Transition Sociale Écologique en Belgique

Pour une Belgique en transition



Notre civilisation est-elle câblée pour faire face aux enjeux systémiques ?

Arnaud Claes, Ing. tsebelgique@outlook.com

Structure de la présentation

1. Qui sommes-nous ?
2. Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation
3. Nos sociétés, une affaire d'énergie et de transformations
4. Altius, citius, fortius ?
5. Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Qui sommes-nous ?

Transition **S**ociale **E**cologique en **B**elgique (TSEB) = collectif citoyen lancé en mars 2021

Cofondateurs : Jérôme Sartor, Antoine Defroidmont, Arnaud Claes

Constat initial : les alertes de la communauté scientifique sur les dérives sociales et écologiques de nos sociétés ne sont pas (assez) prises en compte par les pouvoirs publics ni par le secteur privé !

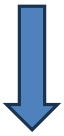
Qui sommes-nous ?

Objectifs :

- sensibiliser le citoyen sur les enjeux socio-écologiques ;

- déterminer et comprendre collectivement la nature des problématiques ;

- construire démocratiquement des projets et propositions de transformation de la société belge conformément à ces enjeux



Garantir un avenir aussi désirable que pérenne

Qui sommes-nous ?

Comment ?

- renouer avec une souveraineté populaire citoyenne (démocratie) ;

- diffuser l'état actuel des connaissances scientifiques sur les principaux enjeux de notre époque ;

- renouer avec la complexité du réel par l'intelligence collective et sortir d'une conception des problèmes en silo ;

Qui sommes-nous ?

Toute organisation s'articule autour de **valeurs centrales**

Les nôtres :

- solidarité et coopération : travailler ENSEMBLE

- partage : mutualiser les connaissances

- égalité citoyenne : à tous le droit de s'exprimer, d'être entendu et de participer au processus décisionnel sans hiérarchisation

Qui sommes-nous ?

Exemples de projets

- étude de répartition des émissions de GES pour le secteur de la mobilité ;
- étude de l'électrification du parc automobile belge
- conception d'un éco-habitat léger autosuffisant (tiny house)

Qui sommes-nous ?

Exemples de projets

- étude des limites à la transition énergétique en Belgique

- analyse du concept de décroissance comme projet de transition

- expérimentations de réautonomisation (potager, chauffe-eau solaire,…)

Qui sommes-nous ?

Curieux d'en savoir plus ?

Notre site internet **:** **https://tseb.be/**

Articles, rapports et résultats de nos projets, tutoriels et retours d'expérience (coming soon)

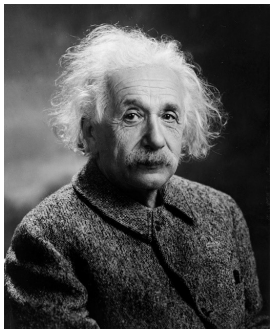
Retrouvez-nous également sur les réseaux : facebook (Transition Sociale Écologique en Belgique), instagram (tseb.be)

Pour commencer… un peu de lucidité

A méditer :

« *Ce qui compte ne peut pas toujours être compté, et ce qui est compté ne compte pas forcément* » (Albert Einstein)

« *Un problème créé ne peut être résolu en réfléchissant de la même manière qu'il a été créé* » (Albert Einstein)



Pour commencer… un peu de lucidité

A méditer :

« *le discours techno-optimiste est comparable à celui d'un médecin qui conseillerait à un alcoolique de continuer à boire, parce que le gouvernement développe une technologie pour réparer le foie* »

(Julian Allwood, chercheur en ingénierie, Coauteur du 5e rapport du GIEC)

Pour commencer… un peu de lucidité



C'est finalement l'histoire d'un alcoolique qui va chez le médecin pour sa cirrhose du foie.

Celui-ci, à la place de lui conseiller d'arrêter de boire, l'invite à continuer sous prétexte qu'un centre de recherche sur la réparation du foie a vu le jour; sans que celui-ci n'ait trouvé comment réparer un foie bien entendu.

Morale de l'histoire : on s'obstine à croire que la technologie peut résoudre tous nos problèmes, alors même que les prétendus outils n'existent pas encore… et qu'il nous suffirait d'arrêter d'être le problème !

Car le problème ce n'est pas l'alcool (s'il est consommé avec modération bien évidemment), mais une consommation beaucoup, beaucoup trop importante par rapport à ce que l'organisme peut encaisser !

Pour commencer… un peu de lucidité

A méditer :

« *la philosophie nous enseigne à douter de ce qui nous parait évident. La propagande, au contraire, nous enseigne à accepter pour évident ce dont il serait raisonnable de douter* »

(Aldous Huxley, philosophe)

Pour commencer… un peu de lucidité



Comme nous le verrons au cours de cette présentation, notre civilisation toute entière est droguée. Or, l'un des effets les plus recherchés chez un individu drogué, c'est une déconnexion du réel.

Certains éléments pourront vous paraitre difficile à encaisser, et peut-être vous faudra-t-il un peu de temps pour les digérer, les accepter.

Dans la mesure où je ne peux forcer personne à prendre la pilule rouge, la suite dépendra de ce que vous en faites.

Pour commencer… un peu de lucidité



Néanmoins, si je suis capable de ramener ne serait-ce que quelques personnes à la réalité, les amener à prendre la pilule rouge, si cette présentation permet d'ouvrir les yeux de certains, de saisir toute l'ampleur de la crise dans laquelle nous sommes d'ores et déjà…

Ce que je compte faire ici en ne me reposant que sur des constats scientifiques irréfutables et consensuels, alors j'aurai accompli ma mission de citoyen.

Attachez vos ceintures.. Et accrochez-vous, ça risque de secouer un peu !

Séance 1 : implications biophysiques de l'anthroposphère contemporaine

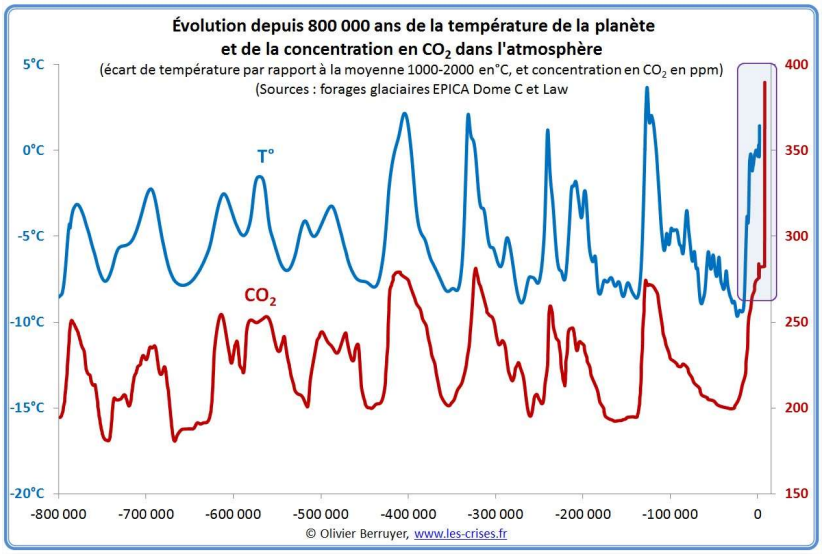


Partie 1 :

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

OK, réchauffement climatique dû aux activités humaines (GES)…



Corrélation quasi parfaite entre concentration de CO2 (le principal GES dans l'atmosphère) et température moyenne globale.

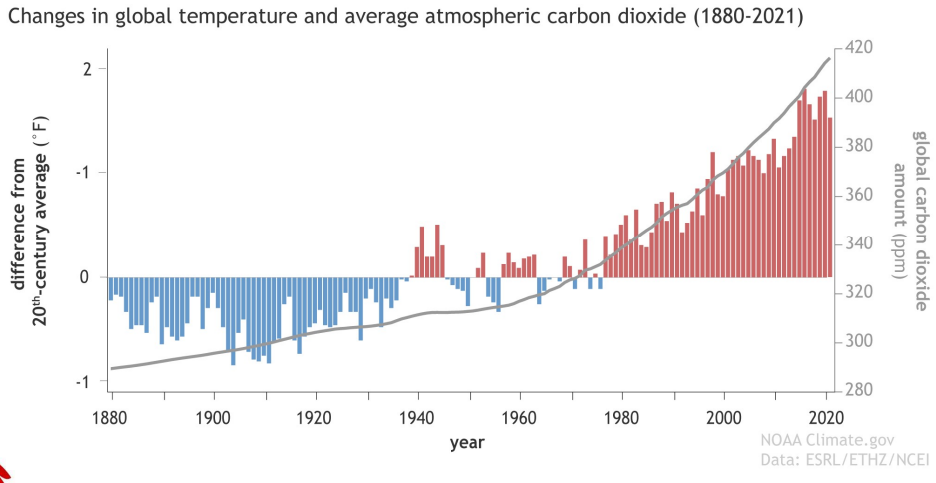
Attention : la température n'est pas toujours dictée par les émissions et vice-versa (dépend des cycles liés à la trajectoire orbitale de la Terre et des interactions complexes au sein du système climatique terrestre). Par contre, les deux sont intimement liés depuis toujours !

https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/

https://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/04/the-lag-between-temp-and-co2/

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

OK, réchauffement climatique dû aux activités humaines (GES)…



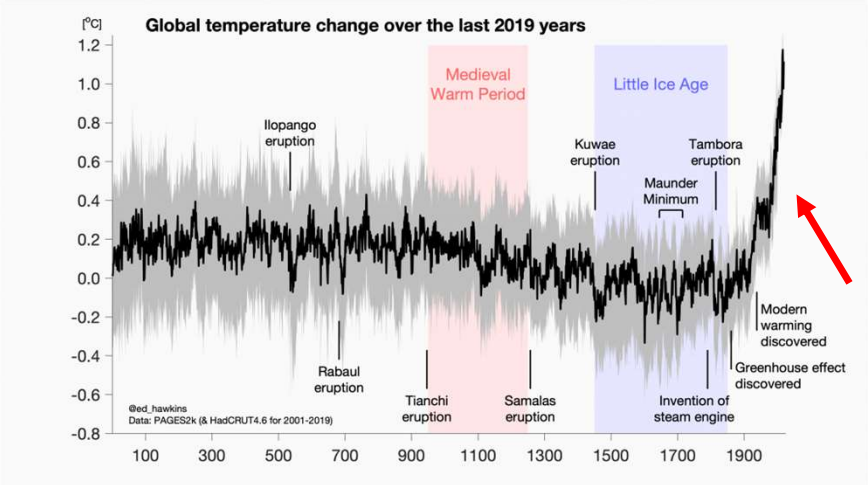
Dans le cycle interglaciaire dans lequel nous sommes, l'élévation de la température est exclusivement due à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (principalement le CO2) ! Démonstration en image

https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/if-carbon-dioxide-hits-new-high-every-year-why-isn%E2%80%99t-every-year-hotter-last

https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/co2-atm-temp.xml

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

OK, réchauffement climatique anthropique…



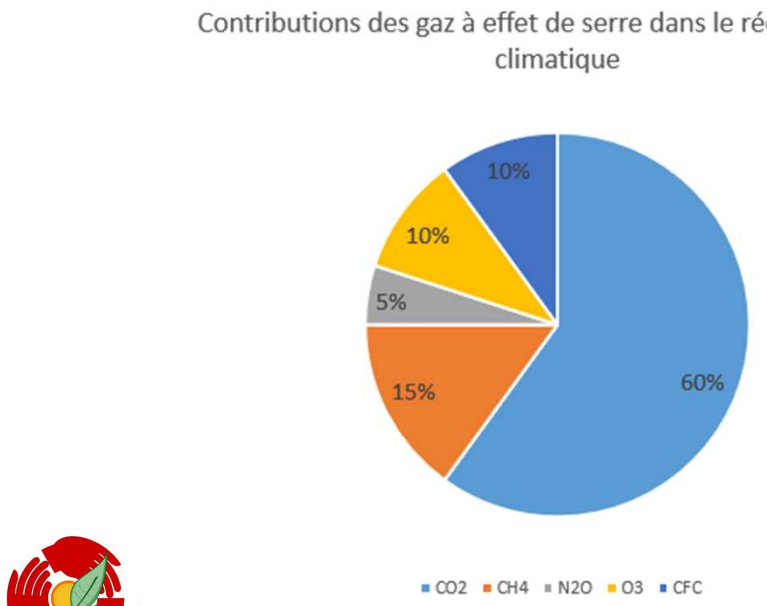
Mais est-ce aussi grave, docteur ?

Dans le cycle interglaciaire dans lequel nous sommes, l'élévation de la température est exclusivement due à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (principalement le CO2) ! Démonstration en image

https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/if-carbon-dioxide-hits-new-high-every-year-why-isn%E2%80%99t-every-year-hotter-last

https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/co2-atm-temp.xml

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation



Réchauffement climatique causé par les gaz à effet de serre : dioxyde de carbone principal contributeur, ensuite le méthane, l'ozone, les chlorofluorocarbures et le protoxyde d'azote.

Méthane : essentiellement élevage (rots et pets des bovins), agriculture et biomasse + exploitations gazières/pétrolières et extraction charbon

Dioxyde de carbone : combustion des énergies fossiles

Protoxyde d'azote : engrais azotés utilisés pour l'agriculture, production d'acides

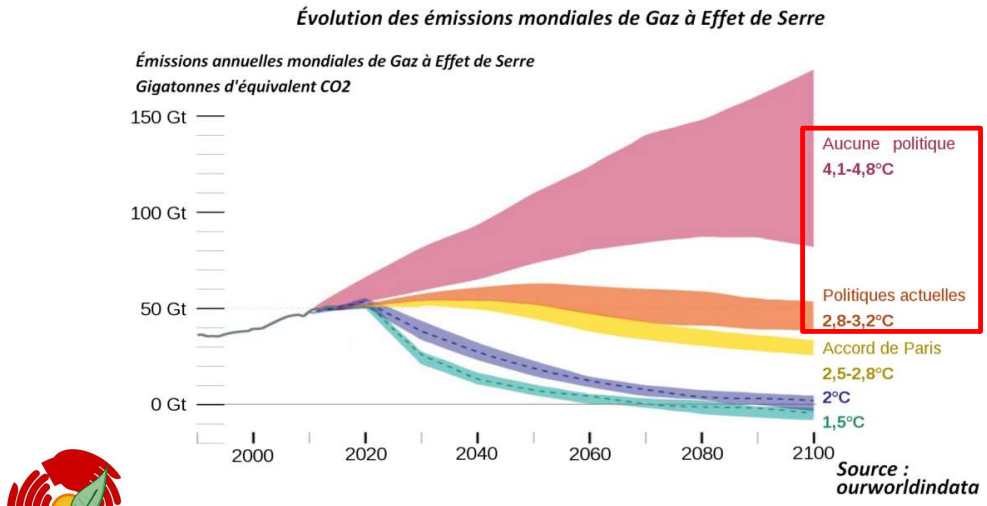
O3 : formé à partir d'oxydes d'azote (Nox et hydrocarbures produits par la combustion)

CFC : gaz industriels (systèmes de réfrigération, solvants, bombes aérosols)

https://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_fr.pdf

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Aujourd'hui, 1,2°C de réchauffement et en route pour les 3 à 4 °C !



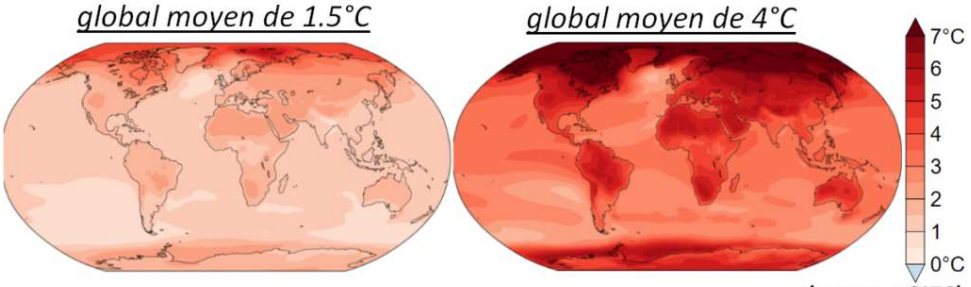
Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

OK, réchauffement climatique… Mais est-ce aussi grave, docteur ?

Répartition et intensité du réchauffement en 2090

Pour un réchauffement global moyen de 1.5°C

Pour un réchauffement global moyen de 4°C

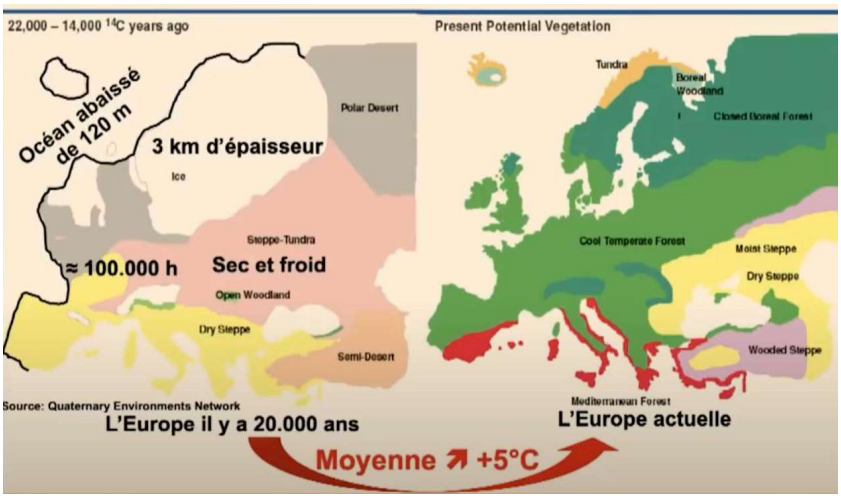


(source : GIEC)

Un réchauffement de quelques °C globalement, mais bien plus intense localement !

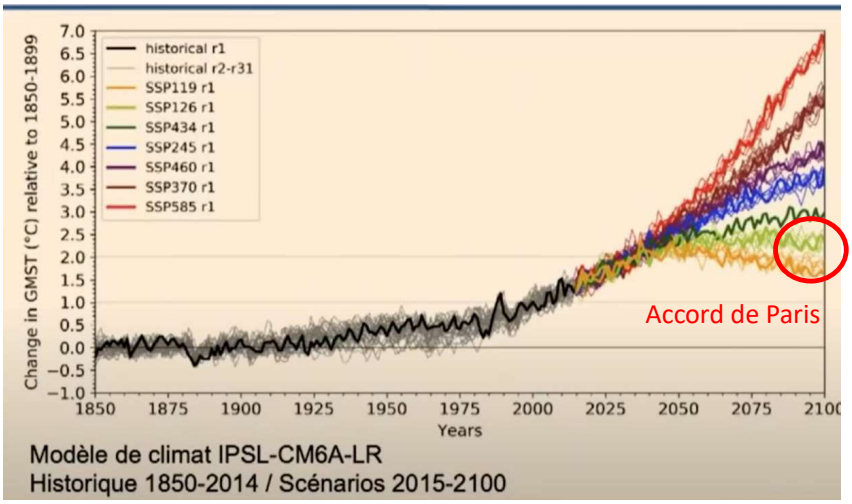
Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

A titre indicatif, dans un monde à -5°C par rapport à aujourd'hui…



Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Même en stoppant les émissions demain matin, on va vers un réchauffement de +2°C d'ici 2050 (à cause du CO2 passé) !

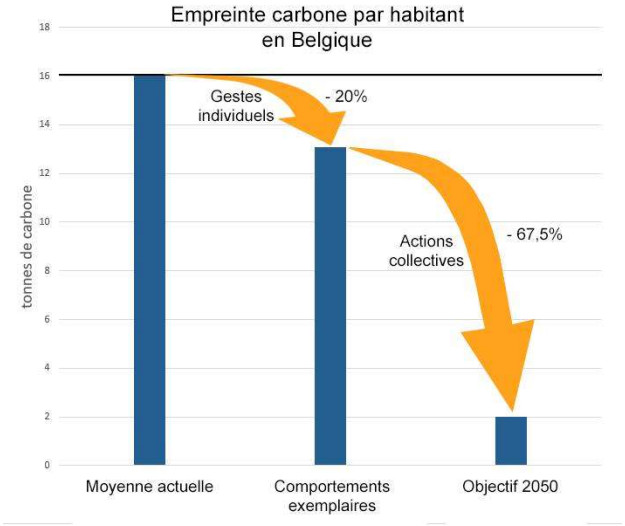


Accumulation CO2 passé dans l'atmosphère qui conserve un pouvoir radiatif très important pendant près d'un siècle + déforestation (réduction puits CO2) => même si on arrête d'émettre demain matin ce CO2 accumulé va toujours agir => On va se prendre 2°C de réchauffement dans la tronche quoi qu'il arrive ! !

Et naturellement si on n'essaie pas le plus rapidement possible de réduire drastiquement nos émissions pour s'aligner sur l'accord de Paris, qui consiste à stabiliser le climat entre+1,5°C et +2°C à la fin du siècle en visant 55% de réduction des émissions d'ici 2030 et la neutralité carbone en 2050, on se dirige vers un réchauffement encore supérieur… Or, nous n'en prenons pas du tout le chemin, comme on vient de le voir !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

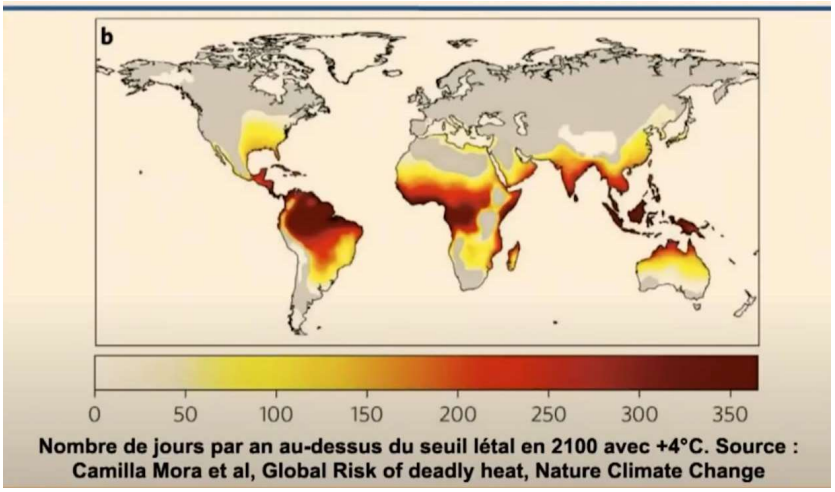
Pour respecter l'Accord de Paris, que doit faire la Belgique d'ici 2050 ?



C'est pas avec des gestes individuels ou de petits changements, de petites réformes qu'on y arrivera… Ceci implique un changement radical de société !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

+4°C de réchauffement, gérable… ou pas (morts en vue)



Nombre de jours par an au-dessus du seuil létal en 2100 avec +4°C. Source : Camilla Mora et al, Global Risk of deadly heat, Nature Climate Change

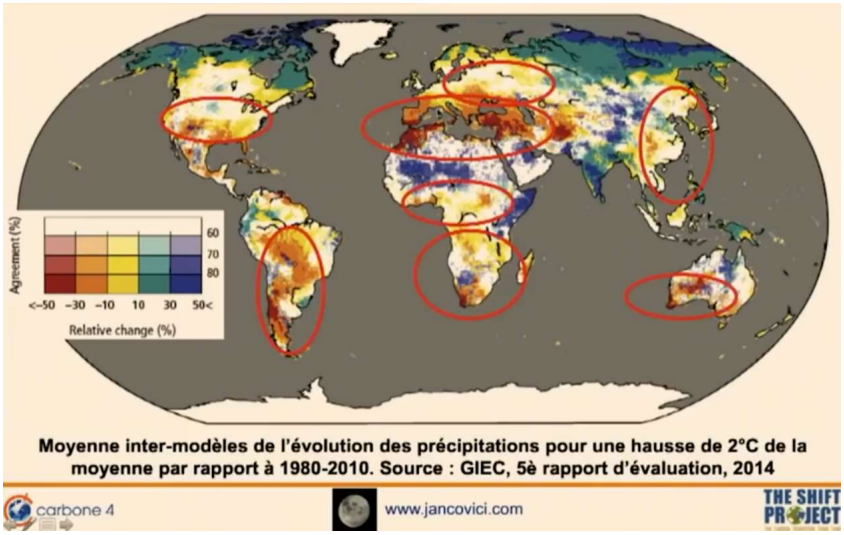
Voilà ce qui se passera si on continue de maintenir le système actuel (en suivant le modèle business as usual) le plus longtemps possible jusqu'à la fin du siècle...

Soit nous changeons volontairement, soit nous serons amenés à changer pour tenter de survivre dans des conditions apocalyptiques… A nous de voir.

Source : https://www.researchgate.net/publication/318173438_Global_risk_of_deadly_heat

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Quelques conséquences (non exhaustives) du réchauffement



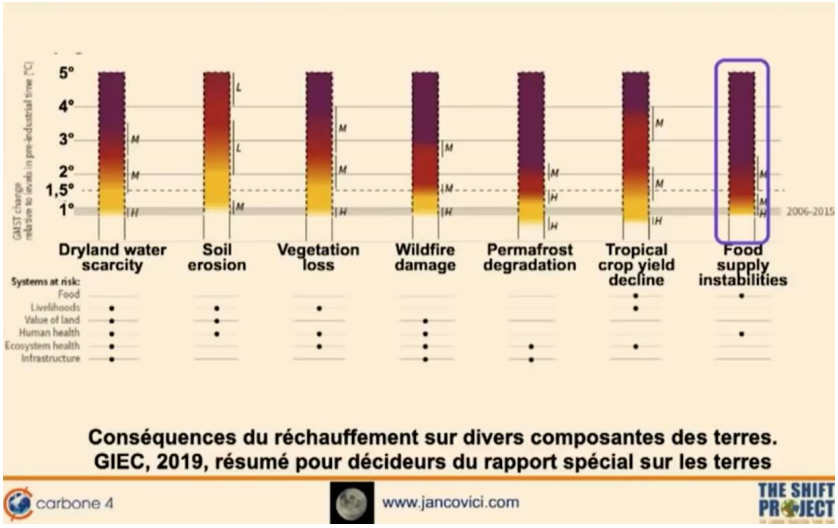
Importants bouleversements en termes de précipitations déjà à +2°C

Sécheresse en vue en Europe (surtout bassin méditerranéen), bcp plus de précipitations et donc d'humidité sur la bande équatoriale (éboulements,…)

Les sols vont morfler (et la vie qui va avec) !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

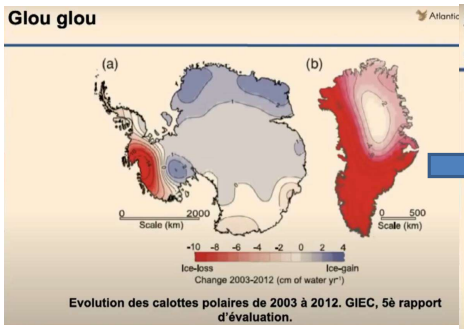
Quelques conséquences (non exhaustives) du réchauffement



Déjà de lourdes conséquences à +2°C !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Quelques conséquences (non exhaustives) du réchauffement



Evolution des calottes polaires de 2003 à 2012. GIEC, 5è rapport d'évaluation.



