



CODES DONNÉES
GRENOBLE ALPES

Impact environnemental du numérique

Alexis ARNAUD (GRICAD)

CDGA – Formation doctorale – 28 mai 2026





- 1. Travail en groupe**
- 2. Contexte : l'anthropocène**
- 3. L'impact environnemental du numérique**
- 4. Des pistes d'actions**
- 5. Conclusions**



Constitution des groupes :

- 4 ou 5 personnes par groupe.
- Regroupement par thématique scientifique.

Matériel :

- Prendre des post-its pour noter les éléments et les partager au tableau.
- Regroupement des éléments en grandes catégories.
- Une synthèse sera faite ensuite à l'oral.

Durée : 10 mn



1. Quels sont les impacts environnementaux du numérique que vous connaissez ?
2. Quelles thématiques voulez-vous approfondir pour cette session ?



**CODES DONNÉES
GRENOBLE ALPES**

**Contexte :
l'anthropocène**



« Proposition d'époque géologique qui aurait débutée quand **l'influence de l'être humain** sur la géologie et les écosystèmes est devenue **significative à l'échelle de l'histoire de la Terre.** »

[Wikipedia - Anthropocène](#)

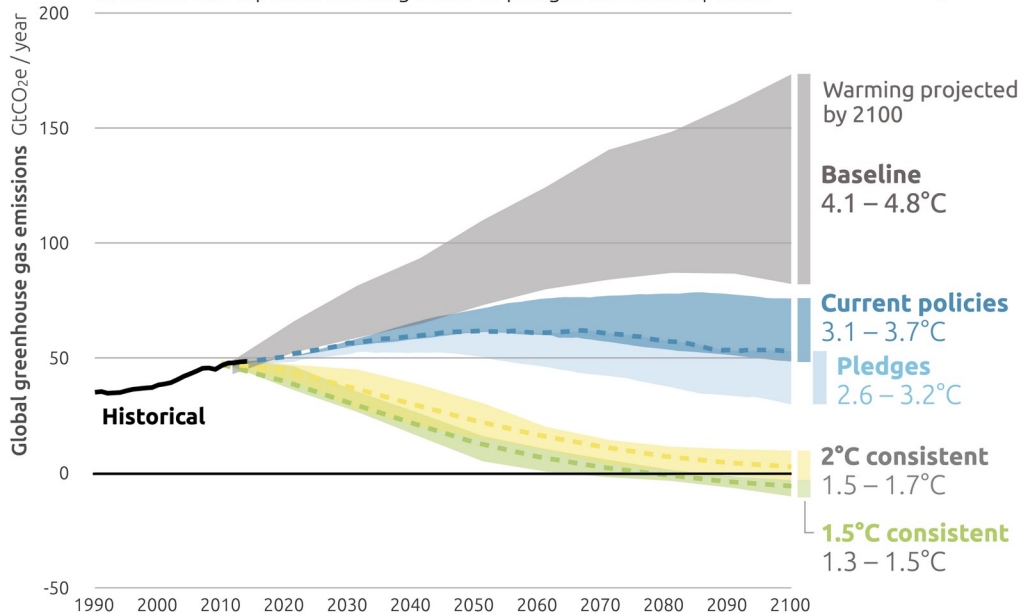


Le changement climatique

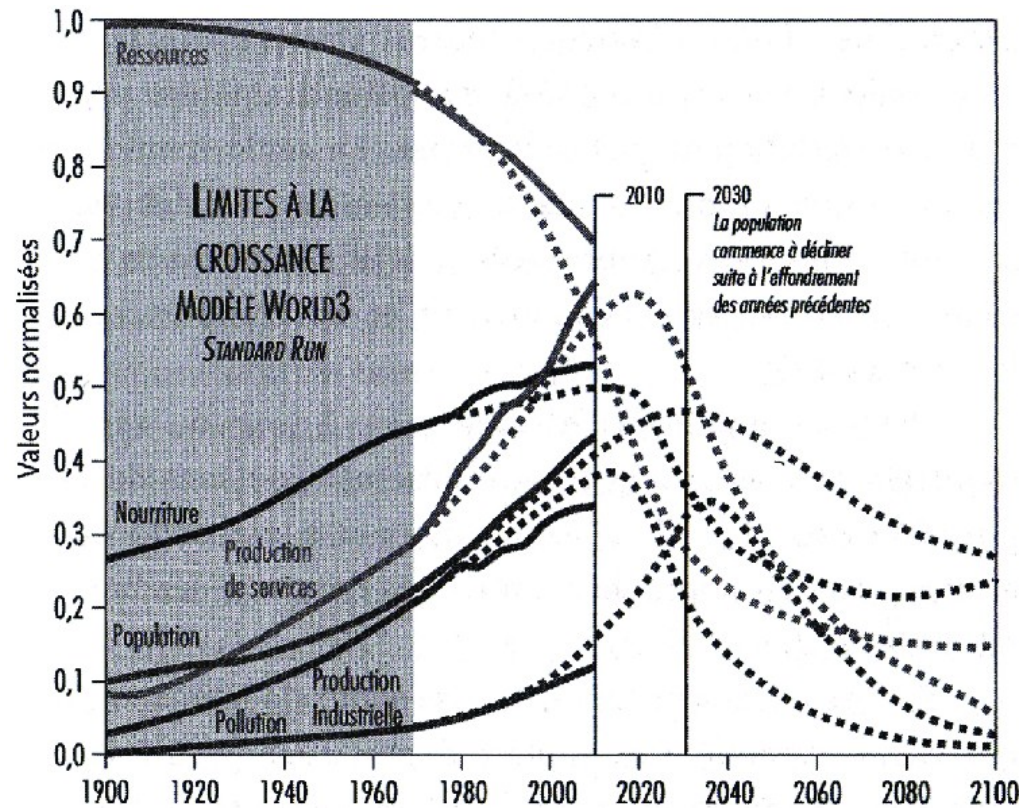
- **Rapports du GIEC (depuis 1990)** : consensus scientifique et politique international - le réchauffement de l'atmosphère, l'océan et les terres est dû à l'activité humaine.
- Une situation critique reconnue depuis le **rapport Meadows en 1972**.

