

# Thème 4 (Les climats de la Terre : Comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain)

## Exercice 1

2021 – Métropole – Sujet 2

### Climats et dioxyde de carbone

Depuis le début du Paléozoïque, la température globale n'a cessé d'évoluer et ce, à différentes échelles de temps.

**Montrer que les variations du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et les perturbations du cycle du carbone depuis le Paléozoïque jusqu'à l'actuel permettent d'expliquer en partie l'évolution de la température mondiale.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. Vous appuierez votre exposé éventuellement à partir du document proposé et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

2021 – Polynésie – Sujet 1

Des témoins géologiques montrent que notre planète a subi de nombreux changements climatiques globaux. Il a été montré dans de nombreux exemples un lien entre le taux atmosphérique de CO<sub>2</sub> et les conditions climatiques.

**Expliquer le lien entre les variations climatiques à différentes échelles de temps et les mécanismes qui modifient le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des observations, des expériences, ...*

2021 – Asie – Sujet 2

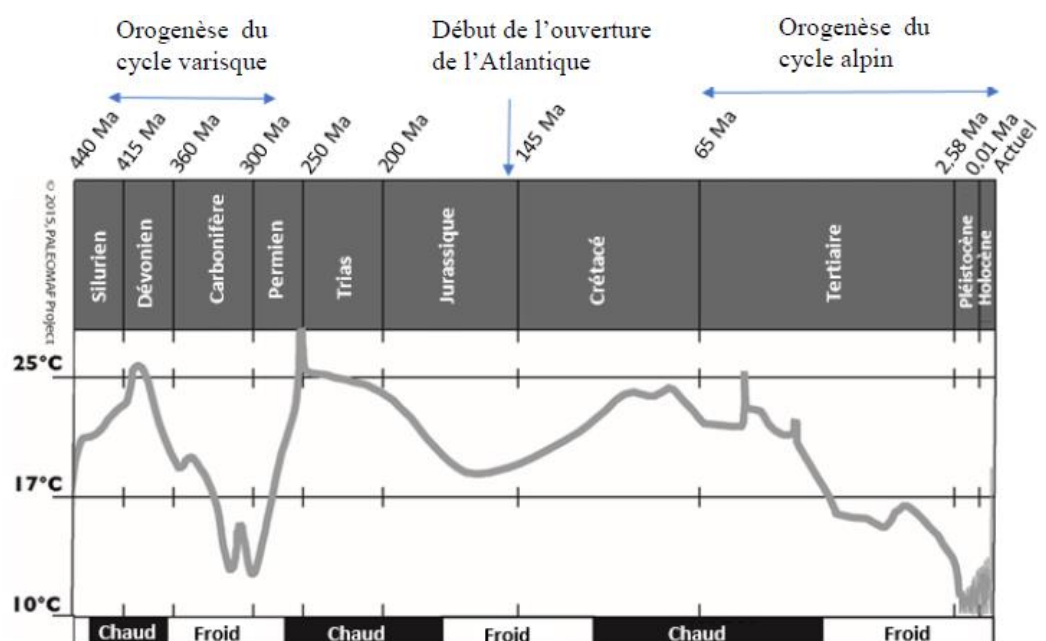
### Production et destruction des lithosphères : influence sur les évolutions climatiques à l'échelle des temps géologiques

La concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est un paramètre crucial pour expliquer les variations du climat terrestre à l'échelle des temps géologiques.

**Expliquer en quoi les processus de formation et d'altération des lithosphères ont contribué à l'alternance de climats froids et chauds au cours des temps géologiques.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des expériences, des observations, des exemples ...*

**Document : Evolution de la température moyenne du Silurien à l'actuel et chronologie de quelques grands événements géologiques**



*D'après C. Scotese.  
PALEOMAP Projet*

### Les indices des variations du climat

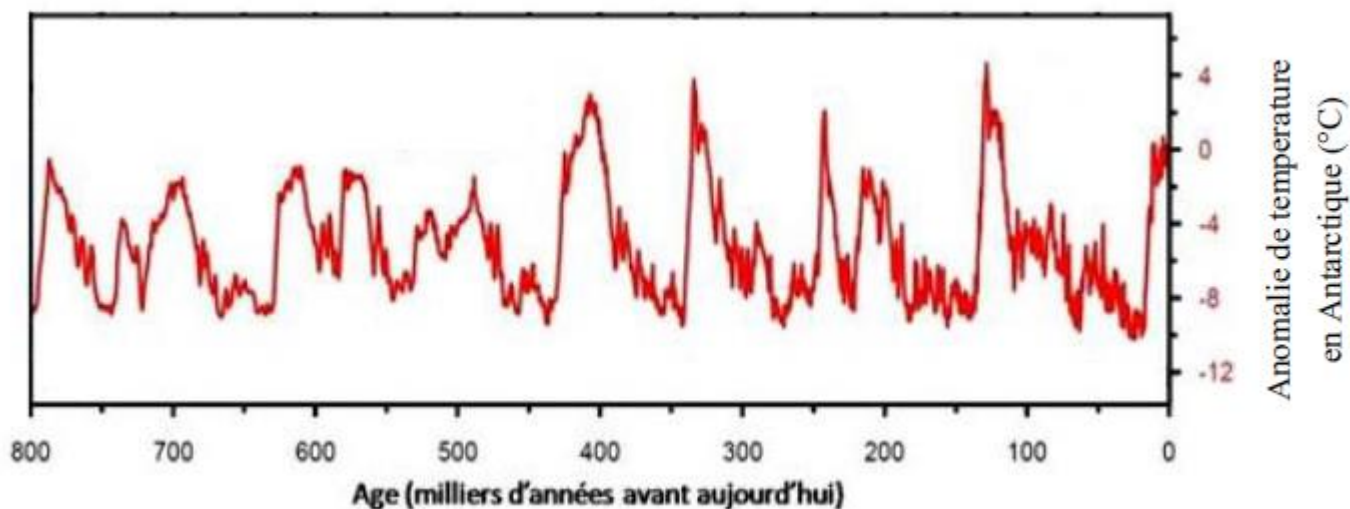
Les scientifiques indiquent une variation cyclique du climat pendant les derniers 800 milliers d'années.

