

Un état des lieux biophysique de l'Anthropocène

Alexandre Le Tiec

Laboratoire Univers et Théories
Observatoire de Paris / CNRS

11 mai 2023

letiec.yolasite.com/anthropocène

Plan de l'exposé

- ① Une nouvelle époque géologique
- ② Le constat biophysique

Plan de l'exposé

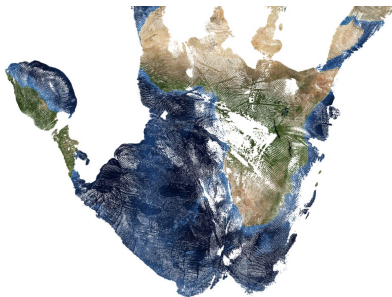
① Une nouvelle époque géologique

② Le constat biophysique

Qu'est-ce que l'Anthropocène ?

Définition

L'Anthropocène est une proposition d'**époque géologique** qui aurait débuté quand l'influence de l'**être humain** sur la géologie et les écosystèmes est devenue significative à l'échelle de l'histoire de la Terre.



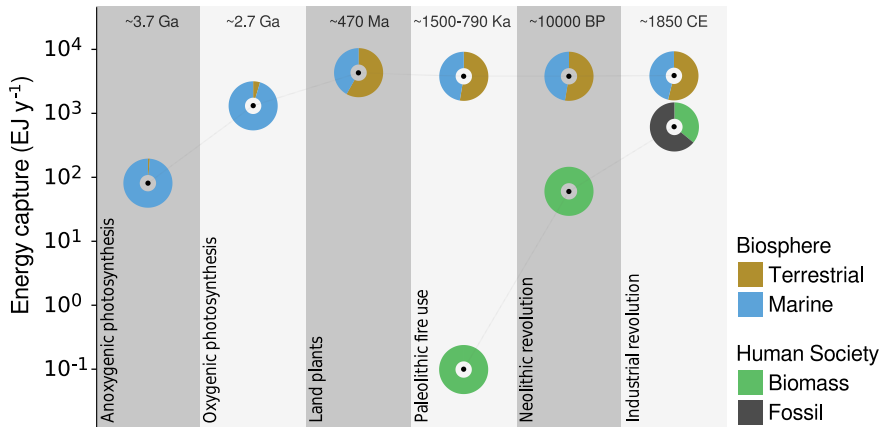
Qu'est-ce que l'Anthropocène ?

*Il devient possible de comparer l'humanité à une **force géologique nouvelle**, désormais en mesure d'interférer avec les grands cycles biogéochimiques du globe. Le changement global qui en découle peut sembler lent à l'échelle d'une vie humaine, car il constitue un processus s'étalant sur plusieurs décennies, voire sur plusieurs générations, et façonne donc au quotidien tout ce qui constitue notre "normalité" la plus banale. Mais il se révèle d'une **fulgurance catastrophique** à l'échelle des temps géologiques ou évolutifs, et se trouve donc porteur d'une **réflexion vertigineuse** sur le sens et les conséquences de l'aventure industrielle, sinon sur le devenir de l'espèce humaine.*

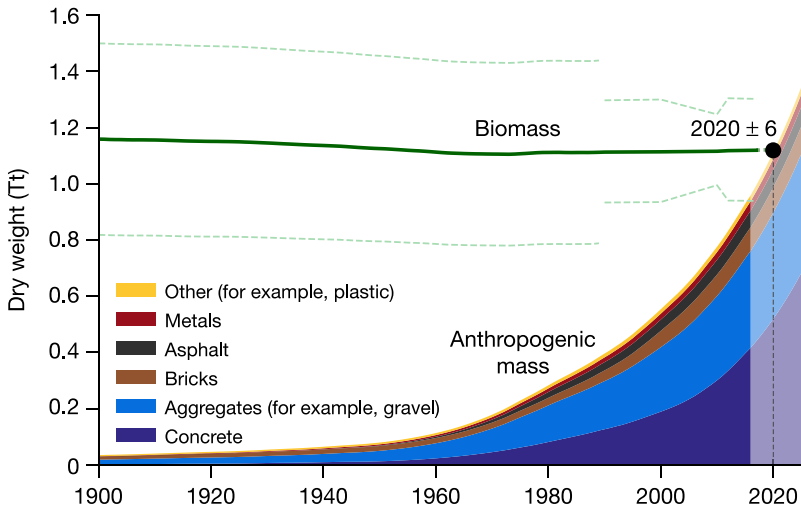
Une diversité d'analyses et de récits

Nom	Définition	Force majeure	Prisme
Anthropocène	Époque de l'être humain	Espèce <i>Homo sapiens</i>	Géologique
Anglocène	Époque des britanniques	Industrialisation	Historique
Carbocène	Époque du carbone	Énergies fossiles	Énergétique
Capitalocène	Époque du capital	Économie capitaliste	Économique
Plantationocène	Époque des plantations	Colonisation, esclavage	Géo. politique
Occidentalocène	Époque de l'Occident	Modernité occidentale	Culturel
Molysmocène	Époque des déchets	Productivisme	Géologique
Thanatocène	Époque de la destruction	Guerre, militarisation	Historique
Pathocène	Époque des pathologies	Exploitation du vivant	Écologique
Mégalocène	Époque de l' <i>hybris</i>	Rapport au monde	Culturel
Technocène	Époque de la technologie	Moyens techniques	Technique
Oliganthropocène	Époque de qqes hommes	Classes dirigeantes	Politique

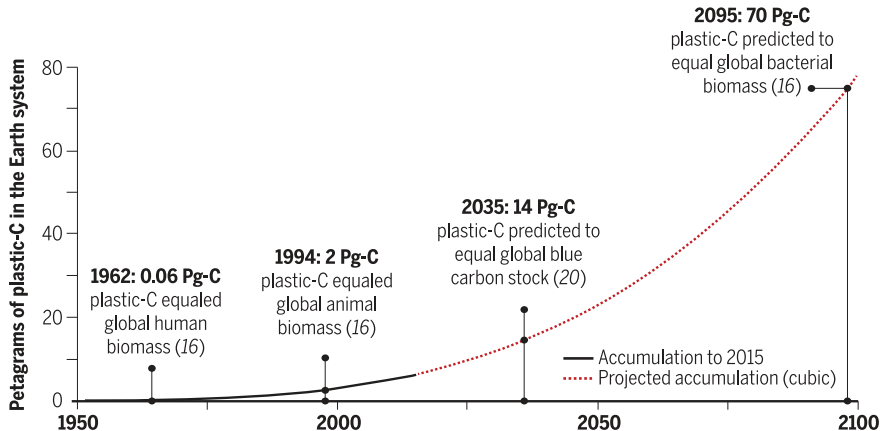
Énergie, biosphère et sociétés humaines



Énergie, biosphère et sociétés humaines



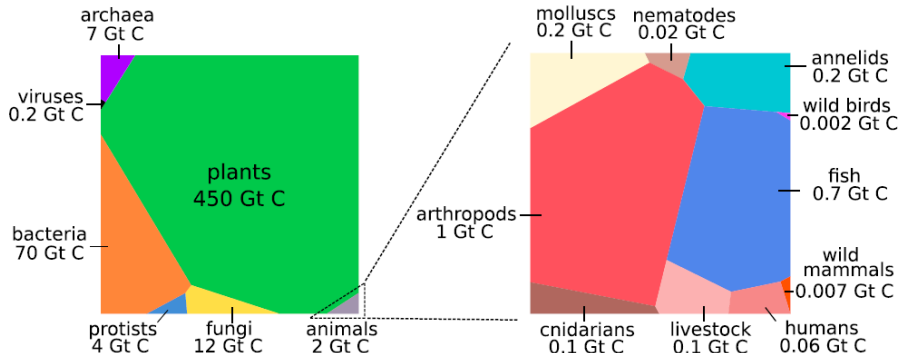
Énergie, biosphère et sociétés humaines



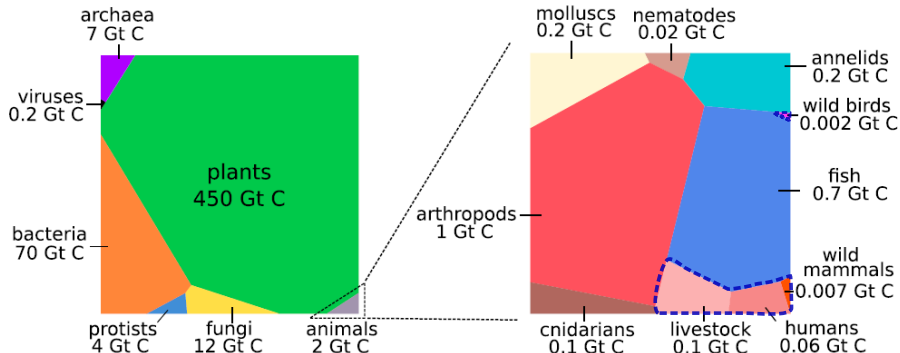
Énergie, biosphère et sociétés humaines



Énergie, biosphère et sociétés humaines



Énergie, biosphère et sociétés humaines

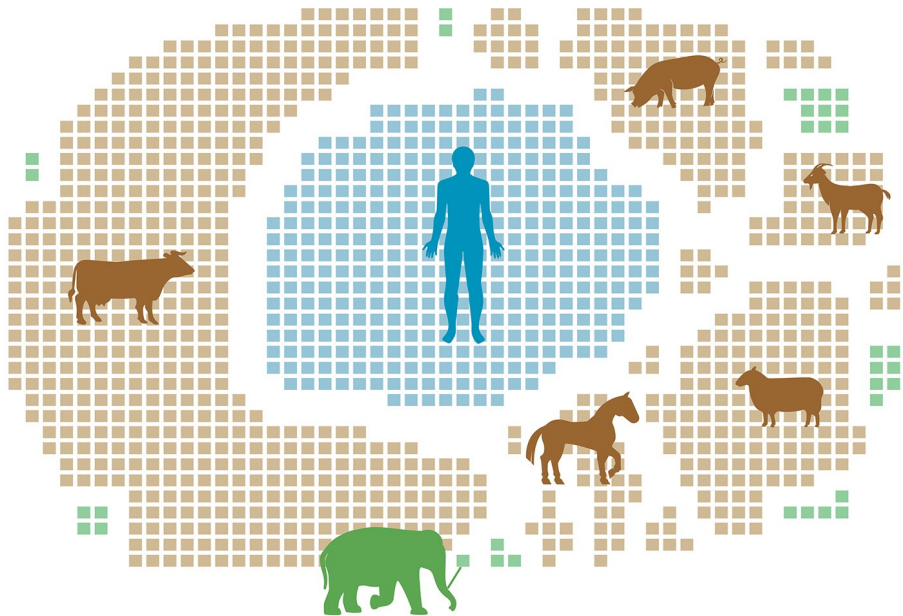


Les humains et leurs bestiaux représentent **96%** de la biomasse des vertébrés terrestres

