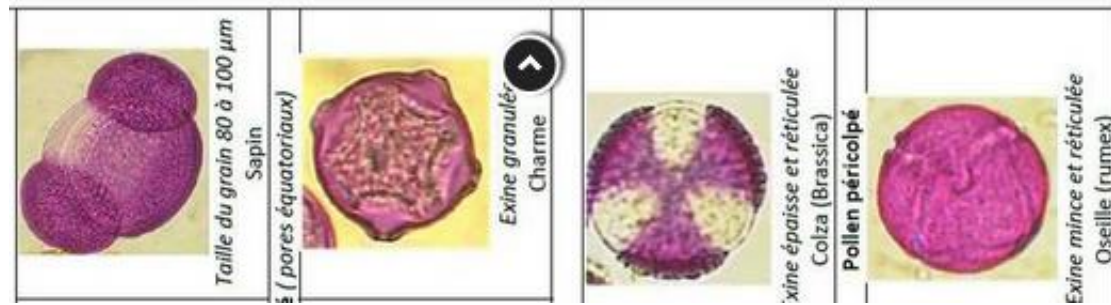
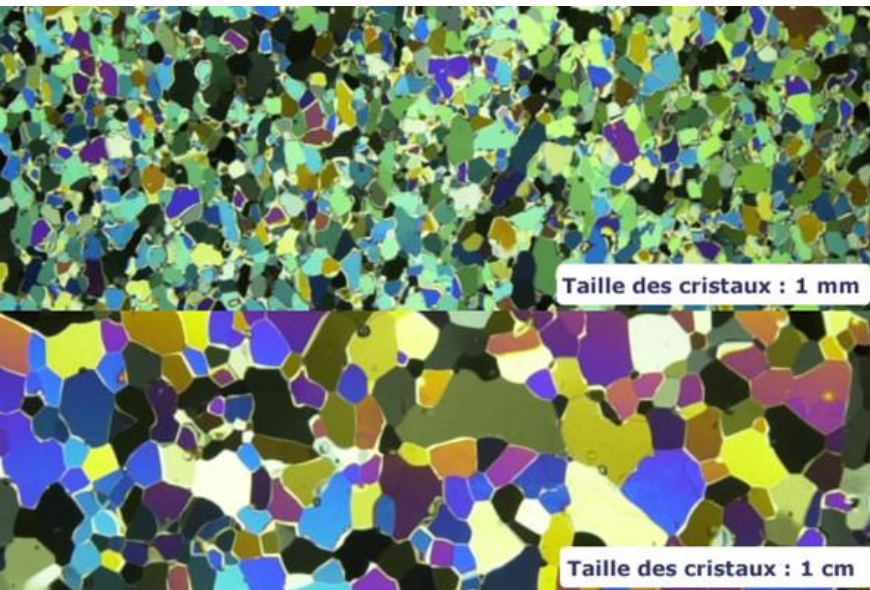


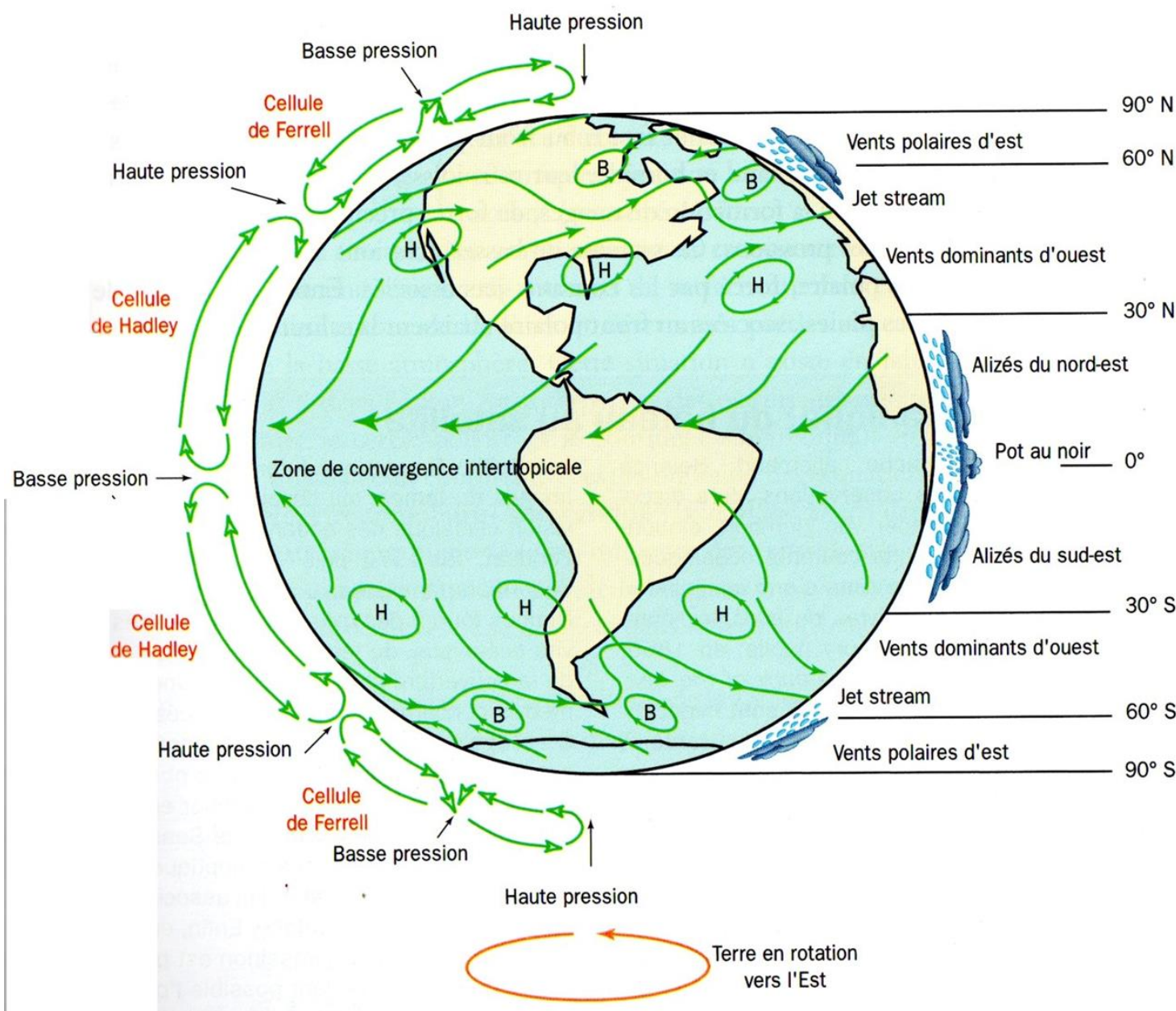
BG – C3 Climat et variabilité climatique



Reconstitution de la calotte Eurasiennne -90 000 ans
(programme QUEEN (Mangerud et al., 2004))



Circulation atmosphérique globale et modèle des vents de surface





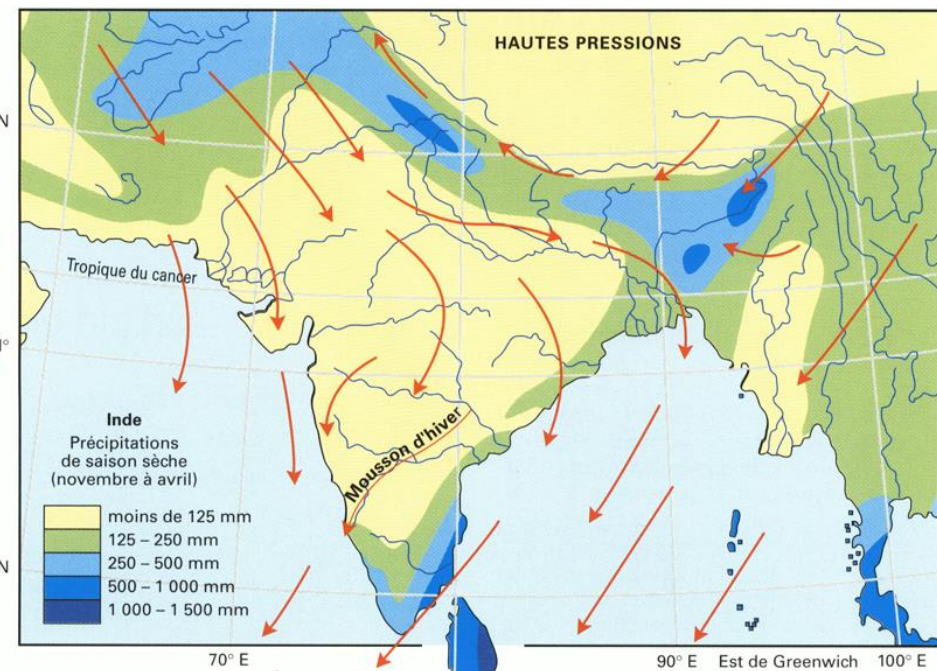
Paysage des Ghats

(chaîne bordant le plateau du Deccan, Ouest de l'Inde)
avant et pendant la mousson



Régime des vents et pluviométrie selon les saisons en Inde

Septembre - avril



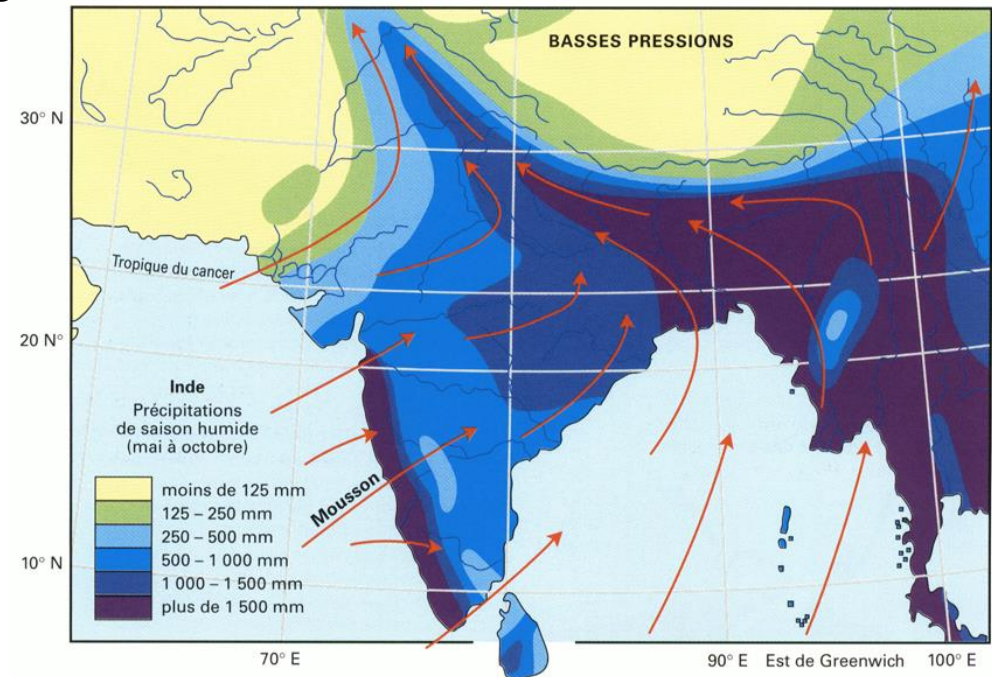
J. Merle « Océan et climat »

<https://books.openedition.org/irdeditions/25499>

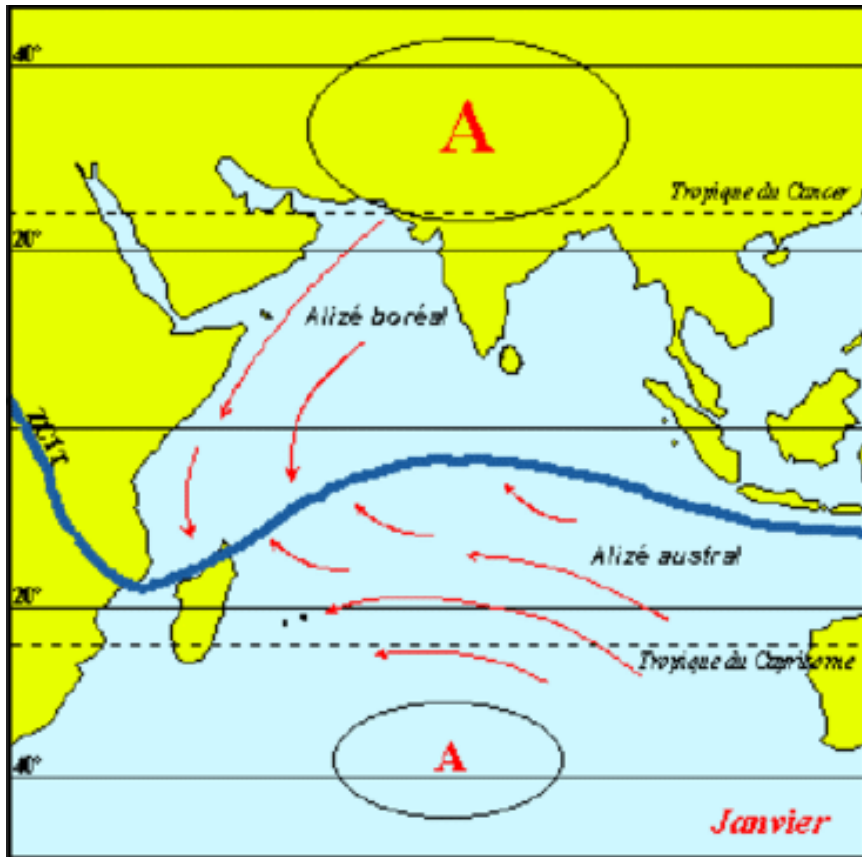
Mai - octobre



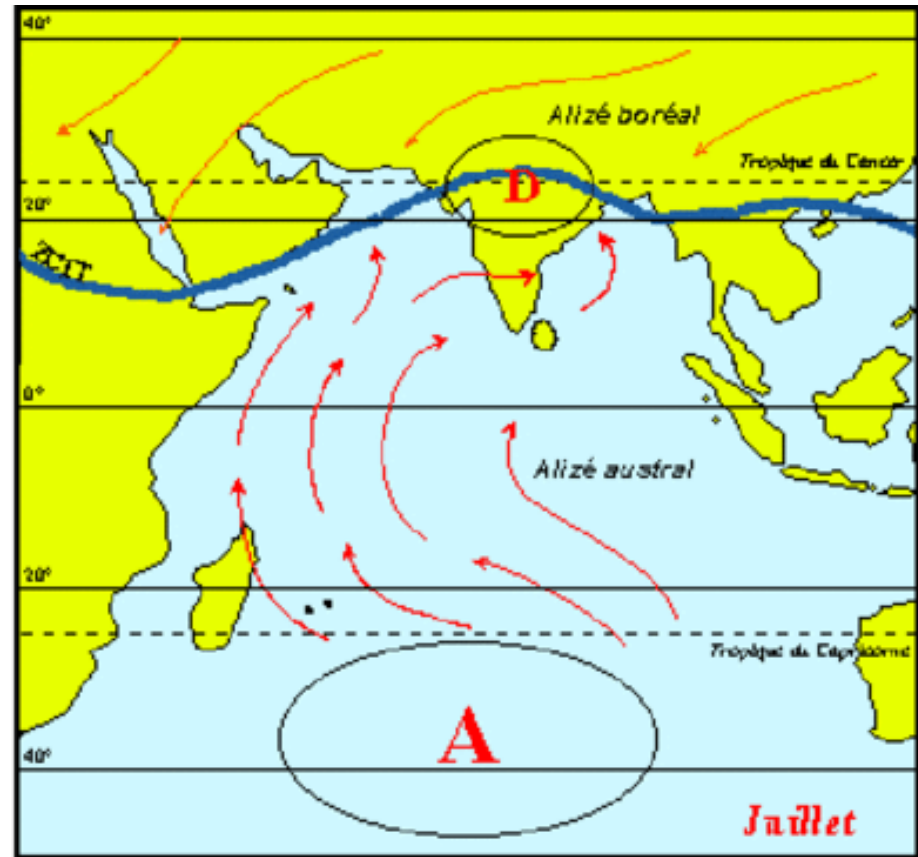
Une mousson particulièrement violente à Bombay en août 2005
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Mousson>



Document 1. Position de la ZCIT selon les saisons.

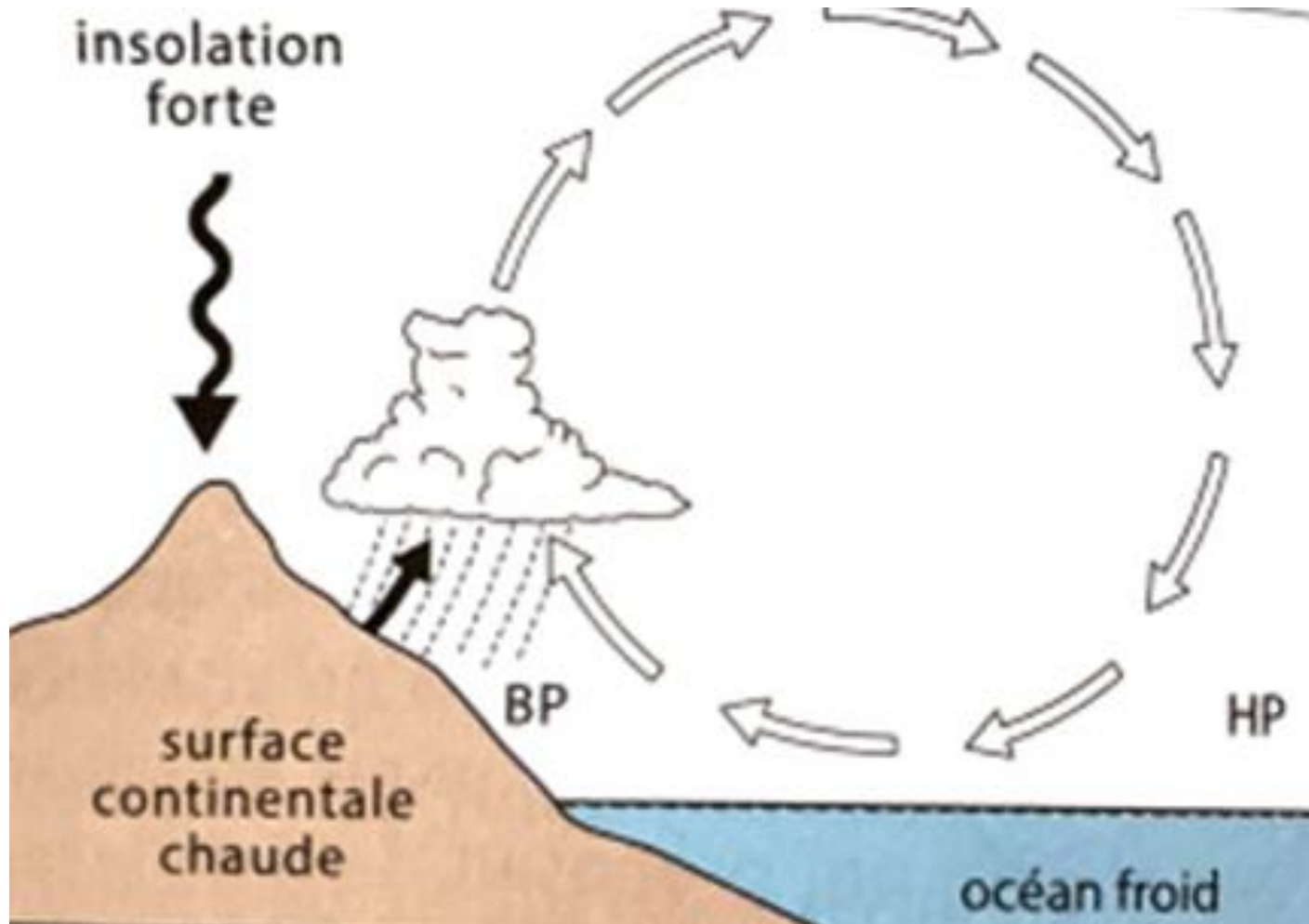


Saison sèche

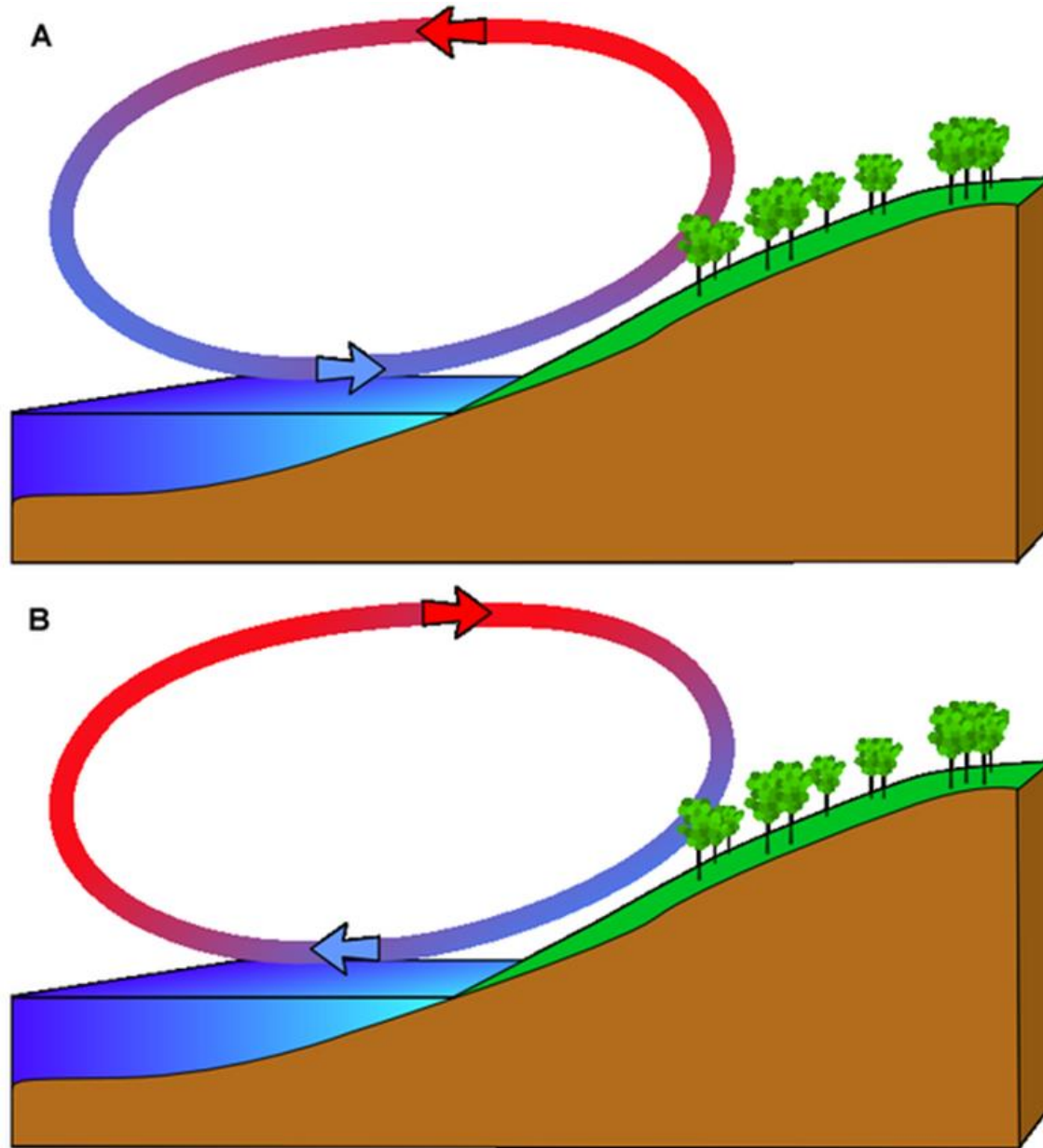


Mousson : saison humide

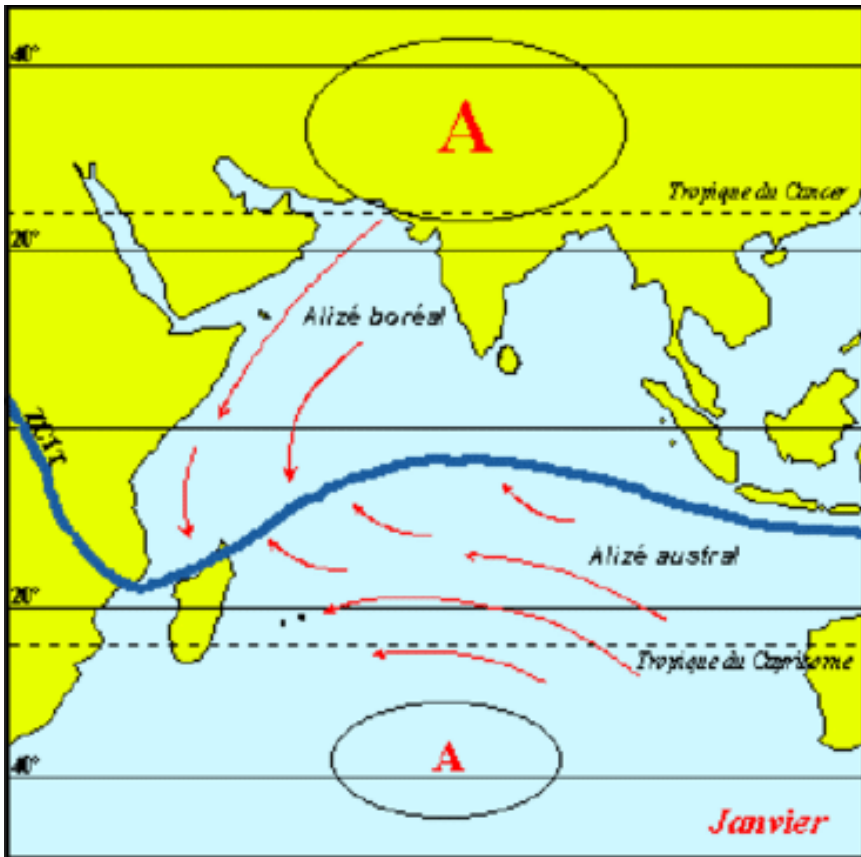
Document 2. Un phénomène amplifié par la présence de la chaîne himalayenne.



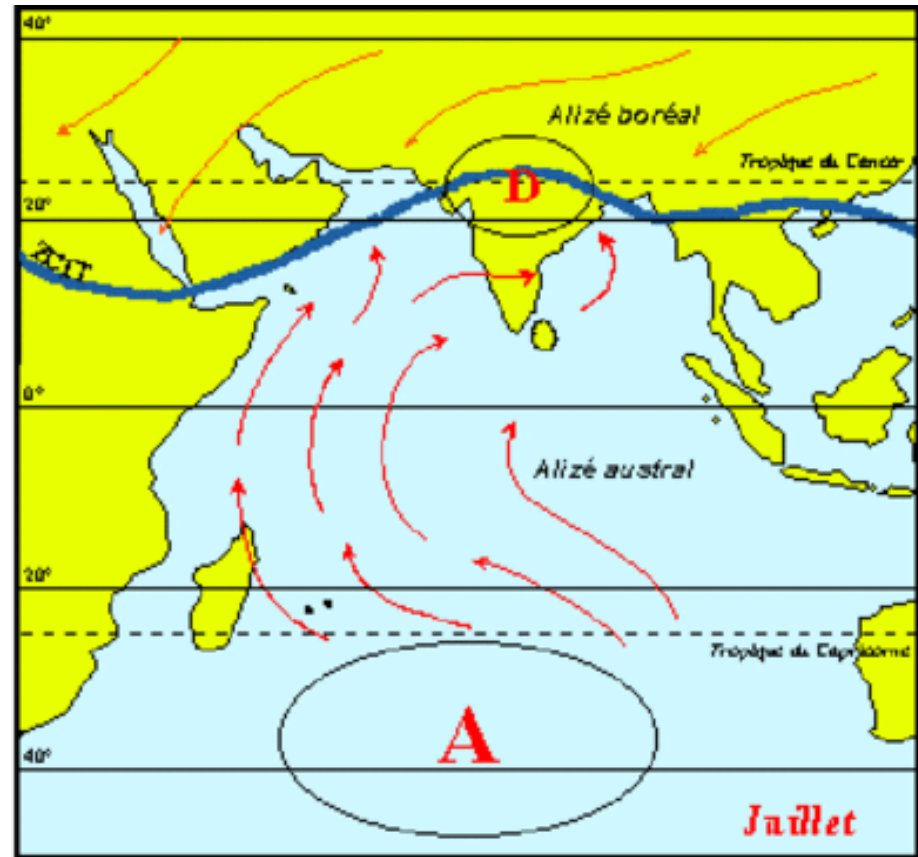
Brise de mer le jour, brise de terre la nuit



Document 1. Position de la ZCIT selon les saisons.