**Expliquer quels indices et méthodes permettent d'établir des variations cycliques du climat terrestre pendant les 800 000 dernières années.**

*La corrélation entre cyclicité des variations climatiques et périodicité des paramètres orbitaux de la Terre n'est pas attendue.*

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

#### Document : Les variations de la température en Antarctique de -800 000 ans à l'actuel



*D'après Météo France 2004*

## Exercice 2

2021 – Polynésie – Sujet 2

### Les périodes froides du Paléozoïque et du Cénozoïque

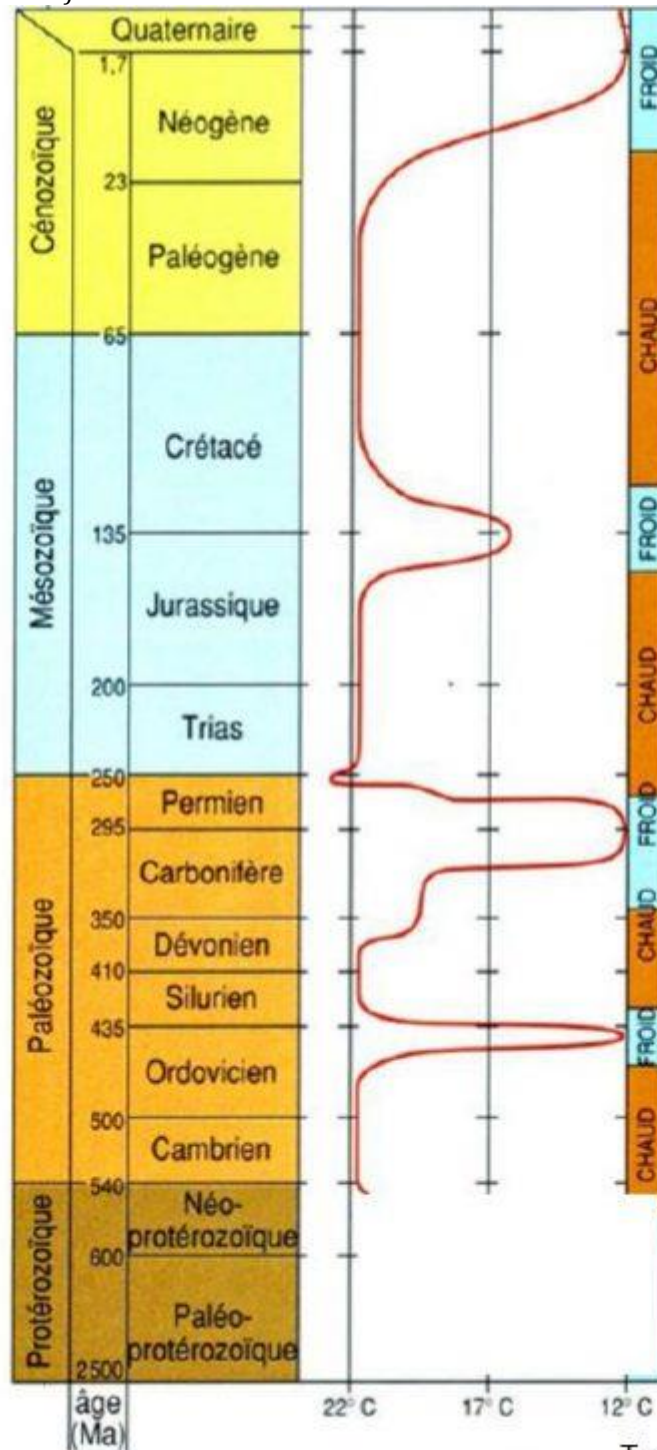
Les enjeux climatiques font partie des préoccupations contemporaines.

Afin d'envisager le futur, il est nécessaire de comprendre les variations climatiques du passé.

**Montrer que les deux périodes froides du Paléozoïque d'une part, et celle de la fin du Cénozoïque d'autre part, ont pu être favorisées par des mécanismes communs que vous explicitez.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

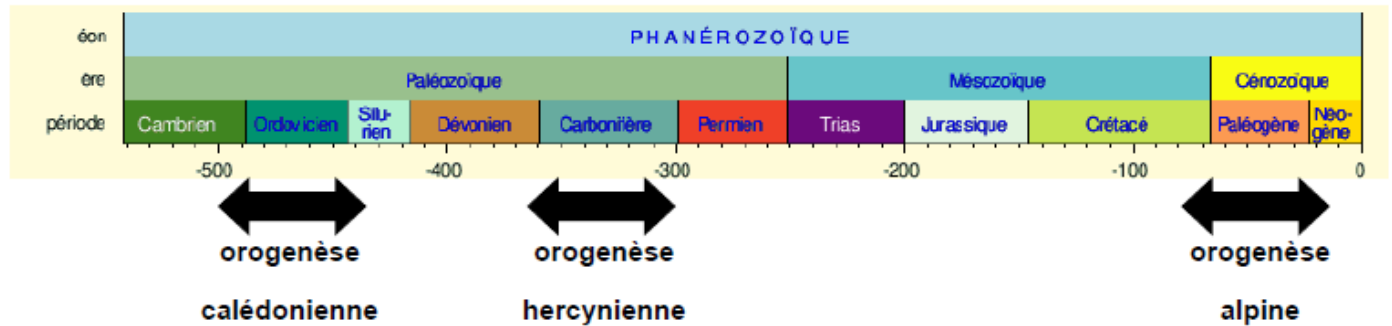
**DOCUMENT 1** – Courbe des températures moyennes de surface estimées au cours de l'histoire de la Terre d'après Scotese et Mc Kerrow, modifié



L'âge est donné en millions d'années (Ma)

Températures moyennes de surface en degré Celsius

## DOCUMENT 2 – Emplacements temporels des principales orogènes du Phanérozoïque



Remarques : – Les valeurs correspondent à des millions d'années.  
 – Orogenèse = formation de chaînes de montagnes intracontinentales.