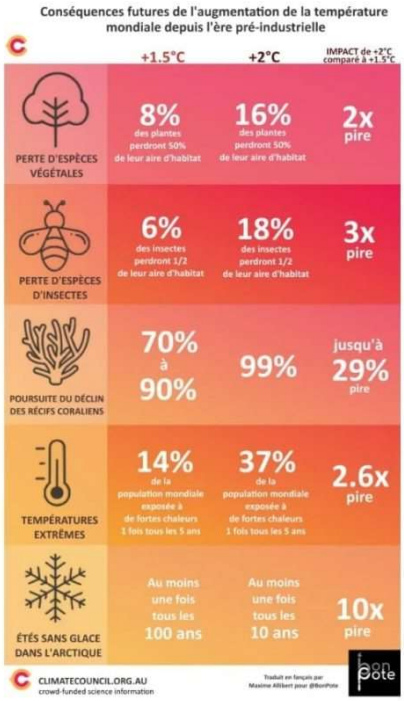
Trait de côte des Pays Bas et du Nord de l'Allemagne avec 9 mètres d'eau en plus

Source : Jean-Marc Jancovici

En 2100 pour réchauffement de 2°C : déjà + 1 m niveau de la mer !

https://www.youtube.com/watch?v=xMpTDcuhl9w&t=2254s

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

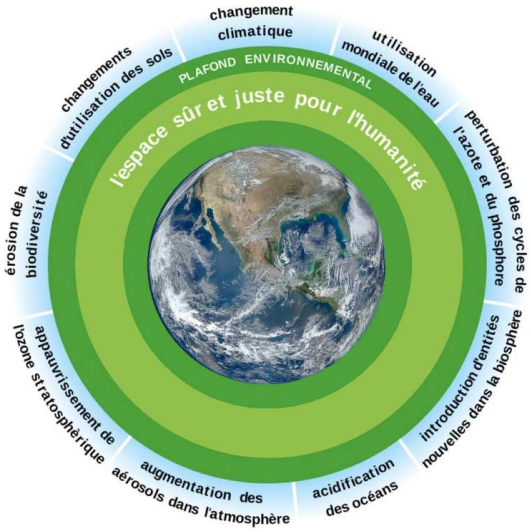


Chaque dixième de degré compte ! L'intensité et l'occurrence des phénomènes extrêmes ainsi que des impacts liés au changement climatique sont déjà bien différentes entre un réchauffement de 1,5°C et un réchauffement de 2°C !

https://tseb.be/consequences-du-rechauffement-climatique/

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

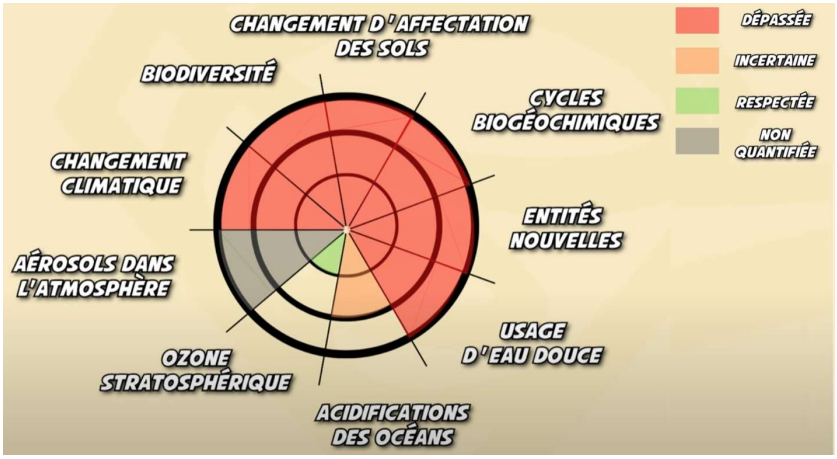
Or, le réchauffement climatique n'est qu'une composante de la crise écologique que nous traversons… Voici les autres



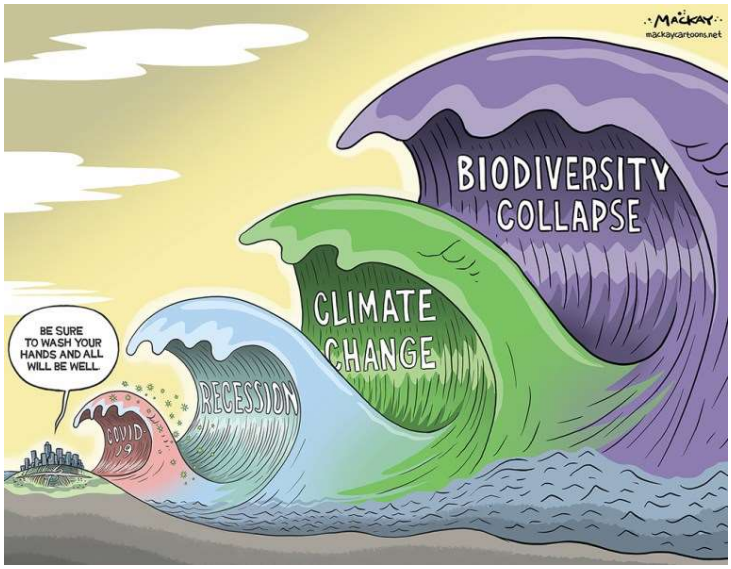
Source : CGDD (2019) L'environnement en France – Ed. 2019 | Rapport de synthese

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

La limite liée au changement climatique est loin d'être la seule franchie… 6 limites au moins sur 9 sont à ce stade déjà dépassées !!!



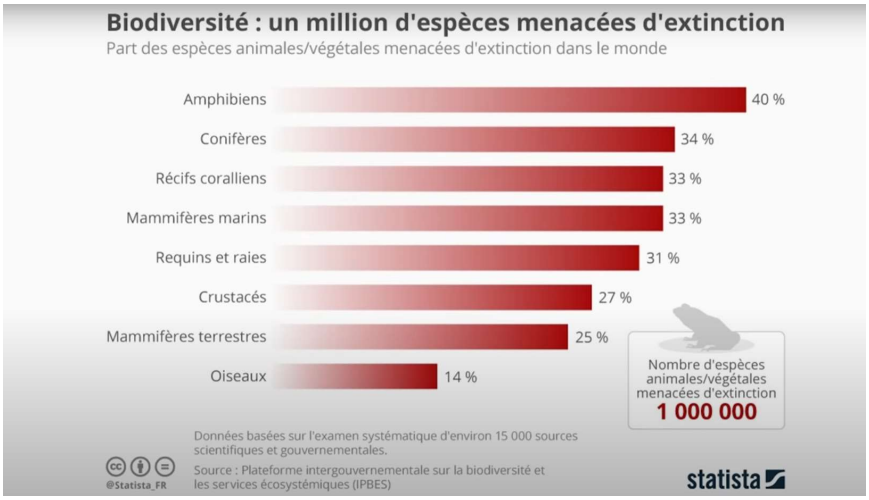
Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation



Le réchauffement climatique ? La partie émergée de l'iceberg…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Un effondrement du vivant



Ces 40-50 dernières années, entre 60 et 70% des individus vertébrés (tous les animaux qui ont un squelette : poissons, mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens,…) ont disparu, et on a perdu entre 75 et 80% des insectes volants en Europe au cours des 30 dernières années !

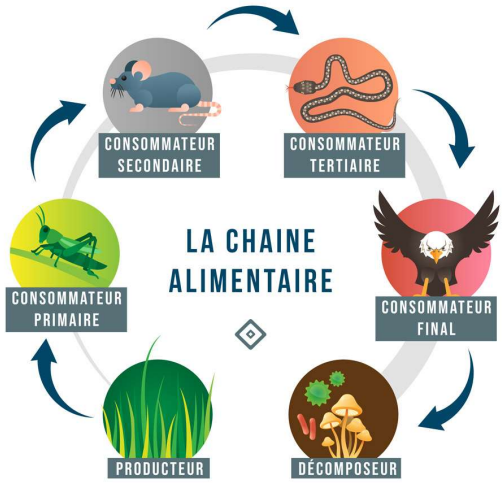
https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2020/09/biodiversite-68-des-populations-de-vertebres-ont-disparu-en-moins-de-50-ans

https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/80-des-insectes-volants-ont-disparu-depuis-30-ans-une-catastrophe-ecologique-imminente-est-a-craindre-144923.html

Sur les 8 millions d'espèces recensées, 1 million sont à présent menacées d'extinction, si bien que nous pourrions atteindre un **taux d'extinction de 10 à 20% dans les décennies qui viennent !** D'après les spécialistes en biodiversité, au regard des précédentes extinctions survenues dans l'Histoire de la Terre, nous sommes sur la trajectoire d'une 6e extinction des espèces…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Un effondrement du vivant qui menace la chaine alimentaire

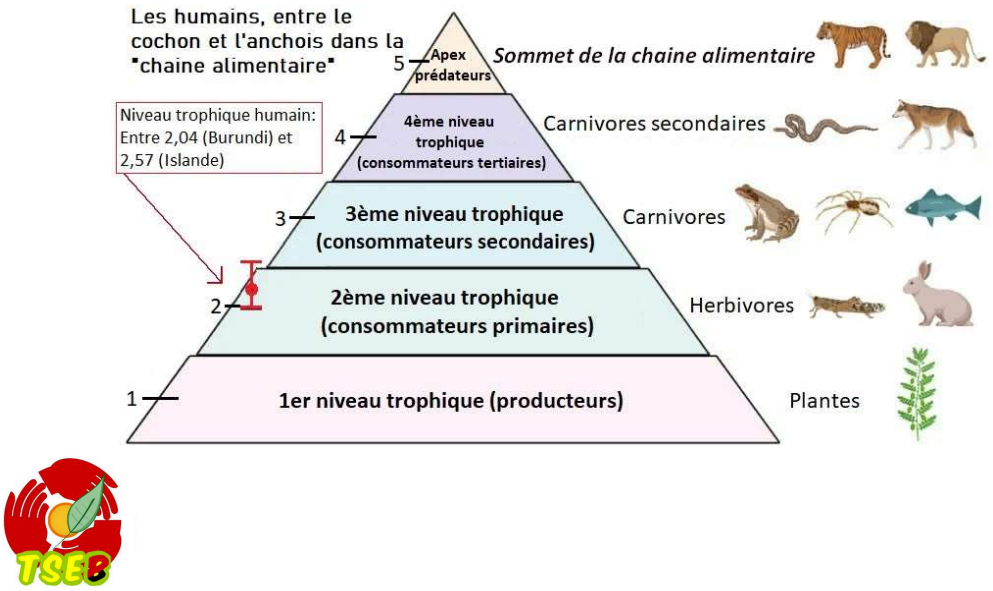


Interdépendance entre les espèces : si on enlève un maillon de la chaine, cela peut entrainer d'importantes perturbations pouvant aller jusqu'à la disparition en cascade d'autres espèces !

Exemple : pas de plancton, pas de poisson ; pas de poisson, pas de pêche

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Un effondrement du vivant qui menace la chaine alimentaire



Plus un animal est haut-placé dans pyramide, plus il est tributaire / dépendant du reste de la chaine alimentaire et dépendant ! C'est le cas des superprédateurs.

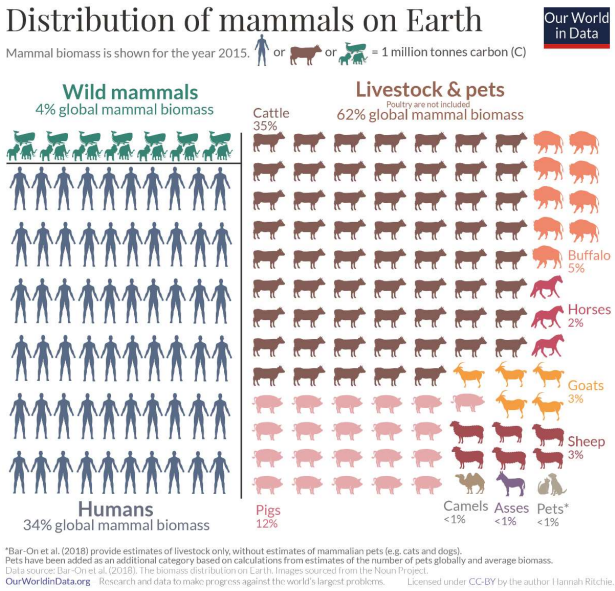
Moins de biodiversité, c'est donc moins de proies, moins de nourriture pour ces prédateurs rendus vulnérables, ce qui peut déboucher sur des perturbations dans la régulation des espèces mais surtout, au sein même des chaines trophiques, ce qui a un impact direct sur les interactions intra et inter espèces, càd sur la biodiversité et l'équilibre du système vivant.

L'Homme, au regard de la chaine alimentaire, ne fait pas partie des superprédateurs compte tenu de son régime, bien que son empreinte écologique bouleverse tout cet équilibre écosystémique. On le classe plutôt dans la catégorie des consommateurs primaires.

https://www.lemonde.fr/planete/article/2013/12/05/l-homme-au-meme-niveau-que-l-anchois-dans-la-chaine-alimentaire_5993387_3244.html?fbclid=IwAR11C_oibZf6jVPx_fkgat9yQiEn0qypSBVwpuCokjaR57TicDIdNvlYRxM

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Des mammifères sauvages de plus en plus « occultés »…



Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Un effondrement du vivant à cause des activités humaines et principalement :

- la destruction des milieux et les changements d'affectation des sols
- l'exploitation des espèces sauvages
- le changement climatique

<u>Qui menace les équilibres écosystémiques</u> !

Les principales activités responsables de ce déclin sont :

- la destruction des milieux et les changements d'affectation des sols (la déforestation, l'agriculture intensive, l'urbanisation, l'extraction,…) ;
- l'exploitation des espèces sauvages (surpêche, chasse,…) ;
- le changement climatique

https://www.liberation.fr/environnement/biodiversite/biodiversite-les-cinq-principales-causes-directes-de-la-destruction-du-vivant-20221207_JYNOQ2SJLJASVNCHKWPCLZ2PIQ/

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



-32% surfaces forestières depuis le début du XIXe (IPBES)

la déforestation en Amazonie. On estime que plus de **17% du bassin amazonien a déjà été déforesté**, et **qu'au-delà de 20 à 25% de déforestation, l'écosystème amazonien pourrait s'effondrer**. Ainsi, actuellement, la forêt émet plus de carbone qu'elle n'en puise à cause de la déforestation. https://www.rcf.fr/articles/actualite/lamazonie-nest-plus-le-poumon-vert-de-la-planete

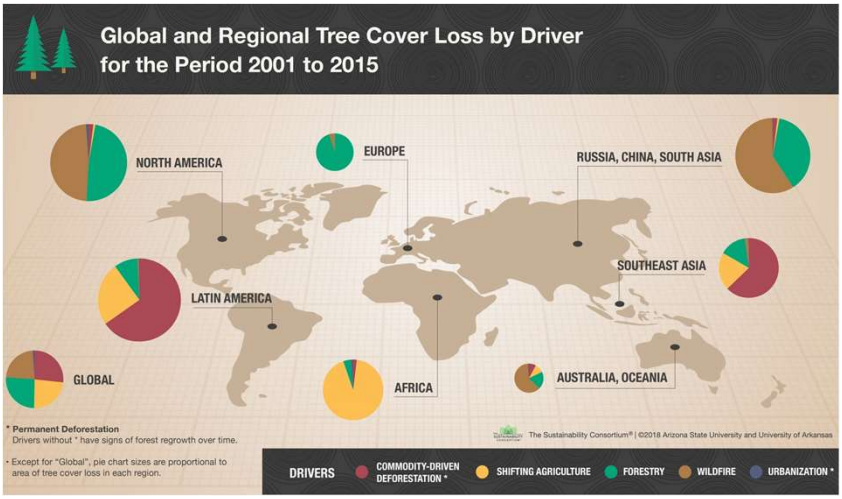
Or, **la forêt amazonienne produit 5% de l'oxygène terrestre**, **représente env. 13% des arbres de notre planète et abrite 25% de la biodiversité terrestre**. C'est donc tout un pan de la biosphère qui est en train d'être éradiqué.

https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2019/05/22/why-the-amazons-biodiversity-is-critical-for-the-globe

Selon le rapport de l'IPBES de 2019 (équivalent du GIEC pour la biodiv), **nous aurions perdu 32% des surfaces forestières par rapport à la période préindustrielle** [16][17]

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



Les **principales causes de la déforestation** sont : **l'agriculture intensive et élevage** (env. **55%**) ; **l'exploitation forestière** (env. **25%**) ; les **feux de forêt** (env. **18%**) ; **urbanisation** (env. 2%).

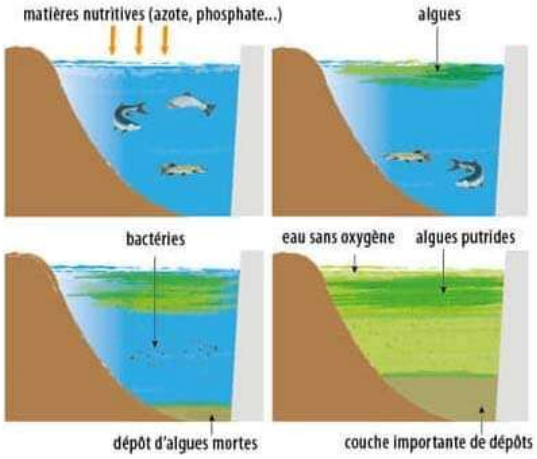
https://www.nationalgeographic.fr/environment/une-carte-pour-mieux-comprendre-les-causes-de-la-deforestation-mondiale#:~:text=Abattage%20pour%20la%20production%20agricole,causes%20principales%20de%20la%20d%C3%A9forestation.

A titre indicatif, **80% de la déforestation des pays tropicaux et subtropicaux est due à l'agriculture** selon WWF

https://wwf.be/fr/champs-action/proteger-les-forets?gclid=Cj0KCQjwjIKYBhC6ARIsAGEds-JMM2Wsx0K-KKw2-YuwQmN_lVikKvI0zF0doWaphd8gFnrUfhVFaOgaAhHoEALw_wcB

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



Au moins **trois quarts des sols dans le monde sont dégradés** et **l'agriculture intensive en est l'une des causes principales de ces dégradations** (avec l'urbanisation, la déforestation, la pollution industrielle,…). **Cette pratique ravage la vie des sols** et perturbe les cycles biogéochimiques :

- Les engrais épandus en excès, nocifs pour la santé, finissent dans les nappes par lessivage des sols, dans les rivières et les fleuves au sein desquels ils favorisent la prolifération d'algues toxiques pour certaines autres espèces végétales (s'ensuit un bouleversement de ces écosystèmes, pouvant déboucher sur **l'eutrophisation voire la mort du milieu**)

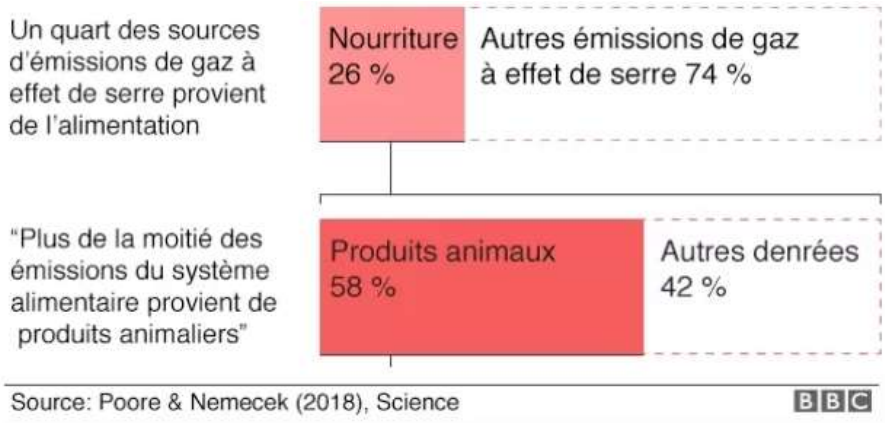
- **A cause de bactéries présentes dans les sols, transformation des nitrates en protoxyde d'azote N2O** (qui a un pouvoir réchauffant 300x plus élevé que le CO2)

- **Appauvrissement des sols** : on maximise la quantité de matière qu'on peut extraire au détriment de toute la vie du sol à qui on **ne laisse pas les nutriments nécessaires pour faire son travail écosystémique correctement et nourrir les espèces à la terre ferme** (si le vivant du sol meurt, le reste de la chaine alimentaire est perturbé). Celles-ci disparaissent alors, laissant le champ libre aux nuisibles qui détruisent les récoltes, et face auxquels il faut recourir à toujours plus de pesticides pour préserver les cultures, quitte à bousiller les insectes volants.

- **Diversité des cultures réduite** (on choisit exclusivement les espèces à croissance rapide et adaptées à l'usage des engrais)

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



Qui dit agriculture intensive, dit élevage industriel (**60 à 150 Mds d'animaux sont abattus chaque année**) et une alimentation plus riche en protéines carnées.

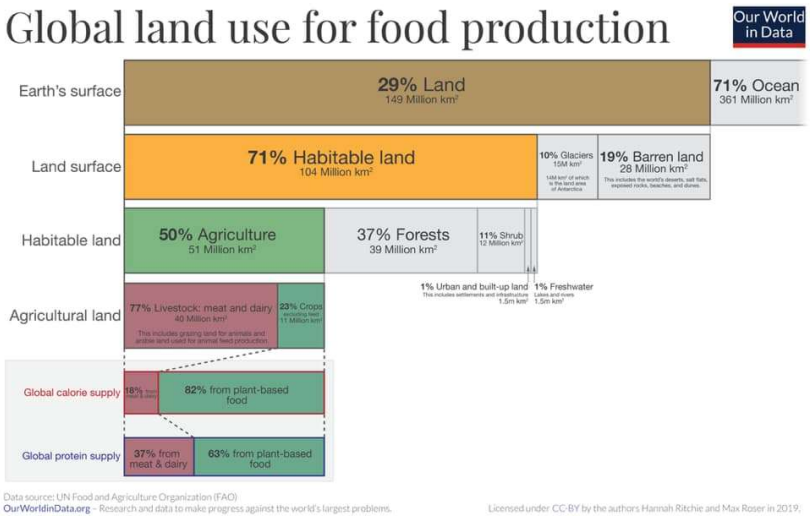
L'élevage est à lui seul responsable de 15% des émissions de GES dans le monde (via les émissions de méthane en grande partie) : **alors les produits animaux ne représentent même pas 20% des calories que nous consommons** [15], ils sont **responsables de plus de 50% des émissions de Gaz à Effet de Serre liées à la production alimentaire**.

De plus, trop de consommation de viande entraine des maladies cardio-vasculaires : n'oublions pas, comme on vient de le voir, l'espèce humaine n'est qu'au niveau 2 de la pyramide alimentaire. Autrement dit, nous sommes loin d'être naturellement très carnivores. Bref, consommer 1kg de viande par semaine est une hérésie !

L'élevage industriel, c'est aussi plus de zoonoses (à l'instar du Covid qui nous laisse encore ajd un goût amer en bouche, mais aussi de la grippe aviaire,…) et une souffrance animale extrême (je ne vous montre pas d'images ici mais **pour les curieux, allez faire un tour sur L214** et vous verrez qu'il n'y a pas besoin d'un dessin pour mesurer toute l'horreur de ces camps de concentration)…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



Enfin, **près de 80% des surfaces agricoles sont dédiées au bétail** !

=> **Déforester pour l'agriculture, dans ces conditions, revient surtout déforester pour dégager des surfaces directement ou indirectement utiles à l'élevage** !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols

La masse totale des constructions humaines dépasse la masse totale du vivant, et double tous les 20 ans



NYC

En Belgique, les zones urbaines occupent 20% de la superficie totale du pays, et 56% de la population belge habite en zone urbaine. Nous sommes également l'un des pays avec la densité de population la plus élevée au monde (avec plus de 370 hab/km²).

Sources : https://www.lalibre.be/belgique/2007/08/03/la-belgique-toujours-plus-urbaine-XHFF7DNDPVHZRKA3ACA4LIWALM/

https://journals.openedition.org/belgeo/32246

En Wallonie, cette expansion des zones urbanisées est surtout liée à l'augmentation des terrains résidentiels., alors que REMARQUE : globalement, on construit plus que la population n'augmente => augmentation du nombre de logements vacants alors que parallèlement la pauvreté augmente et le sans-abrisme gagne du terrain (13 000 hab suppl en moy en Wallonie pour 11 000 logements en plus construits chaque année).

Sources : http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/MEN%202.html / https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/perspectives-de-la-population

Selon l'ONU, près de 70 % de la population mondiale vivra en ville d'ici 2050, contre 55% aujourd'hui. De 1985 à 2015, la surface occupée par les villes a presque doublé (de 360000 à 650000 km²) et occupe aujourd'hui presque 45% de l'ensemble des terrains bâtis. Par ailleurs, **la masse totale des constructions humaines dépasse la masse totale du vivant**, et au rythme actuel, double tous les 20 ans ! Source : https://www.courrierinternational.com/article/planete-le-poids-des-constructions-humaines-depasse-celui-du-monde-vivant-sur-la-terre

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols

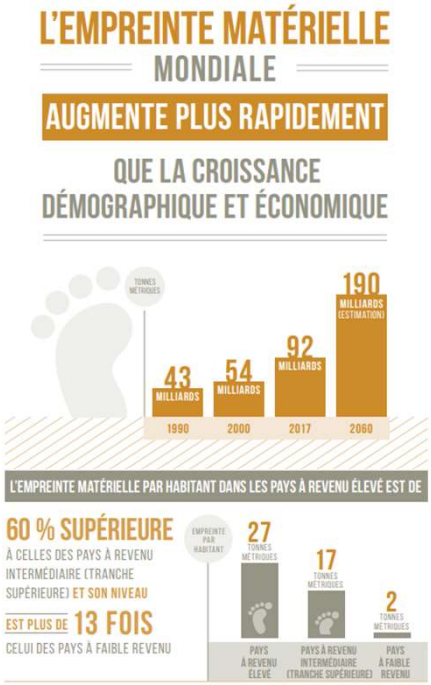
« Si la tendance à l'urbanisation se poursuit, la surface occupée par les villes pourrait atteindre les 1,6 million de km^2 en 2100 » (650 000 en 2015)



« Si la tendance à l'urbanisation se poursuit, la surface occupée par les villes pourrait atteindre les 1,6 million de km^2 en 2100 » (650 000 en 2015)

Source : https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-surface-villes-pourrait-etre-multipliee-six-ici-2100-34842/

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation



Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols



Exploitation pétrolière en RDC



Mine de lignite à Hambach (All.) – superficie 85 km² à terme



La plus grande mine de cuivre au monde (Chili, 8 km²)

1/3 des terres émergées seraient impactées par des mines. Un chiffre tout bonnement hallucinant… Tandis que **10 à 15% de ces zones impactées seraient des aires protégées** et/ou à forte valeur écologique… Par ailleurs, la surface minière totale dans le monde correspond à 1,9x la superficie de la Belgique ! Source : https://www.notre-planete.info/actualites/4727-carte-mondiale-mines-extraction

https://fr.wikipedia.org/wiki/Mine_de_Chuquicamata

« *La principale victime de la mine, c'est l'eau (la mine génère des quantités considérables d'eau contaminée souterraine ou en surface), mais aussi les sols et l'air (poussières, émissions de gaz). Le secteur minier est également celui qui est à l'origine du plus de conflits socio-environnementaux et qui cristallise le plus les tensions, ainsi que du plus grand nombre de meurtres vis-à-vis des défenseurs des droits humains dans le monde (…) L'empreinte environnementale [et sociale] de cette production de métaux, elle est catastrophique à l'heure actuelle !* »

A ce titre, vous avez sans doute déjà entendu parler du **projet de Total en Ouganda** pour extraire du pétrole, où l'expropriation des terres y est terrible, sans parler du fait que ce projet va contribuer à produire (et donc brûler) **l'équivalent de 1,4 milliard de barils de pétrole**… Un non sens total sur le plan climatique ! https://www.radiofrance.fr/franceinter/projet-petrolier-de-total-en-ouganda-et-en-tanzanie-enquete-sur-une-bombe-climatique-6820674

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- destruction des milieux et changements d'affectation des sols

➢ 1/3 des terres émergées impactées par des mines

➢ Industrie minière : 8 à 10% de l'énergie mondiale, 4 à 7% des GES

➢ Industrie minérale : 1er producteur de déchets solides/liquides/gazeux



1/3 des terres émergées seraient impactées par des mines. Tandis que **10 à 15% de ces zones impactées seraient des aires protégées** et/ou à forte valeur écologique…

Par ailleurs, **la surface minière totale dans le monde correspond à 1,9x la superficie de la Belgique** !

Source : https://www.notre-planete.info/actualites/4727-carte-mondiale-mines-extraction

https://fr.wikipedia.org/wiki/Mine_de_Chuquicamata

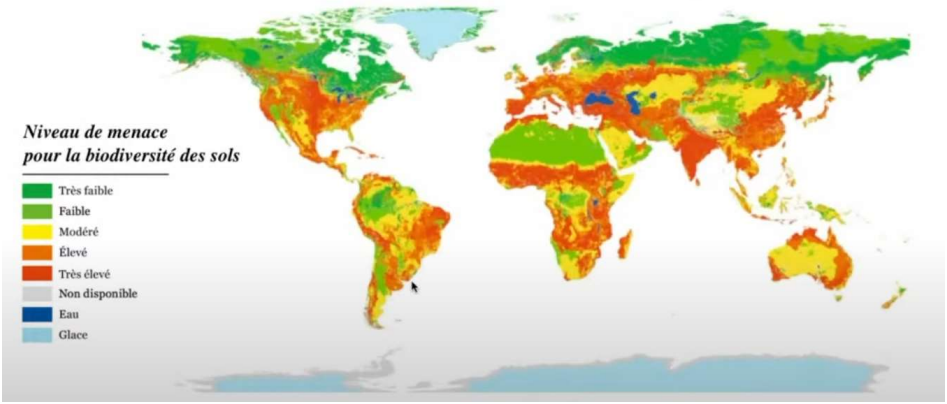
« *L'industrie minière (uniquement prospection et exploitation des mines), ça représente aussi 8 à 10% de l'énergie mondiale et 4 à 7% des émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre (donc on ne parle même pas des activités qu'il y a autour) (…)* ***L'industrie minérale, c'est le 1er producteur de déchets solides, liquides et gazeux tous secteurs industriels confondus*** » (Aurore Stéphant)

N'oublions pas qu'avec le réchauffement climatique, les zones à haut stress hydrique vont augmenter… et peut-être faudra-t-il choisir entre extraire et raffiner des minerais stratégiques, ou boire et manger…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

La vie des sols directement menacée par ces changements d'affection !

Source : WWF
Rapport Planète Vivante 2018



Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

- exploitation des espèces sauvages (braconnage, surpêche)

➢ 7000 espèces animales menacées par le **braconnage** : tigre du Sumatra, éléphants,…

➢ **Surpêche** : effondrement populations (morue,…) et pertes économiques (50 Mds/an), chalutiers qui s'accaparent les bancs de poissons au détriment de la population locale, cause principale de l'extinction écologique des systèmes marins !

Selon l'Office des Nations Unies pour le contrôle des drogues et la prévention du crime, il y a au moins **7 000 espèces animales** dans le monde **menacées** par le braconnage.

