

Activité 1: Origine de l'atmosphère et des océans terrestres.

La planète Terre s'est formée il y a environ 4,6 milliards d'années, presque en même temps que le Soleil et les autres planètes du système solaire. Elle possède une atmosphère, c'est-à-dire un ensemble de gaz retenus par gravité à sa surface, mais aussi des océans constitués d'eau.

Comment a évolué la composition de l'atmosphère terrestre ?

Comment se sont formés les océans sur Terre ?

À partir de l'exploitation rigoureuse de l'ensemble des documents, expliquer comment on peut reconstituer la composition de l'atmosphère primitive et montrer que son évolution est la conséquence d'interactions avec et entre la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère.

Document 1: Origine de l'atmosphère terrestre.

La Terre s'est formée il y a 4,6 milliards d'années par accrétion (1) d'objets de toutes tailles. À sa formation, la jeune planète a une température de surface très élevée (plus de 2000°C). Le refroidissement de sa partie superficielle permet la formation d'une croûte de plus en plus résistante. L'atmosphère terrestre, absente au début de cette histoire, se forme pendant les premiers millions d'années par dégazage (2) du manteau. La composition de cette atmosphère primitive était très différente de celle actuelle. On peut avoir une idée de cette composition en analysant actuellement les gaz contenus dans certaines laves provenant du manteau profond.

1 : Mécanisme de formation progressive de la planète par réunion d'objets de toutes tailles initialement dispersés et en rotation autour du Soleil.

2 : Dissipation des gaz présents dans le manteau terrestre.

Document 2: Composition de l'atmosphère actuelle et initiale.

Gaz	Gaz chondritiques * %	Gaz volcaniques terrestres % (Inclusions fluides dans les r.volcaniques **)	Atmosphère actuelle %
H ₂ O	80 +/- 10	83 +/- 3	<1
CO ₂	20 +/- 10	12 +/- 4	0,038
N ₂	1 +/- 5	5 +/- 3	78
O ₂	0	0	21

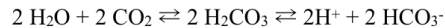
*Les chondrites sont des météorites qualifiées d'indifférenciées: elles proviennent d'astéroïdes de trop petite taille pour avoir subi une différenciation lors de leur formation. On pense donc qu'elles reflètent la composition originelle de la Terre primitive. En chauffant fortement des chondrites, on provoque leur dégazage.

**Les roches volcaniques d'origine profonde issues de la fusion partielle du manteau renferment des inclusions fluides, sortes de bulles emprisonnées dans les minéraux. Ces gaz d'origine mantellique profonde n'ont pas pu être contaminés par les fluides actuels.

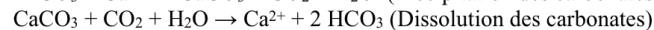
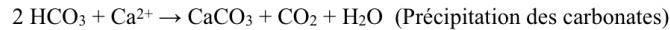
Document 3: La dissolution du CO₂ et la précipitation des carbonates.

Les mécanismes de dissolution et de libération du CO₂ gazeux

Malgré sa faible solubilité, le CO₂ peut se dissoudre dans l'eau. Cette dissolution est d'autant plus importante que la température est basse et la pression élevée. Il existe un équilibre entre les différentes formes solubles des oxydes de carbone:



Les mécanismes de précipitation et dissolution des carbonates:

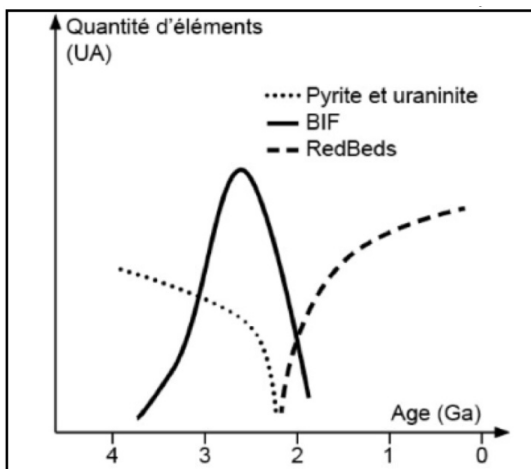


La précipitation et la dissolution sont normalement équilibrés.... Mais pas toujours:

~ Un apport d'ions Ca²⁺ (altération des silicates: $\text{CaSiO}_3 + 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$) peut décaler l'équilibre dans le sens de la précipitation.