2100 WARMING PROJECTIONS

Emissions and expected warming based on pledges and current policies



Projection de l'émission des gaz à effet de serre pour 2100 (2017) - [Climate Action Trackers](#)

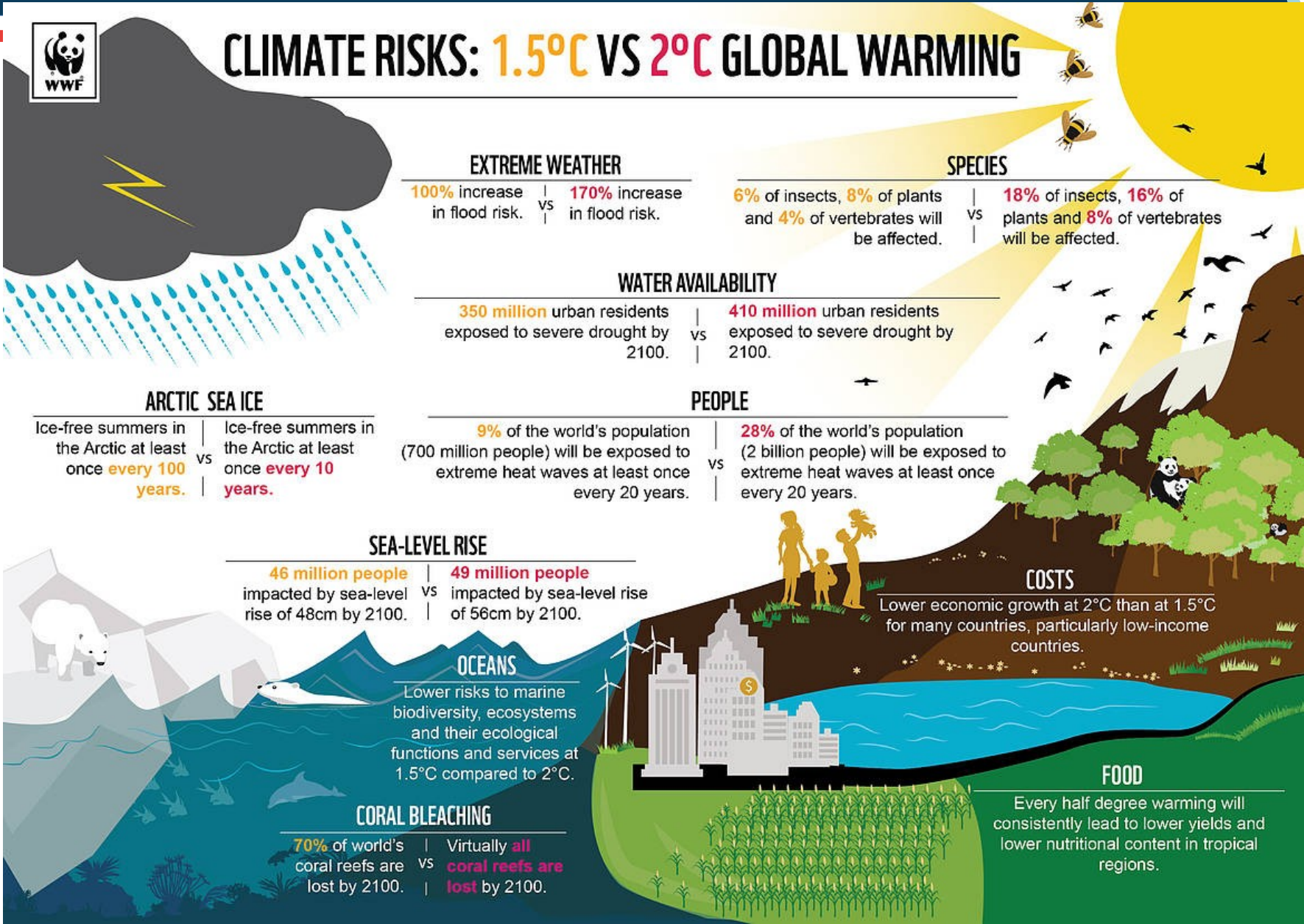


Modèle "Standard Run" (Rapport Meadows, 1972), mis à jour par [Graham M. Turner](#) (2012)



