

UTL Tréguier 11 décembre 2025

Changements climatiques à l'échelle géologique

Odile GUÉRIN



École Pratique
des Hautes Études

PSL 



1 le radiateur

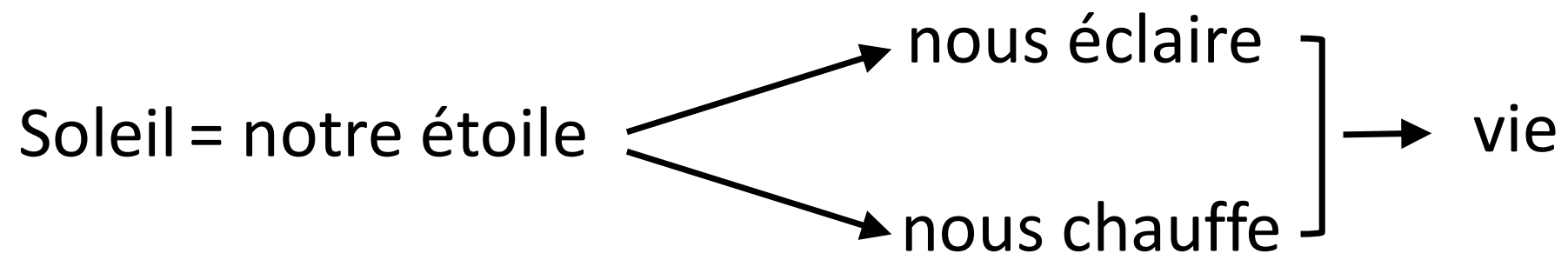


Diamètre équatorial : 1 392 000 km



© NASA - ESA

Soleil = boule gazeuse H et He \rightarrow réacteur à fusion nucléaire



2 La pièce à chauffer



2a La Terre dans l'espace

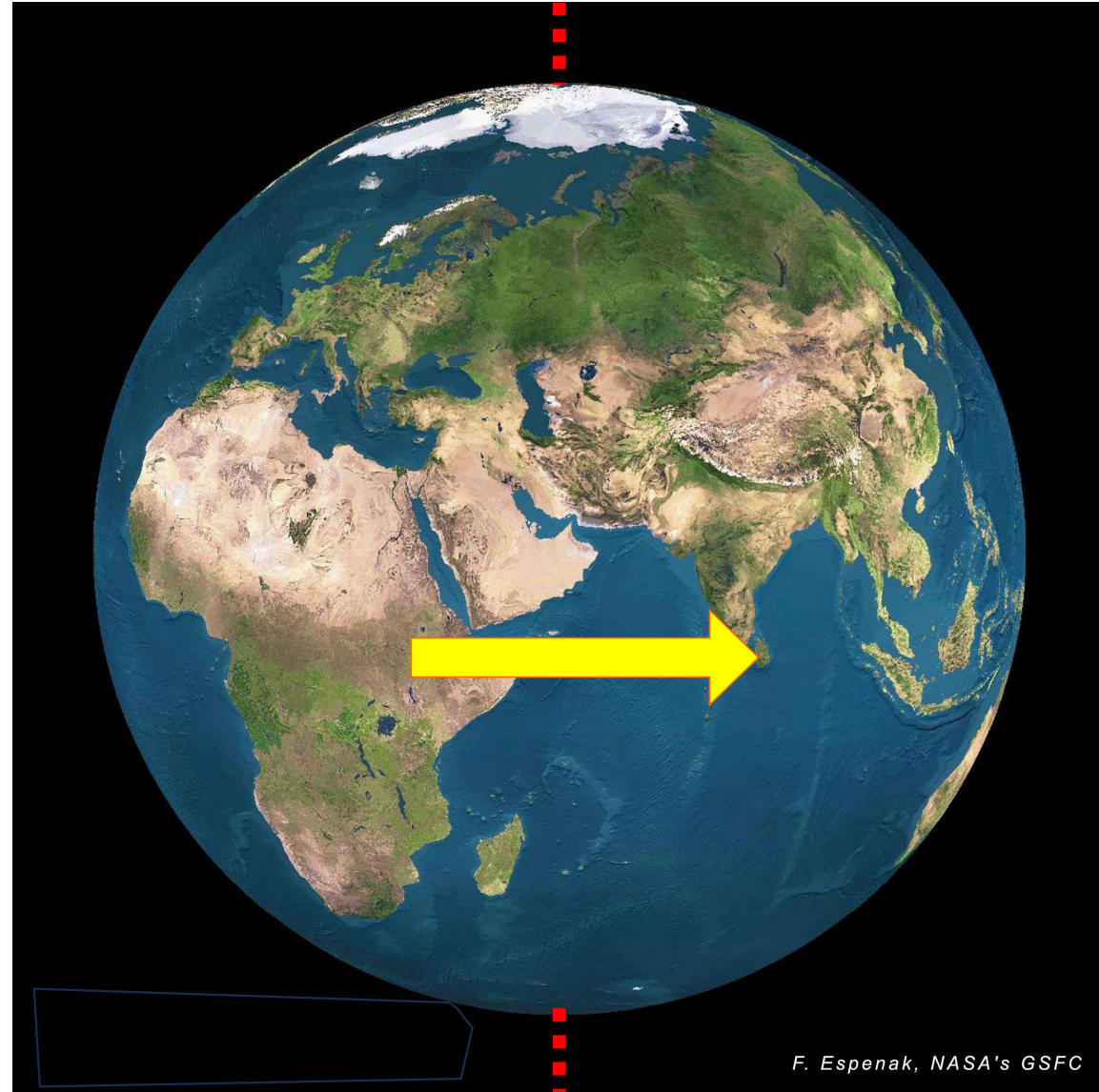


1 - la Terre est « sphérique »

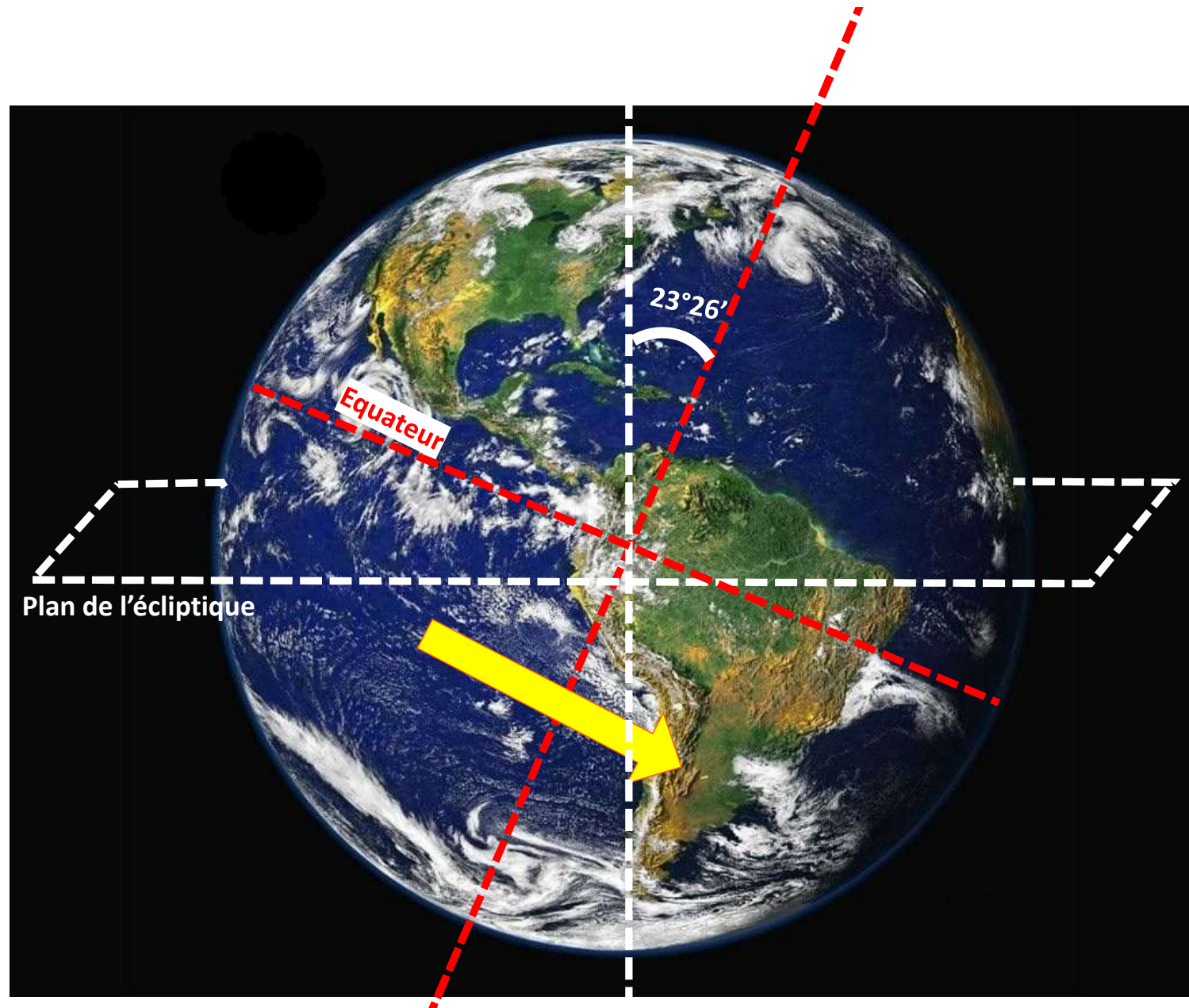
Diamètre équatorial : 12756km



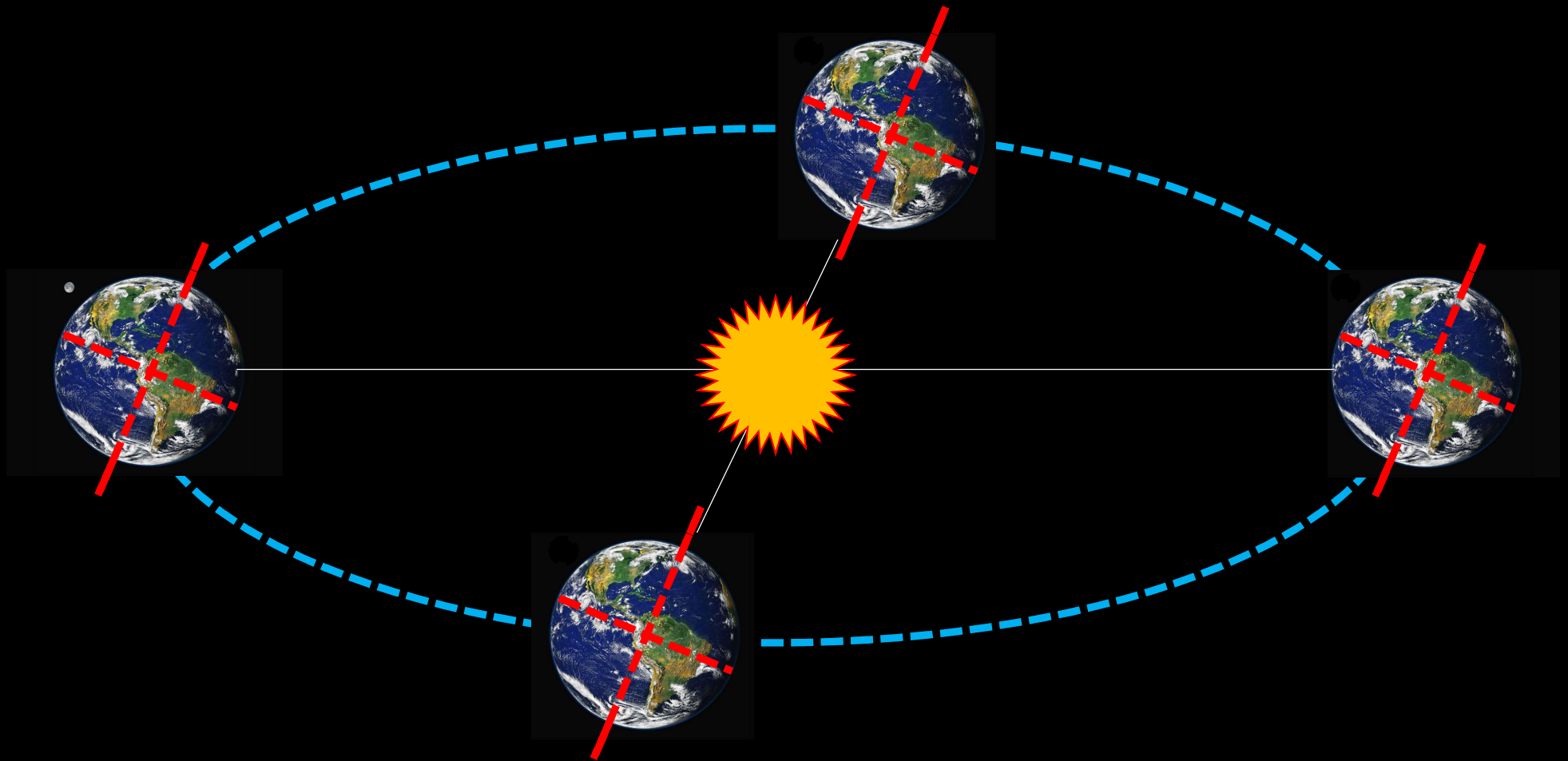
2 - la Terre tourne sur elle-même en ~ 24 heures (23h 56mn 4s)



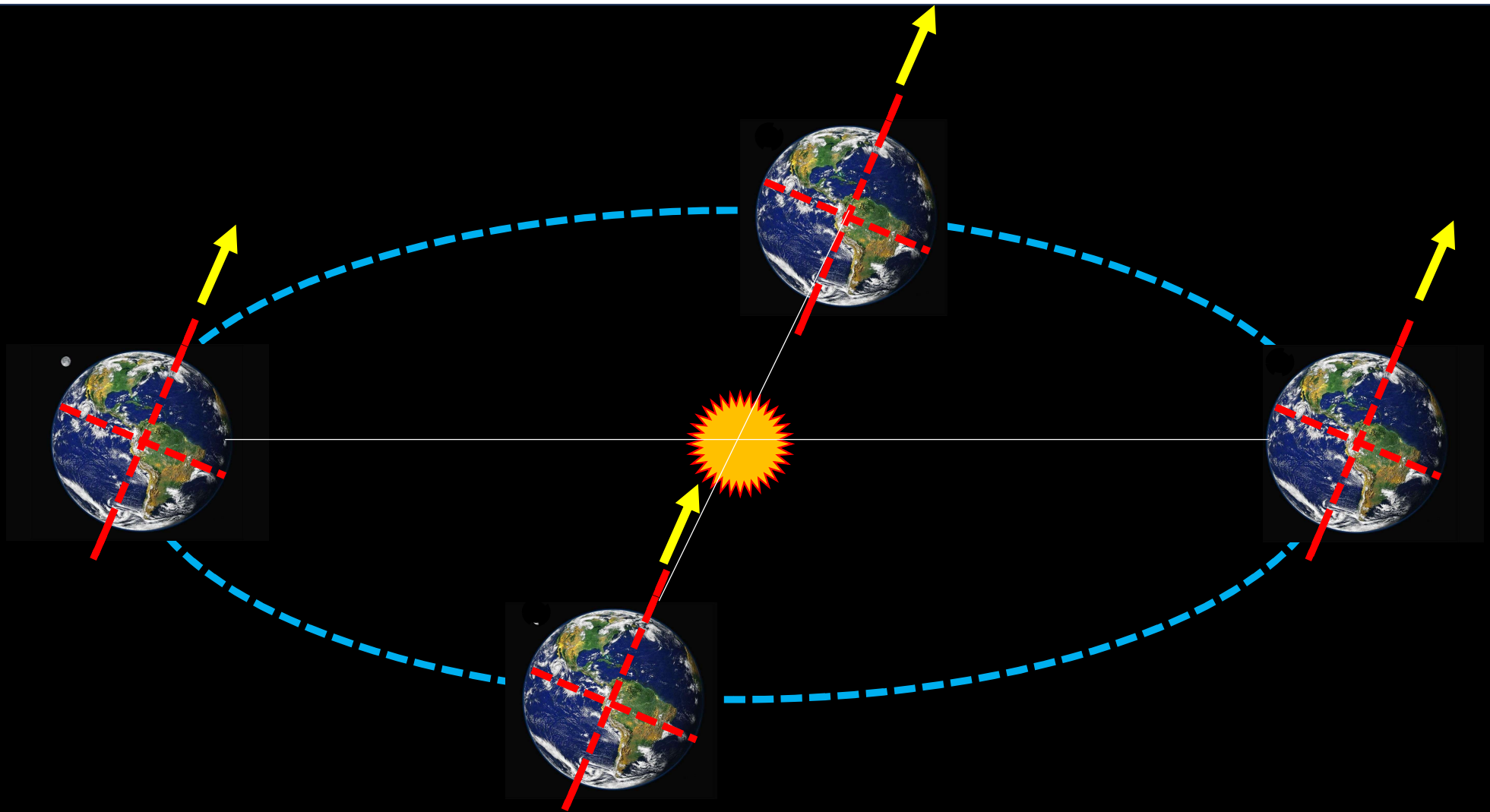
3 – mais elle tourne penchée



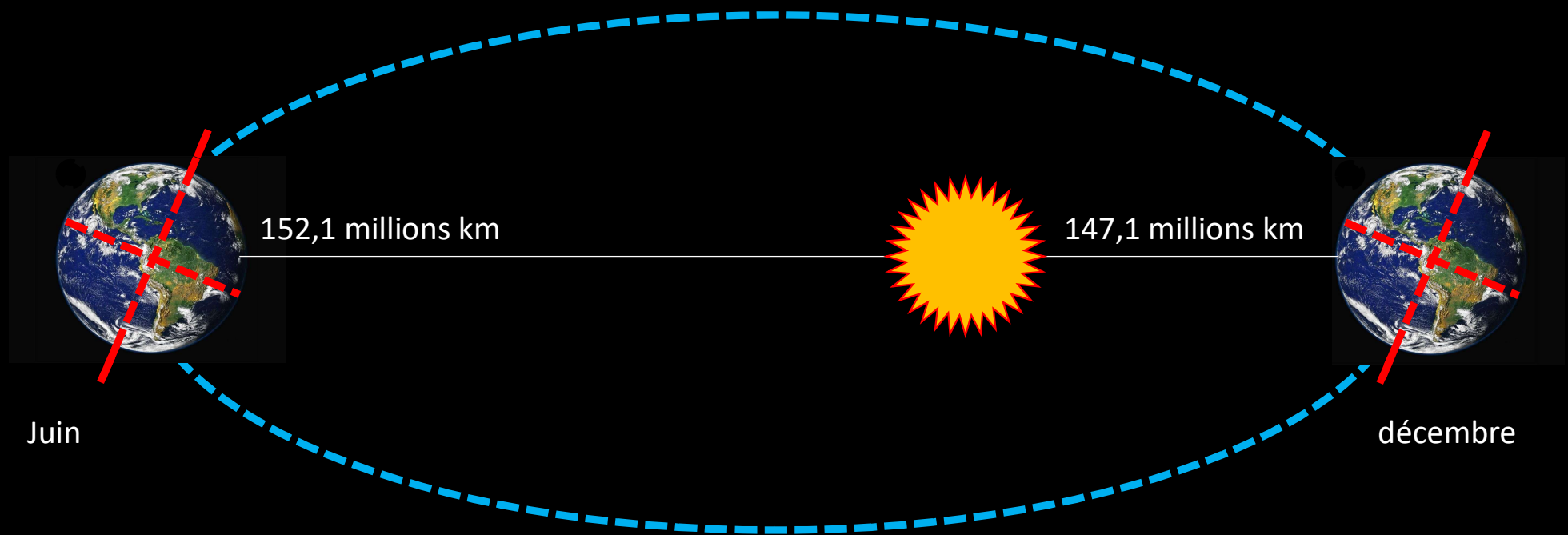
4 - la Terre tourne autour du Soleil en un an (365j 5h...)



5 - avec l'axe des pôles pointant toujours dans la même direction (étoile polaire)



6 - la Terre a une orbite elliptique



7 - la Terre réfléchit la lumière de son étoile, le Soleil



Terre et Lune vues par le satellite Galileo 16 /12/1992 à 6,2Mkm

8 - la Terre possède un satellite

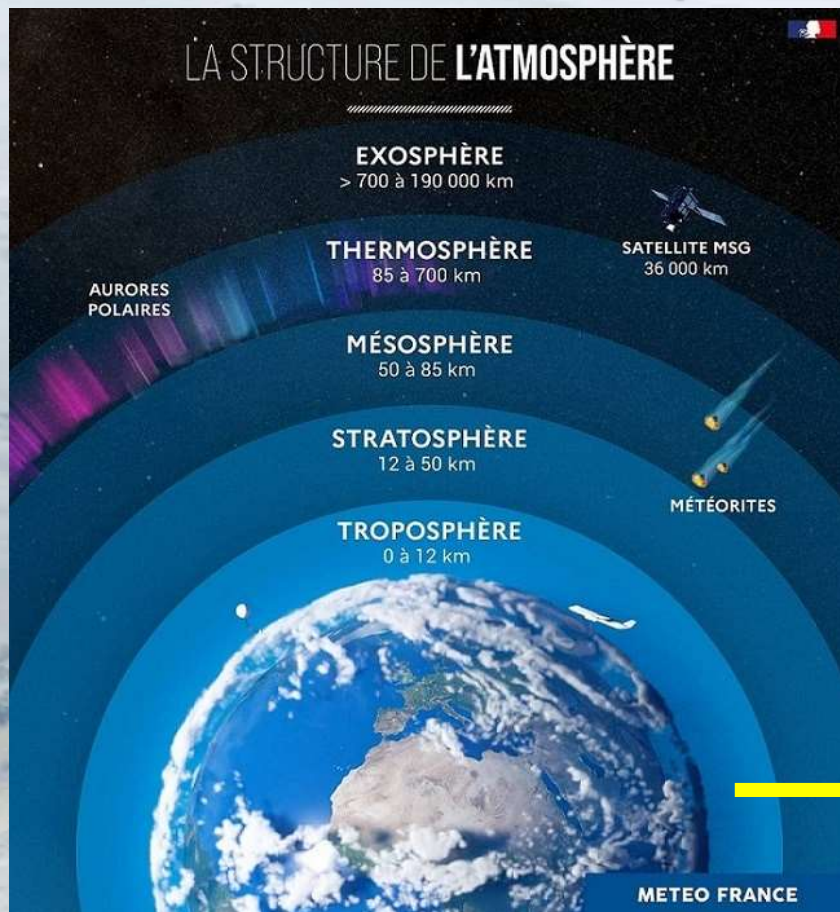


La Terre et la Lune par Mars Express à 8 millions de km de la Terre le 03/07/2003 (crédit ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO)

2b La Terre des Terriens



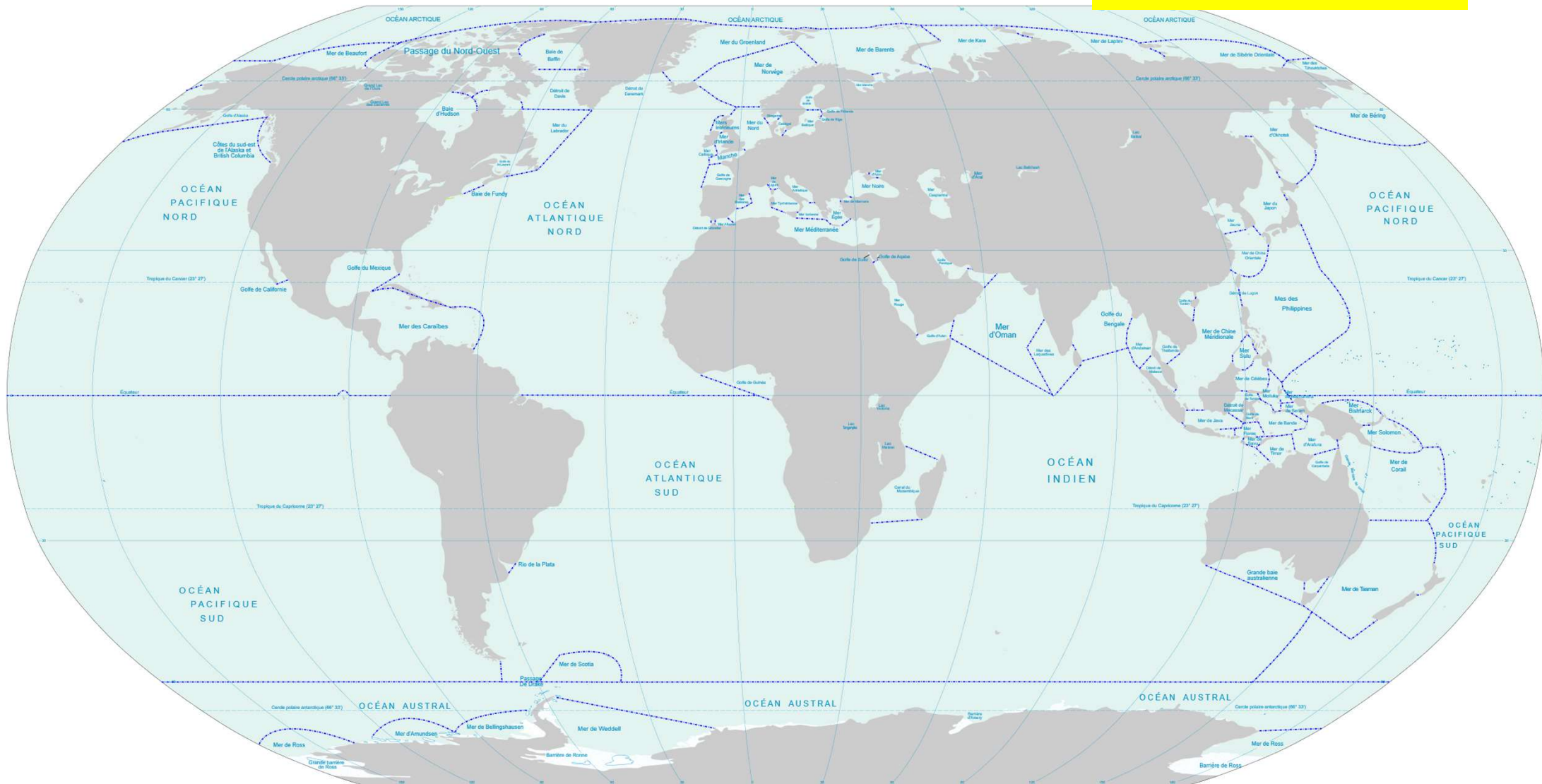
1 - la Terre possède une atmosphère

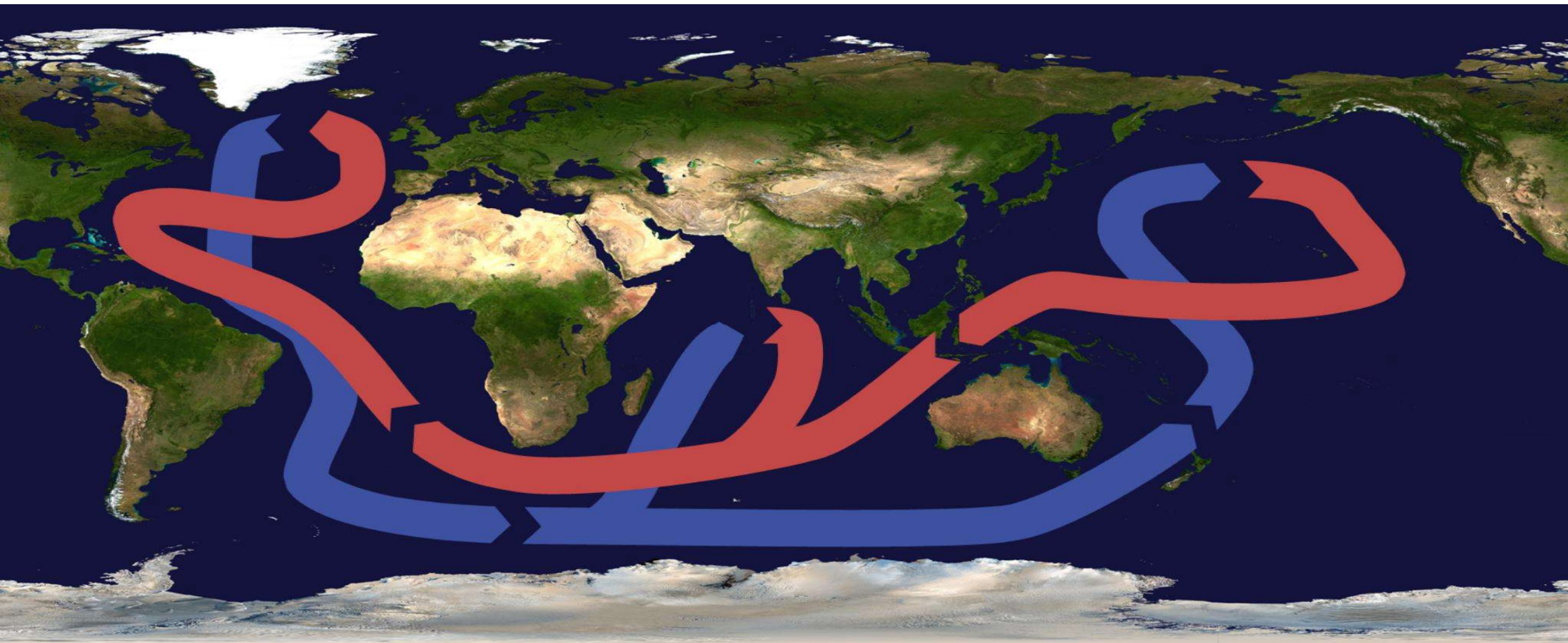


azote 78%
oxygène 21%

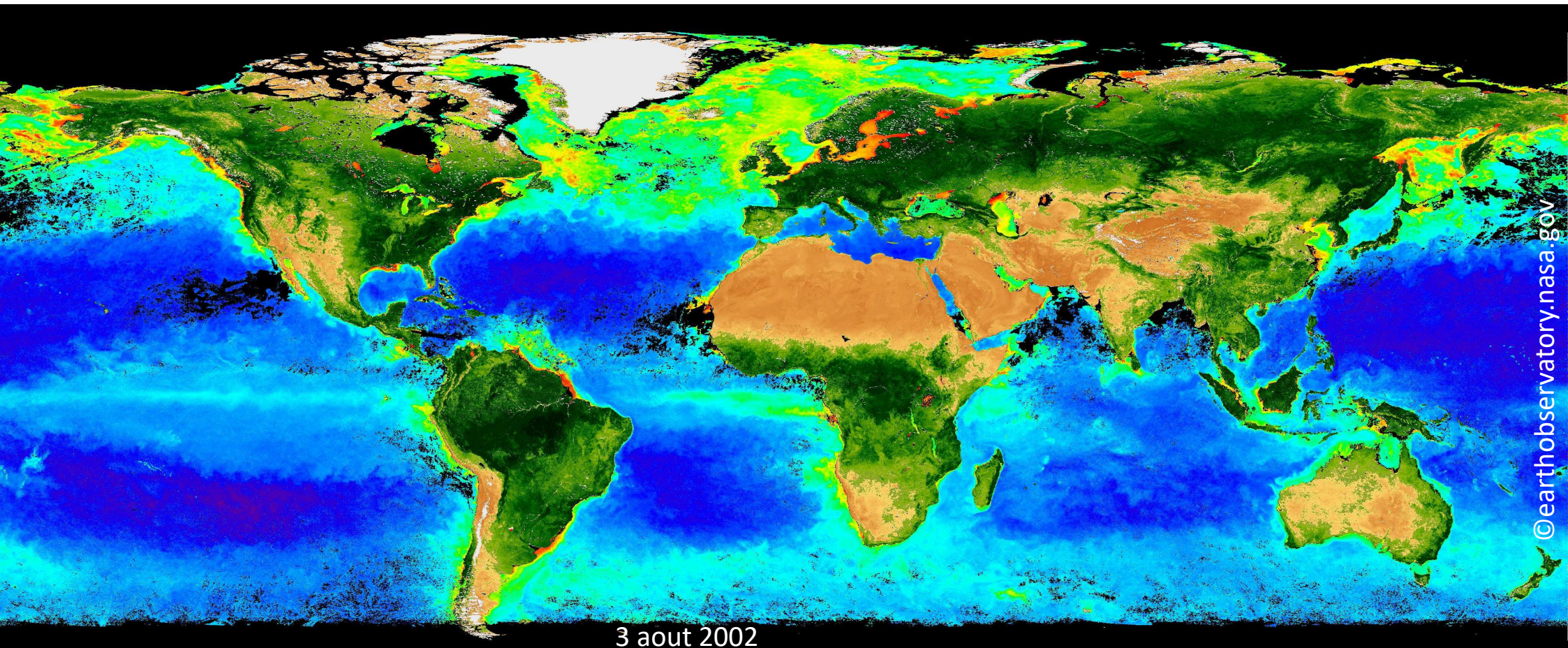
2 - la Terre est plutôt la mer

océans et mers 71%
terres émergées 29%

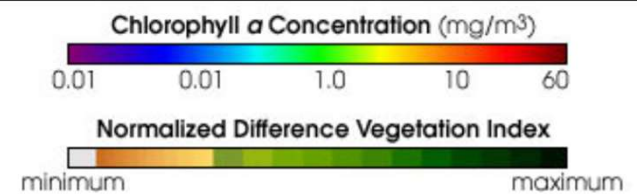




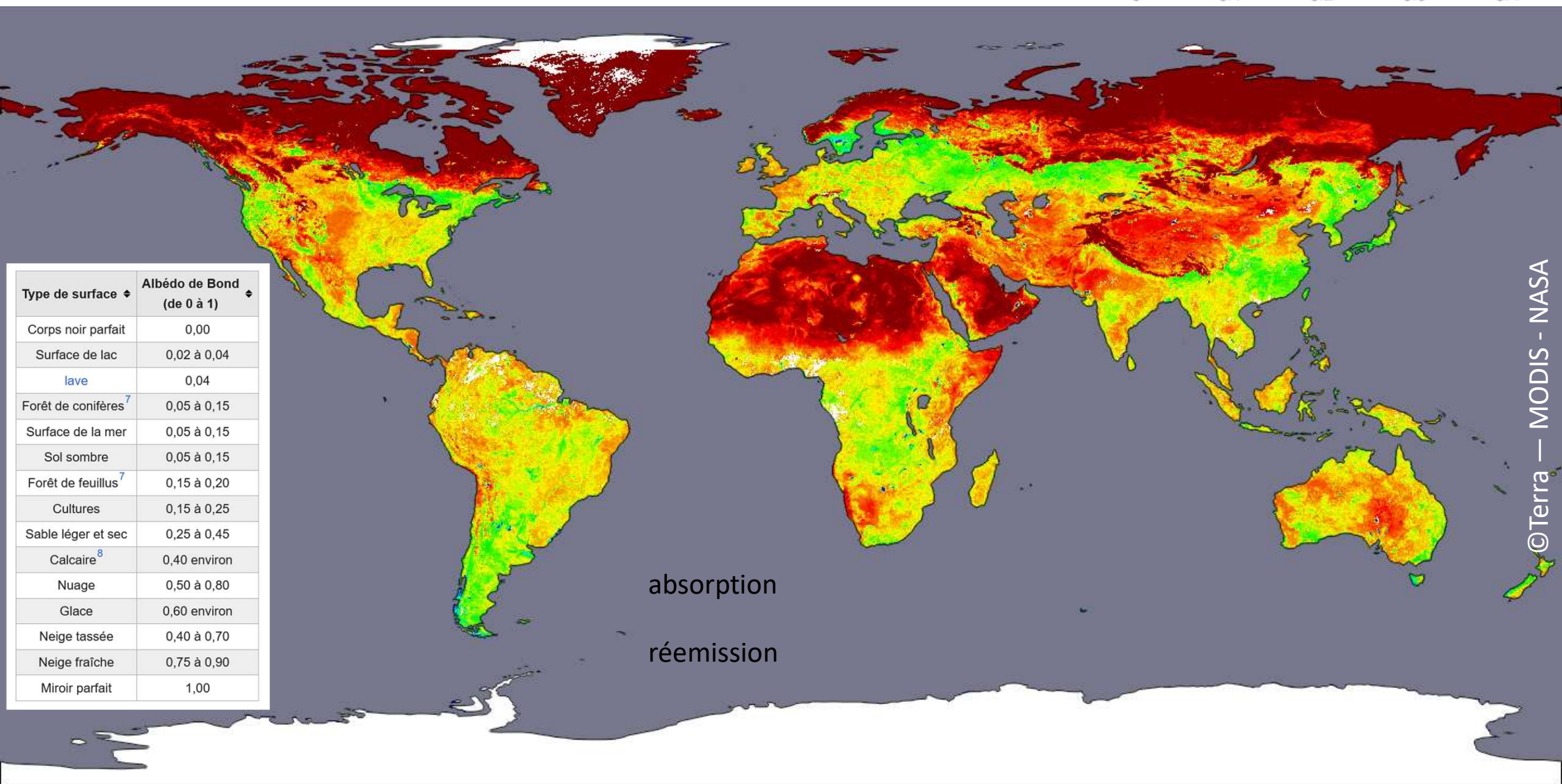
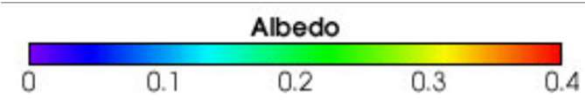
3 - la Terre possède une biosphère



