

# Le numérique, accélérateur de l'Anthropocène



Le Numérique,  
une immatérialité  
qui impacte



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

INRAE - 21 Novembre 2022



Didier Mallarino

# Qui suis-je ?

Ingénieur de recherche **CNRS** (depuis 2002)

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

- **Localisation** : Université de Toulon (depuis 2007 au LSEET/MIO/OSU Pytheas)
- **Formation** : DUT GEII Toulon, Supelec
- **Activités** :
  - Science ouverte, Data Management, Projets Scientifiques, Support Informatique
  - Cours et Intervention école d'ingénieur et université
- **Direction** du GDS EcoInfo

- 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 général, les enjeux (ou **pourquoi il faut agir maintenant ?**)
- Les impacts du **numérique** et les **outils** pour comprendre : effets directs, indirects et rebonds, l'ACV
- Les **axes pour agir** à l'échelle individuelle mais surtout collective
- Les **freins à l'action** (ou **pourquoi diable ne fait-on rien ?**)
- Conclusion

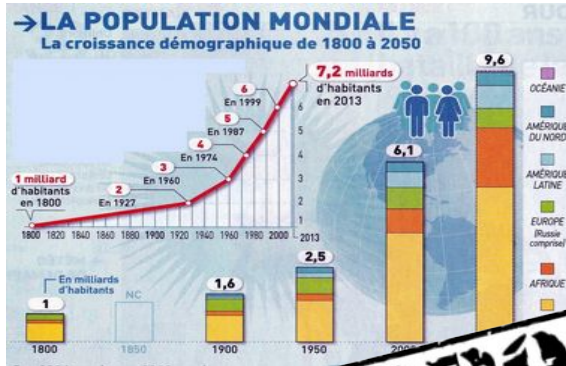


# Contexte : l'ère de l'Anthropocène

- Les **changements globaux** s'accélèrent depuis une **centaine d'années** et les **causes** de ces changements sont **très largement humaines** :
  - **croissance démographique** (+2,64 personne chaque seconde, source : <https://www.ined.fr/>),
  - **modes de consommation et de production** : agriculture intensive, artificialisation des sols, produits chimiques, alimentation trop carnée, combustion des énergies fossiles pour le confort domestique, le transport, l'agriculture et la production d'énergie (**JM Jancovici**).



[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89levage\\_en\\_batterie](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89levage_en_batterie)



**ANTHROPOCENE**



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Mine\\_Mir](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mine_Mir)



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture\\_intensive](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_intensive)



# Déjà, en 1972, on savait

- En 1972, le club de Rome groupe de réflexion issu du MIT publie « **Les Limites à la croissance** » (« **rapport Meadows** »). Sa conclusion :
  - *si rien n'est mis en œuvre pour stabiliser la population et la croissance industrielle, le système planétaire va s'effondrer*
- Le 1er mars 2012, **40 ans plus tard**, la Smithsonian Institution publie une version actualisée et confirme les conclusions de 1972 :
  - Ce dernier donnait soixante ans (2030) au système économique mondial pour s'effondrer, confronté à la diminution des ressources et à la dégradation de l'environnement
  - *Une refonte radicale de ce système est indispensable pour espérer repousser cette date butoir*

Mais à l'époque, et encore aujourd'hui :  
« Pour sauver l'économie, il faut acheter, acheter n'importe quoi »

Dwight D. Eisenhower (1890-1969), 34e président des USA



<http://jeanzin.fr/2012/09/11/la-societe-de-consommation-avant-le-capitalisme/>

# Contexte et Indicateurs

Les Indicateurs sont largement dans le rouge  
une situation catastrophique et délétère pour notre espèce

**Indicateur global:** Earth Overshoot Day (Jour du dépassement, 5 mai 2022 pour la France)

## Country Overshoot Days 2021

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



Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, 2021 Edition  
data.footprintnetwork.org

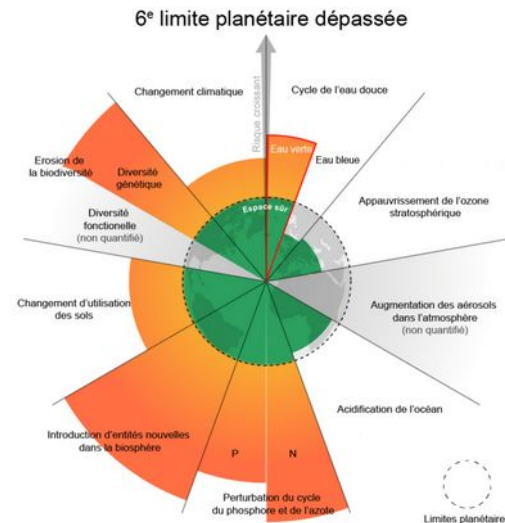


Global Footprint Network  
Advancing the Science of Sustainability

## 6 indicateurs déjà dépassés

- Changement climatique,
- Biodiversité une espèce sur huit risque de disparaître à brève échéance ; Sixième extinction de masse
- Pollutions (eaux, sols, atmosphère)
- Destruction des sols et des habitats,
- Modifications des cycles géochimiques,
- Modifications du cycle de l'eau douce

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



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.

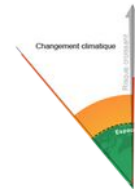
Credit : Wang-Erlandsson et al. (2022)  
Stockholm Resilience Center

Traduction Sydney THOMAS pour @BonPote



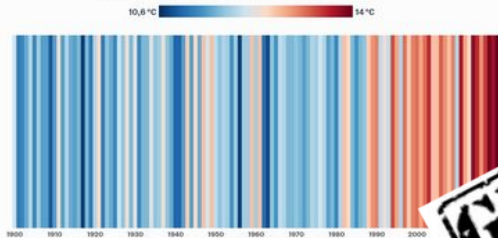
INRAE- Visio - 21 Nov 2022

<https://bonpote.com/la-5eme-limite-planetaire-vient-detre-officiellement-franchie-et-tout-le-monde-sen-fout/> & <https://bonpote.com/la-6e-limite-planetaire-est-franchie-le-cycle-de-leau-douce/> & <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/societe/article/limites-planetaires>



# Climat, quelques éléments

Ce graphique représente l'évolution de la température moyenne par an en France métropolitaine sur une période de 120 ans, de 1900 à 2020. Il indique également l'écart aux normales (soit 11,8 °C, calculée à partir de la moyenne des températures de 1981 à 2010).

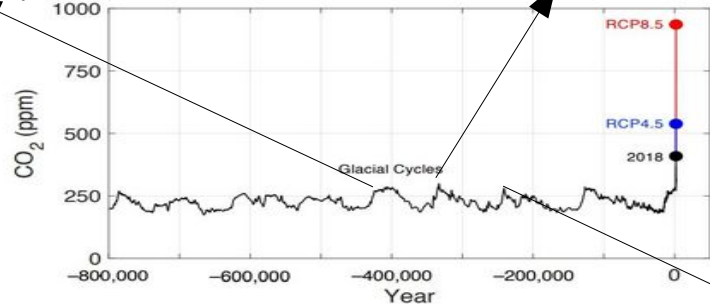


**GIEC 2023**

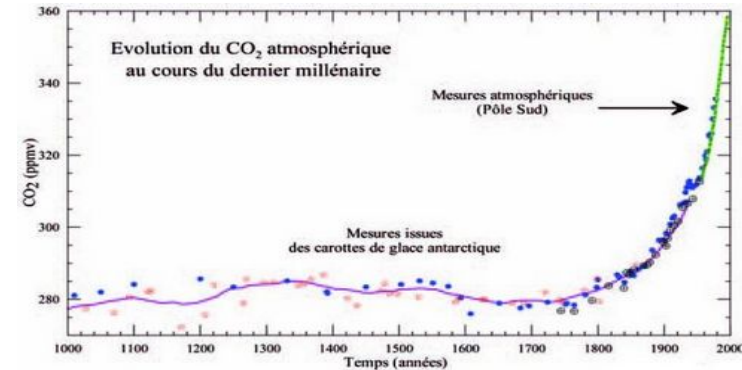
« parmi les dix années les plus chaudes depuis 1900, sept appartiennent à la décennie 2010-2020 »

-445,000 : L'ordovicien  
70 % des espèces

-360,000 : L'ordovicien  
75 % des espèces

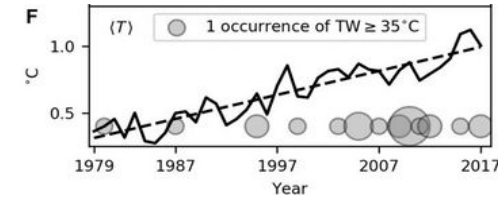


-252,000: Permien  
95 % des espèces



**CO<sub>2</sub> > 400ppm ~ Pliocène**  
(3 millions d'années) :  
Des arbres en  
Antarctique, un niveau  
des mers 15 à 20 mètres  
plus haut & températures  
moyennes 3 à 5 degrés  
au dessus.

Février 2022 : **420ppm**, Observatoire Mauna Lao



Tendances mondiales de la chaleur extrême humide, la courbe montre les anomalies de température annuelles moyennes mondiales (par rapport à 1850-1879) ; les cercles indiquent des occurrences de TW supérieures à 35 °C.





