



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Le numérique dans les 4 scénarios ADEME : quels impacts environnementaux ?

Journée EcoInfo

# Qui je suis



**Julia MEYER**  
Ingénieure numérique  
ADEME  
julia.meyer@ademe.fr

2024



Méthodes d'évaluation environnementales  
Etudes ACV des impacts env. de services numériques  
Ecoconception & Sobriété Numérique

2020

Développement informatique web

# Présentation de l'ADEME



# Sommaire

1. De quoi parle-t-on ?
2. Quels impacts environnementaux ?
3. Les 4 scénarios ADEME
4. Projection des impacts environnementaux du numérique dans ces scénarios

# Merci !

A l'Arcep : [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/dossier-presse-Etude-Ademe-Arcep-lot3\\_mars2023.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/dossier-presse-Etude-Ademe-Arcep-lot3_mars2023.pdf)

A Thomas Thibault (Praticable) <https://praticable.fr/interventions/empreinte-du-numerique>

A l'équipe Transition(s) de l'ADEME <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/les-scenarios/>

# 1. De quoi parle-t-on ?

## Plus de 800 millions\* d'équipements utilisateurs en 2020 en France

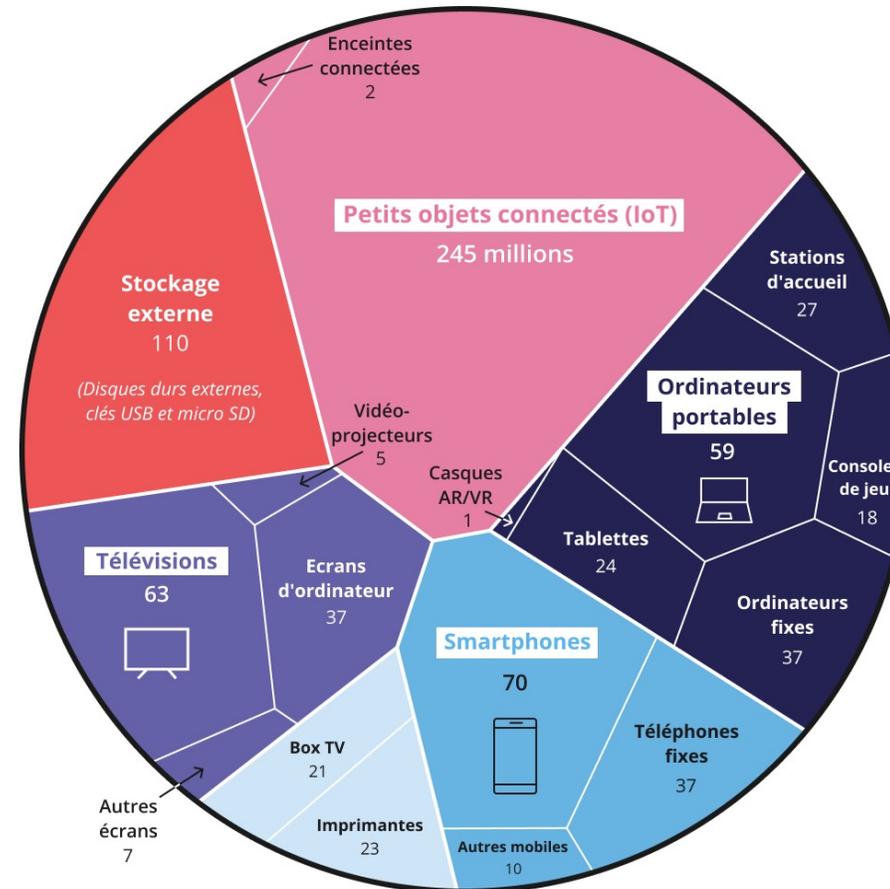
Estimation du nombre de terminaux utilisateurs utilisés en France pour des usages personnels et professionnels (en millions)

# De quoi est fait le numérique ?

## de Terminaux

Nombre de terminaux dans le monde (y compris objets connectés)

- 2010 : 14 milliards
- 2020 : 39 milliards
- 2025 : 70 milliards (prédiction)



Source : ADEME/Arcep 2022

# De quoi est fait le numérique ?

## de Datacenters

⚡ 30MW à 100MW = 25 à 100 000  
habitants

1,5% de l'électricité en Union  
Européenne

🛁 Certains gros datacenters  
consomment en moyenne 3 800 000 L  
d'eau/jour, même en milieu aride.  
=> C'est l'équivalent de 790 baignoires  
pleines par heure 🛁



Les Pays-Bas en pleine pénurie d'eau découvrent que les data centers de Microsoft ont consommé 84 millions de litres d'eau potable en 2022

# De quoi est fait le numérique ?

D'infrastructure réseaux

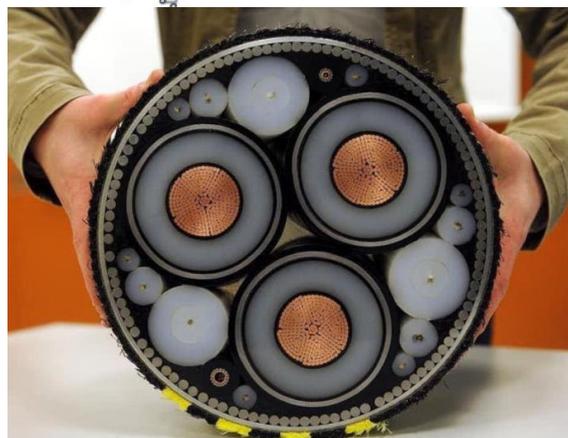


# De quoi est fait le numérique ?

## De câbles sous-marins

En 2023 La longueur cumulée  
des **485** câbles sous-marins s'élève à **1,4**  
**millions de km.**

C'est aussi 35 fois le tour de la Terre



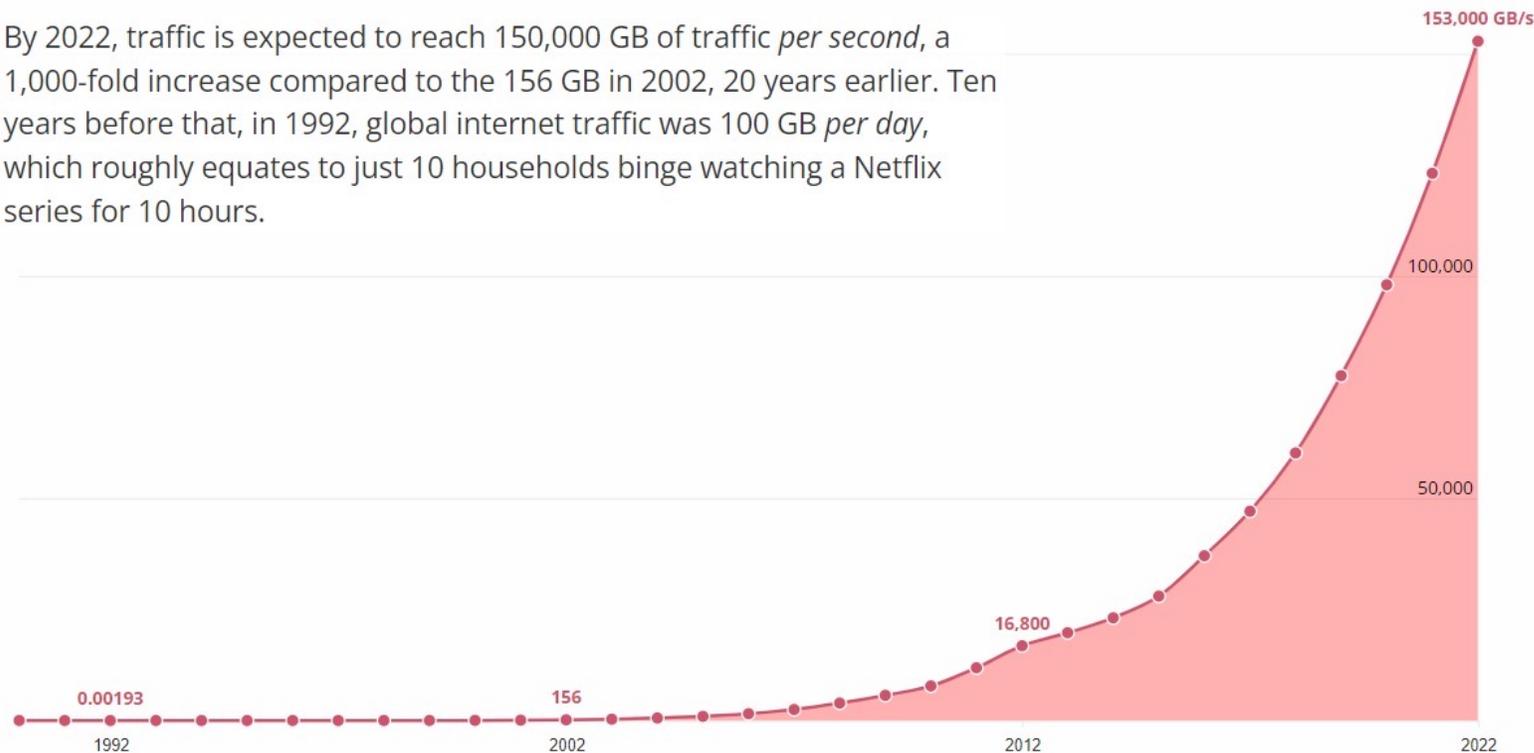
<https://www.submarinecablemap.com/>

# Du trafic

- **2007** : 0,0054 ZetaOctets
- **2017** : 1,4 ZetaOctets
- **2022** : 4,8 ZetaOctets (4 800 000 000 000 Go)  
= 550 800 000 GB / heures  
= 60 à 80 000 films HD / secondes (12 ans jour et nuit de visionnage)