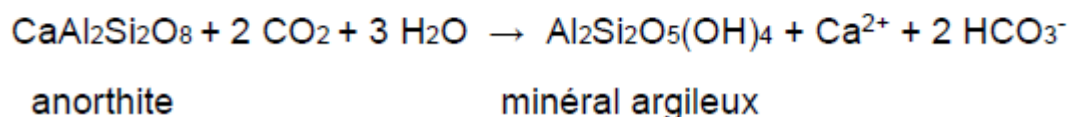
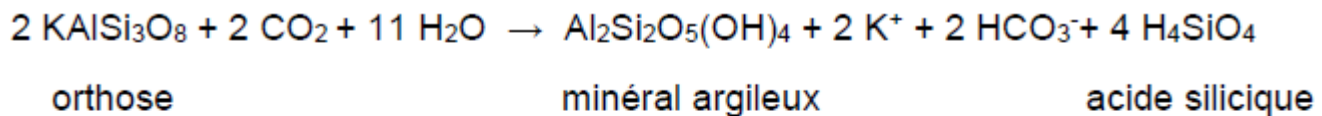
*d'après Wikipedia et Géopolis, modifiés*

## DOCUMENT 3 – Altération minérale et dioxyde de carbone

On considère que les processus d'altération puis d'érosion des continents sont d'autant plus intenses que les reliefs sont accentués.

On rappelle que les roches terrestres sont principalement composées de minéraux silicatés. C'est le cas en particulier des granites, principales roches continentales, qui sont composés essentiellement de feldspaths, de quartz et de micas.

Les équations chimiques suivantes illustrent l'altération de deux minéraux : l'orthose (un feldspath potassique) et l'anorthite (un feldspath plagioclase calcique).

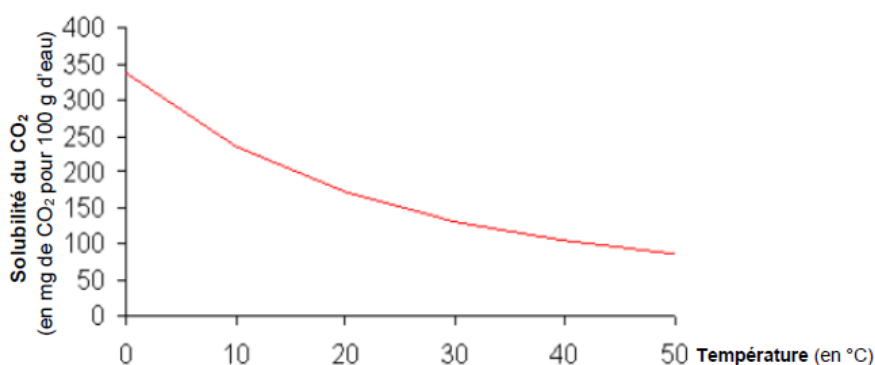


## DOCUMENT 4 – Solubilité du CO<sub>2</sub> et température des océans

*(d'après www.4college.co.uk)*

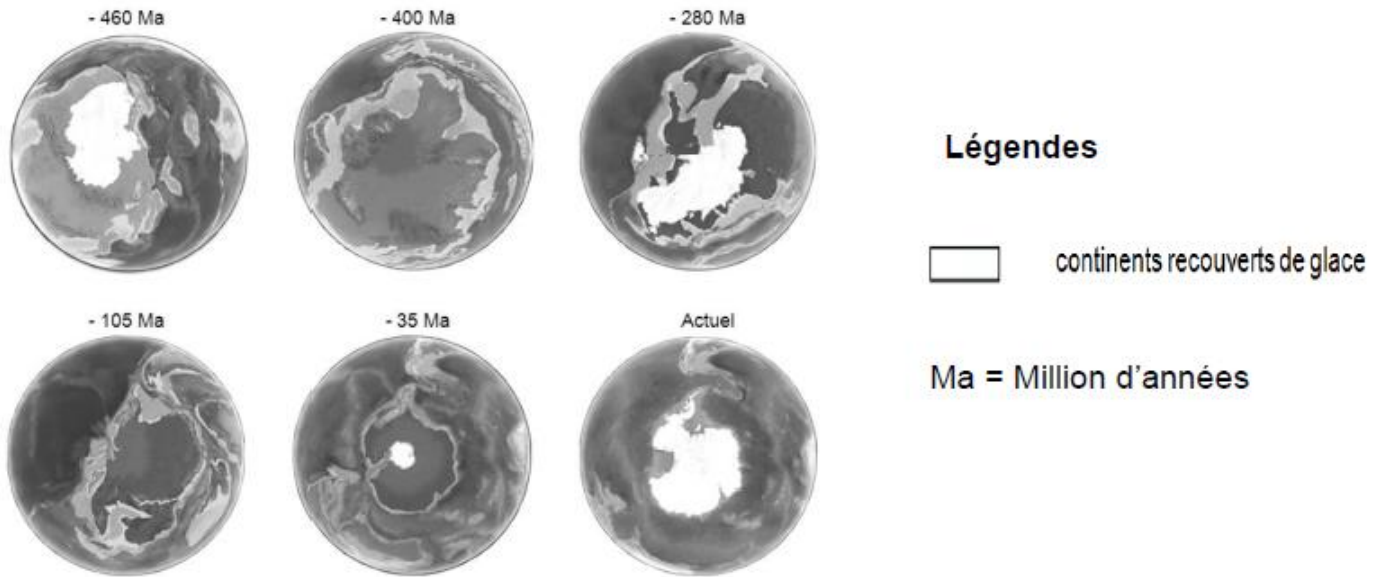
Atmosphère et océans sont des enveloppes fluides qui interagissent, notamment en ce qui concerne le dioxyde de carbone qu'elles contiennent. Le CO<sub>2</sub> gazeux atmosphérique peut se solubiliser dans les océans et, inversement, le CO<sub>2</sub> dissous des océans peut être relargué dans l'atmosphère.

