

Thème 2 Enjeux planétaires contemporains

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

Les enveloppes fluides de la Terre, atmosphère et hydrosphère, sont le siège d'une dynamique liée notamment à l'énergie reçue du Soleil. Elles sont en interaction permanente avec la biosphère et la géosphère. Le climat est à la fois le résultat de ces interactions et la condition de leur déroulement. Des indices permettent de retracer l'histoire de ces interactions entre climats et enveloppes fluides de la Terre.

Réf 04 Chap.I L'évolution de l'atmosphère de la Terre

Au début de la formation de la Terre il y a 4,55 Ga, la croûte terrestre était continuellement recyclée par un volcanisme intense. Ce volcanisme a eu des conséquences importantes : dégazage rapide d'une partie du manteau contribuant à augmenter les concentrations en gaz dans l'atmosphère.

Comment peut-on reconstituer l'évolution de l'atmosphère depuis 4,55 Ga ?

I L'atmosphère primitive : une atmosphère réductrice

Comment a-t-on pu déterminer la composition en gaz de l'atmosphère primitive ?

A Composition

La quasi-totalité de l'atmosphère terrestre s'est formée par un dégazage intense lors des 500 premiers millions de l'histoire de la Terre. Ce dégazage se poursuit encore mais de façon plus lente.

On pense que l'atmosphère primitive était composée essentiellement de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone et en moindre proportion d'ammoniac, de diazote, de méthane, et de gaz acide comme l'hydrogène sulfuré. Le dioxygène n'était pas présent.

B Arguments

➤ Des arguments en faveur d'un dégazage à l'origine de l'atmosphère primitive:

La lave contient des gaz dissous qui sont relâchés dans l'atmosphère durant les éruptions.

Le gaz le plus important dans les émissions volcaniques est la vapeur d'eau (H₂O), suivie par le dioxyde de carbone (CO₂) et le dioxyde de soufre (SO₂).

Un autre argument provient des teneurs en gaz des chondrites (météorites) qui témoignent de la composition originelle de la Terre et donc de la composition en gaz des enveloppes internes. La comparaison avec la composition de l'atmosphère actuelle témoigne d'un changement.

➤ Des arguments en faveur de l'absence de dioxygène dans l'atmosphère primitive

- Les gisements de fers rubanés (BIF)

Les gisements de fer rubanés contenant du fer oxydé sont très localisés dans le monde et leur âge est compris entre **3,5 et 1,9 Ga**. Ils sont d'origine océanique et il ne s'en forme pas actuellement. La formation de ces gisements atteste que l'oxydation du fer n'a pu se faire que dans les océans en présence d'un oxydant comme le dioxygène. On peut en déduire qu'à certains endroits les océans contenaient du dioxygène mais qu'à la même époque l'atmosphère n'en contenait pas car sinon l'oxydation et la précipitation d'oxyde de fer se serait déroulé en milieu continental.

- Les paléosols oxydés

Ce n'est qu'**à partir de 2 Ga** que des formations continentales riches en oxyde de fer font leur apparition. Ces formations continentales attestent d'une oxydation du fer en présence d'un oxydant comme le dioxygène. On en déduit que le dioxygène est présent dans l'atmosphère à partir de 2 Ga.

II Evolution de la composition de l'atmosphère

Comment expliquer les modifications de la composition en gaz de l'atmosphère ? Quelles conséquences sur le climat ?

A Modification des taux de CO₂ et H₂O

Le refroidissement de la Terre a permis la condensation de l'eau ce qui a entraîné la formation d'un océan d'où émergeaient uniquement des appareils volcaniques. L'océan a influencé de façon non négligeable la

composition de l'atmosphère : le piégeage de dioxyde de carbone par précipitation de carbonates a soustrait ce gaz à l'atmosphère. La concentration en CO_2 atmosphérique a diminué.

Globalement, l'atmosphère s'est appauvrie en CO_2 et H_2O avec pour conséquence une diminution de l'effet de serre. Cela a permis une forte diminution de la température atmosphérique.

