

Consignes :

- 1) Exploitez les documents 1 et 2 afin d'expliquer quels arguments scientifiques ont permis de dire que le dioxygène a commencé à être produit dans les océans il y a 3,5 Ga.
- 2) Exploitez les documents 3 à 5 afin d'expliquer comment le dioxygène initialement océanique s'est retrouvé dans l'atmosphère.

**Doc 1 : Les cyanobactéries, premiers organismes producteurs de dioxygène**

Les stromatolithes sont de très anciennes structures résultant d'une activité biologique. On en retrouve dans les affleurements rocheux de Pilbara (Australie) qui datent de **-3,5 Ga**. L'étude de leur formation se fait par comparaison avec des stromatolithes s'édifiant actuellement en milieu marin.

**Stromatolithes fossiles de Pilbara (Australie).**



**Stromatolithes actuels de Shark Bay (Australie).**



Les stromatolithes se forment grâce à l'activité photosynthétique des **cyanobactéries** qu'elles contiennent (organismes unicellulaire, procaryote, contenant de la chlorophylle donc capables de pratiquer la photosynthèse). En effet, les cyanobactéries effectuent des échanges gazeux avec leur environnement : elles absorbent du dioxyde de carbone dissout dans l'eau des océans et rejettent du dioxygène.

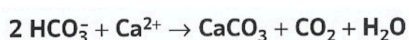
**Doc 2 : Mécanisme de croissance des stromatolithes.**

Deux modes de croissance des stromatolithes existent.

Le premier est le piégeage mécanique de particules minérales par les tapis de colonies bactériennes, piégeage suivi du dépôt de nouveaux grains, eux-mêmes encroûtés à leur tour par les cyanobactéries.

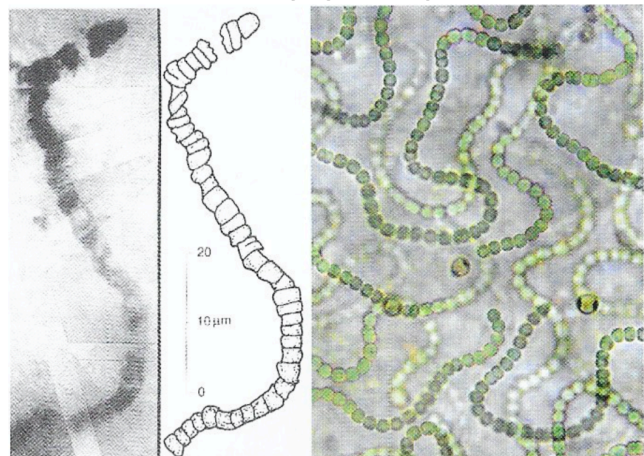
Le second est la précipitation biochimique de minéraux associée à l'activité photosynthétique. Dans cette situation, deux réactions chimiques ont lieu :

- La photosynthèse  
$$n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{CH}_2\text{O}]_n + n\text{O}_2$$
- La précipitation\*\* des ions carbonates sous forme de calcaire.



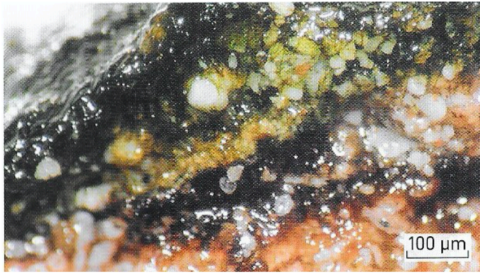
La photosynthèse, en consommant du  $\text{CO}_2$ , favorise localement la précipitation des carbonates.

**Cyanobactéries fossiles de Pilbara (à gauche) et actuelles du genre Nostoc (à droite) vues au microscope photonique.**



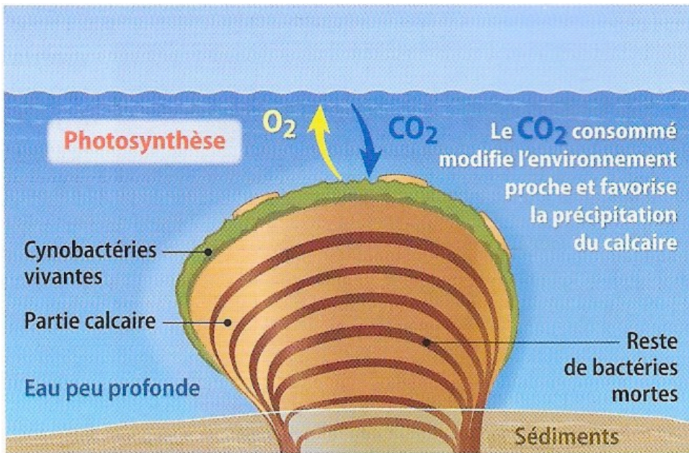
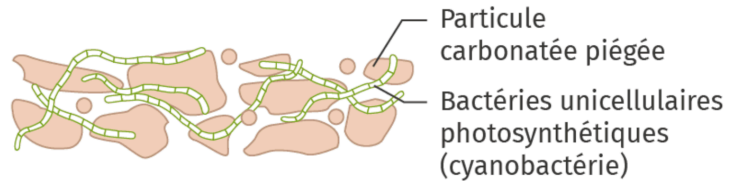
**Coupe de la partie superficielle d'un stromatolithe actuel.**

Les couches vertes de cyanobactéries vivantes alternent avec des couches claires de matière minérale.



