



# Impact environnemental des données numériques

Cellule Data Grenoble Alpes – 08 avril 2024



- 1. Contexte : l'anthropocène**
- 2. L'impact environnemental du numérique**
- 3. Études au niveau du mésocentre grenoblois**
- 4. Des pistes d'actions**
- 5. Conclusions**



**Que vous évoquent les termes suivants ?**

1. changement climatique / anthropocène
2. numérique et ses impacts environnementaux
3. impacts des données de la recherche



# 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](#)

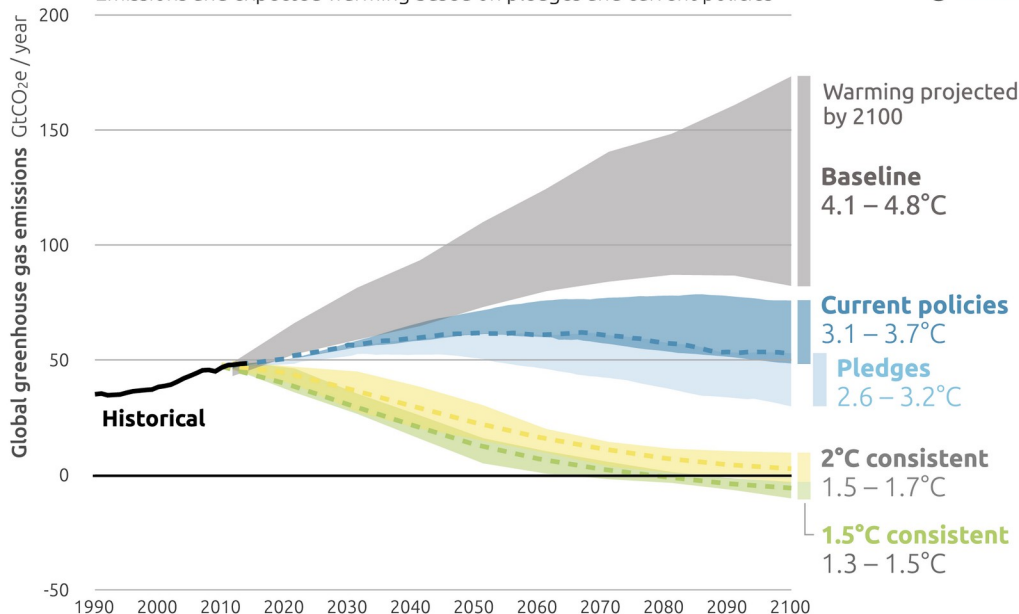
# Le changement climatique



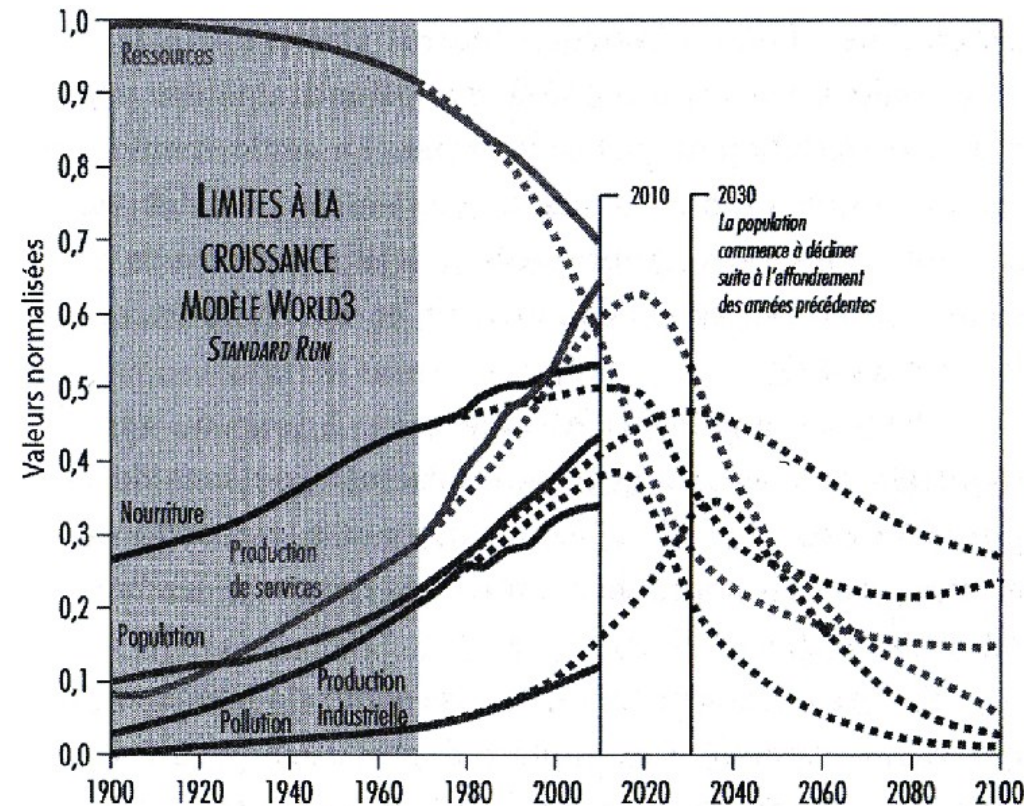
- **Rapports du GIEC (depuis 1990)** : consensus scientifique et politique international - le réchauffement de l'atmosphère, l'océan et les terres est dû à l'activité humaine.
- Une situation critique reconnue depuis le **rapport Meadows en 1972**.