L'estimation actuelle des réservoirs de carbone montre qu'une très grande quantité de carbone est stocké dans les carbonates et dans les océans. **Ces deux réservoirs montrent qu'ils jouent un rôle important dans le climat terrestre actuel en limitant l'effet de serre.**

B L'apparition du dioxygène dans l'atmosphère

Incontestablement, c'est la photosynthèse chlorophyllienne qui est responsable de l'apparition du dioxygène dans l'atmosphère. On pense que cette photosynthèse est apparue très tôt au cours de l'histoire de la Terre, sans doute avant -3,5 Ga.

Si l'on applique le principe d'actualisme, des cyanobactéries existaient dès -3,5 Ga car les traces de leur activité, les stromatolites, sont similaires à celles de cyanobactéries responsables de la formation de stromatolithes actuels. Les cyanobactéries sont des procaryotes photosynthétiques. Il s'agit d'organismes qui réalisent la photosynthèse et rejettent du dioxygène gazeux. On peut donc supposer que la photosynthèse est apparue au minimum il y a 3,5 Ga dans les océans. Ce dioxygène a quitté le milieu aquatique et a enrichi progressivement l'atmosphère primitive.

Cette époque correspond à une augmentation sensible du niveau d'oxygène dans l'atmosphère terrestre, et les géologues estiment que les stromatolithes en ont été directement responsables.

Jusqu'à -2,5 Ga, le O_2 libéré par l'activité des premiers organismes photosynthétiques présents dans les océans a été mobilisé par l'oxydation de composés abondants sur la surface primitive de notre planète. Ainsi, le fer oxydé en oxyde ferrique (Fe_2O_3) fait son apparition dans tous les sédiments à cette époque.

Vers -2,5 Ga, le O_2 libéré en excès s'est accumulé progressivement dans l'océan, sous forme dissoute, et dans l'atmosphère, sous forme gazeuse, pour y atteindre sa concentration actuelle (21 % dans l'air).

Vers -0,5 milliards d'années, la couche d'ozone (O_3) s'est alors constituée en altitude, protégeant le sol des rayonnements solaires ultraviolets, autorisant un développement accru de la vie dans les océans (plancton...) et permettant une colonisation des continents par de nouvelles formes de vie animale et végétale.

=> La transformation de la composition de l'atmosphère est donc liée à des interactions entre l'atmosphère, la géosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Ces interactions jouent un rôle dans les modifications du climat.

Lexique réf 04

Atmosphère oxydante : se dit d'une atmosphère ayant des propriétés oxydantes c'est-à-dire pouvant oxyder des composés réduits. Le dioxygène a un fort pouvoir oxydant. Le dioxygène, oxydant puissant, peut ainsi interagir avec des composés réduits comme le fer ferreux.

Atmosphère réductrice : se dit d'une atmosphère ayant des propriétés réductrices (atmosphère sans dioxygène).

Carbonate : les roches calcaires sont des roches sédimentaires carbonatées composées de carbonates de calcium CaCO_3 . Le carbonate de calcium provient de la précipitation d'ions hydrogénocarbonates HCO_3^- et d'ions calcium Ca^{2+} .

Chondrite : type de météorites pierreuses (moins de 35 % de métal). Ces roches sont les plus anciennes du Système solaire.

Cyanobactérie : bactérie capable d'effectuer la photosynthèse.

Enveloppes fluides de la Terre : hydrosphère et atmosphère.

Stromatolite (ou stromatolithe) : roche calcaire formée par précipitation de carbonate de calcium en présence d'organisme photosynthétique ; la consommation de CO_2 par ces organismes, les cyanobactéries, provoquent une précipitation de carbonate de calcium. Au cours de la photosynthèse, du dioxygène est libéré.

Réservoir de carbone : le carbone peut se trouver à l'état minéral dans l'atmosphère (CO_2) ou dans la géosphère (CaCO_3) ou encore sous forme d'ion HCO_3^- dans l'hydrosphère. Le carbone est également présent dans la biosphère sa forme organique (molécules organiques du vivant).