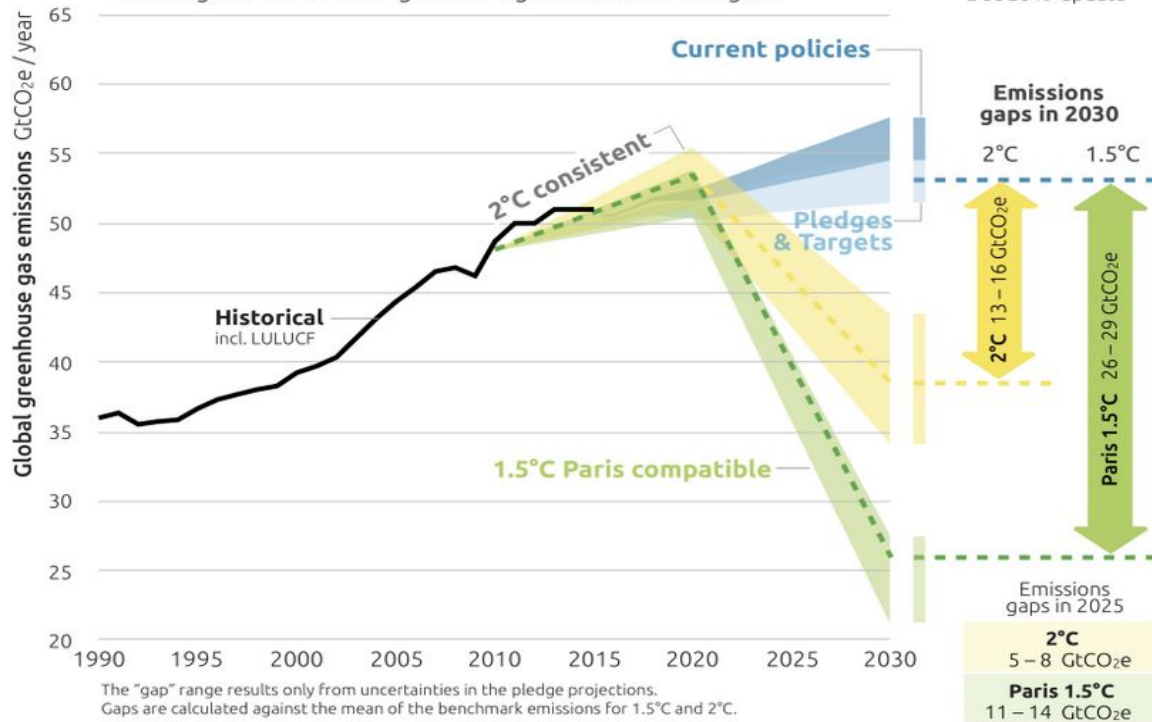
# Nos émissions de CO<sub>2</sub>

## 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



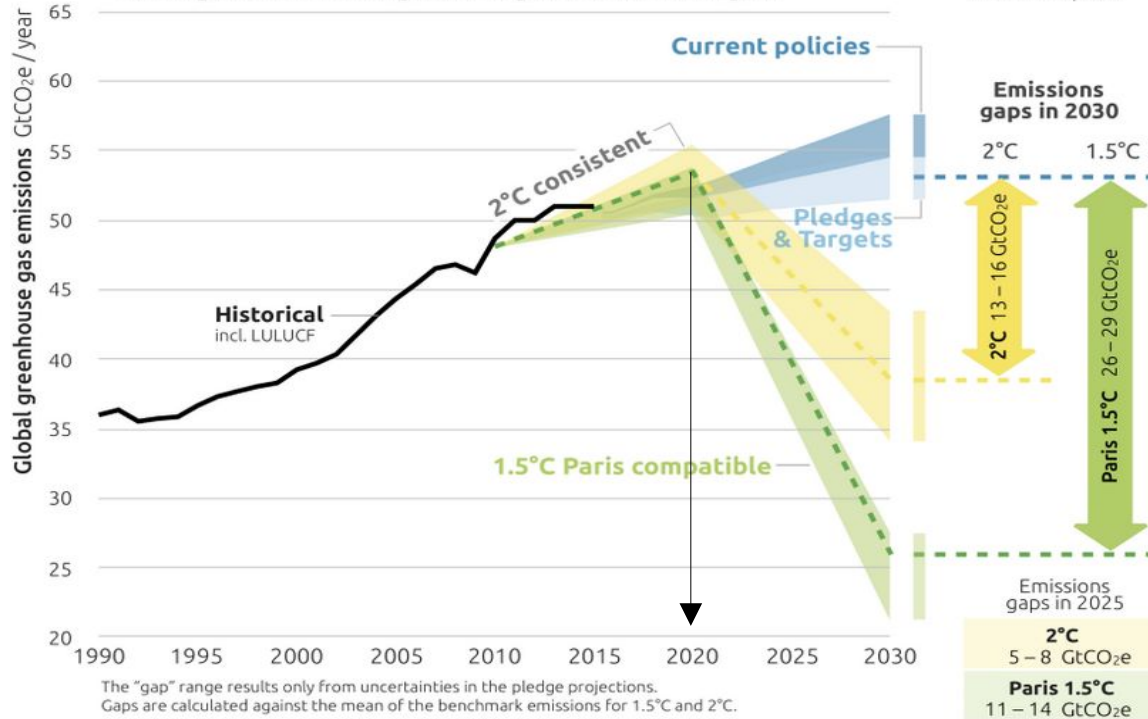
# Nos émissions de CO<sub>2</sub>

## 2030 EMISSIONS GAPS

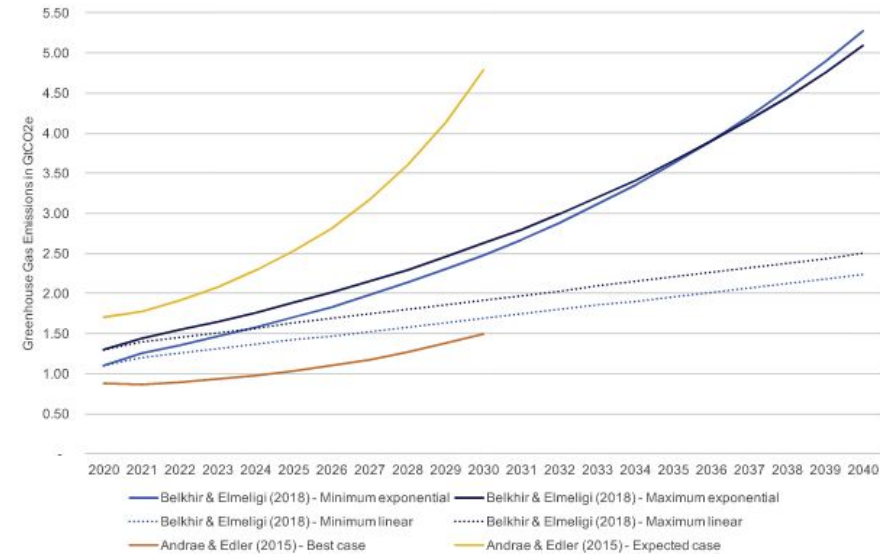
CAT projections and resulting emissions gaps in meeting the 1.5°C Paris Agreement goal vs 2°C Cancún goal



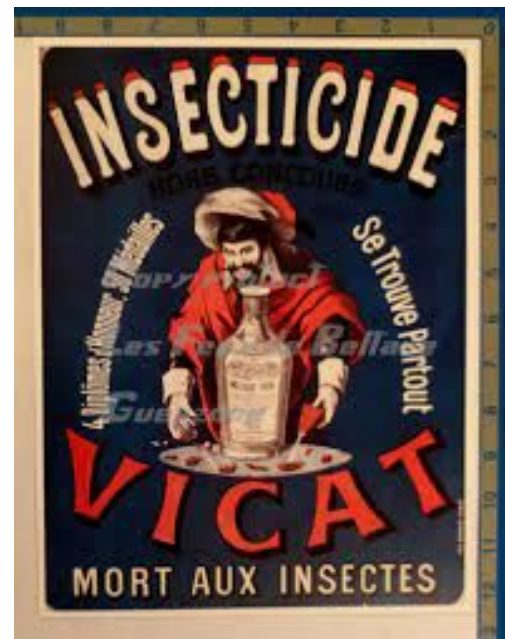
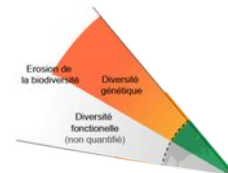
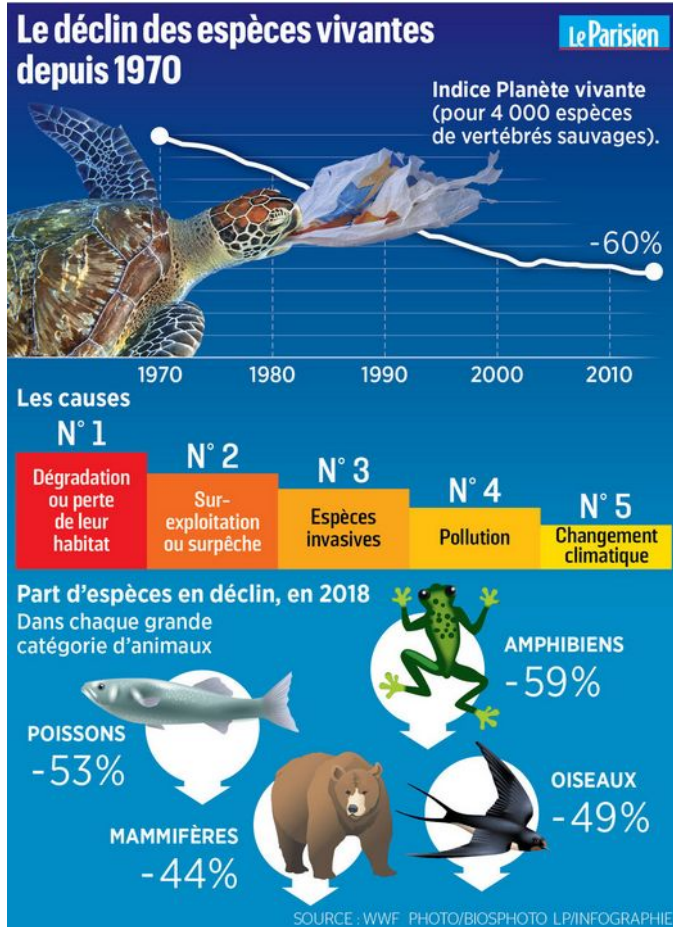
Dec 2019 update



## Projection de croissance du numérique (impacts GES)



# Biodiversité



# Biodiversité



## L'effondrement du vivant

Pourcentage des espèces menacées d'extinction par groupe



Infographie :  
LE MONDE ; Victoria Denys

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

Source : [IPBES](#) (Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services Écosystémiques) - 2019

- 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
- 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.
- Si on parle de biomasse, les humains et leurs bétails représentent **96 %** des **mammifères**, **18 %** des **vertébrés**, et les humains représentent **0.01 %** de la biomasse totale.
- Nous **tuons 300 milliards de poissons et 80 milliards d'animaux terrestres** chaque année, soit **1,1 milliards/jour**.



