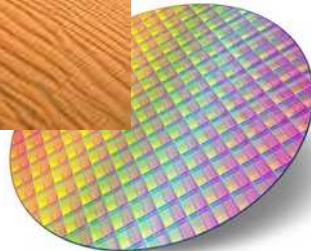


Le numérique, accélérateur de l'Anthropocène



Le Numérique,
une immatérialité
qui impacte ?



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 EcolInfo**

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 **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 sociaux 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

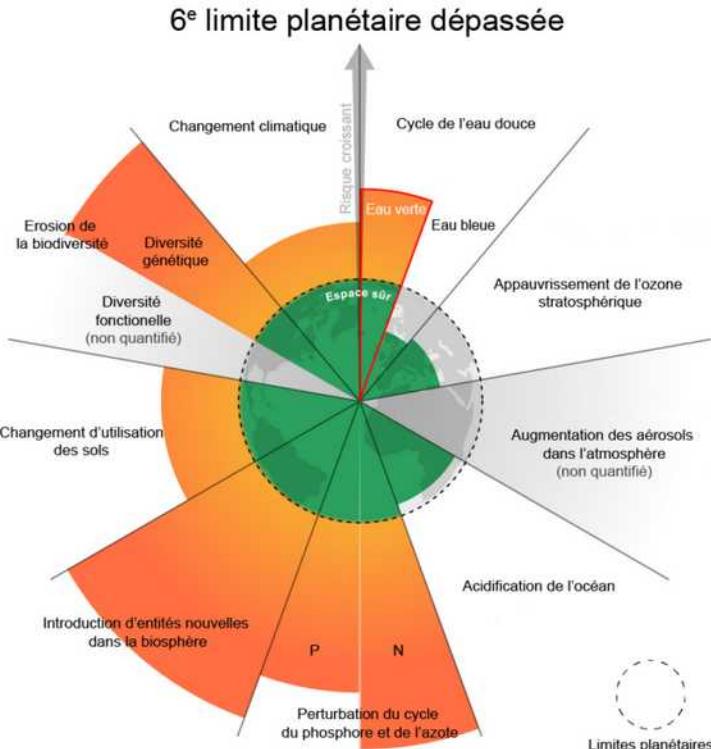


Frontières planétaires

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



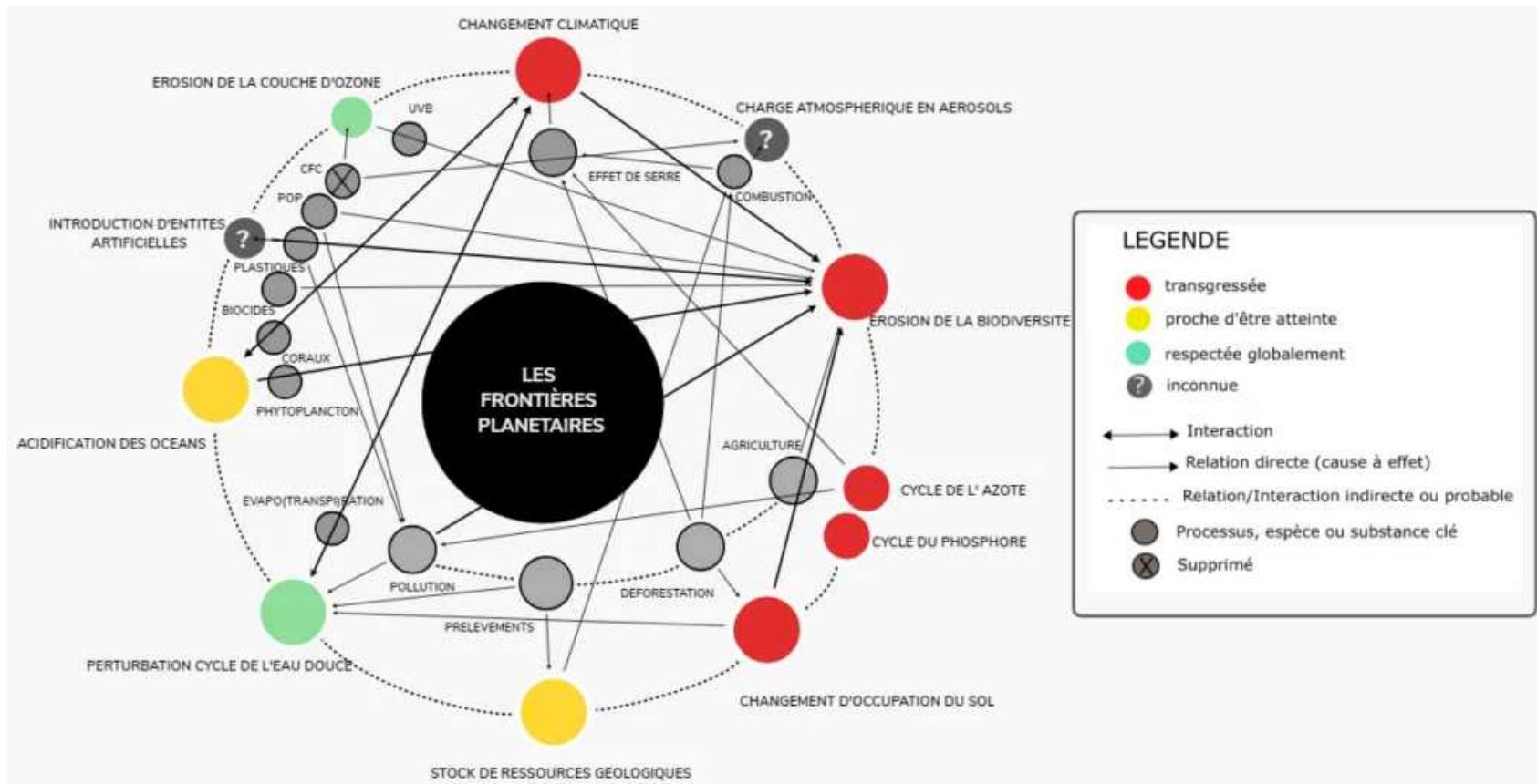
La limite planétaire concernant l'utilisation d'eau douce (eau verte) a été franchie. Elle rejoint les 5 autres déjà dépassées, dont la dernière avait été officiellement dépassée en janvier 2022.

Credit : Wang-Erlandsson 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)



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".

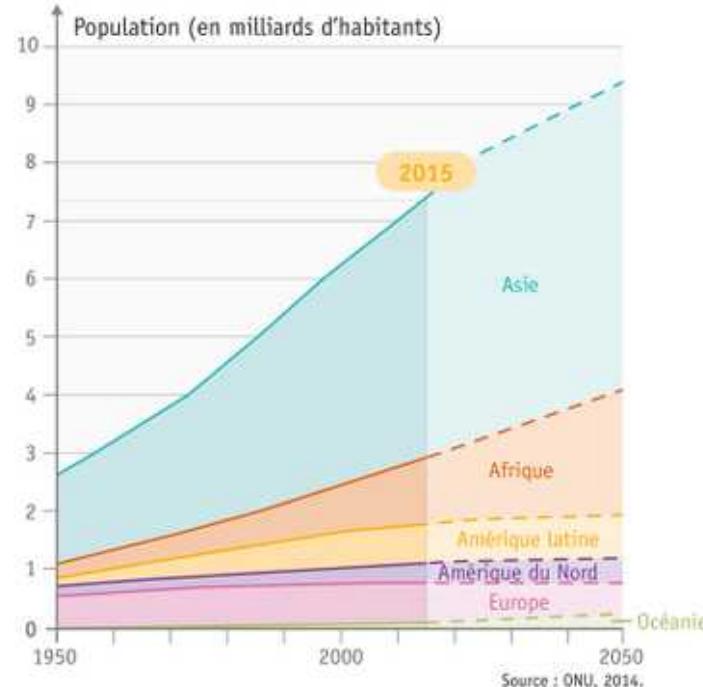
« C'est maintenant ou jamais, si nous souhaitons limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C », a affirmé Jim Skea, coprésident du GIEC qui a réalisé le rapport, lors d'une conférence de presse. « **Si nous ne réduisons pas nos émissions de manière immédiate et significative dans tous les secteurs,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

