

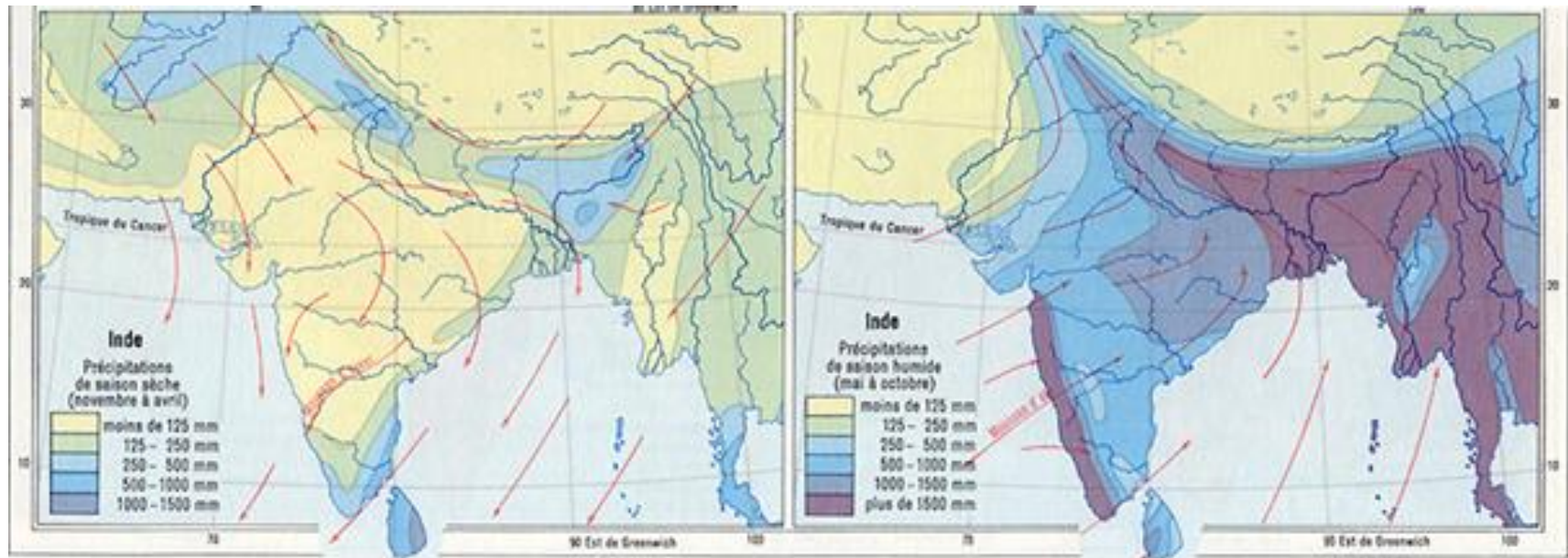
Climat et variabilité climatique

BG-C-3



Paysage des Ghats (Inde) avant et pendant la mousson



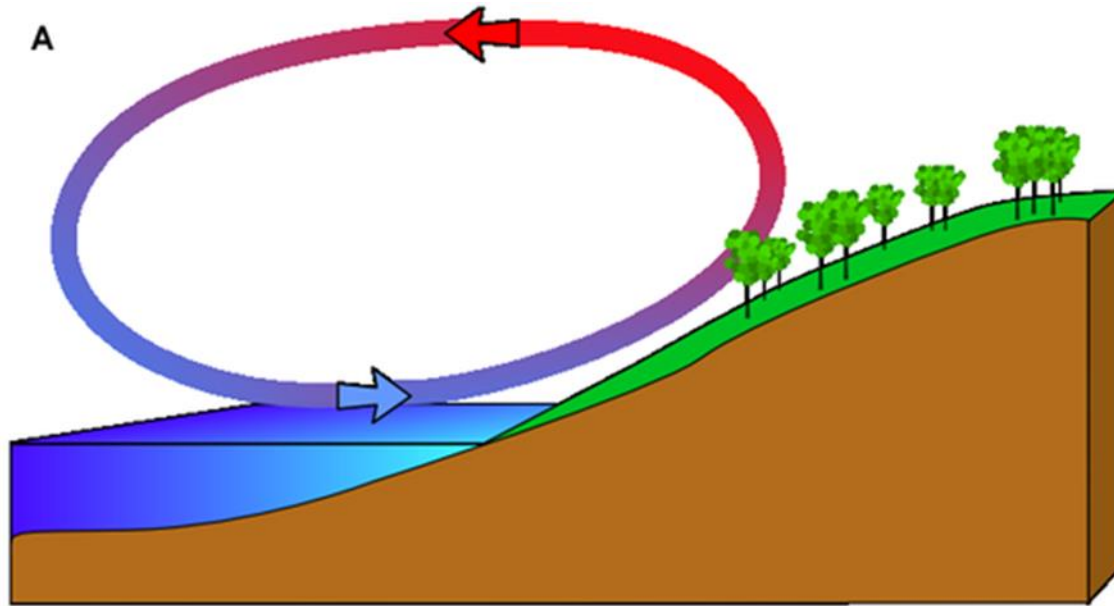


Pluviométrie (sept-avril)

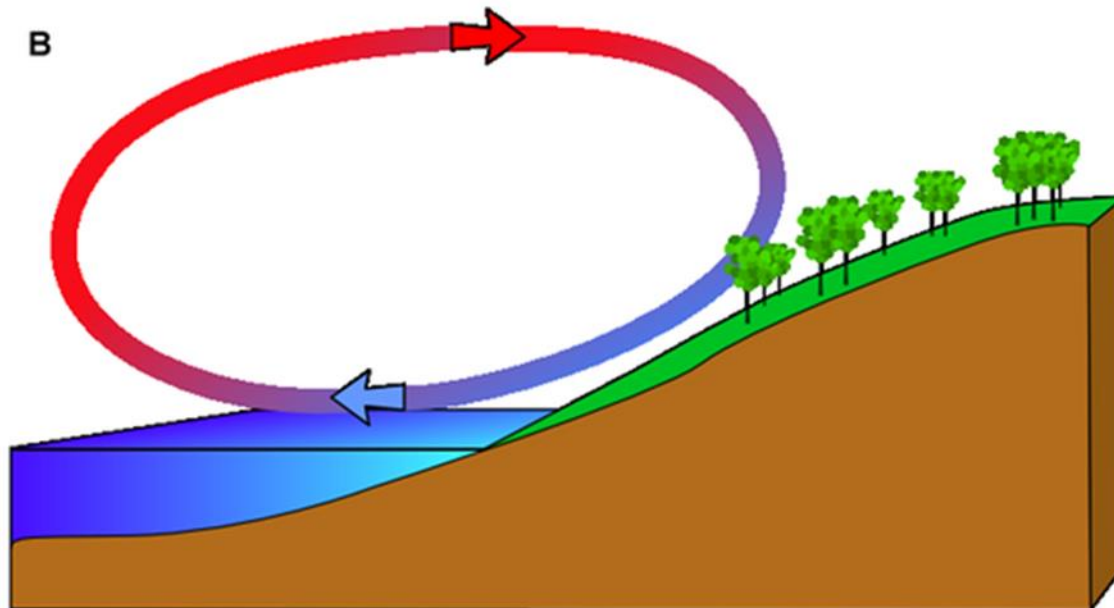
Pluviométrie (mai –octobre)



Brise de mer
Le jour



Brise de mer
La nuit

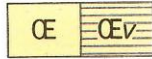


TP 1 BG-C Légende de la carte de Lyon à 1/250 000

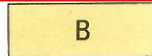
TERRAINS SÉDIMENTAIRES

QUATERNAIRE

Dépôts superficiels divers



œ - Loess et limons
œv - Loess à bancs durcis type St-Vallier



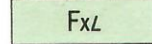
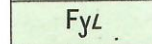
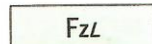
B - Couverture superficielle diverse (secteur du Mont Pilat)



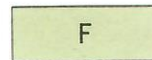
E - Eboulis
Eb - Eboulement de Myans
- Glissements

Alluvions fluviales et dépôts glaciaires fluvio-glaciaires et lacustres

Plaine du Forez



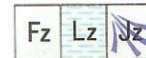
Alluvions de la Loire



Alluvions et colluvions indifférenciées

Formations glaciaires ou périglaciaires

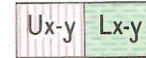
Régions situées à l'est de l'axe Saône-Rhône



Alluvions post-wurmiennes :
Fz - fluviales Lz - lacustres Jz - cônes de
déjection



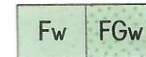
Dépôts wurmiens :
Fy - fluviales Gy - glaciaires
FGy - fluvio-glaciaires Ly - lacustres
Jy - cônes de déjection



Dépôts interglaciaires Riss-Würm :
Ux-y - tufs de la Saône
Lx-y - argiles d'Eybens



Dépôts rissiens :
Fx - fluviales Gx - glaciaires
FGx - fluvio-glaciaires
Jx - cônes de déjection et cailloutis de
piedmont



Dépôts mindéliens :
Fw - fluviales FGw - fluvio-glaciaires



Alluvions anté-mindéliennes :
Fv - fluviales Gv - glaciaires
FGv - fluvio-glaciaires
Jv - cônes de déjection

Principaux vallums morainiques

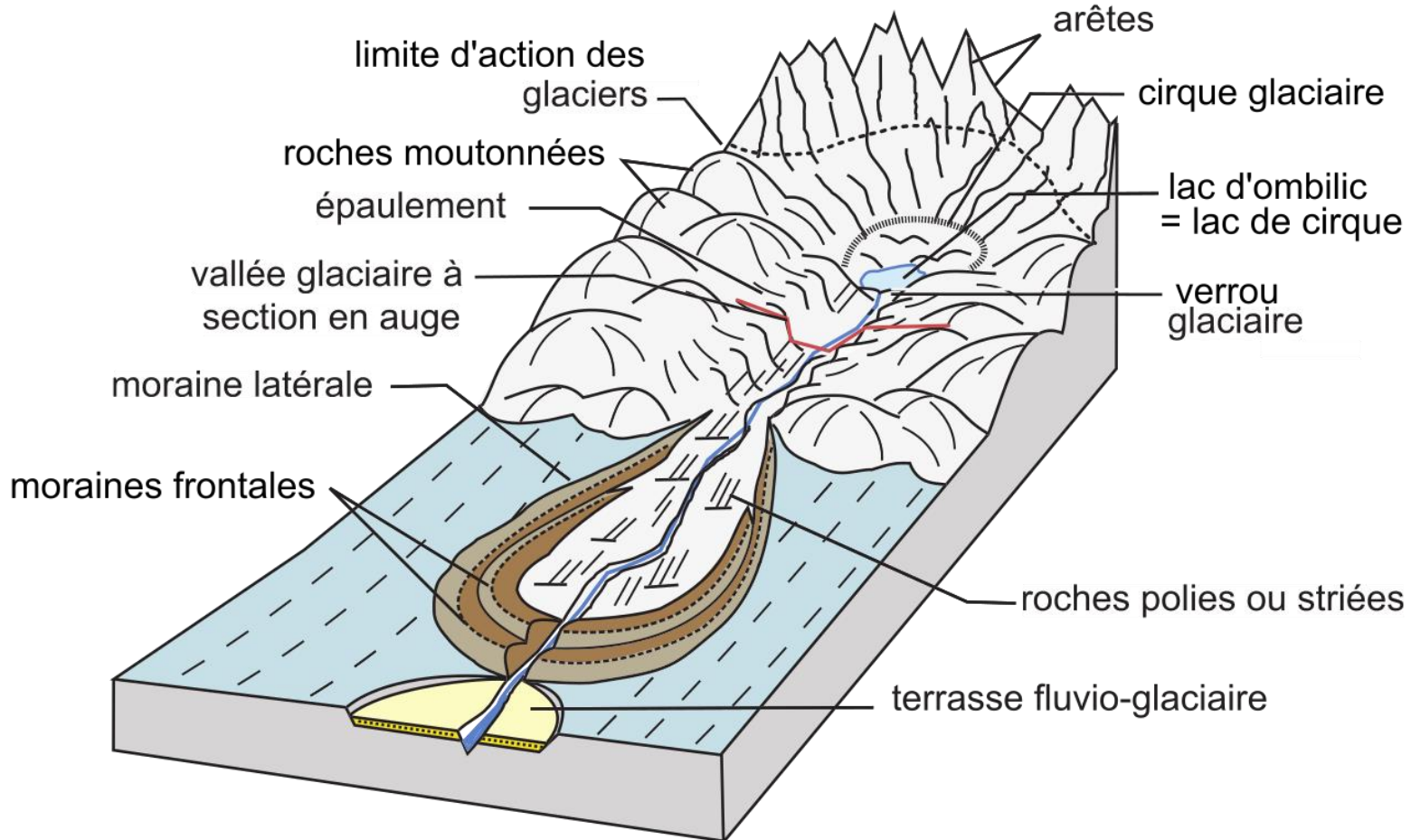


Limites d'extension vers l'ouest des glaciers
1 - rissiens 2 - wurmiens

Glaciers du massif de la Bernina (Suisse)



BG-C-3.2 Le modelé glaciaire actuel



Glaciers du massif de la Bernina (Suisse)

Aire
d'accumulation

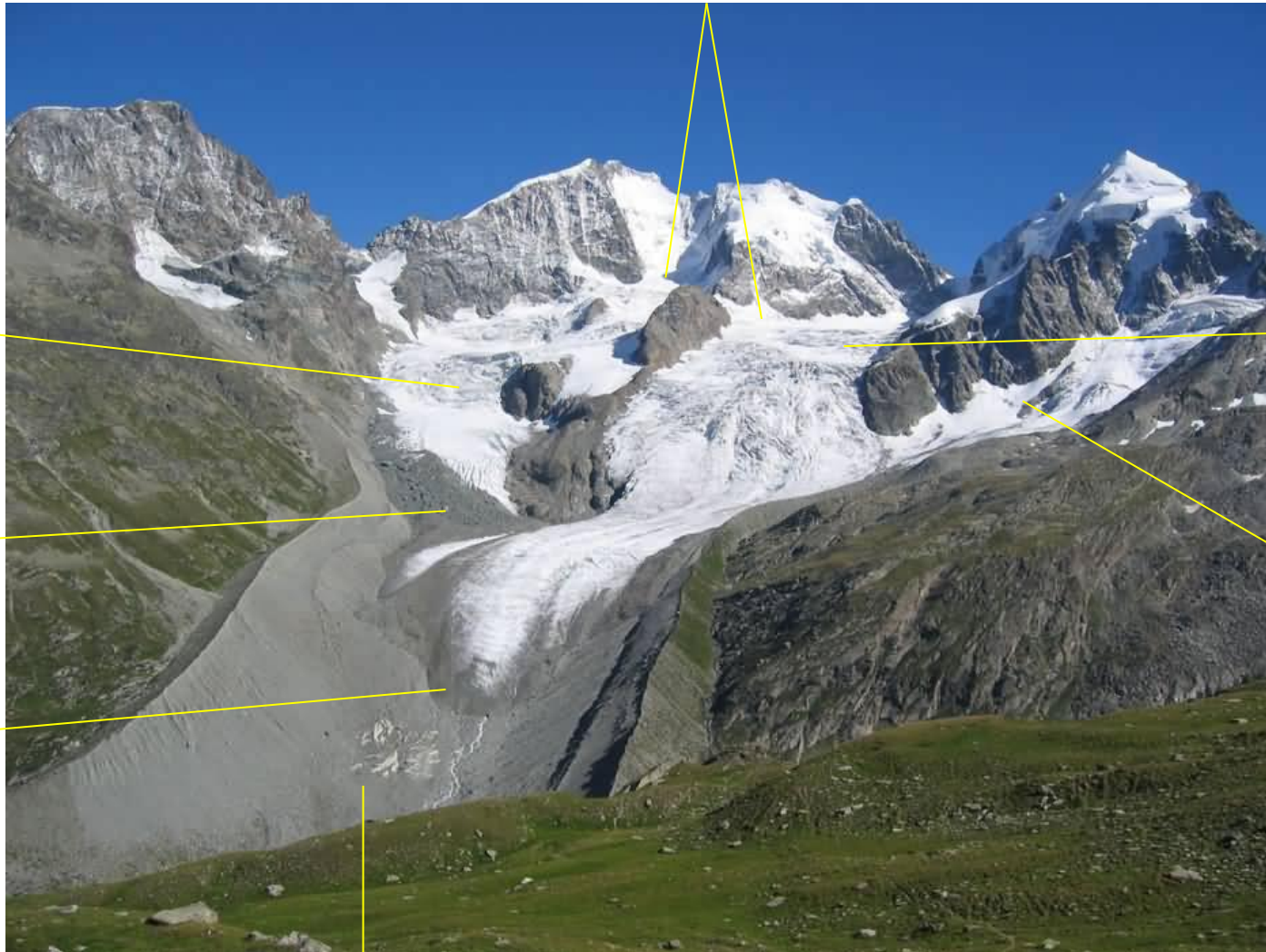
Crevasses
et séracs

Glacier
principal

Moraine
latérale

Glacier
tributaire

Moraine
frontale



Epandage fluvio-glaciaire

Vallée glaciaire en auge au Groenland

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/Img001/01-vallee-glaciaire.jpg>



Photographie : Francis Albarède

Moraine



Épandage fluvio-glaciaire



Roches striées et moutonnées



Roches striées et moutonnées (Col de la Croix de fer)



BG-C-3.2 Le modelé glaciaire actuel : formations résiduelles



Le loess : formation périglaciaire



Plateau de loess en Chine centrale au site de Luochuan.

Les grandes séquences de Chine centrale représentent l'enregistrement le plus continu des variations climatiques en domaine continental qui couvrent les derniers 2,4 Ma (photo D.D. Rousseau).