## Growth of global internet traffic in the past 30 years

By 2022, traffic is expected to reach 150,000 GB of traffic *per second*, a 1,000-fold increase compared to the 156 GB in 2002, 20 years earlier. Ten years before that, in 1992, global internet traffic was 100 GB *per day*, which roughly equates to just 10 households binge watching a Netflix series for 10 hours.



Source: WDR 2021 team calculations and Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022.

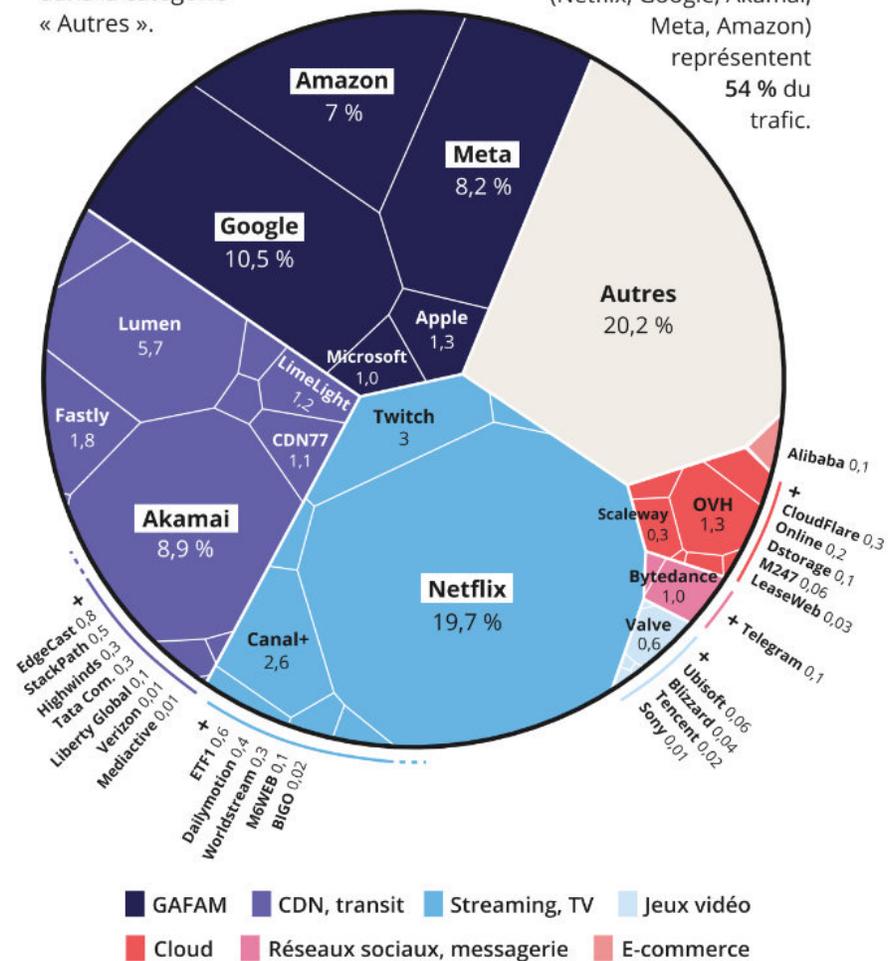
# Du trafic

## Décomposition selon l'origine du trafic vers les clients des principaux FAI en France (fin 2022)

Pourcentage du trafic entrant au point d'interconnexion de 39 acteurs liés au transport ou à la production de contenu déclarés par les principaux FAI\* fin 2022. Le reste du trafic est regroupé dans la catégorie « Autres ».

### Les 5 plus grands acteurs

(Netflix, Google, Akamai, Meta, Amazon) représentent 54 % du trafic.



\* Bouygues, Free, Orange, SFR.

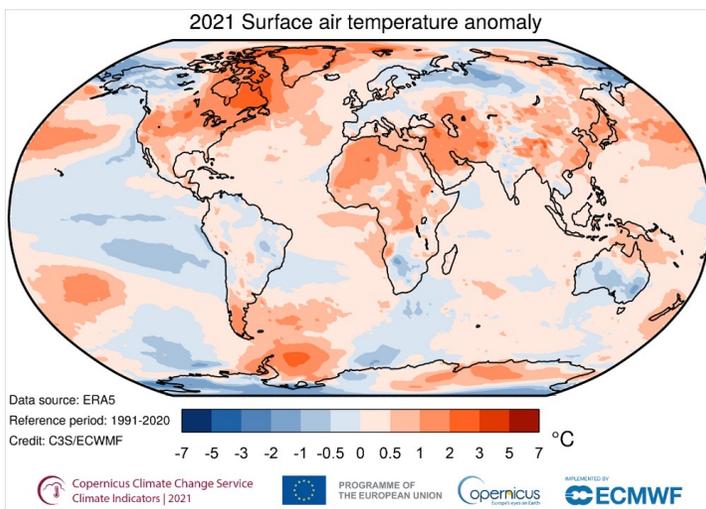
Source : Arcep 2022

## 2. Quels impacts environnementaux ?

# Rappel des enjeux climato-écologiques

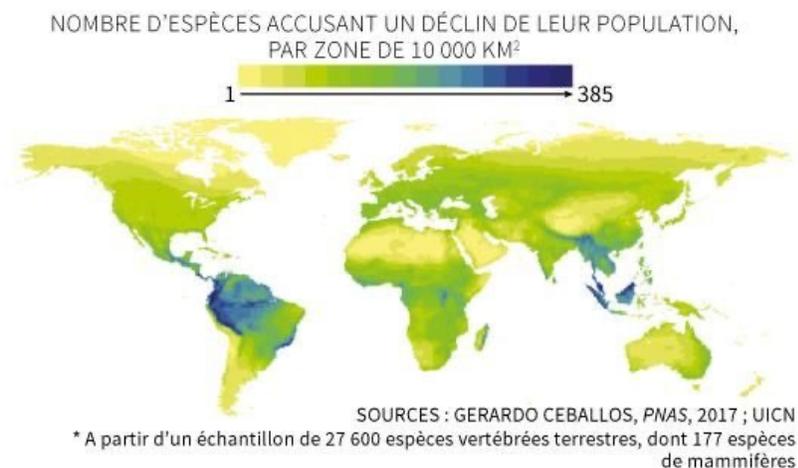
## Trois crises majeures auxquelles il faut faire face ...