Le **GIEC** estime que nous devrons 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**

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 représentaient 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/>

Frontières planétaires



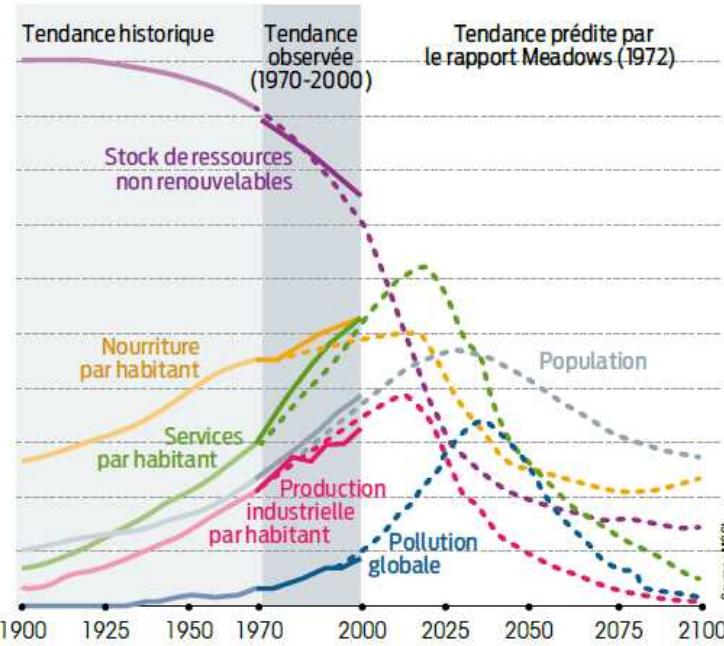
■ En 1972

- 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://blogs.mediapart.fr/jean-paul-baquast/blog/080412/1972-2012-le-club-de-rome-confirme-la-date-de-la-catastrophe>
&<https://www.ved.fr/fiche/ressource/le-rapport-meadows-1972> & <https://steep.inria.fr/faq-50-ans-du-rapport-meadows/>

Les résultats du rapport

"Celui qui croit à une croissance exponentielle infinie dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste"



Mais à l'époque déjà, 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/>

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

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



Agir ?

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



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



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 ?



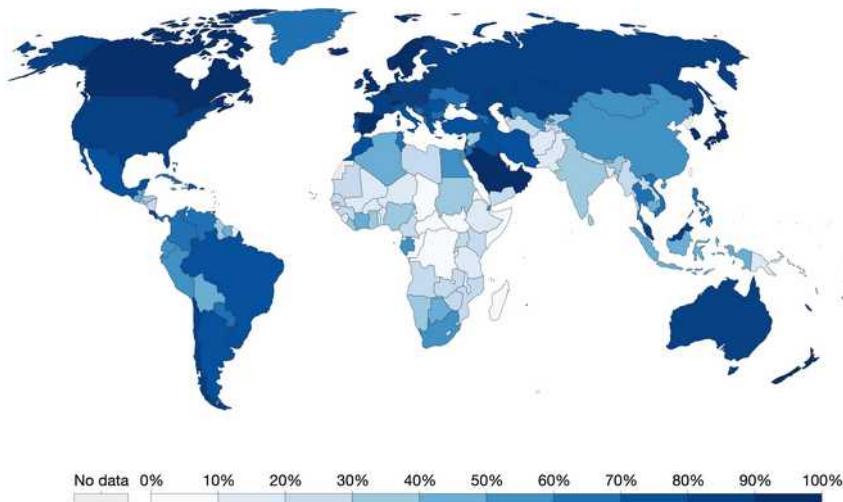
<http://www.pressenza.com/fr/2016/05/revenu-de-base-sauver-planete/>

■ Qui se sert du numérique... ?

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

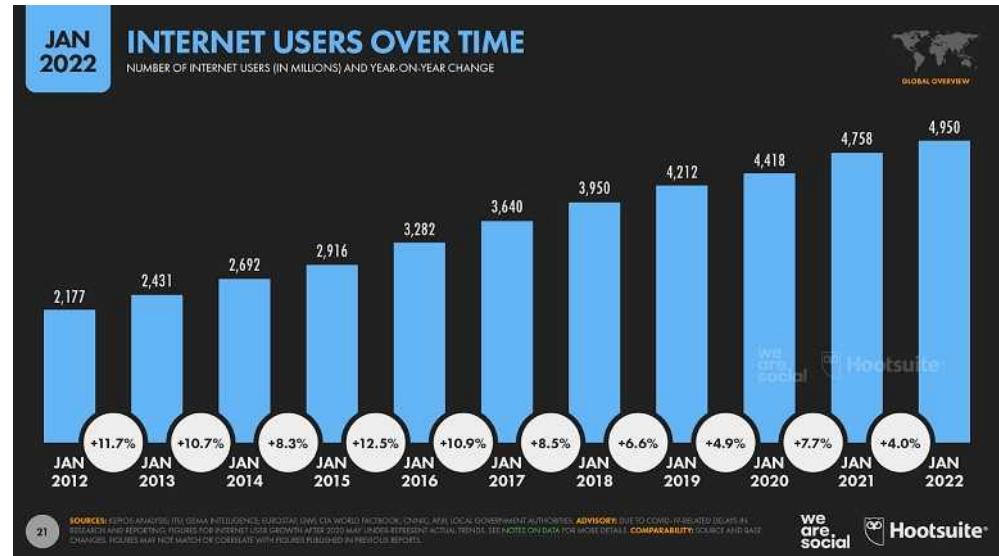
Share of the population using the internet, 2019

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.



Source: International Telecommunication Union (via World Bank)

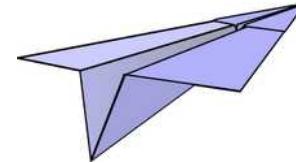
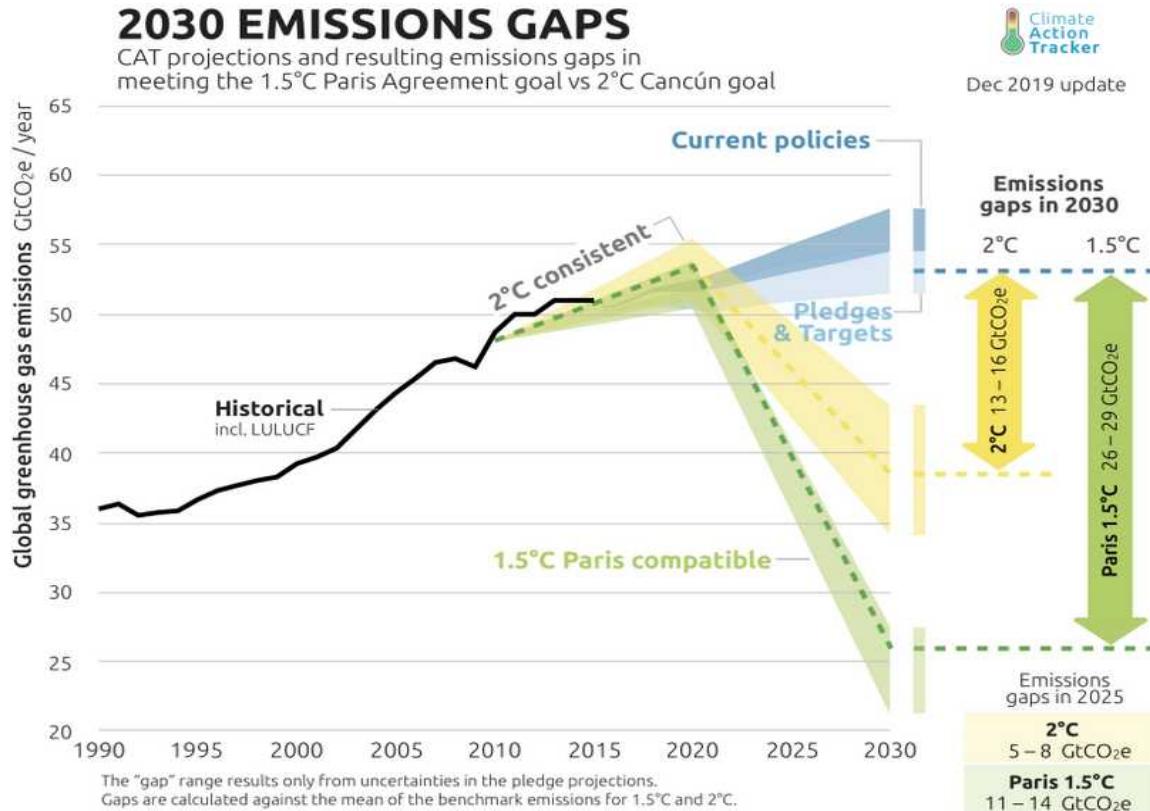
OurWorldInData.org/technology-adoption/ · CC BY