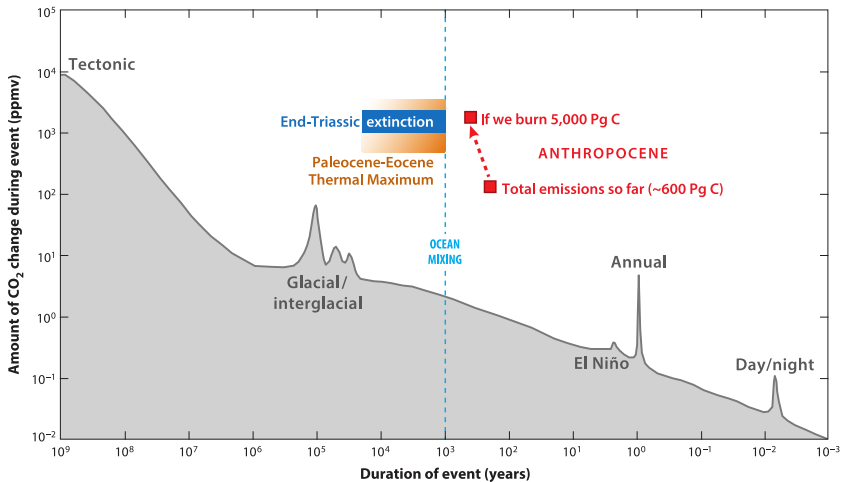
The Earth's Land Mammals by weight

each square is 1,000,000 Tons

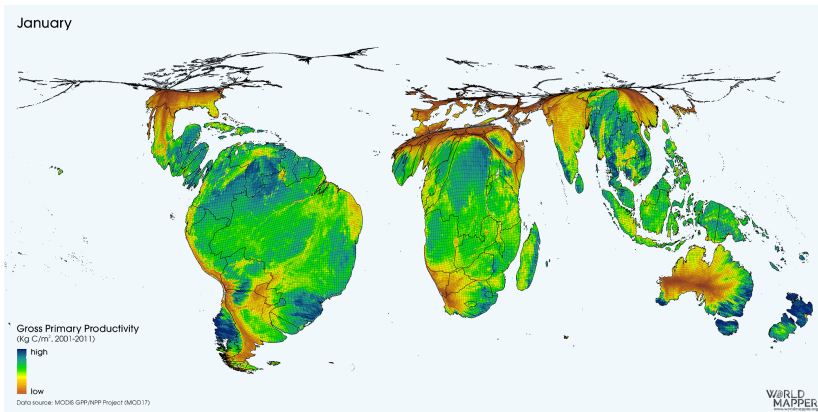
- Humans
- Our pets & livestock
- Wild animals



