

## **Thème 2 Enjeux planétaires contemporains**

### **Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir**

#### **Réf.05 Chap.II L'évolution du climat à de grandes échelles de temps**

*Les changements climatiques sont étudiés à différentes échelles de temps. A de très grandes échelles de temps, les scientifiques essayent de reconstituer les climats à l'échelle de la planète. On parle alors de climat global. Le climat global de la Terre est déduit d'un ensemble d'indices : sédimentaires, paléontologiques et le principe d'actualisme est appliqué quand c'est possible. On peut alors comparer les grandes modifications du climat global de la Terre au cours des temps géologiques aux climats actuels de la Terre. On peut alors constater qu'actuellement, la Terre est dans une période climatique globale froide.*

#### **I Des variations du climat enregistrées dans les roches sédimentaires**

Les roches sédimentaires se forment dans des conditions climatiques particulières. Elles enregistrent le climat qui régnait localement lors du dépôt des sédiments. On se propose ici de s'intéresser à deux périodes : le Permo-Carbonifère et le Crétacé.

##### **A Le climat au Permo-Carbonifère (-350 à -260 millions d'années)**

- Les tillites et les roches striées sont des marqueurs d'une activité glaciaire. Leur présence sur des continents aujourd'hui éloignés (Amérique du Sud, Afrique du Sud, Inde, Australie) s'explique par le fait qu'au Permo-Carbonifère ceux-ci étaient rassemblés avec le continent Antarctique en un continent unique centré sur le pôle sud. Une calotte glaciaire recouvrait donc en partie ces continents.
- Les charbons, roches sédimentaires majeures du Carbonifère, se rencontrent en Amérique du Nord, en Europe, en Sibérie, en Chine... Les troncs fossilisés attestent de la présence de forêts très importantes ayant fourni le matériel végétal à l'origine du charbon.
- La présence de bauxite, latérite et d'évaporites témoignent d'un climat tropical à aride.
- ⇒ Globalement, le climat au Permo-Carbonifère devait être assez semblable à celui du Quaternaire car marqué par la coexistence de climat polaire et subpolaire, climat tempéré, climat tropical et aride. A l'échelle de la planète, le Permo-Carbonifère est considérée comme une période de climat global froid comme le Quaternaire.

##### **B Le climat au Crétacé (-100 à -65 millions d'années)**

Plusieurs indices témoignent de l'existence d'un climat chaud au Crétacé marqué par une température moyenne de surface supérieure de 10°C environ par rapport à la température moyenne actuelle.

- Il n'existe aucune trace d'activité glaciaire
- On note la présence d'évaporites, de latérites et de bauxites à des latitudes plus élevées qu'actuellement.
- Les formations coralliennes, situées actuellement entre les tropiques, se développent jusqu'à des latitudes de 40°.
- On rencontre à des latitudes de 70° des arbres caractéristiques de climats chauds ainsi que des reptiles qui, par comparaison avec des espèces actuelles, nécessitent des températures annuelles moyennes supérieures à 14°C.
- Le niveau de la mer était supérieur de 300 m à l'actuel.

#### **II Les fossiles : des indicateurs des paléoclimats**

##### **A La flore et la faune : des indicateurs de climats**

Les sédiments marins contiennent des fossiles indicateurs de la paléotempérature de l'océan. Par exemple, les espèces de Foraminifères et les Coccolithophoridés présents dans les sédiments du Crétacé supérieur du Bassin parisien montrent que cette région était soumise à un climat chaud.

Les fossiles terrestres peuvent également nous informer sur le climat en domaine continental. En particulier les fossiles de végétaux indiquent le type de peuplement végétal présent à une époque donnée. Par exemple,

les fougères fossilisées dans les sédiments du Permo-Carbonifère sont caractéristiques de la présence d'une forêt tropicale à cette époque.

## **B L'utilisation de l'indice stomatique comme indicateur du taux de dioxyde de carbone**

Dans des conditions de fossilisation favorable, les paléontologues ont utilisé un indicateur du taux de dioxyde de carbone, gaz à effet de serre, jouant un rôle dans le contrôle du climat. On sait en effet que l'indice stomatique mesuré sur des végétaux vasculaires est inversement proportionnel au taux de dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. En utilisant le principe d'actualisme, on peut déterminer approximativement le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique présent à une époque donnée en utilisant les empreintes fossilisées de feuilles de certains végétaux.

## **III Les causes des variations climatiques à de grandes échelles de temps**

Les mécanismes des variations climatiques aux grandes échelles de temps impliquent des variations importantes dans la teneur en gaz à effet de serre de l'atmosphère, en particulier le CO<sub>2</sub>. Ces variations sont contrôlées par un certain nombre de processus qui libèrent ou consomment du CO<sub>2</sub>.

### ➤ **Le piégeage de la matière organique dans les roches :**

Dans la biosphère, un équilibre s'établit entre la production de matière organique par les **végétaux photosynthétiques** (consommatrice de CO<sub>2</sub>) et sa dégradation par les processus **respiratoires** ou **fermentaires** (productrice de CO<sub>2</sub>). Cependant, une partie de la matière organique peut échapper à ce recyclage et conduire à l'accumulation de molécules organiques complexes non dégradées, à l'origine de la formation de **pétrole** ou de **charbon**. Le **CO<sub>2</sub> se trouve ainsi piégé**.