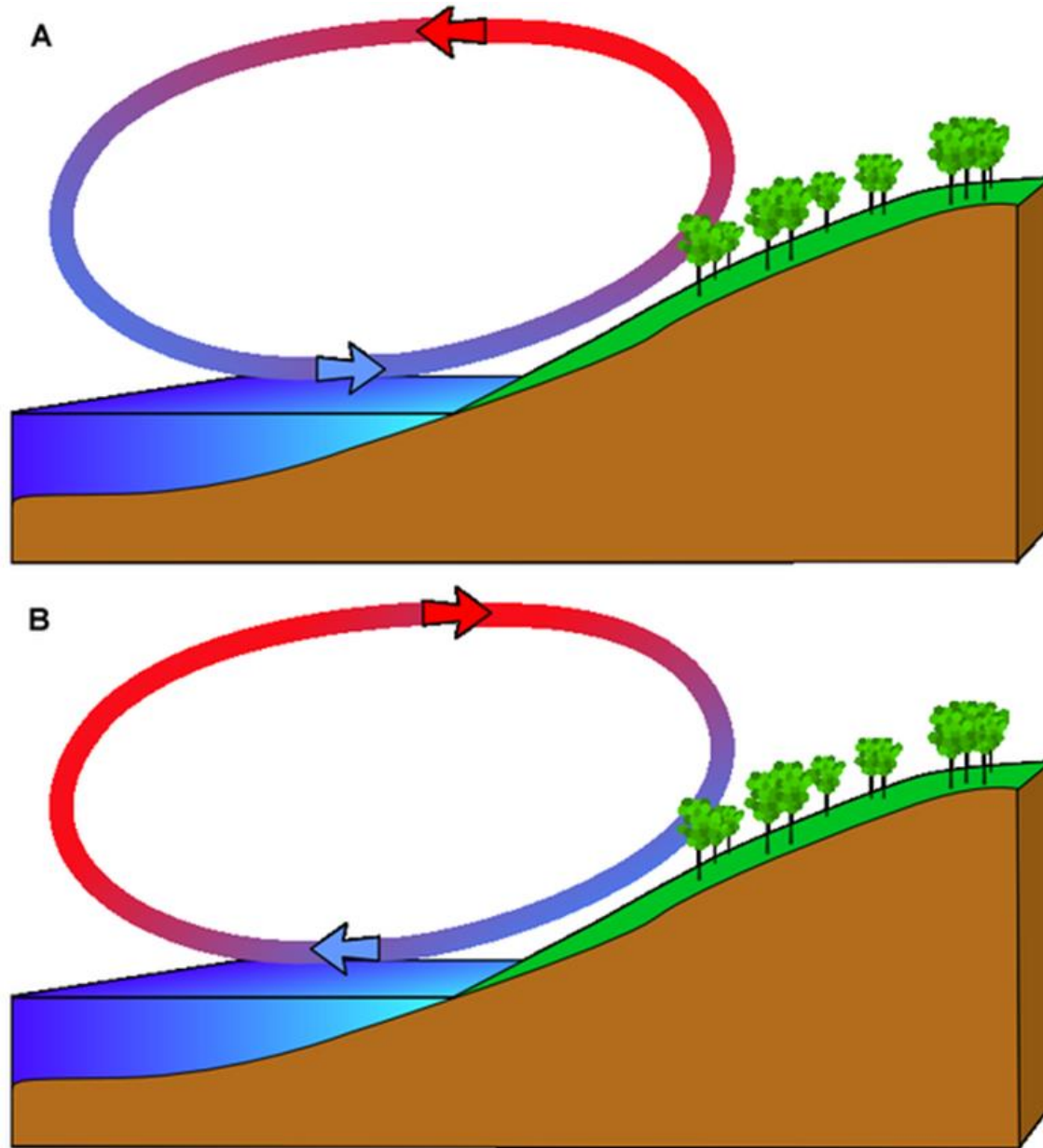


Saison sèche



Mousson : saison humide

Brise de mer le jour, brise de terre la nuit



TP 1 BG – C3 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
--	--

Formations glaciaires ou périglaciaires

Alluvions fluviales et dépôts glaciaires fluvio-glaciaires et lacustres

Plaine du Forez

	Alluvions de la Loire
	Alluvions et colluvions indifférenciées

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)

Aire
d'accumulation

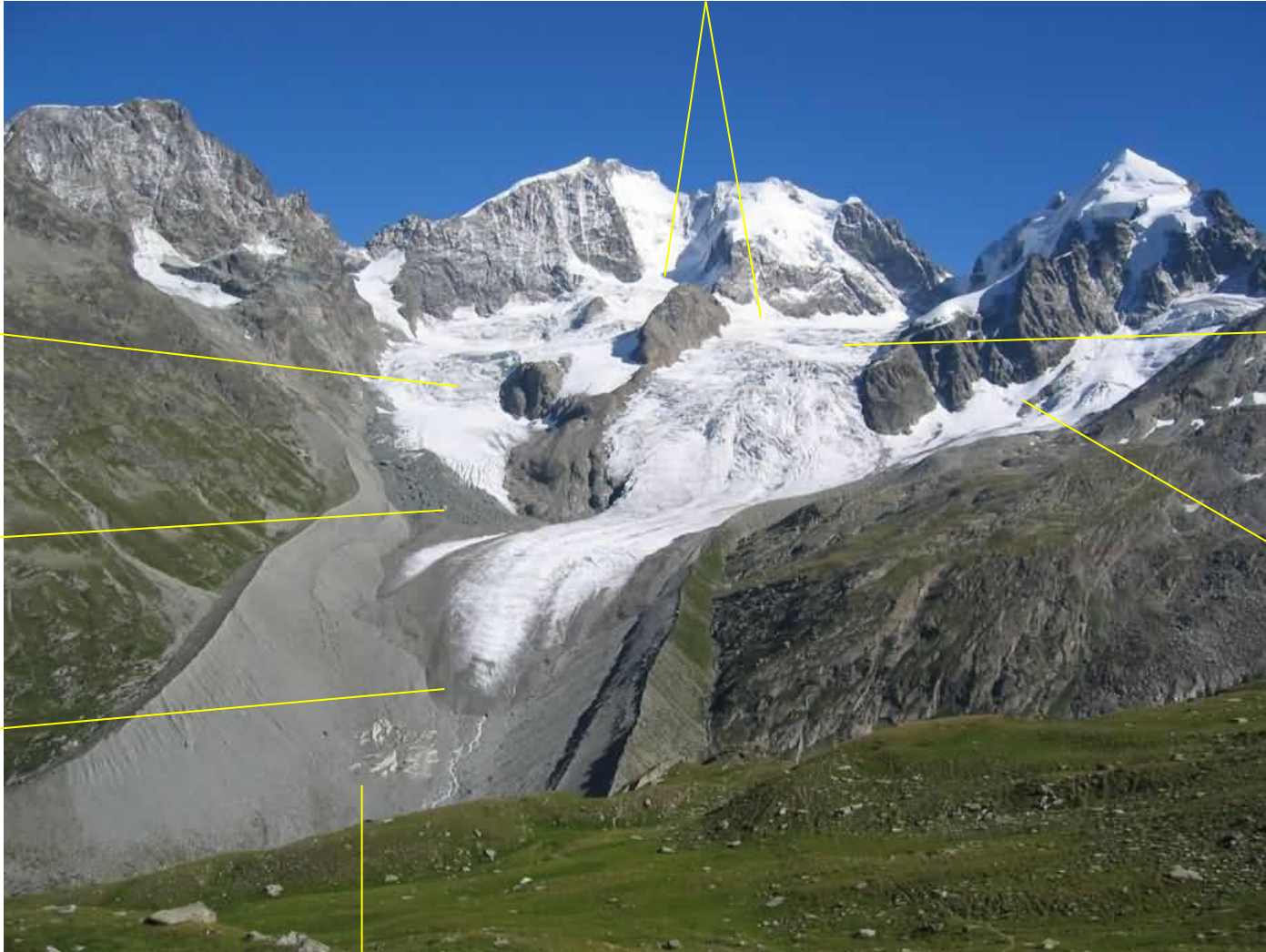
Crevasses
et séracs

Glacier
principal

Moraine
latérale

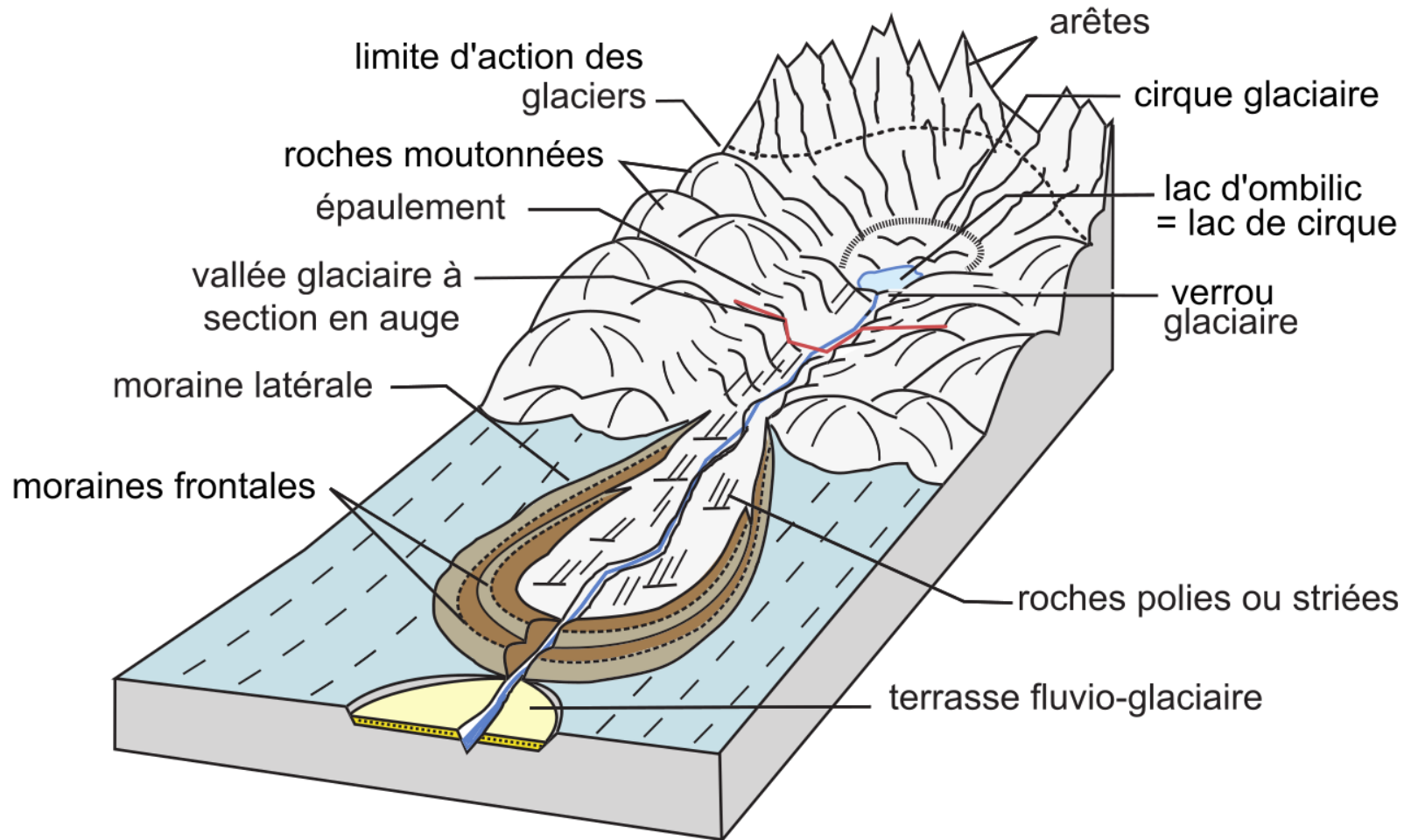
Glacier
tributaire

Moraine
frontale



Epandage fluvio-glaciaire

Document 3. Le modelé glaciaire actuel.



Vallée glaciaire en auge au Groenland



Photographie : Francis Albarède

Moraine



Épandage fluvio-glaciaire



Roches striées et moutonnées



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



Le loess : formation périglaciaire



Affleurement de loess

Plateau de loess en Chine centrale, site de Luochuan

Ces formations représentent l'enregistrement le plus continu des variations climatiques en domaine continental.

Elles couvrent les derniers 2,4 Ma.

https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/biblio/pigb15/00_grandes/04/02.htm

<https://geologie.discip.ac-caen.fr/paleozoi/valleeGuigne/loess.htm>

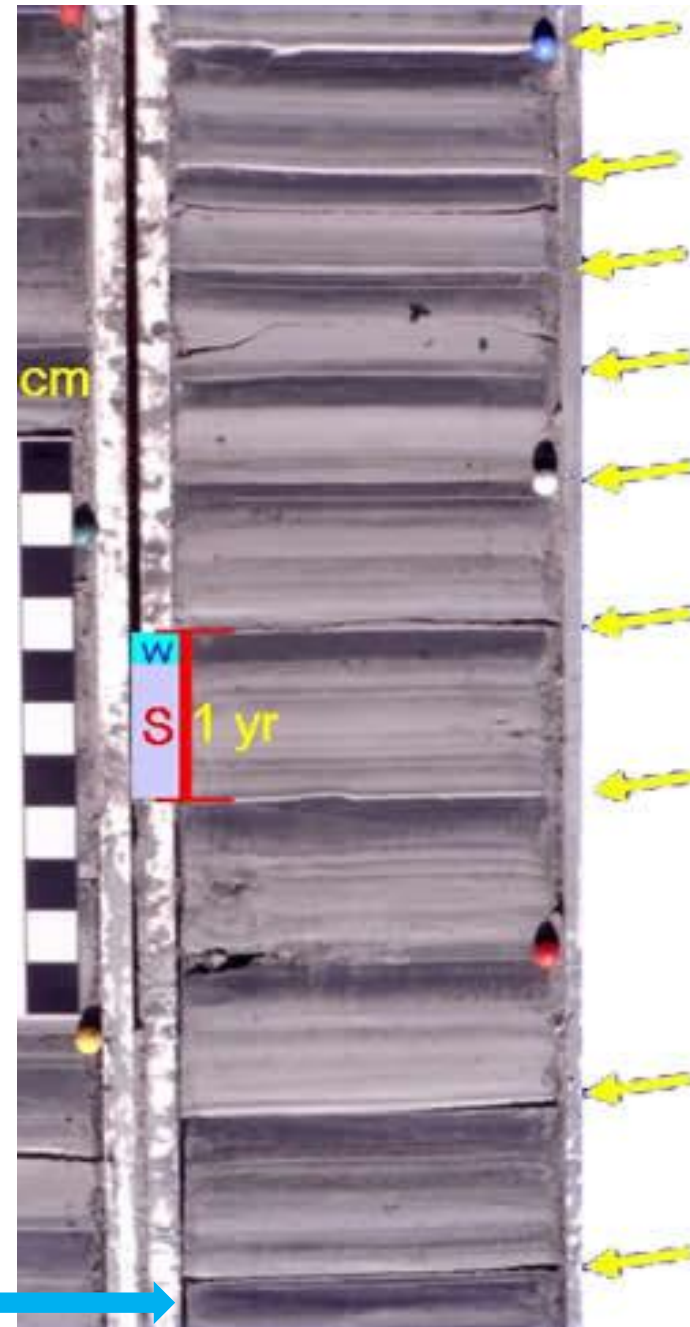


Varves glaciaires



Varves de la marge glacio-lacustre
de la combe d'Ain, Jura

Hiver
(sombre)



Les terrasses fluvio-glaciaires



Photo : E. Reynard

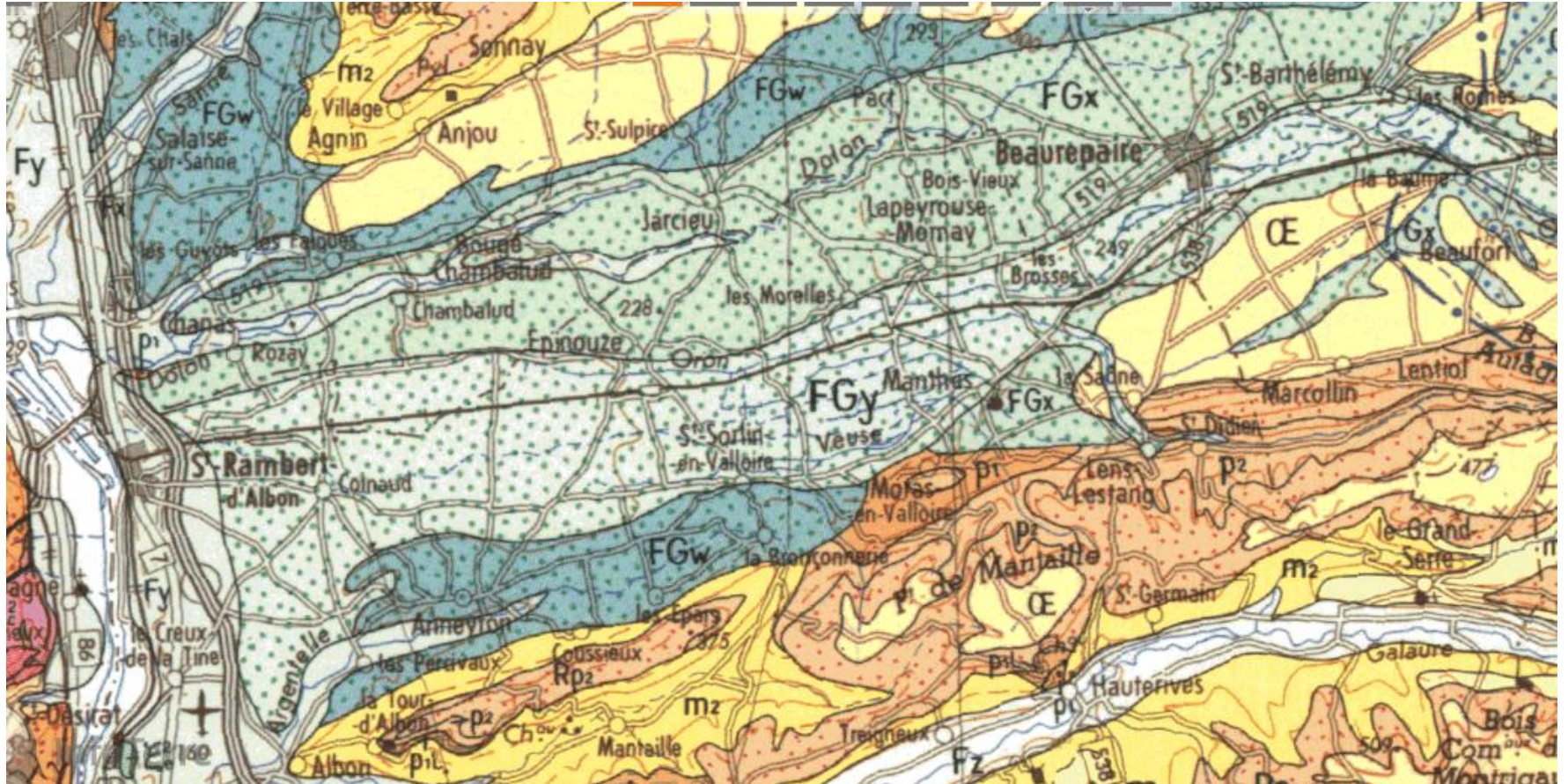
Avec le retrait du glacier et/ou les variations de débits et de la charge sédimentaire, les dépôts peuvent être incisés. Il se forme des terrasses.

Terrasses fluviales étagées



Nombreuses terrasses fluviales étagées à Pokhara (Népal).
La terrasse t1 est la plus ancienne et la terrasse t5 est la plus récente.

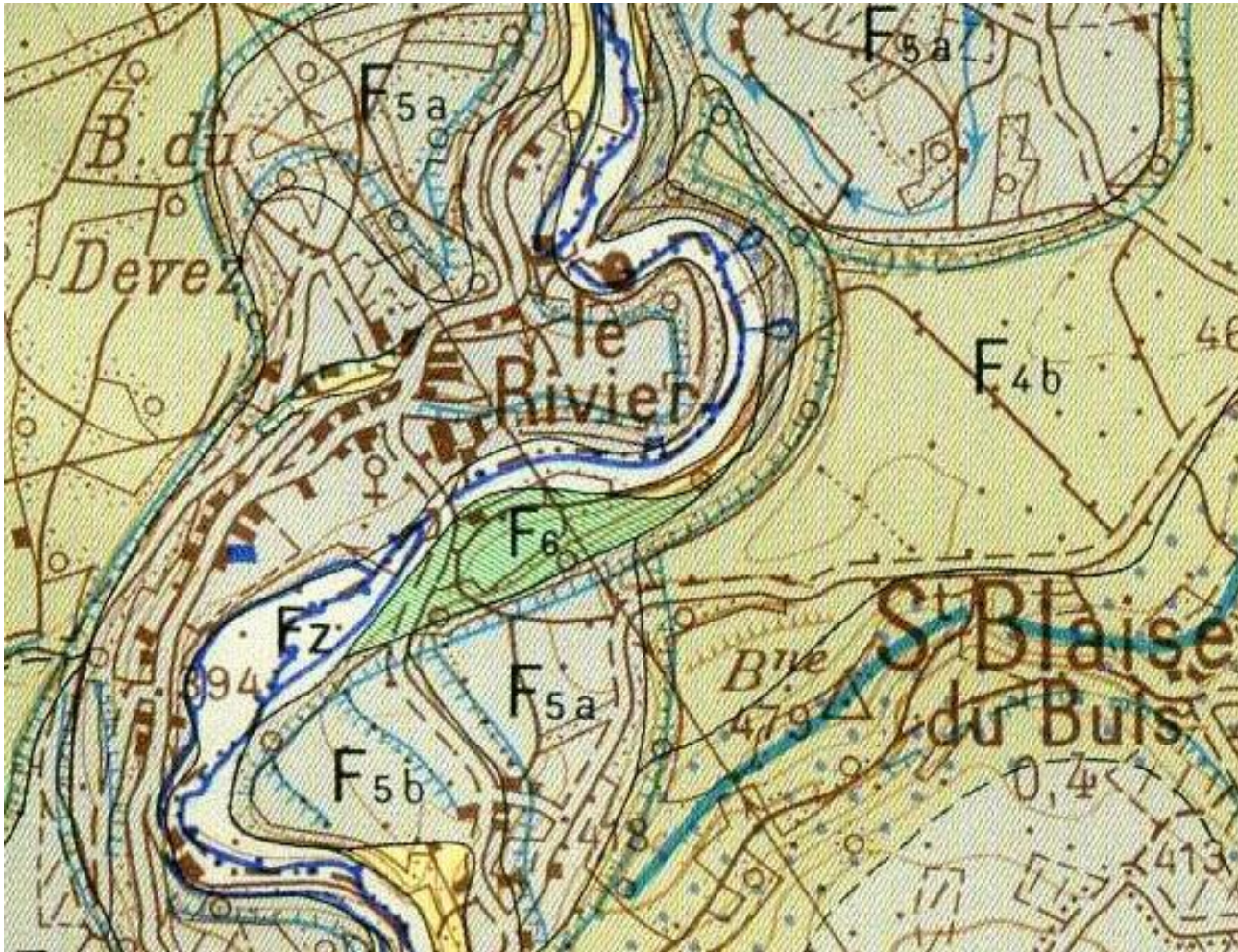
Terrasses fluvio-glaciaires sur la carte de Lyon au 1 / 250 000



Terrasses fluviales emboîtées du quaternaire

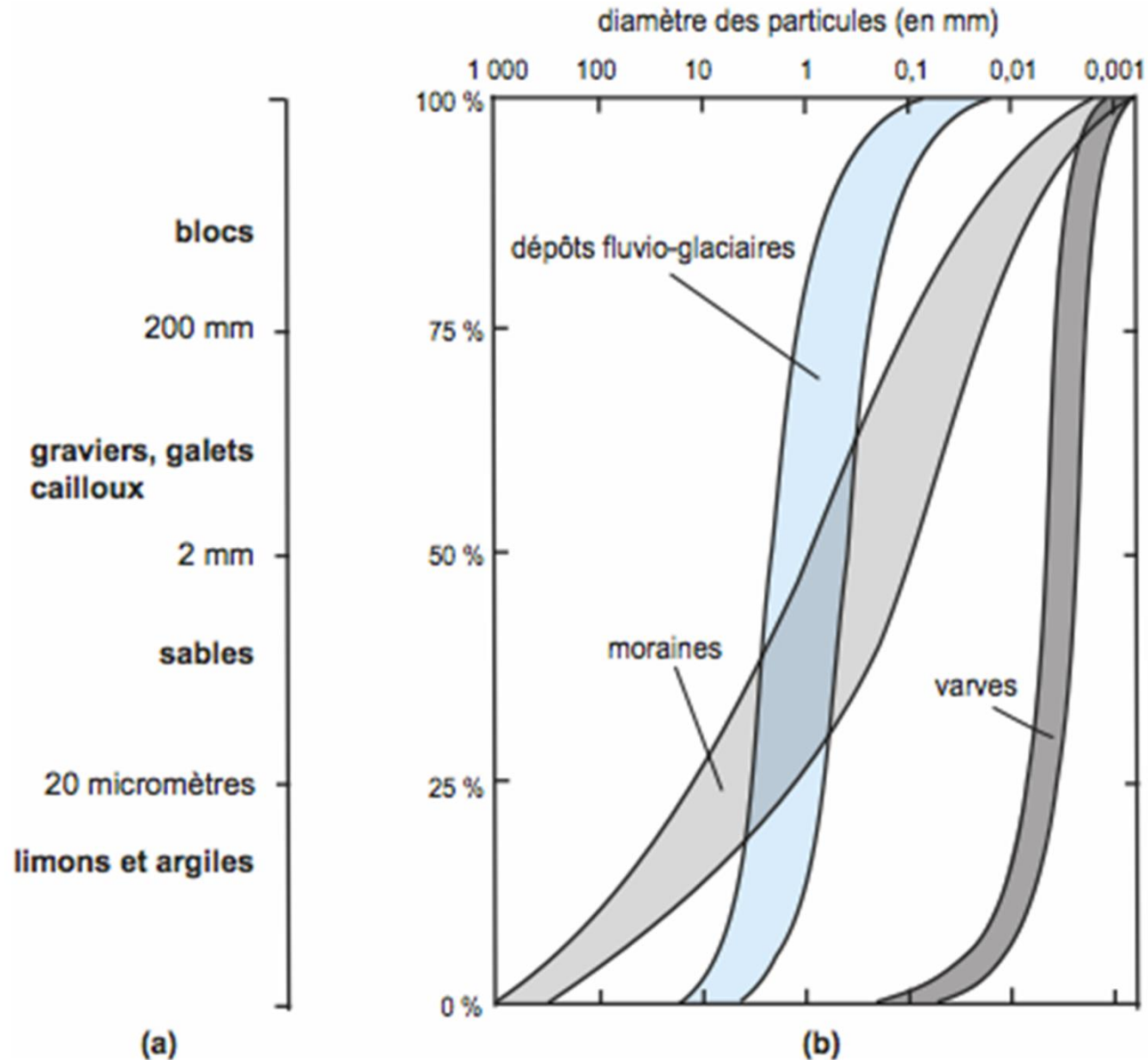
Le Rivier d'Aprieu

Extrait de la carte géologique de Voiron 1/50 000



$F4 < F5 < F6 < Fz$

Document 4. Courbes granulométriques des moraines, dépôts fluvio-glaciaires et varves.



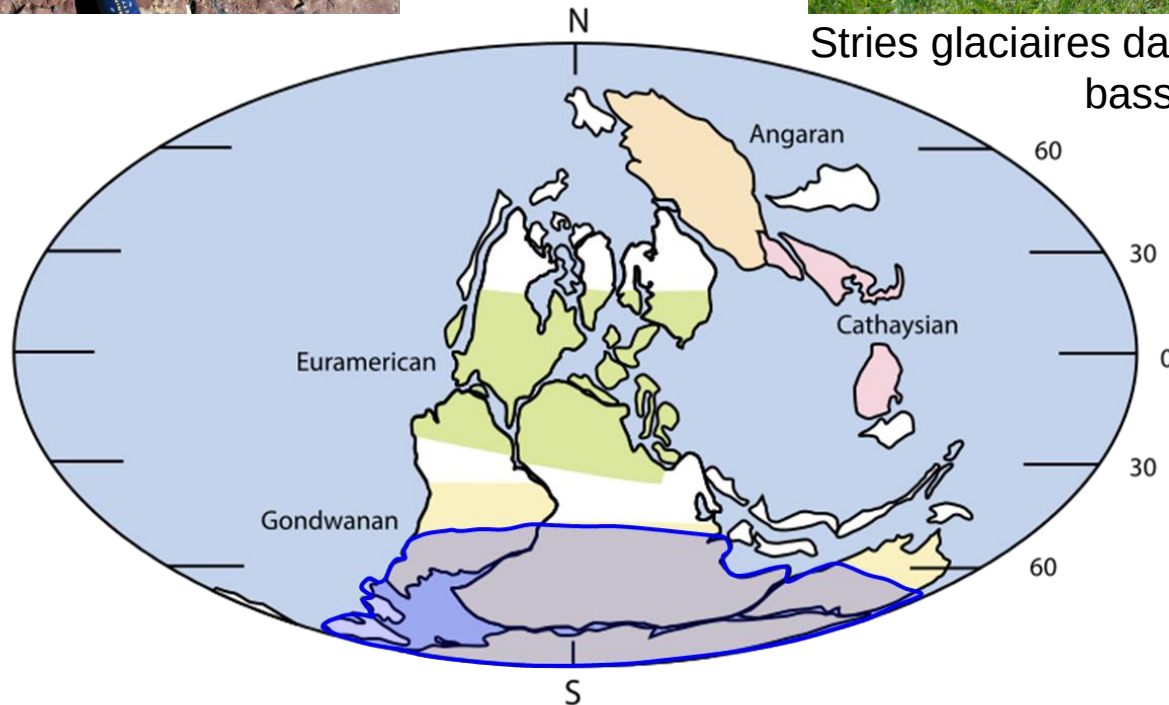
L'identification de glaciations anciennes



Tillite



Stries glaciaires datant du Carbonifère, bassin du Paraná, Brésil



Drawn from DiMichele et al. 2005, Plant Biodiversity Partitioning in the Late Carboniferous and Early Permian



Photographie F.C pour monannuaire.fr

Echantillon de bauxite

Piste en latérite

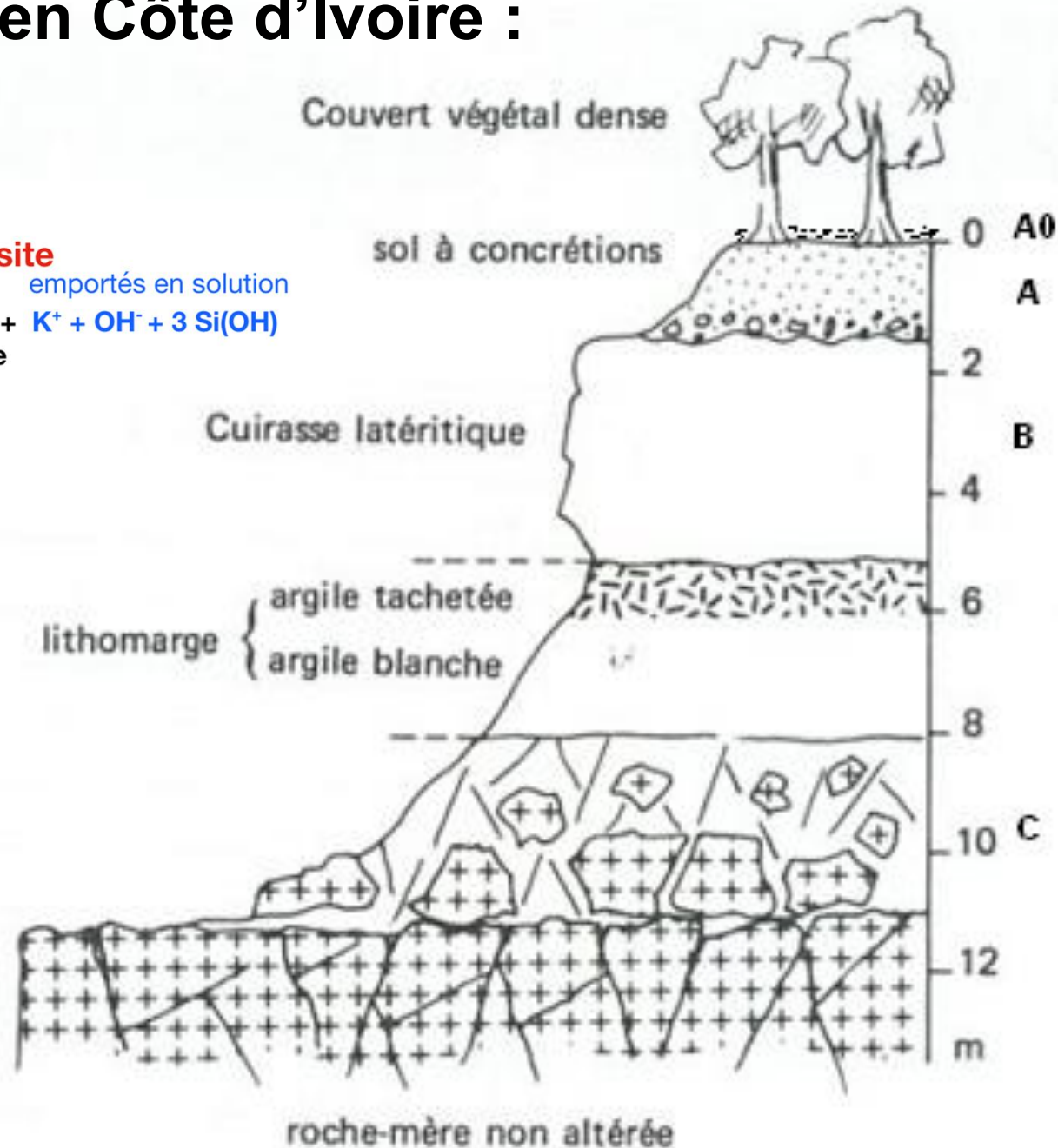


Profil latéritique (Nord de Madagascar)

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



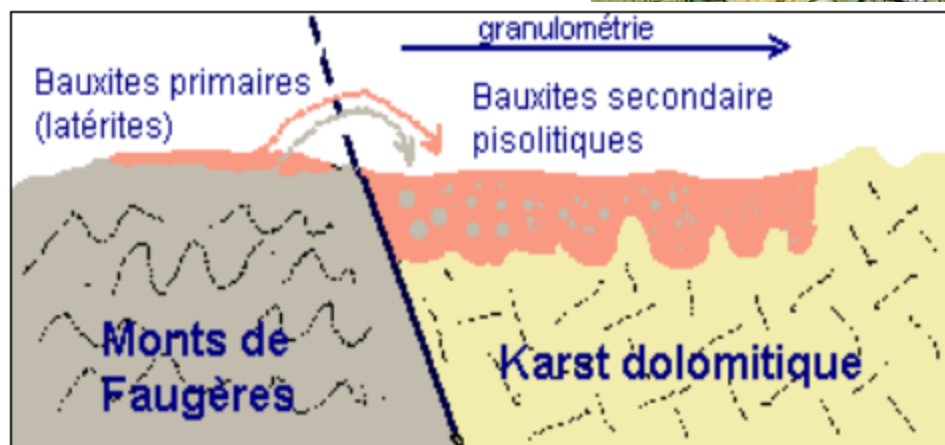
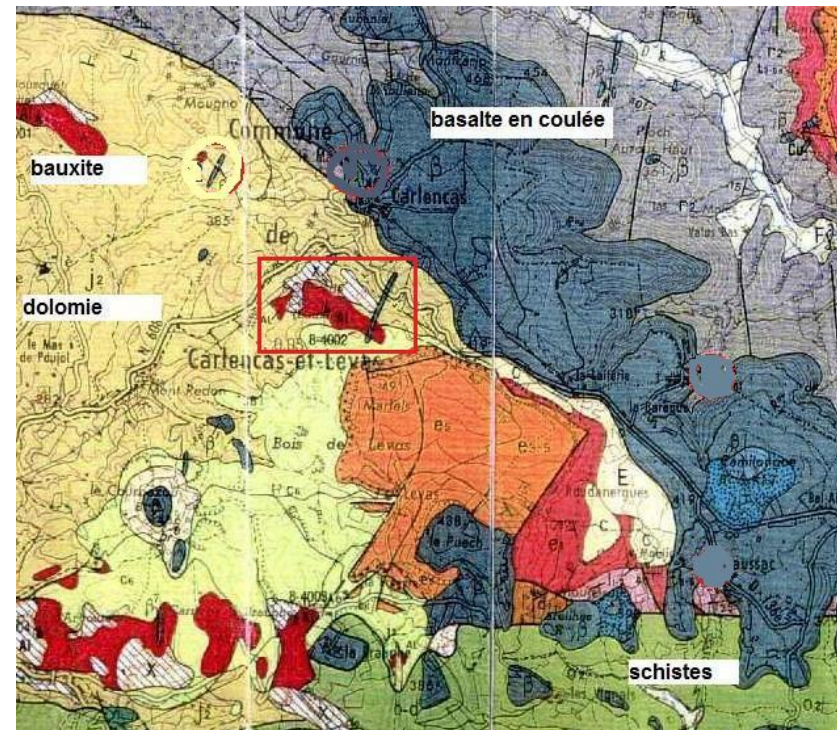
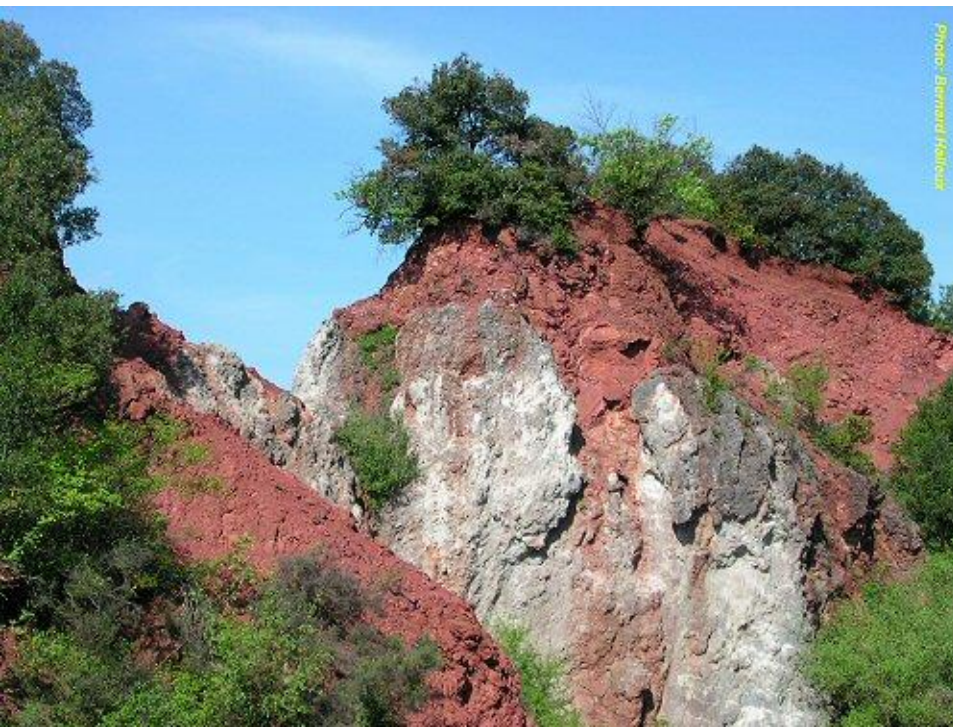
Allitisation



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



Bauxite de la carrière de l'Issart rouge (Languedoc)



Les charbons du bassin d'Alès, témoins d'un climat chaud

La forêt fossile de Champclauson (Gard)

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.

