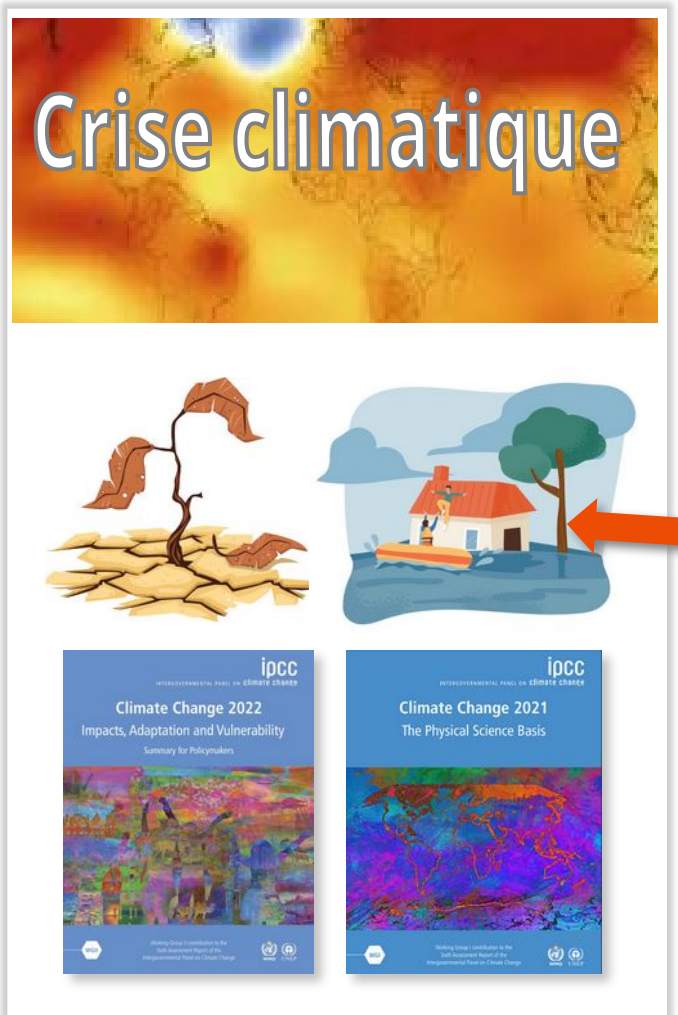
Impacts environnementaux du numérique : comprendre pour mieux agir

gael.guennebaud@inria.fr

Contexte


Crise climatique
ipcc
Climate Change 2022
Impacts, Adaptation and Vulnerability
Summary for Policymakers
ipcc
Climate Change 2021
The Physical Science Basis

Épuisement des ressources
LIMITS TO GROWTH
The 30-Year Update
Donella Meadows | Jørgen Randers | Dennis Meadows

ipbes
BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES
ipbes
Effondrement de la biodiversité

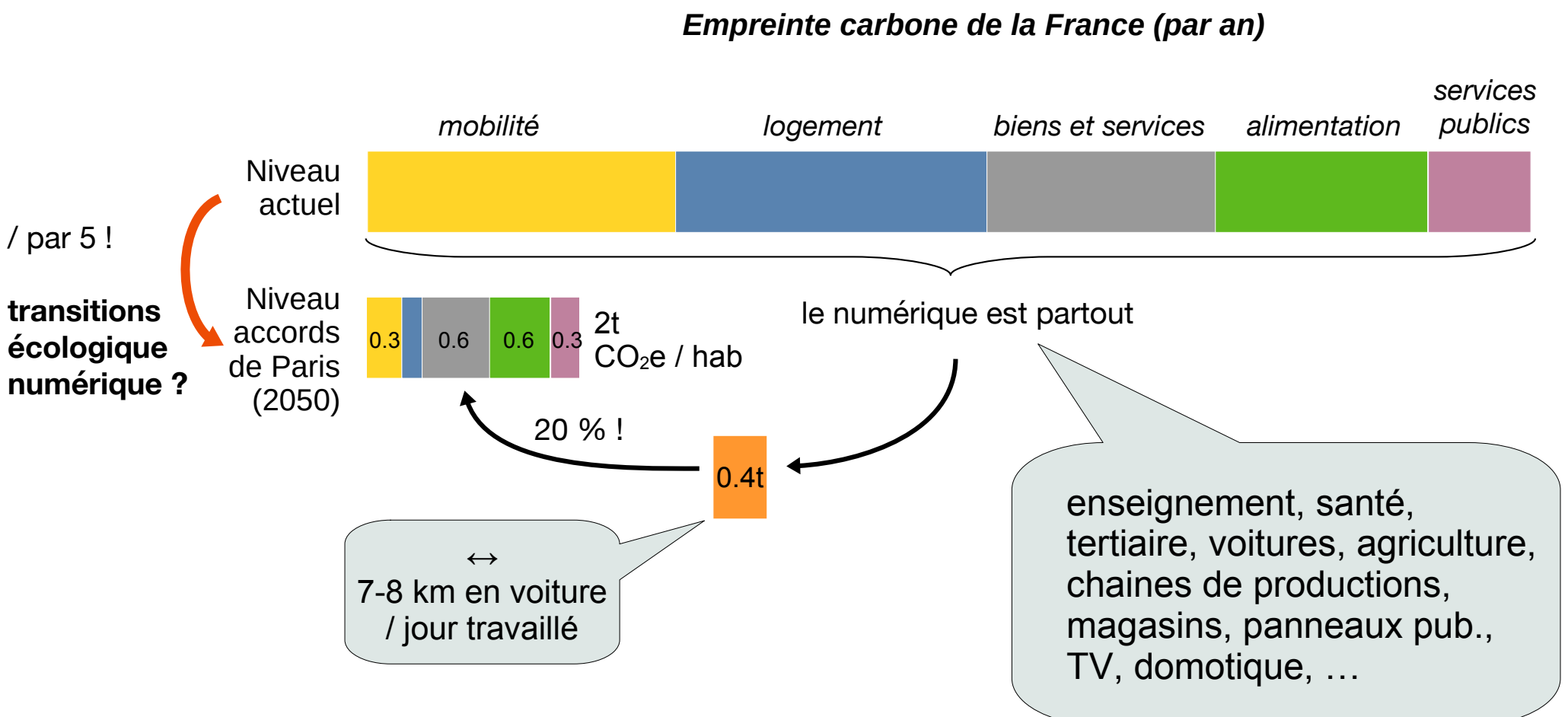
Quelques chiffres

≈4 % des émissions de
Gaz à Effet de Serre (GES)
(en forte augmentation)

