

Impacts environnementaux du numérique

Guillaume LAVOUE
Centrale Lyon – ENISE

Mon parcours

- 2005 - Thèse en informatique
- 2006 - 2020 - Maître de conférences à l'INSA de Lyon, laboratoire LIRIS

Recherche en informatique graphique, traitement d'image et IA

- Depuis 2020 - Professeur des universités à Centrale Lyon – ENISE

Responsable de l'équipe de recherche en réalité virtuelle

- Depuis 2022 - Chargé de mission « transition numérique » à Centrale Lyon
- Depuis 2023 – Co-pilotage du schéma directeur du numérique de l'établissement avec J.L. Garriguenc.
- Intervention « Impacts environnementaux du numérique et du big data » auprès des étudiants de 3^{ème} année Campus Ecully.

D'où vient le contenu que je vais présenter

- Des ressources du GDS EcoInfo, en particulier de plusieurs supports :
 - ✓ « Impacts environnementaux du numérique : comprendre pour mieux agir », Gaël Guennebaud, 2022
 - ✓ « L'informatique verte... moins branchée ? », Anne-Cécile Orgerie, 2022
 - ✓ « Données numériques : une immatérialité qui impacte », Didier Mallarino, 2021
 - ✓ « Mesurer et réduire les impacts du numérique », Anne-Laure Ligozat et Francis Vivat, 2021
 - ✓ « Impact du numérique et de l'IA sur l'environnement », CentraleSupélec, Anne-Laure Ligozat, 2021
 - ✓ « Le numérique, des octets mais aussi des matières premières... », Emmanuelle Frenoux, 2020.
- De diverses ressources de l'ADEME, de l'Arcep, de l'AMUE, du Shift Project
 - ✓ Etude ADEME-Arcep : évaluation de l'empreinte environnementale du numérique en France en 2020, 2030 et 2050 (2023)
 - ✓ Urgence sur les sobriétés numériques !, AMUE : La collection numérique - N°29, 2023
 - ✓ En route vers la sobriété numérique, ADEME, 2022.
 - ✓ La face cachée du numérique, Réduire les impacts du numérique sur l'environnement, ADEME, 2021.
 - ✓ Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne, The Shift Project, 2019
- De diverses lectures et présentations
 - ✓ La Guerre des Métaux Rares, Guillaume Pitron, 2019
 - ✓ L'Enfer numérique. Voyage au bout d'un Like , Guillaume Pitron, 2021
 - ✓ Pour un numérique acceptable et décolonial, Agnès Crepet, 2024



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

Le numérique, industrie non polluante ?

Empreinte environnementale du numérique très largement sous-estimée par ses utilisateurs :

- Miniaturisation des équipements
- Invisibilité des infrastructures et services dans le *cloud*
- Intangibilité des données

Derrière l'intangible, beaucoup de matériels

Derrière l'intangible, beaucoup de matériels

Équipements utilisateurs...

Dans le monde

34
milliards

dont 3,5 milliards
de Smartphone

dont 1,4 milliards
d'ordinateurs



Derrière l'intangible, beaucoup de matériels

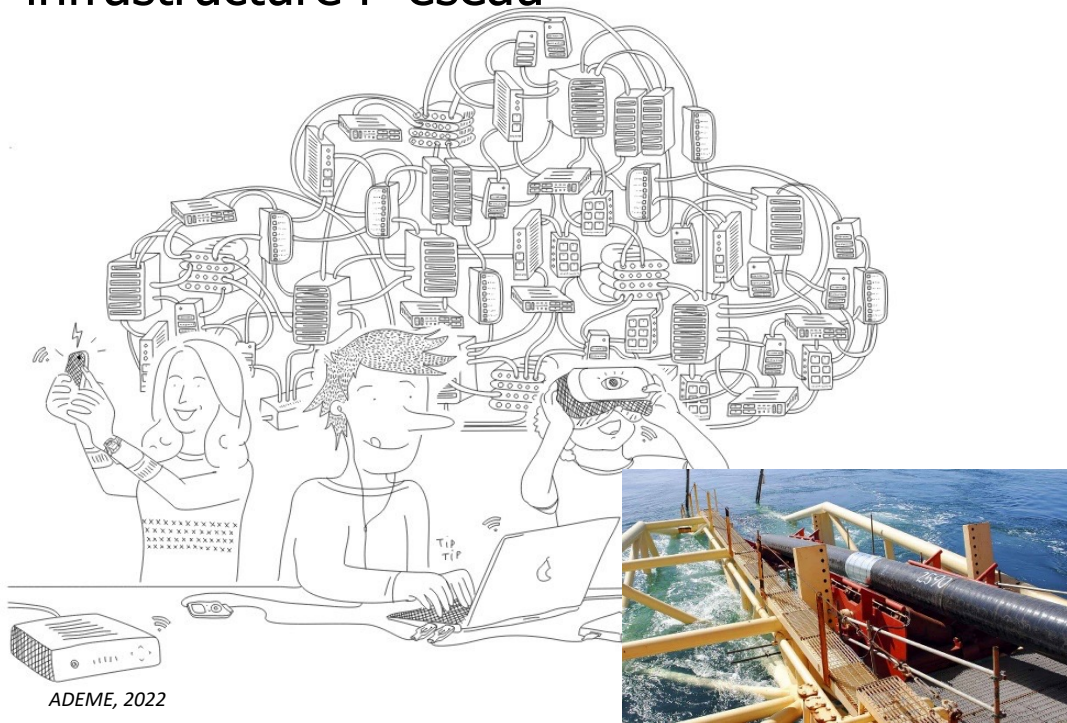
+ data centers et serveurs...



Dalles, Oregon
1,5 terrains de football
100 MWatts
100 000 serveurs

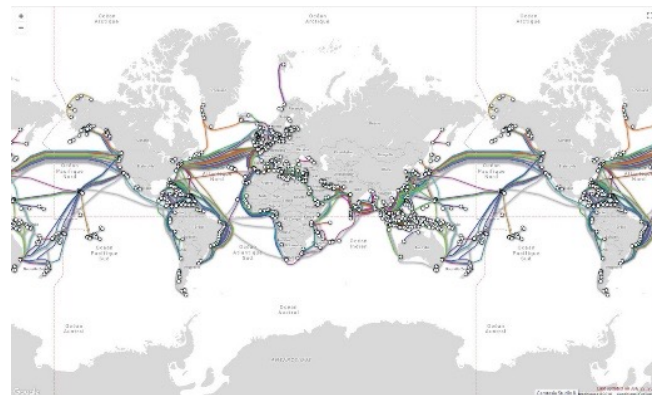
Derrière l'intangible, beaucoup de matériels

+ infrastructure réseau



ADEME, 2022

Dans le monde
99%
du trafic internet
mondial transite par
des câbles sous-marins

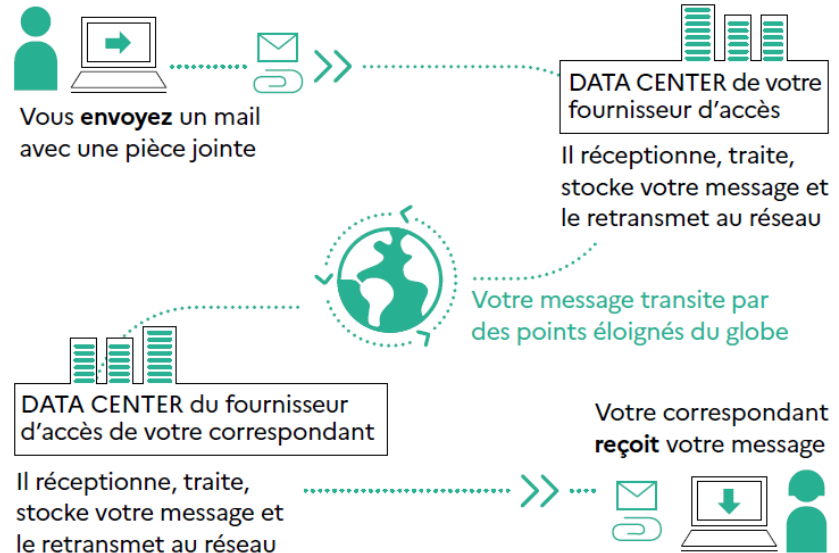


450 câbles; 1,2 Millions de km

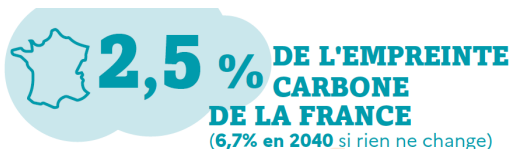
Et beaucoup de transits

Quelle est la distance moyenne parcourue par une donnée numérique (mail, téléchargement, vidéo, requête web...):

15 000 km



Les chiffres



= autant que le secteur des déchets
= l'équivalent de 2 254 km en voiture par habitant