Numérique et CO₂

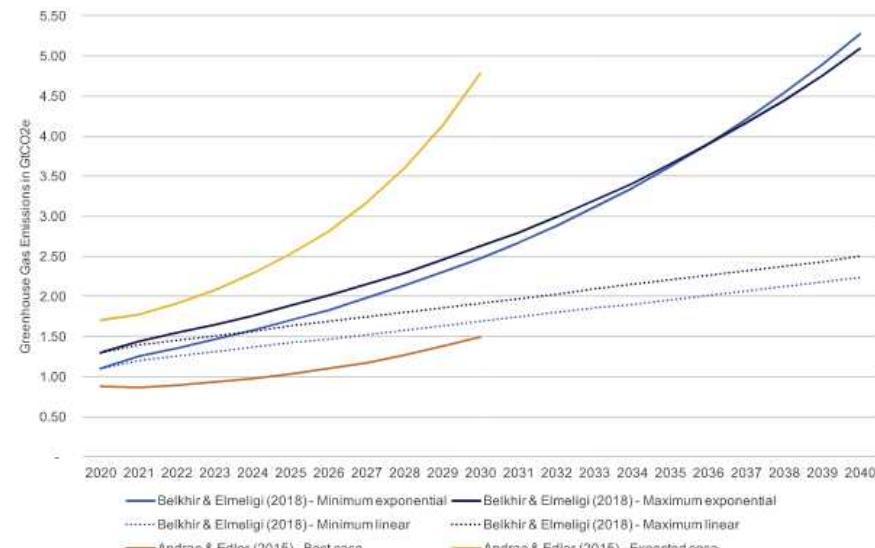
2030 EMISSIONS GAPS

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



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

Projection de croissance du numérique (impacts GES)



3 axes d'approche



Le Logiciel



Le Matériel

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

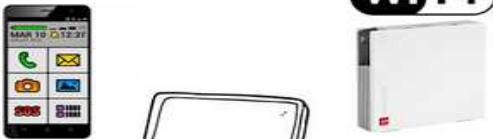


Les Données

Axe 1 : le matériel

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

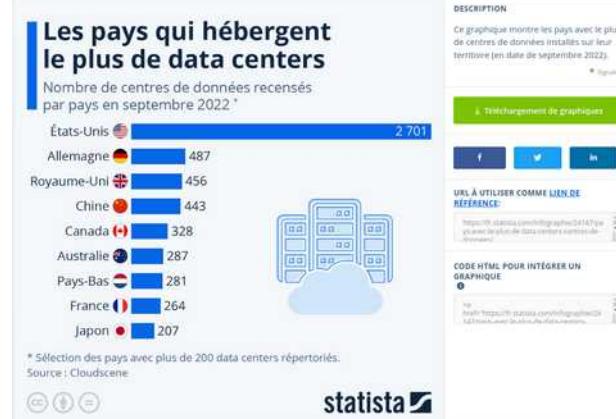
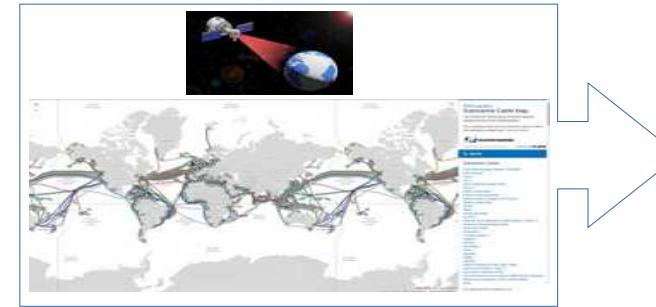
Vente de téléphones : 2 milliards / an (~ 60 chaque seconde)



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



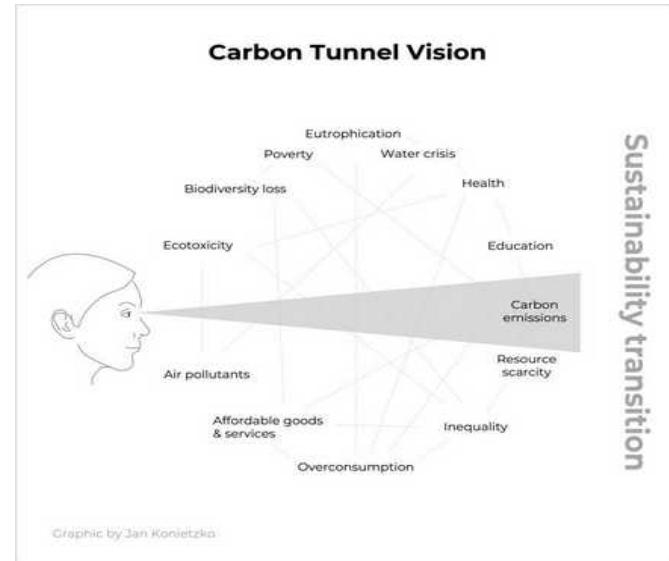
99 % du trafic intercontinental : câbles sous marins ; 250 câbles en 2013, 500 câbles en 2023 pour 1,3 million de kilomètres ; ~ 100.000 km de câbles / an posés



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

L'Analyse de Cycle de Vie

- 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.



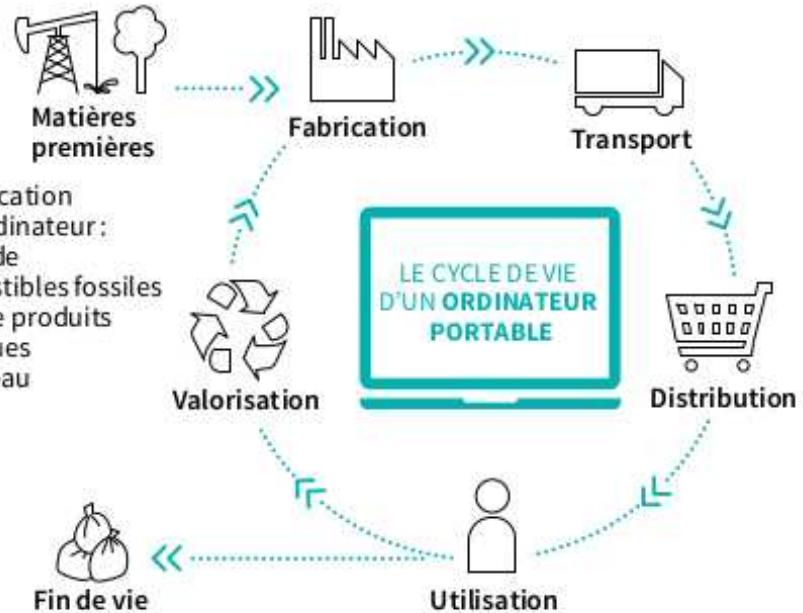
Sortir d'une vision « carbo-centrée »

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**

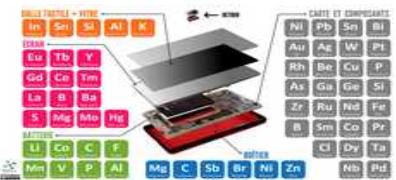
Une ACV de
Lenovo (2015)
indique 6 t
d'eau :

LE CYCLE DE VIE D'UN ORDINATEUR

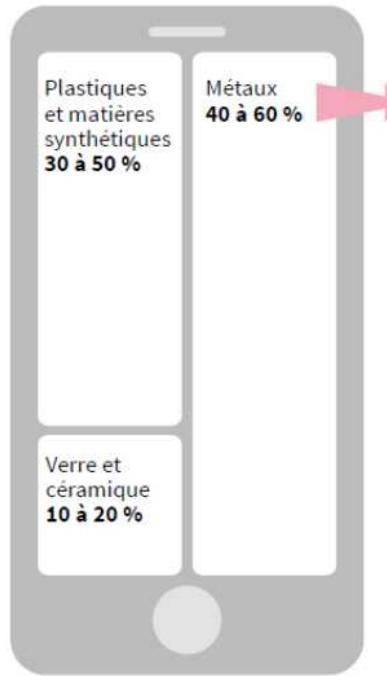


Étude de « Kuehr et Willians », 2003

L'Analyse de Cycle de Vie



RÉPARTITION DU POIDS DES MÉTÉRIAUX
DANS LA COMPOSITION D'UN SMARTPHONE



PROPORTION DES MÉTÉIAUX

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, tantalum...