Électricité : ≈10 %

Sources : carbone 4, GreenIT, Conseil général de l'économie, Belkhir et al. 2018,
Feitag et al. 2021 [https://www.cell.com/patterns/fulltext/S2666-3899(21)00188-4]

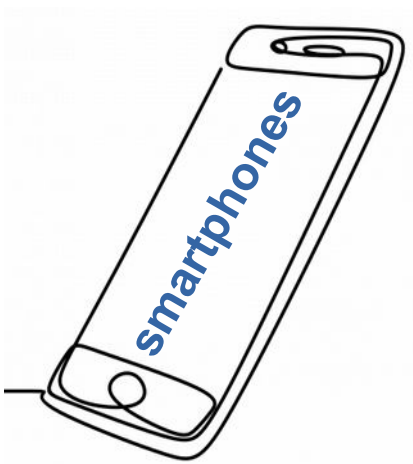
Impacts sur le réchauffement climatique



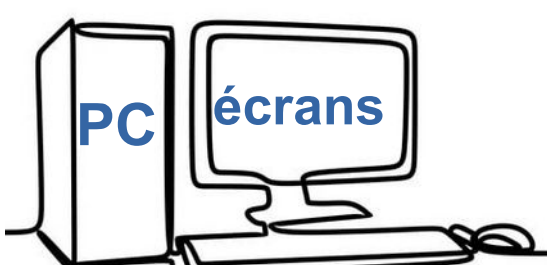
Sources : carbone 4, GreenIT, Conseil général de l'économie, Belkhir et al. 2018, Feitag et al. 2021 [https://www.cell.com/patterns/fulltext/S2666-3899(21)00188-4]

Qui réchauffe le plus ?

Terminaux



1.5 milliard / an



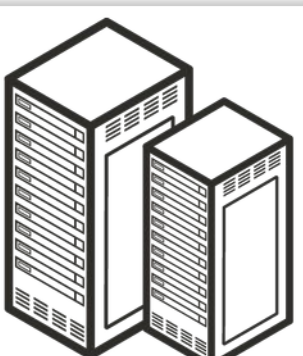
Tablettes, imprimantes, consoles, IoT, ...

Réseaux

Routers, cables (sous marins, fibres), antennes (2-5G, wifi), ...

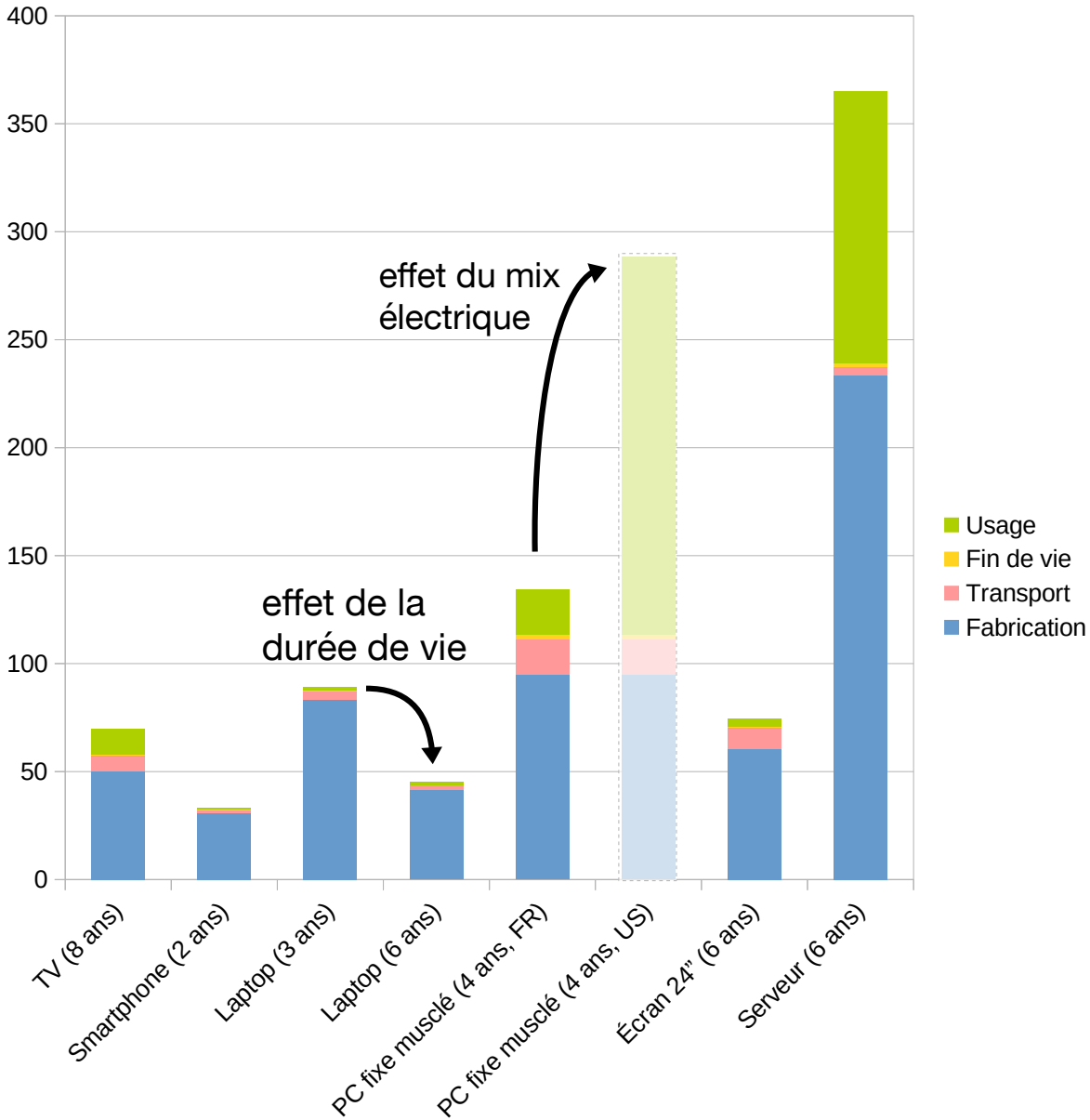
… mais aussi les box-internet !

