

Matérialité du Numérique

3IF - Ressources, Enjeux du Vivant, Énergie

3IF REVE, Dept Informatique, INSA de Lyon

Avertissements

- Le sujet est profondément pluridisciplinaire
- Le savoir qu'on vous présente est non stabilisé (car les processus sont en cours et évoluent vite)
- Il y a beaucoup d'incertitudes, et plus de questions que de réponses
- Nous ne sommes pas experts de tous les sujets abordés

Le Numérique Mondial

- Chiffres-clefs pour le monde ¹ :
- Total : 34 milliards d'équipements, 4.1 milliards d'utilisateurs.

Terminaux	Smartphones	3,5 milliards
	Autres Téléphones	3,8 milliards
	dispositifs d'affichage	3,1 milliards
	objets connectés	19 milliards
Réseaux	box DSL/fibre	1 milliard
	Antennes relais	10 millions
	autres équip. actifs	200 millions
Datacentres	serveurs	67 millions de serveurs

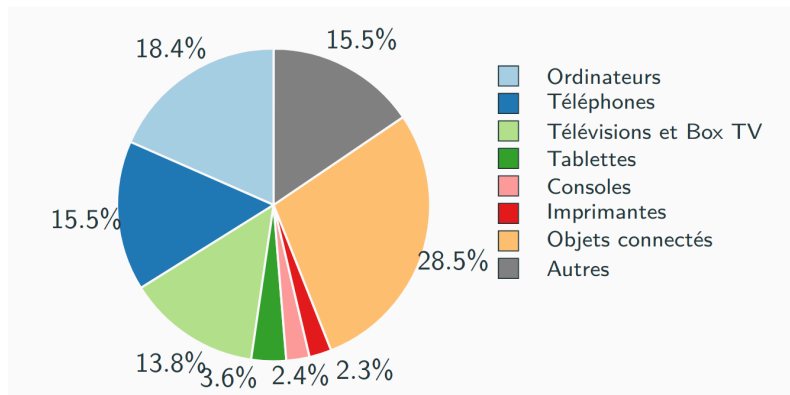
1. Frédéric Bordage, 2019.

Le numérique en France - équipements

Chiffres-clés pour la France²

631 millions d'équipement, 58 millions d'utilisateurs

11 appareils / utilisateur



2. Bordage, Montenay et Vergeynst, 2021.

Le numérique en France - usages

Quelques chiffres³

- 88% des Français connecté.e.s
- Taux d'équipement : téléphones 95%, dont smartphones 77%, ordinateurs 76%
- Dispositifs utilisés pour se connecter majoritairement à internet :
 - smartphone 51%, ordinateur 31%, tablette 6%

En résumé : une population française ultra-équipée, ultra connectée, et avec un usage surtout mobile des réseaux (NB : attention aux disparités que ces chiffres cachent).

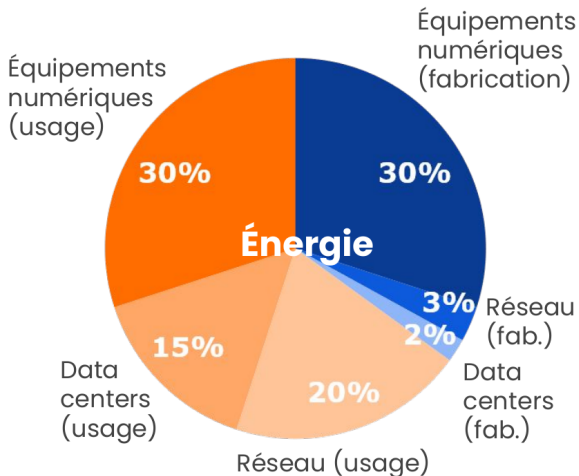
Numérique et environnement

Quelques ordres de grandeurs. À l'échelle mondiale, le numérique (tout compris) c'est ...

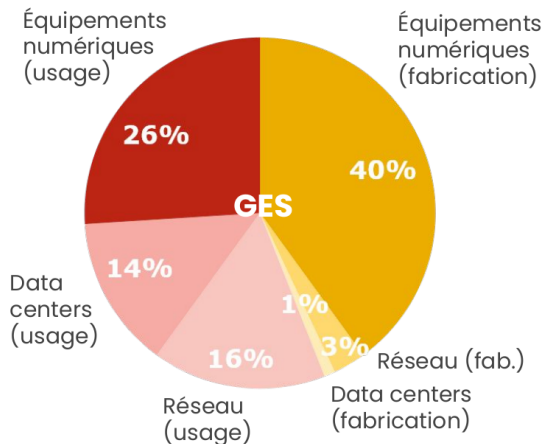
- 4.2% de Consommation d'énergie primaire (EP)
 - 3.8% des émissions de GES
($1.6 \times$ GES aviation (hors forçage radiatif))
 - 0.2% de la consommation d'eau
 - 5.5% de la consommation d'électricité
- à peu près 2-3 fois la France