Loess

Aspect d'un affleurement



Poupée de loess

coeur creux
(dissolution)

calcite en cristaux
(précipitation)



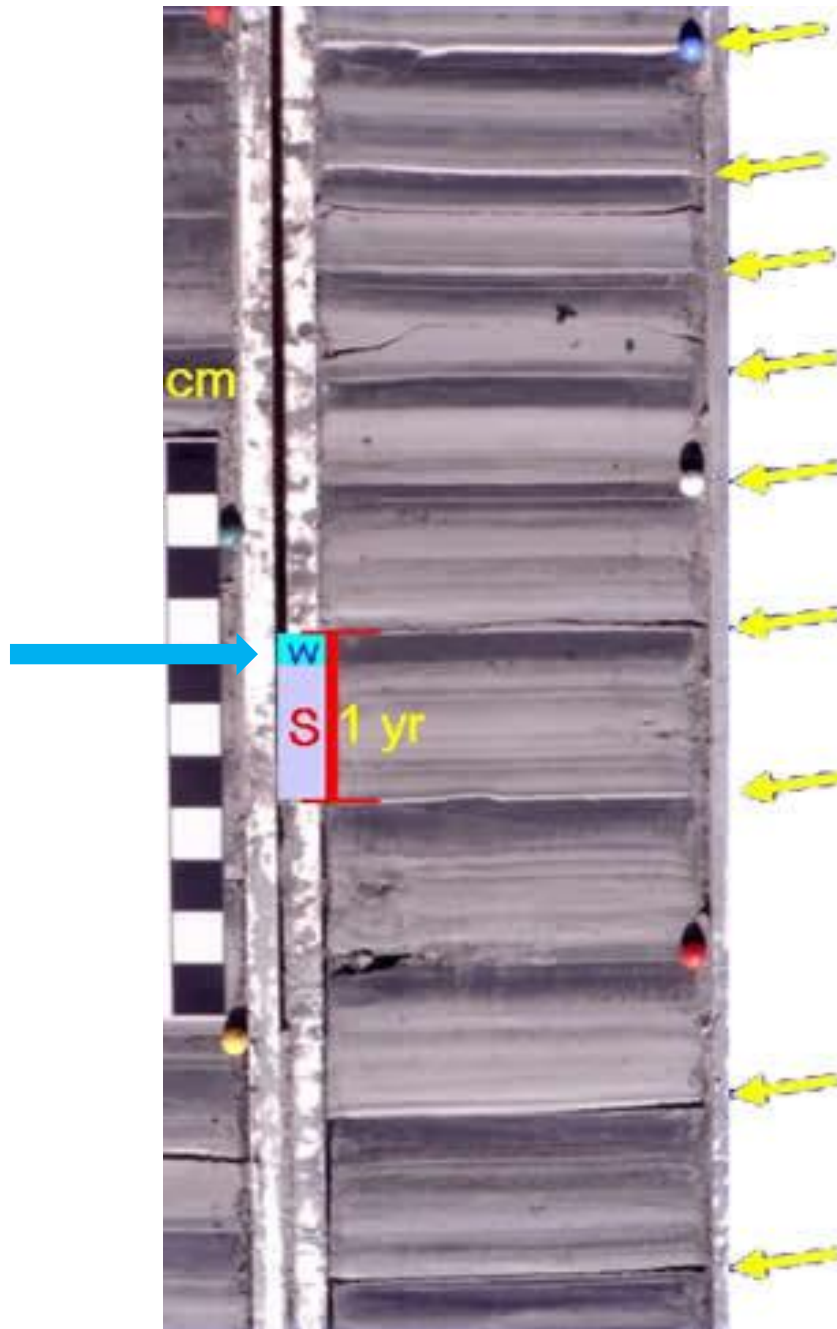
5 cm

Dans notre région, le loess, du plateau de la Dombes

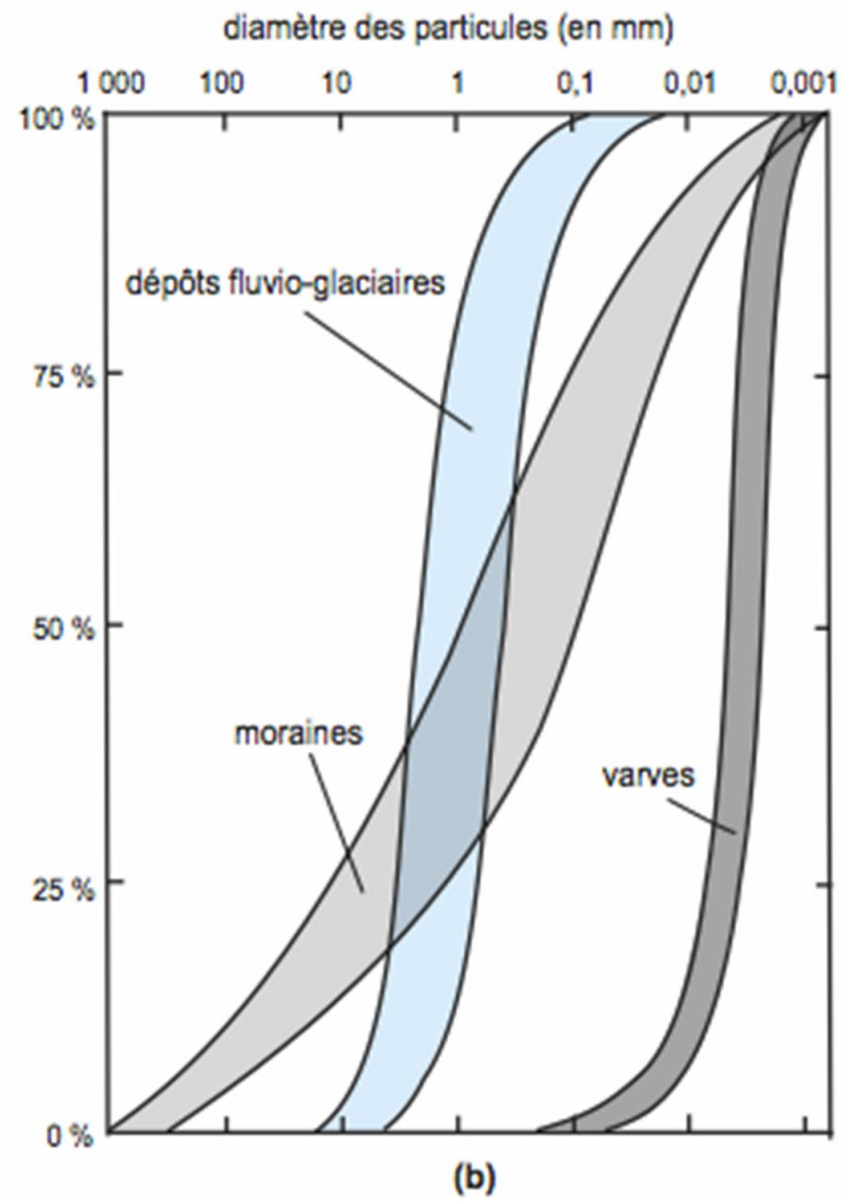
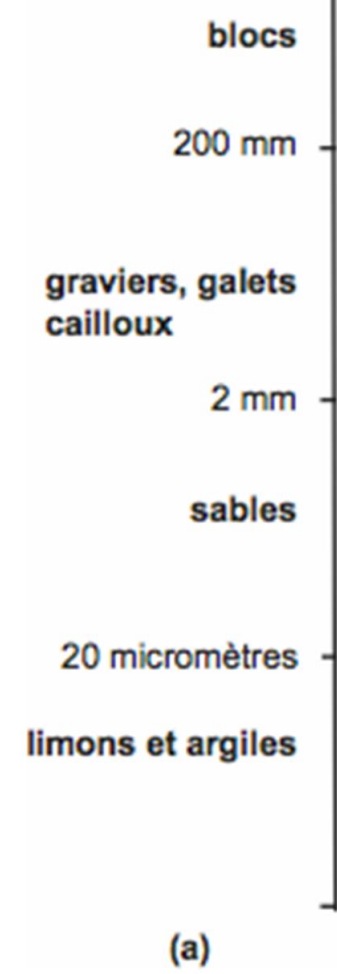
Varves glaciaires

<http://geology.tufts.edu/varves>

Hiver
(sombre)



Courbes granulométriques des moraines, dépôts fluvio-glaciaires et varves



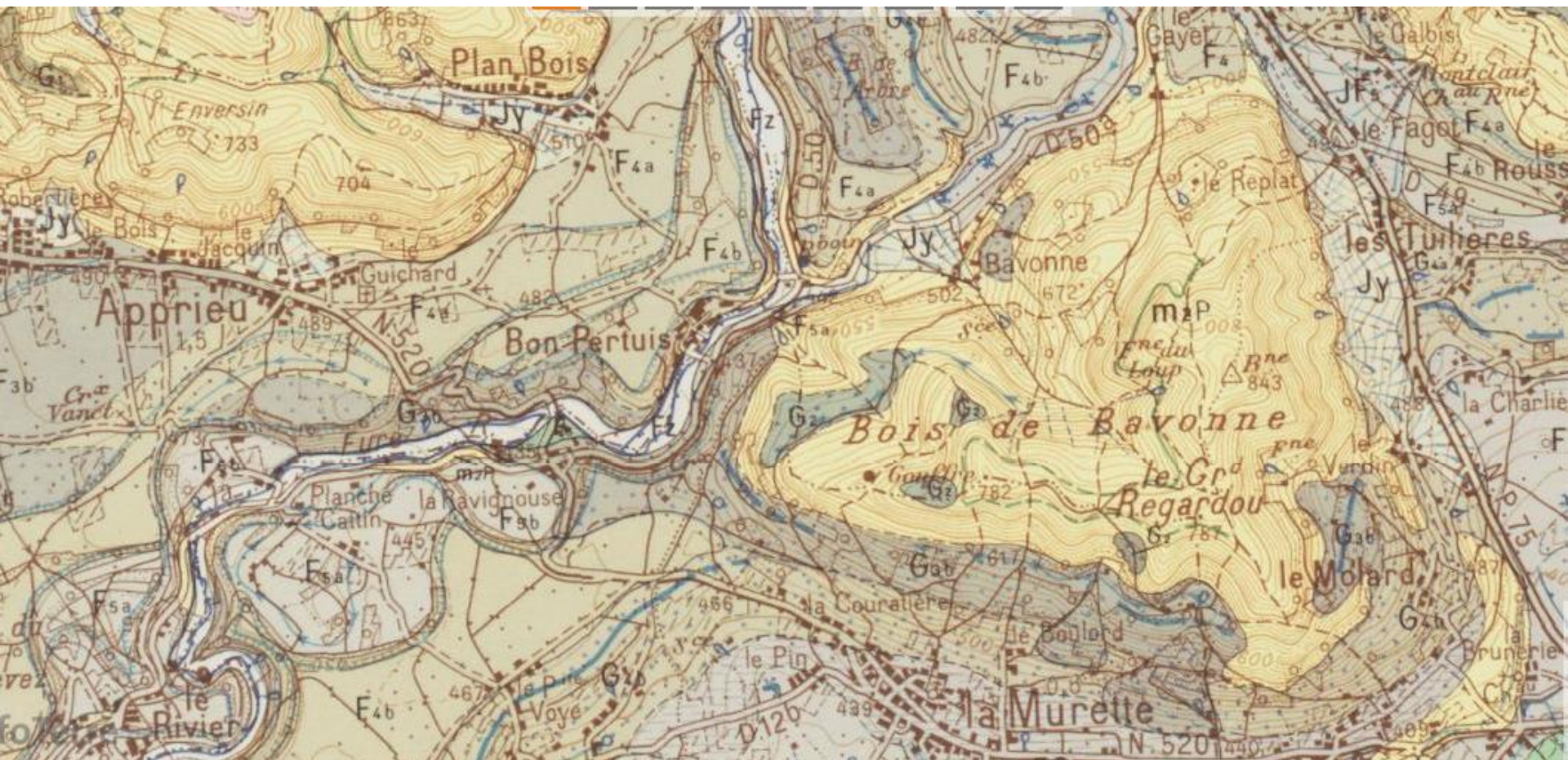
Terrasses fluviales (Népal)



$t1 < t2 < t3 < t4 < t5$



Vue depuis le Vercors région de Voiron



Terrasses fluviales emboîtées du quaternaire

Le Rivier d'Aprieu

Extrait de la carte géologique de Voiron 1/50 000



$F_4 < F_5 < F_6 < F_z$

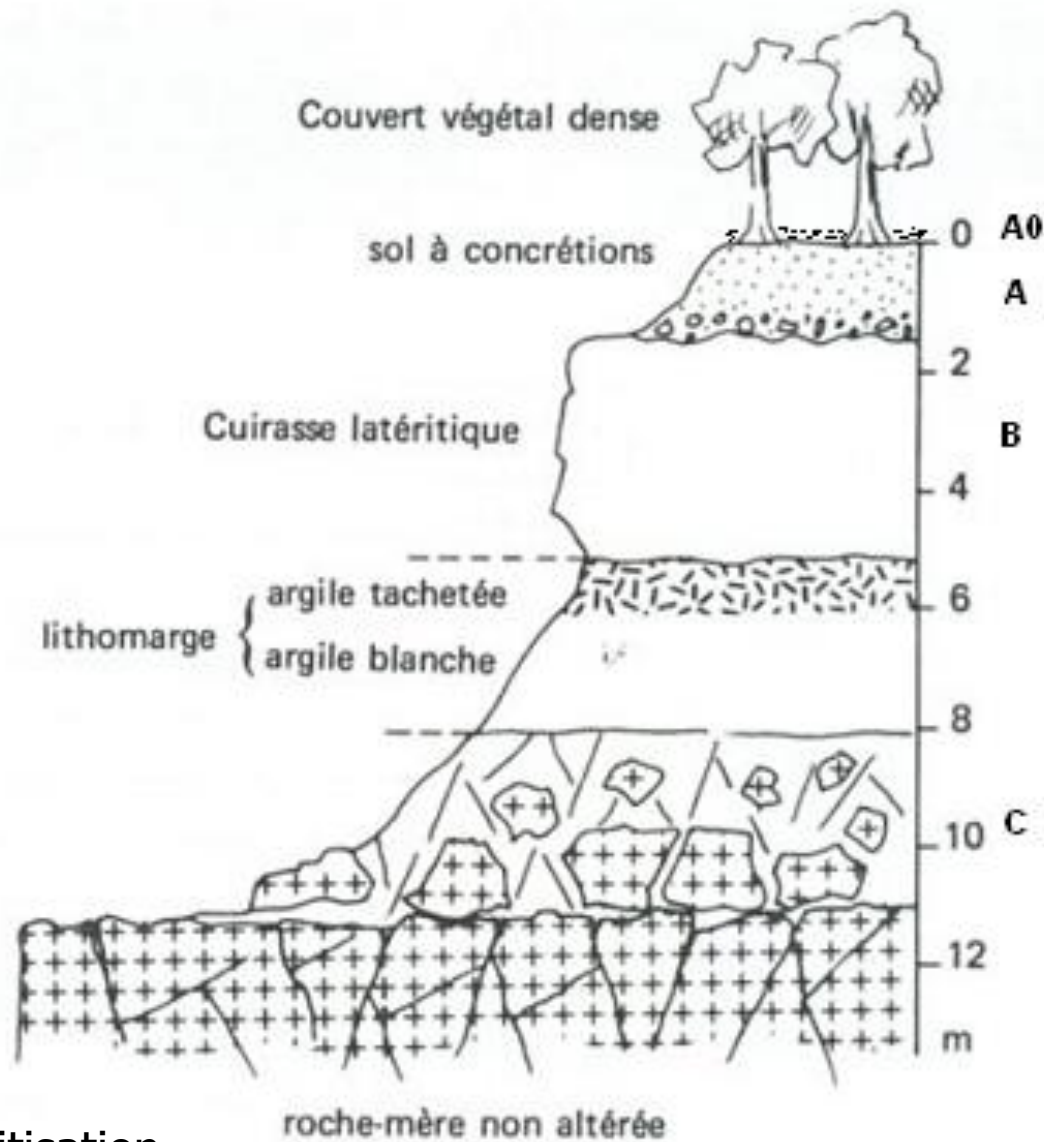


Echantillon de bauxite

Piste en latérite



Profil latéritique (Nord de Madagascar)

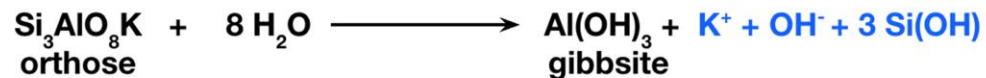


Profil d'altération
en Côte d'Ivoire :
sol latéritique.

Allitisation

feldspath → **gibbsite**

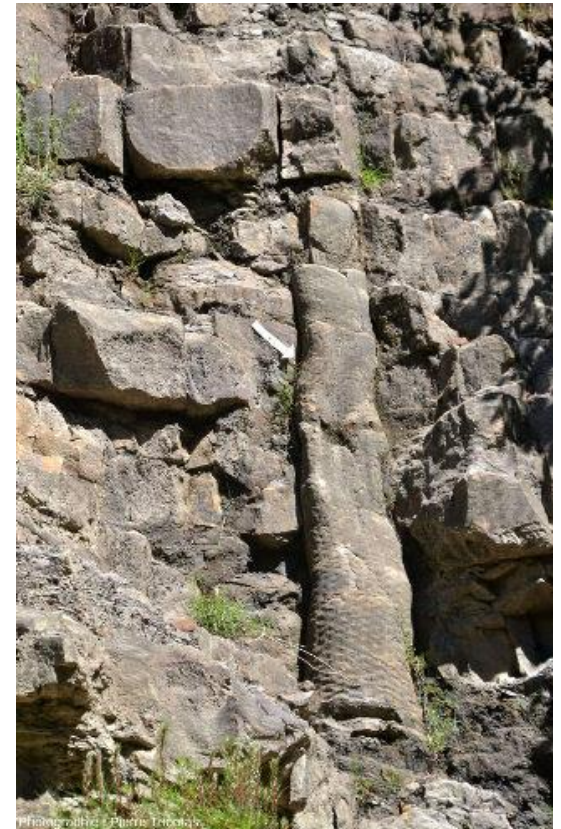
emportés en solution

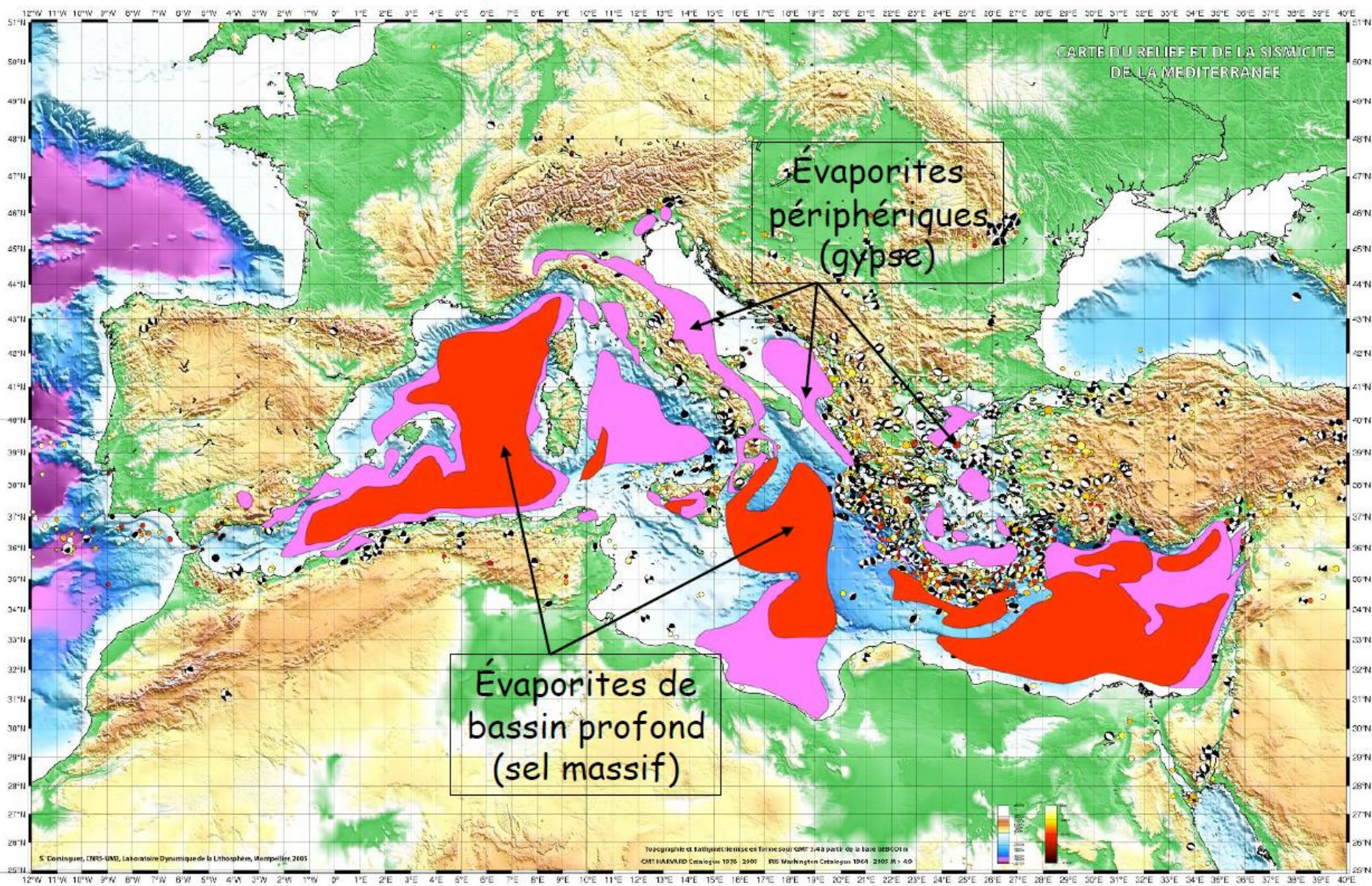


Bauxite : roche sédimentaire formée par altération continentale en climat chaud et humide



La [forêt fossile de Champclauson](#) est une curiosité géologique unique en son genre en France. Une quarantaine de troncs d'arbres du Carbonifère supérieur (Stéphanien, 300 Ma) sont fossilisés en “position de vie” et visibles dans la paroi d'une ancienne tranchée d'une mine de charbon à ciel ouvert





Distribution des évaporites messiniennes (- 7,2 à - 5,3 Ma) en Méditerranée.