Data centers



CO2e & cycle de vie

- en France, impact majeur de la **fabrication** *(matières premières)*
- ⚠️ l'électricité bas carbone n'est pas neutre pour l'environnement !
- ⚠️ localisation des serveurs
- transport++ si par avion !



https://ecoinfo.cnrs.fr/ecodiag-calcul/

Coût des usages ?

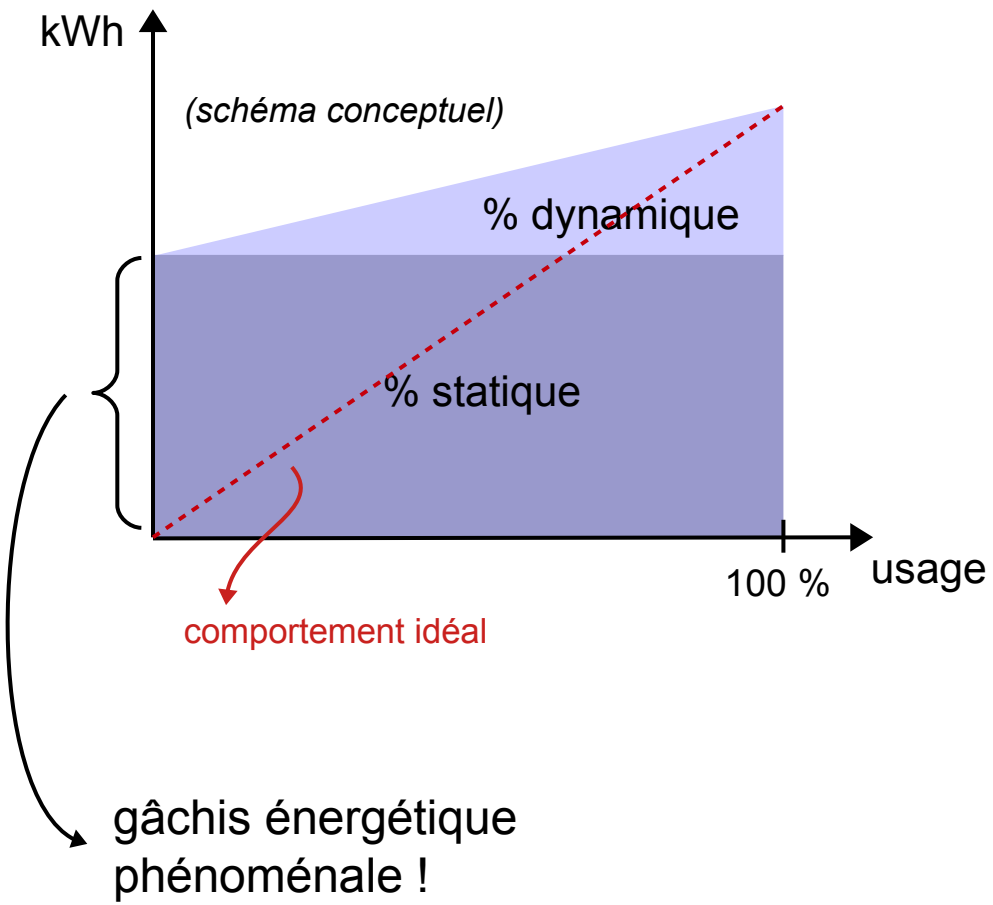
On veut savoir

- « Quel est le coût carbone d'une heure de vidéo youtube ? »
- « Quel est le coût carbone d'un Go de donnée ? »
- « Quel est le coût carbone d'un email ? »
- …

→ **réponses non exploitables… de mauvaises questions ?**

- Pb 1, quid de la fabrication
- Pb 2 …

Conso statique vs dynamique



Vérifiable dans :

- Stockage
- Réseaux filaires et mobiles
- Clusters de calculs

Peut-on « consommer » du numérique sans compter ?

- NON !
- Usage++ → pression sur le **dimensionnement** des infrastructures !

→ consommation++
→ fabrication++

Conso statique vs dynamique

Vérifiable dans :

- Stockage
- Réseau filaire et mobile
- Clusters de calculs

Fréquence max 24h/24 !

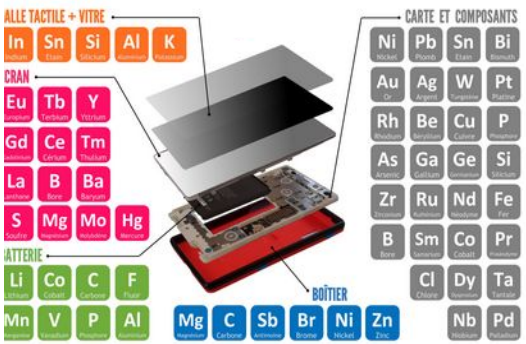
Peut-on « consommer » du numérique sans compter ?

