



**Le Mans
Université**

Notre ambition,
c'est vous.

UEO « Limites planétaires et risques d'effondrement »

Dominique Py

2022-2023

Introduction

- Le thème de cette UEO
Et si le développement durable échouait?
- Présentations: qui suis-je et qui êtes-vous?
- Organisation des séances
- Contrôle des connaissances
- Page UMTICE « UEO Limites planétaires »
<http://umtice.univ-lemans.fr/course/view.php?id=4097>

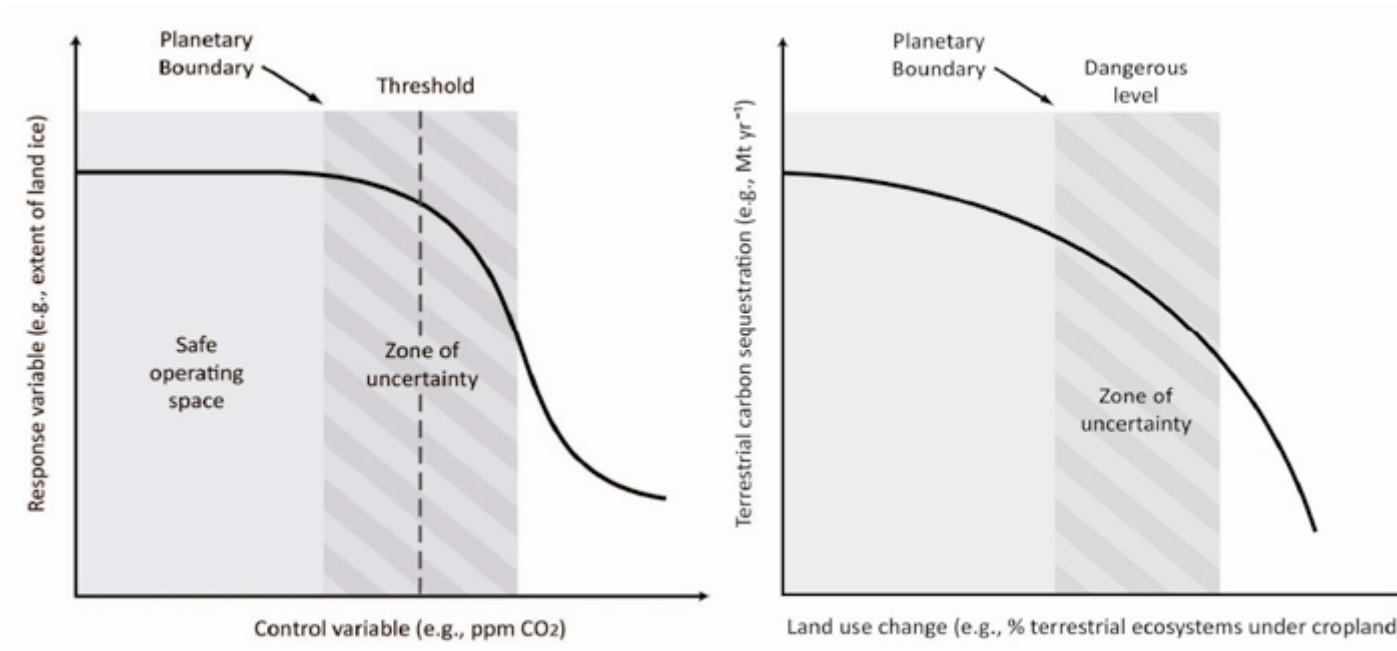
Plan de l'UEO

- I. Les limites de la planète
Climat, biodiversité, énergie, métaux
- II. L'effondrement des sociétés complexes
Modèles théoriques, exemples historiques, fictions
- III. Fausses solutions et vrais blocages
Les obstacles au changement de trajectoire
- IV. Se préparer et s'adapter
Villes en transition, décroissance, low-tech...

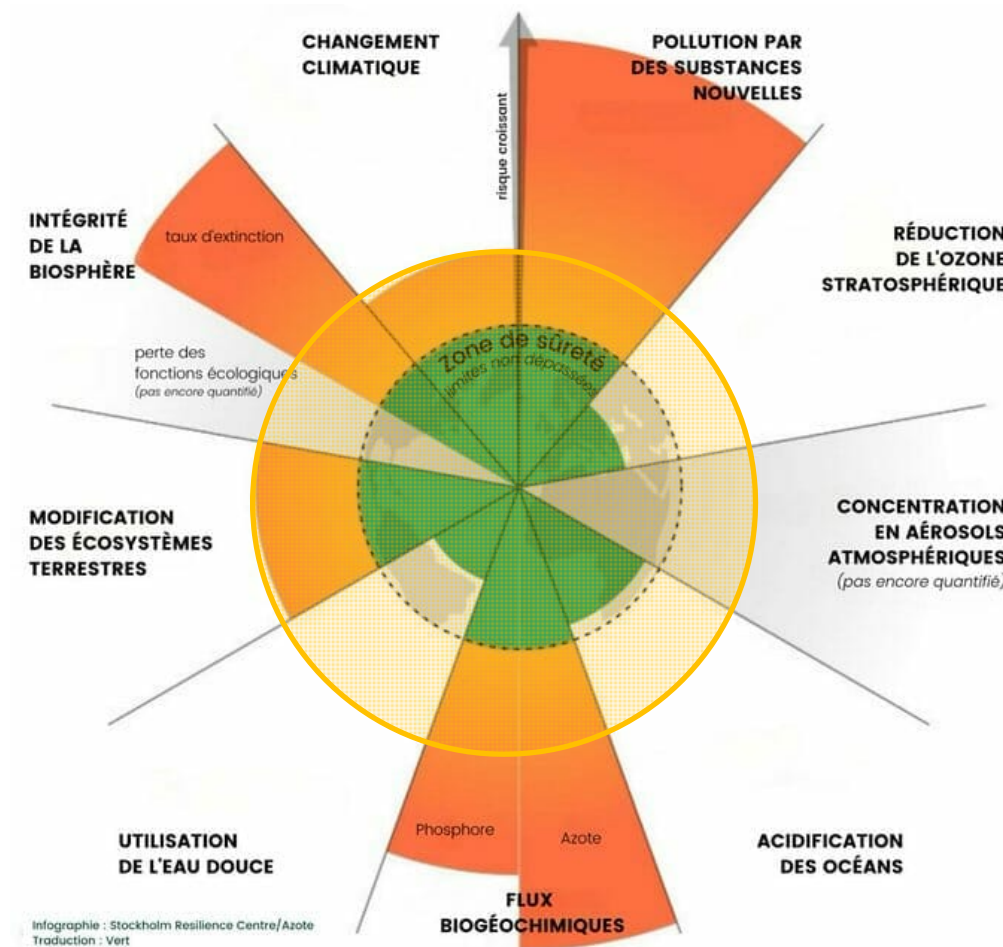
+ intervention FNE Sarthe sur les déchets

I. Les limites de la planète

Au-delà d'un certain seuil, un système biosphérique peut basculer dans un état radicalement différent.



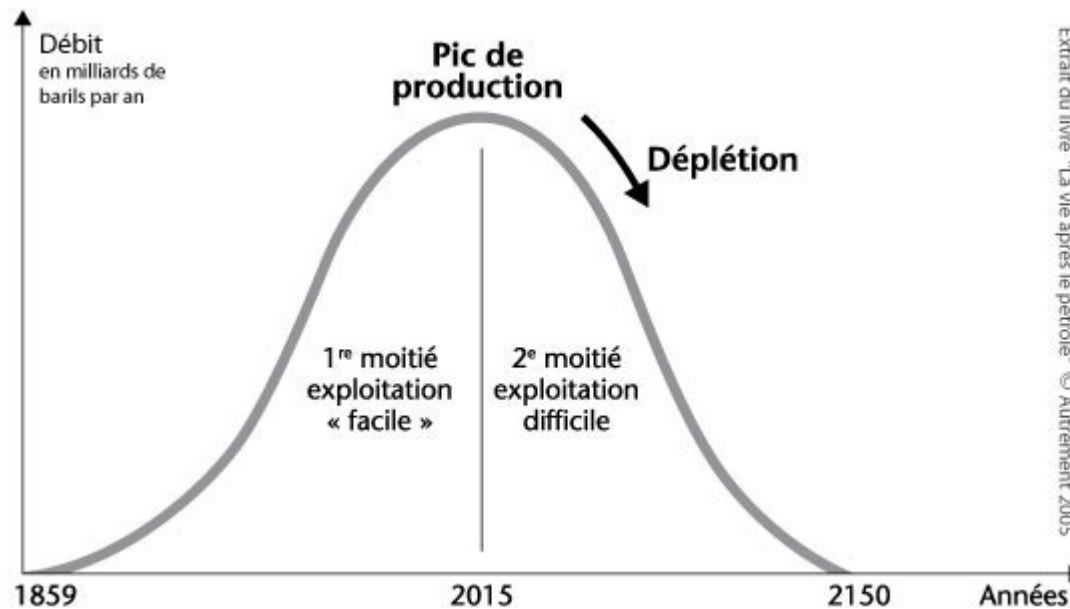
Neuf limites planétaires majeures



[Steffen et al. 2015] [Persson et al. 2022]

Les limites des ressources

Les ressources extractibles (énergies fossiles, métaux) sont soumises à un pic de production.



I. Les limites planétaires

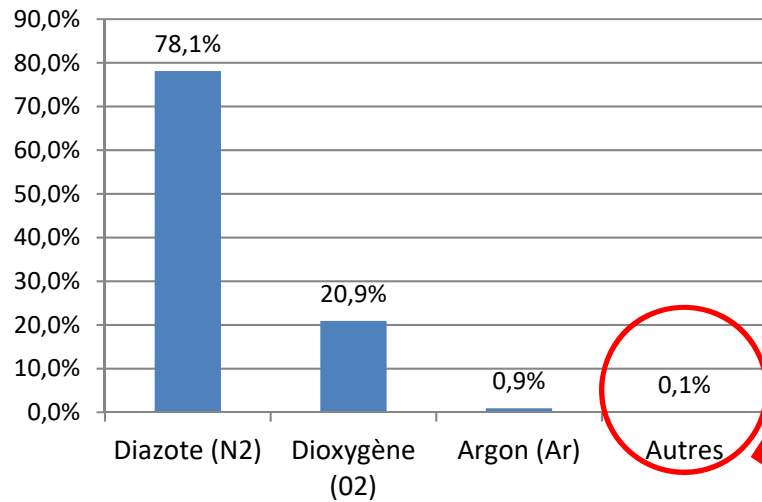
Plan

- 1. Le climat: changement climatique**
2. La biodiversité: sixième extinction de masse
3. Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon)
4. Les métaux

L'effet de serre naturel

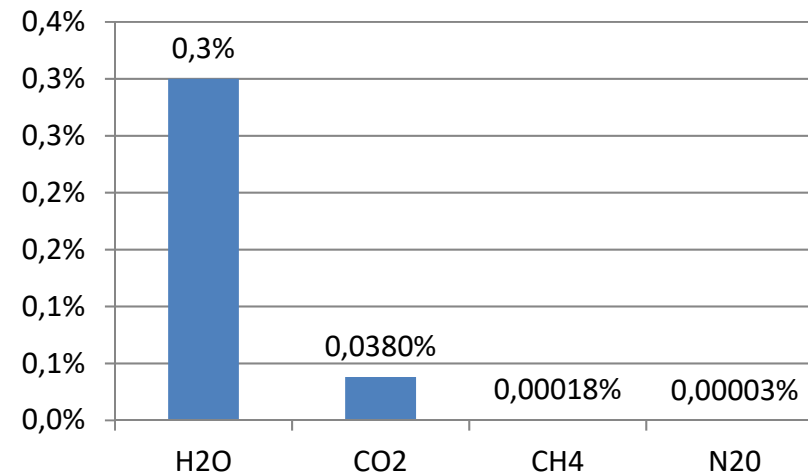


Les principaux gaz à effet de serre (GES)

