaux

Contamination de l'eau par les métaux (arsenic, le cobalt, le cuivre, le cadmium, le plomb, l'argent et le zinc...)

Pollutions chimiques

Contamination des eaux par les produits chimiques (cyanures, acide sulfurique) utilisés pour séparer le minéral du minerai

Erosion et sédimentation

La construction et l'utilisation des infrastructures (routes, fosses ouvertes...) entraîne l'érosion de la terre. Les sédiments s'accumulent dans les rivières, étouffent la végétation, détruisent la faune la flore et la vie aquatique





Le triangle du lithium

Le Chili, l'Argentine et la Bolivie détiennent plus de 75 % des réserves mondiales sous leurs salines.

L'extraction du lithium en Bolivie, en Argentine et au Chili nécessite d'importantes quantités d'eau, soit environ 2 000 m³ par tonne de lithium. Dans le Salar d'Atacama, au Chili, l'extraction du lithium par diverses entreprises a consommé 65 % des réserves d'eau de la région.



Equipement numérique

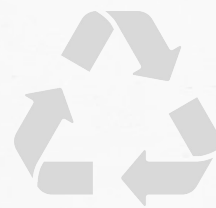
1. Fabrication



2. Utilisation



3. Fin de vie



Combien y a-t-il de datacenters dans le monde?



Entre 200 et 400
(rouge)

Entre 1 500 et 3 000
(vert)

Entre 5 500 et 11 000
(bleu)



Combien y a-t-il de datacenters dans le monde?



Entre 200 et 400

Entre 1 500 et 3 000

Entre 5 500 et 11 000
(bleu)



Datacenters: la consommation électrique de la France

460 TWh

l'équivalent de la
consommation électrique en France
(450 TWh en 2024)

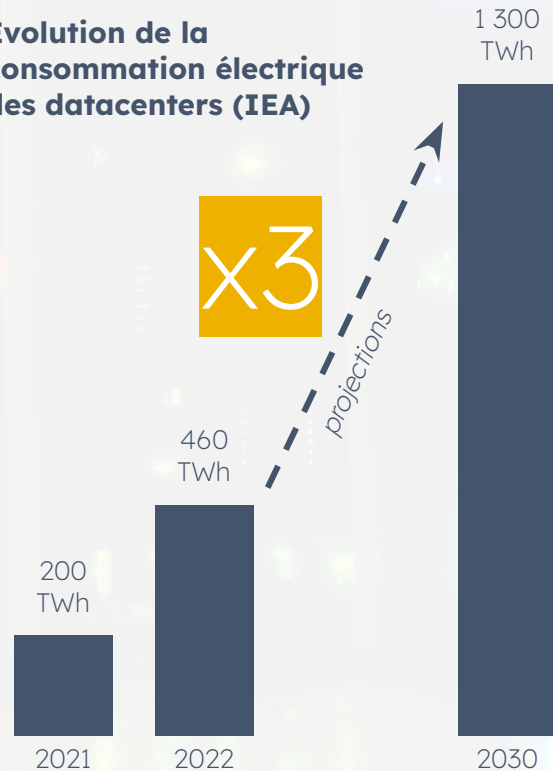


Nombre de données
traitées

x90

entre 2010 et 2025 (CNRS, 2023)

Evolution de la consommation électrique des datacenters (IEA)



Datacenters: une montée en puissance

The Register

HORS SITE

Oracle veut alimenter un centre de données de 1 GW avec trois petits réacteurs nucléaires

Je ne dis pas combien ils coûteront ni quand ils seront opérationnels.

Tobias Mann

Mercredi 11 septembre 2024 - 00:31 UTC

Oracle devient nucléaire face à la demande croissante de centres de données d'IA, et ce n'est pas une métaphore de l'humeur de Larry Ellison.

Lors de la conférence téléphonique sur les résultats trimestriels de lundi, le fondateur, président et directeur technique d'Oracle a révélé que le fournisseur de cloud avait obtenu des permis de construire des réacteurs modulaires (SMR) pour alimenter un centre de données d'1 gigawatt de capacité de calcul d'IA.

Si vous ne le savez pas, les SMR sont des réacteurs nucléaires ressemblant à ceux utilisés dans les navires de la marine.

Contrairement aux réacteurs conventionnels, ils ne nécessitent pas de structures physiques massives. En théorie, leur exploitation sera dorénavant plus sûre.