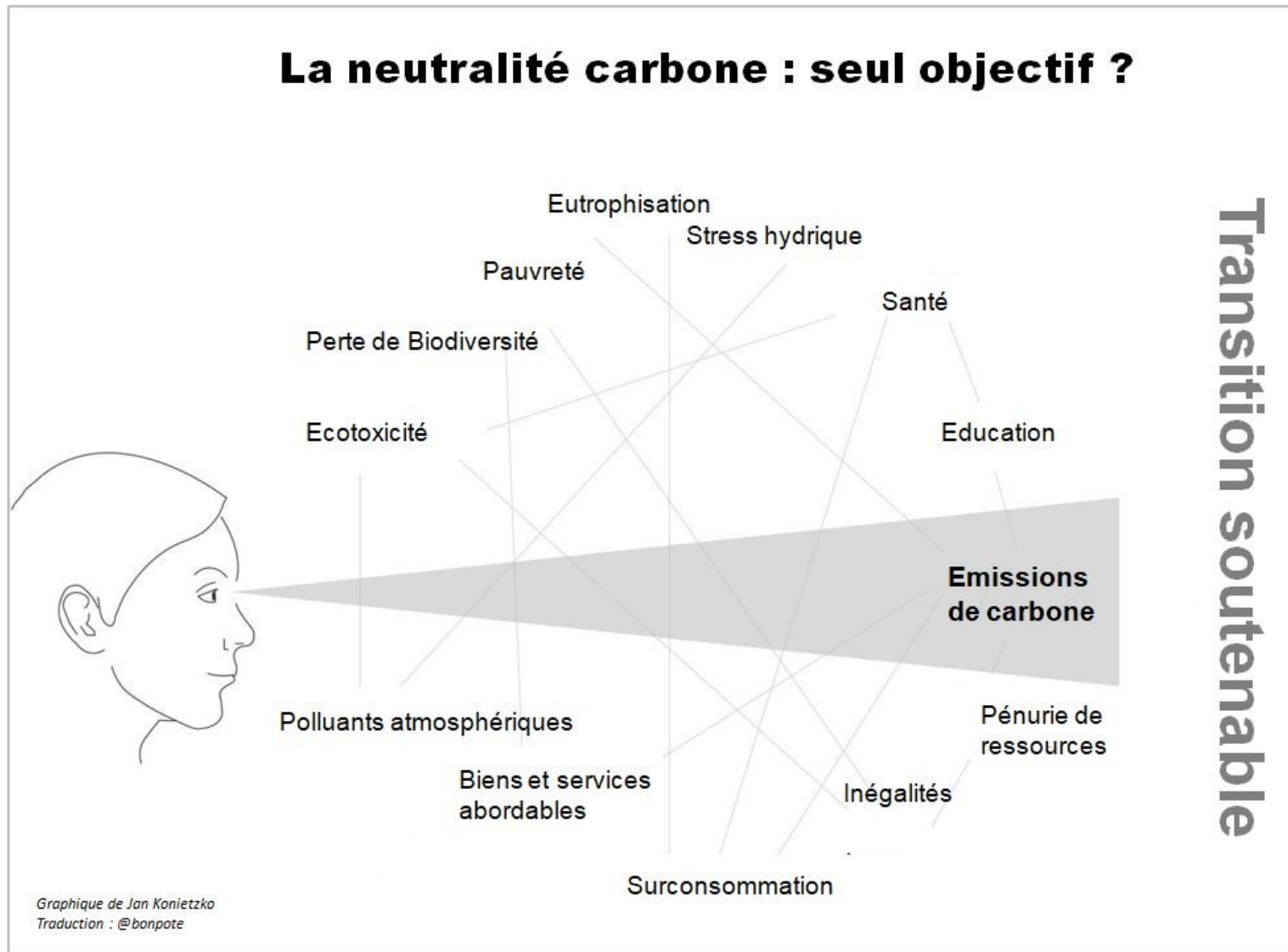
Un court extrait de [l'interview du climatologue Christophe Cassou](#) sur la canicule de 2022 par rapport à une France à +4°C.

Chaque degré compte



WWF – Changement climatique : comparaison d'un réchauffement global de 1.5°C et 2°C

Ne pas rester sur une vision centrée sur les gaz à effet de serre



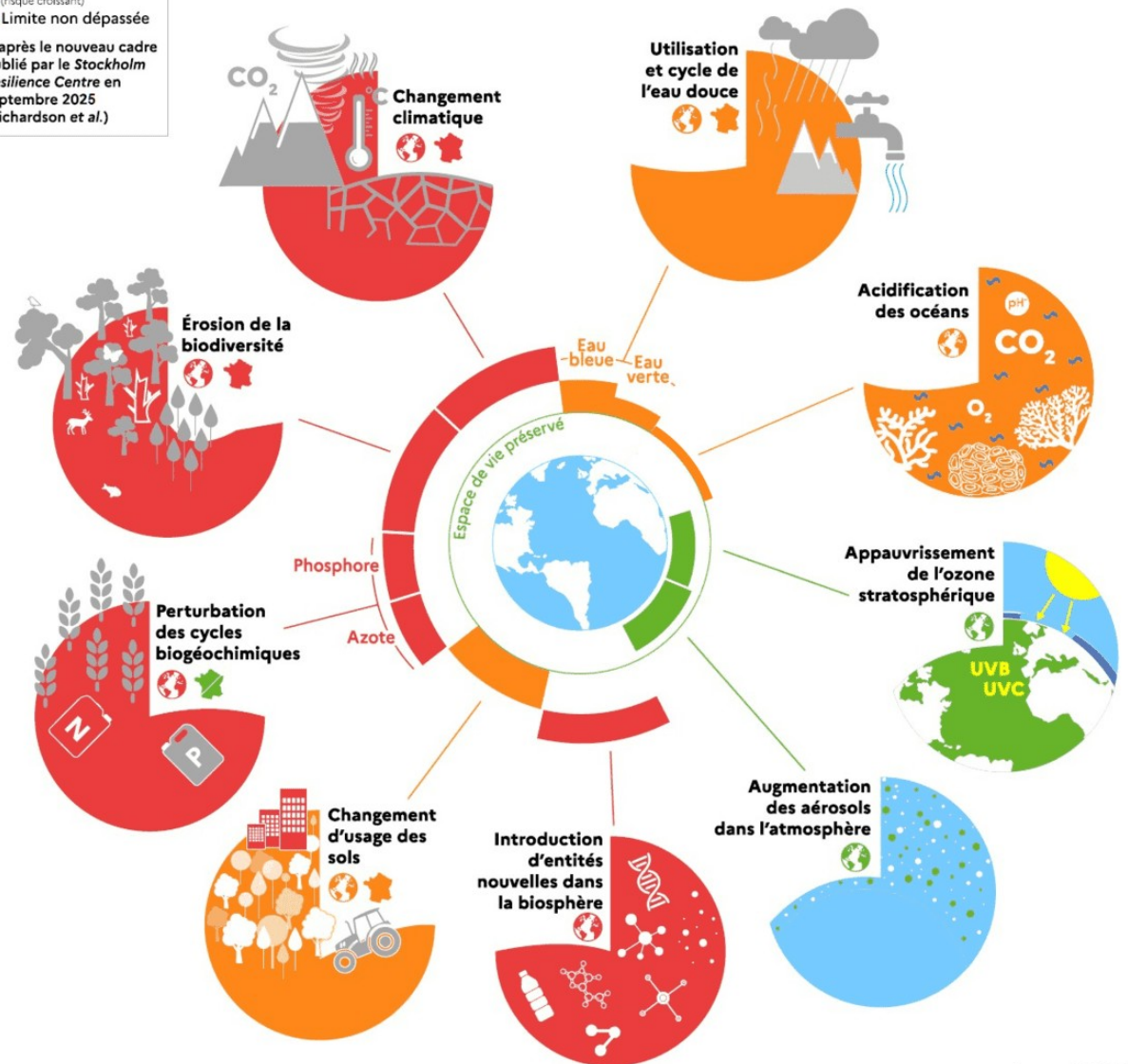
Graphique de Jan Konietzko, traduction bonpote.com



Les 9 limites planétaires

▲ Limite dépassée (risque élevé)
▲ Limite dépassée (risque croissant)
▲ Limite non dépassée

D'après le nouveau cadre publié par le Stockholm Resilience Centre en septembre 2025 (Richardson et al.)