Note : Chiffres et tendances des prochains slides sont issus de l'étude GreenIT (Bordage, 2019)

Énergie primaire consommée pour le secteur du numérique



Émissions de GES du numérique

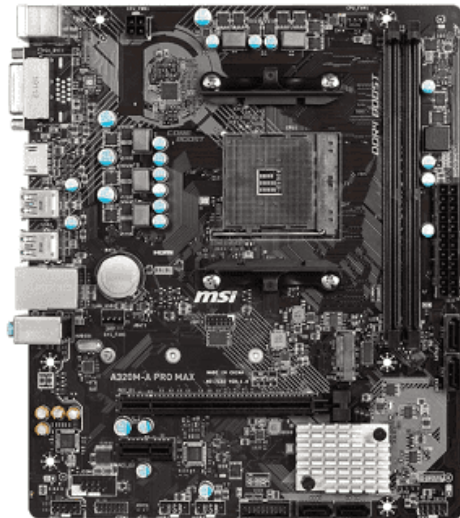


**Répartition des émissions de GES du
secteur du numérique**

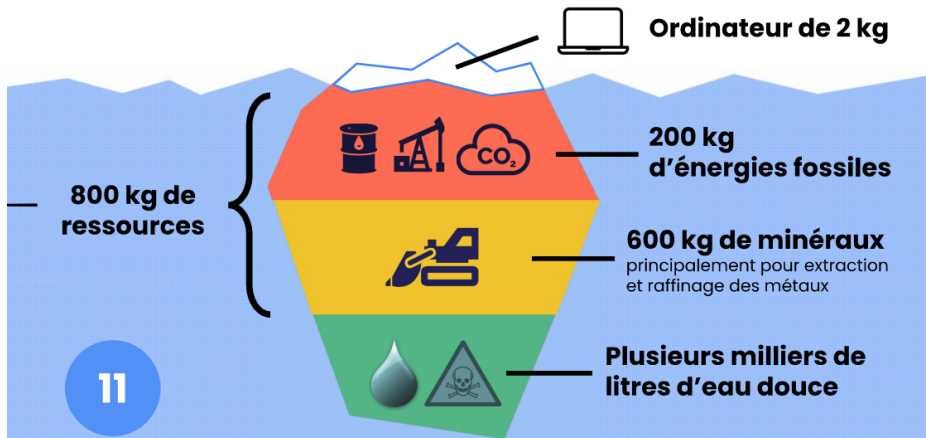
Matérialité du numérique

Sac à dos écologique en kg / Unité	Chrome	Cuivre	Or	Fer	Nickel	Uranium
Ordinateur portable	6,7	340,8	199,6	7,5	48,7	3,7
smartphone	1,8	84,6	61,1	1,8	13,4	1,0
	Argent	Lignite	Charbon	Gaz naturel	Pétrole	Autres
Ordinateur portable	3,7	38,8	109,3	6,8	6,4	63,8
smartphone	1,0	10,6	29,2	1,6	1,7	12,9
	Masse des produits					
Total						
Ordinateur portable	835,7	2,4				
smartphone	220,6	0,3				

Extrait de : Modélisation et Évaluation des Impacts Environnementaux de Produits de Consommation et Biens d'Équipement, ADEME 2018.