## 2100 WARMING PROJECTIONS

Emissions and expected warming based on pledges and current policies



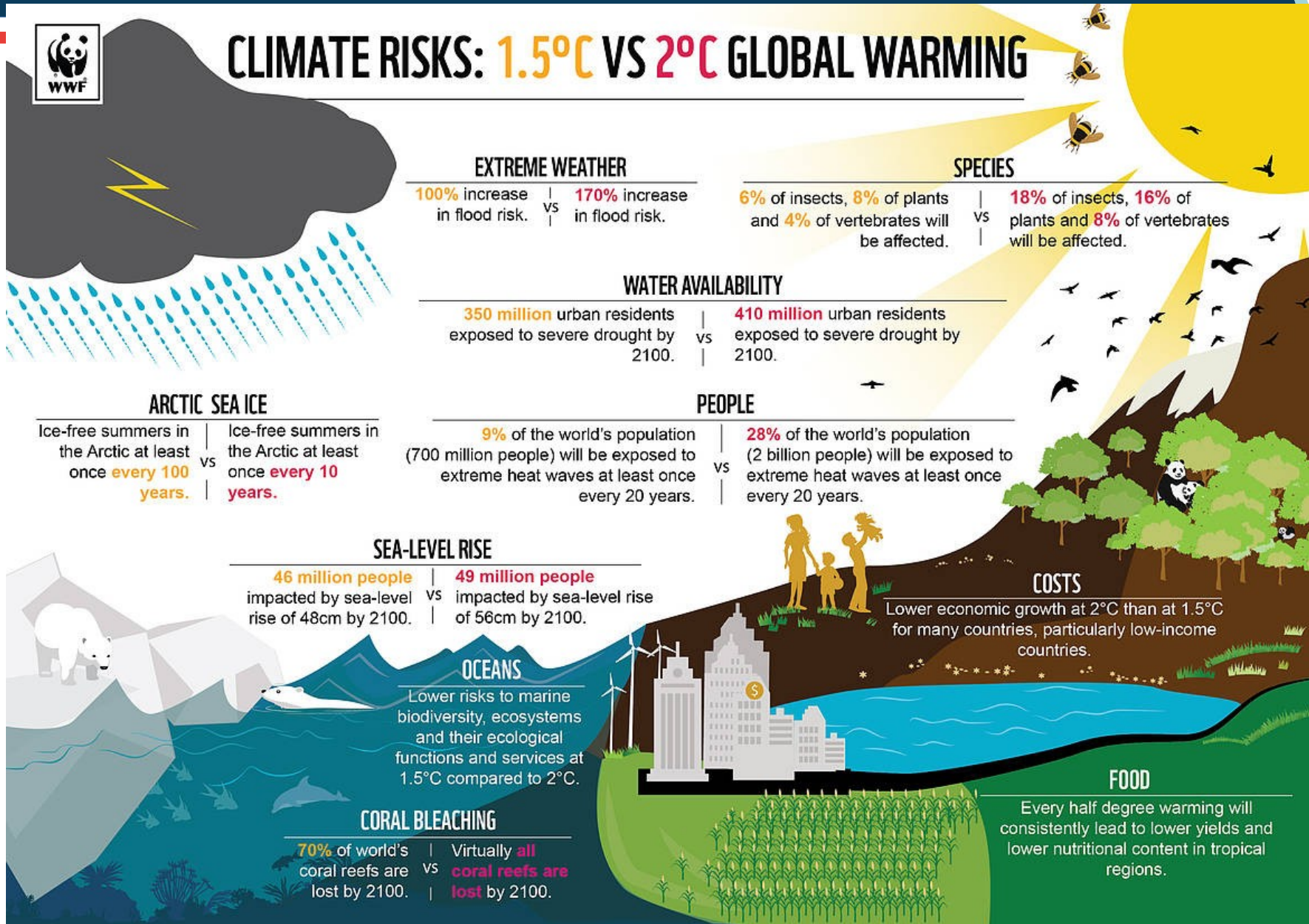
Projection de l'émission des gaz à effet de serre pour 2100 (2017) - [Climate Action Trackers](#)