Crédits : Commissariat général au développement durable

Source : CGDD, 2025

Source : CGDD, 2025

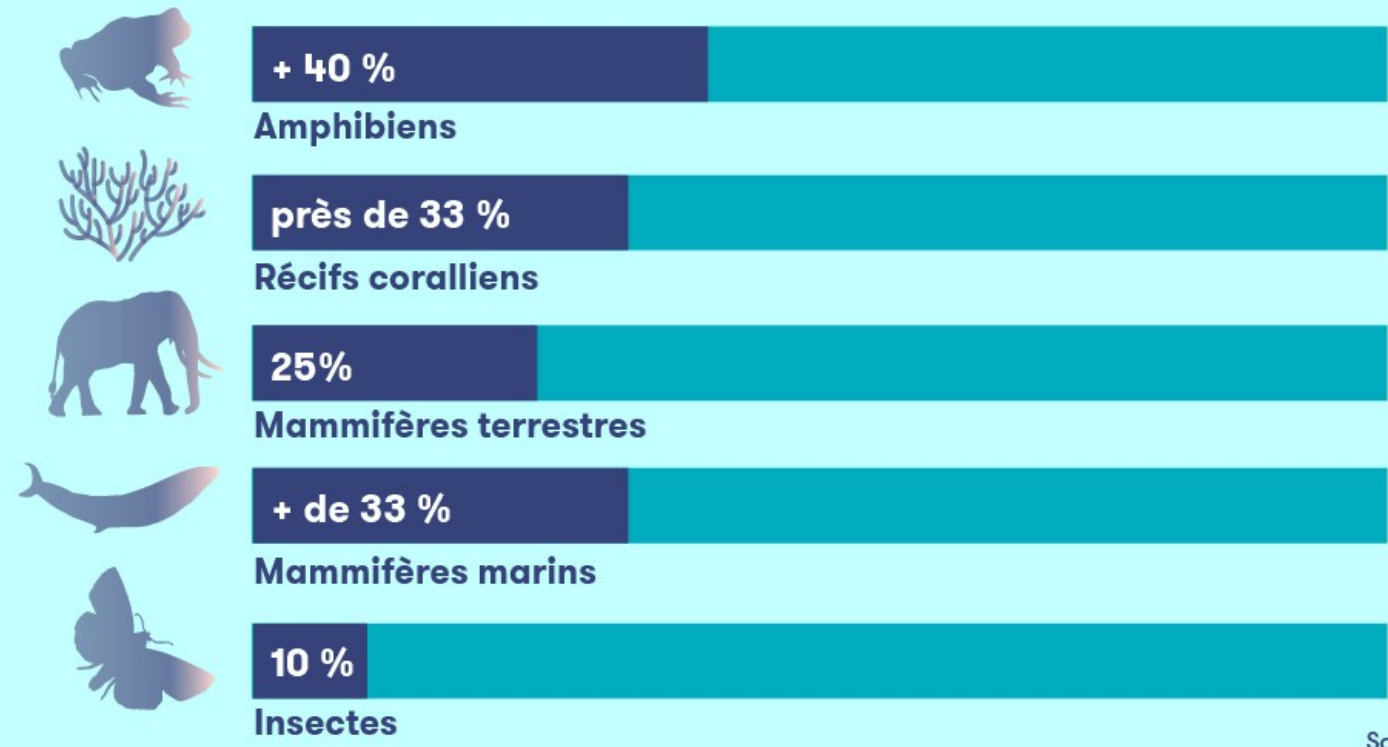


De plus en plus d'indicateurs alarmants

ESPÈCES MENACÉES D'EXTINCTION

Pourcentage moyen d'extinction dans de nombreux groupes d'espèces : **25%**

Environ 1 million sur un total estimé de **8 millions**



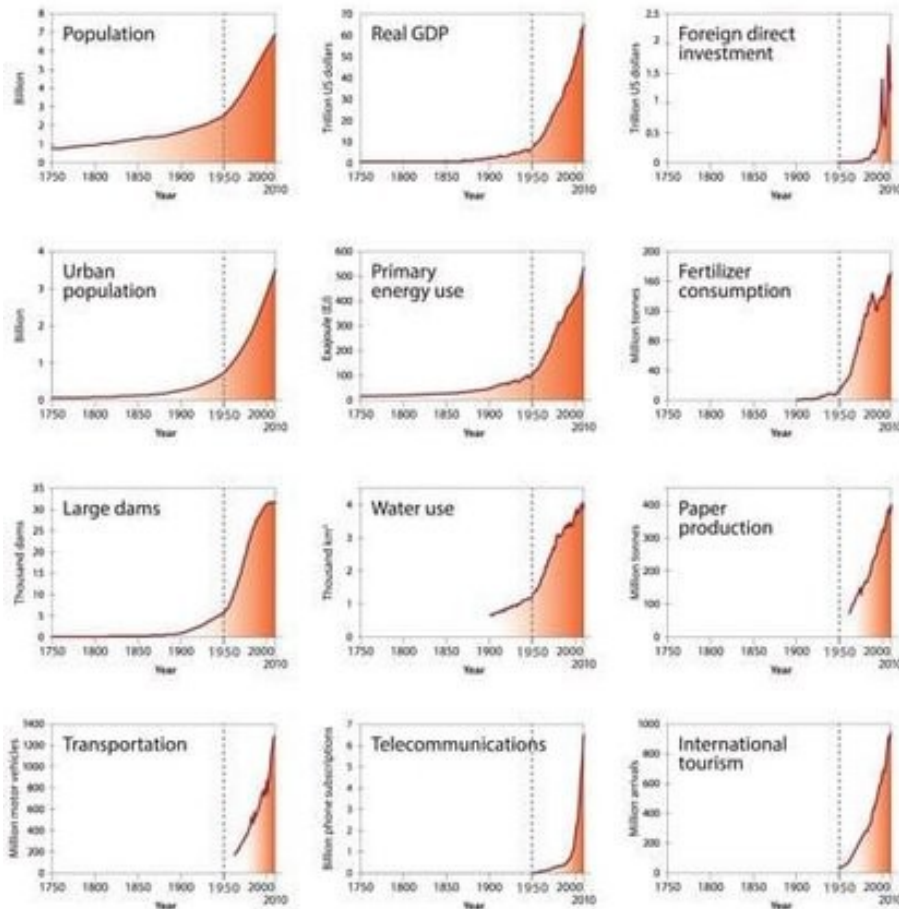
Source: IPBES (2019)

Rapport de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), 2019.