3 aout 2002



4 - albedo



Type de surface ↕	Albédo de Bond (de 0 à 1) ↕
Corps noir parfait	0,00
Surface de lac	0,02 à 0,04
lave	0,04
Forêt de conifères ⁷	0,05 à 0,15
Surface de la mer	0,05 à 0,15
Sol sombre	0,05 à 0,15
Forêt de feuillus ⁷	0,15 à 0,20
Cultures	0,15 à 0,25
Sable léger et sec	0,25 à 0,45
Calcaire ⁸	0,40 environ
Nuage	0,50 à 0,80
Glace	0,60 environ
Neige tassée	0,40 à 0,70
Neige fraîche	0,75 à 0,90
Miroir parfait	1,00

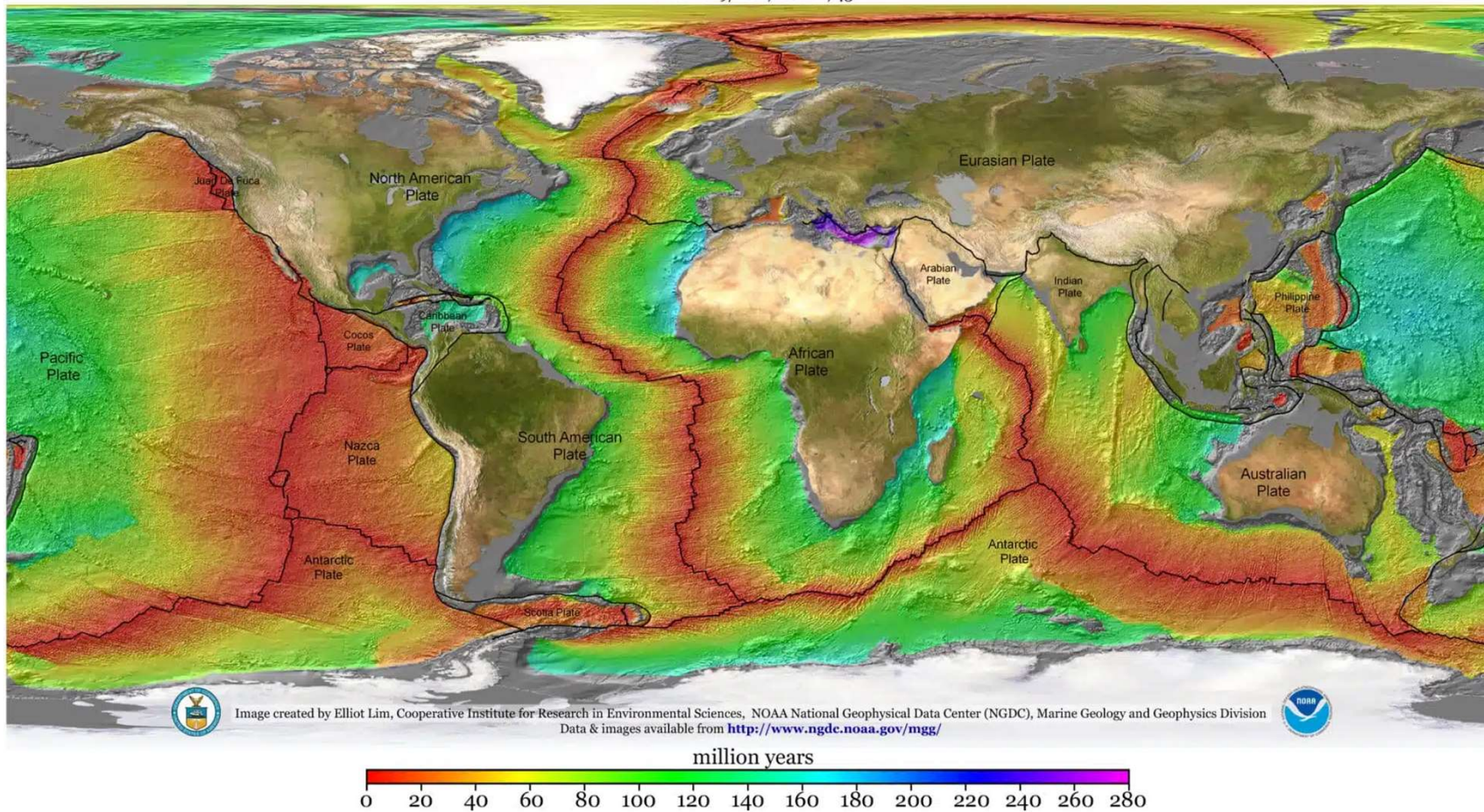
absorption
réémission

5 – une Terre en perpétuelle évolution mais très lente

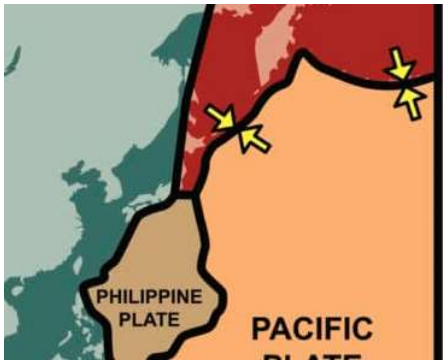
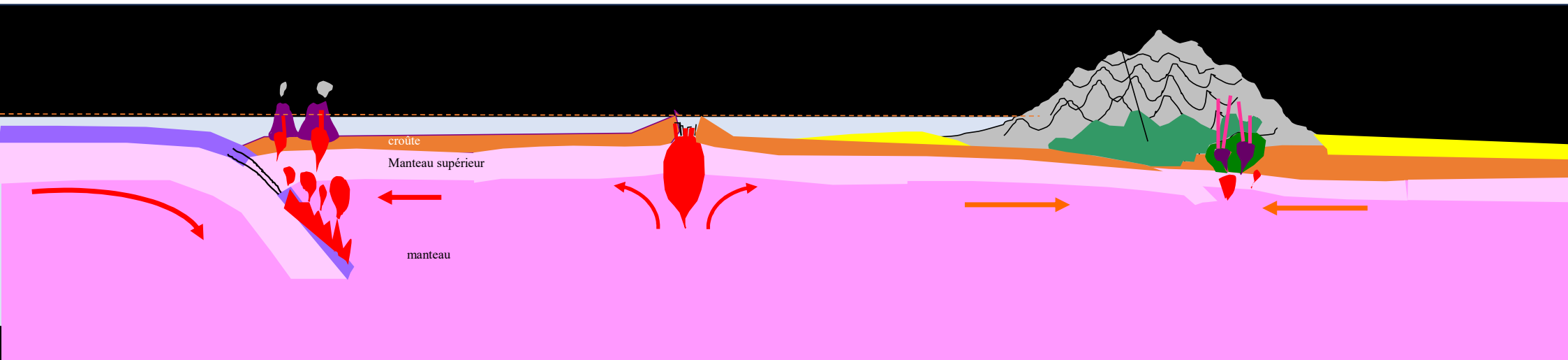
Age of Oceanic Lithosphere (m.y.)

Data source:

Muller, R.D., M. Sdrolias, C. Gaina, and W.R. Roest 2008. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.



Quoi?



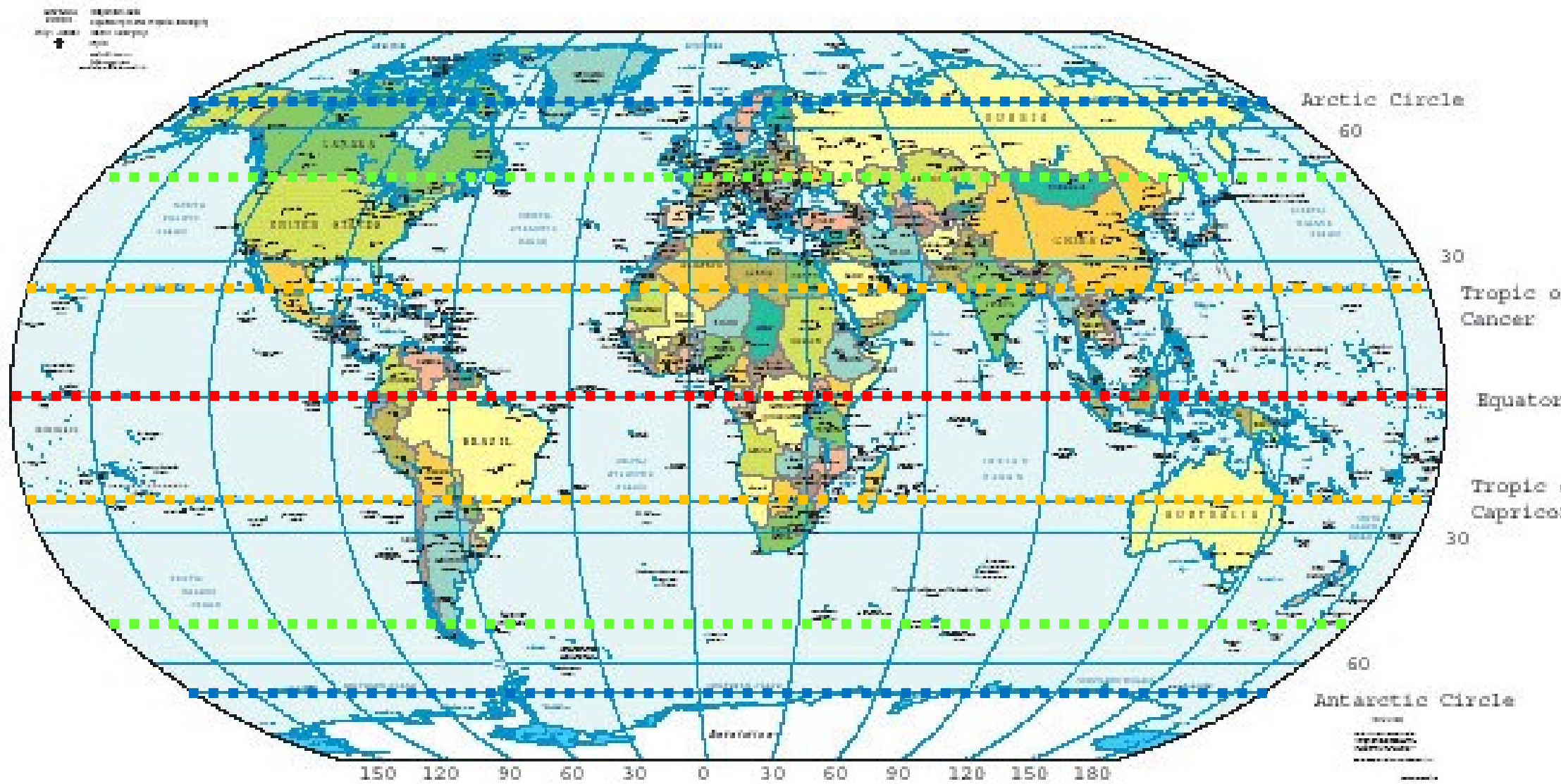
Conséquences:

→ les climats actuels de la Terre



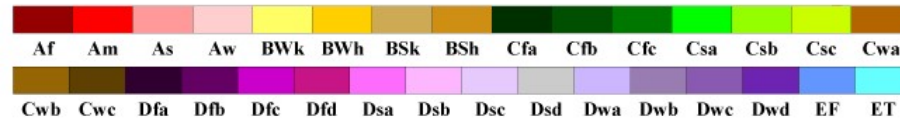
-  climat polaire
-  climat tempere
-  climat tropical
-  climat équatorial

Political Map of the World, June 2003



World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

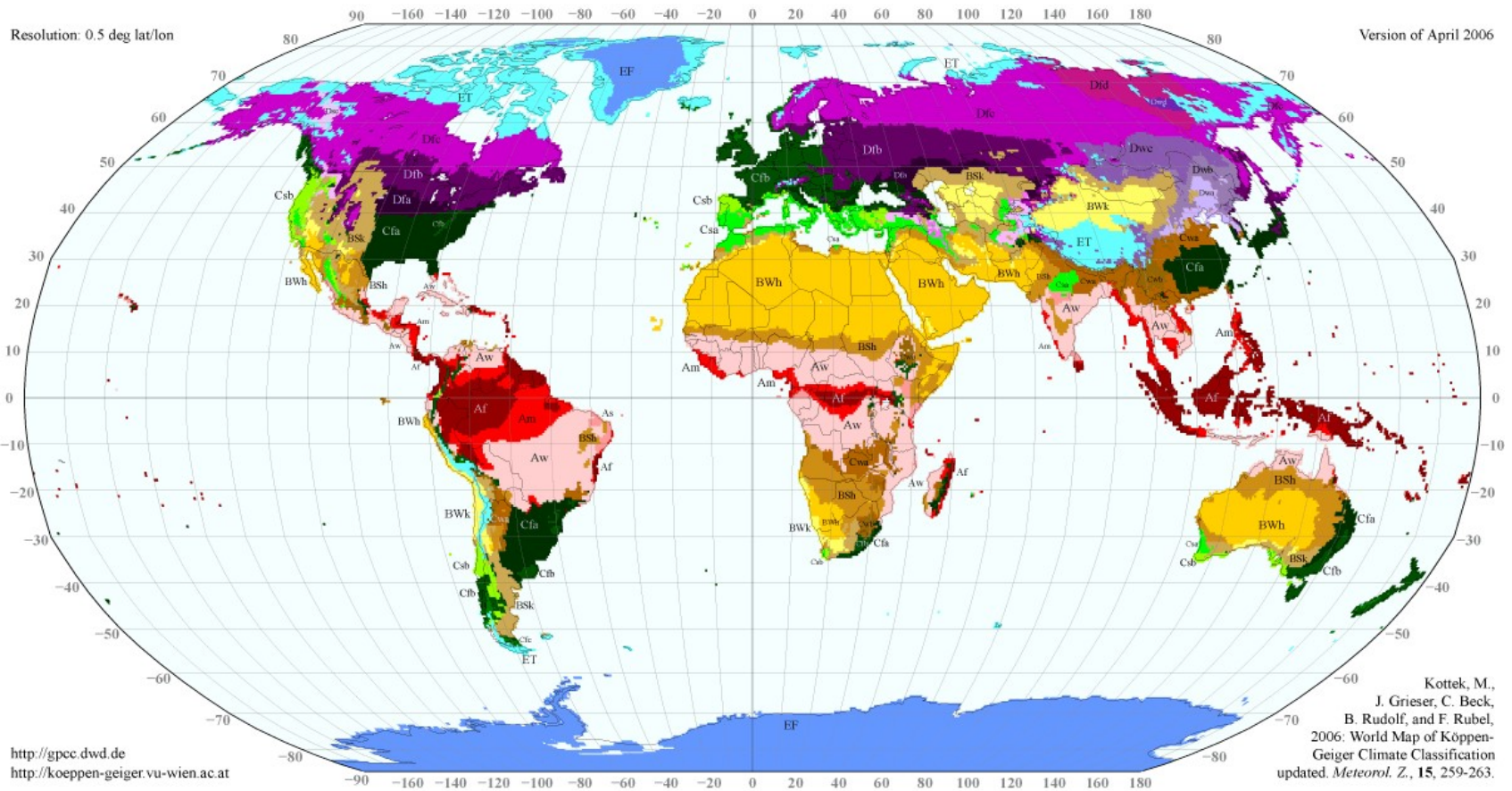
A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra



Reconstituer les « climats » passés de la Terre

4,567 Ga

Matière en fusion



Luminosité du Soleil 30% plus faible



$T = 4700^{\circ}\text{C}$

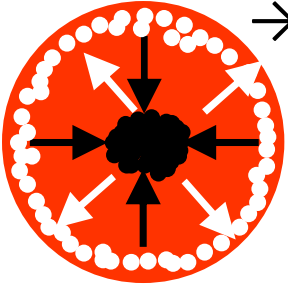
4,52 Ga



1 → marées colossales

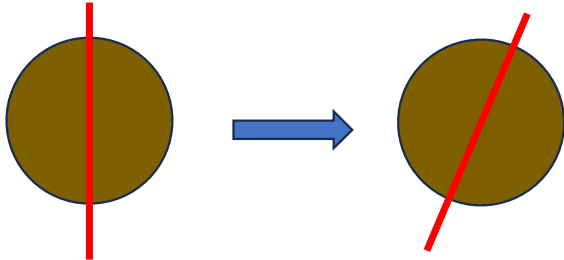
→ brassage du magma

→ différenciation



2 → inclinaison de l'axe de rotation de la Terre

→ saisons



3 → stabilisation de l'axe de rotation de la Terre

T 2000°C

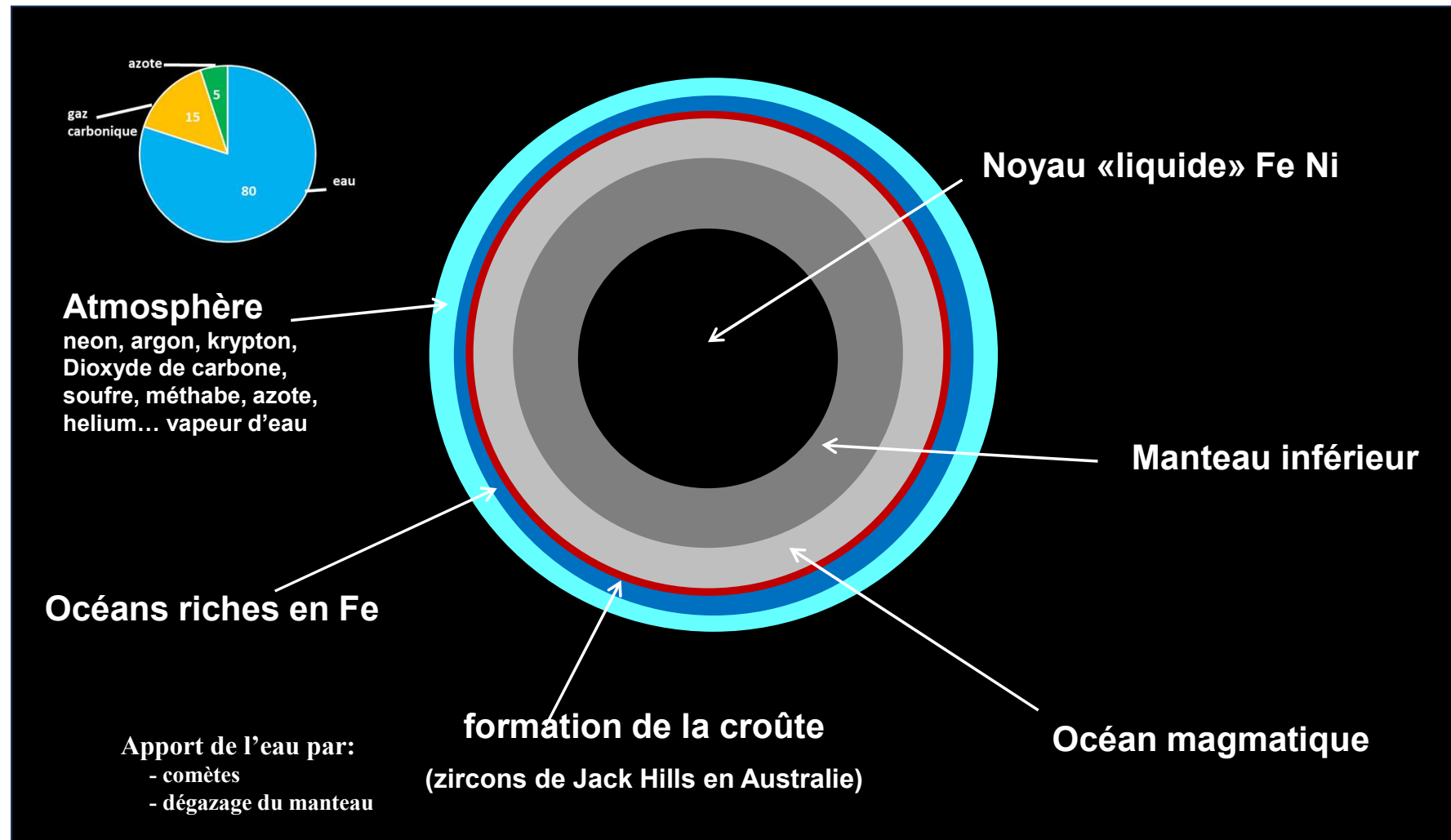


4,4 Ga

La Terre devient plus présentable

atmosphère
océan
continents

T 1100°C



3,5 Ga **La vie est installée**

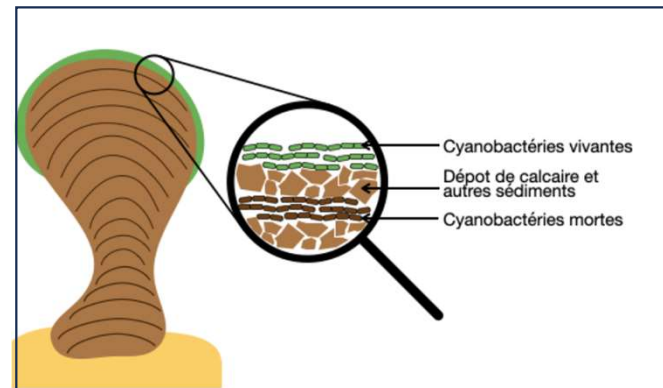


les stromatolithes

Ils ont traversé tous les âges géologiques depuis 3,5 Ga et sont toujours présents aujourd'hui (Shark Bay en Australie).



Croissance: 0,4mm/an



Constructions sédimentaires biologiques par des cyanobactéries ayant pratiqué la photosynthèse:

fabrication de matière organique à partir de gaz carbonique et d'eau en utilisant la lumière solaire comme source d'énergie et en dégageant de l'oxygène.

La géologie au service de l'astronomie: Grâce à des stromatolites vivant au précambrien, il y a 850 Ma, on a pu calculer la durée d'une journée (20,1 heures) et d'une année (435 jours)

→ diminution de la vitesse de rotation de la Terre et moins de jours dans une année → conséquence du frottement des marées éloignant la Lune de la Terre.

apparition de la vie

Quand ?

???

Quoi ?

formes unicellulaires → bactéries

Où ?

dans l'eau

Origine?

→ extra-terrestre ?

→ comètes

→ météorites

...

→ terrestre ?

→ ~~lagunes d'estran~~

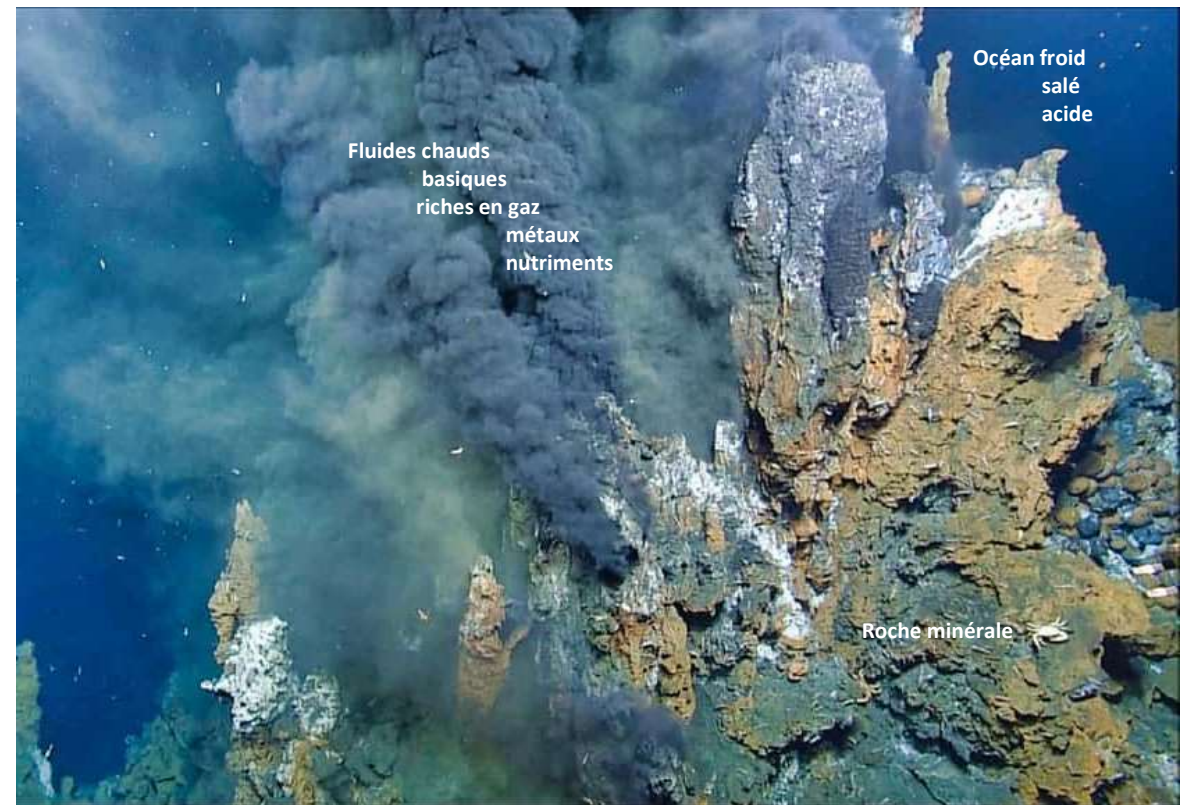
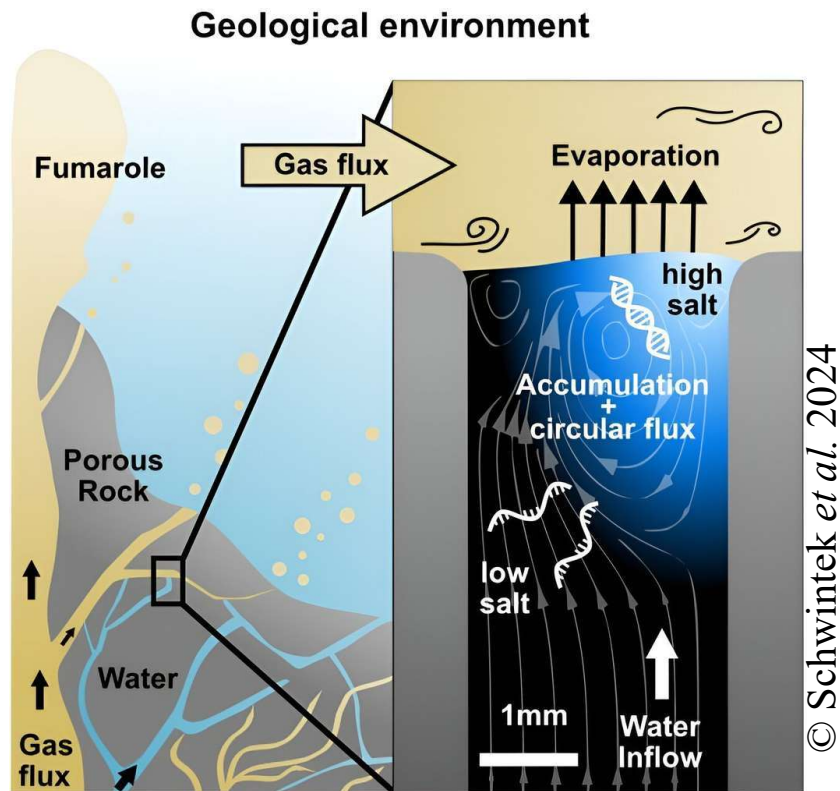
→ sources hydrothermales au fond des océans

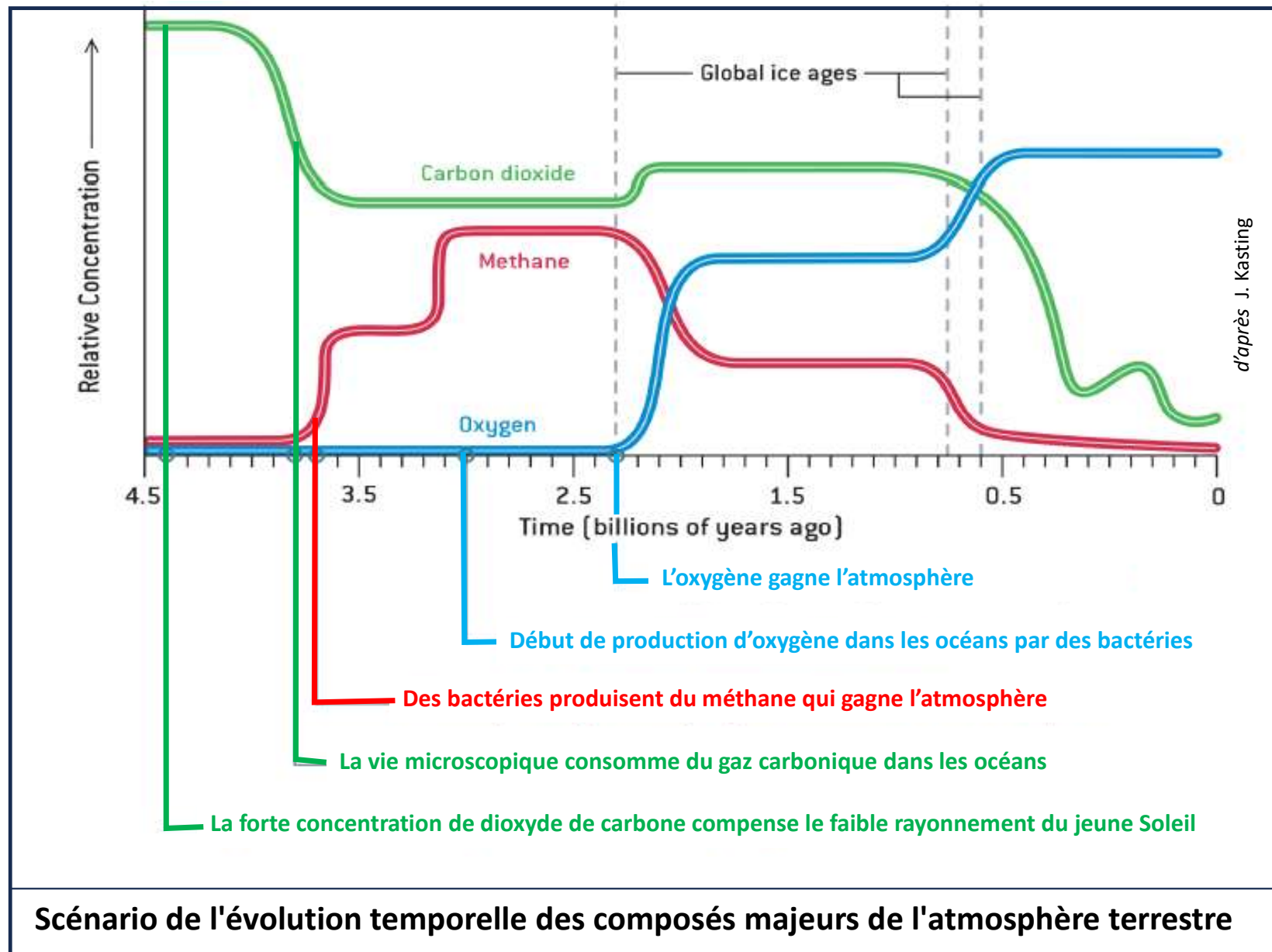
...