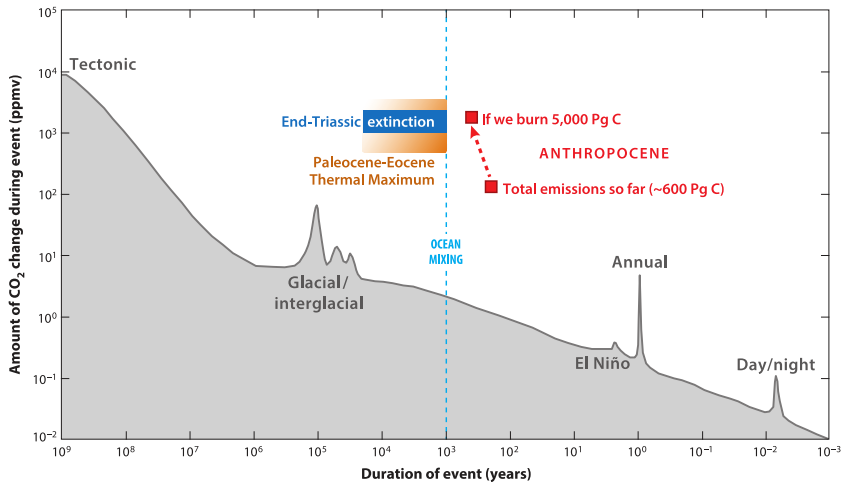
Géosphère et sociétés humaines



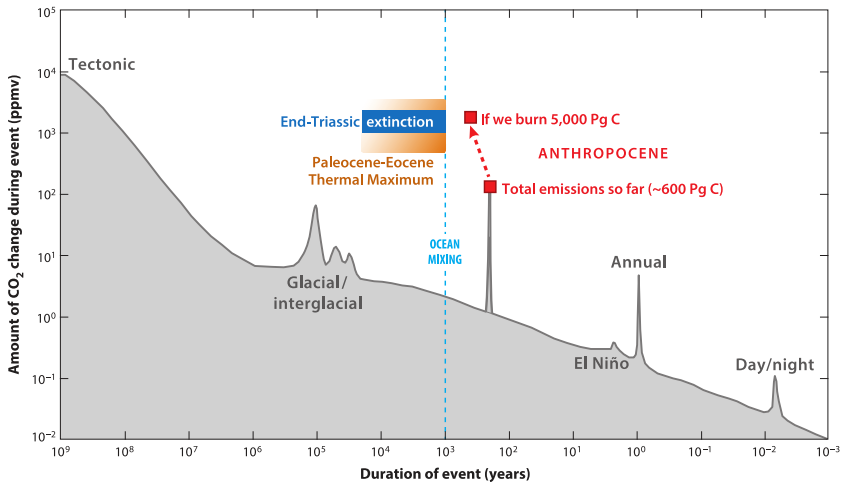
Géosphère et sociétés humaines



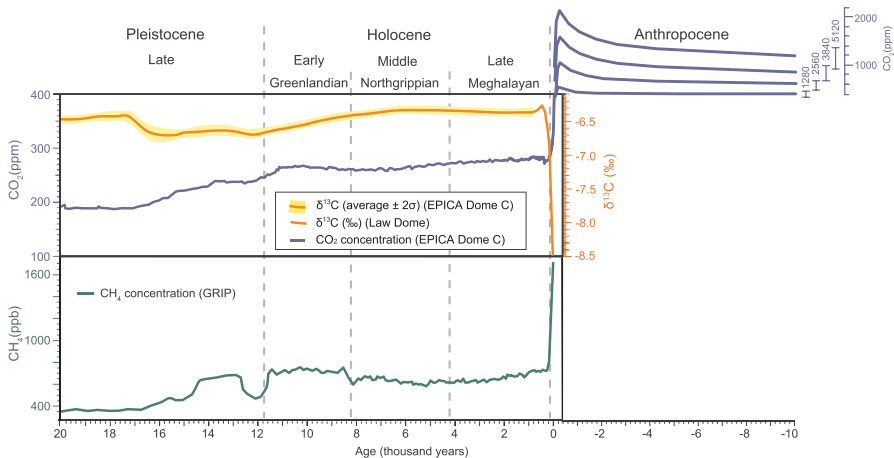
Géosphère et sociétés humaines



Géosphère et sociétés humaines



Géosphère et sociétés humaines



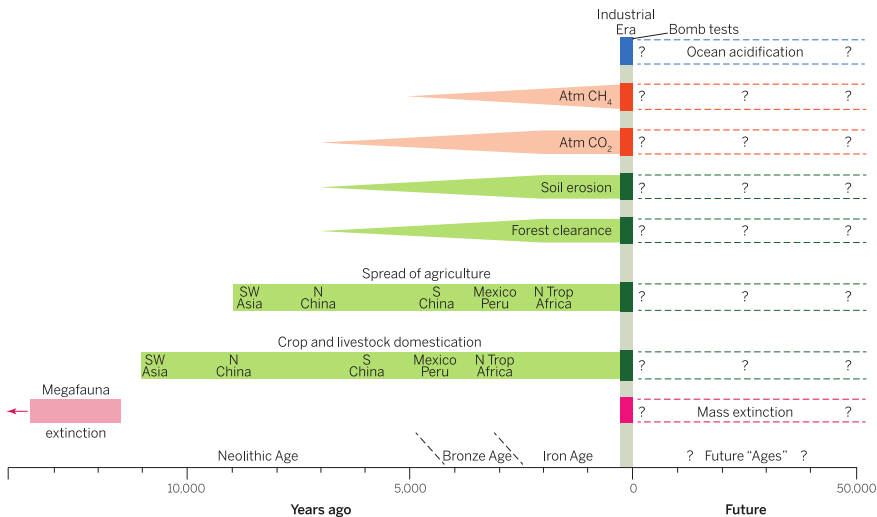
Géosphère et sociétés humaines

Concentration atmosphérique
en dioxyde de carbone CO₂

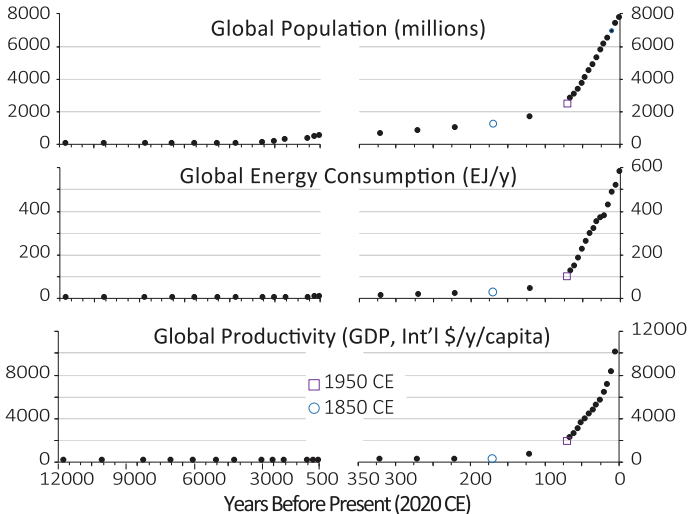


Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

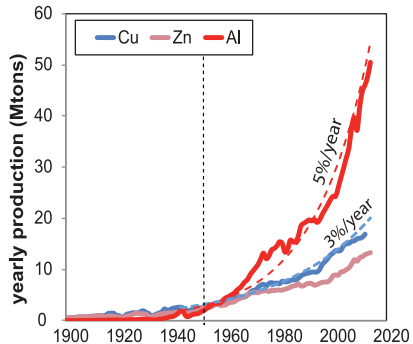
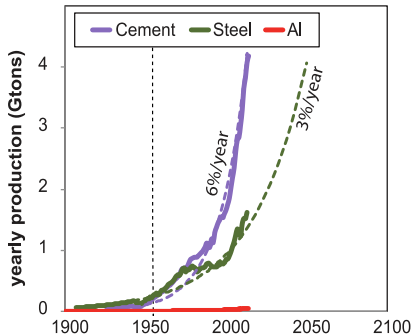
Des impacts anthropiques de longue date



La grande accélération

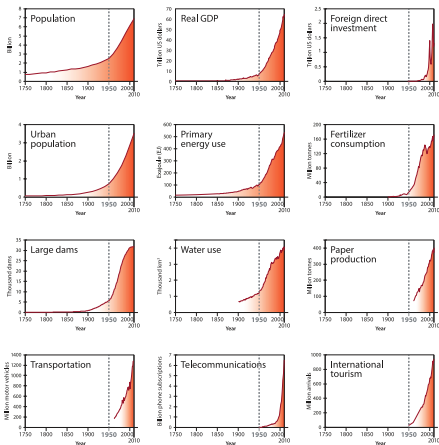


La grande accélération

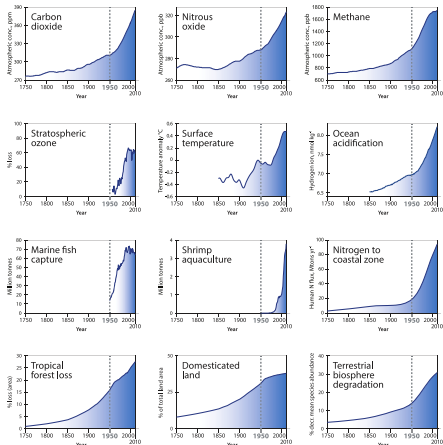


La grande accélération

Socio-economic trends



Earth system trends





INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

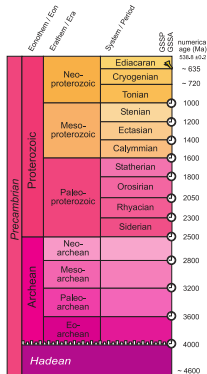
v 2022/02



Phanerozoic / Eon Erathean / Era System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma) 1000
Cenozoic	Quaternary	Holocene	1000	0.000 ± 0.000
		Pleistocene	1000	0.0117 ± 0.129
			1000	0.129
			1000	0.774
			1000	1.80
	Neogene	Pliocene	1000	2.58
			1000	3.600
			1000	5.333
			1000	7.246
			1000	11.63
Paleogene	Eocene	Serravallian	1000	13.82
			1000	15.97
			1000	20.44
			1000	27.82
			1000	33.9
	Oligocene	Langhian	1000	37.71
			1000	41.2
			1000	47.8
			1000	56.0
			1000	59.2
Paleocene	Eocene	Burdigalian	1000	61.6
			1000	66.0
			1000	72.1 ± 0.2
			1000	83.6 ± 0.2
			1000	86.3 ± 0.5
	Oligocene	Rupelian	1000	89.8 ± 0.3
			1000	93.9
			1000	100.5
			1000	~ 113.0
			1000	~ 121.4
Mesozoic	Upper	Thanetian	1000	~ 129.4
			1000	~ 132.6
			1000	~ 139.8
			1000	~ 145.0
			1000	~ 145.0
	Lower	Ypresian	1000	~ 145.0
			1000	~ 145.0
			1000	~ 145.0
			1000	~ 145.0
			1000	~ 145.0

Phanerozoic / Eon Erathean / Era System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma) 1000
Mesozoic	Upper	Tithonian	1000	152.1 ± 0.9
			1000	157.3 ± 1.0
			1000	163.5 ± 1.0
			1000	166.1 ± 1.2
			1000	168.3 ± 1.3
	Middle	Callovian	1000	170.3 ± 1.4
			1000	174.1 ± 1.0
			1000	182.7 ± 0.7
			1000	190.8 ± 1.0
			1000	199.3 ± 0.3
Lower	Sinemurian	1000	201.3 ± 0.2	
		1000	~ 208.5	
		1000	~ 227	
		1000	~ 237	
		1000	~ 242	
Paleozoic	Upper	Norian	1000	247.2
			1000	251.2
			1000	251.902 ± 0.024
			1000	254.14 ± 0.07
			1000	258.51 ± 0.21
	Middle	Lopingian	1000	264.28 ± 0.16
			1000	268.9 ± 0.4
			1000	273.01 ± 0.14
			1000	283.5 ± 0.6
			1000	290.1 ± 0.26
Lower	Artinskian	1000	293.52 ± 0.17	
		1000	298.9 ± 0.15	
		1000	303.7 ± 0.1	
		1000	307.0 ± 0.1	
		1000	315.2 ± 0.2	
Carboniferous	Upper	Bashkirian	1000	323.2 ± 0.4
			1000	330.9 ± 0.2
			1000	346.7 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
	Middle	Serpukhovian	1000	358.9 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
			1000	358.9 ± 0.4
Lower	Visean	1000	358.9 ± 0.4	
		1000	358.9 ± 0.4	
		1000	358.9 ± 0.4	
		1000	358.9 ± 0.4	
		1000	358.9 ± 0.4	

Phanerozoic / Eon Erathean / Era System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma) 1000
Devonian	Upper	Famennian	1000	372.2 ± 1.6
			1000	382.7 ± 1.6
			1000	387.7 ± 0.8
			1000	393.3 ± 1.2
			1000	407.6 ± 2.6
	Middle	Givetian	1000	410.8 ± 2.8
			1000	419.2 ± 3.2
			1000	423.0 ± 2.3
			1000	425.6 ± 0.9
			1000	427.4 ± 0.5
Lower	Emsian	1000	430.5 ± 0.7	
		1000	433.4 ± 0.8	
		1000	438.5 ± 1.1	
		1000	443.8 ± 1.5	
		1000	445.2 ± 1.4	
Silurian	Upper	Lochkovian	1000	453.0 ± 0.7
			1000	458.4 ± 0.9
			1000	467.3 ± 1.1
			1000	470.0 ± 1.4
			1000	477.7 ± 1.4
	Middle	Pridoli	1000	485.4 ± 1.9
			1000	~ 489.5
			1000	~ 494
			1000	~ 497
			1000	~ 500.5
Lower	Ludlow	1000	~ 504.5	
		1000	~ 509	
		1000	~ 514	
		1000	~ 521	
		1000	~ 529	
Ordovician	Upper	Ludfordian	1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
	Middle	Gorstian	1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
Lower	Hornerian	1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	
Cambrian	Upper	Shinarumpian	1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
	Middle	Llandovery	1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
			1000	~ 529
Lower	Telychian	1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	
		1000	~ 529	



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic. Info delivered by Global Stratigraphic Ages (GSA), basic forms indicate informal units and placeholders for unnamed units. Varied charts and detailed information on related GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without refined GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (±) is provided.

Raffined Subseries/Subepochs are abbreviated as ULL (Upper/Late), M (Middle) and LE (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Carboniferous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Cambrian and Precambrian are provided by the relevant ICS subcommissions.

Editing follows the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org)



Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Hesser, P.J. Gibbard, N. Car (c) International Commission on Stratigraphy, February 2022

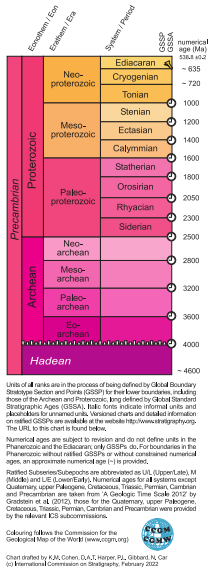
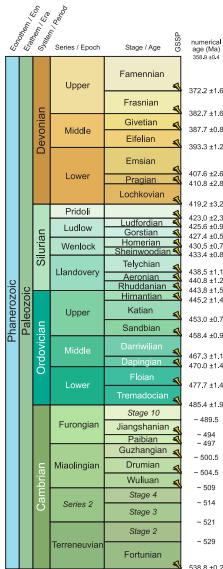
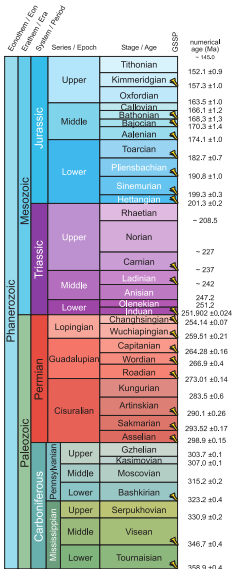
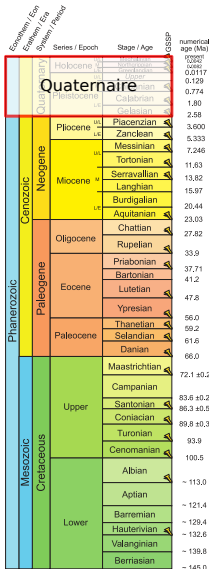


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2022/02



Une nouvelle époque géologique ?