~ L'augmentation de la fixation du CO₂ par des processus biologiques ou bio-minéralisation: L'organisme n'intervient pas directement sur la précipitation. Les réactions métabolites de l'organisme peuvent modifier les caractéristiques physico-chimiques du milieu et décaler l'équilibre dans le sens de la précipitation. Ainsi, les cyanobactéries (procaryote photosynthétique) consomment le CO₂ pour leur photosynthèse, ce qui déplace l'équilibre dans le sens de la précipitation des carbonates qui constituent les stromatolithes. Des mécanismes plus ou moins similaires sont à l'origine des coraux, des tests calcaires des foraminifères....

Document 4: Évolution des gisements de fers rubanés, de pyrite et d'uraninite, et formation des sols rouges.



Les Gisements de fer rubané (ou Banded Iron Formation, BIF) sont des roches sédimentaires constituées d'alternance centimétriques de silice (quartz) et de minéraux de fer (hématite). Ces sédiments sont interprétés comme ayant précipité de façon chimique ou biochimique en domaine océanique.

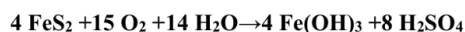
Les redbeds ou sols rouges sont des grès (roche sédimentaire détritique), dont les grains de quartz sont encroûtés d'hématite. Ils se sont formés en milieu continental sur le lieu même de l'altération des roches mères.

Les galets de pyrite (FeS₂) et les grains d'uraninite (UO₂) sont retrouvés dans les gisements d'uranium, ils y sont présents sous forme de conglomérats (roches sédimentaires continentales formées par accumulation de galets et de sable).

Document 5: Minéraux témoins du caractère oxydo-réducteur du milieu.

La pyrite et l'uraninite sont très instables en présence de dioxygène atmosphérique ou dissous dans l'eau:

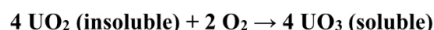
Oxydation de la pyrite (FeS₂):



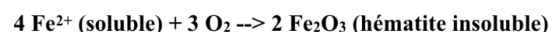
FeS₂ = sulfure de fer (Fe²⁺) (insoluble)

Fe(OH)₃ = hydroxyde de fer (Fe³⁺) (soluble)

Oxydation de l'uraninite (UO₂):



L'hématite est le résultat de l'oxydation du Fer ferreux Fe²⁺



Le fer contenu dans l'hématite (Fe₂O₃) est à l'état oxydé (Fe³⁺).

Les réactions d'oxydoréductions: Rappels

La réduction d'un élément chimique consiste en un gain d'électrons pour celui-ci; une oxydation est une perte d'électrons.

Oxydation et réduction sont couplées:

Oxydation: $M1 \text{ (réduit)} \longrightarrow M1n+ \text{ (oxydé)} + ne^-$

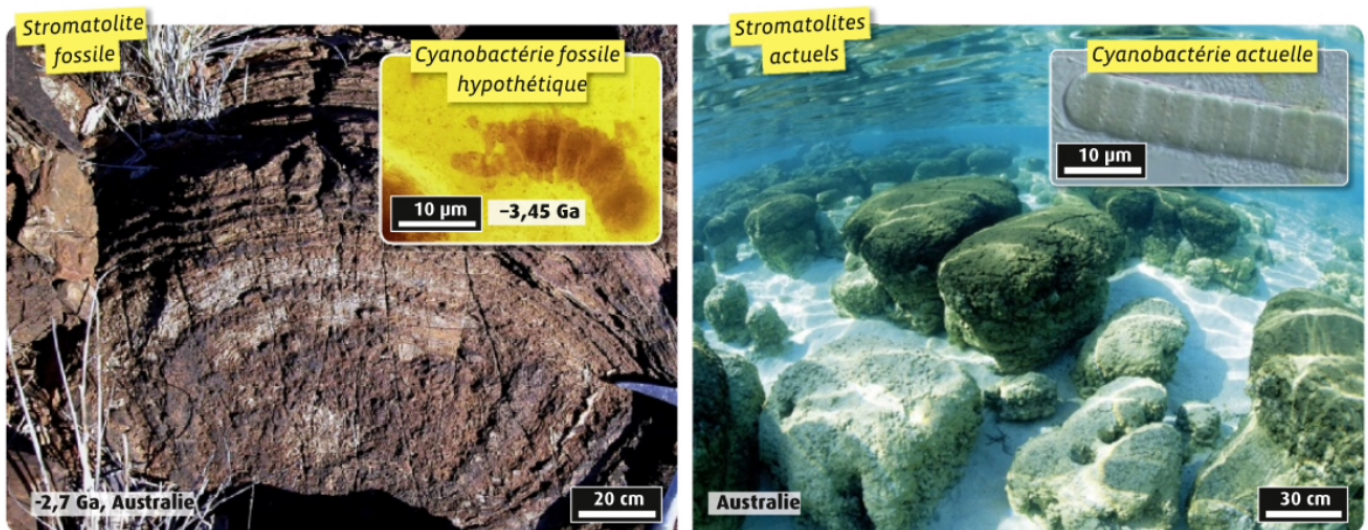
Réduction: $M2n+ \text{ (oxydé)} + ne^- \longrightarrow M2 \text{ (réduit)}$

Bilan: $M1 \text{ (réduit)} + M2n+ \text{ (oxydé)} \longrightarrow M1n+ \text{ (oxydé)} + M2 \text{ (réduit)}$

Le réducteur est un donneur d'électrons. Le réducteur s'oxyde.

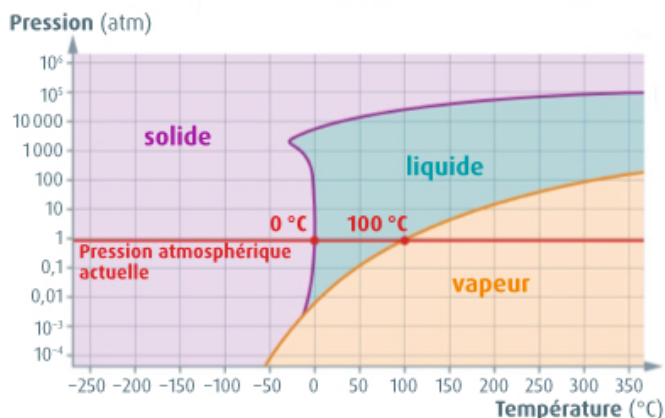
L'oxydation est un accepteur d'électrons. L'oxydant se réduit.

Document 6: Les stromatolites fossiles et leur interprétation.



4 Les stromatolites fossiles et leur interprétation. Les stromatolites («tapis de pierre» en grec) sont des roches finement laminées, retrouvées dans des couches géologiques de moins de 3,5 Ga. Actuellement, il s'en forme dans des eaux peu profondes, en quelques localités du globe: ce sont des bioconstructions où dominent des **cyanobactéries** pratiquant la photosynthèse oxygénique (voir p.24). Au Précambrien, les stromatolites étaient beaucoup plus répandus qu'actuellement.

Document 7: Diagramme de phase de l'eau.



DOC 5 Diagramme de phase de l'eau. Ce diagramme de phase présente l'état de l'eau selon les conditions de pression et de température. Il y a 4,4 Ga, la pression atmosphérique était sans doute comprise entre 39 et 207 atm.