Quelques des effets les plus dévastateurs de ces activités : en dix ans, un million de pangolins tués et commercialisés, **78%** des morts de **tigres** de **Sumatra** (Indonésie) sont dues au braconnage, et en l'espace d'un siècle, la population d'**éléphants** présente sur la planète a donc **diminué de 90%**

https://www.sosnature.org/le-braconnage-lune-des-principales-causes-de-perte-de-biodiversite-dans-le-monde/

Depuis 1992, la population de morue n'a jamais pu se reconstituer. Pour des centaines de millions de personnes, les produits de la mer sont le seul apport en protéines animales. La surpêche affecte les économies locales et les équilibres sociaux. Les premiers touchés sont les populations les plus pauvres notamment en Afrique de l'Ouest https://www.greenpeace.fr/surpeche-fleau-oceans/

Selon la Banque mondiale et la FAO, en 2009 le coût de « la sous-performance annuelle des pêcheries mondiales représentait 50 milliards de dollars » perdus par rapport à des pratiques de pêche soutenables. L'« extinction écologique provoquée par la surpêche précède en ampleur toutes les autres sources humaines de perturbations, omniprésentes, pour les écosystèmes côtiers, y compris la pollution, la dégradation de la qualité des eaux et le changement climatique. https://fr.wikipedia.org/wiki/Surp%C3%AAche

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Cycles biogéochimiques : processus cycliques de transformation d'éléments et composés organiques qui garantissent le bon fonctionnement des écosystèmes (homéostasie)

Exemples: cycle de l'eau, de l'oxygène, du carbone, de l'hydrogène, de l'**azote**, du **phosphore**,…

Cycles biogéochimiques correspondent aux processus cycliques de transport/transformation/recyclage/réassimilation d'éléments ou composés organiques.

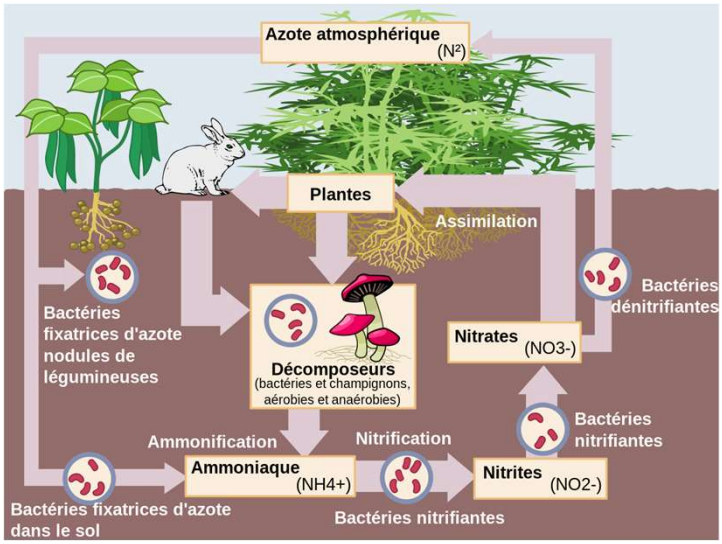
Ces cycles sont en interaction au sein de la biosphère et lui confèrent une capacité de régulation (appelée homéostasie) qui garantit la pérennité / le bon fonctionnement et la stabilité des écosystèmes.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_biog%C3%A9ochimique

Les cycles de l'azote et du phosphore représentent à ce titre des cycles essentiels à la vie sur Terre : sans azote ni phosphore, les organismes vivants à commencer par les végétaux, ne pourraient exister.

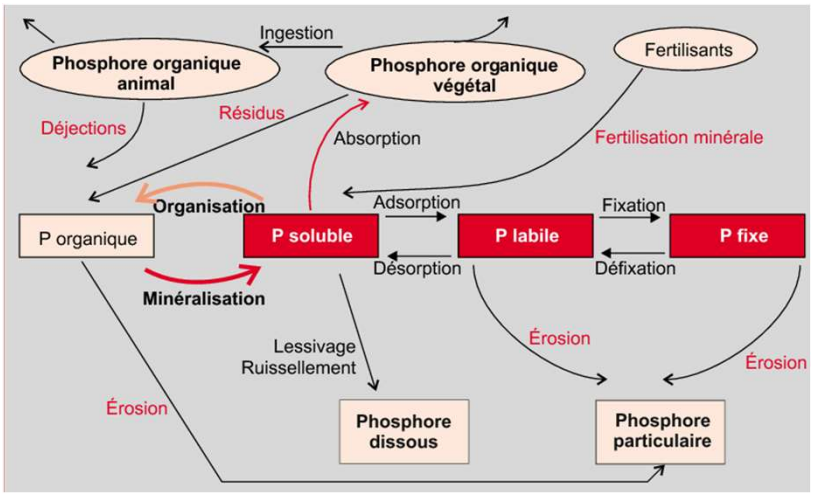
Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Cycles biogéochimiques : cycle de l'azote



Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Cycles biogéochimiques : cycle du phosphore



https://www.researchgate.net/figure/Cycle-du-phosphore-dans-le-sol_fig3_41662513

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Dérégulation des cycles biogéochimiques (**azote**, **phosphore**)

- NOx (combustion) : pollution atmosphérique entrainant :

- irritation des voies respiratoires

- Pluies acides => eau impropre, acidification (lessivage des sols, assimilation substances toxiques par les organismes,…)



Dérégulation des cycles = mise en péril de la stabilité, du bon fonctionnement des écosystèmes.

Différents types de dérégulation possibles :

1. Production d'oxyde d'azote par combustion, c'est-à-dire une pollution atmosphérique affectant la qualité de l'air et acidification de l'eau de pluie, qui entraine :

- l'acidification des océans (on en parle juste après)
- acidification des sols => accroit le lessivage et l'assimilation des métaux lourds et autres substances nocives pour les organismes vivants, l'érosion,…)

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pluie_acide

https://www.alterna.eco/post/perturbation-des-cycles-de-l-azote-et-du-phosphore-par-rapport-aux-limites-plan%C3%A9taires

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Dérégulation des cycles biogéochimiques (**azote**, **phosphore**)

- Pollution solide (engrais, détergents,…) qui induisent :

- eutrophisation suite au lessivage des sols

- Pollution des nappes aquifères (eau impropre)



Dérégulation des cycles = mise en péril de la stabilité, du bon fonctionnement des écosystèmes.

Différents types de dérégulation possibles :

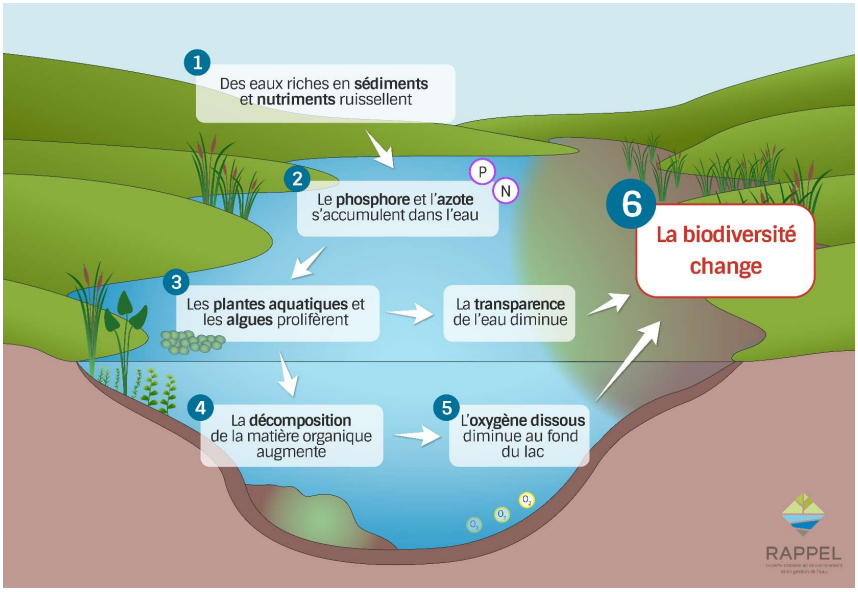
2. Ajout artificiel d'éléments solides qui se retrouvent en excès (engrais p. ex.) => eutrophisation par lessivage des sols, pollution des nappes aquifères

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pluie_acide

https://www.alterna.eco/post/perturbation-des-cycles-de-l-azote-et-du-phosphore-par-rapport-aux-limites-plan%C3%A9taires

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Eutrophisation



Dérégulation des cycles = mise en péril de la stabilité, du bon fonctionnement des écosystèmes.

Différents types de dérégulation possibles :

2. Ajout artificiel d'éléments solides qui se retrouvent en excès (engrais p. ex.)

⇒ pollution des nappes aquifères et eutrophisation par lessivage des sols : ruissellement des éléments du sol par les eaux de pluie vers les nappes aquifères, qui rappelons-le, interagissent avec les rivières

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pluie_acide

https://www.alterna.eco/post/perturbation-des-cycles-de-l-azote-et-du-phosphore-par-rapport-aux-limites-plan%C3%A9taires

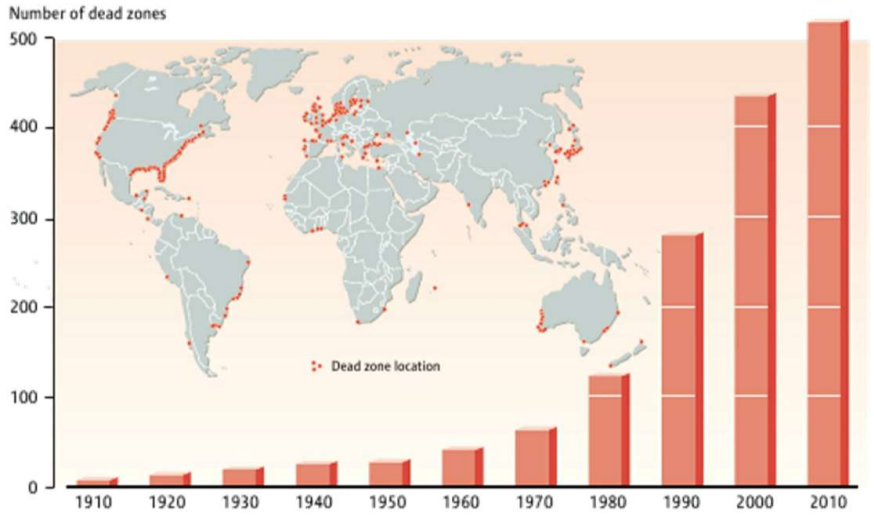
https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article402

https://fr.wikipedia.org/wiki/Aquif%C3%A8re

https://rappel.qc.ca/leutrophisation-comment-ca-marche/

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

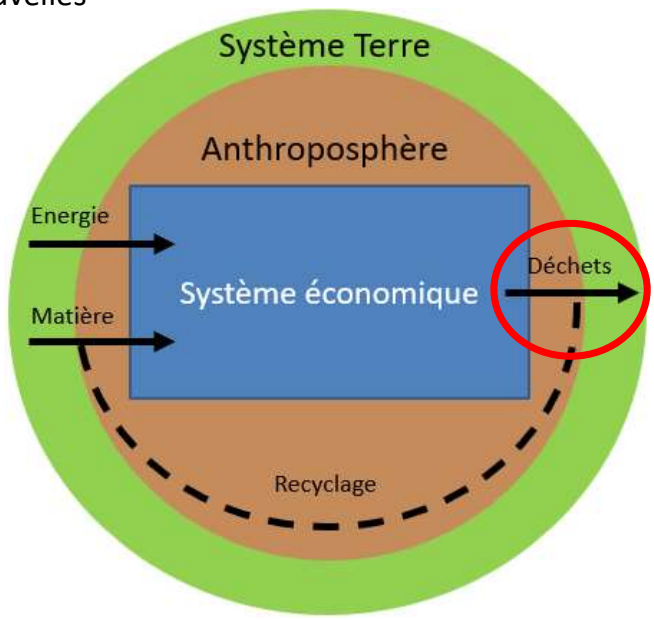
Fertilisants/engrais (agriculture intensive), cause première des zones mortes (en hypoxie)



https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_morte

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Entités nouvelles



Globalement, à chaque fois qu'on produit quelque chose, on produit également des déchets

Plastiques dans les océans, GES, produits chimiques manufacturés et substances de synthèse toxiques (herbicides, produits nettoyants, engrais de synthèse,…).

Au rythme actuel, **il pourrait y avoir plus de plastique que de poissons dans nos océans d'ici 2050** [19]. **Nous ingérerions l'équivalent**, en termes de plastique, **d'une carte bancaire par semaine** [20].

La masse totale de plastiques sur la planète représente désormais **plus de deux fois la masse de tous les mammifères vivants**, et environ **80 % de tous les plastiques jamais produits restent dans l'environnement** [8].

Actuellement, il y aurait environ **350 000 produits chimiques** (pas nécessairement tous néfastes pour l'environnement, même si leurs impacts sont rarement étudiés en profondeur). **Leur production a été multipliée par 50 depuis le début des années 1950, et pourrait encore tripler d'ici 2050** [8] !

Pollution même jusqu'aux glaciers, là où nous n'allons pas… !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation



PLANÈTE • DÉCHETS ET RECYCLAGE

Saturée de déchets, La Réunion veut stopper le tout-enfouissement

(Source : Le Monde)

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

PLANÈTE • POLLUTIONS

Au Pérou, une marée noire met en péril la flore et la faune

(Source : Le Monde) Le Monde avec AFP

Les Echos

Idées Économie Politique Entreprises Finance - Marchés Bourse Monde Tech-Médias Start-up Régions Patrimoine

Le rapport publié ce jeudi par le ministère de la Transition écologique tire la sonnette d'alarme. Si les cours d'eau sont de moins en moins contaminés, les eaux souterraines, elles, présentent encore des taux trop élevés en pesticides, nitrates et autres polluants.

Lire plus tard Commenter Partager Distribution de l'eau Médicaments

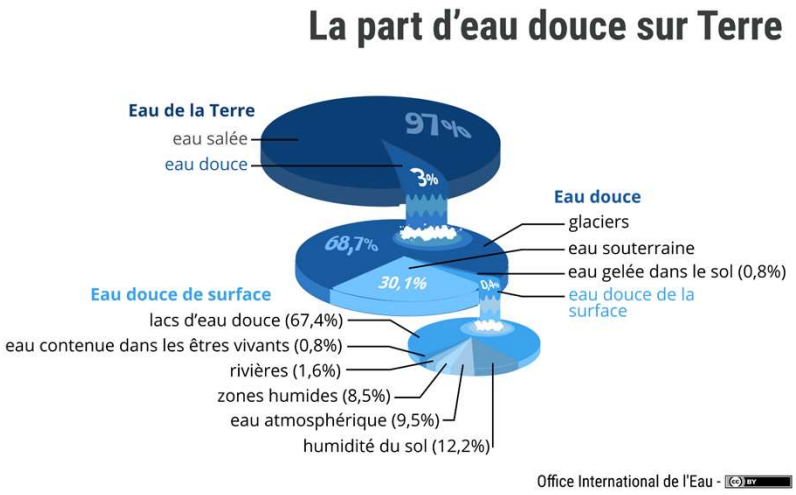


Dans les cours d'eau, la teneur en produits chimiques est à la baisse, comme pour le nitrate où la concentration a baissé de 12 % sur la période 1998-2017. (Fred Scheiber/SIPA)

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Usage d'eau douce

2,5% du volume total d'eau de la planète (glaciers, lacs, nappes)



Eau douce : ne représente que **2,5 % du volume total d'eau de la planète** (source : essentiellement glaciers de l'Antarctique et du Groënland et nappes aquifères)

https://www.oieau.fr/Mediatheque/illustrations/la-part-deau-douce-sur-terre

⇒ Source d'eau potable / consommable par les organismes vivants (animaux ET végétaux) !

Or Assèchement, salinisation, pollution, surutilisation => raréfaction, déshydratation et intoxication !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Eau douce : source d'eau potable consommable par les organismes vivants (animaux ET végétaux)

Or assèchement/aridification (sol imperméable aux filtrations) et désertification !



Source d'eau potable / consommable par les organismes vivants (animaux ET végétaux) !

Or désertification en progression à l'échelle mondiale !

https://wad.jrc.ec.europa.eu/geoportal

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Assèchement/aridification et désertification qui se traduisent par :

- 100 km supplémentaires de désert en Asie sur 40 ans
- L'extension du Sahara (+10% en 1 siècle)
- Une menace grandissante en Europe (notamment sur le pourtour méditerranéen)
- Rapport FAO : 1/3 des terres arables mondiales menacées de disparaitre

Causes principales : changements d'affectation des sols (déforestation, pratiques agricoles,…), réchauffement climatique (sécheresse), salinisation

Le progrès de l'aridification et de la désertification se traduit par une **augmentation de la surface déserte en Asie (+ 100 km en 40 ans)**, une sensibilité accrue à la désertification sur le pourtour méditerranéen et par **l'extension du Sahara (+10% en 1 siècle).**

En somme, selon la FAO (ONU pour l'alimentation et l'agriculture), depuis 2015, **1/3 des terres arables sont menacées de disparaitre dans le monde** !

Sources :

https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9sertification

https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/desertification-33-2018/fr/

https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-aridification-desert-gagne-100-km-asie-40-ans-99829/

https://www.nouvelobs.com/planete/20180802.OBS0450/changement-climatique-les-deserts-s-etendent-et-voici-pourquoi-c-est-grave.html

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Salinisation de l'eau douce (20% d'origine anthropique), due à :

- Une irrigation trop abondante / un mauvais drainage qui fait ruisseler les sels minéraux présents dans l'eau en profondeur (après évaporation, les sels minéraux restent piégés dans le sol)
- Exploitation de mines de sel ou de potasse
- Sel de déneigement
- défrichage



Salinisation due à :

- une irrigation trop abondante / un mauvais drainage : ruissellement des sels minéraux présents dans l'eau en profondeur, qui s'y retrouvent piégés après évaporation, ou encore une saturation en eau en profondeur qui a pour conséquence de faire remonter les sels à la surface.
- Le défrichage : l'eau n'est plus absorbée par la végétation primitive => saturation de l'eau en profondeur => les sels remontent à la surface
- L'exploitation de mines de sel ou de potasse qui par lessivage se retrouvent dans des nappes connectées à des terres cultivables
- Le sel de déneigement

Sources : https://fr.wikipedia.org/wiki/Salinisation#cite_note-Dengler2018Science-17

https://www.aquaportail.com/definition-5313-salinisation.html

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Conséquences de la salinisation de l'eau douce :

- le phénomène d'osmose empêche l'absorption de l'eau salée par capillarité => déshydratation des plantes

- Chez l'Homme, trop de sel = problèmes cardiovasculaires et de tension artérielle, déshydratation par élimination du sel en excès (via l'urine)



Conséquences de la salinisation :

– pour bon nombre de plantes, le phénomène d'osmose empêche l'absorption de l'eau salée par capillarité, ce qui engendrerait leur déshydratation ;
– pour l'Homme, trop de sel peut provoquer des problèmes de tension artérielle et cardiovasculaires, mais aussi, par élimination du sel en excès dans le corps (via l'urine), la déshydratation.

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Assèchement, mais ce n'est pas tout…

- Pollution d'eau douce (pesticides, médicaments, nitrates et phosphates, métaux lourds, microplastiques,…)
- Surexploitation / gaspillage de l'eau (mégabassines, greens, piscines,…)



Raréfaction (alimentation,…), déshydratation et intoxication !

Ce n'est malheureusement pas tout ! En plus de la salinisation et de la désertification des terres, l'eau douce est :

- Polluée par tout un tas de substances nocives (médicaments, pesticides, nitrates, métaux lourds, microplastiques,…) qu'il est parfois difficile de filtrer mais surtout, qu'il est extrêmement difficile de tracer pour éviter toute contamination ! (voir limite liée aux entités nouvelles)

- Surexploitée et gaspillée à travers des usages totalement superflus voire grotesques (cf. les mégabassines par exemple, ou encore la surexploitation des nappes aquifères par Vittel pour maximiser leur taux de profit)

En conséquence de quoi, l'eau douce se raréfie (Van Damme n'avait peut-être pas si tort que ça !) ce qui pourrait compromettre les rendements agricoles et notre accès à l'eau, la déshydratation par salinisation et l'intoxication via toutes les substances polluantes qui s'y retrouvent !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Source : Greenpeace

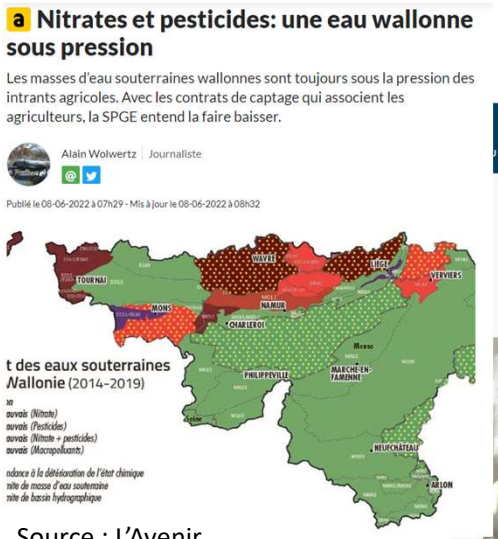




https://www.greenpeace.fr/mega-bassines-pourquoi-opposer/

https://www.rts.ch/info/monde/10312336-nestle-waters-est-accuse-dassecher-la-region-de-vittel-en-france.html

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation



Source : L'Avenir

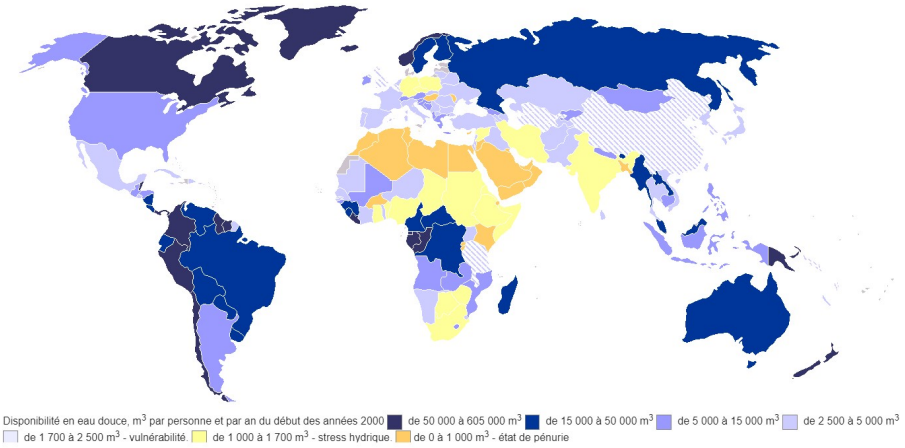


https://www.lavenir.net/actu/belgique/2022/06/08/nitrates-et-pesticides-une-eau-wallonne-sous-pression-Q5UTN5TF5BDD5KZMTOHBNSU7GM/ (8/06/2022)

https://www.rtbf.be/article/secheresse-19-communes-wallonnes-en-restriction-de-la-consommation-deau-15-sont-en-surveillance-particuliere-11047110 (12/08/2022)

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Augmentation des régions vulnérables au manque d'eau douce



crises d'approvisionnement en eau potable

dans 33 pays d'ici à 2040 !

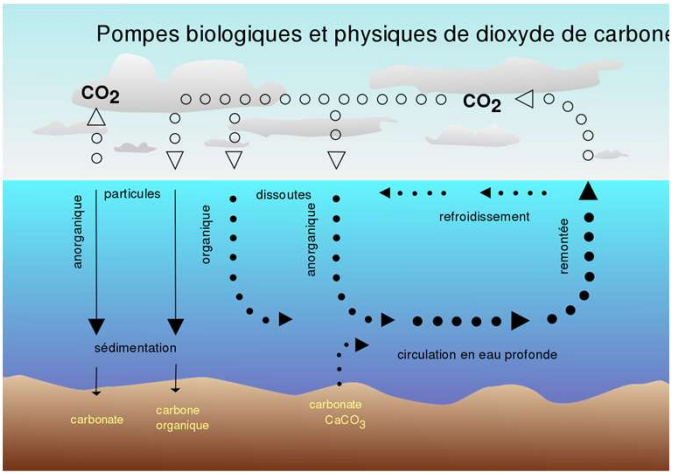
Ces problèmes liés à l'eau sont donc une menace pour l'Homme mais aussi le reste du vivant ! Déjà depuis le début des années 2000, beaucoup de régions sont vulnérables face à un manque d'eau douce, comme on peut le voir ici. L'Institut des Ressources Mondiales estime par ailleurs que **33 pays vont affronter des crises d'approvisionnement d'eau potable d'ici à 2040**.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_douce

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans : ça sent aussi le roussi…

Océan = puits de carbone (1/4 à 1/3 des GES émis par l'Homme captés)



Rôles des océans : redistribution de la chaleur du système terrestre, captation du CO2

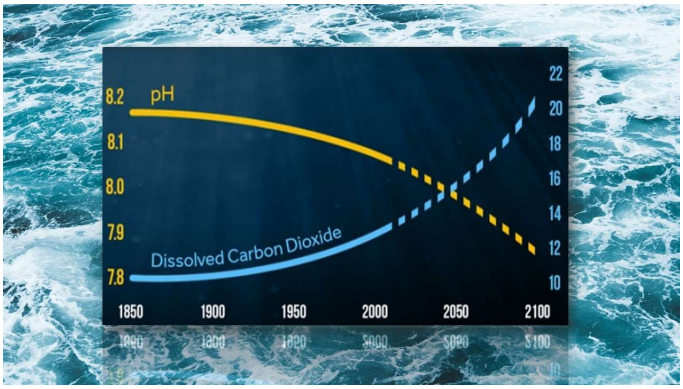
On estime aujourd'hui qu'un quart (voire 1 tiers) des Gaz à Effet de Serre (GES) émis par l'Homme sont absorbés par les océans [26].

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_du_carbone_oc%C3%A9anique

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans : ça sent aussi le roussi…

<u>augmentation de la concentration en CO2</u> dans l'atmosphère et donc, du CO2 dissous dans les océans !



Source : RTS.ch

Rôles des océans : redistribution de la chaleur du système terrestre, captation du CO2

On estime aujourd'hui qu'un quart (voire 1 tiers) des Gaz à Effet de Serre (GES) émis par l'Homme sont absorbés par les océans [**[26]**].

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_du_carbone_oc%C3%A9anique

https://www.rts.ch/meteo/10298400-les-oceans-absorbent-plus-de-co2-mais-a-quel-prix.html?fbclid=IwAR38q-NHY6rYKbs4ngRUTW6m9kFVVV-LpStODkr394906BO1XP4aVk5DYL4

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans :

↗ du CO2 atmosphérique = plus de CO2 à capter = ***augmentation du CO2 dissous dans les océans***

ACIDIFICATION DES OCÉANS

A cause de l'augmentation des GES dans l'atmosphère, les océans ont absorbé davantage de CO2 => ACDIFICATION (baisse PH eau).

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans :

Plus de CO_2 dissous entrainant une baisse du PH de l'eau :

$(CO_2)_{gaz} \rightarrow (CO_2)_{dissous}$

$(CO_2)_{dissous} + H_2O \rightarrow (H_2CO_3)$ (acide)

$(H_2CO_3) \rightarrow 2\,H^+ + (HCO_3)^-$

$H^+ + (CaCO_3)_s \rightarrow (HCO_3)^- + Ca^{2+}$

Dégradation du carbonate de calcium en milieu acide

Baisse du PH => décomposition du carbonate de calcium => dégradation des coquilles => espèces à coquille plus vulnérables !

ACDIFICATION (baisse PH eau).

L'acidification survient par réaction du CO_2 dissous, qui forme dans l'eau de l'acide carbonique. Celui-ci, très instable, se sépare en l'hydrogénocarbonate et en ions hydrogène qui réagissent alors avec le carbonate de calcium.

Il en résulte une décomposition du carbonate de calcium, qui se traduit par la dégradation des coquilles des mollusques, des coraux etc., les rendant plus vulnérables.

L'acidification des océans a donc un impact direct sur la biodiversité !

Cependant, à cause du réchauffement climatique la tendance ne tardera pas à s'inverser car : réchauffement des océans => moins de capacité à absorber le CO_2 => plus de réchauffement climatique => plus de réchauffement des océans etc.

=> EMBALLEMENT

Conséquences acidification : dissolution des coquilles des mollusques marins, coraux… **Pour un réchauffement climatique de +1.5°C, 99% des récifs coraliens seraient condamnés (et avec eux, les 25% de biodiversité marine qui en dépendent)** [28] !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans : impact sur la biodiversité marine !

<u>99% des récifs coraliens sont d'ores et déjà condamnés</u> (et avec eux, les 25% de biodiversité marine qui en dépendent) …



Conséquences acidification : dissolution des coquilles des mollusques marins, coraux…

Pour un réchauffement climatique de +1.5°C, 99% des récifs coraliens seraient condamnés (et avec eux, <u>les 25% de biodiversité marine qui en dépendent</u>) [28] !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Acidification des océans : impact sur la biodiversité marine !

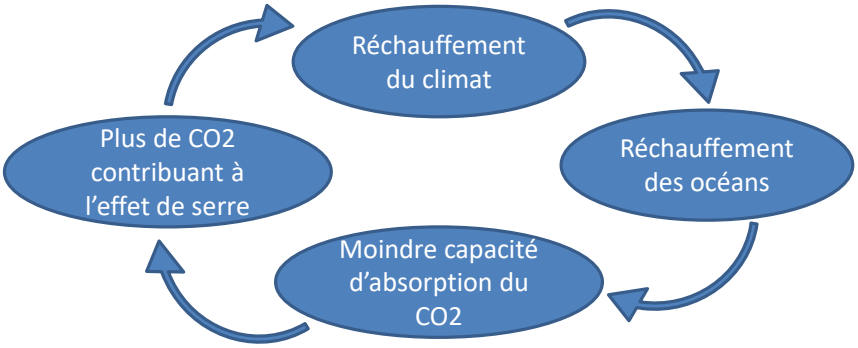
<u>99% des récifs coraliens sont d'ores et déjà condamnés</u> (et avec eux, les 25% de biodiversité marine qui en dépendent) …



Autant dire que c'est déjà acté, puisque selon le GIEC le GIEC, si d'ici 2025 nous n'avons pas commencé à baisser les émissions mondiales de 7 à 8% par an, nous aurons quoi qu'il arrive 1,5°C de réchauffement !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Réchauffement des océans : moins de capacité à absorber le CO2 !!!