### Climat



Réchauffement global  
> Dérèglement des climats

### Biodiversité



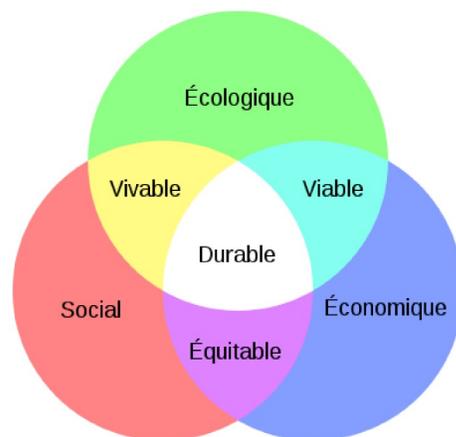
Régression écologique

### Ressources



Epuisement des ressources abiotiques

# Le développement durable

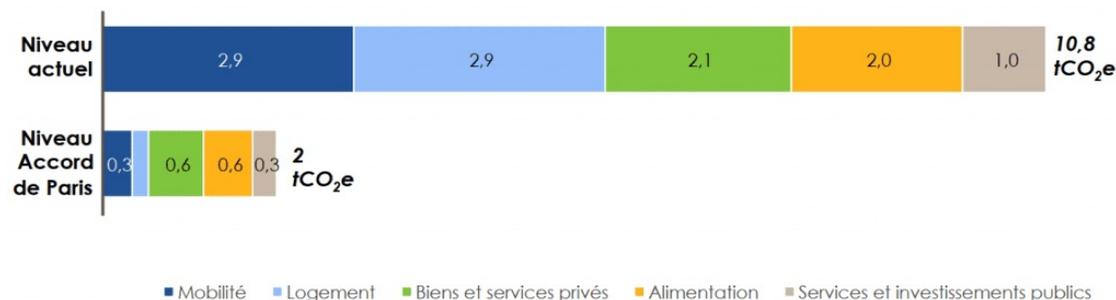


« répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » - rapport de Mme Brundtland, 1987, Commission européenne

## 3 engagements

- Préservation de l'Environnement (Planet)
- Équité sociale (People)
- Efficacité Économique (Profit)

Empreinte carbone moyenne d'un Français  
tCO<sub>2</sub>



## Facteurs 4 et 10

Diviser notre empreinte environnementale d'ici 2050 par 4 à 10

Par 6 à l'échelle de la France : 11 teqCO<sub>2</sub> > 1,7 teqCO<sub>2</sub>

# Le numérique, un vecteur de réduction des impacts environnementaux \*, **MAIS...**



ENERGIE



RESSOURCES



DECHETS

**... le secteur intensif en TOUT**

\* Le numérique pourrait réduire les émissions mondiales de CO2 de 5 à 10% d'ici 2050 d'après le 3<sup>ème</sup> rapport du GIEC à condition de maintenir nos usages actuels

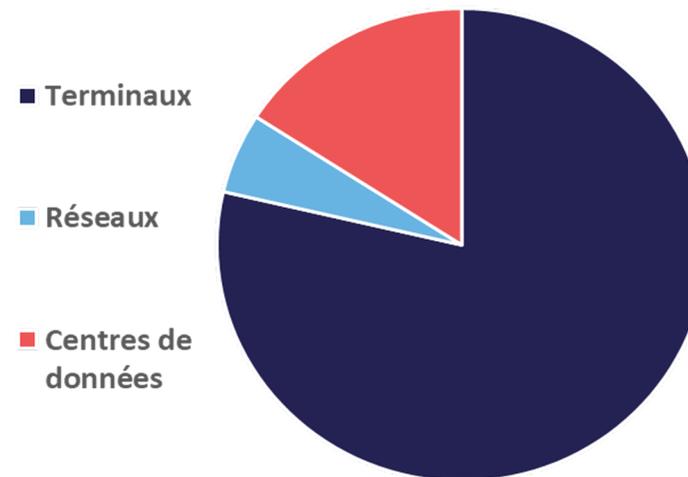
# Impacts environnementaux du numérique en France

- L'empreinte carbone du numérique en France : **17 Mt CO2 eq. soit 2,5 % de l'empreinte nationale**
- **10 % de la consommation électrique française** soit 48,7 TWh par an

407 kg de CO2 : c'est l'empreinte GES du numérique d'un-e français-e. C'est déjà 25% de son objectif de bilan carbone 2050



Mais l'empreinte d'ici 2050 en France pourrait tripler si aucune action.



L'empreinte carbone provient :

- **des terminaux (79 %) ;**
- puis des centres de données (16 %) ;
- et enfin des réseaux (5 %).

# Ressources & Extraction

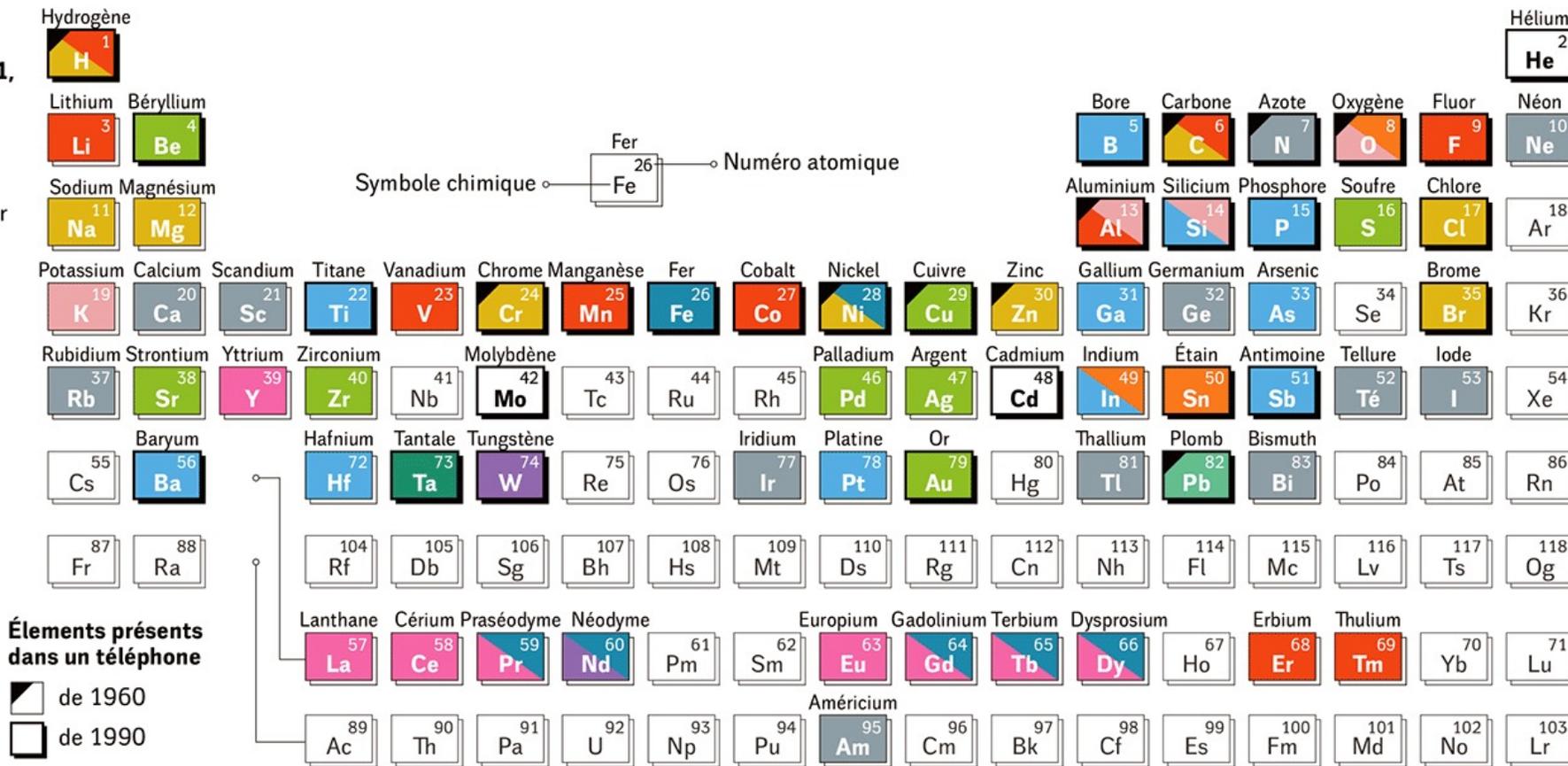
## Éléments présents dans les smartphones en 2021, par composant

### Électronique

- Microélectronique
- Micro-condensateur
- Puce
- Vibreur
- Aimants (micro et haut-parleurs)
- Soudure

### Écran

- Dalle tactile
- Vitre
- Affichage des couleurs
- Batterie
- Coque
- Indéterminé



Sources : Compilation de l'auteur, Michael Ashby et Jean-Pierre Raskin; Compounds Interest, 2021.