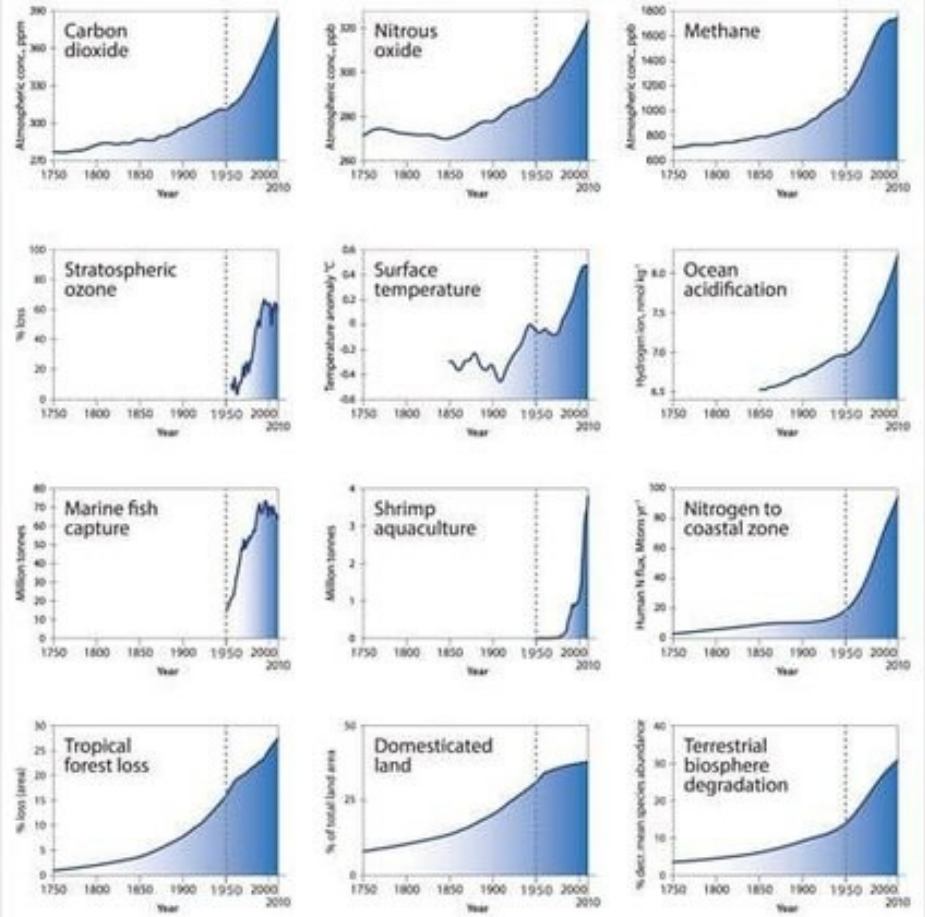
Un système qui accélère fortement



Socio-economic trends



Earth system trends



Updated Great Acceleration Graphs

Source: Will Steffen et al. "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration." The Anthropocene Review, March 2015

The Great Acceleration (Steffen et al., 2015b)



**CODES DONNÉES
GRENOBLE ALPES**

L'impact environnemental du numérique



- Le numérique, c'est simplement l'utilisation de machines pour traiter de l'information, de la donnée.
- **Il y a un lien fort entre :**
 - Matériel : contient, transfère, permet le traitement les données
 - Logiciel : traite, manipule les données
 - Données : contient de l'information à exploiter
- L'augmentation d'utilisation d'un de ces points implique l'augmentation de l'utilisation des 2 autres.

Un numérique pas « immatériel »



Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) :

- ~ 4 % des émissions de GES : comparable à l'aviation civile
- ~ +6 % par an, soit x2 en 12 ans



