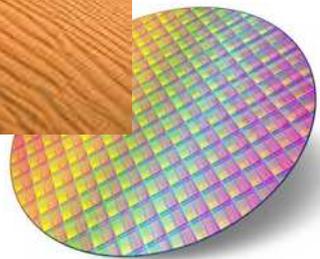


# Le numérique, accélérateur de l'Anthropocène



23 Mai 2024

Formation AMU



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Didier Mallarino

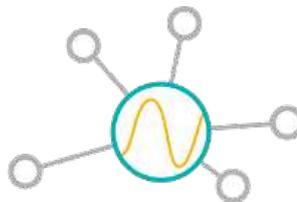
# Qui suis-je ?

Ingénieur de recherche **CNRS – OSU Pythéas**

« Je suis pessimiste avec l'intelligence, mais optimiste par la volonté », Gramsci

- **Localisation géographique** : Université de Toulon (depuis 2007)
- **Formation** : DUT GEII, Supelec, 10 ans dans le secteur privé, CNRS en 2002
- **Activités** :
  - Science ouverte & data management, Projets Scientifiques, Support Informatique, PEPR Numpex
  - Cours et Intervention école d'ingénieur et université
- **Pilotage** du réseau **SIST** et du **GDS EcoInfo**

Et un grand **merci** à mes nombreuses sources pour l'inspiration de l'ensemble de ces slides :- ) qui reflètent un avis personnel et non celui de mon employeur



- Création en **2015**
  - Soutenu par le **CNRS** au travers de l'Institut National des Sciences de l'Univers (**INSU**)
- Un comité de pilotage de 6 personnes
- Plus de 350 inscrits au réseau
- **SIST** S'inscrit dans le périmètre de la **Science Ouverte** et des principes **FAIR** pour une gestion qualitative et pérenne des données d'observation de la recherche

Un site web : <https://sist.cnrs.fr/>

Une liste de diffusion : <https://listes.services.cnrs.fr/www/info/sist>

- Création en **2006** & **Groupement De Service (GDS)** en **2012**.
  - Soutenu par le **CNRS** au travers de deux de ses instituts : **l'INS2I** (Informatique) et **l'INEE** (écologie et environnement).
- Environ **60 ingénieurs, enseignants, enseignants-chercheurs, et chercheurs** de différents secteurs de l'ESR en France qui travaillent autour d'un **objectif commun**



Agir pour réduire les impacts (négatifs) environnementaux et sociétaux des TICs

Agir

**A** ACTION  
**C** CHANGES  
**T** THINGS



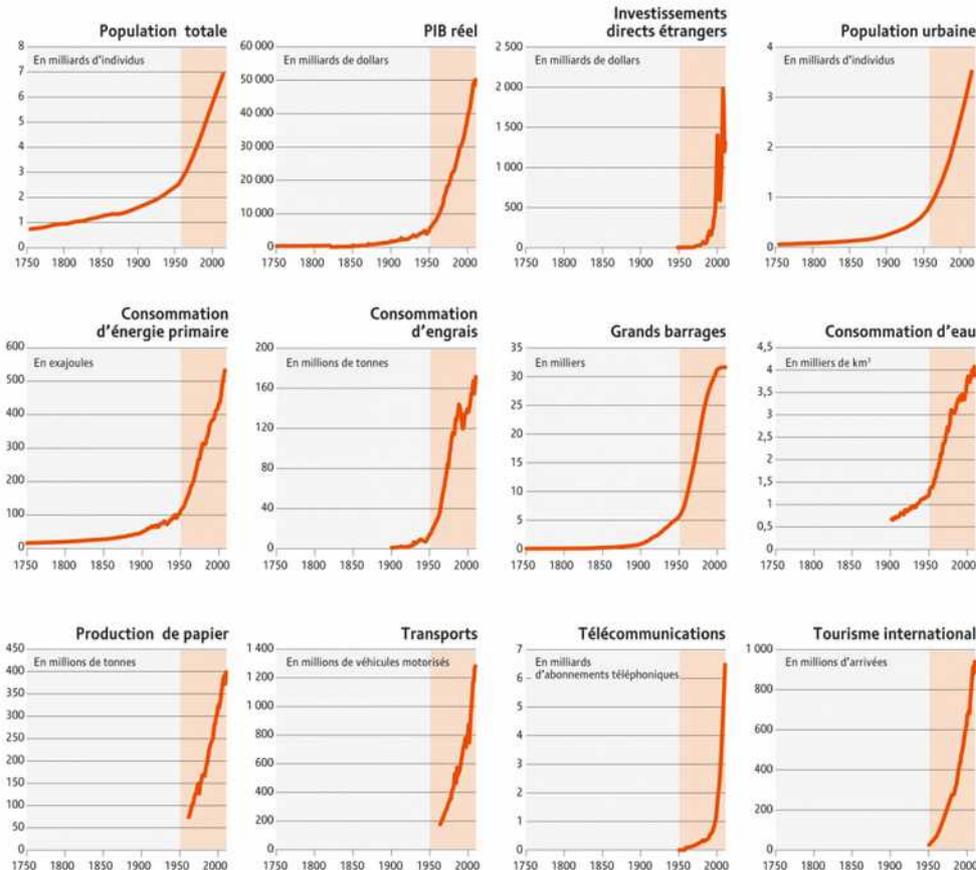
# Sommaire

- Le contexte environnemental ou **pourquoi il faut agir maintenant** ?
- Comprendre les impacts du **numérique**
- Les **axes pour agir et les freins** aux échelles individuelles et collectives



# La grande accélération

## Développement socio-économique



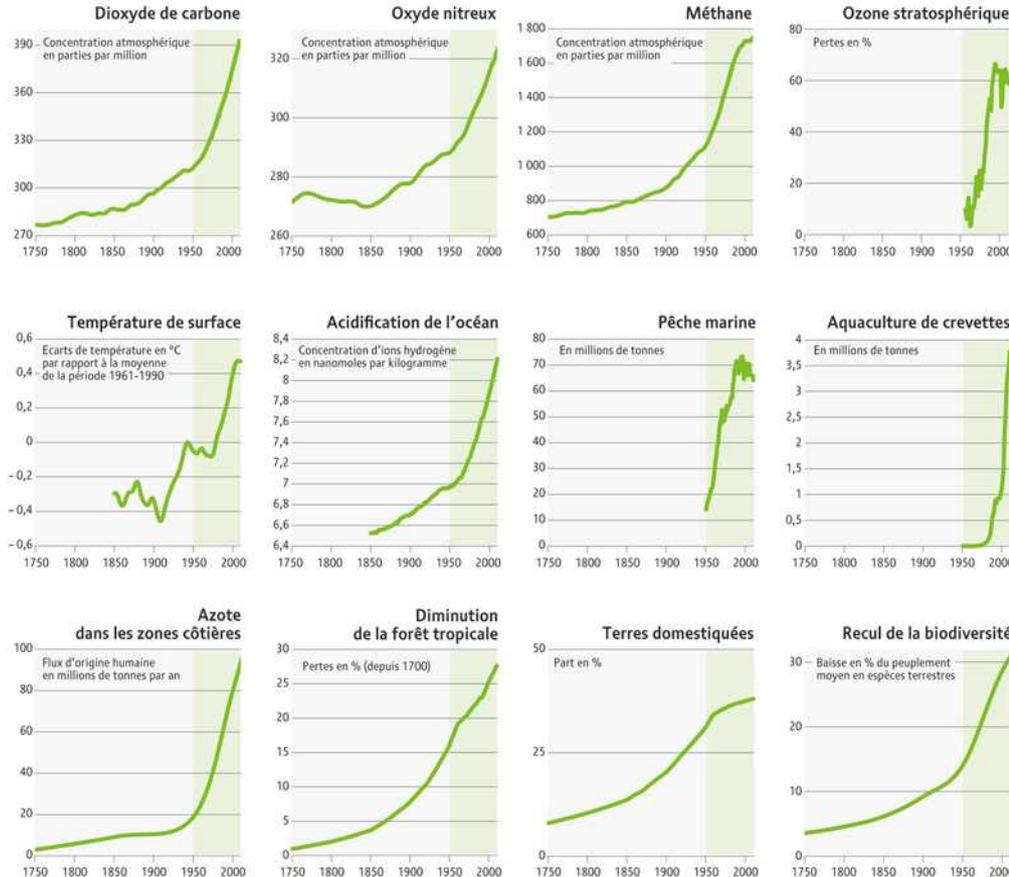
12 indicateurs socio-économiques :

- (1) Steffen et al. (2015), The trajectory of the Anthropocene: The Great acceleration, The Anthropocene Review
- (2) Charts based on US Census Bureau and UN population estimates. Image: DSS Research

<https://www.monde-diplomatique.fr/cartes/acceleration-terrestre>

# La grande accélération

## Evolution du système Terre



12 indicateurs du système Terre :

(1) Steffen et al. (2015), The trajectory of the Anthropocene: The Great acceleration, The Anthropocene Review  
(2) Charts based on US Census Bureau and UN population estimates. Image: DSS Research

<https://www.monde-diplomatique.fr/cartes/acceleration-terrestre>

# Global

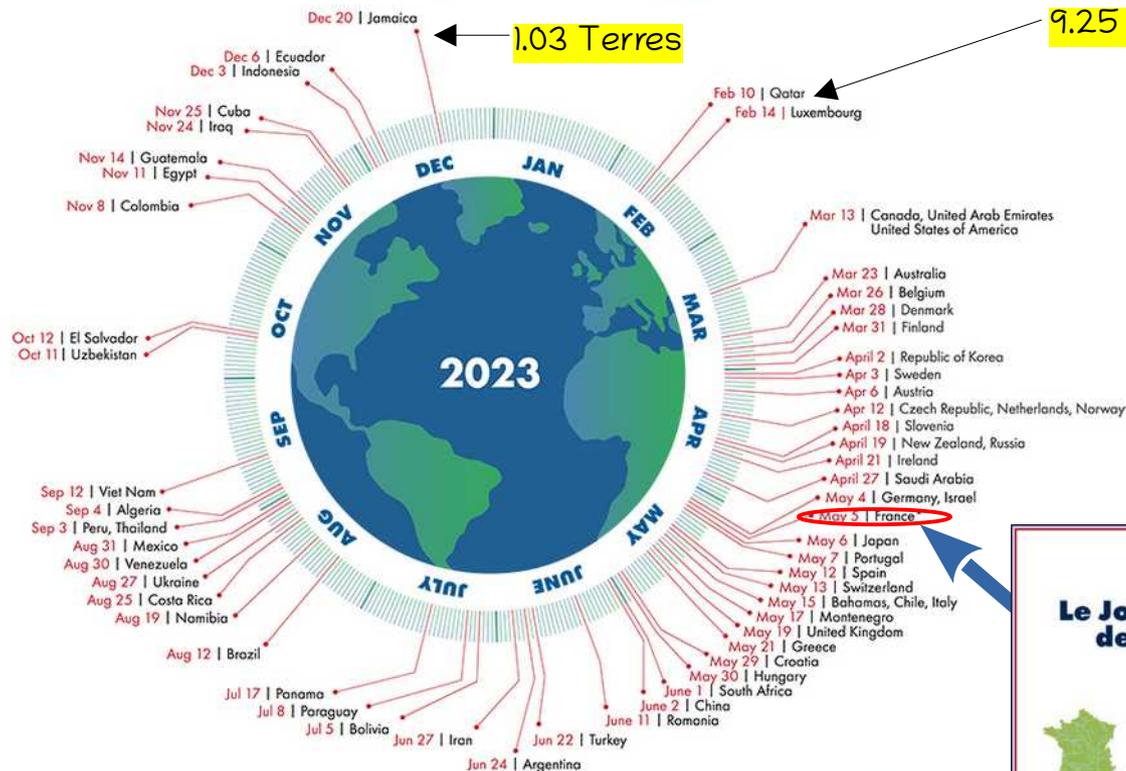
**Indicateur global:** Earth Overshoot Day (Jour du dépassement, 5 mai 2023 pour la France)

- Actuellement, il nous faut 1,7 Terre pour régénérer ce que l'humanité consomme.
- Le 2 AOÛT 2023, nous avons consommé toutes les ressources que notre planète peut régénérer en une année



## Country Overshoot Days 2023

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



For a full list of countries, visit [overshootday.org/country-overshoot-days](https://overshootday.org/country-overshoot-days).  
\*French Overshoot Day based on nowcasted data. See [overshootday.org/france](https://overshootday.org/france).  
Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, 2022 Edition  
[data.footprintnetwork.org](https://data.footprintnetwork.org)



### Le Jour du dépassement de la France tombe le 5 mai

Si tout l'humanité vivait comme la population française, il faudrait 2,9 Terres pour subvenir à ses besoins.