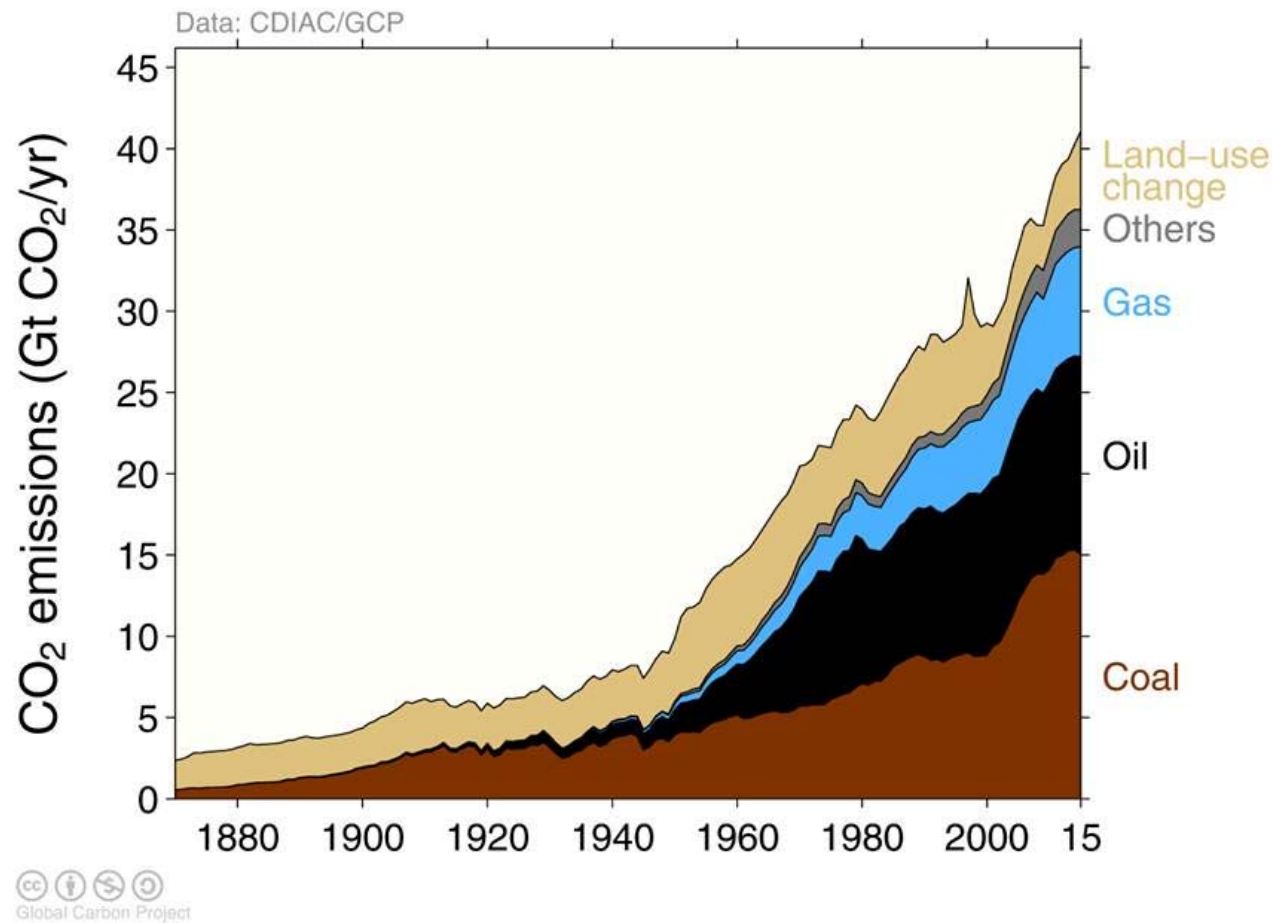


Composition de l'atmosphère

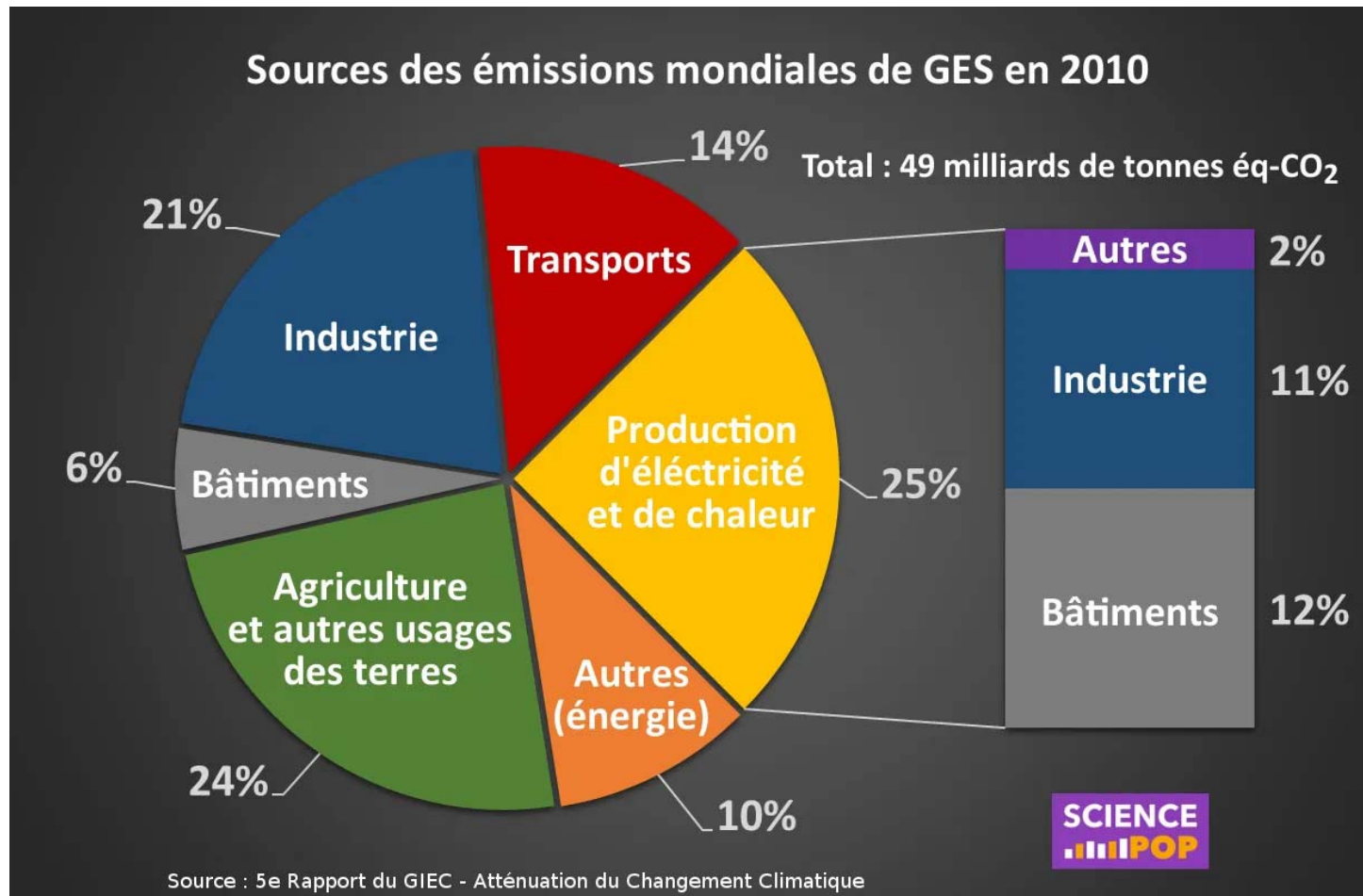
H₂O: vapeur d'eau
CO₂: gaz carbonique
CH₄: méthane
N₂O: protoxyde d'azote
O₃: ozone



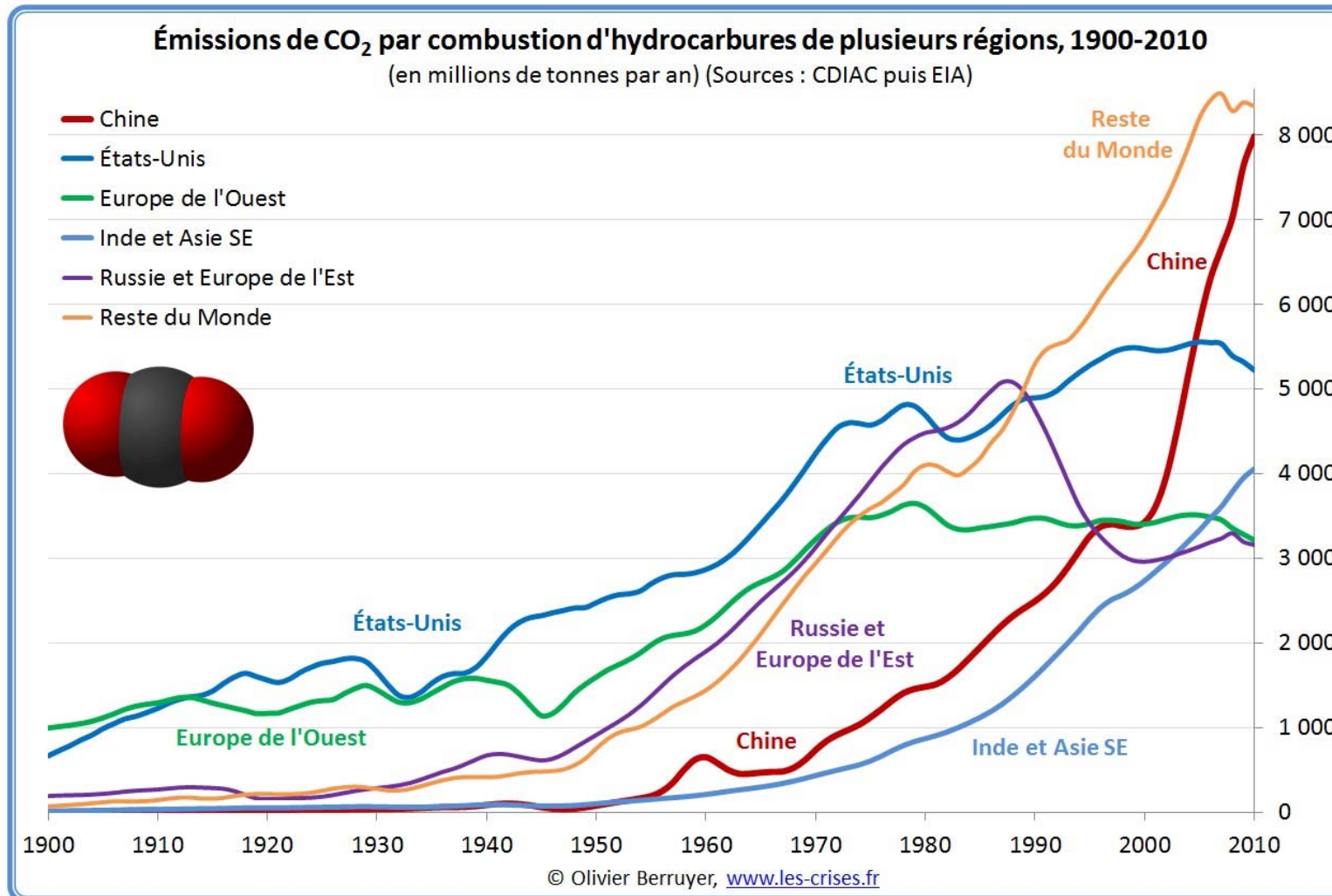
Les émissions de CO₂ d'origine humaine sont dues aux énergies fossiles



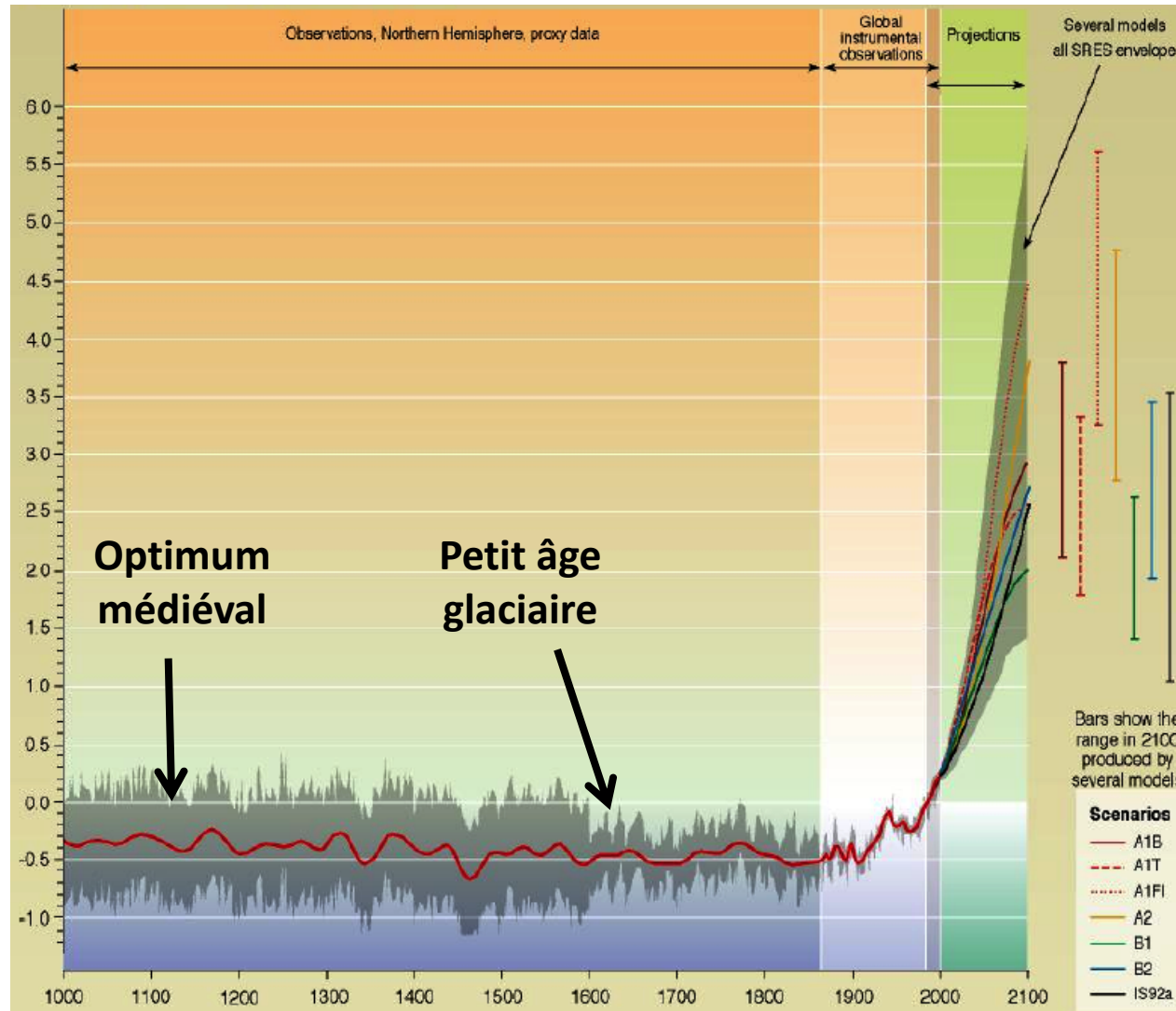
Les gaz à effet de serre sont émis par tous les secteurs



Les émissions de CO₂ sont très variables selon les pays



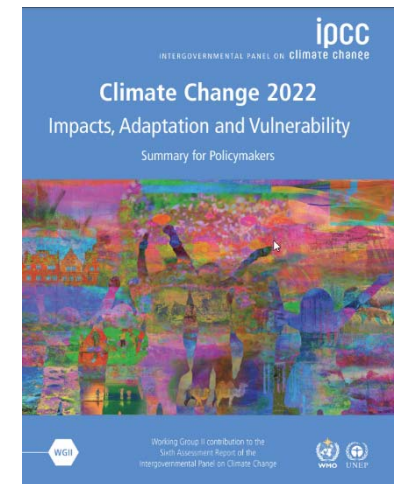
Le climat change à une vitesse inédite pour l'humanité



[GIEC 2001]

Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat)

- Créé en 1988 par l'ONU (www.ipcc.ch)
- Lieu d'expertise collective scientifique sur le changement climatique
- Six rapports d'évaluation : 1990, 1995, 2001, 2007, 2014, 2022
- La probabilité d'une responsabilité humaine, via les GES, devient de plus en plus forte
- Plusieurs scénarios étudiés, en fonction des hypothèses de réduction des émissions