62,5 MILLIONS DE TONNES DE RESSOURCES

extraites par an pour produire et utiliser les équipements numériques

20 millions de tonnes de déchets produits
par an sur tout le cycle de vie



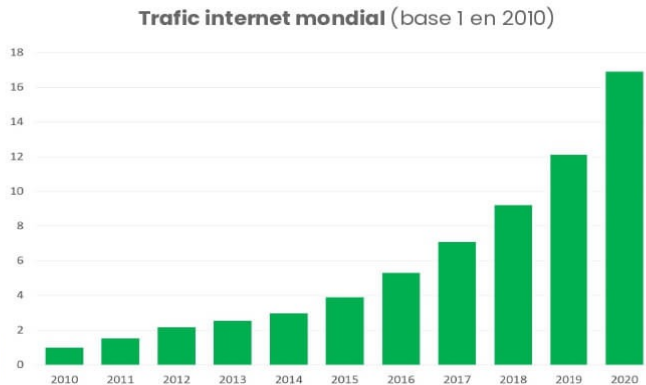
10 % de la consommation électrique française

est liée aux services numériques, soit la consommation de 8,3 millions de foyers

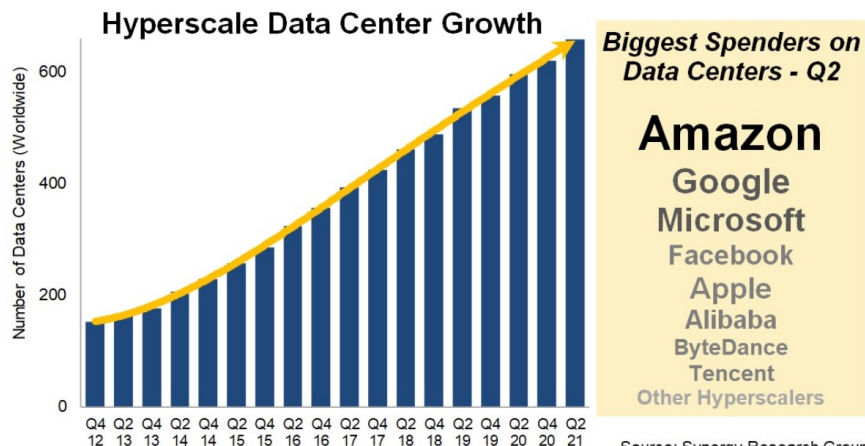


ADEME, 2022

La pente est préoccupante



Source : International Energy Agency, "Global trends in internet traffic[...], 2010-2020"; 2021



Source: Synergy Research Group

Des causes multiples à cette explosion

- Explosion du nombre d'objets connectés (flux vidéos, photos, analyse et mesures en continu)
- Explosion des flux vidéos : > **60 %** du trafic est pris par le flux vidéo
- Forte croissance des capacités de stockage,
- Déploiements de Technologies réseaux à haut débits (fibre optique, 5G, liaisons intercontinentales fibrées)
- « Démocratisation » de l'IA

APP CATEGORY TOTAL VOLUME		
	2022 Categories	Total Volume
1	Video	65.93%
2	Marketplace	5.83%
3	Gaming	5.58%
4	Social Networking	5.26%
5	Cloud	4.98%
6	Web Browsing	4.63%
7	File Sharing	3.39%
8	Messaging	2.30%
9	VPN	1.13%
10	Audio	0.95%

	Brand	2021	2022
1	Google	20.99%	13.85%
2	Netflix	9.39%	13.74%
3	Facebook	15.11%	6.45%
4	Microsoft	3.32%	5.11%
5	Apple	4.18%	4.59%
6	Amazon	3.36%	4.24%
TOTAL		56.35%	47.98%

Quelques faits saillants

Les voitures autonomes sont parties pour générer autour de 4TB de données par jour

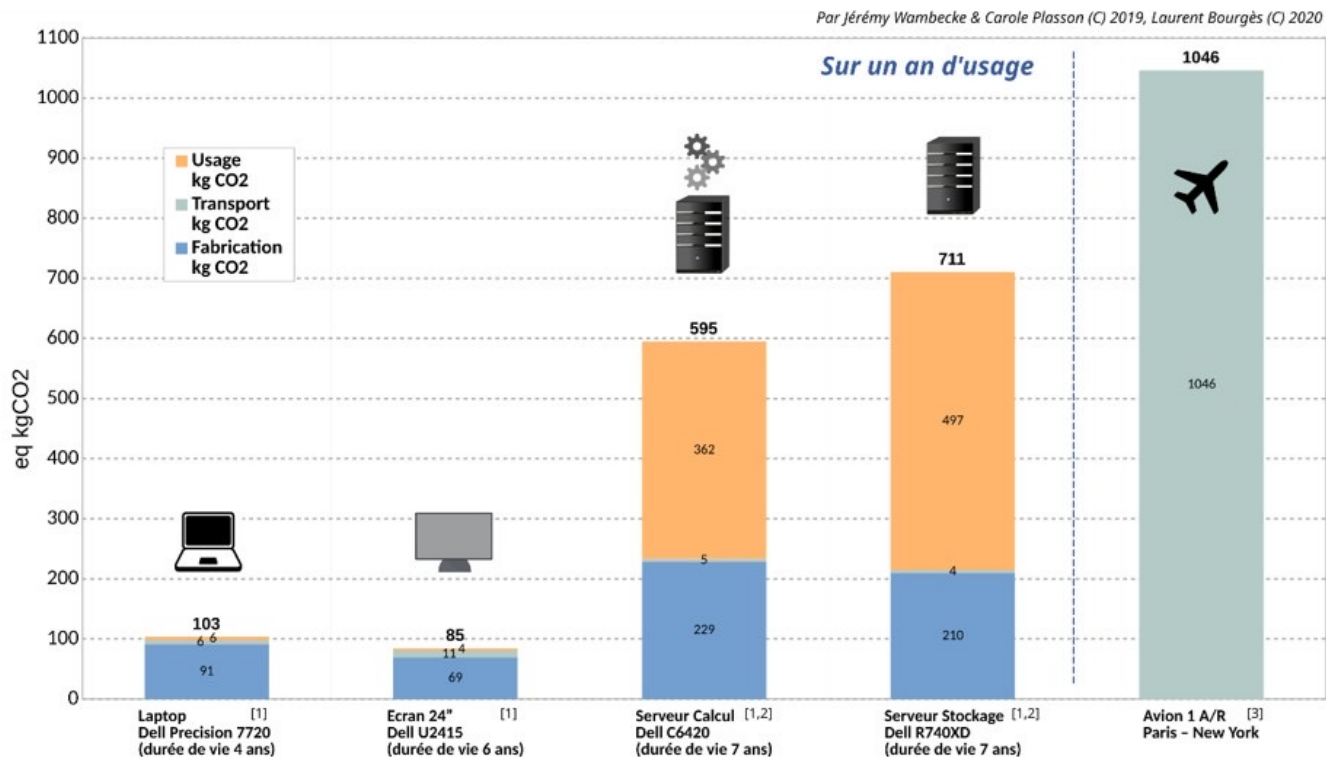
Vos données stockées en ligne sont dupliquées 5 fois en moyenne

Les TIC consomment environ 10 % de l'électricité mondiale, soit l'équivalent de la production de 100 réacteurs nucléaires

Le poids d'une page Web a été multiplié par 115 entre 1995 et 2015 → la durée de vie d'un ordinateur est passée, en trois décennies, de onze... à seulement quatre ans

Aux États-Unis, un adolescent passe >7h de son temps libre par jour devant un écran, dont 3h à regarder des vidéos sur Netflix + 1h sur des réseaux sociaux tels que TikTok, SnapChat, Twitch, House Party ou Discord