# Ressources & Extraction

Il faut 500 fois le poids  
d'un smartphone en  
matière première pour  
le fabriquer 📱



Fer = 30 to 66%

Aluminium = 48 to 58%  
 $Al_2O_3$

Nickel = 1 to 3%

Tungstène = 0.3 to 2%

Cuivre = 0.3 to 2%

Uranium = 0.1 to 0.3%

Lithium = 0.05 to 0.15%  
(dans les salars)

Argent = quelques dizaines  
à quelques centaines de g/t

Platine = 0.000003% to  
0.000015% (3 to 15 g/t)

Or = 0.000001% (1 g/t)

Palabora Mine - 4.1 million tonnes of copper <https://dillonmarsh.com/fwiw.html>

# Un renouvellement plus rapide : 6x+ d'appareils qui durent 3x- longtemps

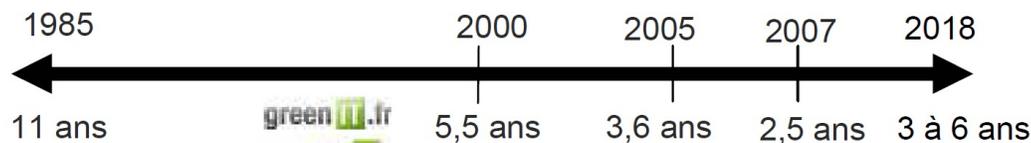
Durée de vie  
électronique 5 à 15 ans



Facile à upgrader,  
réparer, reconditionner,  
recycler



Durée de vie / 3 en 30 ans



Sources :  
green IT.fr  
we GREEN IT

Durée de vie  
électronique 10 à 15 ans



Difficile ou impossible  
à upgrader, réparer,  
reconditionner, recycler

Taux d'équipement x6 en 30 ans

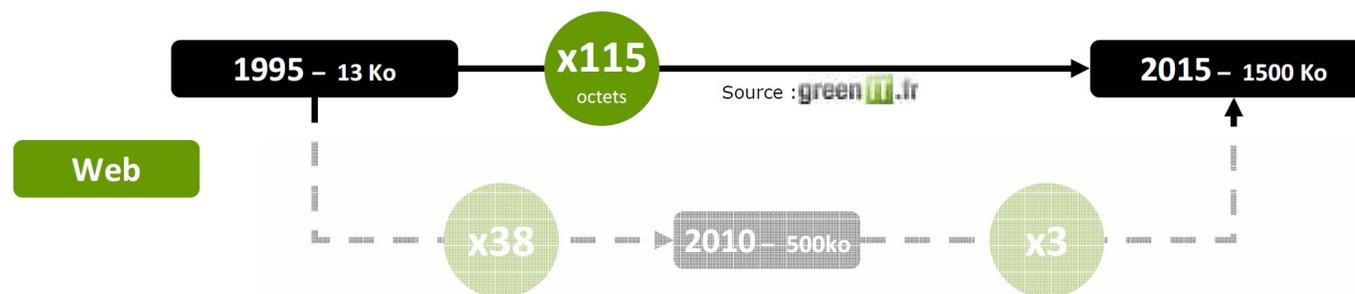
# Logiciel : premier facteur d'obsolescence

On ne remplace pas nos équipements parce qu'ils ne fonctionnent plus mais parce qu'ils rament.

« Le logiciel ralentit plus vite que le matériel n'accélère » - Loi de Wirth (1991)

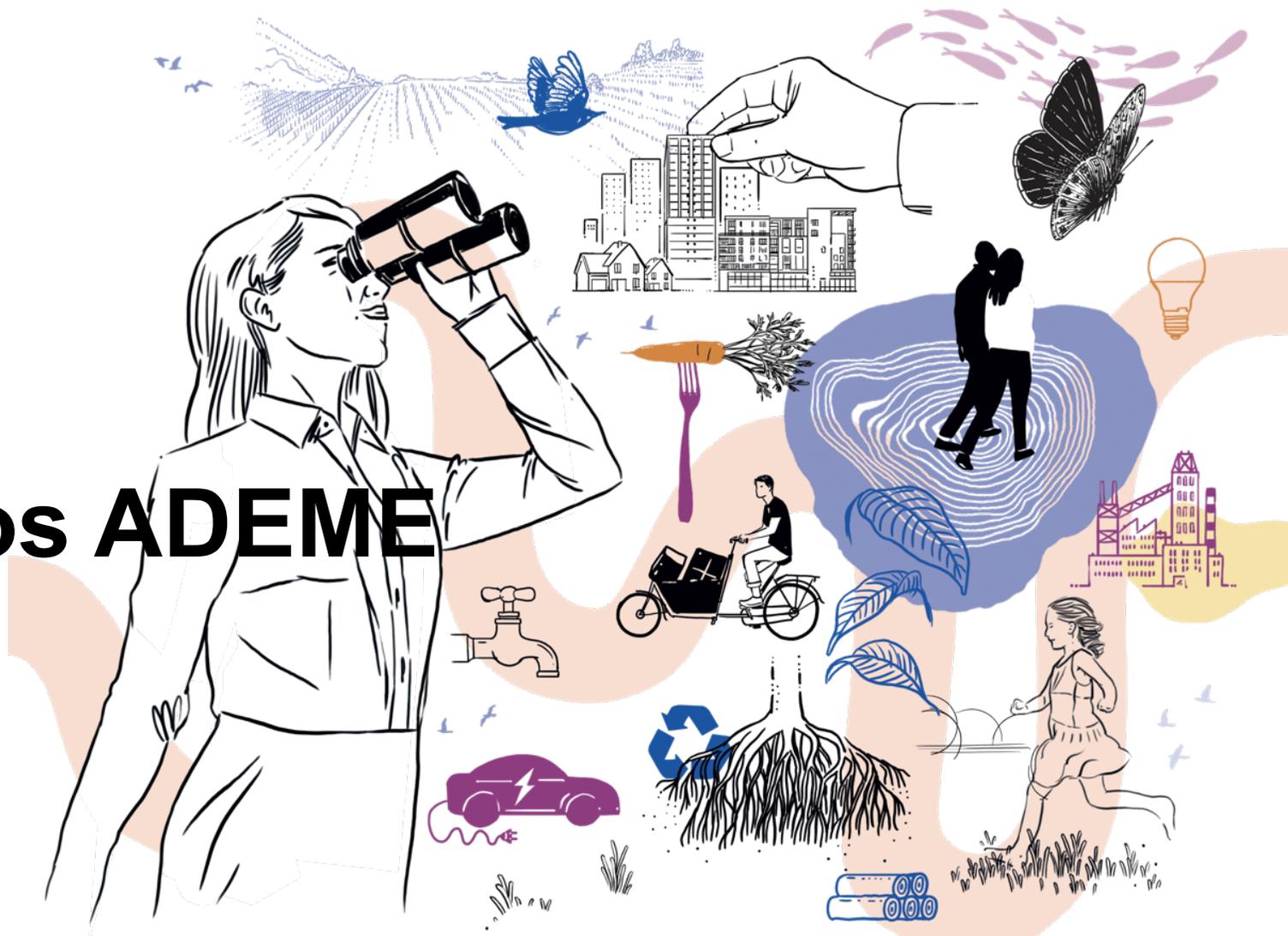
80 % des ordinateurs et smartphones remplacés peuvent être réutilisés