Photographie : Pierre Thomas

**Ancienne
exploitation de
gypse en Maurienne**

**Ancienne mine de sel de
Targu Ocna (Roumanie).**

Elle a été réaménagée en
sanatorium (240 m de
profondeur).



Polypiers coloniaux



Milieu récifal



Faciès récifal : mer tropicale, bien oxygénée, de faible profondeur, dans la zone euphotique

<https://geologie.discip.ac-caen.fr/mesozoi/oxford/benerville/faciesrecifaux.html>



Barres urgoniennes dans les Massifs subalpins

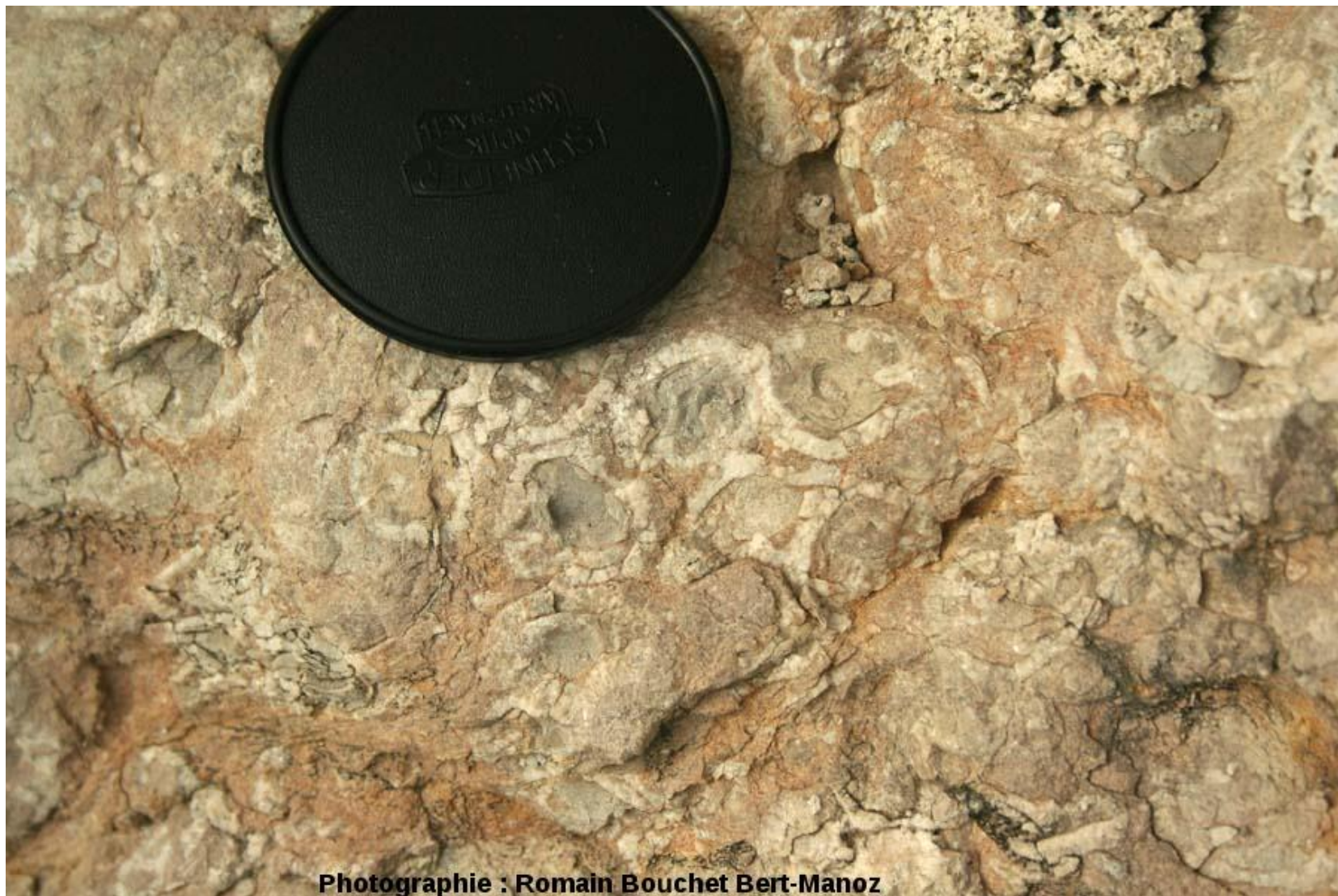


Le mont Aiguille:
Un calcaire construit
(Photo Leila Gagne)



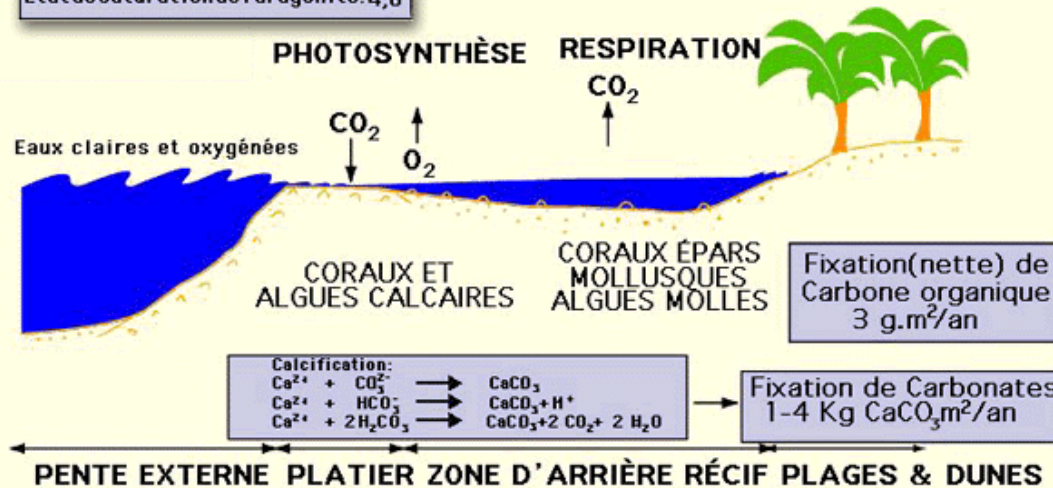
Calcaire à rudistes (Castellet 83)

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img282-2009-08-31.xml>



Photographie : Romain Bouchet Bert-Manoz

Température : 18 à 35°C
 t° optimale : 21 à 29,5°C
 Salinité : 35 à 37 g/L
 Nutriments : N ≤ 2 μmol/L
 P ≤ 0,2 μmol/L
 Profondeur optimale : 0 - 15 m
 Etat de saturation de l'aragonite : 4,6



Bilan net : pompage biologique du C atmo et stockage



Photographie : Pierre Thomas

Neogloboquadrina pachyderma

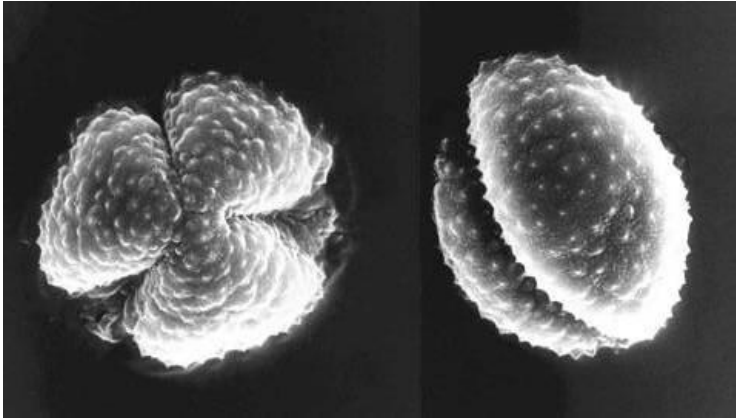
- enroulement dextre lorsque l'eau de surface est chaude.
- enroulement senestre lorsque l'eau de surface est froide



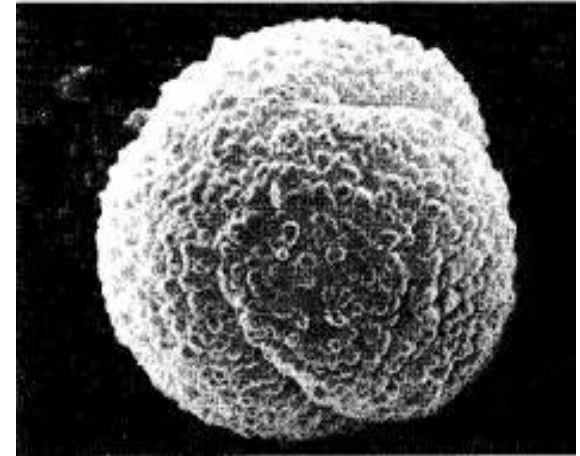
taille réelle : de 0,2 à 0,5 mm

Grains de pollen (MEB) (photos : Lionel Visset)

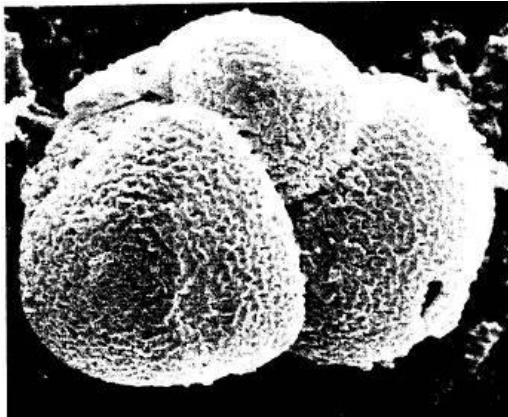
Armoise



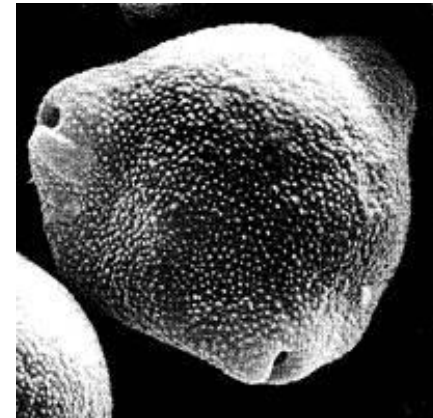
Chêne



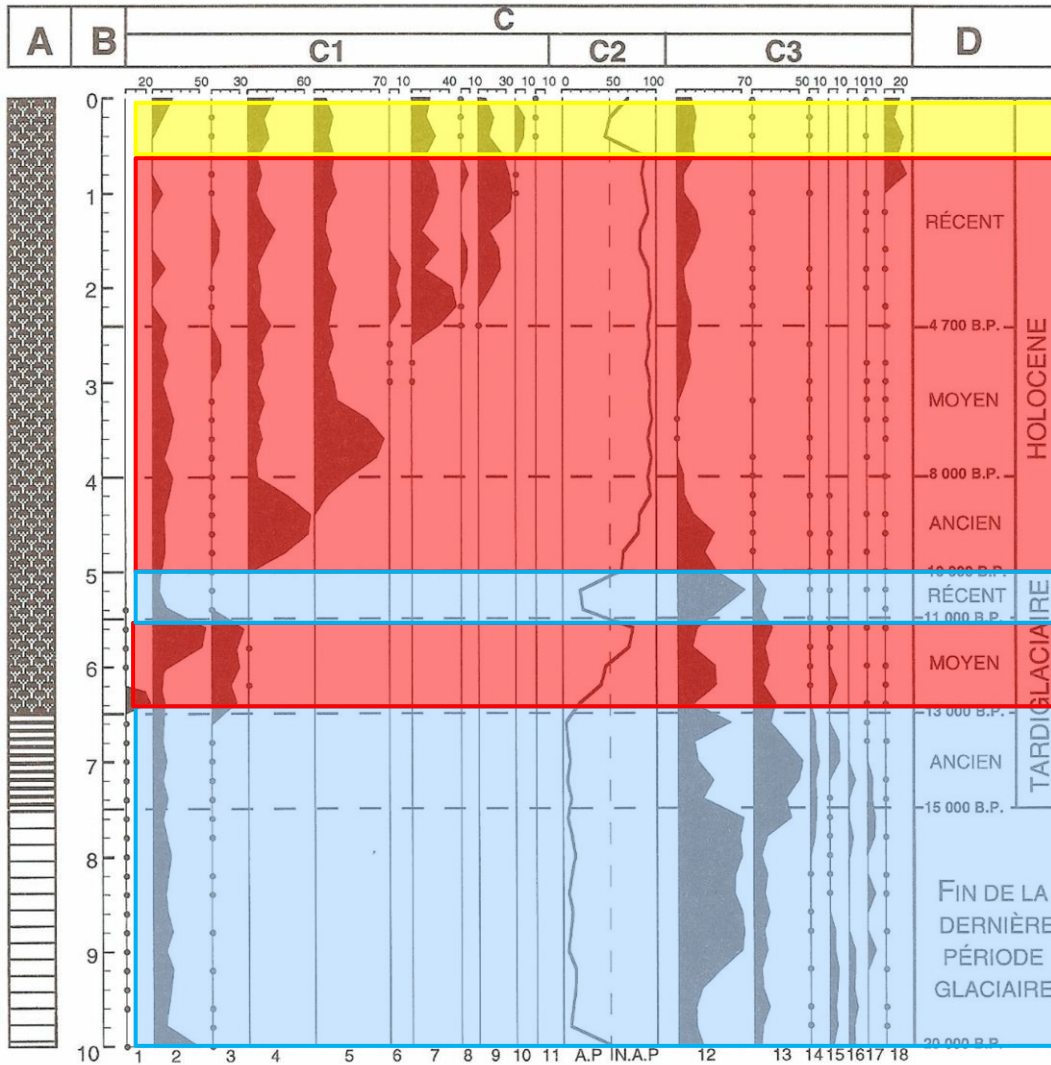
Pin sylvestre



Noisetier



TP 1 BG-C

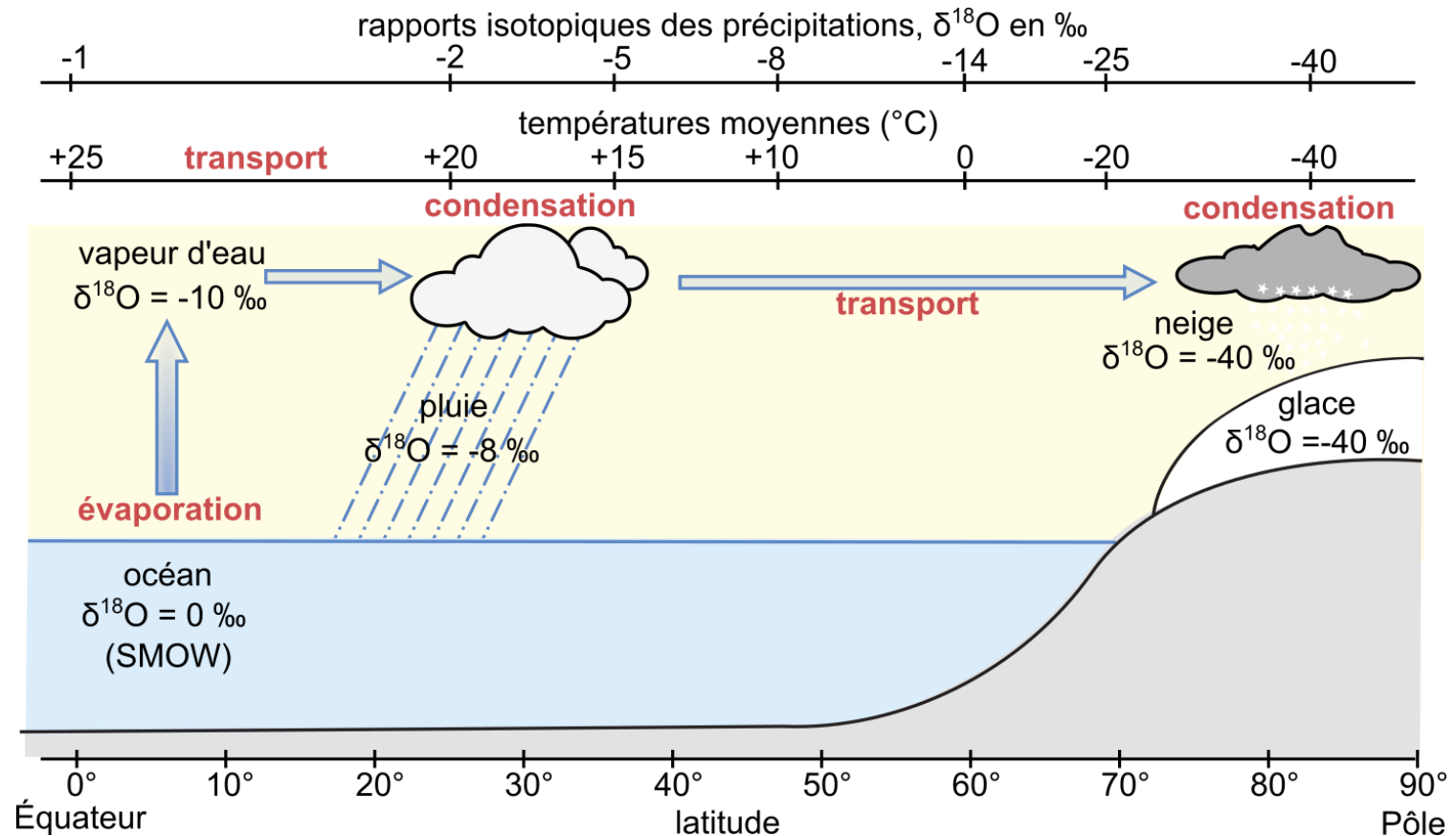


Raisonner sur le rapport AP/NAP

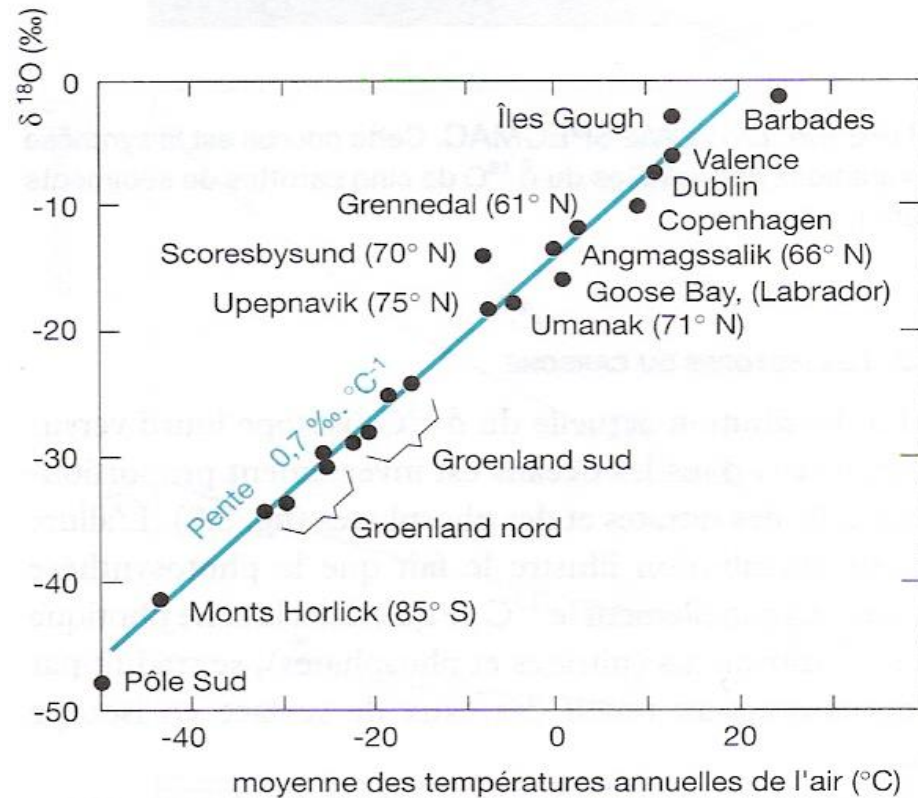
↑ AP/NAP

Taxons herbacés dominants

Fractionnement des isotopes de l'oxygène sous l'effet de l'évaporation et de la condensation (cycle externe de l'eau)