Fabrication vs utilisation

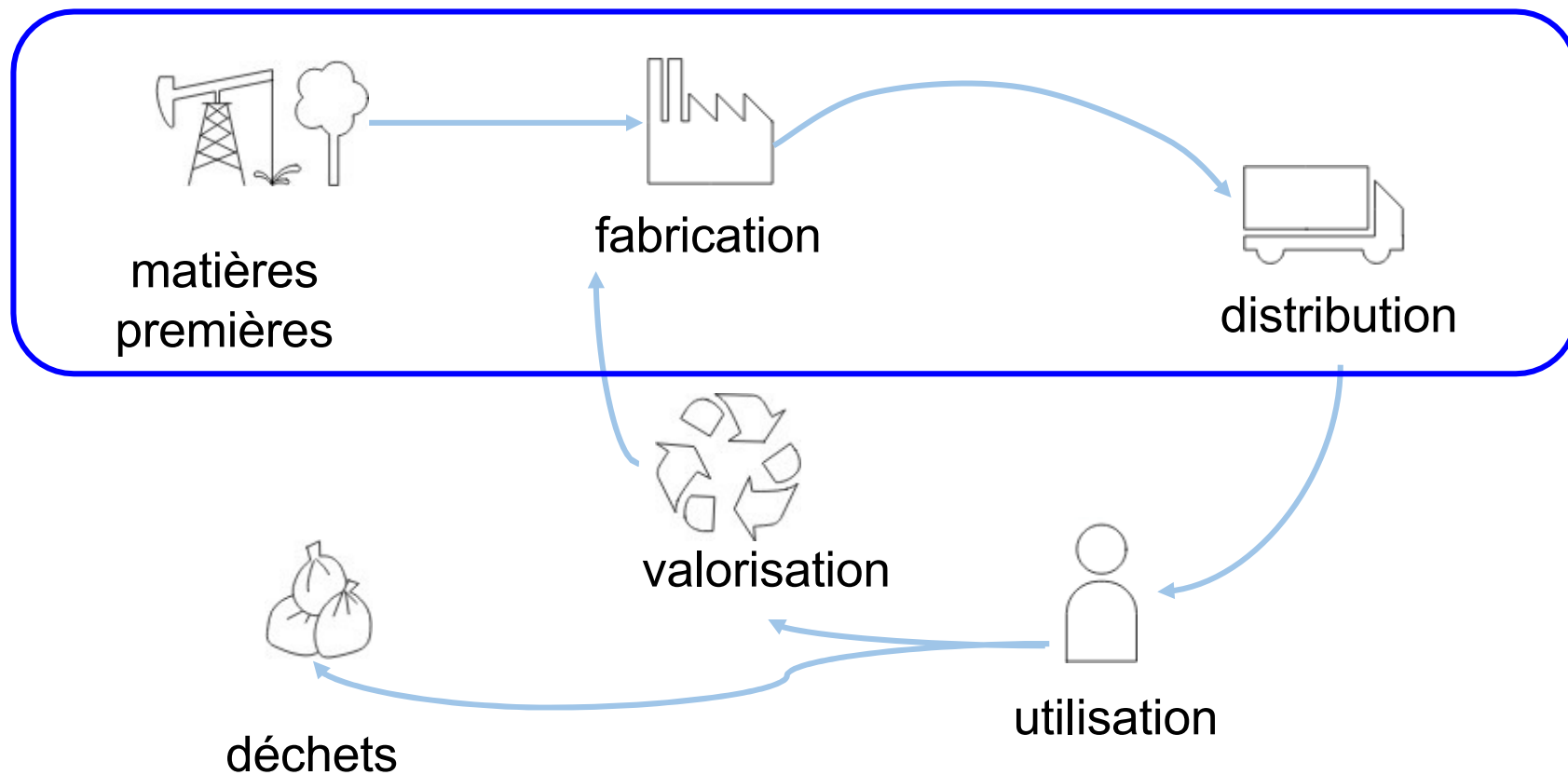


[1] Données Fiches Dell (usage corrigé pour usage FR) : (https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment_carbon_footprint_products)

[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>)

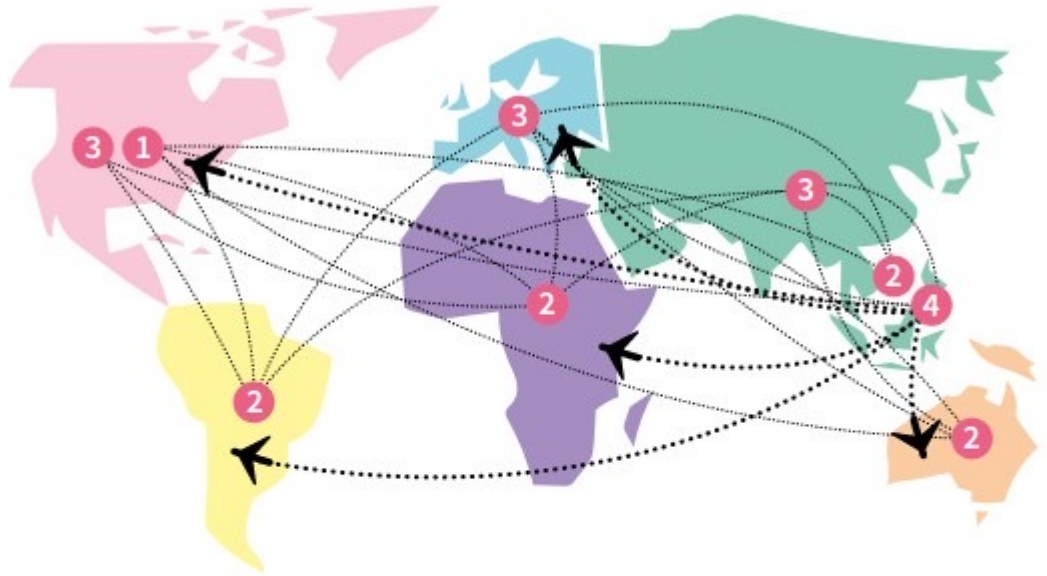
[3] <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>
Facteur d'impact : 0,108 kgCO2e/kWh (FR)

Cycle de vie des équipements numériques



QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE

Transport : tours du monde d'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.

source : ADEME et France Nature Environnement

Des dizaines de matériaux indispensables

The chemical elements of a smartphone



Elements colour key: ● Alkali metal ● Alkaline earth metal ● Transition metal ● Group 13 ● Group 14 ● Group 15 ● Group 16 ● Halogen ● Lanthanide

SCREEN



Touch: Indium tin oxide
Used in a transparent film over the phone's screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen. This is the major use of indium.



Glass: Alumina and silica
On most phones the glass is aluminosilicate glass, a mix of aluminium oxide and silicon dioxide. It also contains potassium ions which help strengthen it.



Colours: Rare earth metals
A variety of rare earth metal-containing compounds are used to help produce the colours in a smartphone's screen. Some of these compounds are also used to help reduce light penetration into the phone. Many of the rare earths occur commonly in the Earth's crust, but often at levels too low to be economically extracted.

BATTERY



Most phones use lithium-ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Sometimes other metals, such as manganese, are used in place of cobalt. The battery casing is often made of aluminium.

ELECTRONICS

Wiring and microelectronics
Copper is used for wiring, and for micro-electrical components along with gold and silver. Tantalum is the major component in micro-capacitors.



Microphones and vibrations
Nickel is used in the microphone and for electrical connections. Rare earth element alloys are used in magnets in the speaker and microphone, and the vibration unit.



The silicon chip
Pure silicon is used to manufacture the chip, which is then oxidised to produce non-conducting regions. Other elements are added to allow the chip to conduct electricity.



Connecting electronics
Tin and lead were used in older solders; newer, lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.



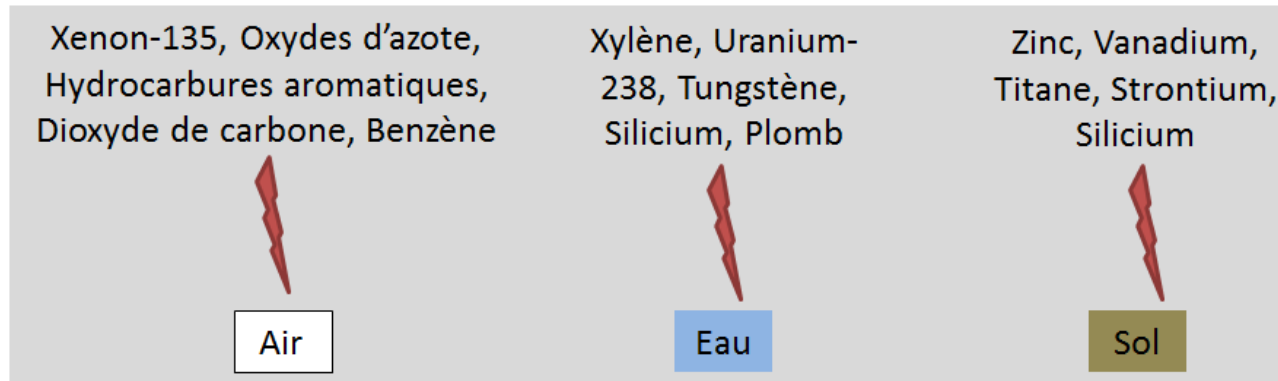
CASING



Magnesium alloy is used to make some phone cases. Many others are made of plastics, which are carbon-based. Plastics will also include flame-retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.



Au-delà de l'impact carbone... la pollution



Groupe ÉcoInfo, CNRS,
 Données de Base EcoInvent V2



Une mine d'extraction de métaux rares dans la région de Baotou dans le nord de la Chine. Photo prise le 6 juillet 2010. — AP/SIPA



Lac toxique de Baotou (Chine)
David Gray / Reuters

Au-delà de l'impact carbone... la pollution



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



Mine de lithium, désert d'Atacama, Chili.
Photo : Catherine Hyland



Extraction de coltan au Kivu (Congo).

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

Repris de Emmanuelle Frenoux, 2020

... les dommages sociétaux ...

Putting planet and people at risk



... et les conditions de travail

Vague de suicides à l'usine chinoise des iPhone

Par Arnaud De La Grange

Publié le 26/05/2010 à 23:03, mis à jour le 26/05/2010 à 23:04

[Copier le lien](#)



LES ECNOS

[À la une](#) [Idées](#) [Économie](#) [Politique](#) [Européennes 2024](#) [Entreprises](#) [Finance - Marchés](#) [Bourse](#) [Monde](#) [Tech-Médias](#) [Start-up](#) [Régions](#) [Patrimoine](#) [Le Mag W-E](#)

Témoignage : en Chine, dans l'enfer de l'usine géante d'iPhone

« Si je pouvais, je m'enfuirais », nous confie un employé de l'usine de Zhengzhou, dans le centre de la Chine, en proie à de violentes manifestations. Propriété du taïwanais Foxconn, le sous-traitant d'Apple, ce site géant tourne avec des salariés confinés de force du fait de la recrudescence des cas de Covid.

Chine: nouveaux suicides dans une usine Foxconn, sous-traitant d'Apple



Suicide en Chine : une étude épingle les usines de la tech

Par AFP le 14.11.2018 à 11h55

[Lecture 2 min.](#)

[+ LUS](#) [+ COMMENTÉS](#) [+ PARTAGÉS](#)



Découverte d'un supraconducteur unique nature



Des produits chimiques omniprésents dans notre quotidien à l'origine de neurologiques ?



Droitiers et gauchers pas égaux devant le ph badminton



Une étoile va illuminer l'avril



Eclipse de Soleil du 8 avril 2024 : où, quand et comment l'observer ?