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-démocratique-congo-mines-enfants/>

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



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

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



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/ipec/areas/Miningandquarrying/lang--fr/index.htm>



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

Pollutions
chimiques,
pollutions eaux,
énergie, impacts
sociaux



QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE



1. Conception le plus souvent aux Etats-Unis
2. Extraction et transformation des matières premières en Asie, au Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du Sud

3. Fabrication des principaux composants en Asie, aux Etats-Unis et en Europe
4. Assemblage en Asie du Sud-Est

Distribution vers le reste du monde, souvent en avion.

Pollutions
diverses (fouilles
lourdes), 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 ?

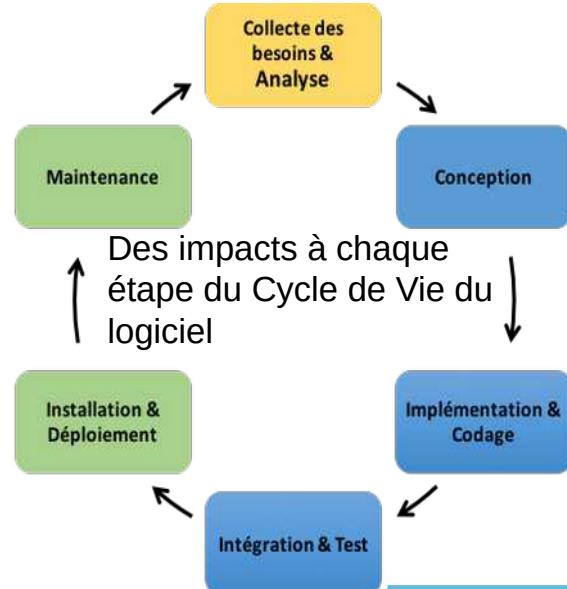
Quelques impacts directs

- Consommation énergétique,
- Performances,
- Course matérielle



Et indirects

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

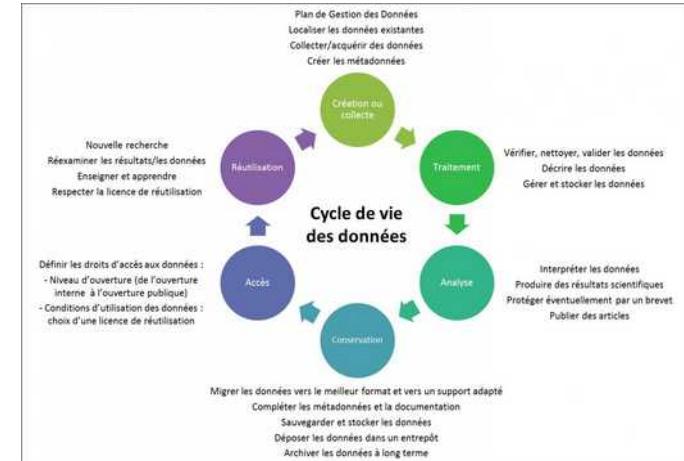


Axe 3 : les données



Focus données

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



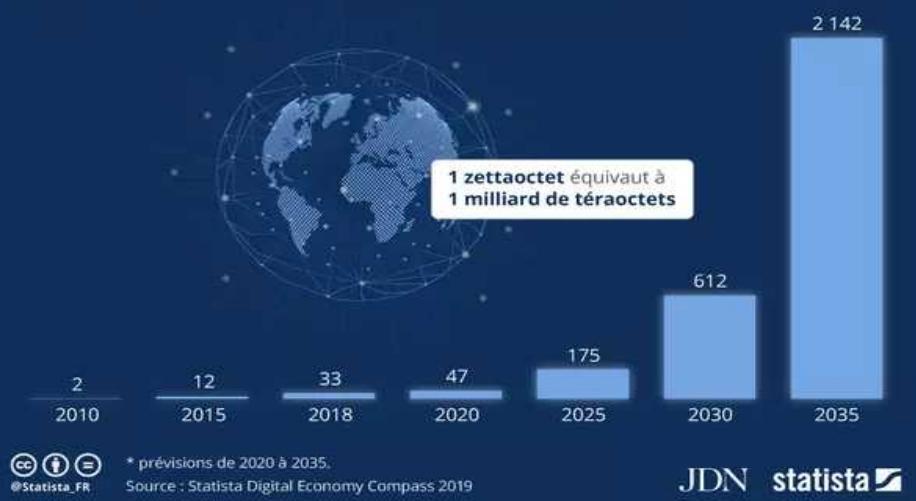
Des impacts à chaque étape
Du Cycle de Vie de la Donnée

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)*



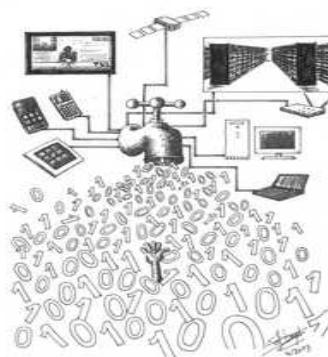
Quelques impacts directs

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

Et indirects

- Dataveillance,
- Datapulation,
- Enjeux de pouvoir

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



GLOBAL APPLICATION CATEGORY TRAFFIC SHARE

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

Rank	Category	Change (%)	Share (%)
1	VIDEO STREAMING	60.6%(+2.9) ↓	22.2%(-0.1) ↓
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) ↑

Impacts indirects ...

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 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 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 : d'innombrables effets indirects

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



Le numérique : d'innombrables 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 : d'innombrables 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 16 heures** : 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

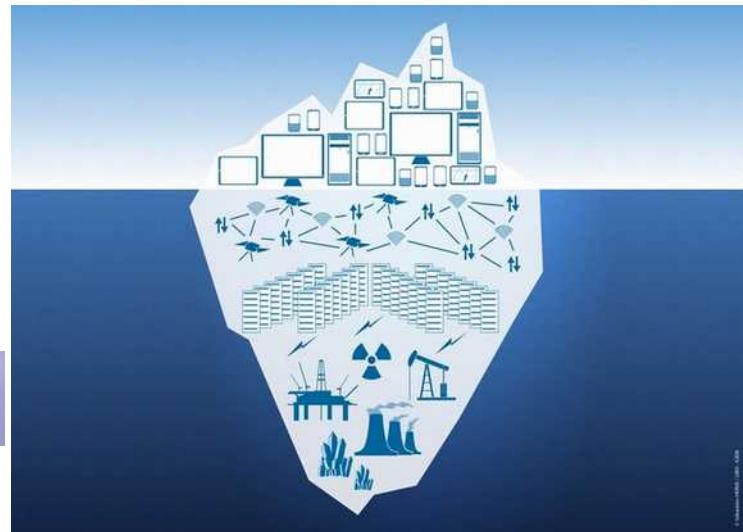
5 milliards de **personnes** connectées



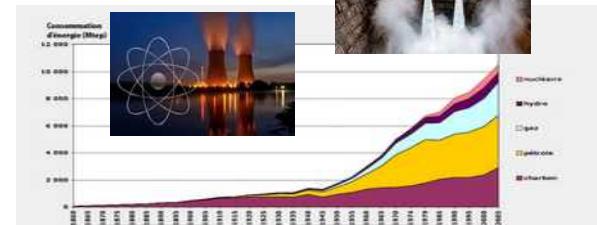
La Chine a produit 1.8 milliards de smartphones en 2018 (Statista)