La température de l'eau intervient dans cet équilibre réactionnel, selon le graphique suivant :



**DOCUMENT 5 – Reconstitutions paléogéographiques à différentes périodes géologiques (en vues polaires Sud) et albédo de diverses surfaces**

*d'après Global Paleogeographic sur Google Earth*



Types de surface	Valeurs de l'albédo
Forêts	0,05 à 0,20
Mers et océans	0,05 à 0,15
Plupart des roches nues	0,05 à 0,45
Glace ou neige	0,60 à 0,90

L'albédo est le rapport entre la quantité d'énergie lumineuse réfléchiée et la quantité d'énergie lumineuse reçue par une surface éclairée.

### Reconstitution climatique d'une période récente

Le Petit Âge Glaciaire aurait été une période climatique relativement froide à l'échelle planétaire de la fin du Moyen-Âge (vers 1300-1400) à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

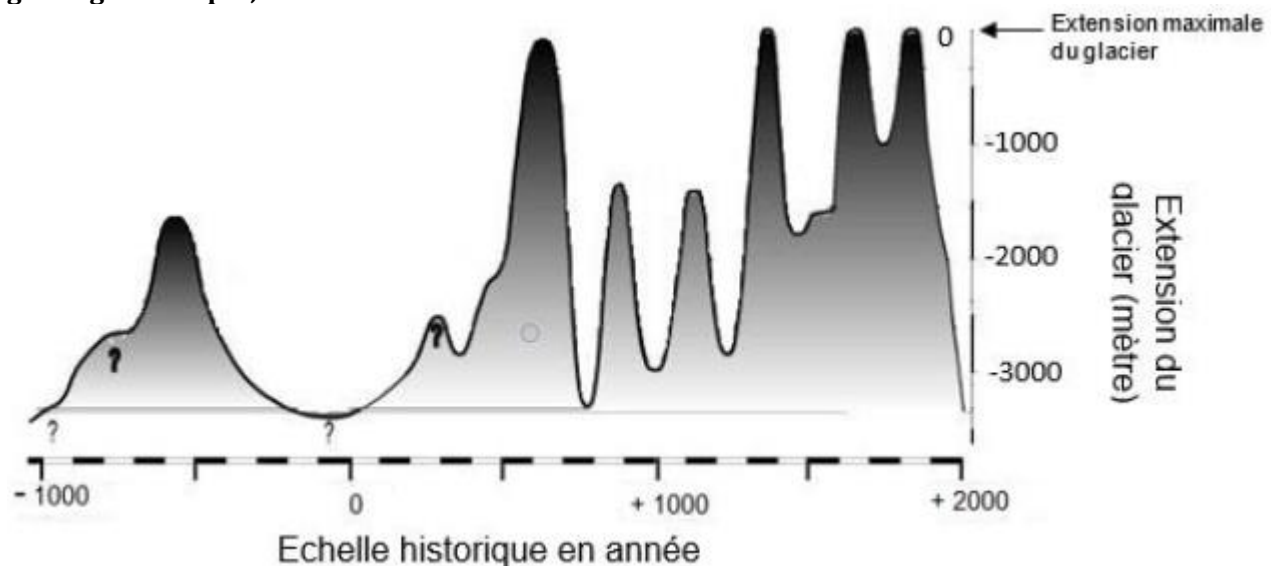
Son origine est attribuée à deux causes initiales : la fluctuation d'un paramètre astronomique et l'activité interne du globe. Les conséquences climatiques ont probablement été amplifiées par boucle de rétroaction positive.

**Mettre en évidence les caractéristiques climatiques pendant le petit âge glaciaire et présenter les causes possibles de cette période relativement froide.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

#### Document 1 : Des indicateurs de variations climatiques récentes dans l'hémisphère Nord

**Document 1a.** Reconstitution des phases d'accroissement et de retrait du glacier d'Aletsch (Suisse), le plus grand glacier alpin, au cours des 30 derniers siècles.



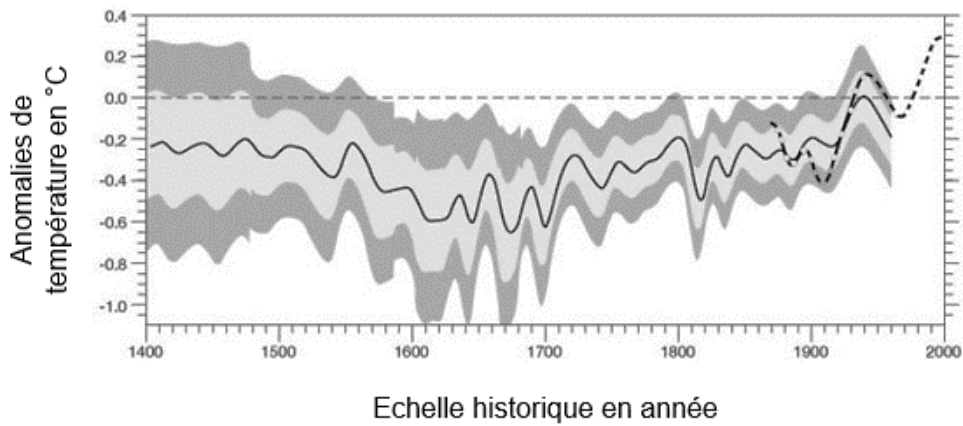
? : Reconstitution incertaine

*D'après Holzhauser et Zumbuhl, 2003*

Pour décrypter le signal climatique enregistré par un glacier, il est nécessaire de mesurer et d'analyser le bilan de masse de l'ensemble du glacier. Ce bilan de masse résulte de l'équilibre entre l'accumulation d'une part et l'ablation d'autre part. L'accumulation est le gain de masse principalement dû aux chutes de neige. L'ablation correspond à la perte de masse par fonte. Des périodes au cours desquelles les saisons sont fortement enneigées et/ ou froides provoquent l'accroissement des dimensions du glacier. Celles avec des saisons sèches et/ou chaudes les réduisent.