### ➤ **Le dégazage du manteau par le volcanisme :**

L'essentiel du carbone sur Terre se trouve dans le **manteau**. Le **volcanisme** aérien (20%) ou sous-marin (80%) **libère continuellement du CO<sub>2</sub>** dans l'atmosphère ou l'océan.

### ➤ **Les réactions de précipitation – dissolution des carbonates :**

La **précipitation des carbonates** dans les océans **libère du CO<sub>2</sub>**, suivant la réaction (1) :



La **dissolution des carbonates consomme du CO<sub>2</sub>**, suivant la réaction inverse (2) :



Ces deux réactions se compensent s'il n'y a pas apport ou départ d'ions Ca<sup>2+</sup>. Cependant, l'importante quantité de roches carbonatées formées à la surface de la Terre a joué un rôle majeur dans le piégeage du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

### ➤ **L'altération des silicates :**

L'**altération\*** des silicates des roches magmatiques ou métamorphiques **consomme du CO<sub>2</sub>**. Ainsi, pour un pyroxène calcique :  $\text{CaSiO}_3 + 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$  (3)

Entraînés par les rivières, les ions Ca<sup>2+</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> précipitent au niveau des océans suivant la réaction (1).

Le bilan des réactions (3) et (1) aboutit à la **consommation irréversible d'un CO<sub>2</sub>**.

Au **Carbonifère**, l'accroissement de l'**altération des roches silicatées** à la suite de l'**orogénèse\*** **hercynienne** et le **piégeage de la matière organique sous forme de charbons** ont entraîné une **baisse du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique** qui a atteint son niveau le plus bas des 600 derniers Ma. La diminution de l'effet de serre a occasionné un **refroidissement climatique**, amplifié par un **albédo\*** **important** lié à une imposante calotte glaciaire favorisée par le regroupement des continents au niveau du pôle Sud.

Au **Crétacé**, l'**aplanissement des reliefs** limitant l'altération des roches, une importante **formation de roches carbonatées** et une **activité volcanique particulièrement intense** (en particulier au niveau des dorsales) ont entraîné une **hausse du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique**. L'augmentation de l'effet de serre a occasionné un **réchauffement climatique**, amplifié par un **albédo plus faible** (pas de glace et extension des océans) et la diminution de la solubilité du CO<sub>2</sub>.

De cette étude, il faut comprendre que le climat global de la Terre dépend des interactions entre la géosphère (formation de calcaire, altération des roches continentales, activité volcanique), de la biosphère (échange de CO<sub>2</sub> par photosynthèse et respiration), de l'atmosphère (variation des taux de gaz à effet de serre), de l'hydrosphère (les océans contiennent des quantités non négligeables de CO<sub>2</sub> dissous, ils peuvent être des puits de CO<sub>2</sub> ou des sources de CO<sub>2</sub>). Des phénomènes amplificateurs interviennent comme l'albédo.

### Lexique Réf.05

**Albédo** : rapport entre la quantité d'énergie réfléchie par un objet et la quantité d'énergie reçue. L'albédo de la neige ou de la glace est voisin de 0,9 par exemple (forte perte d'énergie par la surface du sol ce qui amplifie le refroidissement).

**Altération** : transformation chimique des minéraux des roches sous l'effet conjugué de facteurs climatiques.

**Bauxite** : roche latéritique blanche, rouge ou grise, caractérisée par sa forte teneur en alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et en oxydes de fer. Cette roche constitue le principal minerai permettant la production d'aluminium. Elle se forme par altération continentale en climat chaud et humide.

**Calotte glaciaire** : couche de glace recouvrant une masse continentale. Elles sont qualifiées de calottes polaires lorsqu'elles sont situées au niveau des pôles (Antarctique, Groenland). Ne pas confondre avec la banquise.

**Effet de serre** : phénomène de réchauffement de la surface terrestre lié à la présence dans l'atmosphère de certains gaz comme le dioxyde de carbone ou la vapeur d'eau. Ces gaz absorbent le rayonnement infrarouge émis par la Terre. (attention, ne pas dire que l'effet de serre est dû à un piégeage de l'énergie solaire ce qui est faux. Il faut comprendre que la Terre est une véritable machine thermique. Elle reçoit de l'énergie du Soleil et produit aussi de l'énergie issue de son activité interne. La Terre est donc un corps chaud et tout corps chaud émet de l'énergie sous forme d'un rayonnement infra-rouge. Ce sont ces radiations infra-rouges qui sont absorbées en partie par les gaz à effet de serre comme le CO<sub>2</sub>, l'eau).

**Evaporite** : roche sédimentaire qui a pour origine la précipitation d'ions par évaporation d'une étendue d'eau (exemple : gypse).

**Latérite** : sol tropical rouge, ferrugineux et durci. Se forme en climat chaud.

**Orogenèse** : formation des reliefs d'une chaîne de montagnes.

**Principe d'actualisme** : ce principe postule que les processus qui se sont exercés dans le passé lointain s'exercent encore de nos jours.

**Tillites** : dépôts détritiques très hétérogènes liés à la présence d'un glacier ou d'une calotte glaciaire.