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



Des ressources



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

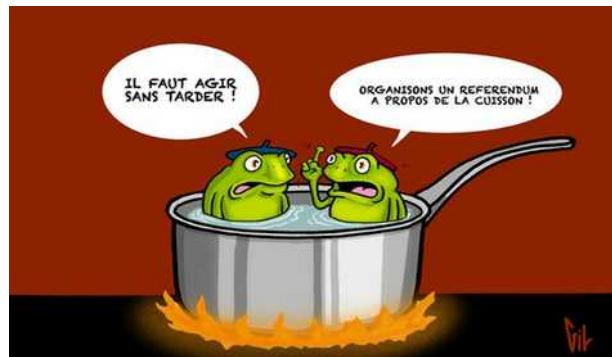
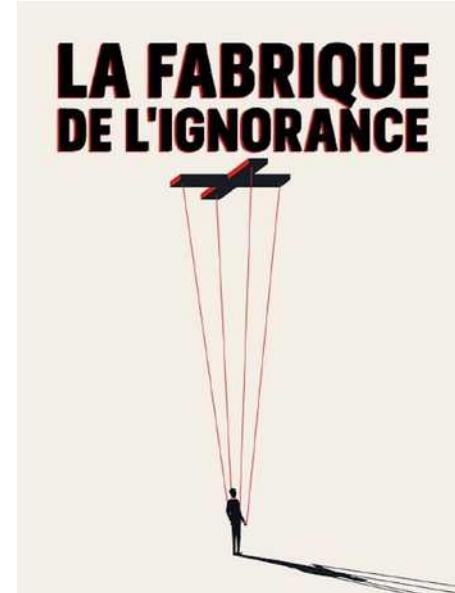
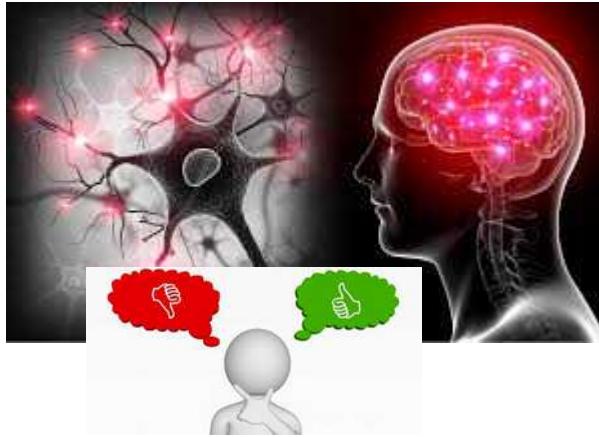
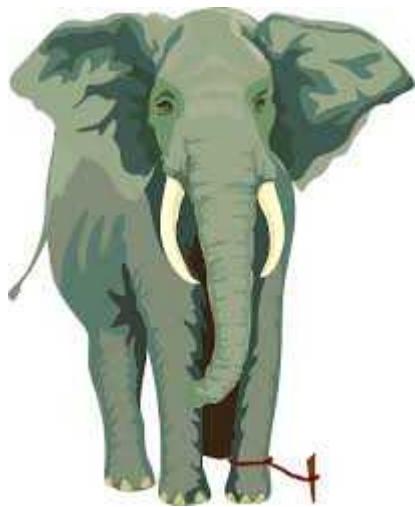
Les freins à l'action

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

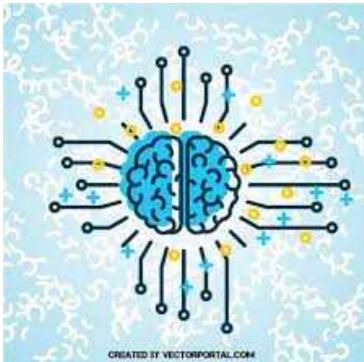


Maud Caillaux
@Maud_Caillaux

...

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

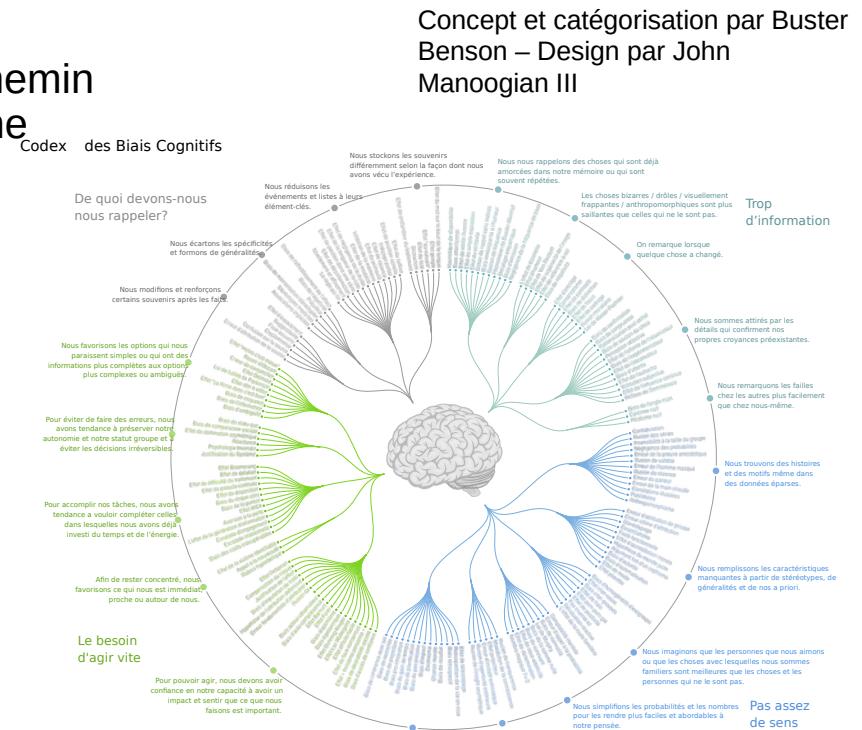
- Le « **Bug humain** » : un cerveau inadapté à l'abondance ?
 Manger, se reproduire, acquérir du pouvoir, avec le moins d'efforts et en ayant le plus d'informations possible (Thierry Ripoll, Sébastien Bohler)
 - *Attention au naturalisme et à la simplification, un regard intéressant mais réducteur et 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
- Températures extrêmes (augmentation des comportements agressifs)
- Rien faire ou se donner des chocs électriques (Timothy Wilson)



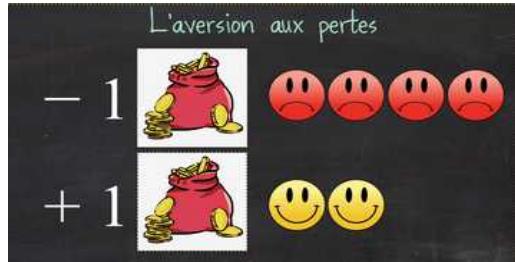
Prévisions	Résultats
<ul style="list-style-type: none"> •  0.1% → décharge 450 V 	<ul style="list-style-type: none"> •  63% → décharge 450 V
<ul style="list-style-type: none"> •  Moyenne des chocs d'administrés : → 150 V 	<ul style="list-style-type: none"> •  Moyenne des chocs d'administrés : → 360 V
	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les sujets octroyèrent une décharge d'au moins 135 V
	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun ne refusa de participer à l'expérience

■ Des freins « biologiques » / individuels

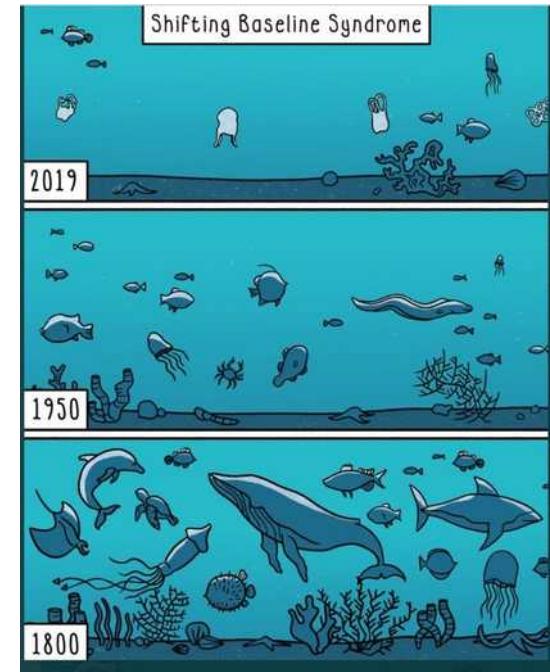
- Les **Biais cognitifs** : mécanisme de pensée entraînant une « distorsion » ou une « altération » du jugement. Cette appellation de « biais » traduit surtout une « déviation systématique » de la pensée **logique et rationnelle** par rapport à la réalité,
 - C'est en réalité un mécanisme d'adaptation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