# De profondes modifications déjà là

- **Profondes modifications des cycles de l'eau,**
  - Accélération de la montée des eaux (1,7mm/an → 3,2 mm/an),
  - Fonte des glaciers terrestres et polaires,
  - Ralentissement des courants océaniques,
  - Fortes modifications des régimes de précipitations
- Nombres **d'anomalies chaleur humide** (> 35 °C Tw) explose :
  - De nombreuses zones de la planète deviendront inhabitables
- Profondes **perturbations sur les écosystèmes végétaux et animaux,**
  - 6ème extinction, végétales et animales,
  - Terres désertifiées,
  - Pandémies
- **Incendies** géants,
- Accroissement du nombre d'**événements extrêmes.**



Graeme MacKay/mackaycartoons.net

*Et de nombreuses conséquences sur nos sociétés plus que probables :  
famines, luttes pour les ressources en eau, migrations, guerres*



# Le Numérique



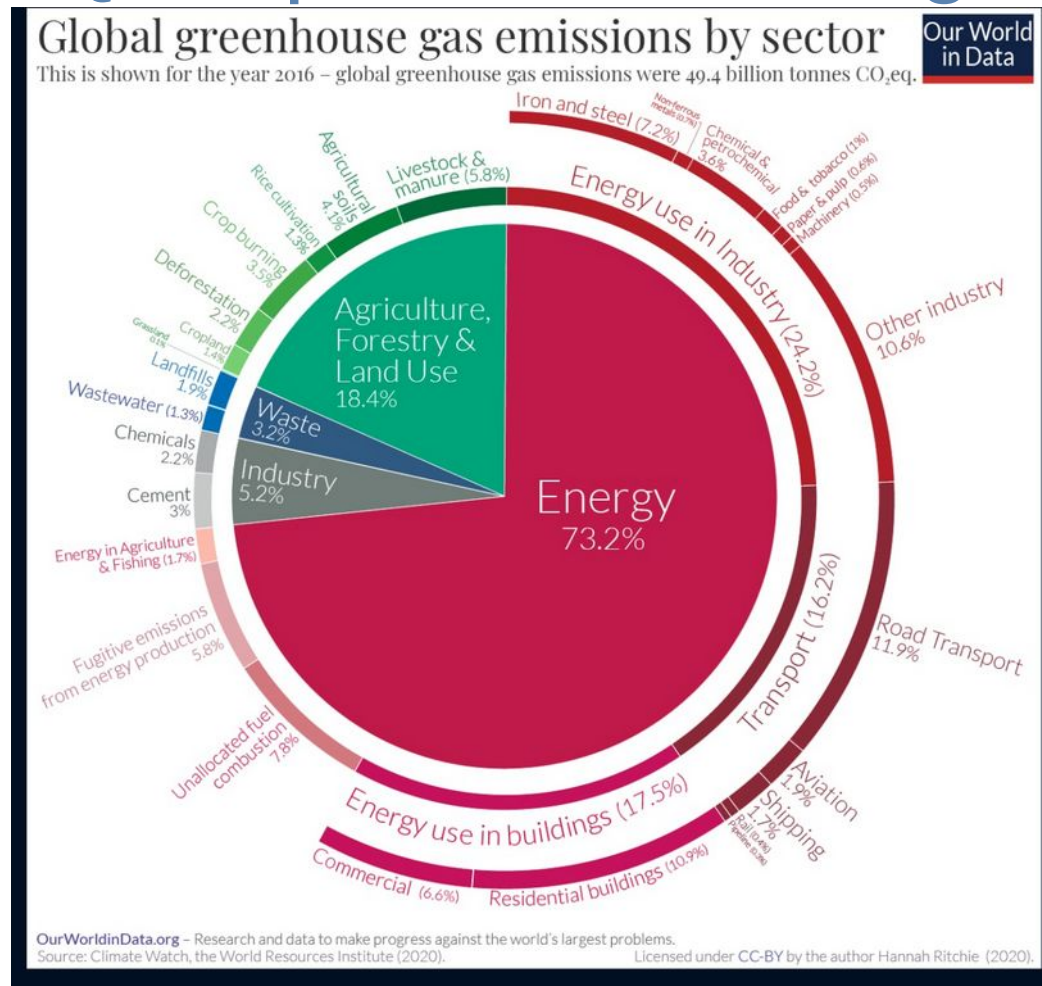
<http://www.pressenza.com/fr/2016/05/revenu-de-base-sauver-planete/>

Mais le numérique dans tout ça, c'est virtuel et immatériel ? Numériser et virtualiser la société c'est LA solution..... non ?



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

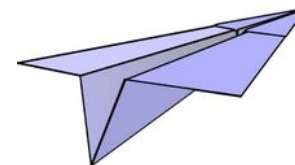
# Quelques ordres de grandeur GES



**TIC** ~ 2 à 4 %  
 (et +6 %/an,  
 x2 / 12 ans)



Soit un secteur comparable  
 à l'aviation civile



<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> &  
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-01/bilan-energetique-france-2018-tableaux-synthese-donnees-definitives>

2022

# 3 axes d'approche

⇒ 3 axes d'analyse et donc, d'actions possibles



Le Matériel



Le Logiciel

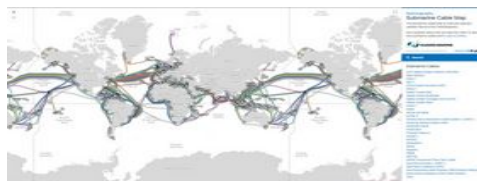


Les Données

# Le matériel



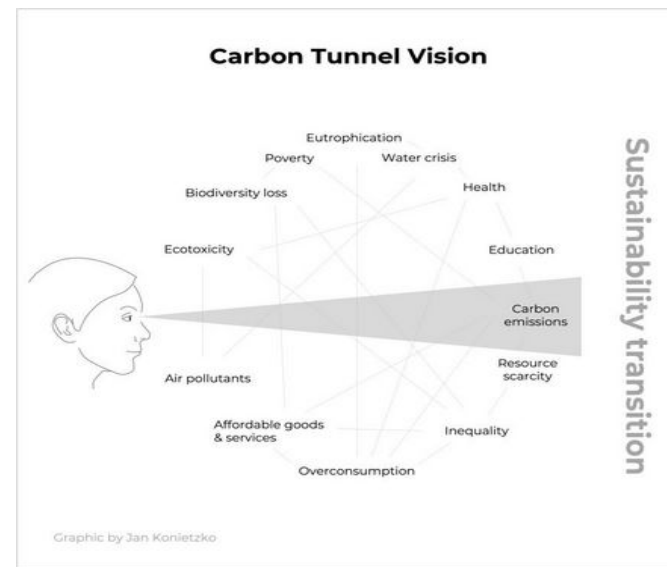
**99 % du trafic intercontinental : câbles sous marins** ; 250 câbles en 2013, 448 câbles en 2018 pour 1,2 million de kilomètres ; ~ 100.000 km de câbles / an posés



En 2021, on compte plus de **8000 datacentres majeurs** (les 157 datacentres installés en France absorbaient 8% de la consommation électrique nationale en 2016.)

# L'Analyse de Cycle de Vie

- Méthode d'évaluation **normalisée** (ISO 14040 et 14044)
- Bilan environnemental multicritère et multi-étape qui considère le système sur **l'ensemble de son cycle de vie**.
- Applications : **Identification** des enjeux environnementaux, **éco-conception** de produits (aide à la décision), **comparaison** de produits, « **crédibilisation** » de la performance environnementale.



Sortir d'une vision « carbo-centrée »

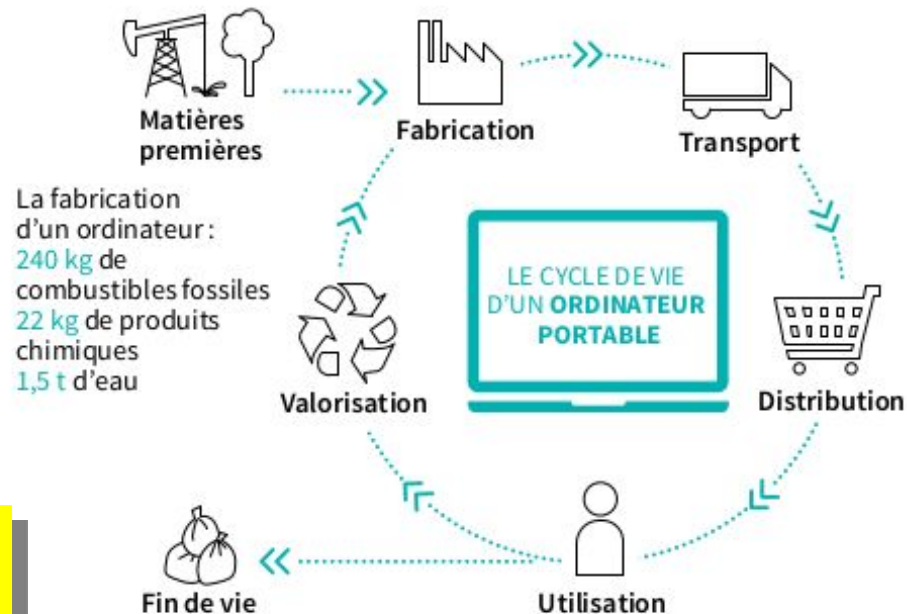


# L'Analyse de Cycle de Vie

- **Périmètre** : objectifs du champ d'étude
- **Décrire** le cycle de vie
- **Les limites** de l'étude, la **qualité des données** requises et le **public** visé par l'étude.
- **Inventaire** des entrants et sortants de chaque processus élémentaire
- **Évaluation des impacts**, problèmes, dommages, indices : résultats bruts de l'analyse.
- **Interprétation des résultats**

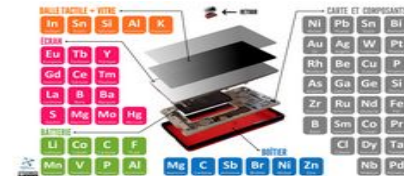
Une ACV de  
Lenovo (2015)  
indique 6 t  
d'eau :

## LE CYCLE DE VIE D'UN ORDINATEUR

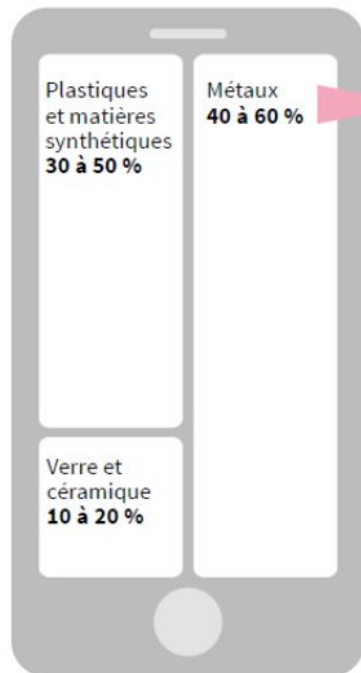


Étude de « Kuehr et Willians », 2003

# 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)

## Des dizaines de matériaux « indispensables »

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

# Impacts Directs



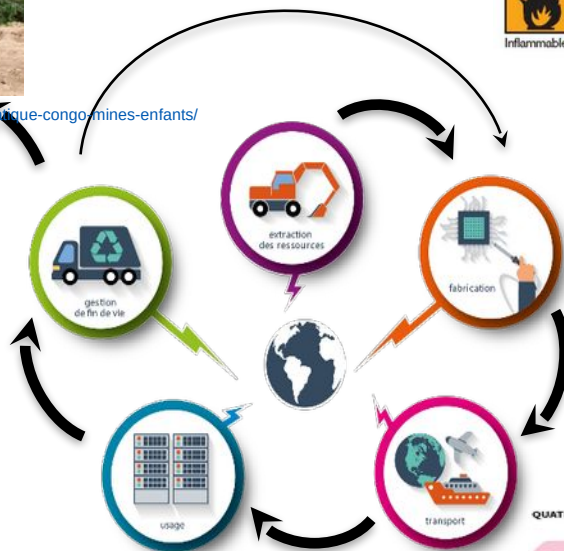
<https://ici.radio-canada.ca/info/2019/05/coltan-republique-democratie-congo-mines-enfants/>



75 MT en  
2030



<https://terresdesavoirs.fr/les-impacts-du-numerique-environnement/>



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



Visio - 21 Nov 2022

# Matériel : agir au premier niveau

- Offrir le « juste » service en **répondant aux besoins**,
- **Bien dimensionner** son matériel à l'achat,
- Faire **durer** son matériel le plus longtemps possible,
- **Mutualiser**
- Donner une x-ième vie à son matériel : **réutiliser**
- Acheter du matériel garantissant des **critères d'achat responsable** (origines équitables, normes, recyclés et recyclables),
- **Recycler** dans une filière responsable et labellisée