Les seuils à ne pas dépasser

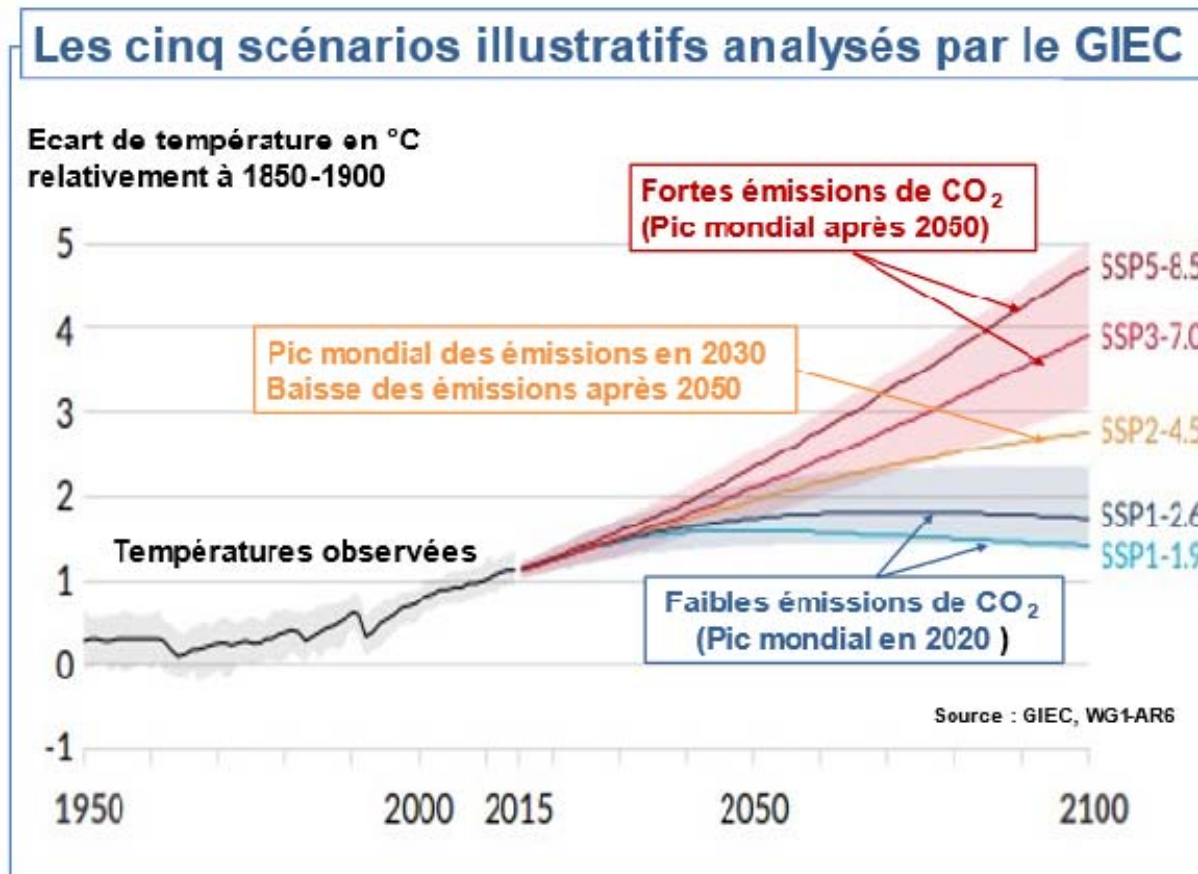
- En concentration de CO₂ : 450 ppm voire 430
- En degrés: + 2° voire +1,5°

Or actuellement:

- Environ 418 ppm (pré-industriel: 260-280)
- Environ +1,1° (par rapport à pré-industriel)

ppm: partie par million

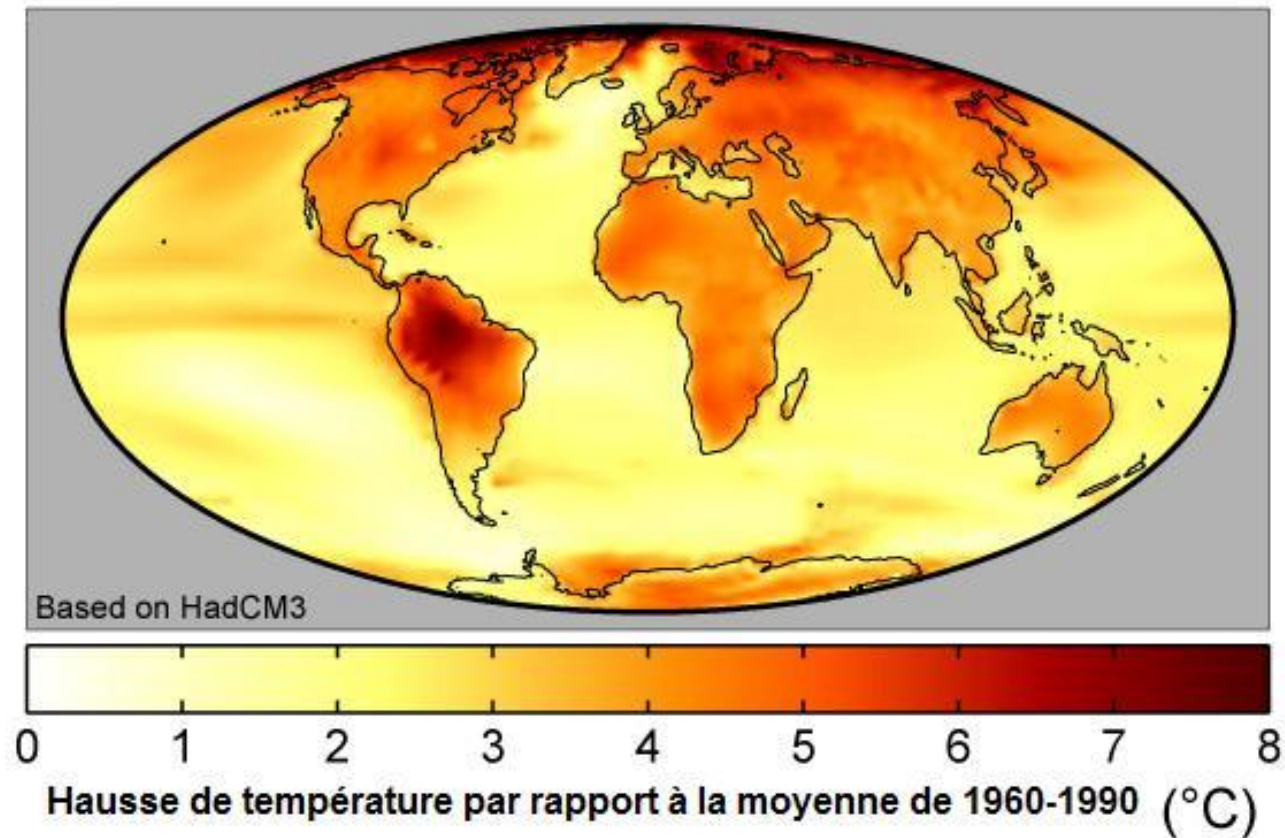
Scénarios du GIEC (6^e rapport)



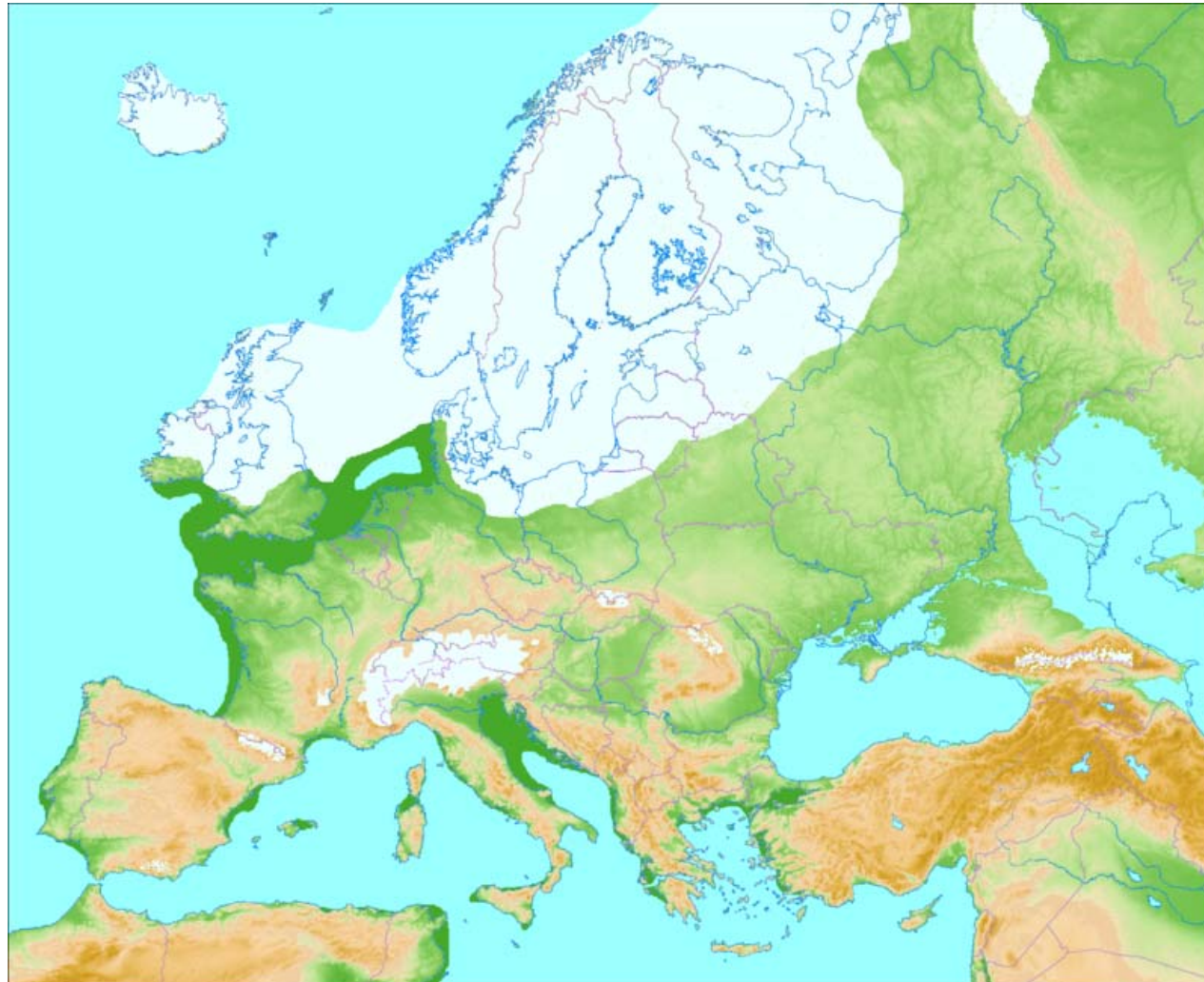
Source: <https://christiandeperthuis.fr/>

Les hausses ne sont pas homogènes

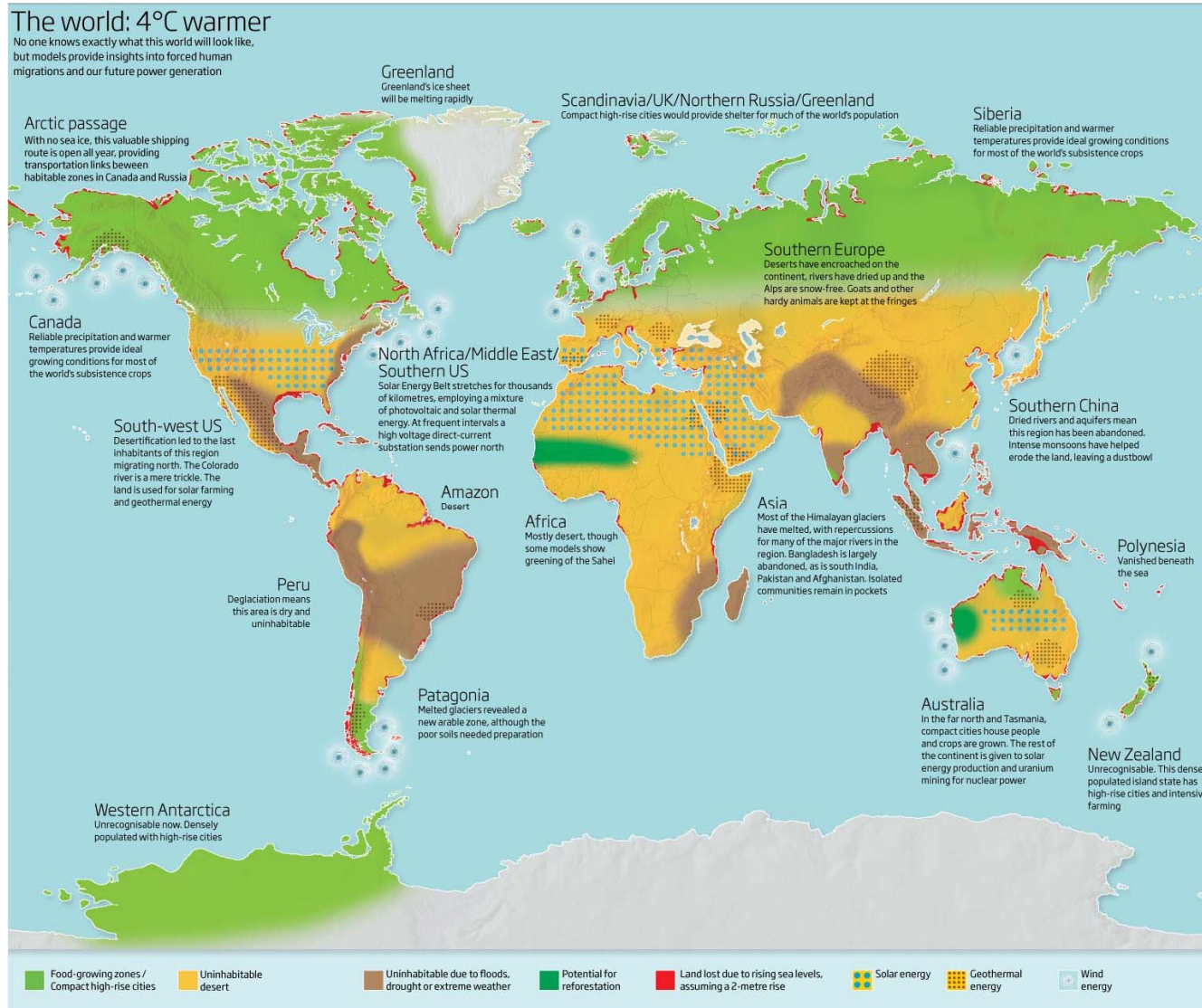
Prévisions des hausses de températures pour 2070-2100