- NON !
- Usage++ → pression sur le **dimensionnement** des infrastructures !

→ consommation++
→ fabrication++

Focus sur les ressources

Les appareils électroniques sont composés de nombreux matériaux …



ex. : 40 métaux différents
dans un smartphone,
dont les *« terres rares »*

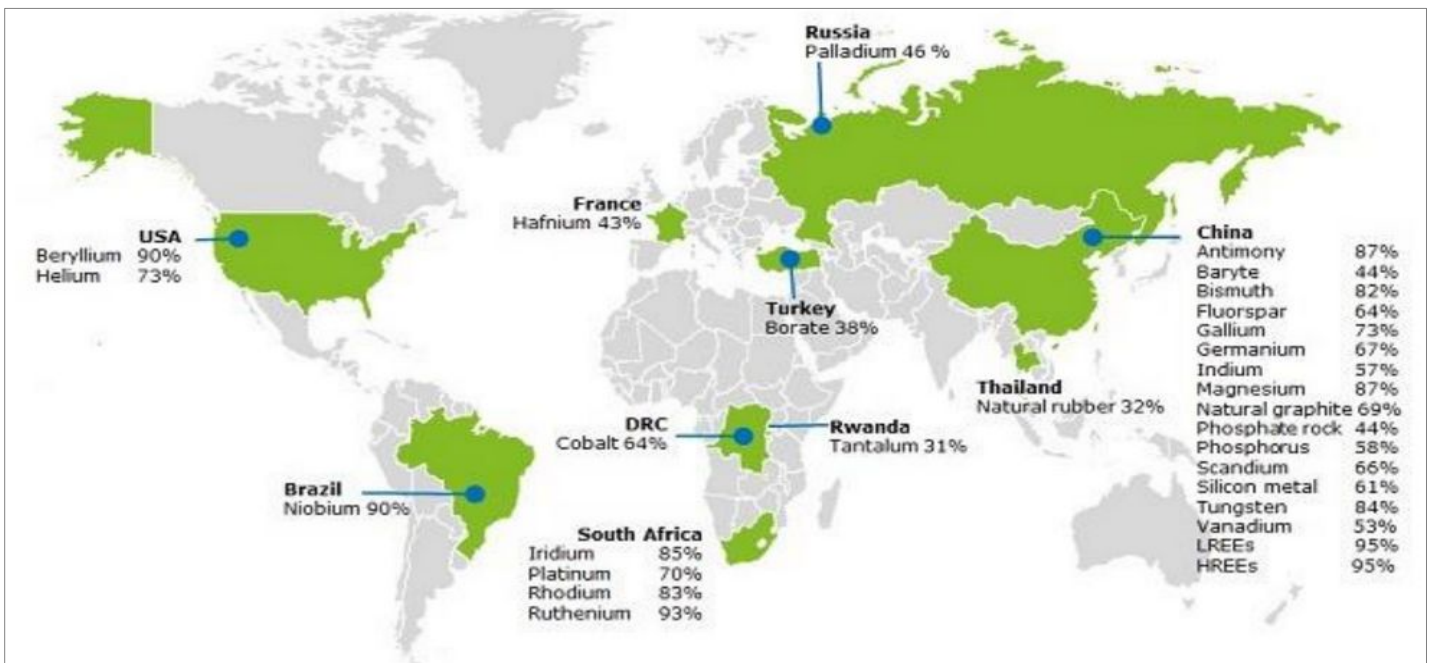


Figure 13: Countries producing the largest amounts of critical raw materials
[Source: (European Commission, 2017)]

Sources : V. Zepf, 2014 ; Ingénieurs sans Frontières : https://www.systext.org/sites/all/animationreveal/mtxsmp/#/7

Comment sont ils extraits ?
… dans des mines !

Mine de cuivre en Serbie,
E-waste and raw material, EIT, UE, 2019

Aspects écologiques

- destruction d'éco-systèmes
- pollution des sols, de l'eau
- besoin de plus en plus d'énergie et <u>d'eau</u> *(baisse des concentrations)*
- excavation de terre :
  - 800kg pour un laptop de 2kg
  - 70kg pour un smartphone de 0.12 kg