*D'après <https://www.encyclopedie-environnement.org/climat/glaciers-montagne-changements-climatiques/>*

**Document 1b. Reconstitution des variations de températures estivales de l'hémisphère Nord à partir de l'étude de la densité du bois**



- Référence : moyenne des températures mesurées pour la période 1961-1990
- Variation déduite d'un traitement statistique de mesures de la densité du bois pour la période 1400-1960
- Variation déduite de mesures directes de la température pour la période 1870-2000

Les parties grisées indiquent deux intervalles de confiance :  
 gris clair : intervalle de confiance à 65% ;  
 gris foncé : intervalle de confiance à 98%

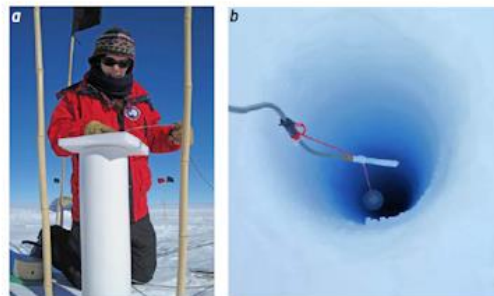
D'après Briffa et al, 2001

D'après Briffa et al., 2001

**Document 2. Indicateur de variations climatiques récentes dans l'hémisphère Sud par mesure de la température au fond de trous de forage en Antarctique**

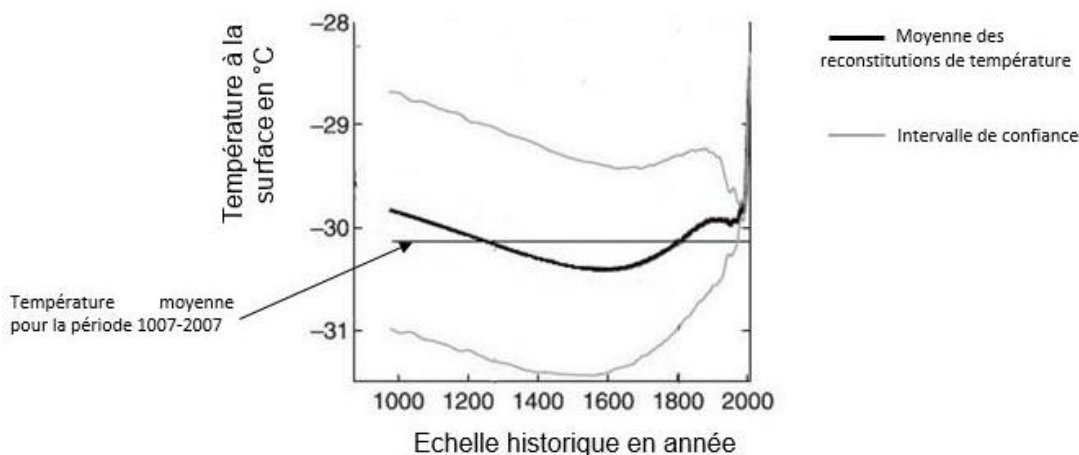
La neige garde en mémoire la température qu'il faisait lorsqu'elle était à la surface car la température met des centaines d'années à s'y homogénéiser.

Ainsi en mesurant la température dans un trou de forage (plusieurs mois après l'extraction de la carotte de glace) avec un thermomètre précis (b), l'auteur (a) a établi l'évolution de la température en fonction de la profondeur qu'elle a ensuite traduit en évolution de la température au cours du temps.



Source : Mille ans de variations climatiques en Antarctique, Pour La Science n°458

Reconstitution de la température au cours du temps à partir des mesures dans des trous de forage au camp WAIS :



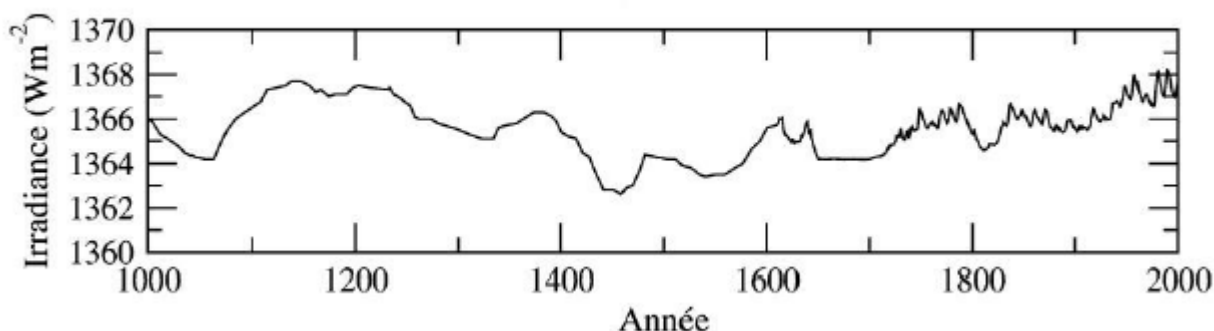
D'après Orsi et al. 2012

Les mesures ont été réalisées pendant l'hiver austral (juillet 2008) puis l'été austral (janvier 2009), elles donnent les mêmes résultats.