> Une démarche : l'écoconception



# 3. Les 4 scénarios ADEME

**TRANSITION(S)**  
**2050**  
CHOISIR MAINTENANT  
AGIR POUR LE CLIMAT



# Objectifs et moyens

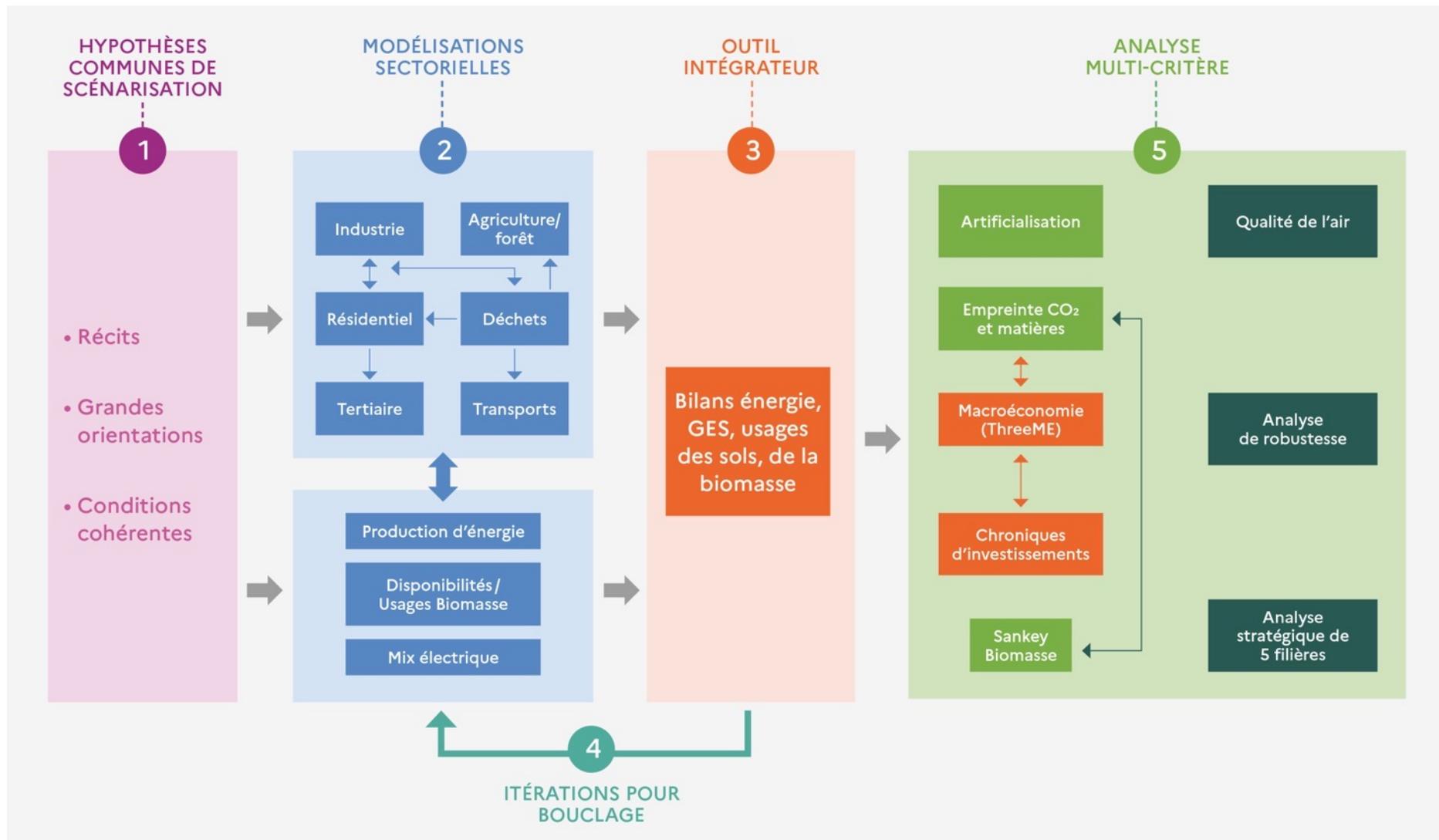
## Objectifs

- ➔ Illustrer les **options encore possibles en 2021** pour atteindre la « **neutralité carbone** » en France en 2050 et en explorer diverses implications sur les aspects ressources dans une logique d'empreintes (matières, biomasse, sols...)
- ➔ Eclairer sur les **décisions incontournables à court et moyen terme**

## Moyens

- ➔ Cadrage avec les archétypes de scénarios du GIEC (rapport spécial 1.5° - 2018) pour **plusieurs trajectoires françaises pour discuter des orientations stratégiques envisageables**, comparées et évaluées selon différents critères (de faisabilité, désirabilité, soutenabilité, robustesse, etc.)
- ➔ **Travail d'expertise collective interne** avec des « pilotes sectoriels » chargés de coordonner l'analyse et les chapitres sur chaque thème pendant 2 ans
- ➔ **Dialogue externe** sur l'analyse et la cohérence d'ensemble (comité scientifique, webinaires, ateliers thématiques)

# Méthode de travail



# SCÉNARIO 1 GÉNÉRATION FRUGALE

La demande de produits et de services est réduite au plus près des besoins par l'efficacité des systèmes et par l'action circonscrite ou la sobriété de chacun avec un Etat très présent. Cela entraîne une transformation des modes de consommation et une restructuration de l'industrie, mais réduit les inégalités.

Le système énergétique peut répondre facilement à la demande et être décarboné sans difficulté, ce qui permet de n'utiliser que les puits biologiques pour atteindre la neutralité carbone avec une petite marge si nécessaire.



## Des mesures de sobriété intenses

Importante remise en question des pratiques de consommation non soutenables (vols intérieurs, etc.)

Politiques et comportements de sobriété (baisse consommation d'eau chaude de 10 %, du nombre d'écrans par ménage) dans le bâtiment

Réduction du volume de transports

## L'importance des sols et des espaces naturels

Alimentation de saison et locale, en lien avec des régimes alimentaires ayant évolué

Évolution des systèmes agricoles

Surfaces conséquentes attribuées aux espaces naturels non productifs (biodiversité, puits de carbone)



**5**  
tonnes / hectare  
de moindres rendements pour  
les cultures, dont le blé

**-30%**  
Réduction de la surface  
moyenne des logements  
(vs 2015)

## Une rénovation massive du parc de logements existants

Meilleure occupation du parc existant

Baisse de résidences secondaires

Réduction des constructions neuves

## Décroissance de la production matérielle

Essor de l'économie de la durabilité et de la réparation

Relocalisation importante

**-50%**  
baisse du nombre de voitures  
produites



**-1,5%/an**  
la réduction des surfaces  
de bureaux

- 3 Avant-propos
- 4 Editorial
- 5 Remerciements
- 6 Résumé exécutif

## AMBITIONS, CADRAGE DE L'EXERCICE ET CONTEXTE

- 18 Ambitions, objectifs, méthodes
- 47 Société, modes de vie, récits
- 60 Adaptation au changement climatique



## RÉCIT DES SCÉNARIOS PAR SECTEUR

### 01 Évolution de la consommation

- 79 Aménagement territorial et planification urbaine
- 92 Bâtiments résidentiels et tertiaires
- 172 Mobilité des voyageurs et transport de marchandises
- 231 Alimentation

### 02 Évolution du système productif

- 257 Production agricole
- 292 Production forestière
- 316 Production industrielle

### 03 Production d'énergie

- 374 Mix gaz
- 407 Froid et chaleur réseaux et hors réseaux
- 447 Biomasse énergie
- 474 Carburants liquides
- 512 Hydrogène

### 04 Ressources et puits de carbone

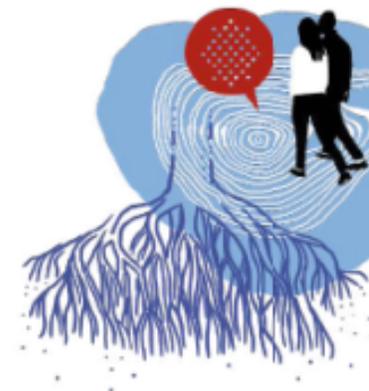
- 541 Déchets
- 574 Ressources et usages non alimentaires de la biomasse
- 613 Puits de carbone



## RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

- 646 Synoptique des résultats et comparaison des scénarios
- 675 Enseignements, limites et perspectives

- 681 Sigles et acronymes
- 684 Glossaire



# Récits des scénarios



## S1 GÉNÉRATION FRUGALE

**Frugalité contrainte**

**Villes moyennes  
et zones rurales**

**Low-tech**

**Rénovation massive**

Nouveaux indicateurs  
de prospérité

**Localisme**

**3x moins de viande**



## S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES

**Modes de vie  
soutenables**

**Économie du partage**

**Gouvernance ouverte**

**Mobilité maîtrisée**

Fiscalité environnementale

**Coopérations  
entre territoires**

**Réindustrialisation ciblée**



## S3 TECHNOLOGIES VERTES

**Technologies  
de décarbonation**

**Biomasse exploitée**

**Hydrogène**

**Consumérisme vert**

Régulation minimale

**Métropoles**

**Déconstruction / reconstruction**



## S4 PARI RÉPARATEUR

**Consommation  
de masse**

**Étalement urbain**

**Technologies  
incertaines**

Économie mondialisée

**Intelligence artificielle**

**Captage du CO<sub>2</sub> dans l'air**

**Agriculture intensive**

# La sobriété : jusqu'où ?

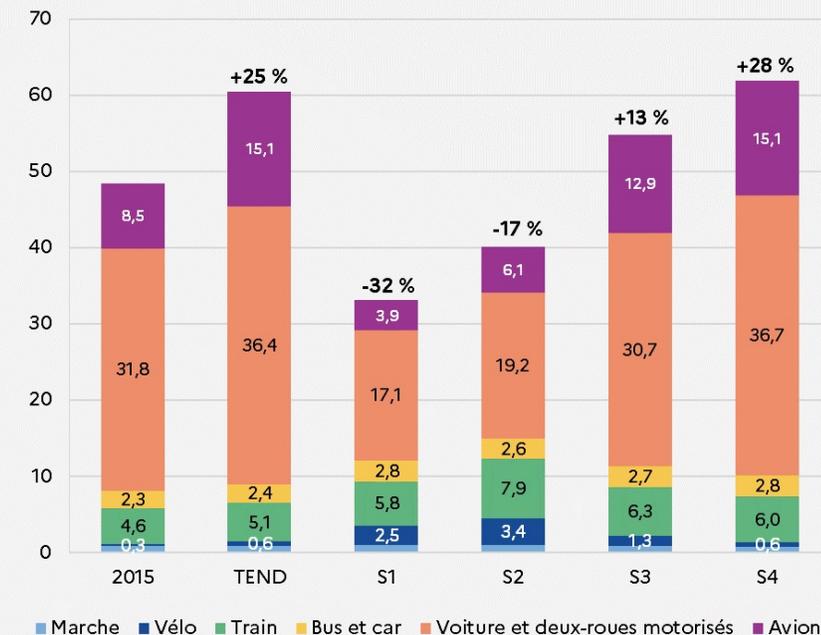
- **S1 et S2** : mobilisation importante de la sobriété en changeant la logique de développement socio-économique.
- **S3** : appui sur les technologies et peu sur la sobriété.
- **S4** : pas de sobriété, fuite en avant risquée, énormes quantités d'énergie pour extraire le CO<sub>2</sub> de l'air ambiant.