Boucle de rétroaction positive !

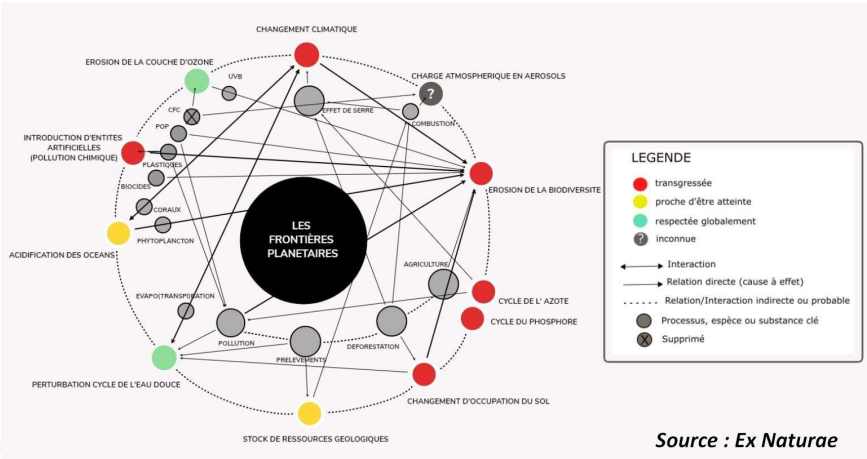
De plus, **à mesure que les océans se réchauffent à cause du dérèglement climatique, l'océan risque d'être de moins en moins capable d'absorber le CO2 (en effet, la dissolution du CO2 est plus efficace en eaux froides).**

Or, si les océans ont une moindre de capacité à absorber le CO2, alors nous aurons d'autant plus de CO2 qui participera à l'effet de serre, c'est-à-dire plus de réchauffement climatique, qui à son tour nous conduira à une moindre capacité des océans à absorber le CO2, etc.

=> EMBALLEMENT, boucle de rétroaction positive !!!!

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

La chute de la biodiversité entraine des perturbations en cascade ! Idem climat, cycles biogéochimiques,…



Source : Ex Naturae

Problématique systémique

Le concept de rétroaction peut notamment s'illustrer via le réchauffement du climat.

Nous venons de voir que plus de réchauffement entrainera des bouleversements au niveau des cycles biogéochimiques, de la fertilité des sols, de la biodiversité et de l'adaptabilité des espèces, etc. En outre, si l'on vient modifier des paramètres qui jouent un rôle fondamental dans la stabilité de la biosphère, alors peuvent s'ensuivre d'importants bouleversements à l'échelle du système Terre.

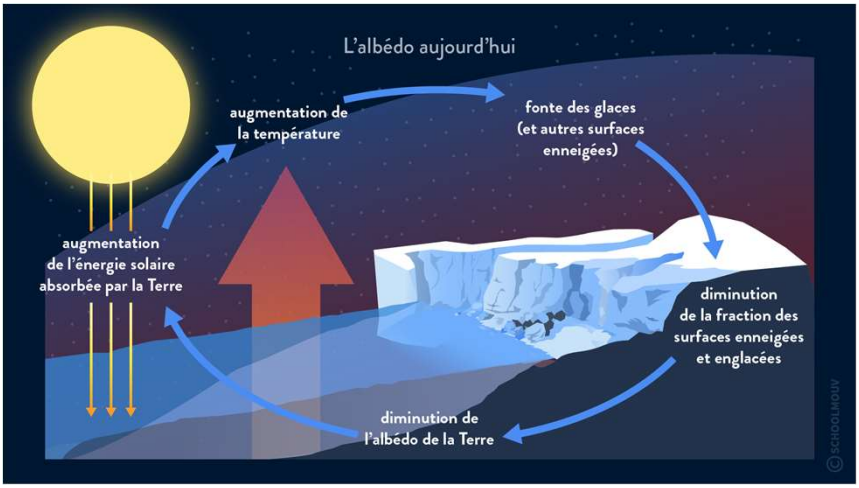
Or, si le système Terre change, alors les paramètres qui le caractérisent évoluent également. En d'autres termes, chaque perturbation qui affecte un facteur clé de la biosphère est susceptible d'altérer d'autres paramètres clés, qui à leur tour vont aussi implémenter des bouleversements sur les autres paramètres. Il en résulte alors des phénomènes en cascade qui peuvent, au-delà de certains seuils, générer un emballement, c'est-à-dire un basculement intégral du système Terre. On appelle ces seuils des **points de bascule**.

Dépasser les limites planétaires crée donc une **problématique systémique** : si on déclenche des points de bascule, alors on amplifie les phénomènes qui leur ont donné naissance jusqu'à une nouvelle situation, un nouvel état potentiellement bien différent de l'état de départ, un peu comme une **réaction en chaine** !

Respecter les limites planétaires pour éviter ces instabilités et conserver des conditions de vie, d'habitabilité commodes est donc essentiel ! Mais aujourd'hui, c'est très loin d'être le cas…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Exemple de point de bascule : la fonte du pergélisol



Un exemple particulièrement éloquent de point de bascule entrainant des changements irréversibles est la fonte du permafrost (ou pergélisol en français) due au réchauffement climatique :

Si les glaciers fondent plus vite, la surface réfléchissante diminue car l'eau a une capacité d'absorption des rayonnements solaires plus importante que la glace. Il en résulte ainsi une diminution du pouvoir réfléchissant des glaciers (qu'on appelle aussi albedo), un réchauffement des glaciers et donc une suraccélération de leur fonte. Or, si moins de glace, alors la Terre reçoit plus d'énergie => plus de réchauffement du climat !

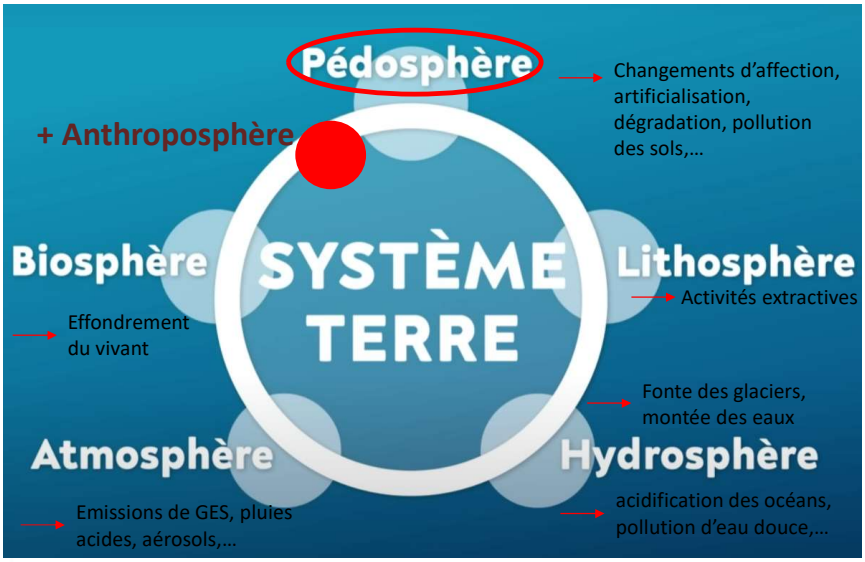
Qui plus est, le pergélisol renferme tout un tas de bactéries et plantes issues des ères géologiques précédentes : en plus de voir son albedo diminuer suite à sa fonte, la dégradation de la couverture végétale par ces mêmes bactéries émettrait de colossales quantités de CO_2 dans l'atmosphère, renforçant ainsi l'effet de serre et donc le réchauffement climatique responsable de cette fonte [34] ! Se pose aussi la question d'anciens virus qui, libérés dans l'environnement d'aujourd'hui, déclencheraient des zoonoses potentiellement dramatiques !

Les points de bascule correspondent donc à ces moments critiques où des phénomènes renforçant les origines de leur apparition se manifestent, constituant des boucles de rétroaction mais surtout, des instabilités majeures avec l'impossibilité de revenir à l'état de départ [35]. A ce stade, les chercheurs ont identifié 16 points de bascule, et estiment que 5 d'entre eux sont sur le point d'être atteints. N'est-il pas urgemment temps d'arrêter le massacre ?!

Source : https://mrmondialisation.org/les-ecosystemes-terrestres-au-bord-du-basculement/?fbclid=IwAR2dWM1T7rSEkuLWbRJUe3LkQhg8J_3fdMnUSCsN45SLrrxIMkam-_kCRAw

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Pour résumer :



(Source : Arthur Keller)

Comme nous l'avons vu dans cette partie, (presque) toutes les composantes du système Terre sont affectées par nos activités humaines produites par notre monde humain, à savoir l'anthroposphère. Or, toutes ces perturbations du système Terre dont nous sommes les auteurs, vont immanquablement finir par avoir un impact sur l'anthroposphère elle-même…

En altérant profondément le système Terre dans lequel nos systèmes socio-économiques dépendent, si nous ne réagissons pas rapidement pour que nos activités soient soutenables (ce qui impliquera forcément d'adapter profondément nos manières de produire/consommer, nos comportements, notre rapport à la Nature et à nos semblables,…), si nous ne nous adaptons pas volontairement aux limites biophysiques qui s'imposent à nous, celles-ci finiront par bouleverser quoi qu'on fasse nos sociétés, et très probablement dans le chaos et la douleur puisque nous n'aurons pas su implémenter les changements structurels nécessaires !

Rappelons que nous sommes déjà en régime d'instabilité : le réchauffement climatique est déjà acté, nous avons déjà éradiqué les 2/3 des mammifères sauvages, désertifié certaines zones etc. mais nous pouvons encore stopper l'hémorragie et nous préparer aux chocs liés à ces bouleversements ! Nous avons donc encore le choix :

- soit de nous adapter dès maintenant, dans l'anticipation, la préparation, la planification et dans une certaine sérénité, le mieux possible ;
- soit de nous adapter dans l'impréparation, l'urgence, le chaos, l'anomie, et potentiellement dans un mauvais état d'esprit / en adoptant les mauvais réflexes !

Pour l'instant, avec tout ce qu'on a vu ensemble jusqu'à présent, inutile de préciser que nous adoptons la seconde option…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Seule 5% de la surface terrestre reste inaltérée par l'Homme

Des chercheurs ont analysé l'impact de l'être humain sur la planète. Seules les terres en altitude, inaccessibles, sont intactes.

(Source : Le HuffPost)

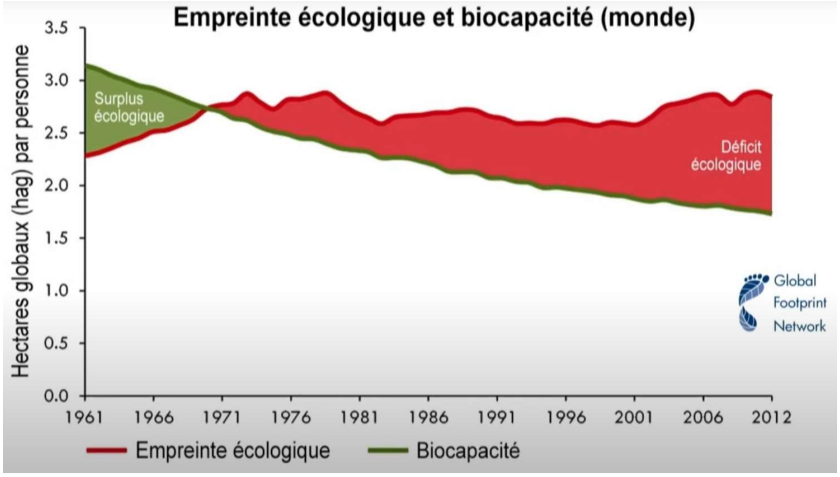
https://www.huffingtonpost.fr/science/article/seule-5-de-la-surface-terrestre-reste-inalteree-par-l-homme_138282.html

Nous sommes dans l'ère de l'Anthropocène : une ère où les activités humaines détruisent les conditions de vie sur Terre !

Mais pas n'importe quelles activités : des activités découlant d'un système économique, d'un modèle de société basé sur la croissance et le capitalisme => précisons donc et parlons de capitalocène !!!!

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Pour résumer :



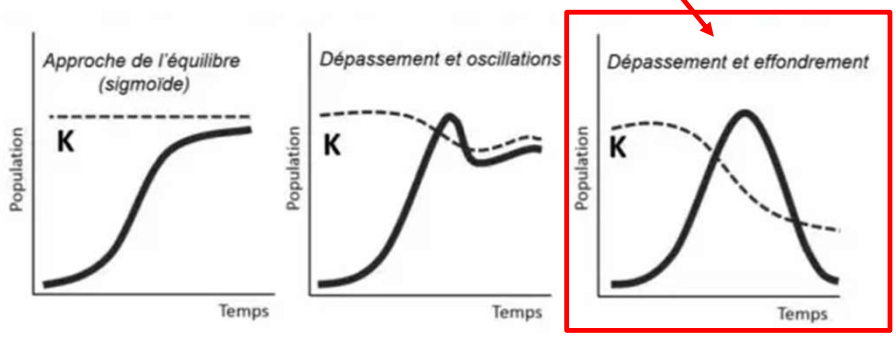
Biocapacité = capacité de charge des écosystèmes

Plus la charge écologique dépasse la biocapacité, plus elle altère cette dernière et plus les transformations à effectuer pour repasser sous la courbe verte seront importantes et drastiques… Encore une fois, que nous le voulions ou non !

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Pour résumer :

Dynamique la plus plausible



Servigne & Stevens, 2015

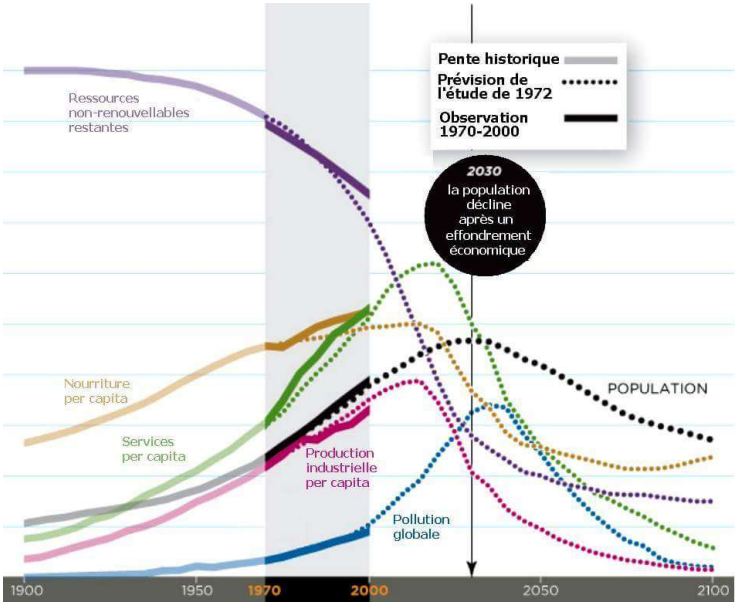
Effondrement possible de l'anthroposphère suite à une dégradation trop importante de la biosphère !

Cf. la dynamique des systèmes : si les paramètres d'entrée d'un système le placent en régime d'instabilité, celui-ci finit par se stabiliser/se réorganiser autour d'un état bien différent de l'état de départ (rupture avec l'état initial). Or il se trouve que les paramètres d'entrée correspondent à l'anthroposphère, qui dépend du système Terre => les deux systèmes étant interdépendants, si mon système Terre change d'état, alors idem pour l'anthroposphère !

« chaque année de retard dans la mise en application vers la transition pour un équilibre soutenable réduit l'attractivité des compromis et des choix qui seront possibles après que la transition ait été achevée » *Denis Meadows et al., 2004 dans "Les limites à la croissance (dans un monde fini)"*

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Rapport Meadows, 1972 :



Cette dynamique effondriste, des suites d'un surdépassement écologique, alarmait déjà nombre de scientifiques à la fin des années 1960. Fut donc créé à cette époque un groupe de réflexion, le « Club de Rome », qui se donne pour mission de traiter **les problèmes complexes** et enjeux majeurs auxquels les sociétés humaines sont confrontées.

Dans ce cadre, ce groupe **commande un rapport afin de faire un espèce d'état des lieux** des ressources disponibles et des impacts des activités humaines sur la planète, le fameux « Rapport Meadows » publié en 1972.

Le rapport présente les résultats d'une modélisation simplifiée du système Terre en faisant varier toute une série de paramètres relatifs aux activités humaines et à leurs impacts.

Au total, 12 scénarios sont retenus, et parmi ceux-ci, on retiendra notamment le scénario dit « standard » que l'on peut voir ici, et qui annonce un déclin de la population et des ressources vers le milieu du XXIe siècle !

« *Aujourd'hui, 50 ans plus tard, un certain nombre d'instituts de recherche indépendants ont comparé nos scénarios à l'Histoire, et ont conclu que notre scénario dit standard correspond en fait assez bien à ce qui s'est passé jusqu'à présent* » (Dennis Meadows)

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Des décennies d'alertes scientifiques n'ont pourtant pas suffi…
Désinformation, lobbies, politiques économiques agressives,…



https://www.rtbf.be/article/changements-climatiques-depuis-50-ans-le-groupe-petrolier-total-etait-au-courant-mais-il-a-entretenu-le-doute-10863753

Malgré le rapport Meadows et la ribambelle de travaux de recherche qui ont suivi, nous avons continué d'accélérer vers l'impasse écologique… alors qu'on savait ! Mais les marchands de doutes sont passés par là et ont utilisé tous les moyens à leur disposition pour perpétuer le « business as usual » dans le cynisme le plus total !

En première ligne : les acteurs principaux de l'industrie pétrolière, qui ont produit quantité d'études en interne pour confirmer que les hydrocarbures brûlés par nos sociétés humaines renforçaient l'effet de serre et donc, entrainaient un réchauffement global…

A l'époque, certains scénarios sur l'évolution du réchauffement climatique mentionnaient la possibilité d'un réchauffement de plusieurs degrés d'ici la fin du XXIe siècle ! Des archives provenant par exemple d'Exxon, **prédisaient un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie**, ce qui correspond au rythme actuel (env. +3°C d'ici 2100) !

https://www.geo.fr/environnement/exxonmobil-ce-geant-petrolier-disposait-de-previsions-exactes-sur-le-rechauffement-climatique-il-y-a-40-ans-213227

Cet épisode n'est pas sans rappeler les actions coup de poing menées par l'industrie du tabac pour semer le doute sur la toxicité de la cigarette…

Bilan écologique (désastreux) de notre civilisation

Malgré ce constat, on n'a pas encore saisi la vraie nature du probème :

« *On est dans une démarche d'éradication de tout ce qui fait sens du vivant par rapport à une machine (…) Le problème n'est pas tant que le situation actuelle ne soit pas tenable, mais que ce soit intrinsèquement de la merde* »

« *Le problème, ce ne sont pas les externalités négatives, c'est la finalité* »

(Aurélien Barrau)



« *On est dans une démarche d'éradication de tout ce qui fait sens du vivant par rapport à une machine (…) Le problème n'est pas tant que le situation actuelle ne soit pas tenable, mais que ce soit intrinsèquement de la merde* »

https://www.youtube.com/watch?v=MuwDNChAvHE

Partie 2 :
Nos sociétés, une affaire d'énergie et de transformations

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Économie = ensemble des activités sociales qui produisent les biens et services nécessaires à la population



Commençons cette présentation par un état des lieux. Cette salle, ce lieu, tous les objets qui vous entourent, ce que vous portez… Toutes ces choses ont été fabriquées par des humains. On peut les résumer comme étant des biens et services qui répondent à des besoins, des envies et des désirs exprimés dans nos sociétés humaines.

Certains besoins sont superflus, d'autres essentiels,… nourris collectivement ou individuellement. On peut même, dans certains cas, y répondre de plein de manières différentes. Mais ils ont tous quelque chose en commun : leur réponse découle des activités humaines.

On peut donc voir notre économie comme **l'ensemble de ces activités, qui produisent les biens et services nécessaires ou encore désirés par la population**.

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Les biens et services découlent d'une transformation de matières premières



Or, **nos biens et services proviennent pour la plupart de matières premières transformées**. Aujourd'hui, l'immense majorité de ces transformations sont réalisées à l'aide de machines.

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Quelques exemples de machines :








Certains de ces appareils sont facilement substituables… D'autres moins ! On peut se passer d'une friteuse si on mange rarement des frites ou si on opte pour d'autres techniques de cuisson.

Par contre, se passer des camions et des voitures, cela semble déjà un peu plus compliqué…

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Sans le savoir… nous revêtons chaque jour un costume d'Iron Man !



(Extrait de la BD de Jean-Marc Jancovici et Christophe Blain)

Ainsi, dans notre civilisation thermo-industrielle, les machines ont « pris le pouvoir », au sens qu'**elles sont devenues omniprésentes**. Notre économie est extrêmement dépendante de ces machines car sans elle, la majorité des biens et services que nous connaissons et sur lesquels elle repose, ne pourraient être garantis !

Si demain il y avait moins de machines pour quelque raison que ce soit, il y aurait moins de biens et services produits. On en verra les conséquences plus loin pour **notre économie, qui n'a pas été « designée » pour cela**...

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Comme nous… les machines ont besoin de « manger » pour fonctionner. Cette nourriture, c'est une ***source d'énergie***

Vent →  → électricité

Soleil →  → chaleur

Carburant →  → mouvement

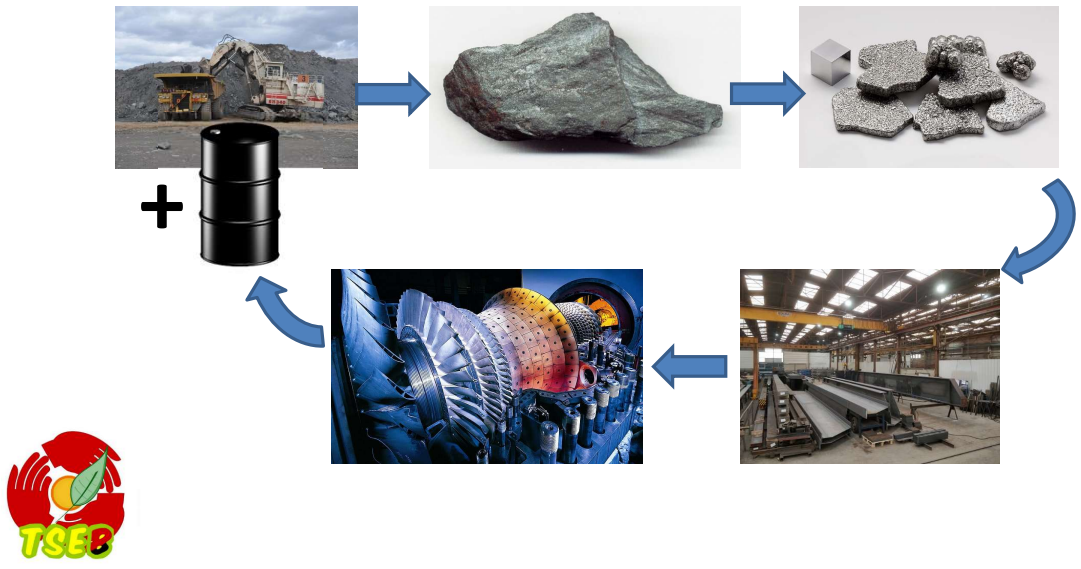
Tout comme nous, les machines ont besoin de nourriture, d'un carburant, ou pour le dire autrement, d'une source d'énergie (ressources fossiles, vent, soleil, chaleur terrestre,...).

Les sources d'énergie proviennent directement de notre environnement, qui fait lui-même partie de la Nature. Pour les obtenir, les sociétés humaines doivent donc interagir avec elle !

Notre économie est donc en constante interaction avec la Nature, et plus encore, nos sociétés humaines dépendent d'elle !

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Mais pour fabriquer ces machines, il faut aussi des matières premières et des sources d'énergie !



Mais **pour fabriquer ces machines, il faut aussi des matières premières et des sources d'énergie** !

Pour faire des machines il faut de l'acier ;

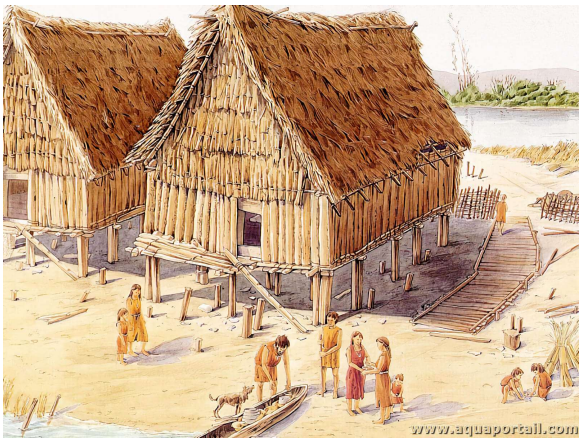
pour faire de l'acier il faut du fer et donc extraire du minerai de fer ;

pour extraire du minerai de fer il faut… des machines et du carburant !

Et ainsi de suite…

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Nous avons connu un monde sans machines… où tout était extrait, transformé et produit à la main ! (-6000 av. J-C)



Pas de machines, pas de palais… Pas de palais, pas de palais !

Sans les machines, nous produisions nos biens et services… avec nos muscles !

Les machines ont progressivement permis de remplacer nos muscles, ce qui nous a permis de focaliser le travail humain sur autre chose (la conception et l'utilisation des machines, l'organisation de l'économie, la recherche, la médecine,…)

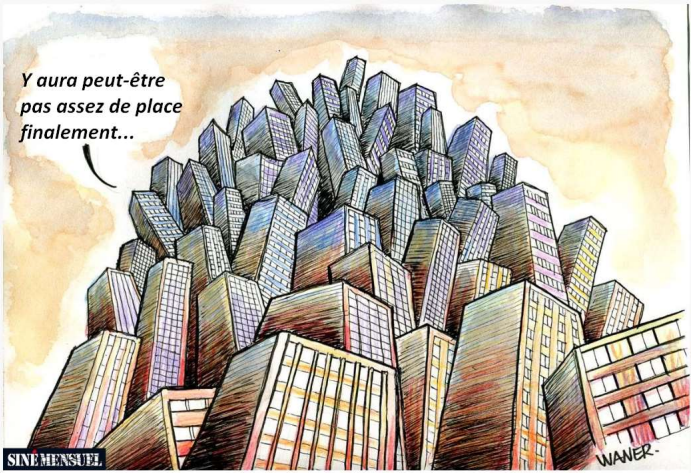
⇒ **Les machines ont démultiplié le travail humain !**

Pour reprendre la célèbre expression d'Amonbofis dans Astérix Mission Cléopâtre : Pas de machines, pas de palais… Pas de palais, pas de palais !

Comme dirait Amonbofis dans Astérix Mission Cléopâtre : « Pas d'pierre, pas d'construction. Pas d'construction, pas d'palais. Pas d'palais... pas d'palais.

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Sans machines, il faudrait 1600 milliards d'esclaves pour produire l'ensemble des biens et services de l'humanité d'aujourd'hui ! Un problème de taille (mais pas que…)



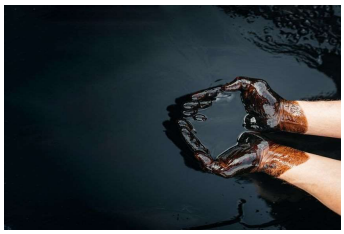
A l'échelle mondiale, si nous nous retrouvions demain matin sans machines, il faudrait en moyenne **l'équivalent de 200 esclaves par personne pour développer la même puissance que ces machines** et conserver le même niveau de vie moyen ; **dans les pays dits « riches », on grimperait même à environ 500 - 600 esclaves** !

Au total, sans machines, il faudrait grosso modo 1600 milliards d'humains supplémentaires pour assurer l'ensemble des biens et services que l'humanité produit aujourd'hui !

Source : https://jancovici.com/wp-content/uploads/2020/07/Jancovici_Mines_ParisTech_cours_1.pdf

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Pour faire tout plein de machines qui produisent plein de trucs « à notre place », il faut à sa disposition une source d'énergie abondante qui s'extrait et se transforme « facilement »







Pour faire tout plein de machines qui produisent plein de trucs « à notre place », il faut à sa disposition une source d'énergie abondante, qui s'extrait et se transforme « facilement » : les sources d'énergie fossile !

Pour rester dans le thème d'Astérix, **les énergies fossiles sont donc une sorte de potion magique. Sans elles, toute notre civilisation thermo-industrielle n'aurait jamais pu exister**, ainsi que son parc de machines qui va avec ! Dans ces conditions, on comprend mieux pourquoi le pétrole est qualifié d'or noir…

En définitive, **l'énergie est véritablement le sang de notre économie : moins d'énergie, c'est moins de machines fonctionnelles et donc moins de biens et de services** !