**3 SMR
+1 GW**

IA générative : Microsoft relance la centrale nucléaire de Three Mile Island pour alimenter ses data centers

Gargantuesque, le plan l'est tant sur le plan économique que sur le plan environnemental. En relançant l'un des deux réacteurs du site historique de Three Mile Island, Microsoft mise sur une production de plus de 800 mégawatts d'électricité jusqu'en 2054.

Célia Séramour
23 septembre 2024
18h00

4 min. de lecture

Réagir →

**2 réacteurs
+800 MW**



La centrale nucléaire de Three Mile Island située en Pennsylvanie a subi une fusion partielle en 1979.



LA TRIBUNE

Economie Tech Entreprises & Finance Climat Idées Régions | Partenaires | Événements | LA TRIBUNE DIMANCHE | Q

Climat > Énergie & Environnement > Amazon met un pied dans la production nucléaire

Amazon met un pied dans la production nucléaire

Amazon s'associe à des partenariats avec trois énergéticiens. X-energy, Energy Northwest et NuScale ont obtenu des permis de construire des réacteurs nucléaires de nouvelle génération (SMR).

**4 SMR
+320 MW
(250 000 foyers)**



Datacenters: en attendant, des fossiles



charbon



gaz

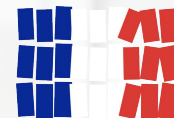


gaz

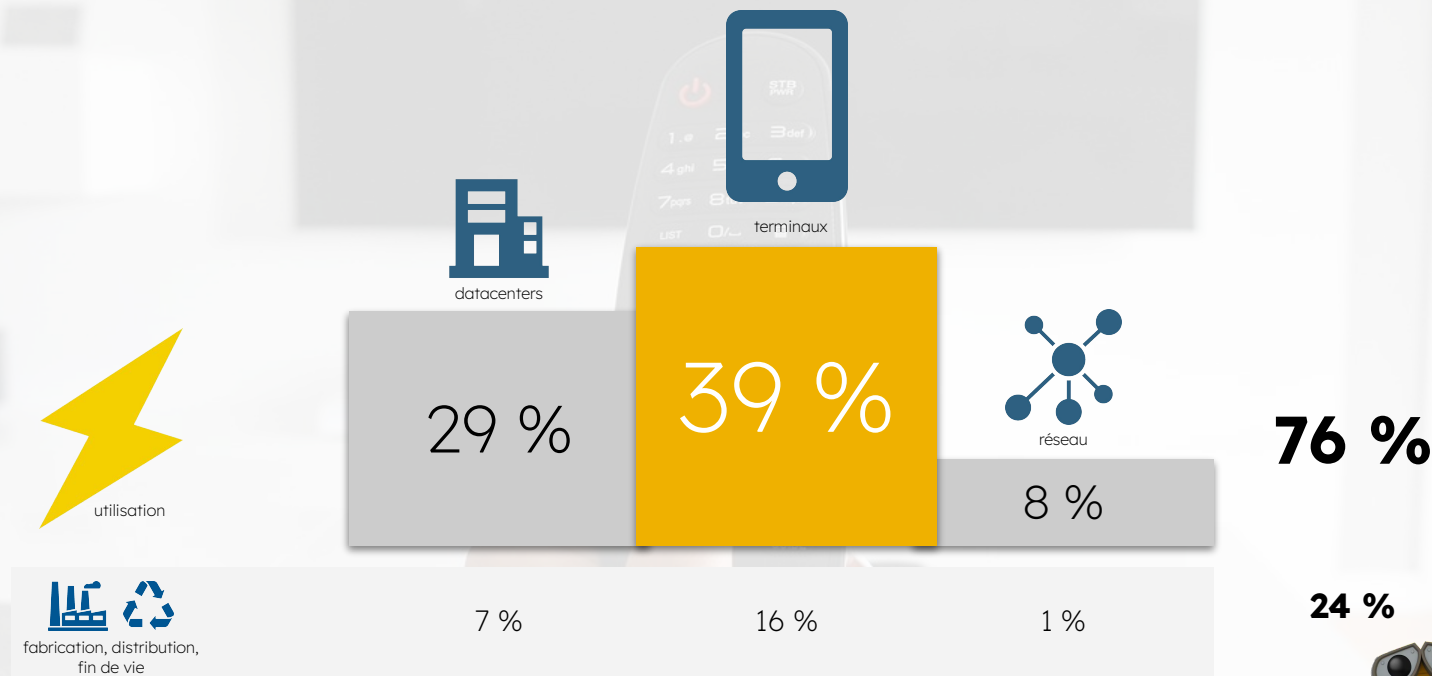


Sources: The Register (2024), Reuters (2024), The Washington Post (2024)