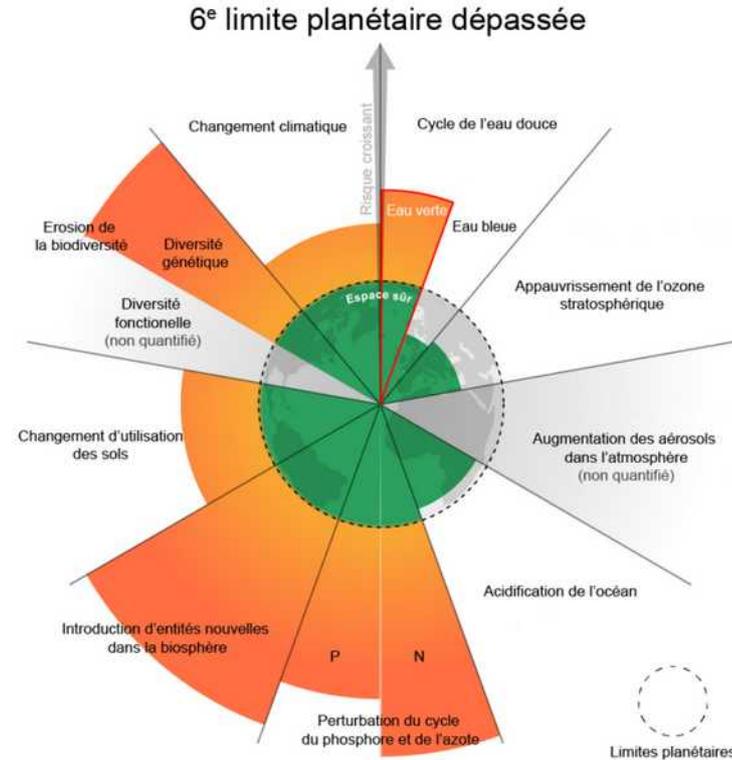
[overshootday.org/france](https://overshootday.org/france)

# Frontières planétaires

**Indicateur sectoriel : Limite Planétaires** (Planetary Boundaries) - Rockström & al (2009) et Steffen & al (2015)

## 6 frontières déjà dépassées et des interactions fortes entre elles

- **Changement climatique,**
- **Biodiversité** une espèce sur huit risque de disparaître à brève échéance ; Sixième extinction de masse
- **01/2022 : pollutions chimiques** (eaux, sols, atmosphère)
- **Destruction** des **sols** et des habitats (62 % / 75%),
- **Modifications** des cycles **géochimiques,**
- **04/2022 : Modifications du cycle de l'eau douce** (eaux vertes & eaux bleues)
- **Acidification des océans,**
- **Ozone stratosphérique**
- Charges atmosphérique en aérosols : Manque d'études mais facteur majeur



La limite planétaire concernant l'utilisation d'eau douce (eau verte) a été franchie. Elle rejoint les 5 autres déjà dépassées, dont la dernière avait été officiellement dépassée en janvier 2022.

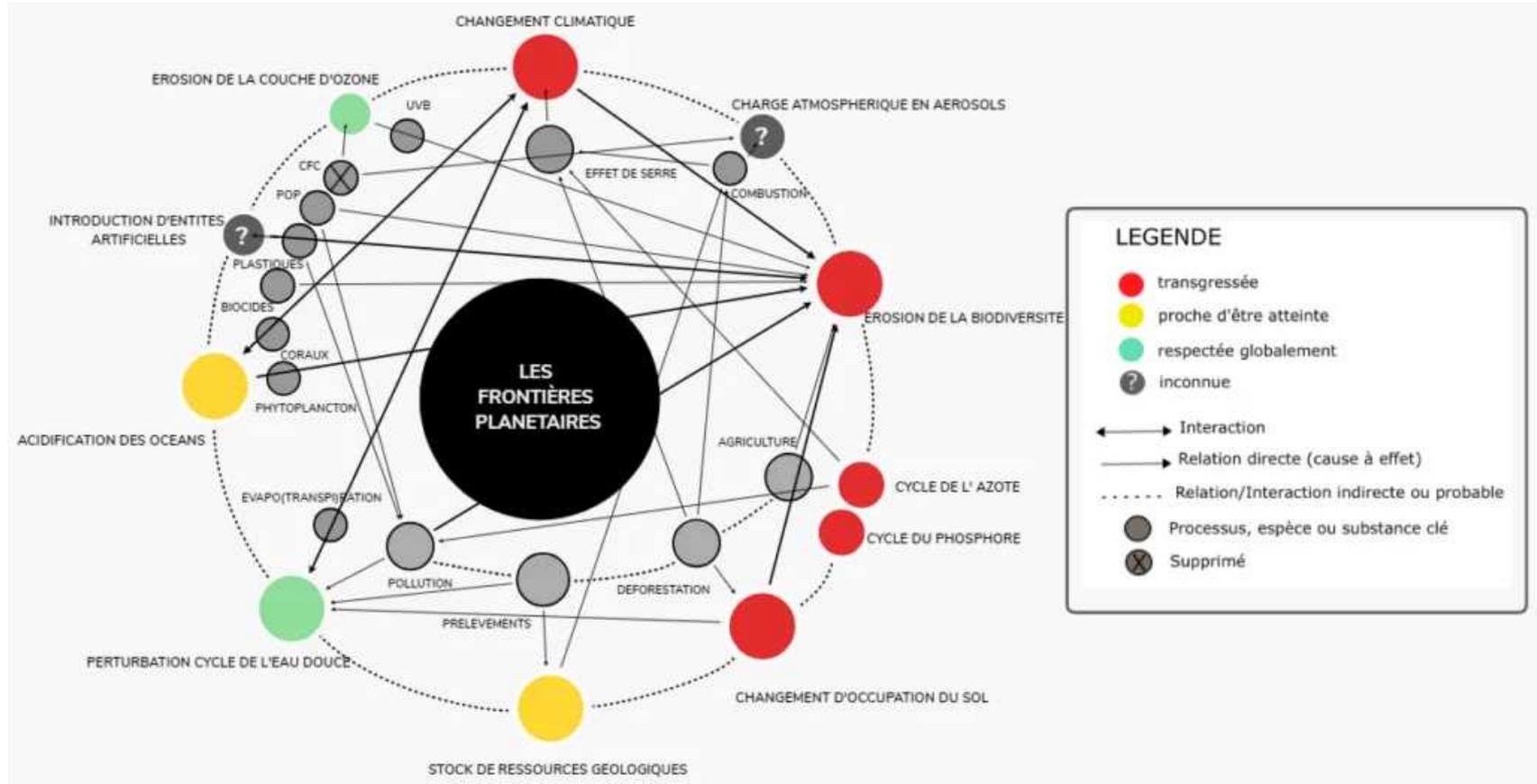
Crédit : Wang-Eriandsson et al. (2022)  
Stockholm Resilience Center

Traduction Sydney THOMAS pour @BonPote



# Frontières planétaires

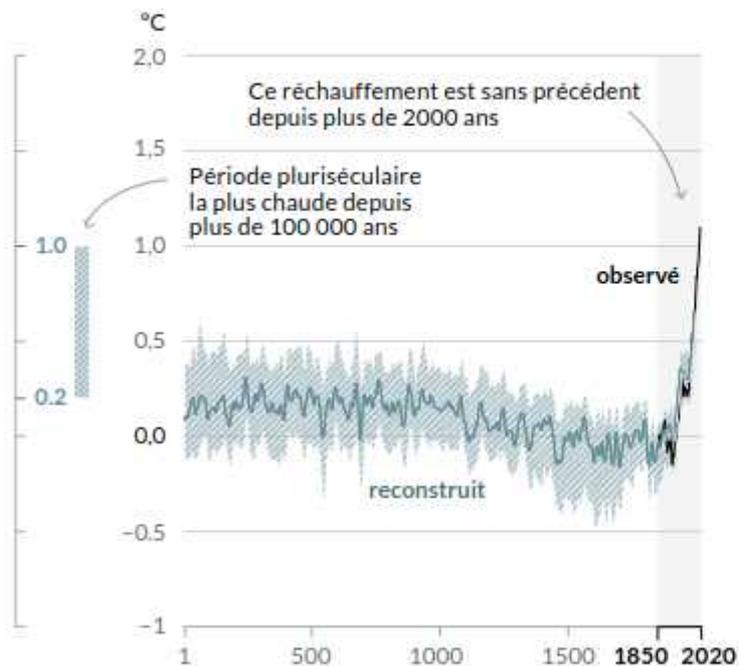
Indicateur sectoriel : Limite Planétaires (Planetary Boundaries) - Rockström & al (2009) et Steffen & al (2015)



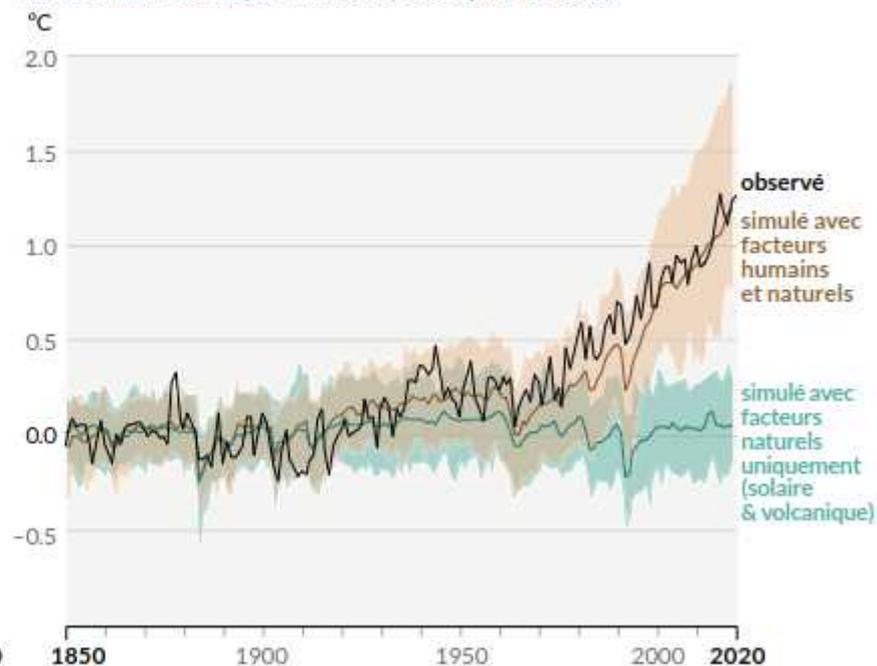
# Focus climat

## Changement de la température à la surface du globe par rapport à la période 1850-1900

a) Changement de la température à la surface du globe (moyenne décennale) **reconstruit** (1-2000) et **observé** (1850-2020)



b) Changement de la température à la surface du globe (moyenne annuelle) observé et simulé en considérant les **facteurs humains et naturels** et les **facteurs naturels uniquement** (1850-2020 pour les deux)