L'hypothèse « sources hydrothermales » favorite

La preuve par la réplication de l'ADN

Conditions réunies dans les porosités de la roche: eau, flux de gaz, gradient de salinité, température pour la réplication des brins d'ADN (x 30 en 1h)





2,4 Ga Les bactéries, responsables de la première grande glaciation

augmentation de l'O₂ dans l'océan (photosynthèse des cyanobactéries) et maintenant dans l'atmosphère

↓
Hécatombe des archées anaérobies méthanogènes

↓
Arrêt de la production de méthane

+
Réaction méthane existant et O₂ → CO₂

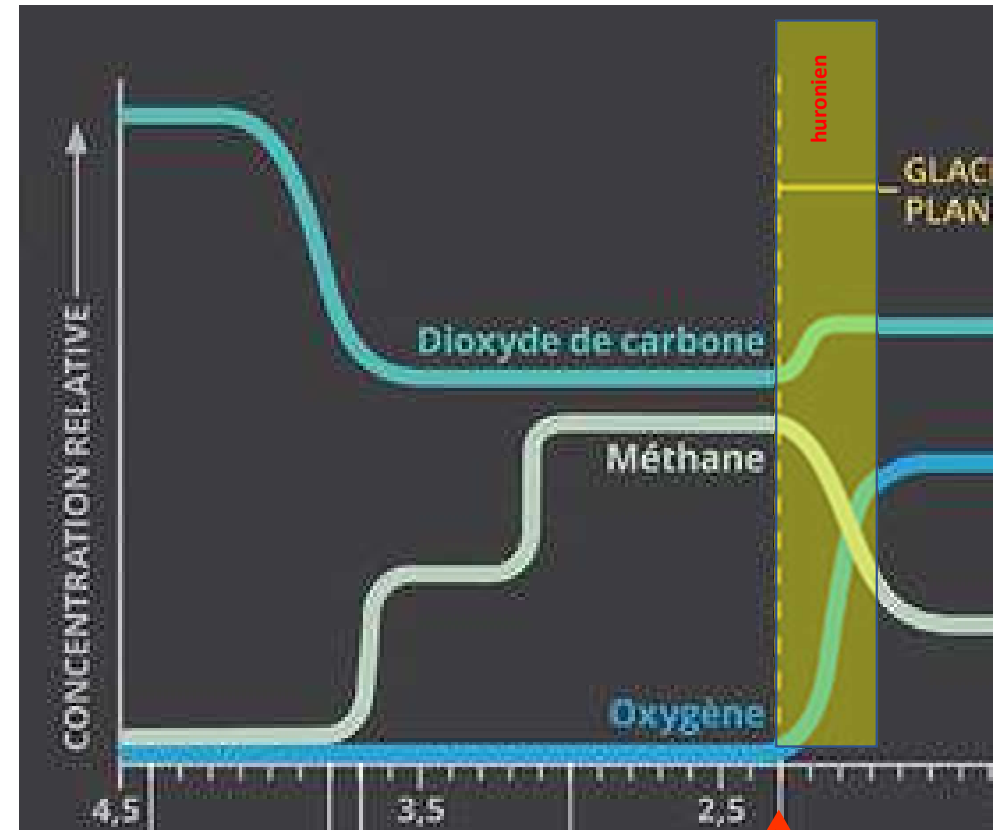
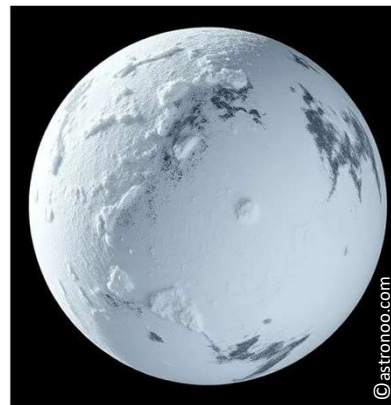
↓
Baisse de l'effet de serre (CH₄ = 30 x CO₂)

↓
Refroidissement important

↓
Augmentation de l'albedo

↓
Auto amplification

↘ Glaciation sur 300 millions d'années



hurorien

800 Ma: Dislocation du continent Rhodinia

Éruptions volcaniques



Coulées basaltiques



Forte humidité en mer



Précipitations et ruissellement sur les continents



Erosion des basaltes sur les continents (6 x X)



Absorption du CO₂ dans le puits de carbone



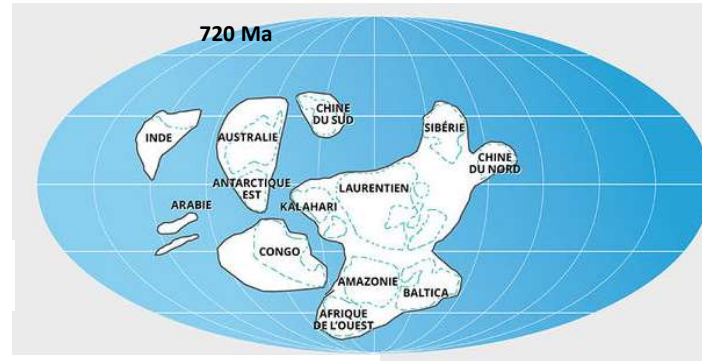
Baisse de – 50°C de température



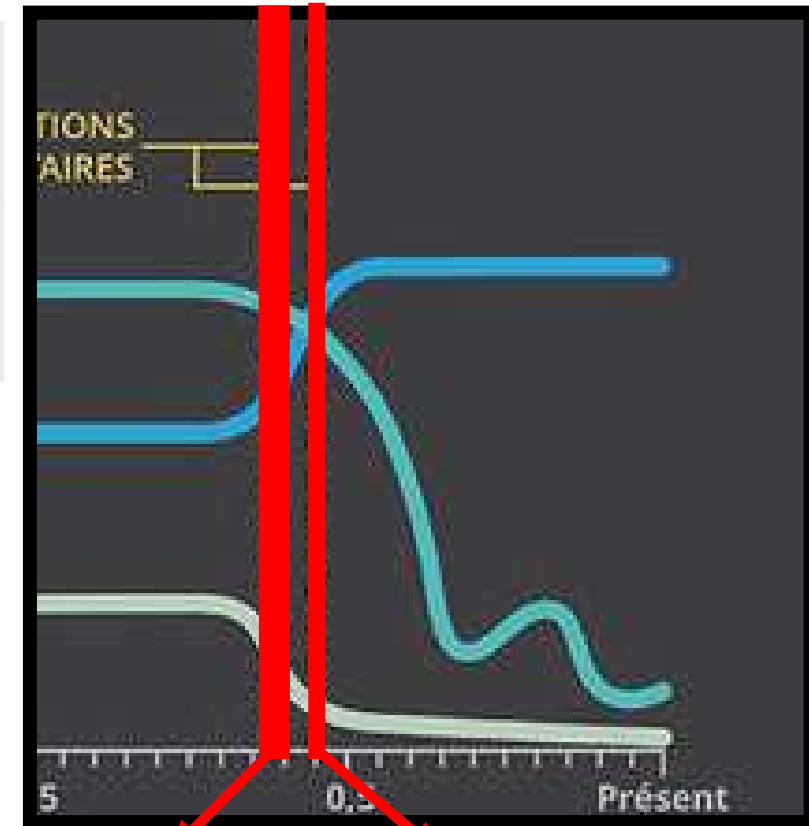
Augmentation de l'albedo



Les calottes polaires se rejoignent à l'équateur?



TERRE boule de neige



Sturtien

717-659 Ma

Marinoen

645-635 Ma

Reprise du volcanisme



CO₂

Effet de serre (> effet albedo)



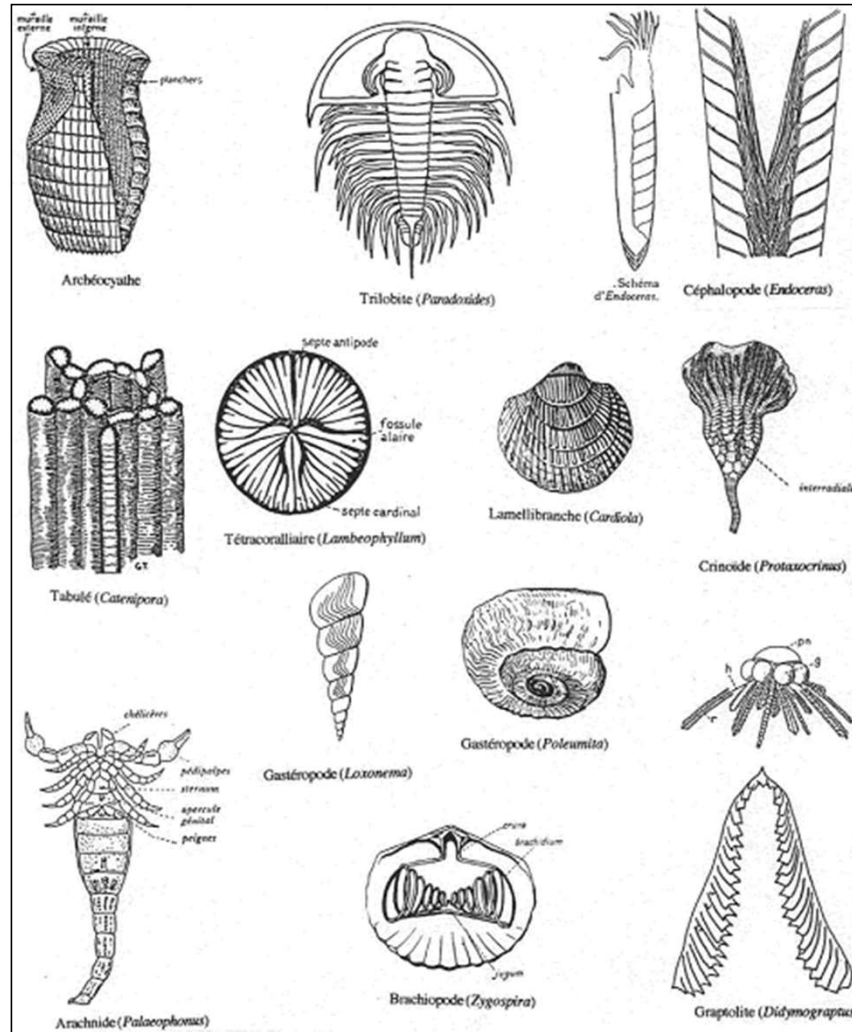
fonte

600Ma La grande révolution... biologique

Réchauffement post glaciaire

protozoaires

= organisme animal
unicellulaire



métazoaires

= organisme animal
formé de plusieurs
cellules



Un pavé dans la mare

2,1 Ga bassin de Franceville au Gabon



540 Ma

cambrien

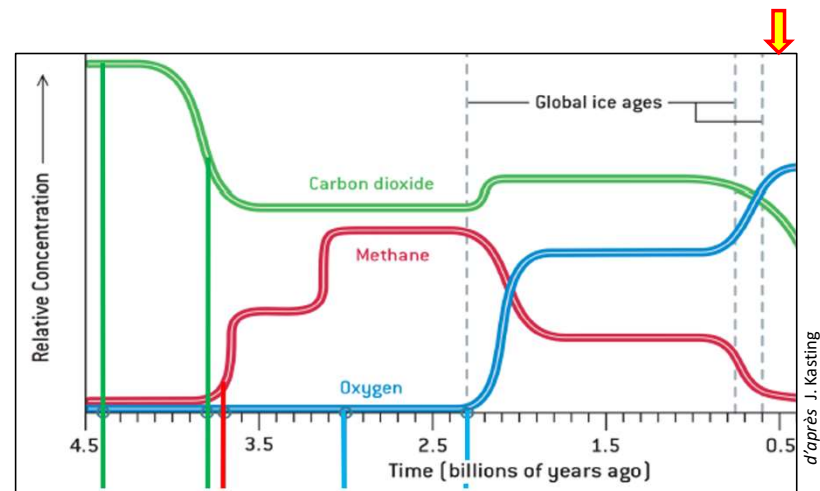
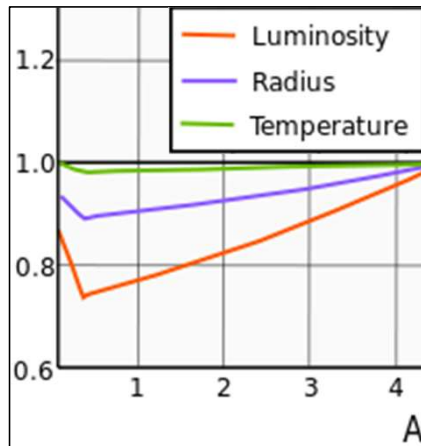
**explosion
de la vie**

Climat chaud et humide



Morale de cette première partie de l'histoire de la Terre:

- Depuis la formation du système solaire, en 4 Ga
 - la luminosité du Soleil s'est accrue de 20%
 - le taux de CO₂ s'est effondré
 - l'oxygène a saturé les océans, et maintenant l'atmosphère
- La Terre a connu des glaciations monstrueuses dans un contexte climatique globalement chaud



Tout va bien...

... Et pourtant

la vie n'est pas un long fleuve tranquille

le gaz carbonique (CO₂) atmosphérique, grand régulateur du climat

CO₂ abondant



Climat chaud

CO₂ peu abondant

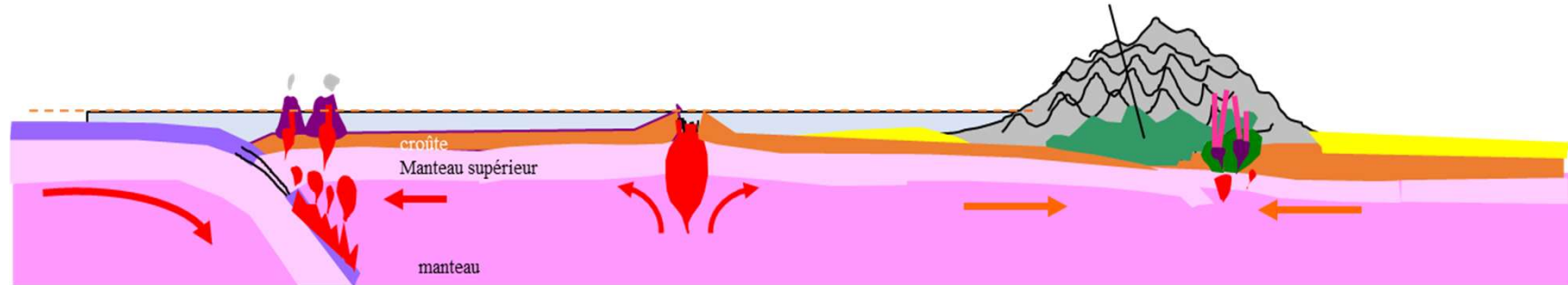


Climat froid

Principales causes de variations climatiques

Interne à la Terre

la tectonique des plaques



subduction

divergence

convergence

volcanisme

surrection de montagnes

émission de CO_2

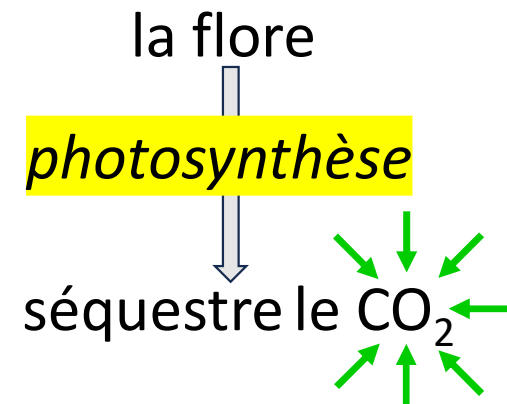
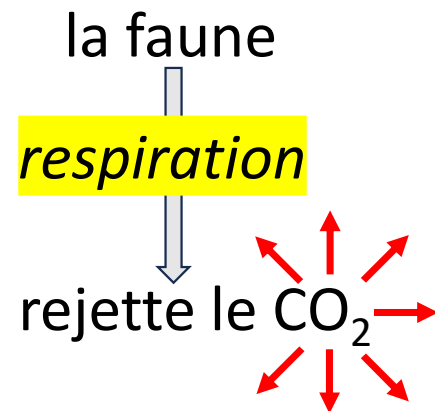
captation de CO_2

réchauffement

refroidissement

à la surface de la Terre

la vie



mais faune < flore → bilan : rejets < séquestrations

développement de la vie

diminution du CO_2

refroidissement

diminution de la vie

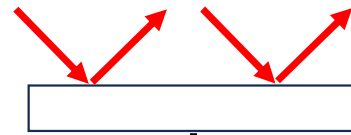
augmentation du CO_2

réchauffement

à la surface de la Terre

Rôle de l'albedo sur le climat

Le blanc renvoie le rayonnement solaire



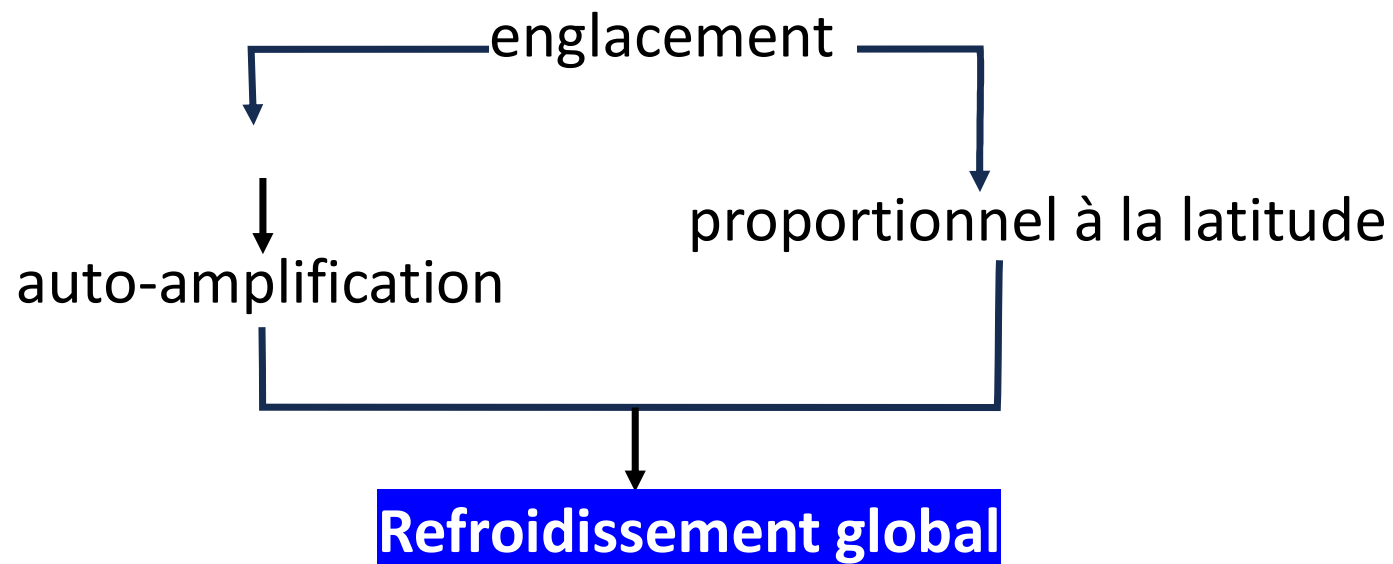
100 albedo 0

refroidissement

le noir l'absorbe



réchauffement



la chute d'astéroïdes

Extra-terrestre



5 grandes crises

Crétacé / Tertiaire

5

Trias . Jurassique

4

Permien / Trias

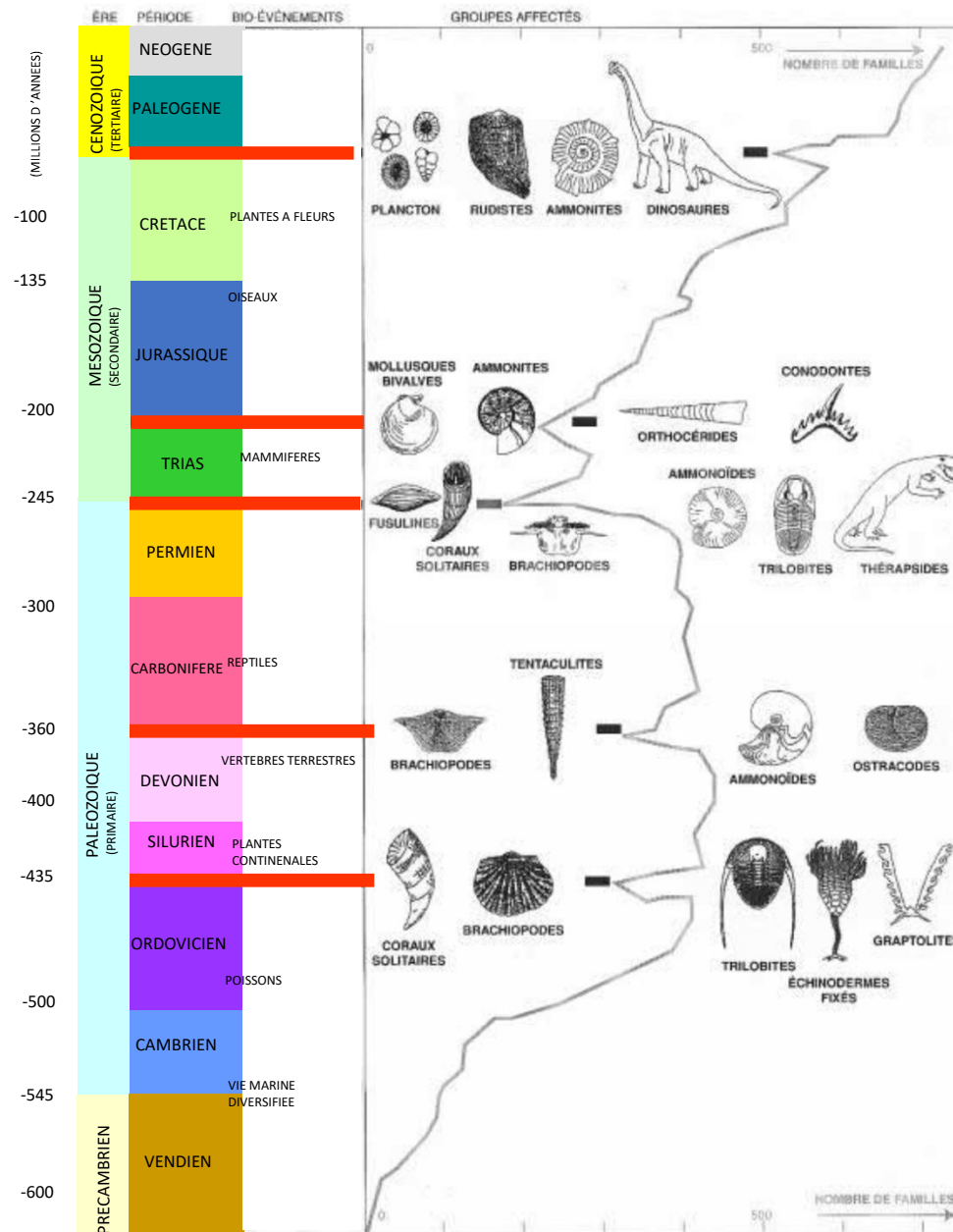
3

Devonien / Carbonifère

2

Ordovicien / Silurien

1



Ordovicien / silurien
Vers→ 450 Ma

Climat très froid

Chaîne de montagnes nord américaines (Appalaches)

→ érosion

→ absorption du CO₂ par les sédiments

→ diminution du CO₂ atmosphérique

→ refroidissement

→ **glaciation sur 1 à 2 Ma**

→ baisse importante du niveau de la mer

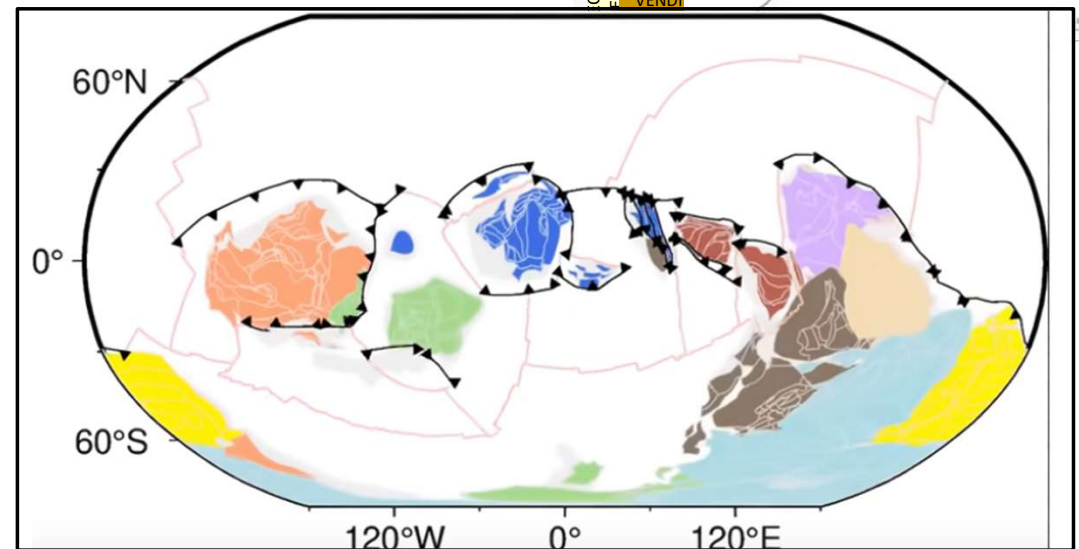
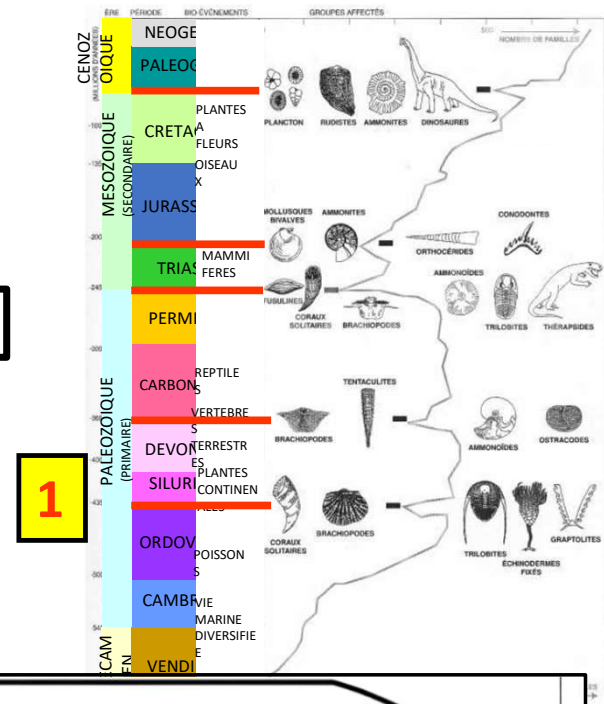
→ disparition des plateaux continentaux

→ extinction massive de la vie marine

→ **- 85% de perte de biodiversité**

la 2^{ème} en intensité

perte de biodiversité de 85%



Devonien / Carbonifère

383 - 359 Ma

Climat chaotique

Sur 25 millions d'années

Plusieurs pics d'extinction dans un climat chaotique

Episodes volcaniques → trapps de Sibérie

→ augmentation du CO₂ → climat chaud

→ introduction de SO_2 dans l'atmosphère → pluies acides

Développement des arbres sur les continents

→ consommation du CO₂ par les arbres

→ baisse du CO₂ → climat froid

→ altération des roches

→ pédogénèse → érosion continentale

→ sédimentation marine riche en **humus**

→ absorption de l'O₂ → zones d'anoxie

→ **mort des coraux**

→ fixation du CO_2 par les sédiments (silicatés et carbonatés)

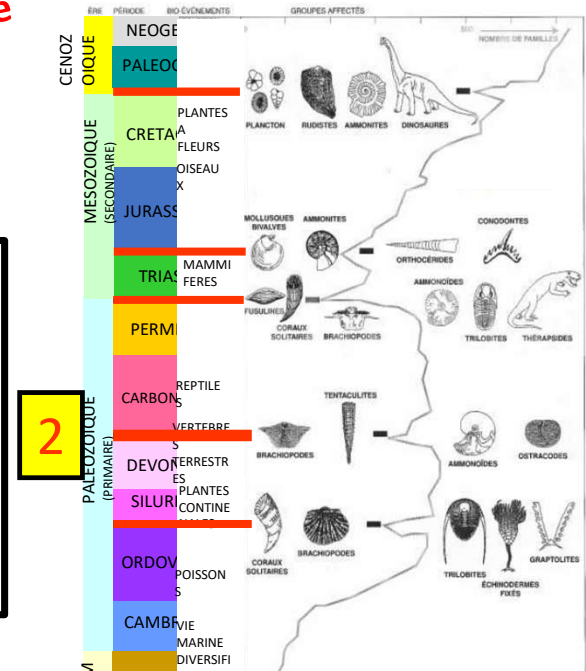
→ refroidissement → baisse du niveau de la mer

→ disparition des plateaux continentaux

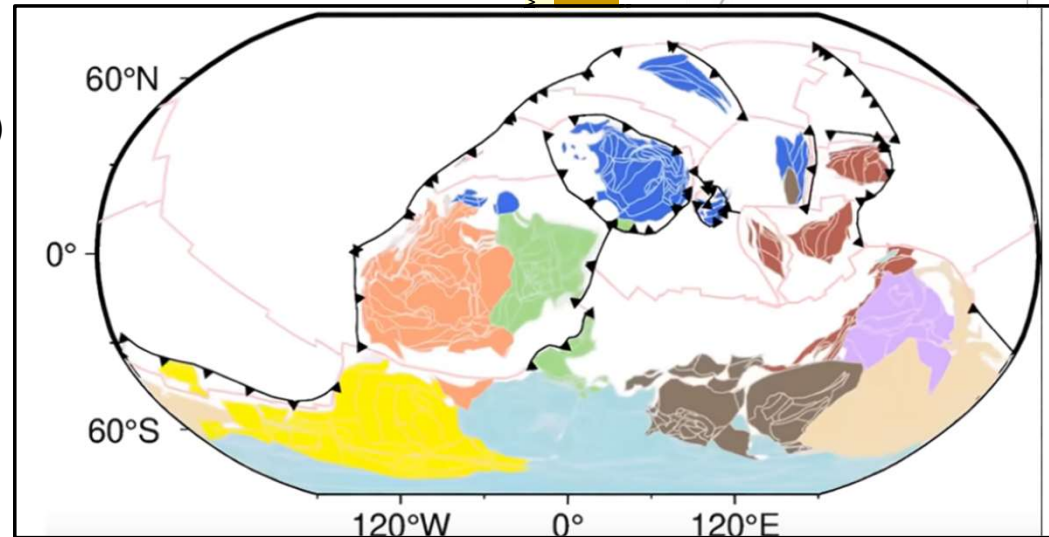
glaciations

Astéroïde de Siljan en Suède vers --377Ma ... etc....

la plus complexe



Disparition de 75% des espèces marines
La faune et la flore terrestre ne sont pas indemnes, mais évaluation difficile car fossilisation aléatoire



Permien / Trias
Vers 252 Ma

Climat très chaud

la pire

Sur 10 millions d'années

- Mauvaise circulation océanique
- Intense activité volcanique

- Trapps de Chine
- Trapps de Sibérie (3,5M km² x 3700m en < 1 Ma)
- émission de CO₂ (14500 milliards de tonnes)
- dégagement de CH₄ à partir des bassins houillers
- **températures infernales**

augmentation de température globale entre +14 et + 18°C

température de surface des océans à l'équateur 40 °C→

- émission de soufre volcanique

- **pluies acides**

- érosion des roches

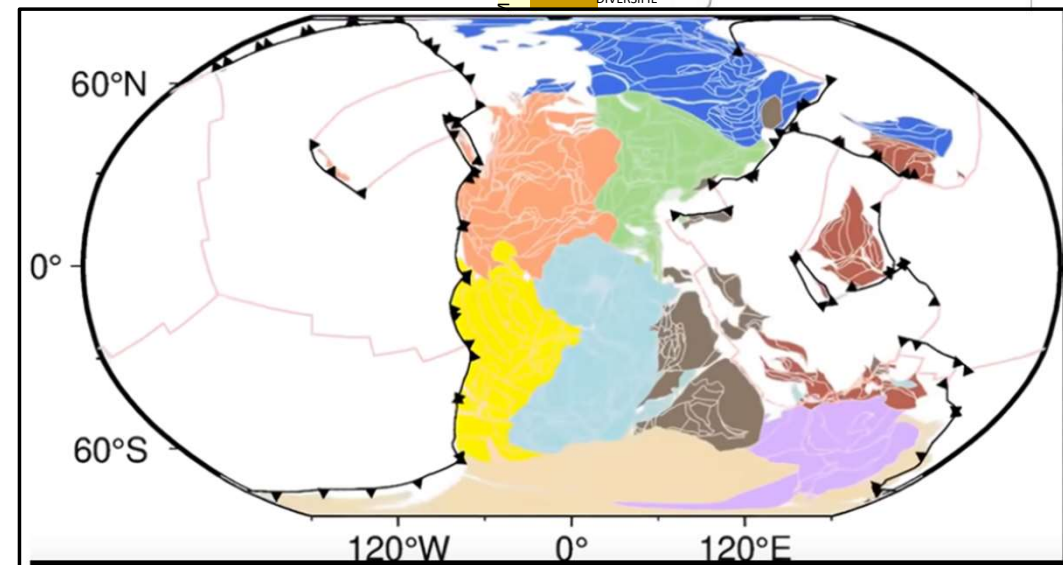
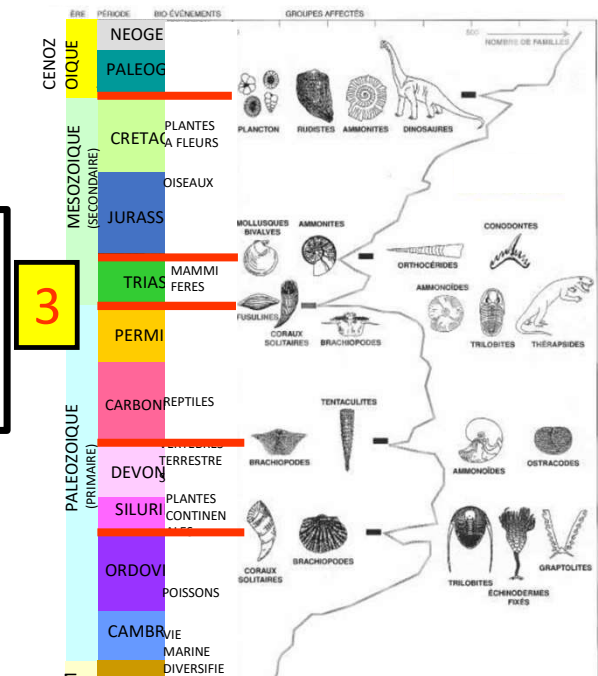
- diminution de l'O₂ des océans de 76%

- **anoxie**

Reconstitution d'une forêt : 10 millions d'années

Océans de nouveau pleins de vie: 8 millions d'années

Disparition de
95% des espèces marines
80% des espèces terrestres
(en moins de 60000 ans)



Trias / Jurassique
Vers 201 Ma

Climat chaud

la plus longue

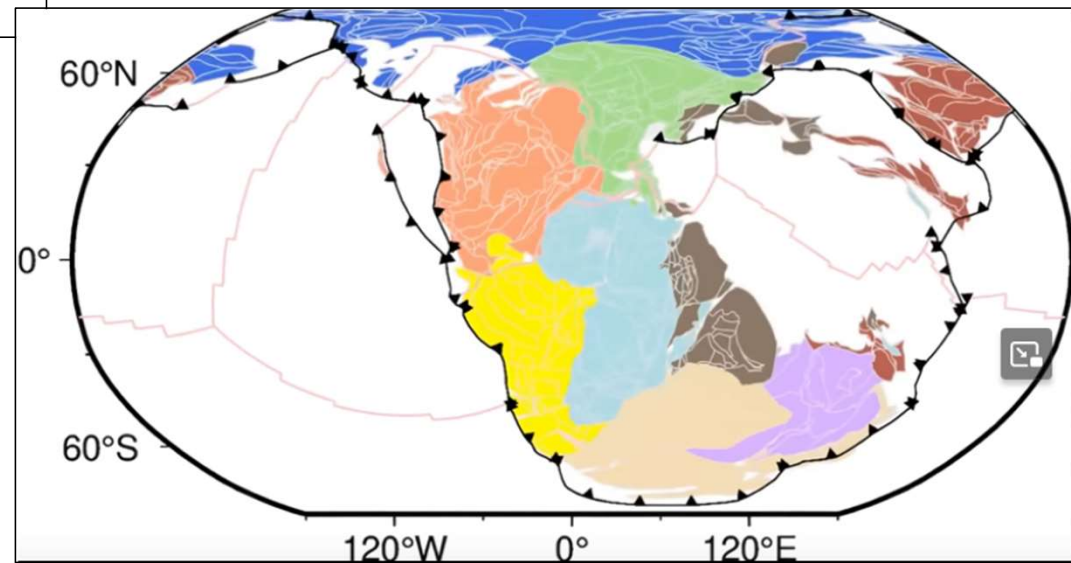
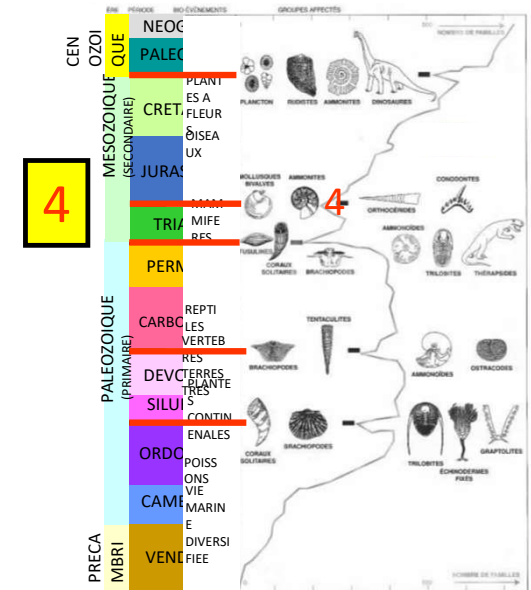
Sur 17 millions d'années

ouverture de l'océan atlantique

- volcanisme intense au cœur de la pangée
volume de lave équivalent à 400m d'épaisseur sur
une surface égale aux Etats Unis)
- augmentation du CO₂ dans l'atmosphère (x 4)
- réchauffement global de 4°C
- acidification de l'océan
→ moins de carbonate de calcium
- ...