Consommation d'énergie: il n'y a pas que les datacenters



Energie primaire consommée par le numérique en France en 2022



Source: Arcep (2025)



Equipement numérique

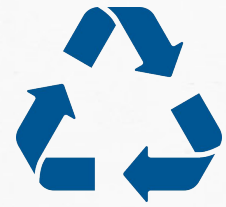
1. Fabrication



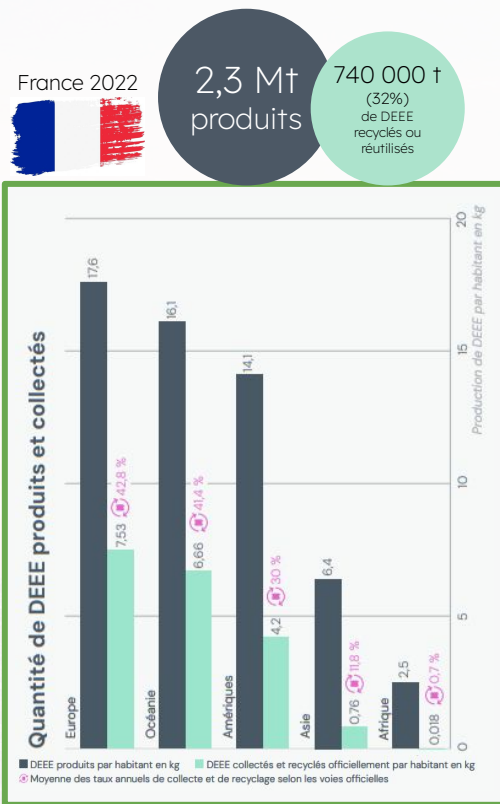
2. Utilisation



3. Fin de vie



Des déchets difficiles à traiter



62 M^t DEEE produits
(2022)



22,5% recyclés (13,8 M^t)
sont collectés et recyclés



23% en décharge (14 M^t)
terminent en décharge (enfouissement ou incinération)



55% circuits illégaux (34 M^t)
gérés par des circuits illégaux ou non officiels



31 M^t métaux



17 M^t plastiques



14 M^t autres



Des déchets difficiles à traiter

55% circuits illégaux



La décharge de déchets électroniques d'Agbogbloshie, véritable défi économique et environnemental pour le Ghana



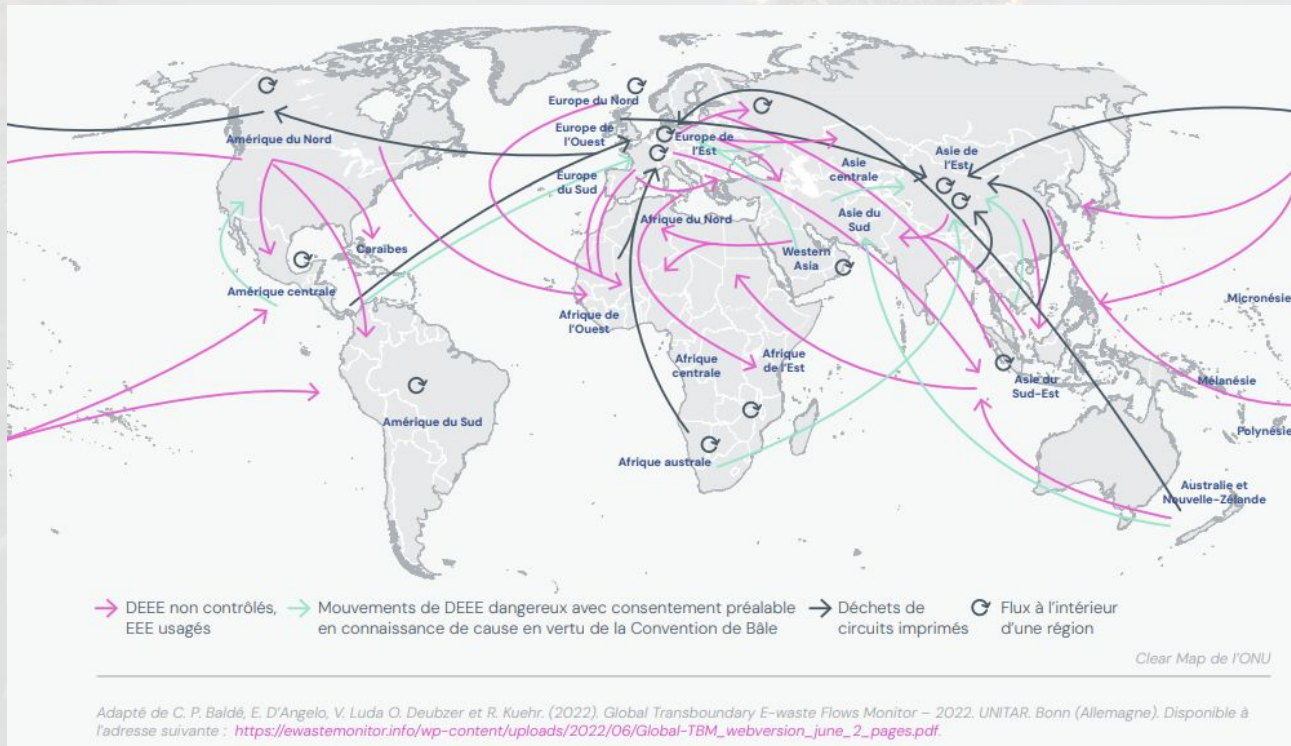
Source: France-Info (2020)



