

## Thème 2B: Les climats de la Terre: comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain

### CH1: RECONSTITUER ET COMPRENDRE LES VARIATIONS CLIMATIQUES PASSÉES

Le réchauffement climatique occupe une place importante dans l'actualité car il a des conséquences sur la météorologie, la biosphère et l'humanité. Cependant, le climat a également changé plusieurs fois depuis l'ère primaire alors que l'Homme n'était pas encore présent.

Quelles sont les caractéristiques du réchauffement climatique actuel?

Comment peut-on reconstituer et expliquer les variations climatiques très anciennes?

#### I- LES VARIATIONS CLIMATIQUES PENDANT LE CÉNOZOÏQUE (- 66 Ma à aujourd'hui):

##### 1- À l'échelle des 150 dernières années: un réchauffement accéléré

Depuis **150 ans**, la température globale a augmenté de **1°C**. L'origine principale de ce réchauffement est la hausse du **rejet de gaz à effet de serre\*** dans l'atmosphère par les activités humaines: ex. **CO<sub>2</sub>** rejeté lors de l'utilisation des **combustibles fossiles** (pétrole, charbon, gaz naturel), ou lors de la **déforestation** (feux).

(\*Gaz à effet de serre = gaz qui **absorbe le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre** et limite ainsi la perte de chaleur vers l'espace).

Ces rejets **perturbent le cycle du carbone**. En effet, la formation des roches carbonées nécessite plusieurs millions d'années et leur combustion restitue très rapidement dans l'atmosphère le CO<sub>2</sub> que la nature avait lentement piégé. Une partie seulement de ce CO<sub>2</sub> est absorbée par les végétaux et les océans. De ce fait, le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmente chaque année.

##### 2- À l'échelle du Quaternaire (- 2,6 Ma à aujourd'hui): des variations climatiques cycliques

###### a- La reconstitution des variations climatiques du Quaternaire:

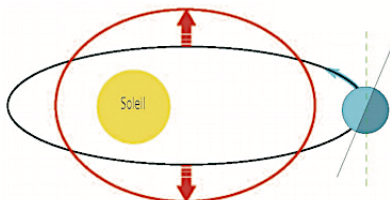
Le Quaternaire est caractérisé depuis **800 000 ans** par une **alternance entre périodes glaciaires** (froides) et **interglaciaires** (réchauffement) selon des **cycles de 100 000 ans environ**. La dernière période glaciaire a commencé il y a 120 000 ans et s'est terminée il y a - 11 000 ans. La baisse des températures a alors entraîné la formation d'une vaste calotte glaciaire qui recouvrait tout le nord de l'Europe.

Plusieurs indices permettent de reconstituer ces variations climatiques:

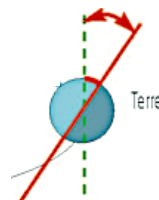
- Les **restes de moraines** (blocs et débris rocheux érodés et transportés par les glaciers), les **blocs erratiques** (gros blocs rocheux qui ont été déplacés par un glacier), les **vallées en U**, permettent de reconstituer l'extension des glaciers;
- Les **peintures rupestres** représentant des animaux (ex. bisons, pingouins, phoques sur les parois de la grotte Cosquer attestent d'un climat plus froid il y a environ 20000 ans) ou encore les **fossiles** permettent de reconstituer le climat local;
- Les **pollens fossilisés** permettent de reconstituer l'évolution de la végétation et donc le climat. Certaines espèces ont en effet des exigences climatiques bien précises. En utilisant le **principe d'actualisme**, on peut donc reconstituer les paléoclimats.
- La **mesure de la proportion des isotopes de l'oxygène** ( $\delta^{18}\text{O}$  = delta de l'oxygène 18 = rapport de la concentration en <sup>18</sup>O et <sup>16</sup>O) **dans la glace** permet de reconstituer l'évolution de la température. En effet, plus il fait froid, plus le  $\delta^{18}\text{O}$  de la glace est faible. On peut aussi mesurer le  $\delta^{18}\text{O}$  **dans le test calcaire des foraminifères**. Dans ce cas, le  $\delta^{18}\text{O}$  diminue quand la température augmente. On dit que le  $\delta^{18}\text{O}$  constitue un **thermomètre isotopique**.