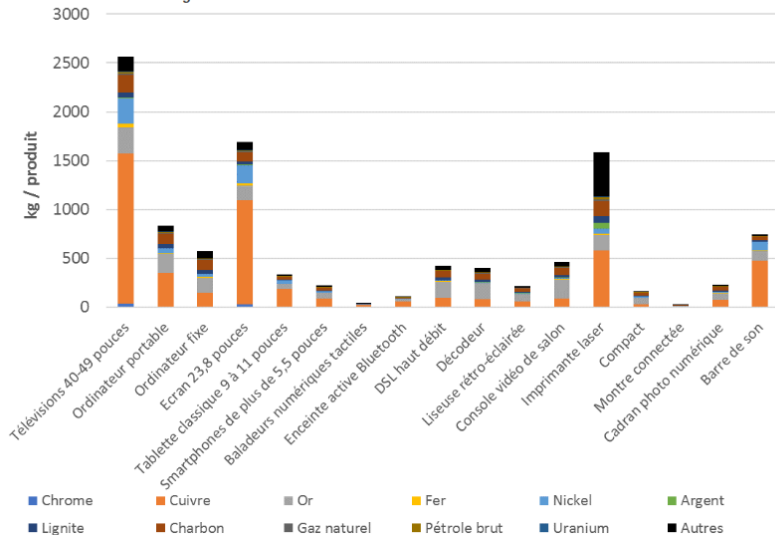
Sac à dos écologique



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

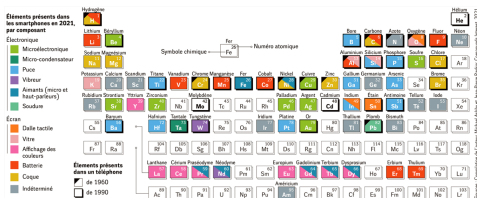
Sac à dos écologique

Figure 5-8 : Contribution des appareils électriques à forte composante électronique domestiques au MIPS en valeurs absolues – *Cradle-to-gate*



Exemple - Les matériaux d'un smartphone - Fabrication

- Un grand nombre d'éléments en très petite quantité.
- Ces éléments sont parfois en concentration infime dans l'environnement
- Les processus d'extraction sont énergivores, gourmands en eau, polluant.



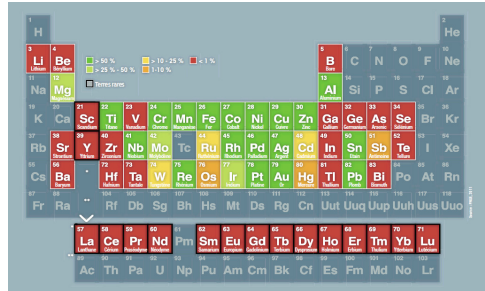
Mine de cuivre de Chino (Nouveau Mexique), diamètre 2.8km, profondeur 400m

Source : Quand le numérique détruit la planète, G. Pitron, in Le Monde Diplomatique, octobre 2021.

Sur les ressources, voir les analyses de Aurore Stéphant : https://www.youtube.com/watch?v=FkiMqLD3_YQ

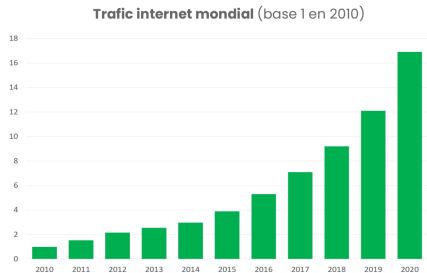
Exemple - Déchets et retraitement d'un smartphone

- Une part infime des matériaux utilisés est effectivement recyclée
- Pour beaucoup de matériaux (terres rares en particulier) le coût de recyclage est de plusieurs ordres de grandeur supérieur au coût d'extraction.

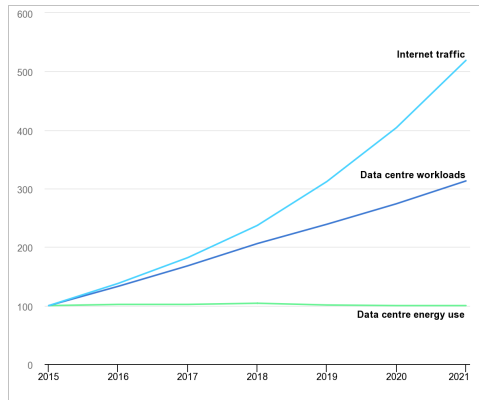


Taux de recyclage des métaux dans le monde (en%)
Alternatives Économiques,
<https://www.alternatives-economiques.fr/taux-de-recyclage-metaux-monde-0110201662952.html>

Traffic internet



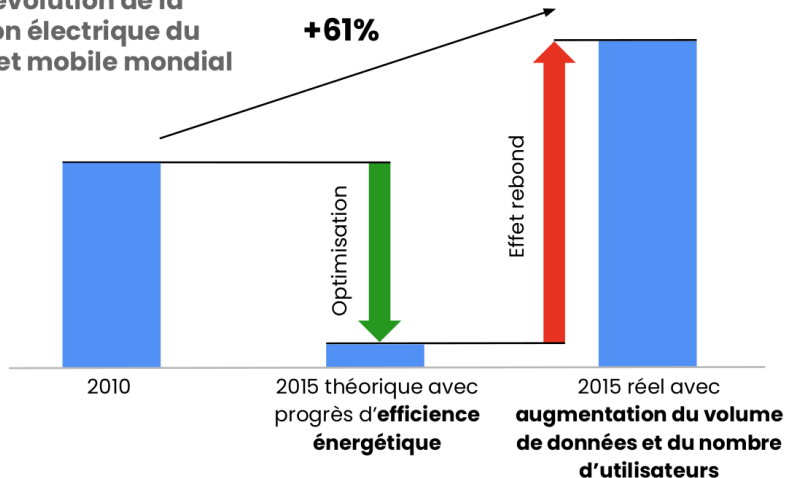
Source : International Energy Agency, "Global trends in internet traffic[...], 2010-2020", 2021