Des déchets difficiles à traiter

Flux mondiaux de DEEE

55% circuits illégaux



Source: Unitar (2024)



Des déchets difficiles à traiter

Taux de recyclage des DEEE par type d'équipement en 2022



Source: Unitar (2024)



Les matériaux et métaux ne se recyclent pas à l'infini, ils se **décyclent**

Le décyclage (downcycling) transforme les **matériaux usagés** en **nouveaux produits de qualité inférieure**.

Plastiques mélangés, papier recyclé, verre coloré



Equipements numériques



Terminaux utilisateurs: les grands gagnants !





-45% GES

d'ici 2030 (vs 2020)
pour le secteur du numérique

2 GtCO₂e (2019)



3. Accélération des nouveaux usages



Obsolescence technique et psychologique

Obsolescence technique

La technologie ne répond plus aux exigences techniques (**matérielles ou logicielles**)

Obsolescence psychologique

Choix des consommateurs de remplacer un **produit encore fonctionnel** par un nouveau plus récent

Augmentent la fabrication de nouveaux équipements

BLACK FRIDAY



Globalement, la technologie numérique nous
a fait économiser de l'énergie



Vrai
(rouge)

Faux
(vert)



Globalement, la technologie numérique nous
a fait économiser de l'énergie



Vrai

Faux
(vert)