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Il existe aussi d'autres sources d'énergie, plus diffuses sur lesquelles se sont construites les civilisations passées : les énergies renouvelables





Les énergies fossiles, elles, sont non renouvelables. Mais est-ce un problème ?

Bien que les ressources fossiles ne soient pas les seules sources d'énergie, elles sont beaucoup plus concentrées : **à même quantité, elles permettent de produire davantage**.

Avant la découverte et l'utilisation à grande échelle des énergies fossiles, il existait déjà des machines mais beaucoup moins puissantes… qui fonctionnaient notamment au vent, au soleil et au charbon de bois ! Et c'est sur base de ces machines que la civilisation précédente s'est notamment développée.

L'avantage de ces sources d'énergie est qu'elles sont renouvelables : **par rapport aux échelles de temps humaines, elles se reconstituent plus ou moins rapidement**, contrairement aux énergies fossiles.

Est-il problématique que les énergies fossiles soient non renouvelables ?

Nos sociétés, affaire d'énergie et transformations

Si non renouvelables, alors les stocks peuvent potentiellement s'épuiser s'ils sont trop sollicités !

Problème : si la taille de l'économie grossit sans arrêt (taille population, nb activités,…), alors toujours plus de machines et donc de ressources => **assez de stocks pour durer** ?



Les énergies non renouvelables sont donc des énergies dont les stocks ne se renouvellent que très lentement.

En effet, il faut des dizaines, voire centaines de millions d'années pour que les résidus organiques, au fil du temps profondément enfouis sous terre (notamment par déplacement des plaques tectoniques) ne soient, sous l'effet de la pression et de la température, transformés en pétrole, gaz et charbon.

Le temps de régénération de ces ressources est donc infiniment plus grand que le temps d'une société humaine. Pour le dire autrement, les ressources fossiles que l'on extrait actuellement ne se reformeront que des millions d'années après notre existence… c'est-à-dire jamais de notre vivant !

N.B. : les ressources fossiles ne sont pas les seules ressources non renouvelables. Les minerais, le sable, les produits carriers,… sont autant de matières premières qui ne se renouvellent pas dans des échelles de temps « humaines » !

Séance 2 : caractère inapproprié du système régissant l'anthroposphère contemporaine



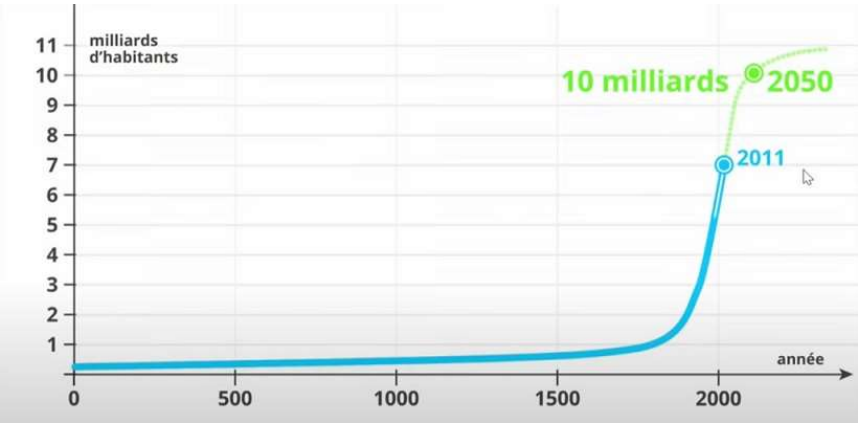
Pourquoi n'arrivons-nous pas à revenir dans les limites ?

Est-ce que les propositions de transformation, conformes aux règles de bonne pratique ainsi qu'au cadre qui s'imposent actuellement dans nos sociétés, ont le potentiel de nous remettre sur les rails ?

Partie 3 :
Altius, citius, fortius ?

Altius, citius, fortius ?

Évolution de la population depuis le début de la Révolution industrielle



Au niveau mondial, **la population humaine est passée de 1 milliard d'individus il y a 2 siècles à 8 milliards récemment**. Il a pourtant fallu des millénaires pour passer de 50 à 100 millions d'individus à 1 milliard !

Cependant, la plupart des pays dans le monde sont déjà en transition démographique, et **la population mondiale ne devrait pas dépasser 10 à 11 milliards d'habitants d'ici 2100**. La taille de la population mondiale arrive donc à la fin de sa fulgurante croissance.

La raison principale de cette augmentation ? **Les conditions de vie dans les sociétés humaines qui se sont améliorées, surtout dans les pays dits industrialisés**… **notamment grâce à la démultiplication du travail humain, qui a permis de se focaliser sur d'autres activités** (recherche fondamentale, médecine,…).

Malgré tout, pour des raisons essentiellement politiques, les conditions de travail y étaient très difficiles, et il fallut de nombreuses luttes sociales avant que la plupart des travailleurs ne bénéficient un peu plus décemment du fruit de leur travail !

Il y a deux siècles donc, on pouvait encore croire que produire plus pouvait potentiellement être synonyme de mieux… Mais l'on peut se demander si c'est véritablement le cas encore aujourd'hui (nous verrons que non).

Altius, citius, fortius ?

Consommation de matière galopante :

- Roches et minéraux (sable et granulats, calcaire, argile,…)
- Minerais (fer, cuivre, aluminium,…)
- Biomasse (bois, produits agricoles,…)
- Combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon)
- …

crise du sable (béton, verre, électronique,…) et des granulats, calcaire, argile,….

Et comme on l'a vu précédemment, la consommation matérielle croit plus vite que la croissance démographique !

Altius, citius, fortius ?

<u>En particulier, consommation effrénée du sable</u> (béton, verre, électronique,…) et des granulats !

3e ressource la plus utilisée après l'air et l'eau ! **30 Gt/an** (x2 2060 !!!)



Pourrait doubler d'ici à 2060 !

Sources :

https://controverses.minesparis.psl.eu/public/promo15/promo15_G5/www.controverses-minesparistech-1.fr/_groupe5/un-point-dentree-dans-une-problematique-mondiale/la-ressource-sable-dans-le-monde-vers-lepuisement/index.html

https://reporterre.net/Le-sable-une-ressource-en-voie-d-epuisement

https://www.oecd.org/fr/environnement/l-utilisation-de-matieres-premieres-devrait-doubler-d-ici-2060-ce-qui-aura-de-graves-repercussions-sur-l-environnement.htm

https://multinationales.org/fr/enquetes/vers-une-relance-miniere-en-france/l-exploitation-industrielle-du-sable-une-nouvelle-menace-pour-le-littoral#:~:text=On%20s'en%20sert%20pour,les%20plages%20reculent%2C%20voire%20disparaissent.

Altius, citius, fortius ?



Source : Reporterre



Le sable est une ressource si précieuse qu'il est existe une véritable MAFIA du sable à travers le monde !!!

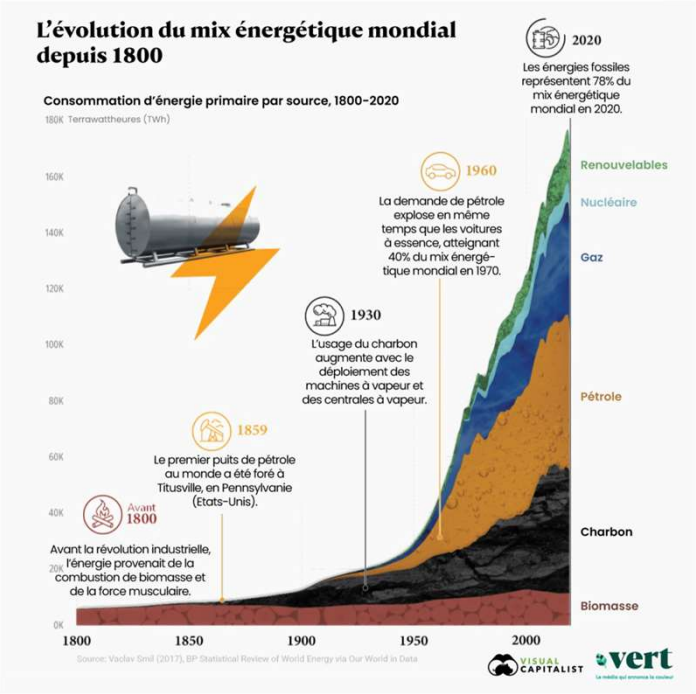
Source : https://reporterre.net/Le-sable-une-ressource-en-voie-d-epuisement

RAPPEL : sable ressource finie, dont une faible partie seulement est exploitable !!!!

Aujourd'hui, on doit même creuser dans l'océan pour en trouver assez !!!! Conséquence : **entre 75 et 90% des plages reculent** (érosion des littoraux) !

https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-sable-ademe/

Altius, citius, fortius ?



Mécaniquement, l'augmentation de la taille de la population mondiale a donné lieu à une augmentation de la consommation d'énergie. On peut remarquer sur la figure suivante que c'est véritablement à partir de l'exploitation à l'échelle industrielle des énergies fossiles (à commencer par le charbon) que la consommation d'énergie s'est mise à croitre de façon exponentielle.

On peut également remarquer une augmentation de la production des énergies dites renouvelables (hydroélectricité, éoliennes, panneaux photovoltaïques) à partir des années 1960, ainsi que du nucléaire sur la même période.

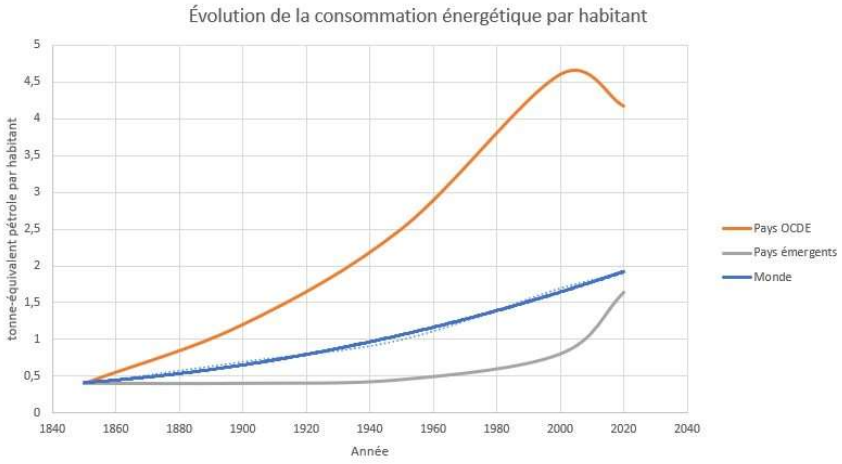
Malgré toutes ces augmentations observées, on utilise à peu près autant de biomasse qu'il y a 2 siècles, et les énergies dites renouvelables sont très loin d'avoir remplacé les énergies fossiles jusqu'à présent.

En réalité, toutes ces énergies s'additionnent : **on consomme toujours plus de pétrole, de gaz, de charbon,… bref, toujours plus de tout !**

80% du mix énergétique mondial ce sont les énergies fossiles => dépendance vis-à-vis des ressources fossiles plus que confirmée !

Altius, citius, fortius ?

Évolution de la consommation d'énergie mondiale par habitant depuis le début de la Révolution industrielle



Cependant, comme on peut le voir ici sur la courbe bleue, la consommation d'énergie par habitant est, à l'échelle mondiale, en augmentation.

Cela signifie que non seulement **la consommation d'énergie dans le monde a augmenté parce que nous sommes plus nombreux, mais aussi parce qu'en moyenne, chaque habitant consomme 3x plus qu'il y a 100 ans**.

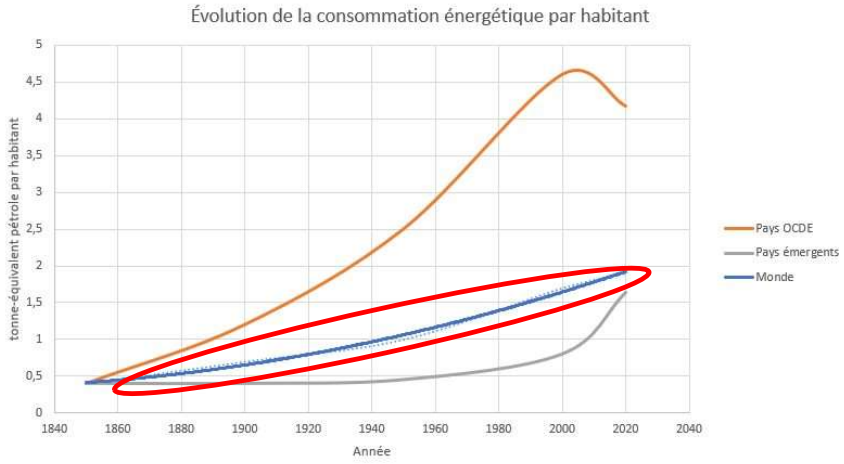
On peut également apercevoir que pendant longtemps, en dehors des pays industrialisés depuis la fin du XIXe siècle (càd l'essentiel des pays « riches »), la consommation d'énergie est restée stable.

Mais plus on approche des années 2000, plus on constate une accélération de la consommation d'énergie par habitant dans ces pays, qu'on appelle pays émergents (exemple : Chine, Inde, Brésil, Mexique,…). Ceci coïncide avec le développement économique plus tardif de ces régions.

Au contraire, dans les pays dits riches, la consommation d'énergie par habitant stagne, et même diminue depuis le début des années 2000 !

Altius, citius, fortius ?

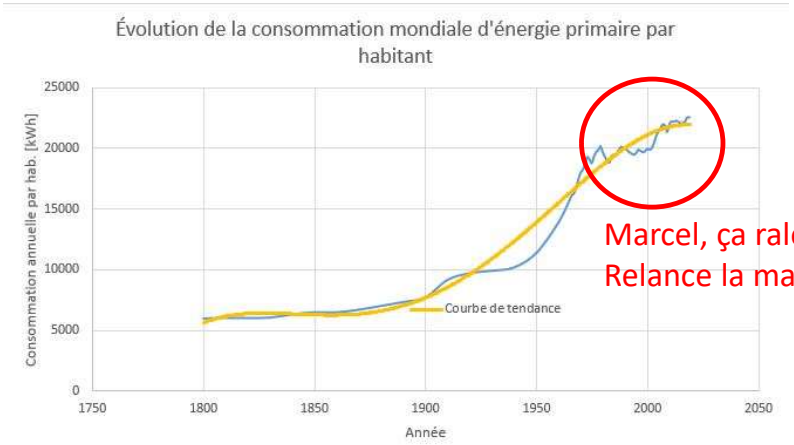
Évolution de la consommation d'énergie mondiale par habitant depuis le début de la Révolution industrielle



Maintenant, si on s'intéresse un peu plus à la courbe en bleu…

Altius, citius, fortius ?

Évolution de la consommation d'énergie mondiale par habitant depuis le début de la Révolution industrielle



Marcel, ça ralentit !
Relance la machine ?

On s'aperçoit que tendanciellement, la consommation d'énergie par habitant tend vers un plateau : elle n'augmente plus aussi fortement qu'au cours des dernières décennies.

Pour rappel, on observe déjà ce plateau dans les pays riches !

Mais pourquoi cette stagnation, alors ?

Se pourrait-il qu'on ne puisse tout simplement plus consommer toujours plus d'énergie par tête de pipe… ?

Altius, citius, fortius

Rappel : nos sociétés sont dopées aux énergies fossiles



Pour rappel, les énergies fossiles représentent 80% du mix énergétique mondial.

Toute notre civilisation repose sur les ressources fossiles, en particulier nos activités économiques !

Altius, citius, fortius

Nos sociétés sont dopées aux énergies fossiles

➡ ***PIB = NRJ***

Aujourd'hui, on mesure la production de valeur économique avec un indicateur : le Produit Intérieur Brut ou PIB.

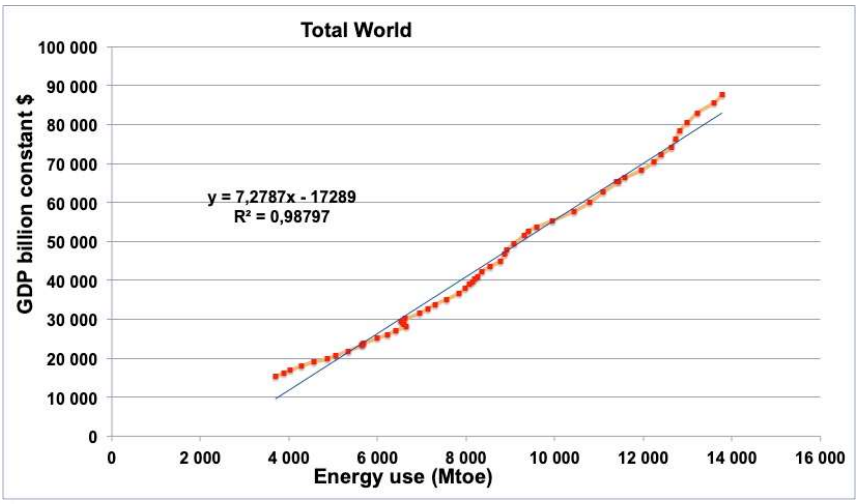
Si la croissance de nos productions économiques, mesurée par le PIB, repose sur toujours plus d'énergies fossiles, alors la croissance du PIB doit correspondre peu ou prou à la croissance de la consommation d'énergie dans le monde.

Considérons donc que la production de biens et services évolue au prorata de la consommation d'énergie !

Altius, citius, fortius ?

Rappel : nos sociétés sont dopées aux énergies fossiles

→ PIB = NRJ



Source : Jean-Marc Jancovici

C'est bien ce qu'on observe ici. **On a une corrélation presque parfaite entre PIB et consommation d'énergie**

Altius, citius, fortius ?

La croissance du PIB (intimement corrélée à celle de l'énergie) commence à s'essouffler dans les pays riches ?

Rappel : les ressources fossiles sont épuisables !

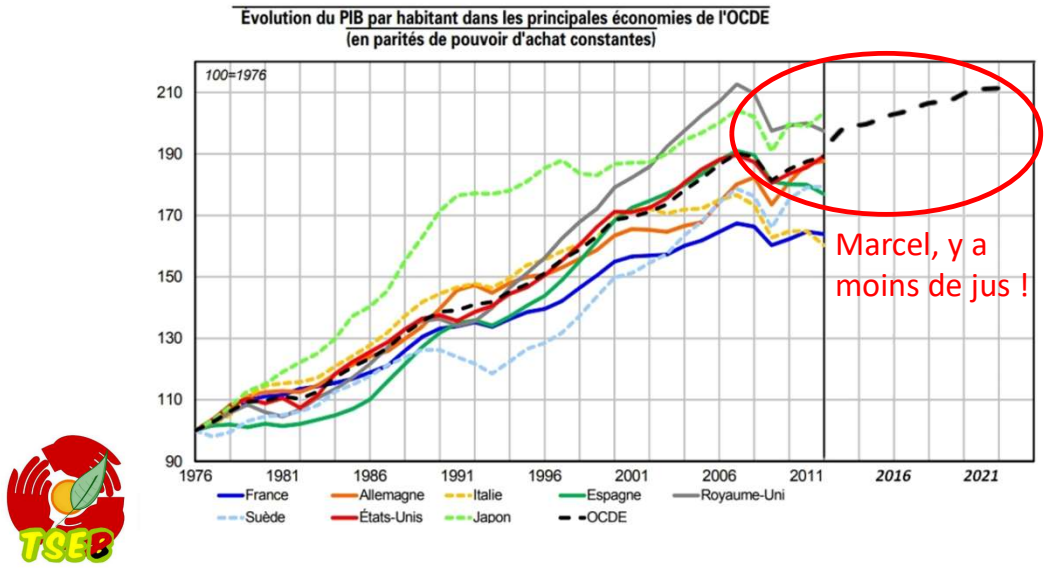


Comme nous venons de le voir, **l'augmentation de la consommation d'énergie dans les pays riches commence à s'essouffler**.

Or, si le énergie et PIB sont véritablement corrélés, alors il faudrait également observer une réduction de la croissance du PIB dans les pays industrialisés. Est-ce bien le cas ?

Altius, citius, fortius ?

Depuis 2007, le PIB par habitant augmente environ 1,7x moins vite depuis 2007 dans l'OCDE que par rapport à la période 1976 – 2006



Affirmatif ! **Dans les pays de l'OCDE, La croissance moyenne du PIB de ces 20 dernières années est moins forte**.

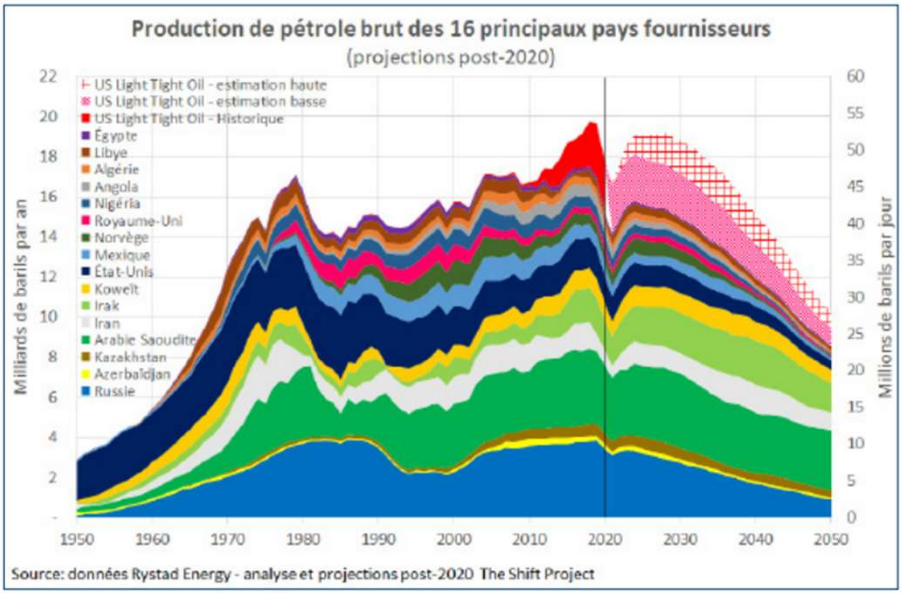
On produit toujours plus de choses, mais de moins en moins vite !

La stagnation de la consommation d'énergie dans les pays riches correspond donc bien à une baisse du taux de croissance dans ces mêmes pays !

Marcel, t'auras beau essayer de pédaler plus fort, si y a plus de jus, y a plus de jus…

Altius, citius, fortius ?

Pics en vue !



Source pic pétrole : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/05/Approvisionnement-petrolier-futur-de-lUE_Shift-Project_Mai-2021_SYNTHESE.pdf

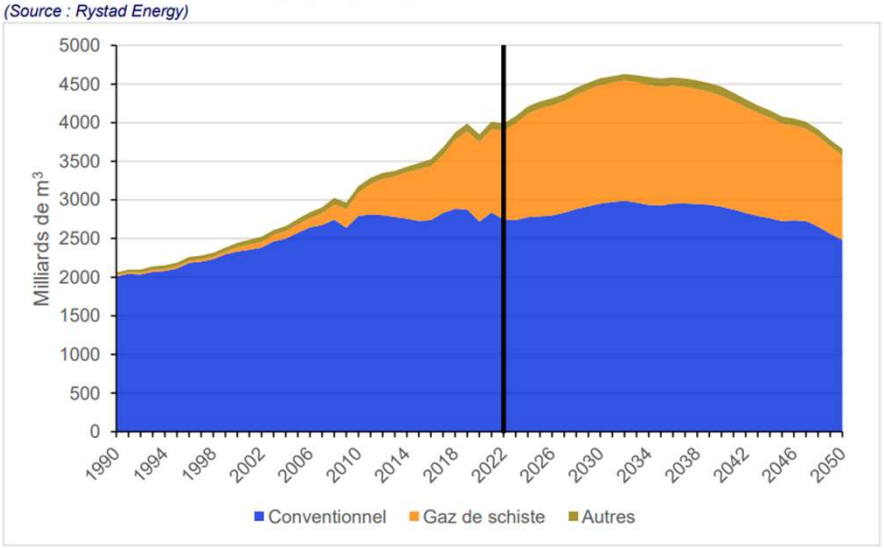
Les 16 premiers producteurs de pétrole produisent la grande majorité du pétrole mondial. La Russie, les US et l'Arabie Saoudite représentaient à eux seuls plus de 40% de la production mondiale en 2021 !

Source pic gaz : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/12/Gaz-naturel-risques-approvisionnement-UE-The-Shift-Project-pour-DGRIS-Dec-22.pdf

Altius, citius, fortius ?

Pics en vue !

Figure 23. Production mondiale de gaz par type de gaz, 1990-2050
(Source : Rystad Energy)



Source pic pétrole : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/05/Approvisionnement-petrolier-futur-de-lUE_Shift-Project_Mai-2021_SYNTHESE.pdf

Les 16 premiers producteurs de pétrole produisent la grande majorité du pétrole mondial. La Russie, les US et l'Arabie Saoudite représentaient à eux seuls plus de 40% de la production mondiale en 2021 !

Source pic gaz : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/12/Gaz-naturel-risques-approvisionnement-UE-The-Shift-Project-pour-DGRIS-Dec-22.pdf

Altius, citius, fortius ?

Pendant ce temps-là…

- 2008 : pic du pétrole conventionnel
- 2020 – 2025 : pic pétrolier (tous pétroles confondus)
- 2035 – 2040 : pic du gaz

<u>La production d'énergies fossiles bat de l'aile … et la croissance du PIB aussi !</u>



L'immense majorité de l'énergie que nous consommons étant d'origine fossile, et les ressources fossiles étant elles-mêmes finies, cette stagnation ne serait-elle pas finalement le résultat d'une saturation de l'offre en d'énergies fossiles ?

Dès lors, si les pays riches ont une consommation énergétique par habitant qui stagne voire diminue, c'est peut-être bien parce que **ses sources principales d'énergie sont de moins en moins accessibles** !

Compte tenu de ces informations, **une contraction énergétique et matérielle est donc bel et bien en marche**, surtout dans les pays où ces ressources sont massivement importées… Ce qui est le cas de bon nombre de pays dits riches !

Altius, citius, fortius ?

La production d'énergies fossiles bat de l'aile :

- Gisements de plus en plus inaccessibles
- Extraction de plus en plus difficile pour quantités moindres
- « Accessoirement »… réchauffement climatique, crise écologique !



Mais pourquoi donc cette production bat de l'aile ?

Nous venons de l'aborder, on approche des pics de production du pétrole et du gaz, qui annoncent une baisse de l'offre en gaz et en pétrole, et donc vraisemblablement une diminution forcée de la consommation. Car si l'offre diminue, alors la demande n'aura d'autre option que de faire de même.

Mais pourquoi cette baisse ? Principalement parce que **les gisements découverts et exploités ces dernières années sont de moindre qualité**. En outre, ils sont **toujours plus difficilement accessibles, exploitables et fournissent des quantités moindres de ressources**, **malgré les innovations technologiques**. Et de l'aveu des pétroliers et gaziers eux-mêmes, **cette tendance va se renforcer**.

Dans tous les cas, si l'on veut réduire nos émissions de gaz à effet de serre en vue de limiter le réchauffement climatique, il va falloir exploiter moins d'énergies fossiles !

Altius, citius, fortius ?

Hypothèse : et si on remplaçait les énergies fossiles par des énergies renouvelables ?

↓

Transition énergétique, ***croissance « verte »***

(et leurs fausses promesses…)



Pour faire face à cette décrue et pouvoir continuer à alimenter l'économie en énergie, **pourquoi ne chercherions-nous pas tout simplement à remplacer les sources d'énergie fossile par des sources d'énergie dont les stocks se renouvellent dans des échelles de temps humaines** ?

C'est le principe de ce qu'on appelle la transition énergétique : substituer les énergies fossiles aux énergies à la fois renouvelables et moins émettrices de gaz à effet de serre responsables du changement climatique.

De cette manière, pour autant que la vitesse de renouvellement soit suffisamment élevée par rapport à la vitesse de prélèvement, c'est-à-dire que les quantités d'énergie renouvelable produites subviennent aux besoins du système économique (reposant sur la croissance du PIB), nous pourrions pallier le problème d'épuisement des ressources fossiles (c'est en tout cas l'idée de base) tout en limitant le réchauffement climatique à des seuils acceptables, perçu ici comme l'ultime enjeu écologique.

Cependant, au-delà du fait que l'écologie est loin de se résumer au climat (et nous y reviendrons), nous allons voir que ce récit repose sur de fausses promesses, et que dans la pratique, cette histoire de transition énergétique pour « verdir » le système économique actuel, est une chimère…

Partie 4 :
Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Hypothèse : et si on remplaçait les énergies fossiles par des énergies renouvelables (et décarbonées pour limiter le réchauffement global) ?

Transition énergétique : passer d'un système socio-économique reposant sur les fossiles, à un système décarboné en changeant et en adaptant les infrastructures et moyens de production

→ ***La technologie peut nous sauver*** (vision techniciste) !?

Si **la transition énergétique** consiste ainsi à faire en sorte que notre système, reposant majoritairement sur des énergies fossiles, n'en dépende plus et emploie essentiellement des énergies dites décarbonées à la place, moyennant certains changements dans nos systèmes de production d'énergie, procédés industriels,…

Grosso modo, elle correspond donc à **l'adaptation, la transformation ainsi que le remplacement de toutes les infrastructures consommatrices d'énergie fossile, en infrastructures dont les sources d'énergie sont décarbonées** (**le nucléaire et les renouvelables essentiellement**).