Aspects éthico-géographiques

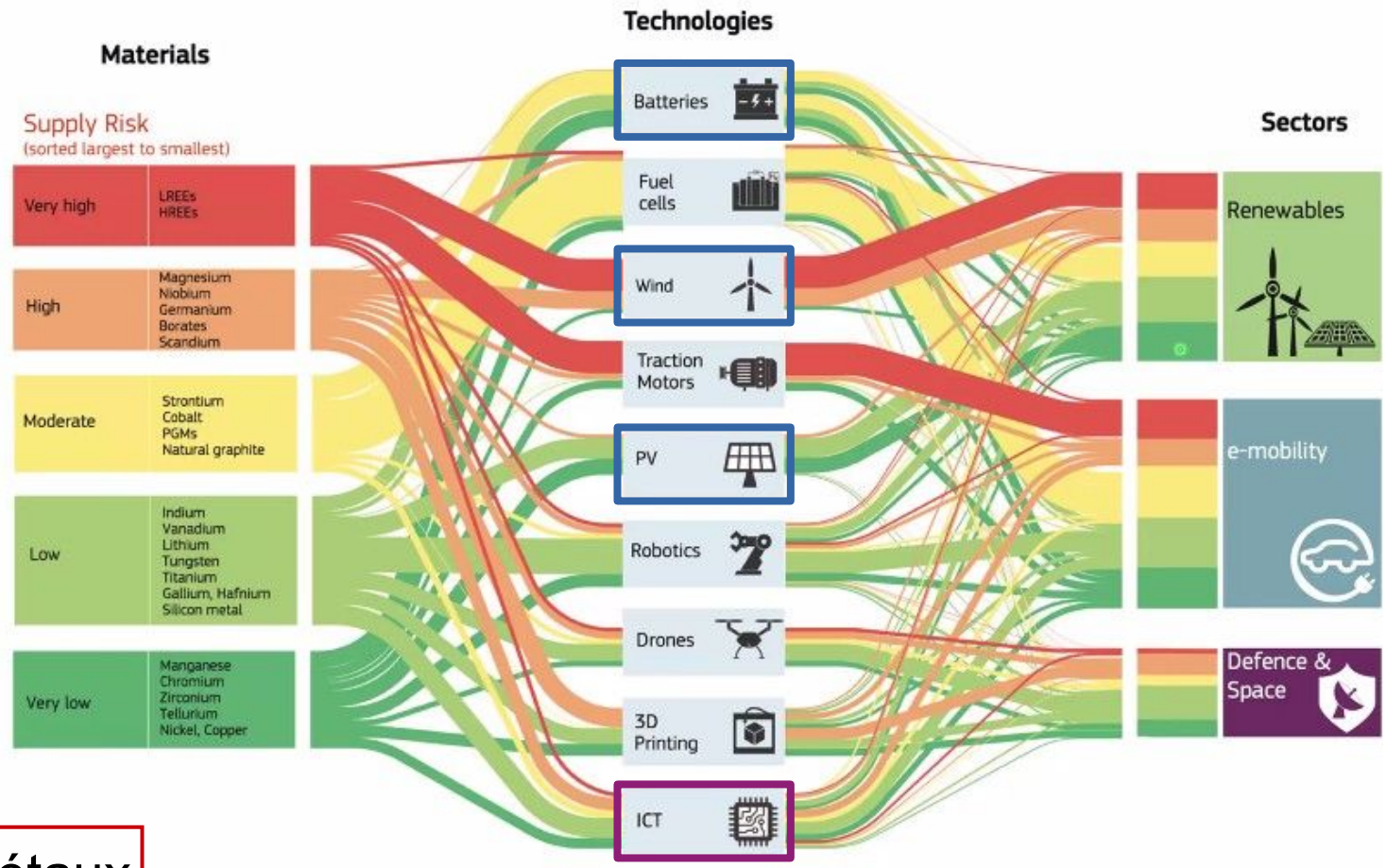
- travail des enfants (RDC cobalt)
- conflits armés
- appropriation des terres

Le Monde ; Les minerais du conflit
Guillaume Pitron : La guerre des métaux rares
ARTE : la face cachée des énergies vertes
systext.org

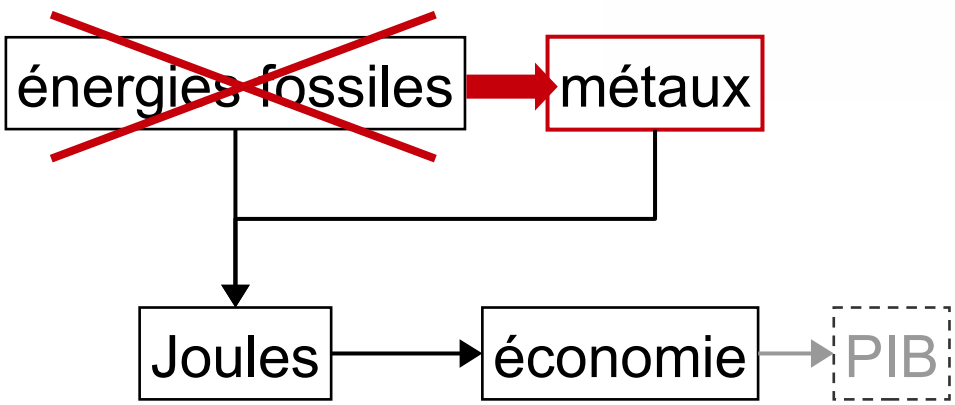
Des ressources très convoitées

Concurrence avec les énergies « vertes »