Effet Rebond - L'Optimisation n'est pas une solution

Illustration issue de la Fresque du Numérique

Exemple de l'évolution de la consommation électrique du réseau internet mobile mondial

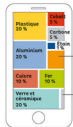


Chaînes Mondiales d'Approvisionnement - Smartphone

PLUSIEURS TOURS DU MONDE POUR UN SMARTPHONE

Marchandise emblématique de ce début de siècle, les smartphones produits par Apple tirent parti des chaînes mondiales d'approvisionnement permettant d'acheter le labour humain au prix le plus bas, où qu'il se trouve. Cette division internationale du travail entre conception, fabrication des composants et assemblage garantit à l'entreprise une marge brute d'au moins 69 % sur le dernier modèle d'iPhone : l'appareil est vendu plus de trois fois le prix que coûte sa production.

Des dizaines de composants

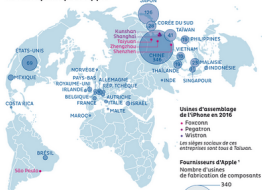


Argent, brome, cadmium, chrome, lithium, manganèse, nickel, plomb, potassium, sélénium, soufre, vanadium, zinc de 0,1 à 1 % chacun.

Antimoine, arsenic, beryllium, bismuth, cadmium, fluor, gallium, manganèse, niobium, ruthénium, sélénium, soufre, vanadium, zinc, zirconium, terres rares d'yttrium, lanthane, terbium, zéro moins de 0,5 % chacun.

Source : PNEU - Convention de Bâle ; Guidance document on the environmentally sound management of used and end-of-life mobile phones ; 2012.

Ils fabriquent pour Apple

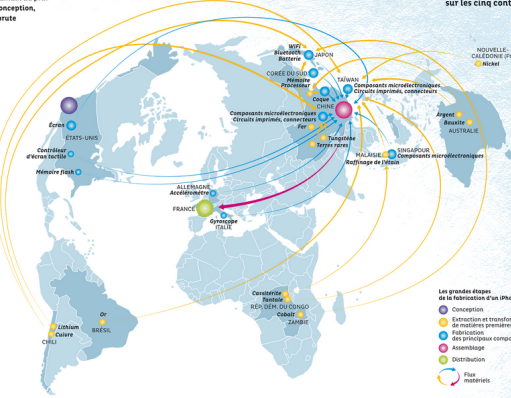


1. Établissements des deux cents principaux fournisseurs, tous produits Apple confondus.

Source : Apple ; « Supplier list 2016 ».

Source : Apple ; « Supplier list 2016 » et « Conflict minerals report 2016 » ; CDD - Terra Solutions ; Les ressources naturelles au cœur des conflits ; octobre 2015 ; « The iPhone supply chain » ; http://news.4mat.com/iphone-supply-chain ; Jeffries Inc. ; IHS Technology.

Une chaîne de production sur les cinq continents



En 2016, Apple construit et commercialise cinq modèles d'iPhone SE, 4, 6 Plus, 6s, 6s Plus, dont les composants varient légèrement d'un modèle à l'autre. Plusieurs fabricants peuvent être chargés de produire un même module. Par ailleurs, Apple publie la liste de ses fournisseurs de matières

premières, mais ces entreprises recourent elles-mêmes à des filiales qui, elles, ne sont pas identifiées. Ainsi, le rapport sur les minerais (« Conflict minerals report 2016 ») liste pas moins de cent une sociétés de transformation et de raffinage de l'or, mais n'indique pas la localisation des mines.

Cette carte propose une configuration possible de la chaîne d'approvisionnement d'un de ces iPhones, conçu à Cupertino (Californie), assemblé à Shenzhen (Chine) et vendu à Paris, en faisant figurer pour les principaux métaux un des premiers sites mondiaux d'extraction, ainsi qu'un des sites de fabrication de chaque composant majeur.

Conclusions

- Les effets direct du numérique sur le climat, l'environnement sont indéniables
- Ses effets indirects sont également très importants (bien que difficilement mesurables par définition) : effet d'accélération des autres activités
- C'est le renouvellement du matériel (en particulier coté usager) qui est le plus gourmand actuellement.
- Les nouveaux outils numériques (en particulier les LLMs) ne vont faire qu'accentuer cette dynamique