### Document 3. Variations de l'activité solaire au cours des derniers siècles

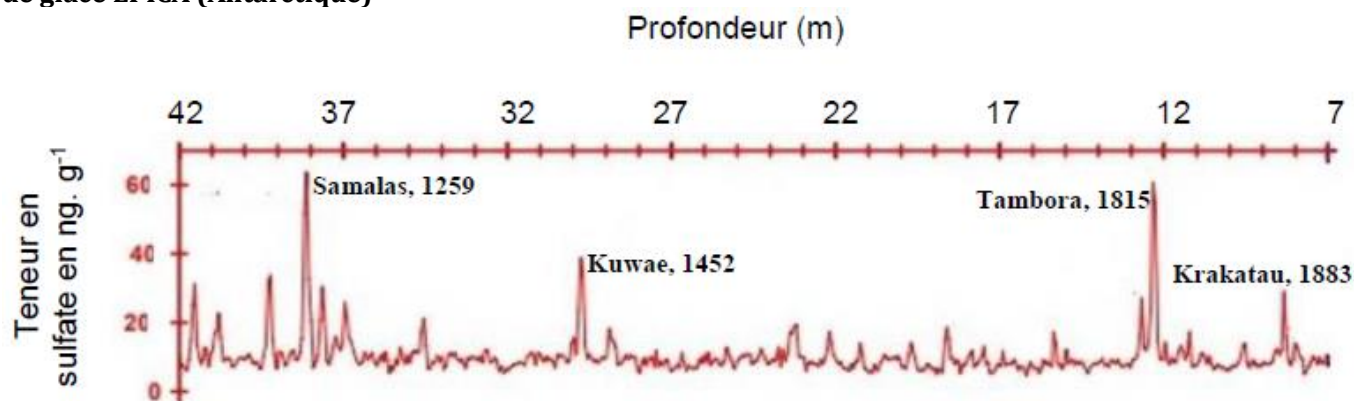
L'irradiance désigne la puissance du rayonnement solaire par unité de surface au sommet de l'atmosphère terrestre. Des modélisations climatiques indiquent qu'une baisse de l'irradiance de  $5 \text{ W.m}^{-2}$  réduit l'apport d'énergie solaire à la surface du globe et diminuerait la température de  $0.25^\circ\text{C}$  à  $0.95^\circ\text{C}$ .

Reconstitution de l'activité solaire, représentée par l'irradiance, depuis l'an 1000 :



D'après Bertrand 2004 et Francou et Vincent 2010

### Document 4. Repérage de signaux volcaniques par mesure de la teneur en ions sulfate le long de la carotte de glace EPICA (Antarctique)

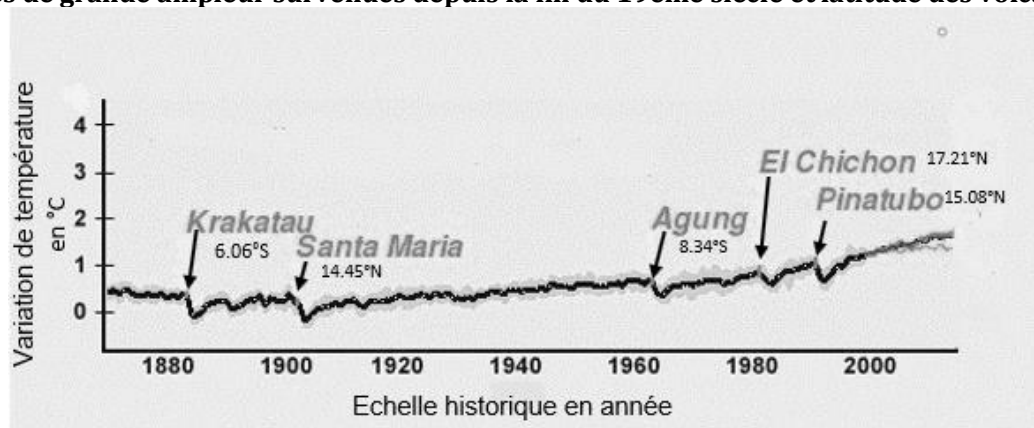


D'après Castellano et al. 2005 et Lavigne et al. 2013

Les pics de sulfate résultent des émissions volcaniques soufrées, de leur transport dans l'atmosphère puis de leur dépôt dans les glaces polaires. Samalas, Kuwae, Tambora et Krakatau sont des volcans situés à proximité de l'équateur. Les dates d'éruption sont indiquées à côté du nom du volcan.

### Document 5. Effets du volcanisme sur le climat global

Document 5a. Variation moyenne de la température de surface à l'échelle mondiale, âge de 5 éruptions volcaniques de grande ampleur survenues depuis la fin du 19ème siècle et latitude des volcans



Source NCAR National Center for Atmospheric Research

### **Document 5b. Effets atmosphériques des produits éruptifs**

Lors d'une éruption volcanique, de grandes quantités de cendres, poussières et gaz soufrés sont éjectées dans l'atmosphère [...] en renvoyant vers l'espace une partie du rayonnement solaire incident, le voile de poussière stratosphérique formé par l'éruption peut engendrer une baisse sensible de la température.

D'autre part, ces microparticules (cendres et poussières) peuvent aussi former des noyaux de condensation favorisant la formation de nuages qui participent à l'augmentation de l'albédo de l'atmosphère terrestre.

Enfin, les gaz soufrés se transformant en aérosols sulfatés favorisent un refroidissement de la basse troposphère.

Cependant, [...] la durée de permanence des diverses particules dans l'atmosphère est limitée de 1 à 3 ans en fonction de l'importance de l'éruption.

[...] Si l'éruption a lieu aux basses latitudes, la répartition [des produits éruptifs] se fait graduellement sur l'ensemble du globe. En revanche, si l'éruption a lieu aux hautes latitudes, les particules ne se répandent pas en quantité significative en-deçà de 30° de latitude de l'hémisphère d'origine [...] Lamb, 1972.

*Rabatel, 2005, extraits*

### **Document 6. Valeurs de l'albédo de différentes surfaces terrestres**

Surfaces terrestres	Valeur moyenne de l'albédo
Océans	0.26
Continents	0.34
Forêt équatoriale	0.12
Etendue de sable	0.35
Etendue de glace	0.60