NEWSLETTER SCIENCES ET Avenir



Créez vous un compte pour nos newsletters

Entrez votre adresse e-mail

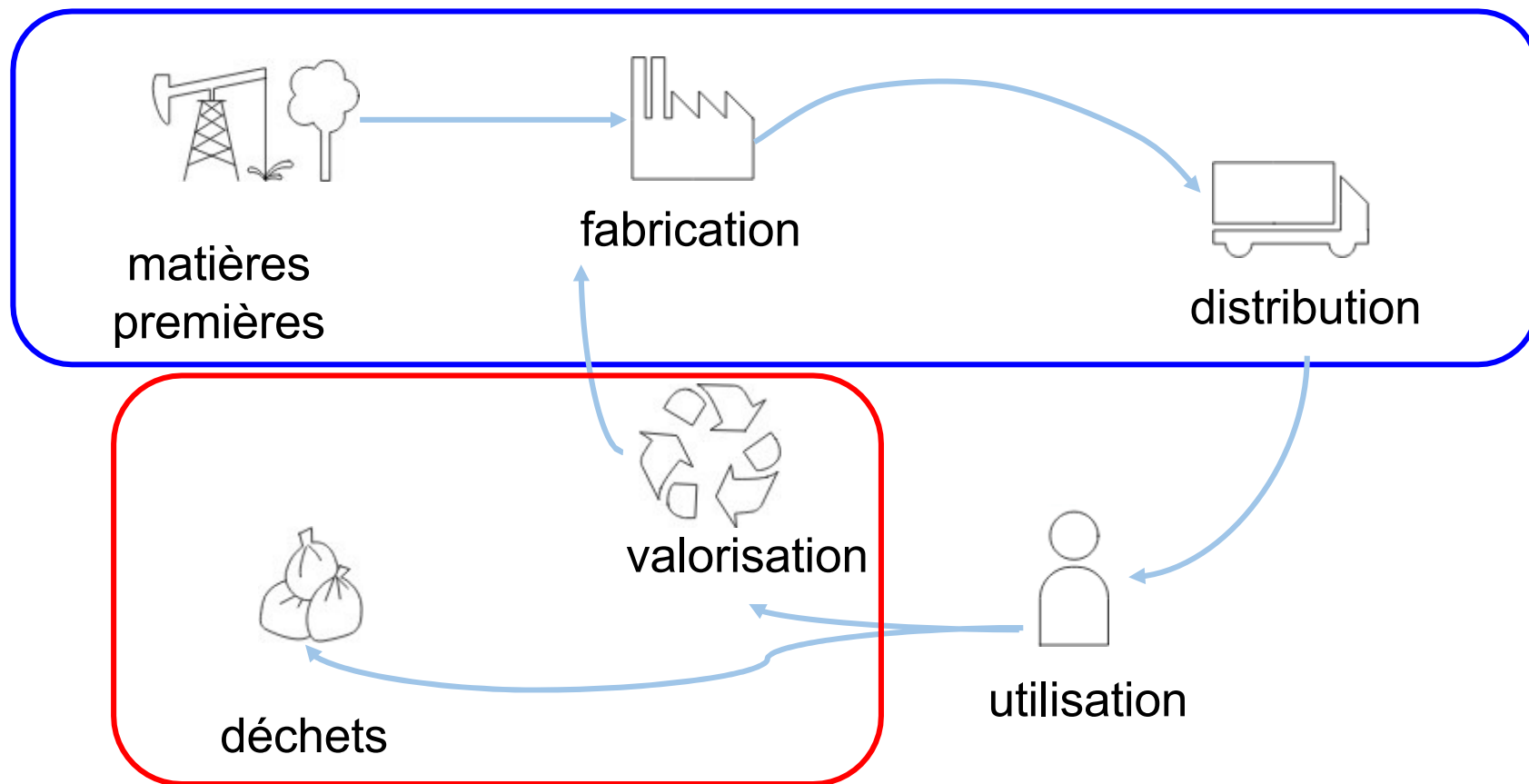
[Je crée mon compte](#)



les conditions de travail dans les usines en Chine qui fournissent Les géants mondiaux de l'électronique contribuent au suicide d'employés, affirme une étude publiée mercredi

AFP/ARCHIVES - STR

Cycle de vie des équipements numériques



Déchets électroniques

DEEE : Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques.

WEEE : *Waste Electronic and Electrical Equipment.*



Seuls 17.4% des DEEE passent par une filière de collecte agréée

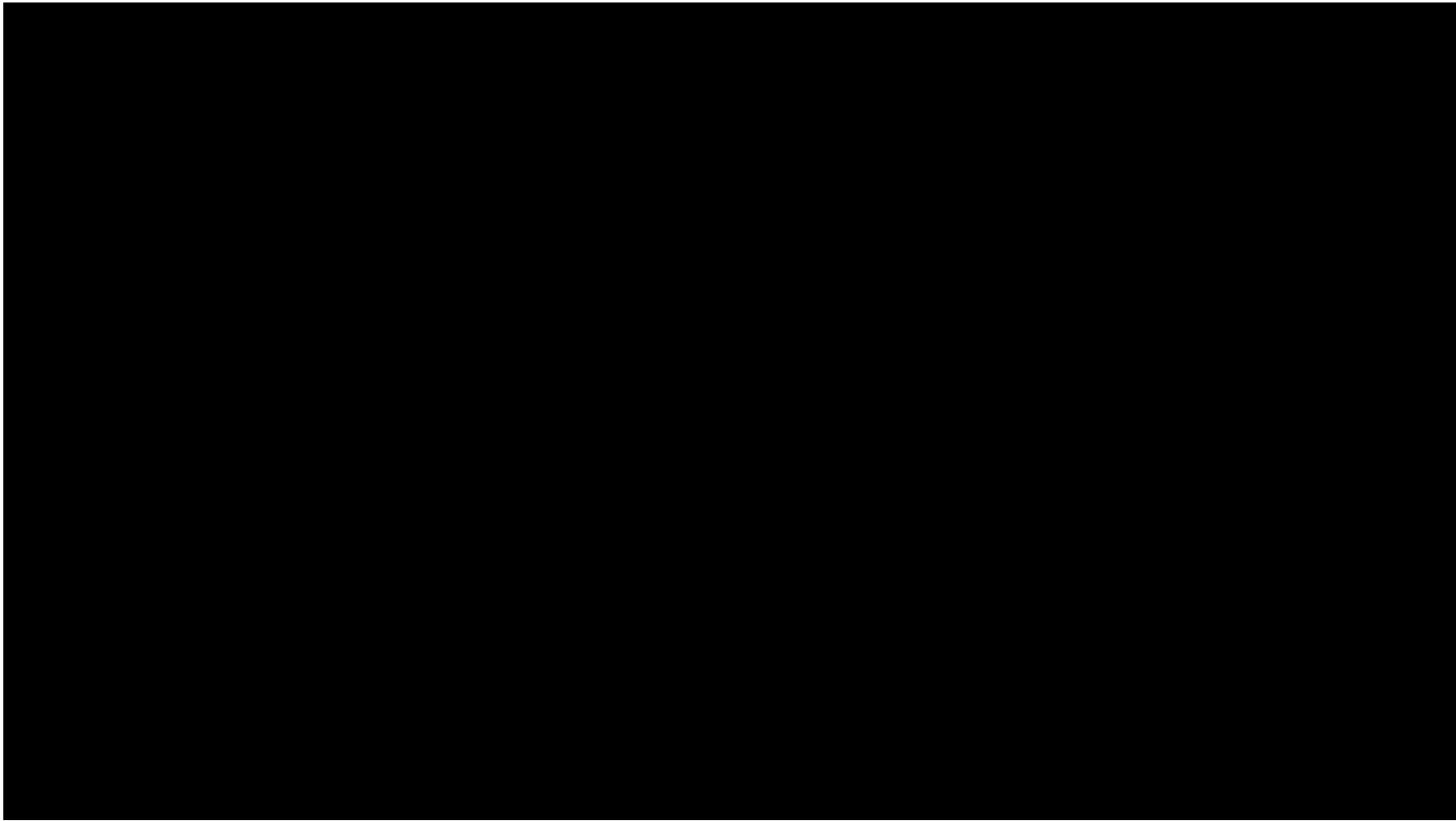
Même dans ces filières « propres », le taux de recyclage très faible (<1% pour certains métaux)