# 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 ne sert à rien

- Publicité,
- Logiciels sur utilisant les ressources matérielles, mal conçus,
- Logiciels / services numériques « obèses »

## Quelques impacts directs

- Consommation énergétique,
- Performances,
- Course matérielle



# Le logiciel : agir au premier niveau



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

## Exemple d'une démarche d'écoconception

- avant : **maîtriser** le nombre de fonctionnalités, **réutiliser** des briques logicielles, **planifier** la gestion du logiciel...
- pendant : **analyser** son code, **mesurer** les performances...
- après : choisir hébergement **mutualisé, labellisé CoC, local,**
- **Plaquette d'éco conception logicielle d'EcolInfo** : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>

## Autres pistes

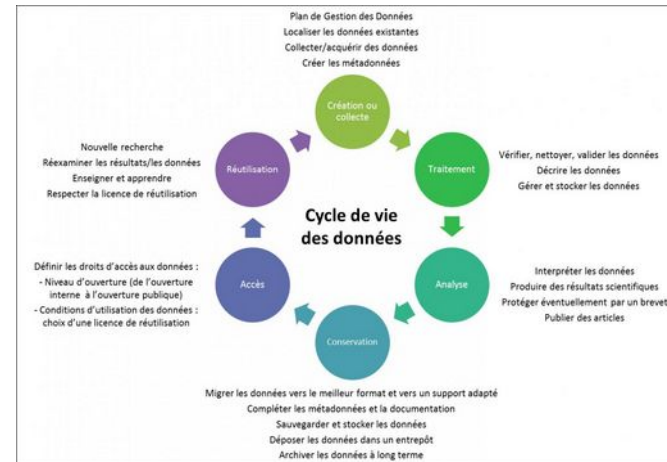
- Penser **Open Source, réutilisation, mutualisation**
- **Services numérique sobre (penser au-delà du logiciel client)**

# 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 : c'est important

- La donnée est souvent **précieuse, utile et unique** (trace d'un instant révolu).
- **La donnée « brute » (issue de l'observation) est souvent inutilisable**. Elle doit être traitée, analysée, interprétée, associée à d'autres éléments, et donc, de nouvelles données appelées **méta données** qui la rende utile et utilisable, pérenne, échangeable pour des prises de décisions ou une meilleure connaissance.
- Son **acquisition** (campagnes in situ, satellites, nombreuses heures de calcul, instruments médicaux, sondes sous marines, etc...) est en général **coûteuse tant écologiquement que financièrement**
- Son « **exploitation** » crée de la **connaissance**, de la « **richesse** » ou de la « valeur ajoutée. » La « valeur » de la donnée reste cependant subjective, dépendant de l'usage et de l'utilisateur. L'histoire prouve cependant que la connaissance donne de nombreux avantages et de fait, les entreprises se battent pour récolter de la donnée.

# Les données : un outil de pouvoir

- Construction du **savoir**
- & des **connaissances**
- **Outil de pouvoir**

**Dataveillance & datapulation**

La donnée en **informatique** est la représentation numérisée d'une information physique ou mentale

- **Pouvoir** politique, financier et commercial
  - suggestions,
  - influence,
  - manipulations psychologiques (tirant parti de nos biais cognitifs: e.g. achat impulsifs vs agir rapidement,
  - Fake news,
- **Addictions** et utilisation du temps de cerveau disponible,
- Analyse des états émotionnels, **profils** psychologiques,
  - **250 likes** suffisent à établir un **profil** précis type « OCEAN »
- Société de **surveillance** (Chine par exemple),
- « Bulle de filtres » (isolement) & **désinformation**

# Les données : usages



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

## 2020 This Is What Happens In An Internet Minute



## 2021 This Is What Happens In An Internet Minute



### GLOBAL APPLICATION CATEGORY TRAFFIC SHARE

1	VIDEO STREAMING	60.6%(+2.9) ↓	22.2%(-0.1) ↑
2	WEB	13.1%(-3.8) ↓	10.3%(-10.6) ↑
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) ↑

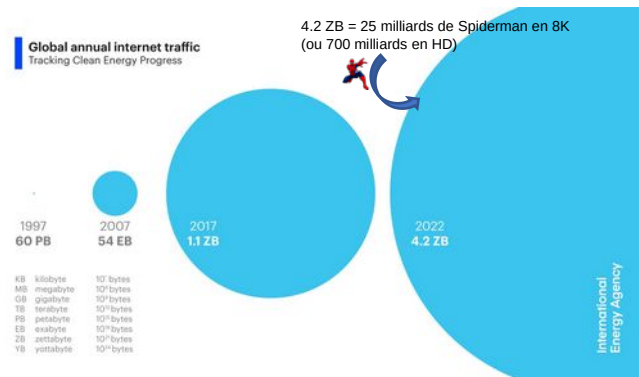


# Les données : le volume



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

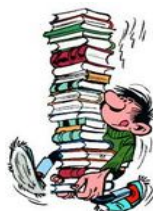
Flux vidéo ~ 58% du trafic général en download, 80 % de la bande passante tous usages confondus (Article du Shift Project sur L'insoutenable usage de la vidéo en ligne)



Source : <https://www.iea.org/>

## En 2021, 60 Zo

1 Zo = 1000 Eo → une pile de 1500 milliard de CD-ROM (1,5 milliards de kms, 10 fois la distance terre-soleil)



### Quelques impacts directs

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

### Et indirects

- Dataveillance,
- Datapulation,
- Enjeux de pouvoir

# Les données : agir au premier niveau

- Penser **sobriété** dans l'usage et le déploiement des solutions : limiter les volumes traités, stockés et échangés.
- **Open Data & FAIR**
- Adopter les solutions techniques **institutionnelles SANS les multiplier**
- Se « dé-gafa-miser »
- Limiter le streaming & la résolution des vidéos
- Limiter la publicité, **uBlock** : <https://ublockorigin.com.fr>)

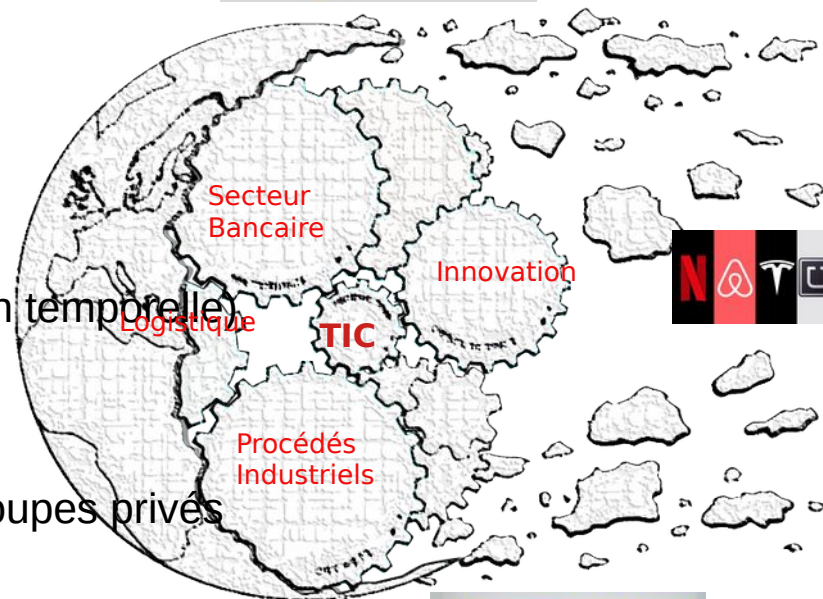
# Les impacts indirects

## Environnement et société

- ✓ Optimisation & **efficacité**,
- ✓ La **dématérialisation** : un échec patent
- ✓ **Fracture** numérique,
- ✓ **Obsolescence** rapide (programmée... ou non),
- ✓ **Accélération** (flux, finances, marchandises : compression temporelle),
- ✓ **Globalisation & Dépendances** accrues,
- ✓ **Plus grande complexité** de nos sociétés,
- ✓ Déplacements des **rapports de force** vers les grands groupes privés
- ✓ Des questions **éthiques**

## Effet Rebond ou paradoxe de Jevons

- ✓ Annihilation des gains d'efficacité par une croissance de l'usage ou des usages délétères



# Impacts sociaux et questions éthiques

## Impacts sur l'individu :

- **Concentration** : les études de Gloria Mark, chercheuse à l'Université de Californie Irvine, montrent qu'après avoir été **interrompu**, il nous faudrait parfois **jusqu'à 23 minutes pour arriver à nous reconcentrer** sur notre travail.
- Syndrome de Fatigue Informationnelle (IFS) : une conséquence est l'incapacité à faire le tri face au déluge d'information à traiter ([https://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_overload](https://en.wikipedia.org/wiki/Information_overload) )



## Addiction :

- Utilisation de nos faiblesses cognitives pour renforcer **l'addiction** aux réseaux sociaux : exemple : les jeux et les système de micro récompenses



## Éthiques, des questions innombrables

- IA (usage militaire, surveillance de masse, biais)
- Neutralité technologique,
- Dataveillance & datapulation,
- Dilution de la vie privé et publique,
- Fake news, orientation des populations, etc...



# Éthique : agir au tout premier niveau

- Adopter les solutions techniques **institutionnelles SANS les multiplier**
- Se « dé-gafa-miser »
- Bloquer les éléments non sollicités, **uBlock** : <https://ublockorigin.com.fr>)
- Limiter la captation d'attention, **minimal** : <https://minimal.aupya.org/>
- Protéger sa vie privée (<https://disconnect.me>)



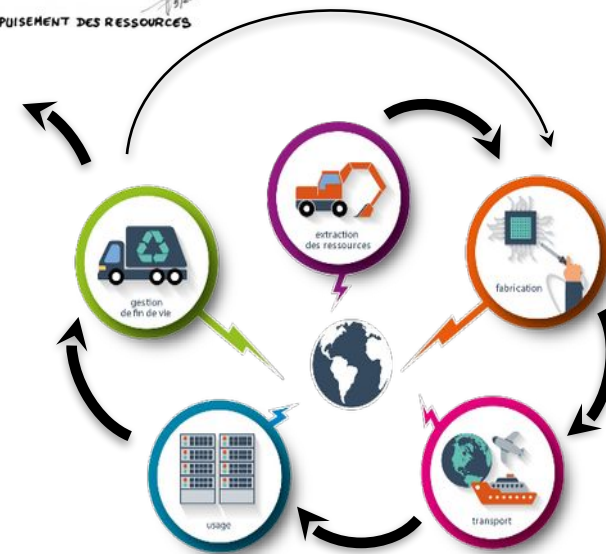


INRAE- Visio - 21 Nov 2022

# Thématiques du GDS

Sans surprise, on retrouve les thématiques du GDS : le numérique et ses impacts environnementaux sont à la croisée de **nombreux champs interdisciplinaires** :

- Le **numérique au sens large** : les données, le logiciel et le matériel, mais aussi les infrastructures et les usages
- Le **cycle de vie du numérique** : extraction (ressources non renouvelables et notamment métaux) et fabrication, transport, usage, fin de vie (déchets DEEE ~ 50 millions tonnes /an en 2021, recyclage)
- **Énergie** (10 % de l'énergie électrique mondiale),
- Aspects **sociaux** et développement durable au sens large.