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

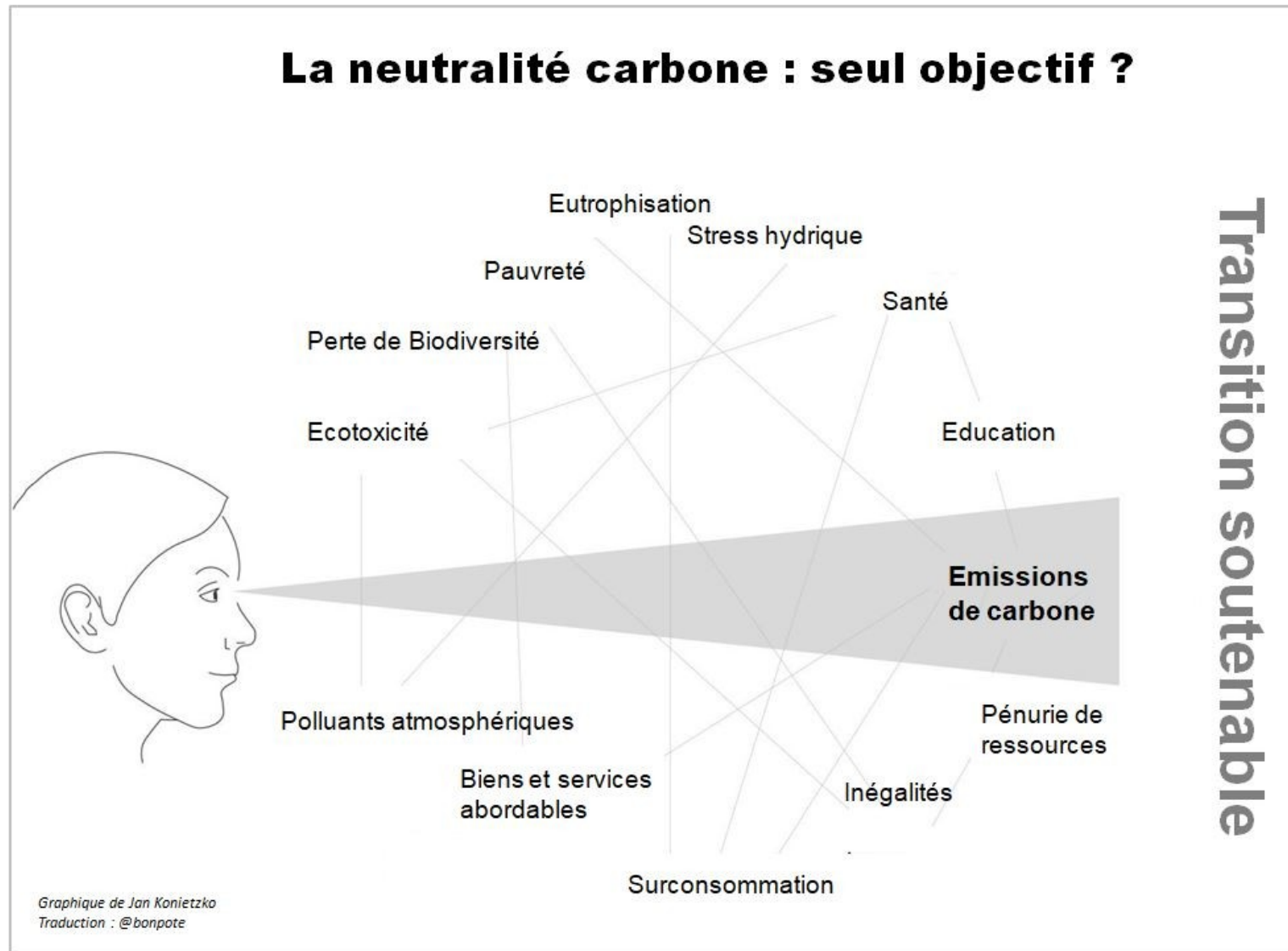


# Chaque degré compte



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



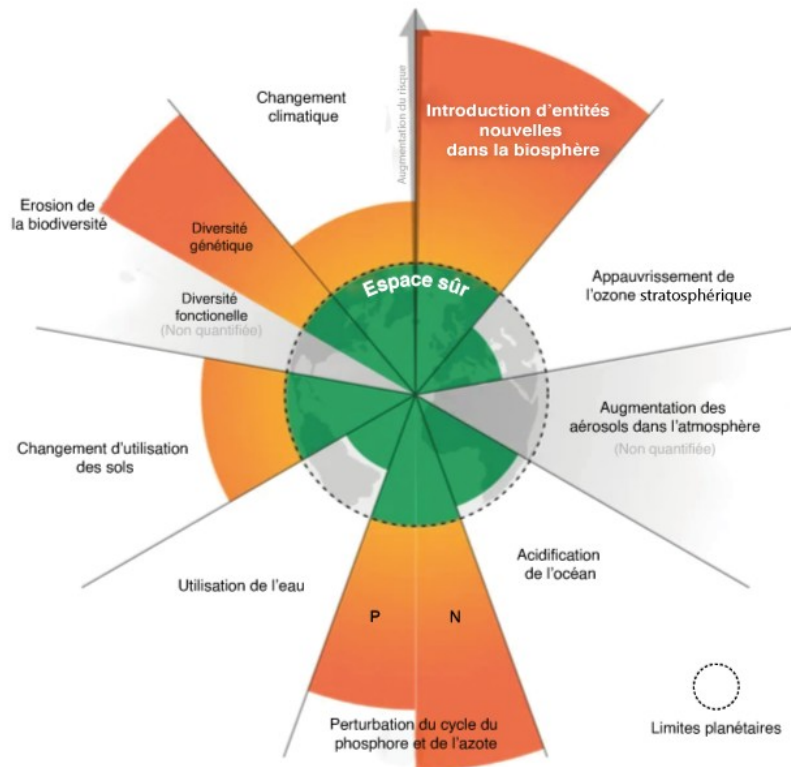
Graphique de Jan Konietzko, traduction [bonpote.com](https://bonpote.com)