# Focus climat

October 2023: 418.82 ppm

October 2022: 415.74 ppm

Last updated: Nov 05, 2023

## Changement Climatique

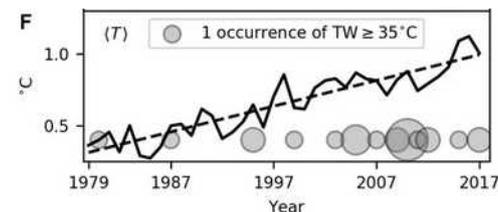
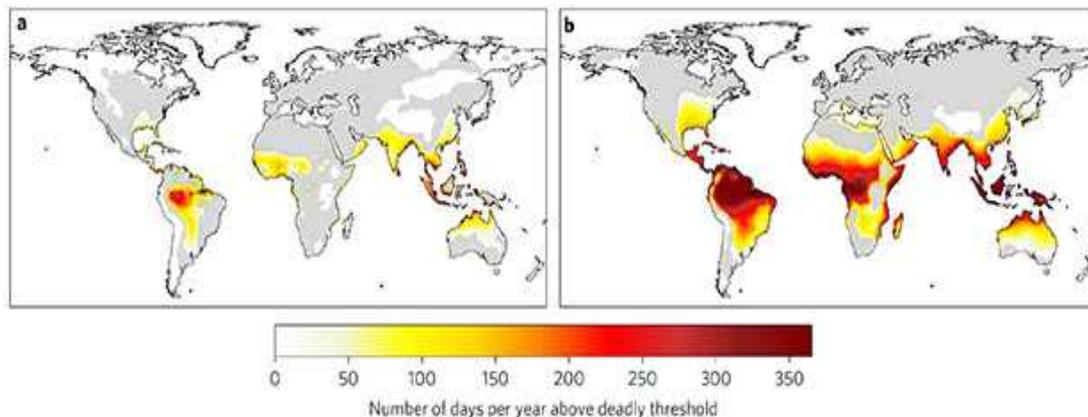
- Occurrence TW létales en forte augmentation
- Incendies canada = 18 millions d'hectares (Grèce = 13,2 millions d'hectares)
- Il faut diviser par deux nos émissions d'ici 2030

« La dernière fois que la Terre a connu une teneur en CO<sub>2</sub> comparable, il y a 3 à 5 millions d'années (Pliocène), la température alors était de 3 à 5°C plus élevée qu'aujourd'hui, et le niveau de la mer était supérieur de 10 à 20 mètres au niveau actuel »

18 millions d'hectares brûlés au Canada = Près d'un tiers de la superficie de l'Hexagone  
La partie en rouge comprend une superficie de 17,8 millions d'hectares, soit l'équivalent de celle brûlée au Canada depuis le début de l'année 2022.



Source: Capad Ouest France



<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw1838> &

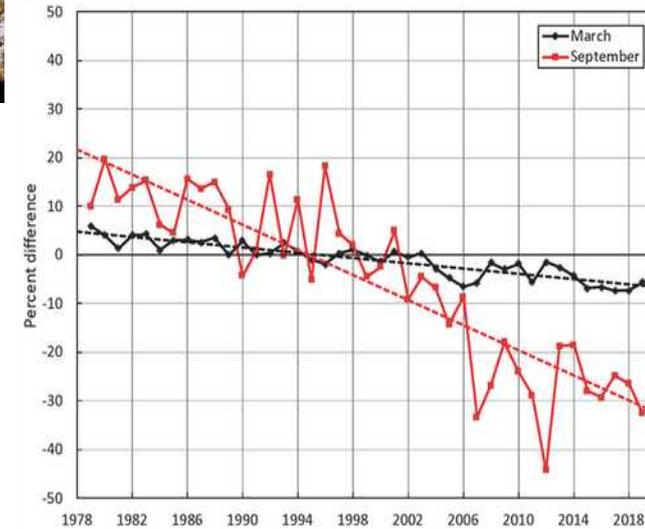
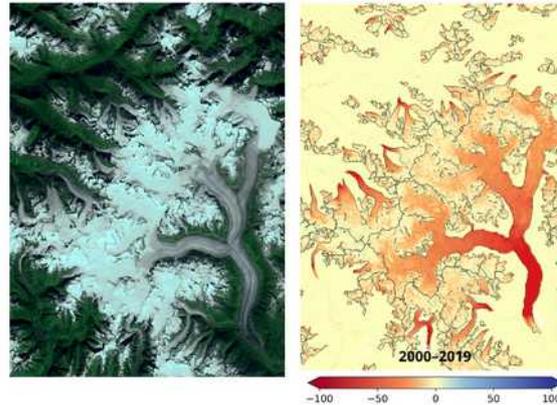
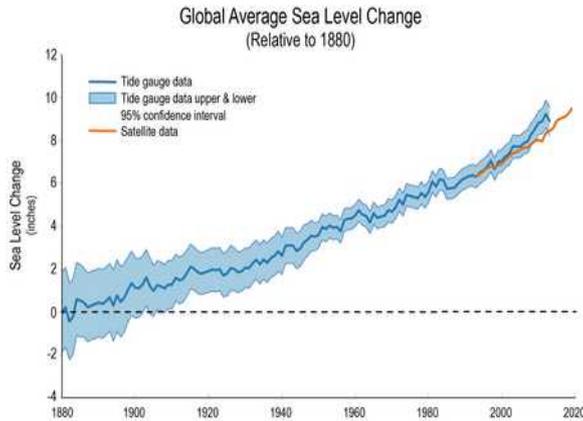
<https://www.ouest-france.fr/faits-divers/incendie/carte-avec-18-millions-dhectares-brules-le-canada-enregistre-sa-pire-saison-des-feux-799a568a-611e-11ee-8e3d-a7166db2fbd#:~:text=Avec%2018%20millions%20d%27hectares%20enflamm%C3%A9s%20depuis%20le%20%C3%A9but%20de,%27Hexagone%2C%20avec%20notre%20carte>

# Focus sur l'eau



## Cycle de l'eau :

- Fonte des glaces polaires et des glaciers (réchauffement 4 fois plus rapide)
- **Accélération** de la montée des océans (1,7mm/an → 3,2 mm/an) : 21 cm depuis 1900, 1/3 de cette hausse depuis 1993
- **11 % de la population mondiale concernée** (moins de 10 m d'altitude) pour qui le GIEC parle de « **menace existentielle directe** » pour les états insulaires et les littoraux sans relief marqués.



A gauche, représentation en fausse couleur des données acquises par les caméras du satellite Terra, ici au-dessus du champ de glace Ha-Iltzuk situé en Colombie-Britannique (Canada). A droite, cartographie de l'amincissement cumulé de ces mêmes glaciers entre 2000 et 2019, en mètres. © Romain HUGONNET/LEGOS

Évolution de l'étendue de la banquise en mars (courbe noire) et septembre (courbe rouge) depuis 1979 - © NSIDC

# Focus Biodiversité



## Biodiversité :

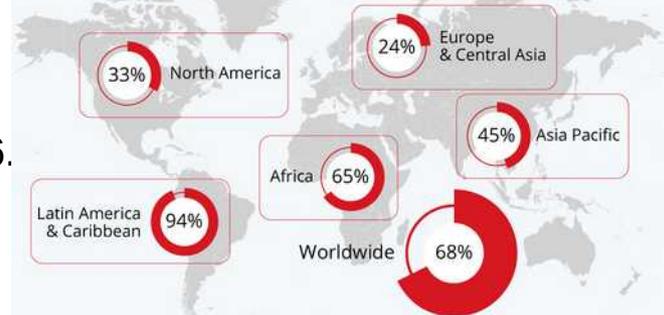
- Une étude allemande étalée sur 30 ans a mis en évidence une diminution en Europe de **75 à 82 % de la biomasse globale des insectes** (études sur des aires protégées)
- 68% des animaux vertébrés ont disparu depuis 1970, selon le rapport Planète Vivante du WWF (France Info), Rapport en PDF
- 38 % des chauves-souris ont disparu de métropole entre 2006 et 2016.
- 23 % des oiseaux communs spécialistes ont disparu de métropole entre 1989 et 2018



**Biodiversité : une espèce sur huit, animale et végétale, risque de disparaître à brève échéance : Nous sommes en face d'une sixième extinction de masse**

## Global Wildlife Populations Suffer Catastrophic Collapse

Decline in monitored vertebrate species populations between 1970 and 2016\*



\* Based on 20,811 populations of 4,392 species (mammals, birds, amphibians, reptiles and fish).

Source: 2020 Global Living Planet Index



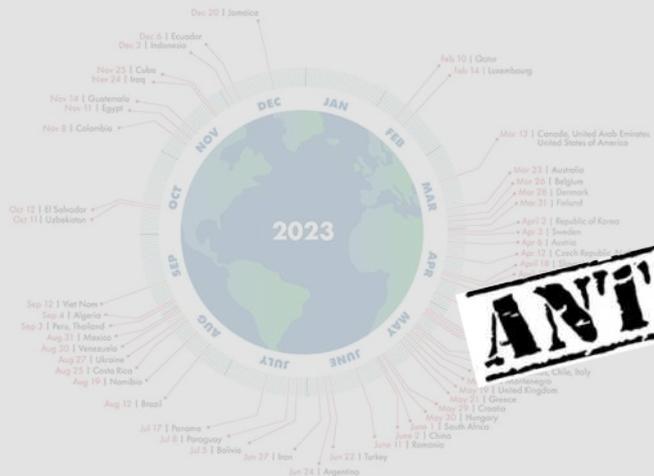
# Une petite liste non exhaustive pour prendre la mesure du problème

- Risque d'arrêt rapide de la circulation océanique,
- Du **plastique** partout, y compris dans nos organismes,
- Fonte rapide des glaciers de montagne et **disparition des ressources en eau** estivale,
- **Réchauffement deux fois plus rapide en Europe** et sur les terres, quatre fois plus rapide aux pôles,
- **Élévation des niveaux des océans** : ~ 70% des littoraux mondiaux connaîtront un changement qui affectera + de 700 millions de personnes vivant à moins de 10 mètres au dessus du niveau marin,
- Accélération forte de la **progression des déserts** : + 1500 km<sup>2</sup> / an pendant les années 60, + 3600 km<sup>2</sup> / an en 2000,
- Des **incendies** en forte progression (au Canada, par exemple, plus de 15 millions d'ha en 2023 et une reprise cette année déjà en mai 2024 des incendies incontrôlables et des évacuations forcées).
- Les 4/5 des forêts primaires ont disparu et elles continuent à disparaître au rythme d'environ 5 à 10% tous les dix ans,
- Le taux actuel de **disparition des espèces** est ~100 fois plus rapide que la moyenne naturelle à long terme ; L'évolution moyenne de l'abondance relative de 31 821 populations représentant 5 230 espèces suivies dans le monde a diminué de 69 % (L'indice Planète Vivante mondial de 1970 à 2018 - Rapport 2022 WWF).

# Frontières planétaires

## Country Overshoot Days 2023

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



### Évolution du système Terre



### 6<sup>e</sup> limite planétaire dépassée



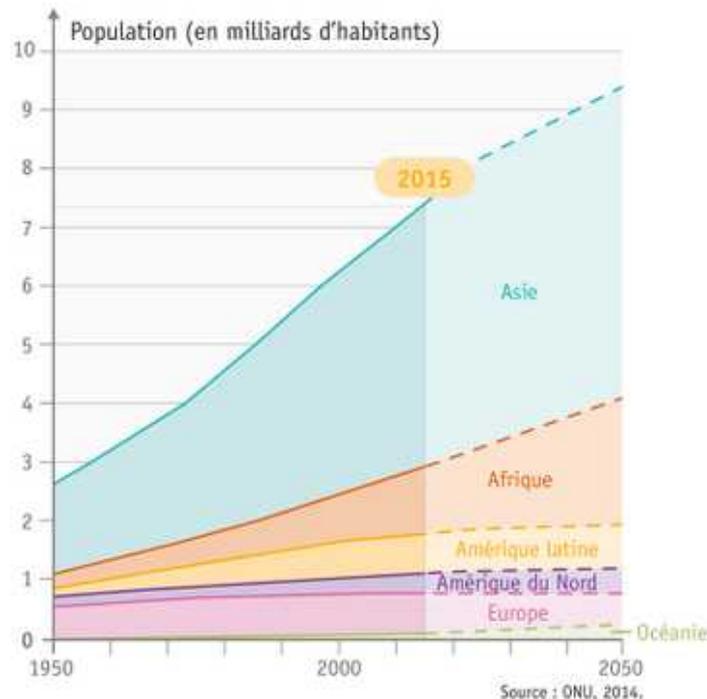
La limite planétaire concernant l'utilisation d'eau douce (eau verte) a été franchie. Elle rejoint les 5 autres déjà dépassées, dont la dernière avait été officiellement dépassée en janvier 2022.