Present ratified scheme

Eonothem / Eon	Erathem / Era	System / Period	Series / Epoch	Subseries / Subepoch	Stage / Age	GSSP
Phanerozoic (pars)	Cenozoic (pars)	Quaternary	Holocene	Upper / Late	Meghalayan	present
				Middle	Northgrippian	4250 yr b2k
				Lower / Early	Greenlandian	8236 yr b2k
			Pleistocene	Upper / Late	Stage 4	11,700 yr b2k
				Middle	Chibanian	~129 ka
				Lower / Early	Calabrian	0.774 Ma
Gelasian	1.80 Ma					
						2.58 Ma

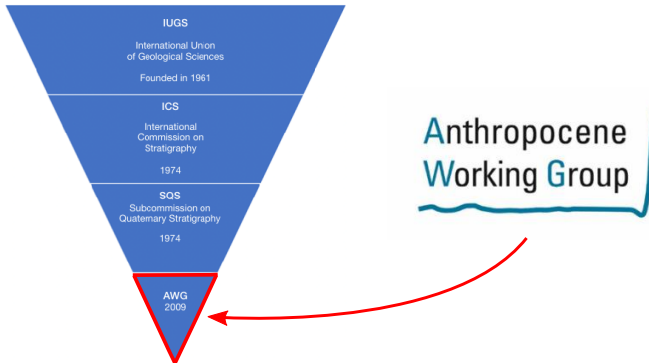
Une nouvelle époque géologique ?

Anthropocene added

System / Period	Series / Epoch	Subseries / Subepoch	Stage / Age	GSSP
Quaternary	Anthropocene		Stage 8	present mid-20 th century
	Holocene	Upper / Late	Meghalayan	4250 yr b2k
		Middle	Northgrippian	8236 yr b2k
		Lower / Early	Greenlandian	11,700 yr b2k
	Pleistocene	Upper / Late	Stage 4	~129 ka
		Middle	Chibanian	0.774 Ma
		Lower / Early	Calabrian	1.80 Ma
			Gelasian	2.58 Ma

Une nouvelle époque géologique ?

Proposé en 2019 par le groupe de travail sur l'**Anthropocène** (AWG)



Une diversité d'analyses et de récits

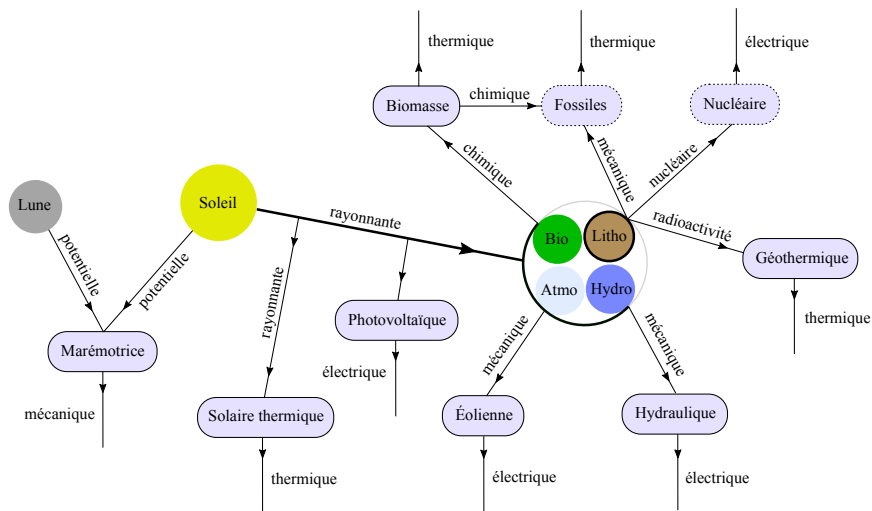
Nom	Définition	Force majeure	Prisme
Anthropocène	Époque de l'être humain	Espèce <i>Homo sapiens</i>	Géologique
Anglocène	Époque des britanniques	Industrialisation	Historique
Carbocène	Époque du carbone	Énergies fossiles	Énergétique
Capitalocène	Époque du capital	Économie capitaliste	Économique
Plantationocène	Époque des plantations	Colonisation, esclavage	Géo. politique
Occidentalocène	Époque de l'Occident	Modernité occidentale	Culturel
Molysmocène	Époque des déchets	Productivisme	Géologique
Thanatocène	Époque de la destruction	Guerre, militarisation	Historique
Pathocène	Époque des pathologies	Exploitation du vivant	Écologique
Mégalocène	Époque de l' <i>hybris</i>	Rapport au monde	Culturel
Technocène	Époque de la technologie	Moyens techniques	Technique
Oliganthropocène	Époque de qqes hommes	Classes dirigeantes	Politique