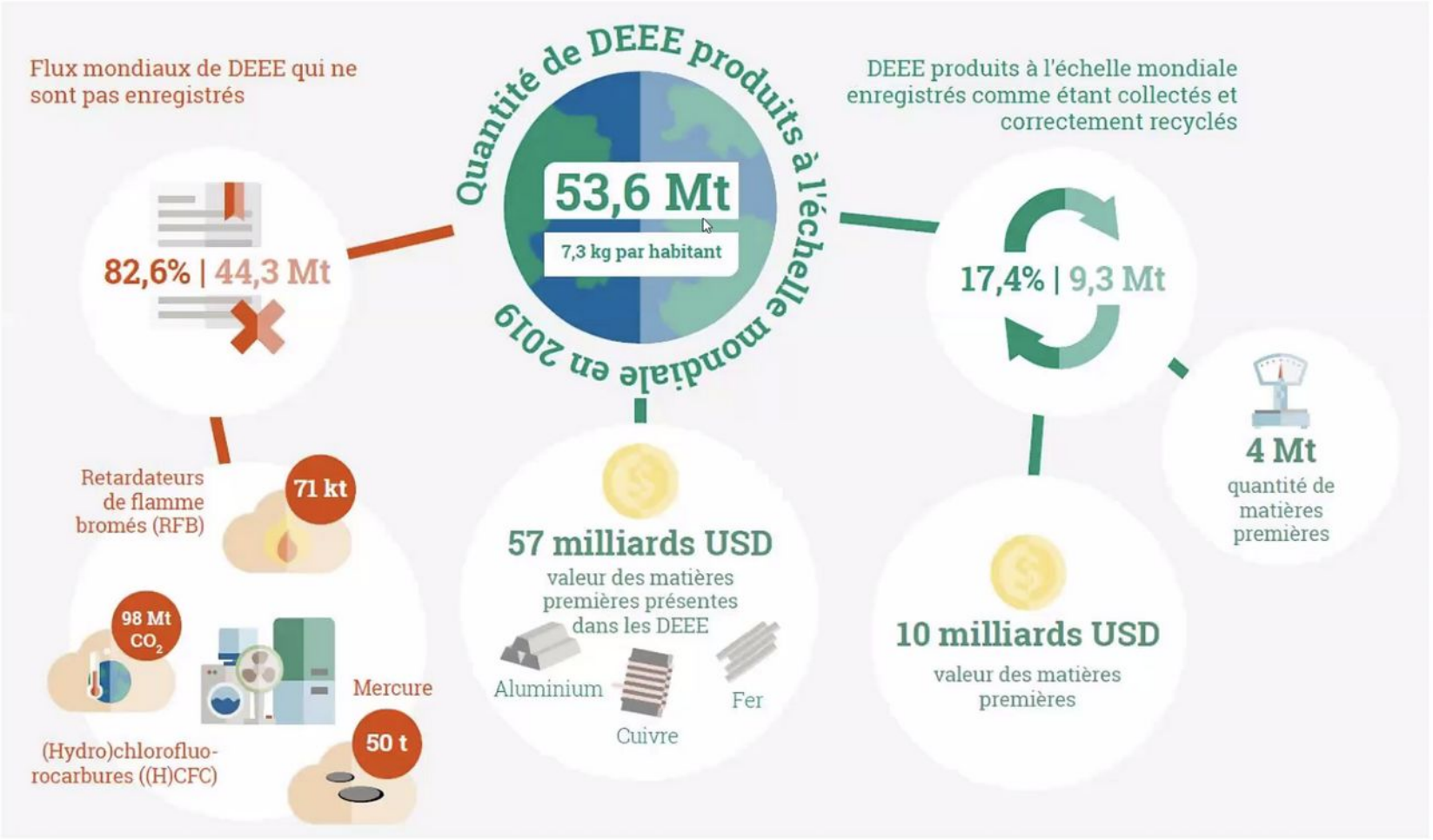
→ risque de pénurie ?



Transfert :



Wait a minute… et le recyclage ?



Sources : https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Spotlight/Global-Ewaste-Monitor-2020.aspx

Et les DEEE en France ?

hors filière

- Tiroirs,
- Déchets ménagers
- Ferraille
- Encombrants
- …
- Exports (il)légaux

filières de valorisation

DEEE
21 kg/an/hab

52 %

collecte ➔ filière règl.

6.5%

élimination contrôlée

valorisation énergétique

4.6 %

1 %

reconditionnement / réutilisation (part./totale)

35 %

recyclage matière

taux de recyclage ? matière recyclée

ex. smartphone : 16 % (3 % si on inclut la collecte)

pas de valorisation

- décharge,
- incinération sans récupération d'énergie

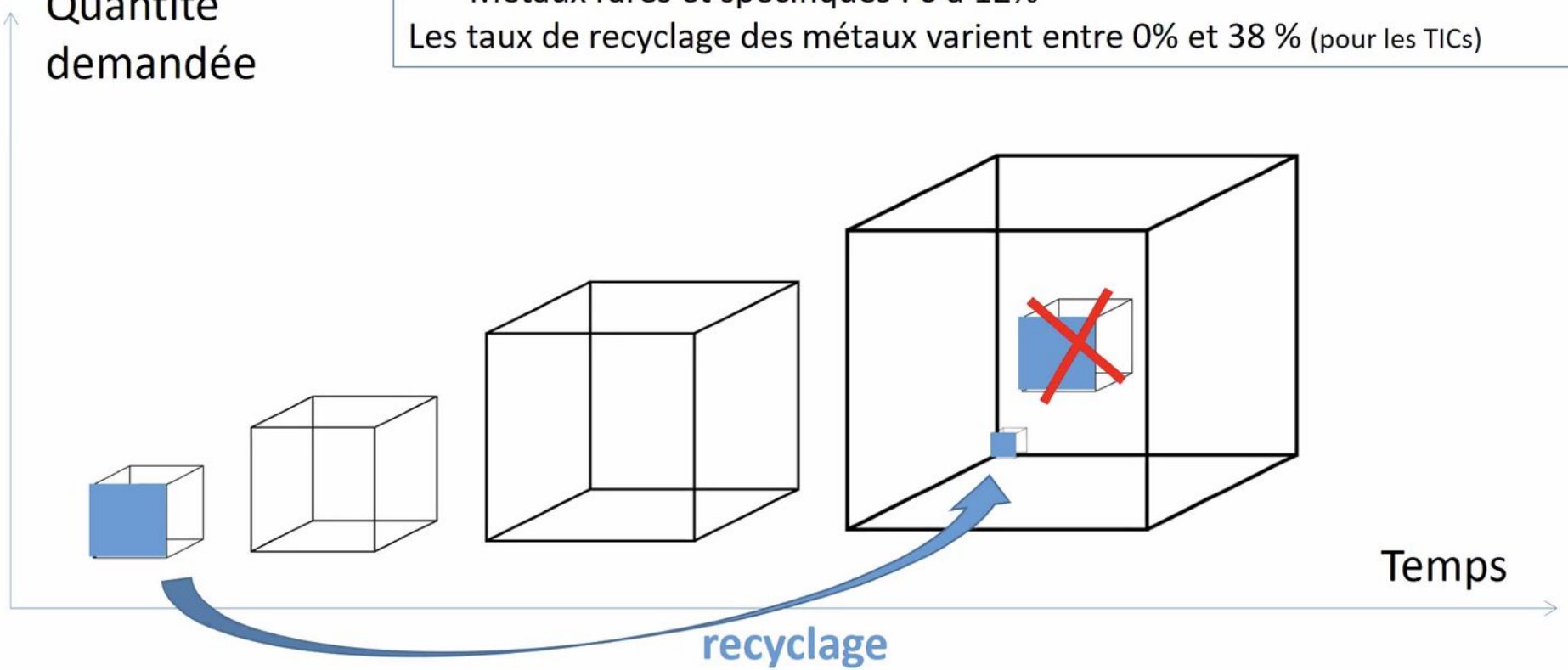
Source : registre DEEE, Ademe, 2016,2018, 2019