Des Ghanéens travaillant dans la décharge d'Agbogbloshie, au Ghana

LE CYCLE DE VIE D'UN ORDINATEUR

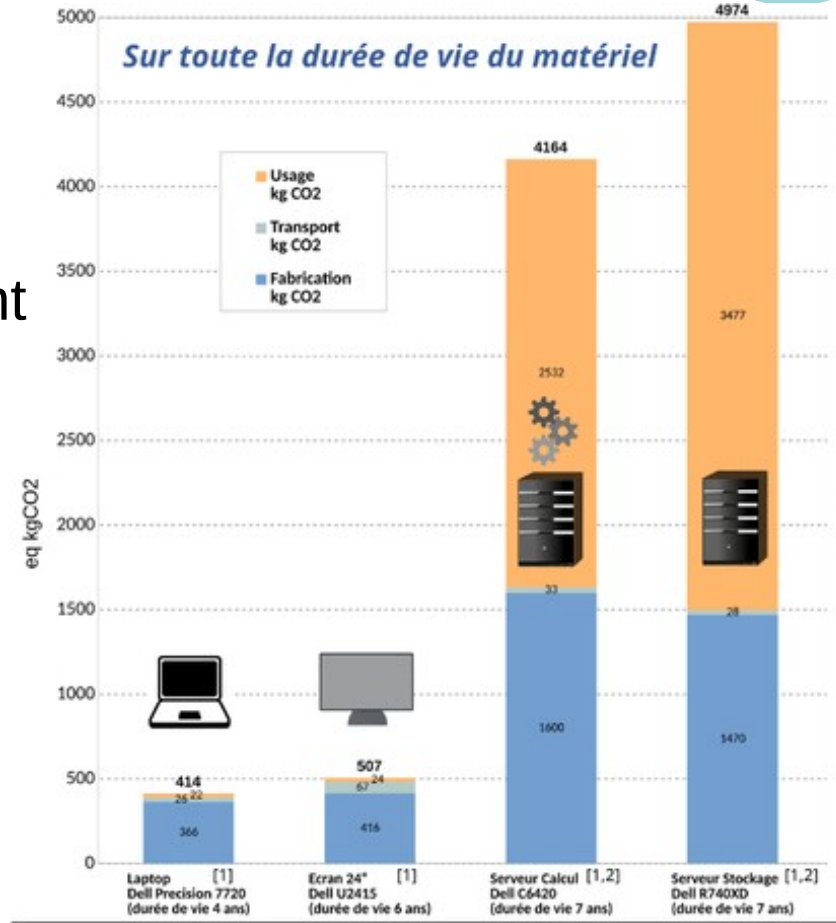


La face cachée du numérique - Ademe



Le matériel numérique

- Des impacts tout au long du cycle de vie du matériel numérique :
 - **extraction** :
 - pollutions (sols, air, eaux), épuisement des ressources, travail d'enfants, conflits armés, viol comme arme de guerre
 - **transport** :
 - pollutions directes
 - **fabrication** :
 - pollutions chimiques (sols, air), exploitations humaines
 - **gestion des déchets** :
 - 20 % seulement des DEEE sont récoltés (50 % en France)
 - décharge et trafic illégaux, pollutions chimiques, exploitation humaine



[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/>

Comparatif sur les émissions de CO2 (Jérémy Wambecke et Carole Plasson, 2019 ; Laurent Bourgès, 2020)



Un premier élément plus difficile à saisir, mais avec de nombreux impacts.

- **Consommation énergétique :**
 - le matériel étant rapidement plus puissant, pas ou peu d'optimisation du logiciel
 - augmentation continue de la taille des logiciels et de leur consommation
- **Dépendances logicielles :**
 - fragilité du code basé sur des bibliothèques évoluant rapidement, non compatibles, non mises à jour
- **Course au matériel :**
 - intelligence artificielle
 - véhicule autonome
- Et des **problèmes sociétaux et éthiques :**
 - publicités
 - manipulation de l'information / des personnes (addiction, biais cognitifs)
 - violation de la vie privée (surveillance de masse)

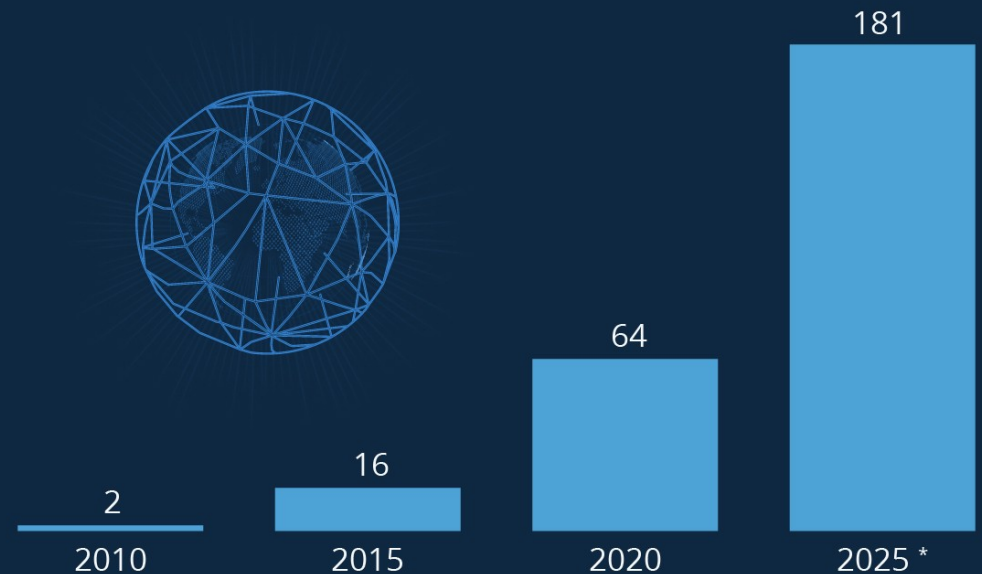


Un volume de données en croissance exponentielle, à cause :

- des usages : vidéos, IA, santé, objets connectés, etc.
- du matériel disponible : fibre optique, 5G, large démocratisation des smartphones

Le Big Bang du Big Data

Estimation du volume de données numériques créées ou répliquées par an dans le monde, en zettaoctets



Un zettaoctet équivaut à mille milliards de gigaoctets.

* Prévision en date de mars 2021.

Sources : IDC, Seagate, Statista



statista



Des pistes d'actions



- **Lors de l'achat :**
 - origines équitables, recyclés, durées de garantie
 - utilisation du marché MatInfo
 - adapter l'infrastructure aux besoins
- **Lors de l'usage :**
 - conserver le matériel le plus longtemps possible
 - mutualiser
- **Lors de la fin de vie :**
 - don, recyclage (filrière labellisée et responsable)