5° : qu'est-ce que ça change? L'Europe au dernier maximum glaciaire

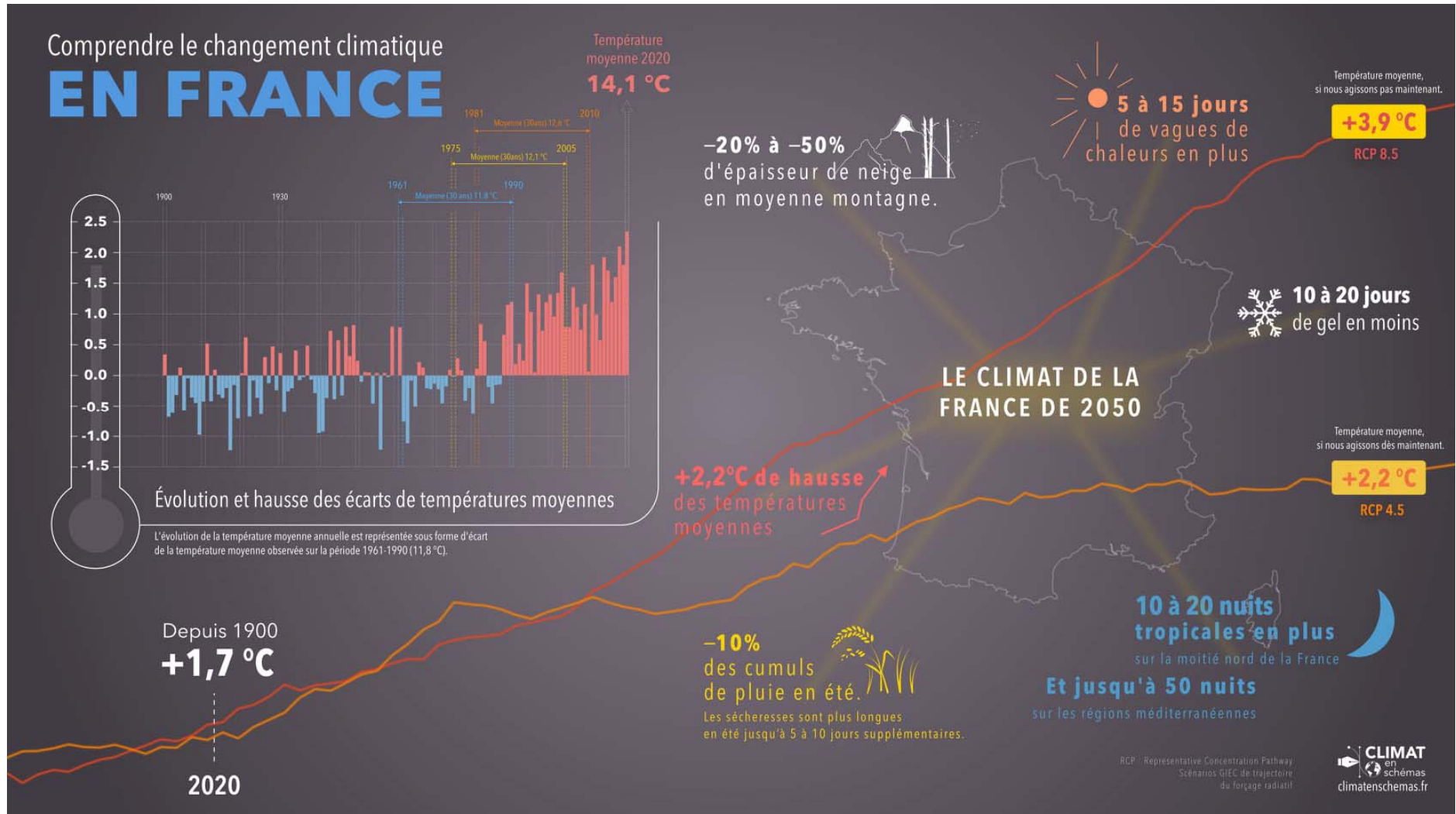


Le monde avec 4° de plus



(New Scientist)

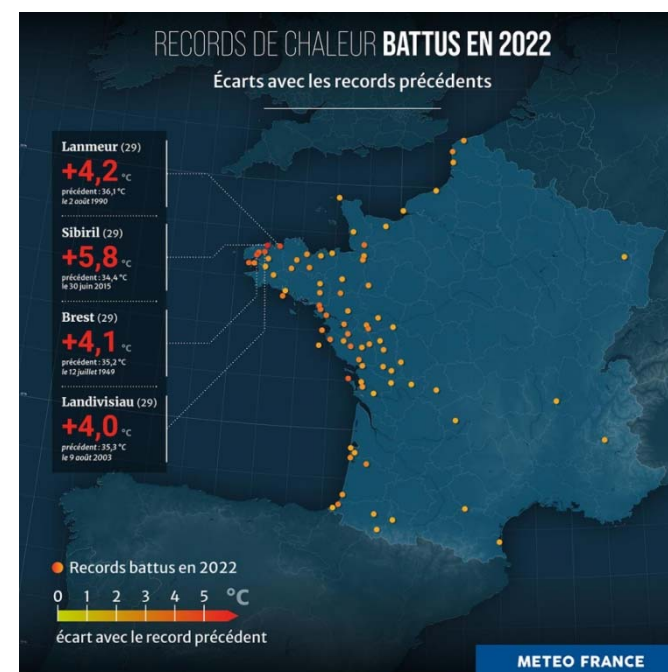
En France en 2050



Et pour quelques dixièmes de plus...

2022: encore une année d'événements extrêmes

- La cinquième année la plus chaude au niveau mondial (deuxième au niveau européen)
- L'été européen 2022 a été le plus chaud jamais enregistré, avec une série d'incendies et de vagues de chaleur
- Ouragan *Ian* dans le sud des USA et à Cuba
- Inondations au Pakistan, en Chine, à Madagascar, en Australie
- Incendies en Chine, aux USA, en Argentine
- Pointe à 40° au-dessus de la normale en Antarctique
- En France, année la plus chaude jamais enregistrée, 33 jours de vagues de chaleur en trois périodes (juin, juillet, août)



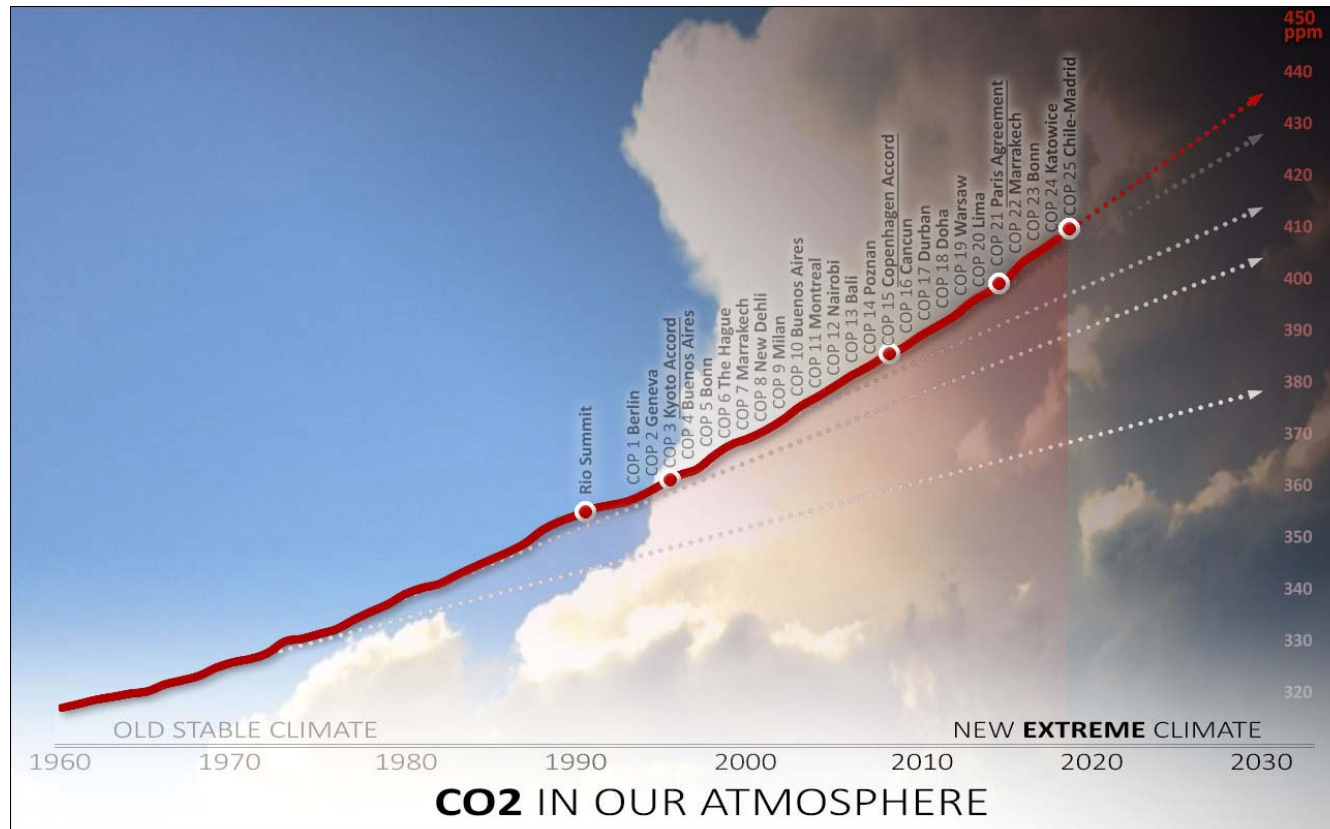
Outre le coût économique (évalué à plus de 170 milliards €) et humain, la reconstruction sera-t-elle toujours possible?

Les accords internationaux

- Convention ONU sur le changement climatique (Sommet de Rio, 1992)
- Protocole de Kyoto (1997): pour 55 pays, objectif de réduction de 5% des émissions de GES en 2012 par rapport à 1990
- Accord de Paris sur le climat (COP 21 en 2015): objectif de limiter la hausse à +1,5° et d'atteindre la neutralité carbone (zéro émissions nettes)
- Accord de Glasgow (COP26 en 2021): mentionne les énergies fossiles pour la première fois
- 2023: COP 28 au Qatar, révision des objectifs des États

Des accords non contraignants, qui misent tout sur les avancées technologiques et la géo-ingénierie, ne mentionnent ni la sobriété énergétique ni la sortie des énergies fossiles, adossés à des moyens financiers insuffisants.

Et pourtant... aucun ralentissement

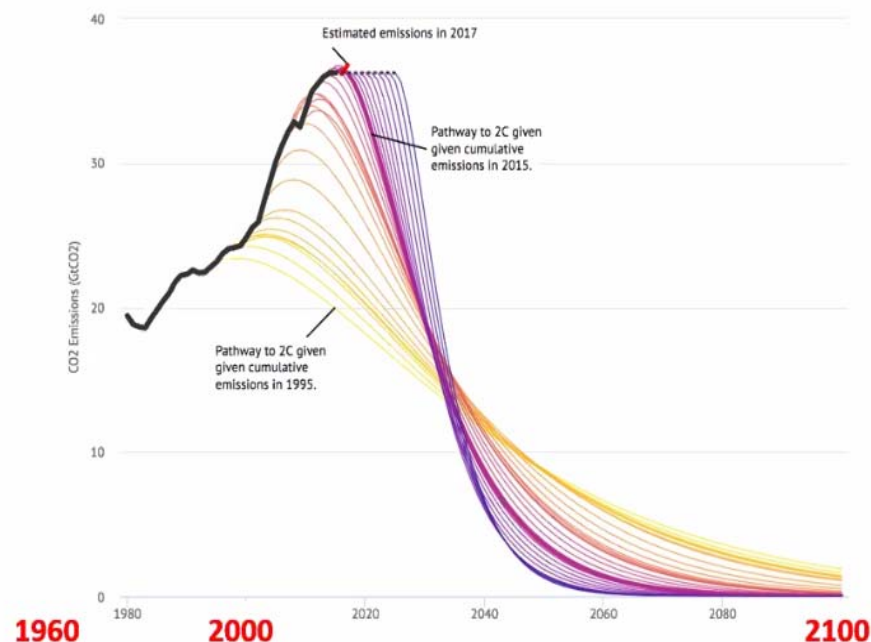


CUMULATIVE CO2 SINCE 1960 -- Black line shows cumulative CO2 dumped into atmosphere from fossil fuel burning and industrial processes: data from Gilfillan, D., Marland, G., Boden, T. and Andres, R.: Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions, available at: <https://energy.appstate.edu/CDIAC>. Red line shows cumulative increase in CO2 in the atmosphere since 1960. Data from NOAA ESRL at www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/. Part-per-million (ppm) values converted via 7.81 GtCO2/ppm. Dotted lines show decade averages continued out to 2030. Chart by Barry Saxifrage at NationalObserver.com and VisualCarbon.org, Dec 2019.

Sans de nouvelles politiques climatiques, le réchauffement global pourrait atteindre +2,2° à +3,5° en 2100 [GIEC 2022]

Plus on attend pour agir, plus la réduction devra être forte

limiter le réchauffement à 2° C



Objectif de l'UE en **2014**: réduire les émissions de **40%** en 2030 par rapport à 1990
Objectif de l'UE en **2021**: réduire les émissions de **55%** en 2030 par rapport à 1990

Ce qu'il faudrait vraiment faire

Selon l'étude de Christophe McGlade et Paul Ekins, de l'University College de Londres, publié dans la revue *Nature* en 2015:

Un tiers des réserves de pétrole, la moitié de celles de gaz et plus de 80% de celles de charbon ne doivent pas être exploitées, si nous voulons conserver 50% de chances de maintenir le réchauffement sous +2°C

Étude complémentaire de Welsby publiée en 2021:

Il faudrait s'abstenir d'exploiter 60% du pétrole et 90% du charbon pour ne pas dépasser +1,5°C:

Ce qui signifierait:

- Abandon des hydrocarbures non conventionnels
- Moratoire sur la recherche de nouveaux gisements
- Fermeture anticipée d'infrastructures énergétiques
- Réduction drastique de la consommation d'énergie

Le maintien des structures et projets actuels bloque les objectifs climatiques

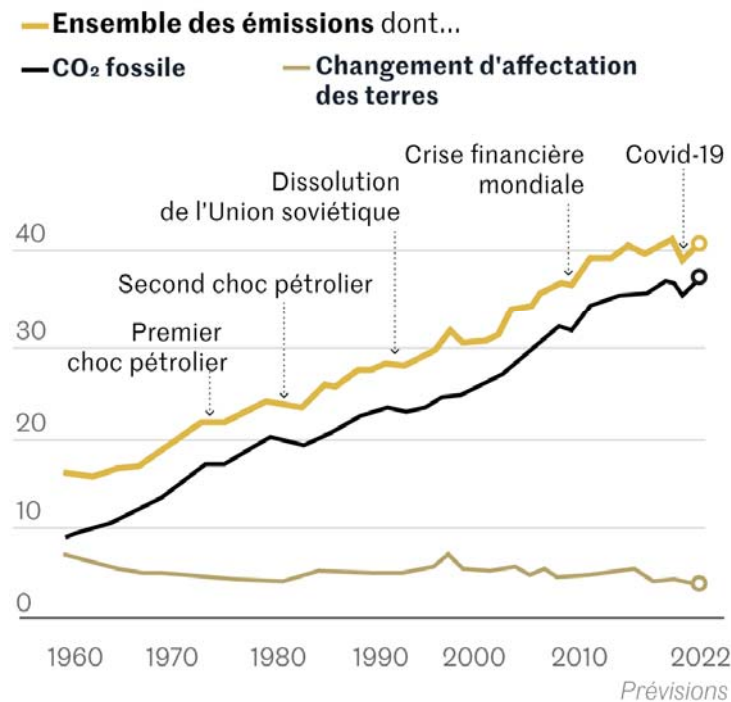
Le budget carbone mondial à ne pas dépasser pour avoir 50% de chances de limiter le réchauffement à +1,5° est de 500 Gt de CO₂ (pour 66%, 200 Gt), or:

- Les infrastructures existantes (centrales thermiques, industrie...) vont encore émettre 658 Gt de CO₂. Les centrales en projet ou en construction émettront 188 Gt supplémentaires. [Tong 2019]
- Les 425 plus gros projets actuels d'exploitation d'énergies fossiles, s'ils sont menés à terme, conduiront à l'émission de 1 180 Gt de CO₂. [Kühne 2022]