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg653-2019-10-14.xml>



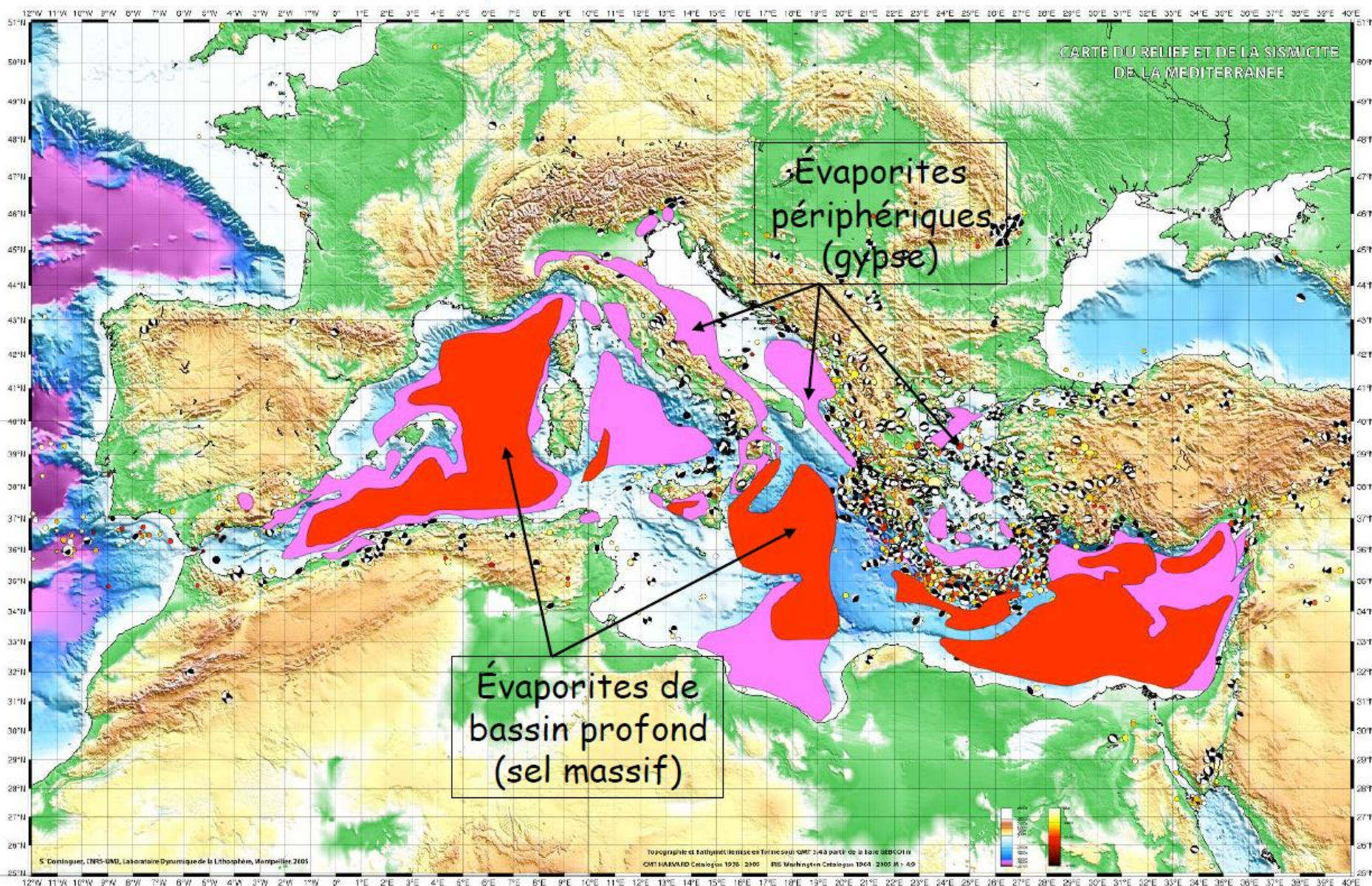
Reconstitution d'une forêt du Carbonifère



<https://actugeologique.fr/2019/04/paysages-du-carbonifere/>

Salar d'Atacama, Chili **mise en place actuelle d'évaporites**





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



Photographie : Pierre Thomas

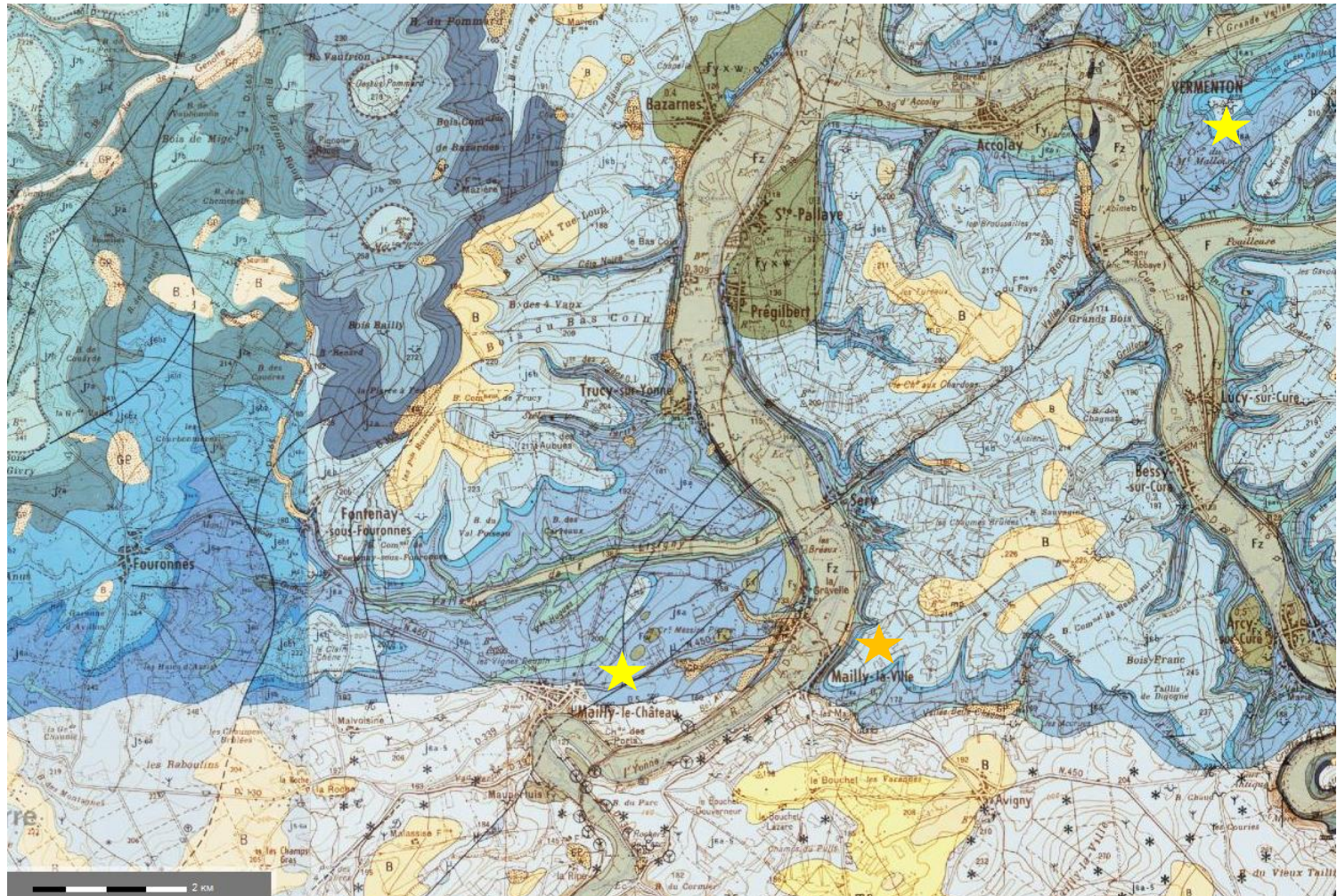
**Ancienne
exploitation de
gypse en Maurienne**

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

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



Reconstitution d'un paléoenvironnement à partir de la carte de Vermenton (1/50000)



Milieu récifal

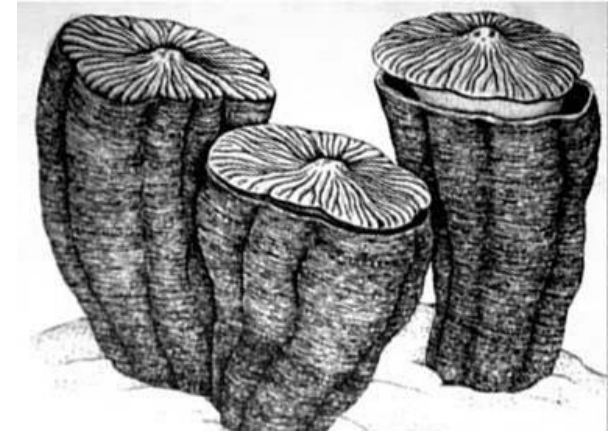


Polypiers coloniaux



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

Barres urgoniennes dans les Massifs subalpins

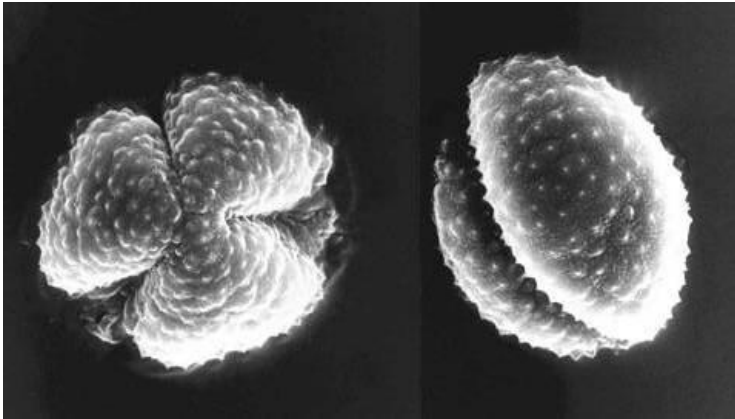


Calcaire à rudistes
(Castellet 83)

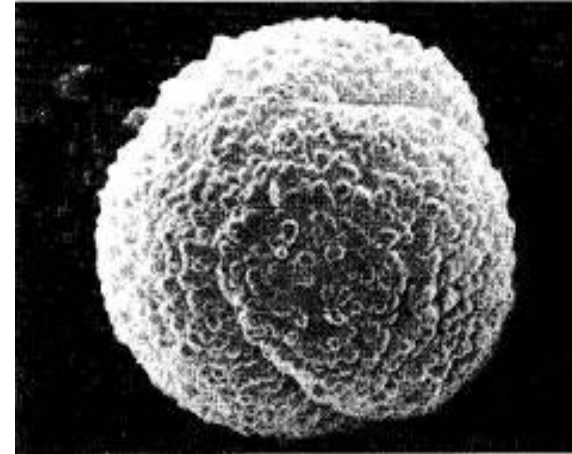


Grains de pollen (MEB)

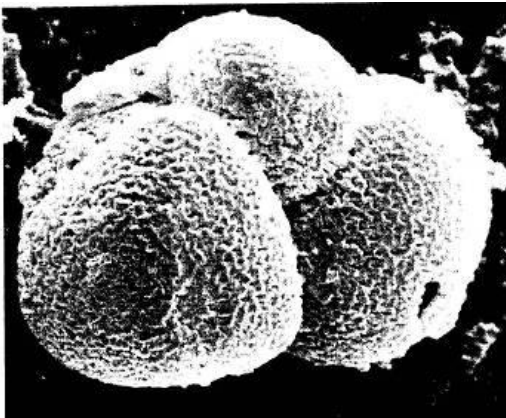
Armoise



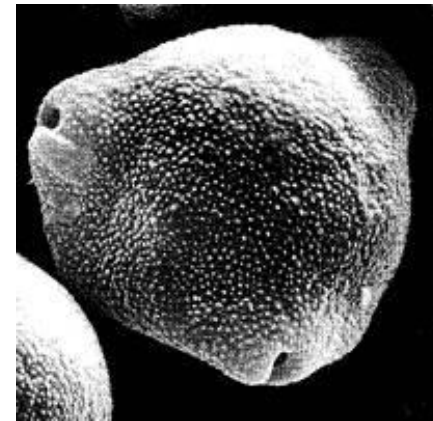
Chêne



Pin sylvestre



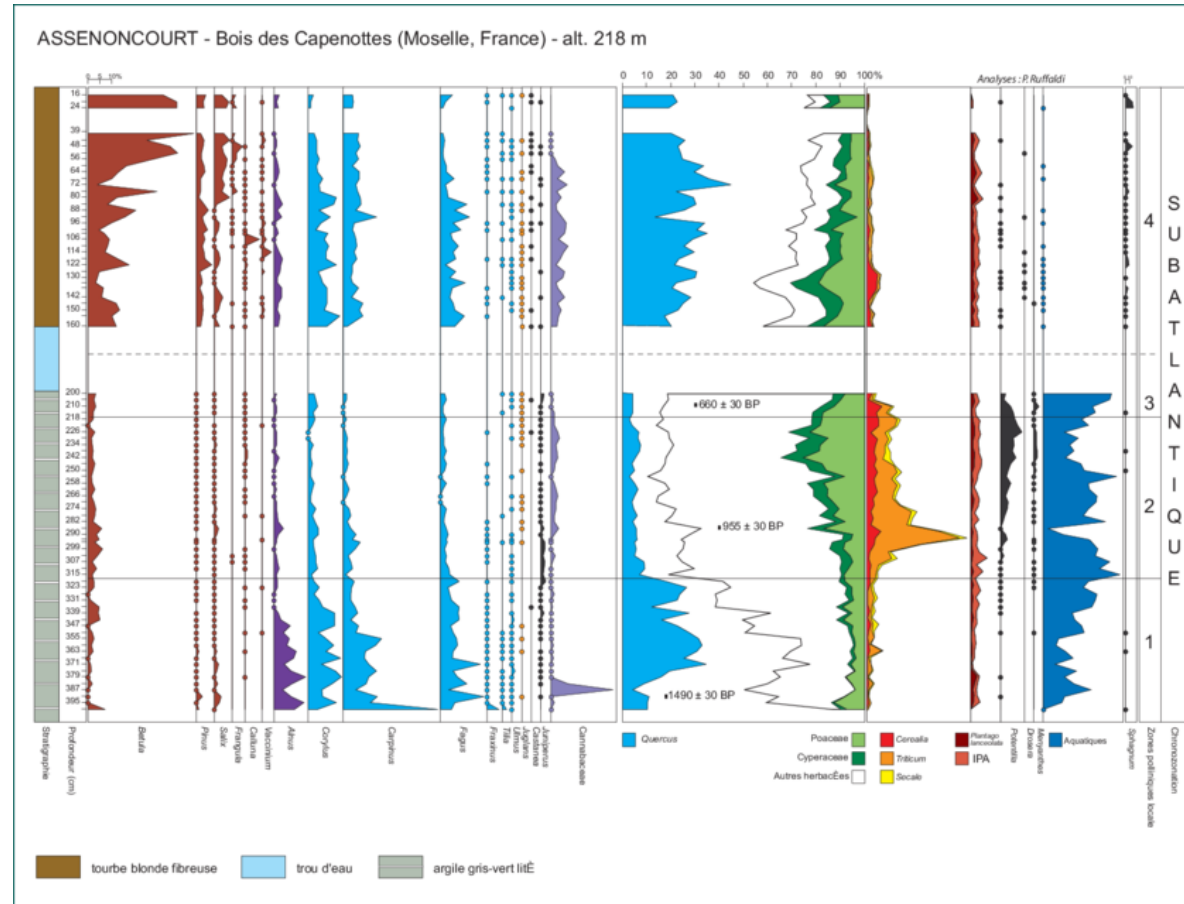
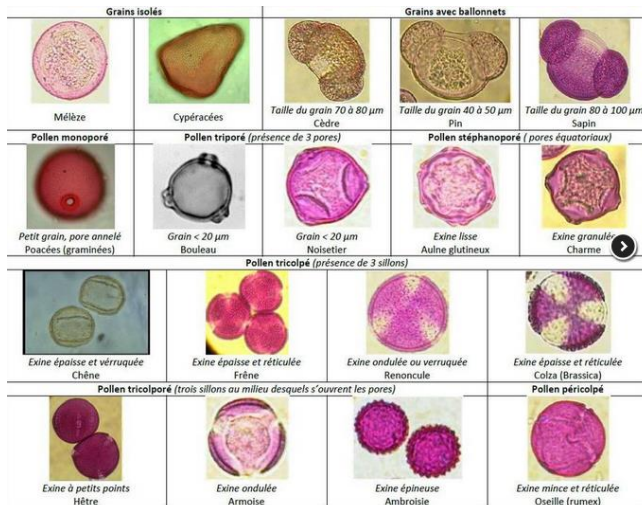
Noisetier



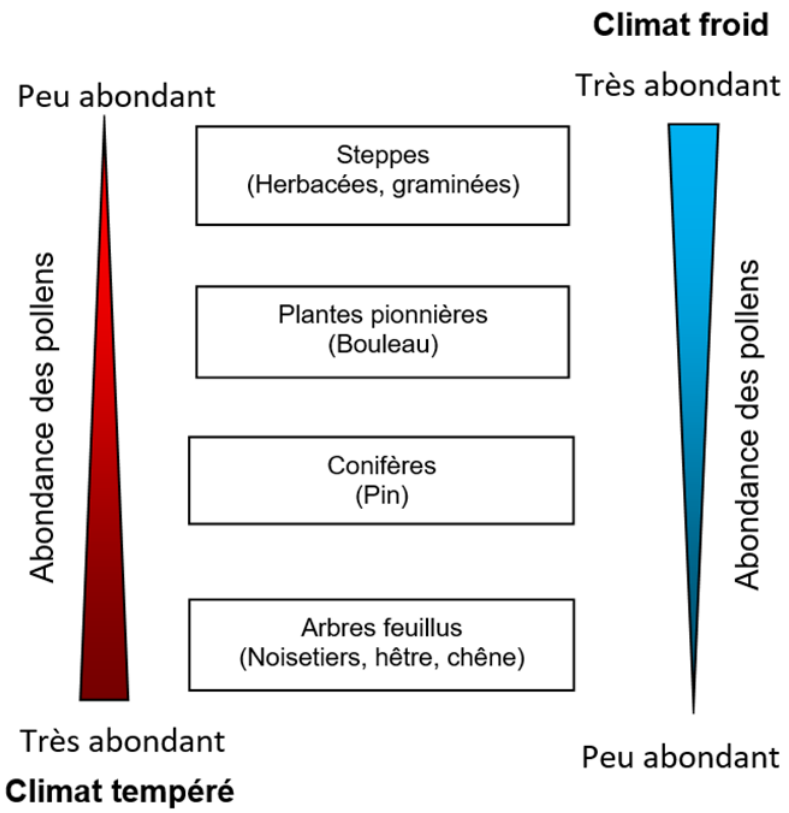
Reconstituer des variations climatiques à partir de diagrammes polliniques



Carotte de tourbe

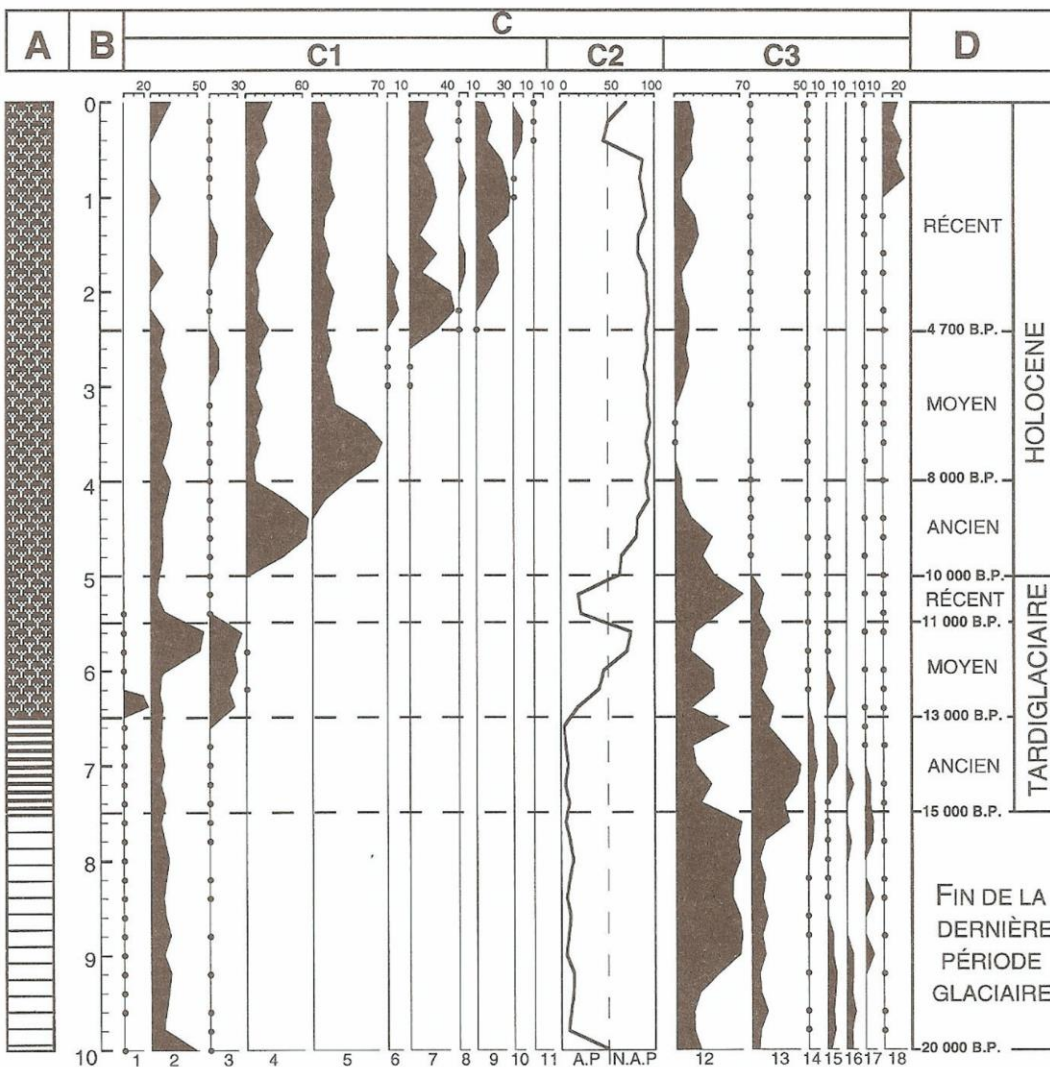


Abondance de certains taxons en fonction du climat et exigences climatiques de quelques taxons



Taxons	Noms familiers	Exigences climatiques
<i>Quercus robur</i>	Chêne	Hiver frais ou doux. Sensible à la sécheresse
<i>Betula sp.</i>	Bouleau	Tempéré à froid
<i>Poaceæ</i>	Graminées	Froid et sec
<i>Artemisia</i>	Armoise	Grande tolérance aux froids hivernaux. Sécheresse estivale tolérée
<i>Corylus</i>	Noisetier	Hiver frais ou doux. Sensible à la sécheresse
<i>Pinus</i>	Pin	Supportent bien la sécheresse. Certaines espèces sont présentes sous des climats chauds, d'autres peuvent vivre sous des climats froids.

Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes



A : Lithologie du forage.

B : profondeur (en m).

De bas en haut : 3 m d'argiles laminées, 1 m d'argiles riches en matière organique et 7 m de tourbe.

C : Évolution de pourcentage des grains de pollen des principaux taxons reconnus (espèces, genres, familles).

C1 : Taxons arborés

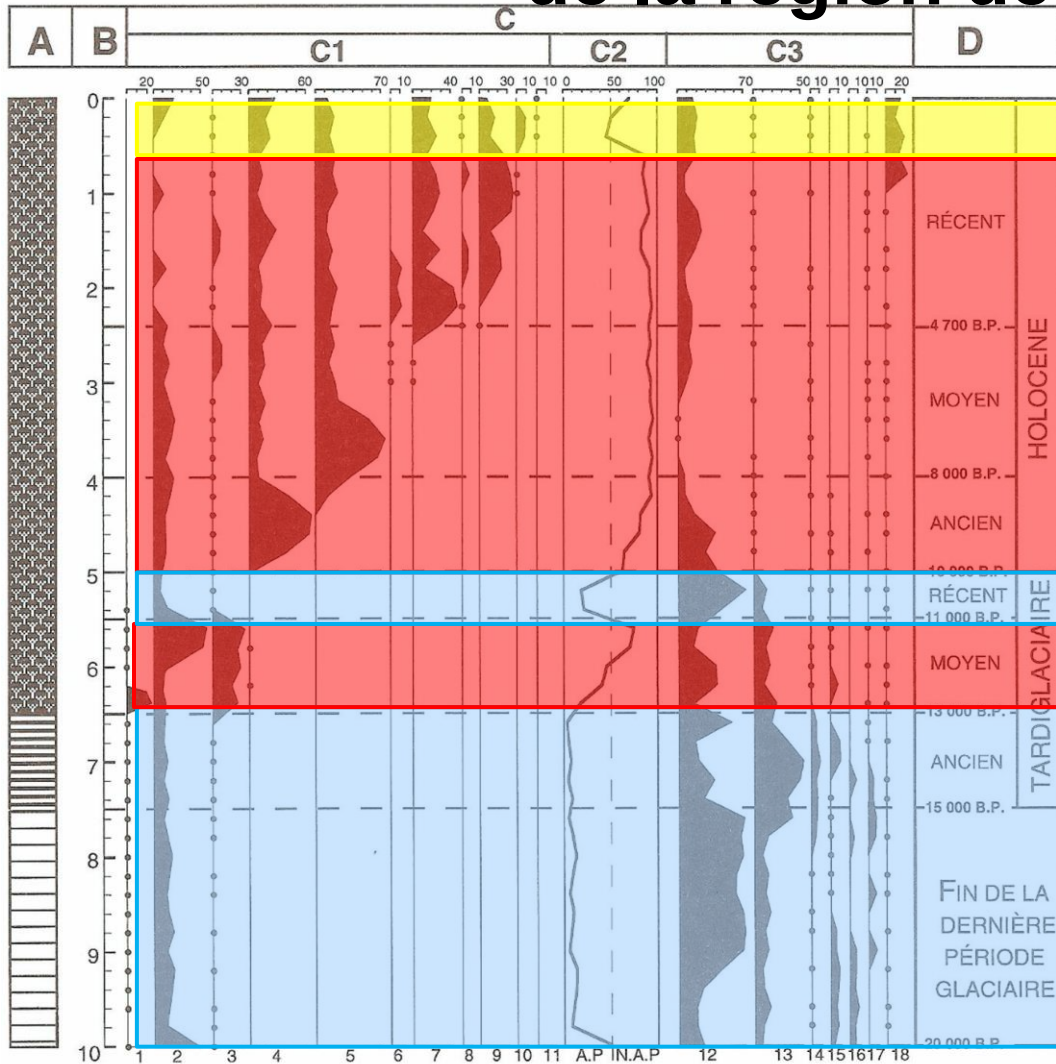
1 : *Juniperus* (genévrier) ; 2 : *Pinus* (Pin) ; 3 : *Betula* (bouleau) ; 4 : *Corylus* (noisetier) ; 5 : *Quercus* (chêne) ; 6 : *Tilia* (tilleul) ; 7 : *Alnus* (aulne) ; 8 : *Abies* (sapin) ; 9 : *Fagus* (hêtre) ; 10 : *Juglans* (noyer) ; 11 : *Platanus* (platane).

C2 : Évolution du rapport entre les grains de pollen d'arbres (AP : Arboreal Pollen) et les autres types de grains de pollen dont les herbacées (NAP : Non Arboreal Pollen).

C3 : Taxons herbacés 12 : Poacées ; 13 : *Artemisia* (armoise) ; 14 : Chénopodiacées ; 15 : *Helianthemum* (hélianthème) ; 16 : *Thalictrum* (pigamon) ; 17 : *Rumex* (rumex) ; 18 : *Calluna* (callune).

D : Phases climatiques et datations ^{14}C (BP : Before Present).

Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes



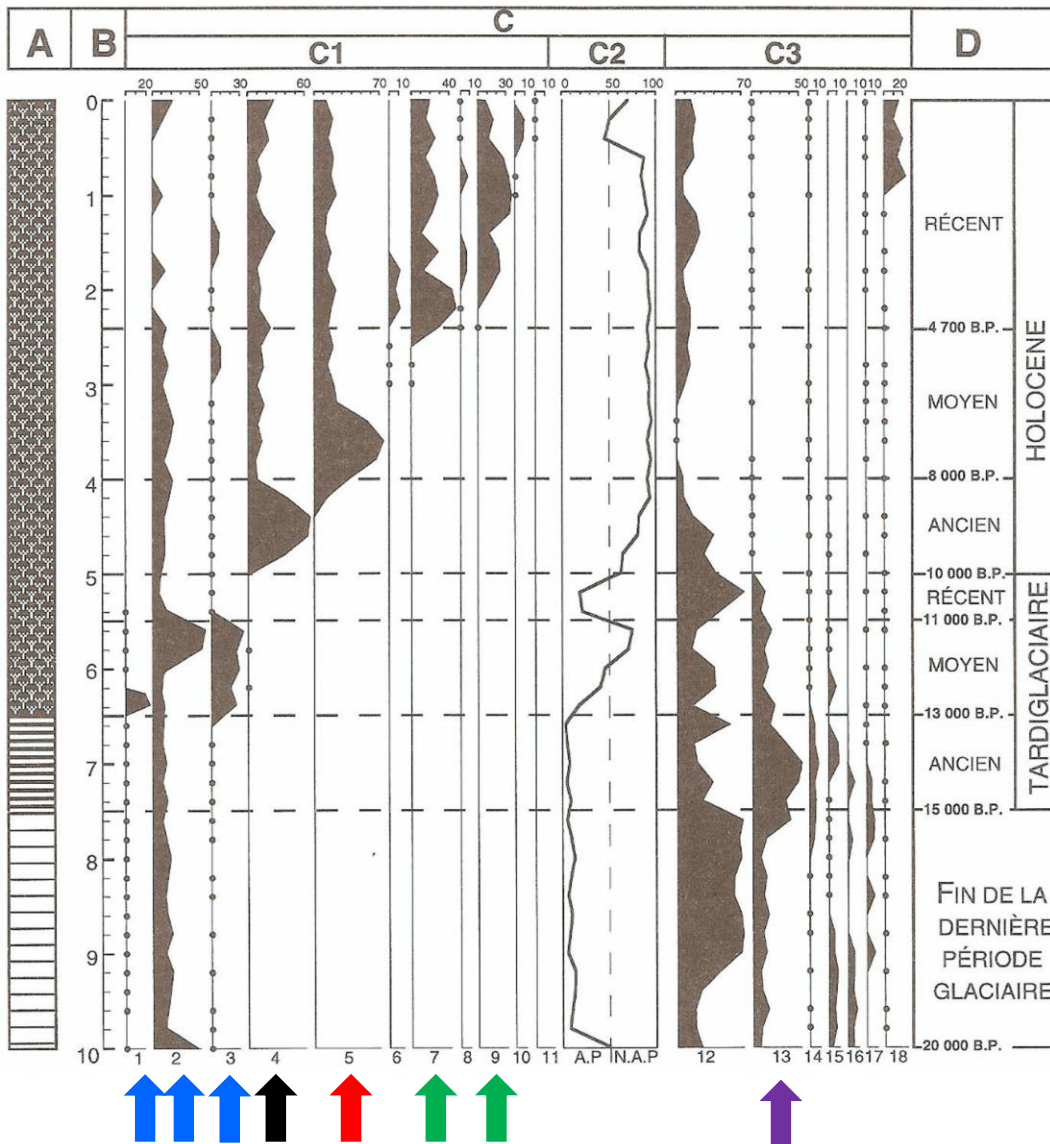
1 - Raisonner sur le rapport
AP/NAP :

Colonne C2

↑ **AP/NAP**

Taxons herbacés dominants

Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes



2 – Regarder plus en détail les informations données par des espèces aux exigences thermiques particulières

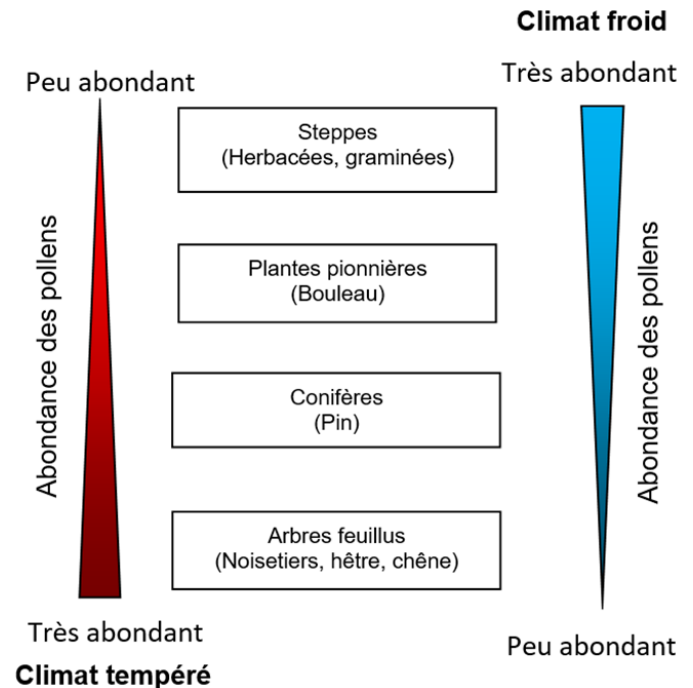
1 : genévrier, 2 : pin ; 3 : bouleau

4 : noisetier } thermophiles

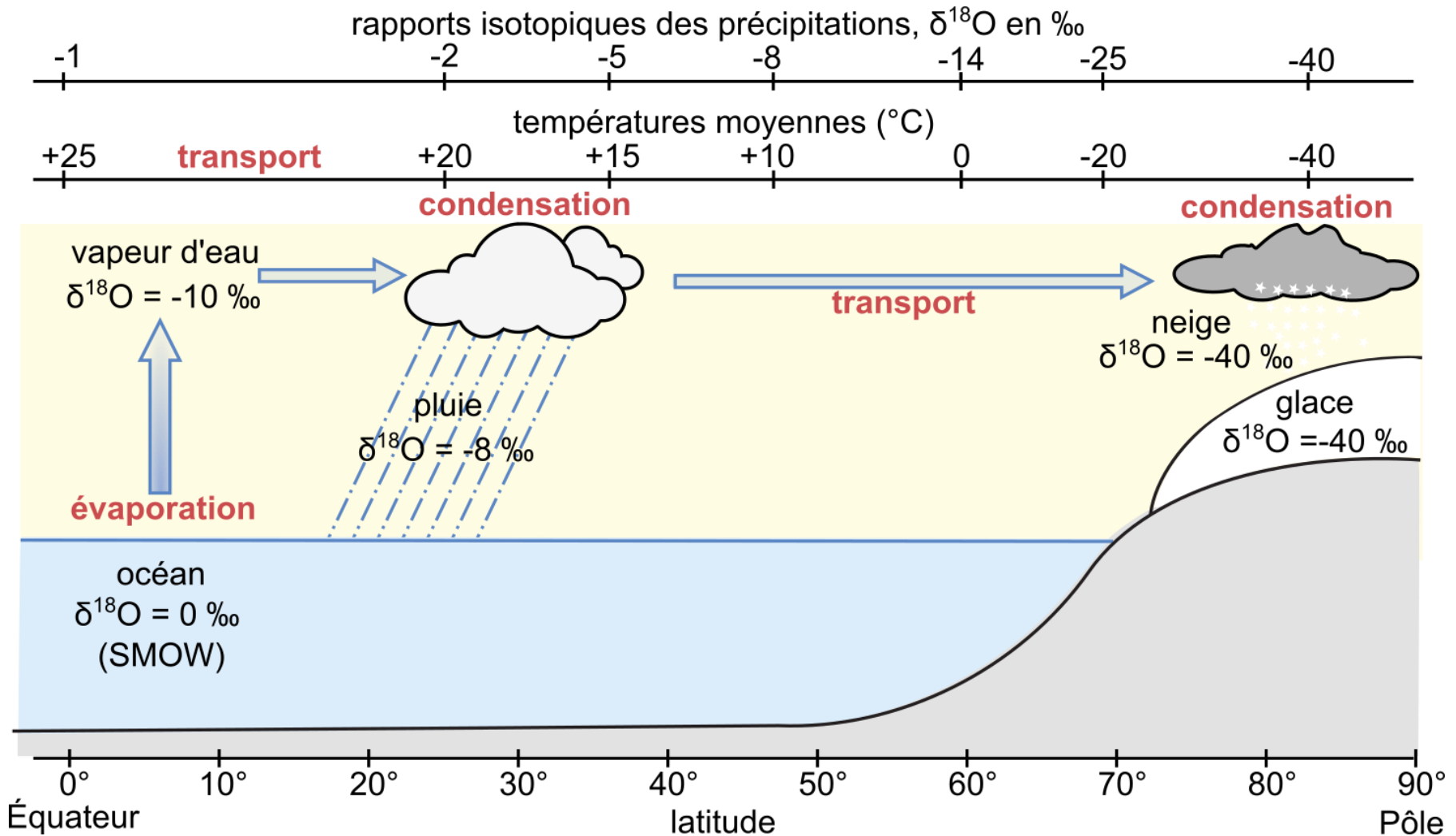
5 : chêne

7 : aulne ; 9 : hêtre → climat plus humide

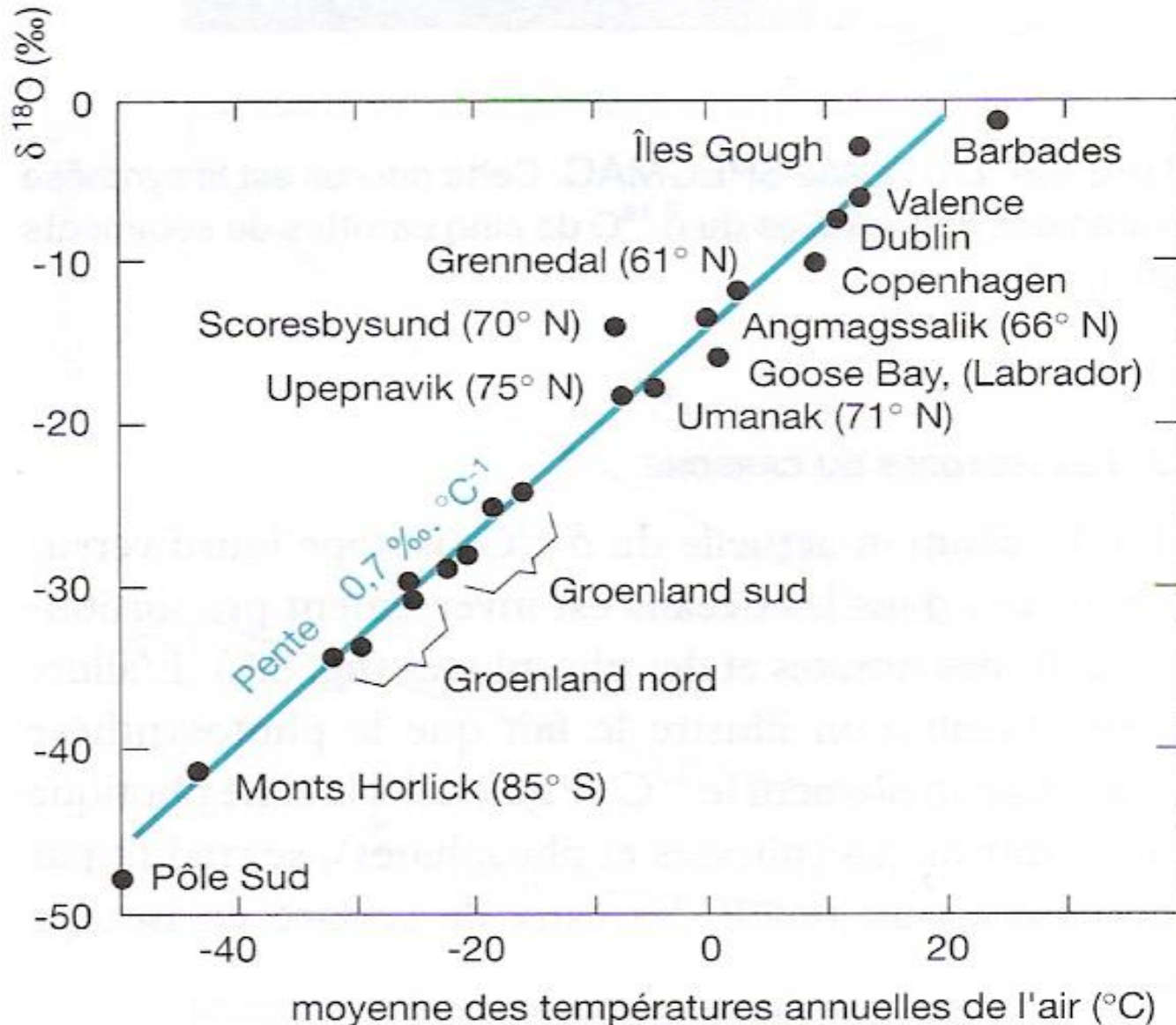
13 : *Artemisia* (armoise) → froid sec



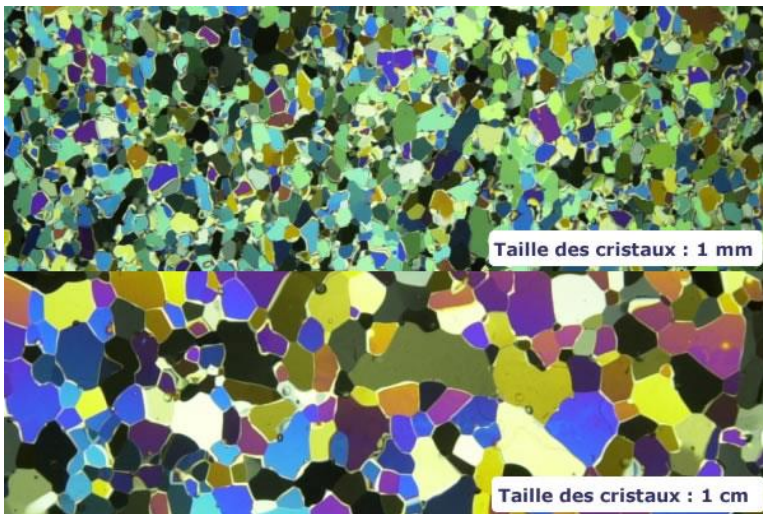
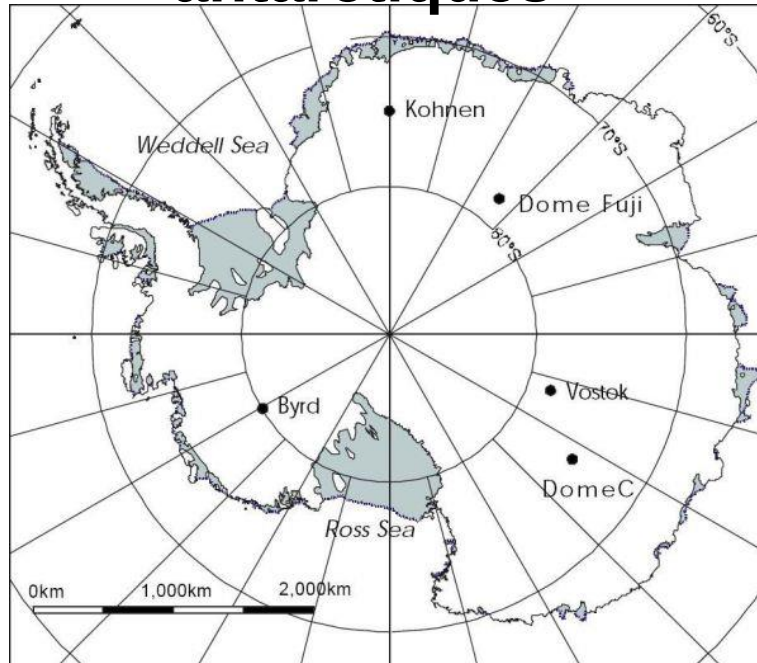
Document 5. Fractionnement des isotopes de l'oxygène sous l'effet de l'évaporation et de la condensation (cycle externe de l'eau).



Document 6. $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations corrélé à la température moyenne de l'air.



Carte de localisation des forages antarctiques

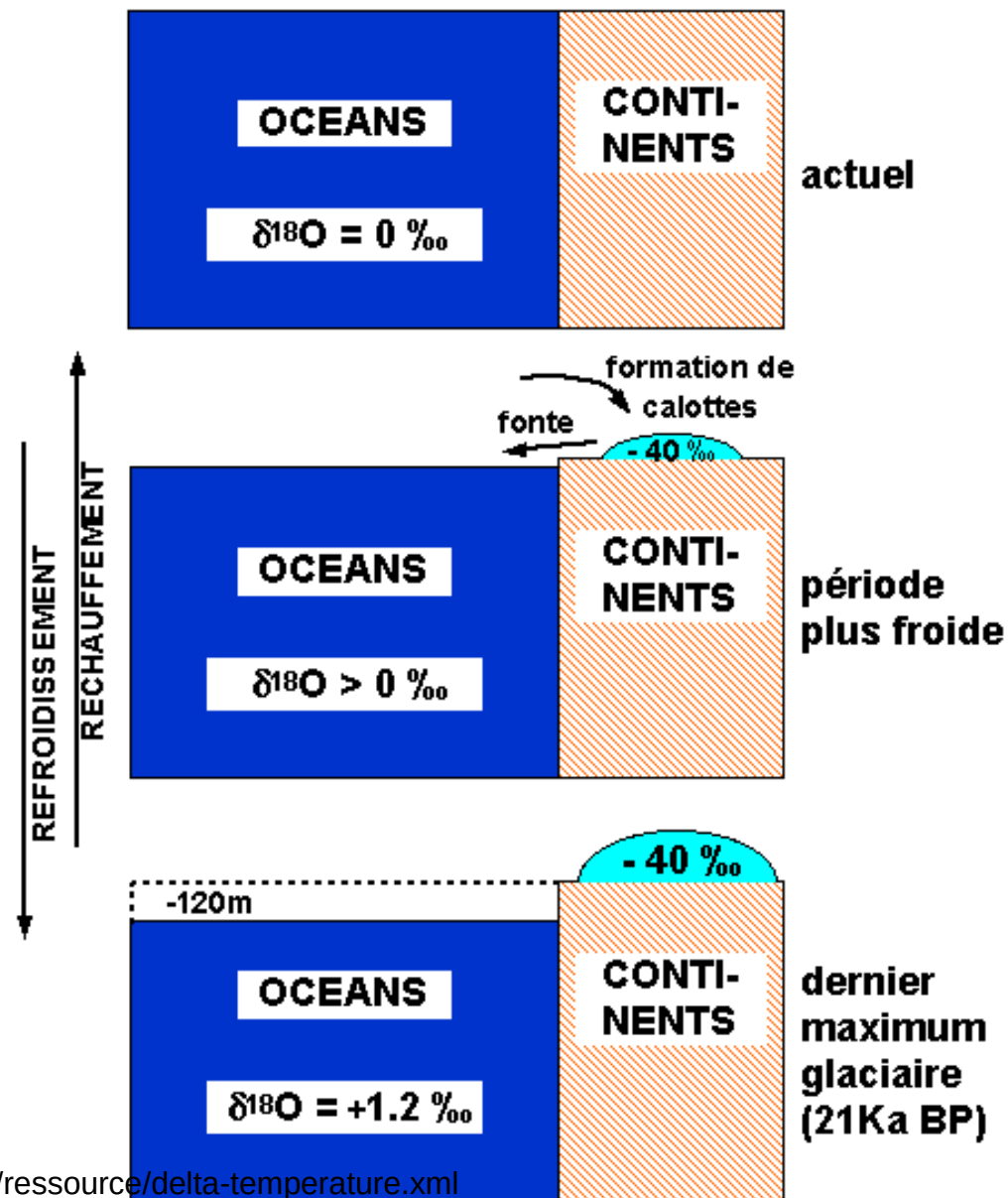


**Cristaux de
glace
observés en
lame mince
en LPA**

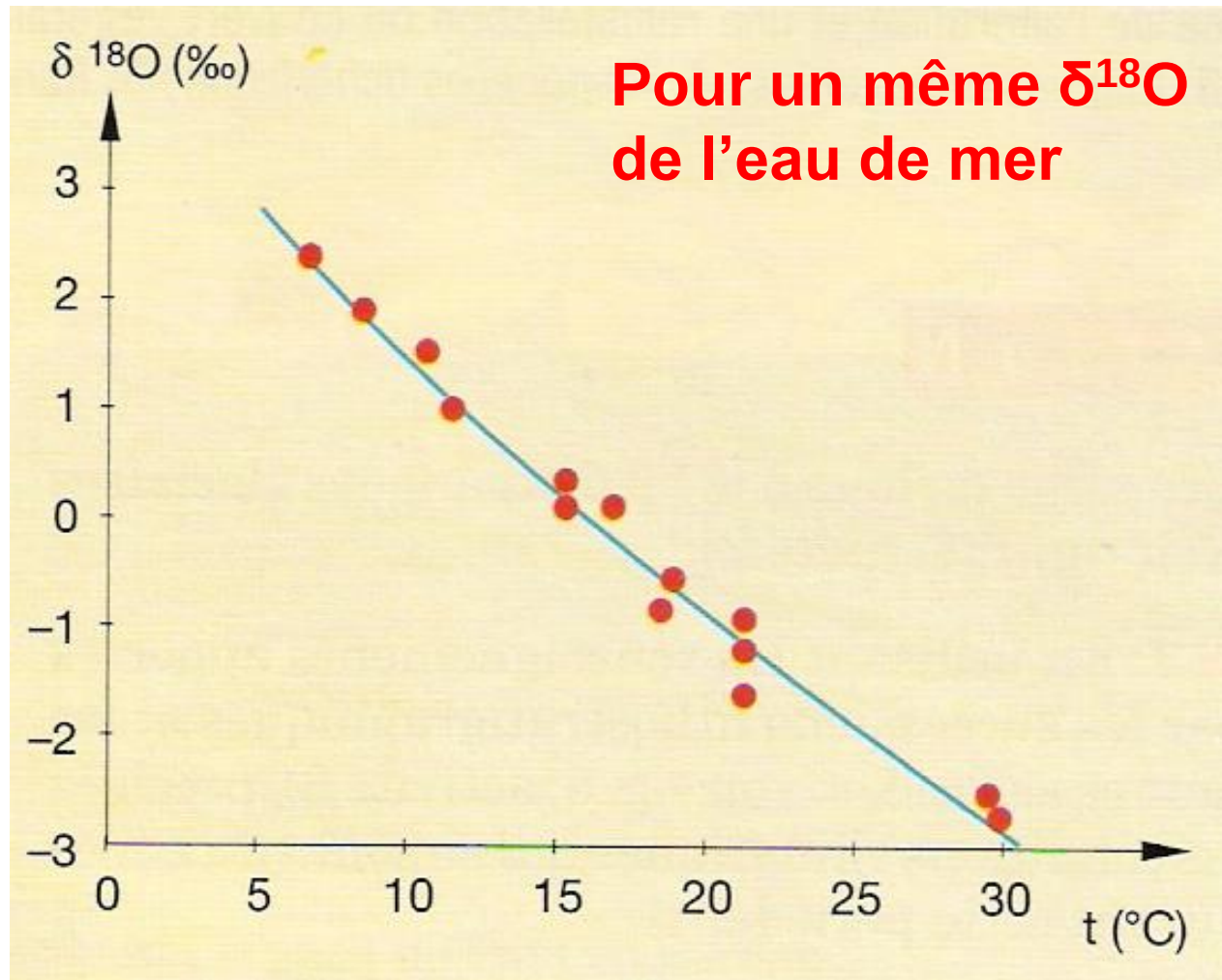


Extraction d'une carotte de glace
Le trou de forage a un diamètre de 129,6 mm et la carotte un diamètre de 98 mm.

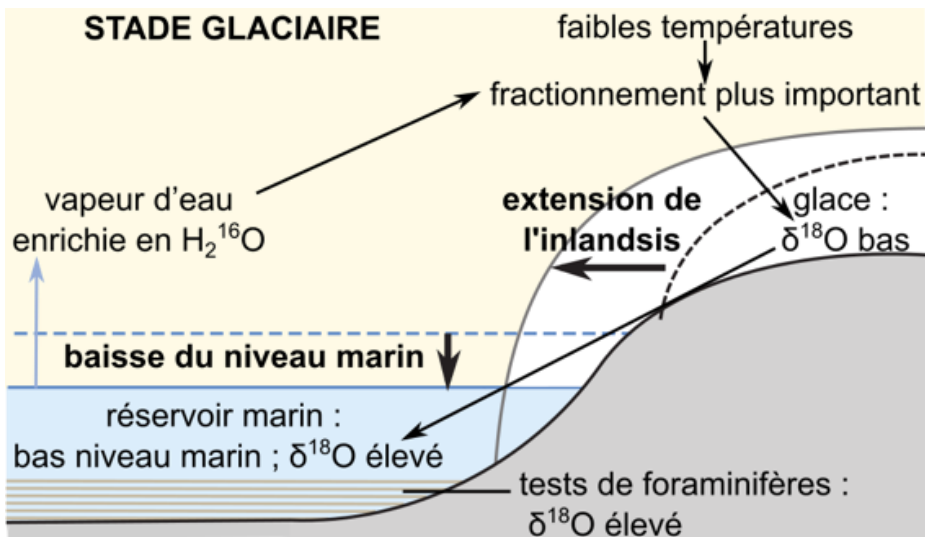
Document 7. Relation entre $\delta^{18}\text{O}$ et périodes glaciaire et interglaciaire.



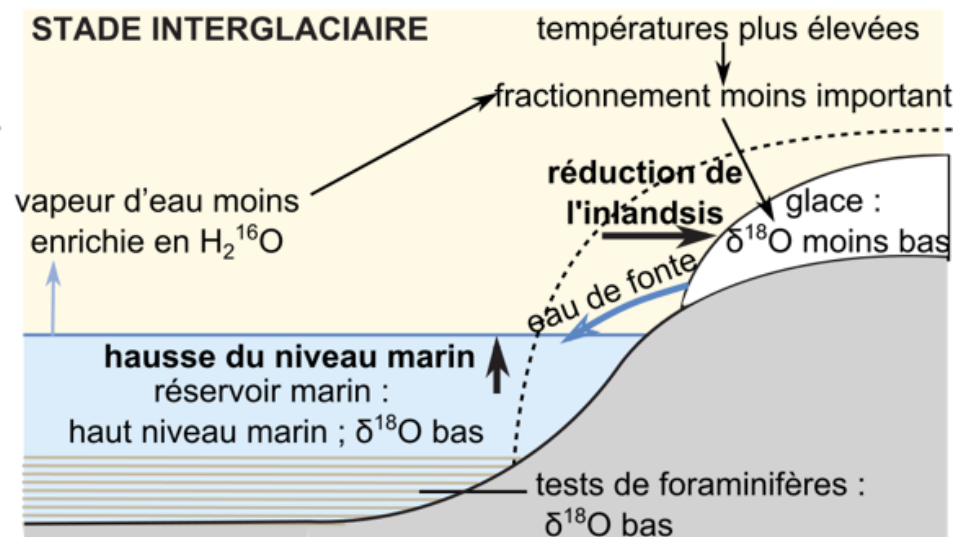
Document 8. Relation entre la température de l'eau et le $\delta^{18}\text{O}$ des carbonates.



Document 9. Variations des $\delta^{18}\text{O}$ au cours d'un cycle glaciaire – interglaciaire.

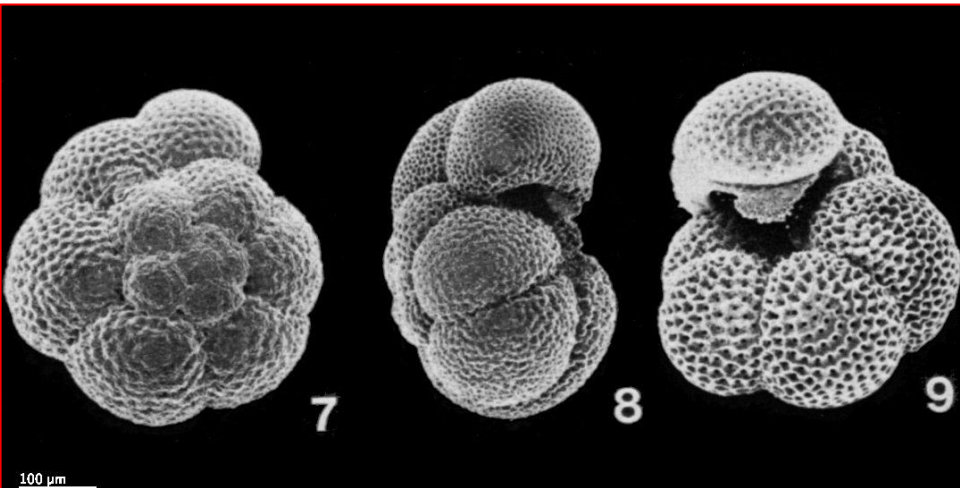


- enregistrement du $\delta^{18}\text{O}$ élevé par les foraminifères
- benthiques : refroidissement global
 - planctoniques : baisse de température superficielle

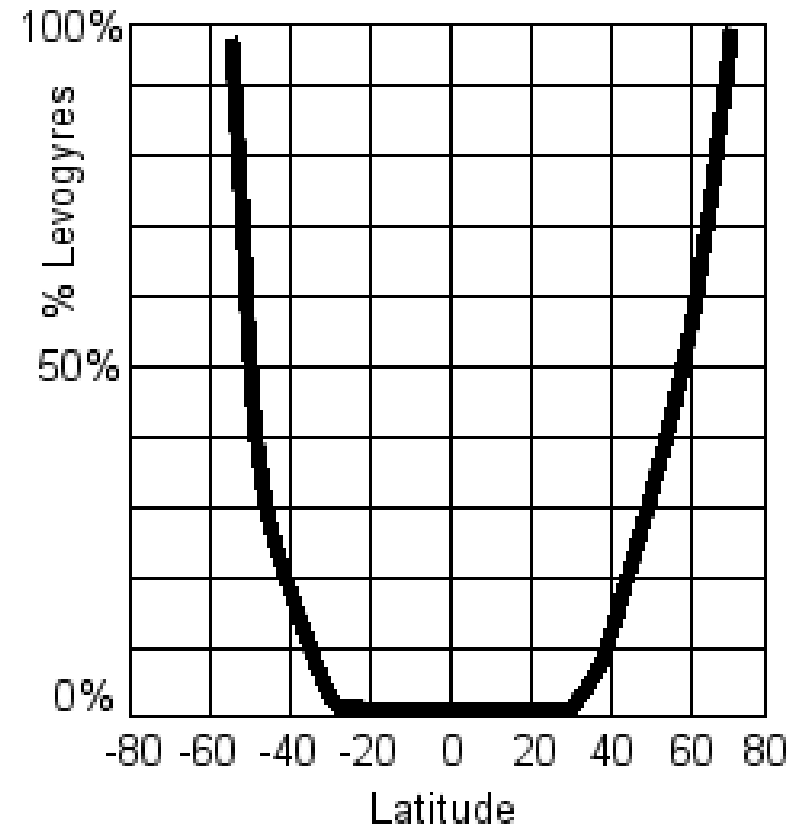


- enregistrement du $\delta^{18}\text{O}$ bas par les foraminifères
- benthiques : réchauffement global
 - planctoniques : hausse de température superficielle

Neogloboquadrina pachyderma, un Foraminifère indicateur de la température des eaux de surface



