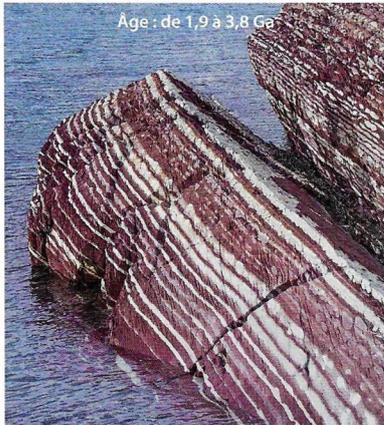


02-01 Fiche séance 2 : Des méthodes scientifiques pour « supputer » le passé ... Le cas du dioxygène.

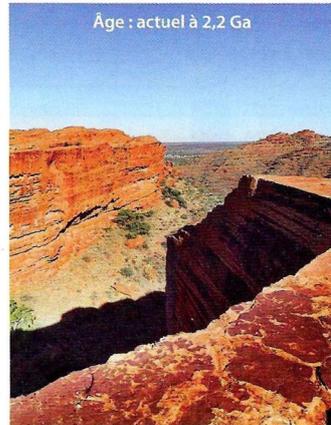
INFO : Depuis la formation de la Terre, les activités volcaniques et d'érosion dégagent une grande quantité de Fe^{2+} , ion fer réduit qui a la propriété de se dissoudre dans l'eau de l'hydrosphère, contrairement à son homologue oxydé : Fe^{3+} qui précipite, en réagissant avec des molécules oxydantes comme le dioxygène, avant de se déposer en tant que sédiment.

Actuellement, le dioxygène présent dans l'hydrosphère et l'atmosphère viennent de la photosynthèse.

Ex1 : Déterminer le moment d'apparition du dioxygène dans les enveloppes fluides terrestre.



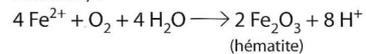
Age : de 1,9 à 3,8 Ga
Fers rubanés, roches sédimentaires, d'origine marine. Ces roches sont constituées d'une alternance de silice (bandes claires) et d'hématite Fe_2O_3 (bandes sombres).



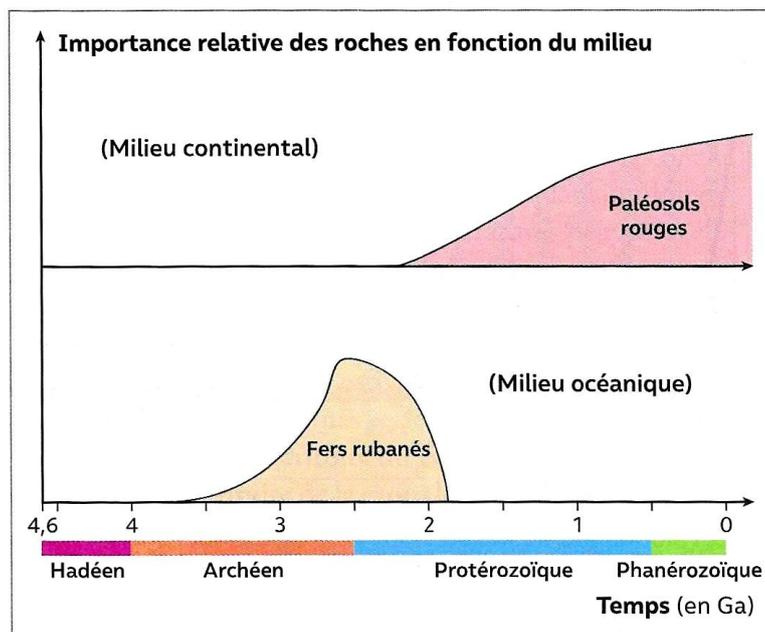
Age : actuel à 2,2 Ga
Sols rouges continentaux actuels riches en oxydes de fer de type hématite (rouge). Ces sols témoignent de la présence d'une atmosphère oxydante.

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

- En présence d'une **atmosphère dépourvue de O_2** , ils persistent sous cette forme et sont transportés jusqu'aux océans. Dès qu'ils rencontrent des conditions oxydantes (présence de O_2), ils s'oxydent en ions fer III et peuvent alors précipiter localement sous forme d'hématite (fers rubanés) :



- En présence d'une **atmosphère oxydante**, les ions Fe^{2+} s'oxydent directement au niveau des continents (formation d'hématite) et n'atteignent donc pas les océans.



Les fers rubanés et les paléosols rouges sont des marqueurs de l'évolution de l'atmosphère primitive. À une température donnée, la concentration en masse de dioxygène dissous dans une eau correctement aérée, est fixée. Ce qui ne peut plus se dissoudre reste sous forme de gaz dans l'atmosphère.

Pour répondre à ce problème, vous devrez:

- Comprendre comment se forment les fers rubanés
- Expliquer à partir de quelle époque la concentration en dioxygène dans l'hydrosphère et dans l'atmosphère commence réellement à augmenter.