Crédit : Wang et al. (2022) Stockholm Resilience Center. Traduction: Sydney THOMAS pour @biofête



# Petit point sur la croissance démographique

- Les causes de cette accélération globale sont **humaines**
- Mais, les causes sont **loin d'être totalement** liées à la croissance démographique
  - Même si aujourd'hui, **+2,64 personne chaque seconde**, source : <https://www.ined.fr/>



**Les 1 % les plus riches = 16 % des émissions mondiales liées à la consommation en 2019,**

- ✓ Les 1 % les plus riches ont généré autant d'émissions de carbone que les 5 milliards de personnes qui représentent les deux tiers les plus pauvres de l'humanité

**Les 10 % les plus riches sont responsables de la moitié des émissions mondiales.**

- ✓ Il faudrait près de 1 500 ans à une personne appartenant au 99 % restants de l'humanité pour générer autant d'émissions de carbone que les milliardaires les plus riches produisent en un an.

Source <https://www.oxfam.org/fr/>

# En 1972

- Dès **1972** : « **le rapport Meadows** » commandé par le « **club de Rome** » a été produit par un groupe de réflexion d'universitaires du MIT : Donella et Dennis Meadows, Jørgen Randers, William W. Behrens.
- Ce rapport pointe déjà clairement les limites de la **croissance démographique** et surtout **économique** qu'il propose de contenir s'attaquant au cœur même de la logique libérale.
- *Le 1er mars 2012, **40 ans plus tard**, la Smithsonian Institution publie une version actualisée et confirme les conclusions de 1972 :*
  - *si rien n'est mis en œuvre pour **stabiliser la population et la croissance industrielle**, le système planétaire va s'effondrer*
  - *Ce dernier donnait **soixante ans** (2030) au système économique mondial avant cet **effondrement**, confronté à la diminution des ressources et à la dégradation de l'environnement*

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Club\\_de\\_Rome](https://fr.wikipedia.org/wiki/Club_de_Rome) & <https://blogs.mediapart.fr/jean-paul-baquiast/blog/080412/1972-2012-le-club-de-rome-confirme-la-date-de-la-catastrophe> & <https://www.uved.fr/fiche/ressource/le-rapport-meadows-1972> & <https://steep.inria.fr/faq-50-ans-du-rapport-meadows/>



# Récemment, à la COP28

## Sultan Al Jaber, patron de la compagnie pétrolière nationale Adnoc et président émirati de la COP28

"Je ne souscrirai en aucun cas à des discussions alarmistes. *Aucune étude scientifique, aucun scénario, ne dit que la sortie des énergies fossiles nous permettra d'atteindre 1,5°C.* 1,5°C est mon étoile du Nord. Et une réduction et une sortie des énergies fossiles sont, selon moi, inévitables. C'est essentiel. **Mais il faut être sérieux et pragmatique**".

« C'est maintenant ou jamais, si nous souhaitons limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C », a affirmé **Jim Skea, coprésident du GIEC** qui a réalisé le rapport, lors d'une conférence de presse. « **Si nous ne réduisons pas nos émissions de manière immédiate et significative dans tous les secteurs, ce sera impossible.** »

Le **GIEC** estime que nous devons avoir baissé de **50 % nos émissions de GES d'ici 2030**

Dans son rapport de septembre, l'Agence internationale de l'énergie (AEI) estime que **la production d'énergies fossiles doit baisser de 83% entre 2022 et 2050**

- Une **responsabilité humaine et tout particulièrement des pays riches indiscutable**,
- Des conséquences à nos actions **délétères** pour le vivant et donc, pour nous même,
- Une **situation complexe**, avec beaucoup d'interactions

# Synthèse

- Une **responsabilité humaine** et tout particulièrement des **pays riches indiscutable**,
- Des conséquences à nos actions **délétères** pour le vivant et donc, pour nous même,
- Une **situation complexe**, avec beaucoup d'interactions



Doit d'usage gracieusement attribué par Bésot dans un cadre d'usage non commercial

# Agir : premières étapes

- Accepter la complexité → **Pensée complexe, regard systémique et interdisciplinaire**

# Agir : premières étapes

- Accepter la complexité → **Pensée complexe, regard systémique et interdisciplinaire**
- **Ralentir et Réfléchir**



# Agir : premières étapes

- Accepter la complexité → **Pensée complexe, regard systémique et interdisciplinaire**
- **Ralentir et Réfléchir**



Attention ....

**Réfléchir**  
c'est commencer à  
**Désobéir**

# Le Numérique



<https://www.piqsels.com/fr/public-domain-photo-sbzrt>

- Mais « le numérique », c'est **virtuel** et **immatériel** ?
- Numériser et virtualiser la société c'est bien LA solution..... non ?



<http://www.presenza.com/fr/2016/05/revenu-de-base-sauver-planete/>

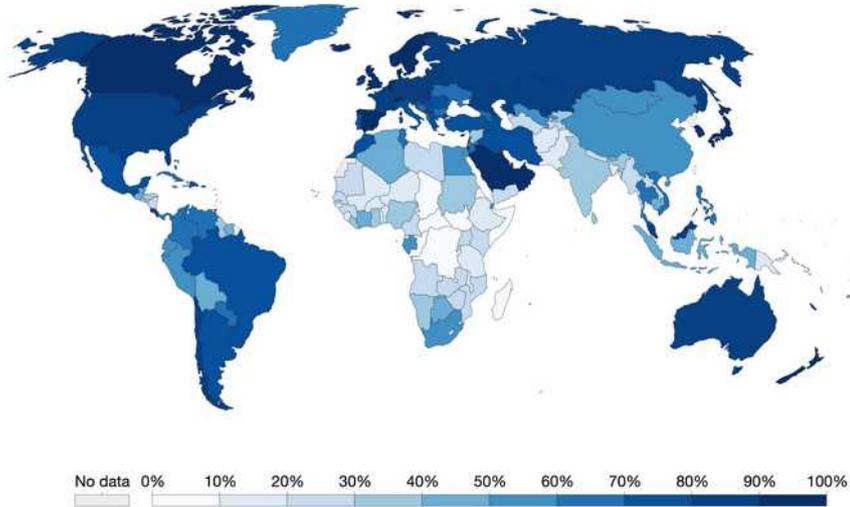
# Qui se sert du numérique... ?

~ 5 milliards d'humains connectés : croissance annuelle de 8,6 %

## Share of the population using the internet, 2019

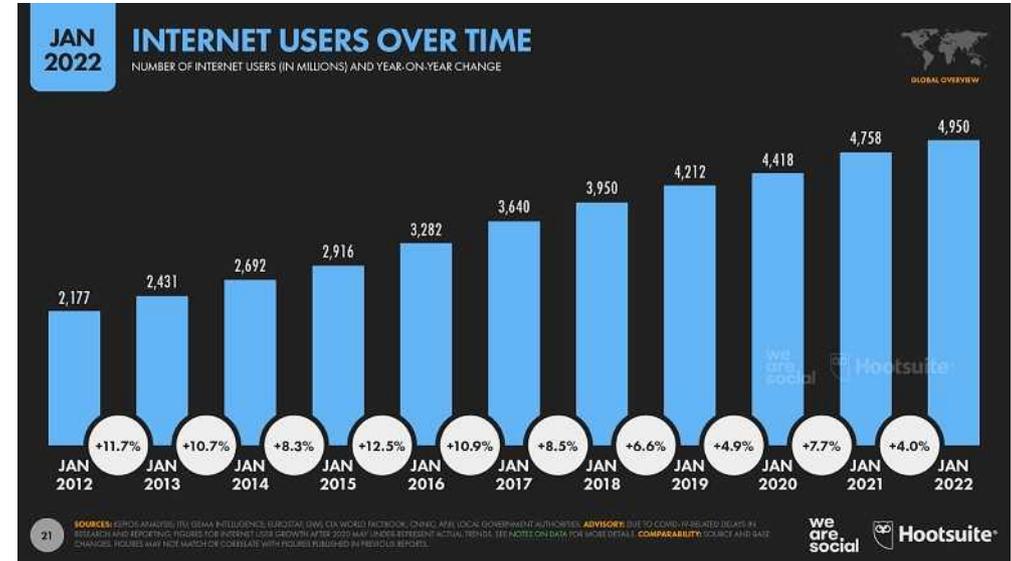
All individuals who have used the Internet in the last 3 months are counted as Internet users. The Internet can be used via a computer, mobile phone, personal digital assistant, gaming device, digital TV etc.

Our World in Data

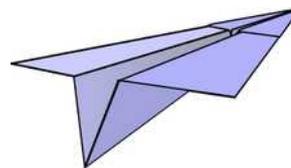


Source: International Telecommunication Union (via World Bank)

OurWorldInData.org/technology-adoption/ • CC BY



# Numérique et CO2



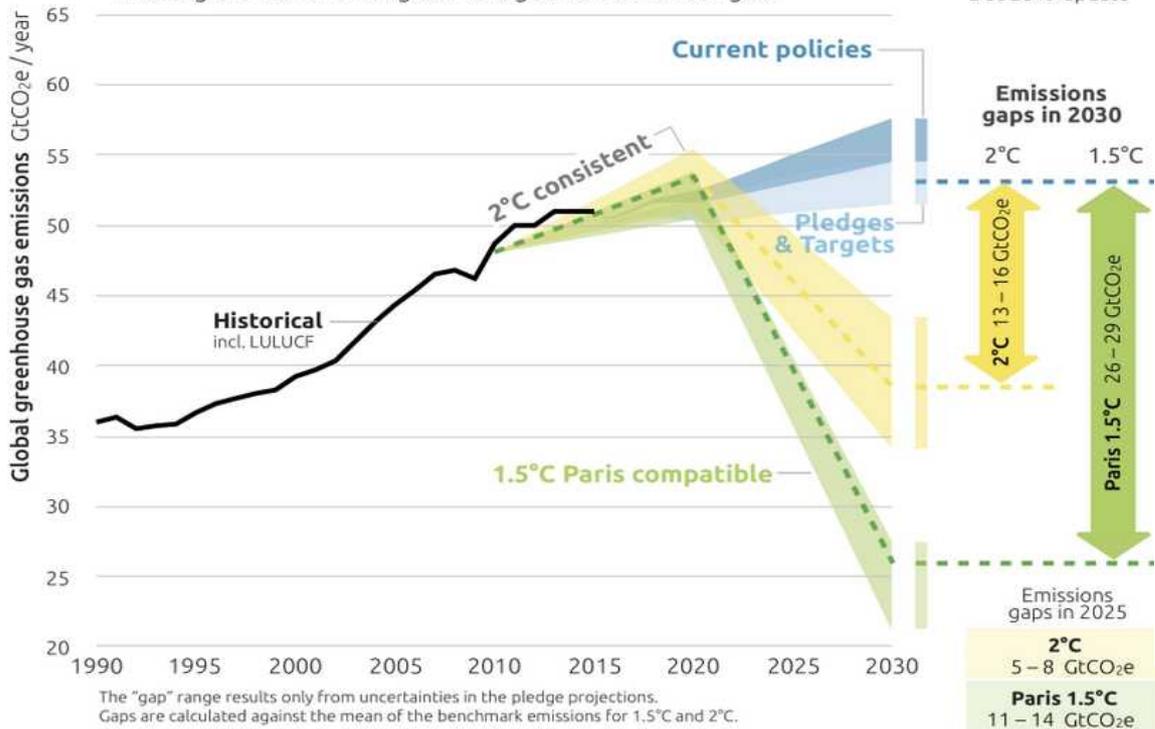
**TIC** ~ 4 % (et  
+6 %/an, x2 /  
12 ans)