La structure d'un stromatolithe.

**Organisation d'un stromatolithe.**

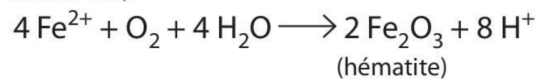


**\*\*Précipitation :** Formation d'un corps solide dans une solution.

**Doc 3 : Fers rubanés et sols rouges continentaux : des témoins de la présence de dioxygène**

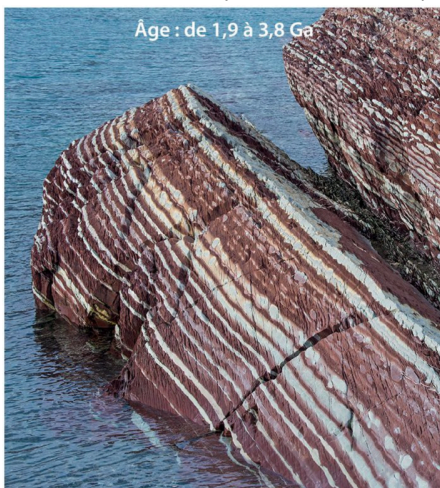
Lors de l'altération par l'eau des roches continentales, des ions fer II (Fe<sup>2+</sup>) sont libérés. Deux cas de figures peuvent alors se présenter :

- en présence d'une atmosphère dépourvue de O<sub>2</sub> (= atmosphère réductrice), ils persistent sous cette forme et sont transportés jusqu'aux océans. Dès qu'ils rencontrent des conditions oxydantes (présence d'O<sub>2</sub>), ils s'oxydent en ions fer III (Fe<sup>3+</sup>) et peuvent alors précipiter localement sous forme d'hématite (fers rubanés) suivant l'équation :



- en présence d'une atmosphère oxydante (= riche en O<sub>2</sub>), les ions Fe<sup>2+</sup> s'oxydent directement au niveau des continents (formation d'hématite) et n'atteignent donc pas les océans.

**Fers rubanés**, roches sédimentaires, d'origine marine. Ces roches sont constituées d'une alternance de silice (bandes claires) et d'hématite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (bandes sombres).

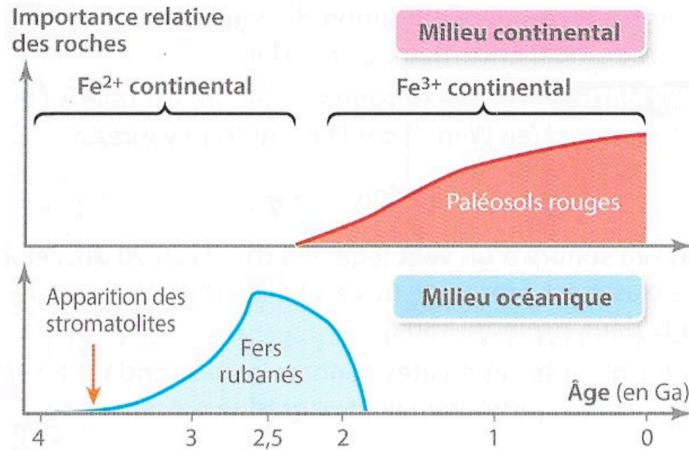


**Sols rouges continentaux actuels**, riches en oxydes de fer de type hématite (rouge). Ces sols témoignent de la présence d'une **atmosphère oxydante**.



#### Doc 4 : Mise en place de roches riches en oxydes de fer en fonction du temps

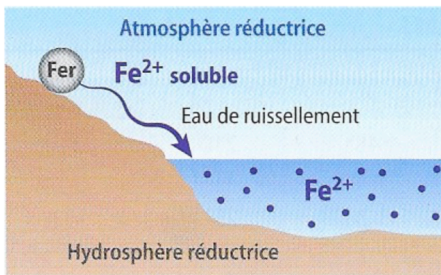
Les paléosols, ou sols fossiles, sont composés d'une forte teneur en hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) qui sont des formes oxydées du fer.



#### Doc 5 : Formation des fers rubanés océaniques et des paléosols continentaux

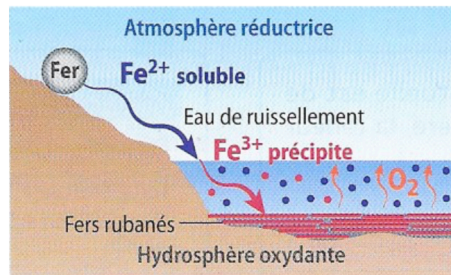
##### Période 1. Milieu non oxydant.

La présence de fer dissous sous forme d'ions  $\text{Fe}^{2+}$  dans les océans témoigne d'un milieu non oxydant (absence de dioxygène).



##### Période 2. Oxydation dans les océans.

Un processus à l'origine d'un dégagement de dioxygène dans les océans entraîne une oxydation des ions  $\text{Fe}^{2+}$  en ions  $\text{Fe}^{3+}$  peu solubles, qui précipitent et sont sédimentés.



##### Période 3. Dioxygène atmosphérique.

Après consommation totale du fer marin, le dioxygène se répand vers l'atmosphère. Le fer n'est plus transporté vers les océans car il précipite alors directement sur les continents.