Ex2: Déterminer l'origine du dioxygène. Carbonifère

Pour répondre à ce problème, vous devrez:

- Décrire l'origine probable du dioxygène présent dans l'hydro et l'atmosphère.
- Tracer un graphique courbe représentant le taux de dioxygène atmosphérique en fonction du temps depuis 3Ga (sans exactitude, on cherche un profil convaincant!).
- Figurer sur le graphique les indices ou événements marquants expliquant les ruptures de régularité.

source : Bordas.



a Stromatolithes fossiles de Pilbara (Australie).



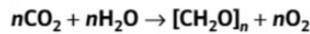
b Stromatolithes actuels de Shark Bay (Australie).

Les stromatolithes se forment grâce à l'activité photosynthétique des cyanobactéries* qu'elles contiennent (c). En effet, les cyanobactéries effectuent des échanges gazeux avec leur environnement : elles absorbent le dioxyde de carbone (CO₂) dissous dans l'eau des océans et dégagent du dioxygène (O₂).

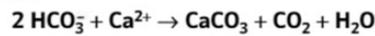
Deux modes de croissance des stromatolithes existent. Le premier est le piégeage mécanique de particules minérales par les tapis des colonies bactériennes, piégeage suivi du dépôt de nouveaux grains, eux-mêmes encroûtés à leur tour par les cyanobactéries (c).

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

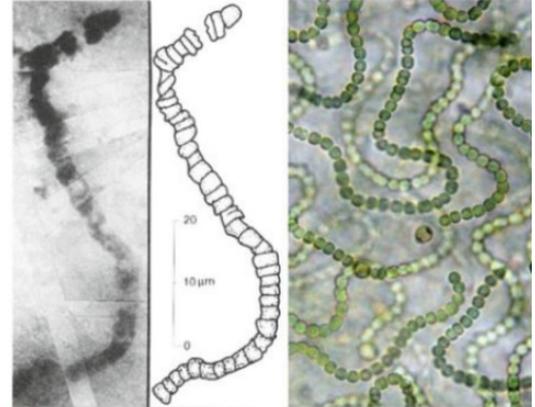
- la photosynthèse



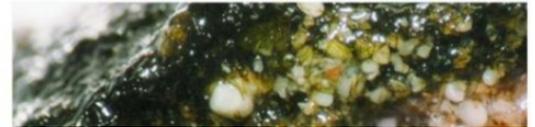
- la précipitation* des ions carbonates sous forme de calcaire



La photosynthèse, en consommant du CO₂, favorise localement la précipitation des carbonates.



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



1 Des informations apportées par des formations géologiques variées



a Pyrite contenue dans des poudingues archéens.



b Red beds aux multiples nuances de rouge (Blyde River Canyon, Afrique du Sud).



De nombreuses roches se forment par dépôt sédimentaire à la surface de la Terre. Les conditions dans lesquelles elles prennent naissance et leur éventuel contenu fossilifère témoignent notamment de la quantité de dioxygène atmosphérique de l'époque.

Des poudingues* d'Afrique du Sud datés de l'Archéen (c), époque comprise entre - 4 à - 2,5 Ga, contiennent de la pyrite (FeS₂). Ce minéral est très instable en présence de dioxygène dans l'eau. Or, la formation de ces poudingues a nécessité un long transport par des cours d'eau. La pyrite est absente des roches sédimentaires à partir de - 2,2 Ga.

Quelques paléosols* archéens contiennent de l'uraninite (UO₂). Ce minéral est lui aussi très instable en présence de dioxygène libre avec lequel il réagit et s'oxyde. Il est absent des roches sédimentaires à partir de - 2,2 Ga.

Les fers rubanés, autre formation sédimentaire, sont présents à l'Archéen dès - 3,5 Ga (voir DOC. 2 c p. 23). Leur formation nécessitant du dioxygène, ils constituent ainsi les véritables premiers puits de dioxygène de l'histoire de la Terre ; la photosynthèse bactérienne constituant, quant à elle, la première source de dioxygène. Mais peu après l'Archéen, vers - 1,9 Ga, ces fers rubanés ne se sont plus formés. Sur les continents, des formations de roches rouges appelées red beds, riches en oxydes de fer, se forment par érosion d'autres roches dès - 2 Ga (c). Cette formation requiert l'existence d'une atmosphère sensiblement oxygénée.

À la fin de l'époque Protérozoïque qui s'étend de - 2,5 à - 0,54 Ga, le développement d'une faune est attesté par des empreintes fossiles d'animaux (c), découvertes sur l'ensemble de la planète. Utilisant la respiration cellulaire comme source d'énergie, l'existence de ces organismes pluricellulaires suppose un accroissement du taux de dioxygène atmosphérique à cette époque. L'analyse de bulles d'air emprisonnées dans des cristaux d'halite* indiquait déjà un taux de dioxygène atmosphérique de 10,9 % vers - 0,815 Ga.

L'explosion de la vie se poursuit ensuite. Au Carbonifère, de - 0,36 à - 0,3 Ga, d'immenses forêts tropicales se développent dans lesquelles prolifèrent des fougères arborescentes et des « libellules » de 70 cm d'envergure (c) ! Leur système respiratoire était constitué de trachées*, et seul un taux considérable de dioxygène atmosphérique (plus de 35 % probablement) rendait possible leur existence.



c Meganeura, insecte géant des forêts du Carbonifère. ➤

◀ **c** Dickinsonia, fossile de la faune d'Ediacara.