###### b- L'origine des variations climatiques du Quaternaire:

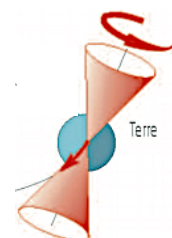
L'alternance des périodes glaciaires et interglaciaires s'explique en partie par les **modifications cycliques des paramètres orbitaux de la Terre** (cycles de Milankovitch): l'**excentricité** de l'orbite terrestre (changement de forme de l'orbite de la Terre autour du Soleil), l'**obliquité** de l'axe de rotation (variation de l'angle d'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre sur elle-même) et la **précession** de l'axe de rotation (rotation de l'axe de rotation de la Terre sur lui-même).



**Excentricité de l'orbite**  
(périodes de 413000 et 100000 ans)



**Obliquité de l'axe de rotation**  
(périodes de 41000 ans)

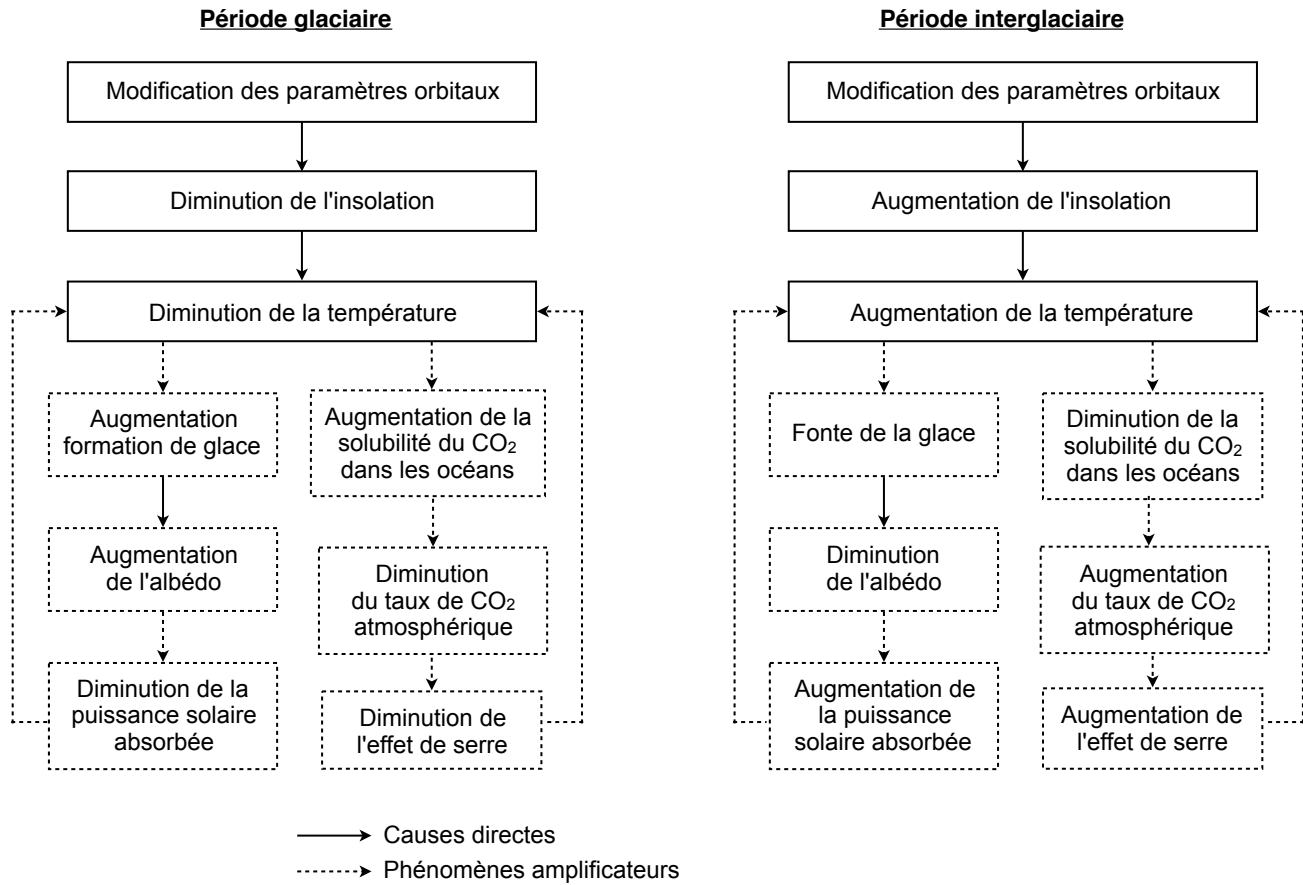


**Précession de l'axe de rotation**  
(périodes de 23000 et 19000 ans)