# De plus en plus d'indicateurs alarmants



Limites planétaires : un nouveau dépassement



La limite planétaire pour les pollutions chimiques (nouvelles entités) a été quantifiée pour la première fois. Elle rejoint les 4 autres limites déjà dépassées

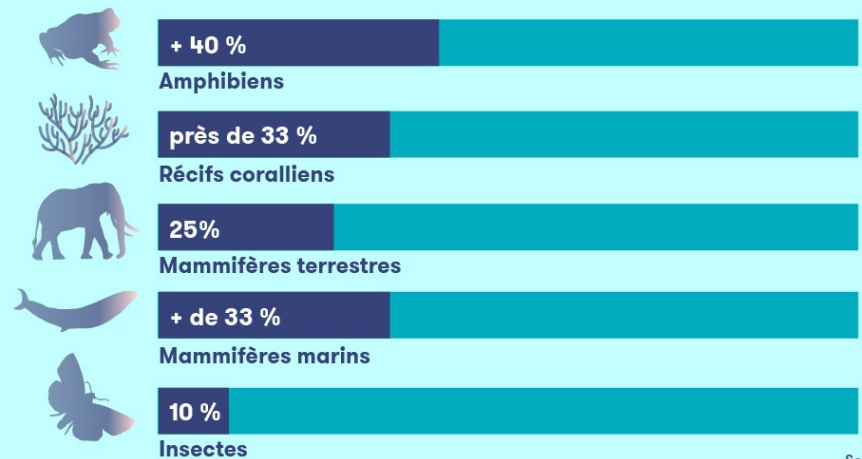
crédit : Stockholm resilience centre/Azote  
Trad : Sydney THOMAS

@BonPote

## 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)

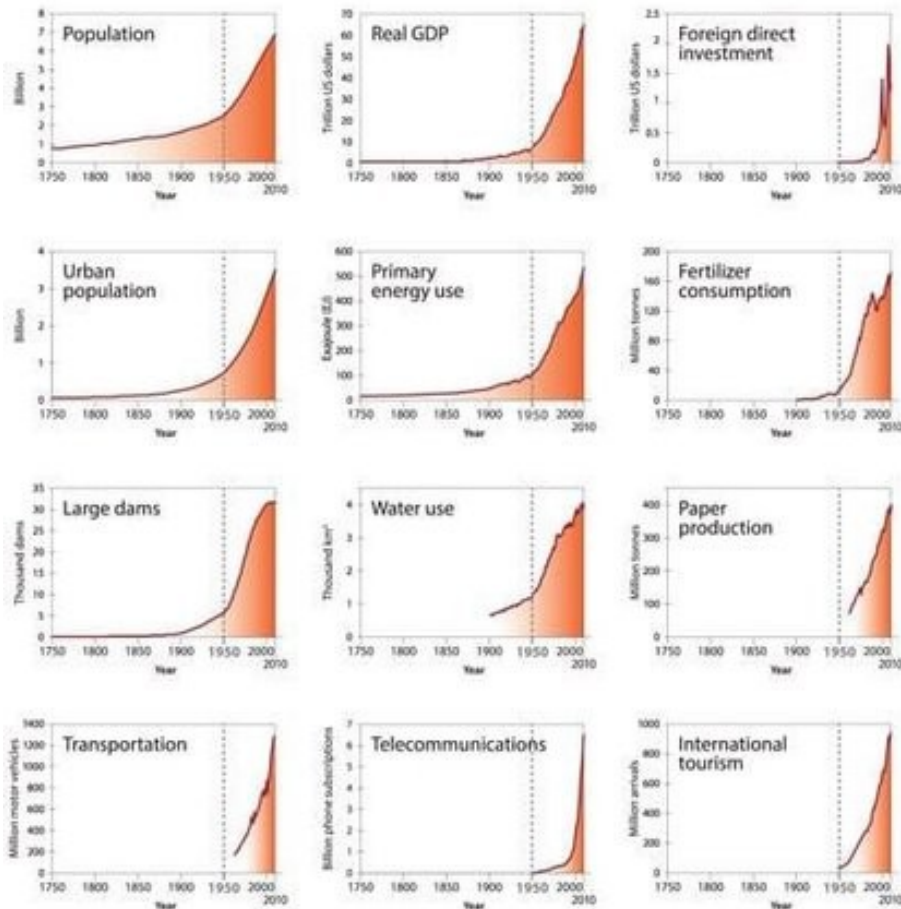
Rapport de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), 2019.