## 2030 EMISSIONS GAPS

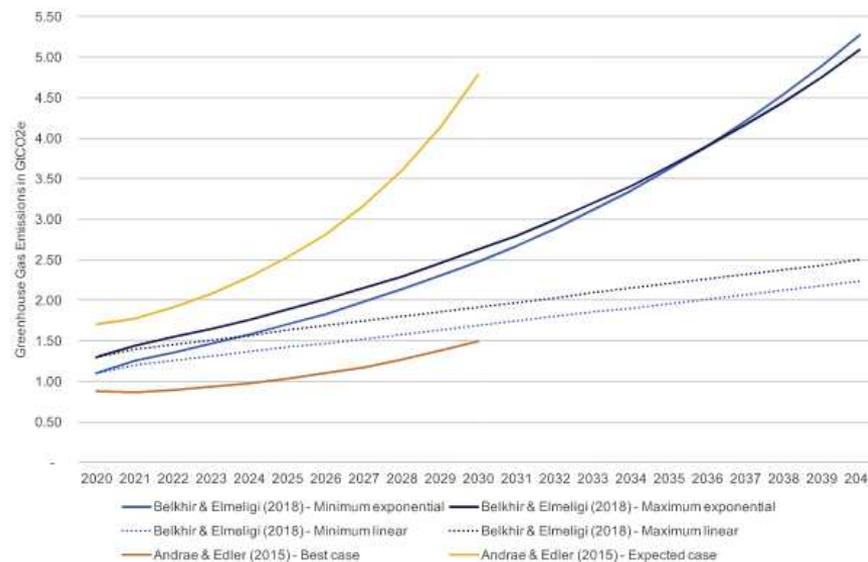
CAT projections and resulting emissions gaps in meeting the 1.5°C Paris Agreement goal vs 2°C Cancún goal



Dec 2019 update



## Projection de croissance du numérique (impacts GES)



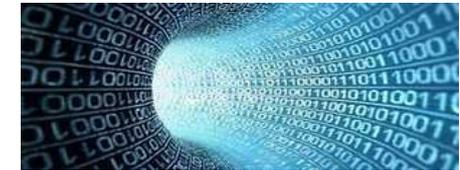
# 3 axes d'approche



Le Matériel



Le Logiciel



Les Données

Nous avons trois axes  
d'analyse, et donc, trois axes  
d'actions possibles

# Axe 1 : le matériel

Du câble, des antennes, des box, des terminaux par milliards + objets connectés

Vente de téléphones : 2 milliards / an (~60 chaque seconde)



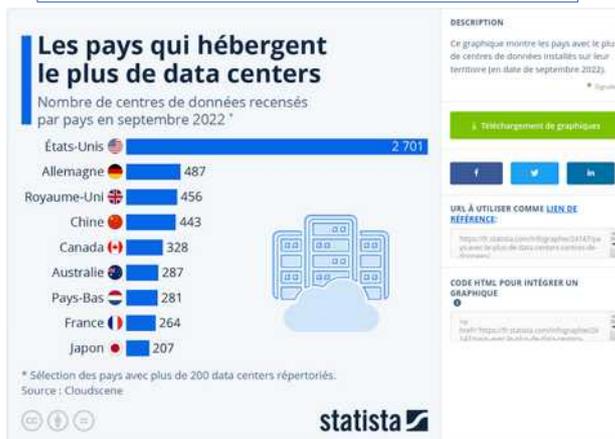
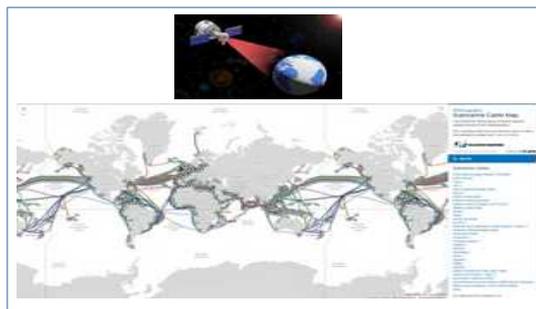
WiFi



2 milliards de PC en service en 2020 (500 millions pro en 1980)



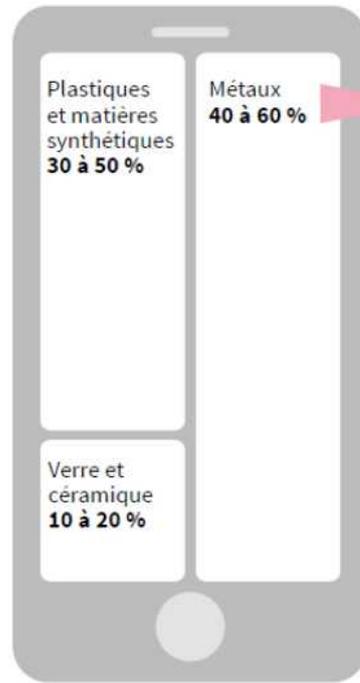
**99 % du trafic intercontinental : câbles sous marins** ; 250 câbles en 2013, 500 câbles en 2023 pour 1,3 million de kilomètres ; ~ 100.000 km de câbles / an posés



En 2023, on compte plus de **8000 datacentres majeurs**

# L'Analyse de Cycle de Vie

## RÉPARTITION DU POIDS DES MATÉRIAUX DANS LA COMPOSITION D'UN SMARTPHONE



### PROPORTION DES MÉTAUX

**80 à 85 %** de métaux ferreux et non ferreux : cuivre, aluminium, zinc, étain, chrome, nickel...

**0,5 %** de métaux précieux : or, argent, platine, palladium...

**0,1 %** de terres rares et métaux spéciaux : europium, yttrium, terbium, gallium, tungstène, indium, tantale...

**15 à 20 %** d'autres substances : magnésium, carbone, cobalt, lithium...

Ils sont indispensables.  
Plus de 70 matériaux différents pour fabriquer un smartphone (ADEME; Guide « Achats : Les impacts du smartphone; 2019)

**Un particularité du numérique : des dizaines de matériaux « indispensables »**

- ✓ Verre, céramique,
- ✓ Matières synthétiques
- ✓ Métaux
  - ✓ Précieux
  - ✓ Terres rares
  - ✓ Ferreux, non ferreux
  - ✓ Autres

# Impacts Directs

Pollutions chimiques, pollutions eaux, énergie, impacts sociaux, conflits, raréfaction des ressources, exploitation humaine (plus de 1 millions d'enfants dans les mines à travers le monde)

<https://www.ilo.org/ipecc/areas/Miningandquarrying/lang--fr/index.htm>



<https://ici.radio-canada.ca/info/2019/05/coltan-republique-democratie-congo-mines-enfants/>



<https://terresdesavoirs.fr/les-impacts-du-numerique-environnement/>  
<https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2024-03-20-e-waste-recycling.aspx>

82 MT en 2030, énergie, impacts sociaux, recyclage informel, faible partie collectée et recyclé

Pollutions chimiques, énergie, impacts sociaux, addictions, exploitation humaine, modifications structurelles



Pollutions chimiques, pollutions eaux, énergie, impacts sociaux

<https://www.novethic.fr - Article>

QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE



Pollutions diverses (fioul lourds), pollutions biologiques et chimiques



# Axe 2 : le logiciel



- **Smartphones : plus d'un million de logiciels par store** mais un sur 4 non utilisé et 59 % utilisés une seule fois
- **Taille d'une application :** De quelques centaines à quelques milliards de lignes de code
- Et encore du **matériel** pour développer & diffuser

## Ce qui pose des problèmes :

- Logiciels mal conçus,
- Logiciels / services numériques « obèses »
- Publicité ?

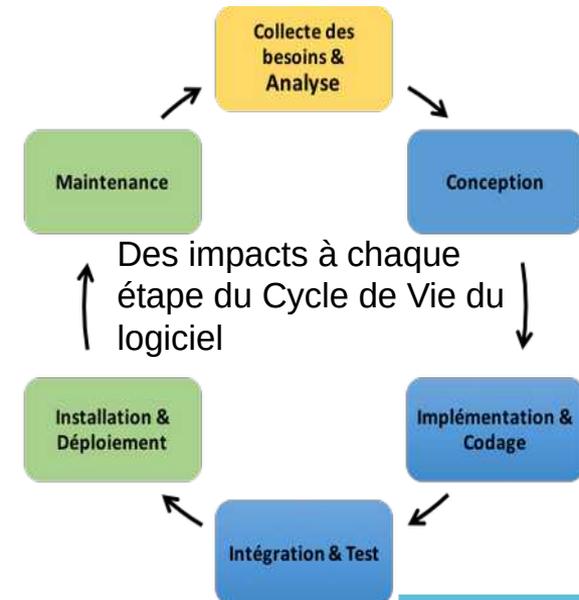
## Quelques impacts directs

- Consommation énergétique,
- Performances,
- Course matérielle



## Et indirects

- Manipulations & Addictions,
- Espionnage & Surveillance,
- Expérience utilisateur dégradée

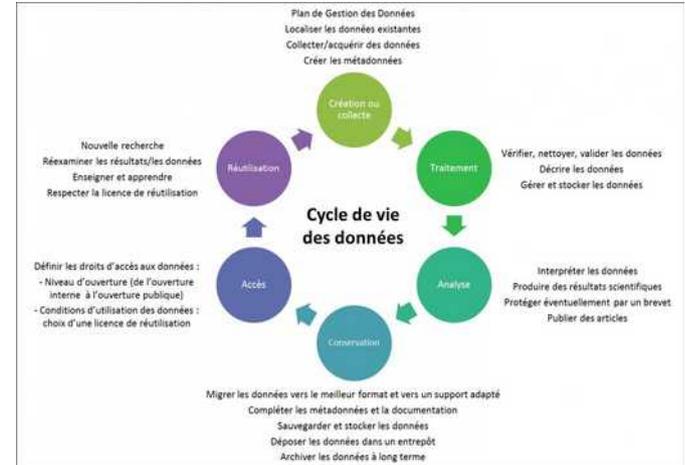


# Axe 3 : les données



## Focus données

une approche  
« **inhabituelle** » de l'aspect  
le plus **immatériel qui est**  
**pourtant** la raison d'être du  
numérique et de ses  
**impacts.**



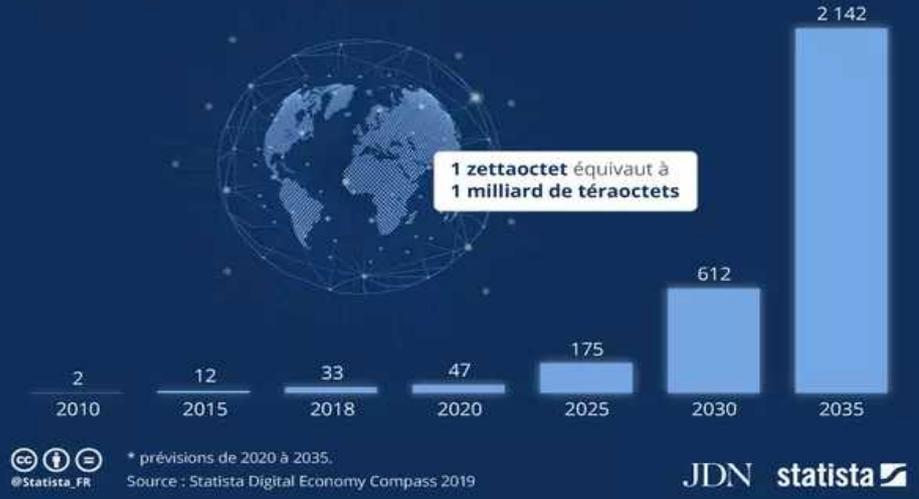
Des impacts à chaque étape  
Du Cycle de Vie de la Donnée

La donnée est la raison même de l'existence du matériel et du logiciel qui permettent l'acquisition, le stockage, le traitement et l'archivage ainsi que la réutilisation de ces données, bref, **son cycle de vie**

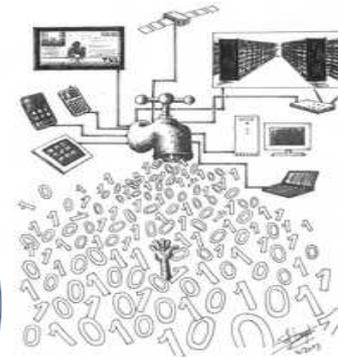
# Les données : usages

## Big data : le volume de données créées va exploser

Volume de données numériques créées dans le monde depuis 2010 (en zettaoctets) \*