$\delta^{18}\text{O}$ des précipitation corrélée à la température moyenne de l'air

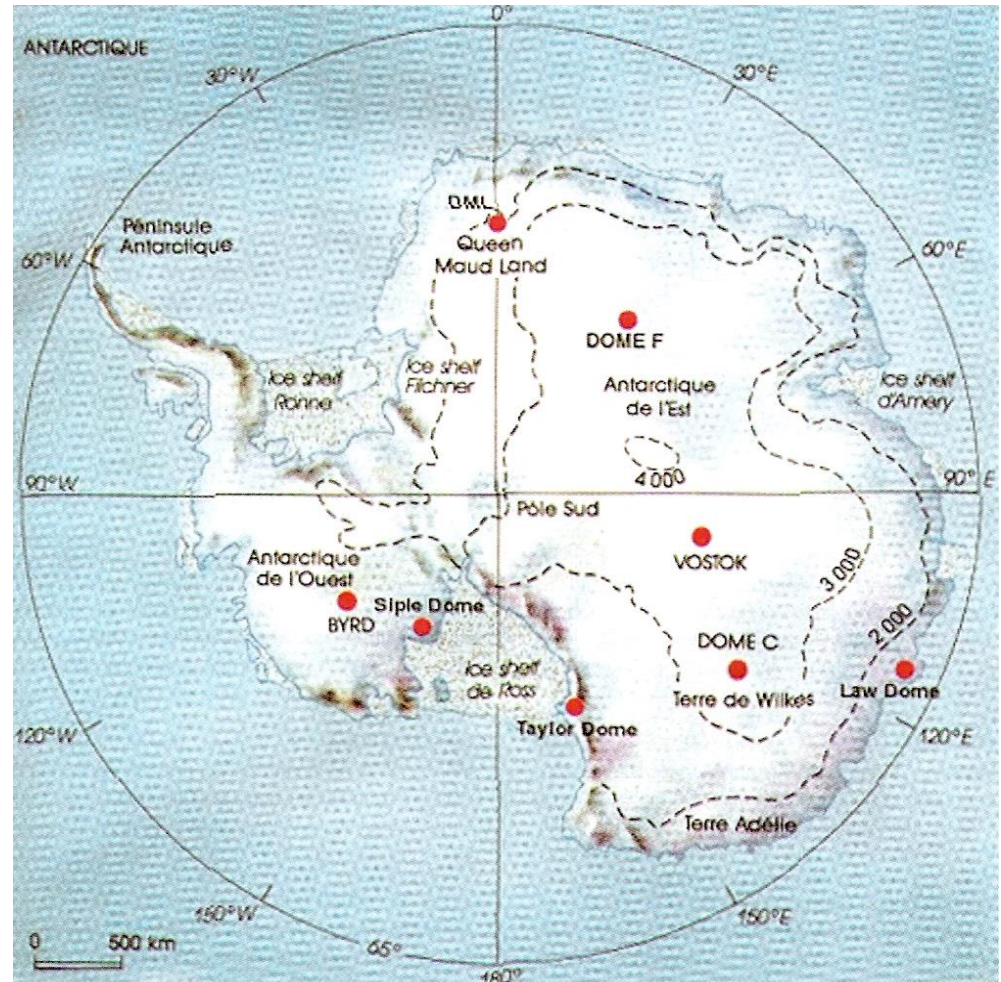


Forages en Antarctique

Forages de plusieurs milliers de mètres

- Dôme Fuji : 300 ka
- Vostok : 420 ka
- Dôme C (EPICA) : 800 ka sur plus de 3000 m
- Beyond Epica : objectif : 1,5 Ma

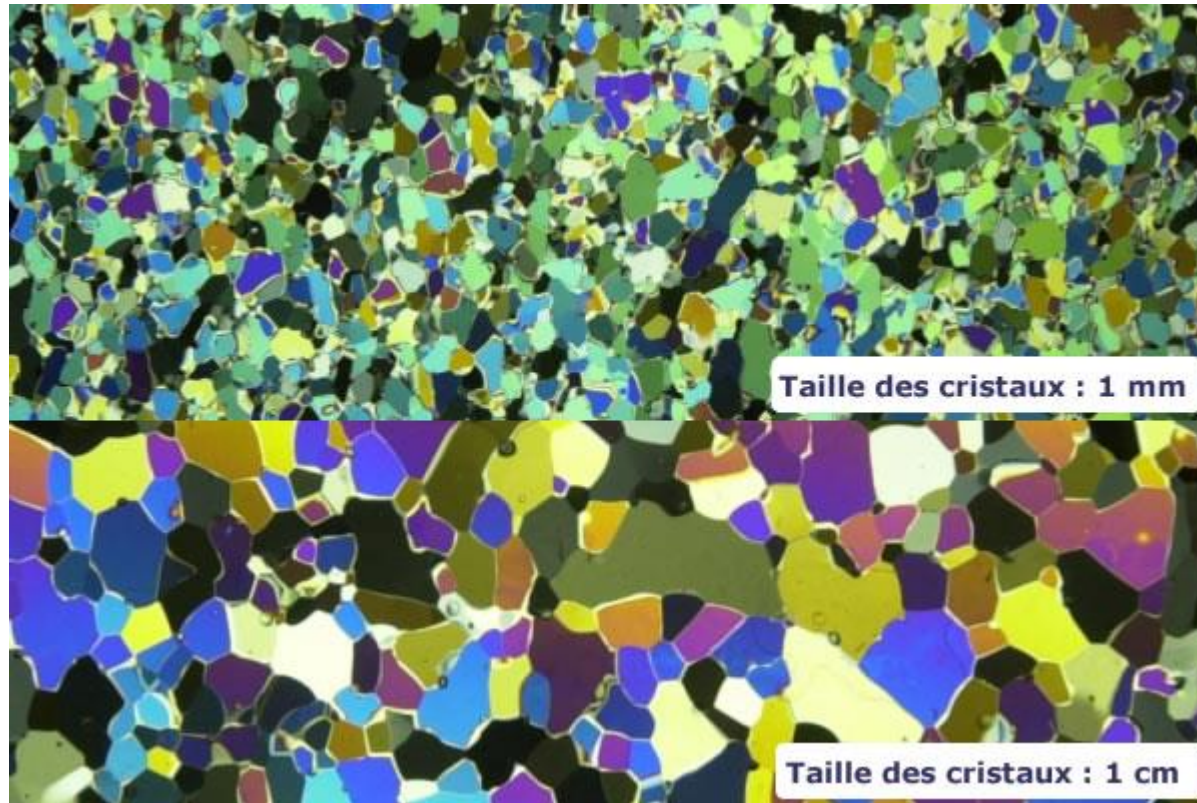
<https://www.beyondepica.eu/en/>



Obtention d'une carotte de glace

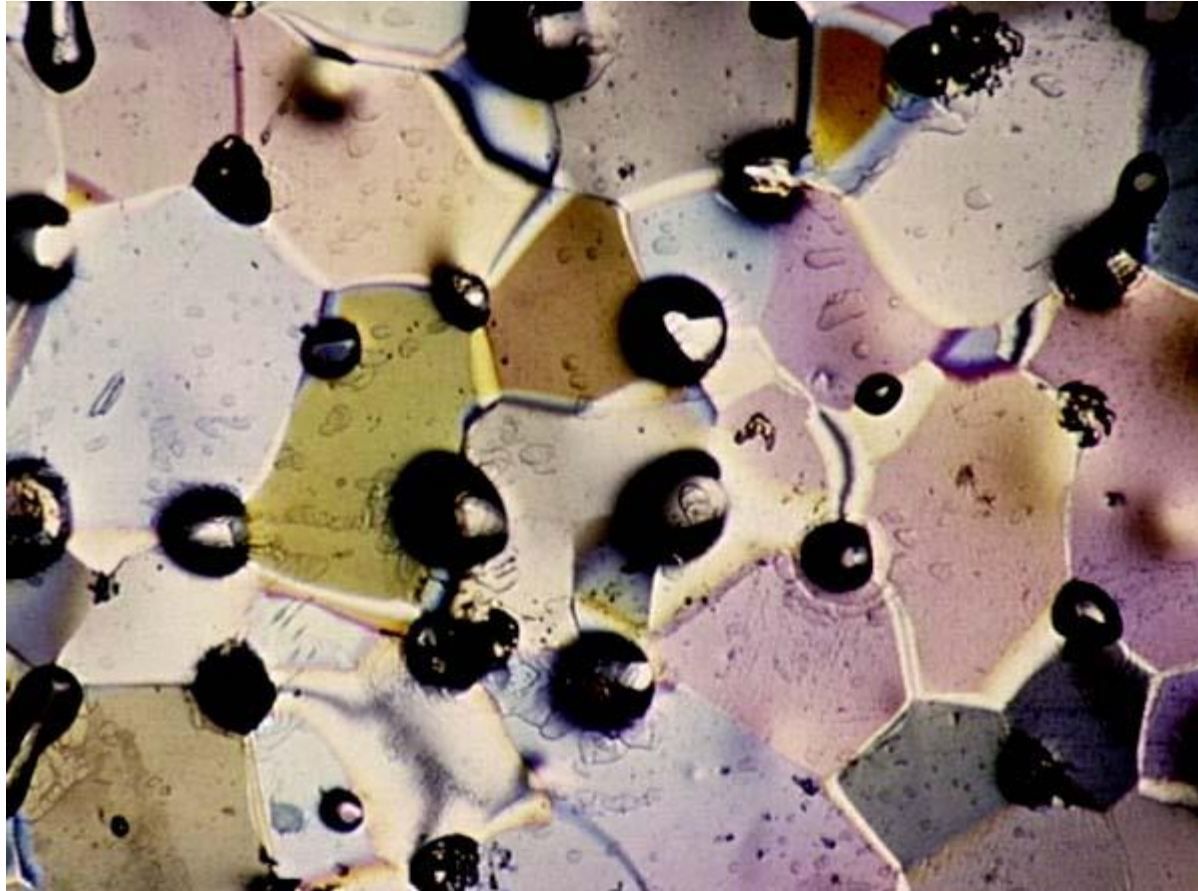


Échantillons de glace vus au microscope polarisant

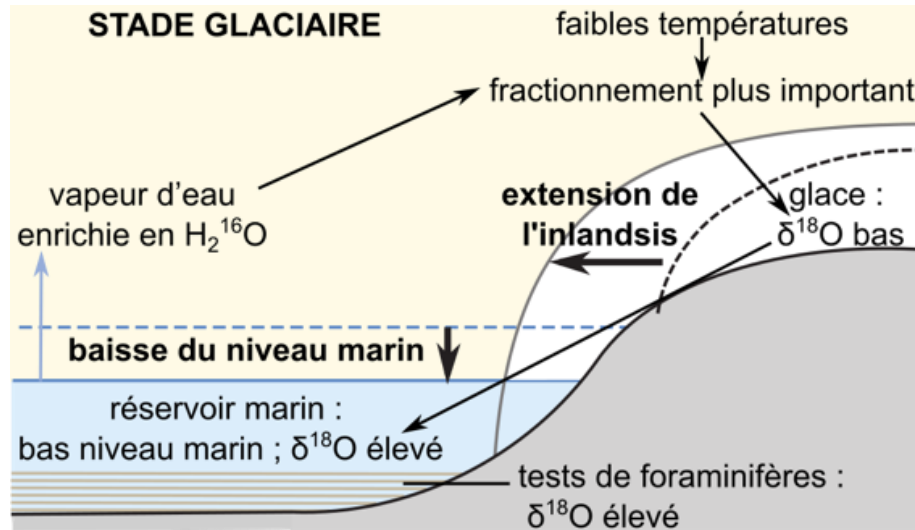


Analyse de carottes glaciaires en Antarctique

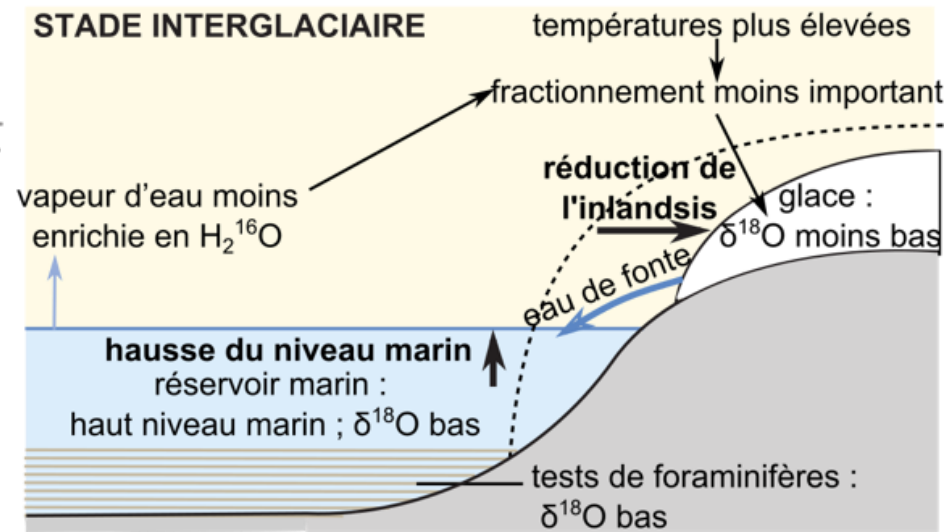
Microscope lumière polarisée et analysée



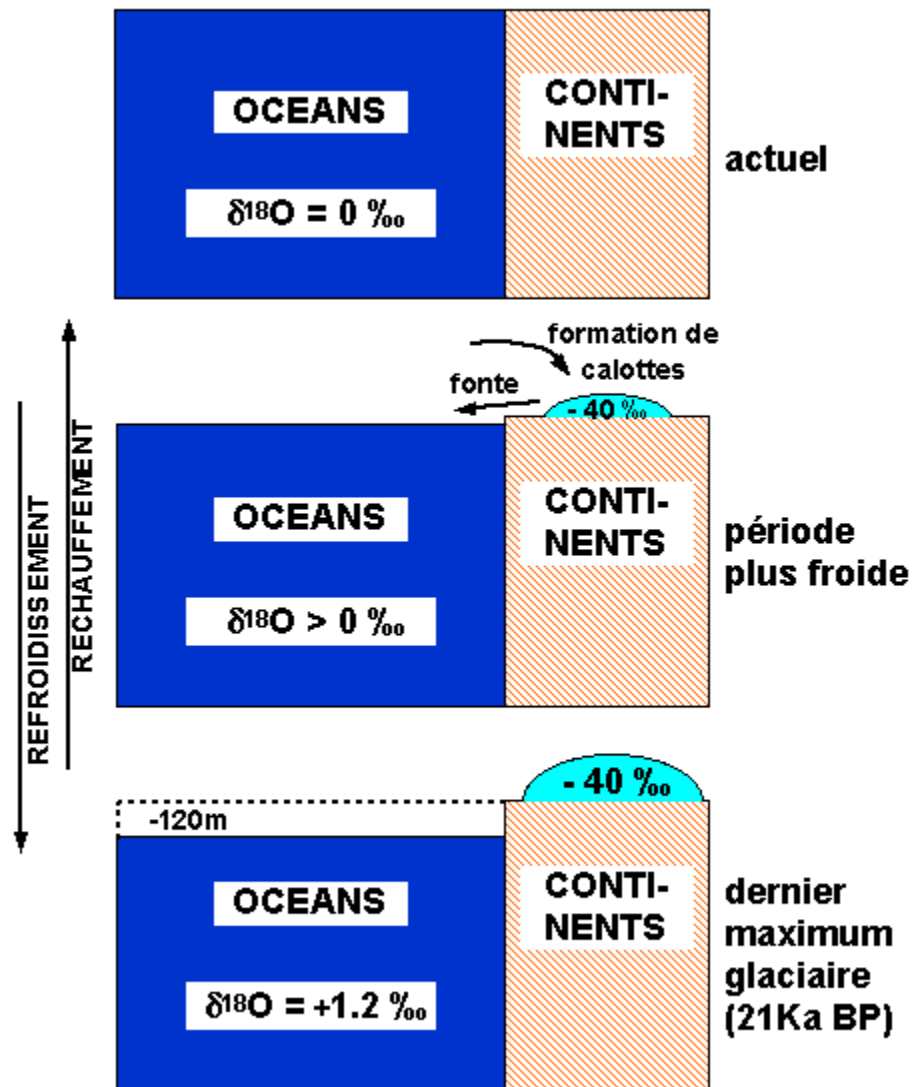
– Variations des $\delta^{18}\text{O}$ au cours d'un cycle glaciaire – interglaciaire



- enregistrement du $\delta^{18}\text{O}$ élevé par les foraminifères
- benthiques : refroidissement global
 - planctoniques : baisse de température superficielle