Plan de l'exposé

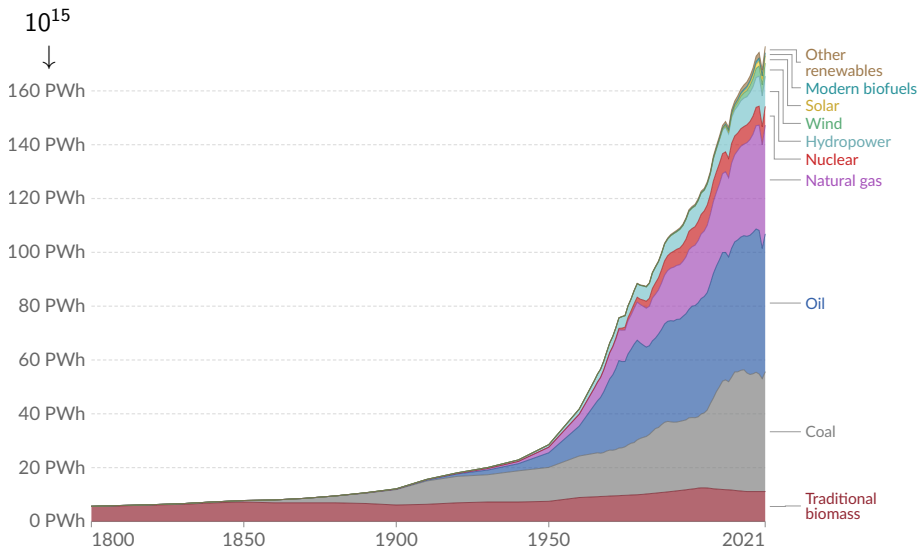
① Une nouvelle époque géologique

② Le constat biophysique

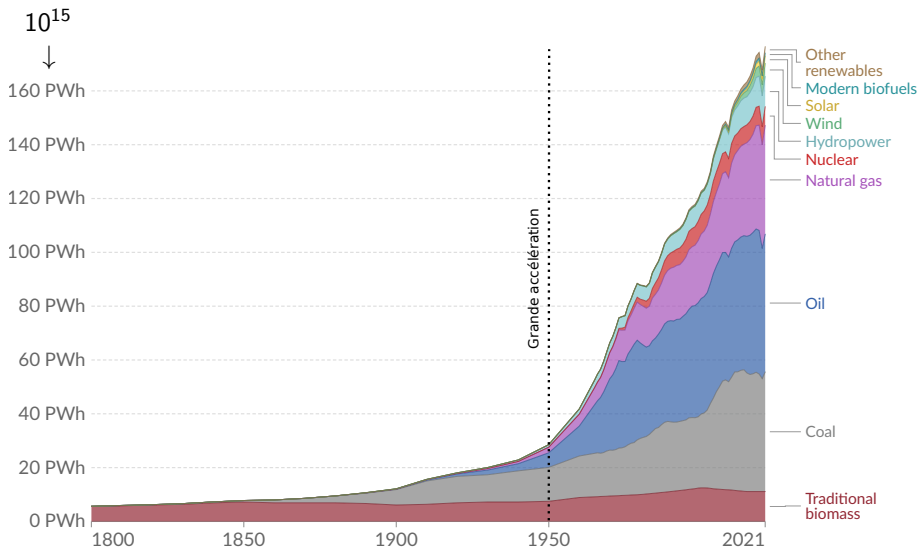
Les sources d'énergie terrestres



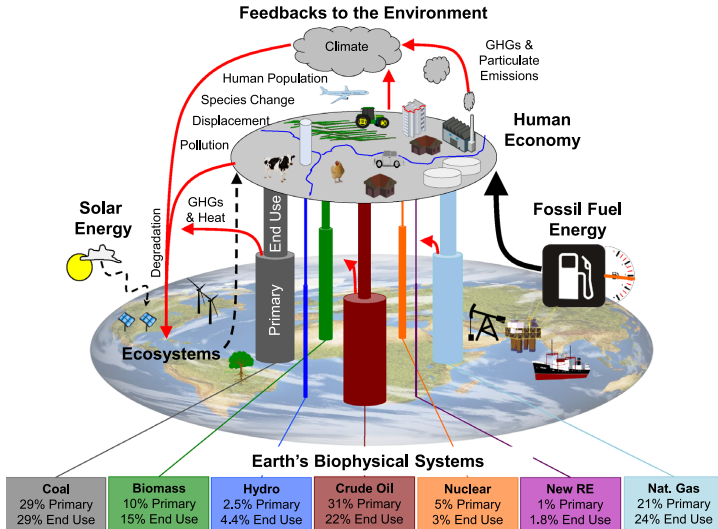
Évolution de la “production” d’énergie



Évolution de la “production” d’énergie



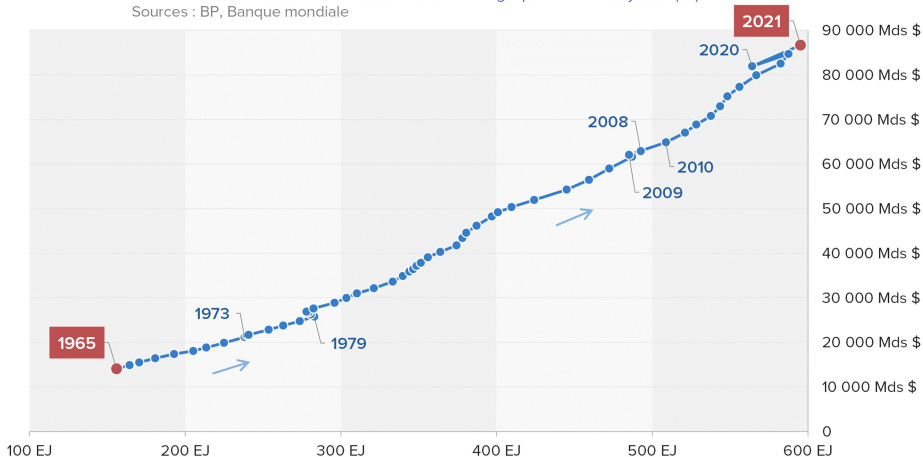
Les piliers énergétiques de l'économie



Les piliers énergétiques de l'économie

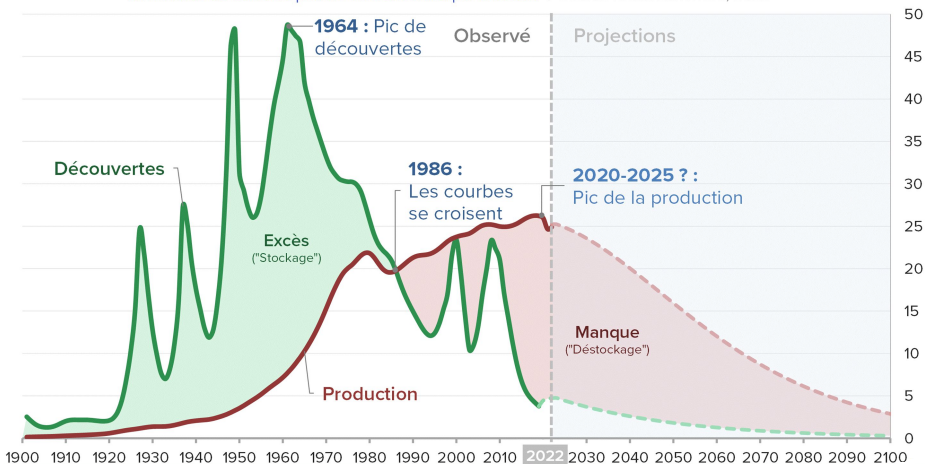
PIB en dollars constants 2015. Consommation d'énergie primaire en exajoules (EJ)

Sources : BP, Banque mondiale

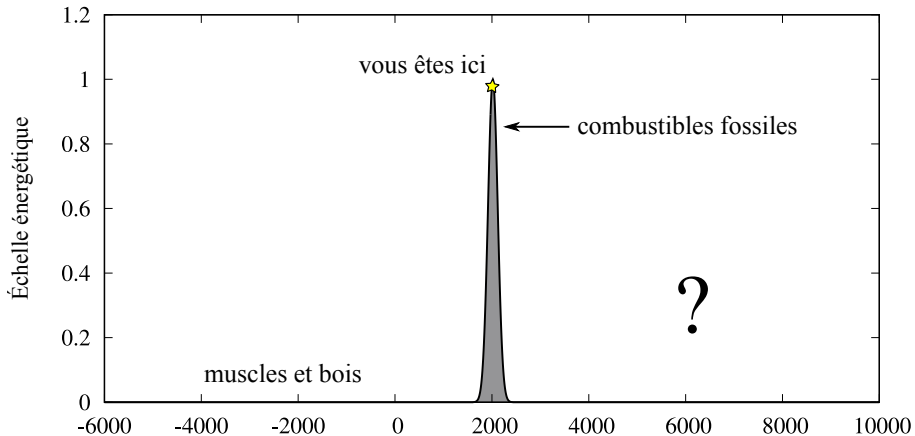


Découvertes et production de pétrole brut

En milliards de barils de pétrole conventionnel par an. Lissé | Source : Jean Laherrere, 2023



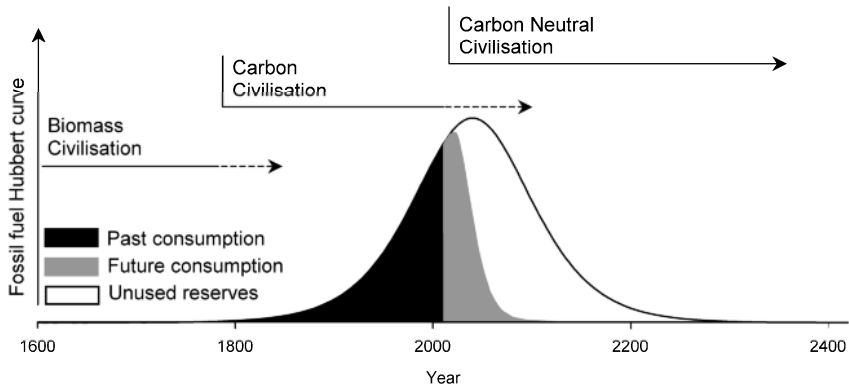
Une perspective historique



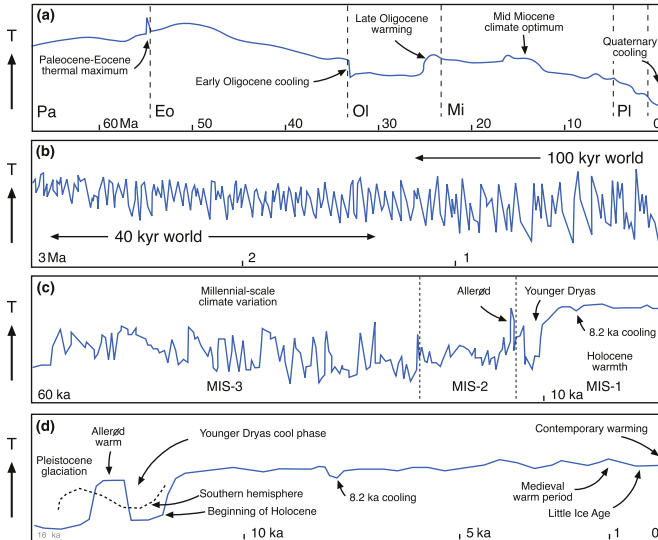
Nous avons le privilège de pouvoir contempler l'Histoire non du haut d'une pyramide en Égypte, mais depuis le sommet d'un pic pétrolier.

Une perspective historique

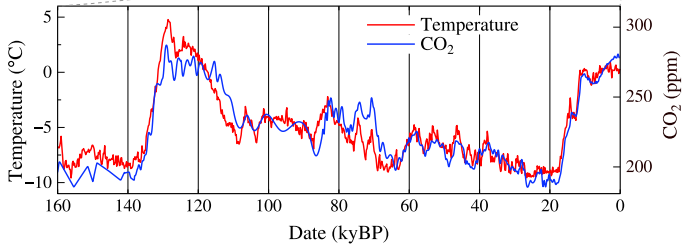
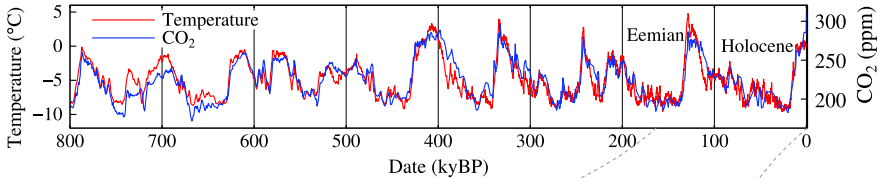
La transition énergétique sera **choisie** ou **subie**



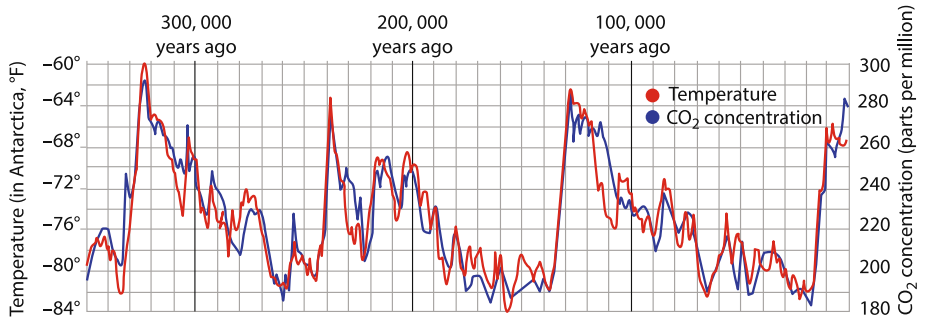
Variations naturelles du climat terrestre



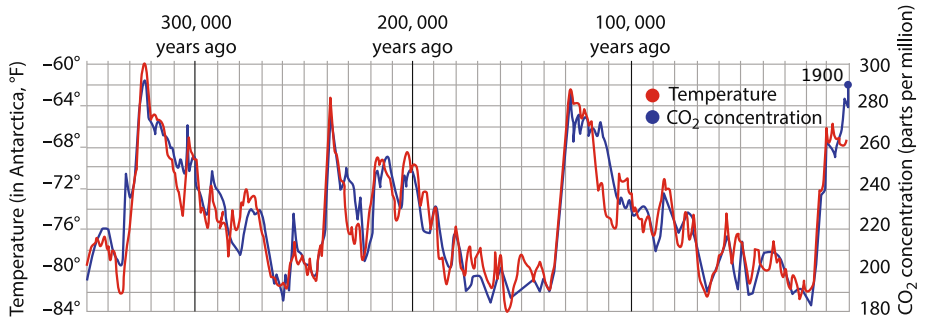
Variations naturelles du climat terrestre