Dépassement de la 5<sup>e</sup> limite planétaire (2022) - [bonpote.com](https://bonpote.com)

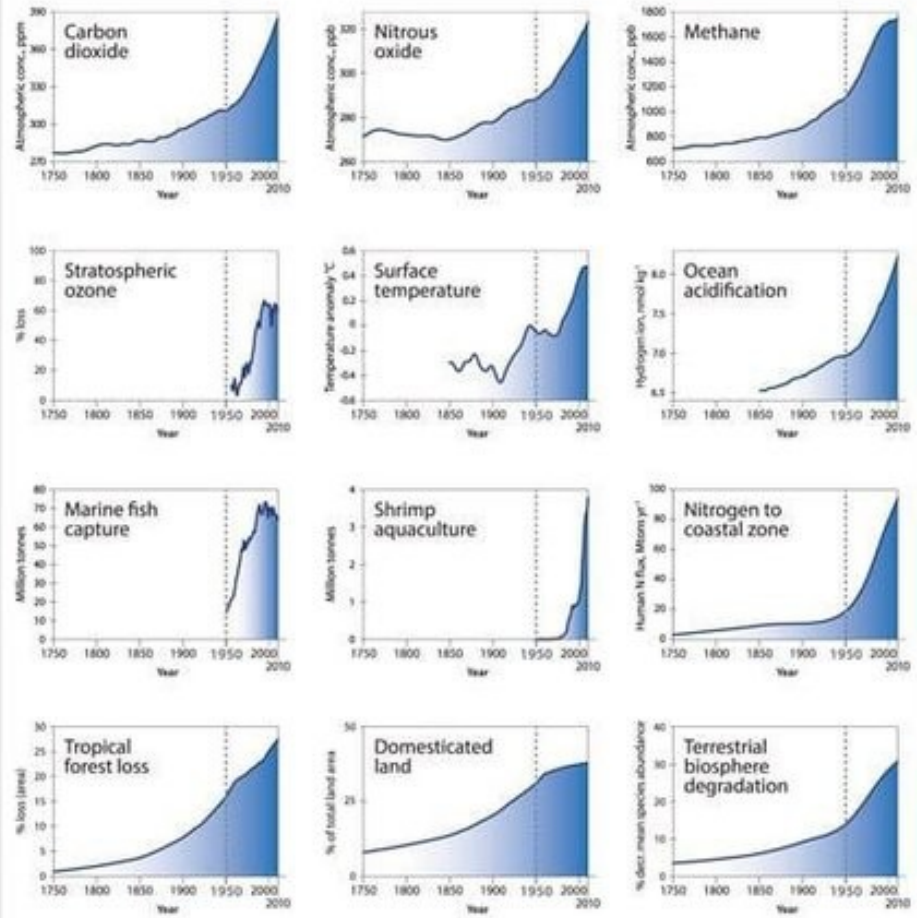
# Un système qui accélère fortement



## 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)



# L'impact environnemental du numérique



# 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

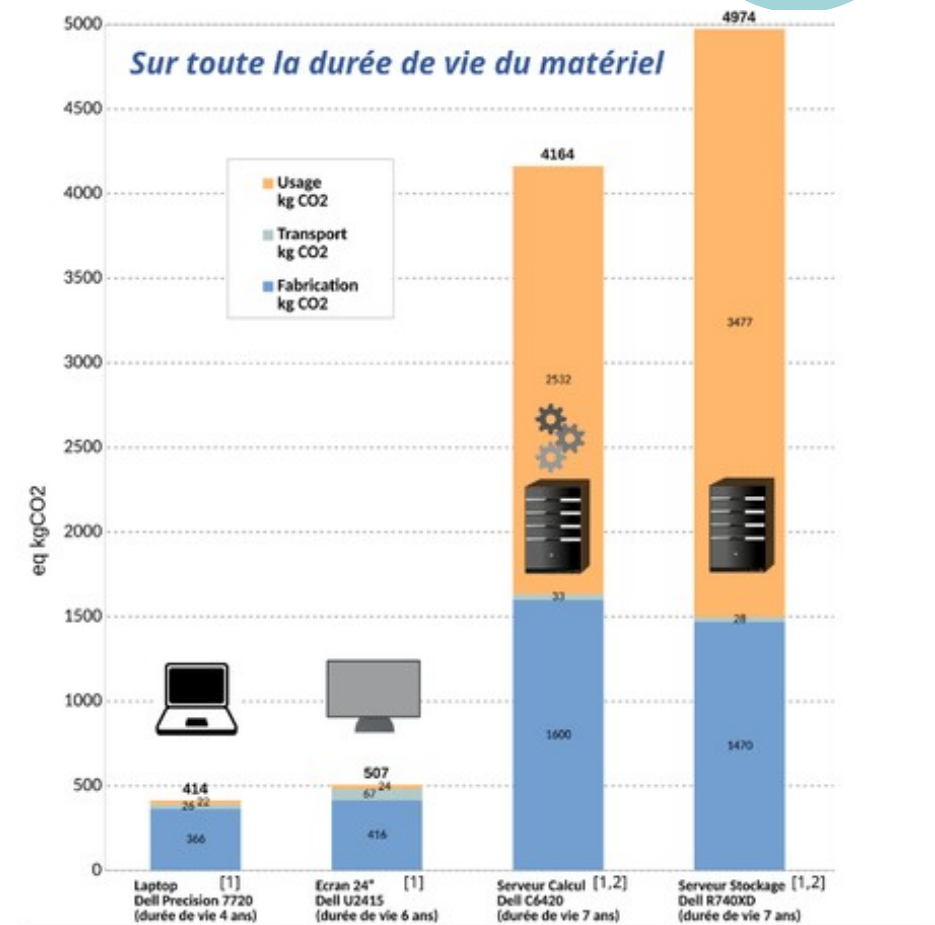


La face cachée du numérique - Ademe





- 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
- **transport** :
  - pollutions directes, déplacement de masses d'eau