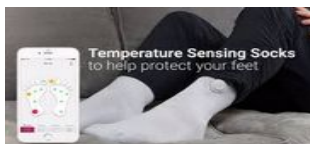


# Le numérique, c'est concret

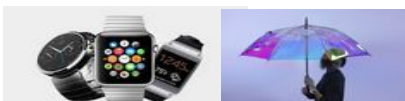
5 milliards de **personnes** connectées



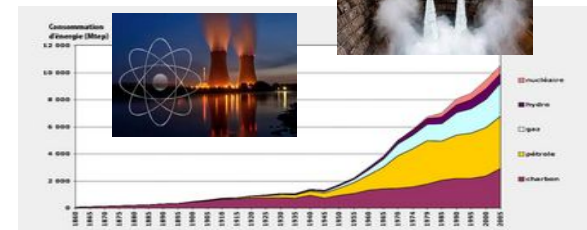
La Chine a produit 1.8 milliards de smartphones en 2018 (Statista)



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



Des ressources



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

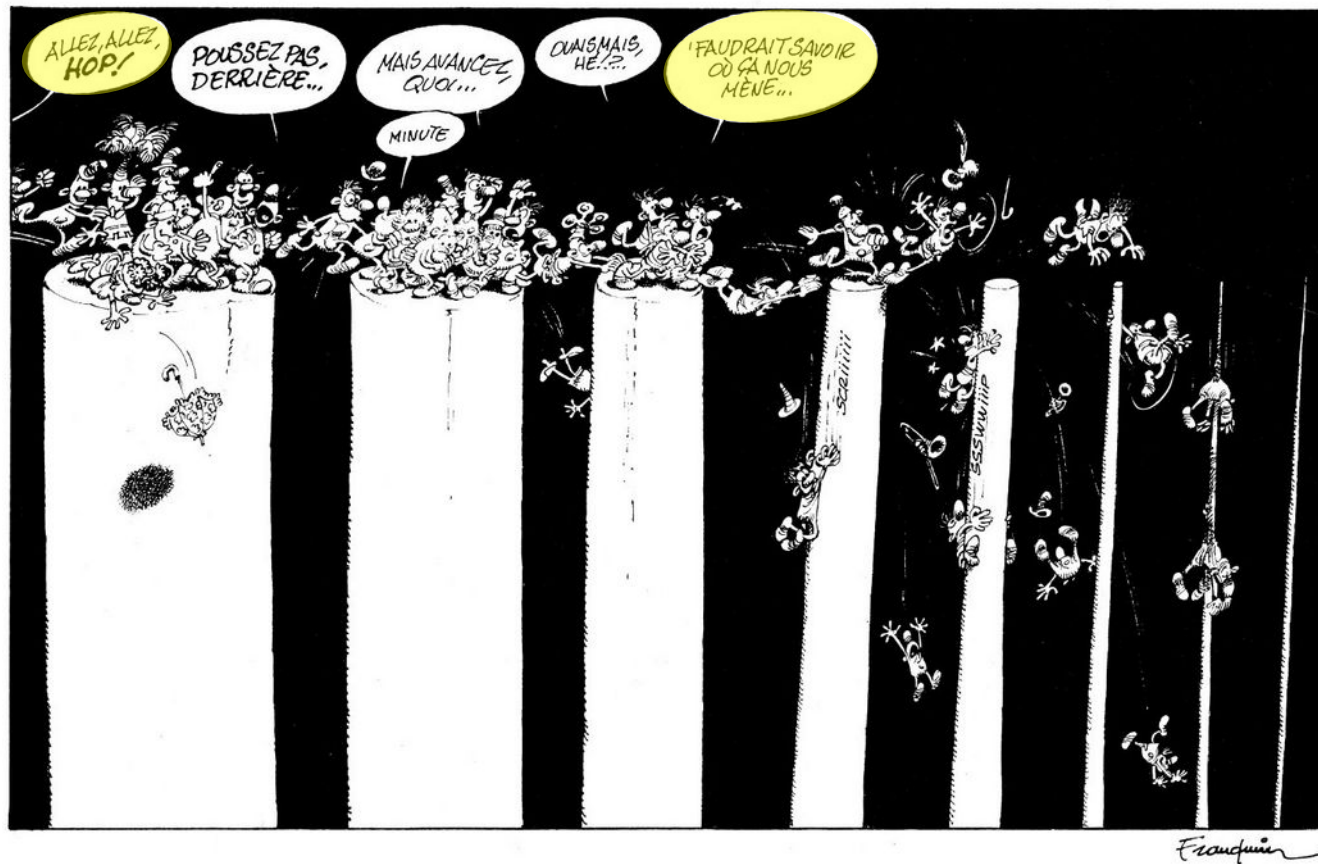
INRAE- Visio - 21 Nov 2022

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

Mais où, et comment agir ?



# Pour éviter ça....





Mais où, et comment agir ?  
Pas de réponse simple,

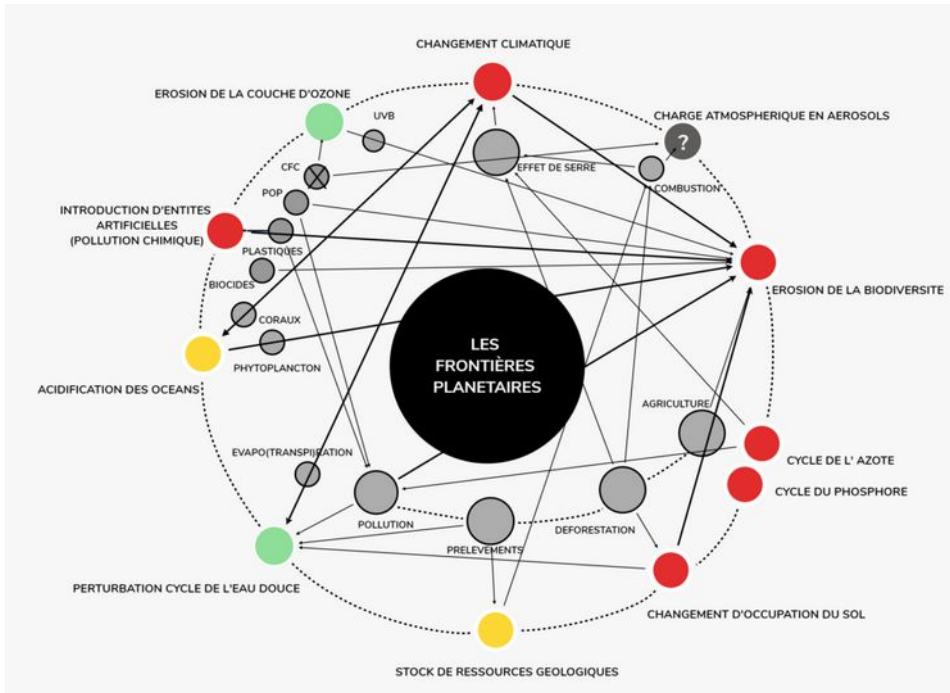
Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple,

Accepter que nous sommes en face  
d'éléments qui interagissent entre  
eux et qu'il faut développer un regard  
global pour mieux appréhender la  
situation

# Complexe ?

Ne pas simplifier sans travailler sur la **complexité** des situations, ne pas raisonner en silo isolés : **pensée complexe** ?



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pens%C3%A9e\\_complexe](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pens%C3%A9e_complexe)

# Agir

Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité



• Réfléchir

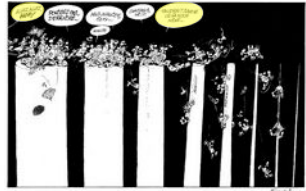


• Ralentir



Mais où, et comment agir ?

## Pas de réponse simple, accepter la complexité



- Réfléchir
- Ralentir



Mais ... attention...

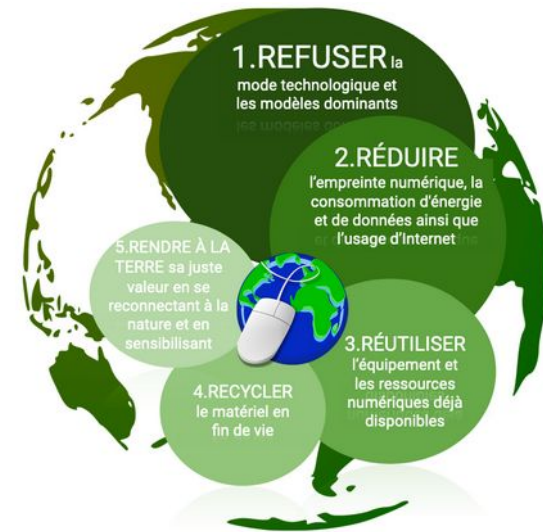
Réfléchir  
c'est commencer à  
Désobéir



Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité

Ralentir pour mieux réfléchir



# Agir

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 et en **utilisant le moins de ressources possibles**,

# Agir

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, un véritable défi pour l'ingénierie

# Agir

Mais où, et comment agir ?

Pas de réponse simple, accepter la complexité

Ralentir pour bien Réfléchir

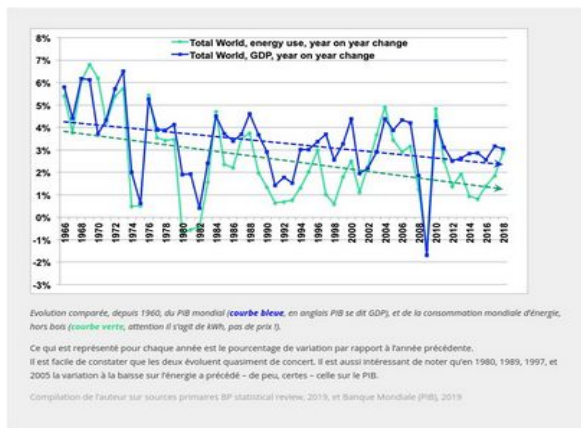
Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler & Rendre à la terre

Sobriété, Low Tech

**Décroissance ?** Le découplage de la croissance économique est de la consommation des énergies fossiles est un leurre

⇒ **changer nos indicateurs** :

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



Mais où, et comment agir ?