Les épisodes de baisse des émissions correspondent aux crises économiques

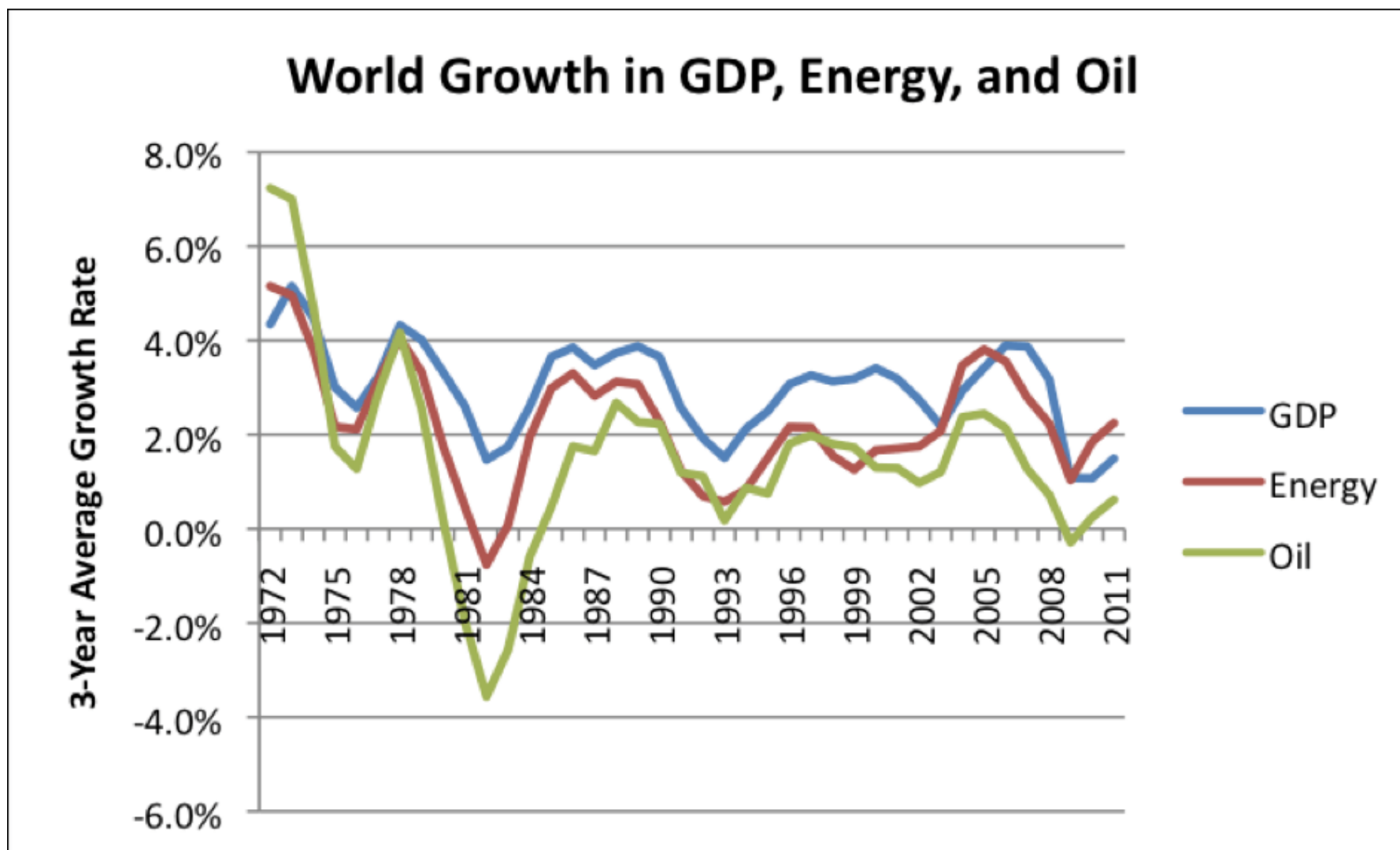
Des émissions de CO₂ qui continuent d'augmenter, portées par les énergies fossiles

Emissions mondiales de CO₂ et prévisions 2022, en gigatonnes

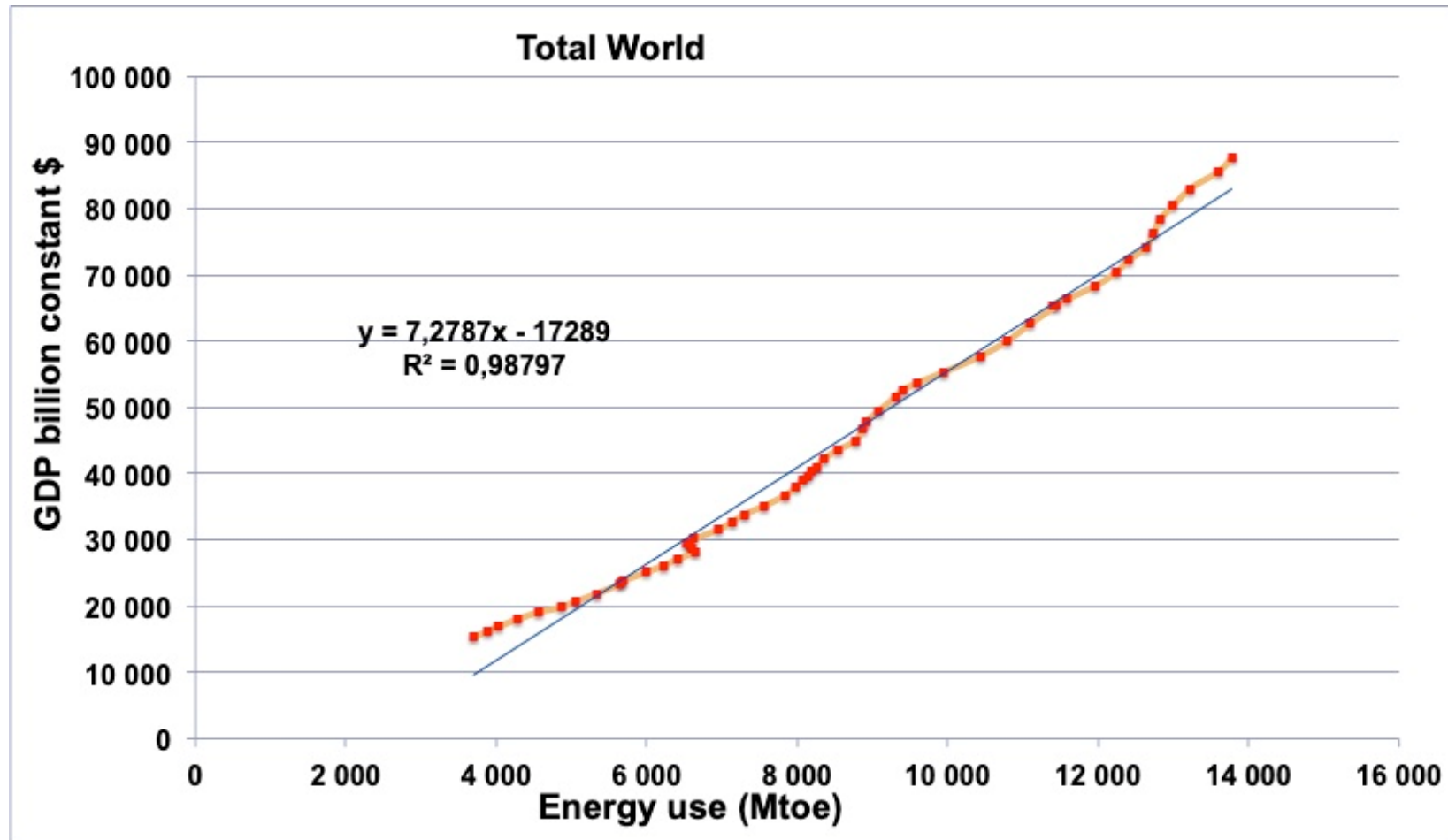


Source : Global Carbon Project 2022
Infographie *Le Monde*

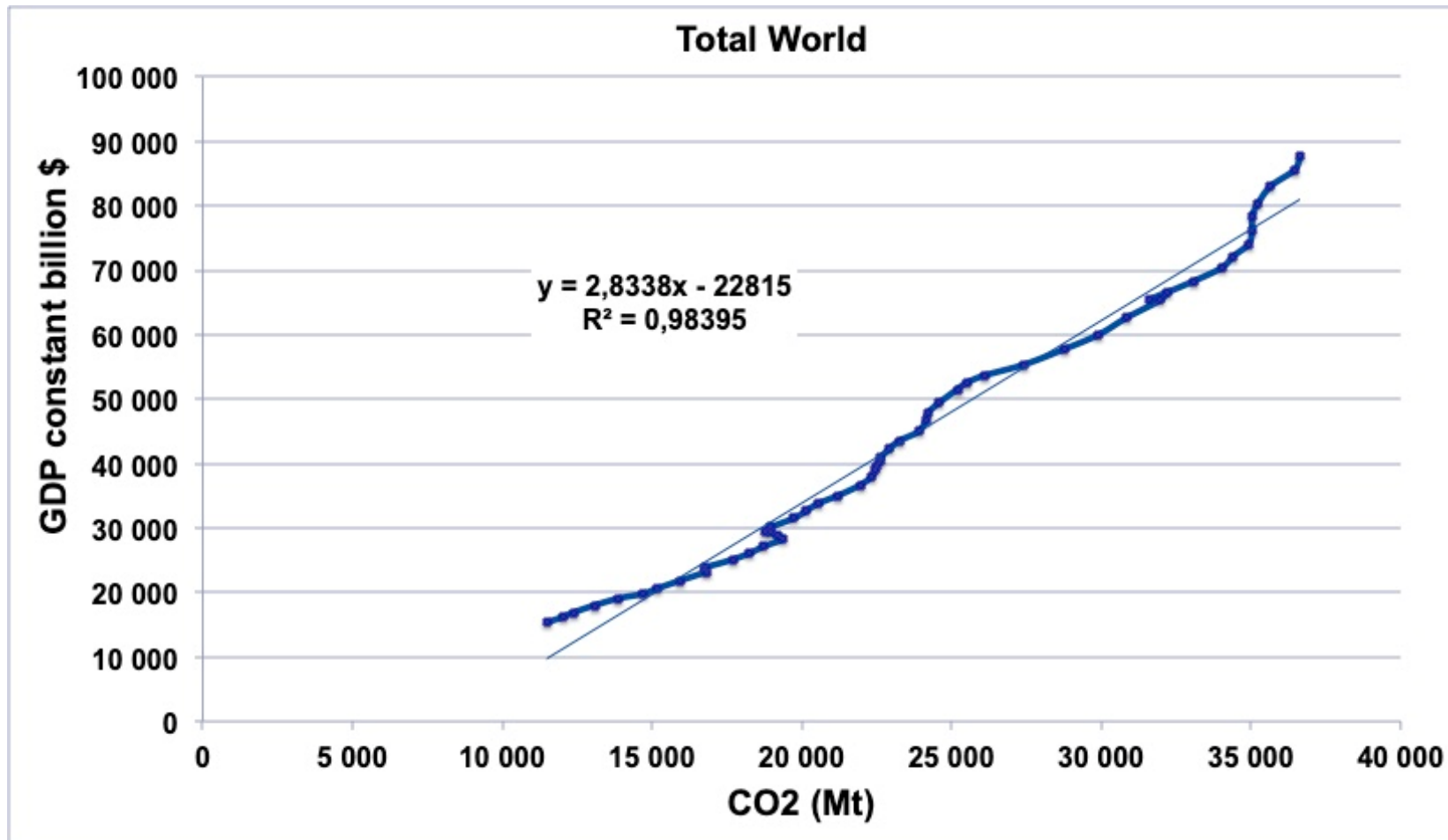
Peut-on découpler énergie et PIB?



Peut-on découpler énergie et PIB?



Peut-on découpler CO2 et PIB?



I. Les limites planétaires

Plan

1. Le climat: changement climatique
- 2. La biodiversité: sixième extinction de masse**
3. Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon)
4. Les métaux
5. Les déchets et la pollution

Introduction

Vidéo

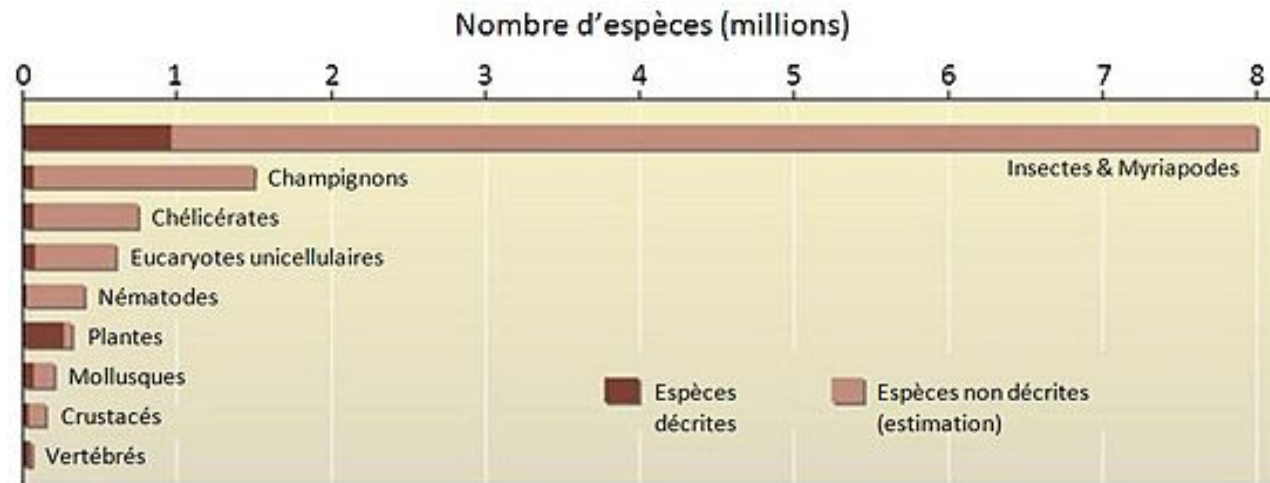
https://www.youtube.com/watch?v=EuYuW_zHkks

Gilles Bœuf

Président du Muséum National d'Histoire Naturelle

Comment évaluer la biodiversité?