- **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](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 librairies 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)



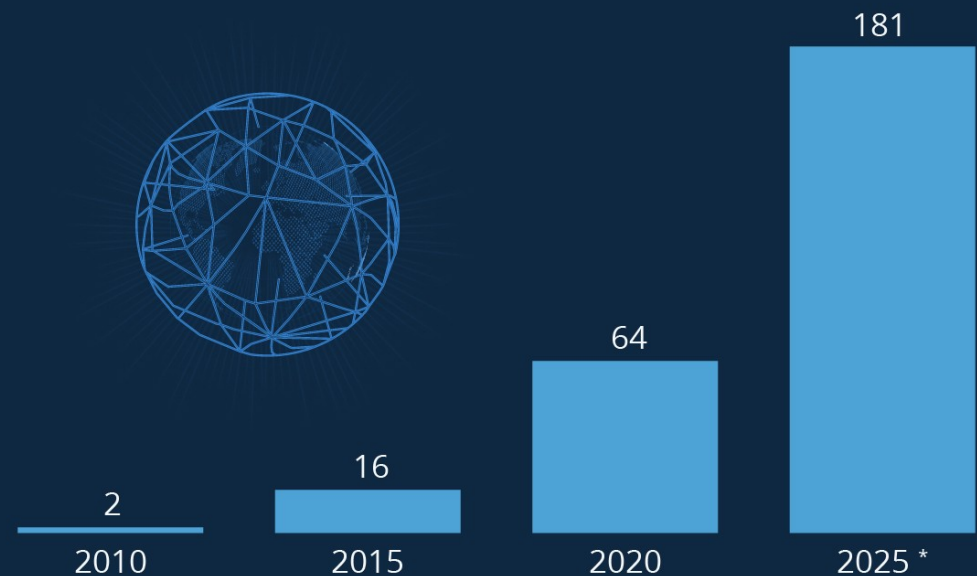


**Un volume de données en croissance exponentielle, à cause :**

- 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



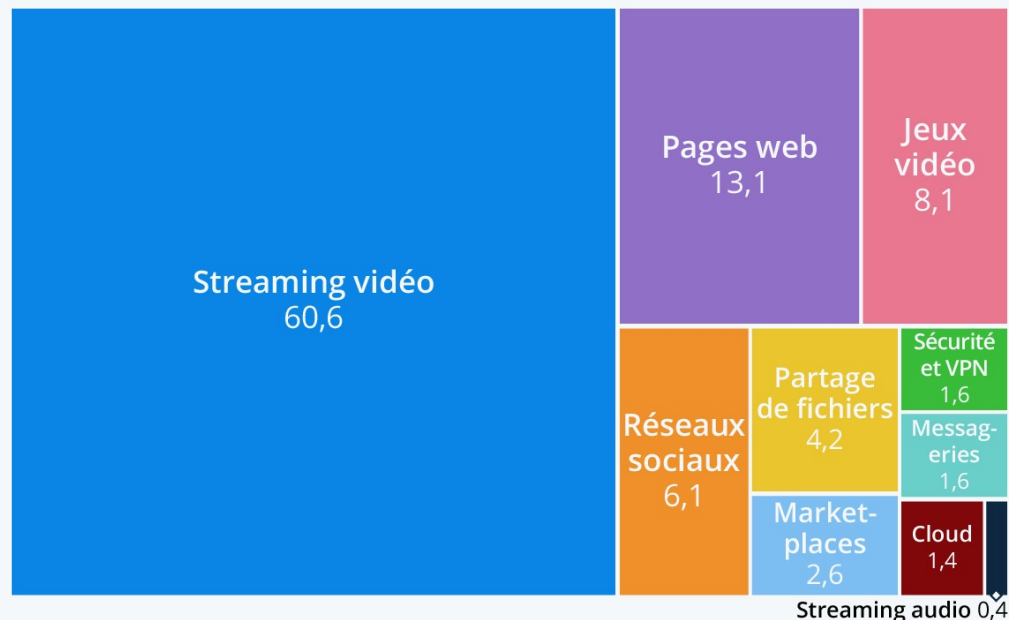
statista

# Les données : ... mais pour quels usages ?



## Le streaming vidéo représente 61 % du trafic Internet

Répartition du trafic Internet descendant mondial en 2019 (%)