- Accepter et intégrer la **complexité : pensée complexe ?**
- **Ralentir** pour bien **Réfléchir** avant d'agir face à l'urgence environnementale....
- Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler & Rendre à la terre, les **5R**
- **Sobriété, Low Tech**
- **Décroissance**, résilience et robustesse : donner du sens & changer nos indicateurs



# Agir pour une 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 ?



### ET LA PART RESTANTE ?



Source : étude Carbone 4 (juin 2019) - [www.carbone4.com](http://www.carbone4.com)

CC BY-NC-SA

# Agir ; le soutien légal

- **Loi REEN (15 Novembre 2021):**
  - **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 : quelques piste complémentaires

- **Réfléchir et Ralentir**

- Déployer ou Intégrer des Groupes de **travail transversaux** et penser au-delà du numérique
- **Donner du temps** et valoriser l'implication des personnes sur ces thématiques
- **SE FORMER**
- **Interroger le sens de nos activités** (ateliers SEnS de l'INRIA par exemple) et intégrer cette dimension dans les projets

- **Penser éco conception, science & données ouvertes, FAIR**

- Pour les logiciels et les données

- **Rejoindre EcoInfo :-)**



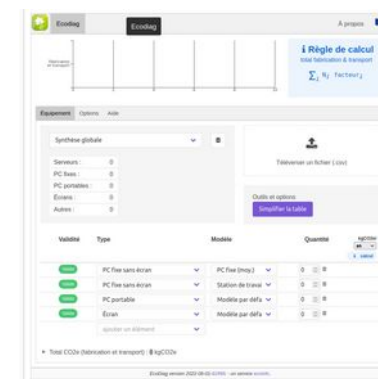
### Les achats : MATINFO

- Agir en continu au cœur de l'appel d'offre pour améliorer les éléments écoresponsables.
- Des exemples de résultats :
  - un questionnaire spécifique « Développement Durable » qui a compté pour 15 % de la note finale,
  - une augmentation des garanties de base à chaque marché,
  - des extensions de garanties possibles jusqu'à 7 ou 8 ans,
  - une filière sécurisée pour le traitement et la gestion de nos DEEE,
  - des normes techniques et des écolabels imposés, etc.



## AUDITS

- Service d'audit des Data Centres au sein de l'ESR mais aussi pour l'ensemble des acteurs de la sphère publique qui le sollicitent :
  - Quelques exemples : Ministère de la Transition écologique, CNES, Airbus, Sorbonne (en cours), LAAS (2018), INSA Toulouse (2017).
- **Un outil : Ecodiag**
  - **EcoDiag** : l'outil de calcul de bilan GES sur les outils numériques interfacé à **GES1point5** du GDR **Labos1point5**.





## Actions Nationales de Formation (ANF)

- Former les acteurs du CNRS aux enjeux et pratiques écoresponsables dans le numérique,
- Les thématiques abordées vont de l'analyse de cycle de vie (ACV) et les impacts (au sens large) du numérique aux effets rebonds en passant par les normes et standards du Green IT, la durabilité matérielle, l'écoconception logicielle, la gestion des données, le bilan carbone d'un parc informatique

## MOOC

- Le GDS a participé à la mise en place d'un MOOC (porté par l'Association Class'Code et INRIA) sur les impacts environnementaux du numérique. Plus de 10 000 inscrits dont 50 % ont obtenu le certificat final.

### Formation 2021 : Impact environnemental du numérique : comprendre et agir

23/06/2020 GDS ECOINFO

Le GDS EcoInfo a proposé une nouvelle Action Nationale de Formation CNRS : Impact Environnemental du Numérique : Comprendre et Agir du 21 au 25 Juin 2021 à Villard de Lans. Contexte et objectifs Public visé Programme préliminaire Ateliers et modalités...

[Lire la suite...](#)



## Référentiel de connaissance

- **Ce référentiel de connaissances** pour un numérique éco responsable contient les bases à intégrer dans un cursus pour comprendre, mesurer et agir par rapport aux impacts environnementaux du numérique.
- Publication sur HAL et présentation en conférence ACM SIGCSE 2022

Ce document s'inscrit dans la lignée de la  
**loi REEN** (Novembre 2021)  
sur l'axe de la **prise de conscience de**  
**l'impact environnemental du numérique**  
« dès le plus jeune âge à l'école ainsi qu'à l'entrée  
à l'université à partir de la rentrée 2022 » et de la formation  
à travers « un module sur l'écoconception des services numériques  
pour les formations d'ingénieur en informatique ».



### 3.4 Évolution des impacts du numérique

*Au-delà de l'impact du numérique à un moment donné, il est nécessaire de comprendre la dynamique d'évolution du secteur dans un contexte où une diminution drastique des impacts écologiques est préconisée par le GIEC.*

Notions :

- Développement de l'infrastructure numérique : nombre d'équipements, volumes des données...
- Part croissante des émissions de GES mondiale
- Améliorations techniques : efficacité, intensité, loi de Moore et loi de Koomey, PUE, autonomie des batteries, principe de Landauer etc.
- Prédications vs. projections. Les projections effectuées à partir des modèles ne doivent pas être considérées comme des prédictions. Ils ne capturent, loin s'en faut, pas toute la complexité des évolutions socio-techniques.
- Scénarios prospectifs pour le numérique : connaître et critiquer les scénarios prospectifs incluant un volet numérique : SMART 2020 et 2030 du GeSI, BIO Intelligence Service 2008, Shift, Fing, Ademe, etc.

- [1] Cisco. Cisco visual networking index : Forecast and trends, 2017-2022 white paper. Technical report, Cisco, February 2019. Document ID :1551296909190103. URL : <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html>.
- [2] Jens Malmudin and Dag Lundén. The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010-2015. 10(9) :3027. URL : <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3027>, doi:10.3390/sui10093027.
- [3] Shift Project. Lean ICT – pour une sobriété numérique. Technical report, The Shift Project, 2018. URL : <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>.

## How to Integrate Environmental Challenges in Computing Curricula?

**Authors:** Anne-Laure Ligozat, Kevin Marquet, Aurélie Bugeau, Julien Lefevre, Pierre Boulet, Sylvain Bouveret, Philippe Marquet, Olivier Ridoux, Olivier Michel [Authors Info & Claims](#)

SIGCSE 2022: Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 • February 2022  
• Pages 899–905 • <https://doi.org/10.1145/3478431.3499280>



## Des guides de bonne pratique

- Avec **DevLog**, la *plaquette d'écoconception logicielle*,
- Avec la **DINUM**, le *guide des bonnes pratiques du numérique responsable pour les organisations*.
- En cours, avec le **GT « Atelier Données »**, la deuxième version du *guide des bonnes pratiques sur la gestion des données de la recherche*.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>



<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03152732/document>

- a. Stratégie et gouvernance
- b. Sensibilisation et formation
- c. Mesure et évaluation
- d. Réduction des achats
- e. Achat durable
- f. Phase d'usage, administration et paramétrages
- g. Services numériques
- h. Salle serveur et centre de données
- i. Fin d'usage



GUIDE  
**Bonnes pratiques  
numérique responsable**  
pour les organisations



<https://gt-atelier-donnees.miti.cnrs.fr/index.html>

<https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/bonnes-pratiques/>

INRAE- Visio - 21 Nov 2022

# Communiquer

## Un site WEB

- ~ 8000 visites mensuelles pour 2021 avec de nombreux articles sur toutes nos thématiques

- [Accessibilité](#)
- [Agir](#)
- [Analyse de cycle de vie \(ACV\)](#)
- [Aspects sociaux](#)
- [Autres](#)
- [Bonnes pratiques](#)
- [Datacentres](#)
- [Déchets électriques et électroniques \(DE\)](#)
- [Données](#)
- [Ecoconception](#)
- [Effets rebond](#)
- [Energie](#)
- [English](#)
- [Enseignement](#)
- [Formations](#)
- [Intelligence Artificielle \(IA\)](#)
- [Le GDS EcoInfo](#)
- [Mesures et indicateurs](#)
- [Newsletter](#)
- [Normes, textes réglementaires](#)
- [Obsolescence](#)
- [Ondes électromagnétiques](#)
- [Publications et conférences](#)
- [Réseaux de communication](#)
- [Ressources naturelles](#)
- [Terminaux](#)



## Agir sur les données de la recherche

01  
MAR  
2021

« Les données de la recherche sont la matière première de la connaissance. Les partager, c'est ouvrir de nouvelles perspectives scientifiques », Frédérique Vidal, Ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (juillet 2018)

Didier  
Mallatino

Agir,  
Bonnes  
pratiques

### Les données

L'axe des données est une approche complémentaire et moins souvent explorée que celle, plus évidente, du matériel ou du développement logiciel. Cependant, le matériel et le logiciel ne sont là fondamentalement que pour servir à la manipulation des données. Les données d'observation, les données produites (données médicales, simulations scientifiques, numérisations, œuvres cinématographiques ou musicales, livres, photos) sont les principales sources que l'on peut citer. En informatique, la **donnée** est la représentation d'une information et sans données, il est impossible d'analyser notre environnement. Nous sommes des machines à traiter de l'information et donc des données, et nos machines et les logiciels qui les accompagnent ont été développés dans ce but.

### Importance de la donnée



## Des outils nombreux

- **Newsletter** (~ 900 abonnés)
- **Liste de discussion** interne à l'ESR (~ 220 abonnés)
- **Conférences** régulières sur des thématiques précises (Sobriété Numérique, Achats, l'Obsolescence programmée, les déchets, ...)
- **Interviews** dans les médias (Radio, Télévision, Journaux)
- **Interventions** dans les événements de l'ESR et des réseaux (JRES, JDEV, Journée Mathrice ou Quares, etc..) et dans les organismes publics (SHOM, CEA, URSAFF ...) ou les associations.

### Lettre d'information EcolInfo février 2022

11  
FEB  
2022

GDS  
EcolInfo

Newsletter

#### Nouvelles du GDS EcolInfo

#### Projets dans EcolInfo

#### Stages

- Eva Morgand, encadrée par Emmanuelle Frenoux et Marcel a porté sur les **approches lowtech**. Son rapport, intitulé « Le low-tech et les réseaux : une renc 7 », est téléchargeable à l'adresse suivante : [https://marceaucoupechoux.wp.imt.fr/files/2021/08/Low\\_tech\\_Rapport\\_final.pdf](https://marceaucoupechoux.wp.imt.fr/files/2021/08/Low_tech_Rapport_final.pdf)
- Marion Ficher, encadrée par Françoise Berthoud et Marc Ch d'EcolInfo, a travaillé sur l'**empreinte carbone d'une visi** sur l'outil Renater Rendez-vous. **Le rapport est sur HAL.**

### Les confs EcolInfo

Depuis 2015, EcolInfo propose des conférences ouvertes au grand public. Ces conférences sont en général filmées (il y a quelques exceptions), vous pouvez donc retrouver les vidéos en ligne après l'événement.

Sommaire

Conf EcolInfo : « **Vous avez dit Sobriété (numérique) ?** », 26 novembre 2019, Grenoble

Il est maintenant clair que notre modèle de consommation ne survivra pas aux changements à venir pour réduire nos émissions de Gaz à Effet de Serre et autres impacts environnementaux ! Il s'agit peut être de penser sobriété, mais quelle sobriété ? Nous vous invitons à exposer vos idées, écouter des experts, partager vos questionnements autour de designer, philosophie, sociologie, ingénierie, personnes engagées, neurobiologiste...