Une forme actuelle

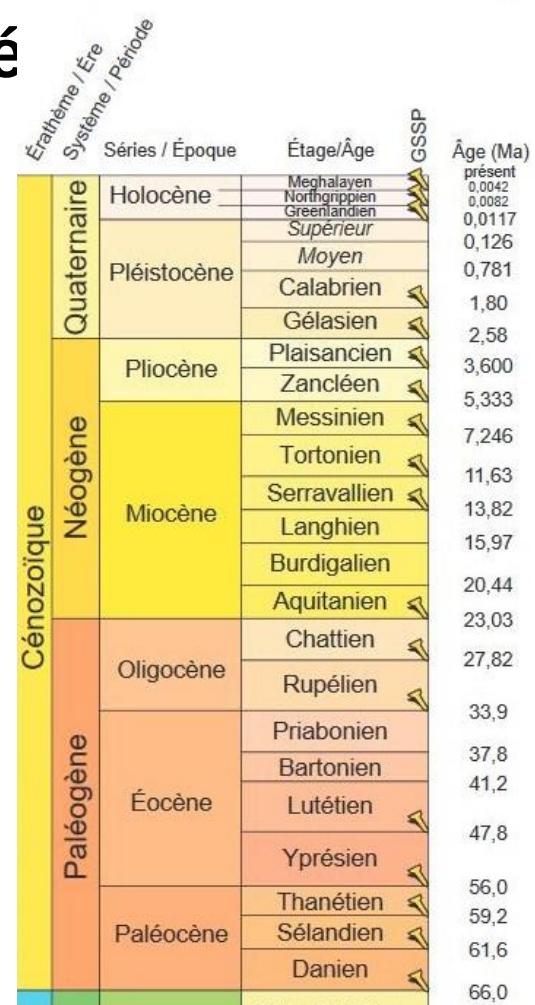
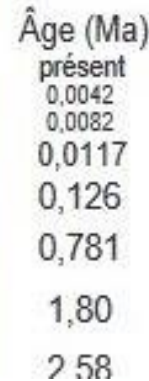
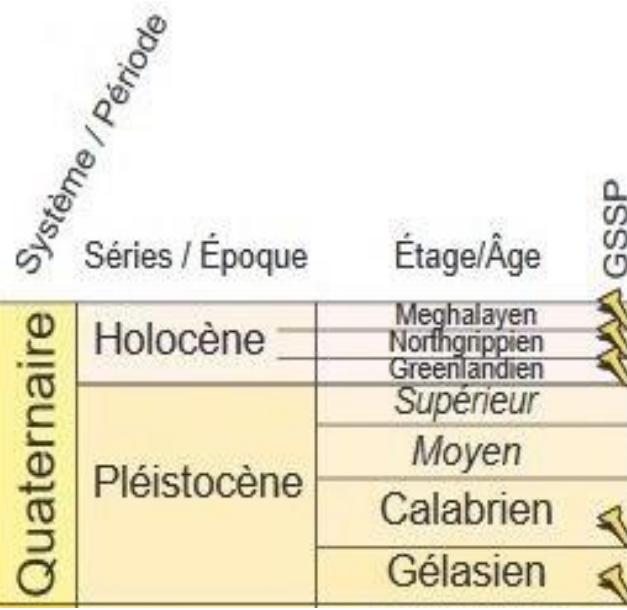
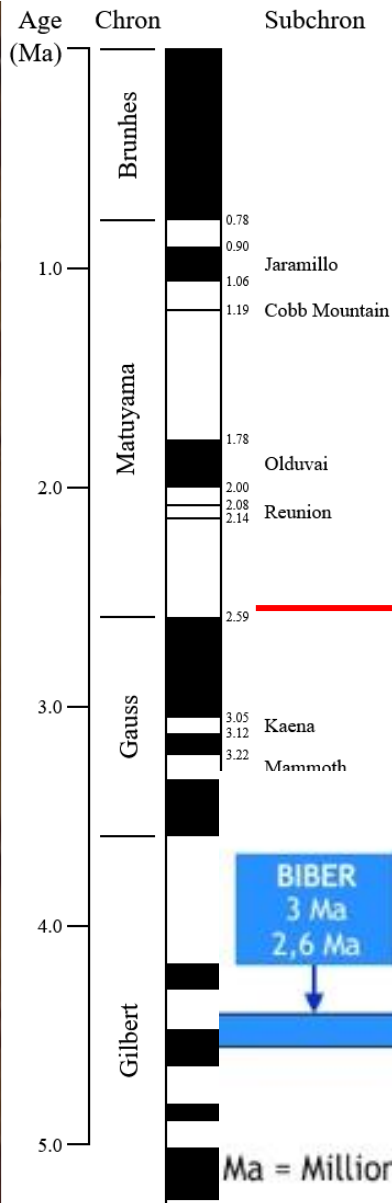


enroulement dextre lorsque l'eau de surface est chaude
enroulement senestre lorsque l'eau de surface est froide

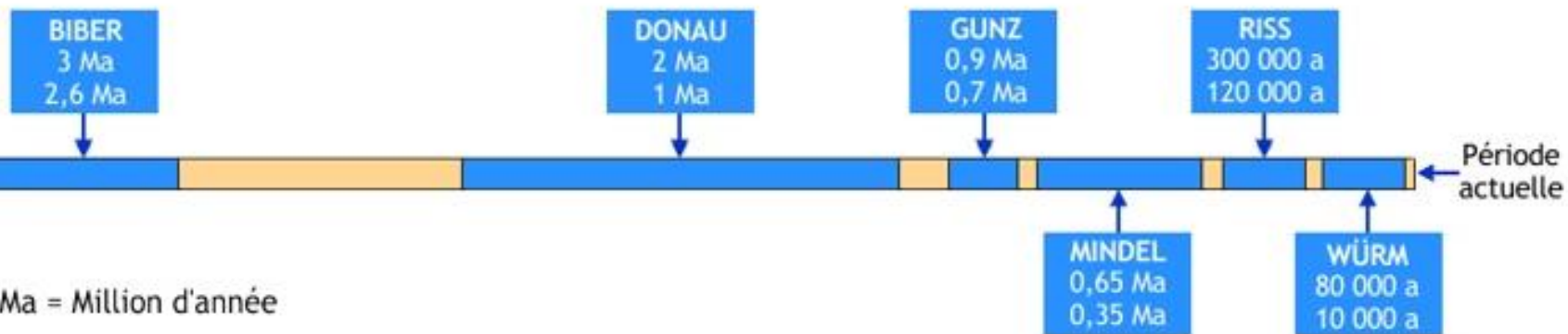
<https://www.mikrotax.org/pforams/index.php?id=104172#gallery3-1>

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

Document 10. Le Quaternaire, caractérisé par des glaciations successives.



Les glaciations quaternaires dans les Alpes



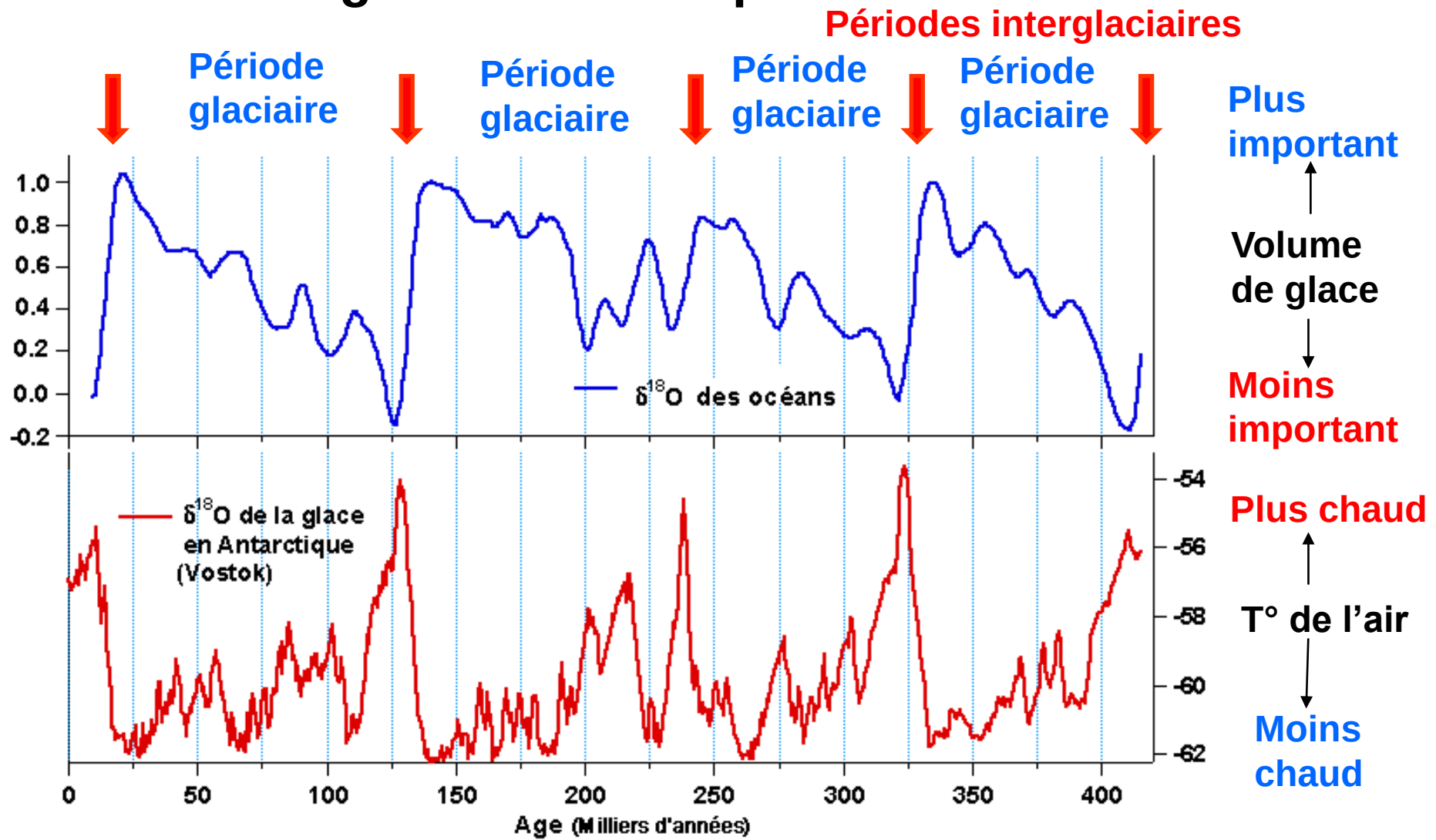
Extension de la calotte arctique

- 22 000 ans

Actuel

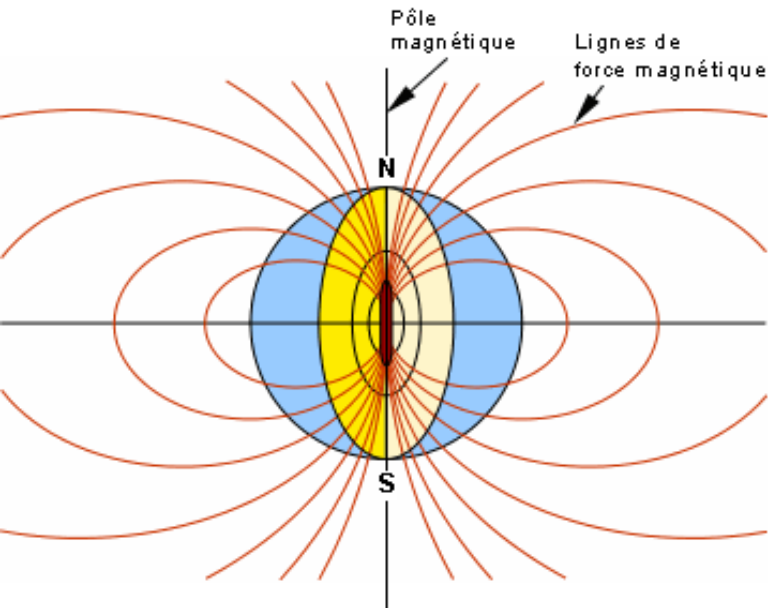


Document 11. Variations du $\delta^{18}\text{O}$ depuis 400 ka dans les océans et les glaces antarctiques.



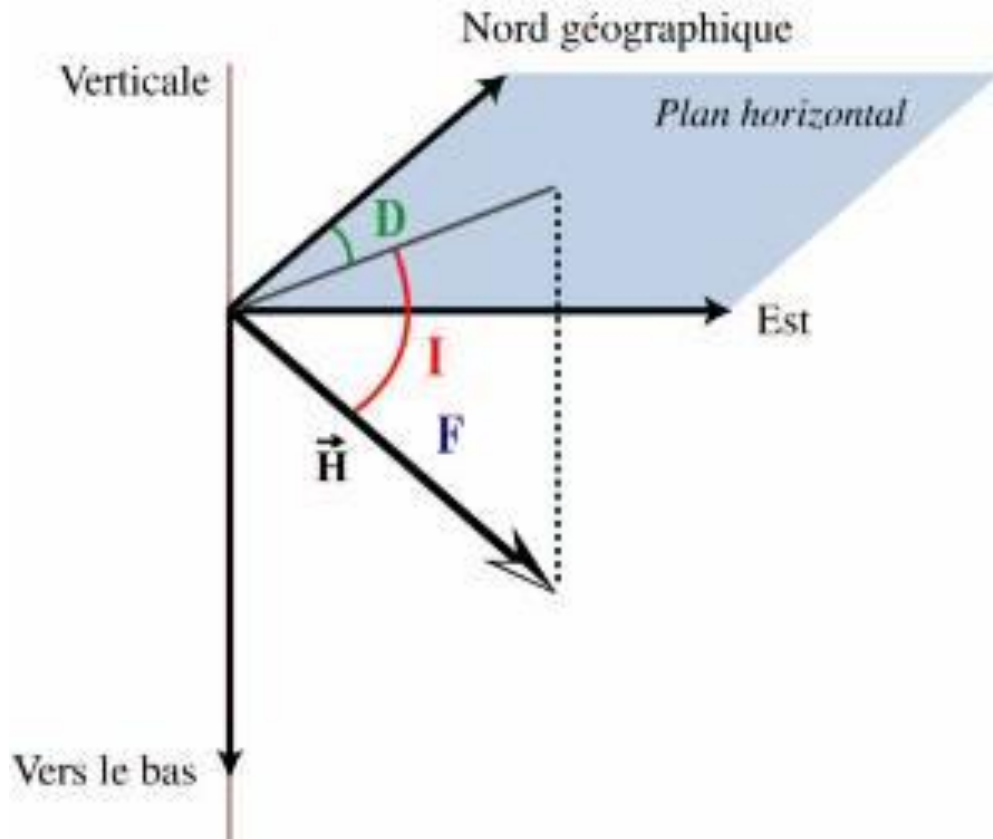
Attention : lecture chronologique de droite à gauche

Le paléomagnétisme permet de déterminer des paléolatitudes



Le champ magnétique en un point est un vecteur que l'on peut définir par :

- son intensité
- sa direction, décrite elle-même par deux angles : l'inclinaison I et la déclinaison D



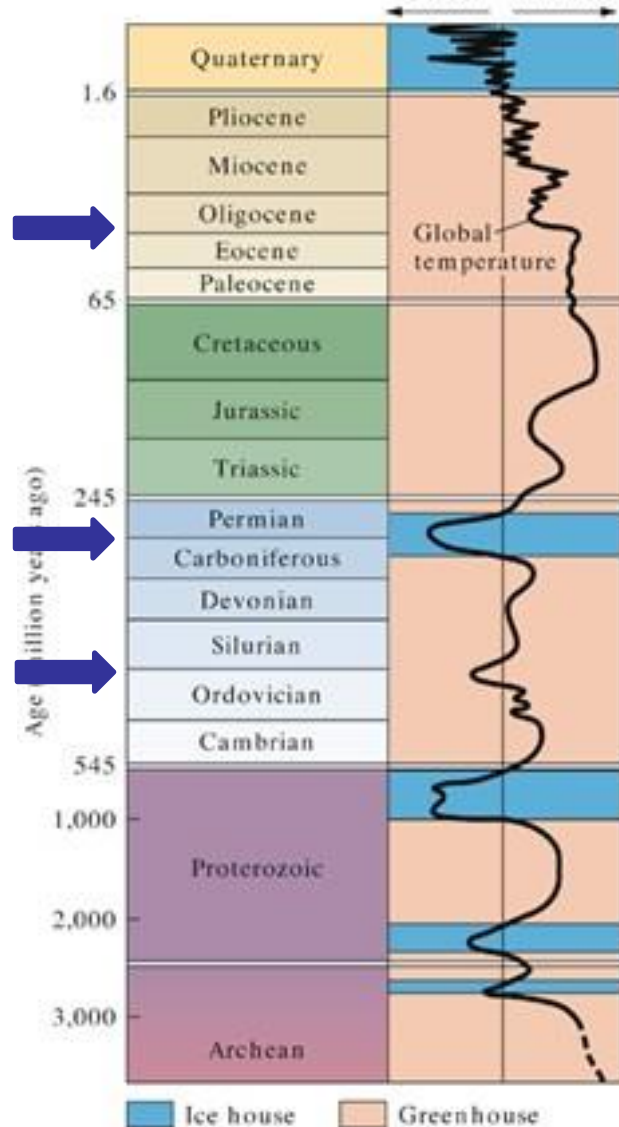
L'inclinaison I est directement liée à la paléolatitude L par la formule suivante :

$$\tan I = 2 \tan L$$

La déclinaison indique un changement d'orientation par rotation par rapport au nord géographique

→ Quel est le $\delta^{18}\text{O}$ étudié ici ???

$\delta^{18}\text{O}$
élevé $\delta^{18}\text{O}$
faible
Colder Warmer



Document 12. Périodes « greenhouse » et « icehouse » au cours de l'histoire de la Terre.

« ice house » : présence de calottes
de glace aux pôles

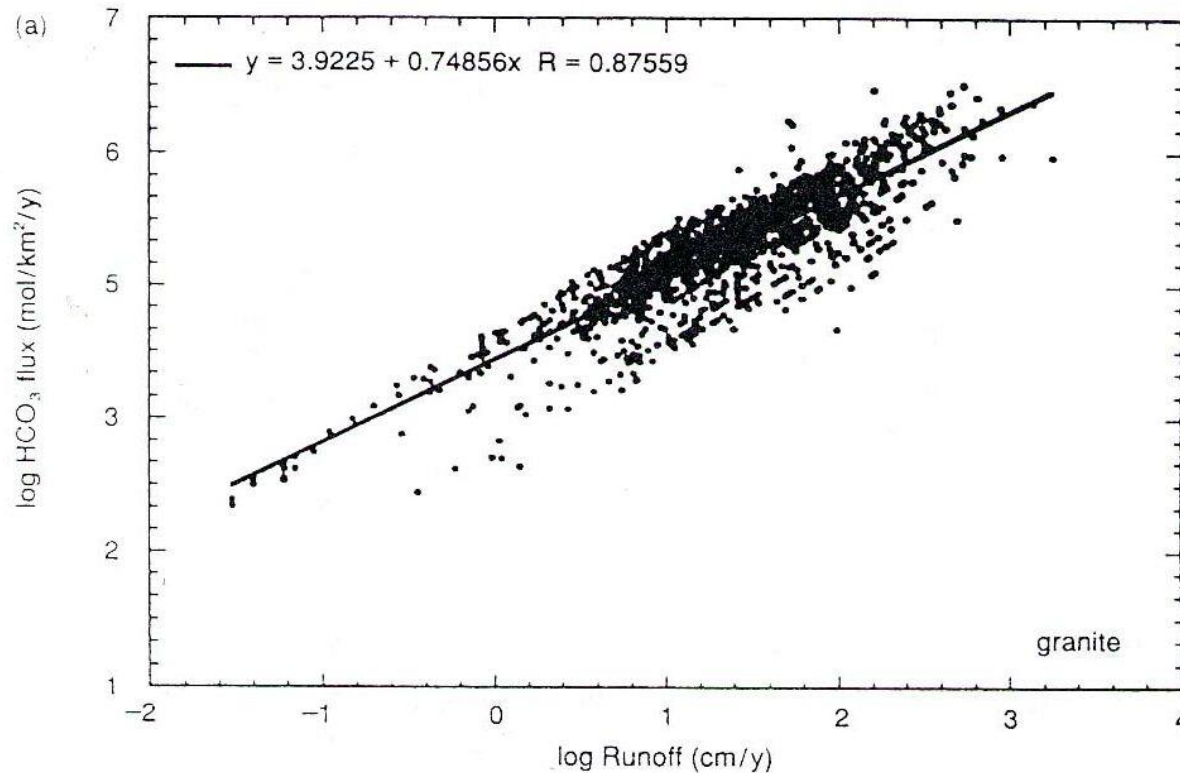
« green house » : pas de calotte de
glace aux pôles

Pendant plus de 70 % de l'histoire de la Terre,
elle est plus chaude qu'à l'heure actuelle

← Glaciation néoproterozoïque
– 1 Ga à – 540 Ma

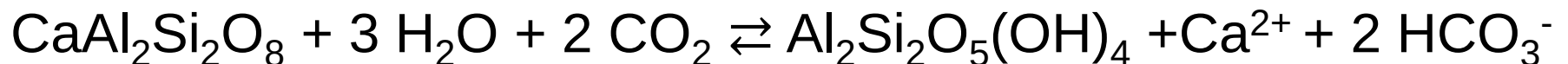
← Glaciation huronienne – 2,3 Ga
← Glaciation de Pongola – 2,9 Ga

L'altération = pompe à CO₂



Flux de HCO₃⁻ dans des rivières granitiques en fonction du Runoff ou écoulement spécifique (débit/surface) en cm/an (échelles log).

Exemple : l'altération de l'anorthite

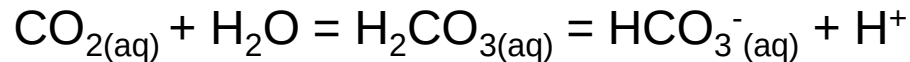


Document 13. L'altération, une pompe chimique de CO₂.

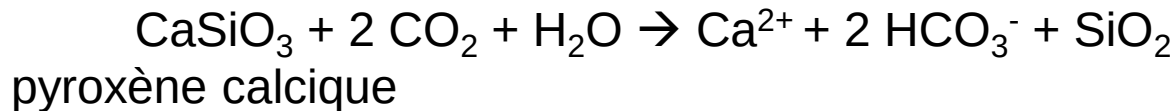
- **L'altération des silicates :**



Les protons proviennent pour l'essentiel de :

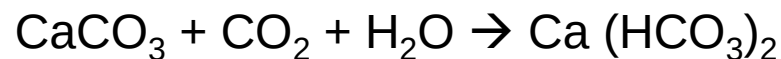


→ Consommation de 2 CO₂ pour 3 orthoses



→ Consommation de 2 CO₂ pour 1 pyroxène calcique

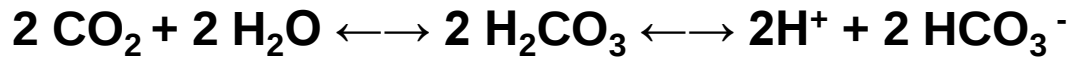
- **L'altération des carbonates :**



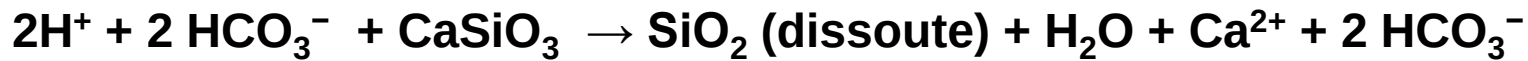
→ Consommation de 1 CO₂ pour 1 calcite

Altération des silicates calciques et « consommation » de CO₂

Première étape : dissolution du CO₂ (surtout respiratoire) dans le sol



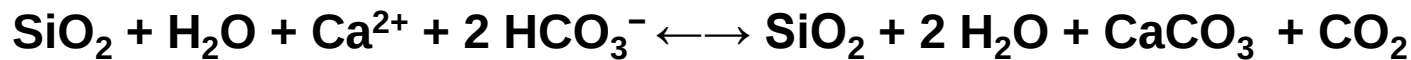
Deuxième étape : altération des silicates calciques (exemple CaSiO₃)



Troisième étape : transport des ions vers la mer (ou un lac)



Quatrième étape : sédimentation en mer



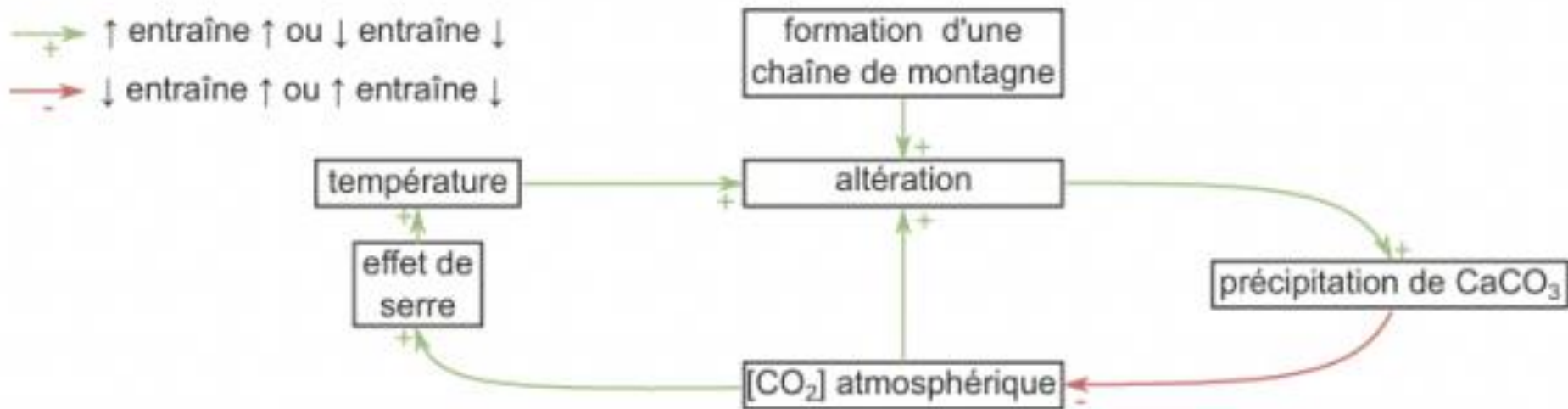
Somme de toute ces étapes :



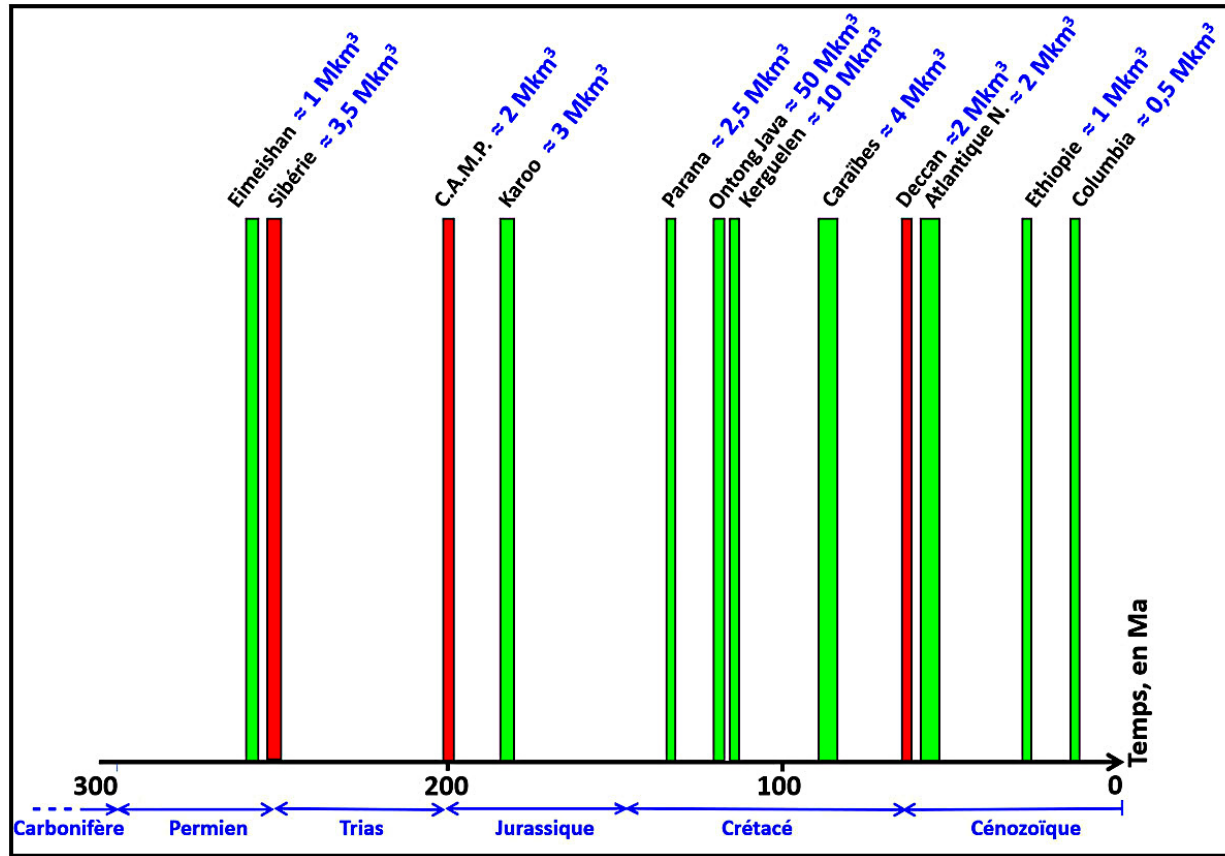
En simplifiant, on a le bilan suivant :



Document 14. Boucle de rétroaction reliant altération, concentration atmosphérique en CO_2 , effet de serre et température.



Les 12 provinces volcaniques (LIP) géantes des 300 derniers Ma



La largeur du trait indique la durée des éruptions.

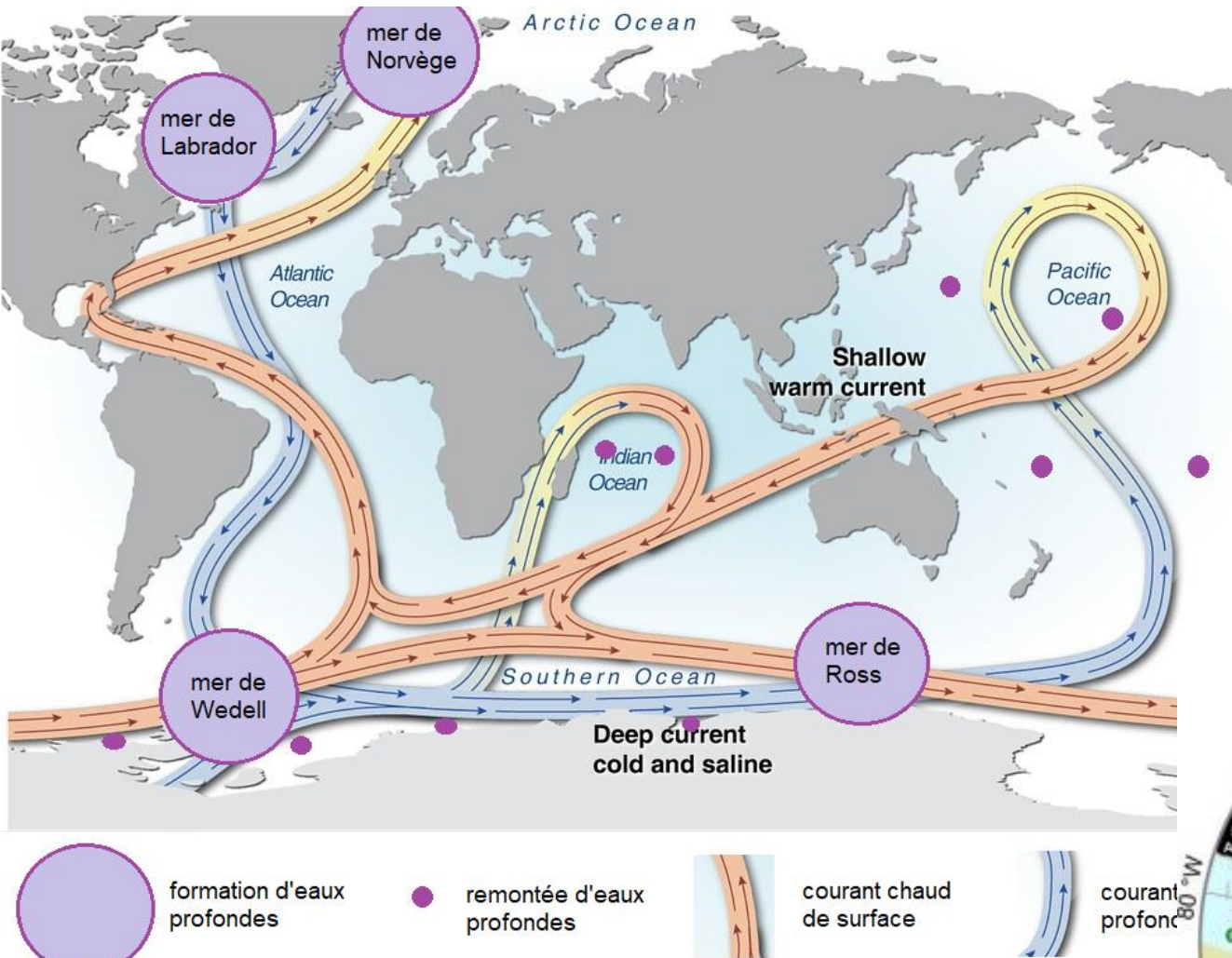
L'ordre de grandeur du volume de lave émise est indiqué en bleu.