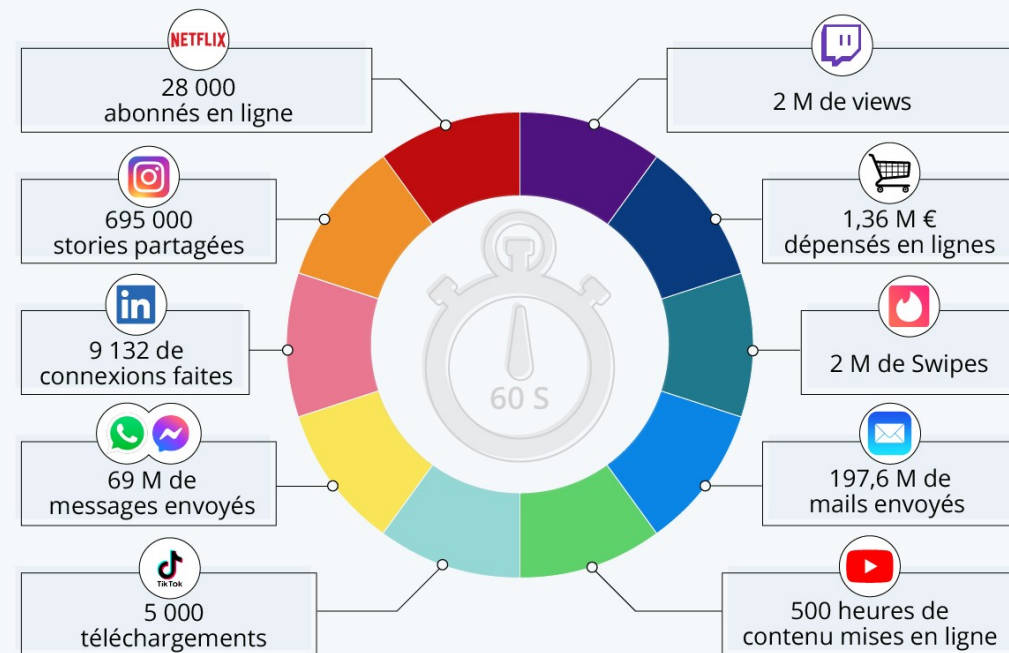
Source : Sandvine | The Global Internet Phenomena Report



statista

## Une minute sur Internet en 2021

Estimation de l'activité et des données générées sur Internet en l'espace d'une minute



Source : Lori Lewis via AllAccess



statista



# Études au niveau du mésocentre grenoblois





- **Plateforme de calcul DAHU (2019)**  
1 heure.coeur de calcul ~ 4.7 g CO<sub>2</sub>e  
2019 : 8 millions d'heures.coeur ~ 40 t CO<sub>2</sub>e
- **Plateforme de stockage Bettik (2019)**  
1 Go.an de stockage ~ 12.3 g CO<sub>2</sub>e  
2019 : 1.4 millions Go.an ~ 17 t CO<sub>2</sub>e

## Remarque :

- 1 t CO<sub>2</sub>e ~ 4 à 6 mois de budget carbone suivant les accords de Paris



## Périmètre des études :

- **Fabrication et transport** : serveurs de calcul et de stockage, équipement réseau, bâtiment (pour l'étude sur le stockage uniquement)
- **Usage** : serveurs de calcul et de stockage, équipement réseau
- **Maintenance (personnel)** : déplacements domicile-travail, déplacement professionnels, équipements, énergie du bâtiment



- **Augmentation de la durée de vie des équipements.**
- Adéquation du dimensionnement des infrastructures et des usages.
- Amélioration de l'efficacité énergétique des data centres.
- Utiliser une électricité bas carbone.





**Ces leviers ne remettent pas en cause les raisons d'utiliser ces ressources.**



# 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 (filière labellisée et responsable)



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



- **Limiter l'utilisation des données :**
  - réfléchir aux besoins
  - réfléchir aux finalités :
    - éthique (surveillance / manipulation de masse), IA, usage économique / militaire
  - question de la neutralité de la recherche
- **Utiliser des solutions techniques institutionnelles mutualisées :**
  - solutions open source ou libres
- **Garantir la réutilisation des données :**
  - principes FAIR, science ouverte