*Site de Météo France*

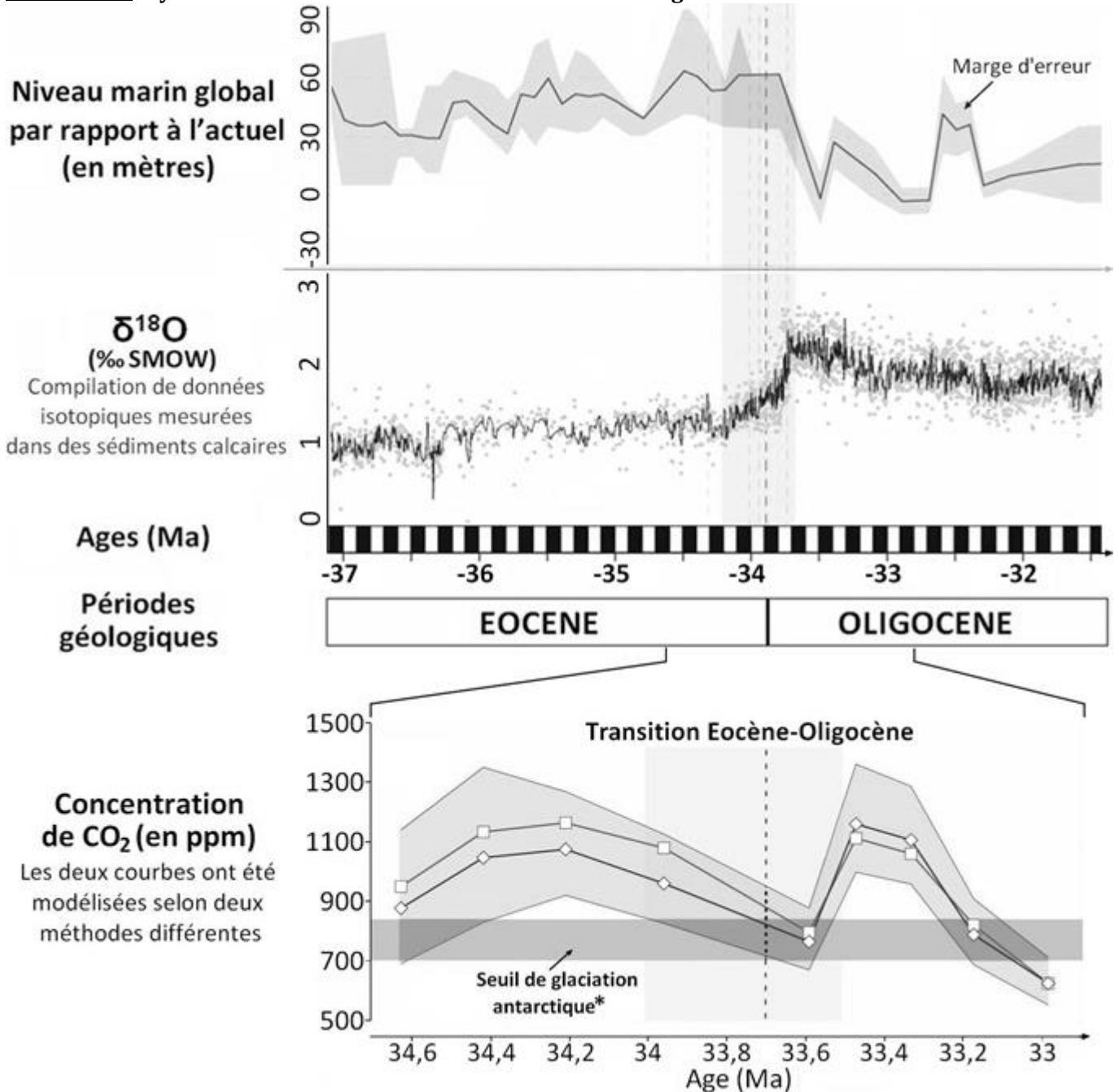
## La Grande Coupure

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, les paléontologues ont décrit de grandes modifications de la biodiversité à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène, il y a environ 34 millions d'années. Cet événement, connu depuis sous le nom de « grande coupure », a rapidement été expliqué par un important changement climatique que l'on cherche à reconstituer ici.

**Caractériser le changement climatique ayant eu lieu lors de la transition Éocène-Oligocène et proposer des explications sur son origine.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

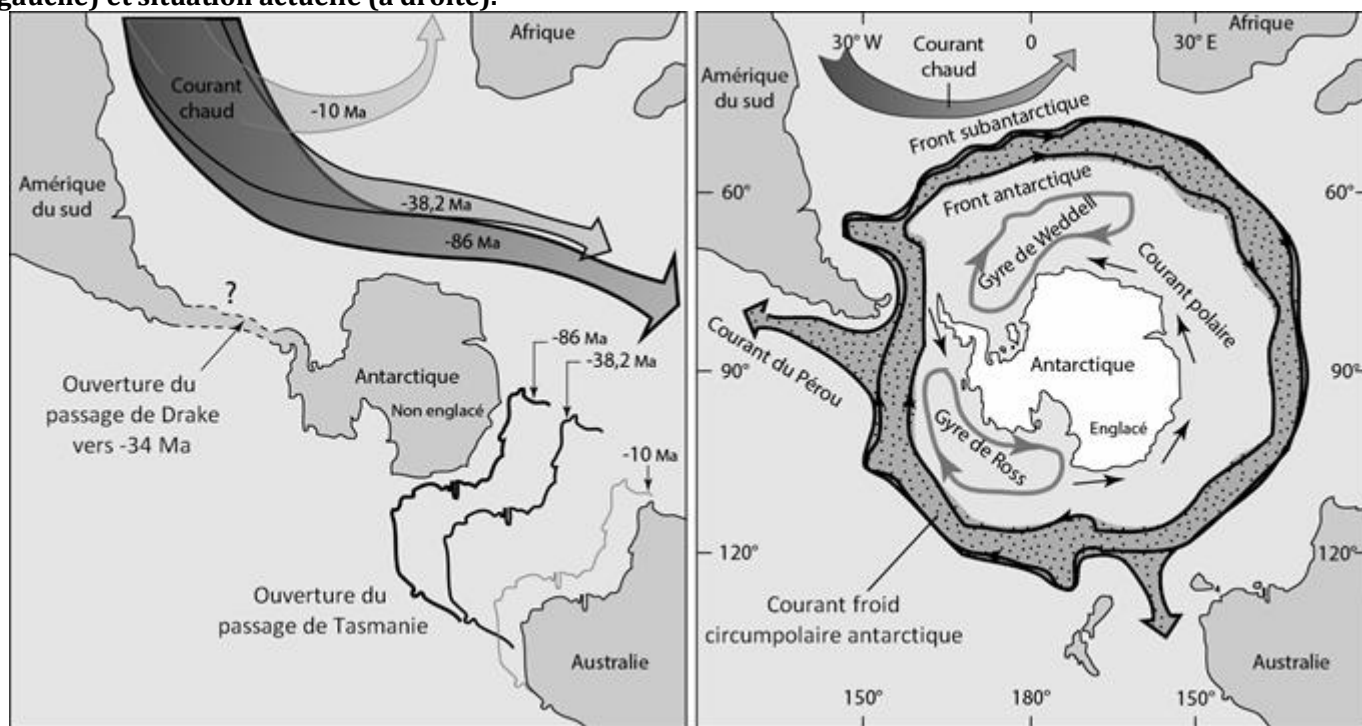
### Document 1 : synthèse de données sur la transition Éocène - Oligocène.