En rouge : trois provinces magmatiques géantes contemporaines d'une des cinq grandes extinctions biologiques du Phanérozoïque : les crises Permien-Trias, Trias-Jurassique et K/T.

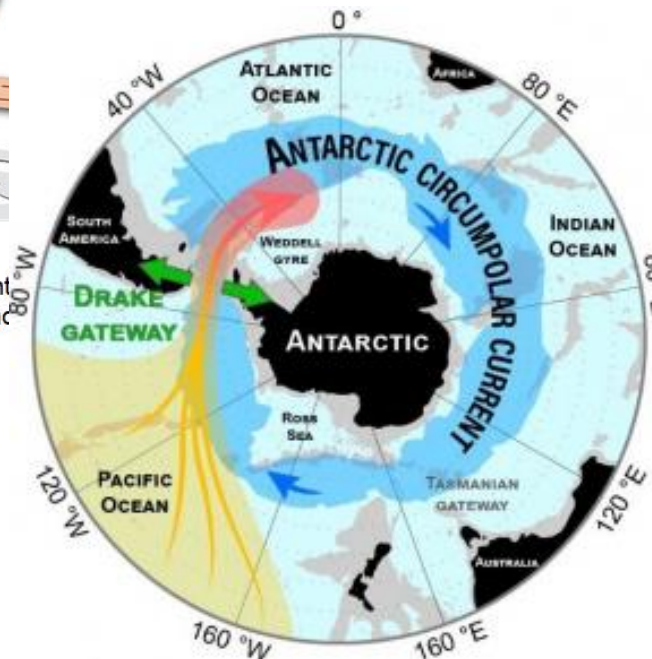
Depuis 300 Ma, ces éruptions géantes ont lieu en moyenne tous les 25 Ma, bien qu'il n'y ait aucune régularité dans la venue de ces phases éruptives.

CAMP : province magmatique centre Atlantique.

La circulation méridienne de retournement



Carte centrée sur le pôle Sud schématisant la connexion des océans Pacifique et Atlantique Sud permise par l'ouverture du passage de Drake entre 31 Ma et 26 Ma.. © Florent Hodel, modifié d'après Hodel et al., 2021



D'après <https://www.grida.no/resources/5228>, modifié <https://www.occitanie-ouest.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/quels-liens-entre-courant-circumpolaire-antarctique-et-climat-global>

Distribution des masses continentales et climat



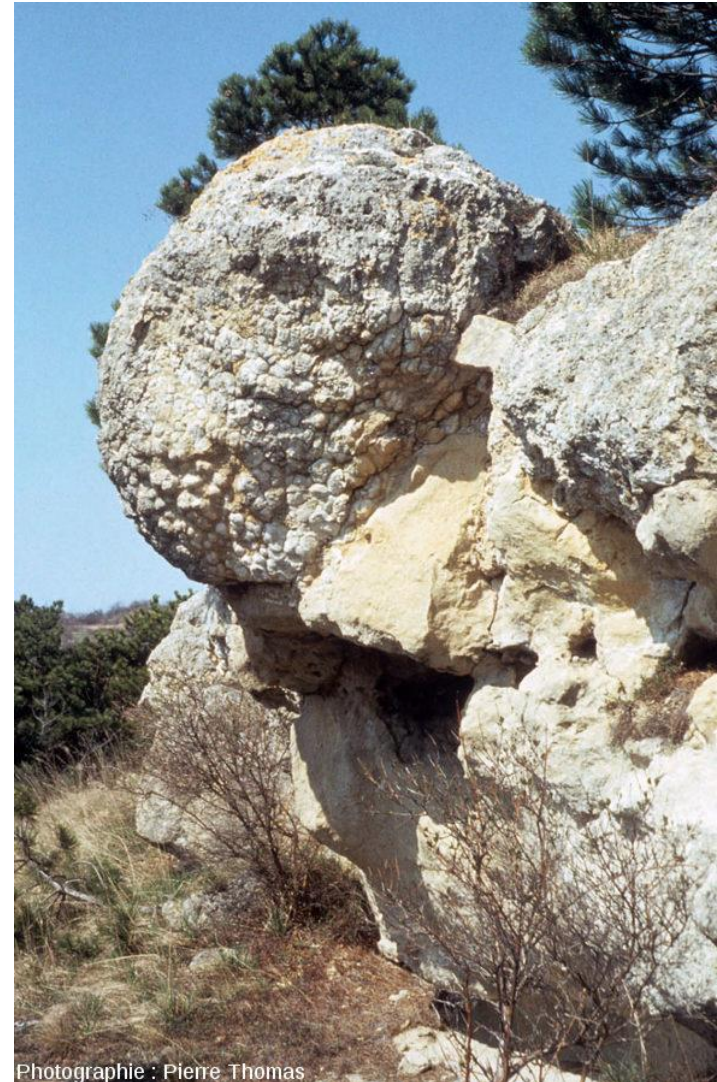
Répartition des glaciers au Permo-Carbonifère sur le continent de Gondwana

Le développement de la photosynthèse avec les cyanobactéries et le pompage biologique de CO₂



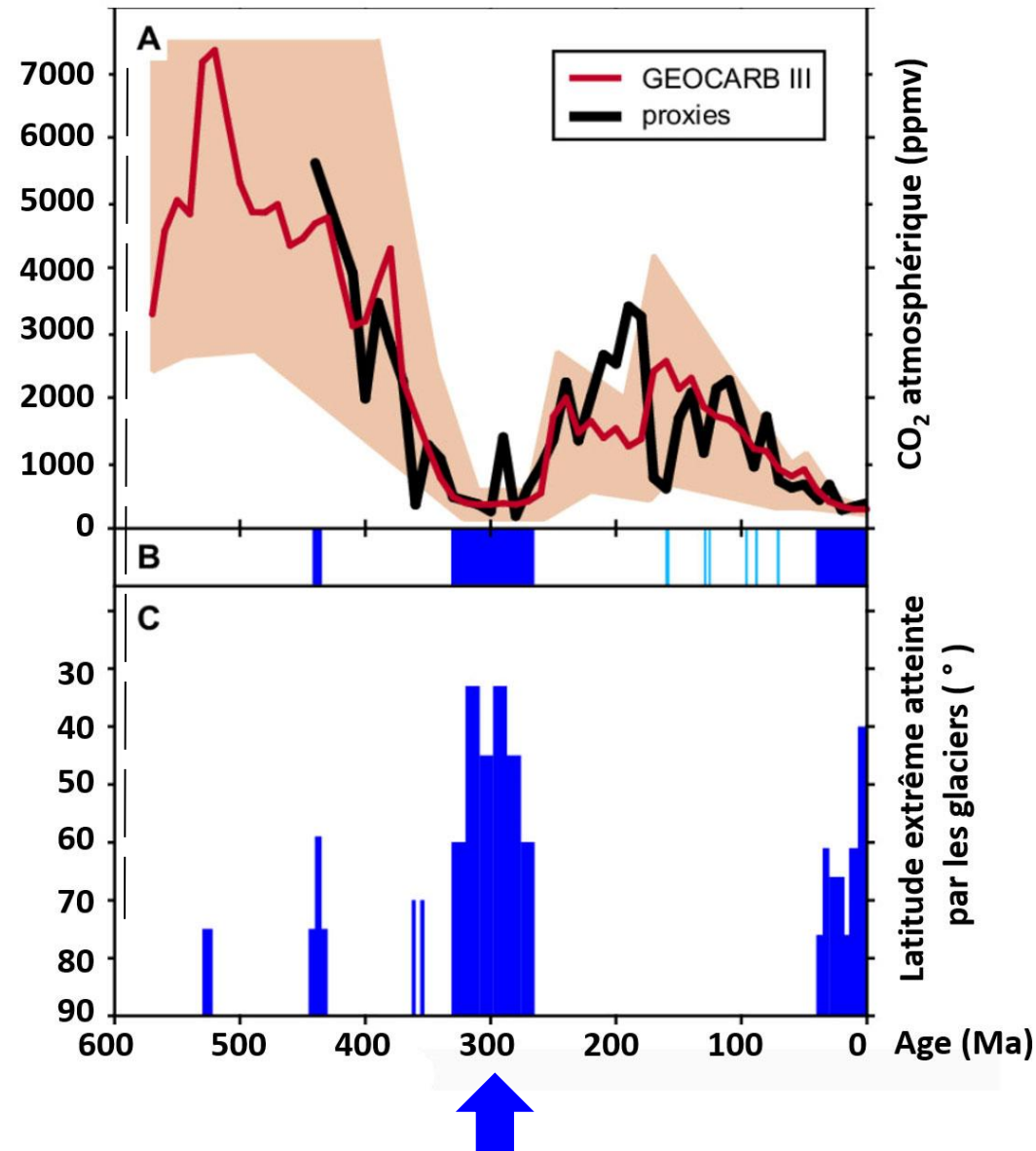
Photographie : Pierre Thomas

Des stromatolithes existent depuis au moins 3,5 Ga et encore à l'heure actuelle, bien que leur importance relative ait diminué.



Photographie : Pierre Thomas

Facteurs du refroidissement au Carbonifère



Au Carbonifère, les glaciers vont jusqu'au 30^e parallèle (latitude actuelle de Sydney). La teneur en CO₂ de l'atmosphère est très faible (comme maintenant).

Cause géologique :
formation de la chaîne hercynienne et **recrudescence de l'altération des silicates calciques**

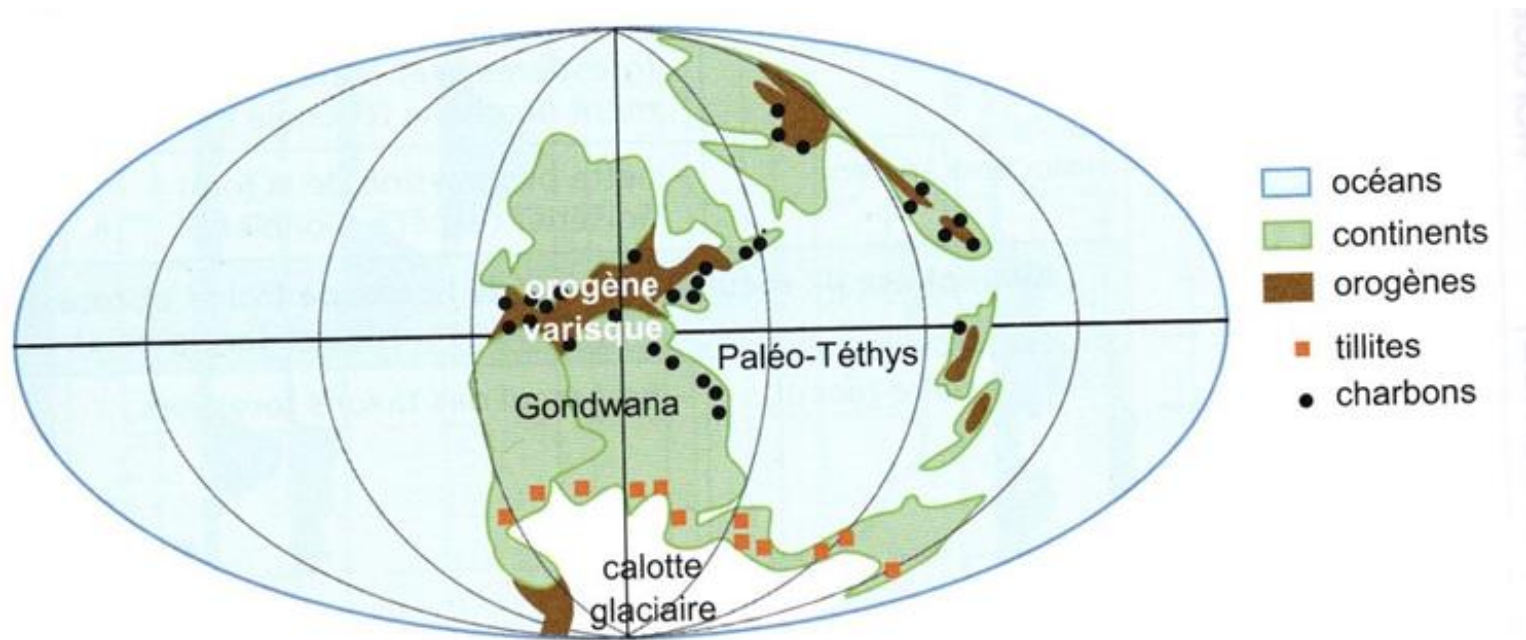
Causes biologiques :

- la multiplication du nombre d'arbres,
- leur mauvaise décomposition

→ **formation de beaucoup de charbon**

Identifier des facteurs impliqués dans une entrée en glaciation

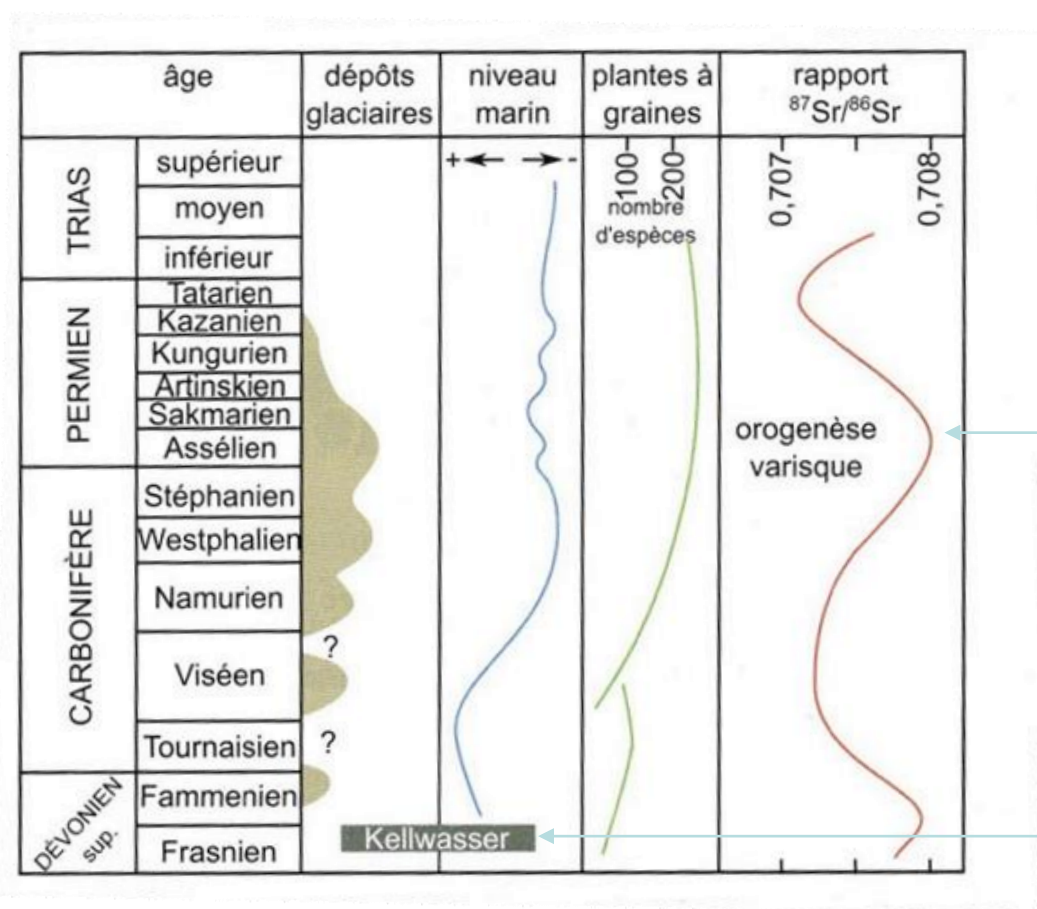
Document 9. Le visage de la Terre au Carbonifère supérieur.



Tillites : dépôts glaciaires.

Charbons : formation sous un climat permettant une forte productivité primaire (chaud).

Document 10. Distribution temporelle des dépôts glaciaires, variations du niveau marin, développement de la végétation et évolution du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les sédiments carbonatés du Dévonien supérieur au Trias.

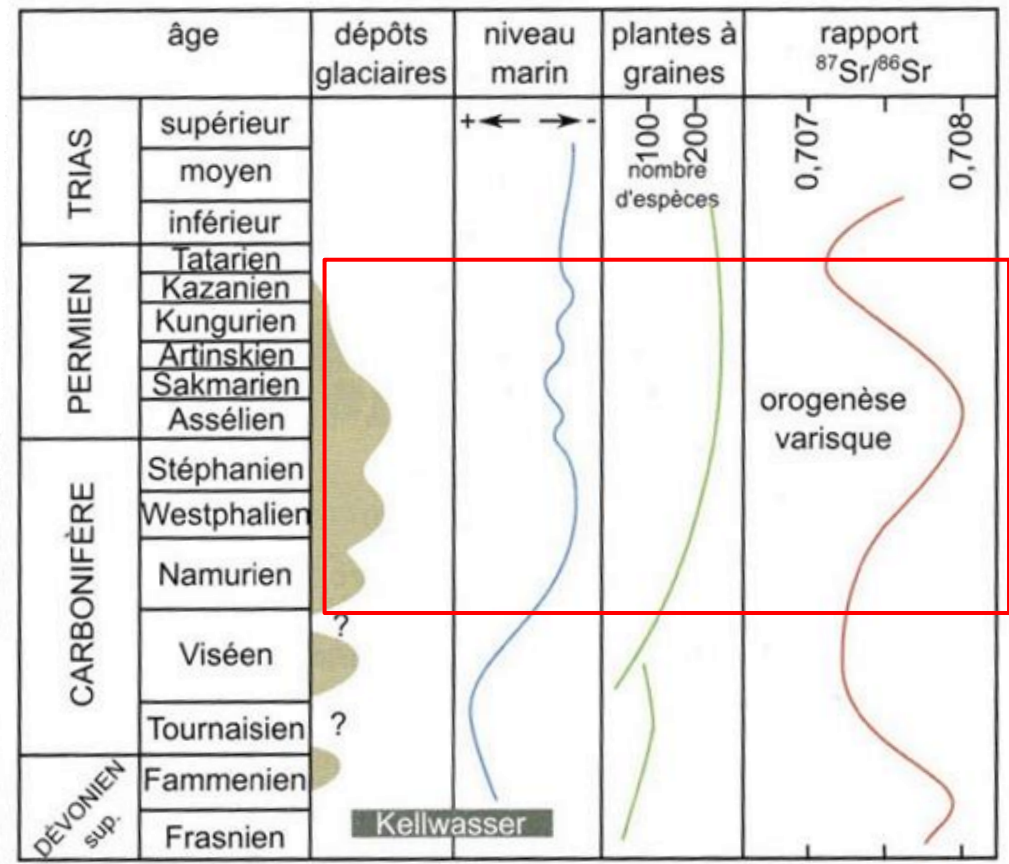


NB : l'augmentation du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les carbonates est interprétée comme résultant d'une augmentation des apports d'origine continentale dans le réservoir océanique.

Forte érosion

Horizon riche en matière organique

Document 10. Distribution temporelle des dépôts glaciaires, variations du niveau marin, développement de la végétation et évolution du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les sédiments carbonatés du Dévonien supérieur au Trias.



➤ **Corrélation entre baisse du niveau marin, glaciation et altération/ érosion des continents**

La glaciation entraîne le piégeage de grands volumes d'eau dans les glaciers et calottes glaciaires :

Glaciation

→ **baisse du niveau marin**

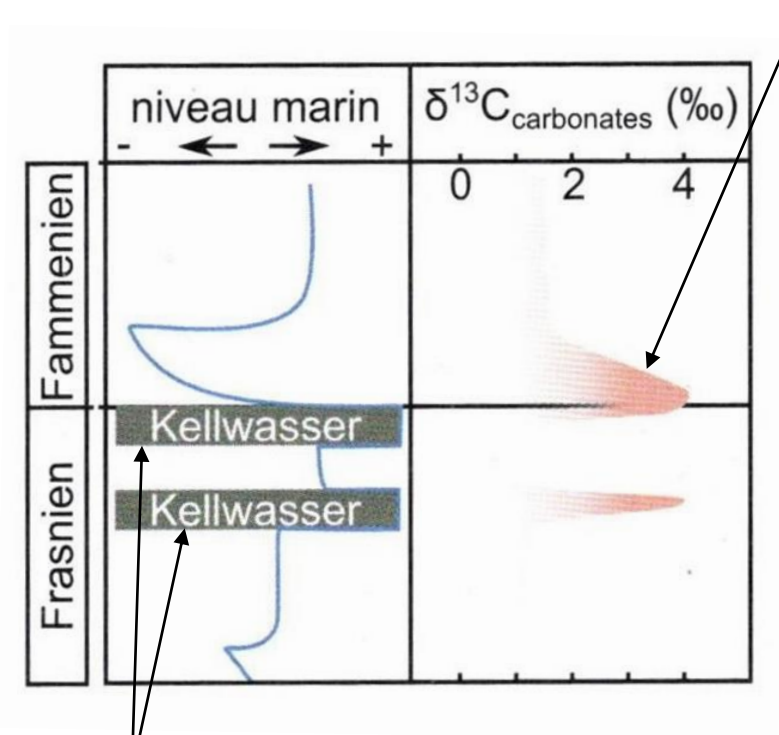
Altération / érosion des continents consomment du CO_2

→ **baisse de $[\text{CO}_2]$ atmosphérique et refroidissement.**

L'altération / érosion → glaciation

→ **Facteur géologique**

Document 11. Horizons sédimentaires et rapports isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ de niveaux carbonatés au passage Frasnien – Famennien.

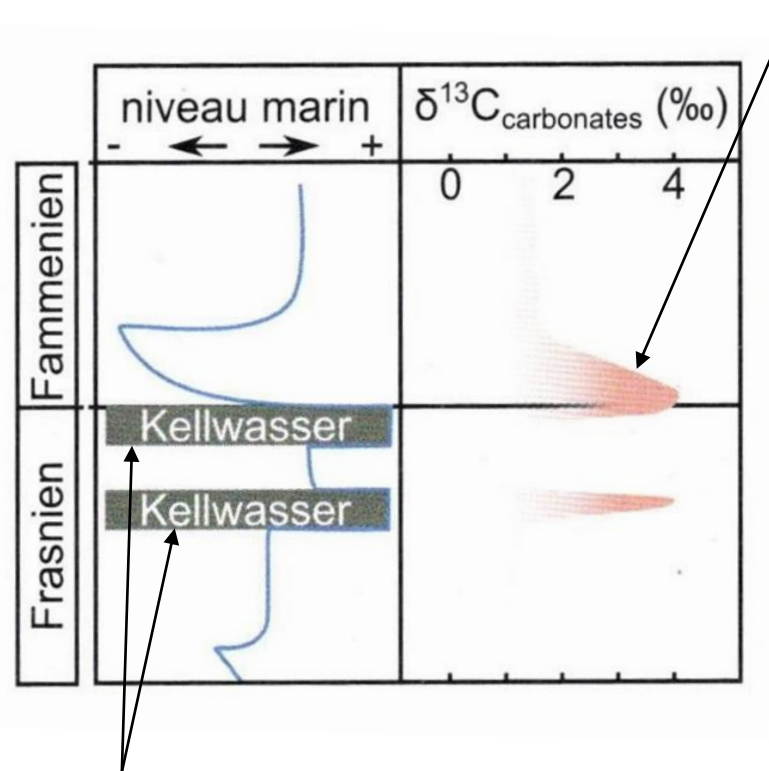


- Enrichissement de l'atmosphère en ^{13}C
- **Corrélation entre stockage de MO et hausse du $\delta^{13}\text{C}$**
- **Corrélation entre stockage de MO et entrée en glaciation**

Horizons riches en matière organique

$$\delta^{13}\text{C} = 1\,000 \left[\frac{\left(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \right)_{\text{échantillon}}}{\left(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \right)_{\text{référence}}} - 1 \right]$$

Document 11. Horizons sédimentaires et rapports isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ de niveaux carbonatés au passage Frasnien – Famennien.



Horizons riches en matière organique

Enrichissement de l'atmosphère en ^{13}C

➤ **Corrélation entre stockage de MO et hausse du $\delta^{13}\text{C}$**

Interprétation : la photosynthèse entraîne un fractionnement isotopique : l'isotope ^{12}C est préférentiellement incorporé dans la MO

Stockage MO $\rightarrow \delta^{13}\text{C}$ augmente

➤ **Corrélation entre stockage de MO et entrée en glaciation**

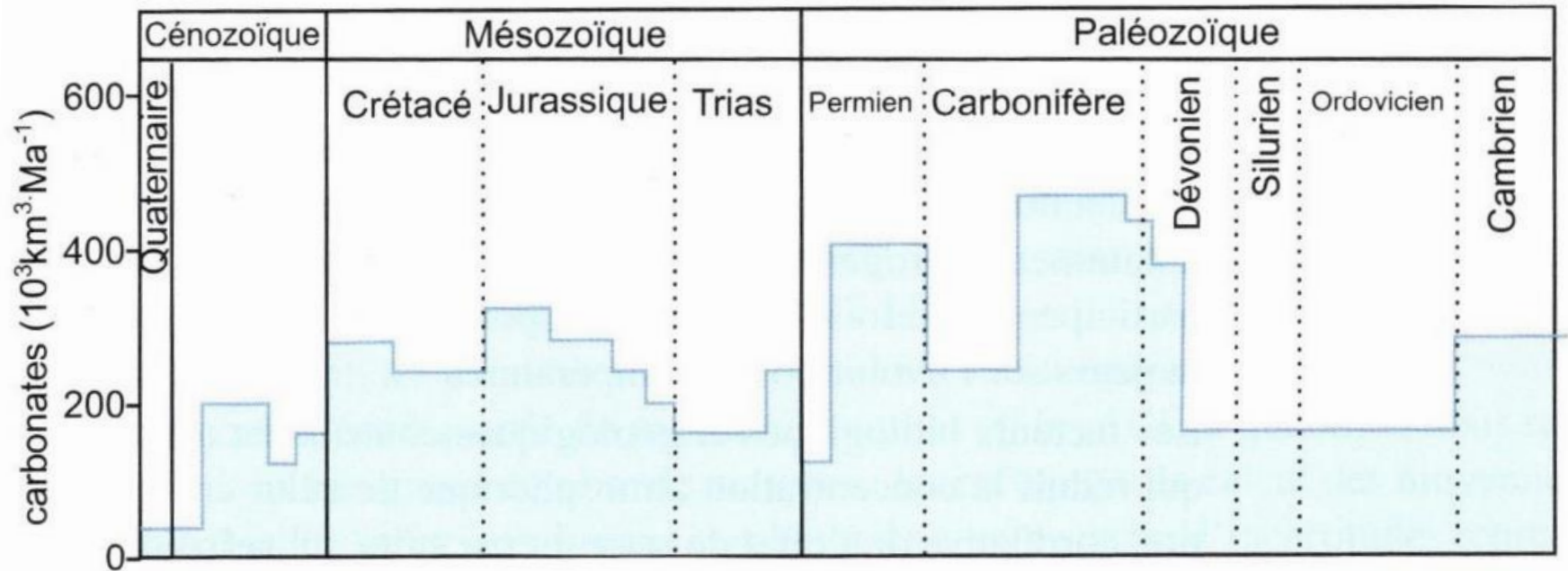
Hypothèse : stockage MO $\rightarrow$ entrée en glaciation

Explication :

Le stockage de C dans la MO entraîne une baisse de $[\text{CO}_2]$ atmosphérique et un refroidissement.

$\rightarrow$ Facteur biologique

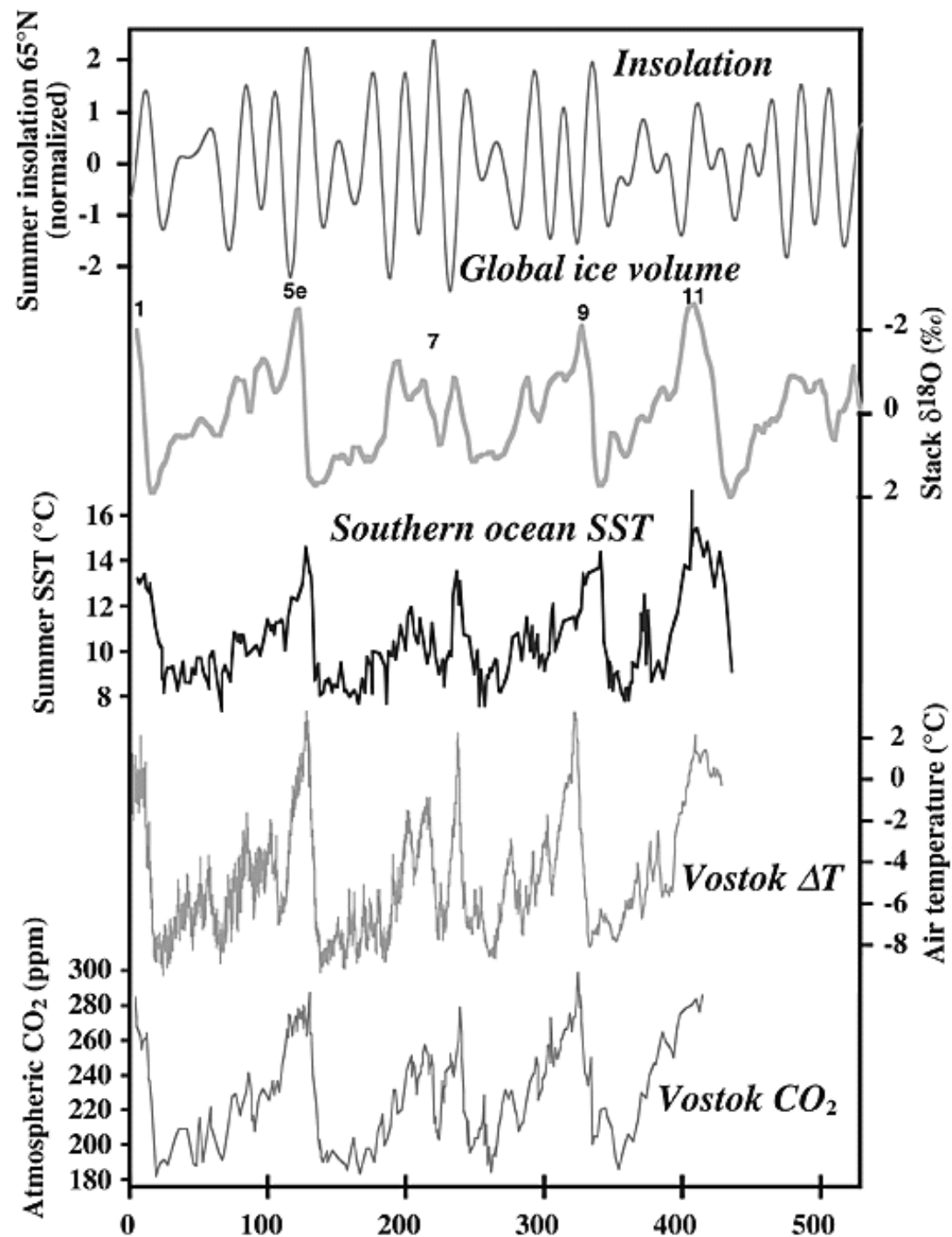
Document 12. Estimation de la production carbonatée au cours du Phanérozoïque.