Disparition de 80% des espèces marines et terrestres

Réduction des plantes à pollens, des amphibiens
Sécheresse continentale (évaporites)
Diversification des crocodiliens,
Premiers dinosaures



Crétacé / Tertiaire Vers 66 Ma

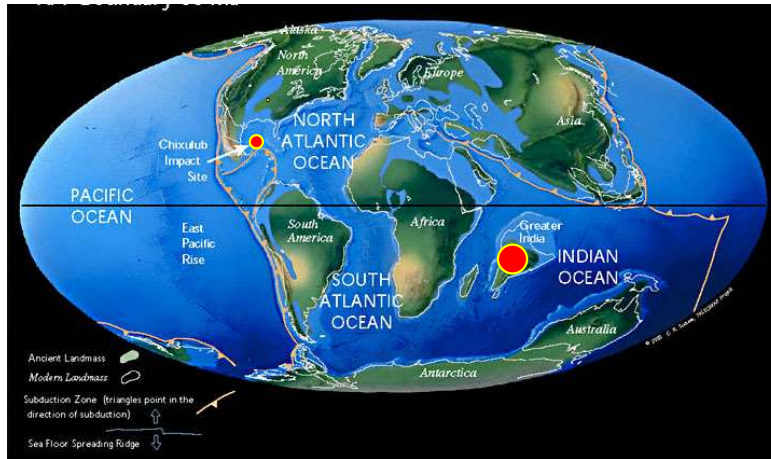
la plus célèbre

Le Crétacé = foisonnement de la vie

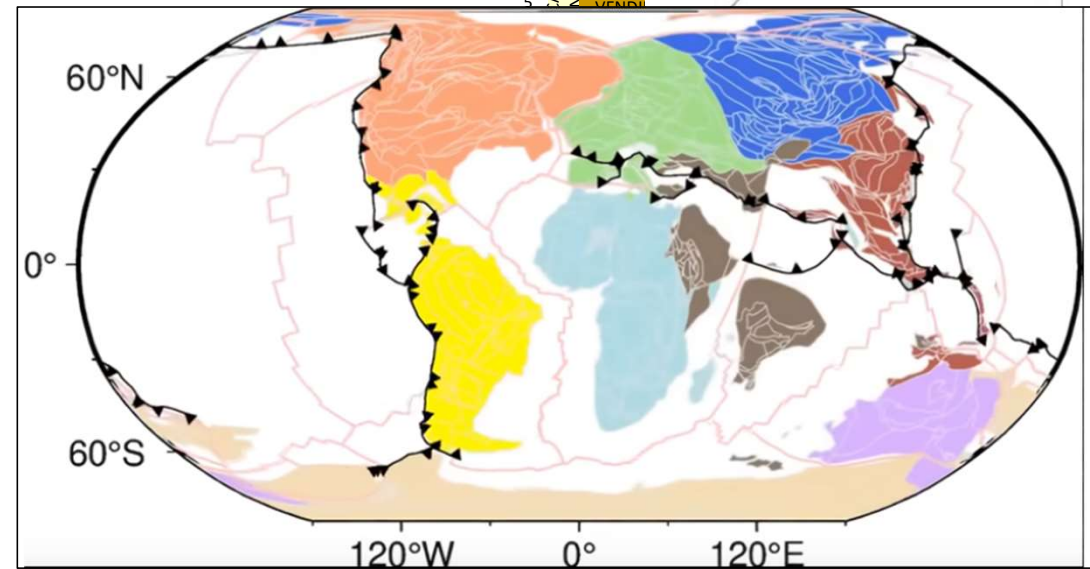
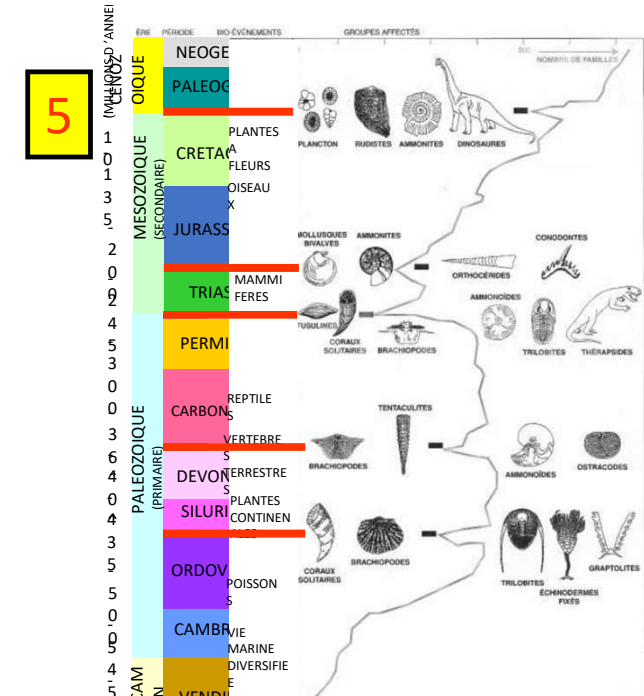
Fin du crétacé

- = Volcanisme majeur: les trapps du Deccan
pendant 850 000 ans de 250 000 + 600 000 ans
→ 2500m de laves sur 2 M km²
CO₂ (x4 / actuel)
→ **climat chaud**

= chute d'un astéroïde dans la péninsule du Yucatan (Mexique)



75% des espèces marines disparaissent, mais sélectivité
Disparition des dinosaures (sauf les oiseaux)
Les mammifères, oiseaux, insectes, tortues, crocodiles, lézards, serpents sont peu touchés,



diamètre: 17 km
densité: 2,6
vitesse: 12 km/s
incidence: 60°



A photograph of a coastal rock formation in Zumaia, Spain. The image shows a series of horizontal rock layers. The upper part consists of light-colored, layered limestone (Danian). Below this is a dark, thin layer of black clay (Argiles noires). The lower part consists of reddish-pink, layered limestone (Cretaceous). The rocks are weathered and show signs of fracturing.

Calcaires blancs durs du Danien

Iridium = origine spatiale

Quartz choqués = onde de choc

Argiles noires

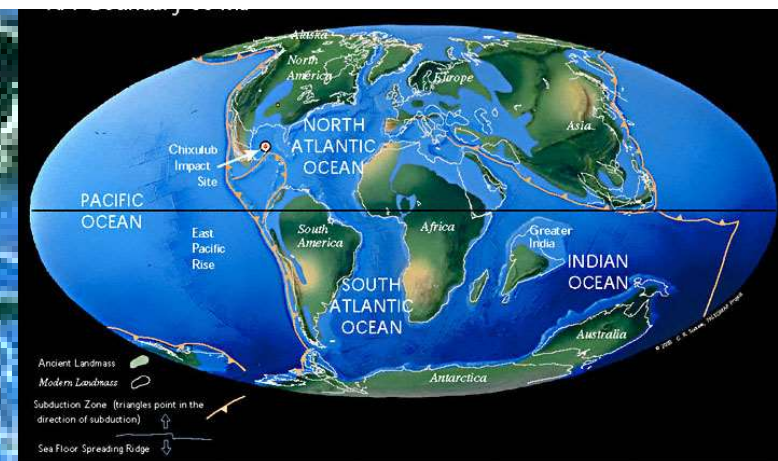
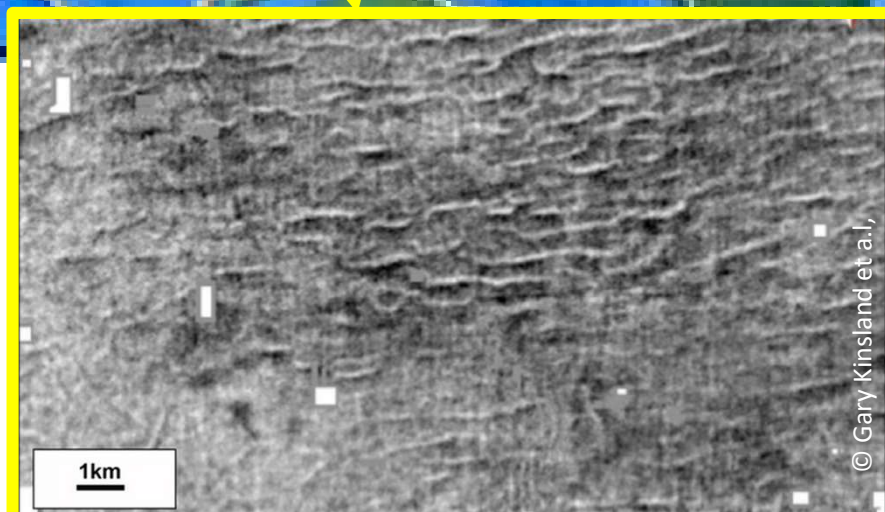
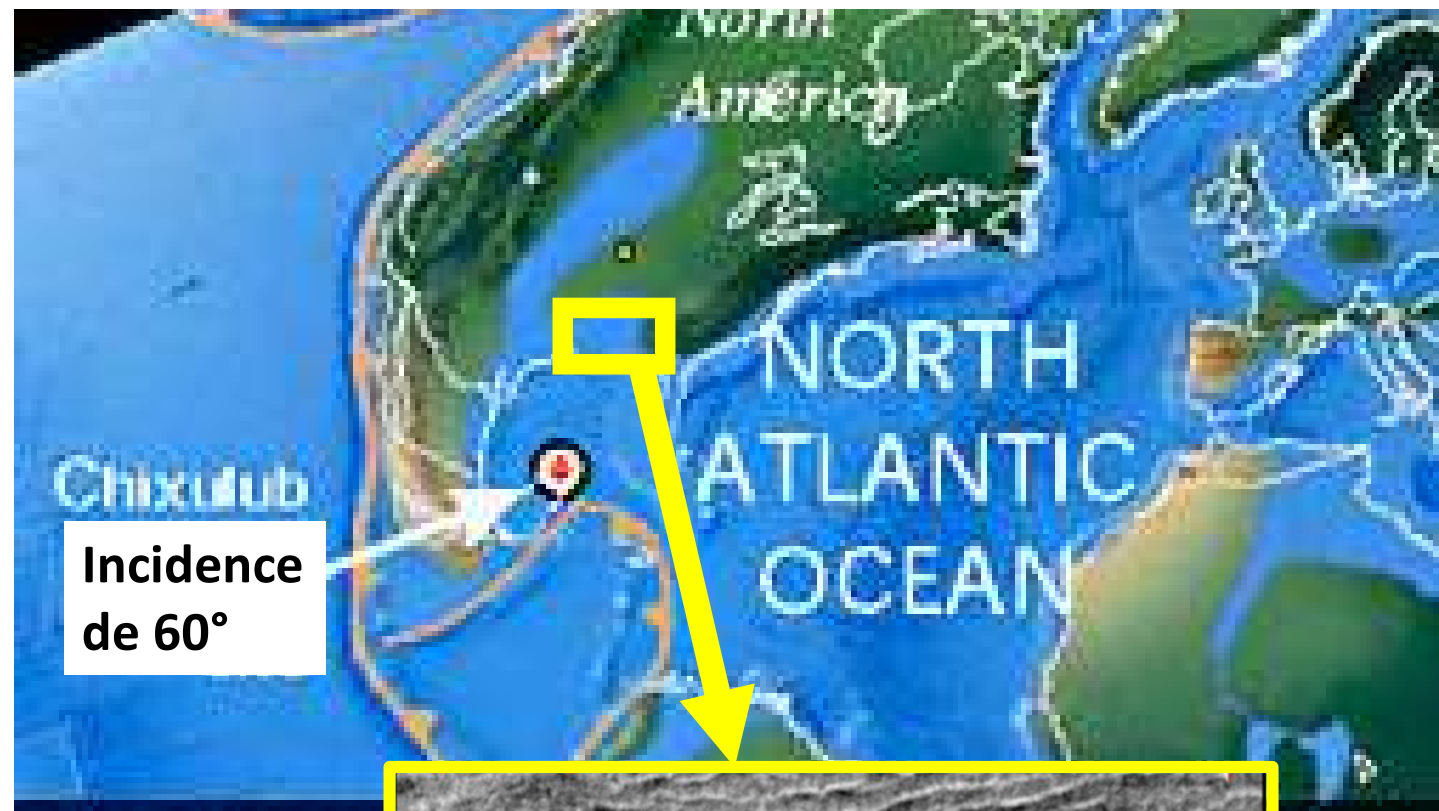
Tectites = roche fondue par l'impact

Spinelles nickellifères = fusion de la croûte météoritique dans la traversée de l'atmosphère

Suie = incendies

Calcaires marneux roses du crétacé

Zumaia (Espagne)



Énergie x 30000 tsunami de 2004



Tsunami de 1,5km

Groupe	Familles présentes	Familles éteintes	Taux d'extinction
Chondrichthyens (Requins & Raies)	44	8	18
Poissons osseux	50	6	12
Amphibiens	11	0	0
Reptiles (6 groupes)	83	45	54
1- Chéloniens (Tortues)	15	4	27
2- Lacertiliens (Lézards et Serpents)	16	1	6
3- Crocodiliens	14	5	36
4- Ptérosauriens (« reptiles volants »)	2	2	100
5- Plésiosauroïdes (« reptiles marins »)	3	3	100
6- Dinosauriens sauf Oiseaux	21	21	100
6'-Oiseaux	12	9	75
Mammifères	22	5	23
Groupes « primitifs »	11	1	9
Marsupiaux	4	3	75
Placentaires	7	1	14
Total des Vertébrés	210	64	30
Poissons	94	14	15
Tétrapodes	116	50	43
Amniotes	105	50	48

Disparition:
40% des genres
70% des espèces

Tous les tétrapodes de plus de 25 kg ont disparu.

vertébrés qui ont possédé à un moment de leur évolution des pattes munies de doigts

Vertébrés continentaux:

95% des animaux de plus de 10 kg étaient des Dinosaures,
5% étaient des Crocodiles, des Tortues terrestres ou de grands lézards.

Disparition de:

presque tout le plancton
une bonne partie du necton
presque toute la vie des fonds marins
une grande partie de la végétation terrestre

88% des espèces terrestres ont disparu
10% des espèces d'eau douce ont disparu



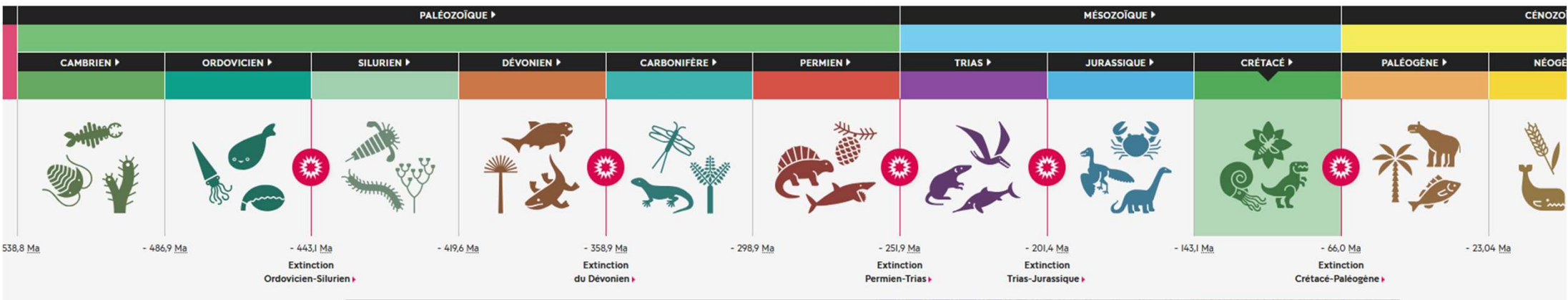


Ukhaatherium nessovi.



Les crises, moteurs de l'évolution...

Frise chronologique



©MNHN

Les grandes crises ont éradiqué de multiples formes de vie, mais pas la vie qui, chaque fois, en ressortait différente et dynamisée :

DEFINITION D'UNE CRISE:

- **brutalité**
- **rapidité** (quelques jours à quelques millions d'années)
- **disparition** de rangs élevés (au moins famille) et à modes de vie différents (différentes niches écologiques).
- **chute** drastique de la biodiversité (nb espèces, genres, familles) **ET** de la biomasse

DEROULEMENT D'UNE CRISE

1) Extinction:

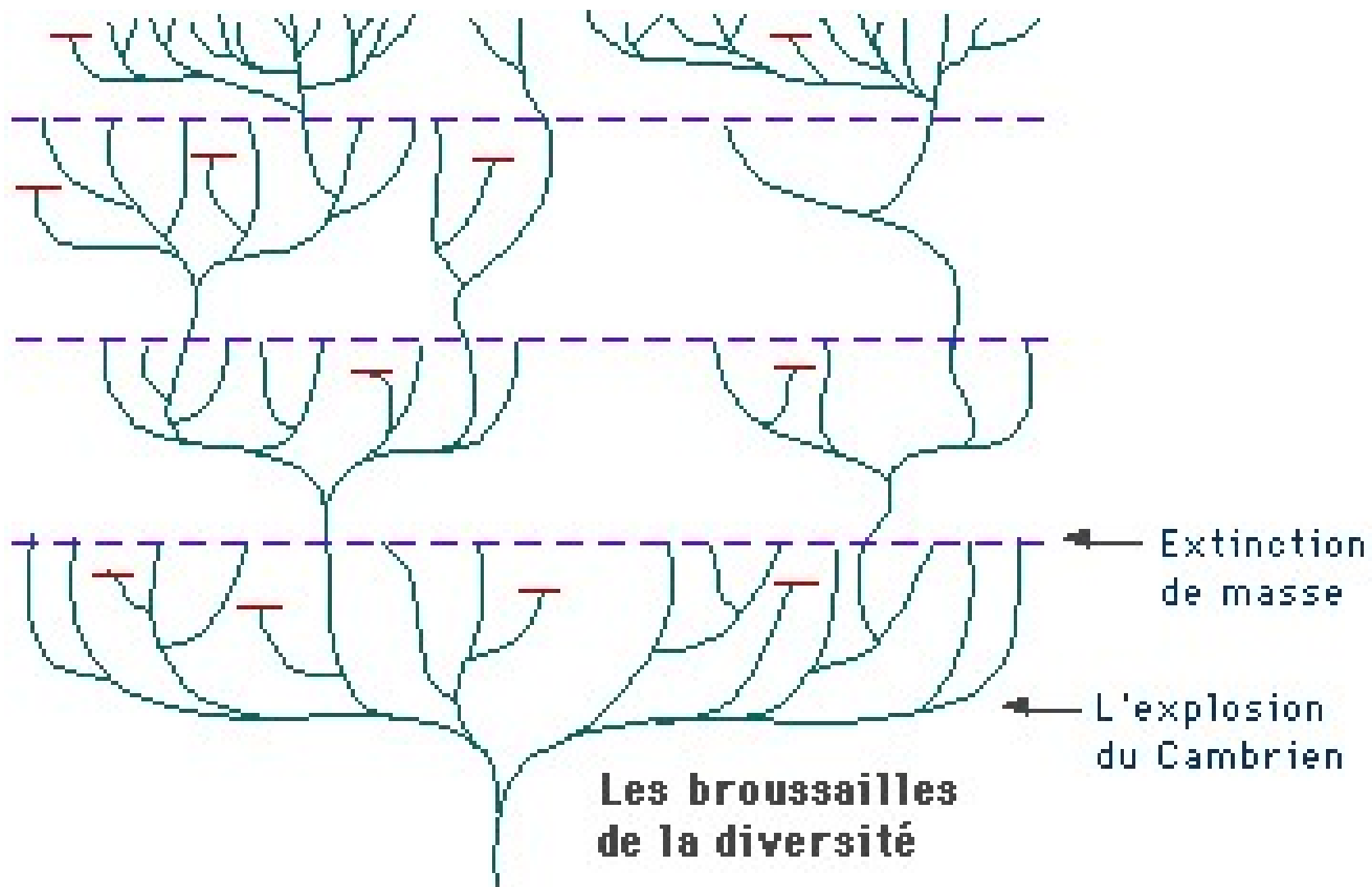
Augmentation et concomitance de disparition d'espèces

2) Survie:

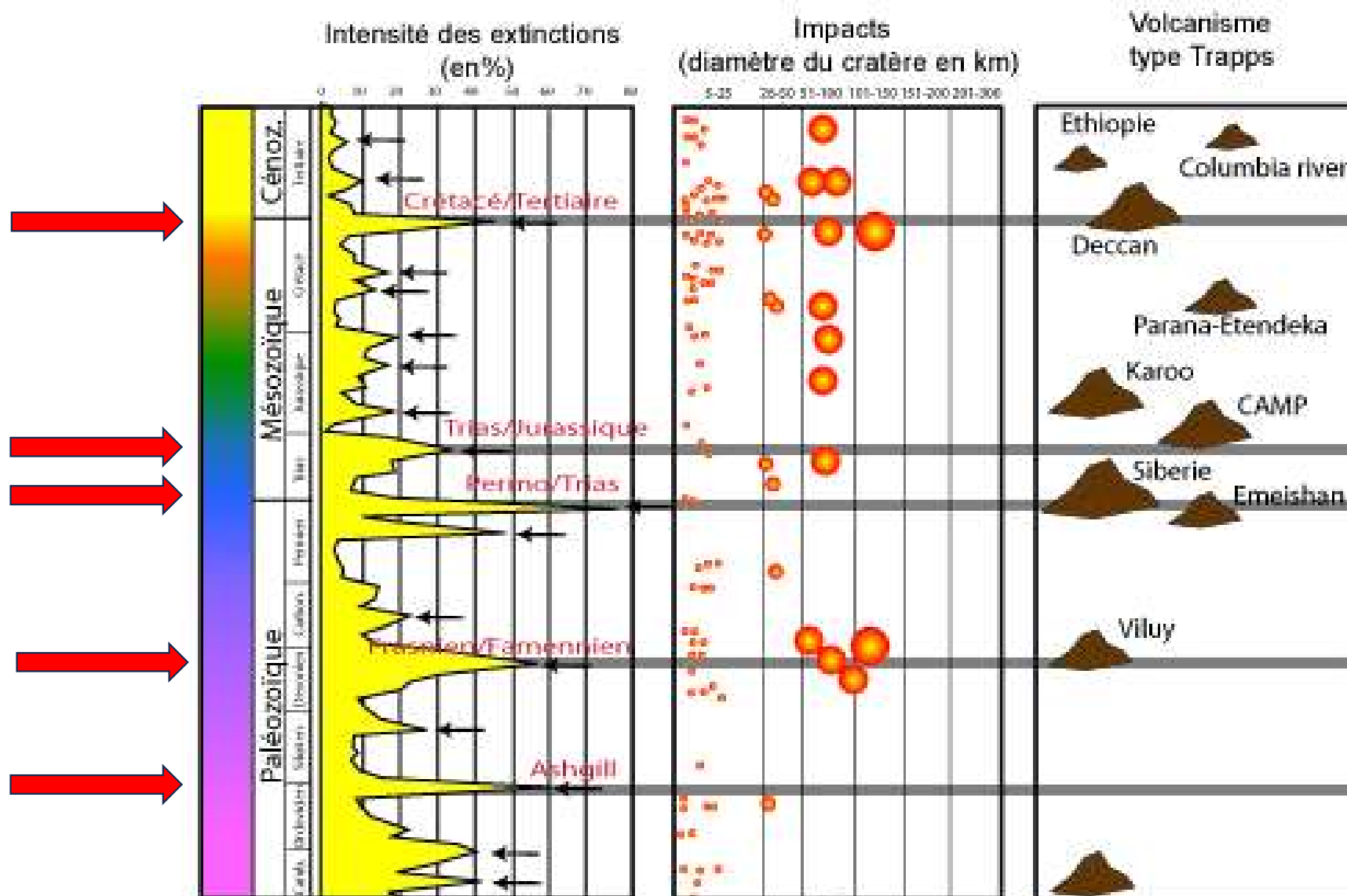
Biodiversité réduite à son minimum

3) Reconquête:

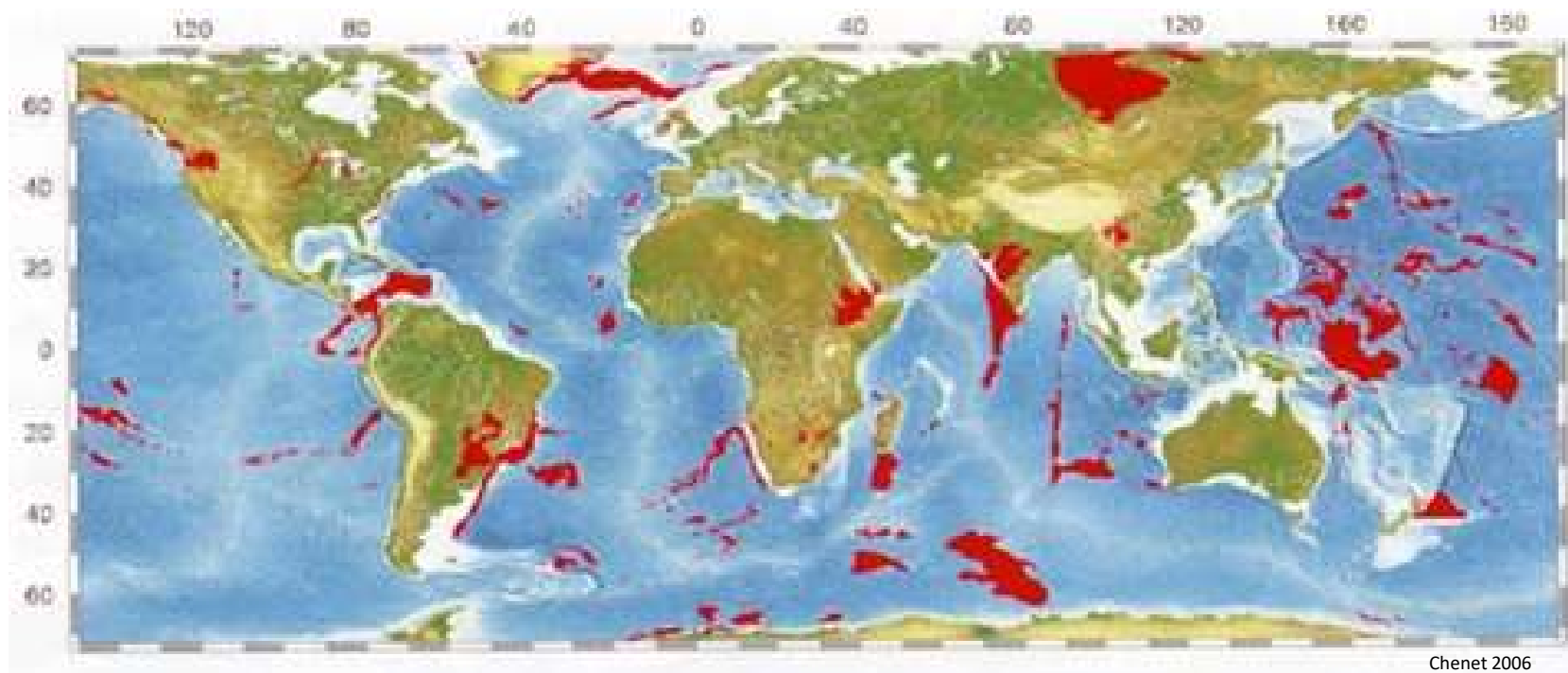
Biodiversité en phase ascendante et réadaptation aux niches écologiques vides



Il n'y a pas que les grandes crises...

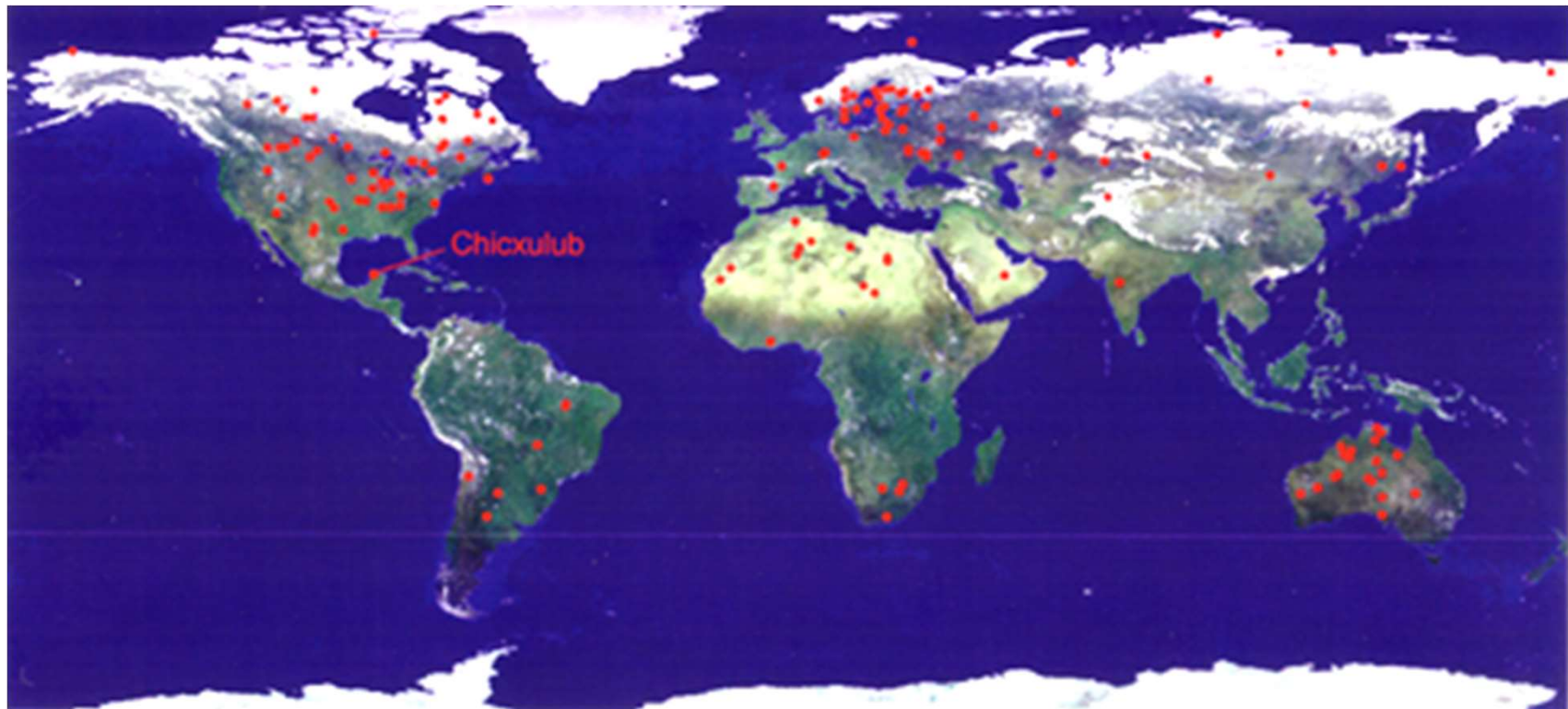


Corrélations extinctions de masse – impacts météoritiques – volcanisme effusif



Chenet 2006

Grandes régions basaltiques affleurant en surface



Cratères d'impacts météoriques ayant laissé des traces visibles encore aujourd'hui

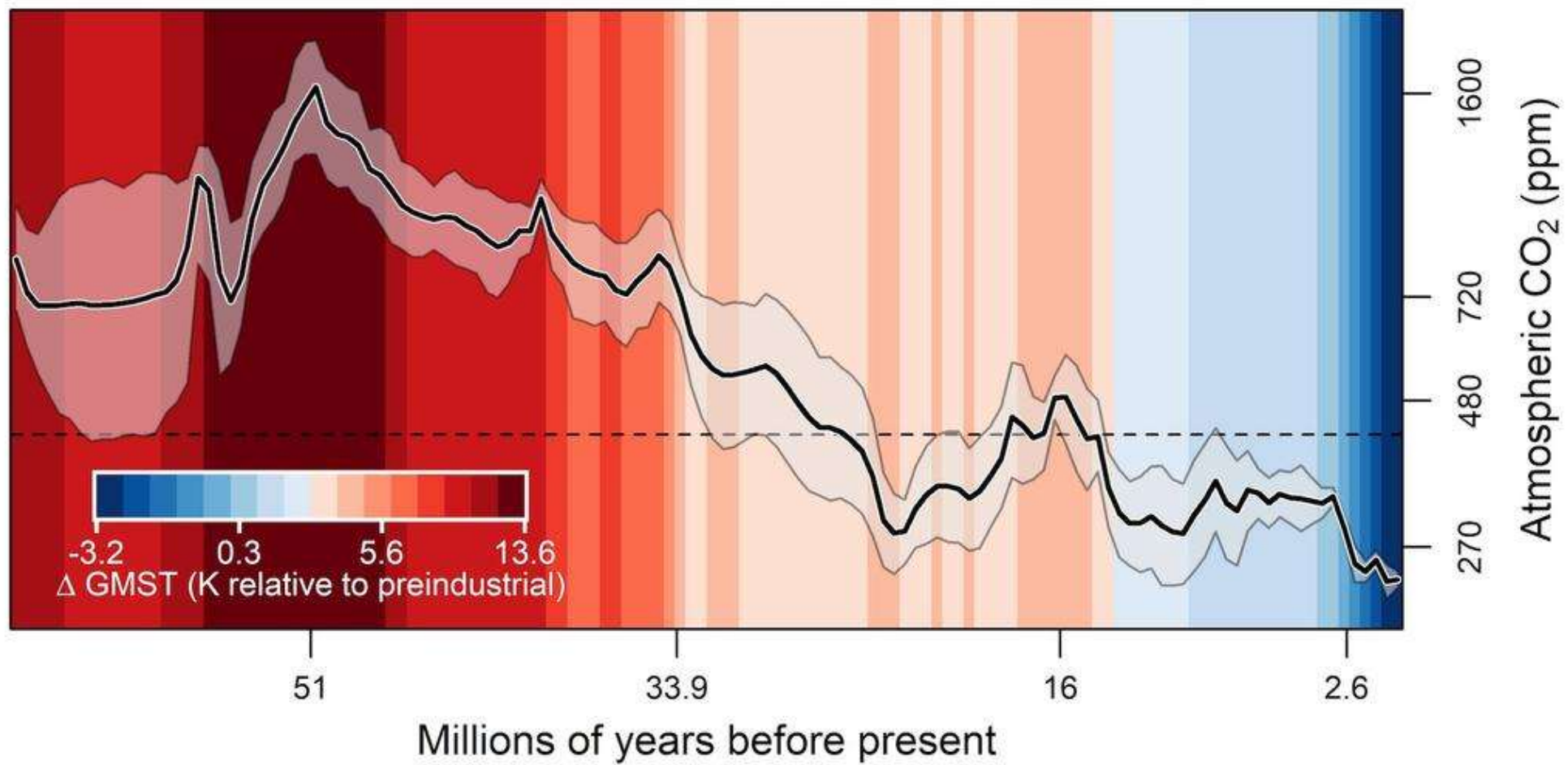
Rochechouart 210 Ma Ø 1Km cratère Ø 20km