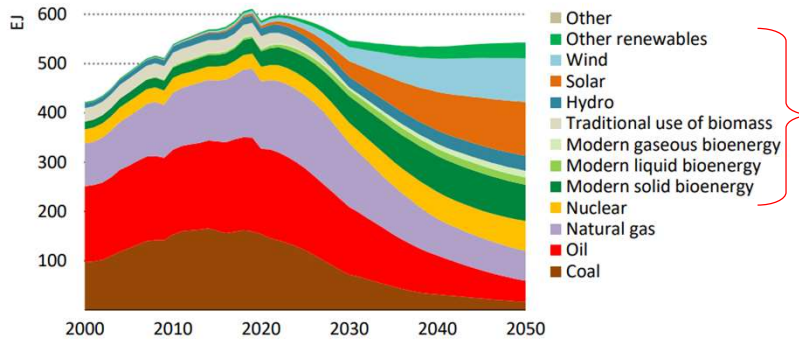
Suivant cette définition, la transition énergétique dépendrait donc surtout d'innovations et progrès techniques et non d'un changement profond d'économie et de société. Mais le problème peut-il vraiment se résumer ainsi, et la technologie incarne-t-elle réellement le levier principal pour faire face à cette crise de l'énergie ?

Nous allons voir que NON !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Scénario « Net zéro » de l'Agence Internationale de l'Energie

Figure 2.5 ▷ Total energy supply in the NZE



IEA. All rights reserved.

Renewables and nuclear power displace most fossil fuel use in the NZE, and the share of fossil fuels falls from 80% in 2020 to just over 20% in 2050

Pour limiter réchauffement à 2°C d'ici fin du siècle, il faudrait, à l'échelle mondiale, qu'**un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % des réserves actuelles de charbon restent inutilisées de 2010 à 2050**

Selon le scénario bas carbone de l'Agence Internationale de l'Energie, cela implique un mix énergétique mondial d'à peu près 60% d'EnR d'ici 2050 (suivant ce que l'on compte) **contre un peu plus de 10% actuellement, pour une consommation mondiale d'énergie sensiblement inférieure en 2050 par rapport à aujourd'hui**.

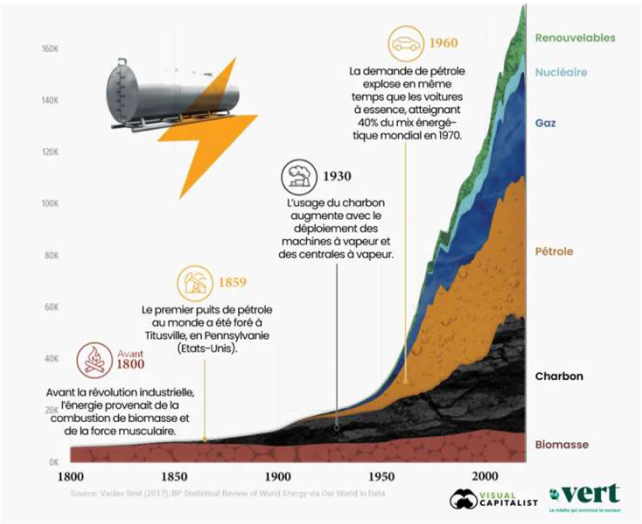
Source : https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf

A remarquer que **le scénario considère que l'on pourra découpler la croissance du PIB à la consommation d'énergie grâce à l'efficacité. Mais est-ce historiquement le cas ?**

Spoiler alert : NON, et ça a peu d'avoir lieu, comme nous l'analyserons plus loin.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Rappel : historiquement, les sources s'empilent et ne se substituent pas



Pour rappel, **notre civilisation contemporaine, son industrialisation et sa croissance économique reposent sur les énergies fossiles**.

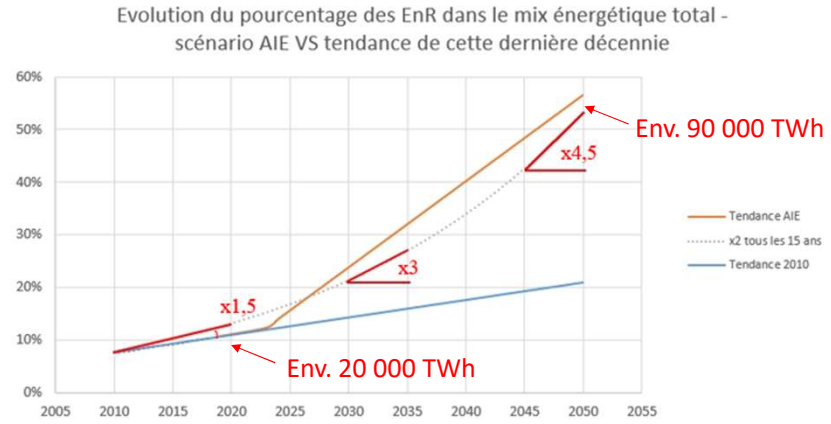
D'un point de vue historique, la substitution d'une source d'énergie par une autre n'a donc jamais eu lieu. **Nous produisons certes plus d'énergie renouvelable, mais dans un contexte où la production d'énergies fossiles a elle aussi augmenté**.

Estimer que dans un contexte où les énergies fossiles se raréfient nous pourrions produire toujours plus de renouvelables relève donc du pari. Mais a-t-on envie de parier sur notre avenir ?

Et bien entendu, ce pari est-il seulement audacieux, ou bien particulièrement hasardeux ?

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Le scénario de l'AIE repose sur une accélération sans commune mesure du déploiement des renouvelables :



<u>Il faut plus que quadrupler la production d'EnR en 30 ans</u> !

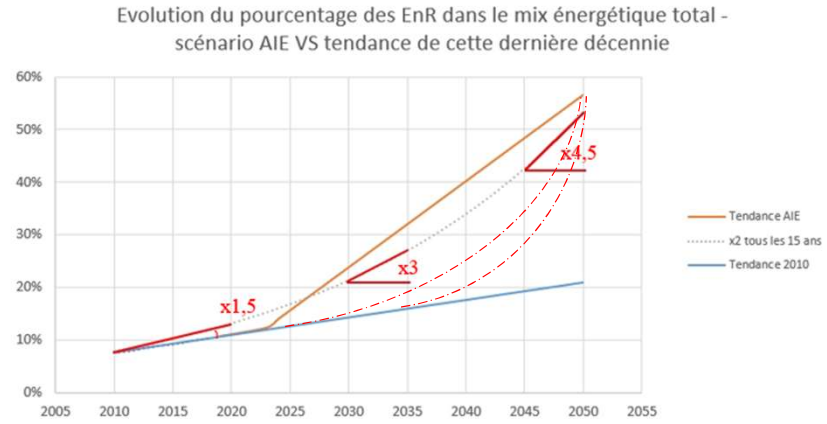
Il faudrait ainsi une vitesse de déploiement des renouvelables bien plus importante que celle observée lors des dernières décennies pour espérer remplacer suffisamment rapidement et de manière significative les infrastructures fossiles par des infrastructures fonctionnant aux énergies renouvelables. **Pas dans 10 ou 20 ans, dès aujourd'hui et pendant des décennies**.

Qui plus est, dans un contexte de croissance (qui se traduit pour l'instant par une augmentation de la consommation mondiale), **il deviendrait de plus en plus difficile d'atteindre une certaine part du marché**.

Autrement dit, **il est potentiellement de plus en plus difficile d'avoir un rythme de déploiement toujours supérieur à la croissance du marché de l'énergie**.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Le scénario de l'AIE repose sur une accélération sans commune mesure du déploiement des renouvelables :

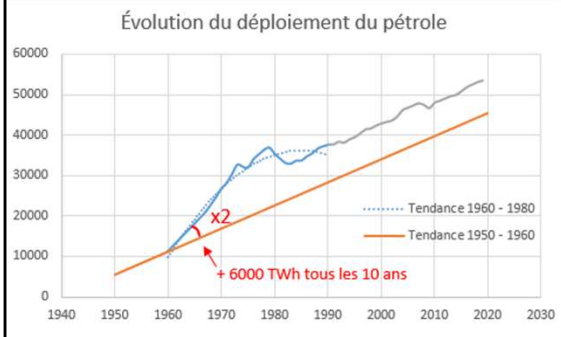


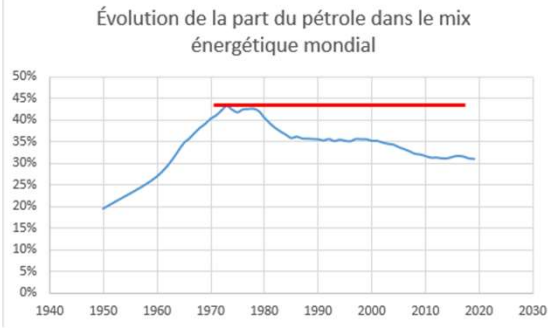
<u>Plus le déploiement tarde, plus il faudra l'accélérer</u> !

Plus on attendra avant d'accélérer significativement le déploiement, plus l'accélération devra être forte jusqu'en 2050 pour respecter le scénario de l'AIE !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

A titre indicatif : déploiement du pétrole et sa part de marché dans le monde, à partir de 1950





Rappel : **le pétrole est une source d'énergie facile à transporter (liquide), à l'époque relativement facile d'accès, qui nécessite peu de transformations… Toutes des propriétés que les ressources nécessaires pour développer les renouvelables n'ont pas** ! C'est aussi **la source d'énergie qui connut le déploiement le plus fulgurant**.

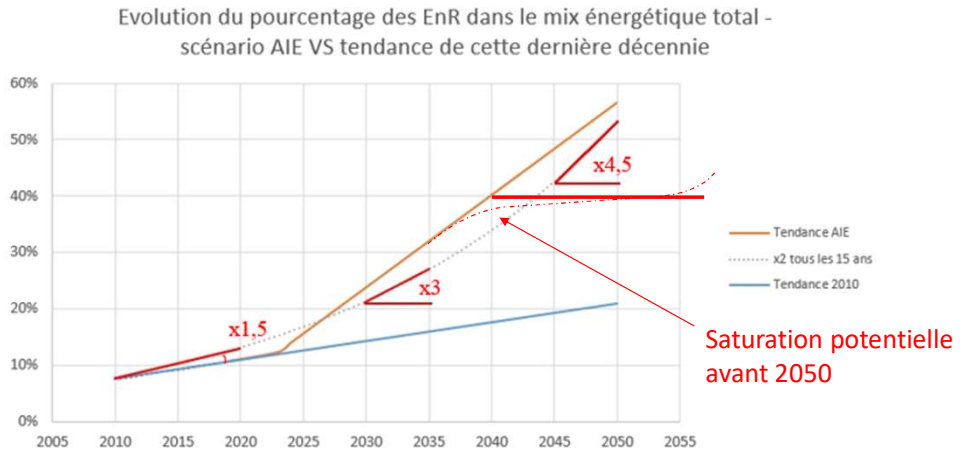
Le pétrole a stagné autour de 40% de parts de marché (max atteint fin des années 70') en partant de 20% de parts de marché en 1950. On vise près de 60% avec les renouvelables.

De 1960 à 1990, la quantité de pétrole a pratiquement quadruplé (objectif à viser pour les EnR également), même si à partir de **la crise pétrolière des années 70'** la quantité de pétrole augmente plus légèrement (**ralentissement significatif**). **Ces graphiques révèlent une courbe en S, désignant une saturation 20 ans après le boom pétrolier ayant pris part début des années 1960**.

Conclusion : **le déploiement du pétrole fut fulgurant pendant une vingtaine d'années mais a ralenti depuis**. Ainsi, Maintenir une accélération positive (= **déployer toujours plus vite ou aussi vite**) **pendant 30 ans sans saturation en termes de part de marché**, surtout après une accélération aussi forte, **c'est du jamais vu** dans l'histoire des énergies fossiles !

Par conséquent, **la vitesse "de croisière" du déploiement préconisé par l'AIE n'a jamais été observée, toutes énergies confondues** !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

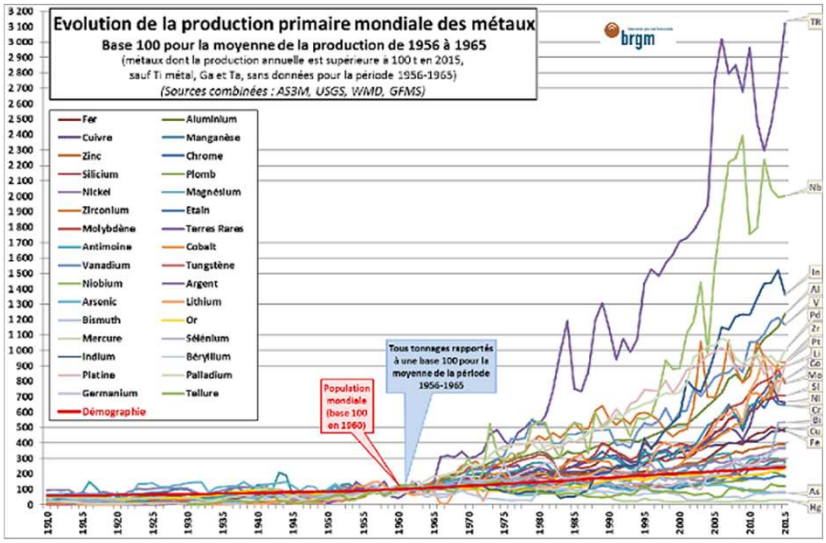


En outre, parvenir à déployer aussi fortement les énergies renouvelables pendant une si longue période parait très optimiste si l'on s'en tient à l'histoire de l'énergie.

Si l'on considère que le déploiement des EnR suivra également l'allure d'une courbe en S dans les 20 ans qui viennent (a minima temporairement), on pourrait connaitre une saturation avant d'avoir atteint l'objectif 2050. Soit ce manque sera compensé par du fossile (au risque de compromettre les engagements climatiques), soit il y aura moins d'énergie disponible pour l'économie mondiale.

Ainsi, d'un point de vue statistique, même si l'on amorce un déploiement historique et sans commune mesure des renouvelables, une contraction du déploiement est possible avant 2050 au regard du passé. Les causes peuvent être multiples : crise géopolitique, d'approvisionnement, limites techniques,…

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

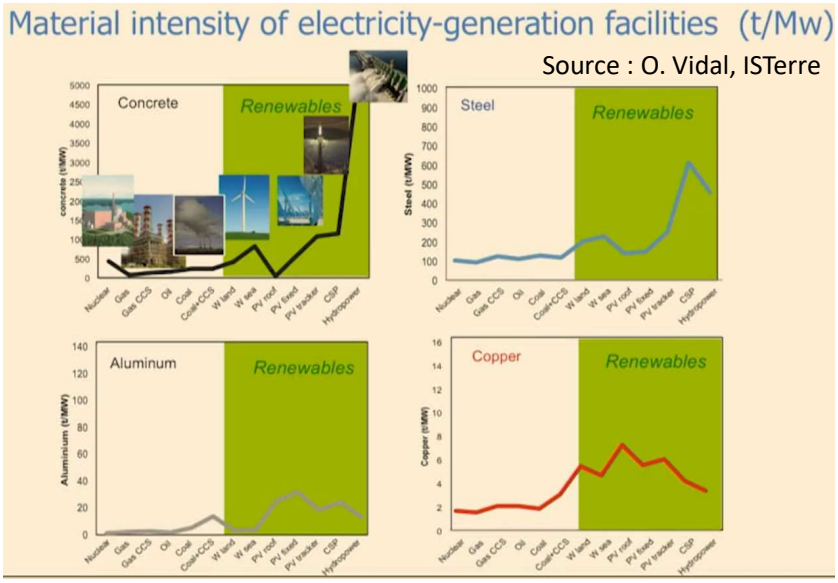


Intéressons-nous ainsi à l'impact de ce déploiement sur la consommation mondiale des métaux.

Premièrement, **nous pouvons remarquer qu'à l'image de la consommation d'énergie mondiale, la demande en métaux n'a cessé de croitre et suit une tendance elle aussi exponentielle**. Même topo du côté de la consommation de matière de façon générale.

la consommation de cuivre a été multipliée par 5 entre la fin des années 1950 et 2015 (**celle de l'aluminium par plus de 10** !), et « *on assiste* ***depuis les années 1960 à une croissance généralisée des besoins en métaux dans le monde, cette croissance étant bien plus rapide que celle de la population mondiale*** » !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte



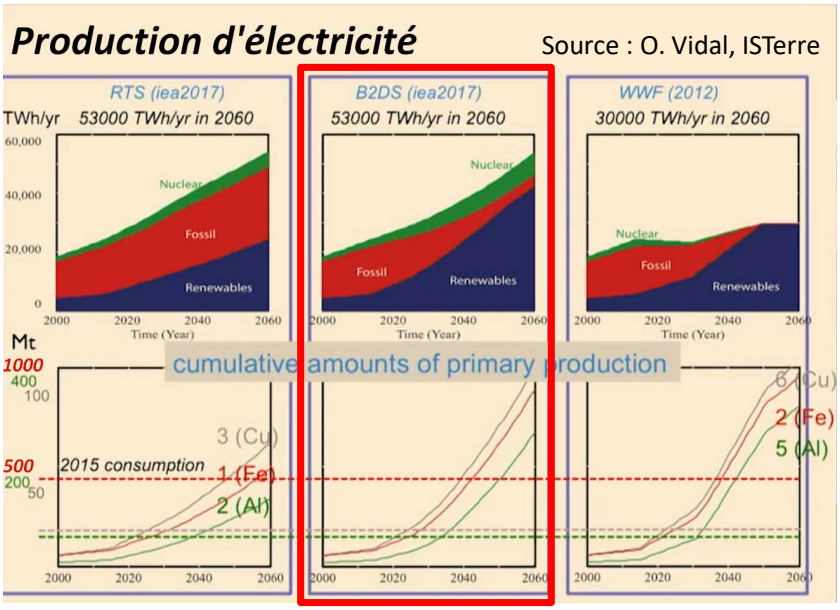
Source : O. Vidal, ISTerre

La transition énergétique dans un contexte de croissance supposant une accélération inédite du déploiement des renouvelables pour les 3 prochaines décennies, ces technologies étant très gourmandes en métaux,

la quantité de métaux à produire en partant de 2018 jusqu'à l'horizon 2050, pourrait dépasser la quantité cumulée produite depuis l'Antiquité !

Pour des métaux et alliages cruciaux pour notre économie comme le cuivre, l'aluminium et l'acier, on peut observer qu'à même puissance installée d'EnR, il en faudra beaucoup plus que ce que requièrent les installations de production d'électricité non renouvelable.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte



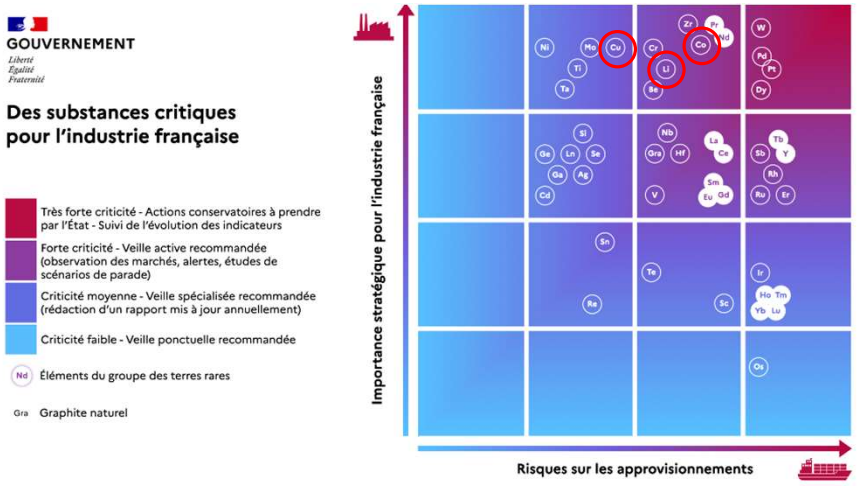
A mesure que nous avancerons dans le déploiement des EnR, on assistera donc vraisemblablement à une multiplication de la consommation en métaux par rapport à aujourd'hui. **L'Agence Internationale de l'Energie prévoit un quadruplement des besoins en minéraux pour ces technologies d'ici 2040 pour respecter l'Accord de Paris** (limitation du réchauffement entre 1,5 et 2°C) !

C'est ce que confirment les graphiques suivants. Nous avons trois scénarios de production d'électricité à l'échelle mondiale et pour chacun d'eux **l'évolution de la consommation de cuivre, de fer et d'aluminium qu'impliqueraient les EnR UNIQUEMENT** ! Ces évolutions ne tiennent donc pas compte de l'ensemble de la demande mondiale, seulement de la **demande induite par le déploiement des EnR**.

Or, on peut voir par exemple que **pour les scénarios bas carbone, les consommations de cuivre, d'aluminium et de fer sont toutes supérieures d'un facteur 2 à 6 aux niveaux de consommation observés en 2015 pour l'économie mondiale** !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Risques de tensions d'approvisionnement d'ici 2030 (Li, Co, Cu)



(résultats BRGM – Bureau de recherches géologiques et minières) : https://www.mineralinfo.fr/fr/actualite/actualite/matrice-de-criticite-mise-jour-fin-2020-est-disponible-sur-mineralinfo

Cette explosion de la consommation en métaux risque évidemment d'engendrer des tensions d'approvisionnement, dont certaines sont déjà annoncées à l'horizon 2030 !

« **dans un scénario conforme aux objectifs climatiques, l'approvisionnement attendu des mines existantes et des projets en construction ne devrait couvrir que la moitié des besoins prévus en lithium et cobalt et 80 % des besoins en cuivre d'ici 2030** » (Agence internationale de l'Energie) : https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary

Je rappelle également que **la plupart des ressources minérales sont inégalement réparties et gérées dans le monde**. Par exemple, **70% du cobalt mondial provient du Congo et est très majoritairement raffiné par la Chine, qui contrôle entre 50 et 80% du cobalt raffiné ainsi que 40% de la production de cobalt primaire**.

Autre exemple : le Chili représente la première réserve mondiale de cuivre et le 2e producteur mondial de lithium. Quant au marché du lithium, il est détenu à 90% par seulement 5 entreprises dans le monde ! Dès lors, la grande majorité de ces ressources ne se trouvent pas sur notre petit continent… ce qui nous rend (comme pour les fossiles) extrêmement dépendants des autres régions du monde ! Au-delà des considérations géologiques, crise géopolitique, d'approvisionnement, limites techniques,… sont à prévoir !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Il faut 15 à 20 ans pour exploiter de nouveaux gisements !



(Image : la plus grande mine de diamants au monde, située en Russie)

Compte tenu des tensions d'approvisionnement à venir, Il faudra donc immanquablement exploiter de nouveaux gisements. Or, entre la découverte et l'exploitation de nouveaux gisements, il s'écoule généralement 15 à 20 ans !

Dans ces conditions, le déploiement nécessaire pour rester sur une trajectoire de décarbonation de l'économie compatible avec les objectifs en matière climatique risque d'être sérieusement compromis !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Les concentrations diminuent

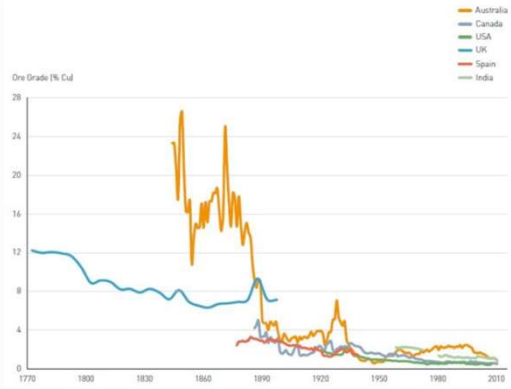


Fig. 2 Évolution de la concentration du minerai de cuivre dans divers pays [[]];

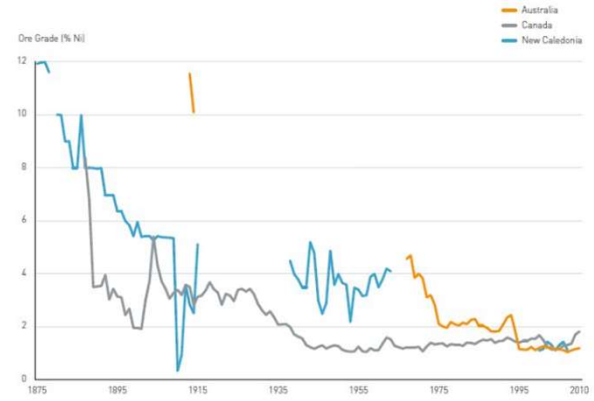


Fig. 4 Évolution de la concentration du minerai de nickel dans divers pays [[]];

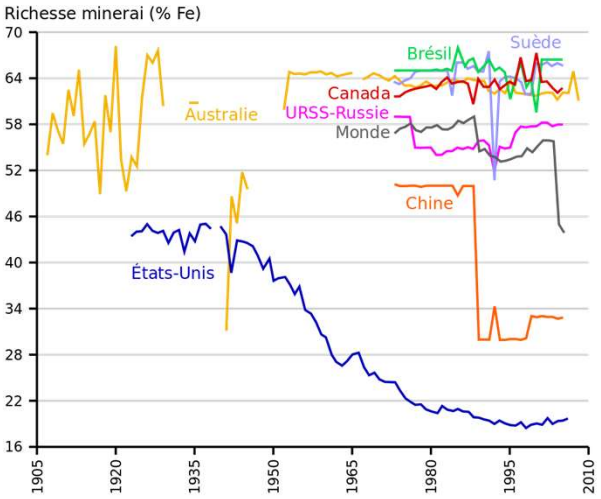
Ensuite, la teneur en minerais diminue pour certains métaux stratégiques (cuivre, nickel,…) et les nouveaux gisements seront toujours plus difficiles d'accès, un peu comme ce que l'on peut observer avec les ressources fossiles.

On peut notamment voir ici que « *La concentration du cuivre était autour de 1.7% – 1.8% il y a une centaine d'années. Aujourd'hui on est autour de 0.5% – 0.6% [0.6kg de cuivre pour 100 kg de terre/roche extraite !]. En l'espace de 100 ans, on a donc diminué la concentration par plus de 2 !*

https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/03/11/1-epuisement-des-ressources-naturelles/

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Les concentrations diminuent

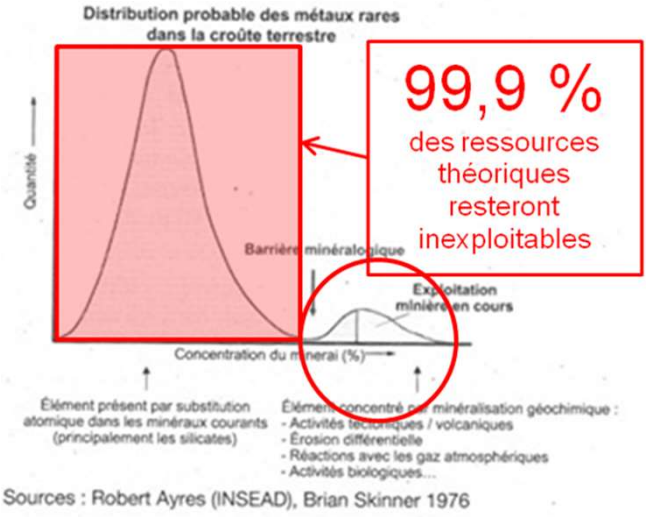


Même topo pour le fer… (source Wiki : https://fr.wikipedia.org/wiki/Minerai_de_fer#/media/Fichier:Evolution_minerai_fer.svg)

https://www.thesustainabilitysociety.org.nz/conference/2010/papers/Mudd.pdf

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

On ne pourra jamais exploiter qu'une infime partie de ce qu'il y a sous terre…



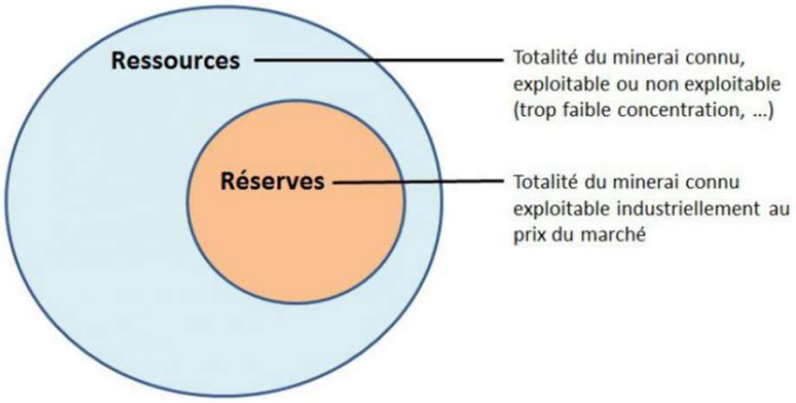
La courbe en cloche de gauche (dans un rectangle rouge) représente les réserves les plus importantes mais à des concentrations très faibles. Les métaux concernés dans cette zone sont essentiellement sous forme de silicates.

Au-delà de la « **barrière minéralogique** », une seconde courbe (dans un cercle rouge), beaucoup moins importante, mais avec des concentrations supérieures permettant l'exploitation, concerne les métaux concentrés par minéralisation géochimique.