Les fausses bonnes solutions

Économie circulaire

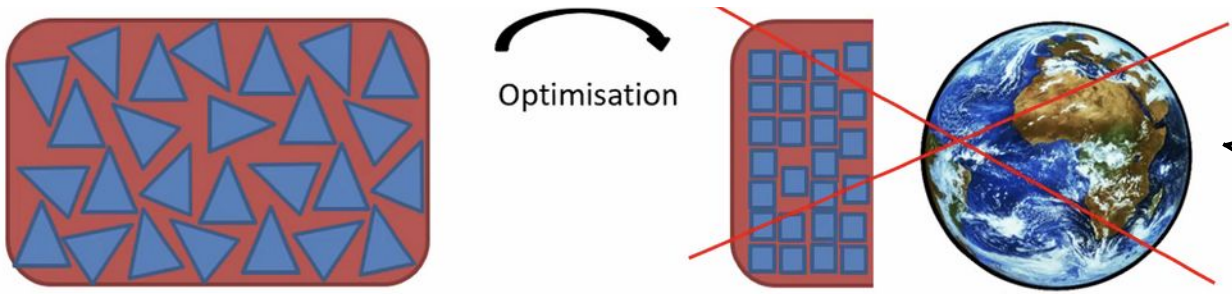
La croissance de la demande en métaux en exponentielle depuis 1950
- Aluminium : 5%
- Cuivre : 3%
- Métaux rares et spécifiques : 6 à 12%

Les taux de recyclage des métaux varient entre 0% et 38 % (pour les TICs)

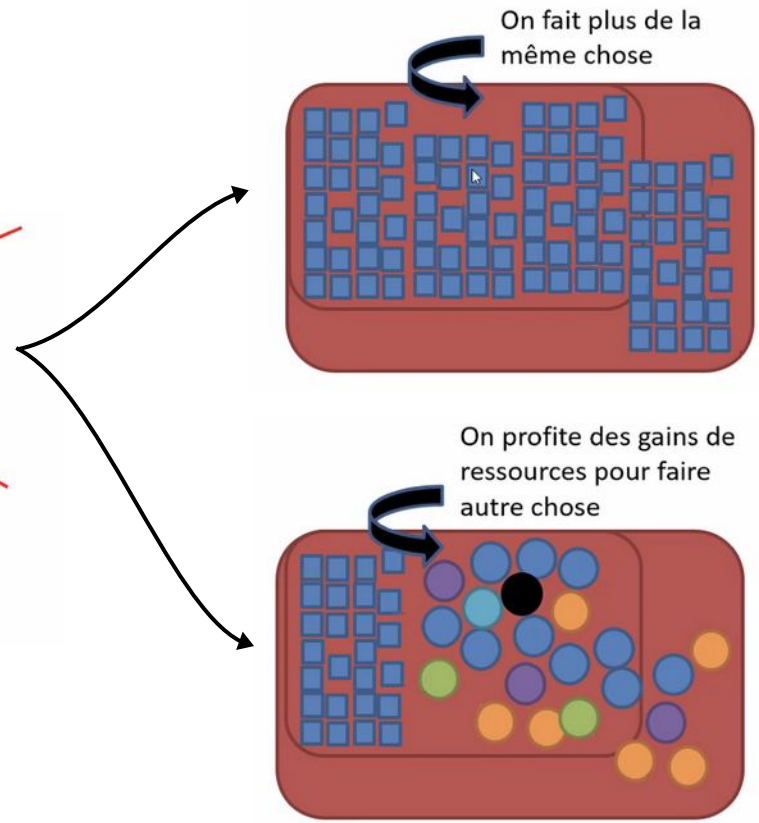


Crédit : F. Berthoud

Recherche de l'efficacité



Ressource : matériaux ou énergie ou temps, etc..
« Chose » qui consomme de la ressource



Effets rebonds

Efficacité énergétique

- stockage, transmission, calcul
  - → appel d'air pour encore +
    - – ex : vidéos 4k, 8k, 3D, volumique, VR, cloud gaming, **métavers**, etc.
    - – ex : disques dures, « obésiciels »
  - → accélère l'obsolescence
  - → levier de croissance économique (et non de sobriété !)

Crédit : F. Berthoud

Transition écologique = transition numérique ?

La FDR gouvernementale numérique et environnement

Publiée le 23/02/2021 - https://www.ecologie.gouv.fr/feuille-route-numerique-et-environnement

Enjeu : Faire converger les transitions numérique et écologique

3 axes

- **Connaître pour agir** : Développer la connaissance de l'empreinte environnementale numérique
- **Soutenir un numérique plus sobre** : Réduire l'empreinte environnementale du numérique
- **Innover** : Faire du numérique un levier de la transition écologique et solidaire

« Dématérialisation », « cloud », « virtuel »

Smart-buildings

Smart-cities

Smart-grids *(réseau électrique)*

Agriculture numérique

Voitures autonomes

...