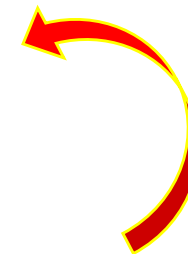
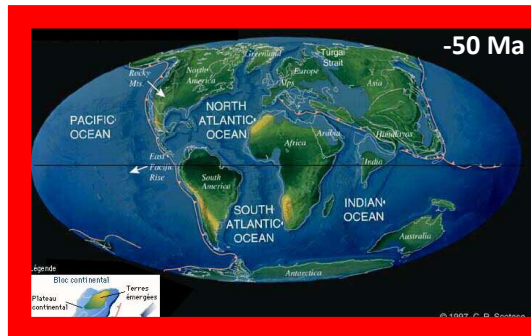
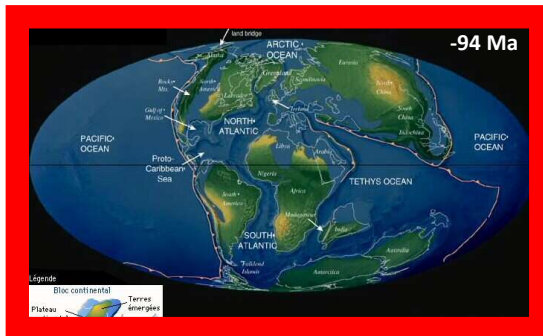
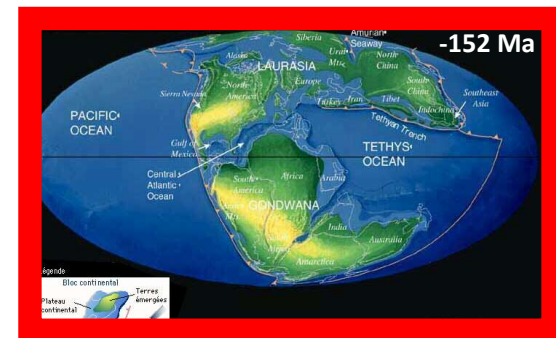
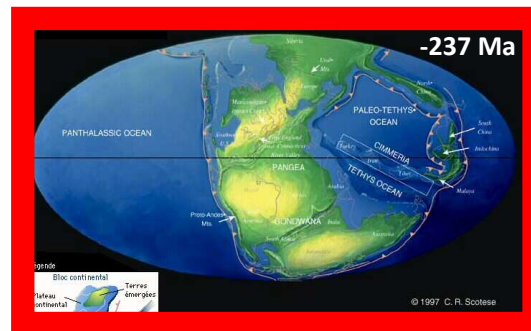
D'autres types de crises peuvent être envisagées :

- geologie
 - les inversions du champ magnétique
 - perte de protection contre le rayonnement cosmique
 - mutations génétiques
- astronomie
 - l'explosion d'étoiles proches
 - rayonnement γ
 - destruction de la couche d'ozone
 - radiations UV mortelles
 - le passage du système solaire dans le plan galactique
 - perturbations gravitationnelles et plus de poussières
- biologie
 - la prédation
 - la compétition
 - la disparition d'une ressource

Et après?

des chaleurs infernales





Le PETM
Paleocene Eocene Thermical
Maximum

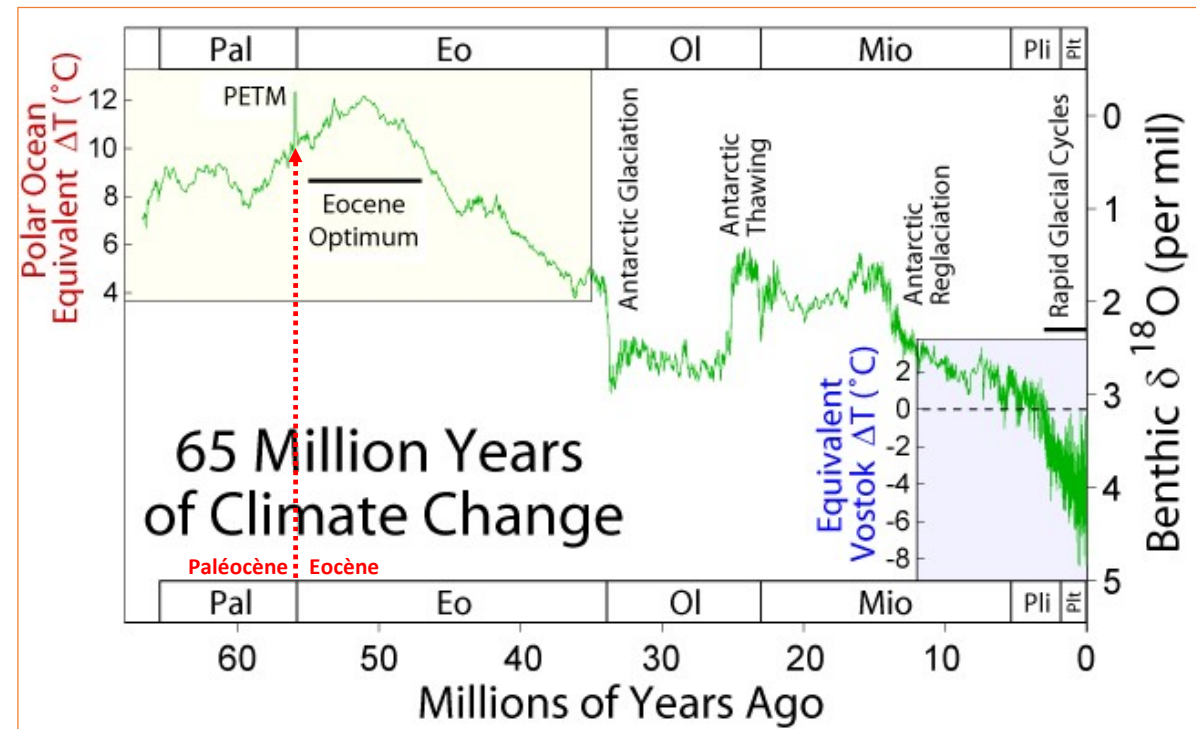
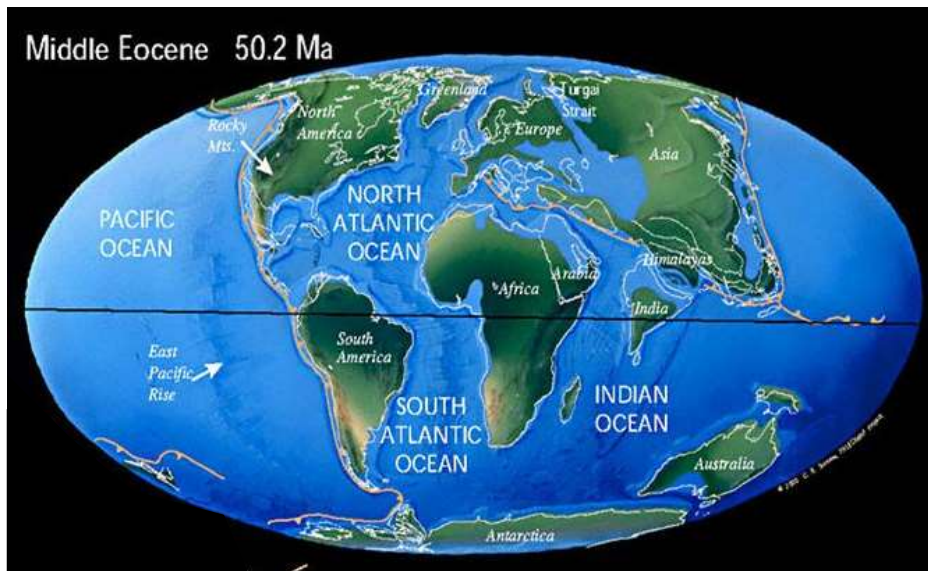
A partir de 56 millions d'années, la Terre a connu sa période la plus chaude:

température moyenne maximum = 32° (rappel: aujourd'hui 15°)

Cette période très chaude a duré 10 millions d'années (mais le pic n'a duré que 200 000 ans), avec des transitions longues.

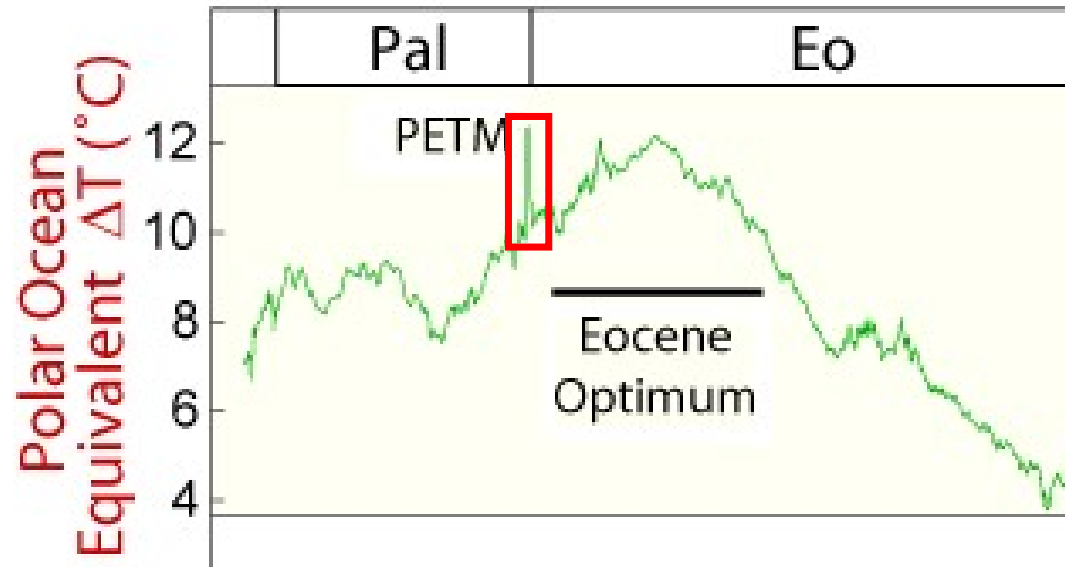
Il n'y a plus de glace polaire.

La vie s'est progressivement adaptée, a migré...



CO₂ ~1600 ppm (410 ppm actuellement).

PETM Maximum thermique Paléocène - Eocène



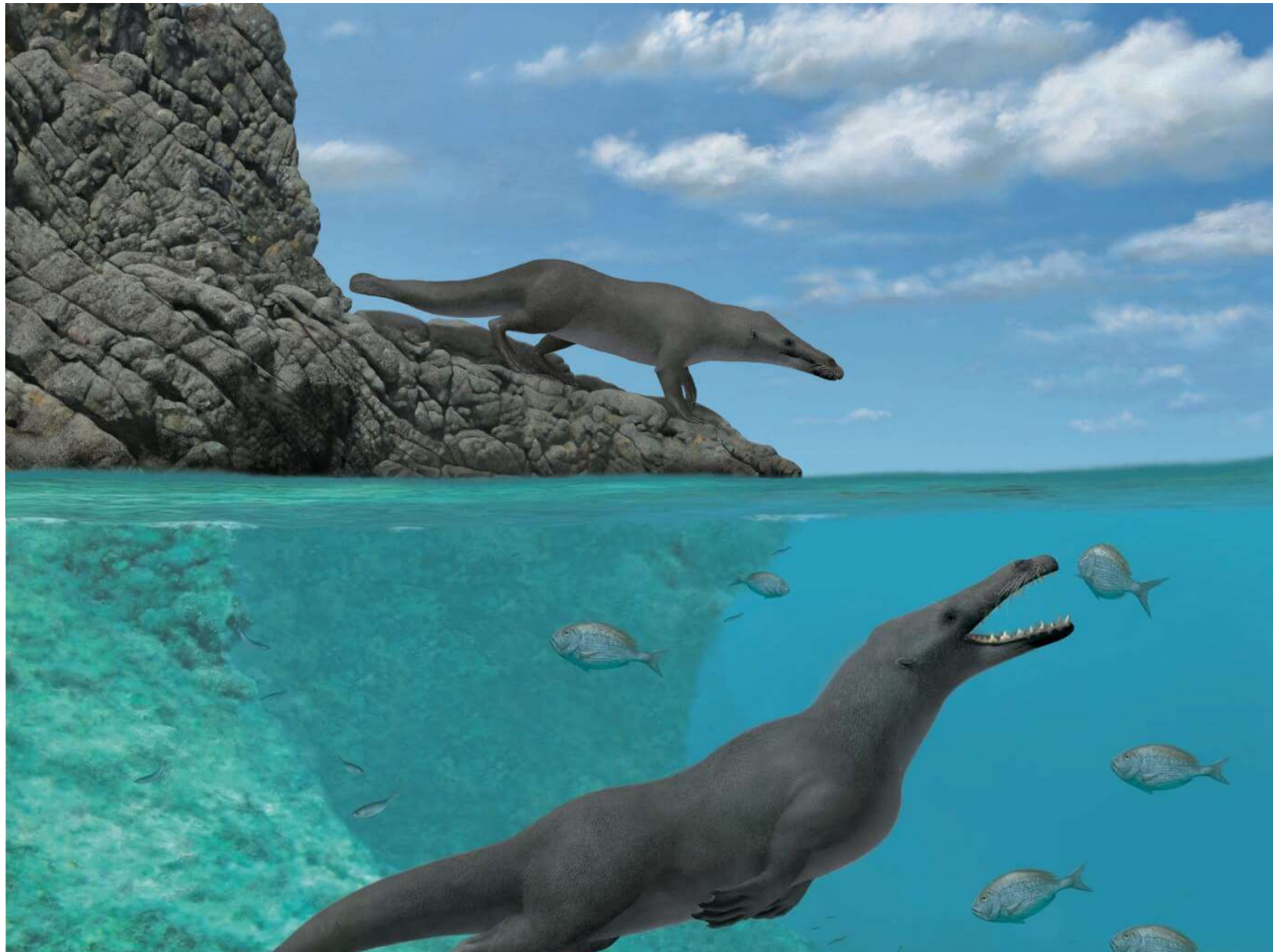
Perturbation des courants marins

- libération des hydrates de méthane stockés dans les sédiments des fonds marins
- émission de 1 Gt de carbone/an (aujourd'hui 10 x plus)
- température des fonds océaniques $> 12^{\circ}\text{C}$ ($3-4^{\circ}\text{C}$ actuel)
- température du fond de l'océan arctique 20°C
- température atmosphérique globale 32°C
- augmentation de 7°C en quelques milliers d'années ($1,5^{\circ}\text{C}$ en 150 ans pour le réchauffement actuel)

Au début du PETM: $\text{CO}_2 = 2 \times \text{actuel}$
 Au pic du PETM: $\text{CO}_2 \times 3$

← en quelques milliers d'années → 150 000 ans pour revenir à l'état antérieur

la communauté scientifique s'inquiète de la vitesse record à laquelle la planète se réchauffe actuellement : le relargage de CO_2 par l'humanité se fait à une cadence 4 à 10 fois plus élevé que celle du PETM, événement hyperthermal parmi les plus brutaux enregistrés dans notre passé géologique.





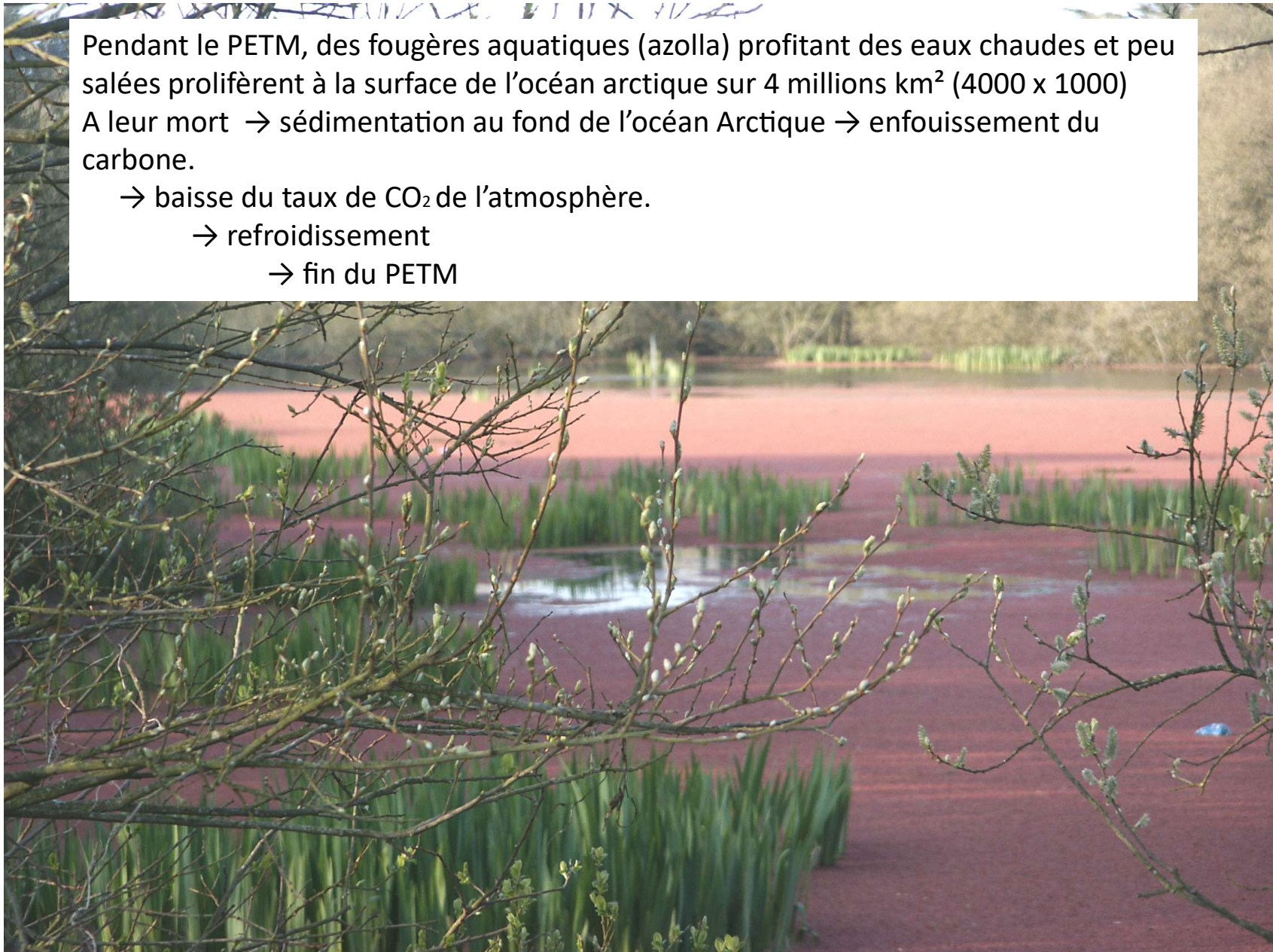


Pendant le PETM, des fougères aquatiques (azolla) profitant des eaux chaudes et peu salées prolifèrent à la surface de l'océan arctique sur 4 millions km² (4000 x 1000)
A leur mort → sédimentation au fond de l'océan Arctique → enfouissement du carbone.

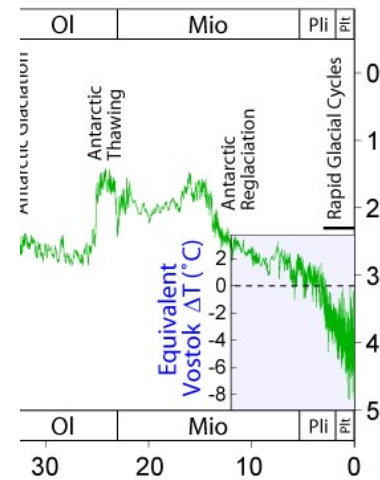
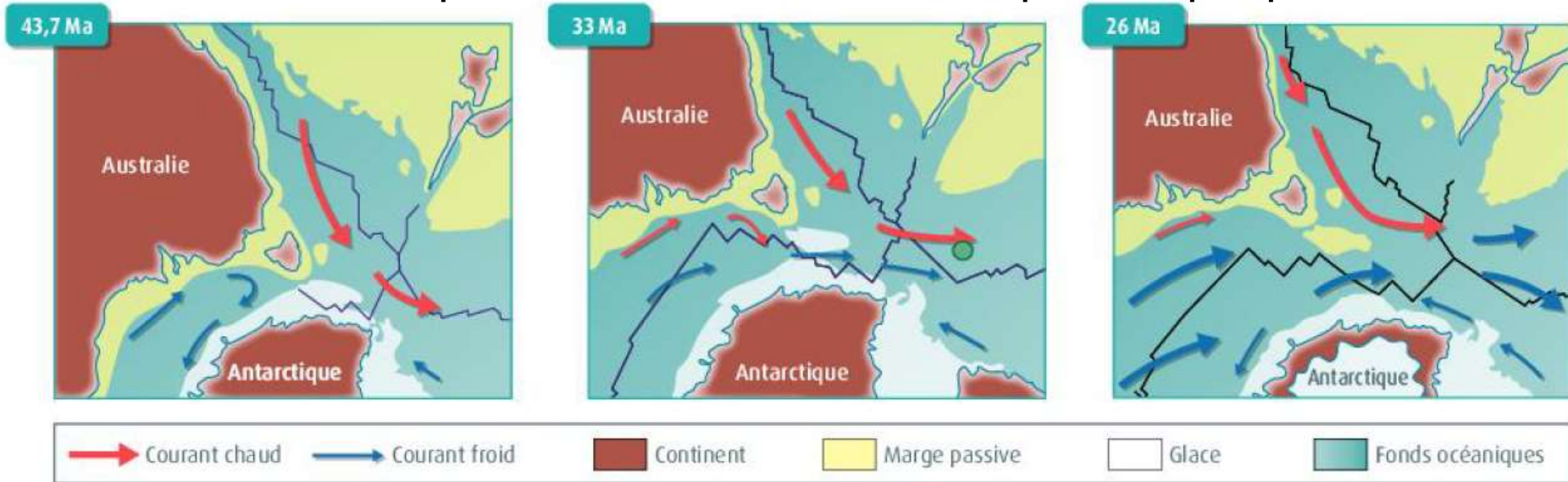
→ baisse du taux de CO₂ de l'atmosphère.

→ refroidissement

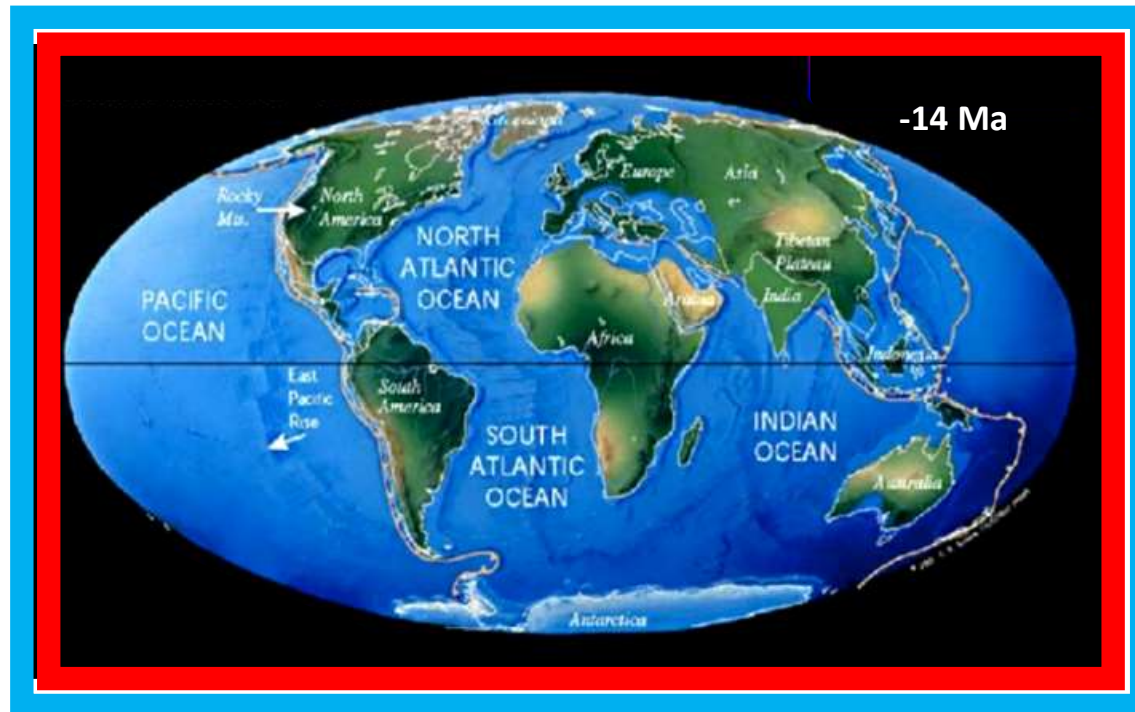
→ fin du PETM



L'englacement de l'Antarctique, conséquence directe de la tectonique des plaques



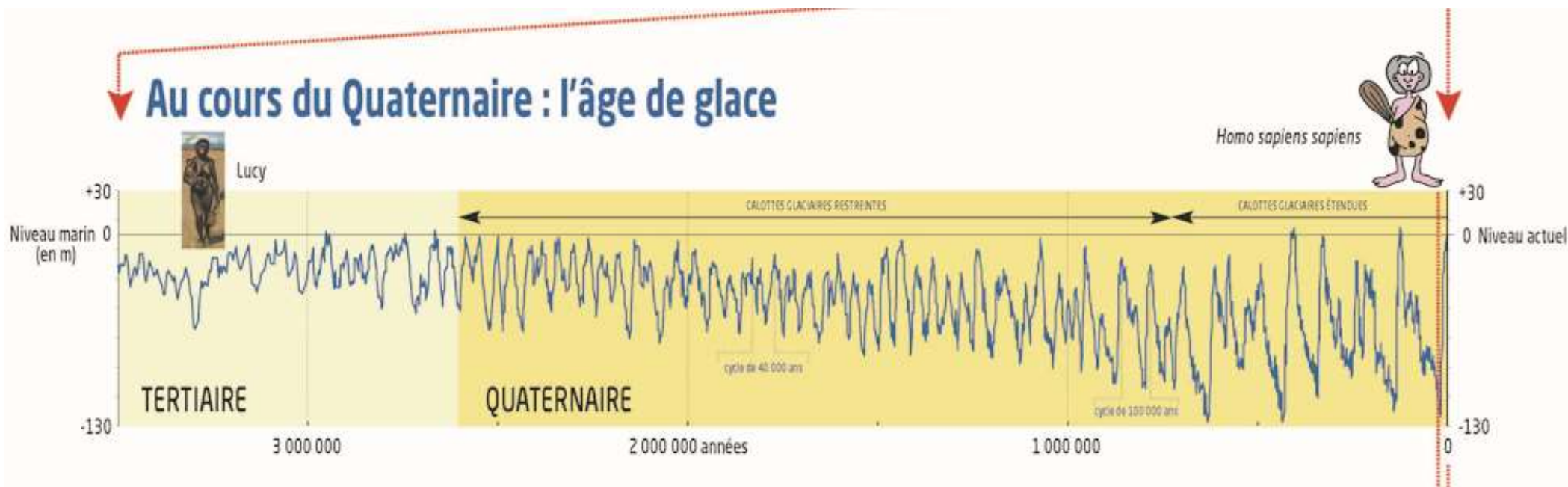
plus près de nous...



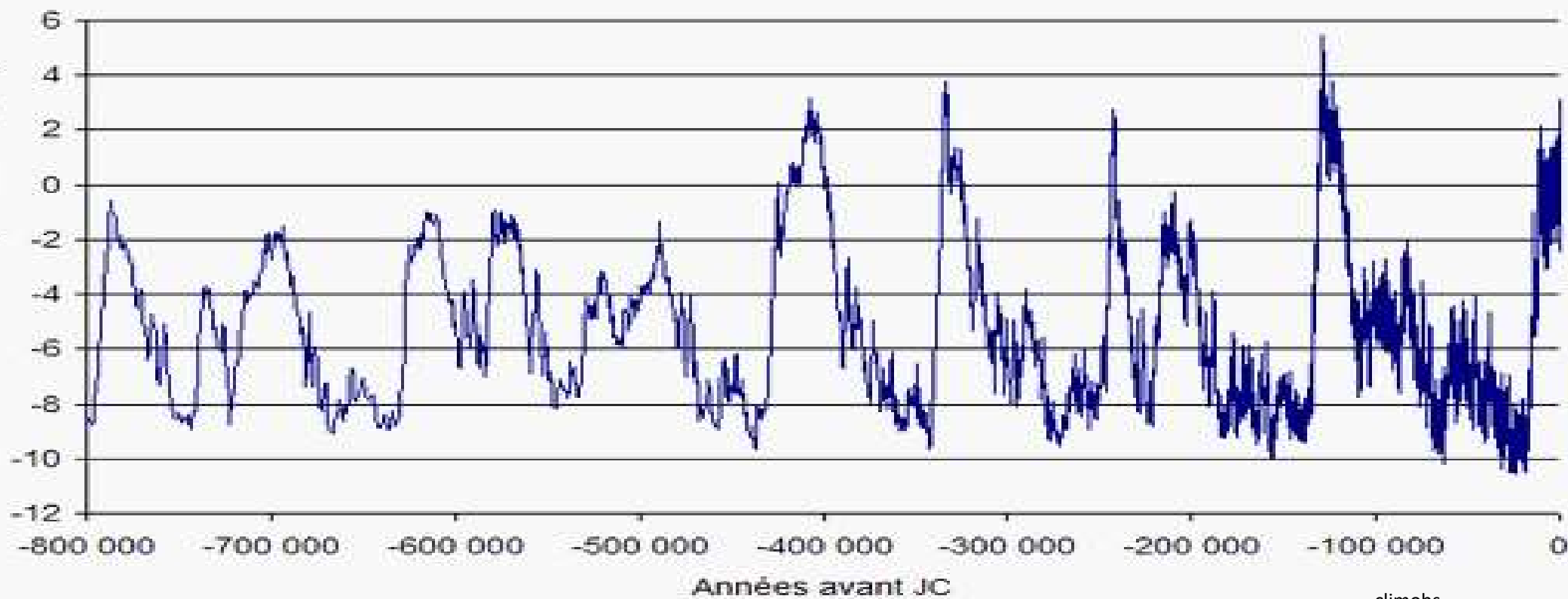
à l'échelle du million d'années

Les glaciations quaternaires...

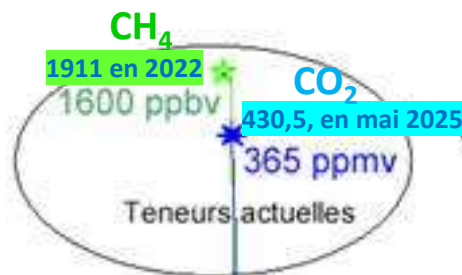
Au cours du Quaternaire : l'âge de glace



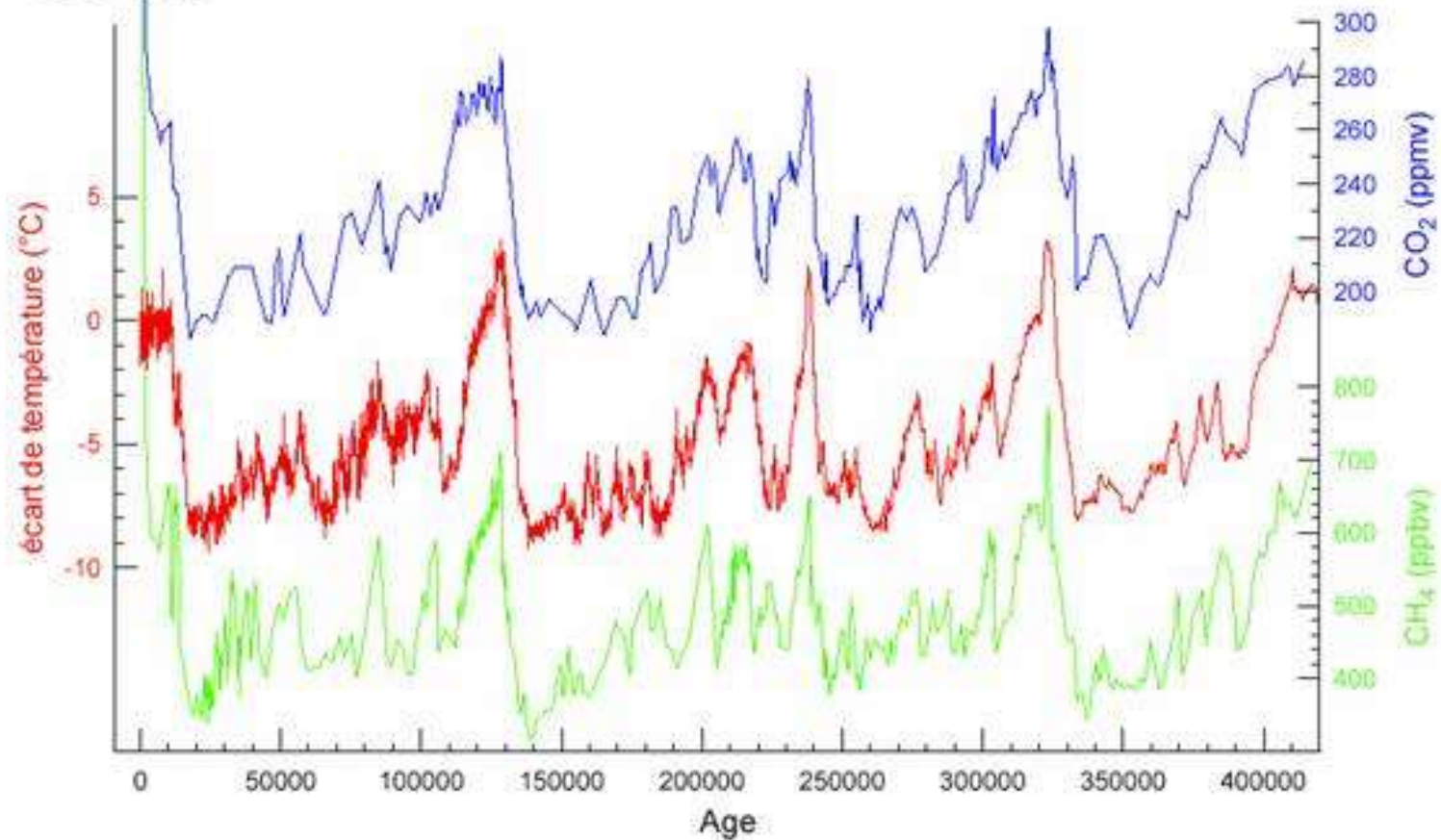
Différence de températures (°C)



climobs

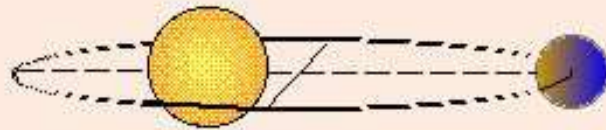


CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :
Climat et gaz à effet de serre au cours des 400.000 dernières années
L.G.G.E. / L.S.C.E. (d'après Petit et al., *Nature*, V. 399, Juin 1999).