Nous avons actuellement exploité environ les deux tiers de cette partie.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

On ne pourra jamais exploiter qu'une infime partie de ce qu'il y a sous terre…

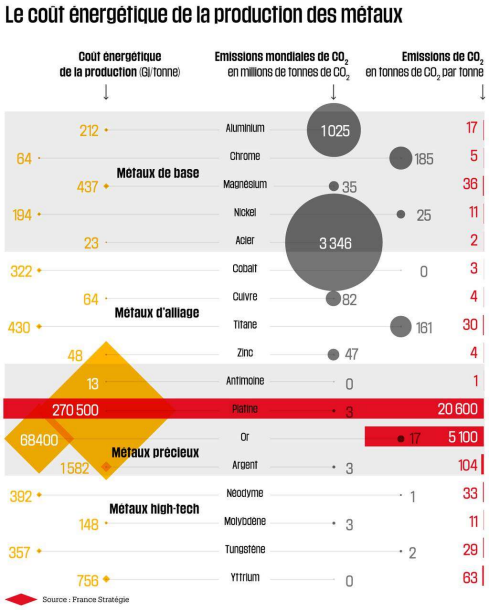


=> **Nous n'avons pas à faire face à un épuisement à court terme des ressources à proprement parler, mais plus précisément à un épuisement de ce qui est techniquement, énergétiquement et économiquement exploitable** !

Car **plus il faudra prospecter et se tourner vers des gisements plus difficilement accessibles et moins concentrés, plus il faudra dépenser d'énergie et moins l'opération sera rentable**

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Une extraction carbonée (et énergivore)



Il est vrai que les EnR sont peu carbonées… Mais à l'heure actuelle, **l'extraction et le raffinage des métaux seraient responsables d'1/10 des émissions mondiales de gaz à effet de serre**, **essentiellement liées à la production d'aluminium et d'acier, et d'environ 10% de la consommation mondiale d'énergie primaire**. Or, comme vu précédemment, **le déploiement des EnR accroitra considérablement la demande en métaux, dont l'aluminium et le fer**.

https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/2-lenergie-des-metaux/

Autrement dit, à ce stade, les méthodes d'extraction et de transformation sont relativement carbonées (càd dépendantes des énergies fossiles) et **rien ne nous dit que nous pourrons facilement les décarboner à l'avenir** ! (hauts-fourneaux, machines d'extraction et de transport, procédés industriels de séparation/traitement,…) => quid sans pétrole accessible et bon marché ? Inconnue…

In fine, cela signifie qu'**on n'a toujours pas inventé d'immenses machines fonctionnant exclusivement grâce à l'électricité produite par des convertisseurs énergétiques tels que les éoliennes, panneaux photovoltaïques ou encore centrales nucléaires ; machines qui seraient capables d'extraire à leur tour les ressources (métaux rares, uranium,…) indispensables à la fabrication et au fonctionnement de ces mêmes convertisseurs** !

https://www.liberation.fr/terre/2020/12/16/des-metaux-qui-carburent-au-carbone_1807188/

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Des techno bien différentes



Facilement stockable et pilotable



Difficile à stocker (STEP, hydro, batterie), intermittente

« Bêtement » substituer ? NON !

Même d'un point de vue purement techno,

Pétrole : facilement transportable ET stockable. Or, décarbonation passe par dvpt EnR qui produisent de l'électricité, qui elle ne se stocke pas !

Si élec ne se stocke pas il faut pouvoir produire dès qu'il y a demande (il faut un système pilotable) et toute l'infrastructure (complexe) qui va avec !.

Or les **EnR ne sont pas elles-mêmes pilotables** (leur production est **dépendante des conditions environnementales**). Par conséquent, il faut en plus des **moyens de stockage** (batterie, hydrogène, STEP,…) et donc encore **accroitre la complexité des infrastructures**, avec les savoir-faire et ressources humaines qui vont avec.

En outre, **Il ne suffit pas de bêtement « substituer » : c'est toute un système d'approvisionnement énergétique qui est à revoir** !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

EROI (Energy Returned On energy Invested)

$$EROI = \frac{Energie\ générée\ par\ le\ système}{Energie\ consommée\ par\ le\ système}$$

- Pétrole : EROI 100 en 1930, 18 début 2000
- Éolien : EROI env. 20 en 2010... Systèmes de stockage non inclus !

Si on inclut les systèmes de stockage, alors EROI beaucoup plus faible !



Si on développe bcp plus d'EnR alors il faudra développer bcp plus de toutes ces infrastructures (qui elles aussi consomment bcp d'énergie et de matière) => dans un contexte de contraction énergétique et matérielle, peut-on en produire tjs davantage ? Pas sûr… Et pourtant, on considère que ça l'est !

Si l'on s'intéresse au taux de retour énergétique (ou EROI en anglais), qui correspond au rapport entre l'énergie produite pendant toute la durée de vie d'une infrastructure ou d'un ensemble de machines, et l'énergie grise de celle-ci (l'énergie grise étant l'énergie consommée par cette même infrastructure), **on constate que pour produire la même quantité de pétrole, il faut 5x plus d'énergie qu'il y a 100 ans, et ce malgré les innovations technologiques**.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

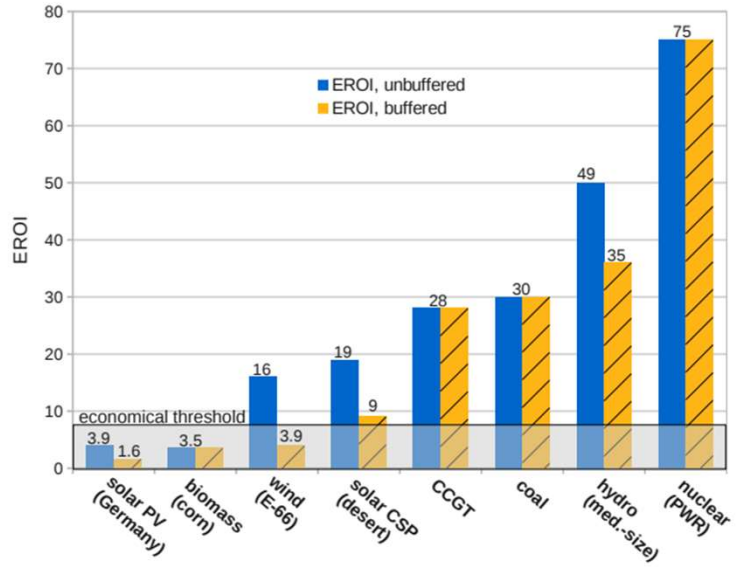


Figure 3: (Color online.) EROIs of all energy techniques with economic "threshold". *Biomass:* Maize, 55 t/ha per year harvested (wet). *Wind:* Location is Northern Schleswig Holstein (2,000 full-load hours). *Coal:* Transportation not included. *Nuclear:* Enrichment 83 % centrifuge, 17 % diffusion. *PV:* Roof installation. *Solar CSP:* Grid connection to Europe not included.

Ainsi, **l'EROI des systèmes EnR pourrait subir le même sort dans les décennies qui viennent**, d'autant que du côté de l'éolien, nous sommes déjà à un taux de retour énergétique similaire à celui du pétrole, alors que l'on vient à peine de commencer son déploiement… si l'on exclut les systèmes de stockage !

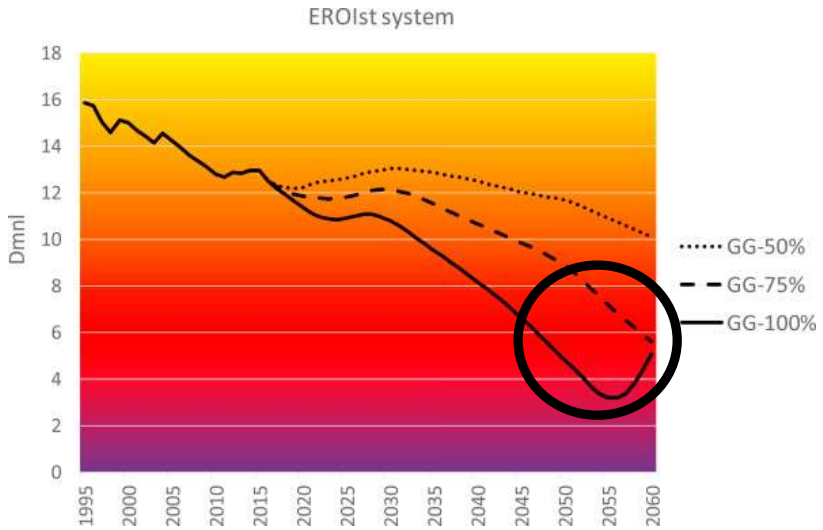
Lorsqu'on prend en compte les infrastructures nécessaires pour stocker l'électricité produite par l'éolien afin de pallier l'intermittence, cela fait baisser l'EROI de manière conséquente ! Il en va de même pour le solaire.

Résultats **EROI systèmes énergétiques étude de 2013** : https://festkoerper-kernphysik.de/Weissbach_EROI_preprint.pdf

Cette étude révèle qu'en tenant compte des systèmes de stockage pour combler l'intermittence du solaire et de l'éolien, l'EROI de ces systèmes de production d'énergie est relativement faible ! Le taux de retour énergétique des EnR (en dehors de l'hydroélectricité) est donc globalement assez faible et risque de tirer l'EROI global vers le bas à mesure que la part des EnR dans le mix énergétique mondial augmentera !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Évolution de l'EROI global (scénarios de décarbonation)



Or, ces systèmes sont essentiels pour la décarbonation de l'économie et ont un rôle crucial à jouer dans les scénarios bas carbone ! Par conséquent, si pour ces systèmes de production d'énergie dits « bas carbone » il faut investir davantage d'énergie par rapport à l'énergie produite, et que ceux-ci occupent une place de plus en plus importante dans le mix énergétique mondial, alors il faudra globalement investir davantage d'énergie pour faire tourner notre économie !

C'est ce que révèle cette étude : avec un mix énergétique conforme au scénario de l'AIE, en 2060 l'EROI global pourrait baisser d'un facteur 2 et avoisiner le ratio 6 pour 1 !

Physiquement, cela montre bien qu'il est moins évident de capter une énergie diffuse / moins concentrée, et que cela requiert d'autant plus de ressources et d'énergie !

Source : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300926

Or, les auteurs estiment qu'une situation où l'EROI global serait inférieur à 10 est déjà risquée pour garantir une sécurité d'approvisionnement énergétique, et très risquée pour un EROI de 5 !

On ose le pari, ou on y réfléchit à 2 fois avant de le tenter ?

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Si EROI ↘ alors besoin en ressources ↗ pour produire la même chose

Si besoin en ressources ↗ alors qualité gisements ↘

Si qualité gisements ↘ alors activité plus énergivore (malgré innov.)

Si activité plus énergivore… EROI ↘ !!!!

Cercle vicieux ?!

Cette baisse de l'EROI global signifie qu'il faudra globalement plus de ressources nécessaires pour garantir la même production d'énergie !

L'EROI global va donc vraisemblablement baisser, mais cette baisse risque de s'accélérer à mesure que nous aurons consommé les gisements les plus accessibles ! En effet, si les minerais (ressources finies) sont de moins en moins concentrés, alors il faut toujours plus d'énergie pour aller chercher et traiter la même quantité de minerais.

Or, ces minerais sont indispensables pour produire les convertisseurs énergétiques (éoliennes, PV,…) nécessaires à la décarbonation. Leur taux de retour énergétique (EROI) est donc voué à baisser, ce qui signifie que pour faire tourner le même parc de machines, ou pour faire tourner la même économie, ça coûtera toujours plus d'énergie alors que celle-ci sera de moins en moins accessible, notamment pour extraire de nouveaux minerais, et ainsi de suite…

En d'autres termes, il faudra consommer plus de ressources pour produire la même quantité d'énergie, et d'autant plus que le nombre de gisements facilement accessibles vont diminuer (on exploite tjs les gisements les plus accessibles en premier) ! Est-ce tenable sachant que ces ressources sont aussi finies ???

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

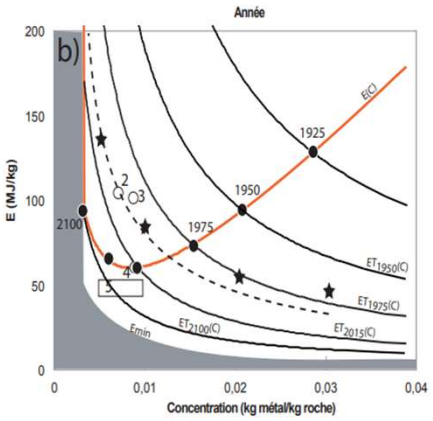


Figure 6: Energie calculée de production du cuivre au cours du temps (a) et de la concentration moyenne mondiale des gisements exploités (b). Le champ grisé montre le domaine d'énergie sous la limite thermodynamique (e. 17). Les symboles indiquent les valeurs historiques observées par 1) Rosenkranz (1976), 2) Kellogg (1974), 3) Gaines (1980), 4) Chilean Copper Commission (COCHILCO, 2014), 5) Marsden (2008). La ligne pointillée sur la figure b) montre les valeurs de Norgate and Jahanshahi (2010) et les étoiles montrent les valeurs de Chapman (1974)

Source : O. Vidal, ISTerre

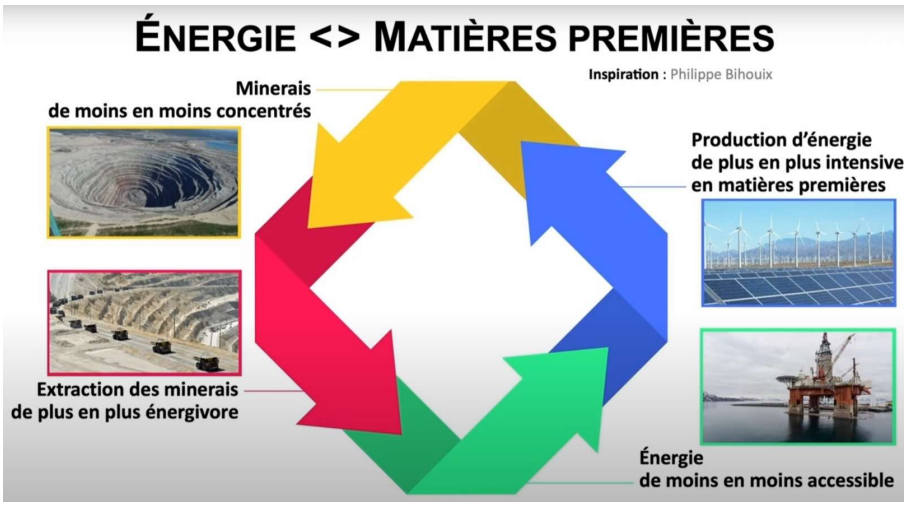
Mais soyons optimistes et **considérons l'hypothèse selon laquelle, grâce aux innovations technologiques, nous pourrions continuer d'extraire toujours plus de ressources sans forcément diminuer le taux de retour énergétique, et exploiter des gisements à moindre concentration sans forcément dépenser plus d'énergie**.

Cette étude montre que pour le cuivre, en deçà d'une certaine concentration et malgré les innovations technologiques (qui sont de moins en moins significatives à mesure qu'on approche des limites techniques), la quantité d'énergie nécessaire pour extraire une quantité donnée de minerai de cuivre finit par augmenter.

Le gain résultant de l'amélioration technologique devenant inférieur à la perte résultant de la baisse de concentration à partir des années 2000, l'énergie nécessaire à l'extraction augmente au cours du temps à partir des années 2010 pour le cuivre, qui je le rappelle, est un métal crucial pour le déploiement de la plupart des énergies dites décarbonées ! Pour le dire autrement, pour toute une série de métaux stratégiques, nous allons arriver à ce point de bascule où la consommation d'énergie liée à l'extraction va augmenter, **plombant d'autant plus l'EROI global au fil du temps** !

Source : https://hal.science/hal-02396615/document

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte



Cercle vicieux !

Pour résumer :

Si la consommation d'énergie pour l'extraction augmente (et elle ne cessera visiblement pas de le faire), il faudra d'autant plus d'EnR pour maintenir une certaine décarbonation de notre économie à consommation globale d'énergie constante, et plus il faudra d'énergie pour produire ces EnR, plus il sera compliqué d'extraire toujours davantage et d'avancer dans le processus de décarbonation (un problème sans fin sans décroissance/sobriété)

Nous venons de voir que **l'innovation technologique ne suffira pas pour directement maintenir un taux de retour énergétique « safe » dans un contexte de croissance verte**. Mais si l'on tient compte du recyclage, est-on toujours dans la panade ?

Le paradigme de la croissance verte repose énormément sur cette filière pour circulariser l'économie ! Mais est-ce seulement possible d'avoir une économie 100% circulaire ?

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

- Décyclage
- Mélanges inséparables
- Substances non recyclables
- Pour recycler (et donc transformer) : énergie et ressources !

<u>Circularisation « parfaite » de l'économie IMPOSSIBLE</u>

Le recyclage est indiscutablement pertinent pour réduire la quantité d'énergie mobilisée pour la fabrication de certains produits finis. En effet, le processus nécessite par exemple, en moyenne**, 5x moins d'eau et d'énergie que l'extraction minière pour une quantité donnée de minerai**. Cependant, **le recyclage présente plusieurs limites** que nous allons parcourir ensemble :

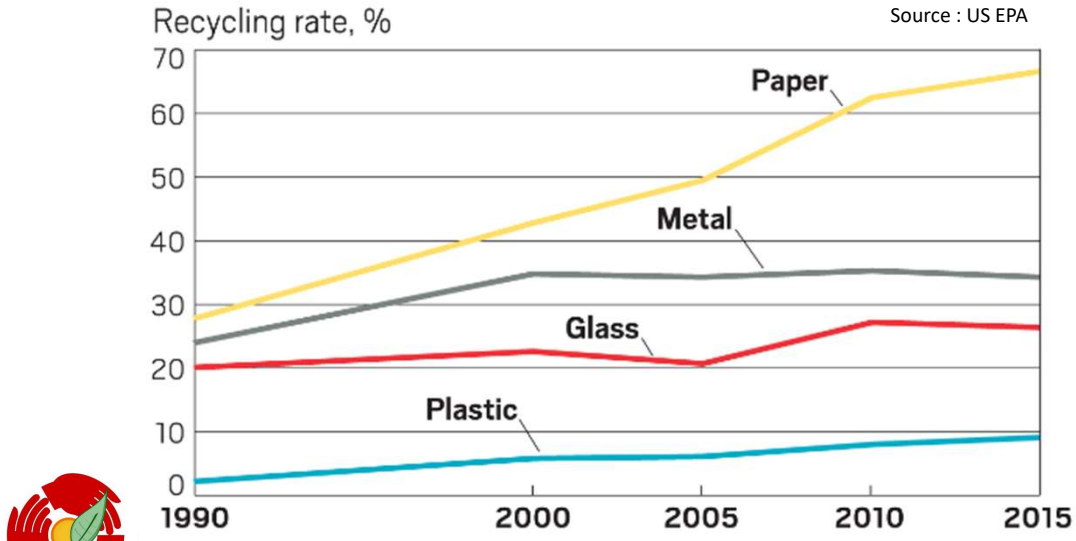
- **une même matière ne peut être recyclée qu'un nombre limité de fois sans lui restaurer ses propriétés, chaque fois pour des usages moins « nobles » que les précédents** (notion de décyclage)
- **Certaines substances sont mélangées et donc très difficiles – voire impossibles – à séparer**
- **Certaines substances ne se recyclent tout simplement pas**
- **Le recyclage reste une opération qui a besoin d'énergie et de nouvelles matières pour restaurer certaines propriétés**

Certaines de ces contraintes sont plus ou moins fortes en fonction des matières à recycler, mais nous pouvons premièrement affirmer que **tout recycler / circulariser est impossible à cause de** limites **physiques** !

Au sein même de la catégorie des métaux, il peut y avoir d'importantes disparités, càd des éléments qui se recyclent mieux et d'autres moins bien… Mais nous n'allons bien évidemment pas les aborder toutes ici. Par contre, si l'on s'intéresse à la tendance générale, on peut dresser un portrait de ce que ces limites impliquent sur les métaux.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?



Disparités assez importantes au niveau du taux de recyclage selon les substances

Source graphique : https://polymer-additives.specialchem.com/tech-library/article/plastic-recycling-future-starts-here

https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials#:~:text=Of%20the%20MSW%20generated%2C%20approximately,percent%20recycling%20and%20composting%20rate.

Aux USA, seulement 35% des métaux sont recyclés.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

taux de métal recyclé dans la fabrication de métal

> 50% pour le plomb (Pb) ;
> 25 – 50% pour (Al, Ag, In, Ge, Ni, Au, Pt, Pd) ;
> 10 – 25% pour (Be, Cu, Sn, Ga, Si, Ta) ;

taux de vieux déchets métalliques dans le flux de recyclage

> 50% pour l'argent (Ag), le nickel (Ni), l'or (Au), (Pt), (Pd), (Pb)
> 25 – 50% pour l'aluminium (Al), le cuivre (Cu), l'étain (Sn)
> 10 – 25% pour le béryllium (Be)

Source : https://tseb.be/transition-energetique-et-metaux-rares-veritable-issue-ou-impasse-totale/

Le taux de recyclage pour des métaux comme le lithium (Li) (employé pour fabriquer les batteries dédiées aux véhicules électriques ou au stockage d'énergie électrique pour les renouvelables) et **les terres rares** (utilisées pour les composants électroniques et leur miniaturisation) est inférieur au pourcent. Ainsi, on peut constater que **certains métaux clés pour la transition énergétique et/ou le déploiement du numérique se recyclent bien souvent assez mal**.

« Les taux de recyclage des métaux sont bien inférieurs au potentiel de réutilisation. ***Moins d'un tiers des 60 étudiés ont un taux de recyclage supérieur à 50%, bien que beaucoup soient essentiels aux technologies propres telles que les batteries pour voitures hybrides ou les aimants dans les éoliennes »*** (conclusion du Programme des Nations Unies pour l'environnement)

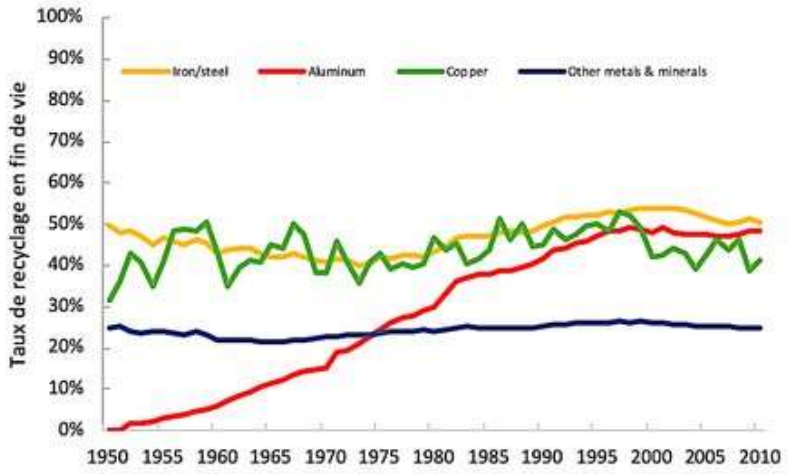
"*dans le meilleur des cas, pour des métaux comme **le cuivre par exemple, on est à un taux de recyclage de 30%** ne serait-ce que parce que la demande de cuivre a été multipliée par 3 par rapport à il y a 40 ans. Ça, c'est pour le cuivre. Mais pour **beaucoup d'autres métaux on est plus proche des 5 à 10%.** Et pour des métaux comme ceux que l'on trouve dans nos smartphones on est à une telle échelle nanométrique que l'on n'arrive tout simplement pas à reséparer les métaux*« (Eric Pirard, Pr. Ressources minérales et économie circulaire ULIège)

https://www.rtbf.be/article/metaux-strategiques-comment-leurope-sest-rendue-dependante-de-la-chine-11153491

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

Source : Krausmann et coll. 2017



Source graphique : https://theconversation.com/recycler-100-des-metaux-un-objectif-atteignable-192573

Même ordre de grandeur au niv. Mondial.

Moins d'un tiers des métaux ne sont recyclés qu'à hauteur de plus 50%, ce qui fait que **la majorité des métaux ont un taux de recyclage inférieur à 50%**

le problème est que les métaux qui se recyclent le mieux sont mobilisés dans la construction (**taux moyen 60%**), mais concernent donc ce qui est immobilisé pendant des décennies, voire des siècles. Or, on ne va pas détruire ces infrastructures pour récupérer par exemple le cuivre… **A l'inverse, ce qui se recycle peu (à 30%), c'est ce qui se consomme rapidement** : les ordinateurs portables, téléphones et autres gadgets électroniques.

=> **réduire empreinte du numérique et arrêter délire 5G, smart-tech,… !**

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

Source : O. Vidal

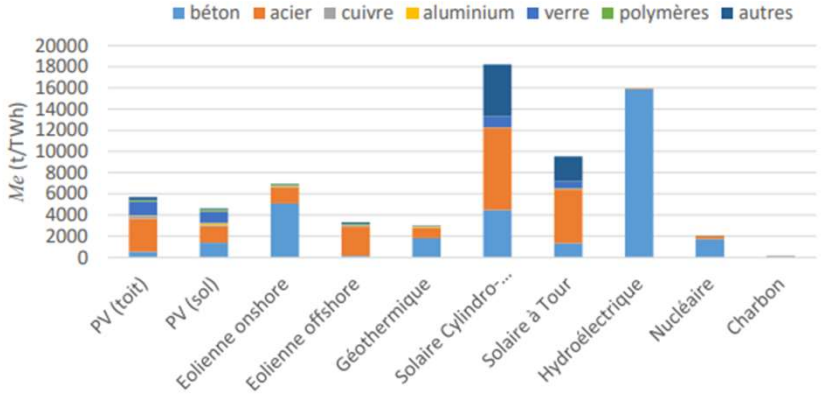


Figure 1 : Quantités de matériaux Me (t/TWh) pour différents types de centrales de production d'électricité avec la répartition selon les principaux matériaux considérés (béton, acier, cuivre, aluminium, verre, polymères). Les autres matériaux peuvent être des céramiques, des métaux, des sels fondus, des huiles...).

Source graphique : https://hal.science/hal-03859923/document

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

Source : O. Vidal

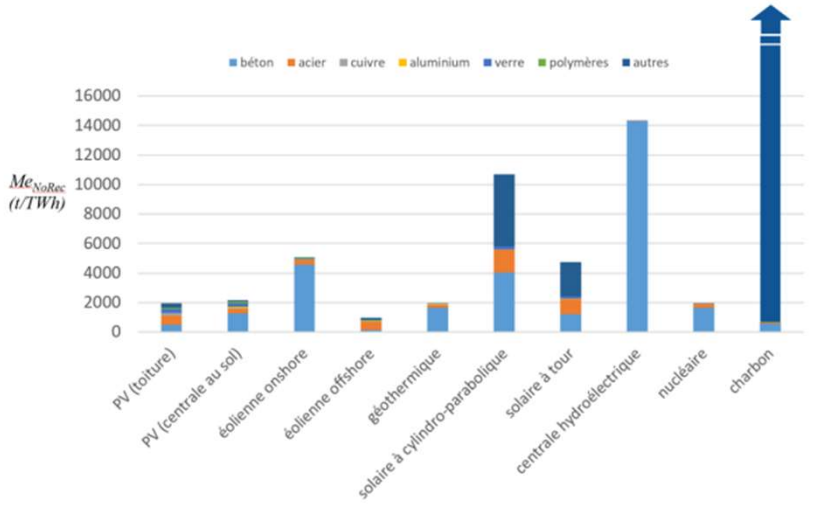


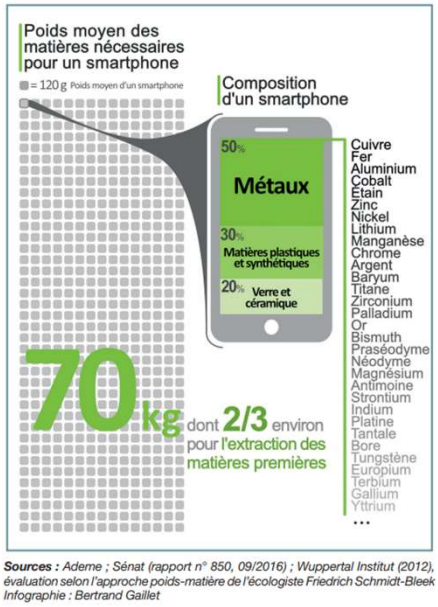
Figure 2 : Quantités de matériaux non recyclés Me_{NoRec} (t/TWh) mobilisés pour différents types de centrales de production électrique.

Source graphique : https://hal.science/hal-03859923/document

Globalement le solaire et l'éolien se recyclent assez bien, surtout au niveau de l'acier qui est l'un des principaux constituants de ces technologies.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

2. Mélanges inséparables



Notons également que **certains matériaux ne sont tout bonnement pas recyclables** : en particulier chez les alliages composés de nombreux éléments chimiques présents en très petite quantité, la plupart d'entre eux nécessiteraient trop d'énergie pour être récupérés et purifiés.

A titre d'exemple, le Fairphone, réputé pour sa modularité et composé d'au moins 45 éléments différents, est le smartphone qui se recycle le mieux. Malheureusement, comme tous les autres Smartphone, il repose sur un grand nombre d'alliages qu'il est difficile de séparer et donc de reconditionner.