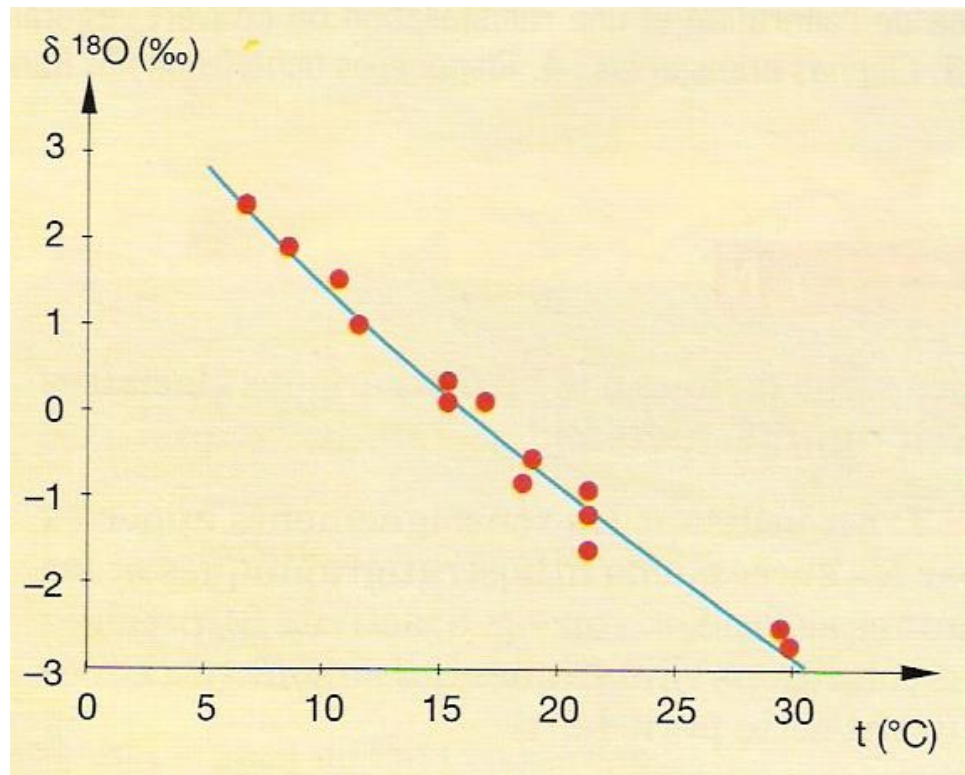


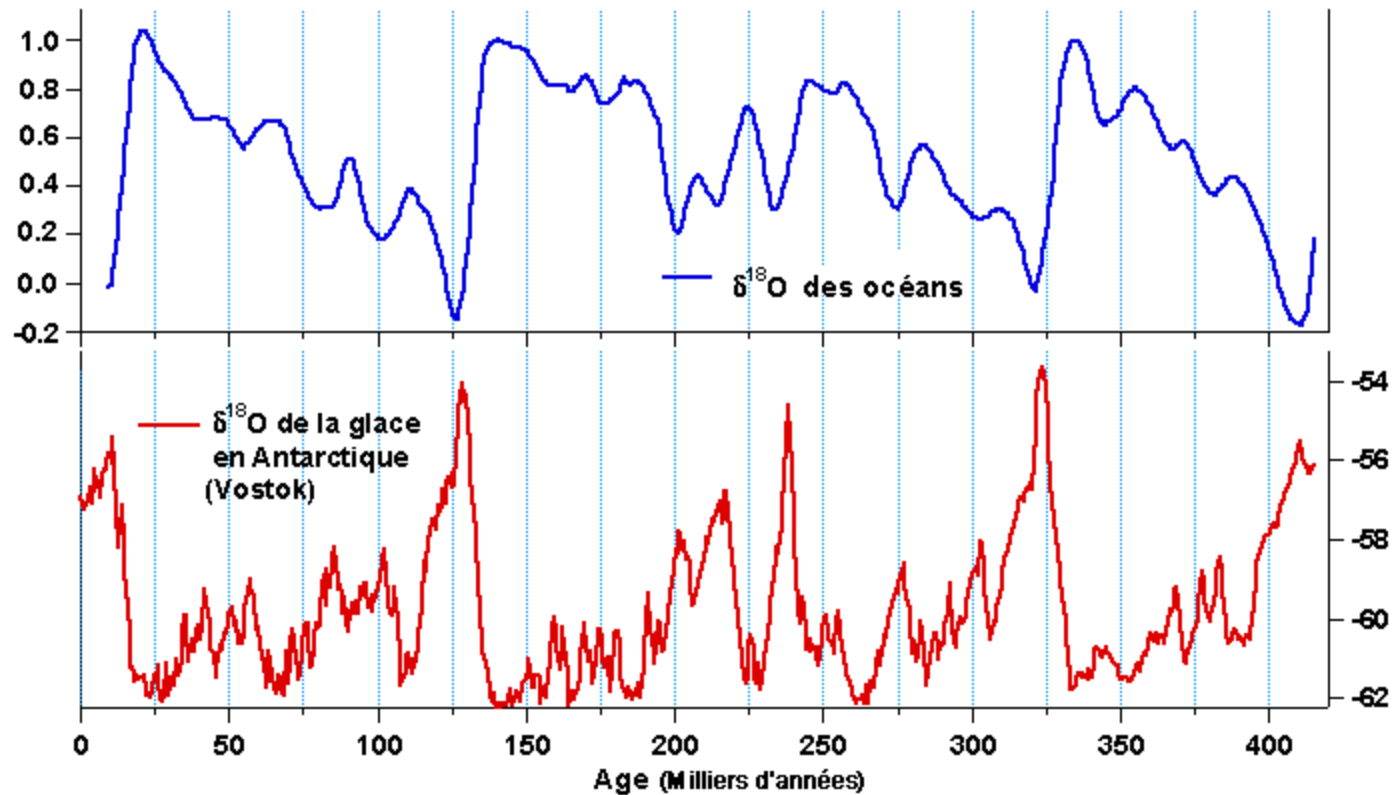
- enregistrement du $\delta^{18}\text{O}$ bas par les foraminifères
- benthiques : réchauffement global
 - planctoniques : hausse de température superficielle



Relation entre $\delta^{18}\text{O}$ et périodes glaciaire et interglaciaire

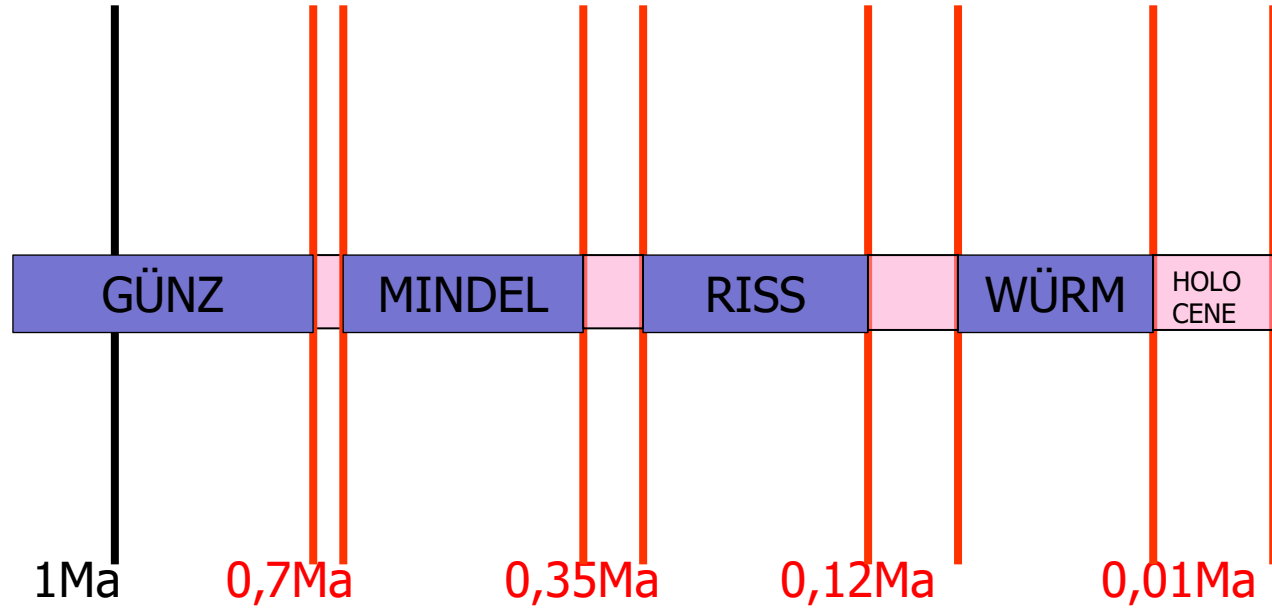
Relation entre la température de l'eau et le $\delta^{18}\text{O}$ des carbonates





Variations isotopiques de l'oxygène depuis
400 ka dans les océans et les glaces
antarctiques

Glaciations du Quaternaire



Extension de la calotte arctique

- 22 000 ans Actuel

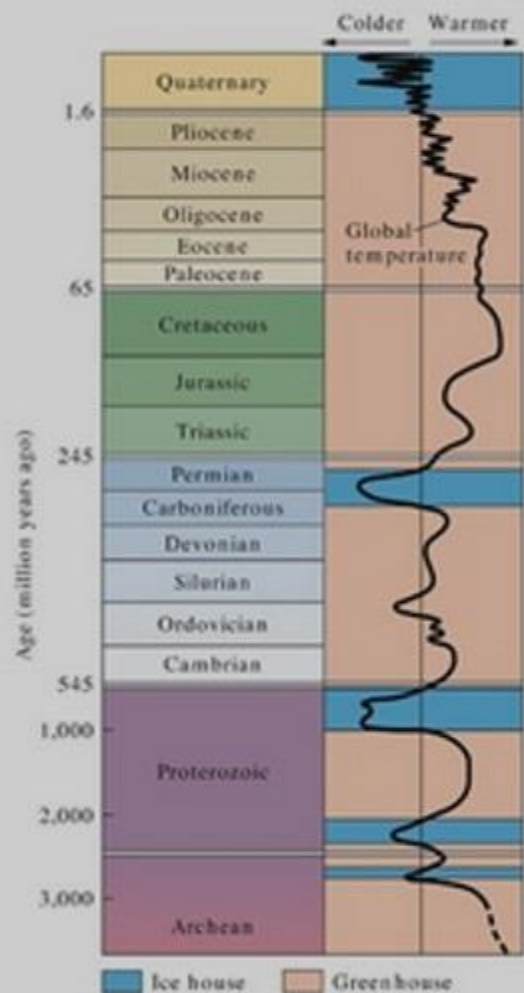


Reconstitution des paléogéographies (C. Scotese)

HIGH
180:160

LOW
180:160

Icehouse vs. Greenhouse

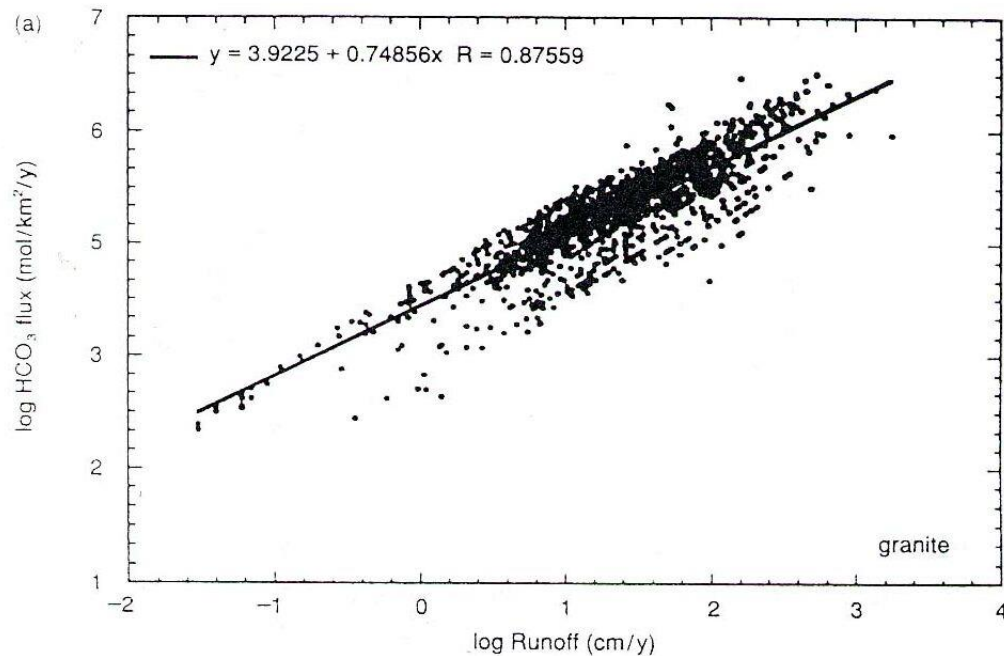


ICE HOUSE = Ice present @ poles



GREEN HOUSE = NO ice present @ poles

Pendant plus de 70% de l'âge de notre planète, celle-ci est plus chaude qu'à l'heure actuelle.



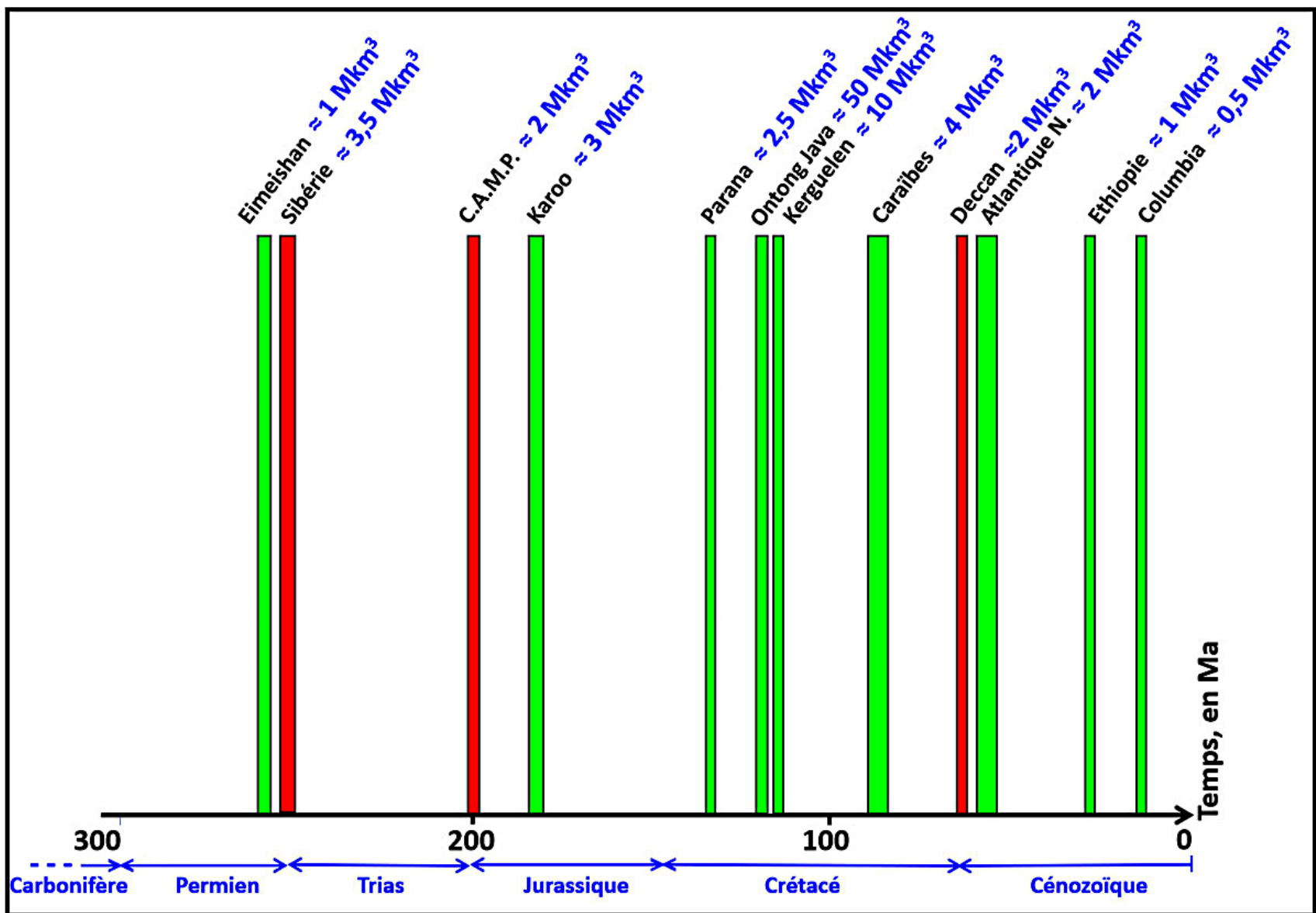
Résultats de données de terrain mesurées sur des petits bassins granitiques en fonction du runoff ou écoulement spécifique (débit/surface).

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/td-cycle-du-carbone>

Exemple altération de l'anorthite



L'altération = pompe à CO_2 !