Conf EcolInfo : « **L'obsolescence dans tous les sens** », 26 novembre 2018, Grenoble

A l'heure où la sobriété s'invite dans les débats médiatiques, voire politiques nous vous proposons de passer quelques heures sur le thème de l'obsolescence dans le monde du numérique : sociologie, philosophie, ingénierie, association, avocat, consultants, viendront poser leur regard sur ce qui fut, à une époque pas si reculée, un moteur pour la croissance économique mis en avant et promu par les industriels.



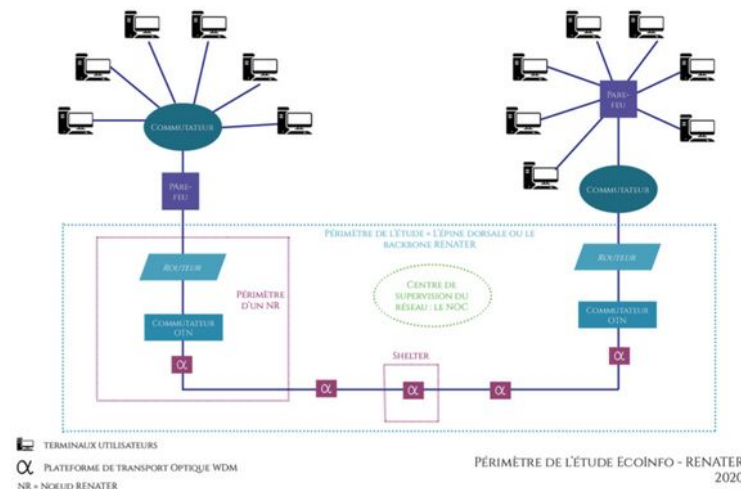


# Construire des connaissances



## Suivant plusieurs axes :

- **Études bibliographiques** thématiques,
- **Campagnes** expérimentales (exemples : stage Renater, comparaison de langages)
- **Expertise** (feuille de route CNNum, negaocet et SoNum avec l'ADEME, Shift Project)
- **Formation interne** (ACV, visite usine DEEE ...)



**Quelle est l'empreinte carbone de la transmission d'1 Go sur le réseau RENATER ?**

*Unité fonctionnelle : Transmettre 1 Go de données entre Orsay et Montpellier par une liaison en fibre optique*

# Agir : élargir

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





## Attention aux dangers face à des délais qui se resserrent

**GLEC 2025**

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



# Les freins

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



# Les freins

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



Juste quelques pistes pour commencer à réfléchir :



# Des freins biologiques

- 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 qui ne prend pas assez en compte le poids de l'influence sociétale et l'échelle politiques de la crise environnementale actuelle.*
- Les **Biais cognitifs** : distorsion dans le traitement cognitif d'une information, déviation systématique de la pensée logique et rationnelle par rapport à la réalité.



INRAE - VISIO - 21 Nov 2022

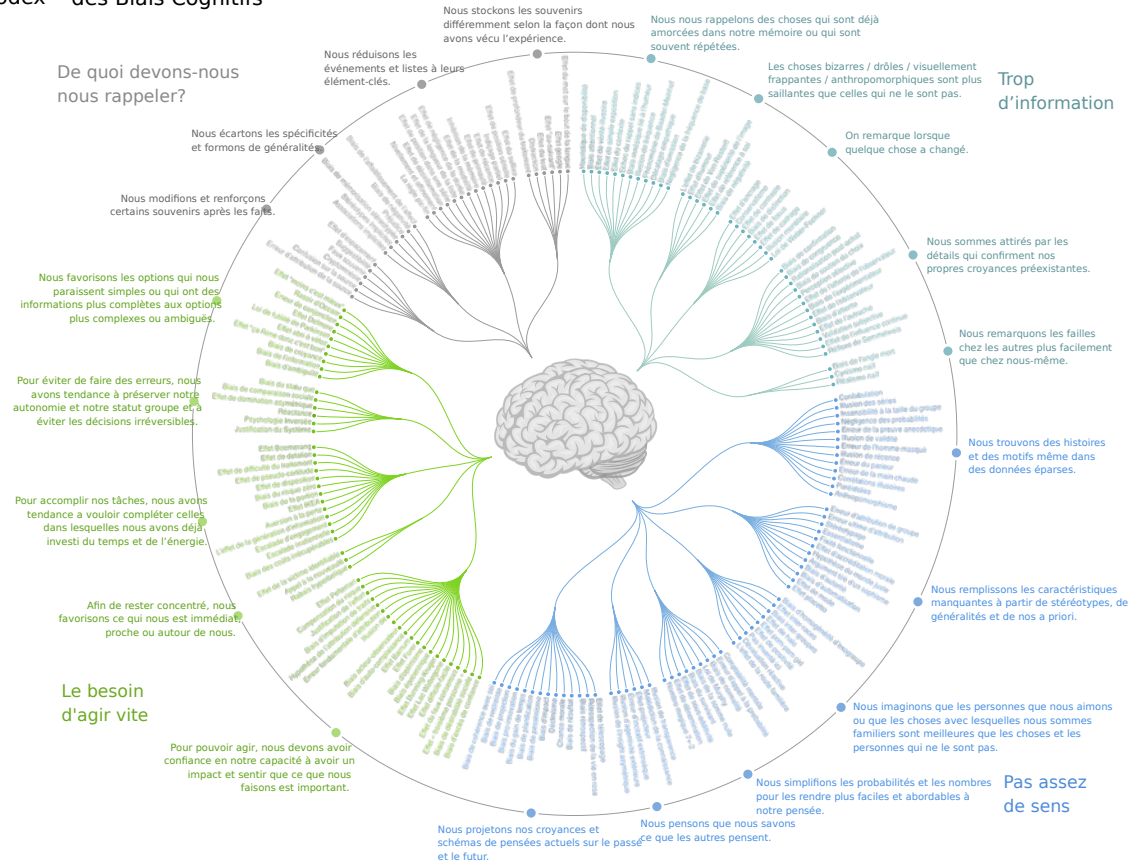
# Application au numérique

- La transcription dans le monde du numérique des **Biais cognitifs** :
  - Utilisation des mécanisme d'action/récompense (partage-vue/likes)
  - Dark pattern : un type de design d'interface dont le but est d'orienter notre choix ; à mi chemin entre l'optimisation et la manipulation.
- Tristan Harris, ancien Philosophe produit chez Google et créateur du mouvement « Time Well Spent » a déclaré :  
**« La technologie détourne la façon dont nous percevons nos choix et les remplace par de nouveaux choix. Mais plus nous prêtons attention aux options qui nous sont données, plus nous remarquerons qu'elles ne correspondent pas à nos besoins réels. »**



# Les biais cognitifs

## Codex des Biais Cognitifs



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

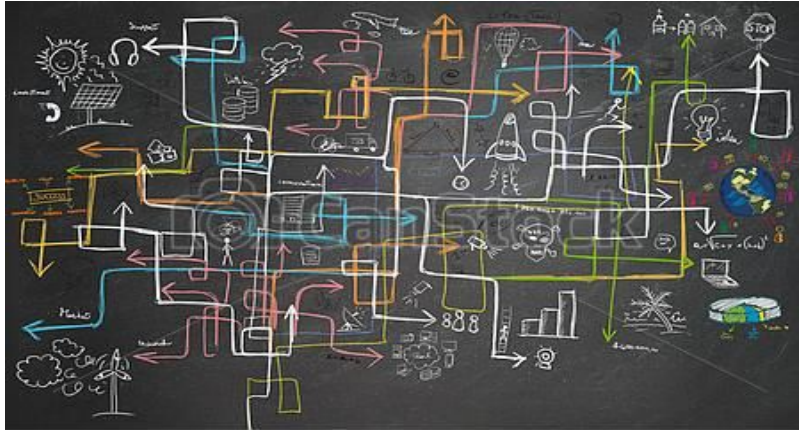
DESIGNHACKS.CO • CATEGORIZATION BY BUSTER BENSON • ALGORITHMIC DESIGN BY JOHN MANOOGIAN III (JM3) • DATA BY WIKIPEDIA

© creative commons ① ② attribution - share-alike

INRAE- Visio - 21 Nov 2022

# La complexité : biais ou fainientise ?

“c’est trop compliqué”



© Can Stock Photo - csp24978474

**Paul Valéry** : « ce qui est simple est toujours faux, ce qui ne l’est pas est inutilisable. »



- La complexité représente pourtant “**une fausse bonne excuse**”.
- La complexité donne la possibilité d’**accéder à un horizon plus large d’alternatives**, ce qui nous permettrait non pas de nous abstenir, mais nous pousserait au contraire à œuvrer de façon **avisée**.
- **Comprendre les problèmes** demande de développer une **pensée complexe** et de **refuser le réductionnisme** → passage d’une pensée unidimensionnelle à une pensée multi dimensionnelle.
- **Refuser de penser avec son seul point de vue** (point de vue partial vs autres points de vue).

# Des freins sociaux

- **L'économie de l'attention** : retenir le maximum du « temps de cerveau disponible » et monnayer les profils psychologiques des utilisateurs
- **Tout, tout de suite ou l'idéologie de l'immédiateté** : le numérique aggrave nos travers
- **Soumission à l'autorité** (expérience de Stanley Milgram)
- Utilisation de la méthode scientifique pour **détourner l'attention** (Total et le changement climatique, fabricants de tabacs, etc.)



Ralentir ?