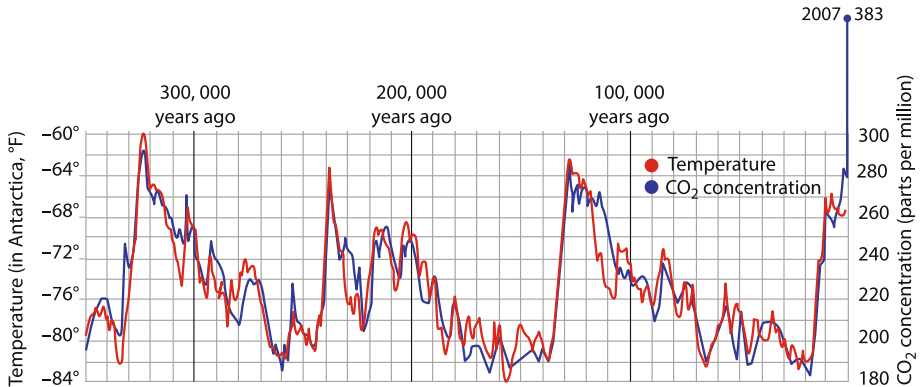
Variations naturelles du climat terrestre



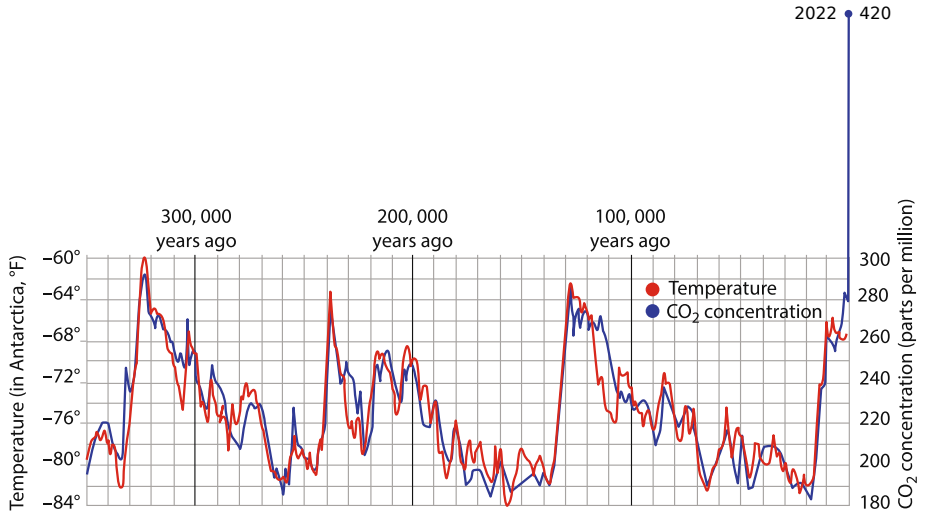
Variations naturelles du climat terrestre



Variations naturelles du climat terrestre

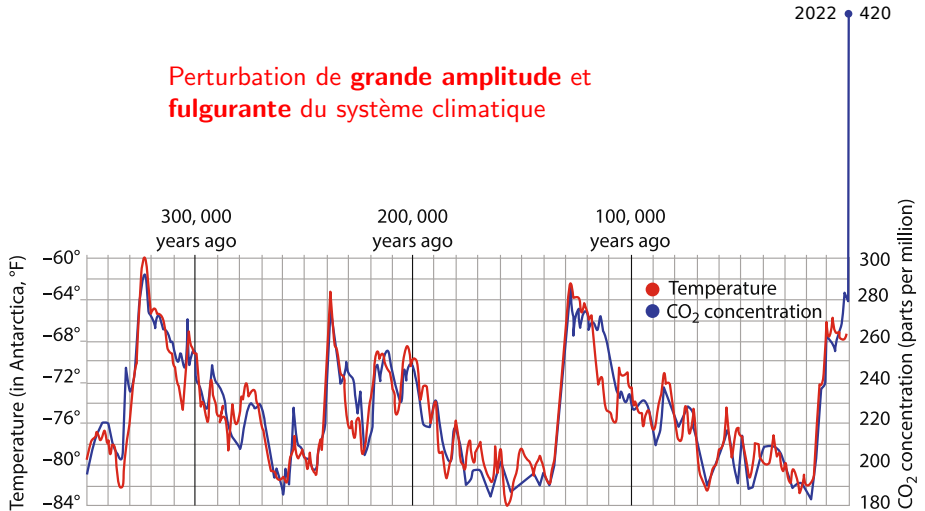


Variations naturelles du climat terrestre

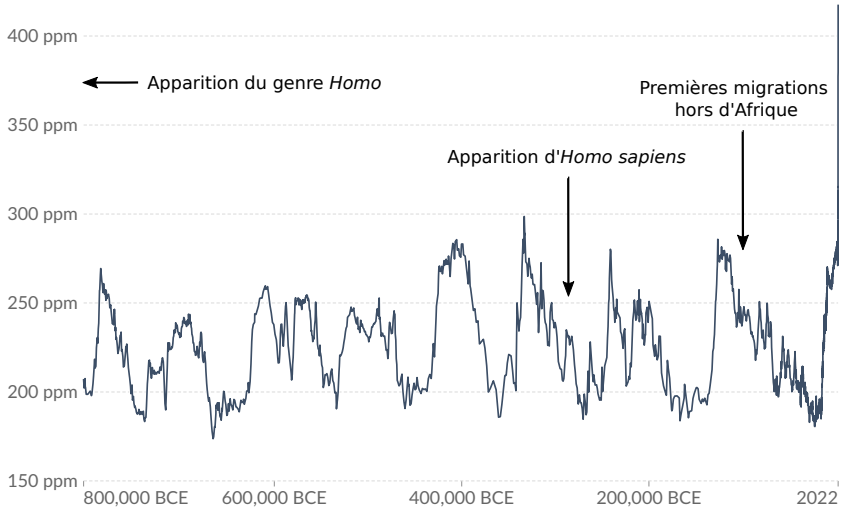


Variations naturelles du climat terrestre

Perturbation de **grande amplitude** et **fulgurante** du système climatique

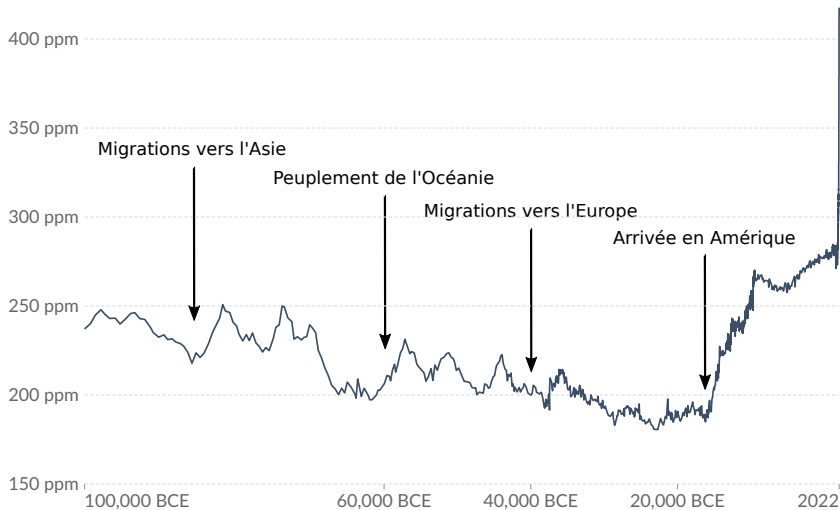


Une perspective géologique sur le climat



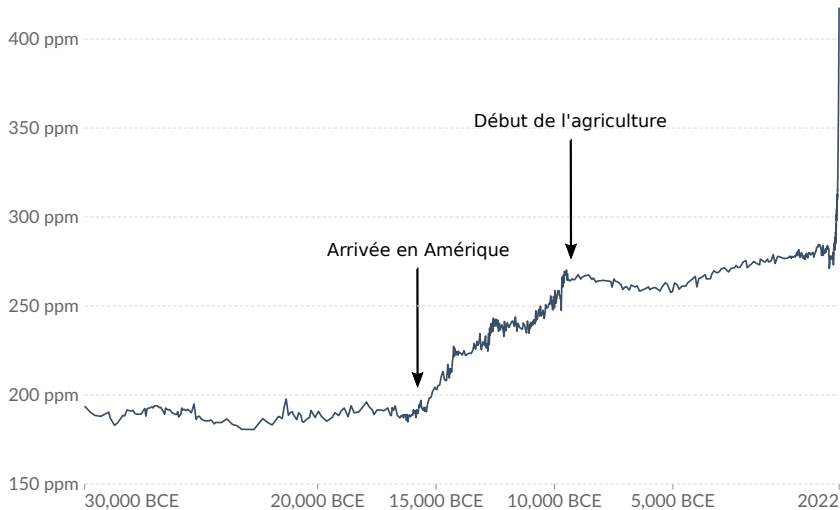
Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Une perspective géologique sur le climat



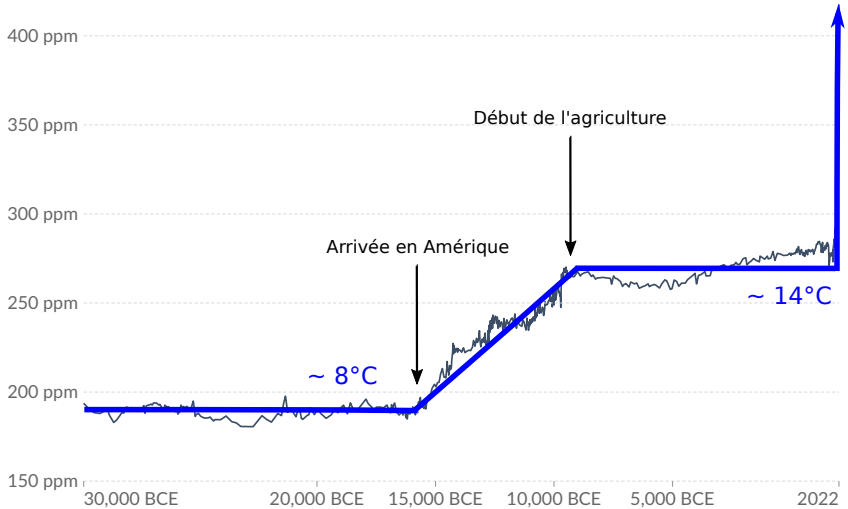
Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Une perspective géologique sur le climat