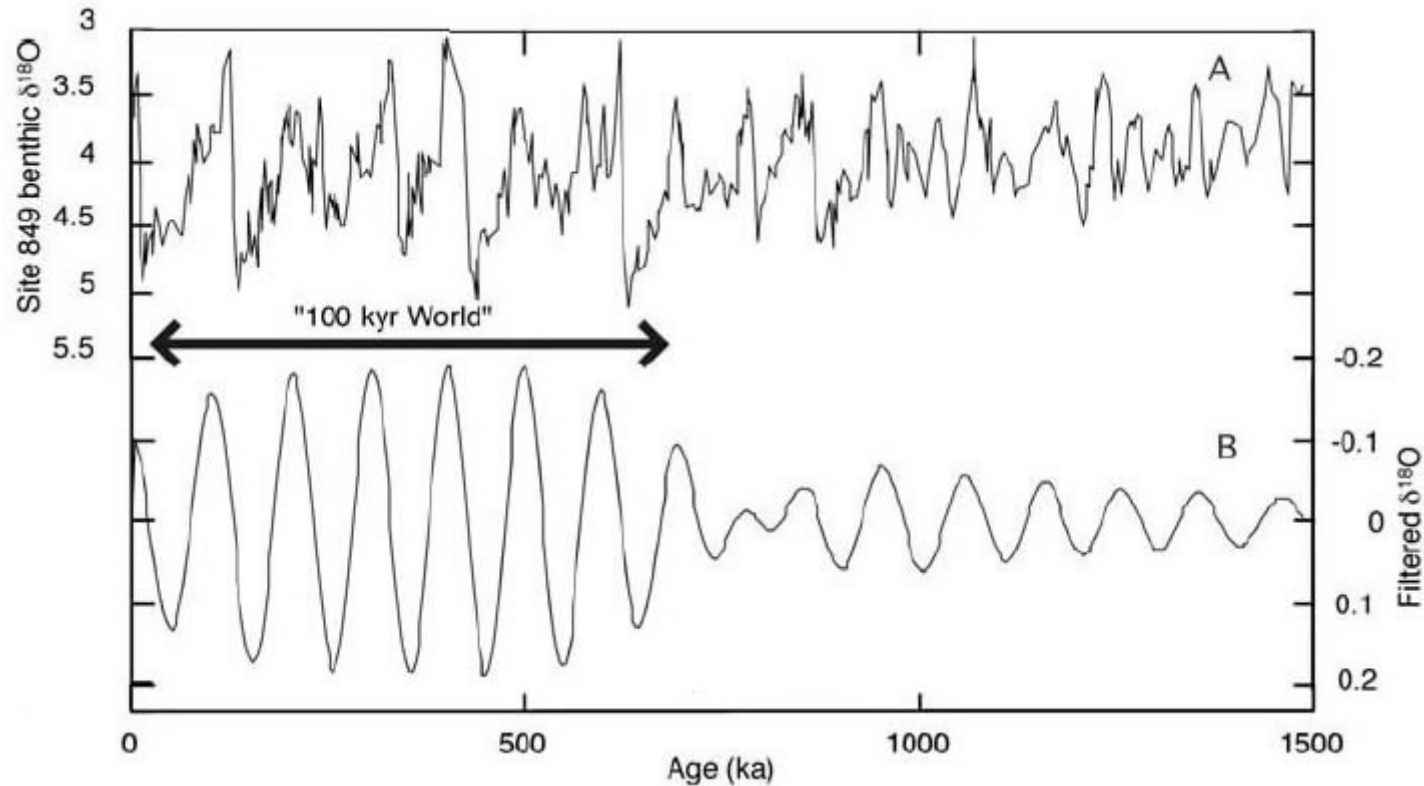


Les 12 provinces volcaniques géantes des 300 millions d'années



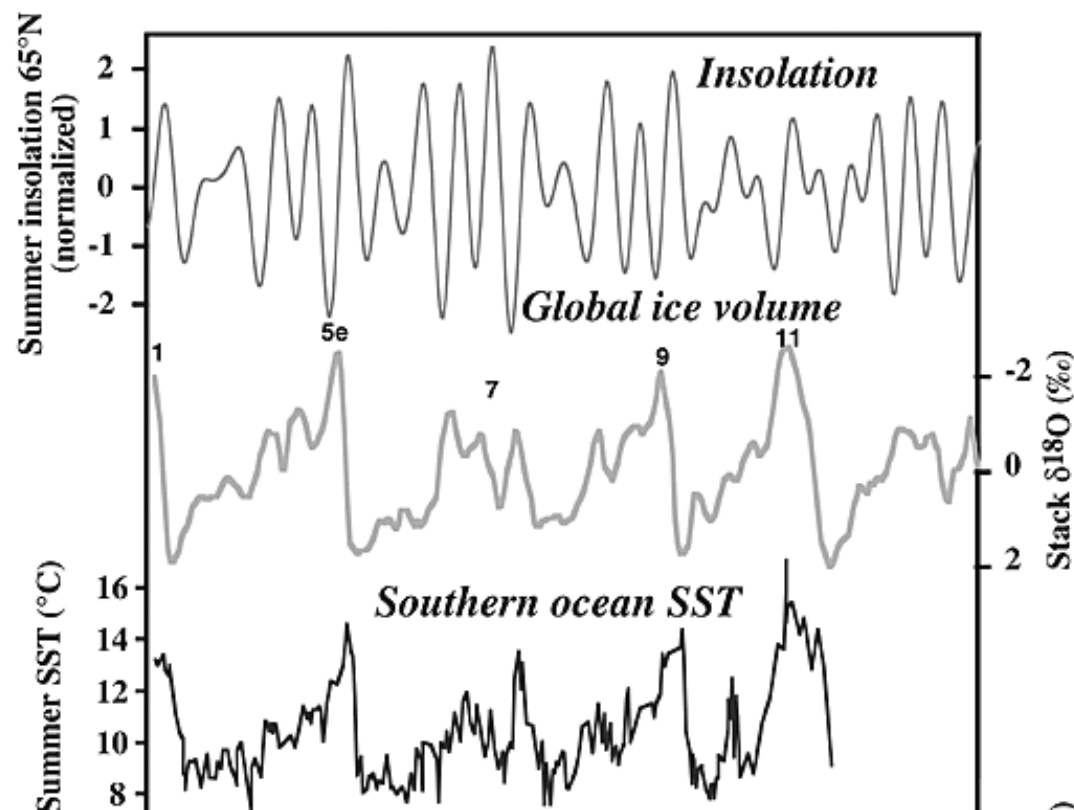
Répartition des glaciers au Permo-Carbonifère sur le continent de Gondwana (d'après Wincander & Monroe, 2016)

Distribution des masses continentales et climat

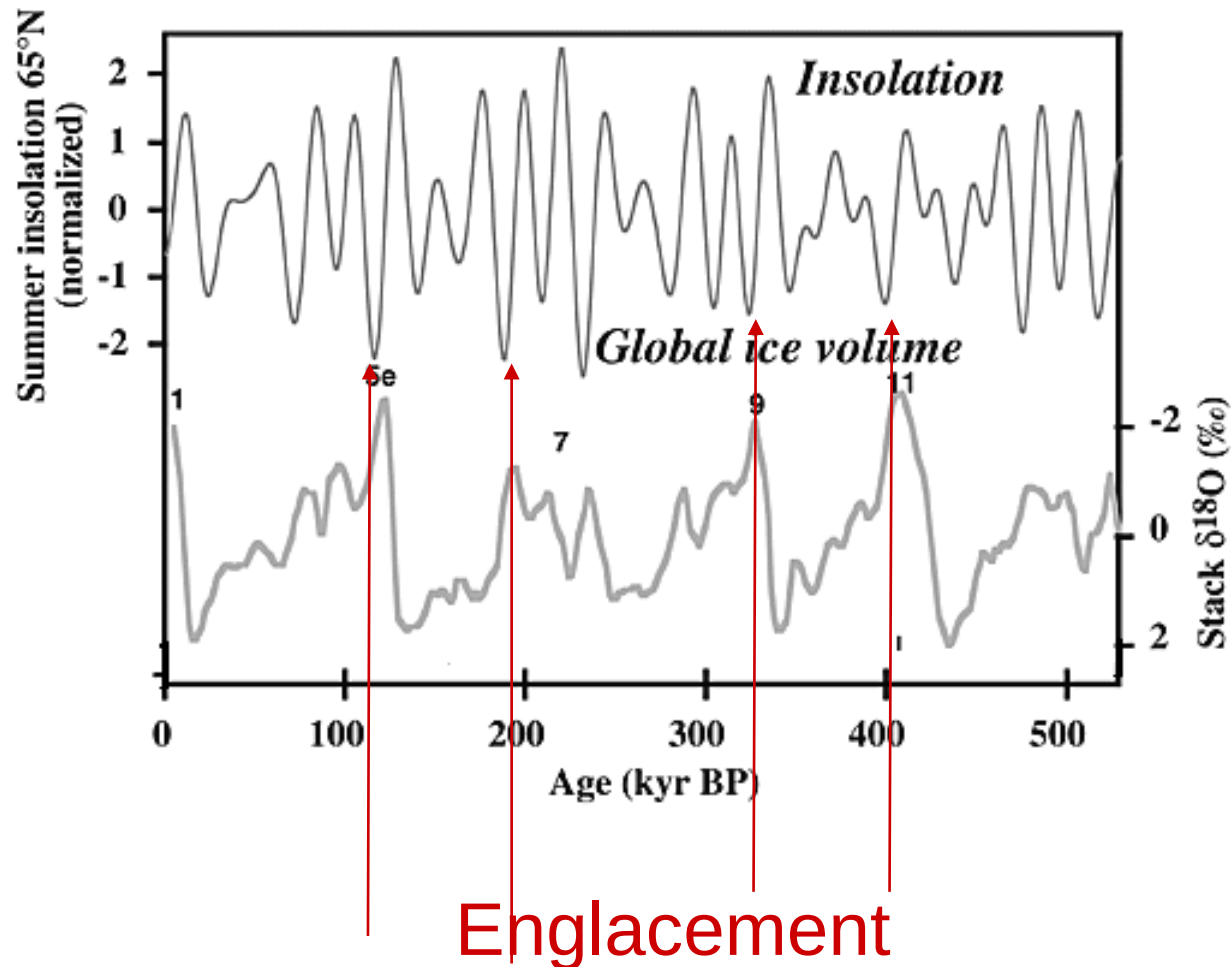


- a - Enregistrement des variations isotopiques ($\delta^{18}O$) des foraminifères **benthiques** à partir du forage ODP au site 849 dans le Pacifique.
- b - Enregistrement précédent filtré pour ne faire apparaître que les cycles de 100 000 ans

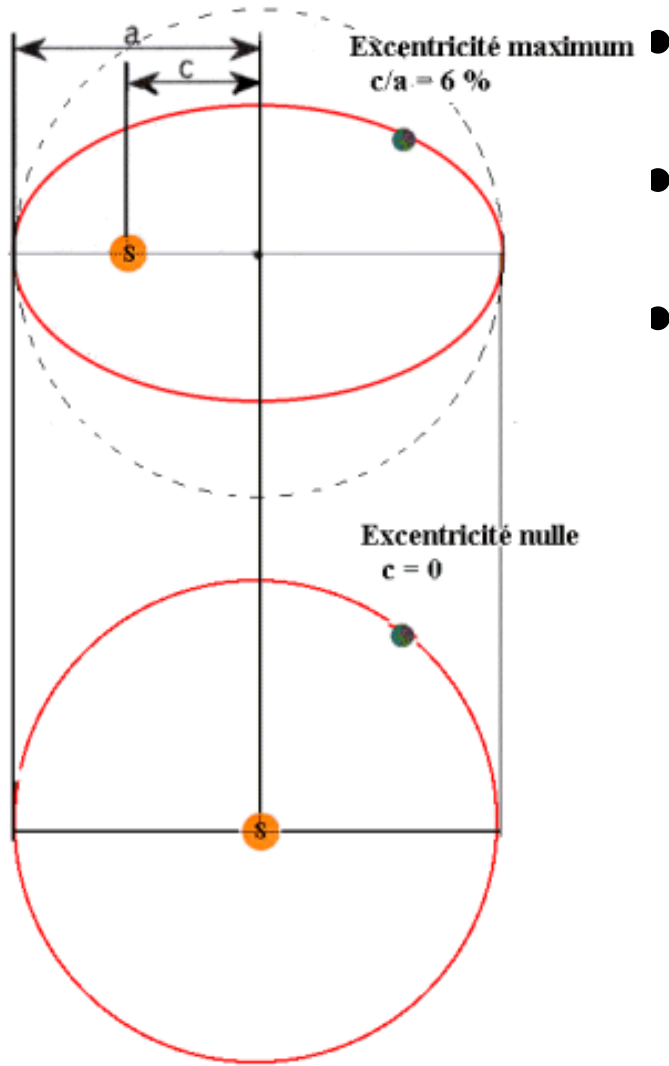
Variations climatiques des quatre derniers cycles.



Corrélation mise en glace / faible insolation estivale



- L'excentricité.

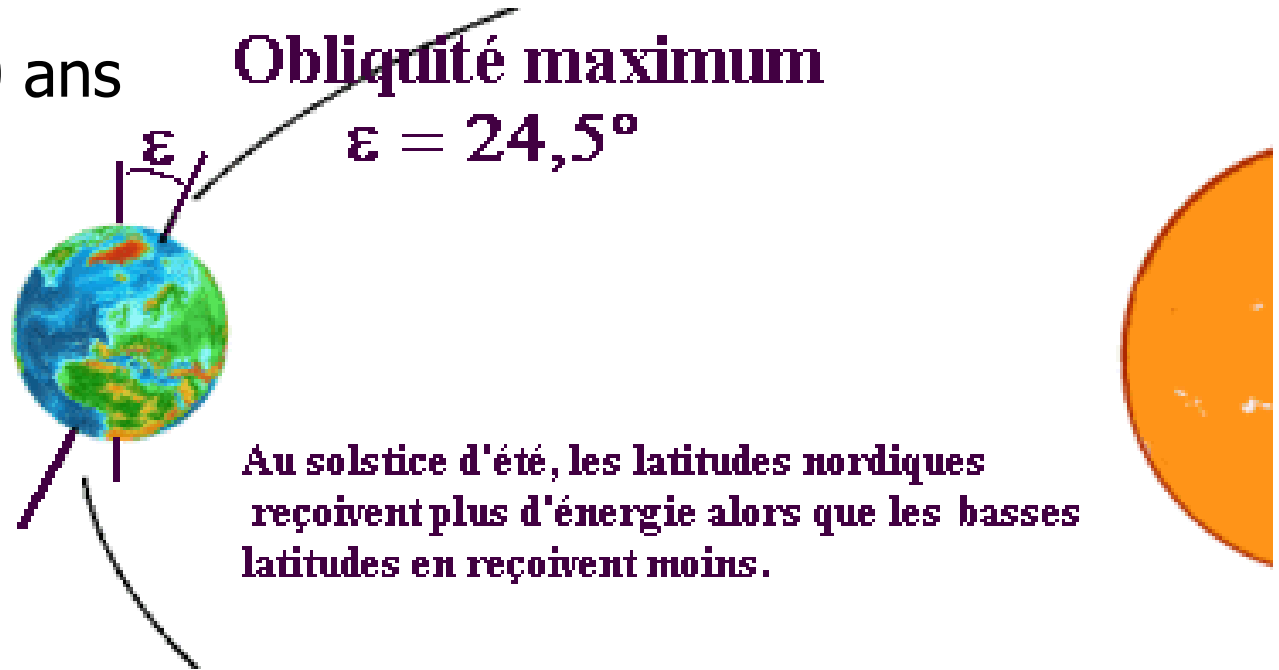


- Limites : $[0 ; 6\%]$.
- Valeur actuelle = 1,67%.
- Ce paramètre varie suivant une période de **100 000 ans**

- Obliquité

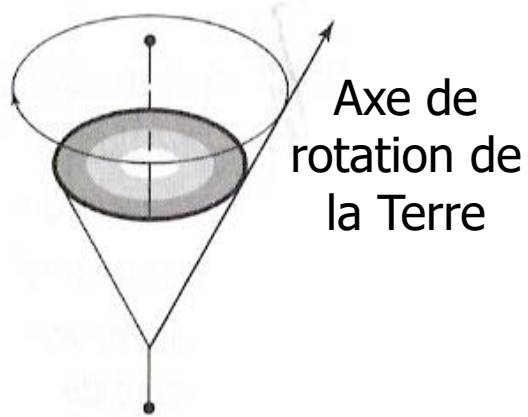
Périodicité : 41 000 ans

Actuelle : $23^{\circ}26'$

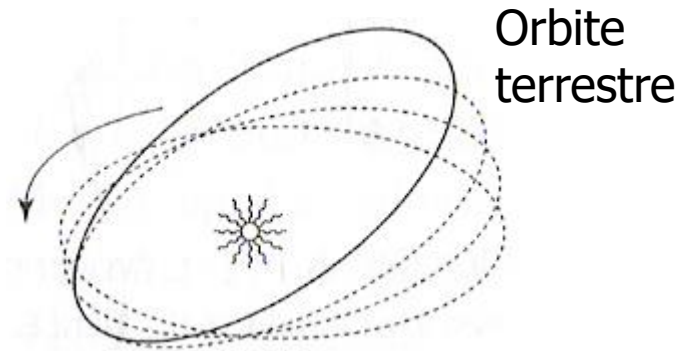


- **angle fort** → fort ensoleillement des pôles en été → **interglaciaire**
- **angle faible** → **glaciation.**

Causes de la précession des équinoxes

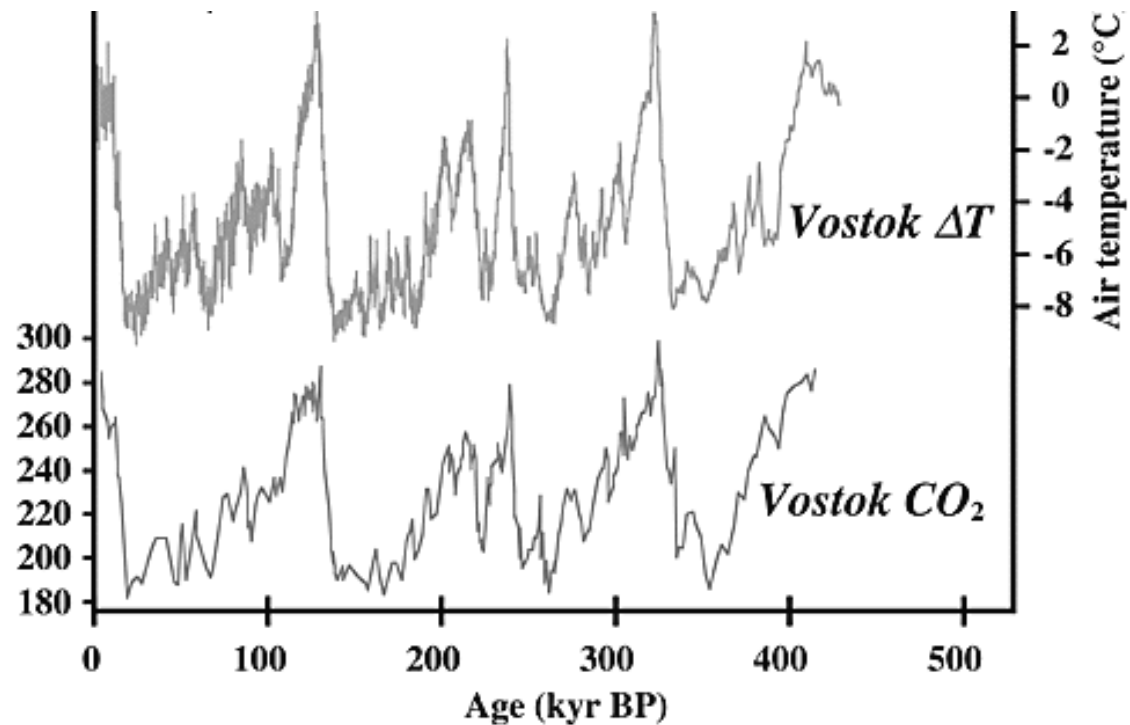


Période : 26 000 ans



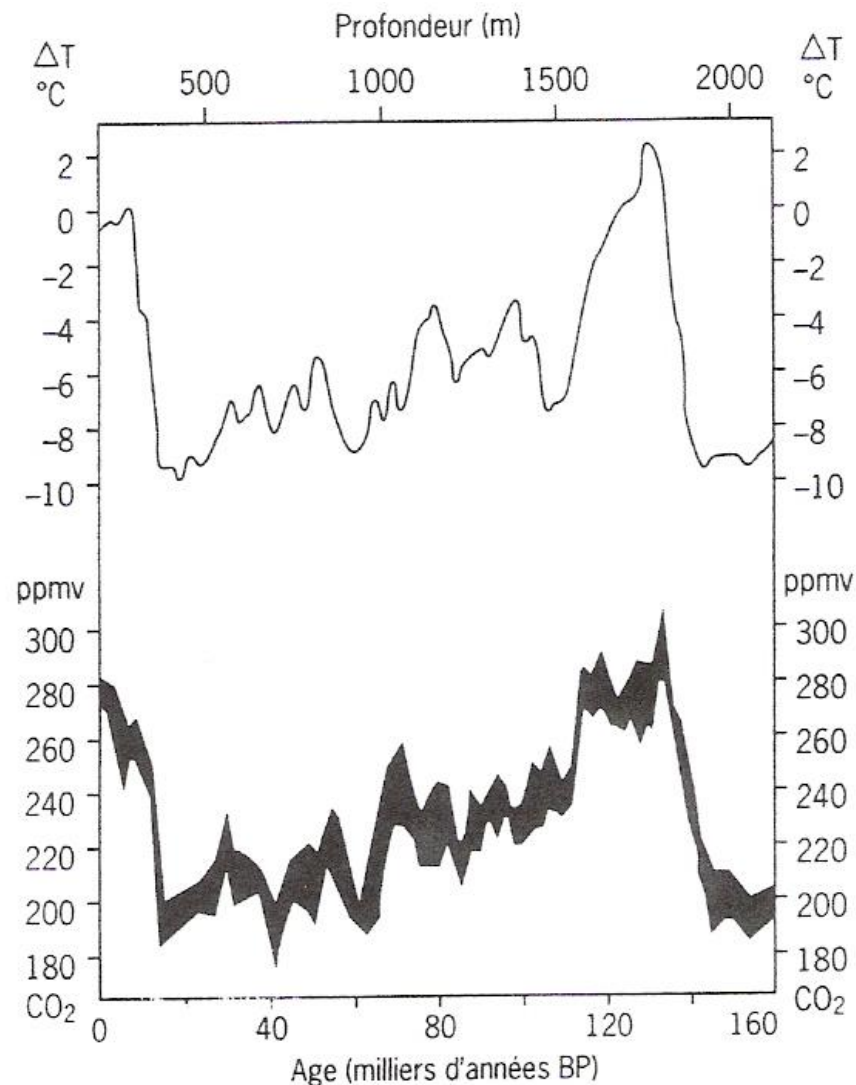
Période : 124 000 ans.