... Routes de déchets

Décharge d'Agbogbloshie, Ghana

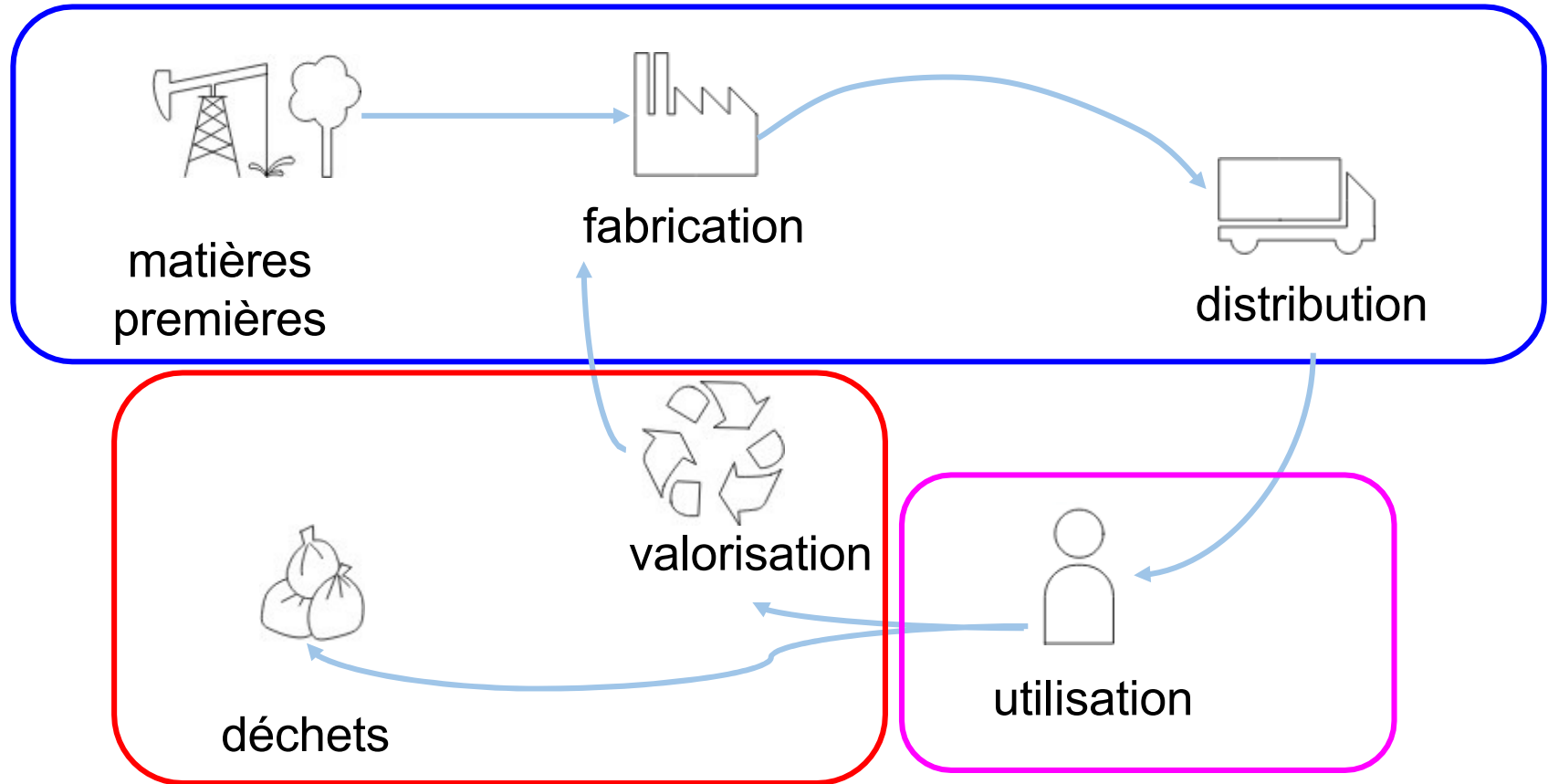


80% des DEEE sont envoyés illégalement dans des pays en développement, dont bon nombre en Afrique, selon la Banque mondiale.

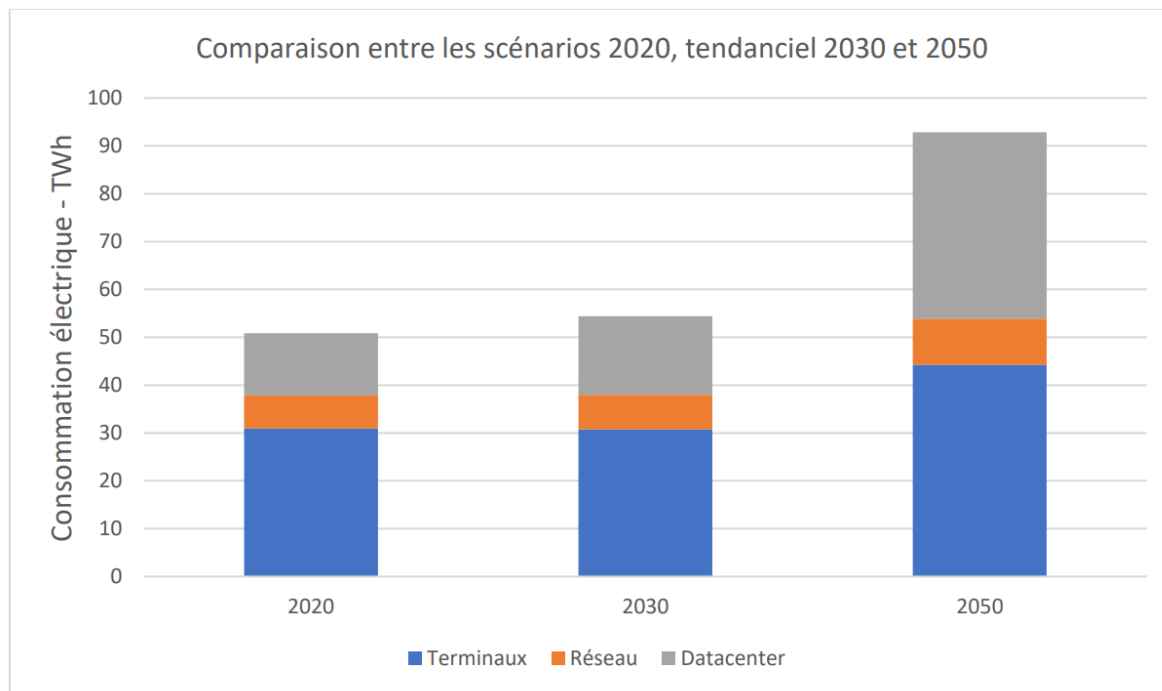


<https://www.fairphone.com/fr/behind-the-screens/>

Cycle de vie des équipements numériques



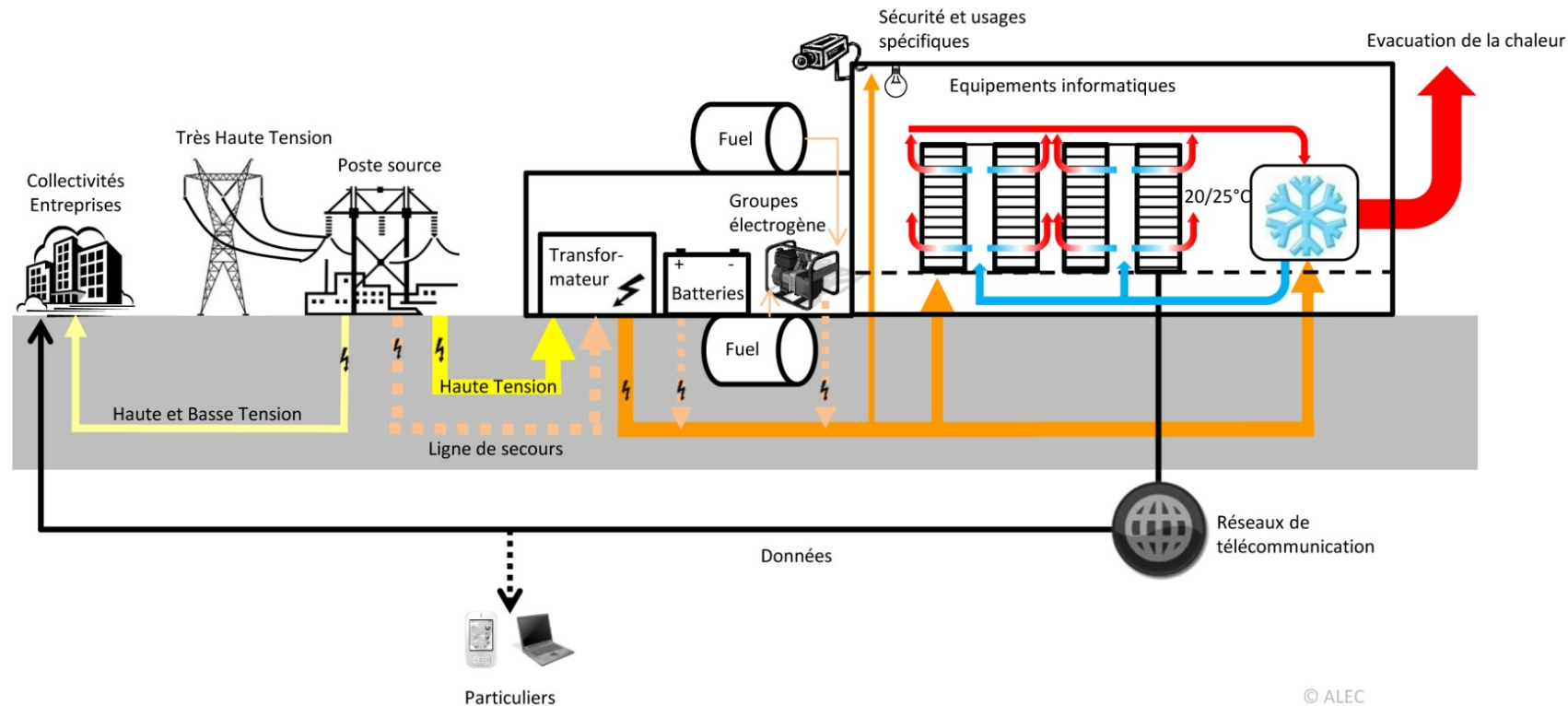
Premier enjeu, la consommation électrique



Etude ADEME – Arcep sur l’empreinte environnementale numérique en 2020, 2030 et 2050

« Ce sont surtout les centres de données qui devraient connaître la plus forte progression de consommation électrique sur la période 2020-2050 »

Aperçu d'un *data center*



Source : ALEC, Les data centers sur Plaine Commune, 2013

<https://www.alec-plaineco.org/IMG/pdf/alec-plaine-commune-2013-les-data-centers-sur-plaine-commune.pdf>

Le problème de l'énergie

Dutch call a halt to new massive data centres, while rules are worked out

February 17, 2022



“Hyperscale data centres take up a lot of space and use an unreasonable amount of the available green energy,” De Jonge said. “That is why the cabinet wants to prevent them being built all over the country.””