Les variations des paramètres orbitaux **modifient la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre** et sont ainsi à l'**origine des entrées et sorties de glaciation**. Elles seraient à l'origine de variations de température de 0,5 à 1°C environ. Des **phénomènes amplificateurs** interviennent:

- Si la température diminue, la **solubilité du CO<sub>2</sub> dans les océans** augmente. Ceci diminue sa teneur dans l'atmosphère et donc l'effet de serre. La température diminue alors encore plus.
- Si la température diminue, la formation de glace augmente l'**albédo terrestre (= rapport entre l'énergie qu'elle réfléchit et l'énergie qu'elle reçoit)**. La quantité d'énergie réfléchie est plus importante, ce qui accentue le refroidissement et donc la formation de glace.

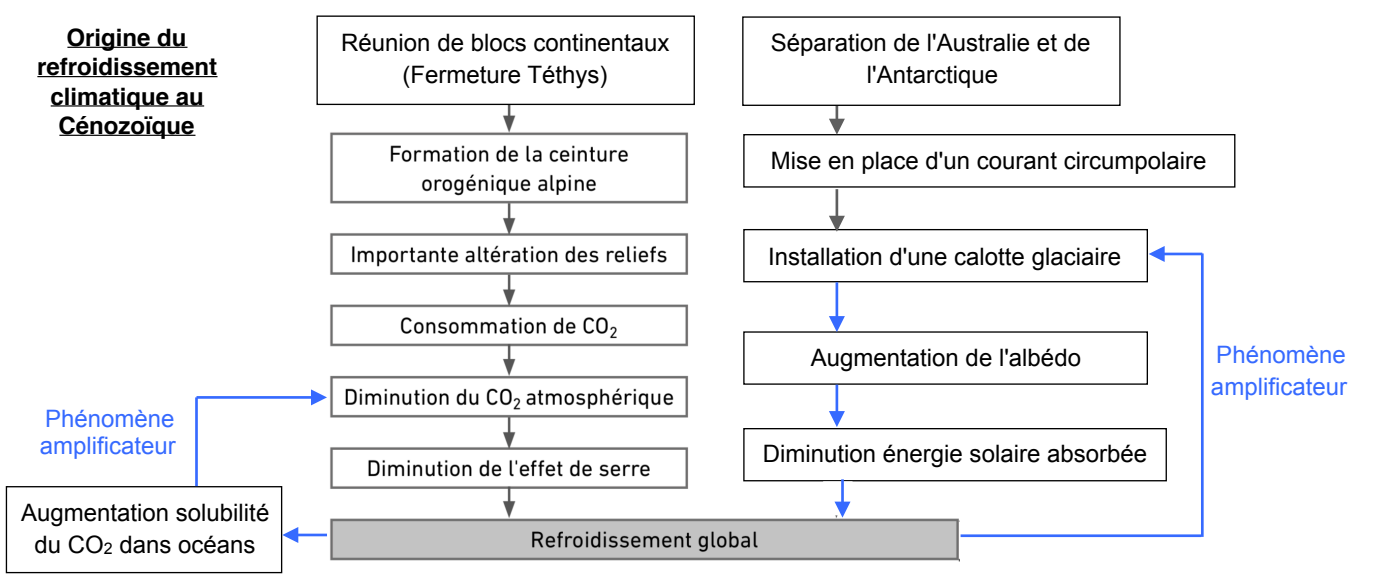
Dans les deux cas, on parle de **boucles de rétroaction**.  
 Les phénomènes inverses se produisent si la température augmente.