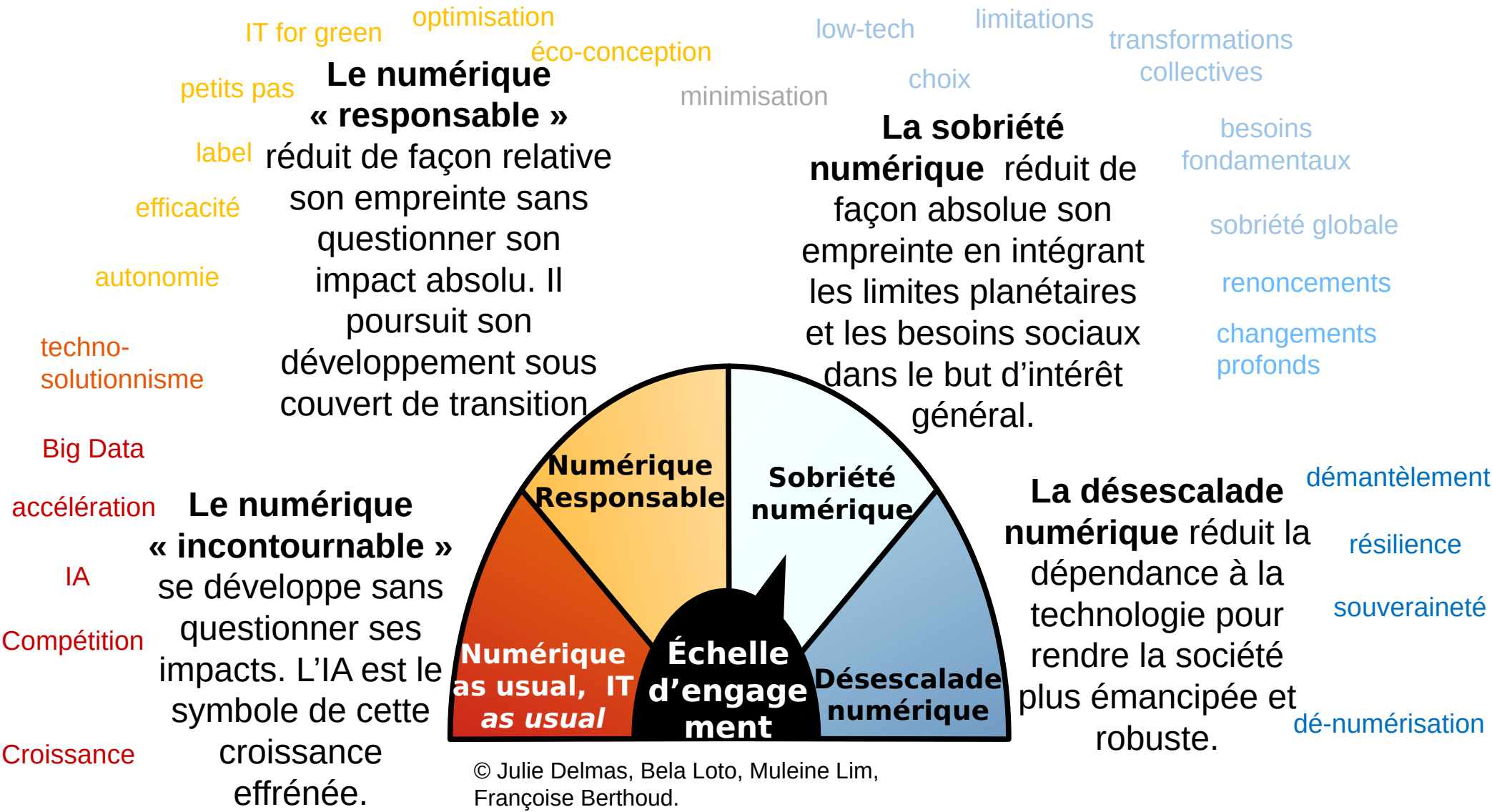


- **Éco-conception** de :
 - **services numériques**
 - maîtrise des fonctionnalités, de la consommation,
 - **sobriété numérique**
- Attention à l'optimisation :
 - une diminution unitaire induit souvent une augmentation globale
 - ▶ **effet rebond**



- **limiter l'utilisation des données :**
 - réfléchir aux besoins
 - réfléchir aux finalités
- **Utiliser des solutions techniques institutionnelles mutualisées :**
 - solutions libres et open source
- **Garantir la réutilisation des données :**
 - principes FAIR, science ouverte

L'échelle d'engagement pour lutter contre les impacts du numérique



Source : Module de sensibilisation « sobriété numérique : comprendre et agir », F. Berthoud, M. Giacherio, N. Gillet, D. Mallarino, H. Suaudeau, D. Tixier, 2026



Conclusions



- **(Prendre le temps de) Réfléchir :**
 - accepter le caractère complexe du problème
 - intégrer une pensée systémique
 - mesurer et questionner les besoins et les finalités
 - identifier les leviers d'actions principaux
 - suivre l'évolution des mesures dans le temps
- **Ralentir :**
 - nécessaire pour réfléchir
 - **slow science**