Les barrages, un outil controversé dans la lutte contre le changement climatique

Alors que les conditions météorologiques extrêmes dues au changement climatique entraînent des transformations importantes dans les cours d'eau du monde, le débat concernant le rôle que devraient ou non jouer les barrages s'intensifie.

DE STEFAN LOVGRÉN |
PUBLICATION 19 OCT. 2022, 09:45 CEST



Attention à l'énergie "verte"

Le problème de l'eau

Consommation d'eau dans les datacenters : brisons l'omerta !

DEPLOY • Yann Lechelle • 11/06/22 • Temps de lecture 3 min

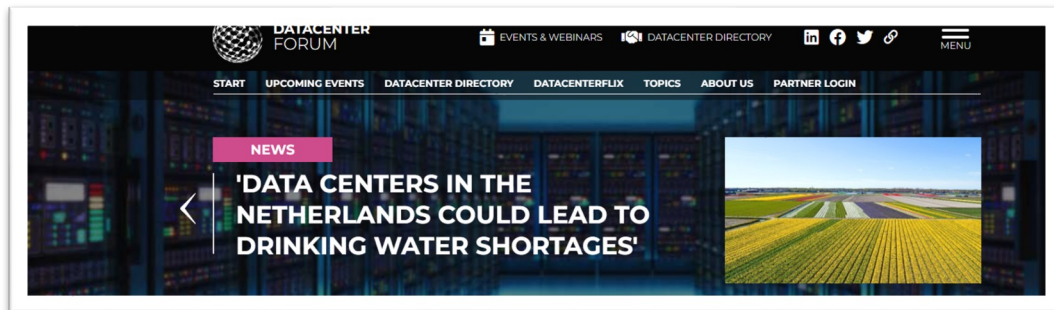
Eau et rivières

Data centers : leur consommation d'eau va exploser

HOME > NEWS > UK & IRELAND

Politician asks Irish Water to clamp down on wasteful data centers

As households face water restrictions, Labour's Duncan Smith says facilities should be forced to retrofit



The screenshot shows the Datacenter Forum website. The header includes the logo, navigation links for 'EVENTS & WEBINARS', 'DATACENTER DIRECTORY', and social media icons. The main navigation bar lists 'START', 'UPCOMING EVENTS', 'DATACENTER DIRECTORY', 'DATACENTERFLIX', 'TOPICS', 'ABOUT US', and 'PARTNER LOGIN'. A 'NEWS' section is highlighted, featuring a large article with the headline 'DATA CENTERS IN THE NETHERLANDS COULD LEAD TO DRINKING WATER SHORTAGES'. The article image shows a data center aisle on the left and a field of colorful flowers on the right.

SCIENCE & ENVIRONMENT

Residents seek more transparency from Google in water deal with The Dalles



By Bradley W. Parks (OPB)

Bend, Ore. Sept. 29, 2021 11:55 p.m.

Google forbids city officials from disclosing how much water the tech giant plans to use for a new data center. This shroud of secrecy is not sitting well with area residents.

Zoom sur l'IA

Qu'est-ce qui consomme quand on fait tourner un programme d'IA ?

Serveur sur lequel le programme tourne

ce qui consomme :

- CPU
- GPU
- DRAM
- autres

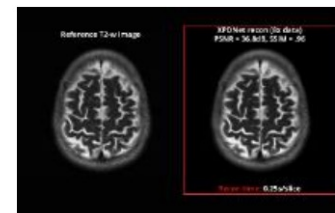
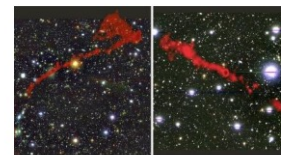


Utilisation du supercalculateur

Novembre 2020

Type de jobs	Nombre de jobs	Nombre d'heures
CPU - heures par cœur	517 543	40 865 843
GPU - heures par GPU	85 043	1 458 729

- 1 heure de calcul sur la partition CPU de Jean Zay (i.e. 1 h.cœur) consomme 10 Wh
 - 1 heure de calcul sur la partition GPU de Jean Zay (i.e. 1 h.GPU) consomme 482 Wh
- Si on prend en compte la récupération de chaleur, ces chiffres deviennent :
- 1 heure de calcul sur la partition CPU de Jean Zay (i.e. 1 h.cœur) consomme 5,3 Wh
 - 1 heure de calcul sur la partition GPU de Jean Zay (i.e. 1 h.GPU) consomme 259 Wh



ESTIMATING THE CARBON FOOTPRINT OF BLOOM, A 176B PARAMETER LANGUAGE MODEL

Alexandra Sasha Luccioni
Hugging Face
sasha.luccioni@hf.co

Sylvain Viguiet
Graphcore
sylvainv@graphcore.ai

Anne-Laure Ligozat
LISN & ENSIE
anne-laure.ligozat
@lisn.upsaclay.fr

ABSTRACT

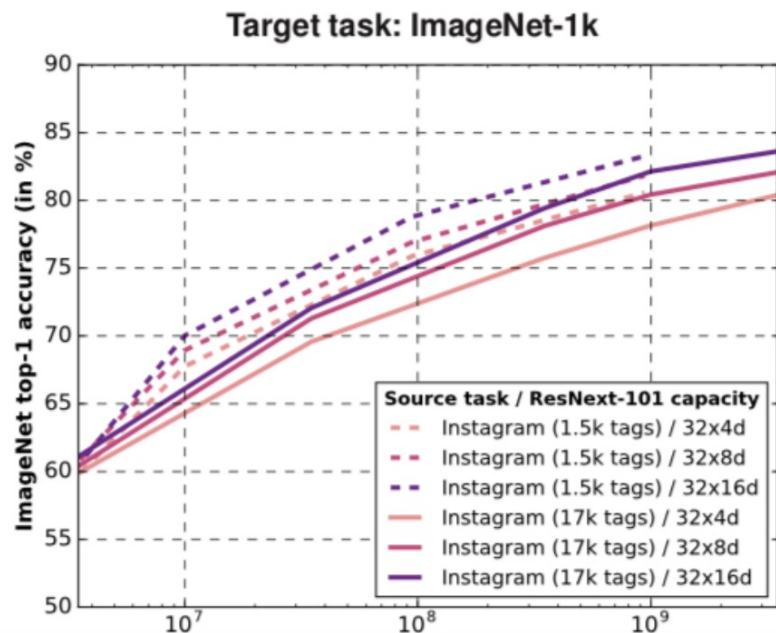
Progress in machine learning (ML) comes with a cost to the environment, given that training ML models requires significant computational resources, energy and materials. In the aim to quantify the carbon footprint of BLOOM, a 176-billion parameter language life cycle. We estimate that BLOOM's final training emitted approximately 24.7 we consider only the dynamic power consumption, and 50.5 tonnes if we account ranging from equipment manufacturing to energy-based operational consumption the energy requirements and carbon emissions of its deployment for inference v receiving user queries in real-time. We conclude with a discussion regarding the di estimating the carbon footprint of ML models and future research directions t towards improving carbon emissions reporting.

Total training time	118 days, 5 hours, 41 min
Total number of GPU hours	1,082,990 hours
Total energy used	433,196 kWh
GPU models used	Nvidia A100 80GB
Carbon intensity of the energy grid	57 gCO ₂ eq/kWh

Red vs Green AI [Schwartz et al., 2019]

Red AI

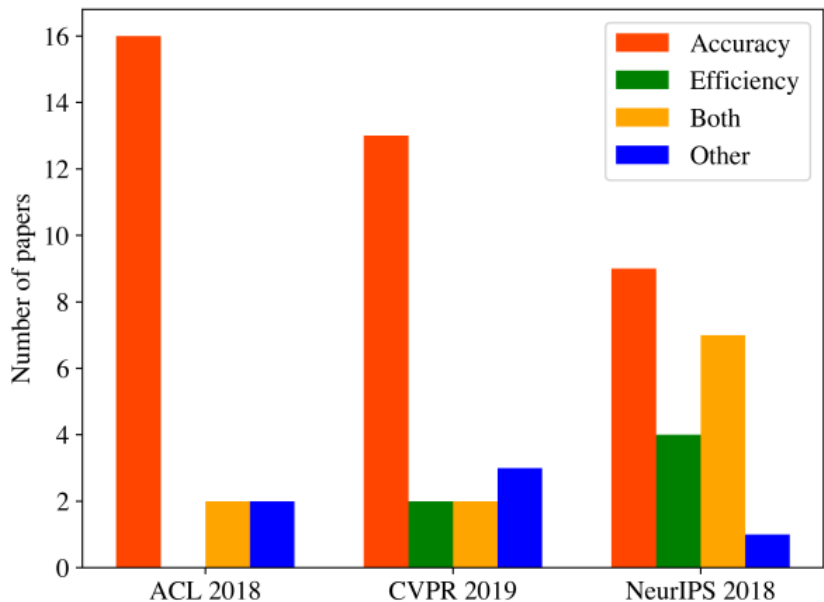
- Obtenir la meilleure précision possible en augmentant la puissance de calcul.
- Malheureusement relation logarithmique entre la précision et le nb de paramètres et la quantité de données d'entraînement.
- Le ticket d'entrée est de plus en plus grand
- Utile dans une certaine mesure mais ne doit pas rester l'exclusivité