Des freins « biologiques » / individuels



Biais de la tache aveugle



Mécanisme d'accoutumance

■ Des freins sociaux

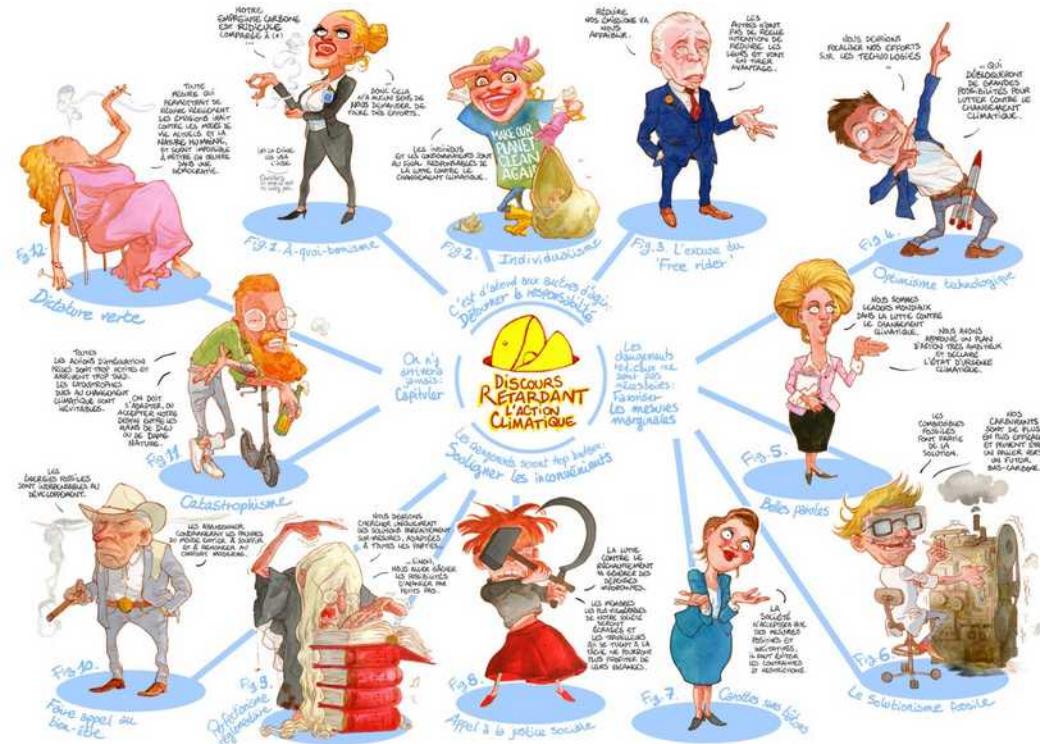
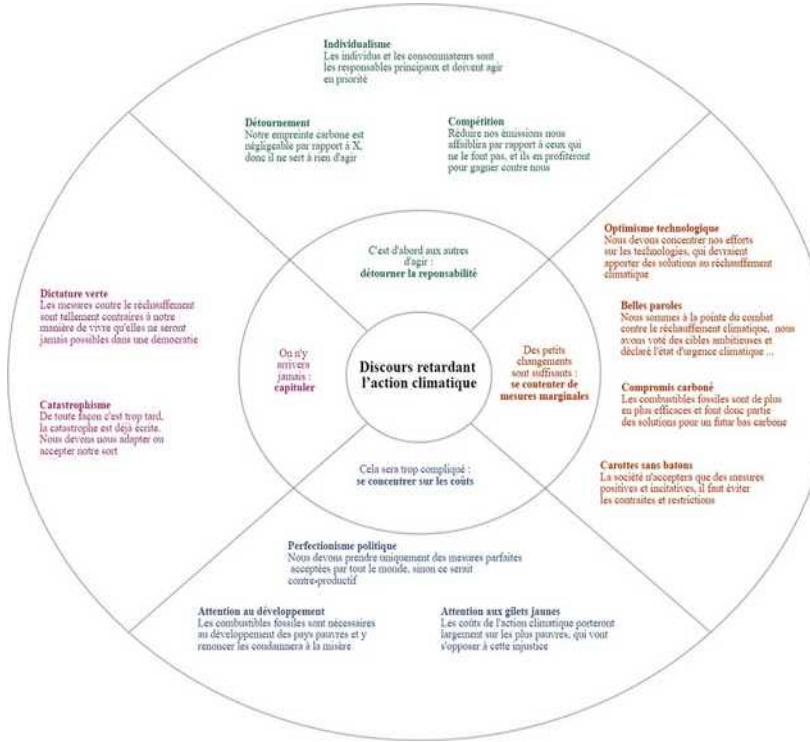
- **L'économie de l'attention :** retenir (et monnayer) le maximum de « temps de cerveau disponible »
- **L'idéologie de l'immédiateté** (tout, tout de suite)
- Détourner l'attention : le **greenwashing**



<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 »

Les 12 excuses de l'inaction

https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/7B11B722E3E3454BB6212378E32985A7/S2059479820000137a.pdf/discourses_of_climate_delay.pdf



Et pour éviter ça....



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 **systémique**.
 - 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

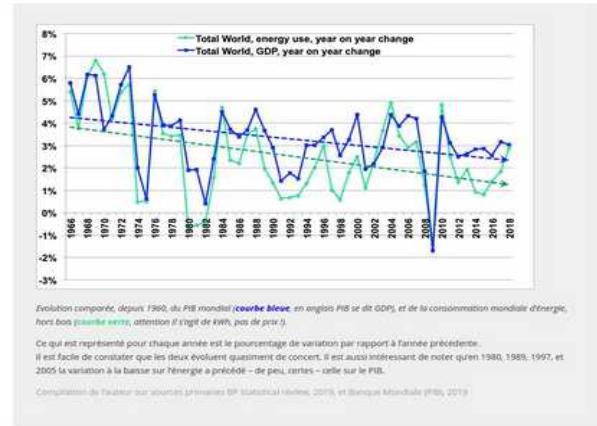
- **Low Tech** : Une technologie sobre, résiliente, robuste, facile à maintenir, ayant peu de dépendance, facile à comprendre, réparable, locale ⇒ c'est un peu plus complexe dans le numérique, mais c'est aussi un véritable défi pour l'ingénierie et la recherche.

Agir

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 ! »

Elio 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-allemagne-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

Besoin vs Utile ?

BLOK: Smart Cutting Board & Virtual Cooking Classes



SI SEULEMENT LA NATURE POUVAIT
TROUVER UN MOYEN DE RECOUVRIR CES
ORANGES POUR NE PAS GASPILLER
AUTANT DE PLASTIQUE



Se donner des objectifs : exemple,
les 2 Tonnes en commençant à
réduire par 50 % d'ici 2030 :-)



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>)