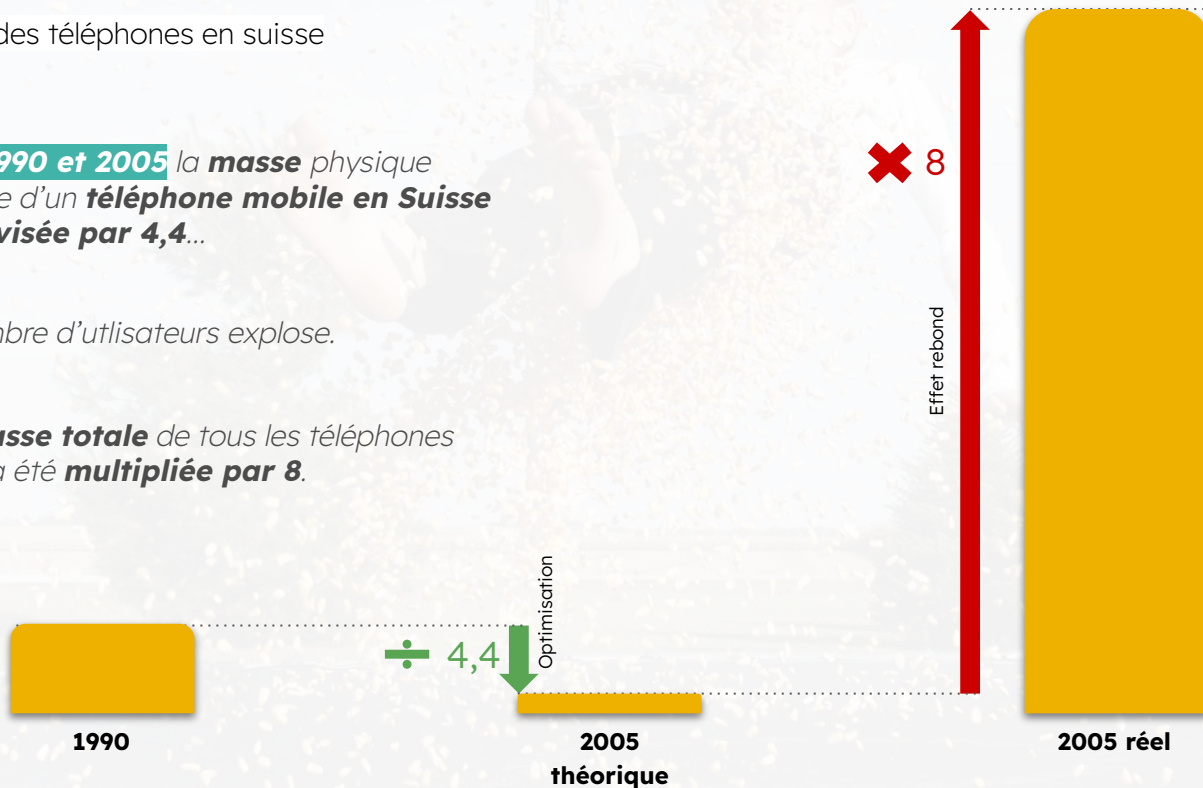
L'effet rebond

Masse totale des téléphones en suisse

Entre 1990 et 2005 la *masse physique* moyenne d'un **téléphone mobile en Suisse** a été **divisée par 4,4**...

... le nombre d'utilisateurs explose.

... La **masse totale** de tous les téléphones utilisés a été **multipliée par 8**.



Source: EcolInfo

Nouveaux usages et nouvelles infrastructures

2G, 3G, 5G, MMS, HD, 4K, métaverse, IA, IA
génération...

Nouveaux
usages

Nouvelles
infrastructures

Hyperscale, edge, terminaux ultra puissants,
processeurs graphiques...



Source: The Shift Project (2021)



Une image générée sur ChatGPT consomme
autant q'une recharge de smartphone?



Vrai
(rouge)

Faux
(vert)



Une image générée sur ChatGPT consomme
autant q'une recharge de smartphone?



Vrai
(rouge)

Faux



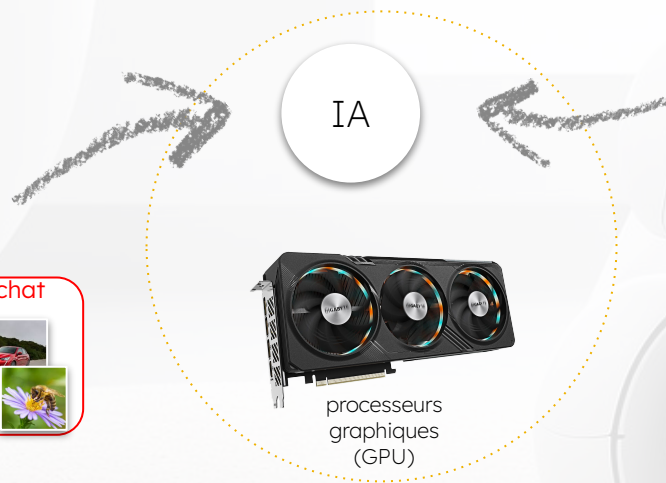
L'IA, pas si virtuel que ça!

1 Entraînement

2 Inférence (utilisation)

Des **dizaines de milliers de GPU** pendant des **milliers d'heures de calcul**

Sasha Luccioni
Experte de l'impact environnemental
des technologies de l'IA



L'IA, pas si virtuel que ça!

1

Entraînement

550 tCO₂e

Chat GPT-3 (15 jours)

2

Inférence

(utilisation)

10 000 tCO₂e

janvier 2023

ChatGPT-3.5
13 M d'utilisateurs
15 prompts/jour



2 500 000 km
(voiture thermique)



50 000 000 km
(voiture thermique)



Source: Data For Good (2023)

L'IA, pas si virtuel que ça!