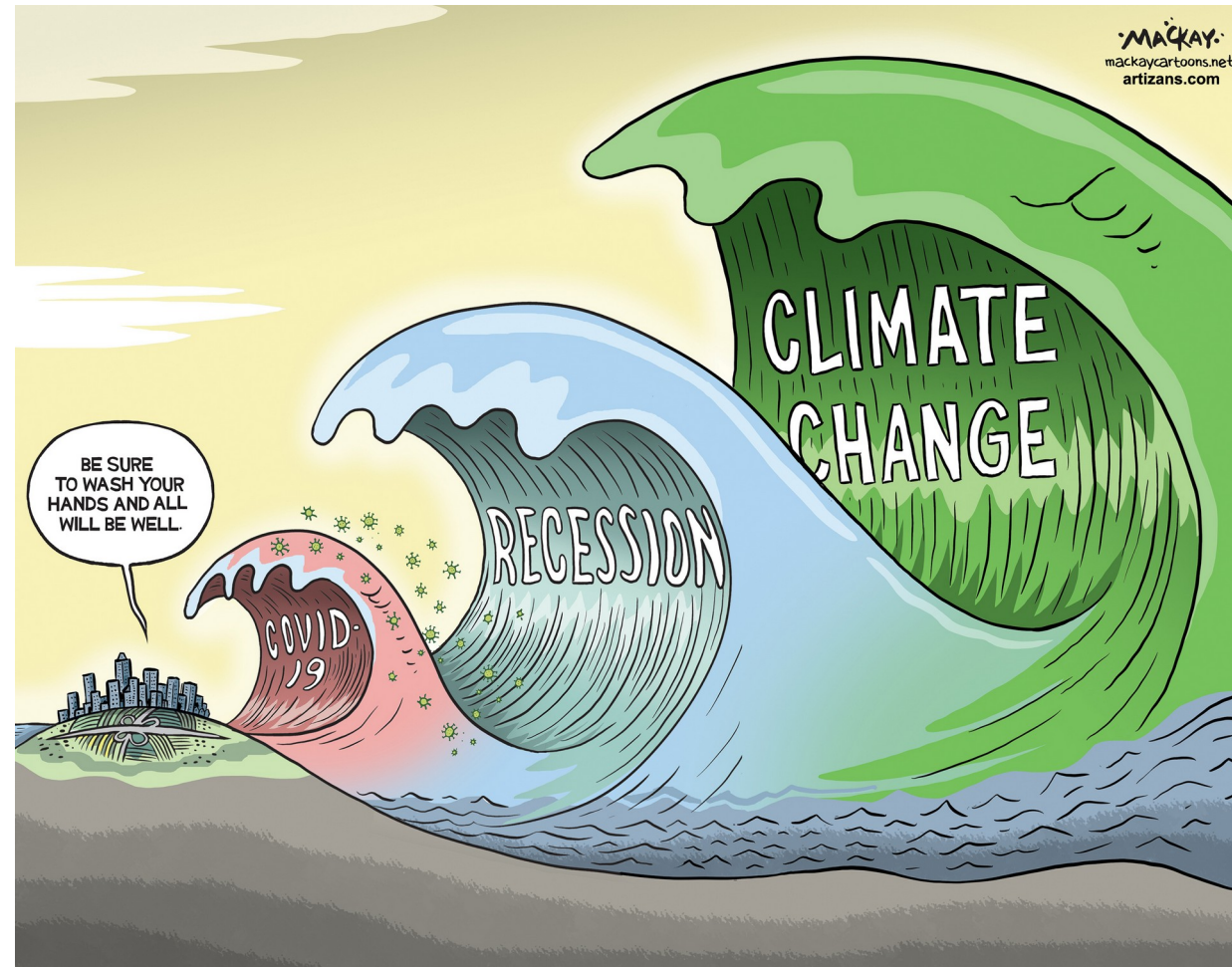
- **Sobriété et résilience :**

- réaliser le minimum nécessaire, sans créer de nouveaux besoins
- réfléchir / s'adapter à un environnement contraint



- EcoDiag : pour un parc informatique
<https://ecoinfo.cnrs.fr/ecodiag-calcul/>
- GES 1point5 : pour un laboratoire
<https://www.labos1point5.org/ges-1point5>

- À toutes les étapes du cycle de vie d'un projet de recherche
- **Question du délai d'action** par rapport à la crise climatique.



Dessin humoristique de Graeme MacKay, 2020



Qui ?

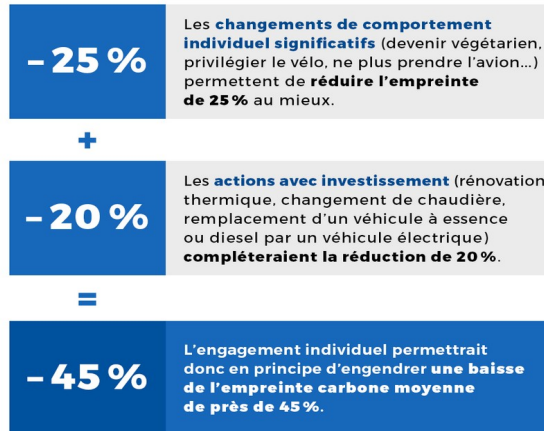
FAIRE SA PART ?

POUVOIR ET RESPONSABILITÉ DES INDIVIDUS, DES ENTREPRISES ET DE L'ÉTAT FACE À L'URGENCE CLIMATIQUE

- Tout ne doit pas reposer sur le niveau individuel.
- C'est un système entier à repenser.
- Il est important de travailler au niveau collectif.

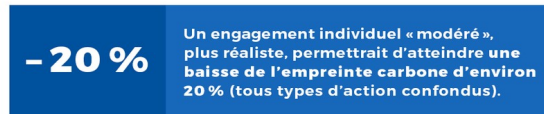


QUELLES ACTIONS POUR L'INDIVIDU ?



N.B.: Au-delà de leur potentiel rôle pédagogique, les « petits gestes du quotidien » (faire le tri, éteindre la lumière...) n'ont pas d'impact significatif sur l'empreinte carbone moyenne des individus.

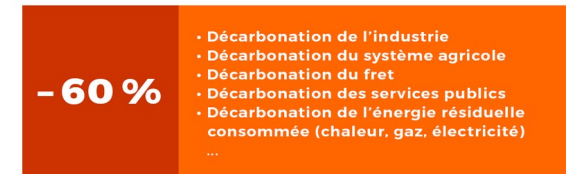
! Mais ces estimations se fondent sur un engagement personnel « héroïque » !



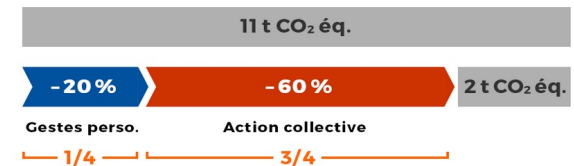
Une réduction qui correspond à **1/4** de l'effort nécessaire pour faire passer l'empreinte carbone de 11 à 2 tonnes de CO₂ équivalent par an.

ET LA PART RESTANTE ?

Notre empreinte carbone est fortement contrainte par l'**environnement social, technique et politique** dans lequel nous vivons.



Sur les **80 %** de baisse nécessaires, **60 %** ne pourront être réalisables que grâce à **une impulsion politique et collective**.



Pour que l'empreinte carbone des Français diminue, **les entreprises et l'État** doivent donc aussi **se transformer en profondeur**.

Source: étude Carbone 4 (juin 2019) - www.carbone4.com



carbone4.com, 2019



Aux objectifs de la science ouverte, il est important d'associer les défis climatiques et sociétaux du siècle en cours.



Quelques ressources



- **Groupement de recherche et de services (GDRS) EcoInfo** : *Réduire les impacts environnementaux et sociétaux négatifs des technologies du numérique.*
- **Groupement de recherche (GDR) Labos 1Point5** : *Réduire l'empreinte de nos activités de recherche sur l'environnement.*
- **CAMPUS d'après Grenoble** : *collectif interdisciplinaire issu du milieu académique grenoblois.*
- **Sobriété numérique - comprendre et agir** : *atelier de formation à la sobriété numérique.*
- Didier Mallarino, Sylvie Le Bras, Cyrille Bonamy. ***Les impacts environnementaux et sociétaux des données : un défi pour l'avenir.*** Congrès JRES : Les Journées Réseaux de l'Enseignement et de la Recherche, RENATER, May 2022, Marseille, France. ([hal-03702208](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03702208))