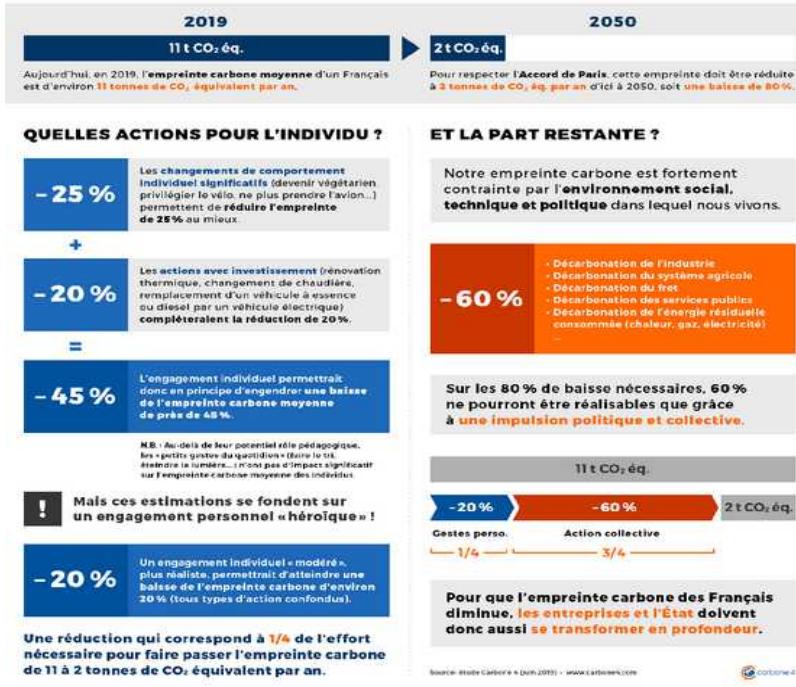
Je code : les bonnes pratiques en écoconception de service
numérique à destination des développeurs de logiciels

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



source : Note Carbone 4 (Déc 2019) - www.carbone4.com



■ Agir : le soutien légal – Nov 2021

Loi REEN : Réduire l'Empreinte Environnementale du Numérique

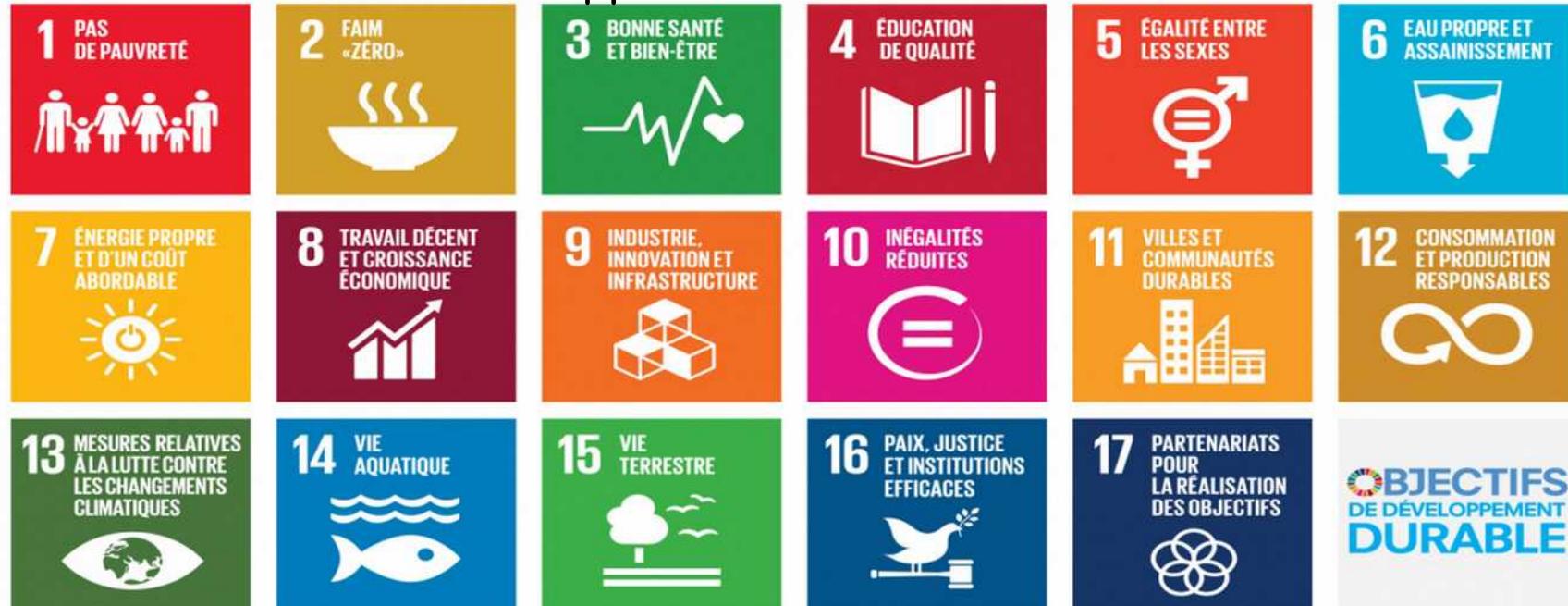
- **Faire prendre conscience** de l'impact environnemental du numérique : Formation à partir de la rentrée 2022 pour tous, éco conception, Rapport Jouzel
- **Limiter le renouvellement** des appareils numériques
- **Favoriser des usages numériques écologiquement vertueux**
- Promouvoir des centres de 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**

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



Élargir sa réflexion

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** ⇒ effet Rebond
- **Les freins à l'action**



■ Agir : quelques piste complémentaires

Rejoindre EcolInfo :-)



Les achats : MATINFO

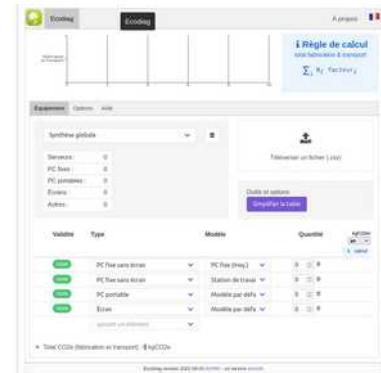
- Agir en continu au cœur de l'appel d'offre pour améliorer les éléments écoresponsables.
- Des exemples de résultats :
 - un questionnaire spécifique « Développement Durable » qui a compté pour 15 % de la note finale,
 - une augmentation des garanties de base à chaque marché,
 - des extensions de garanties 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**.





Former



EcolInfo
Groupe de service

POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

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-ECOLINFO

Le GDS EcolInfo 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.
- Prédictions 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 Malmordin 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/su10093027.

[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*.
- 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/>



- 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



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



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

<https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publication/36/03/2023/es-pratiques/>



Communiquer



EcolInfo
Groupe de service

POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

Un site WEB

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



Les « neutralités carbone » des entreprises du numérique

17 MAR 2022

Par Anne-Elisabeth

Données, Google

RECHERCHER

REJOIGNEZ-NOUS

JE FAIS FOURRER MES CALCULS SUR GOOGLE CLOUD CAR CELA NE POLLUE PAS. « LE NUMÉRIQUE NE POLLUE PAS EN TERMES DE CLIMAT PUISQUE LES ENTREPRISES SONT NEUTRES EN CARBONE »

Ces phrases sont-elles fondées ? Comment interpréter les déclarations de neutralité carbone des entreprises du numérique ? Nous essaierons dans cet article de donner quelques pistes de réflexion à ce sujet.

En bref

- Les entreprises du numérique se revendiquent « neutres en carbone », « zéro émissions nettes » ou autres mais le terme de « neutralité carbone » n'est pas approprié pour une organisation et ne devrait pas être utilisé.
- La consommation d'électricité de ces entreprises augmente, et leurs entreprises clientes ne démontrent pas toujours de façon transparente. En particulier, la réduction de l'empreinte carbone des entreprises du numérique est largement fondée sur l'achat (et non la consommation) d'électricité issue de sources renouvelables, plutôt que sur des démarches de sobriété.
- Les postes d'émission pris en compte dans les entreprises carbone sont variables, ce qui rend difficile l'évaluation des stratégies entreprises et de leur efficacité.
- Les bilans environnementaux manquent de transparence : par exemple il est difficile de savoir quelle proportion de l'énergie renouvelable produite est utilisée pour l'auto-consommation.
- Utiliser les services de ces entreprises a bien une empreinte carbone, ainsi que d'autres impacts environnementaux.

BONNES PRATIQUES



« 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)

01
MAR
2021

Didier
Malherbe

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



Communiquer



EcolInfo
Groupe de service

POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

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 évènements 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
FEV
2022

GDS
EcolInfo
Newsletter

Nouvelles du GDS EcolInfo

Projets dans EcolInfo

Stages

• Eva Morgand, encadrée par Emmanuelle Frenoux et Marcet a porté sur les [approches lowtech](#).