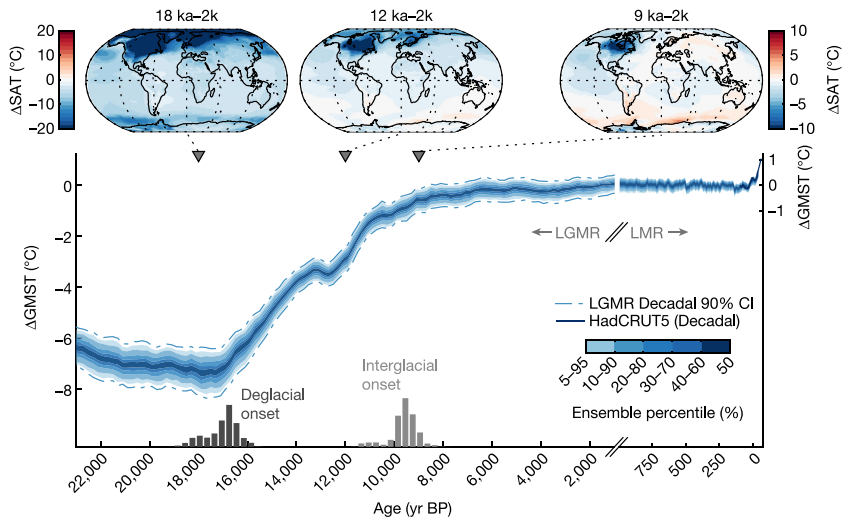


Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Une perspective géologique sur le climat



Une perspective géologique sur le climat



Une perspective géologique sur le climat

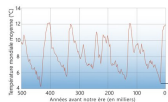
UNE TERRE GLACÉE

Il y a 20 000 ans, la dernière ère glaciaire atteignait son apogée. Aujourd'hui, cette époque semble lointain, époque où des couches de glace de plusieurs kilomètres d'épaisseur couvraient des continents et régions où vivent aujourd'hui des millions de personnes. Le niveau de la mer était également beaucoup plus bas : 125 mètres sous le niveau actuel, ce qui signifie que les îles que nous connaissons aujourd'hui étaient alors reliées entre elles et formaient des sous-continent à part entière. Depuis lors, les températures ont augmenté de 6°C, la plupart des calottes glaciaires ont disparu et le niveau de la mer a augmenté. Mais aujourd'hui encore, les traces qu'a laissée cette époque sur notre planète sont visibles et ont eu une grande influence dans l'histoire humaine.

BIOGÉOGRAPHIE

La température moyenne de notre planète au cours du dernier maximum glaciaire (DMG) était plus froide et son climat considérablement plus sec, car beaucoup d'eau était piégée dans les calottes glaciaires. Une autre raison à cela était le système de pression global et les courants océaniques qui généraient beaucoup moins de pluie qu'aujourd'hui. Une grande partie de l'Amérique du Nord était emprisonnée sous des kilomètres de glace, tandis que le reste du continent était couvert par la toundra, des environnements arctiques ainsi que des forêts boréales et des prairies sèches et, évidemment, une faune radicalement différente.

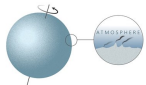
COMMENT DÉBUTE UN ÂGE GLACIAIRE ?



Les périodes glaciaires ne se produisent pas du jour au lendemain : elles surviennent après des milliers d'années de réduction lente et régulière de la température de la surface et de l'atmosphère. Elles sont causées par des phénomènes astronomiques ainsi que par des processus géologiques lents.

L'inclinaison de l'axe terrestre change au fil du temps. Cela modifie la quantité et la répartition du rayonnement solaire que reçoit la Terre, ainsi que les saisons. La tectonique des plaques peut également modifier les courants océaniques et atmosphériques à long terme.

L'orbite de la Terre autour du soleil change aussi périodiquement, ce qui rend les saisons plus prononcées à mesure que l'orbite devient plus elliptique.



L'altération des roches, le volcanisme ou la végétation sont capables de modifier les concentrations de gaz à effet de serre ou d'aérosols dans l'atmosphère. Les premiers peuvent réchauffer le climat mondial, tandis que les seconds le refroidissent en bloquant les rayons du soleil.

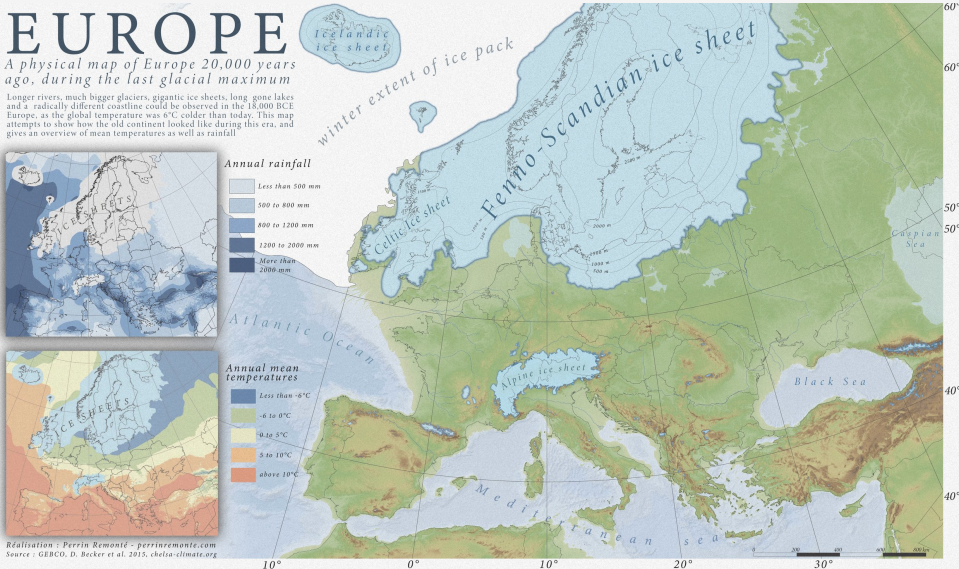


Une perspective géologique sur le climat

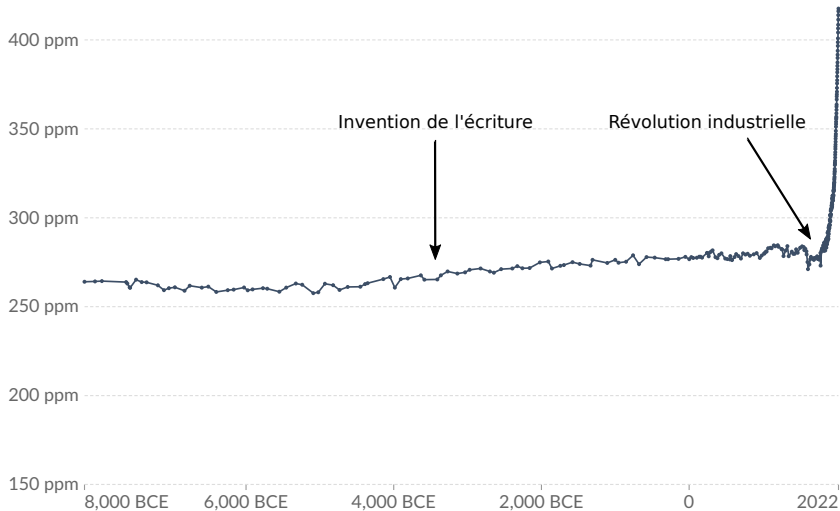
EUROPE

A physical map of Europe 20,000 years ago, during the last glacial maximum

Longer rivers, much bigger glaciers, gigantic ice sheets, long gone lakes and a radically different coastline could be observed in the 18,000 BCE Europe, as the global temperature was 6°C colder than today. This map attempts to show how the old continent looked like during this era, and gives an overview of mean temperatures as well as rainfall.