Sasha Luccioni

Experte de l'impact environnemental des technologies de l'IA



1 requête consomme **10 à 50 fois plus d'électricité** qu'une recherche sur un moteur de recherche classique



Sasha Luccioni



+48% des émissions de GES entre 2019 et 2024 à cause de l'IA



Le **besoin de calcul** informatique **pour l'IA** a été **multiplié par un million en six ans** et il décuple chaque année



Sundar Pichai, PDG Google



+30% des émissions de GES entre 2020 et 2023 à cause de l'IA



Source: Google (2024), Microsoft (2024), Le Monde (2024), TrenchTech (2025)

Parmi les réseaux sociaux ci-dessous, lequel a la plus grande empreinte carbone?



Instagram
(rouge)

Tik Tok
(vert)

Snapchat
(bleu)



Parmi les réseaux sociaux ci-dessous, lequel a la plus grande empreinte carbone?



Instagram

Tik Tok
(vert)

Snapchat



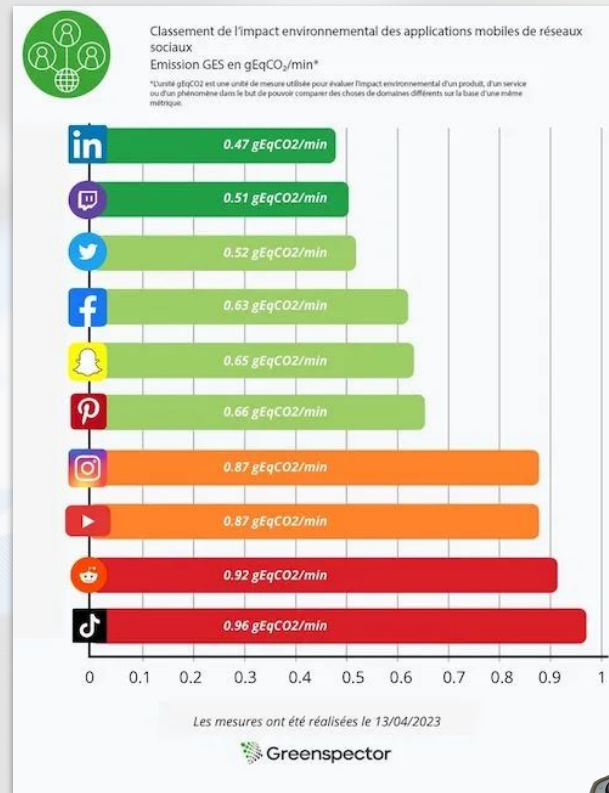
Impacts des réseaux sociaux



Alexis Normand
Directeur général de Greenly

“ Tout l'algorithme [de TikTok] est construit autour de la **massification des vidéos** ”

Alexis Normand



Les cryptomonnaies limitent l'impact environnemental en étant virtuelles.



Vrai
(rouge)

Faux
(vert)



Les cryptomonnaies limitent l'impact environnemental en étant virtuelles.

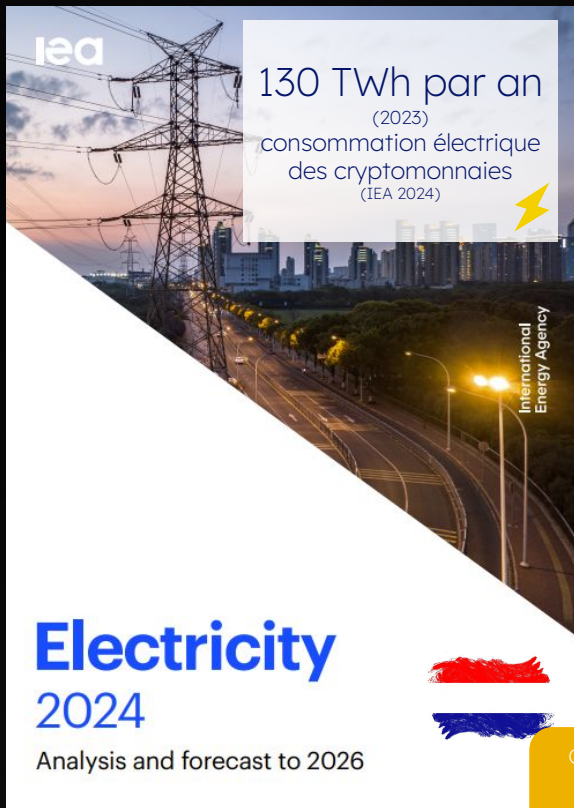


Vrai

Faux
(vert)



Les cryptomonnaies



Les cryptomonnaies utilisent la **blockchain** (base de données décentralisée et sécurisée).