**La sobriété heurte le mode de pensée dominant du consumérisme. Ce qui semble une privation pour une génération ou un individu peut au contraire apparaître comme une évidence pour un autre.**

Elle permet de sécuriser l'atteinte de la neutralité carbone

**Le questionnement sur la sobriété ne peut être disjoint de celui sur les inégalités.**

Évolution de la demande voyageurs en 2015 et en 2050 selon les scénarios  
Distances de déplacement par jour en km/jour/personne



LEVIERS

Modifier les imaginaires,  
expliquer, trouver un  
consensus social

# Qu'est-ce qu'un régime alimentaire durable ?

- **Doublement prévu des besoins alimentaires mondiaux à l'horizon 2050**
- L'alimentation est à la croisée de multiples **enjeux de santé et d'environnement**. Elle est aussi au cœur de nos pratiques sociales.
- Le régime alimentaire ne peut pas être considéré indépendamment des **autres enjeux du vivant** :
  - Quelle contribution attend-on de la biomasse pour la production de matériau et d'énergie ?
  - Quel rôle veut-on donner aux puits de carbone naturels ?
  - Quelle adaptation de l'agriculture au changement climatique qui l'affecte d'ores et déjà ?

Émissions territoriales de GES actuelles et à l'horizon 2050 du secteur agricole



LEVIERS

Équilibre protéines animales et végétales, baisse de la suralimentation, saisonnalité, gaspillage alimentaire

# 4. Le numérique dans tout ça ?

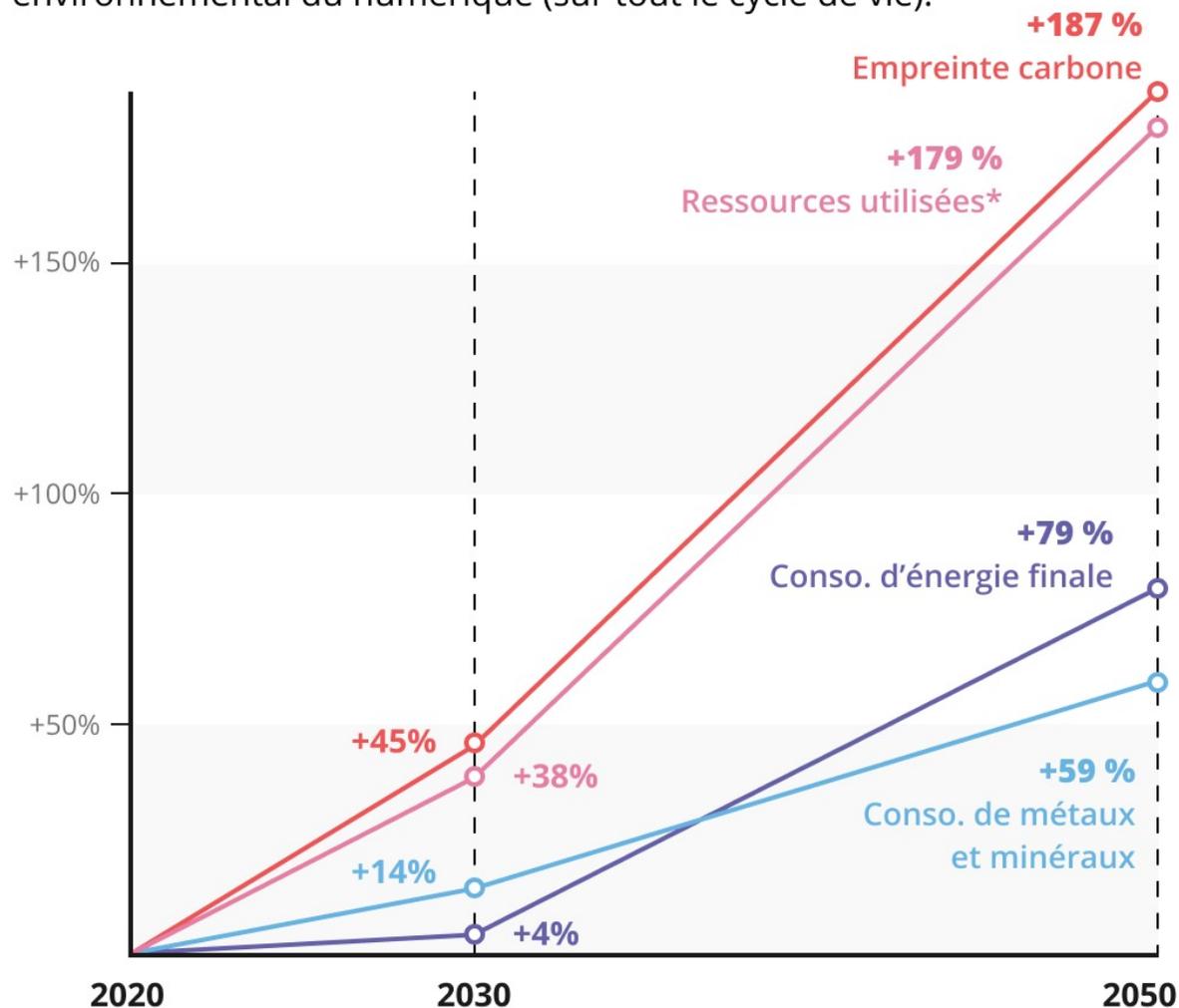
# Evaluation prospective de l'impact environnemental du numérique en France en 2050

## Méthodologie :

- Evaluation d'un **scenario tendanciel** à partir de la modélisation de l'impact 2020
- **Approche par scenario pour projeter des évolutions différentes des tendances observées et identifier des leviers d'amélioration.**
  - À horizon 2050 en déclinant en scenario les quatre chemins de société proposés par l'ADEME dans « Transition(s) 2050 » .

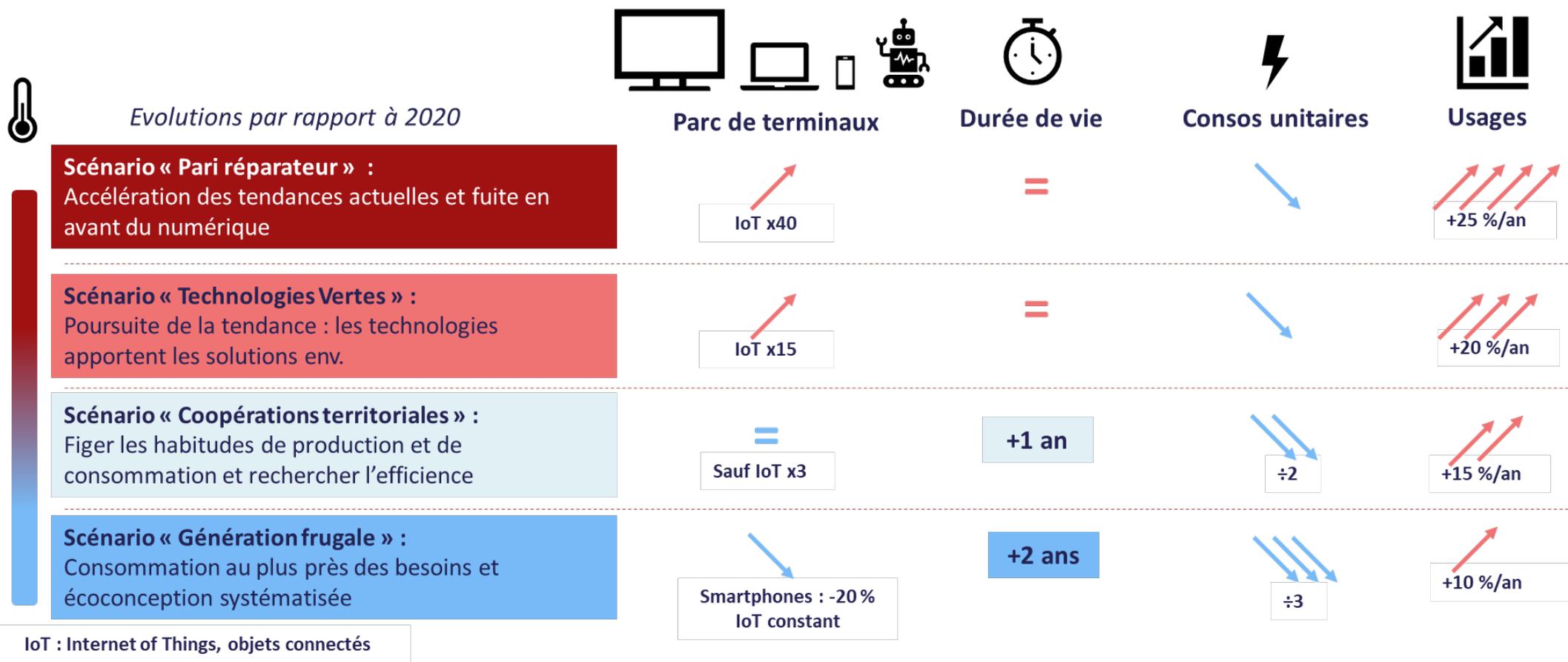
## Sans actions pour la réduire, l'empreinte carbone pourrait presque tripler en 2050, la consommation d'énergie doubler