Recherche de facteurs de forçage interne



– Résultats d'analyses du forage de Vostok : corrélation entre l'augmentation du taux de CO₂ et celle de la température

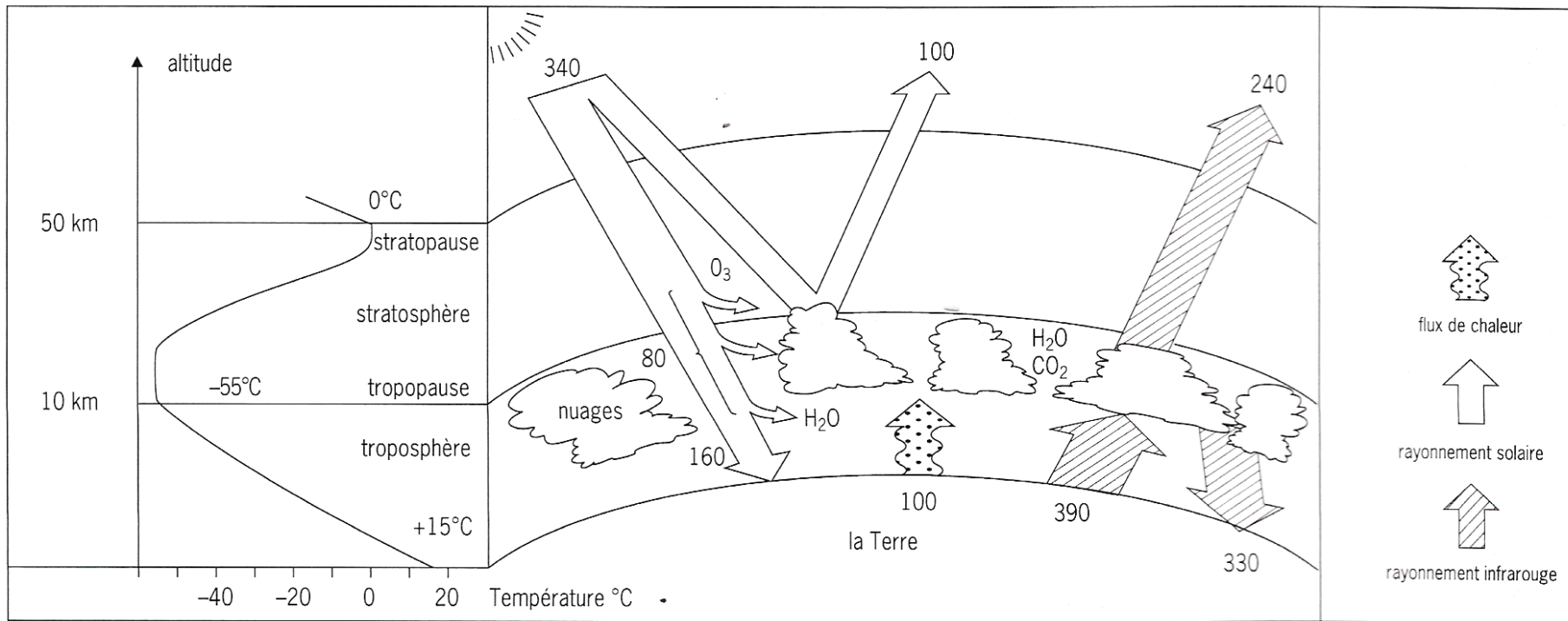
S. Joussaume 1993 « Climats d'hier à demain » CNRS-CEA Editions



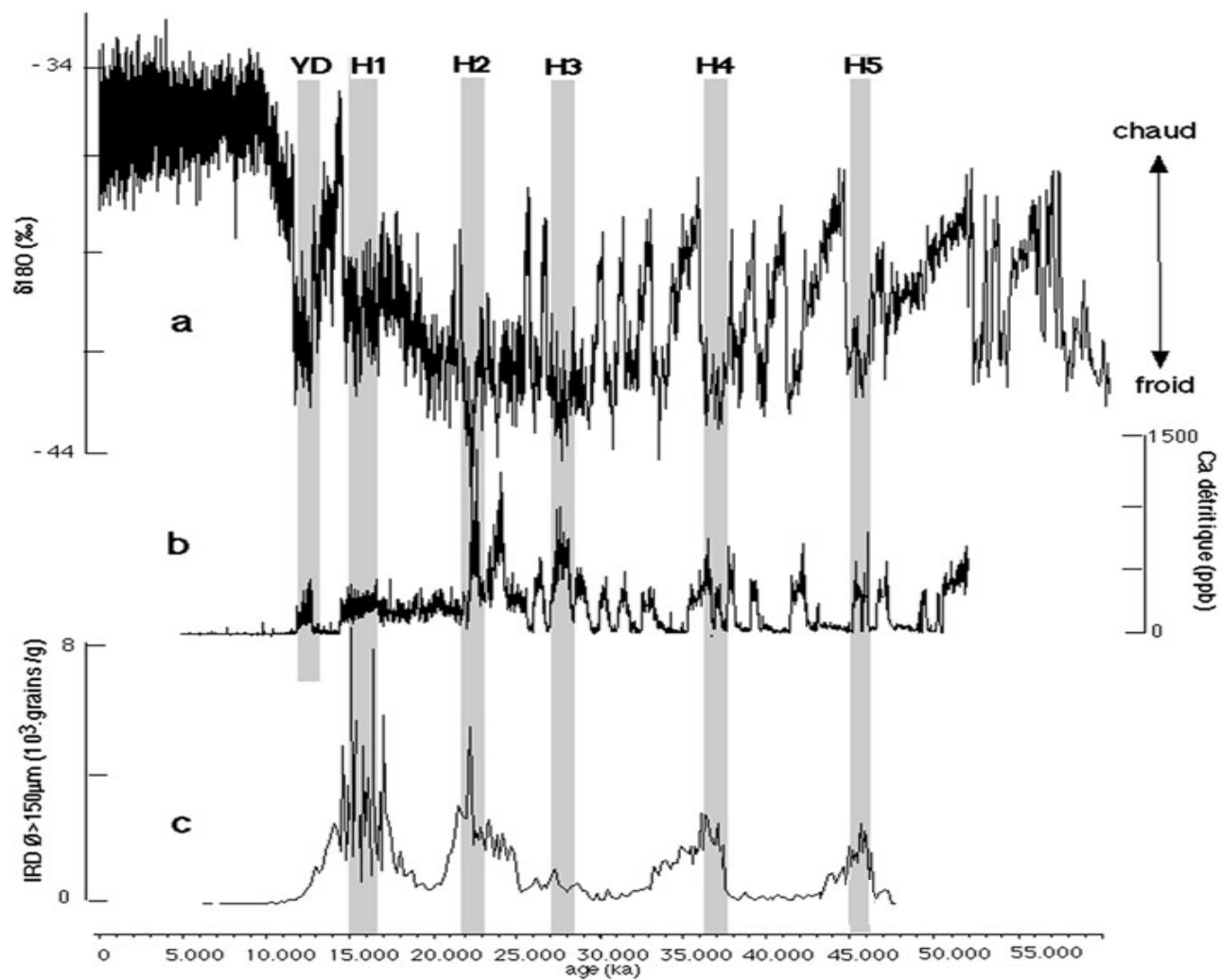
G1-16 – Bilan radiatif de la terre

S. Joussaume 1993 « Climats d'hier à demain » CNRS-CEA Editions

Flux de chaleur en W.m^{-2}

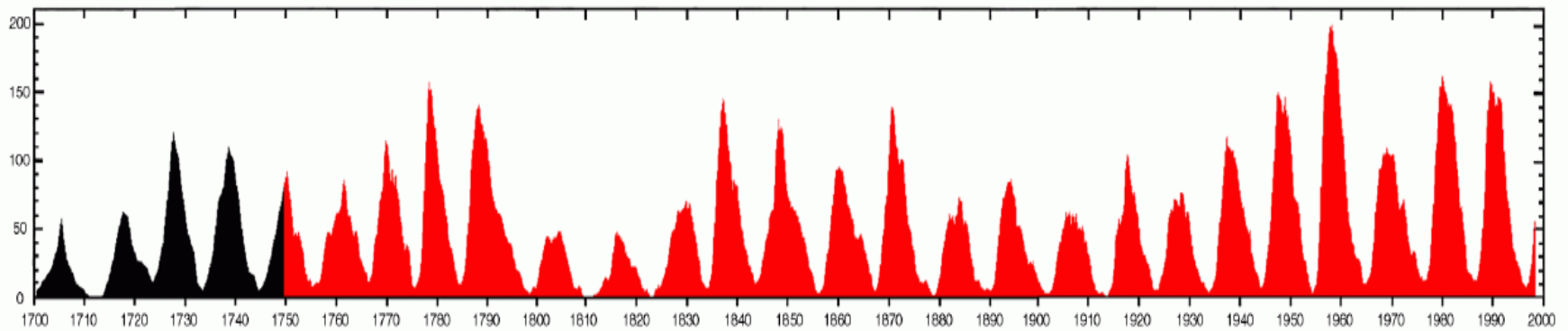


– Les évènements de Heinrich



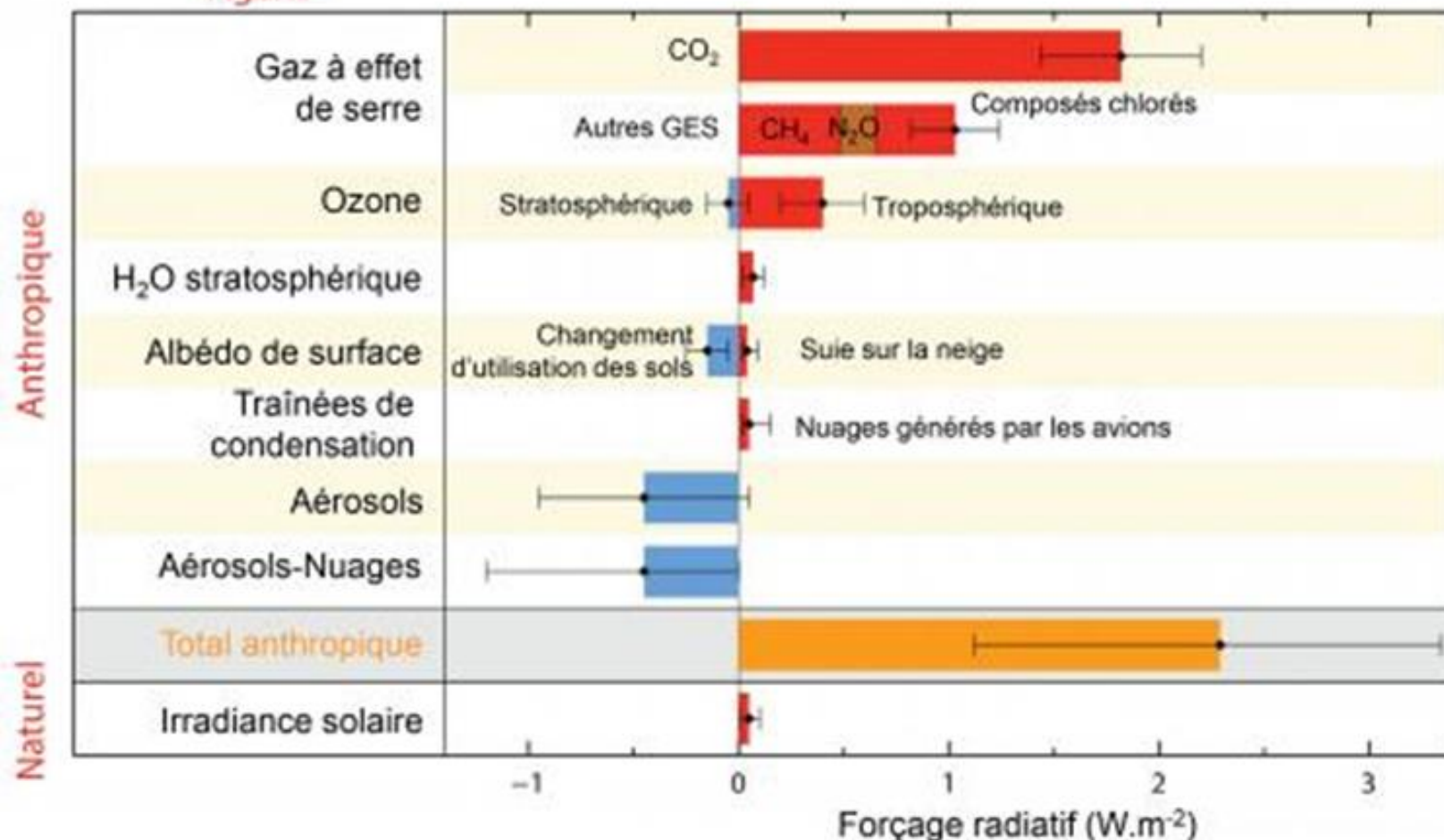
Cycle de variation du nombre de taches solaires de 1700 à nos jours

Site planet-terre.ens-lyon.fr



Forçages radiatifs sur le climat en 2011

Agent



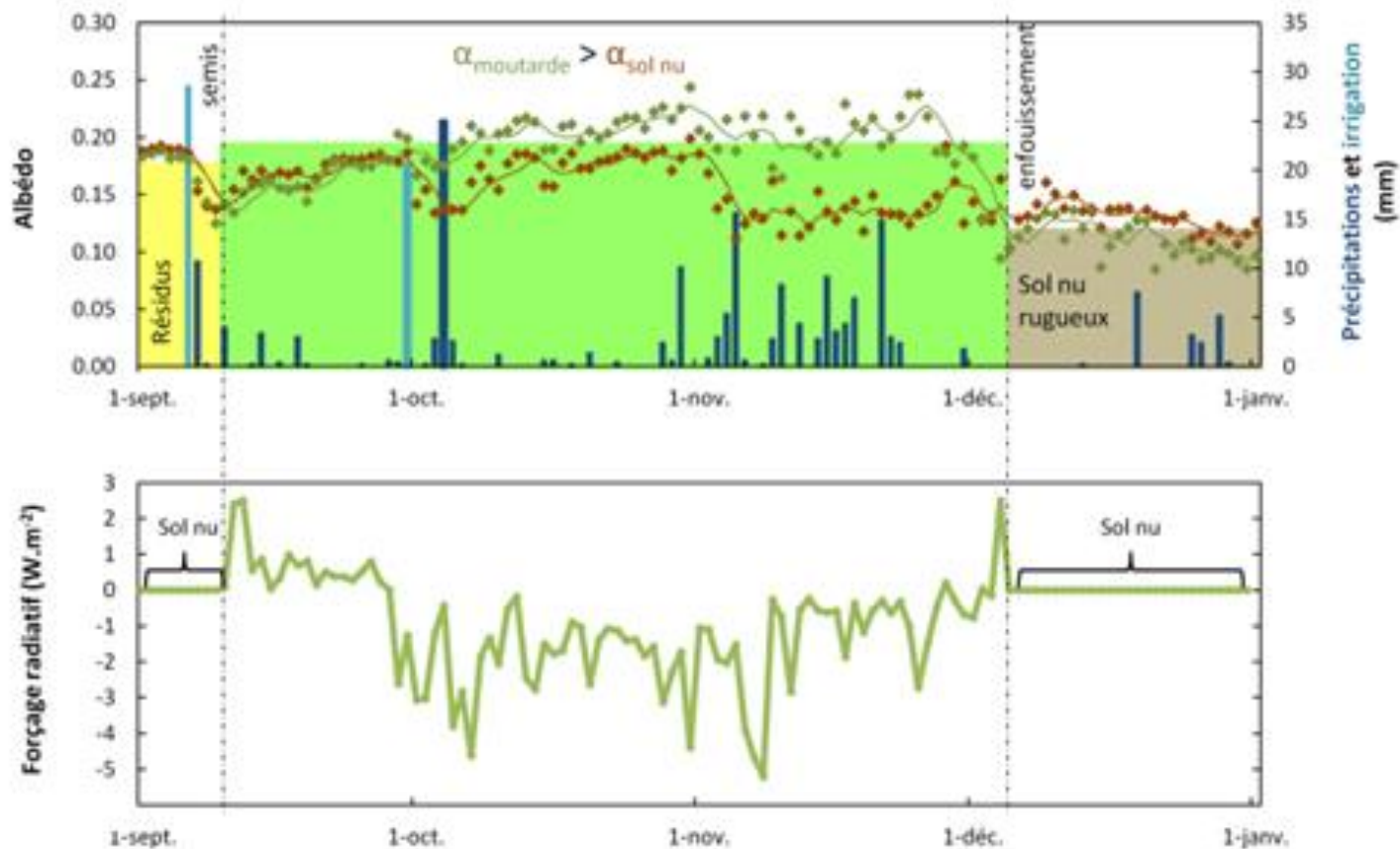


Figure 2 : (a) Evolution de l'albédo journalier sur la sous-parcelle avec un CI de moutarde blanche (courbe verte) et sur la sous-parcelle maintenue en sol nu (courbe marron) durant la période d'inter-culture sur la parcelle de Lamasquère (31) en 2013 ; **(b) évolution du forçage radiatif (RF)** induit par le couvert de moutarde blanche par rapport au sol nu. En dehors des périodes de développement de la moutarde, RF est égal à 0.