Le "minage" (résolution de calculs mathématiques complexes) utilise des **GPU (processeurs graphiques)** pour générer des blocs à la blockchain en échange de nouvelles unités de cryptomonnaie.

+40% par an
consommation électrique
pour les cryptomonnaies
(IEA 2024)

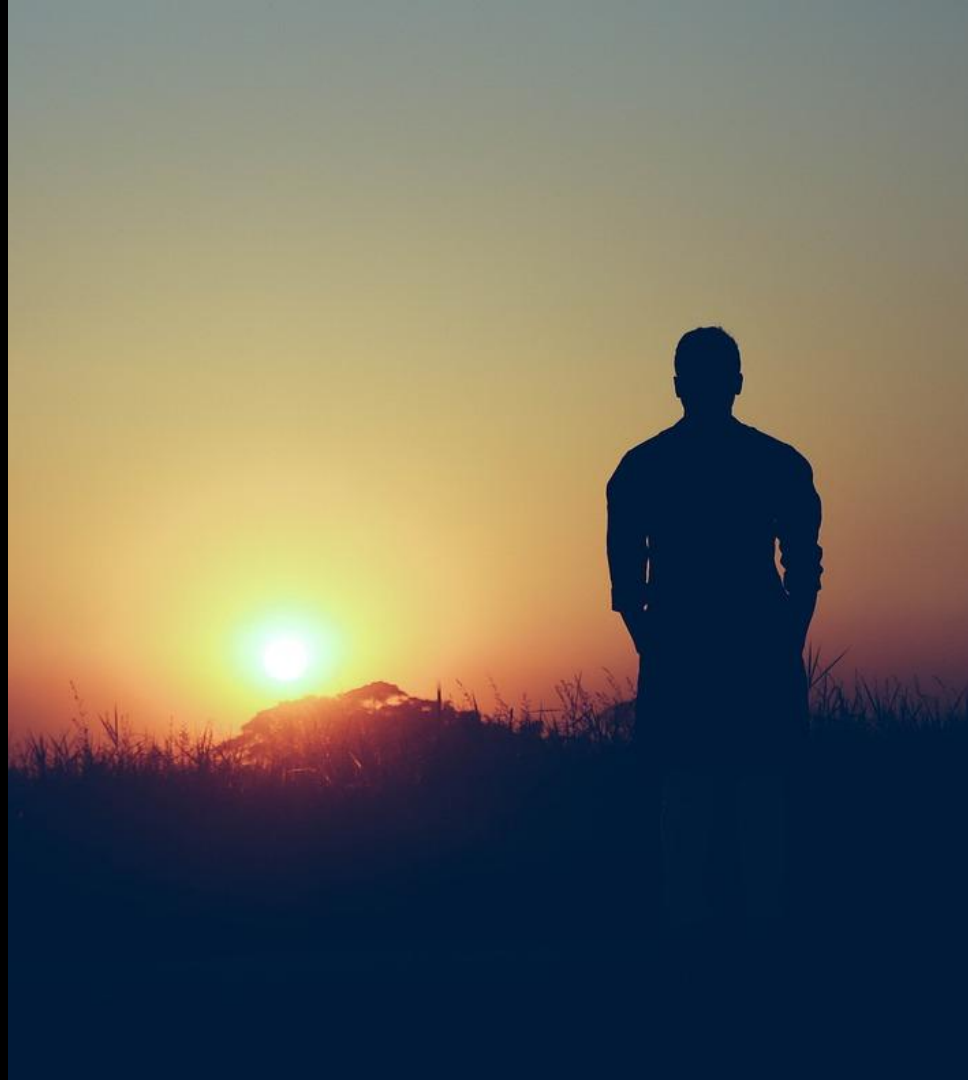
Consommation
électrique
annuelle des
Pays-Bas



Source: IRIS (2024), IEA (2024), Crypto Sustainability Metrics (2025)



3. Au-delà des impacts environnementaux



Fracture numérique

inégalité dans l'accès aux technologies de l'information et la communication

1^{er} degré

L'accès

aux infrastructures numériques

14%

de la population française n'a pas aucun équipement internet

2nd degré

L'usage

difficulté à utiliser les outils

38%

raisons sociales et générationnelles

20%

handicap

17%

illelectronisme



Le numérique exclue: la fracture numérique



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

RGAA: Référentiel Général
d'Amélioration de l'Accessibilité

3%

des sites internet français “**accessibles**”