Ainsi, dans le meilleur des cas, un peu plus de 20% des métaux qui composent le Fairphone 2 peuvent être recyclés, tandis que le recyclage global du Fairphone est de 30%. Nous sommes donc encore loin de pouvoir complètement recycler ce type de gadget… Source : https://www.fairphone.com/fr/2017/03/15/recyclable-fairphone-2/

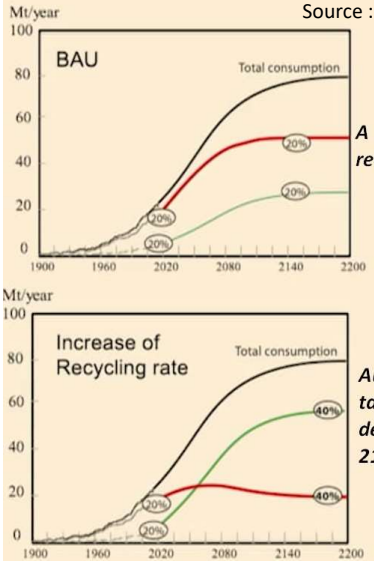
De façon générale, les outils du numérique ne se recyclent pas aisément. Pourtant, on ne cesse de vanter les bénéfices des « smart-tech » censées accompagner la transition, alors que celles-ci sont grosses consommatrices de métaux ! Notre empreinte numérique va globalement devoir baisser…

Par contre, les métaux employés dans les EnR sont moins mélangés et donc se recyclent globalement mieux !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Évolution de la consommation de cuivre suivant le taux de recyclage

Source : O. Vidal, ISTerre



Toutefois, **même si certains métaux utilisés pour les EnR sont relativement bien recyclés, on constate que le taux de recyclage reste quand même limité et peine à progresser depuis plusieurs décennies**.

Si le recyclage est utile pour économiser des ressources, il ne permet aucunement de s'en passer.

A ce titre, rappelons que **90% des plastiques dans le monde ne sont pas recyclés**, et que **la majorité des métaux ont un taux de recyclage inférieur à 50%**.

Comme on peut le voir ici, pour le cuivre qui fait partie des éléments les mieux recyclés au monde, et dont le taux de recyclage est de 40% depuis 1950 (60% en Europe) :

- **À taux de recyclage constant, la production primaire de cuivre va continuer d'augmenter si la consommation totale de cuivre augmente** (ce qui sera vraisemblablement le cas) ;

- **Pour un taux de recyclage qui passe de 40 à 70% d'ici 2100, la production primaire de cuivre se stabilise malgré une augmentation de la consommation totale de cuivre**.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- taux de circularisation de l'économie de 7,2%
- plus de 100 Gt de matières extraites
- poids des constructions humaines supérieur à celui du vivant

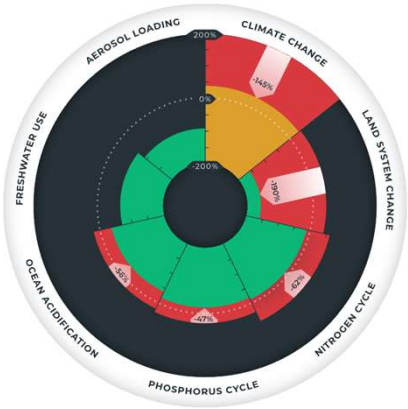


https://vert.eco/articles/le-poids-des-infrastructures-humaines-depasse-celui-de-lensemble-du-vivant#:~:text=Les%20humains%20ont%20tellement%20fabriqu%C3%A9,cette%20ann%C3%A9e%2Dl%C3%A0%20dans%20Nature.

https://www.circularity-gap.world/2023

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Pour réduire suffisamment la plupart des pressions environnementales, il faudrait un taux de 33% (+ sortir des énergies fossiles, réduire l'usage des minéraux) selon le *Circularity Gap Reporting Initiative*



Tendance actuelle : la consommation de matière augmente => l'extraction augmente => la circularité diminue…

https://vert.eco/articles/le-poids-des-infrastructures-humaines-depasse-celui-de-lensemble-du-vivant#:~:text=Les%20humains%20ont%20tellement%20fabriqu%C3%A9,cette%20ann%C3%A9e%2Dl%C3%A0%20dans%20Nature.

https://www.circularity-gap.world/2023

https://www.liberation.fr/planete/2019/03/21/en-cinquante-ans-l-extraction-de-ressources-a-plus-que-triple-dans-le-monde_1716359/

Selon leurs termes : « **Nous pouvons affirmer que la circularité diminue à mesure que le taux général d'extraction des matières augmente**. À cela s'ajoute le fait que de plus en plus de matériaux sont utilisés pour la construction de routes, de maisons et de biens durables [les EnR notamment], ce qui réduit le nombre de matériaux à réinjecter dans l'économie.

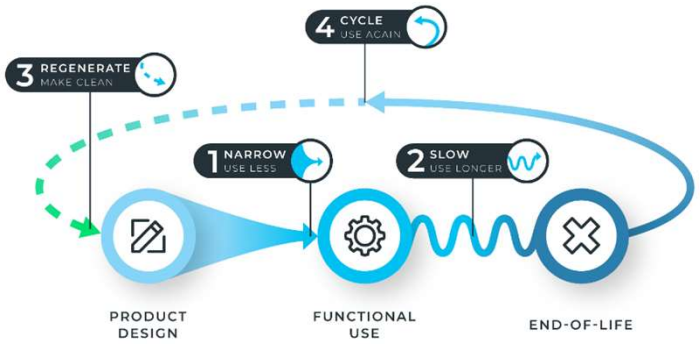
Leur conclusion : « **L'économie circulaire axée sur le recyclage ne peut pas faire face à l'augmentation sans précédent de l'utilisation de matériaux vierges. L'utilisation de matériaux vierges atteignant des sommets sans précédent, nous ne pouvons pas nous en sortir par le recyclage** [**uniquement**] ».

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Recyclage, la solution miracle ?

- NON : circularisation impossible (limites physiques, usages,…)
- Limite un peu les effets de la croissance sur la consommation MAIS…

<u>Repenser la conception et les usages pour mieux intégrer le recyclage !</u>



Conclusion : peut-on tout recycler / circulariser ? Non, et il y a des limites **physiques**, et même pour des matériaux qui se recyclent mieux, il va falloir améliorer substantiellement le taux de recyclage dans les prochaines décennies pour pouvoir espérer stabiliser les besoins en extraction dans un contexte d'augmentation de la consommation en métaux !

Pas certain qu'on y arrive… car comme on vient de le voir, **les métaux qui se recyclent le mieux ont leur taux de recyclage qui stagne depuis plusieurs décennies**. Réalistement, on peut donc imaginer que **le recyclage permettra d'atténuer un peu les effets de la croissance sur la consommation d'énergie et de matière** (et donc sur l'extraction) **mais il semble assez utopique de croire que nous pourrons atténuer voire réduire cette consommation grâce au recyclage** !

Enfin, il faut absolument repenser la conception de nos objets du quotidien pour faciliter leur recyclage, au lieu de maximiser le nombre de produits consommés/vendus chaque année !!!!

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

Pari technologique : on va drastiquement améliorer l'efficacité (produire plus avec moins) => EROI augmente !?

1) Rappel : attention aux **limites physiques** !

2) On n'a cessé d'améliorer l'efficacité énergétique et matérielle (ordinateurs, machines industrielles,…) mais on consomme davantage !

3) **Paradoxe de Jevons** !



Imaginons que grâce au progrès technique nous pourrions augmenter considérablement l'EROI des énergies dites décarbonées en développant des technologies qui rendent à la fois l'extraction et la transformation des matières premières beaucoup moins énergivores, minimisent de façon importante la consommation de matière nécessaire à leur fabrication et rendent l'utilisation des EnR beaucoup plus efficiente (avec un bien meilleur rendement). **Il y a 2 limites à ce postulat** :

- le premier, on l'a vu pour le recyclage, ce sont les limites physiques ! **On sait d'avance qu'on ne pourra pas indéfiniment améliorer le rendement des systèmes** qui produisent l'énergie et transforment les matières premières en ressources utiles pour l'économie, et **arrivera un moment où les innovations technologiques ne pourront plus atténuer les effets de la croissance** (**cf. énergie d'extraction du cuivre**)

- **Ensuite, on a eu beau améliorer l'efficacité énergétique et matérielle dans à peu près tous les domaines, notre empreinte sur les ressources n'a cessé d'augmenter parce que l'augmentation de la consommation a été plus importante que les gains d'efficacité** ! Dès lors, **il y a annihilation des progrès techniques à travers l'augmentation de la consommation** !

Exemple frappant : **la voiture. Les moteurs sont bien plus efficients qu'il y a 20-30 ans, et pourtant les émissions liées au parc automobile ont continué d'augmenter** (plus de voitures en circulation, plus de km parcourus, véhicules plus lourds,…) !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Effet rebond (paradoxe de Jevons)

situation où une amélioration technique ou sociale permettant d'utiliser plus efficacement une ressource donne lieu à une intensification de son utilisation



Les gains d'efficacité sont annulés, retour à la case départ…

Enfin, il est tout à fait possible que les progrès techniques accélèrent l'augmentation de la consommation, car rendent plus accessibles certains biens, services ou encore ressources. On aurait ainsi tendance à davantage les consommer.

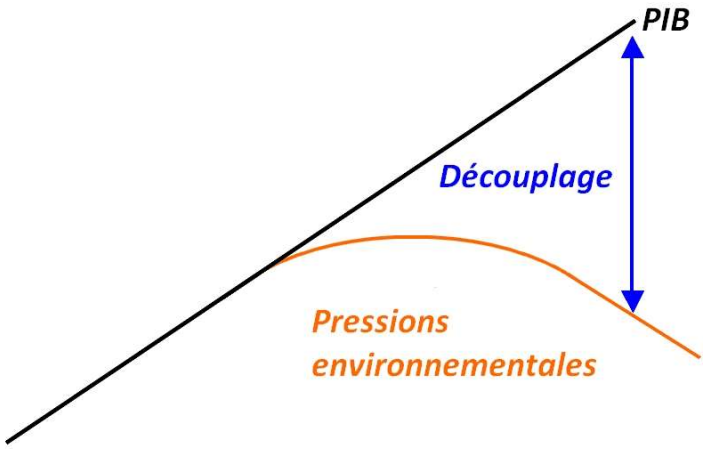
Les progrès techniques peuvent également accélérer l'innovation, et donc renforcer le taux de remplacement/renouvellement d'une technologie : pour rester « à jour » et éviter l'obsolescence, nous aurons ainsi tendance à remplacer notre téléphone portable plus souvent qu'il y a 20 ans, car une nouvelle version est susceptible de sortir tous les 6 mois/tous les ans.

Ces cas généraux qui s'observent dans pratiquement tous les secteurs de l'économie, démontrent que le progrès technique peut lui-même entrainer une intensification dans l'utilisation d'une ressource : c'est le paradoxe de Jevons.

Dans ces conditions, **quand bien même l'on aurait un EROI révolutionnaire** pour les énergies décarbonées (mais toutefois limité par les lois de la physique quoi qu'on fasse), **les gains obtenus seraient compensés par une consommation toujours plus forte**.

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

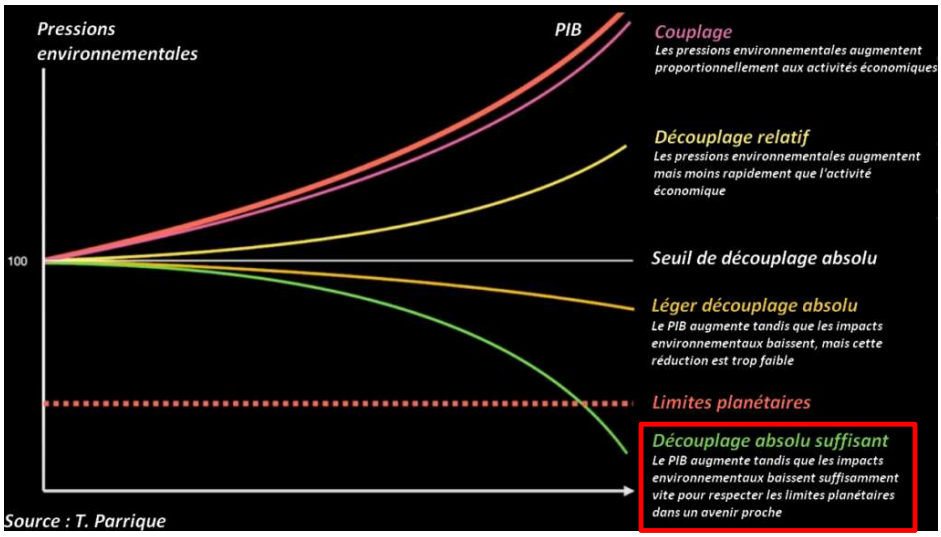
- La chimère du découplage



Découplage : **situation où la charge écologique totale d'une économie** (donc pas seulement les émissions de GES !!!) **diminue alors que le PIB augmente**

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- La chimère du découplage



La crise écologique requiert un découplage absolu suffisant, c'est-à-dire un découplage où les pressions environnementales diminuent suffisamment fort alors que le PIB reste en croissance, afin de revenir à des niveaux de pollution, de dégradation des écosystèmes et de la biodiversité, de perturbation des cycles biogéochimiques, de consommation en ressources etc. encaissables par le système Terre. Nous en reparlerons plus en détail au point suivant.

Or, les découplages observés ces dernières décennies sont très loin de suffire, même en ne se focalisant que sur des pressions environnementales bien spécifiques comme les gaz à effet de serre responsables du changement climatique ! C'est le constat des chercheurs ayant participé au rapport de 2019 « **Decoupling debunked** » :

« *après avoir passé au peigne fin plusieurs centaines d'études empiriques sur le lien entre croissance économique et usage des matériaux, de l'énergie, de l'eau, les émissions de gaz à effet de serre, l'usage des sols, la pollution de l'eau, et la perte de biodiversité, force est de constater qu'aucune étude ne justifie les espoirs actuellement investis dans la croissance verte* »

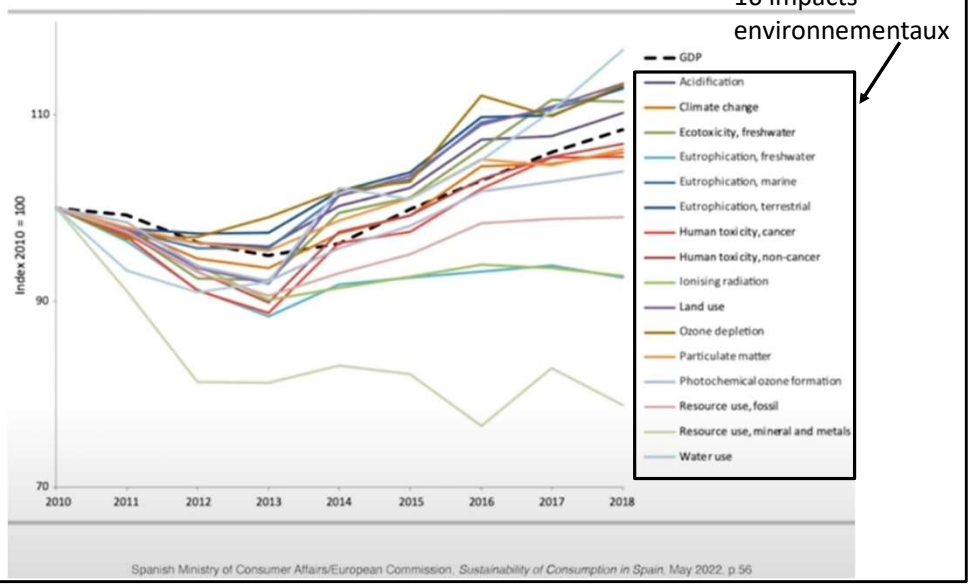
« *Les découplages lorsqu'ils existent, sont majoritairement relatifs, souvent temporaires et concernent une minorité de pressions environnementales : même dans les cas de découplage les plus significatifs, les taux de réduction restent dérisoires* » (Timothée Parrique)

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- On ne parle bien souvent que de découplage lié au carbone

Ex. empreinte écologique Espagne fonction du PIB

16 impacts environnementaux



Spanish Ministry of Consumer Affairs/European Commission, *Sustainability of Consumption in Spain*, May 2022, p 56

la croissance prétendument verte célébrée par les gouvernements ne l'a jamais vraiment été ! **L'impression d'un découplage significatif entre PIB et charge écologique est donc une illusion**, et ce pour au moins 5 raisons :

on ne parle que de découplage lié au carbone, or décarboner ne suffit pas pour rester dans les limites écologiques ! Par exemple sur le graphique suivant, mis à part pour l'ozone, on peut voir que l'Espagne est bien loin d'un découplage absolu global !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- On ne comptabilise pas les importations (on ne regarde que la charge écologique territoriale).

Or les importations répondent à nos usages/consommations !

1/3 des émissions de GES et 41% de l'empreinte matérielle globale sont liés au commerce international !



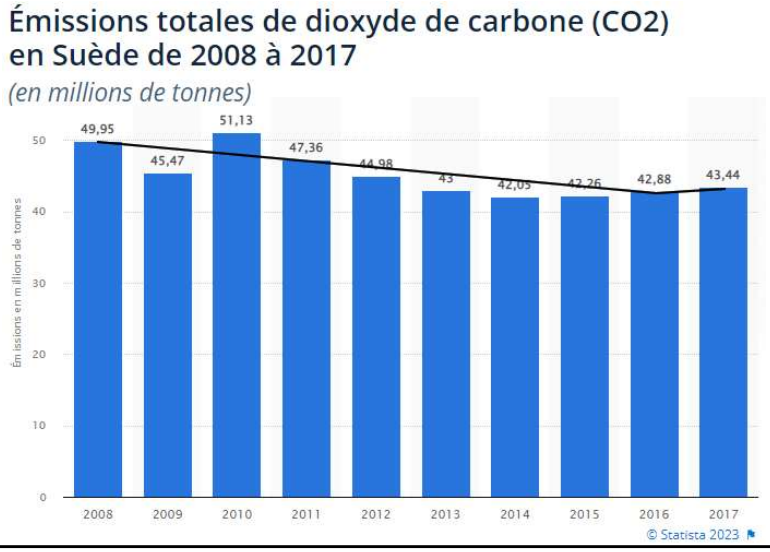
lors de l'analyse des découplages, **les importations ne sont pas comptabilisées,** la plupart des pays utilisant des indicateurs de production qui mesurent la charge écologique de la production territoriale. Il serait pourtant préférable de se baser sur la consommation, incluant la totalité des impacts liés aux produits consommés dans un pays !

aujourd'hui, « *on estime qu'**un quart de la production mondiale est importée**, ce qui explique que **1/3 des émissions de GES et 41% de l'empreinte matérielle globale** soient liés au commerce international »*

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Découplage temporaire, qui ne dure pas dans le temps !

Ex : Autriche, Finlande, Suède (figurant pourtant parmi les meilleurs élèves)



le découplage, lorsqu'il est observé, **n'est souvent que temporaire** : l'Autriche, la Finlande et la Suède ont effectivement augmenté leurs parts d'énergies renouvelables dans leur mix énergétique, mais une fois ce changement effectué :

Augmentation de la demande en énergie à cause la croissance de la production => agrandissement des infrastructures énergétiques => pressions supplémentaires !

Autriche : -0,6%/an des émissions territoriales de 2006 à 2010 et -1,6%/an de 2011 à 2015 (petites baisses donc) MAIS +0,3% de 2016 à 2019 ! => émissions repartent à la hausse !

Même constat Suède et Finlande !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Découplage observé insuffisant !

En France, il faudrait une baisse de 5% par an des émissions pour limiter le réchauffement à 2°C (8 à 10%/an si 1,5°C !!!!).

Baisse de seulement 1,7%/an au cours de la dernière décennie, et uniquement pour les émissions territoriales…

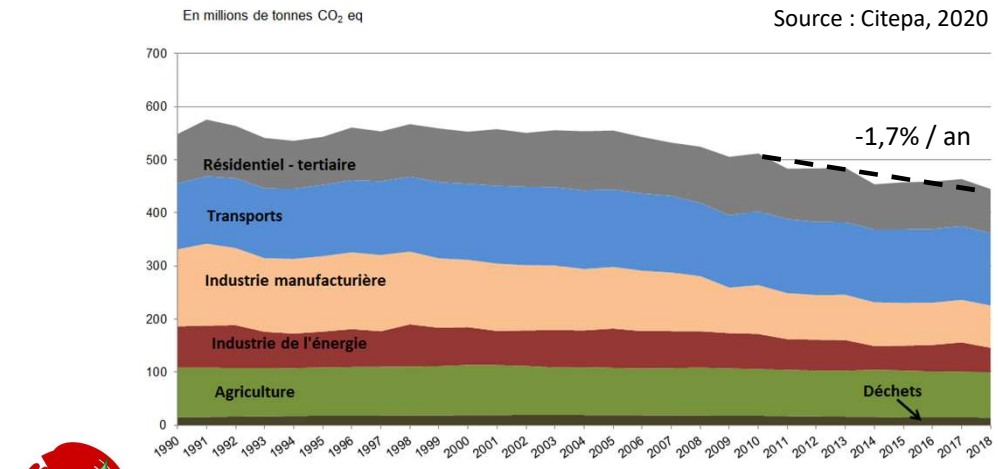
Rappel : il faudrait réduire de 5% par an les émissions françaises pour limiter le réchauffement à 2°C… Même parmi les bons élèves du découplage, on en est bien loin !

Par exemple, la France a réduit ses émissions territoriales de seulement 1.7% par an entre 2010 et 2019… Il faudrait multiplier par 3 cette baisse, et pas seulement au niveau territorial !!!

Rappelons qu'à l'échelle mondiale, les émissions continuent d'augmenter !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Découplage observé insuffisant !



Rappel : il faudrait réduire de 5% par an les émissions françaises pour limiter le réchauffement à 2°C… Même parmi les bons élèves du découplage, on en est bien loin !

Par exemple, **la France a réduit ses émissions territoriales de seulement 1.7% par an entre 2010 et 2019… Il faudrait multiplier par 3 cette baisse, et pas seulement au niveau territorial** !!!

Rappelons qu'à l'échelle mondiale, les émissions continuent d'augmenter !

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- Taux de croissance minuscules chez les 18 meilleurs élèves du découplage !

De 2005 à 2015 : -2,4% des émissions en moyenne pour une croissance médiane de 1,1%

il s'agit plus d'un ralentissement de l'activité économique qu'un véritable verdissement…



les taux de croissance observés dans les 18 pays ayant fait l'expérience d'un découplage absolu sont minuscules !

-2,4% / an des émissions en moyenne de 2005 à 2015 mais croissance médiane de seulement 1,1% ! Or, **on peut difficilement parler de croissance verte si le PIB progresse à peine, stagne voire recule !**

Source : https://www.researchgate.net/publication/331334591_Drivers_of_declining_CO2_emissions_in_18_developed_economies

"*Au sein de ces 18 pays, le remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables AINSI QUE la diminution de la conso d'énergie expliquent la diminution des émissions de CO2. Cependant, la diminution de la conso d'énergie peut au moins s'expliquer en partie par une croissance plus faible du PIB*"

En definitive, **il s'agit plus d'un ralentissement de l'activité économique qu'un véritable verdissement**…

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

- La chimère du découplage

Pour les rares cas de découplage absolu :

- ils sont exceptionnels et de courte durée ;
- ils ne tiennent compte que d'une petite partie des pressions environnementales ;
- on oublie souvent les importations ;
- dans les meilleurs cas, ils offrent des baisses de charge écologique minuscules !

<u>Dans l'immense partie des pays du monde, croissance non verte</u> !

Conclusion du découplage :

« *dans l'immense partie des pays du monde, les rares cas de découplage absolu observés sont plus souvent des exceptions de courte durée pendant des périodes de croissance faible, ne prenant en compte qu'une partie des pressions environnementales et oubliant souvent les importations. Et même dans les meilleurs cas, les réductions écologiques permises par la croissance « verte » sont minuscules. La croissance verte est une légende* »

https://tseb.be/le-mythe-de-la-croissance-verte-et-les-limites-a-la-croissance/

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

La « croissance verte », un pari sur l'avenir… Puisque :

- Notre civilisation historiquement dopée aux énergies fossiles, empilement
- La croissance économique ralentit
- Pas réaliste de croire que l'on va pouvoir substituer complètement (vit. déploiement, tensions d'approvisionnement, techno différentes, EROI en baisse, extraction dép. du fossile,…)
- Circularisation relativement limitée
- Paradoxe de Jevons



La coupe est pleine ? Pas encore…

Pour résumer, la transition énergétique destinée à verdir un système économique qui serait toujours en recherche de croissance est un pari extrêmement risqué :

1) Notre civilisation ayant été bâtie sur les énergies fossiles, nous sommes loin d'un simple tour de passe-passe, d'autant que les énergies n'ont cessé de s'additionner sans jamais se substituer.

2) La croissance économique est de moins en moins forte, signe qu'il est de plus en plus difficile de faire croitre la taille de l'économie. Dans un tel contexte, est-il encore pertinent de ne jurer qu'à travers la croissance ?

3) Compte tenu de l'accélération nécessaire du déploiement des EnR, des différences technologiques entre les infrastructures EnR et fossiles, de la relative dépendance aux fossiles pour l'extraction des ressources nécessaires à la production et à l'exploitation des EnR, de la baisse annoncée du taux de retour énergétique, de la relative concentration des gisements stratégiques et des tensions d'approvisionnement sous-jacentes (qui peuvent potentiellement déboucher sur des conflits géopolitiques majeurs), il semble illusoire de croire que l'on va pouvoir presque intégralement remplacer la production d'énergies fossiles par une production équivalente décarbonée !

4) On ne pourra jamais tout recycler et donc avoir une économie véritablement circulaire, et à moins d'améliorer drastiquement la filière du recyclage dans les décennies à venir (ce qui s'annonce particulièrement difficile au vu de l'évolution des taux de recyclage de ces dernières décennies), la consommation en métaux restera exponentielle ;

5) Même si l'on parvient à des miracles technologiques, le paradoxe de Jevons annihile très souvent les gains d'efficacité par une augmentation de la consommation (mieux ne se traduit donc que très rarement par moins, de surcroit dans une économie en recherche de croissance) ;

⇒ Évol exponentielle utilisation métaux / risques de tension d'approvisionnement

⇒ Dégâts sociaux et environnementaux activités minières ??? (alors que planète déjà mise à mal, voir bilan écologique)

Sans parler des impacts environnementaux des activités minières (eau, pollutions, destruction d'écosystèmes), des problèmes géopolitiques (gisements stratégiques relativement concentrés)…

Superficie totale dédiée aux activités minières dans le monde : 1,5x la Belgique ! Sachant qu'on va devoir produire en 30 ans plus de métaux que tout ce qu'on a déjà consommé depuis l'Antiquité jusqu'ici, ça risque de pas être triste ! Déjà 1/3 des terres émergées seraient impactées par les mines, et **10 à 15% de ces zones impactées seraient des aires protégées**

Alors, une simple affaire de technologies ?

Conclusion : pari hyper risqué ! Sommes-nous prêts à l'assumer ? Pas moi en tout cas !

Il n'y aura pas de croissance verte ! S'il y a croissance de la taille de notre économie, ce sera tout sauf écoresponsable !!!!!

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

La « croissance verte », un pari sur l'avenir… Puisque :

- Impacts socio-environnementaux activités minières et extractives (alors que planète est déjà mise à mal)
- La chimère du découplage

<u>Êtes-vous prêts à l'assumer ? Pas moi…</u>

Naturellement, les activités minières nécessaires pour extraire les ressources indispensables à la fabrication des infrastructures EnR ne sont pas neutres et ont des impacts environnementaux très importants sur l'eau, détruisent les écosystèmes et génèrent beaucoup de pollutions :

- *Le problème c'est que les mines de métaux sont dans des régions à fort stress hydrique (…) On va avoir une concordance entre problématique aquifère et problématique de métaux (ex. Chili qui tire des canalisations de 150 km pour aller chercher de l'eau de mer qu'il faut donc en plus dessaliniser)*

- la superficie totale dédiée aux activités minières dans le monde : 1,5x la Belgique ! Sachant qu'on va devoir produire en 30 ans plus de métaux que tout ce qu'on a déjà consommé depuis l'Antiquité jusqu'ici, ça risque de pas être triste ! Déjà 1/3 des terres émergées seraient impactées par les mines, et **10 à 15% de ces zones impactées seraient des aires protégées ;**

- la mine (uniquement prospection et exploitation), *c'est le 1er producteur de déchets solides, liquides et gazeux tous secteurs industriels confondus !*

Enfin, la croissance verte est totalement chimérique car on n'a jamais vu d'augmentation du PIB qui s'accompagnait d'une baisse suffisante des émissions de GES, et encore moins sur l'ensemble des pressions environnementales. Alors, une simple affaire de technologies ? Sachant tout ce que l'on vient de voir, il faut être à mon sens quelque peu aliéné pour le croire encore !

Poursuivre la croissance dans ces conditions et vouloir à tout prix décarboner ce système économique-là est donc d'une infinie crédulité. Conclusion : pari hyper risqué ! Sommes-nous prêts à l'assumer ? Pas moi en tout cas ! Alors bien sûr qu'il faut jouer autant que possible sur le levier techno, mais IL NE SUFFIRA PAS !!!! Il faut donc sortir de cette vision ubuesque, càd changer de paradigme !!

Le pari (ultra) risqué de la croissance verte

A méditer :

Le problème n'est pas l'énergie en tant que telle, mais ce qu'on en fait. Un bulldozer fonctionnant à l'énergie solaire conserve la même finalité : raser la forêt

Nous n'aurons pas commencé à réfléchir sérieusement tant que nous n'aurons pas commencé à nous poser les bonnes questions… ☺



Merci

Arnaud Claes, Ing. tsebelgique@outlook.com