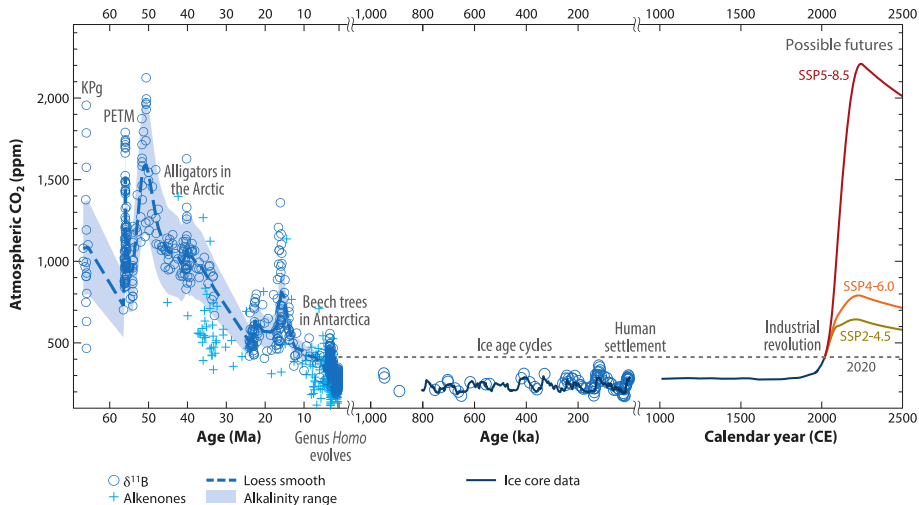


Une perspective géologique sur le climat

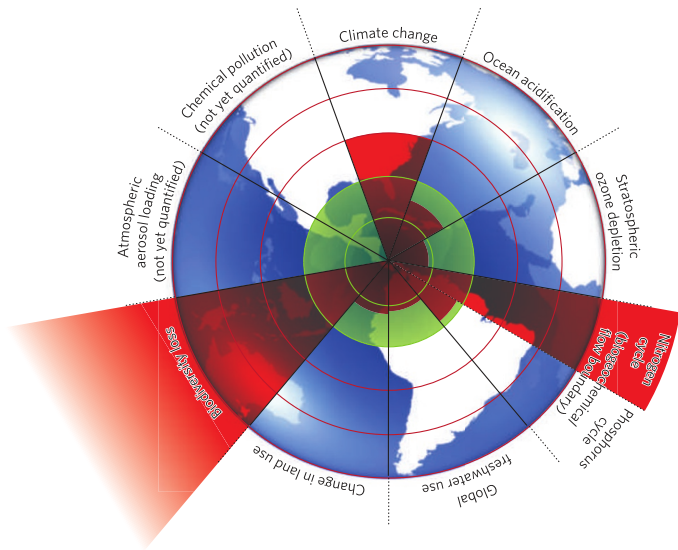


Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

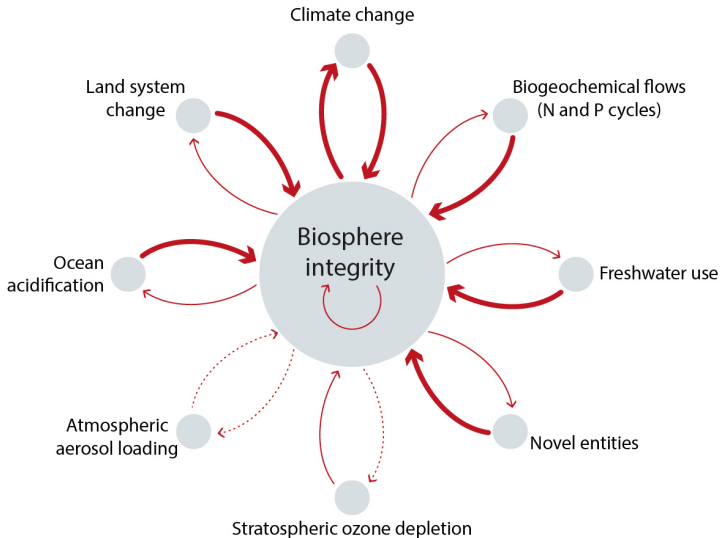
Une perspective géologique sur le climat



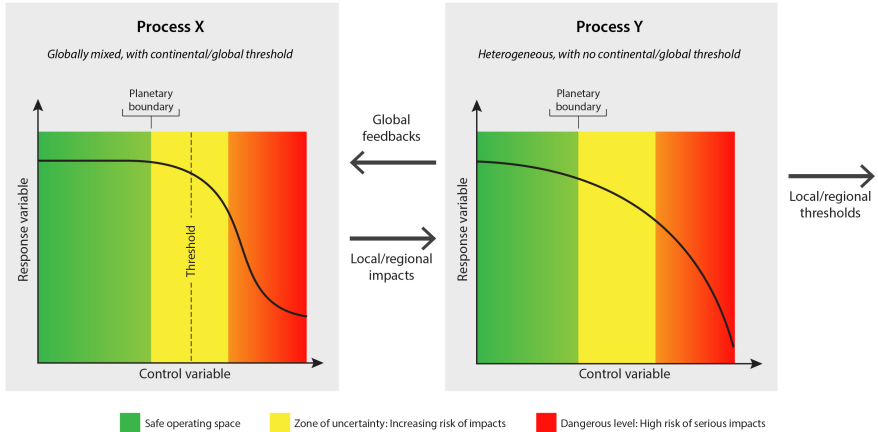
Un espace opérationnel sûr pour l'humanité



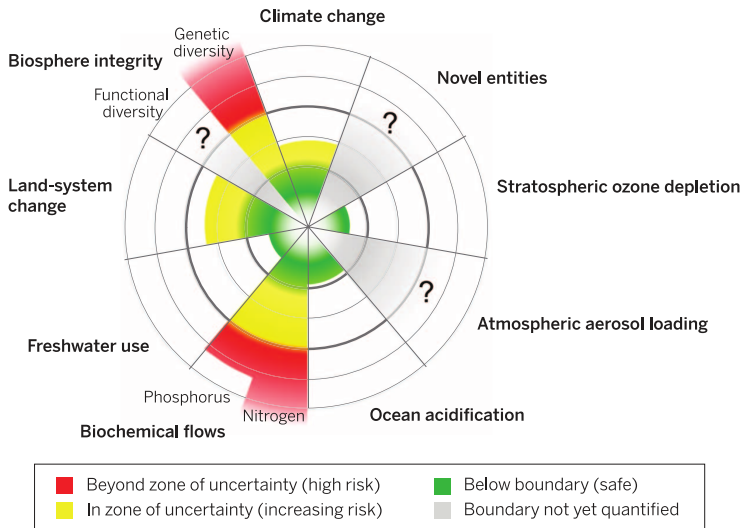
Un espace opérationnel sûr pour l'humanité



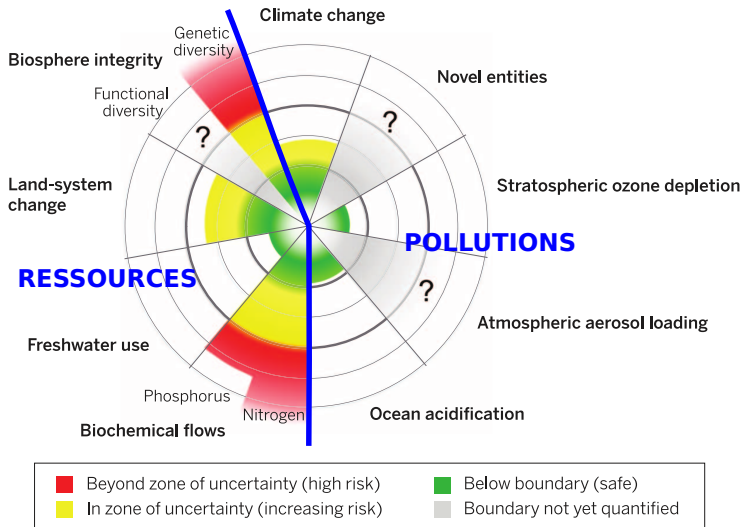
Limites et frontières planétaires



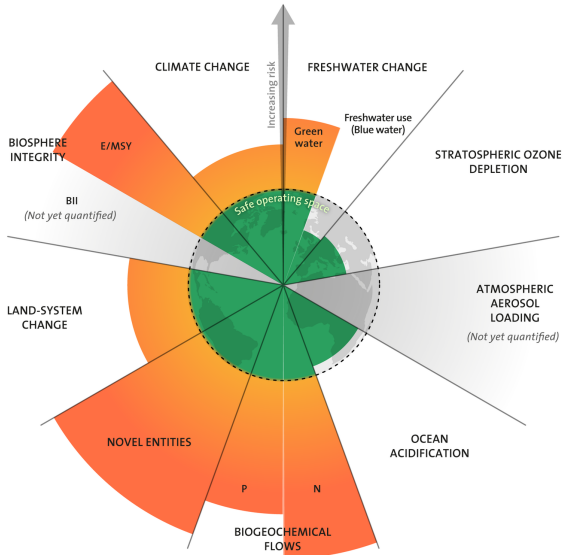
Le dépassement de nombreuses frontières



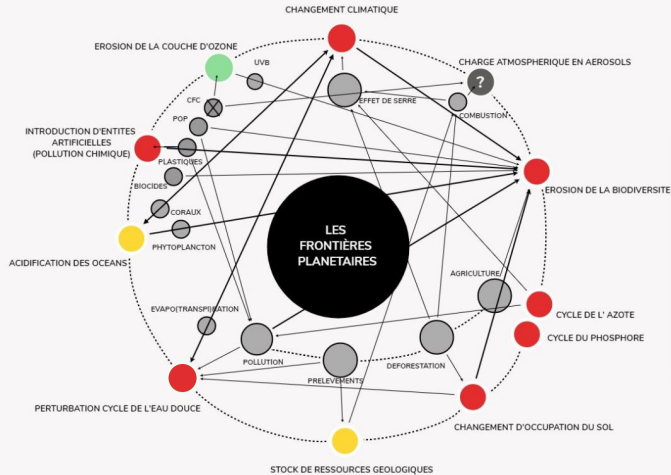
Le dépassement de nombreuses frontières



Le dépassement de nombreuses frontières



Les interactions entre les frontières



LEGENDE

- transgressée
- proche d'être atteinte
- respectée globalement
- ? inconnue

↔ Interaction

→ Relation directe (cause à effet)

..... Relation/Interaction indirecte ou probable

● Processus, espèce ou substance clé

⊗ Supprimé

Ce dont je n'ai pas eu le temps de parler

Énergie

- La transition énergétique
- Recyclage et numérisation
- Le taux de retour énergétique
- Énergie, société et complexité

Climat

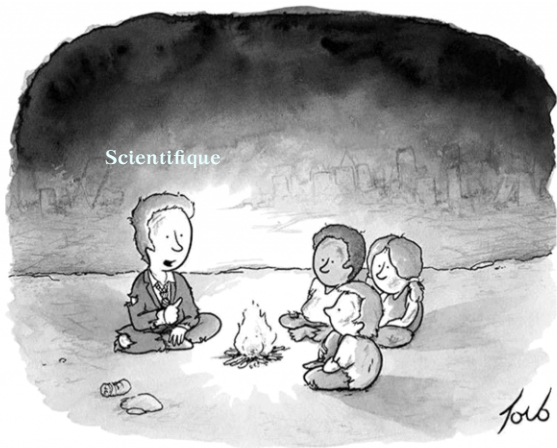
- Modélisation et scénarios climatiques
- Principales conséquences du dérèglement
- Un possible emballement du climat
- Comment limiter la dérive climatique ?

Écologie

- L'érosion de la biodiversité
- L'effondrement des populations d'espèces
- La notion d'empreinte écologique
- Extractivisme minier



"Oui, la planète a été détruite. Mais pendant un bon moment, on a créé énormément de valeur pour les actionnaires."



"Oui, la planète a été détruite. Mais pendant un bon moment,
j'ai eu un h-index de 27 !"