Un **volume** de données en **croissance exponentielle**, porté par les **usages** tels que IA, santé, vidéo et les « **progrès** » technologiques (5G, fibre optique)



### Quelques impacts directs

- Course matérielle (transport, stockage, traitement)
- Consommation énergétique (stockage, transport)

### Et indirects

- Dataveillance,
- Datapulation,
- Enjeux de pouvoir

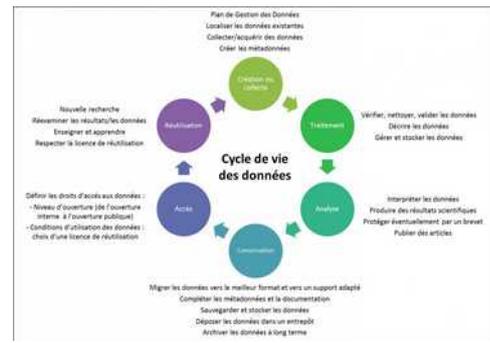
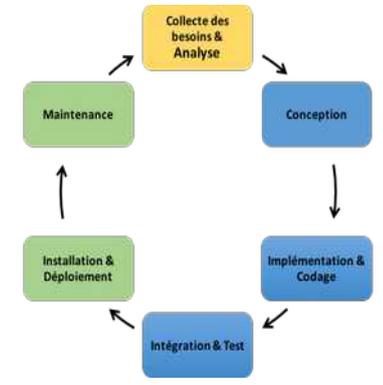
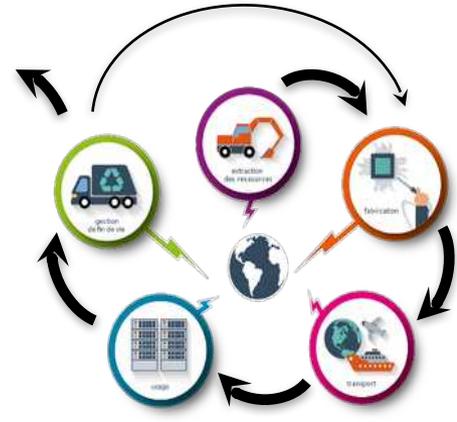
### GLOBAL APPLICATION CATEGORY TRAFFIC SHARE

1	VIDEO STREAMING	60.6%(+2.9) ↓	22.2%(-0.3)
2	WEB	13.1%(-3.8) ↓	10.3%(-1.0)
3	GAMING	8.0%(0.2) ↓	4.9%(+2.2) ↑
4	SOCIAL	6.1%(+1.1) ↓	7.6%(+3.8) ↑
5	FILE SHARING	4.2%(+1.4) ↓	30.2%(+8.1) ↑
6	MARKETPLACE	2.6%(-1.9) ↓	1.6%(-0.2) ↑
7	SECURITY AND VPN	1.6%(+0.2) ↓	5.3%(-2.1) ↑
8	MESSAGING	1.6%(-0.1) ↓	8.3%(-0.1) ↑
9	CLOUD	1.4%(+0.01) ↓	9.0%(-0.3) ↑
10	AUDIO STREAMING	0.4%(-0.5) ↓	0.3%(-0.1) ↑

Une petite remarque : Le Mail est absent des 10 premiers usages

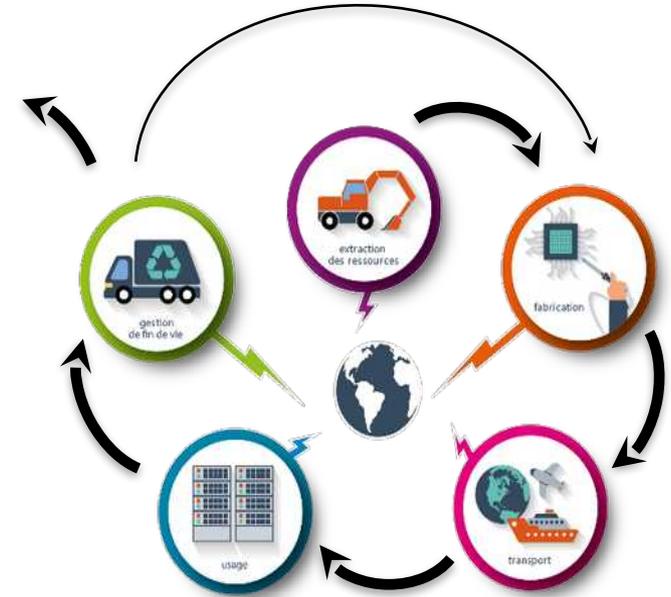
# Le numérique : bonnes pratiques

On devra prendre le temps de réfléchir à chaque étape, une fois acquis que **l'achat, le développement ou la production du jeu de données est bien nécessaire (?)** face aux enjeux environnementaux :



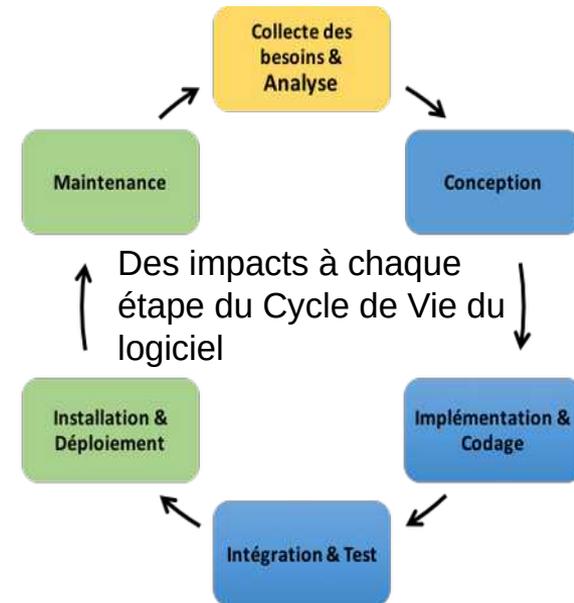
# Le matériel : bonnes pratiques

- **Avant** : Bien **dimensionner** son besoin pour accroître sa durée de vie, **critères responsables** (normes et standard), filières éthiques
- **Pendant la phase d'usage** : **Mutualisation**, **virtualisation**, **optimisation** (mais attention à l'effet rebond), surveillance matérielle, **réutilisation** (changements de systèmes d'exploitation, modification de l'usage, ...)
- **Après** : **fin de vie correctement gérée** (filière labellisée, dons et suivi de la fin de vie pour limiter la croissance fulgurante des déchets électronique et de leur non recyclage)



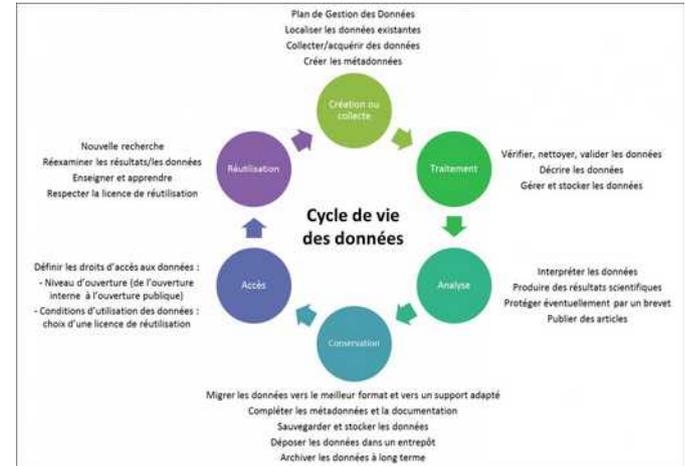
# Le logiciel : bonnes pratiques

- **Avant** : Fonctionnalités justifiées et suffisantes, réutilisation et contribution aux communs, adaptation au contexte et aux contraintes matérielles, choix du langage, intégrer les contraintes environnementales, planifier la gestion du logiciel (SMP) [et des données associées (FAIR, DMP)]
- **Pendant** : Gestion des versions & intégration continue adaptés et minimales, documentation, appliquer des normes de codage, tests, optimisation (mais attention à l'effet rebond)
- **Après** : déploiement dans une logique de sobriété (hébergement mutualisé et labellisé, au plus près des données et des usages) supervision et amélioration continue, je favorise la simplicité et la durabilité, archivage auprès de Software Heritage



# Les données : bonnes pratiques

- **Avant** : **Objectif justifié**, **réutilisation** et contribution aux communs, adaptation au contexte et aux contraintes matérielles, choix des **formats**, intégrer les **contraintes environnementales**, **planifier** la gestion des données (FAIR, DMP) [et des logiciels (SMP)]
- **Pendant** : Principes **FAIR** : métadonnées pour la traçabilité et la curation, vocabulaires contrôlés, conventions internationales, formats standardisés, ouverts et binaires
- **Après** : archivage vs volumes dans une logique de **sobriété**, (hébergement mutualisé et labellisé, au plus près des usages), savoir **supprimer**... !



Des impacts à chaque étape  
Du Cycle de Vie de la Donnée

# Impacts indirects et effets rebonds

Oui.... mais quand même, le numérique, c'est un outil génial qui **optimise** et améliore **l'efficacité** des autres secteurs ? Non ?

# Impacts indirects et effets rebonds

C'est sans compter sur les effets  
**indirects** et notamment l'un deux, **l'effet  
rebond....**

# C'est quoi l'effet rebond ?

L'effet rebond désigne un **accroissement** de la **consommation** provoqué par la **réduction des limites** qui étaient jusque-là posées à l'usage d'un bien, d'un service ou d'une technologie. **L'effet rebond caractérise un effet pervers et paradoxal des progrès en matière d'efficacité énergétique.** 1865, le **paradoxe de Jevons** : le charbon et les machines à vapeur plus efficaces

## ✓ Effets rebonds directs

- ✓ Les gains d'efficacité sont directement investis sur un sur usage : exemple : les économies de matières générées par la miniaturisation vont être absorbées par la multiplication du nombre de petits appareils électroniques.

## ✓ Effets rebonds indirects

- ✓ On va réinvestir l'argent économisé pour consommer autre chose : exemple : le télétravail induit des déplacements non prévus qui compensent les trajets domicile/travail

## ✓ Effets rebonds structurels

- ✓ Le numérique induit de profonds changements sociétaux non évalués ayant des impacts considérables sur la plupart des autres secteurs.

# Le numérique : effets indirects

- **Accélération** sociétale
- **Dépendances & globalisation**
- **Rapport de force** en faveur des grands groupes privés
- **Obsolescence** rapide (programmée... ou non)
- **Illectronisme** & fracture numérique
- **Addictions, IFS** (Syndrome de **Fatigue** Informationnelle), **concentration**



# Le numérique : effets indirects



- **l'Intelligence Artificielle** : atout ou encore un coup d'accélérateur ?
  - **Affaiblissement démocratique** : fake news, manipulation des opinions par les réseaux sociaux, publicités omniprésentes et profilage individuel
  - **Société de surveillance**
  - **Armes autonomes**
  - **Exploitation humaine lors des phases d'apprentissage,**
  - **Explosion de la consommation des ressources** (eau, énergie, matière)



# Le numérique : effets indirects

- **l'Intelligence Artificielle** : des exemples concrets
  - **Krak Boursier algorithmique** : 6 mai 2010
  - **Tay, l'IA de microsoft devient raciste, homophobe et pro nazi en moins de 16h00** : 23 mars 2016
  - **Une TESLA en mode automatique fonce sur un piéton** : Avril 2018 (et 2020, sur un mannequin)
  - **Chat GPT 4 propose de déclencher une guerre nucléaire lors des tests de capacité diplomatique des LLM** : Janvier 2024



# Le numérique, c'est concret

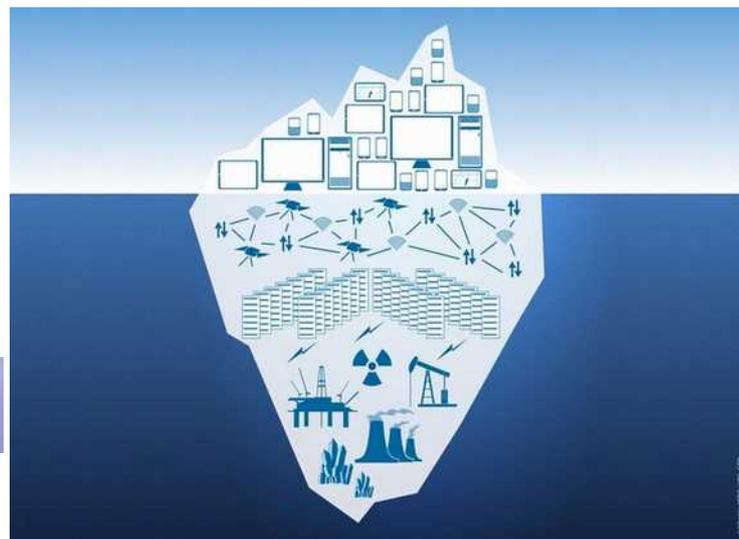
5 milliards de **personnes** connectées



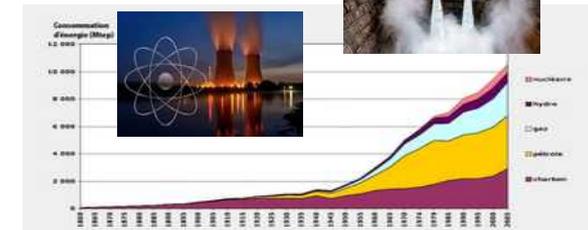
La Chine a produit 1.8 milliards de smartphones en 2018 (Statista)



20 milliards d'objets connectés en 2013 (Statista), 30 milliards en 2023



Des ressources



et aussi de l'énergie pour faire fonctionner tout ça...