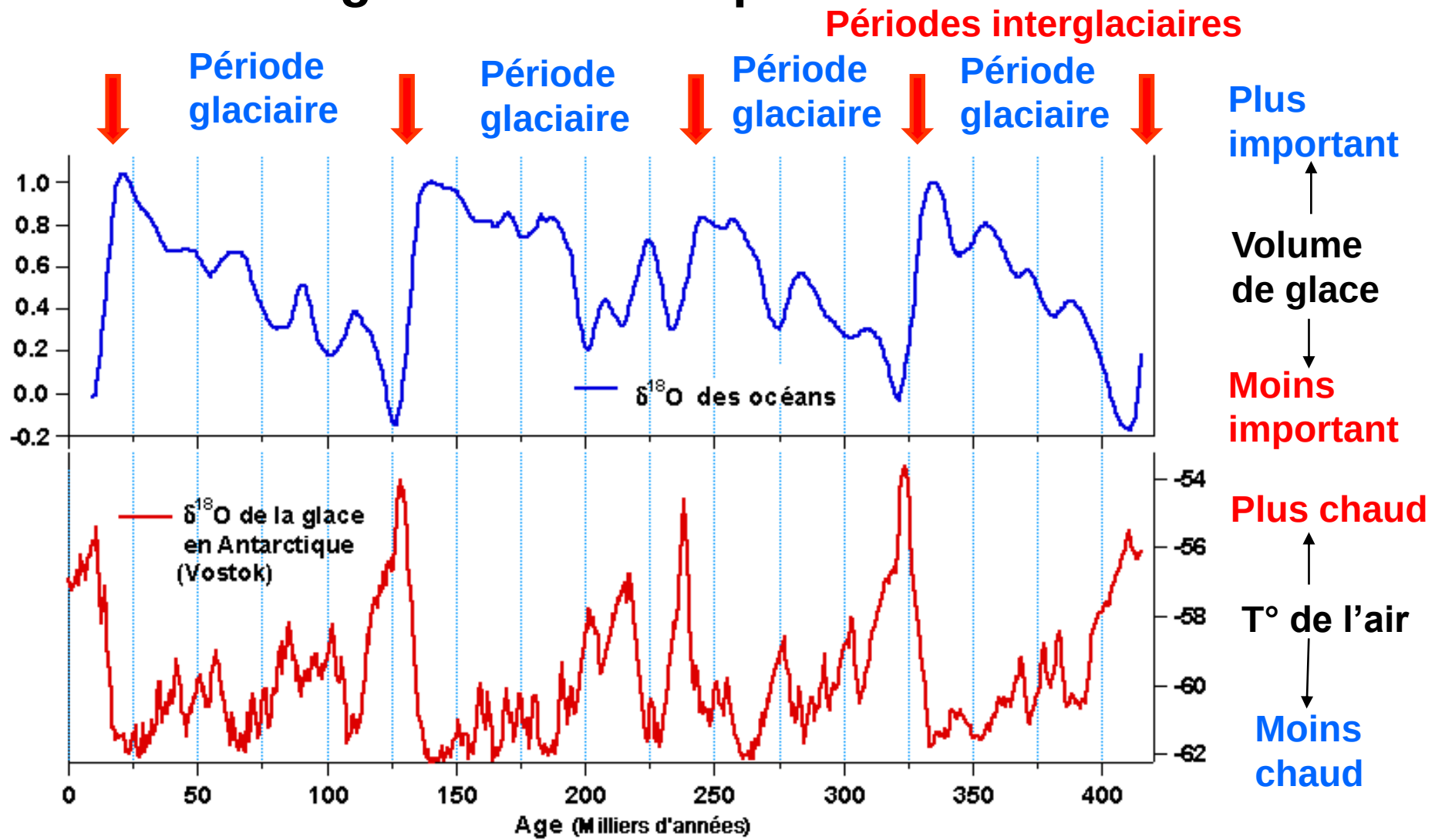
Document 15.

Variations climatiques des quatre derniers cycles.

Summer SST :
reconstitution des
températures de surface
de l'océan, en été dans
l'hémisphère Sud.



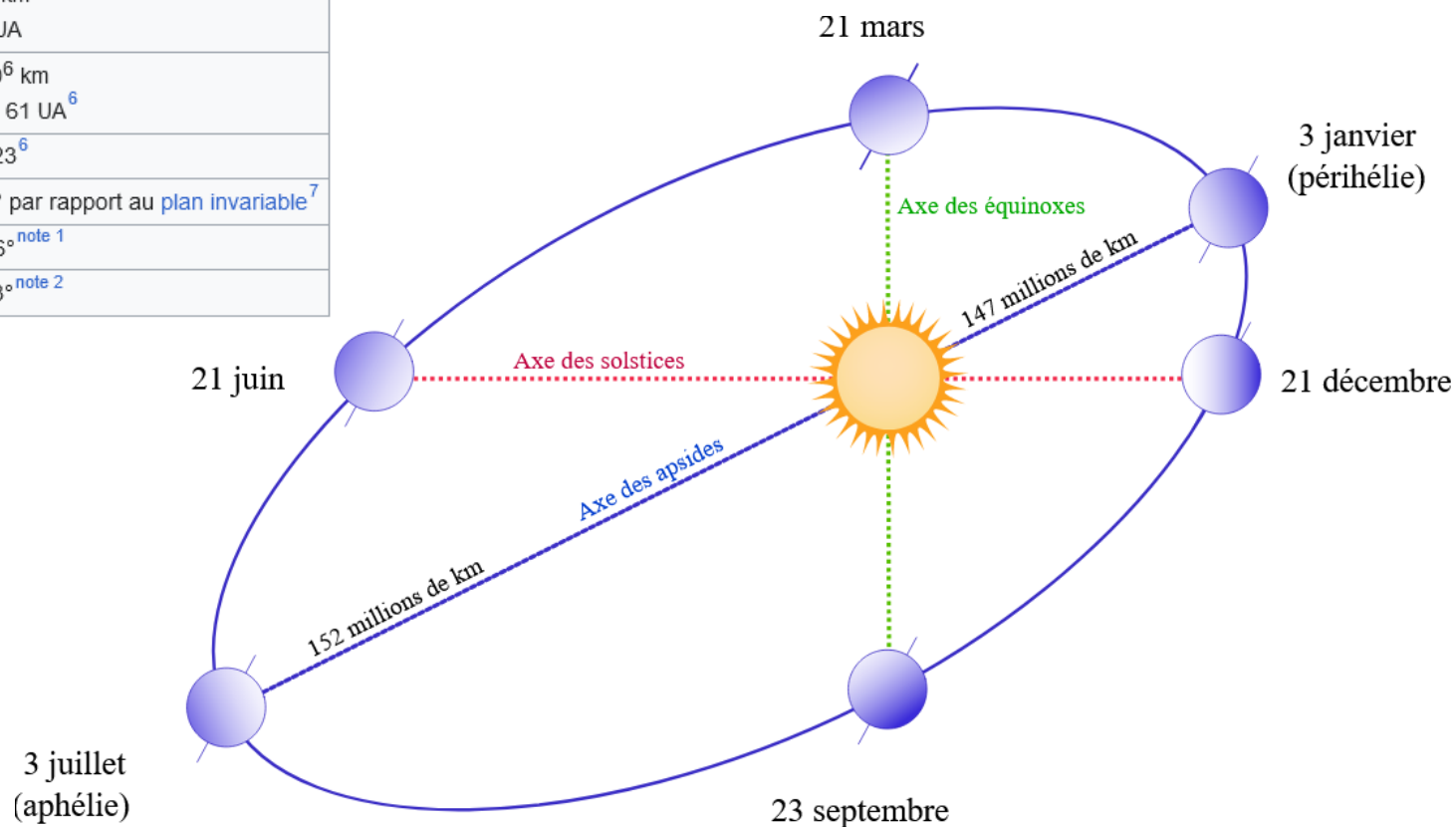
Document 11. Variations du $\delta^{18}\text{O}$ depuis 400 ka dans les océans et les glaces antarctiques.



Caractéristiques physiques de l'orbite de la Terre

Caractéristique	Unité (J2000.0)
période	365,256 363 004 jours ³
vitesse moyenne	29,78 km/s ⁴
	107 208 km/h
	2 572 992 km/jour
périmètre	940 millions de km ⁵
aphélie	152 x 10 ⁶ km 1,016 7 UA
périhélie	147 x 10 ⁶ km 0,983 29 UA
demi-grand axe	149,6 x 10 ⁶ km 1,000 002 61 UA ⁶
excentricité	0,01671123 ⁶
inclinaison	1,578690° par rapport au plan invariable ⁷
longitude du nœud ascendant	348,73936° ^{note 1}
argument du périastre	114,20783° ^{note 2}

Document 16. Les caractéristiques de l'orbite terrestre.



Effets de l'excentricité sur l'insolation

$$e = c / a$$

c : distance entre foyers / 2

a : longueur grand axe / 2

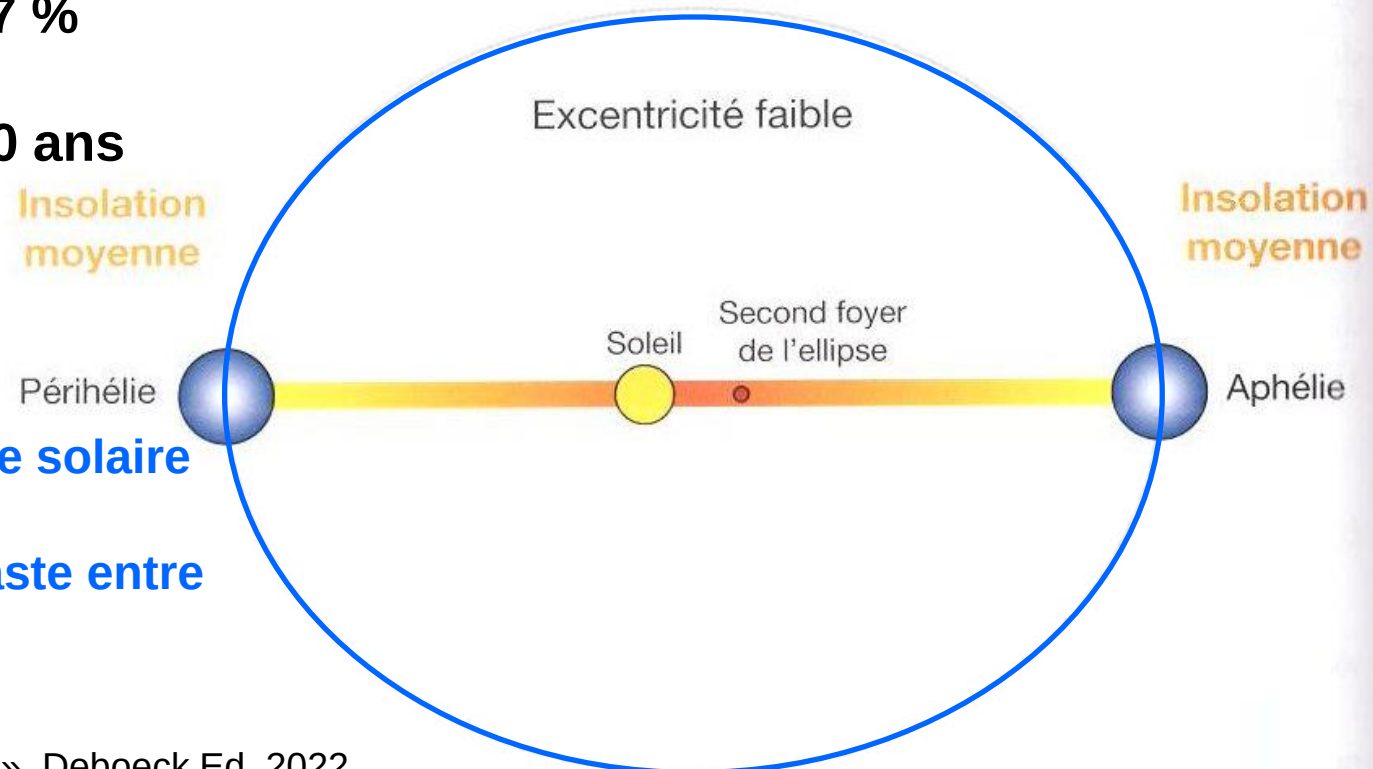
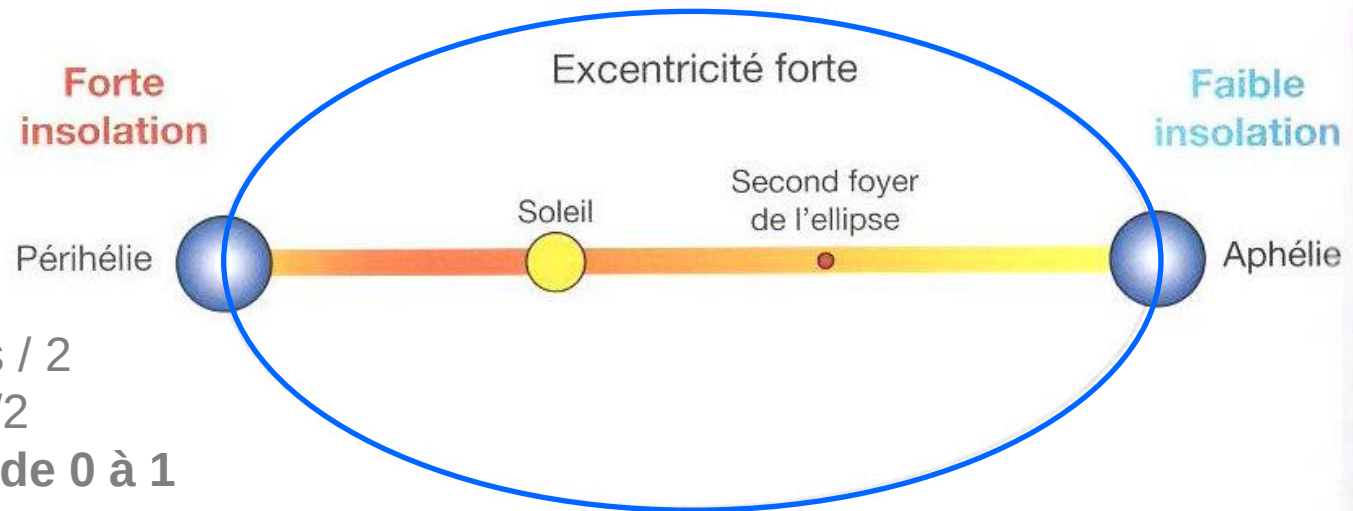
Intervalle de valeurs : de 0 à 1

valeur actuelle : 1,67 %

intervalle : 0 – 6 %

périodicité = 100 000 ans

- Modifie la q énergie solaire reçue
- Accentue le contraste entre été et hiver



Effets de l'obliquité sur les saisons

Obliquité forte

Étés de l'hémisphère nord
un peu plus chauds

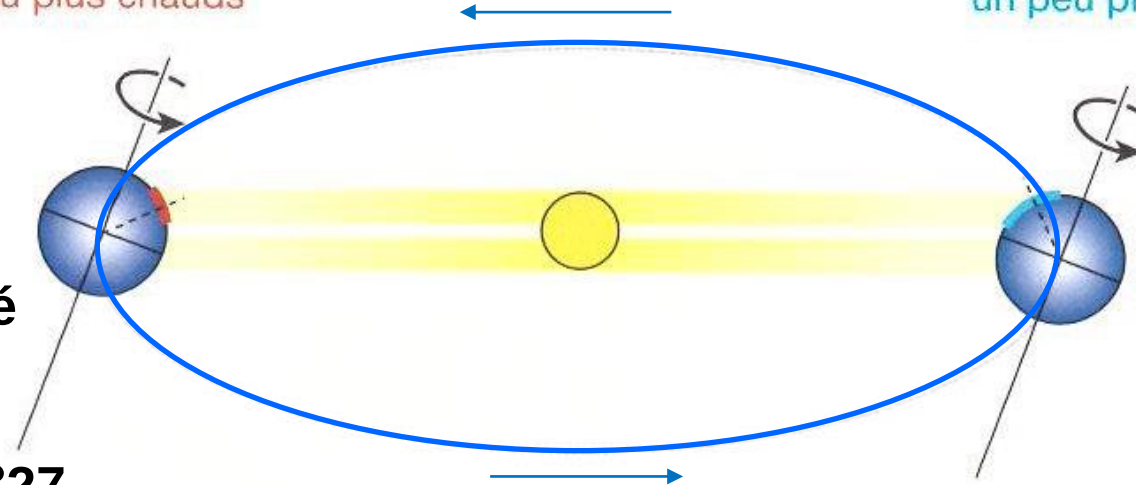
Hivers de l'hémisphère nord
un peu plus froids

angle fort

→ fort

ensoleillement
des pôles en été

→ **interglaciaire**



valeur actuelle : $23^{\circ}27'$

intervalle : $22 - 24^{\circ}5'$

périodicité = 40 000 ans

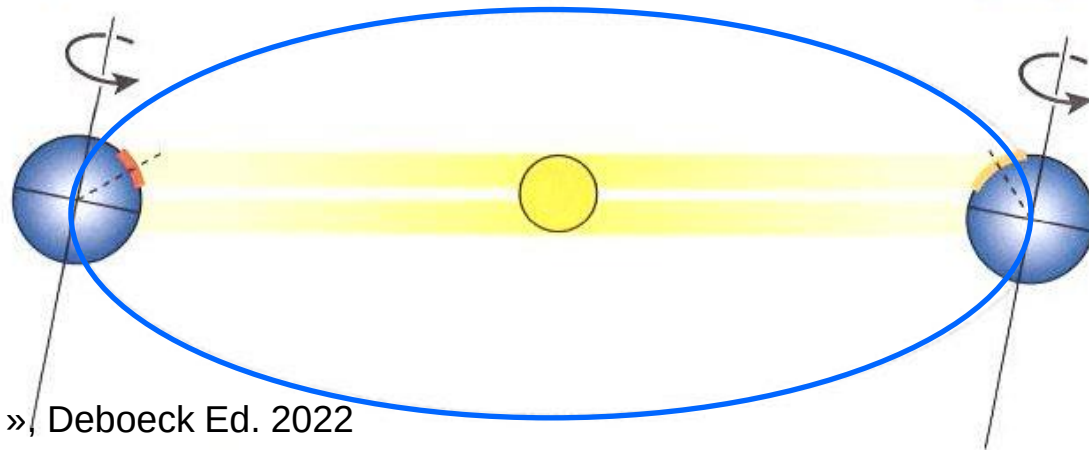
Obliquité faible

Étés de l'hémisphère nord
un peu plus frais

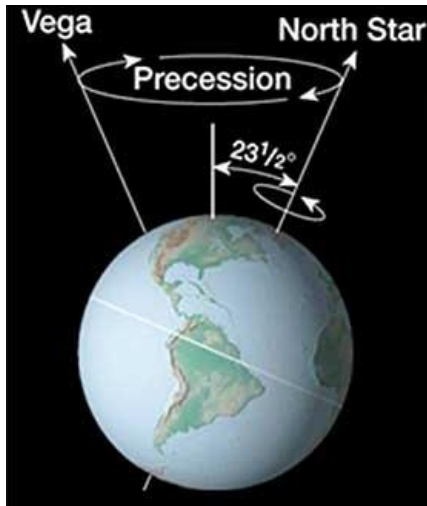
Hivers de l'hémisphère nord
un peu plus doux

angle faible

→ **glaciation**



Effets de la précession des équinoxes sur le climat de l'hémisphère Nord



Étés de l'hémisphère nord
au périhélie donc un peu
plus chauds

Été au périhélie

Il y a ~ 11 000 ans

Hivers de l'hémisphère nord
à l'aphélie donc un peu
plus froids

Périhélie

Aphélie

périodicité = 26 000 ans

Été à l'aphélie

Il y a ~ 20 000 ans

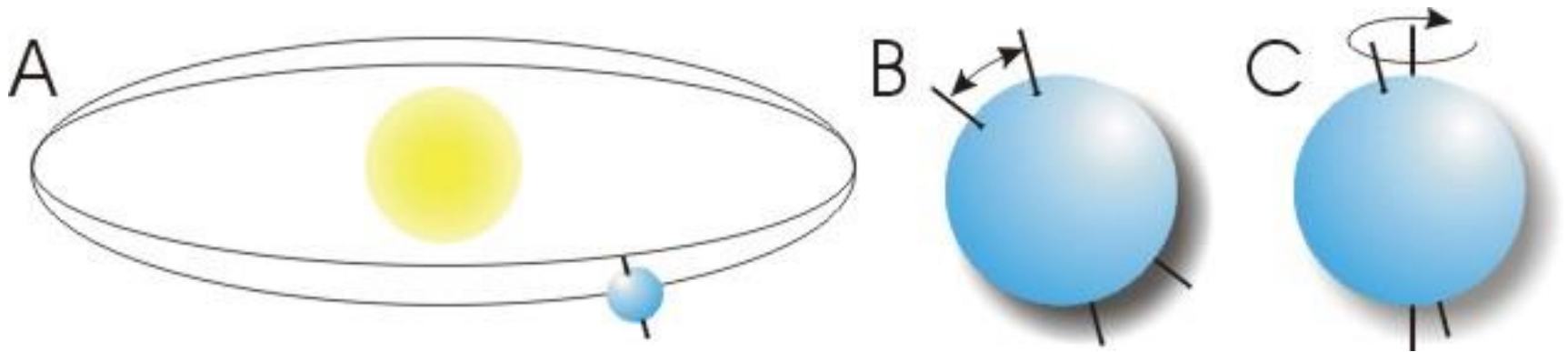
Hivers de l'hémisphère nord
au périhélie donc plus doux

Étés de l'hémisphère nord
à l'aphélie donc plus frais

Périhélie

Aphélie

Document 17. Variations des paramètres orbitaux de la Terre : Les cycles de Milankovitch.



A : excentricité de l'orbite de la Terre autour du soleil :

périodicité = 100 000 ans

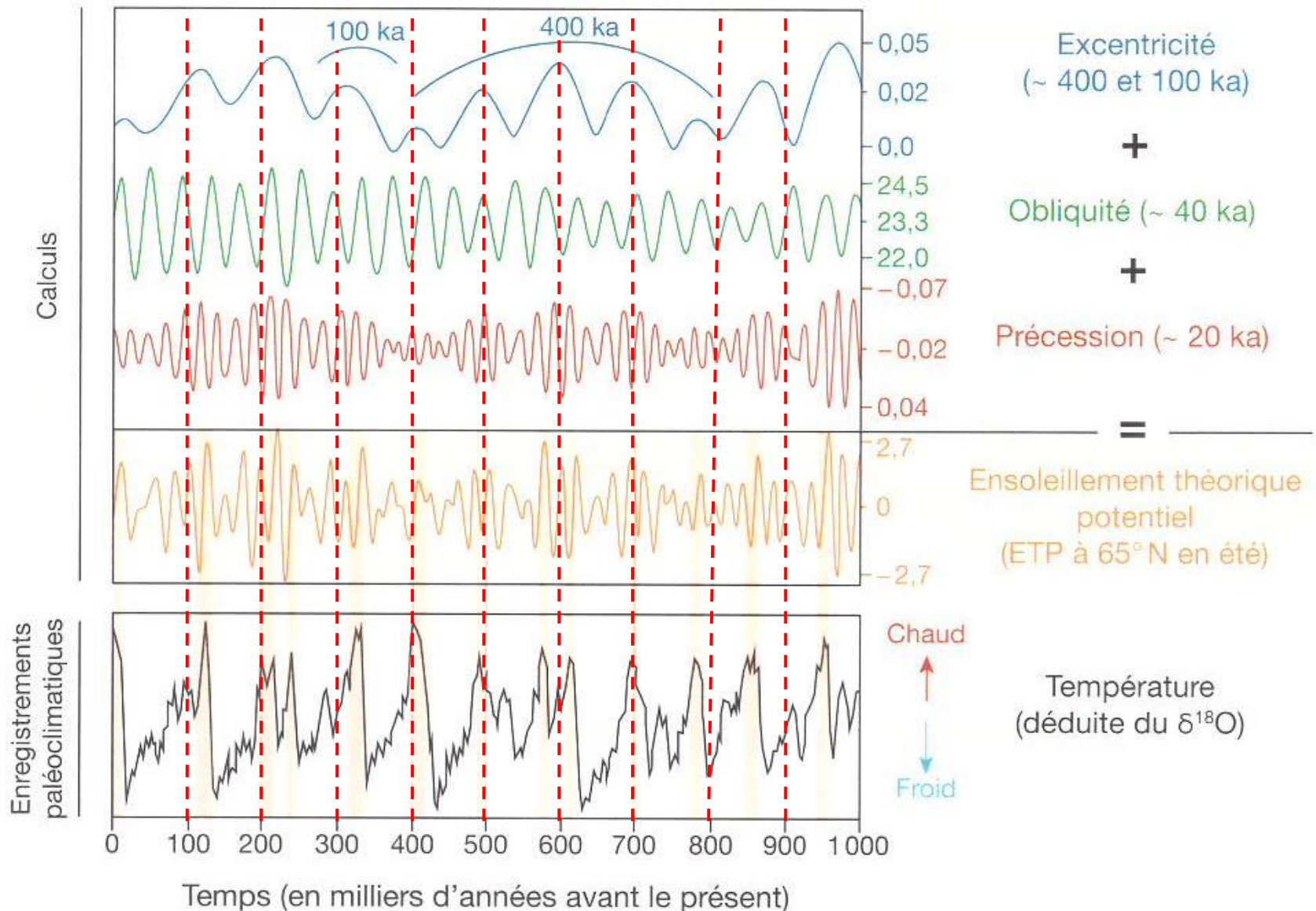
B : inclinaison de l'axe de rotation de la Terre (= obliquité) :

périodicité = 40 000 ans

C : précession de l'axe de rotation de la Terre (ou des équinoxes) :

périodicité = 26 000 ans

Calculs de l'ETP à 65°N en été pour le dernier Ma et comparaison avec les enregistrements isotopiques



Des variations de l'activité solaire à l'origine d'un forçage solaire

Les taches solaires sont dues au refroidissement consécutif à l'inhibition de la convection de surface par l'augmentation locale du champ magnétique.

ombre

pénombre

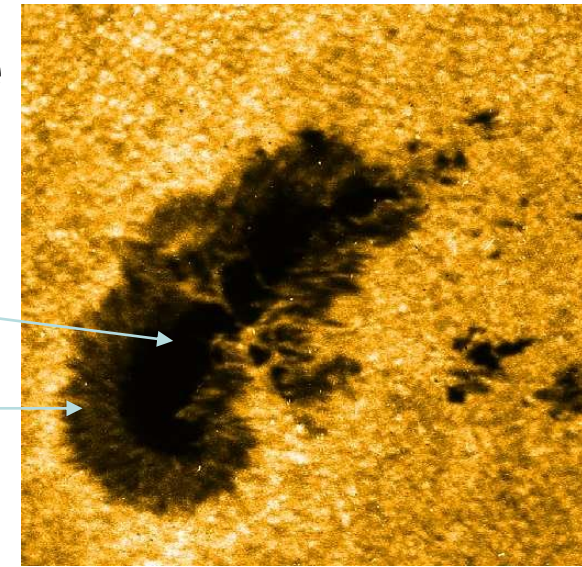
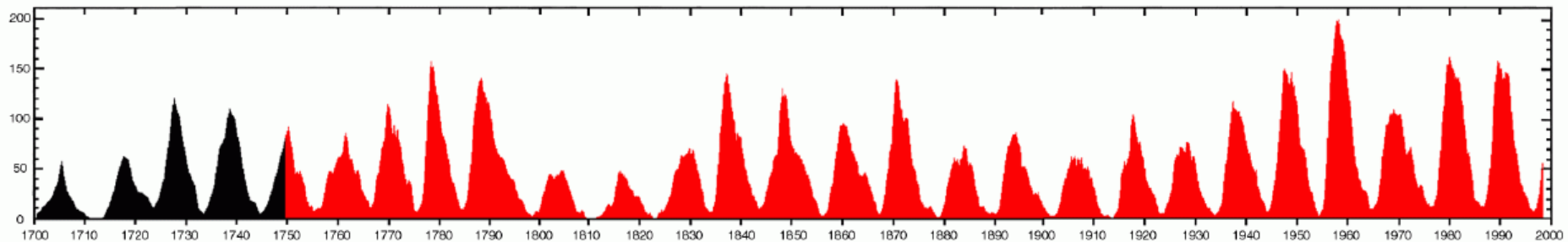


Image d'une tache solaire

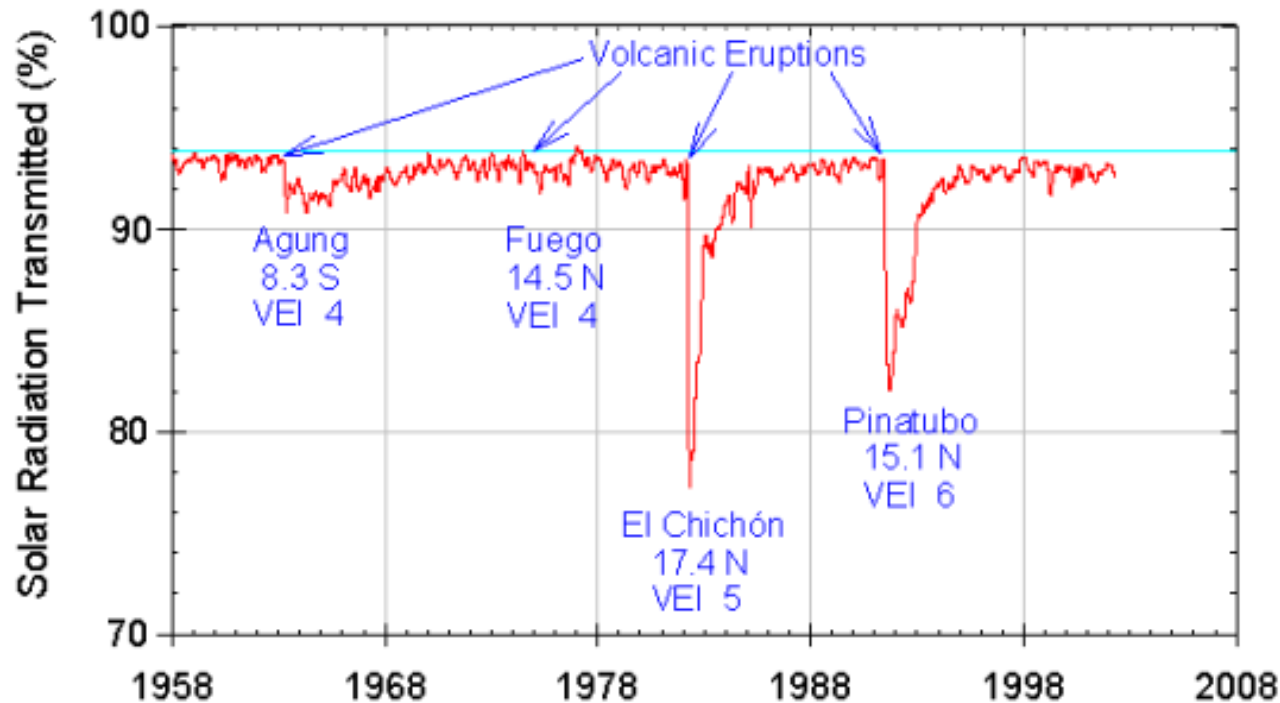


Cycle de variation du nombre de taches solaires de 1700 à nos jours

Les taches solaires sont plus sombres et plus froides que la surface du soleil et diminuent donc l'intensité de la radiation solaire. Mais elles s'accompagnent de points lumineux qui augmentent l'intensité de la radiation solaire. C'est l'effet des points lumineux qui l'emporte, de sorte que **la radiation solaire est plus élevée lors des périodes de fortes activités solaire (nombreuses taches).**