L'astronomie à l'origine des glaciations

Variations de l'EXCENTRICITE de l'orbite terrestre



périodicités de 100 et 413 ka



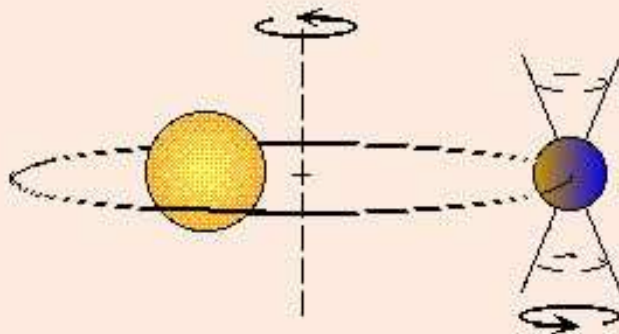
Variations de l'OBLIQUITE de l'axe de rotation



périodicité de 41 ka

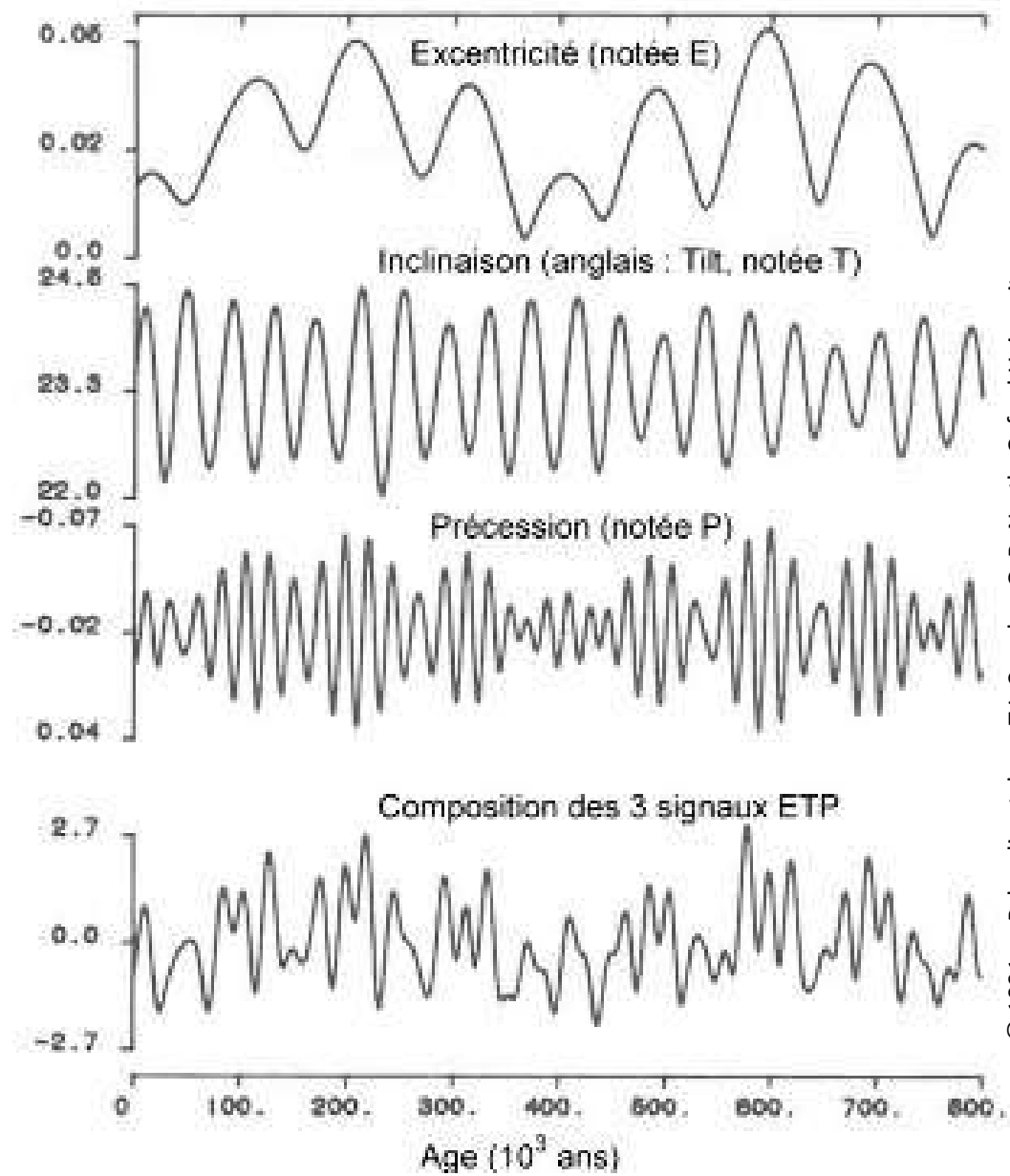


PRECESSION de l'axe de rotation et ROTATION de l'orbite terrestre

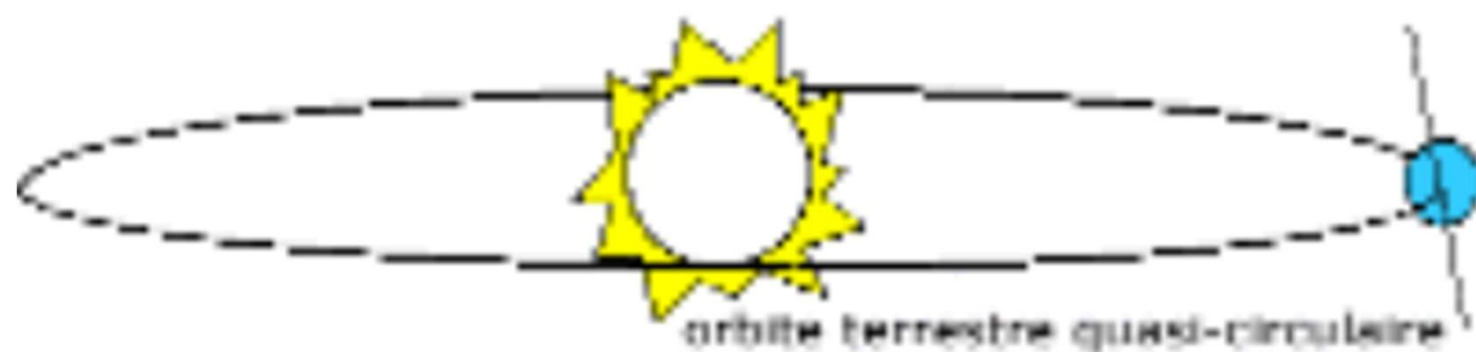


périodicités de 23 et 19 ka





Période glaciaire



Excentricité faible

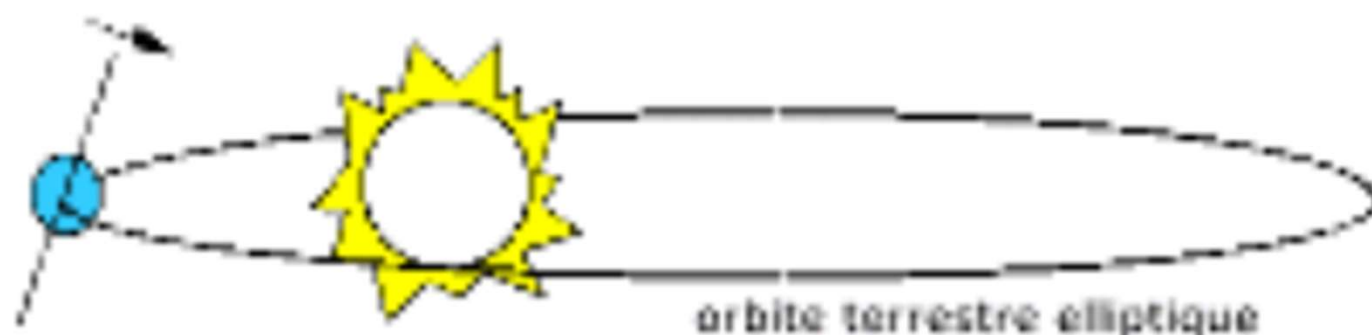
Inclinaison faible

Grande distance Terre-Soleil en été

--> configuration orbitale favorisant une glaciation

--> faible contraste entre les saisons

Période inter-glaciaire



Excentricité forte

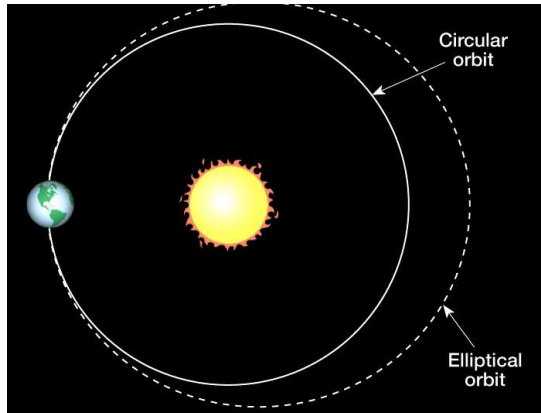
Inclinaison forte

Faible distance Terre-Soleil en été

--> configuration orbitale favorisant une déglaciation

--> saisons contrastées (étés plus chauds, hivers plus froids)

Un refroidissement lié à des variations de paramètres astronomiques

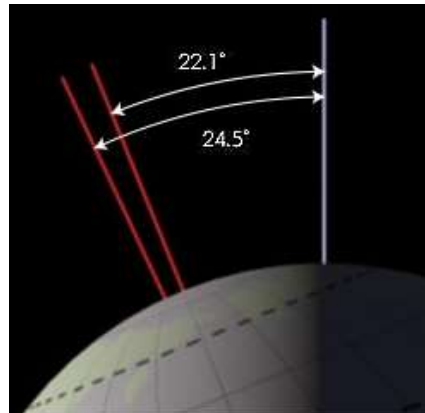


Excentricité:

période de 413 000 et 100 000 ans



plus l'excentricité est grande, plus les saisons sont contrastées (hiver rigoureux et été chaud)

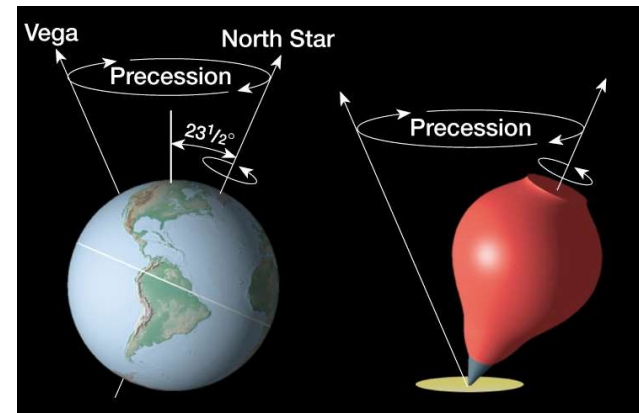


Inclinaison:

période de 41 000 ans



plus l'inclinaison augmente, plus les saisons sont contrastées aux hautes latitudes



Précession des équinoxes:

période de 23 000 ans



variation des contrastes saisonniers hivers chauds – étés froids (actuel)
Hivers froids étés chauds (- 11 000 ans)

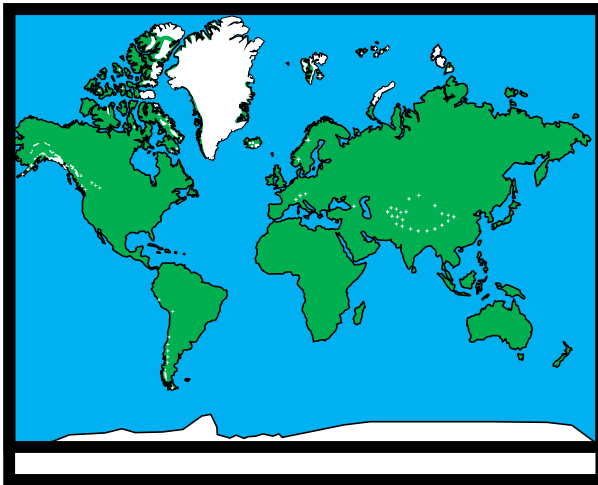
< 0,5 °C

La réponse de la Terre à l'astronomie

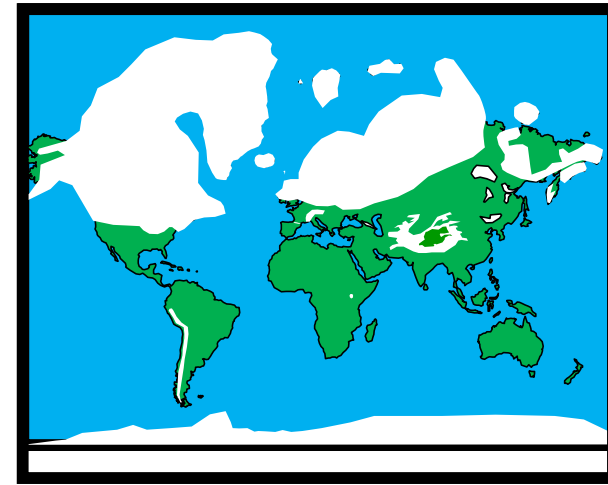
Refroidissement de 0,5°C quelques siècles avant la baisse du CO₂ et du CH₄

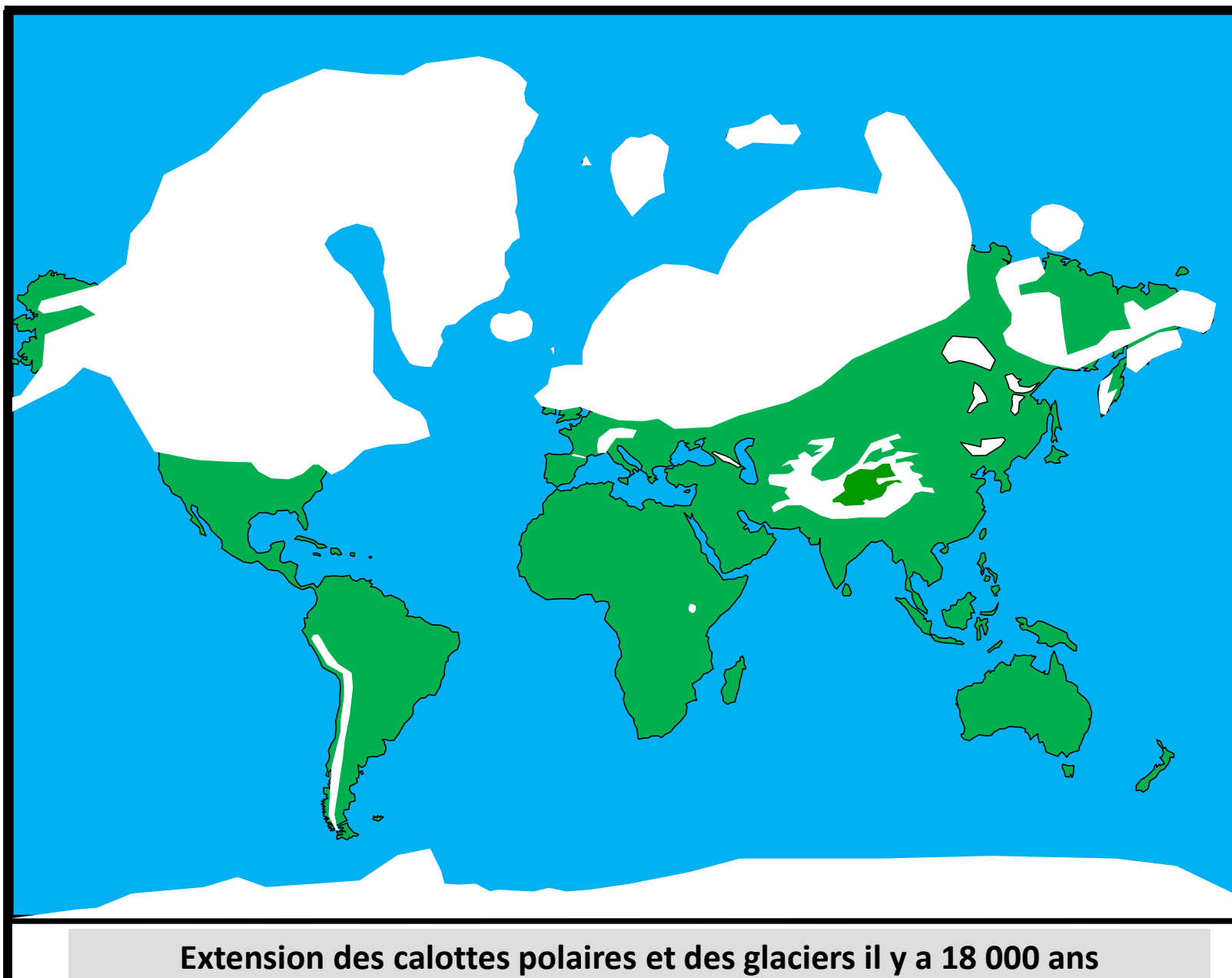
- CO₂ ↓ (océans dégazent moins) → refroidissement
- CH₄ ↓ (marais gelés) → le refroidissement s'accroît
- décomposition du sol ↓ → moins de CO₂
- albedo ↑ → accentue le refroidissement
- productivité océanique ↓ → accentue le refroidissement

= effet « boule de neige »



**- 6°C à l'échelle
globale**



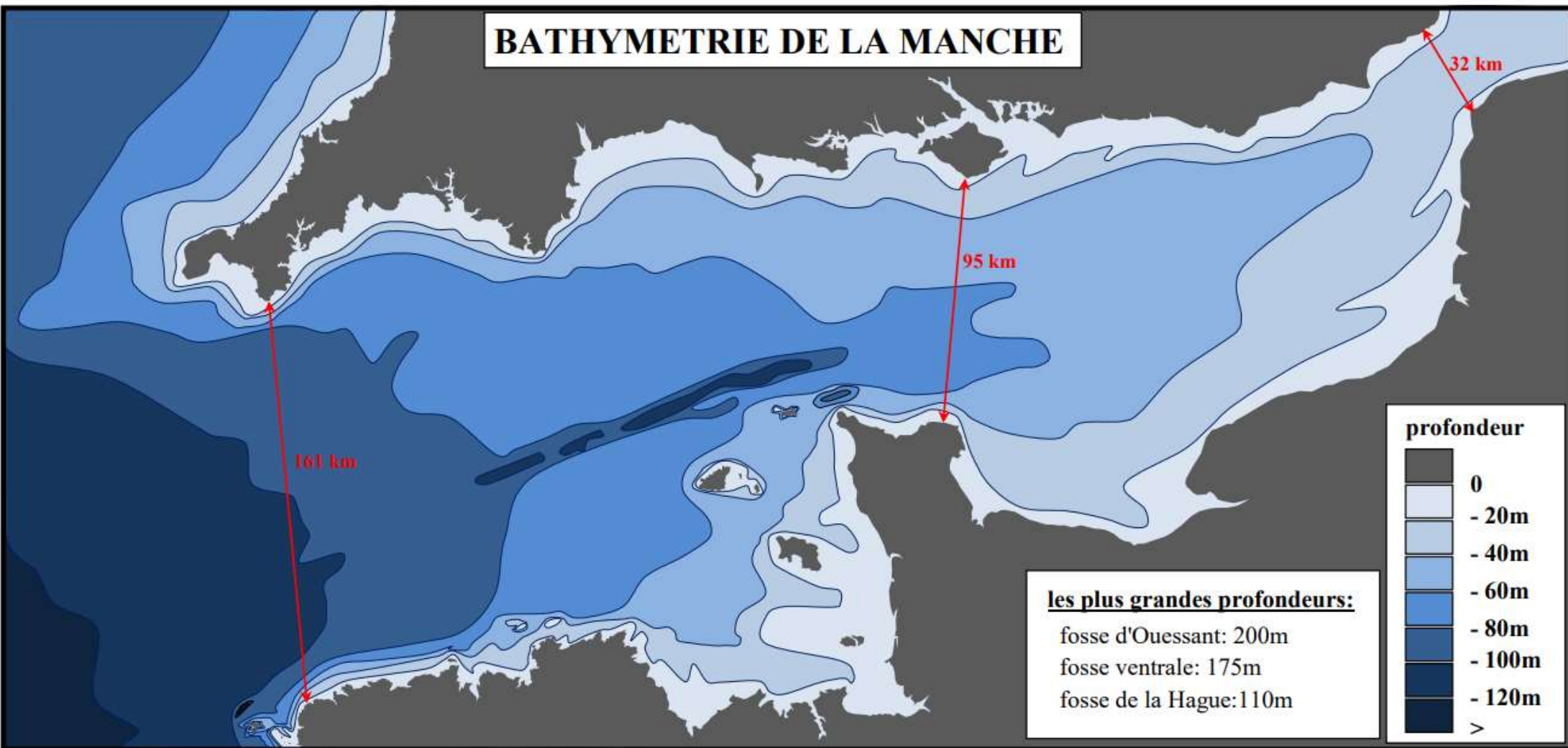


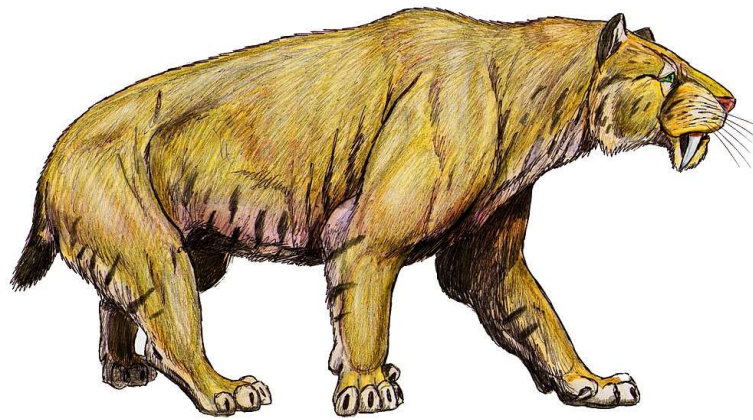


C. Pomerol et al., 2000

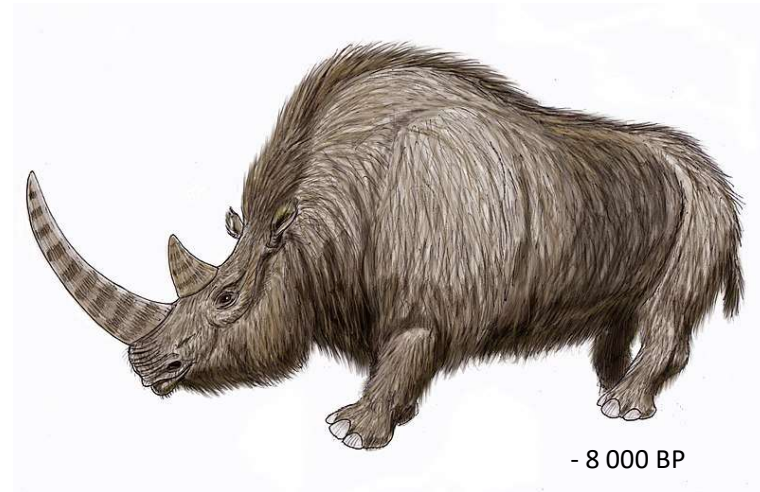
Extension des inlandsis et de la banquise dans l'hémisphère Nord lors du dernier maximum glaciaire

BATHYMETRIE DE LA MANCHE





- 12 000 BP



- 8 000 BP



-13500 BP

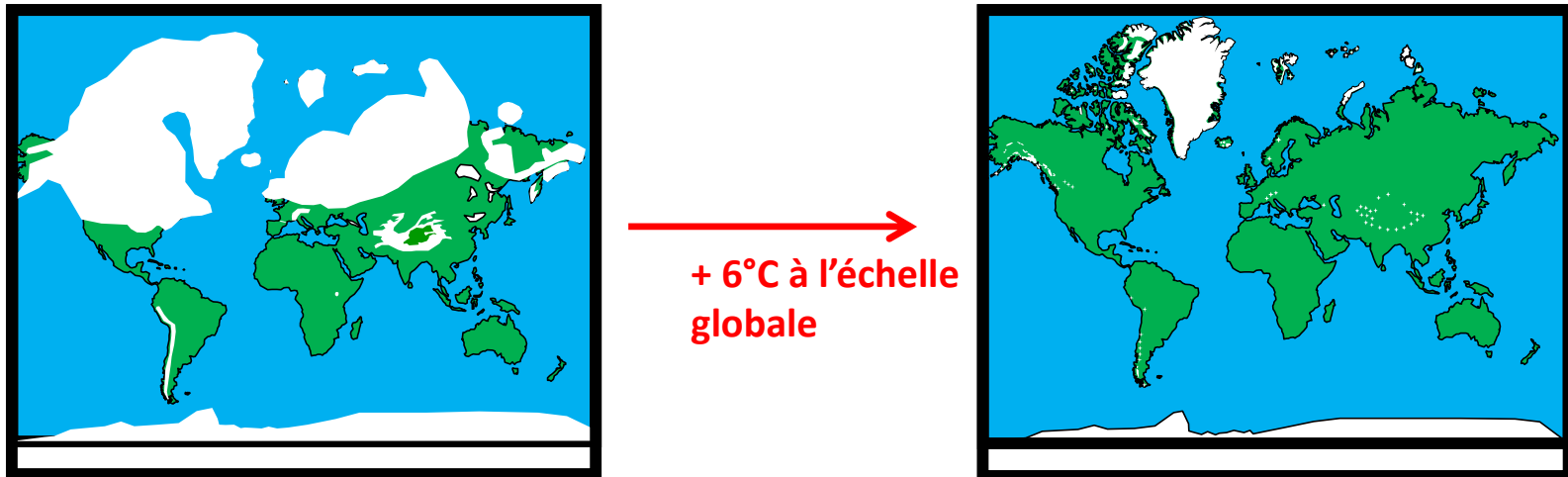


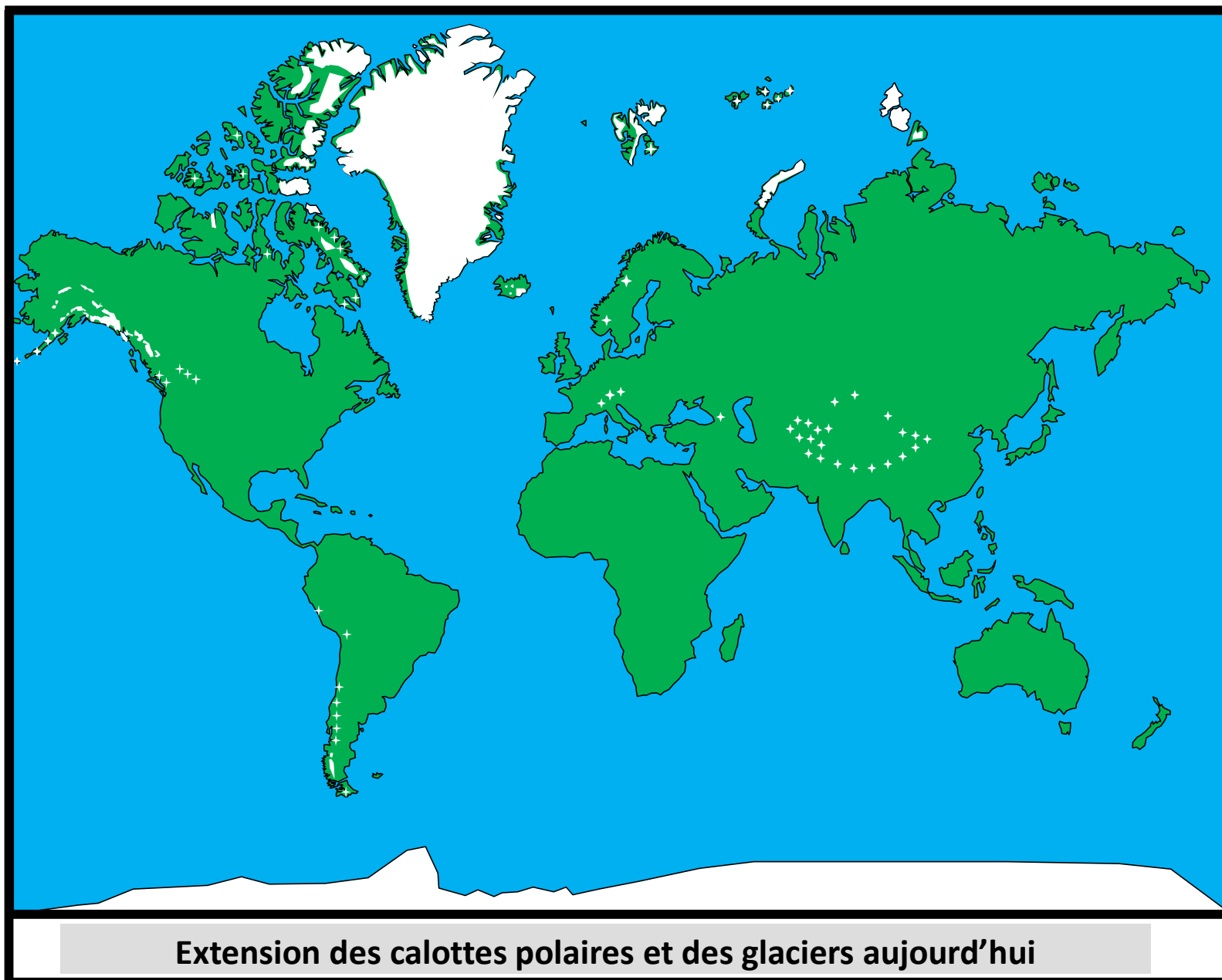
-4000 BP

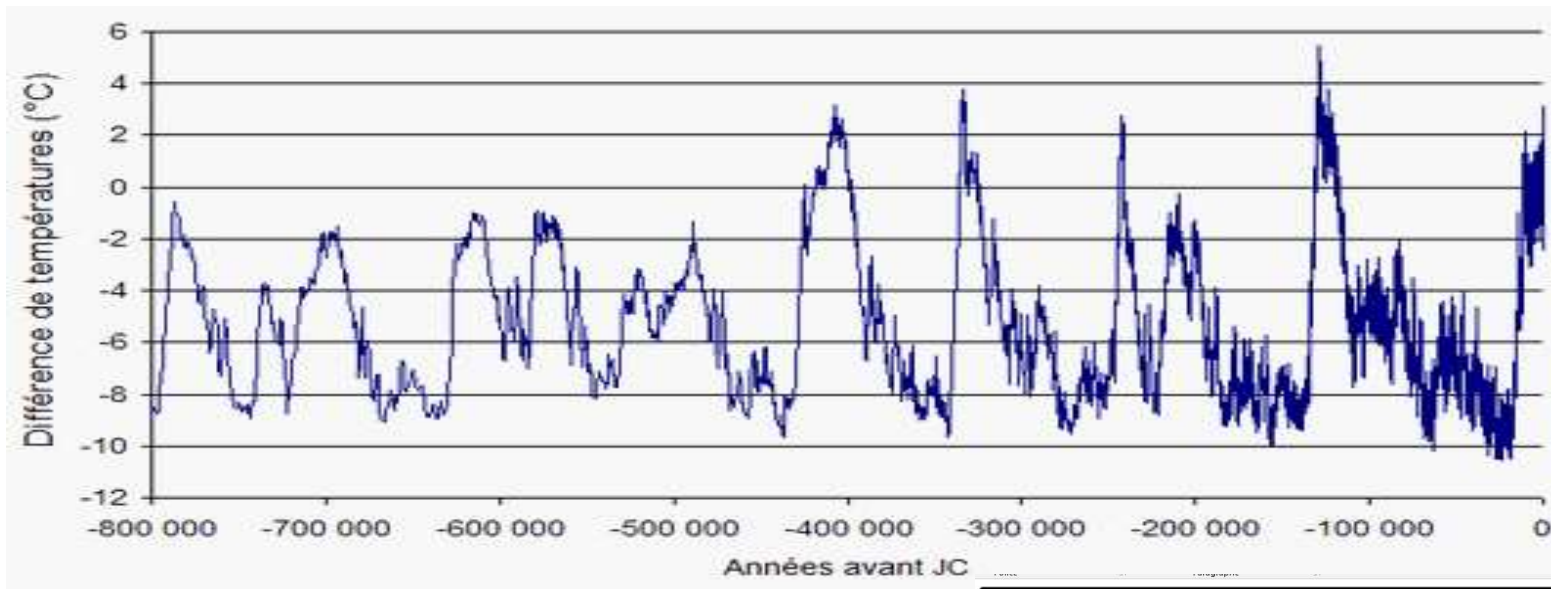


- $\text{CO}_2 \uparrow$ (océans dégazent plus) → réchauffement
- $\text{CH}_4 \uparrow$ (marais dégèlent) → le réchauffement s'accroît
- albedo \downarrow → accentue le réchauffement
- productivité océanique \uparrow → accentue le réchauffement

= effet « boule de neige »