<https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/a-quoi-ressemble-notre-consommation-energetique-actuellement/>

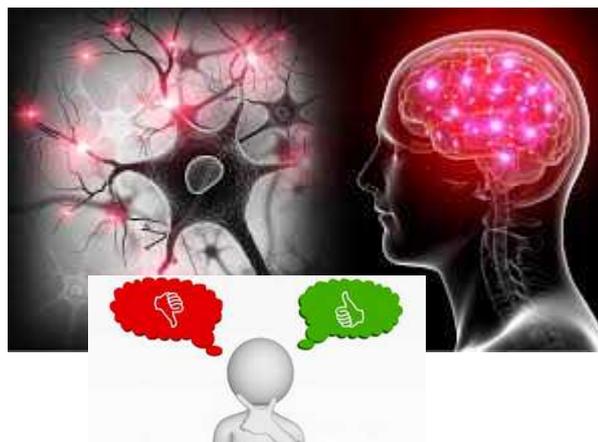
# Les freins à l'action

Mais pourquoi diable ne réagissons nous pas plus fortement à la situation ?



Juste quelques pistes pour commencer à réfléchir :

# Les freins à l'action

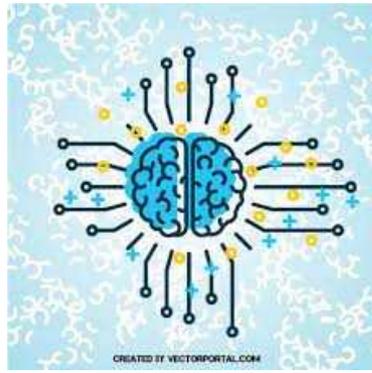


# Les freins

Vu sur Internet ....

Bonne nouvelle : le réchauffement climatique n'existe pas, j'ai très froid aujourd'hui. Aussi, autre bonne nouvelle : la faim dans le monde n'est plus un sujet, j'ai bien mangé. CQFD

# Les freins



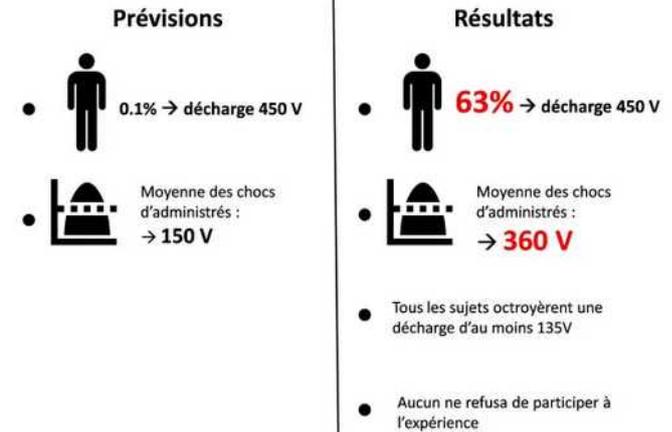
Nous ne sommes clairement pas (seulement) des « machines objectives et rationnelles » mais aussi (beaucoup) des **animaux sensibles et émotionnels**, avec de nombreux « défauts »



<https://www.radiofrance.fr/franceinter/pourquoi-avons-nous-tendance-a-oublier-que-l-humain-est-un-animal-comme-les-autres-9305205>

# Des freins « biologiques » / individuels

- Le « **Bug humain** » : un cerveau inadapté à l'abondance ? Manger, se reproduire, acquérir du pouvoir, avec le moins d'efforts et en ayant le plus d'informations possible (Thierry Ripoll, Sébastien Bohler)
  - *Attention au naturalisme et à la simplification, un regard intéressant mais réducteur et individuel qui ne prend pas assez en compte le poids de l'influence sociétale et l'échelle politiques de la crise environnementale actuelle.*
- Des mécanismes de **Soumission à l'autorité** (expérience de Stanley Milgram) – biais d'autorité



# Des freins « biologiques » / individuels

- Les **températures extrêmes** (froides ou chaudes) semblent corrélées à l'augmentation des comportements agressifs, haineux ou discriminatoires
- **Rien faire ou se donner des chocs électriques ?** (expérience de Timothy Wilson)



<https://www.flaticon.com/fr/auteurs/jocularityart?type=sticker>



[https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(22\)00173-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(22)00173-5/fulltext) &  
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2204076119> &  
[https://www.scienceshumaines.com/je-m-ennuiesi-je-m-electrocutais\\_fr\\_33192.html](https://www.scienceshumaines.com/je-m-ennuiesi-je-m-electrocutais_fr_33192.html)

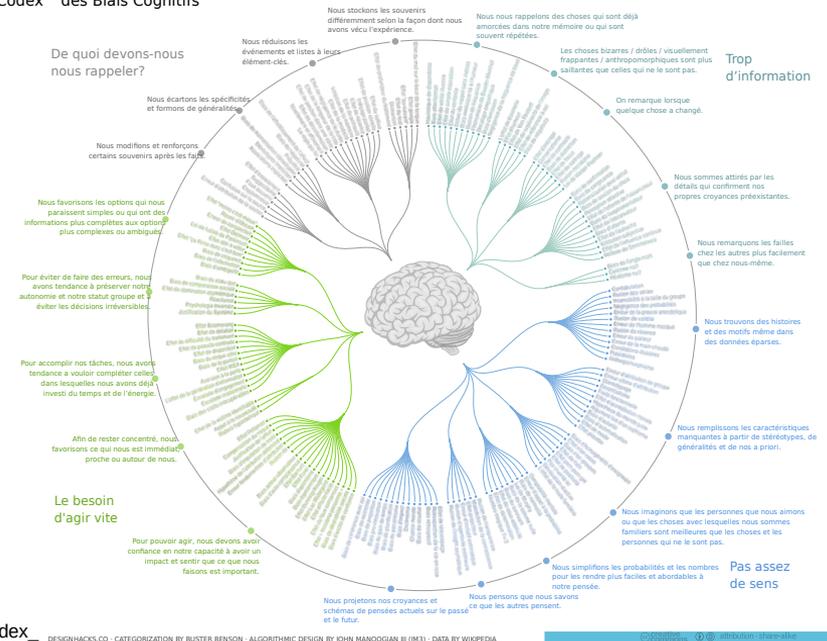
# Des freins « biologiques » / individuels

- Les **Biais cognitifs** : mécanisme de pensée entraînant une « distorsion » ou une « altération » du jugement. Cette appellation de « biais » traduit surtout une « déviation systématique » de la pensée **logique** et **rationnelle** par rapport à la réalité,
- C'est en réalité un mécanisme d'adaptation **normale**, un chemin **court** et **rapide** pour l'action dans le traitement cognitif d'une information.

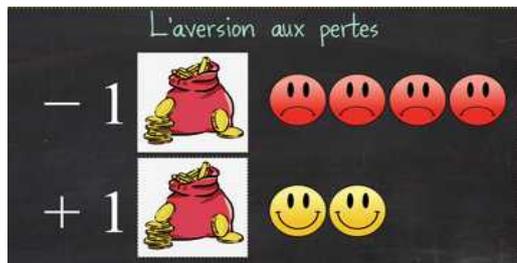
Concept et catégorisation par Buster Benson – Design par John Manoogian III



Codex des Biais Cognitifs



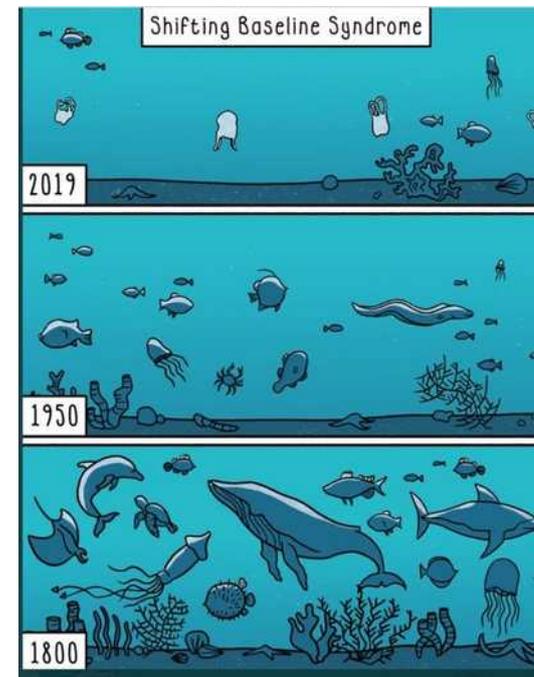
# Des freins « biologiques » / individuels



Effet de mode



Biais de la tache aveugle



Mécanisme d'accoutumance

# Des freins sociaux

- **L'économie de l'attention :** retenir (et monnayer) le maximum de « temps de cerveau disponible »
- **L'idéologie de l'immédiateté** (tout, tout de suite)
- **Détourner l'attention : le greenwashing**



<https://mbamci.com/economie-de-l-attention-et-design-dattention-1-2-avons-nous-perdu-notre-liberte-de-nous-concentrer/> & <https://www.reseau-canope.fr/la-course-a-lattention/regards-croises/economies-et-captation-de-lattention.html> & Reportage « La Fabrique de l'ignorance »



# Et pour éviter ça....

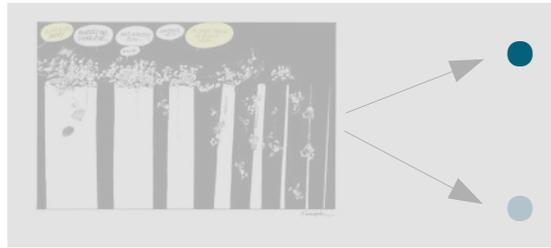


Franquin

# Il va falloir agir ...

Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, adopter une pensée complexe



- **Ralentir**
- Réfléchir

Attention

**Réfléchir**  
c'est commencer à  
**Désobéir**

Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité

Ralentir pour mieux réfléchir

« Ne pas » c'est bien  
la première action à  
laquelle il faut réfléchir



Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité

Ralentir pour Réfléchir

Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler & Rendre à la terre

- **Sobriété** : **satisfaire nos besoins essentiels** sans en créer de nouveaux.
- Une démarche qui consiste :
  - à questionner le besoin et l'usage des produits et services dans un **objectif d'équité et d'intérêt général** avec un regard **systemique**.
  - à concevoir, fabriquer et utiliser les équipements et services en tenant compte des **besoins sociaux fondamentaux et des limites planétaires**.

Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité

Réfléchir & Ralentir

Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler & Rendre à la terre

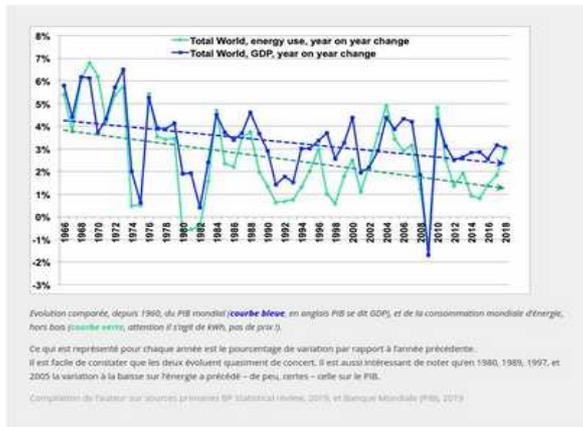
Sobriété

- **Low Tech** : Une technologie sobre, résiliente, robuste, facile à maintenir, ayant peu de dépendance, facile à comprendre, réparable, locale ⇒ c'est un peu plus complexe dans le numérique, mais c'est aussi un véritable défi pour l'ingénierie et la recherche.

**Jean-Marc Jancovici :**  
"si vous voulez plus de PIB vous aurez plus de CO2... tant que ça passe"

**Timothée Parrique :**  
« Il faut créer de l'espace pour d'autres indicateurs et déboulonner le PIB ! »

**Eloi Laurent :** « Le PIB ne permet pas de rendre compte de la réalité sociale ou écologique »



**Patrick Arthus,** économiste au Cercle des économistes qui note dans une tribune que "dans l'économie du produit intérieur brut (PIB), on maximise la production, la consommation" or "produire et consommer toujours plus accroît les inégalités et les "externalités" négatives liées au climat, chômage, précarité".

## Décroissance ?

Le découplage de la croissance économique de la consommation des énergies fossiles est un leurre en l'état

⇒ **changer nos indicateurs économiques pour un modèle « post croissance »**

- Abandonner l'idée que « plus, c'est toujours mieux »
- Viser la **robustesse** et la **résilience** au lieu de la **performance**
- **Interroger nos objectifs et le sens de nos activités**

<https://www.novethic.fr/actualite/environnement/ressources-naturelles/isr-rse/apres-l-allemande-la-france-pourrait-compléter-le-pib-par-de-nouveaux-indicateurs-pour-piloter-ses-politiques-publiques-150561.html>

& <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2022-02/classements-internationaux-environnement-fevrier2022-1.pdf>

- Complexité : adopter une **pensée complexe, systémique et transdisciplinaire**, éviter la pensée en silo
- Ralentir pour bien Réfléchir avant d'agir face à l'urgence environnementale....
- Les 5R : **Refuser**, Réduire, Réutiliser, Recycler & Rendre à la terre
- **Sobriété & Low Tech**
- **Résilience et robustesse** vs efficacité
- **Décroissance** ou plutôt « post croissance » : changer nos indicateurs

Donner du sens

- S'engager dans un collectif
- Se former car nous sommes à un problème systématique et transdisciplinaire.
- Se donner des objectifs : exemple, les 2 Tonnes en commençant à réduire par 50 % d'ici 2030 :-)

Donner du sens

# Agir : besoin ? utile ?



Donner du sens

# Agir sur le numérique

- ✓ **Pertinence** : Est-ce UTILE ? : **Ne pas** produire/développer/fabriquer/consommer
- ✓ **Sobriété** : Répondre aux besoins & bien dimensionner sa solution
- ✓ **Simplicité** : **Éco-conception** matérielle, logicielle et données en tenant compte des cycles de vie
- ✓ **Permacomputing** : appliquer aux outils et infrastructures numériques les principes de la permaculture en misant sur la réparation, le ré-usage, la sobriété et l'accessibilité.
- ✓ Faire **durer** le plus longtemps possible : **mutualiser** (à la bonne échelle) & **réutiliser**
- ✓ **Critères responsable** (origines équitables, normes, recyclés et recyclables) et **Standardisation**
- ✓ **Recycler** dans une filière responsable et labellisée
- ✓ **Sensibilisation aux enjeux environnementaux et sociétaux** (surveillance, manipulation, accélération)
- ✓ **Open Science & Open Hardware, Open Source, Open Data**
- ✓ Interroger la **reproductibilité** de la Science
- ✓ Adopter les solutions **institutionnelles** SANS les multiplier & Se « dé-gafa-miser »
- ✓ Limiter le streaming & la résolution des vidéos
- ✓ Limiter la publicité, uBlock : <https://ublockorigin.com.fr>



Je code : les bonnes pratiques en écoconception de service numérique à destination des développeurs de logiciels

# Agir dans son organisation

- Le poids de l'action des organisations est bien plus puissant que les actes individuels (étude de Carbone 4 sur la part individuelle et la part collective),
- Les établissements d'enseignement et de recherche ont un rôle spécifique car ils **transmettent** également des **valeurs** et sont un **exemple** des possibles.

## FAIRE SA PART ?

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



### QUELLES ACTIONS POUR L'INDIVIDU ?



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 ?



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

## **Loi REEN** : Réduire l'Empreinte Environnementale du Numérique

- **Faire prendre conscience** de l'impact environnemental du numérique : Formation à partir de la rentrée 2022 pour tous, éco conception, Rapport Jouzel
- **Limiter le renouvellement** des appareils numériques
- **Favoriser des usages numériques écologiquement vertueux**
- Promouvoir des centres de données et des réseaux moins **énergivores**
- Promouvoir une **stratégie numérique responsable** dans les territoires

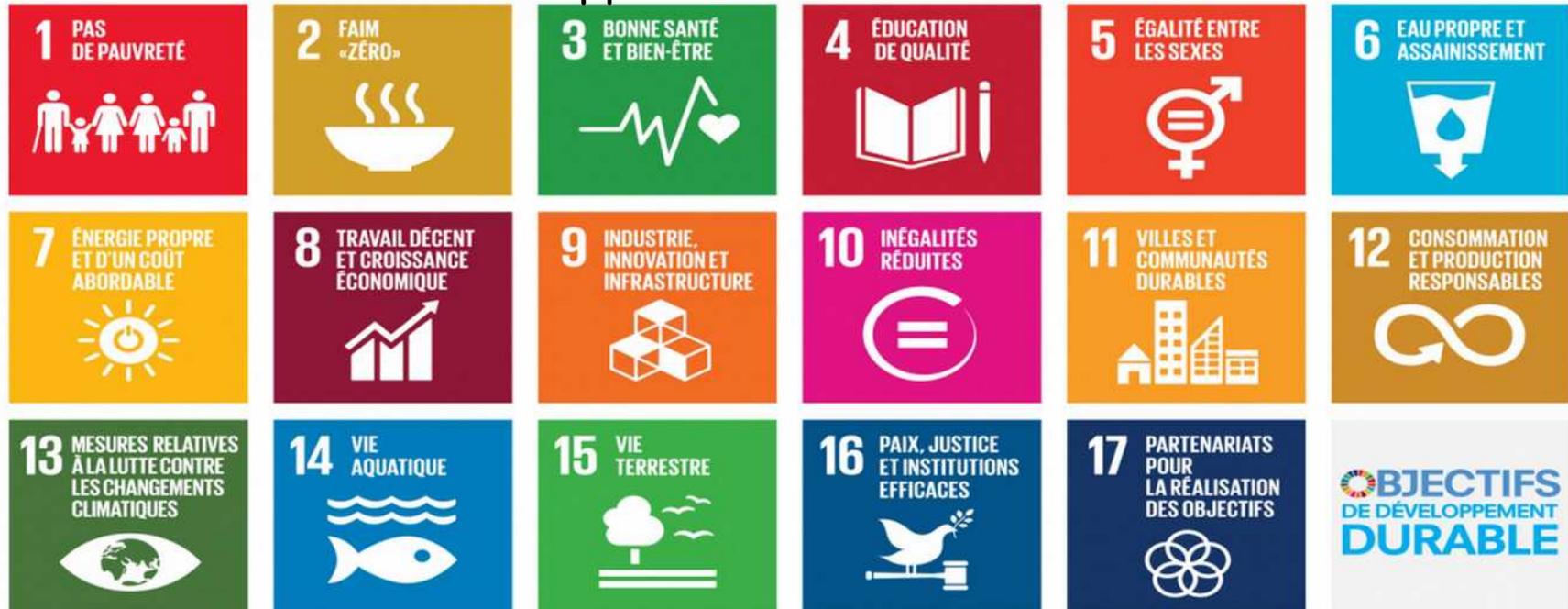
# Agir : l'avis du COMETS du CNRS

## « **Intégrer les enjeux environnementaux à la conduite de la recherche – Une responsabilité éthique** »

- « La prise en compte des impacts environnementaux de la recherche doit être considérée comme relevant de l'éthique de la recherche, au même titre que le respect de la personne humaine ou de l'animal d'expérimentation »
- C'est au monde de la recherche lui-même d'ouvrir en son sein un large débat sur ces questions. Pour le COMETS, il s'agit là d'une exigence première, bien avant toute mise en place d'instances ou de critères d'« évaluation environnementale » des projets de recherche, lesquels sont loin d'être inutiles mais pourraient contribuer à routiniser un questionnement qui exige avant toute chose d'être constitué en **réflexion collective approfondie**

# Agir : élargir

Intégrer et s'appropriier dans son domaine les objectifs de  
Développement Durable de l'ONU



## S'interroger, élargir sa réflexion, construire des connaissances, résister à l'Agnotologie

- **La transition énergétique est-elle possible ?** (Jean-Baptiste Fressoz, historien des Sciences)
- **La décroissance (économique)** (Timothée Parrique par exemple est un bon commencement)
- **Interroger** la notion même de **progrès** (Sophie Wahnich, François Jarrige)
- **L'hypothèse K** (Aurélien Barrau) : (re)donner du **sens** à nos activités, voire de la poésie.
- Repenser l'efficacité et favoriser la résilience et la robustesse ? **La troisième voie du vivant** (Olivier Hamant)
- **Monopole Radical** (Ivan Illich) : Monopole induit d'une ou plusieurs marques visant à modifier, contrôler et à terme contraindre des populations à modifier radicalement (d'où l'épithète « radical ») leurs habitudes quotidiennes notamment en restreignant leurs choix et leurs libertés.

# Agir : les dangers

GIEC 2025

Attention aux dangers face à des délais qui se resserrent

- Techno solutionnisme : délais de déploiement, nouveaux problèmes, effet rebond
- Efficacité  $\Rightarrow$  effet Rebond
- Les freins à l'action



# Merci :-)

« Le peu qu'on peut faire, le très peu qu'on peut faire, il faut le faire. »

Théodore Monod



« Et toi, tu as fait quoi alors que vous saviez déjà ? » : que répondrez vous d'ici là, 20 ou 30 ans à cette question ?

"Soyons le changement que nous voulons voir dans le Monde", Gandhi



# Juste quelques sites WEB

- Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet (<https://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855>)
- Jean Marc Jancovici (<https://jancovici.com/>)
- La sixième extinction
- Le climat en questions
- Évaluation des impacts environnementaux de l'informatique : Quels outils ? Quelles limites ?
- Une infographie sourcée
- Adaptation du vivant
- EcoInfo (<https://ecoinfo.cnrs.fr>)
- ADEME (<https://www.ademe.fr/>)
- Ouvrir la Science
- Et tous les sites de qualité, les organismes de recherche, la presse de qualité écrite ou radiophonique, les associations (exemple : WWF)
- Suivre les évolutions législatives : Site du Sénat
- Bon Pote, un site de qualité sur les changements planétaires (en collaboration avec CNRS Terre et Univers : <https://bonpote.com/>)
- **Observatoires de l'ONU :**
  - GIEC (The Intergovernmental Panel on Climate Change ),
  - IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services ),
  - IRP (groupe international d'experts sur les ressources)
  - IPBC / GIECo : International Panel on Behavior Change : <https://www.ipbc.science/> & <https://www.fonds-ime.org/>
- Objectifs Développement Durable de l'ONU (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>)

# Lectures