(CNCPH 2022)



Réseaux sociaux: un monde de fake news et de haine

surprise, dégoût

Les fake news se propagent
6x plus vite
que les autres informations
(MIT 2018)

Chaque mot haineux ajouté à un
post augmente son taux de
partage de

+17%

(Bataille de la Tech)

2/3
des influenceurs
ne vérifient pas leurs sources
(UNESCO 2024)

Perte d'empathie, rupture du lien social



Toujours plus d'écrans: un risque pour la santé

4h

temps d'écran moyen quotidien pour un
usage personnel

1 personne sur 4
passe

plus de 5 heures par jour
sur les écrans pour un usage personnel



Source: ARCEP (2025)

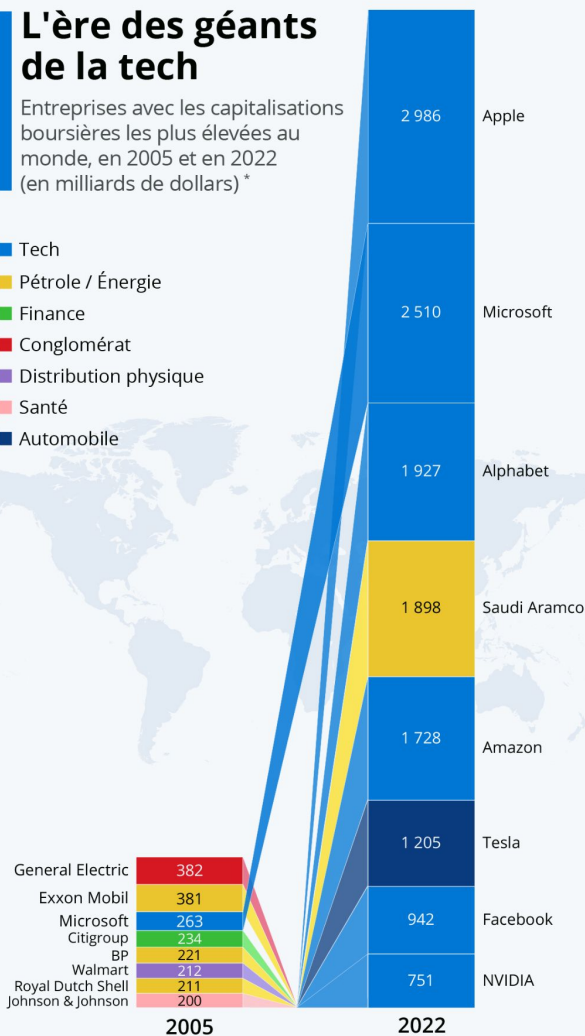


L'ère des géants de la tech

L'ère des géants de la tech

Entreprises avec les capitalisations boursières les plus élevées au monde, en 2005 et en 2022 (en milliards de dollars) *

- Tech
- Pétrole / Énergie
- Finance
- Conglomérat
- Distribution physique
- Santé
- Automobile



Domination
technique
économique
culturelle
politique



Source: Statista (2022)



Messages clés !



Le numérique n'a
rien de dématérialisé,
au contraire il est bien réel



Les **ressources** en
métaux et en énergie
fossiles sont **limitées et
difficiles d'accès** et se
raréfient



Il faut extraire une énorme
quantité de minerais pour
fabriquer un équipement



Les **terminaux utilisateur**
ont globalement le plus d'impact
sur l'environnement



Le **recyclage**
est une solution
mais pas LA solution



Le numérique pose des
difficultés **au-delà de**
l'impact environnemental

Un autre numérique, plus sobre, est possible !



A vous de jouer !

1.

Calculez l'empreinte
carbone pour votre
cas d'usage

2.

Imaginez les
meilleures solutions
pour un numérique
plus responsable pour
votre cas d'usage



Merci !



Frédéric Lemaitre

f.lemaitre@objectif2.eco

+33 7 56 98 18 34

www.objectif2.eco



EI Frédéric Lemaitre - Objectif:2
14, rue le Jardin Hamel 14320 Laize-Clinchamps
SIRET: 952 022 911 00012
TVA: FR66952022911
RCP MAIF 7926471R

Déclaration d'activité enregistrée sous le numéro
28140420414 auprès du préfet de région de Normandie

- ◆ Formateur et consultant en enjeux écologiques
- ◆ Rédacteur de contenu
- ◆ Certifié Bilan Carbone®