\* Concentrations maximales de CO<sub>2</sub> pour lesquelles la glaciation de l'Antarctique est possible.

Sources : Ghirardi, J., Thèse, (2016) et Pearson, P. N., Nature, (2009)

**Document 2 : reconstructions paléogéographiques et océanographiques autour du pôle Sud, depuis 86 Ma (à gauche) et situation actuelle (à droite).**



Source : Schaaf, A. Boesch, Q. Sciences de la Terre et de l'Univers (Vuibert éd.). p.315

**Document 3 : albédo de différentes surfaces terrestres.**

Type de surface	Mer	Forêts	Champs cultivés	Sable	Glace	Neige fraîche
Albédo	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,85

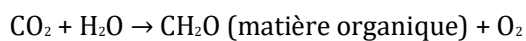
**Document 4 : processus majeurs d'échanges de carbone entre atmosphère et géosphère.**

L'altération des carbonates :  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

L'altération des silicates :  $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

La précipitation des carbonates dans les océans :  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Le piégeage de la matière organique issue de la photosynthèse des végétaux, dans les roches :

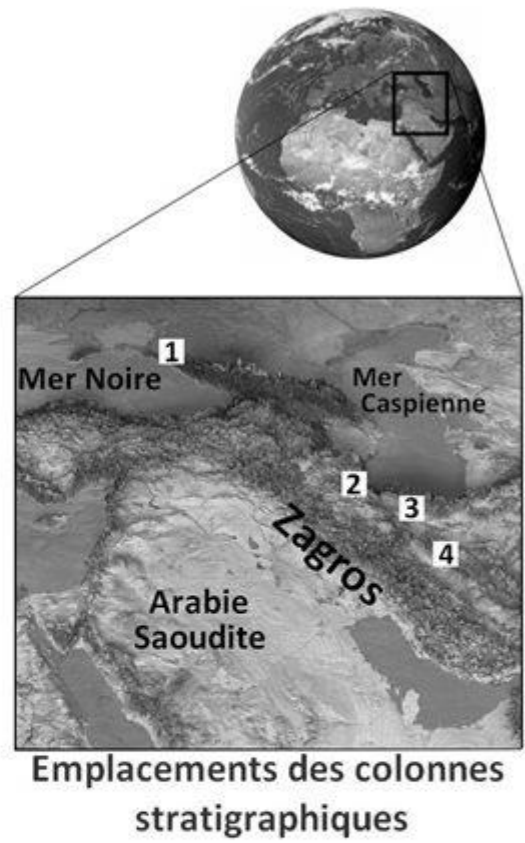
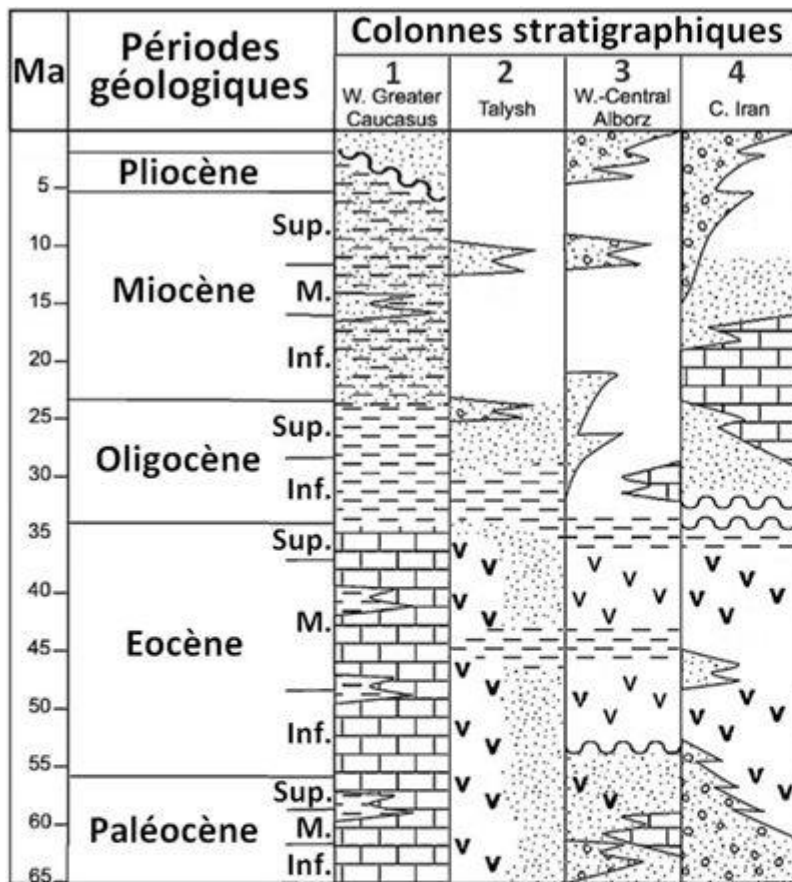


Le dégazage du manteau par le volcanisme libère du  $\text{CO}_2$

Source : www.cnrs.fr

**Document 5 : colonnes stratigraphiques montrant la succession des roches et leurs localisations dans la chaîne du Zagros.**

Les événements géologiques observés ici sont représentatifs de ceux qui se sont déroulés, à la même époque, des Alpes jusqu'à l'Himalaya.



Emplacements des colonnes stratigraphiques



Source : Allen, M. B., Palaeoclimatology (2008)