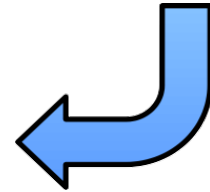
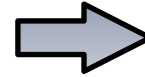
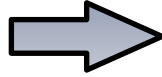
Red vs Green AI [[Schwartz et al., 2019](#)]

Green AI

- L'objectif est de produire de meilleurs résultats / aussi bon sans augmenter les coût de calcul, voir en les réduisant.
- L'efficacité, plutôt que la précision, devient la métrique d'évaluation prioritaire/



En résumé



En résumé

- Le bilan énergétique et CO₂ du numérique est préoccupant, mais...
... d'autres indicateurs environnementaux et sociétaux le sont bien plus.
- La « dématérialisation » cache une réalité bien matériel...
... et tout est orchestré pour la dissimuler.
e.g., cloud, fausse gratuité, sur-dimensionnement, no limit

- Effets rebonds

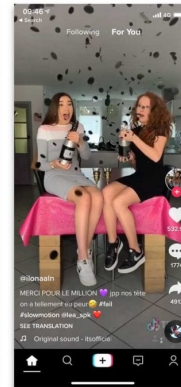
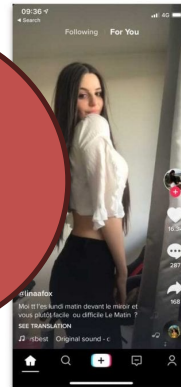
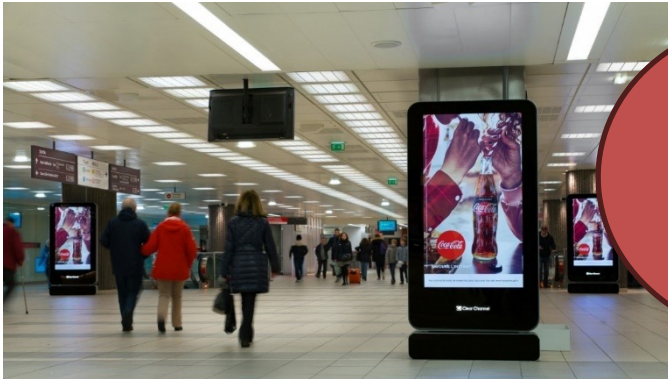
Les besoins vont continuer d'augmenter → sur-dimensionnement → appel d'air → l'usage augmente → ...

→ **Un numérique « raisonné », responsable ? Que faire à notre échelle ?**

Recommandations

Un principe général

Réfléchir, dans nos usages du numérique, en termes de **coût - bénéfice**



Acheter moins et mieux (le plus important)

- Prolonger la durée de vie des matériels, acheter moins
- Acheter du matériel eco-conçu, garanti longtemps, réparable ou reconditionné

ex. fairphone, frankenphone, frame.work, why, iodé

Prenant en compte des critères d'achat responsables

- Amenez le matériel irréparable dans des points de collecte DEEE

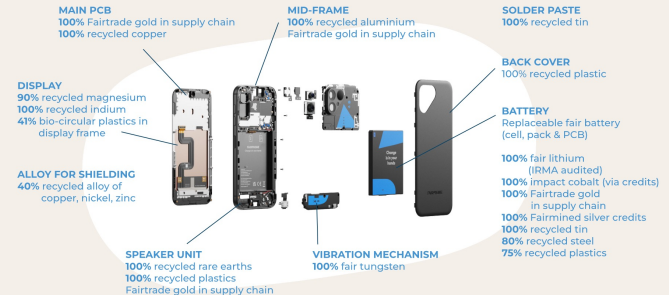
Ex. Fairphone

Easy to repair

- Modular design (10 modules)
- DIY repair with spare parts
- Extension of warranty to 5 years for free



Fair focus materials



Comment réduire notre consommation électrique et de flux de données

- **Éteindre les appareils**, box, écran, smartphones, imprimante. *Multiprise avec interrupteur.*
- Privilégiez le wifi à la 4G/5G quand c'est possible (l'impact énergétique global est bien moindre).
- **Désactiver la lecture automatique des vidéos** (par ex. sur facebook, instagram, twitter). **Utiliser des bloqueurs de pubs.**
- **Préférez le téléchargement au streaming.** Vérifier la résolution lors du streaming vidéo (ex. sur youtube, netflix).
- **Eviter les images dans les signatures de mail**, limiter le nombre de destinataires non nécessaires.
- **Faire le tri** dans nos données stockées dans le cloud (photos, vidéos, emails, réseaux sociaux, sauvegardes)

Quelques échelles de taille

Vidéo

- Film d'1h30 en 720p (1280 x 720) : 1.2 Go
- Film d'1h30 en 1080p (1920 x 1080) : 2 Go (3Mb/s)
- Film d'1h30 en 4K (3840 x 2160) : 25Go

Jeux vidéo

- 5Mb/s (min recommandé)

Image

- 4000*3000 : entre 3 et 10 Mo
- Compression sous-utilisée

Email

- Entre 15 et 50Ko (sans pièce-jointe ou image)

1 film HD = 100 000 emails, 1 image = 150 emails (attention l'usage réseau est différent)



3.5 Mo



0.6 Mo

Quelques recommandations logicielles

Navigateur web

- Brave (respect de la vie privée, pas de pub, rapide et léger, open-source)
- Firefox (+add-ons UBlock origin, ghostery)

Moteur de recherche

- Lilo (méta-moteur hébergé en France)
- Duck duck go

Privilégier **les logiciels libres, plus respectueux des données**, donc ils communiquent moins de données, et réduisent les problèmes d'obsolescence

Loi Réduire E_mpreinte E_nvironnementale du N_umérique (2021)

- Enseigner la sobriété numérique
- Limiter le renouvellement des terminaux (*pratiques commerciales vertueuses*)
- *Plus d'interdictions liées à l'obsolescence programmée (matérielle et logicielle)*
- Promouvoir le « reconditionné » et faciliter le travail des reconditionneurs (l'article interdit de limiter l'accès aux pièces détachées, informations ..)
- Augmenter les objectifs de recyclage par catégorie (Les objectifs de recyclage, réemploi et réparation des éco-organismes (ou systèmes individuels agréés) sont « déclinés de manière spécifique pour certains biens comportant des éléments numériques », au plus tard au 1^{er} janvier 2028.)
- Création d'un observatoire des impacts environnementaux du numérique pour « analyser et quantifier les impacts directs et indirects du numérique sur l'environnement ainsi que la contribution apportée par le numérique, notamment l'intelligence artificielle, à la transition écologique et solidaire. Il élabore une définition de la sobriété numérique. » Il est placé auprès de l'Ademe et de l'Arcep

Qu'en penser ?

Des premiers pas dans la bonne directions

- Favorise (un peu) l'allongement de la durée de vie des équipements
 - Lutte contre l'obsolescence (mais aussi des freins au reconditionné)
- Responsabilisation d'une partie des acteurs institutionnels et des producteurs (recyclage)
- Formation

Mais aucune mesure vraiment contraignante ou limitante, rien sur :

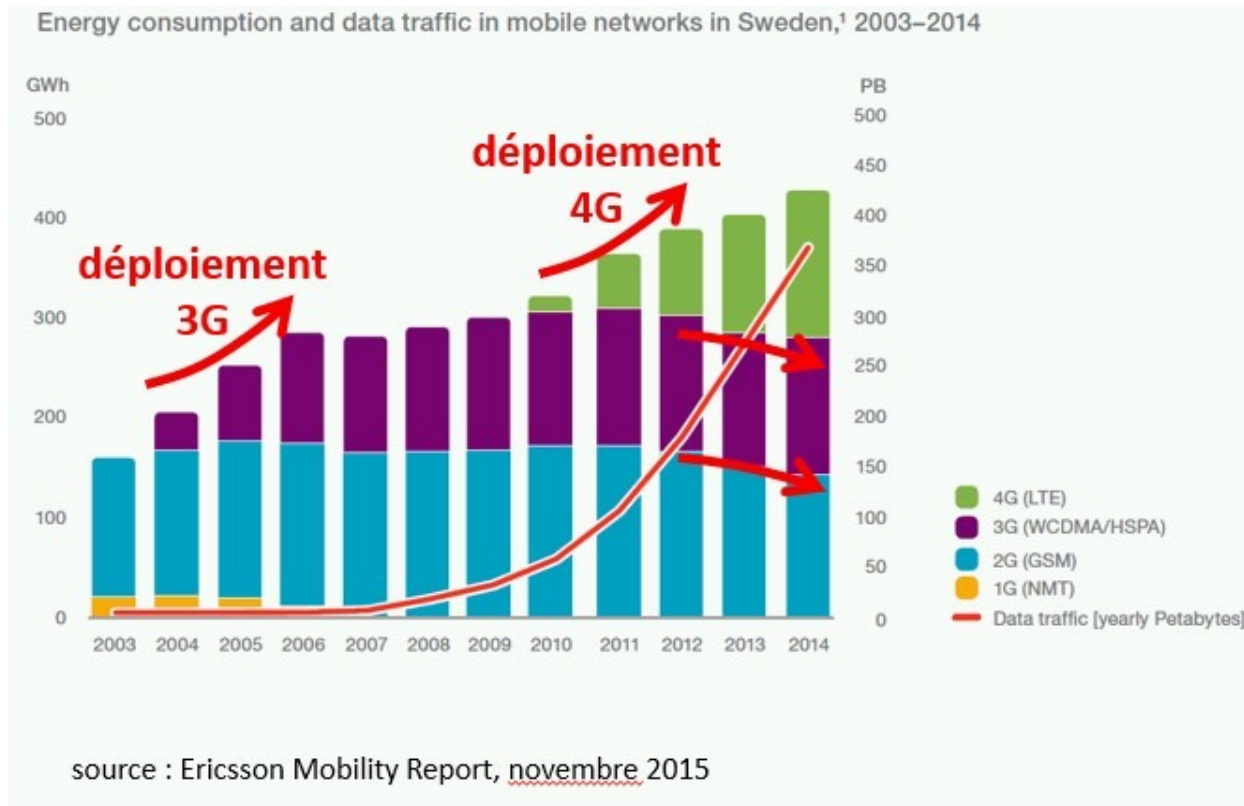
- Durée de garantie sérieuse
- Réduire les publicités
- Lutter contre l'obsolescence logiciel
- Maîtriser les volumes de données
- Réduire le nombre d'équipements
- Limiter le nombre d'écrans (ils sont partout et toujours plus)
- Limiter le développement de nouvelles techno superflues
- ...