Compter les espèces connues + évaluer le nombre d'espèces restant à découvrir

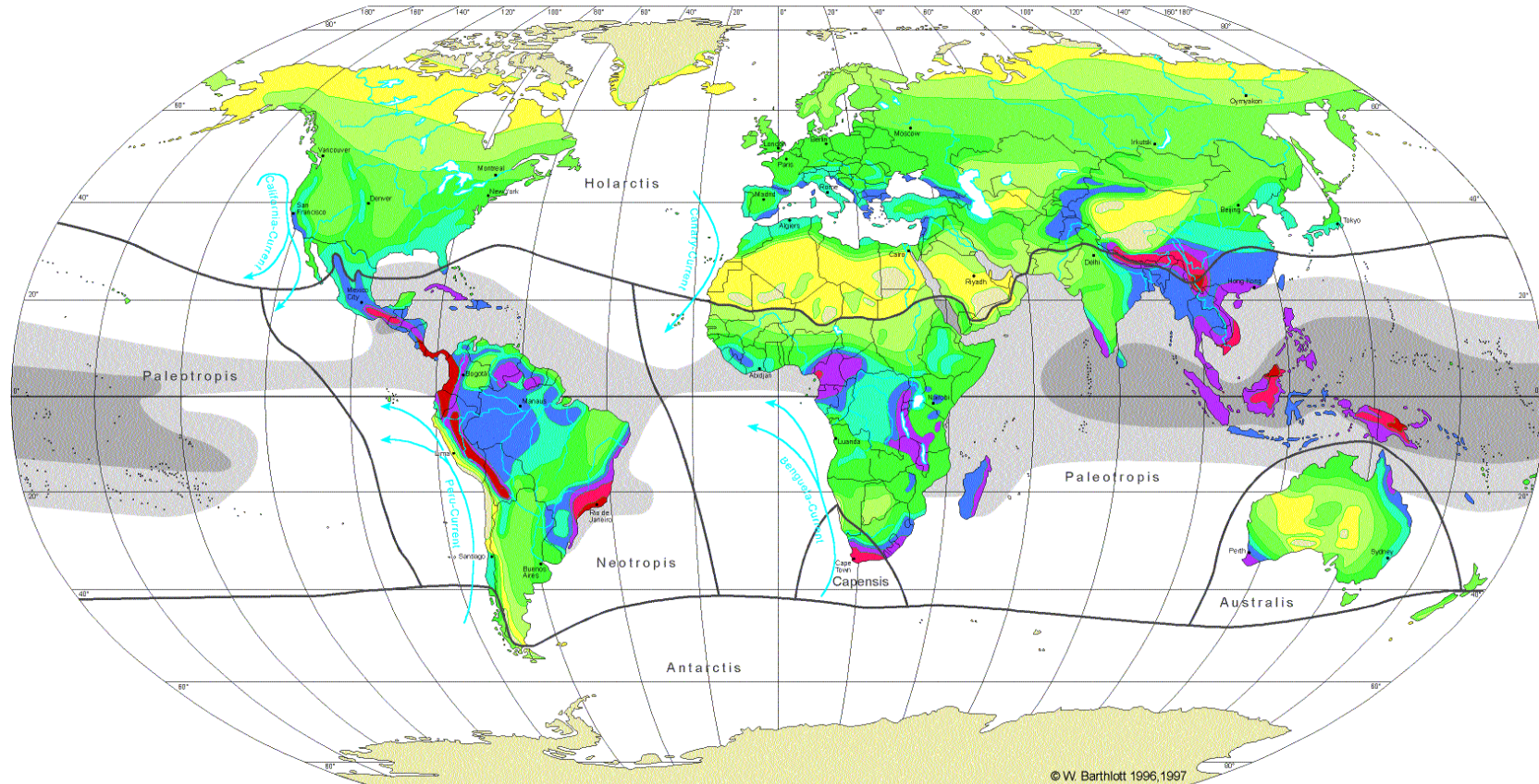


Source : Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005)

Il existerait entre 10 et 20 millions d'espèces et nous n'en connaissons que 2,2 millions

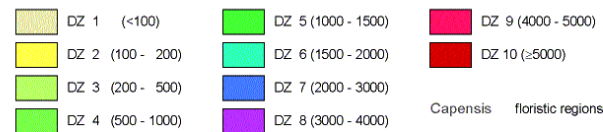
Où se trouve la biodiversité?

GLOBAL BIODIVERSITY: SPECIES NUMBERS OF VASCULAR PLANTS




Robinson Projection
Standard Parallels 38°N und 38°S
Scale 1: 130 000 000

Diversity Zones (DZ): Number of species per 10.000km²



sea surface temperature



 cold currents

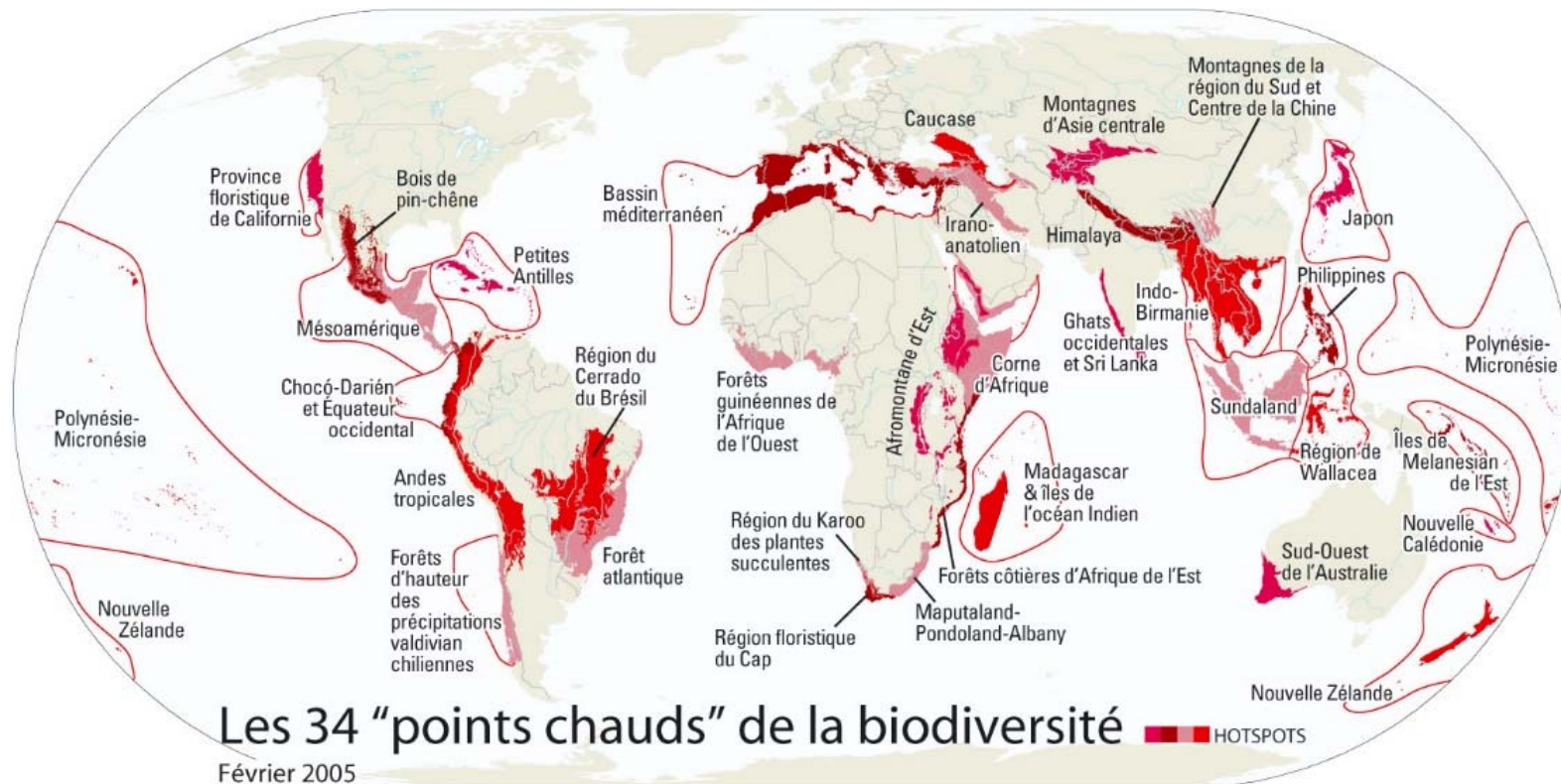
W. Barthlott, N. Biedinger, G. Braun
F. Feig, G. Kier, W. Lauer & J. Mutke 1997
modified after
W. Barthlott, W. Lauer & A. Placke 1996
Department of Botany and Geography
University of Bonn
German Aerospace Research Establishment, Cologne

Cartography: M. Gref
Department of Geography
University of Bonn

Où est-elle extrêmement menacée?

Les « points chauds »

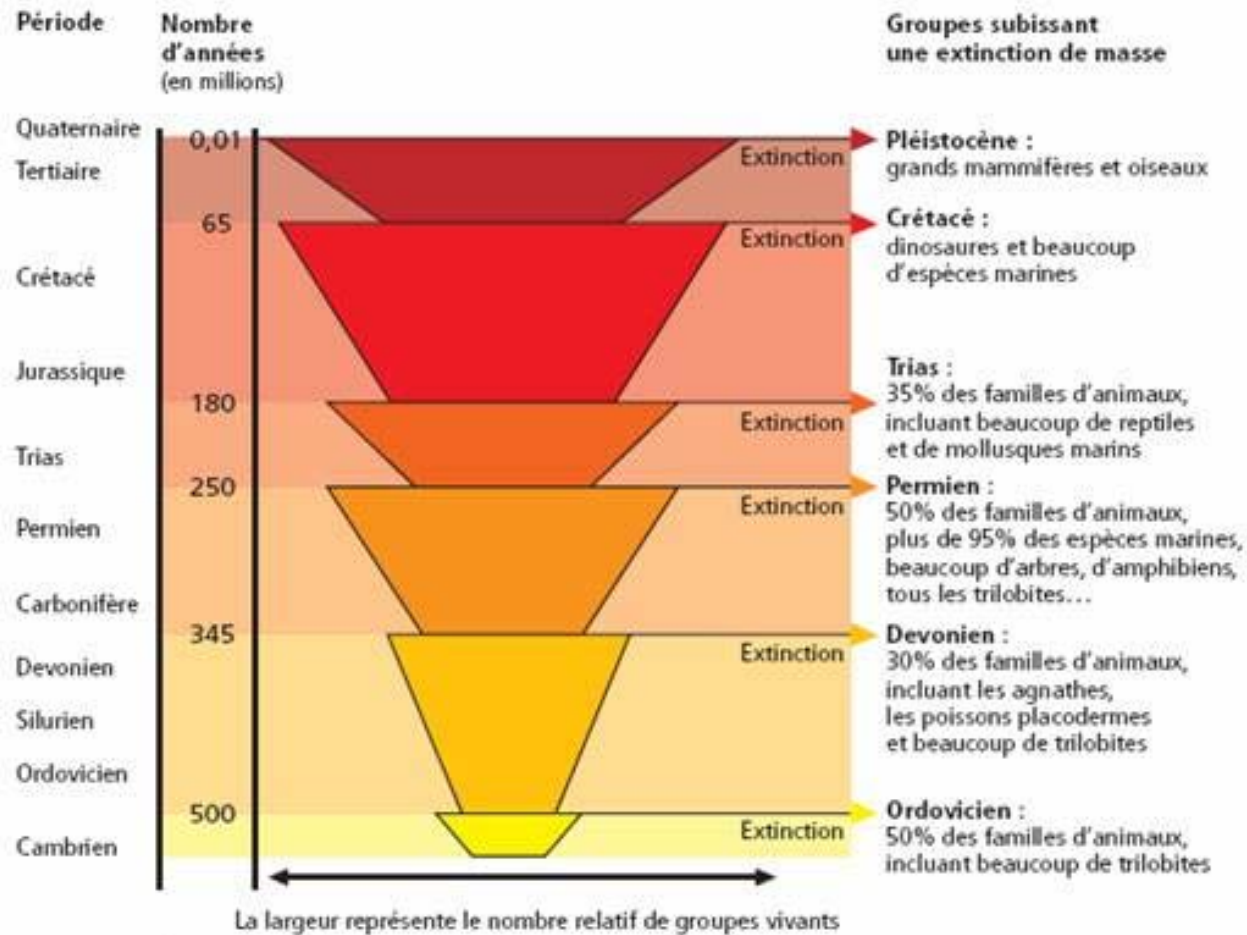
Zone qui contient 1 500 espèces de plantes et qui a perdu 70% de sa végétation primaire



Conservation International <https://www.conservation.org>

Les extinctions massives du passé

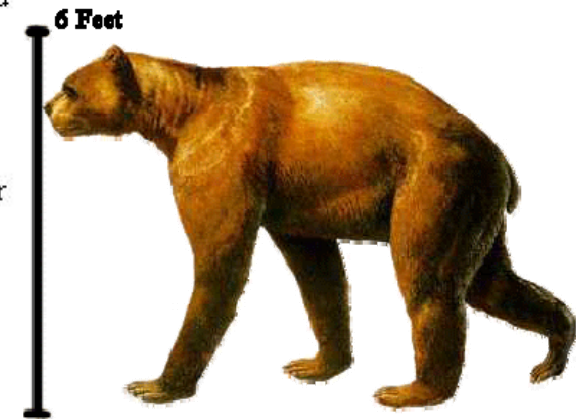
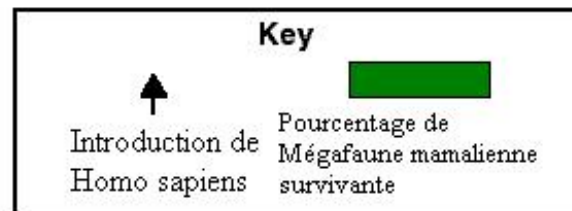
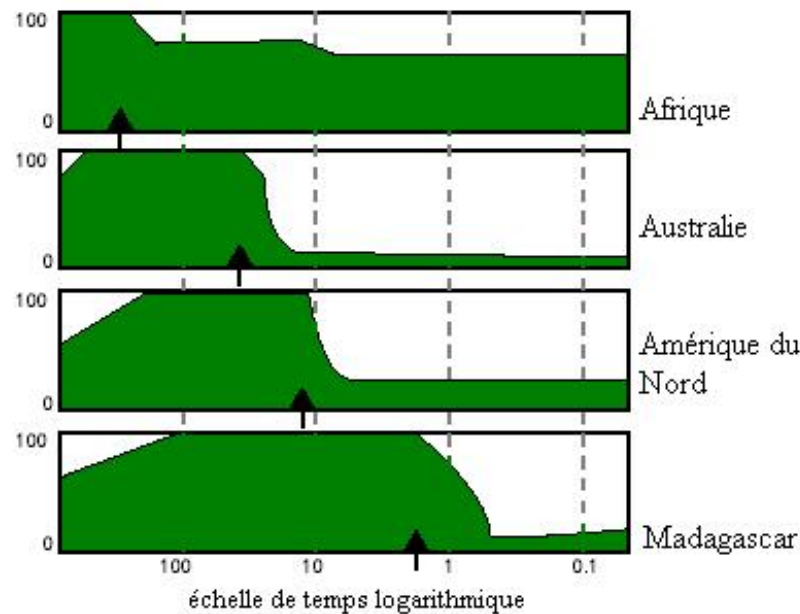
Évènement « bref » qui voit la disparition d'au moins 75% des espèces végétales et animales