**3- À l'échelle du Cénozoïque (- 66 Ma à la période actuelle): un refroidissement climatique**

Différents **indices** indiquent une **diminution de température** au Cénozoïque:  
 - augmentation du  $\delta^{18}O$  dans le test des foraminifères;  
 - reconstitution de l'**étendue des calottes polaires** à partir des dépôts glaciaires (tillites).

Ce refroidissement climatique serait dû à deux phénomènes en lien avec la **tectonique des plaques**:  
 - La **réunion de blocs continentaux** a entraîné la formation des **chaînes de montagnes alpines** (ex. Alpes, Himalaya) qui ont été soumises à l'érosion. **L'altération de certains minéraux étant consommatrice de CO<sub>2</sub>, le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et donc l'effet de serre ont baissé**, provoquant un **refroidissement** (*Un exemple: équation chimique n°1 P302*).  
 - La **modification de la disposition des continents** a entraîné une modification de la **circulation océanique**: disparition d'un courant chaud intertropical et formation d'un **courant froid autour de l'Antarctique**, favorisant l'**installation d'une calotte polaire** qui a accentué le **refroidissement en augmentant l'albédo**.



## II- LES VARIATIONS CLIMATIQUES PENDANT LE MÉSOZOÏQUE (- 252 Ma à - 66 Ma):

### 1- Des indices climatiques indiquant un réchauffement important au Crétacé (- 145 à - 66 Ma):

Plusieurs **indices** ont révélé un **réchauffement** climatique pendant le Crétacé:

- Présence, à de hautes latitudes, de **roches sédimentaires qui se forment sous climat chaud**: évaporites, bauxites, calcaires (*Voir carte P304*). On applique le **principe d'actualisme** qui postule que les conditions de formation d'une roche donnée sont restées les mêmes au cours des temps géologiques.
- **Absence de dépôts glaciaires** (et donc de calotte glaciaire);
- **Extension de la flore et de la faune tropicales** (ex. crocodiles, coraux...) à de hautes latitudes.

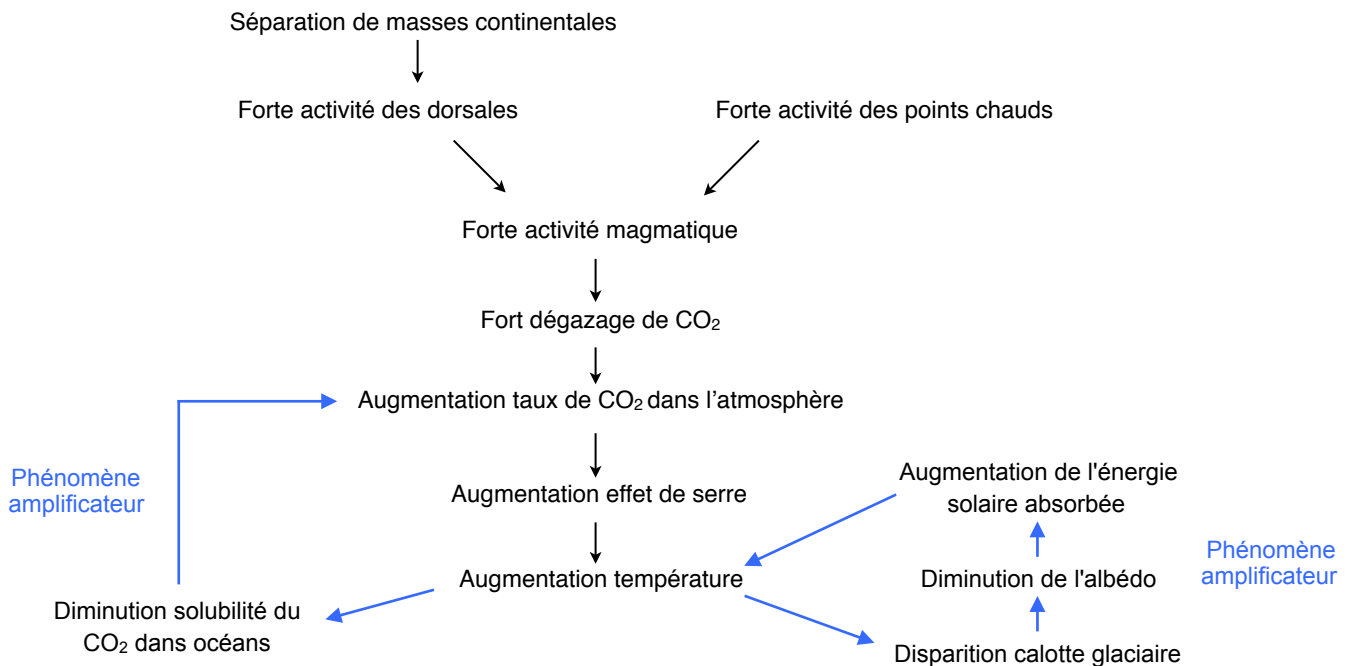
### 2- L'origine du climat chaud du Crétacé:

La **teneur en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère était élevée** au Crétacé. Ceci a provoqué un **effet de serre** et donc un réchauffement importants.

Ce taux élevé de CO<sub>2</sub> est dû au **volcanisme des dorsales**. En effet, le Crétacé correspond à une **phase intense d'expansion océanique** conduisant à l'**ouverture des océans** (ex. océan Atlantique) et à la dislocation du mégacontinent appelé Pangée. L'augmentation de l'activité des dorsales a entraîné un important **dégazage de CO<sub>2</sub>** responsable de l'effet de serre.

A cela s'ajoute une importante activité de **points chauds** qui libèrent aussi du CO<sub>2</sub>.

### Origine du climat chaud au Crétacé



## III- LES VARIATIONS CLIMATIQUES PENDANT LE PALÉOZOÏQUE (- 541 à - 252 Ma):

### 1- Des indices climatiques indiquant un climat globalement froid:

Plusieurs **indices** révèlent une **importante glaciation** au cours de la période Carbonifère-Permien (- 350 à - 250 Ma environ):

- **dépôts glaciaires (tillites)** indiquant la présence d'une importante calotte glaciaire au pôle Sud (Elle recouvrait toute la pointe sud du mégacontinent, la Pangée).
- $\delta^{18}\text{O}$  des sédiments océaniques indiquant une baisse de la température.
- Cependant, les roches sédimentaires formées dans la zone intertropicale (évaporites, bauxite, charbon) indiquent un climat chaud dans cette zone.

### 2- L'origine de la glaciation Carbonifère-Permien:

Le refroidissement au cours du Carbonifère-Permien est dû à une **forte diminution du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et donc de l'effet de serre**.

Cette diminution du taux de CO<sub>2</sub> a deux origines:

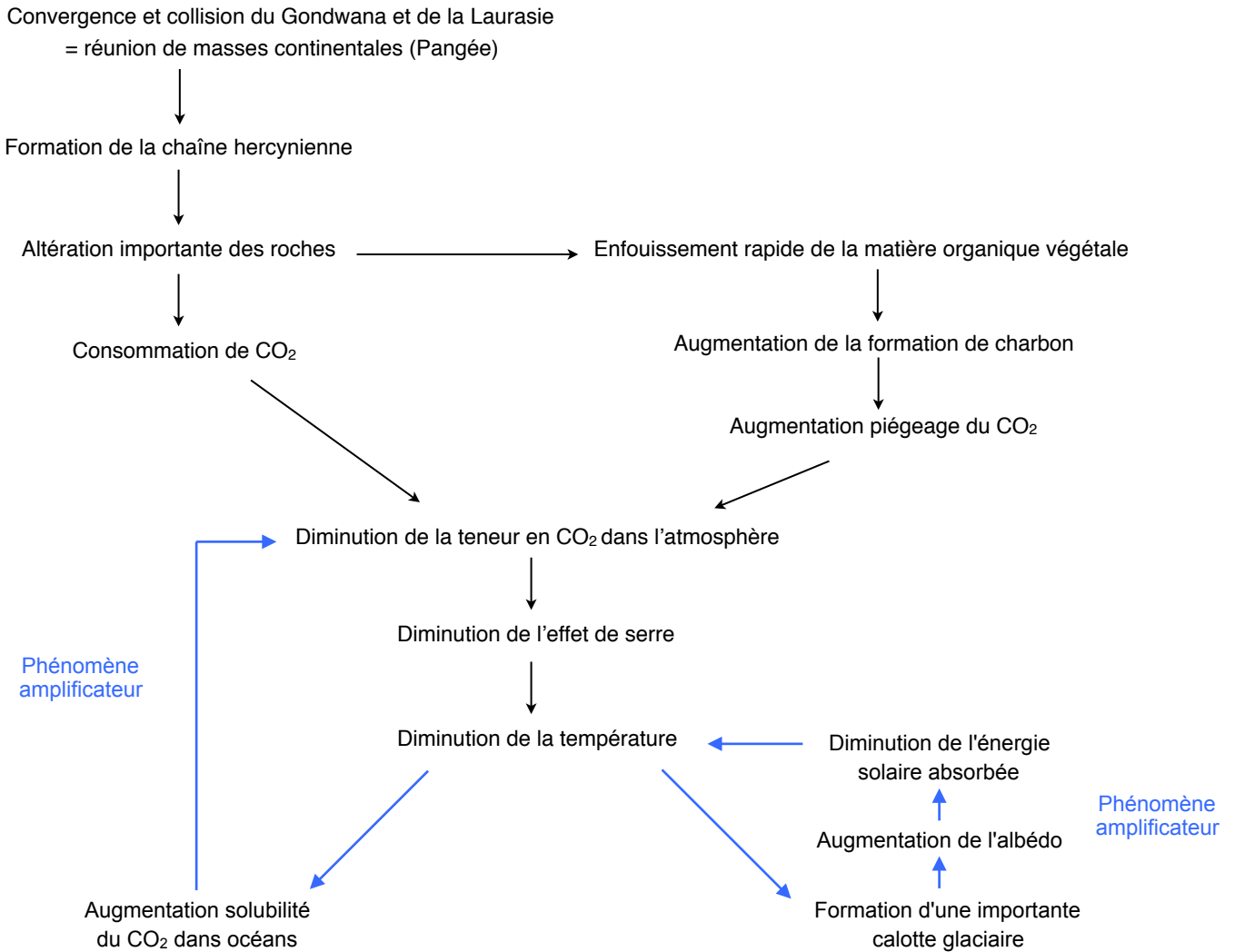
#### - L'altération de la chaîne hercynienne:

Le regroupement des masses continentales (formation de la Pangée) a entraîné la formation, au niveau de l'équateur, de la **chaîne hercynienne** (ou chaîne varisque). Le climat chaud et humide a entraîné une **altération intense** de la chaîne de montagnes. **L'altération des minéraux piège du CO<sub>2</sub>** et provoque donc la **diminution du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique**.

**- La fossilisation de matière organique végétale:**

Le climat chaud et humide de la zone équatoriale a favorisé le développement de la végétation qui utilise, lors de la photosynthèse, le CO<sub>2</sub> atmosphérique pour former sa matière organique. En bordure de la chaîne hercynienne, la matière organique morte a été rapidement enfouie sous les sédiments issus de l'érosion et s'est transformée en **charbon**. Ainsi, **le CO<sub>2</sub> a été piégé**, ce qui a permis une **diminution du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique**.

**Origine du climat globalement froid au Carbonifère-Permien**



**BILAN:**

Voir schéma bilan livre P311