Éléments de réflexion sur nos usages

Un débat d'actualité : la 5G

De nombreux points de controverses, en particulier sur la hausse de la consommation d'énergie.

<https://gauthierroussilhe.com/ressources/la-controverse-de-la-5g>



Un débat d'actualité : la 5G

Controverse énergétique : + de données, + d'infrastructure, + de terminaux

Controverse économique : Coût très important pour les opérateurs → hausse du prix des forfaits, aggravation des inégalités dans les zones rurales

Controverse foncière: un maillage d'antennes très dense doit être déployé (4 à 5 fois plus de stations 5G pour la même couverture que la 4G, en pratique, multiplication par 20)

Controverse sanitaire : effets des radiofréquences et des micro-ondes sur la santé. Aujourd'hui on ne peut pas assurer qu'il n'y en a pas. Aucune étude spécifique, les opérateurs avancent à l'aveugle

Controverse Géopolitique : Il existe 5 grands groupes capables de produire des infrastructures 5G : Ericsson (Suède), Nokia (Finlande), Huawei (Chine), ZTE (Chine) et Samsung (Corée du sud).

→ souveraineté, sécurité, espionnage, etc..

Un débat d'actualité : la 5G

Top des vendeurs globaux d'équipements 5G

5G Key Global Vendors

Vendor	Country	Technology sectors primary	Technology sectors secondary	Notes
Ericsson	Sweden	Network equipment, integration	Fiber backhaul	Joint work on end-to-end services with Fujitsu
Nokia	Finland	Network equipment, integration	Fiber backhaul, edge devices	
Huawei	China	Network equipment, integration	Fiber backhaul, edge devices	
ZTE	China	Network equipment, integration	Fiber backhaul, edge devices	
Samsung	South Korea	Network equipment, integration	Edge devices	Joint development of base stations with NEC
LG	South Korea	Edge devices		
Qualcomm	US	Mobile chipsets, modems	Infrastructure semiconductors	
Intel	US	Mobile chipsets, modems		
Broadcom	US	Mobile chipsets, other ICs		
Cisco	US	Data center equipment, routers		
InterDigital	US	IoT devices		
NXP	Netherlands	IoT devices		
Alcatel Lucent	France	Fiber connectivity	Fiber backhaul	
Fujitsu	Japan	Edge devices, systems integration		
NEC	Japan	Network equipment		
NTT	Japan	Edge devices		
Panasonic	Japan	Edge devices		

Et la 6G pour après ?

*"La 6G offrira des gains de performances selon les métriques habituelles de capacité, latence et fiabilité des connexions, mais aspire à bien plus que cela. Elle vise à entrer de manière plus étroite dans notre quotidien en créant **l'internet des sens**. La combinaison des capacités de détection multimodale avec les technologies cognitives rendra possible l'analyse des modèles de comportement, préférences et émotions des utilisateurs, **créant ainsi un sixième sens qui anticipe les besoins des utilisateurs**. Cela permettra des interactions avec le monde physique d'une manière beaucoup plus intuitive."*

[La 6G : vers une convergence des mondes humains, physiques et numériques ?](#)

Le numérique comme solution pour la transition écologique, oui mais...

Plus de numérique pour améliorer d'autres secteurs ?

Optimisation

- des flux de transport (personnes et marchandises)
 - augmente le trafic
 - créer un monde en flux tendu, quid de la résilience ?

Dépendances

- à des outils complexes et difficiles à maîtriser
 - verrouillages socio-technologiques
- à des ressources non locales

**exacerbé
par l'IA**

Intelligence artificielle: un plan de
2,2 milliards d'euros pour faire de la
France « un champion » du secteur

AFP
- 09/10/2022



Ex. Agriculture-Numérique

Livre blanc Agriculture-Numérique Inria-Inrae

- <https://www.inria.fr/fr/livre-blanc-inria-agriculture-numerique>
- Chapitre 5 – Risques
 - 1) Compromettre la transition écologique de l'agriculture
 - Verrouiller la transition agroécologique, Distendre le lien de l'Homme à la nature, Contribuer à l'empreinte environnementale croissante du numérique
 - 2) Renforcement des inégalités et des rapports de forces
 - Des risques d'exclusion, Perte d'autonomie des agriculteurs, Contrôle par l'aval et par l'amont, Accès à l'information et à la formation, et quel rôle pour le conseil ?
 - 3) Perte de souveraineté
 - Perte d'autonomie dans la maîtrise de l'alimentation, Confiscation des données agricoles, Perte de maîtrise de l'outil de production, Un enjeu de cybersécurité
 - 4) Accentuation de vulnérabilités et rendements négatifs
 - Vulnérabilités du système agroalimentaire, Complexification, rendements décroissants et risques associés



À regarder

- La tragédie électronique, Arte (2014)
 - https://boutique.arte.tv/detail/tragedie_electronique
- Déchets électroniques, le grand détournement, France 5 (2019)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=uZI99xZDVkg>
- Conf TEDxLille de Guillaume Pitron sur les métaux rares (2018)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=LWUUDLBYb-Q&feature=youtu.be>
- La Face Cachée des énergies vertes, Arte (2020)
 - <https://boutique.arte.tv/detail/la-face-cachee-des-energies-vertes>
- Discours de Denis Mukwege, prix Nobel de la paix, le 10 décembre 2018. Source : <https://www.youtube.com/watch?v=whsRdYLvMw4>
(à partir de 9mn sur les ressources naturelles)

Articles de presse

- <https://www.dutchnews.nl/2022/02/dutch-call-a-halt-to-new-massive-data-centres-while-rules-are-worked-out/>
- <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2022/10/les-barrages-un-outil-controverse-dans-la-lutte-contre-le-changement-climatique>
- <https://fondationdaniellemitterrand.org/grands-barrages-fausse-energie-verte-et-vraie-menace-pour-les-peuples/>
- <https://lejournel.cnrs.fr/articles/penser-des-datacenters-moins-energivores>
- <https://www.opb.org/article/2021/09/29/google-water-data-center-the-dalles-oregon/>
- <https://reporterre.net/Data-centers-leur-consommation-d-eau-va-exploser>
- <https://www.scaleway.com/fr/blog/consommation-deau-dans-les-datacenters-brisons-lomerta/>
- https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/societe-africaine/la-decharge-de-dechets-electroniques-dagboglobhie-veritable-defi-economique-et-environnemental-pour-le-ghana_3863287.html

Article « Agir vers la sobriété numérique » du GDS ECO Info

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2021/03/01/agir-vers-la-sobriete-numerique/>

À faire

The screenshot shows the FUN MOOC website interface. At the top, there is a navigation bar with the FUN MOOC logo, a search bar, and links for INSCRIPTION, CONNEXION, and FAQ. Below the navigation bar, there are tabs for Accueil, Actualités, Cours, GRADEO, Diplômes, and Etablissements. The main content area features a blue header with the text 'Vous êtes ici: Accueil > Cours > Impacts environnementaux du numérique'. The course title 'Impacts environnementaux du numérique' is prominently displayed, along with its reference number 'Réf. 41025'. Below the title, there are details about the course: 'Effort : 5 heures' and 'Rythme: Auto-rythmé'. A short description follows: 'Impact Num est un Mooc pour se questionner sur les impacts environnementaux du numérique, apprendre à mesurer, décrypter et agir, pour trouver sa place de citoyen dans un monde numérique.' A video player is embedded, showing a man looking at a smartphone. The video player has a play button and a French flag icon. To the right of the video player, there is a logo for 'Inria' and social media icons for Facebook, Twitter, LinkedIn, and YouTube. Below the social media icons, it states '2 sessions sont actuellement ouvertes pour ce cours' and provides a 'Choisir maintenant' button.

FUN MOOC

Recherche de cours

INSCRIPTION CONNEXION FAQ Français

Accueil Actualités Cours GRADEO Diplômes Etablissements

Vous êtes ici: Accueil > Cours > Impacts environnementaux du numérique

Environnement et développement durable Numérique et technologie

Impacts environnementaux du numérique

Réf. 41025

Effort : 5 heures Rythme: Auto-rythmé

Impact Num est un Mooc pour se questionner sur les impacts environnementaux du numérique, apprendre à mesurer, décrypter et agir, pour trouver sa place de citoyen dans un monde numérique.

Inria

f t in y

2 sessions sont actuellement ouvertes pour ce cours

Choisir maintenant

<https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/impacts-environnementaux-du-numerique/>