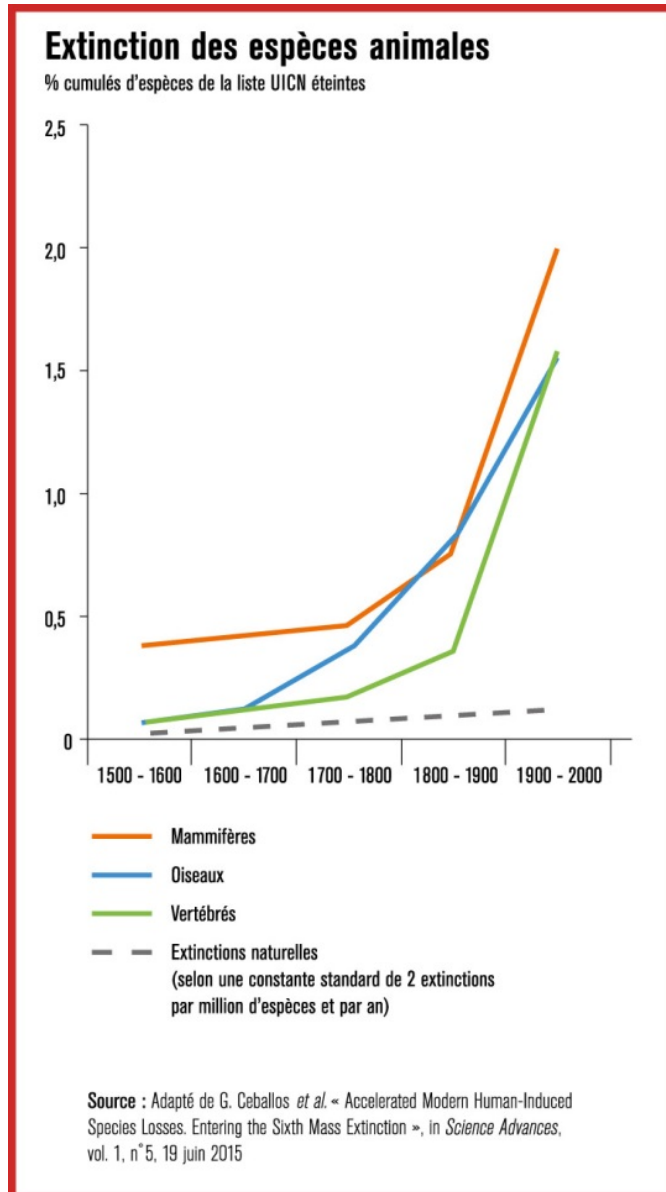
Source : Barbault, 2000, p.43

La sixième extinction massive

L'extinction de la mégafaune est liée à l'arrivée des premiers hommes sur les continents



La sixième extinction massive

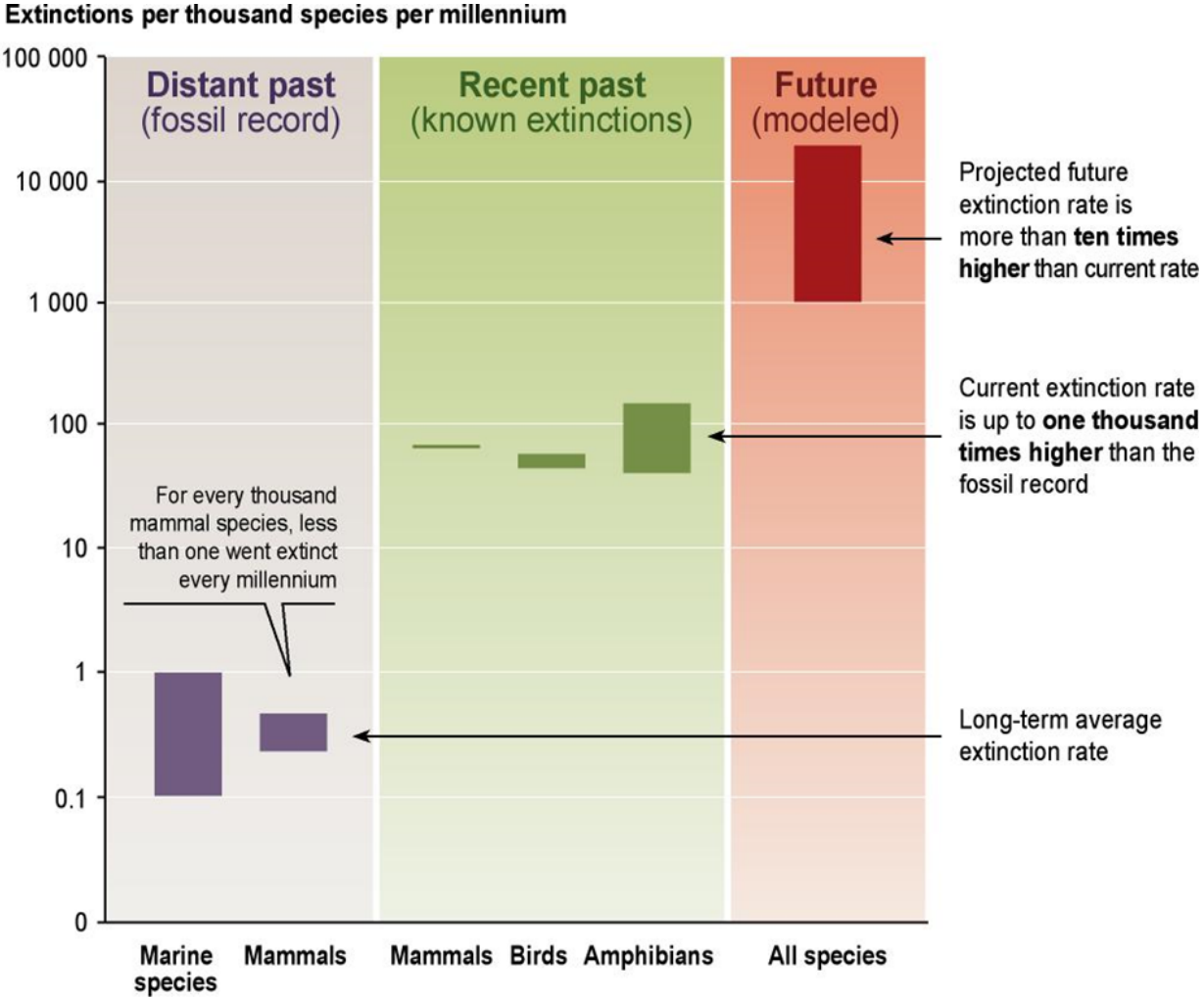


Le rythme actuel d'extinction est **100 à 1000 fois** supérieur au rythme naturel

Espèces menacées d'après la liste rouge mondiale de l'UICN:

- 1 mammifère sur 4
- 1 oiseau sur 8
- 1 amphibien sur 3

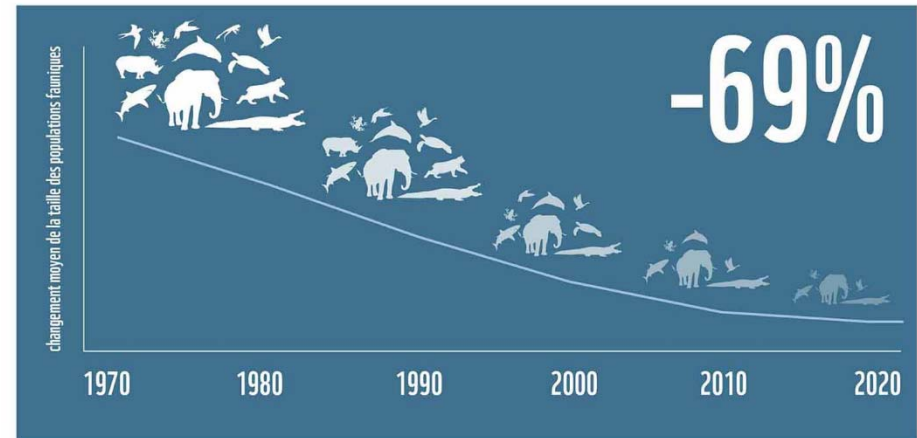
Le rythme d'extinction accélère encore



Source: Millennium Ecosystem Assessment

Les populations diminuent

Les populations de vertébrés ont chuté de 69 % entre 1970 et 2018 (rapport WWF 2022)

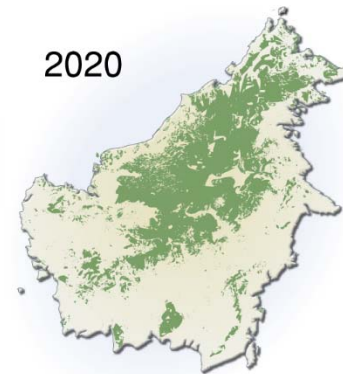
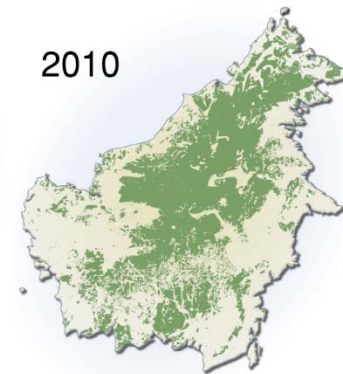
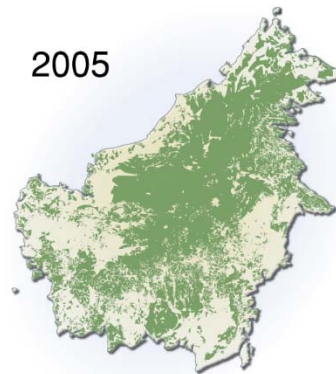
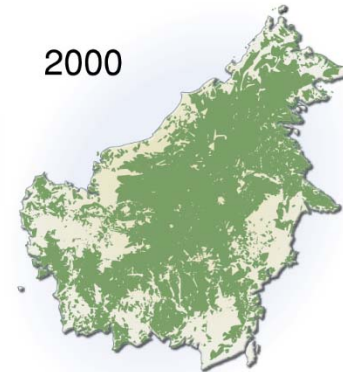
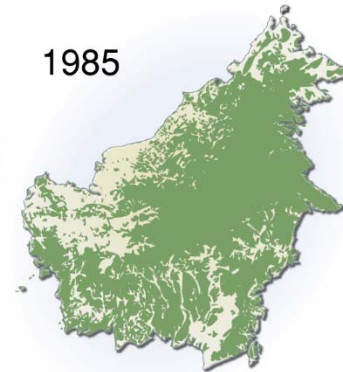
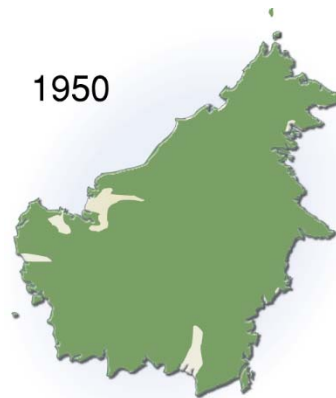


L'indice des planètes vivantes (IPV) suit les populations de mammifères, d'oiseaux, de poissons, de reptiles et d'amphibiens, et révèle une diminution moyenne de 68 % des populations d'espèces sauvages surveillées depuis 1970. L'IPV de 2022 a analysé près de 32 000 populations d'espèces. Il fournit la mesure la plus complète de la façon dont ils réagissent aux pressions dans leur environnement.



Les insectes volants ont diminué de 80% dans les espaces protégés en Allemagne depuis 30 ans (Hallman 2017)

La déforestation

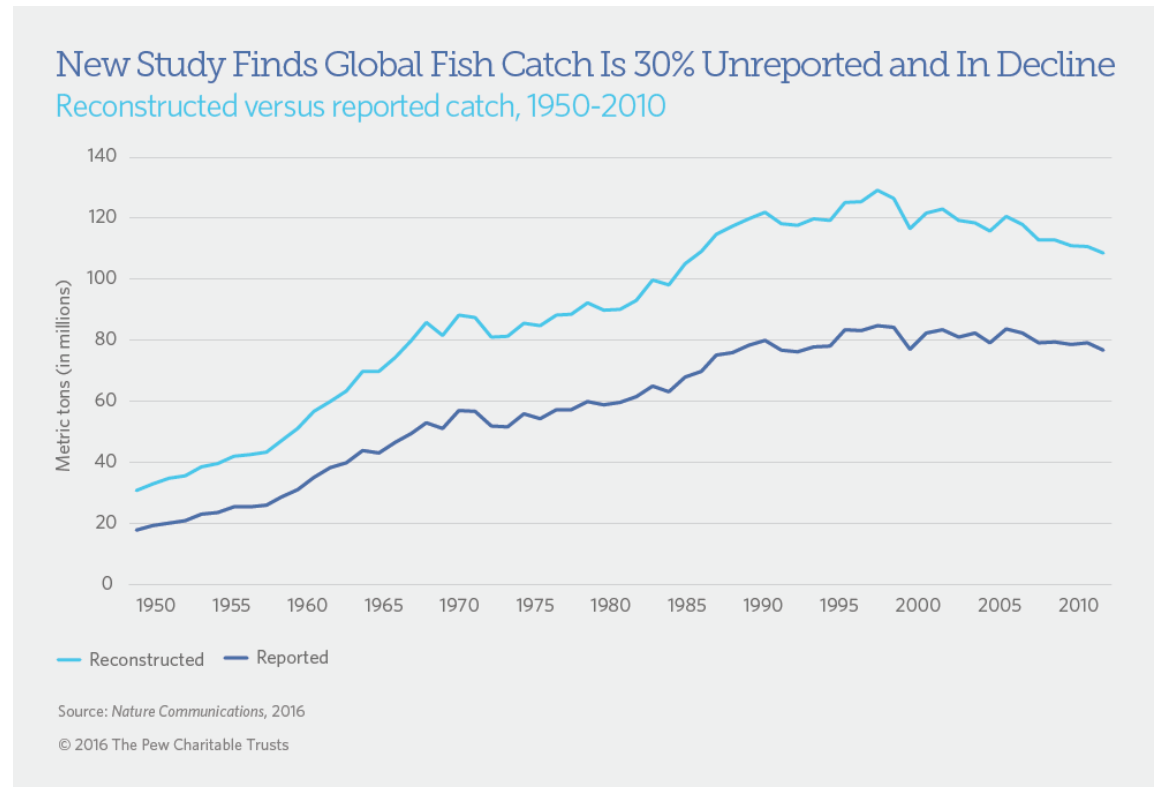


Ile de Bornéo

La pêche vide les océans

Les captures stagnent alors que l'effort de pêche est de plus en plus intense [Pauly et Zeller 2016]

Au rythme actuel, les océans seront vides en 2050 [Worm 2006]



Causes de l'érosion [Rapport IPBES 2019]

Érosion de la biodiversité, 5 causes

Destruction des habitats

Surexploitation des ressources + 50% de l'impact total

Changement climatique

Pollution de l'eau, de l'air et des sols

Espèces envahissantes

Regardons dans le détail

Cause 1/ Destrutions des zones de vie et habitats

Quelques indicateurs

Agriculture	Déforestation	Urbanisation
1/3 des terres émergées	- 42% de superficie depuis 1700	Doublement depuis 1992

Au total, près de 75% de la surface terrestre a été altérée par l'homme

Cause 2/ Surexploitation des ressources

Nous exploitons la biodiversité plus vite qu'elle ne se renouvelle

Exploitation forestière

Chasse & braconnage

Cueillette

Pêche

Cause 3/ Changement climatique

Des impacts variés et dans tous les milieux

Migration des espèces

Événements climatiques

Incendies

Augmentation de la température de l'eau

Blanchissement des coraux

Cause 4/ Pollutions de l'eau, de l'air et du sol

Quelques exemples

- 10 fois plus de **plastique** dans les océans qu'en 1980
- 350 millions de tonnes de **métaux lourds**, solvants & boues toxiques dans les océans chaque année
- Migration des **engrais** vers les sources d'eau douce