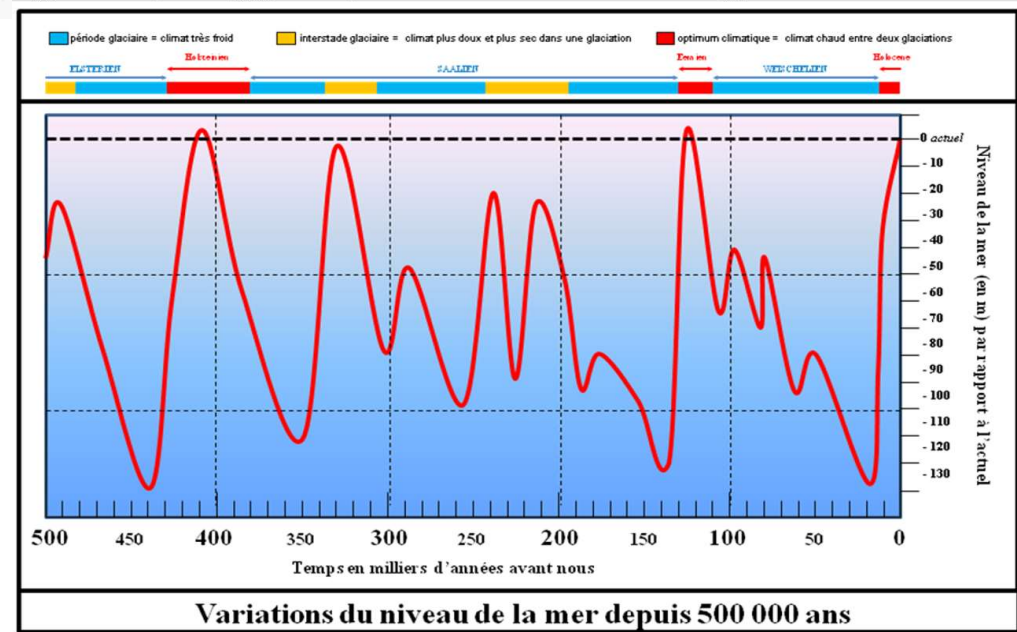
Cabanas et al in
Science

↓

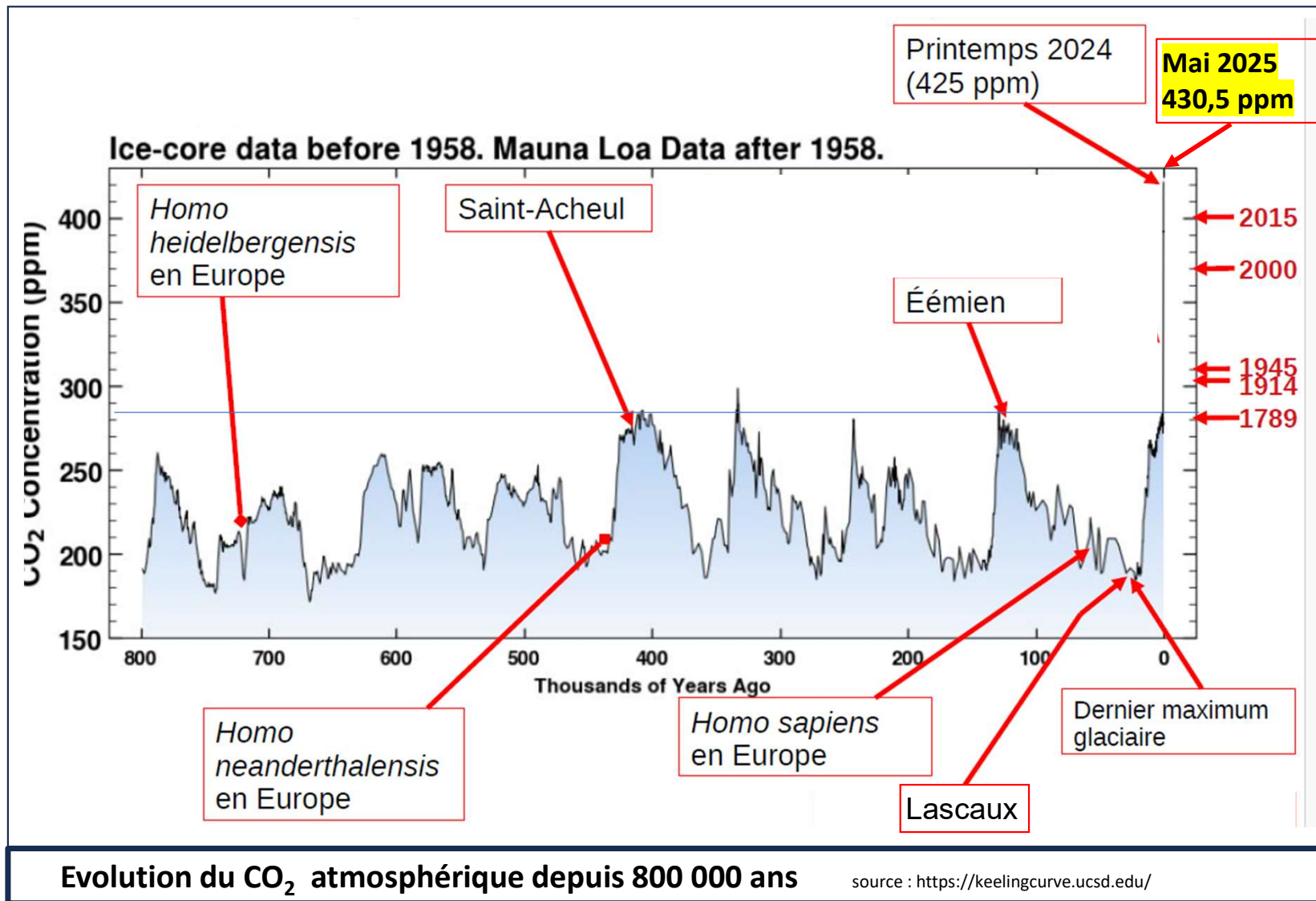
variations climatiques quaternaires

↓

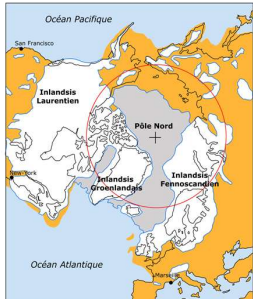
variations du niveau de la mer







Fonte des glaces continentales

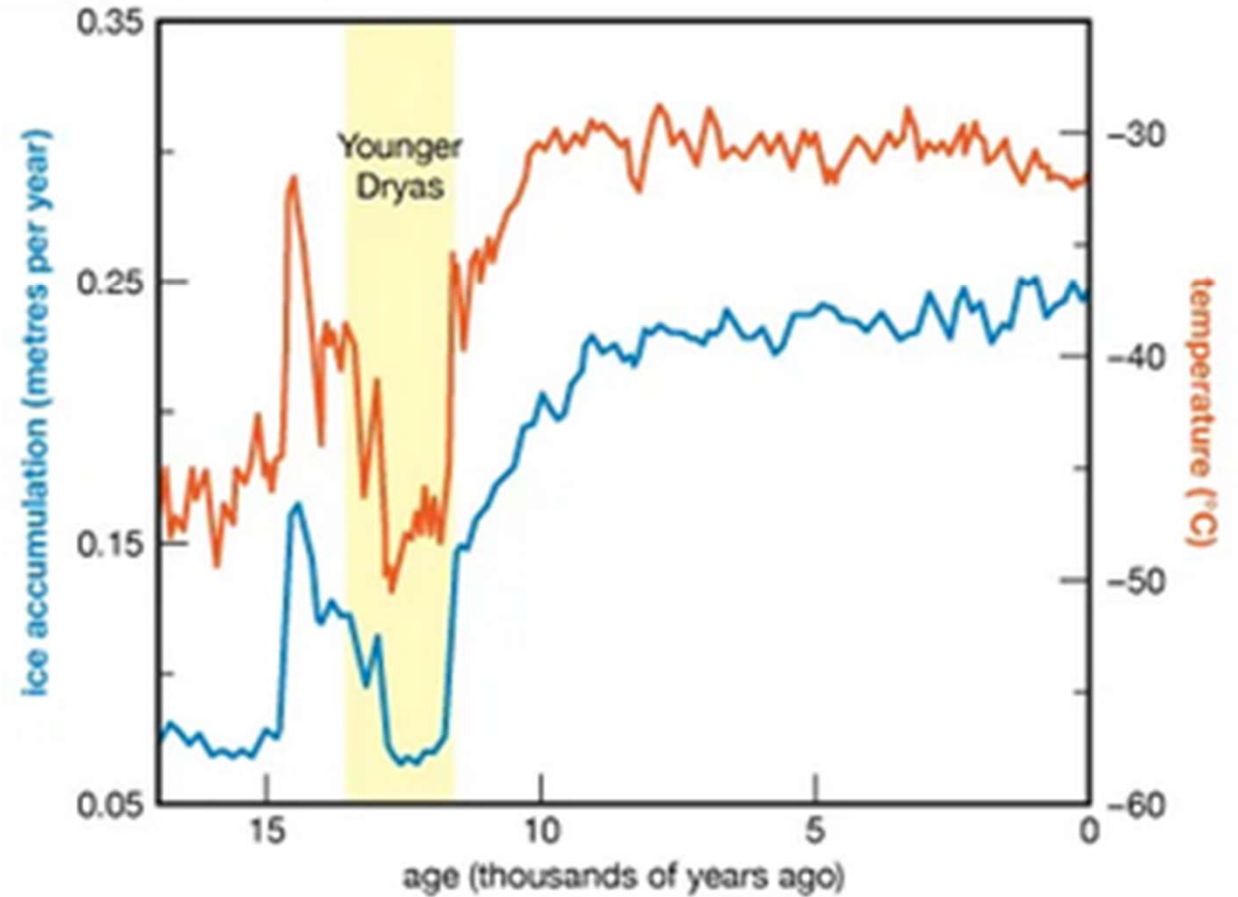


Arrêt de la circulation thermohaline

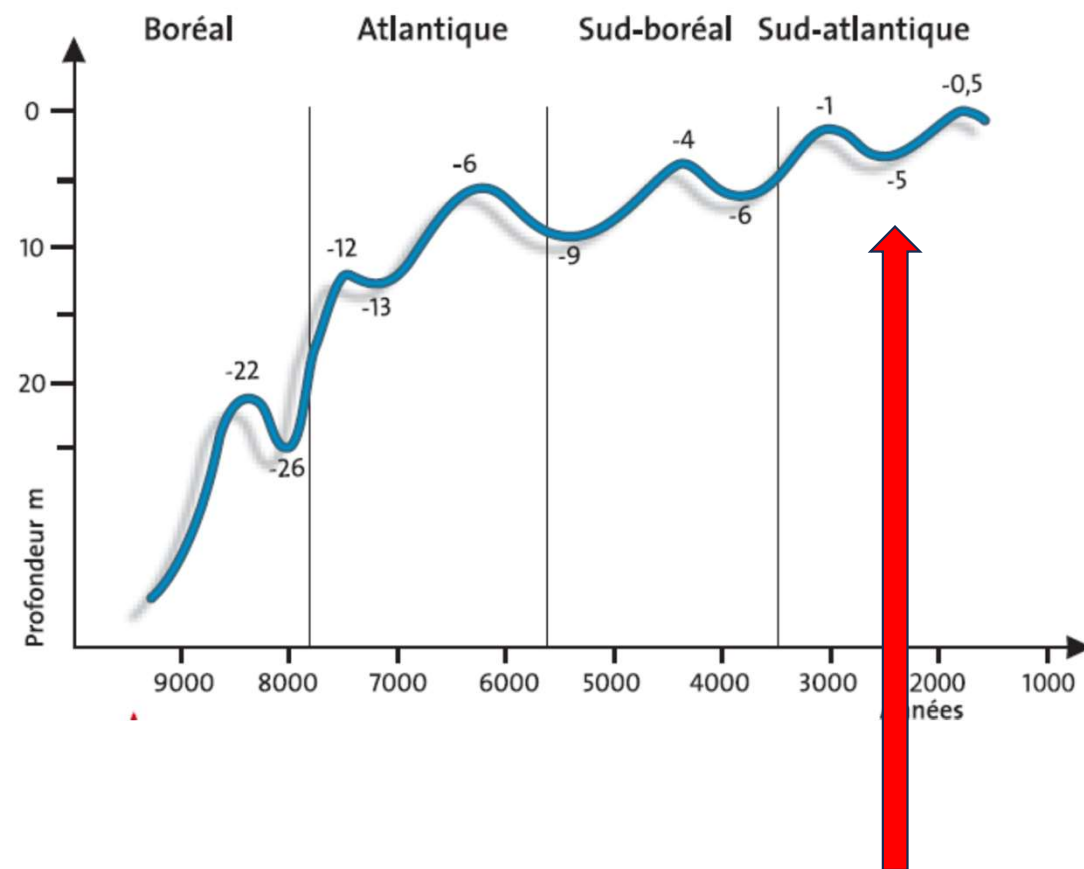
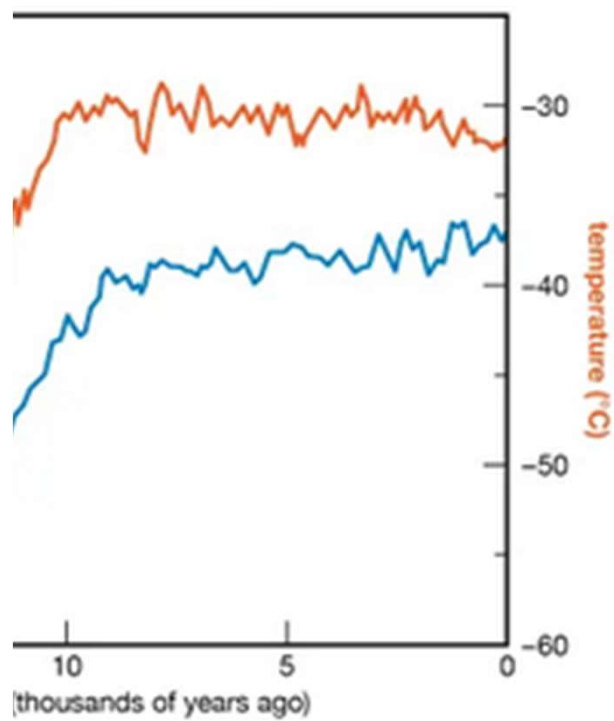


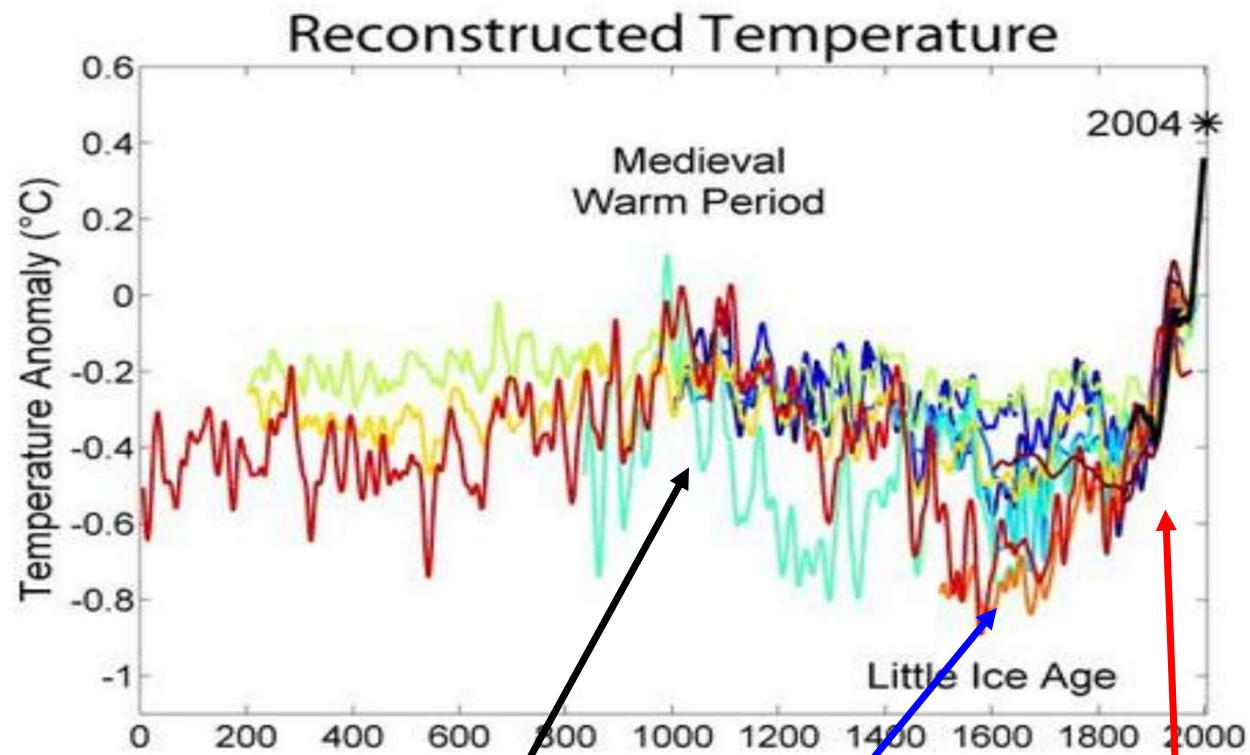
Refroidissement local

The Younger Dryas in central Greenland



Sources: Lamont-Doherty Earth Observatory at the Earth Institute of Columbia University; and National Research Council, Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises (2002).





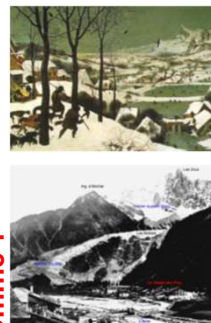
Optimum médiéval

Forte activité solaire
Défrichements?



Petit âge glaciaire

Baisse activité solaire
Eruptions volcaniques
Ralentissement de l'AMOC
Homme ?



Réchauffement actuel

Homme



Le réchauffement actuel

météorologie

Science qui étudie les phénomènes affectant la partie la plus basse de l'atmosphère terrestre

Larousse

Étude scientifique des phénomènes atmosphériques

Robert

Science ayant pour objet l'étude des phénomènes atmosphériques et la prévision du temps

*

Langue française

Prévision du temps local à court terme

climatologie

Science qui étudie les climats.

Larousse

Étude des phénomènes climatiques et météorologiques dans les différentes parties du globe.

Robert

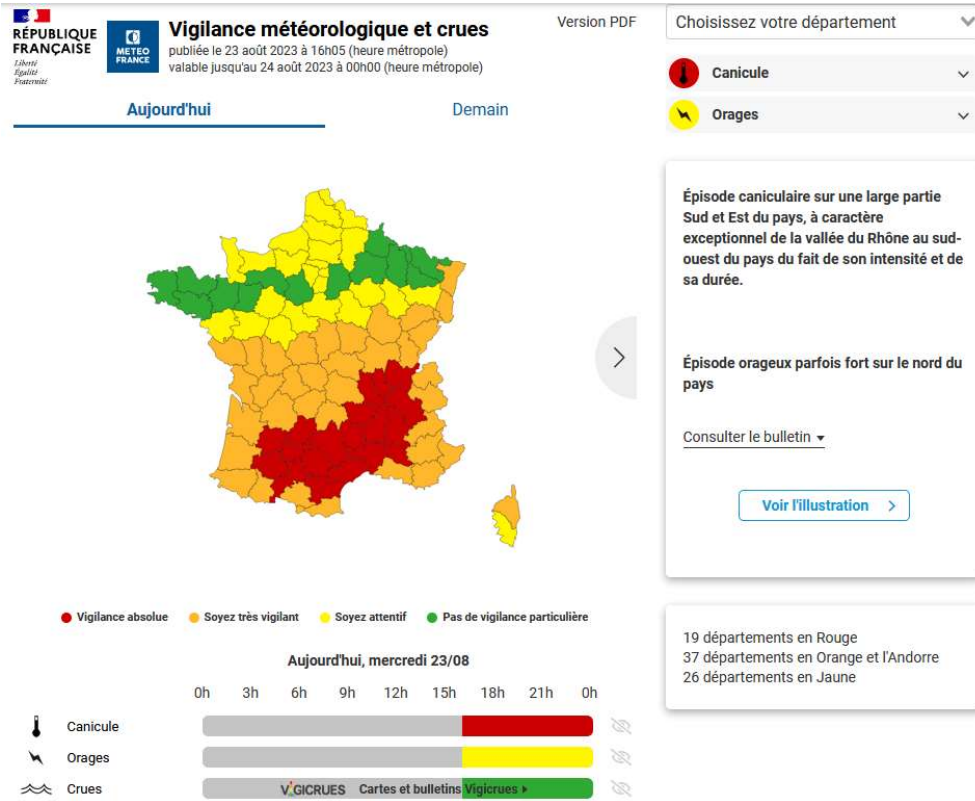
Etude statistique de longues séries de mesures du temps (température, vent, précipitation, nébulosité...) pour en définir les caractéristiques et en apprécier des variations et des tendances dans l'avenir.

météorologie

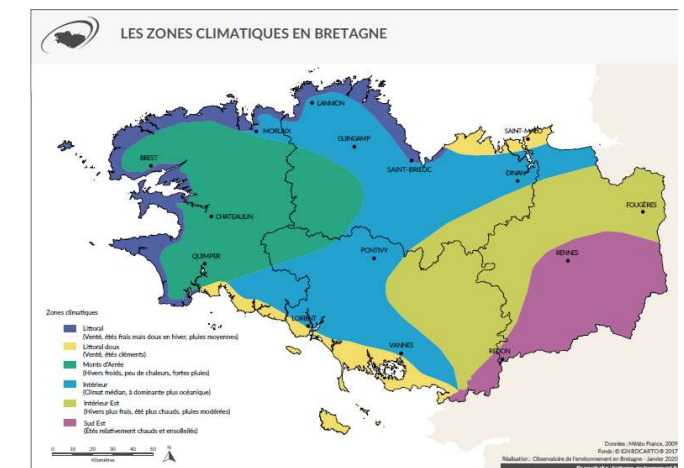
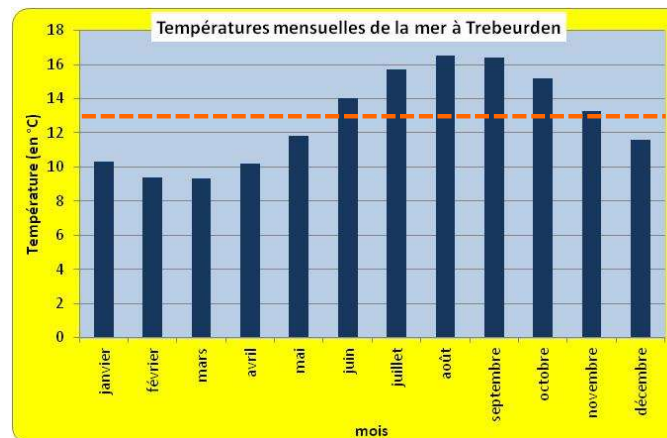
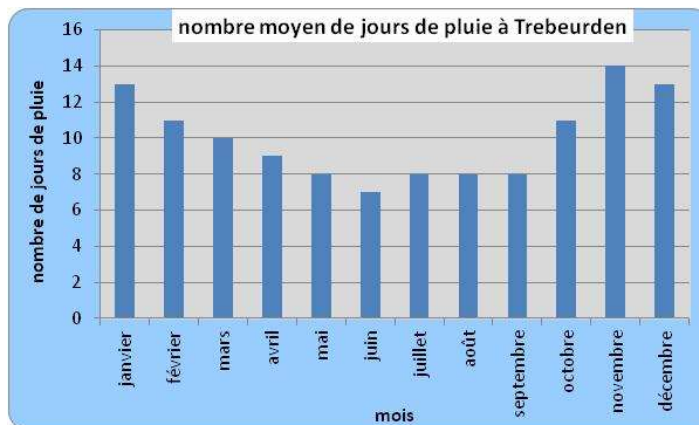
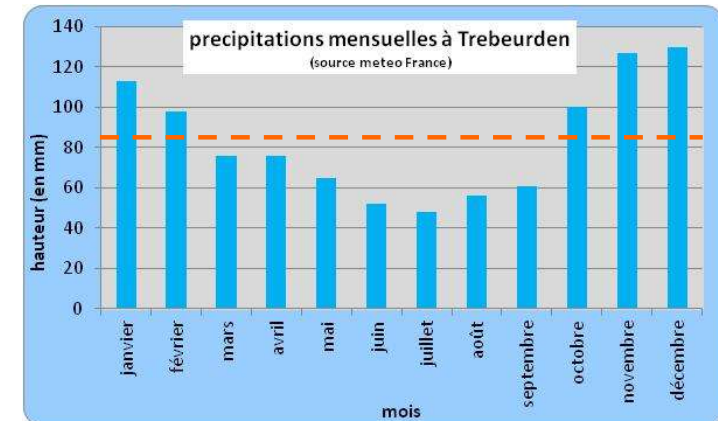
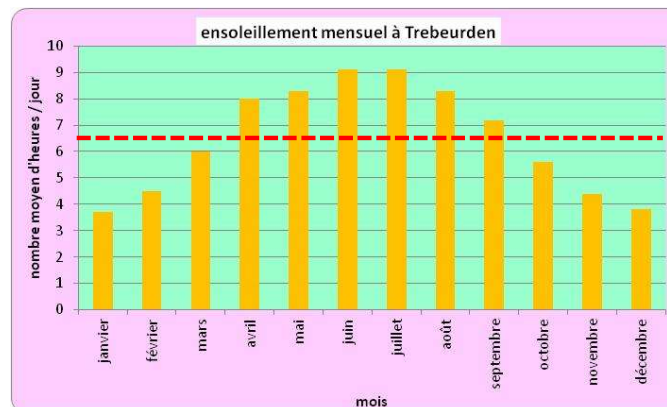
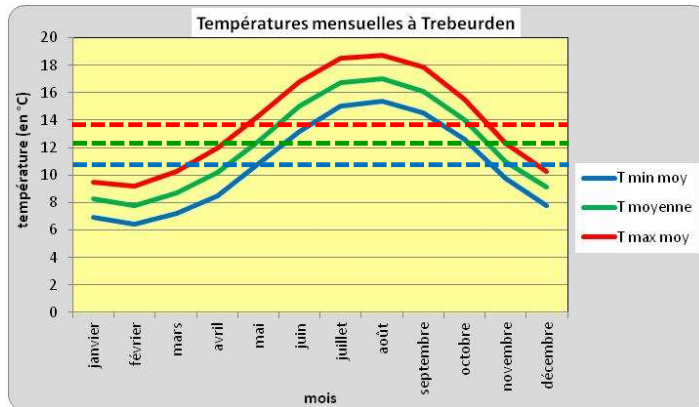
Prévisions Météo Port Trébeurden

Tableau des prévisions

		Dim. 13 Lun. 14								Mar. 15					Mer. 16	
		23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	08h	14h	20h	02h	08h
Meteo																
Température		18°	17°	17°	17°	19°	20°	18°	17°	15°	15°	14°	18°	18°	15°	11°
Précipitations (mm/3h)		0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vent à 10m																
Direction																
Vitesse nœuds	<input type="checkbox"/>	10	12	13	16	16	10	7	9	10	11	9	6	4	5	8
Echelle Beaufort	<input type="checkbox"/>	3	4	4	5	5	3	2	3	3	4	3	2	1	2	4
Rafale nœuds		0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mer totale		mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer peu agitée	mer belle	mer belle
État de la mer																
Hauteur significative (m)		0.9	0.8	0.9	1	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0
Hauteur max. sur 6h (m)		1.6	1.5	1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1	0.9	0.8	0.8	0
Mer du vent		0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0	0	0	0
Hauteur significative																
Houle																
Direction																
Hauteur significative		0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0
Période(s)		8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	5	6	6	6



climatologie



quelques faits du climat actuel

Evolution des hivers parisiens

MOYENNES en HIVER	1931-1960	1961-1990	1991-2020
T °C	4	4,8	5,7
Nombre de jours de gel	32,3	23,3	17,9
Nombre de jours sans dégel	7,6	5,4	2,3
Nombre de jours avec neige	13	11,6	7,1

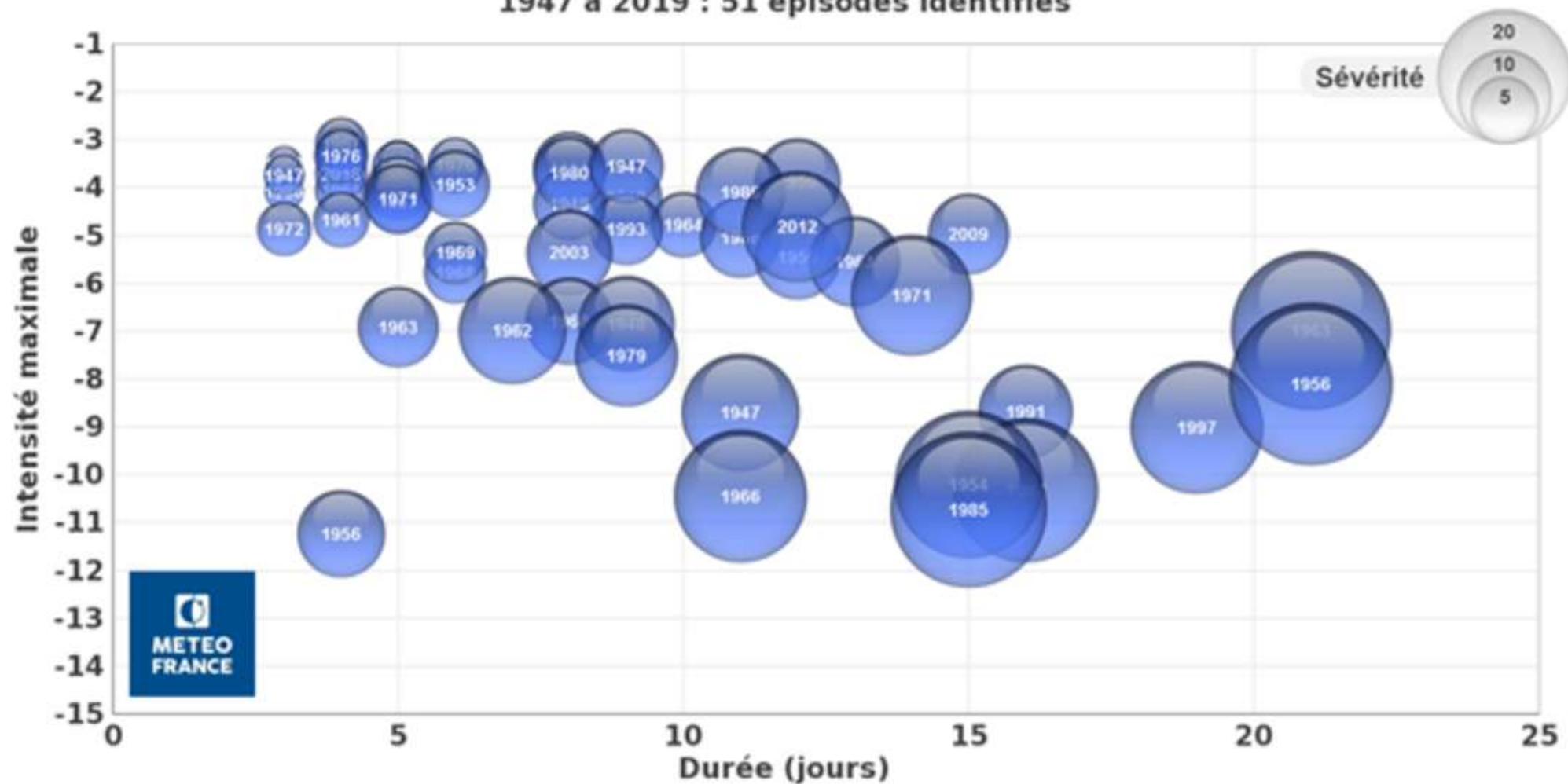
Vagues de chaleur observées sur le département 75

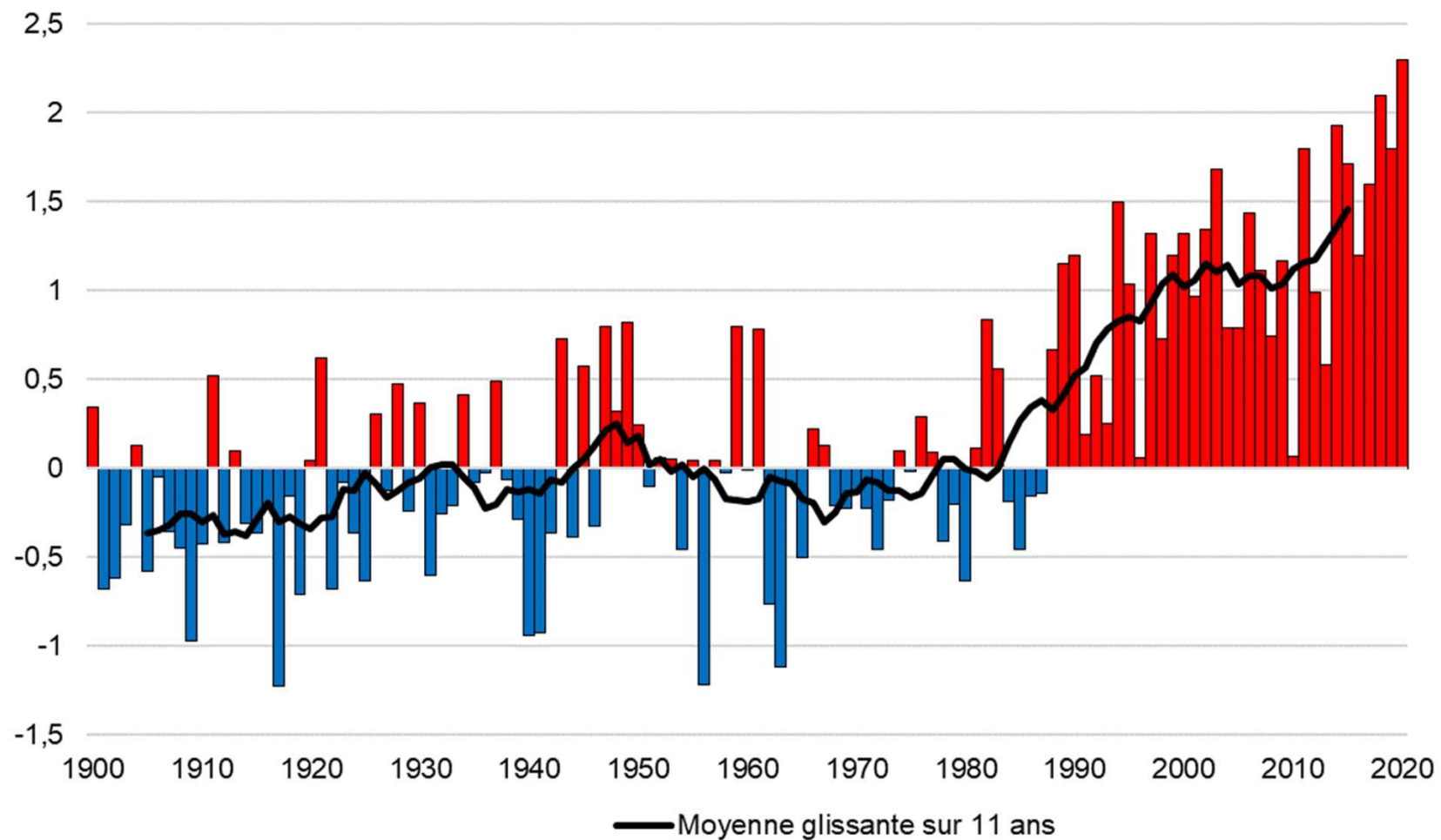
de 1947 à 2022 : **48** épisodes identifiés



Vagues de froid observées sur le département 75

1947 à 2019 : 51 épisodes identifiés

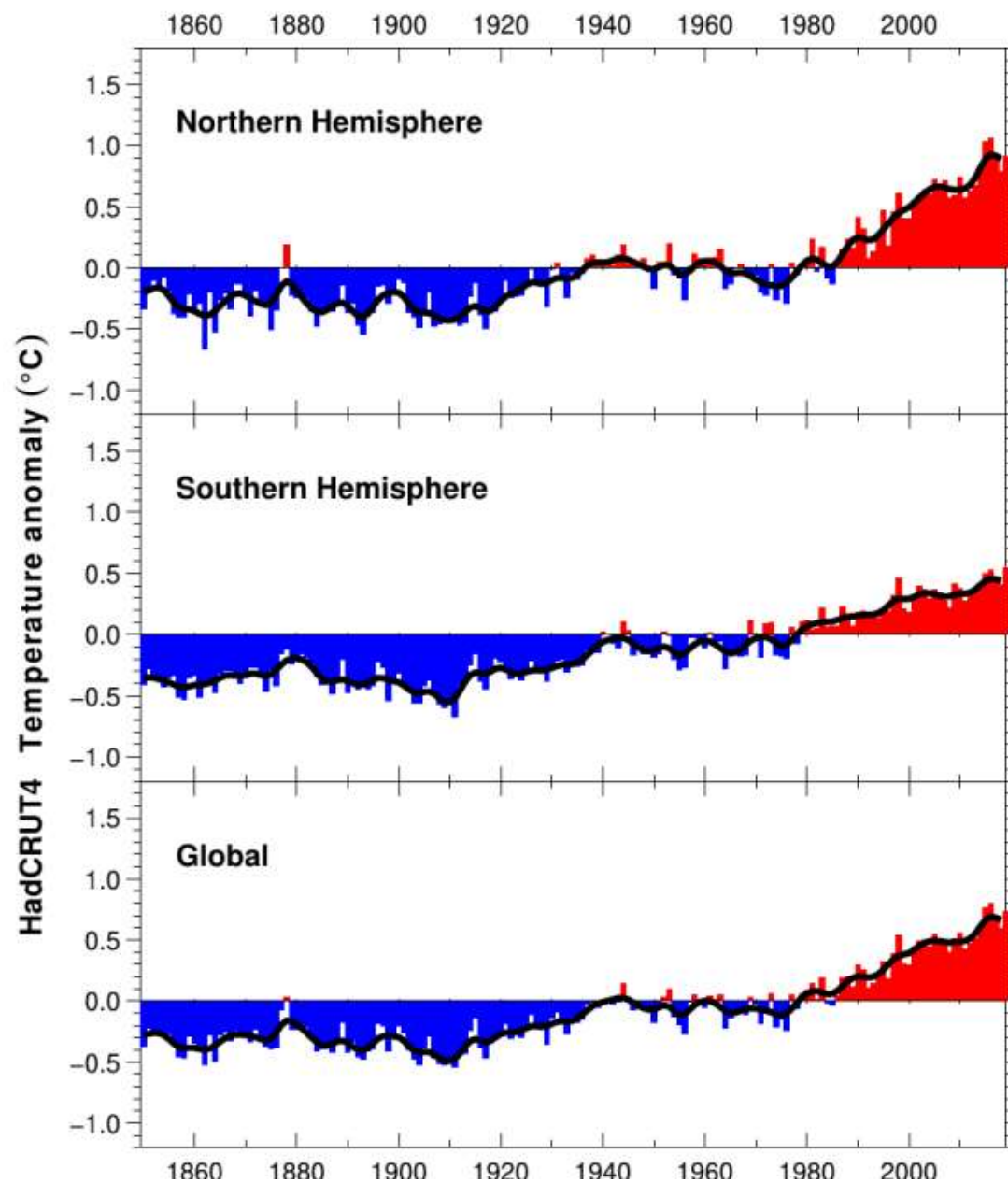




Écart à la normale des températures moyennes annuelles, en France métropolitaine en °C

*normale = moyenne 1961-1990.