CESCHIA E. et al, 2017. Potentiel d'atténuation des changements climatiques par les couverts intermédiaires. Innovations Agronomiques 62 p 43-58

Effet des cultures intermédiaires sur l'albédo

Table 1 : Les SSP et leur narratif

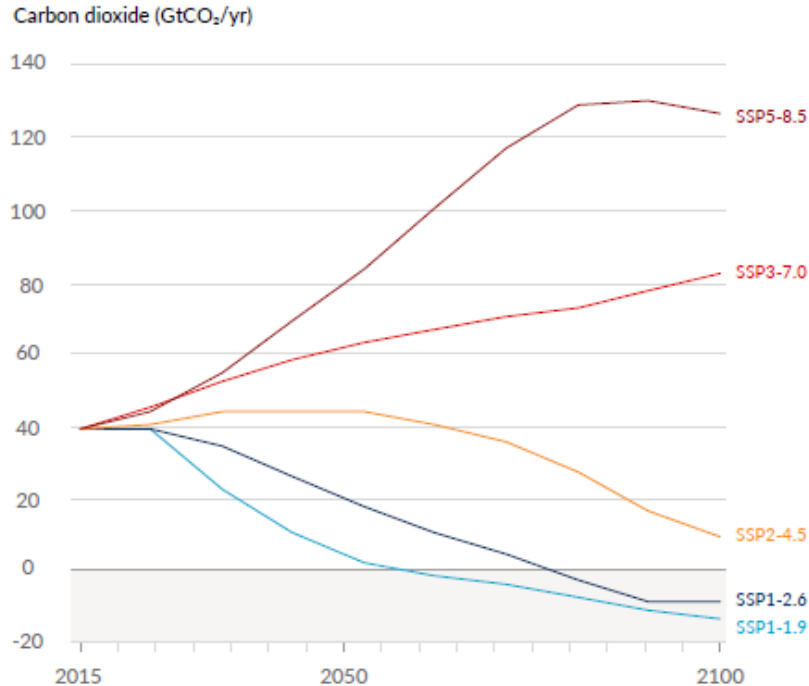
Scenario	Narratif	Défi pour l'atténuation	Défi pour l'adaptation
SSP1 Développement durable	Fort coopération internationale, priorité donnée au développement durable, amélioration des conditions de vie et préférences des consommateurs pour des biens et services respectueux de l'environnement, peu intensifs en ressources et en énergie.	Faible	Faible
SSP2 Poursuite des tendances	Les tendances sociales, économiques et technologiques actuelles se poursuivent, le développement et la croissance progressent de manière inégale selon les pays et les régions. Les institutions nationales et internationales œuvrent à la réalisation des objectifs de développement durable qui progresse lentement. L'environnement se dégrade malgré un développement moins intensif en ressources et en énergie.	Moyen	Moyen
SSP3 Rivalités régionales	Résurgence des nationalismes, développement économique lent, persistance des inégalités et des conflits régionaux. Les pays sont guidés par des préoccupations en matière de sécurité et de compétitivité. Ils se concentrent sur les problèmes nationaux voire régionaux et sur les enjeux de sécurité alimentaire et énergétique. Faible priorité internationale pour la protection de l'environnement, qui se dégrade fortement dans certaines régions.	Elevé	Elevé
SSP4 Inégalités	Développement marqué par de fortes inégalités entre et à l'intérieur des pays. Dégradation de la cohésion sociale et multiplication des conflits. Fossé croissant entre une élite connectée et mondialisée, responsable de la majorité des émissions de GES, et un ensemble fragmenté de populations à faible revenu, peu éduqué et vulnérable au changement climatique. Le secteur énergétique se diversifie entre sources d'énergie fortement carbonées et décarbonées. Les politiques environnementales se concentrent sur les enjeux locaux.	Faible	Elevé
SSP5 Développement conventionnel	Développement adossé à l'exploitation forte des énergies fossiles et marqué par des investissements élevés dans la santé, l'éducation et les nouvelles technologies. Adoption de modes de vie intensifs en ressources et en énergie à travers le monde. La croissance économique et le progrès technologique sont élevés. Les problèmes de pollution locale sont bien gérés et l'adaptation est facilitée notamment grâce au recul de la pauvreté.	Elevé	Faible

Sources : Riahi et al. (2017), O'Neill et al. (2015), Bauer et al. (2017)

Source : I4CE, 2019, d'après Riahi et al. (2017), O'Neill et al. (2015), Bauer et al. (2017)

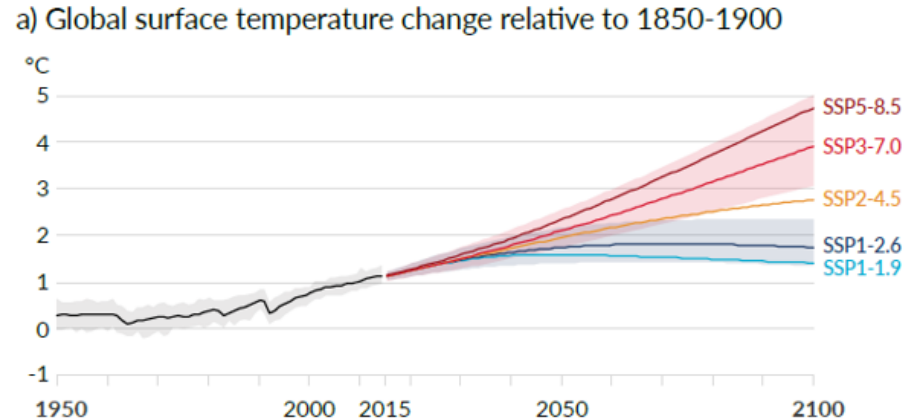
<https://www.i4ce.org/dou-viennent-les-cinq-nouveaux-scenarios-du-giec-climat/>

Figure 1 : Emissions de CO₂ futures dans les cinq scénarios illustratifs



Source : Sixième rapport d'évaluation du premier groupe de travail du GIEC, 2021

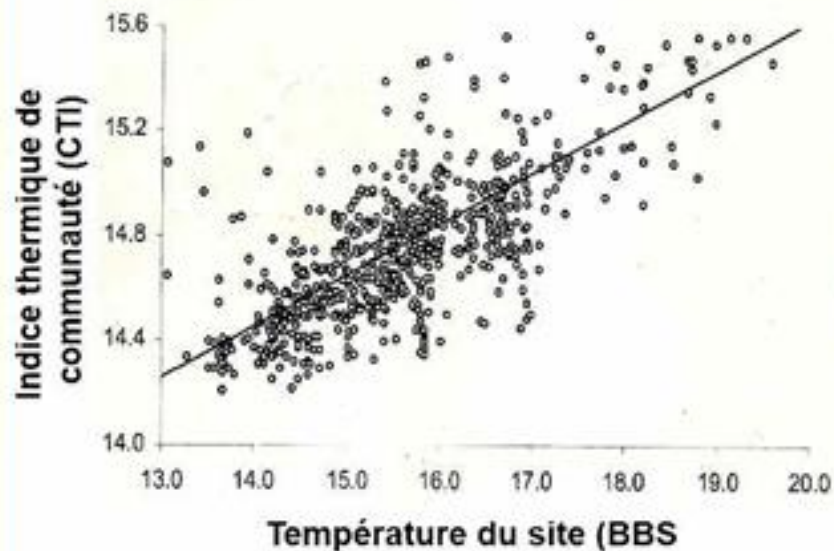
Figure 2 : Augmentation de la température de surface dans chacun des scénarios par rapport aux niveaux de 1850-1900



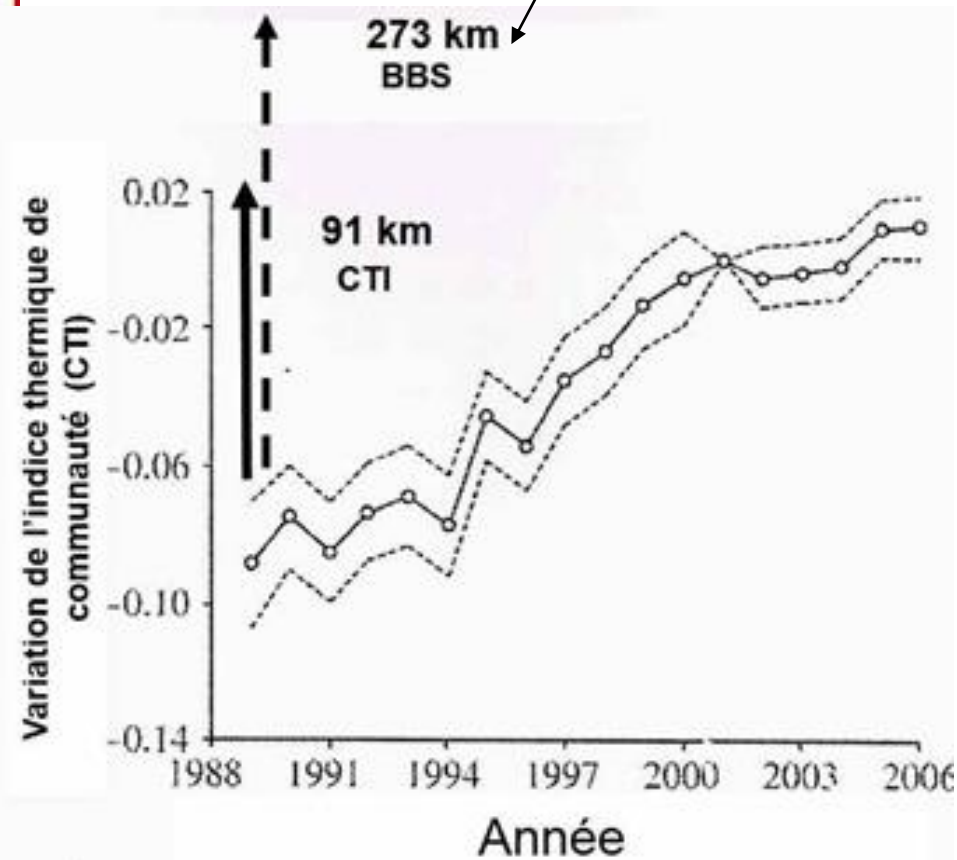
Sur cette figure, les lignes représentent la valeur moyenne obtenue par l'ensemble des modèles climatiques utilisés. Les aires colorées représentent les valeurs obtenues dans 90% des simulations pour le SSP3-7.0 et le SSP1-2.6. Cette fourchette n'est pas représentée sur les autres scénarios par souci de lisibilité.

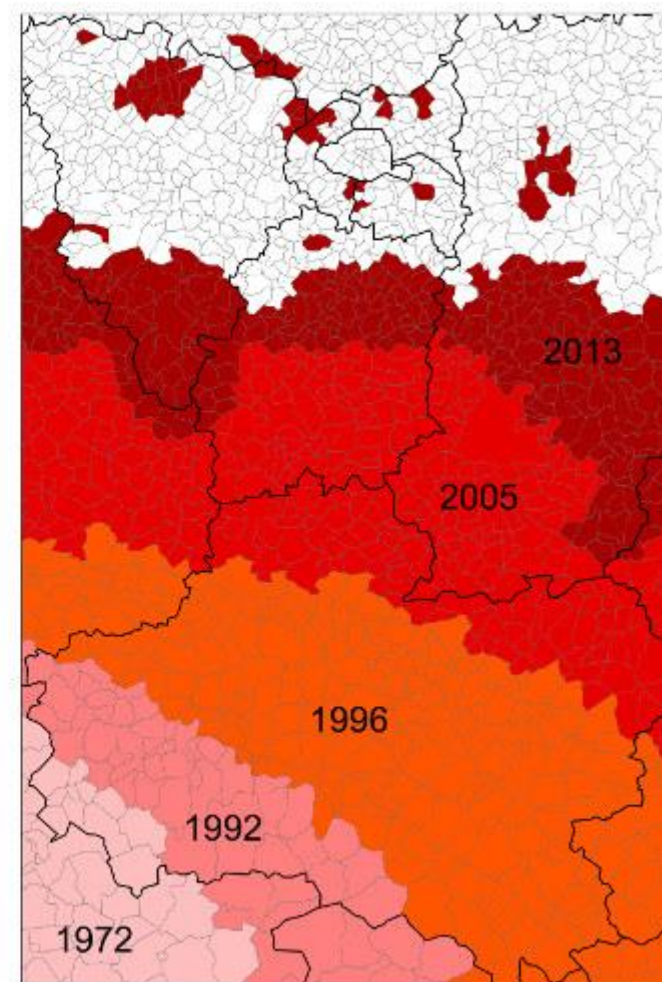
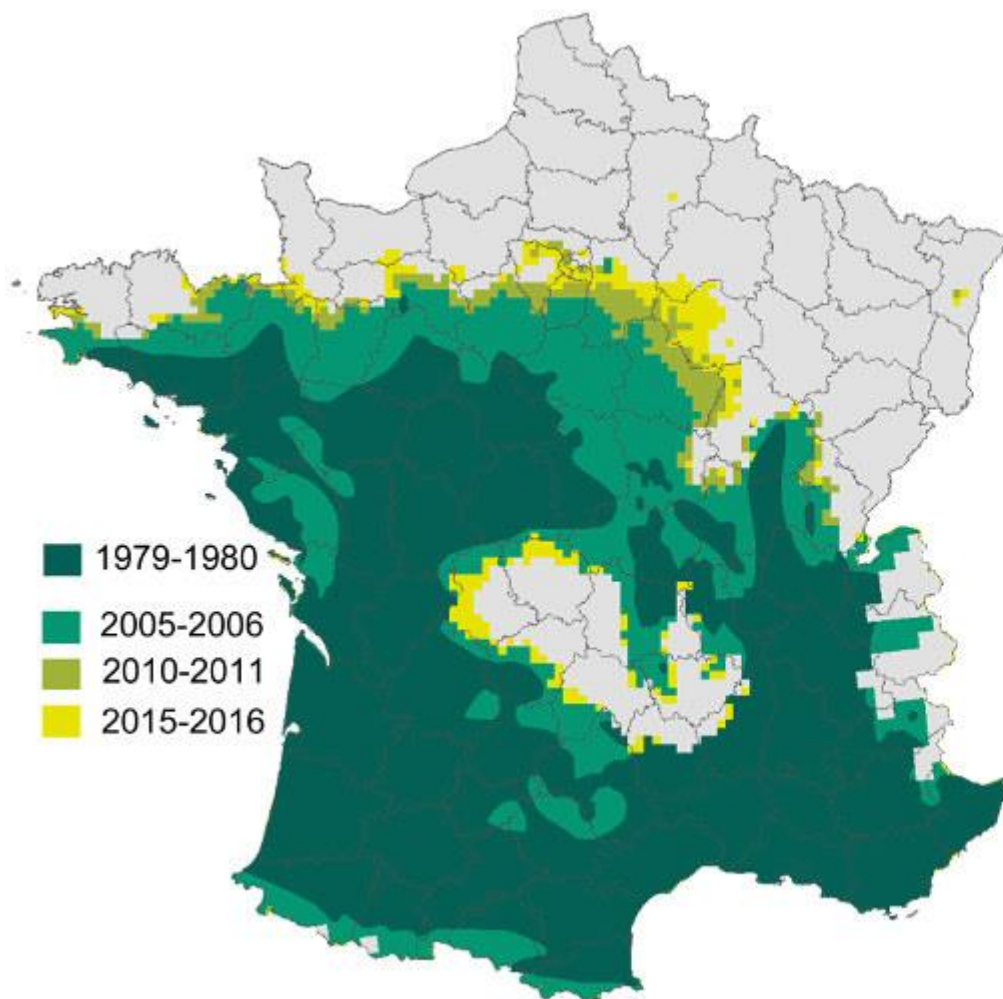
Source : Sixième rapport d'évaluation du premier groupe de travail du GIEC, 2021

indice thermique de la communauté (CTI, Community Temperature Index)



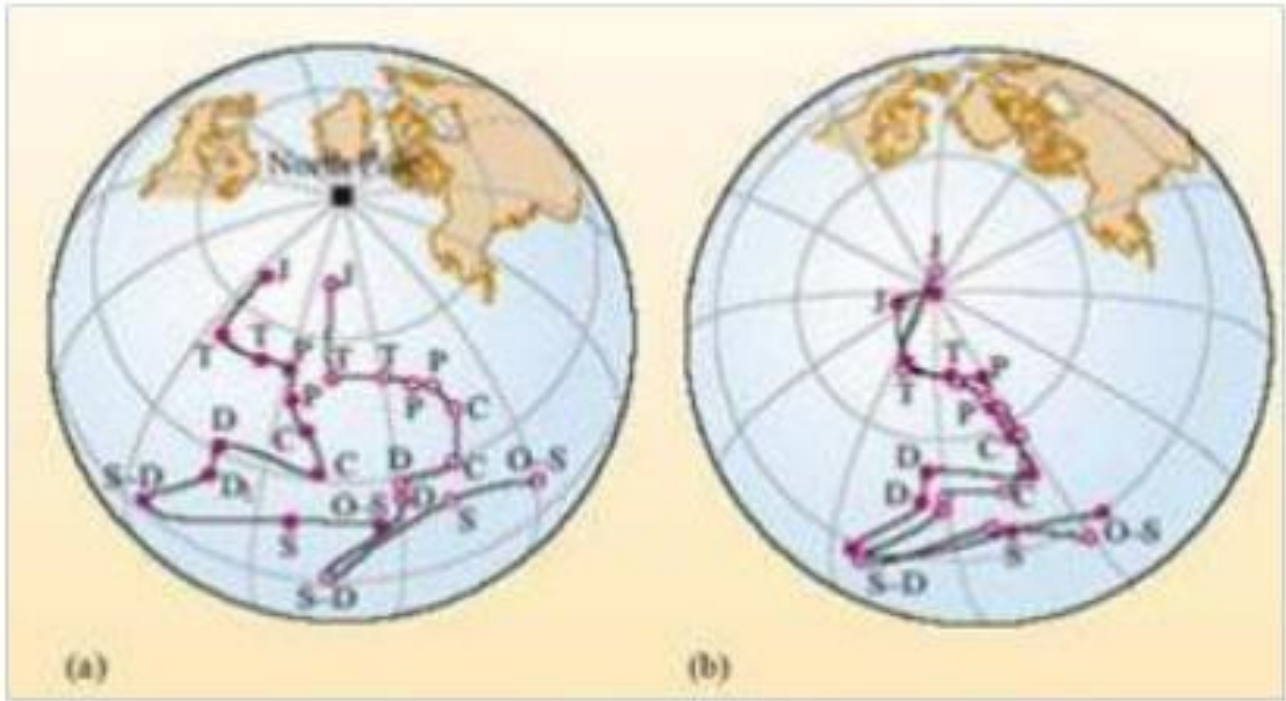
Déplacement vers le nord des isothermes





Expansion de la processionnaire du pin en France. A gauche : mouvements globaux des fronts d'expansion à différentes dates entre 1979 et l'hiver 2015-2016. A droite : détail de l'expansion dans le sud du bassin parisien entre 1972 et 2011. [Source : A gauche, © Jérôme Rousselet, INRA ; à droite, d'après Roques et al. 2015, référence 4 ; © Roques]

Apport du paléomagnétisme continental pour les reconstitutions de la paléophysiographie



Déplacement apparent du pôle magnétique à partir des mesures faites en Amérique du Nord (cercles pleins) et en Europe (cercles vides). (a), traces du déplacement avec les continents à leur place actuelle. (b), continents juxtaposés selon la théorie mobiliste: les deux traces coïncident du Silurien au Jurassique (d'après Mussett & Khan, 2000, in Open University). Légendes : J: Jurassique P: Permien D: Dévonien S: Silurien O: Ordovicien