Des pollutions qui nuisent aux conditions d'alimentation ou de vie de nombreuses espèces

Cause 5/ Prolifération des espèces envahissantes

Échanges commerciaux

Déplacements des personnes

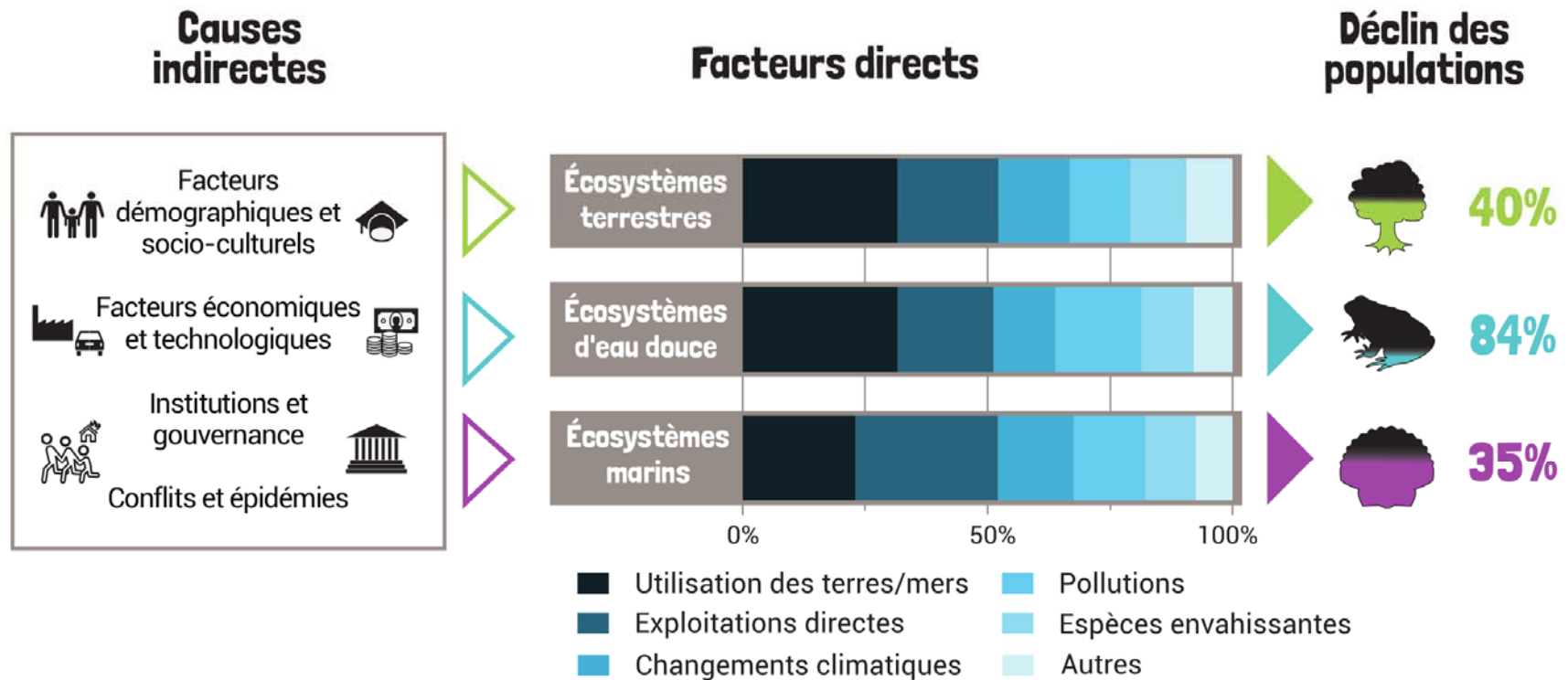
Espèce installée hors de son aire d'origine

+40% d'espèces exotiques depuis 1980 dans le monde

1/5 de la surface terrestre menacée par des invasions végétales et animales

Par exemple, un seul champignon menace près de 400 espèces d'amphibiens

Des causes indirectes à l'origine des facteurs directs



Pourquoi est-ce un problème?

L'humanité dépend entièrement de la biodiversité

- Apports matériels
 - alimentation (agriculture, pêche)
 - médicaments
 - énergie et matériaux (bois)
- Régulation
 - épuration (sols, eau, air)
 - régulation des crues
 - pollinisation
 - frein à l'érosion
- Apports immatériels (culturels, récréatifs...)

Pourquoi les mesures de protection ne sont pas à la hauteur

- La superficie des réserves est insuffisante
- La réglementation est souvent contournée (braconnage, déforestation illégale)
- La protection entre en conflit avec les activités humaines et l'économie: la nature n'est pas considérée comme prioritaire
- Les problèmes sont complexes et multifactoriels
- Les politiques sont sectorielles (ministère de l'écologie) et insuffisamment financées

Aux USA, le nombre d'espèces menacées dans un État est corrélé au PIB et à la population de cet État [Czech 2012]

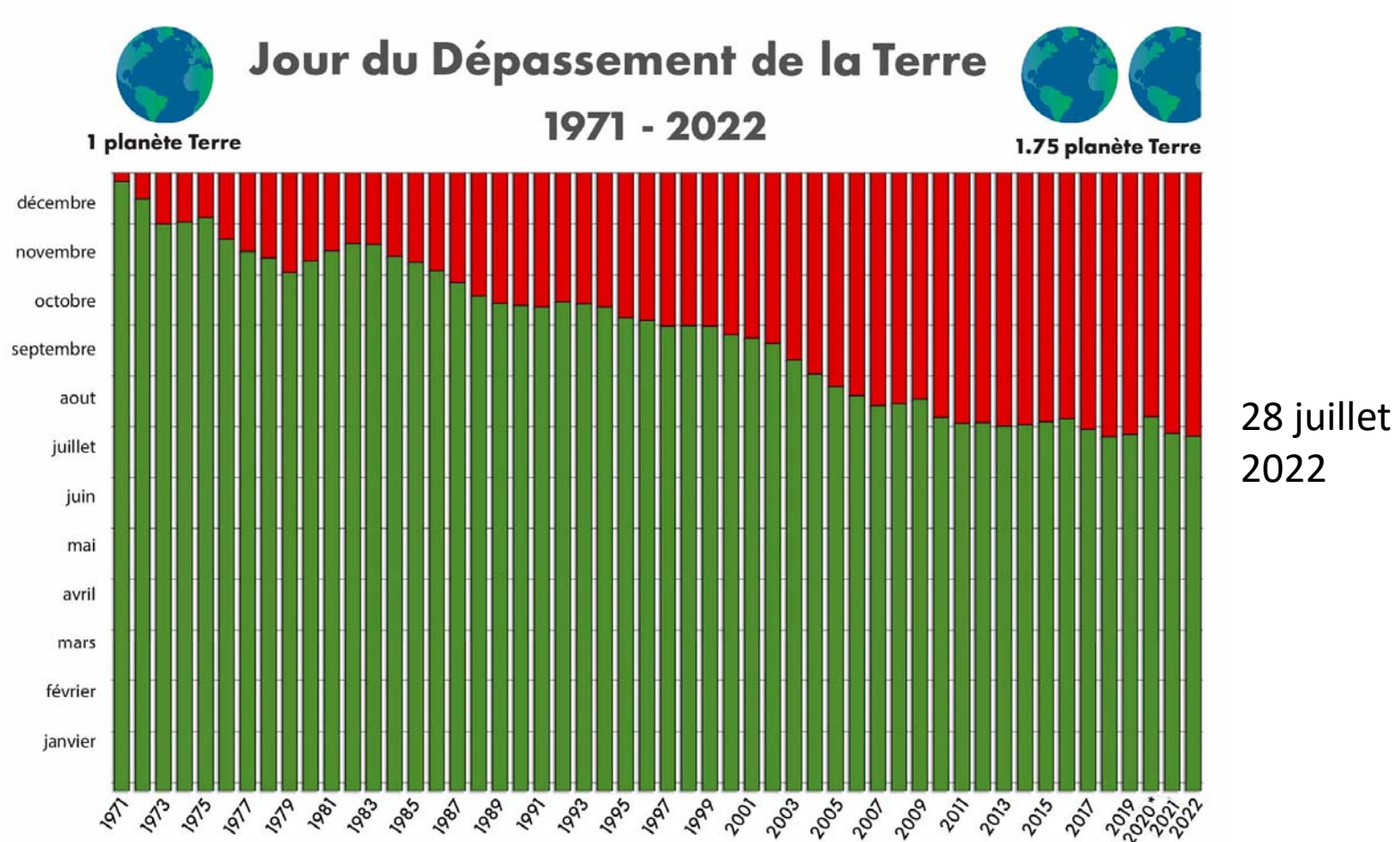
Empreinte écologique et « jour du dépassement »

L'empreinte écologique est un indicateur qui évalue la pression humaine sur les ressources naturelles et les « services écologiques »

Plus précisément, elle mesure la surface nécessaire pour produire les ressources consommées par une population donnée sur un an.

Le **jour du dépassement** est le jour symbolique où les terriens ont consommé les ressources naturelles produites par la planète durant un an.

Empreinte écologique et « jour du dépassement »



28 juillet
2022

*Le calcul du Jour du Dépassement de la Terre 2020 reflète la baisse initiale de l'utilisation des ressources au cours de la première moitié de l'année en raison des mesures de confinement liées à la pandémie. Toutes les autres années utilisent un taux constant d'utilisation des ressources sur 12 mois.

Le « jour du dépassement » par pays

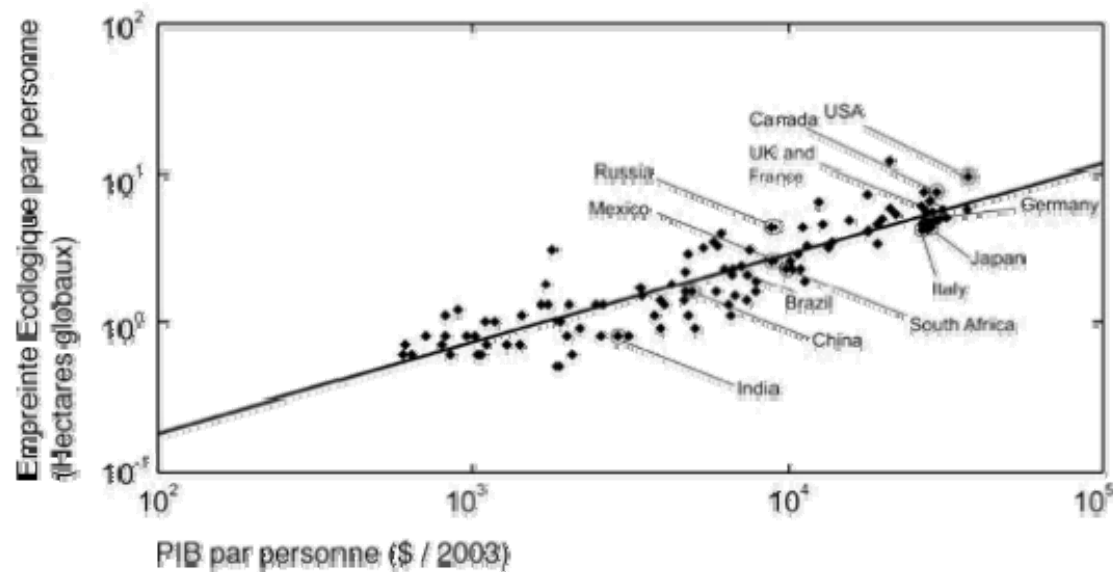
Combien de planètes Terre faudrait-il si la population mondiale vivait comme les habitants en...



Source: Global Footprint Network National Footprint Accounts 2019

Peut-on découpler empreinte écologique et PIB?

Corrélation Empreinte écologique / PIB, par personne



(<https://christophevieren.fr>)

Conclusion partielle

- Climat et biodiversité sont deux des principales « limites planétaires » à ne pas franchir
- Les efforts entrepris jusqu'ici n'ont pas enrayeré la tendance générale à la dégradation
- Les dégradations du climat et de la biodiversité semblent intimement liées à la croissance et au PIB

Bibliographie

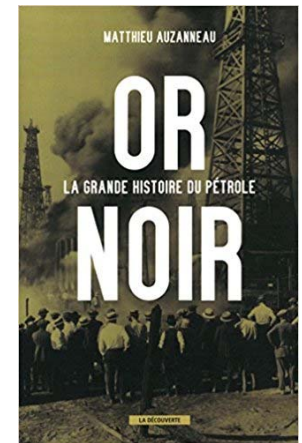
- Rockstrom et al., [Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity](#). Ecology and Society, vol. 14, no 2 (2009)
- Steffen et al., [Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet](#). Science, vol. 347, no 6223 (2015)
- Persson et al. [Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities](#), Environmental Science and Technology, no 3, vol 56 (2022)
- GIEC www.ipcc.ch
- Le Shift Project <https://theshiftproject.org/>
- Blog J.-M. Jancovici <https://jancovici.com/>
- Programme des Nations-Unies pour l'Environnement, [Rapport sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions](#) (2022)
- McGlade et Ekins, [The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C](#), Nature, vol. 517 (2015)
- Welsby et al., [Unextractable fossil fuels in a 1.5 °C world](#), Nature, vol, 597 (2021)
- WWF, rapport [Planète vivante](#) 2022
- Hallmann et al., [More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas](#), Plos One (2017)
- Pauly et Zeller, [Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining](#), Nat Commun vol. 7 (2016).
- Worm et al., [Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services](#), Science, vol. 314 (2006)
- IPBES - Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques <https://ipbes.net/>
- Czech et al., [Effects of economic growth on biodiversity in the United States](#), Natural Resources Forum, vol. 36 (2012)

Pour la semaine prochaine

Vous pouvez regarder une vidéo sur YouTube, au choix:

- Émission « Le dessous des cartes » du 27 novembre 2010 « Vers le pic pétrolier »
<https://www.dailymotion.com/video/x1jtpmk> (4 mn)

- « Pic pétrolier, chimère ou danger imminent? » par Mathieu Auzanneau, auteur de « Or noir, la grande histoire du pétrole » et blogueur sur <http://petrole.blog.lemonde.fr>
<https://www.youtube.com/watch?v=HI9rh0jPZkM> (13 mn)



Travaux pratiques

1) Simulateur de montée des océans

Selon le rapport spécial du GIEC sur les océans (2019), la hausse moyenne des océans pourrait atteindre 1 mètre en 2100 et 5 mètres en 2300.

Identifier quelles seraient, pour une hausse globale de 1 mètre:

- les principales régions touchées en France
- en dehors de la France, les régions ou grandes villes touchées en Europe
- en dehors de l'Europe, les régions ou grandes villes touchées dans le reste du monde

Puis, identifier pour une hausse globale de 5 mètres les zones supplémentaires qui seraient touchées.

Quelles conséquences (économiques, sociales, écologiques...) de cette élévation du niveau des mers pouvez-vous envisager?

Compte-rendu à faire et déposer sur UMTICE à la fin de cette séance ou au plus tard avant la prochaine séance

2) Répondre aux dix questions du quiz "Le climat en question" (facultatif)