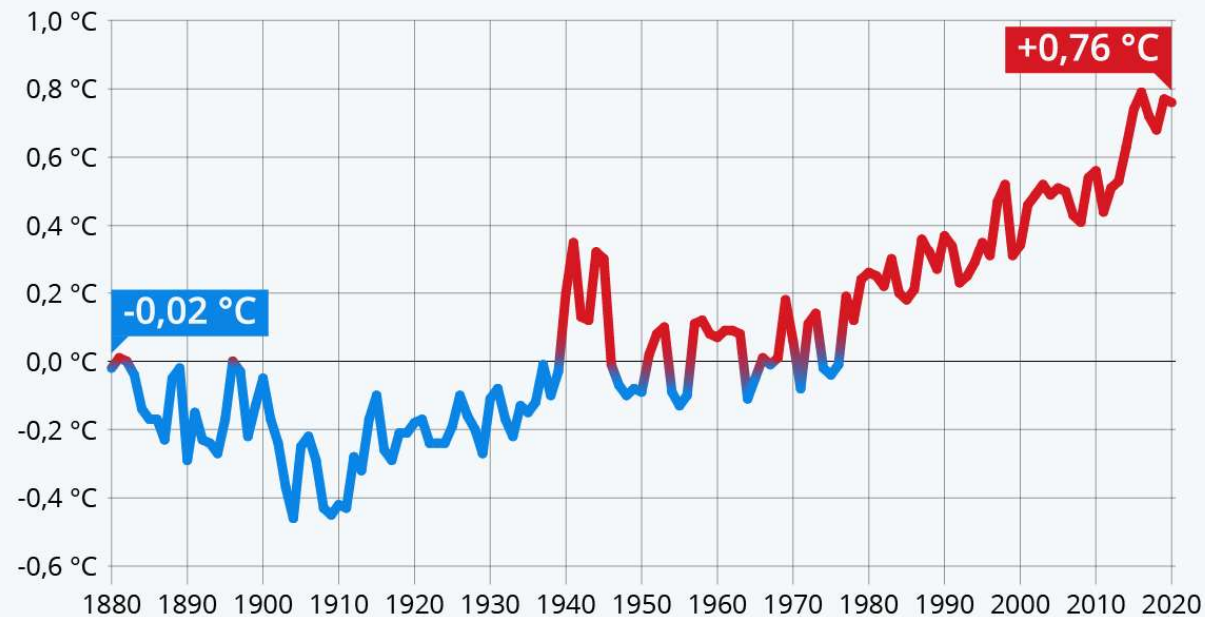
Source : Météo-France, 2021



L'océan se réchauffe de plus en plus vite

Anomalies de température de l'océan dans le monde par rapport à la moyenne du 20ème siècle (°C) *

+ 0,86°C
en 2022



* Température de surface.

Source : NOAA (Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique)



statista

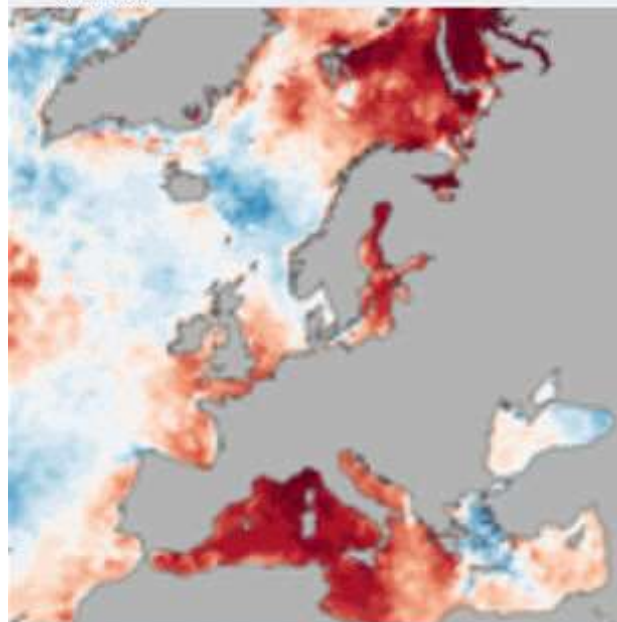
Climat

La Méditerranée en surchauffe

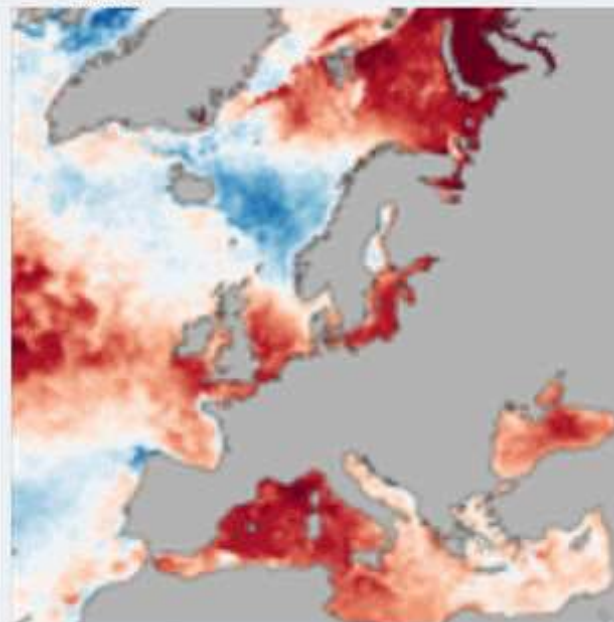
Écart mensuel des températures des eaux de surface en 2022 par rapport aux normales de 1991 à 2020 (en degrés)



Juillet

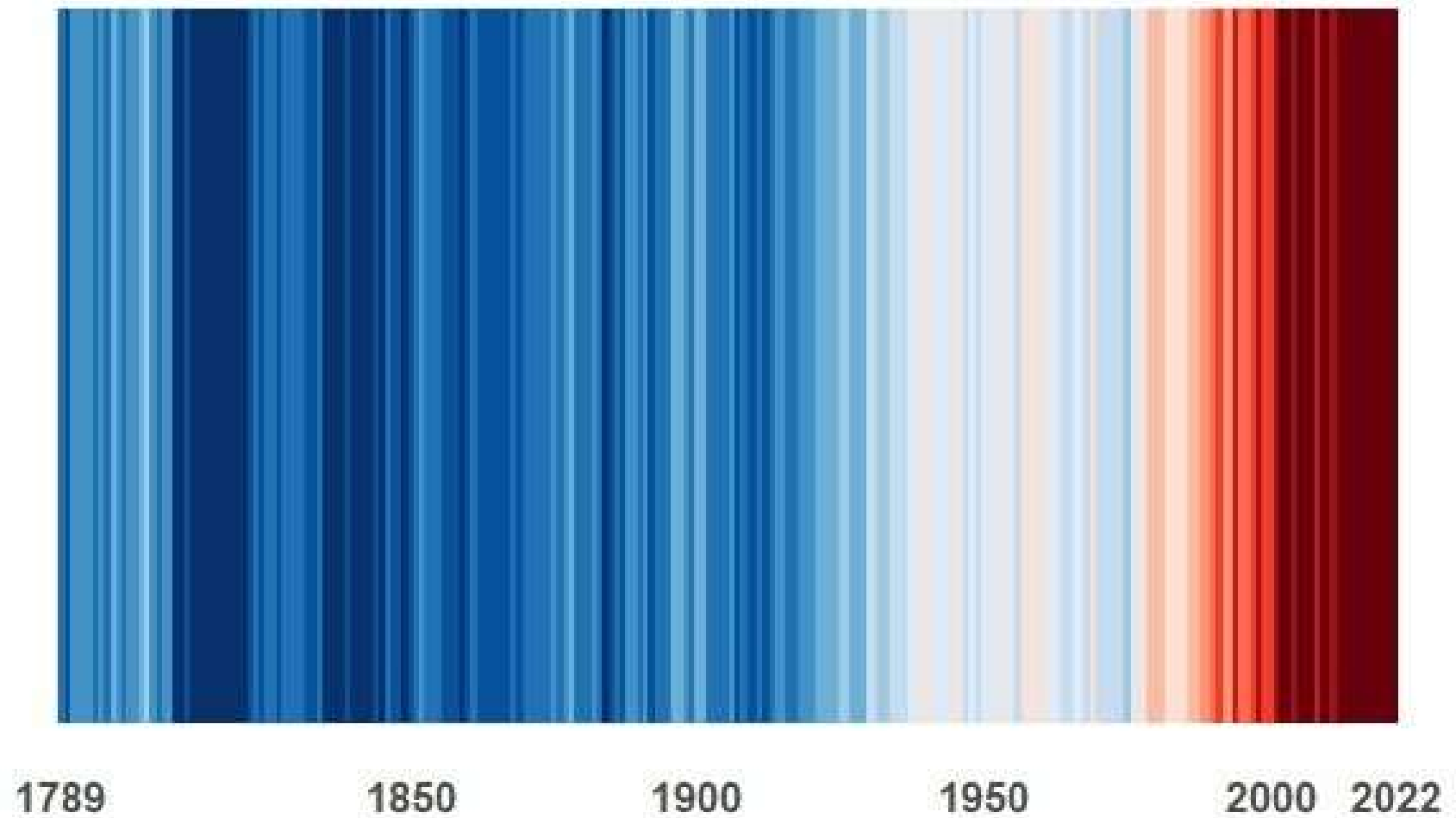


Août



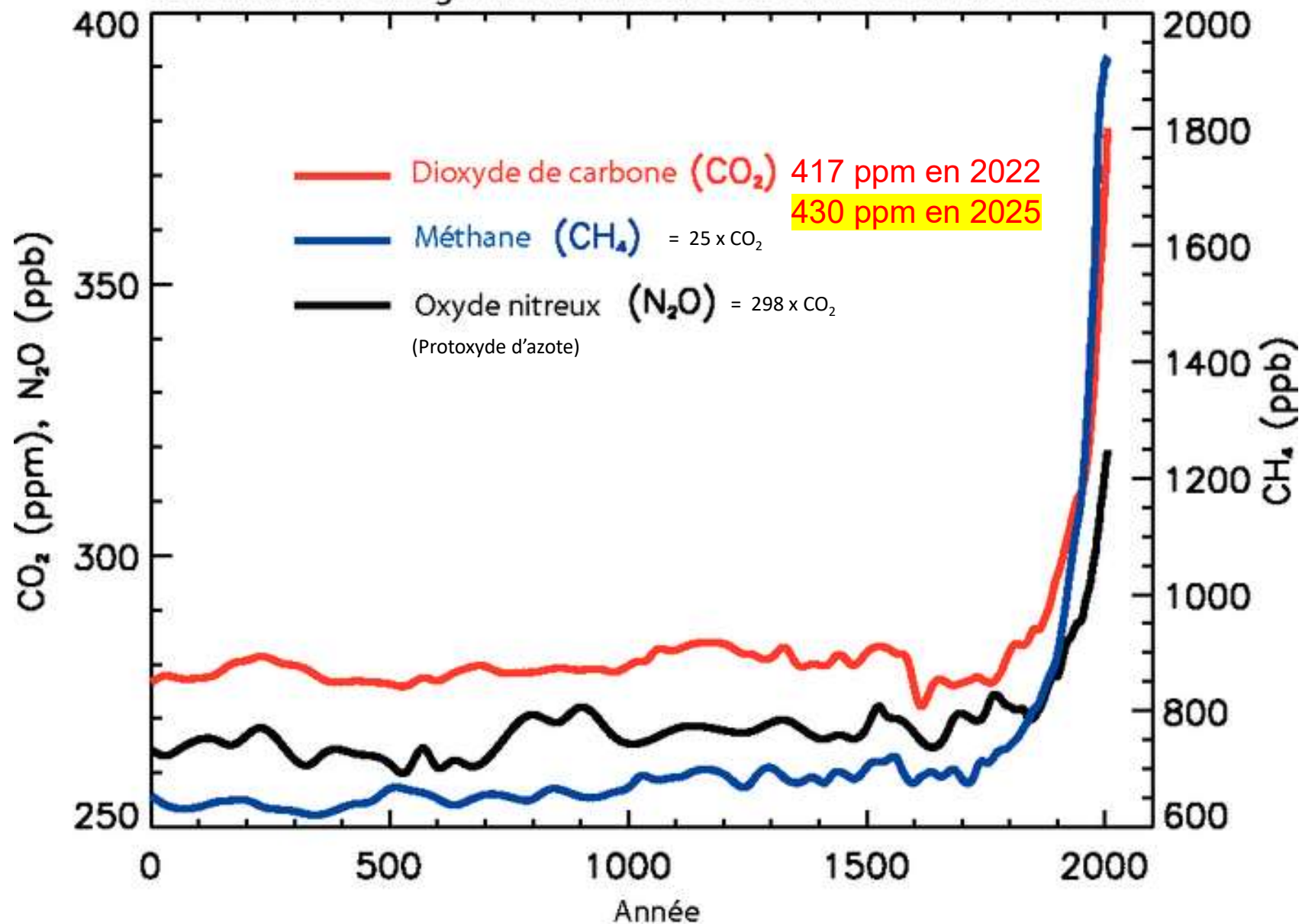
20 avril 2023 - Source : Copernicus.

Le Parisien



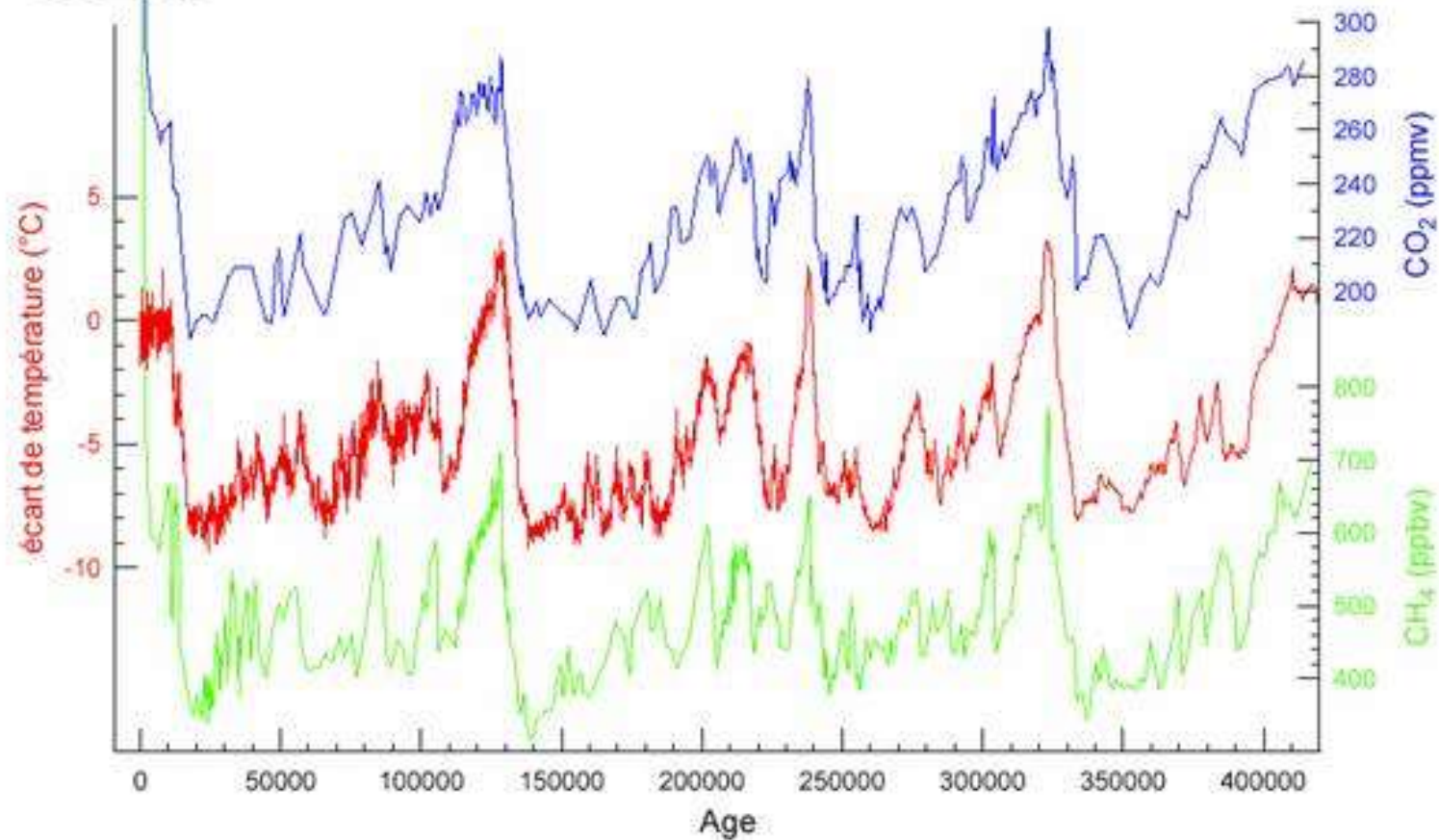
La température moyenne annuelle dans le monde depuis 1789, comparée aux normales 1961-1990.

Concentration des gaz à effet de serre de l'année 0 à l'année 2005





CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :
 Climat et gaz à effet de serre au cours des 400.000 dernières années
 L.G.G.E. / L.S.C.E. (d'après Petit et al., *Nature*, V. 399, Juin 1999).



COMMENT L'HOMME
PROVOQUERAIT-IL
UN RÉCHAUFFEMENT
CLIMATIQUE?

RIGORÉUSEMENT
ET
SCIENTIFIQUEMENT
IM-PO-SSIBLE!

TEMPERATURE
CORPS HUMAIN
37.2°C

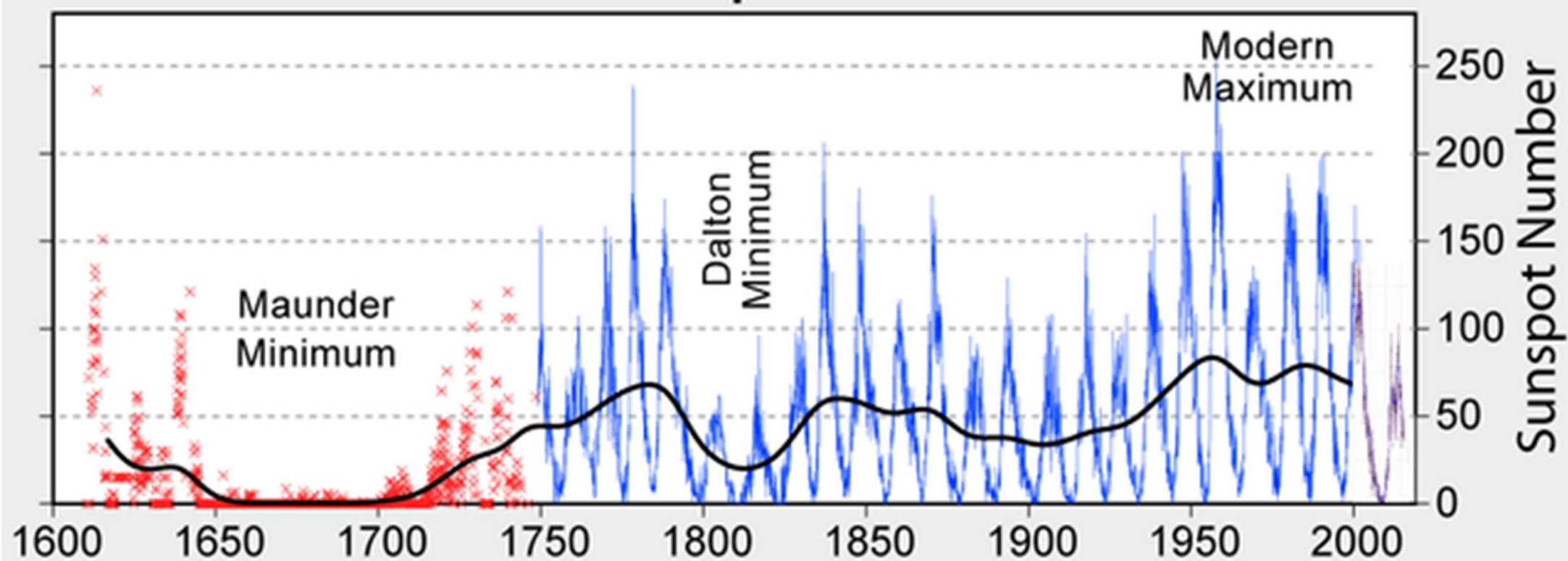


≠ TEMPERATURE
SOLEIL

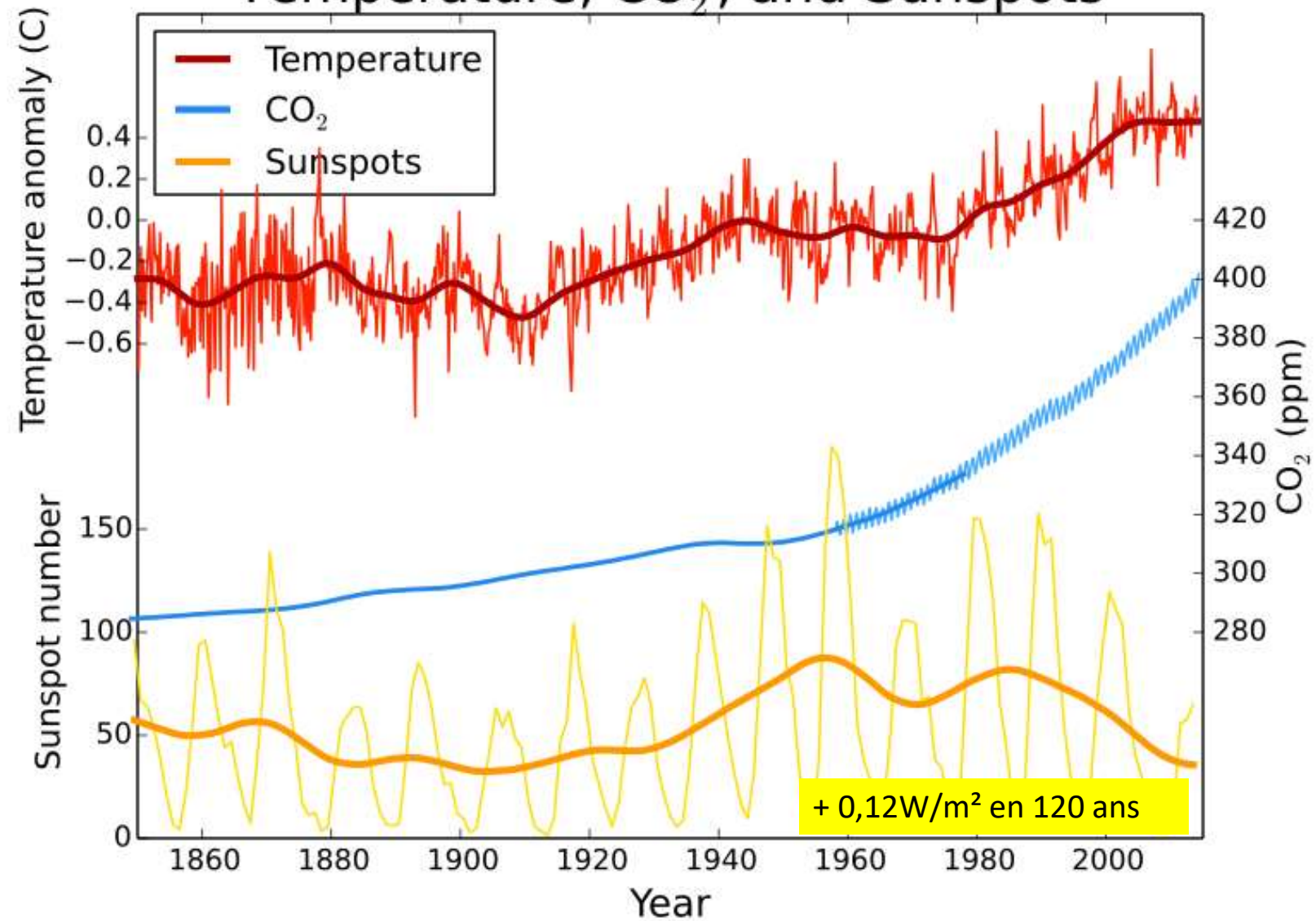
510 000°C



400 Years of Sunspot Observations



Temperature, CO₂, and Sunspots



Morale de l'histoire géologique des climats

Pendant 85% de son histoire, la Terre a connu des climats plus chauds qu'aujourd'hui.

Les climats froids sont très minoritaires, même s'ils ont pu avoir de longues durées.

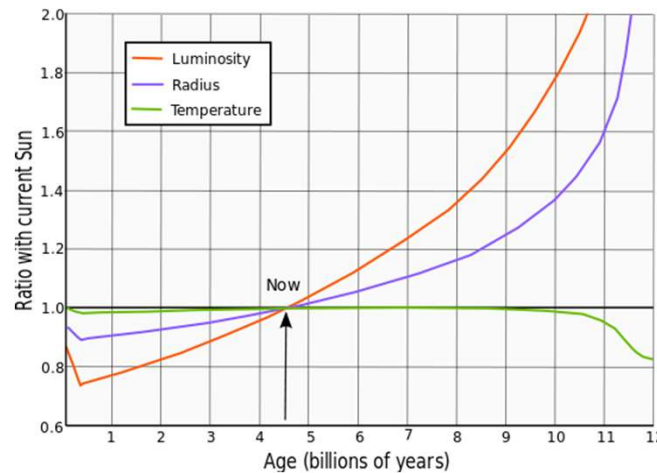
Pendant les ères glaciaires, il y a toujours eu au moins une calotte glaciaire continentale permanente proche d'un des deux pôles.

Depuis 34 millions d'années la Terre est en période glaciaire.

Depuis la formation de la Terre, en 4,5 milliards d'années:

↗ augmentation de la puissance du Soleil de 30%

↘ baisse de 10 000 fois de la quantité de gaz carbonique liée à la séquestration du carbone par la formation des roches.



Evolution de la luminosité, du rayon et de la température du Soleil depuis sa formation (Age=0) jusqu'à sa sortie de la séquence principale

dernière glaciation

Refroidissement de 0,5°C en 500 ans
lié aux paramètres de Milankovitch



Déclenchement de la séquestration
du CO₂ et du CH₄ ...



Glaciation sur près de 100 000 ans

actuel

Réchauffement de 1,5°C en 150 ans lié
au CO₂ émis par les activités humaines



Libération du CH₄, des hydrates de
méthane

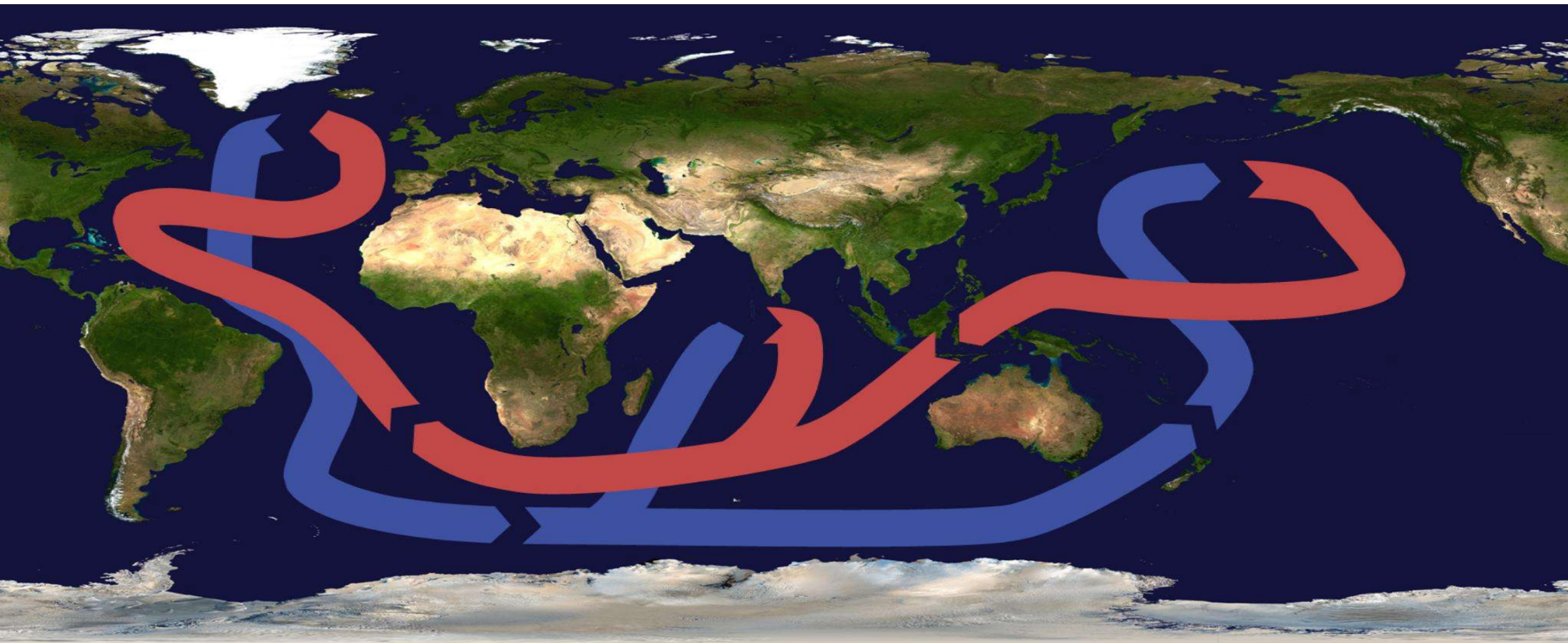


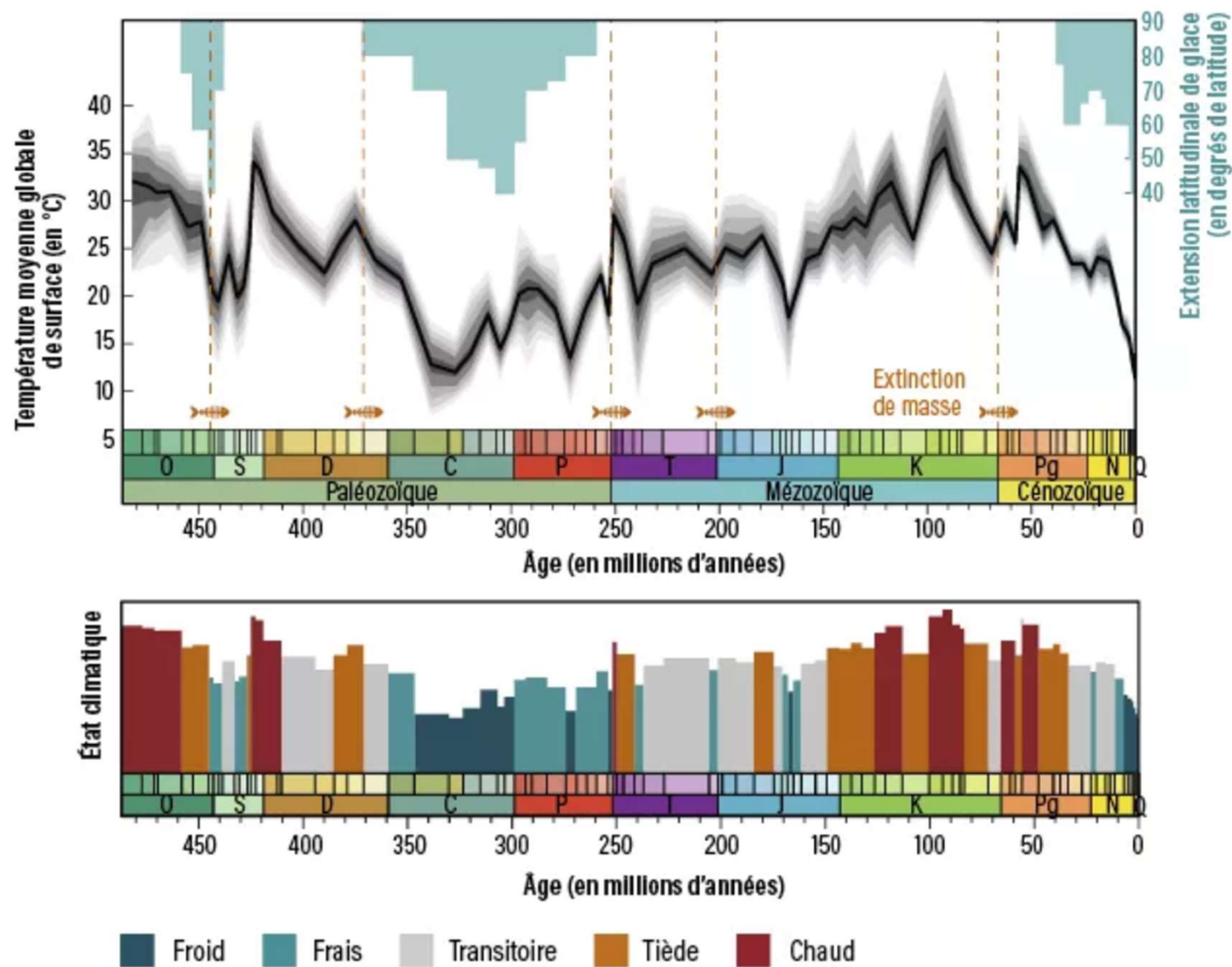
Emballement



Fonte des glaces, modification de l'albedo,
perturbation de la circulation thermohaline,...

?





1 - Le réchauffement actuel est, sans contestation possible, lié à l'Homme.

2 - Il se fait à une échelle de temps que la Terre n'a jamais connue.

3 - Il induit des dérèglements qui deviennent incontrôlables.

Merci de votre attention