Evolution du scénario tendanciel de 4 indicateurs de l'impact environnemental du numérique (sur tout le cycle de vie).



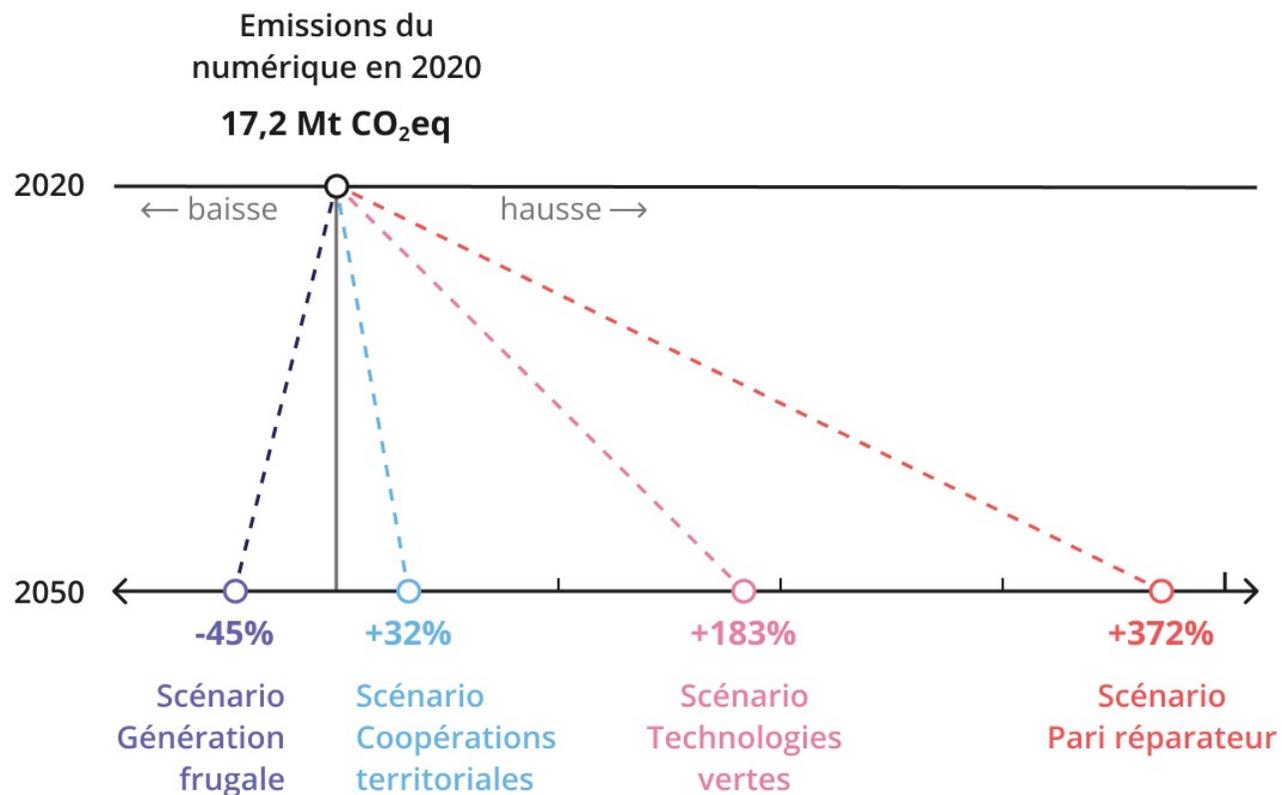
\* Définition MIPS prenant en compte les matériaux utilisés, la biomasse, les déplacements de terre mécaniques ou par érosion, l'eau, et l'air.

# Les scénarios ADEME visent tous la neutralité carbone à horizon 2050 et correspondent à des choix de société différents



## Choix de société : une empreinte carbone quintuplée ou divisée par deux d'ici 2050 ?

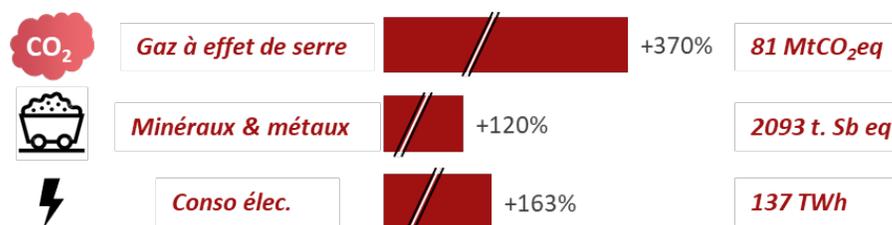
Taux d'évolution des 4 scénarios prospectifs d'émissions de CO<sub>2</sub>eq du numérique en 2050 (sur tout le cycle de vie) par rapport à 2020 de l'étude ADEME-Arcep.



# Résultats 2050 : si tous les scénarii ADEME vise à atteindre la neutralité carbone, ils impliquent une part de l'empreinte carbone allouée au numérique largement différente et possiblement des reports d'impacts (minéraux et métaux)

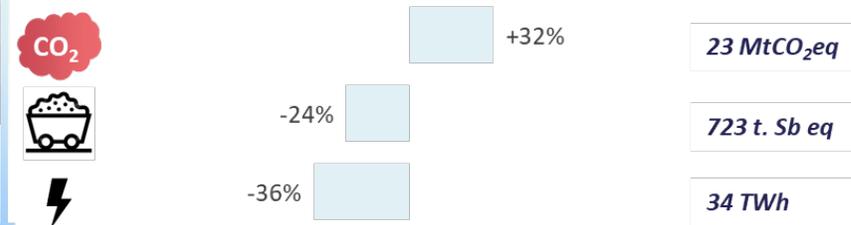
## Scénario « Pari réparateur » :

Le numérique comme maillon central dans une économie où « tout est digitalisé » implique possiblement des reports d'impact importants et questionne par sa soutenabilité



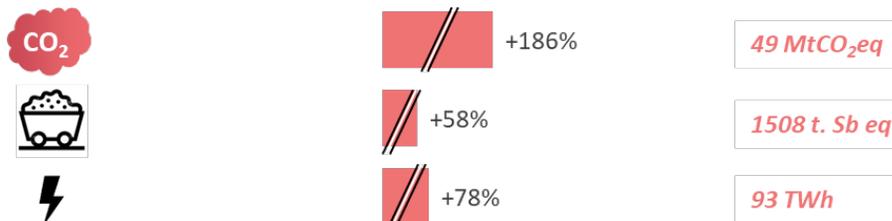
## Scénario « Coopérations territoriales »

Des changements de modes de fonctionnement permettent de contenir l'impact environnemental dans une logique de limitation par les évolutions technologique plus que par des changements radicaux



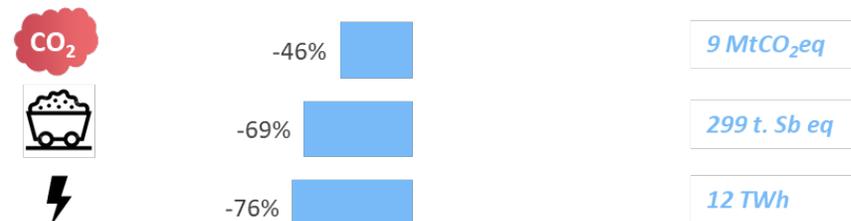
## Scénario « Technologie verte »

La poursuite des tendances pourrait conduire à une empreinte carbone presque triplée et une consommation de ressource en forte hausse par rapport à 2020



## Scénario « Génération frugale » :

Des changements de comportements importants et une écoconception systématisée permettent de diminuer fortement l'impact environnemental.