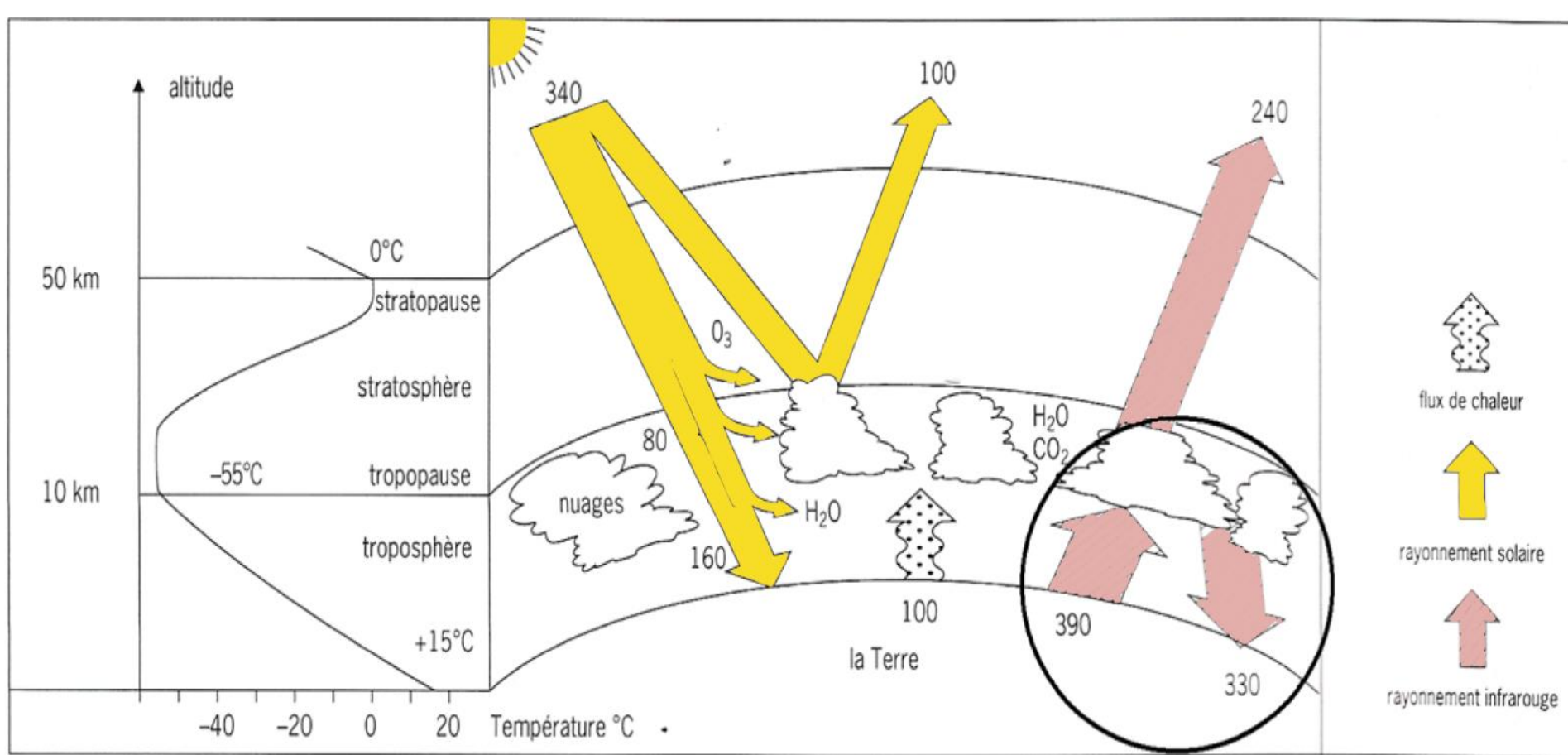
Le forçage volcanique

Mauna Loa Observatory Atmospheric Transmission



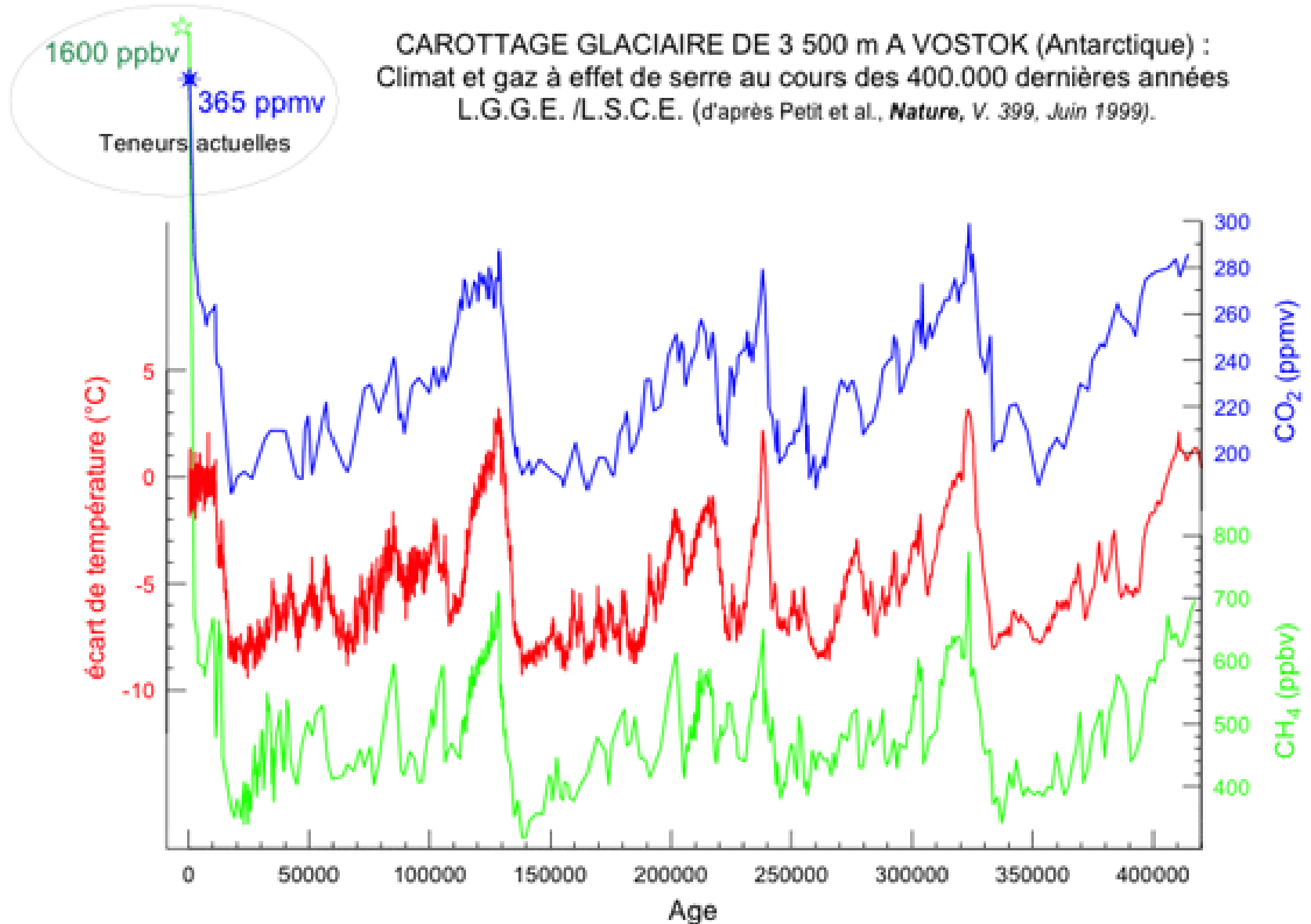
Réduction du rayonnement solaire occasionnée par la présence d'aérosols volcaniques présents dans la stratosphère (mesures de l'observatoire de Mauna Loa).

Document 18. Bilan radiatif de la Terre.



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

Document 19. Résultats d'analyse de la carotte de glace de Vostok.



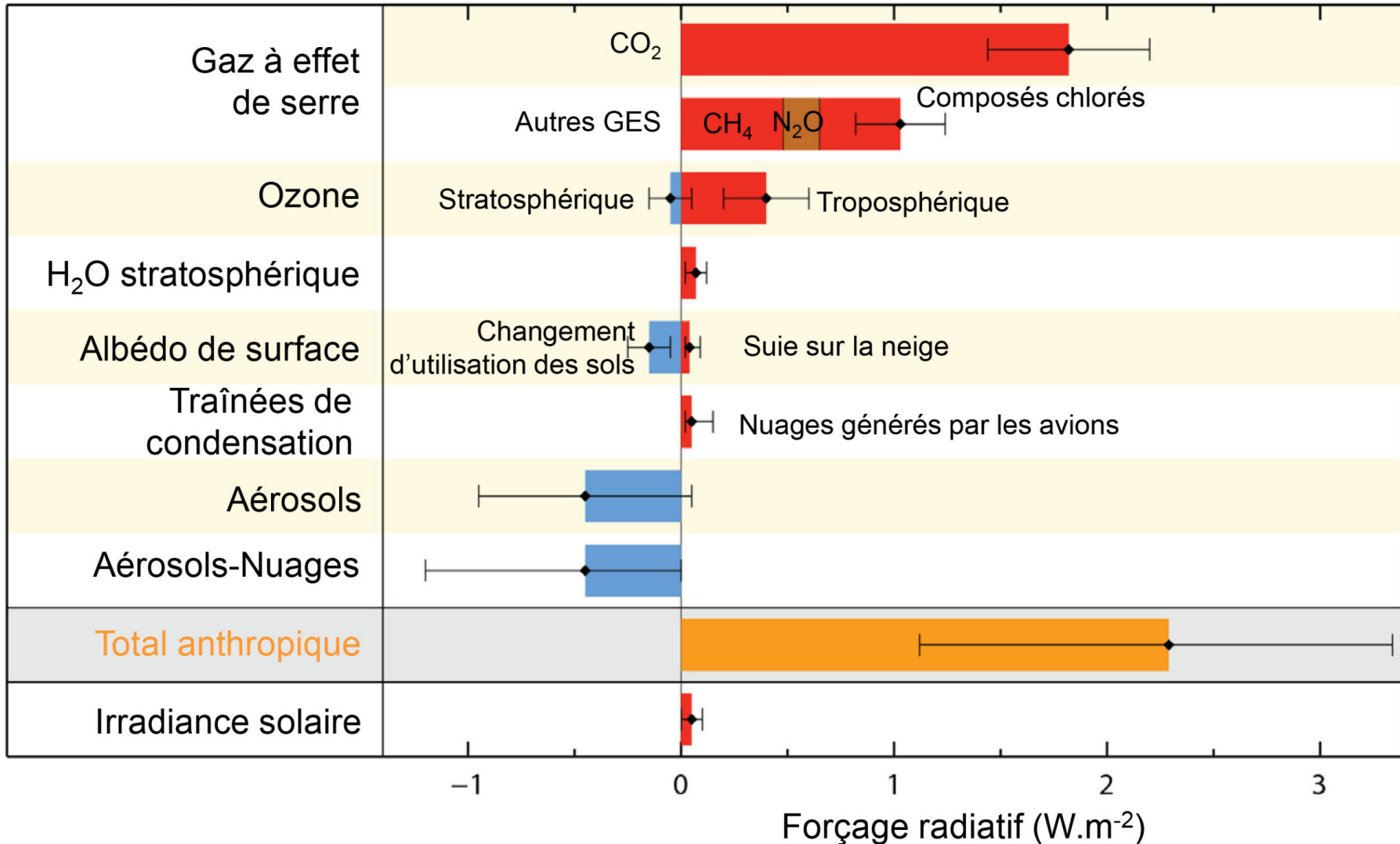
Document 20. Les forçages radiatifs sur le climat.

Forçages radiatifs sur le climat en 2011

Agent

Anthropique

Naturel



Effet des cultures intermédiaires sur l'albédo

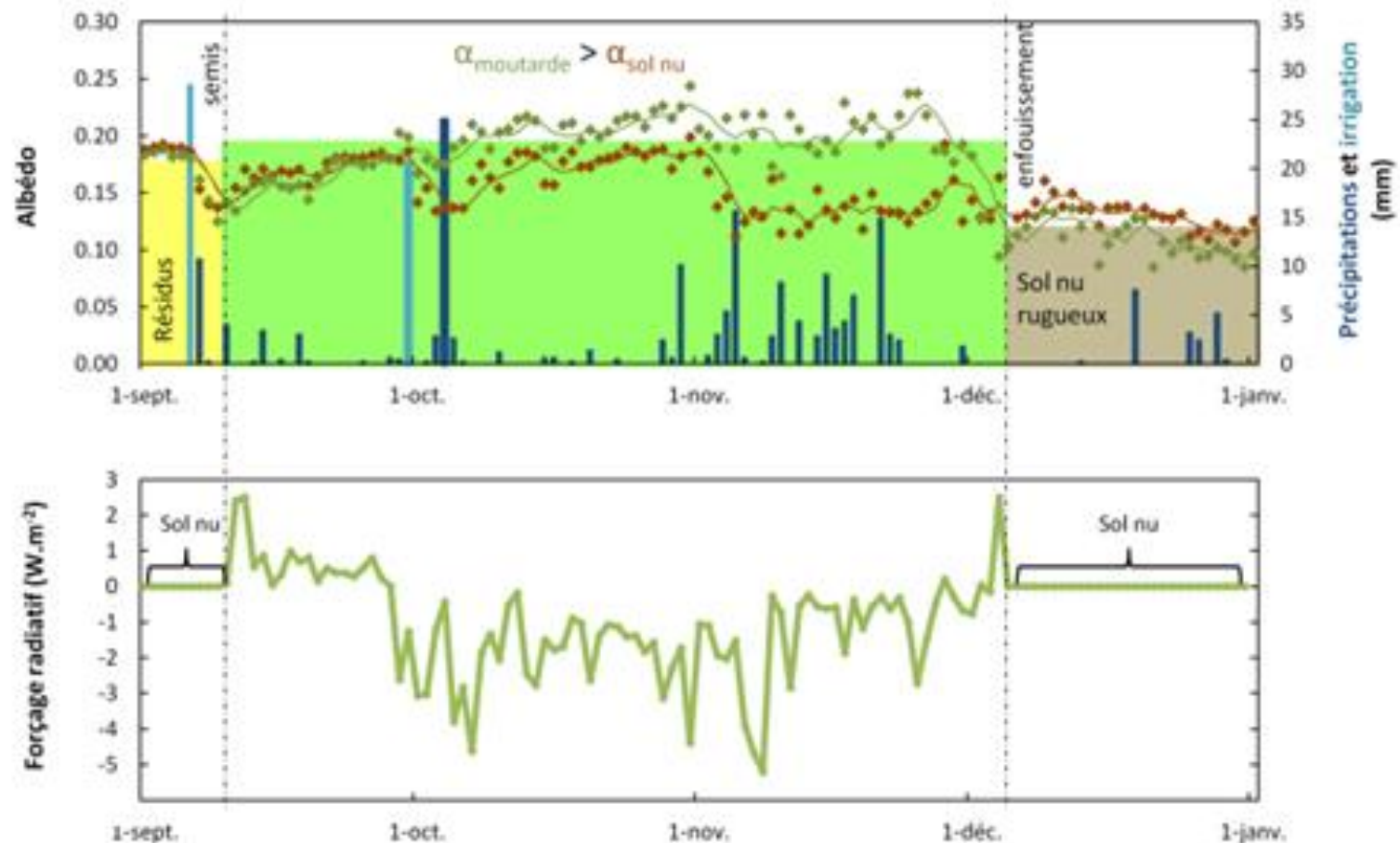
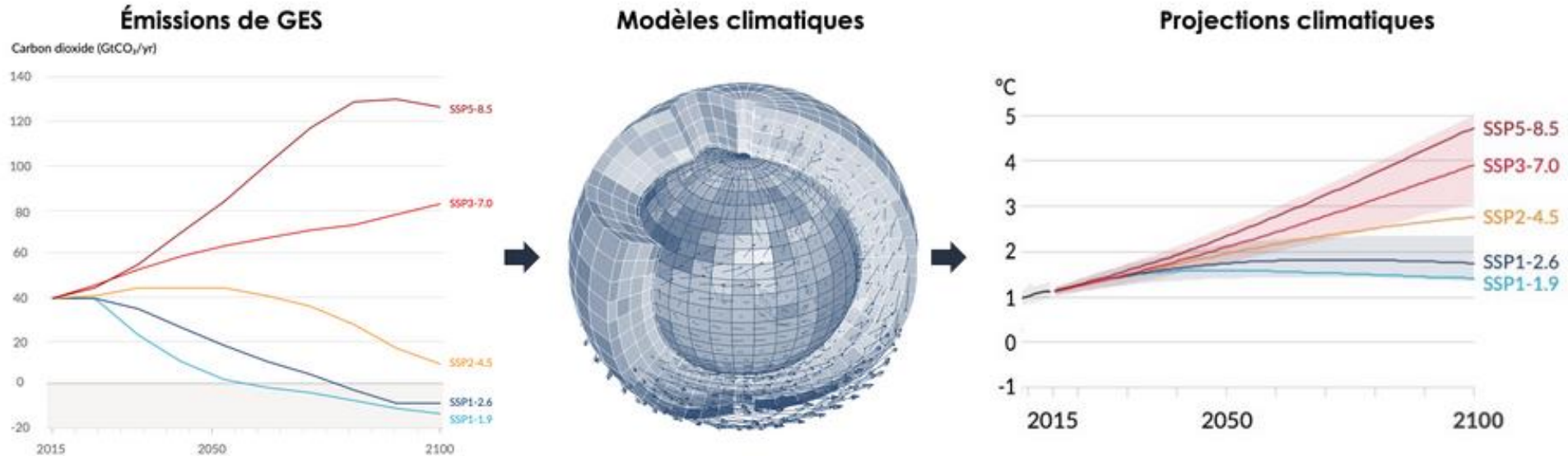


Figure 2 : (a) Evolution de l'albédo journalier sur la sous-parcelle avec un CI de moutarde blanche (courbe verte) et sur la sous-parcelle maintenue en sol nu (courbe marron) durant la période d'inter-culture sur la parcelle de Lamasquère (31) en 2013 ; **(b) évolution du forçage radiatif (RF)** induit 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.

Document 21. Les étapes de génération des projections climatiques du GIEC.



SSP = Shared Socio-economic Pathways

SSP

X

-

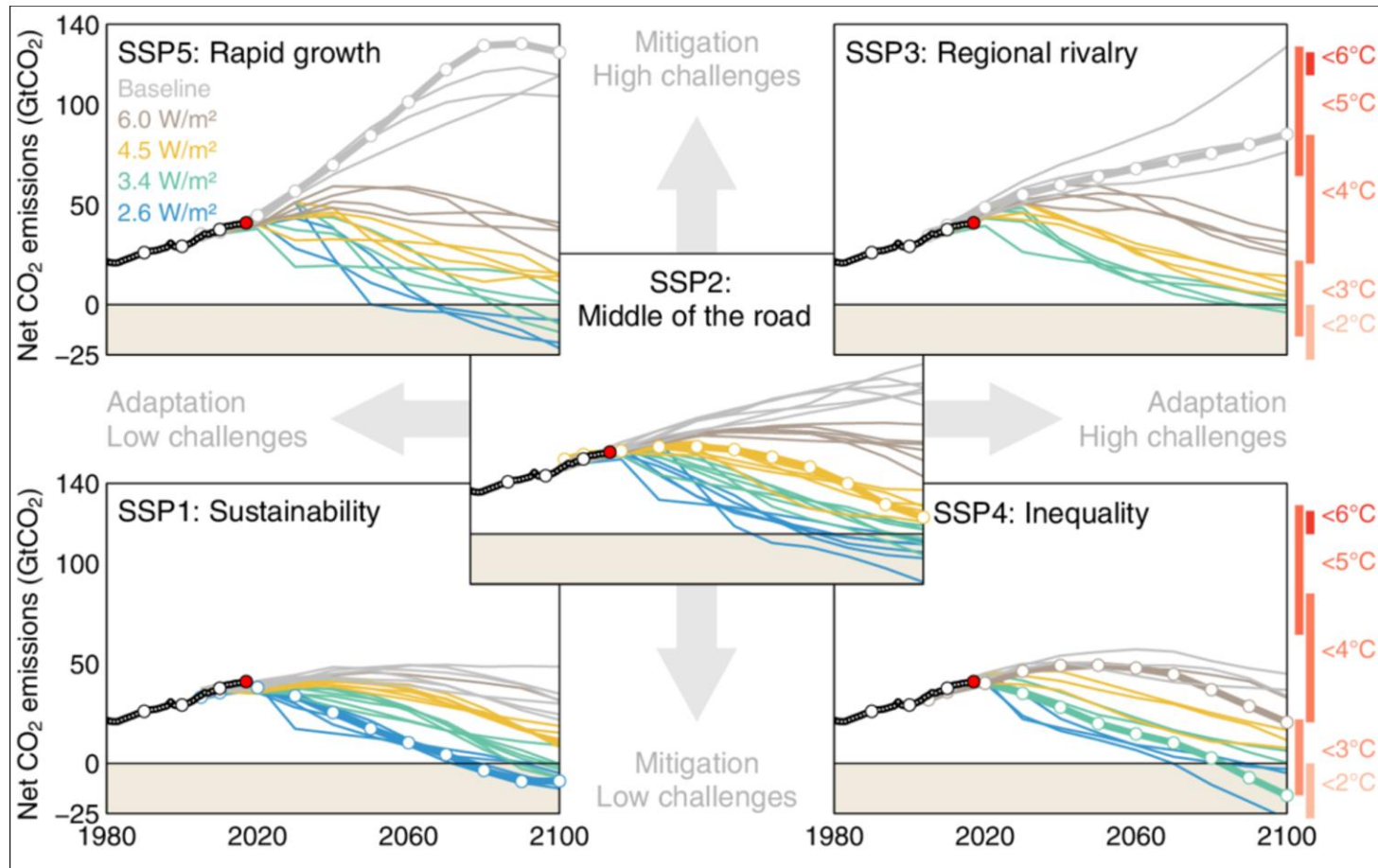
Y

Numéro (1 à 5) du **scénario socio-économique SSP** qui a été utilisée pour développer la trajectoire d'émissions.

Valeur du **forçage radiatif** atteinte à la fin du siècle. On retrouve les scénarios RCP !

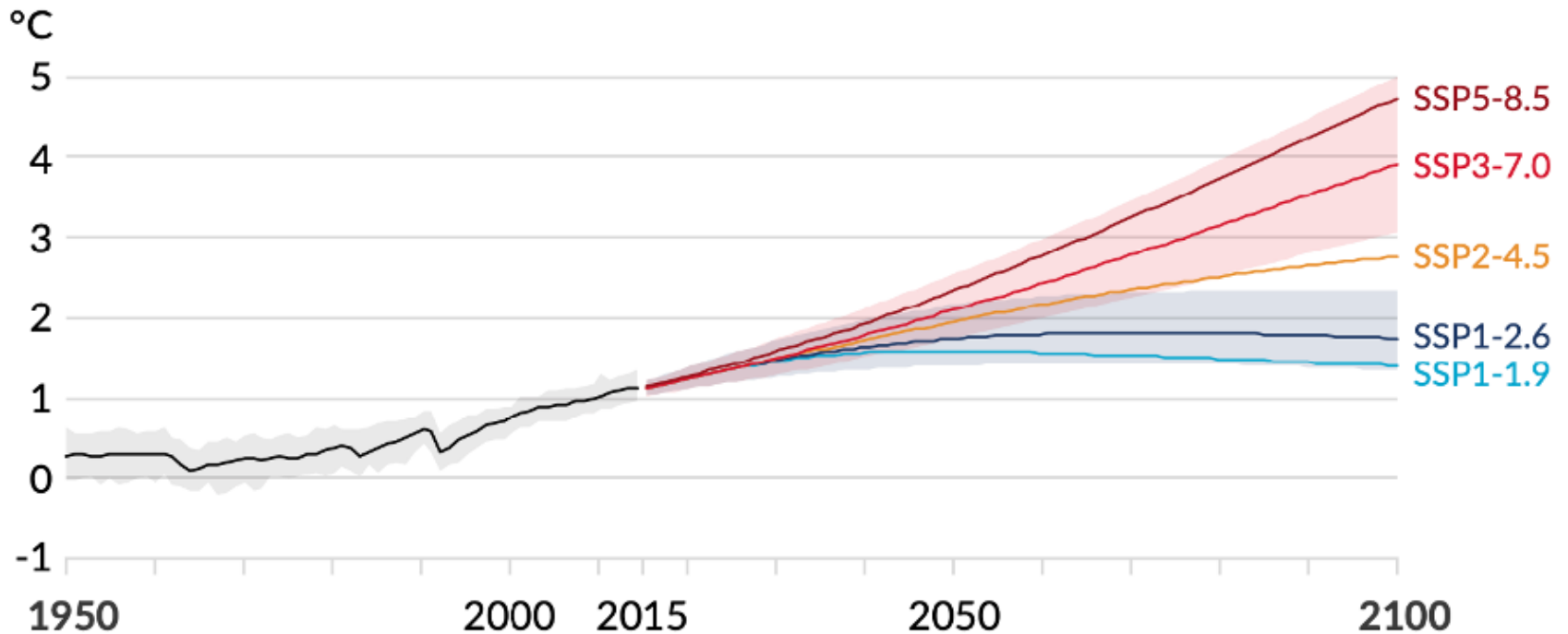
Forçage radiatif en W.m⁻²
Ex : pour SSP2, forçage radiatif de 4,5 W.m⁻² en 2100 : réchauffement d'environ 2,7° par rapport à la période pré-industrielle.

Les 5 grandes trajectoires socio-économiques des SSP du GIEC



- **SSP1 et SSP5** : tendances relativement optimistes pour le développement mais forte utilisation d'énergies fossiles pour SSP85
- **SSP3 et SSP4** : inégalités croissantes, sociétés très vulnérables / changement climat
- **SSP2**: trajectoire intermédiaire

Les 5 scénarios principaux du GIEC

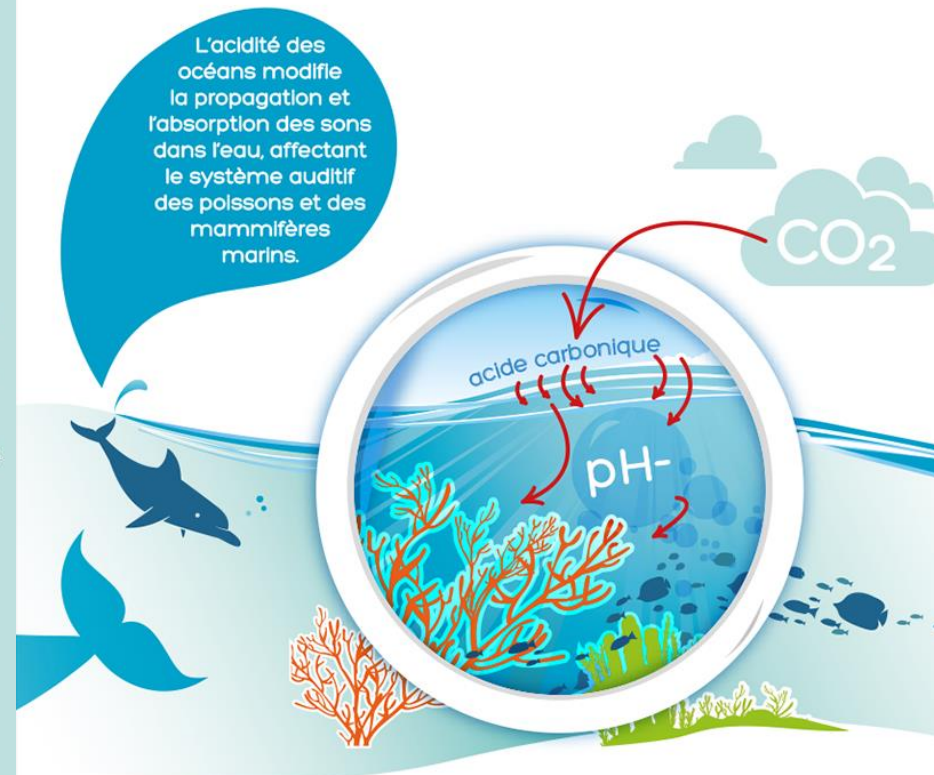


- **SSP3-7.0 et SSP5-8.5** : émissions de GES élevées et très élevées
- **SSP2-4.5** : émissions de GES intermédiaires
- **SSP1-1.9 et SSP1-2.6** : émissions de GES très faibles et faibles

Quelques impacts du changement climatique sur les écosystèmes



l'acidité des océans a diminué de 0,1 unité de pH, un petit chiffre qui pèse déjà lourd !



Cette acidification représente un risque majeur pour les récifs coralliens et certains types de plancton, menaçant l'équilibre de nombreux écosystèmes.

Un effet du changement climatique : la modification de l'aire de répartition de certaines espèces

Le déplacement des espèces animales



L'expansion d'espèces nuisibles

Certaines espèces parasites et invasives
(plantes et animaux) se déplacent vers
des altitudes et latitudes jusque-là épargnées.



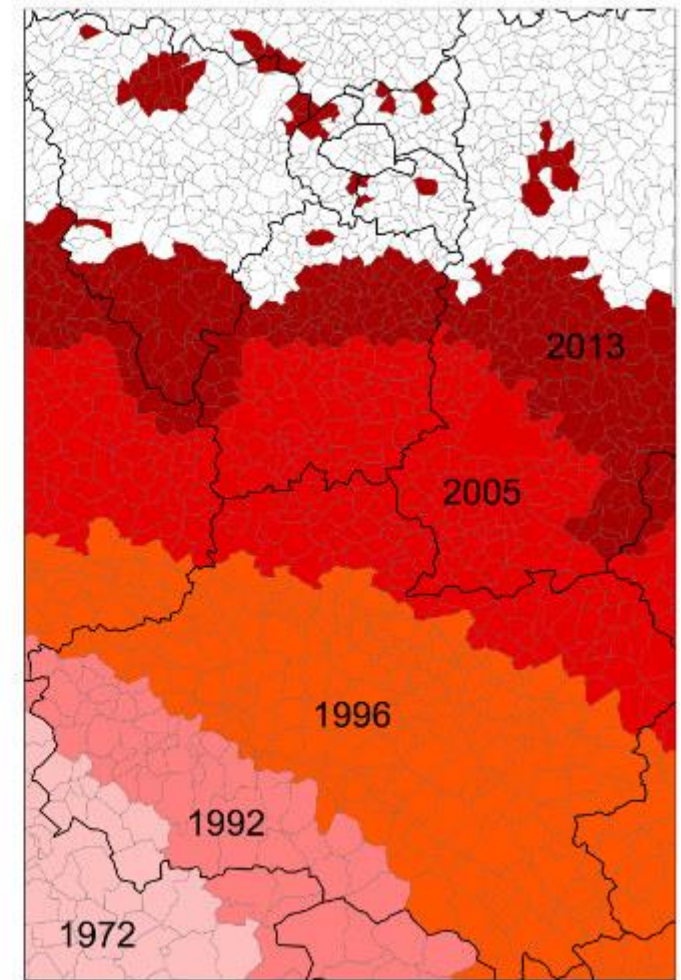
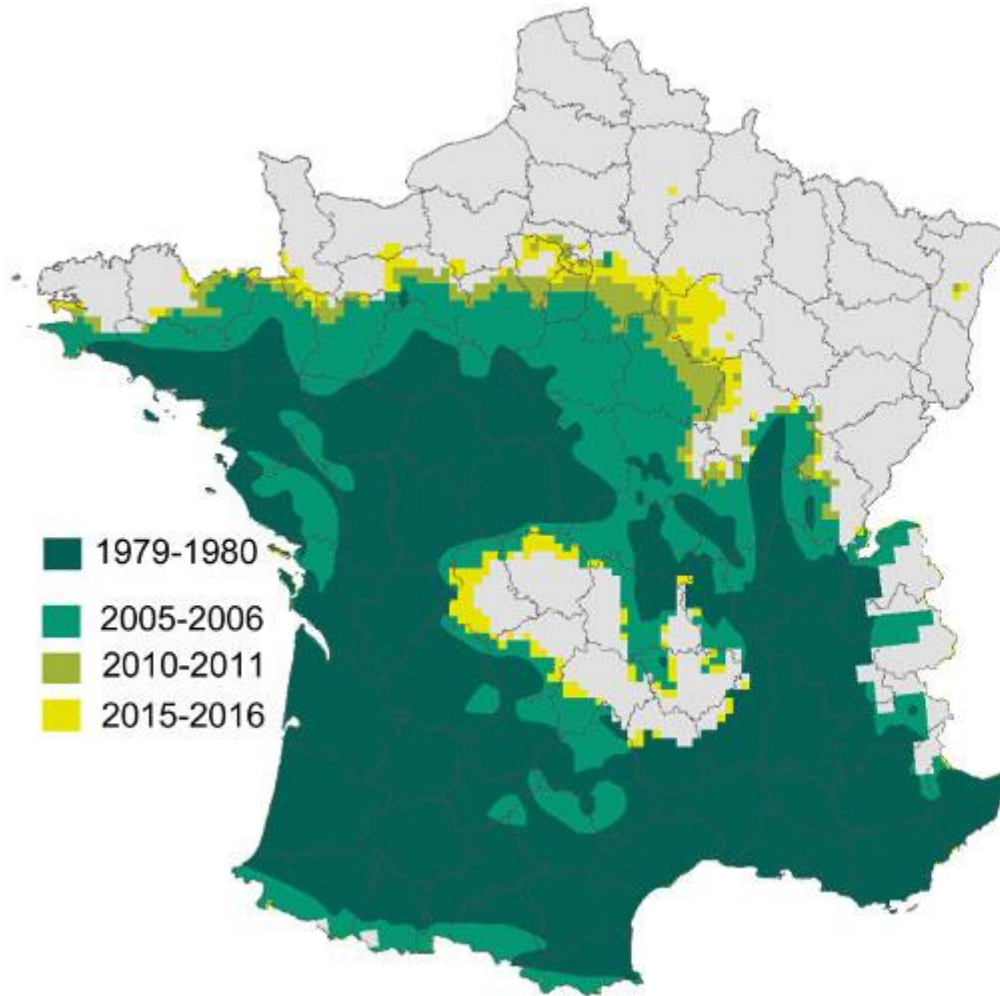
Nord

4 km/an

C'est la progression soutenue
vers le nord de la chenille
processionnaire du pin durant
les 10 dernières années.



Expansion de la chenille 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.