= **plus de** numérique

REVIEW | VOLUME 2, ISSUE 9, 100340, SEPTEMBER 10, 2021

The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations

Charlotte Freitag • Mike Berners-Lee • Kelly Widdicks • Bran Knowles • Gordon S. Blair • Adrian Friday

Open Access • DOI: https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340 • Check for updates

Pas d'évidences : cf

https://www.cell.com/patterns/fulltext/S2666-3899(21)00188-4

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 maitriser,
  - 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

09/11/2021

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 maitrise 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

Loi Anti Gaspillage pour une Economie Circulaire (2020-2021)

Dispositions de la loi AGEC
relatives à l'information des consommateurs

9,5 /10
INDICE DE RÉPARABILITÉ

Article 16 : Indice de réparabilité

A partir du 01/01/21, indice de réparabilité affiché sur certains produits électriques et électroniques (notamment smartphones et ordinateurs portables)

Une note sur 10 pour informer le consommateur sur le caractère plus ou moins réparable des produits

64 % des smartphones et 56 % des ordinateurs portables vendus ont calculé leur IR (source Fnac/Darty – sur la gamme de produits vendus dans leur réseau)

Elargissement de la liste des produits concernés à l'étude (notamment tablettes)

Au 01/01/24, l'indice de durabilité remplacera ou complétera l'indice de réparabilité

Article 13 I : Information du consommateur sur les qualités et caractéristiques environnementales des produits

A partir du 01/01/22, mise à disposition par le producteur ou importateur d'informations sur :

1. la réparabilité et la durabilité
2. l'incorporation de matière recyclée
3. la recyclabilité
4. la présence de métaux précieux ou de terres rares
5. la présence de substances dangereuses
6. la compostabilité
7. l'emploi de ressources renouvelables
8. les possibilités de réemploi

Un décret en préparation prévoit la mise à disposition obligatoire par voie dém-

Les informations 1 à 5 s'
et électroniques

Cf décret :
https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042838138

Dispositions de la loi AGEC
en faveur des achats numériques durables

Article 58 : objectifs d'achat de produits reconditionnés ou réemployés

Obligation pour les acheteurs de l'Etat, des CT et de leurs groupements d'acquérir des **biens issus du réemploi ou de la réutilisation ou comportant des matières recyclées**, dans des proportions fixées entre 20 et 100 % selon le type de produit.

Les établissements publics ne sont pas concernés par l'obligation.

Le décret **n° 2021-254 du 9 mars 2021** fixe les objectifs d'achat suivants pour les produits numériques :

- 20 % de téléphones mobiles et fixes issus du réemploi ou du reconditionnement
- 20% de matériels et fournitures informatiques issus du réemploi ou du reconditionnement
- 20 % de photocopieurs et matériel d'impression issus du réemploi ou du reconditionnement
- 20 % de cartouches de toner et cartouches d'encre issus du réemploi ou du reconditionnement

Seuls les **marchés de fourniture** sont concernés. Les contrats de concession et les marchés travaux et services sont hors du périmètre.

Les **proportions d'achat sont exprimées en pourcentage du montant total** hors taxes de la dépense consacrée à l'achat de chaque catégorie de produits **au cours de l'année civile**.

Ce nouveau dispositif doit être évalué d'ici au 31 décembre 2022 et, le cas échéant, sera amené à évoluer (produits concernés et proportions d'achat)

Loi Réduire Empreinte Environnementale du Numérique (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 1er 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

Voir : https://label-nr.fr/decryptage-loi-reen/

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
- Limiter les données
- Réduire le nombre d’équipements importés
- Limiter le nombre d’écrans (ils sont partout et toujours plus)
- Limiter le développement de nouvelles techno superflues
- …

Bilan

- Le bilan 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, gratuité, sur-dimensionnement, no limit, ...

- Prophéties auto-réalisatrices
  - Les besoins vont continuer d'augmenter → sur-dimensionnement → appel d'air → l'usage augmente → …

- Shift « pétrole » → numérique…
  … mais ça reste un modèle économique basé sur l'extractivisme

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

Réduire les impacts à la fabrication/fin de vie

Fabrication

- Limiter le nombre
- Les garder longtemps (quid de l'obsolescence ?)
- Acheter de 2nde main / reconditionné
  → attention aux effets rebonds (appel d'air pour le marché de 1ère main)
- Acheter des équipements éco-conçus :
  - Ecolabel Européen, EPET, Ange bleu, TCO et Ecolabel nordique
  - ex. fairphone
- Éviter les livraisons par avion

Fin de vie

- Les réparer, réemploie en interne
- Revendre/donner si fonctionnel / réparable
- Bien choisir sa filière de recyclage

Réduire les impacts à l'usage

Usage

- Éteindre les appareils, box
- Limiter l'utilisation du cloud, favoriser l’usage des données en local, faire le trie
- Privilégier les réseaux filaires (puis, wifi et enfin la 4G)
- Mails : limiter les pièces jointes

Vidéos

- Limiter le streaming, couper les caméras lorsque non nécessaire
- Diminuer la qualité des vidéos
  - x10 entre 144p et 1024p, 360-480p souvent suffisant
  - limiter à la source la résolution des vidéos que l'on dépose
- S’informer sur sa consommation en Go [Outil : Carbonanalyzer]

En tant que développeur/ingé système

- Démarche d'éco-conception, Green IT
  - matériel, logiciel, web
  - Liens :
    - https://ecoconceptionweb.com/
    - https://www.eco-conception.fr
    - Déployer la sobriété numérique
    - référentiels de bonnes pratiques
    - https://collectif.greenit.fr/ecoconception-web/2019-05-Ref-eco_web-checklist.v3.pdf
- Éviter le surdimensionnement
- Oeuvrer contre l'obsolescence logiciel et matériel
- Réfléchir avant de lancer des heures de calcul (simu, IA, etc.)
- Évaluer les impacts potentiels d'une techno avant un déploiement à grande échelle
- Bien choisir sa pile logicielle, son langage de programmation
- Mesurer les consommations, PUE
- …

Des ressources

- MOOC
  - https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/impacts-environnementaux-du-numerique/
- Guide
  - https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/
- Ecoinfo
  - https://ecoinfo.cnrs.fr/
- Livre blanc Agriculture-Numérique Inria-Inrae
  - https://www.inria.fr/fr/livre-blanc-inria-agriculture-numerique
- GreenIT.fr
- Institut du Numérique Responsable (https://institutnr.org/)