Son rapport, intitulé « Le low-tech et les réseaux : une remise à l'échelle ? », est téléchargeable à l'adresse suivante : https://marceaucoupechoux.wp.imt.fr/files/2021/08/Low_tech_Rapport_final.pdf

• Marion Fischer, encadrée par Françoise Berthoud et Marc Ch d'EcolInfo, a travaillé sur l'[empreinte carbone d'une vis](#) sur l'outil Renater. Rendez-vous. [Le rapport est sur HA!](#)

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 surviendra 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 justifier nos actes, mais quelle solution ? Nous vous invitons à exposer vos idées, évoquer des experts, partager vos questionnements autour de designer, philosophe, sociologue, ingénieur, personnes engagées, neurologue...

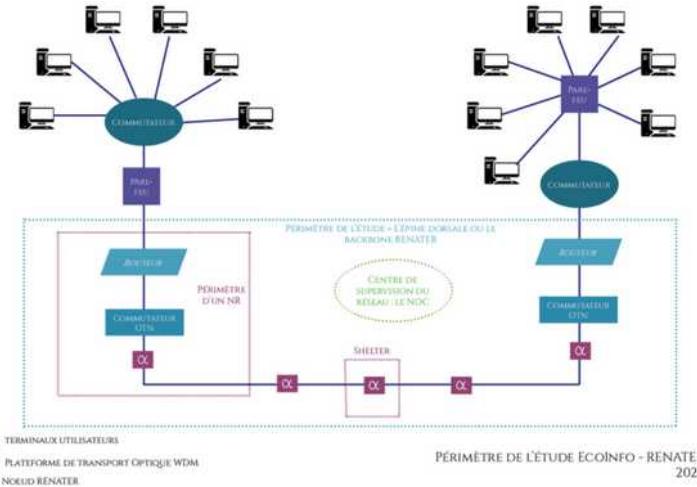
Conf EcolInfo : « [L'obsolescence dans tous les sens](#) ». 26 novembre 2018, Grenoble

A l'heure où la sobriété s'inscrit dans les objectifs ménagers, vous pourrez nous vous rejoindre de passer quelques heures sur le thème de l'obsolescence dans le monde du numérique : sociologue, philosophe, ingénieurs, association, avocat, consultants, viendront poser leur regard sur ce qui fut, à une époque pas si reculée, un moteur pour la croissance économique mais en avort et promus par les industries.



Suivant plusieurs axes :

- **Études bibliographiques** thématiques,
 - **Campagnes** expérimentales (exemples : stage Renater, comparaison de langages)
 - **Expertise** (feuille de route CNNum, negaoctet 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

Merci :-)



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

Théodore Monod

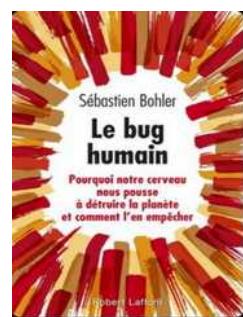
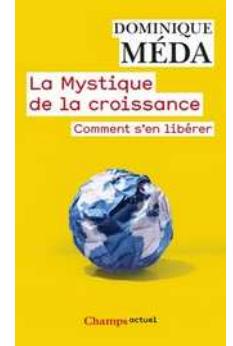
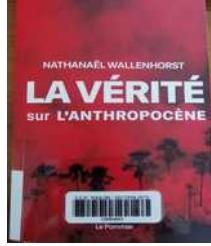
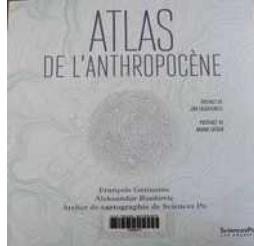
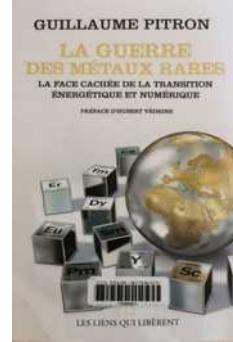


"Soyons le changement que nous voulons voir dans le Monde", Gandhi

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/>)

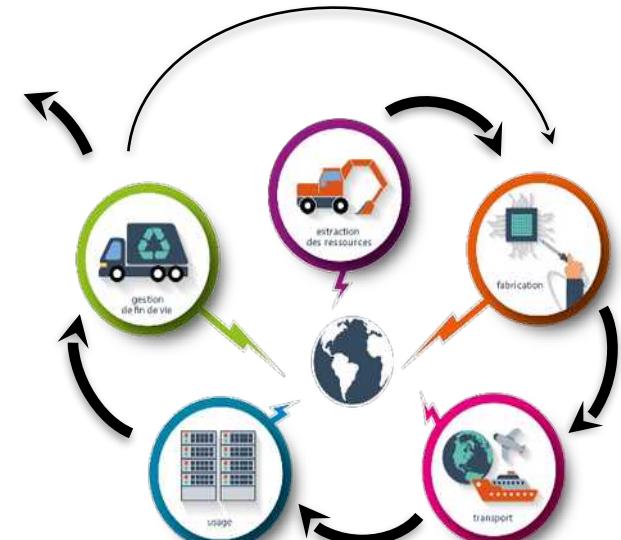
Lectures



Le matériel: bonnes pratiques

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

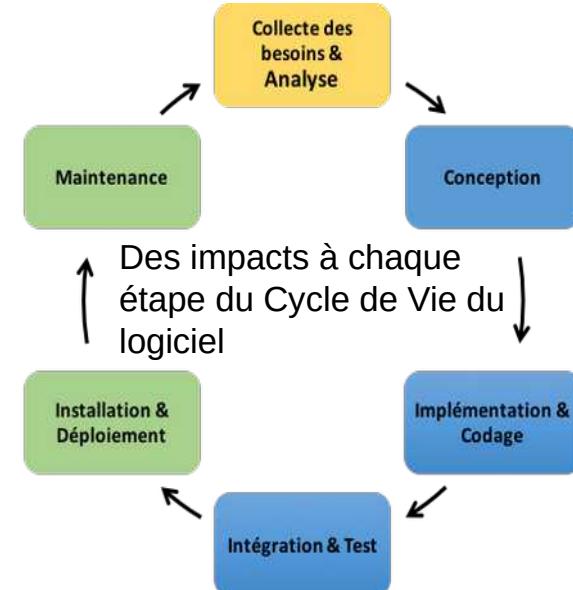
- **Avant l'achat**: Bien **dimensionner** son besoin et ne pas sous dimensionner son matériel pour accroître sa durée de vie, **critères responsables** (normes et standard), filières éthiques
- **Pendant la phase d'usage**: **Mutualisation**, **virtualisation**, **optimisation** (mais attention à l'effet 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

On devra prendre le temps de réfléchir à chaque étape et adopter des bonnes pratiques une fois acquis que le **développement est bien nécessaire (?)** face aux enjeux environnementaux :

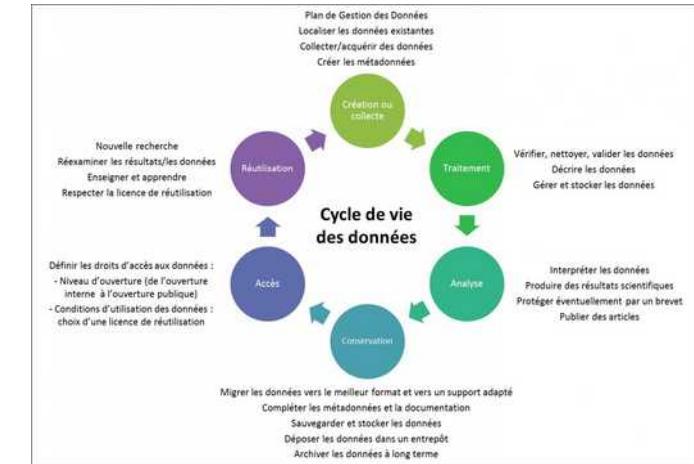
- **Avant** : Fonctionnalités justifiées et suffisantes, réutilisation et contribution aux communs, **adaptation** au contexte et aux contraintes matérielles, choix du **langage**, intégrer les **contraintes environnementales**, planifier la gestion du logiciel (SMP) [et des données associées (FAIR, 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

On devra prendre le temps de réfléchir à chaque étape, une fois acquis que la production de ces données (observation ou modélisation) est bien nécessaire (?) face aux enjeux environnementaux :

- **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