# 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**

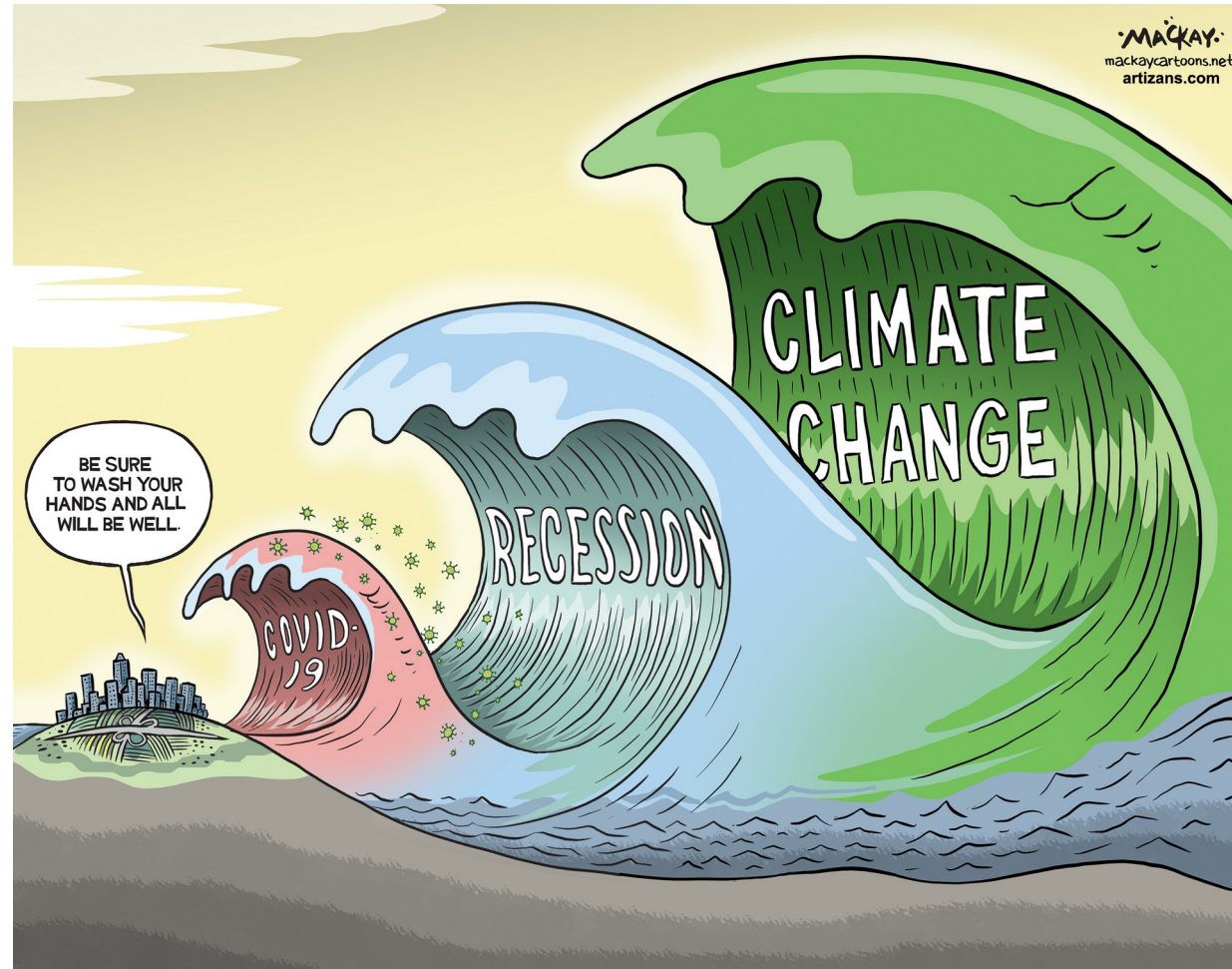


- **Sobriété et résilience :**
  - réaliser le minimum nécessaire, sans créer de nouveaux besoins
  - réfléchir / s'adapter à un environnement contraint



- 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

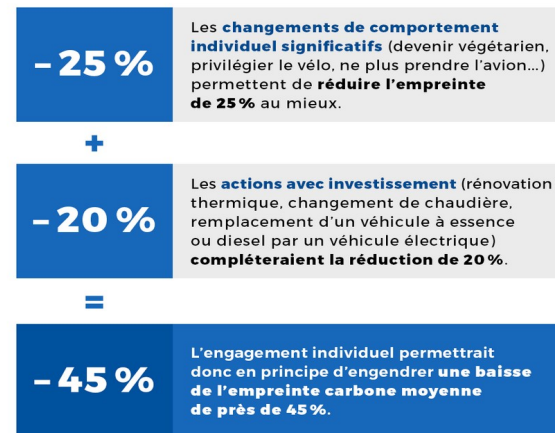


## FAIRE SA PART ?

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



#### 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 CO<sub>2</sub> 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**.

carbone4.com, 2019

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





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





# Quelques ressources





- **Groupement de services (GDS) 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.*
- 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))



# Activité





- **En groupe :**

- Quelle sont vos sources d'impacts environnementaux ?
- Comment pouvez-vous les diminuer ?
- Quels sont les freins à ces changements ?

**Restitution :**

- Quelle sont les principales sources d'impacts environnementaux dans vos thèses ?
- Quels sont les leviers et freins principaux ?