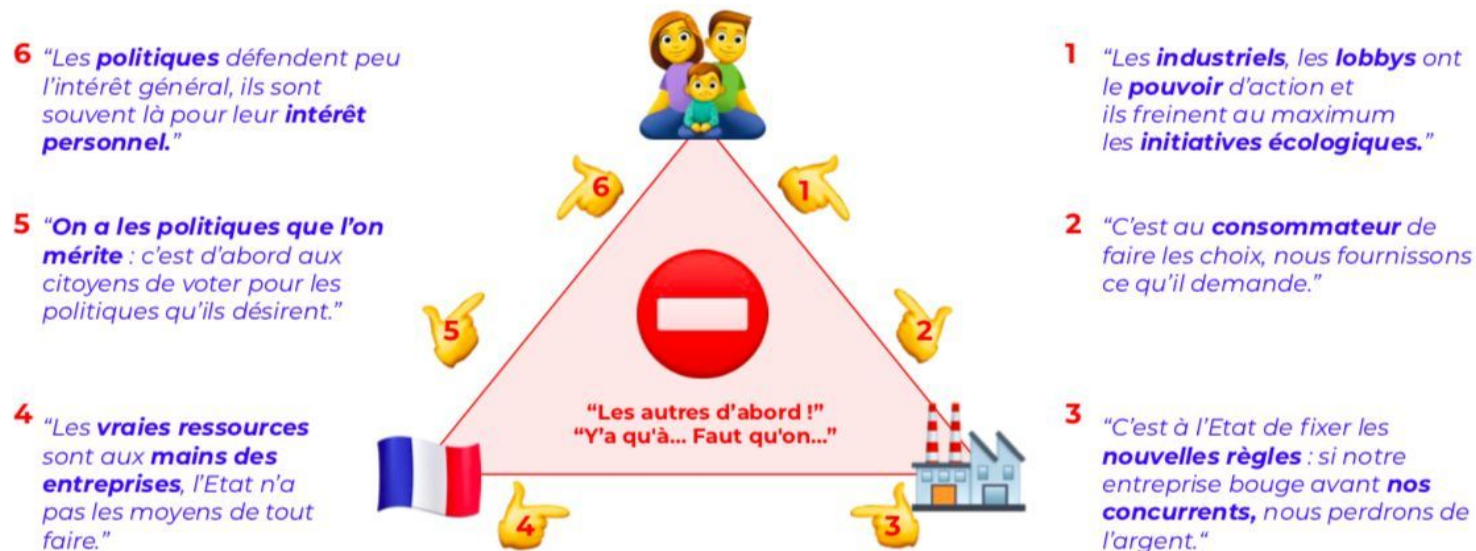
- <https://mbamci.com/economie-de-l-attention-et-design-dattention-1-2-avons-nous-perdu-notre-liberte-de-nous-concentrer/> & <https://www.reseau-canope.fr/la-course-a-lattention/regards-croises/economies-et-captation-de-lattention.html> & Reportage « La Fabrique de l'ignorance »



# Le triangle de l'inaction

## CLIMAT : DÉPASSER LE TRIANGLE DE L'INACTION

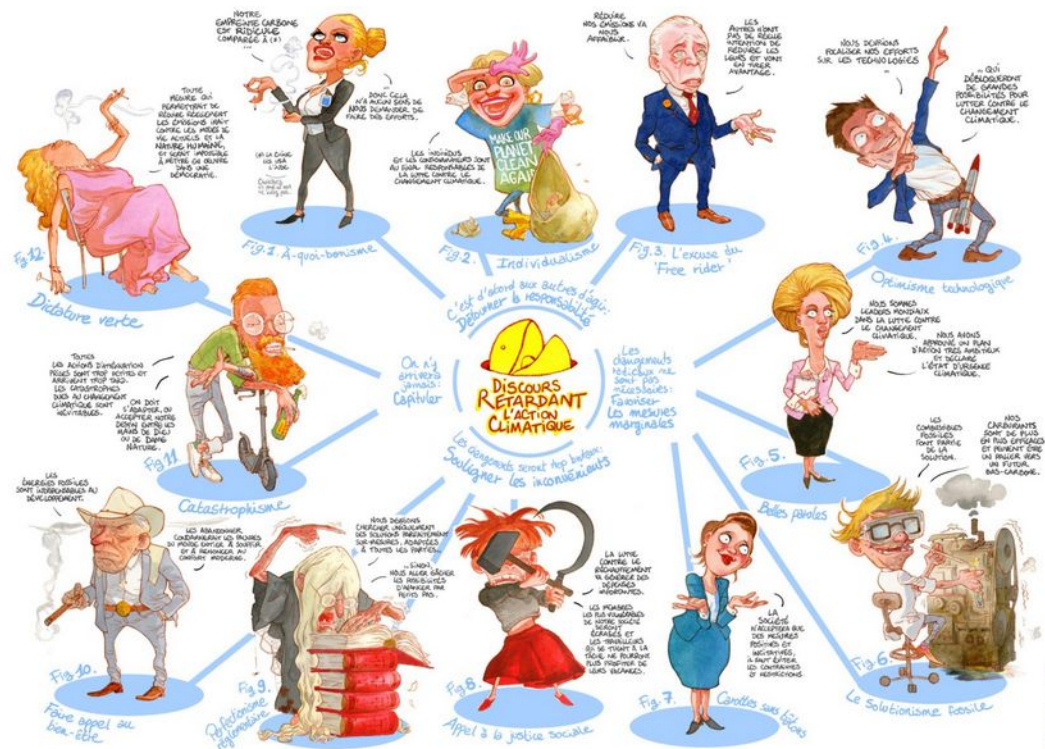
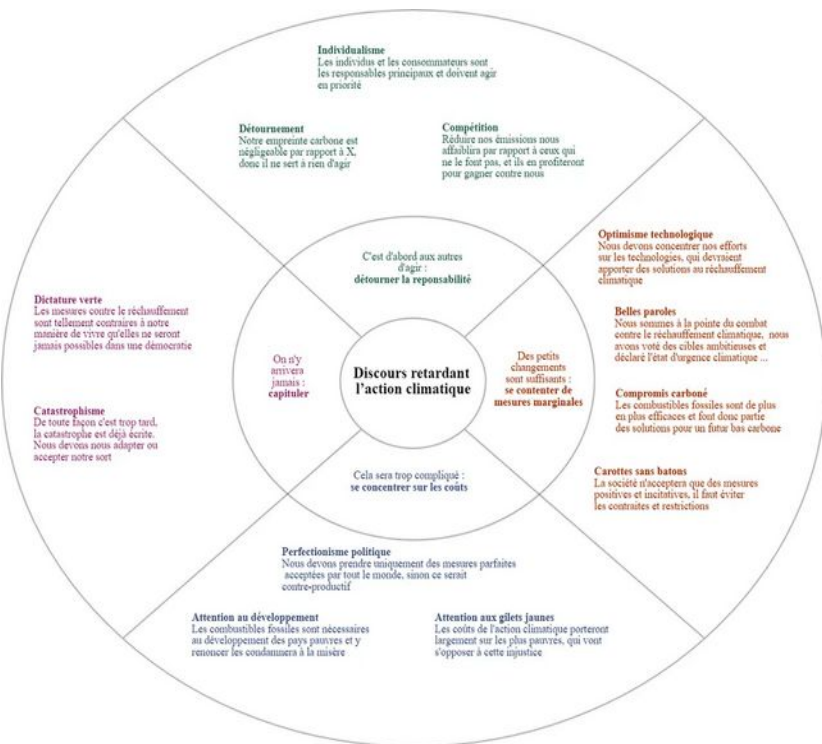
ATTRIBUER LA RESPONSABILITÉ AUX AUTRES ET LES ATTENDRE POUR AGIR NE PERMET PAS L'ACTION





# Les 12 excuses de l'inaction

[https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/7B11B722E3E3454BB6212378E32985A7/S205947982000137a.pdf/discourses\\_of\\_climate\\_delay.pdf](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/7B11B722E3E3454BB6212378E32985A7/S205947982000137a.pdf/discourses_of_climate_delay.pdf)



INRAE- Visio - 21 Nov 2022

<https://bonpote.com/climat-les-12-excuses-de-linaction-et-comment-y-repondre/#comments>

# Les 12 excuses de l'inaction

- « **C'est trop tard** »
  - ✓ *Oui, pour éviter les dégâts, non, pour vivre encore dans un monde soutenable*
  - ✓ *Plus nous attendons, plus les dégâts seront graves*
- « **Le changement est impossible** »
  - ✓ *Un beau contre exemple : la crise sanitaire*
- « **Le changement doit surtout être fait par les individus** »
  - ✓ *Les problèmes sont **systémiques** → **changements structurels et non individuels***
- « **C'est d'abord aux autres d'agir** »
  - ✓ *Les Chinois par exemple ? Certes... mais les Chinois sont l'usine du monde*
  - ✓ *Et **l'exemplarité** reste un bon modèle à mettre en place -)*
- « **Si nous le faisons, d'autres vont profiter de nous** »
  - ✓ *alors même que atténuation et adaptation vont pourtant nous permettre une plus grande résilience si on anticipe la situation qui nous attend plutôt que de la subir.*
- « **L'optimisme technologique** »
  - ✓ *Un pari risqué.....*

# Les 12 excuses de l'inaction

- **« Des paroles.. peu d'actes »**
  - ✓ *Des discours enflammés de mesures historiques bien peu suivi d'effets*
- **« L'efficacité énergétique »**
  - ✓ *Oui, mais l'effet rebond (Paradoxe de Jevons) veille ... :-)*
- **« Il faut compter sur le volontariat sans restreindre ni interdire »**
  - ✓ *no comment....*
- **« le perfectionnisme réglementaire »**
  - ✓ *Il y aura TOUJOURS des déçus, ce qui n'est pas une excuse pour ne pas agir par clientélisme électoral.*
- **« Abandonner les énergies fossiles, c'est abandonner les pauvres »**
  - ✓ *Le PIB et la croissance comme seul indicateur d'une société saine est la pire maladie que nous supportons aujourd'hui.*
- **« le coût des mesures pour le climat va réduire la justice sociale »**
  - ✓ *alors même que l'injustice sociale va en croissant tandis que le regard rivé sur les indicateurs économiques (PIB et croissance), le système actuel a creusé les inégalités sociales à un niveau inégalé dans l'histoire → La **décroissance** à ainsi pour objectif d'augmenter l'autonomie (tempérance, autogestion et démocratie directe) , la suffisance(justice distributive) et la care (non exploitation, non violence, solidarité humains et animaux) au nom de la soutenabilité, de la justice sociale et du bien être.*

# Conclusion : élargir sa pensée

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



Tendre vers : **robustesse et résilience, simplicité, polyvalence**, être en phase avec les limites environnementales, déconnexion du système dominant, imaginer des solutions sans numérique

**Réfléchir** pour arrêter de raisonner en « silos », **pensée Complexe**



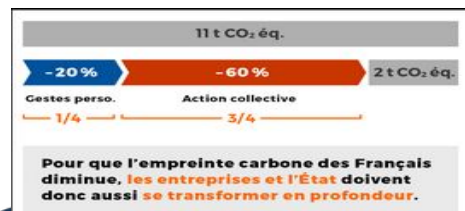
**Ralentir** : « La vie n'est pas une course »



**Sobriété & low tech**



Faire Sa Part



Pour atteindre les 25 %

<https://science.sciencemag.org/content/360/639/3/1116.full>  
<https://usbeketrica.com/fr/article/une-minorite-de-25-suffirait-pour-faire-basculer-l-opinion>

INRAE- Visio - 21 Nov 2022

Pensée complexe : <https://www.youtube.com/watch?v=r2l-gGj72kE>

# Merci :-)

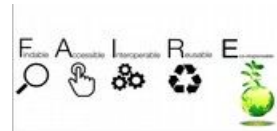


« Le peu qu'on peut faire, le très peu qu'on peut faire, il faut le faire. »

Théodore Monod



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



# Sites WEB

## Quelques sites web

- [Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet](https://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855) (<https://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855>)
- [Jean Marc Jancovici](https://jancovici.com/) (<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) (<https://ecoinfo.cnrs.fr>)
- [ADEME](https://www.ademe.fr/) (<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](https://bonpote.com/), un site de qualité sur les changements planétaires (en collaboration avec l'INSU) (<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)
- [Objectifs](https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/) Développement Durable de l'ONU (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>)



Nations  
Unies





# Lectures