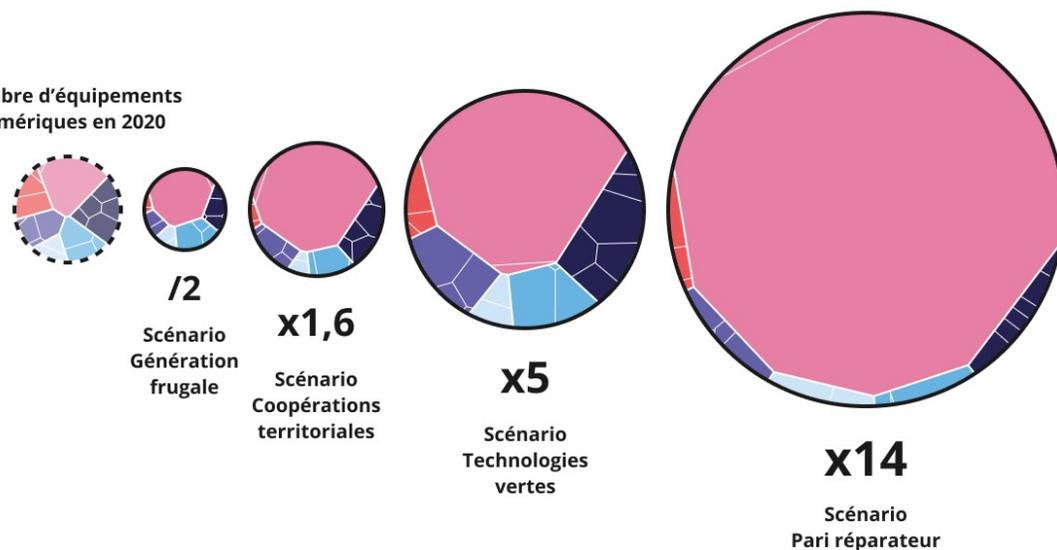


# Focus équipements

## Vers 11 milliards d'équipements numériques en 2050 dont presque autant d'objets connectés ?

Evolution du nombre d'équipements numériques utilisés en France en 2050 selon chaque scénario prospectif, comparé à 2020.

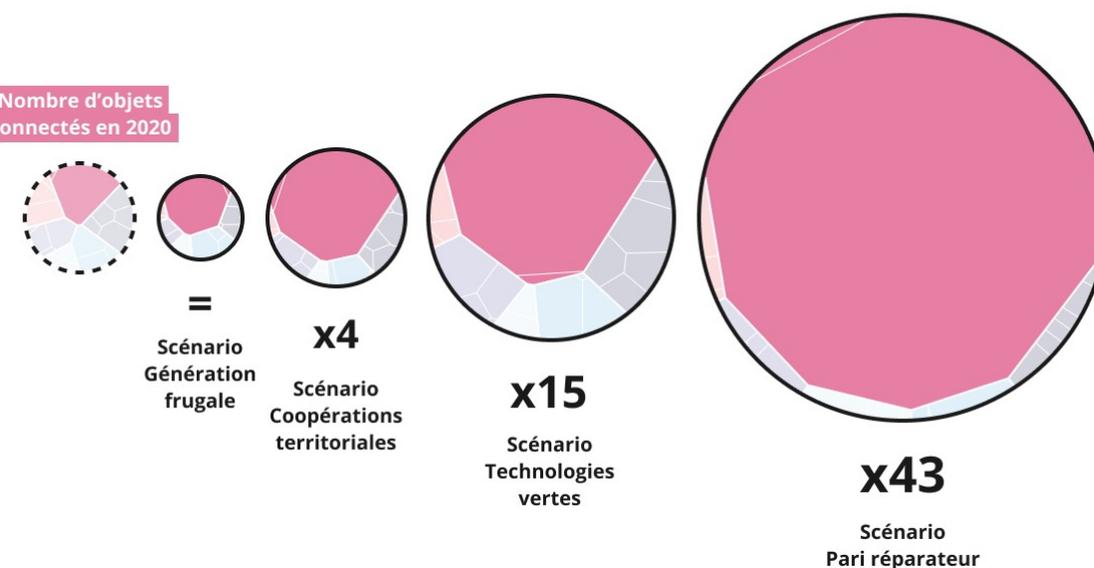
Nombre d'équipements numériques en 2020



## Des objets connectés en forte croissance dans trois scénarios sur quatre

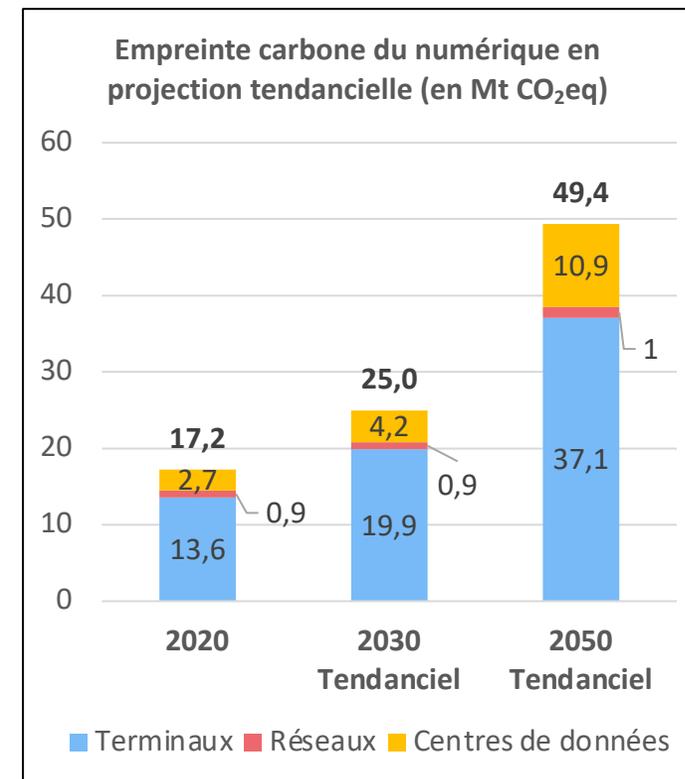
Evolution du nombre d'objets connectés utilisés en France en 2050 selon chaque scénario prospectif, comparé à 2020.

Nombre d'objets connectés en 2020



# Conclusion de l'analyse prospective à horizon 2050

- Sans action pour limiter la croissance de l'impact environnemental du numérique, l'empreinte carbone du numérique pourrait tripler entre 2020 et 2050.
- Outre l'empreinte carbone, l'étude a permis de mettre en évidence l'enjeu de la disponibilité des métaux et autres ressources stratégiques.
- Si tous ces scénarios Transition(s) 2050 permettent d'atteindre la neutralité carbone, cette étude montre qu'ils impliquent une part de l'empreinte carbone nationale allouée au numérique largement différente.
- Le scénario visant à maximiser l'utilisation du numérique pour la décarbonation d'autres secteurs (S4 « Pari réparateur ») implique des reports d'impact sur d'autres critères environnementaux (notamment l'épuisement des ressources abiotiques « métaux & minéraux ») potentiellement très importants et pouvant questionner sa soutenabilité.



# Pistes d'actions

- ❑ Combiner des leviers de sobriété et d'écoconception pour endiguer la tendance:
  - Stabiliser le parc de terminaux et d'équipements
  - Allonger la durée de vie des terminaux
  - Écoconception des terminaux et des services numériques
  - Sensibiliser les consommateurs et encourager la sobriété des usages et des modes de consommation
- ❑ Effort collectif nécessaire impliquant toutes les parties prenantes (fabricants de terminaux et d'équipements, fournisseurs de contenus et d'applications, opérateurs de réseaux et de centres de données, utilisateurs) du fait d'effets croisés et d'interdépendances.
- ❑ Tout le monde doit prendre sa part pour un numérique soutenable.



# RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*Liberté*  
*Égalité*  
*Fraternité*

**Intitulé de la direction/service**  
Contacts

