

Thème « Science, climat et société »

L'évolution de la composition de l'atmosphère primitive

Sur 10 points

Partie 1 – L'évolution de la quantité de dioxygène dans l'atmosphère

Contrairement à l'atmosphère actuelle, l'atmosphère primitive était totalement dépourvue de dioxygène. Bien que présent dans les océans dès - 3,5 milliards d'années, ce gaz n'apparaît dans l'atmosphère que vers - 2,4 milliards d'années.

- 1- D'après l'expérience présentée dans le document 1 suivant, indiquer à quelle condition un précipité rouge d'hydroxyde de fer peut se former. Justifier.

Document 1 – Ions Fe^{2+} et dioxygène

Exploités comme gisements de fer, les formations de fer rubanées sont des roches sédimentaires formées en grandes quantités dans les océans entre - 3,8 et - 2,2 milliards d'années. Elles contiennent du fer à l'état oxydé, issu de l'oxydation du fer qui était présent à l'époque dans les océans sous forme d'ions Fe^{2+} .



Figure A – Échantillon de fer rubané (Afrique du Sud).

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr>

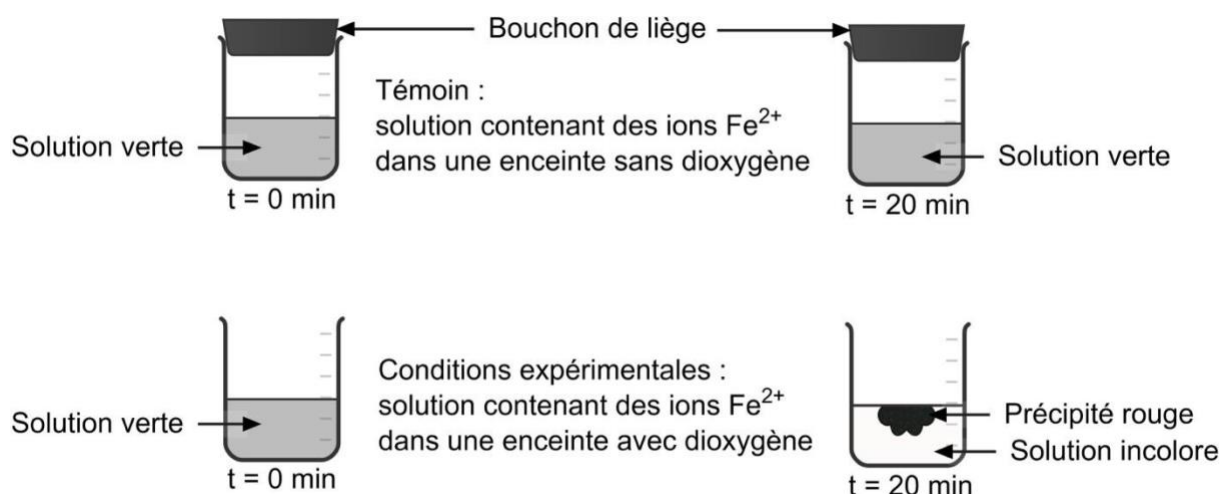


Figure B - Résultats d'une expérience d'oxydation des ions Fe^{2+}

Source : schémas réalisés par l'auteur

Lors de l'altération par l'eau des roches continentales, des ions Fe^{2+} sont libérés. Ils sont transportés sous forme soluble jusque dans les océans. En présence d'oxygène, ils s'oxydent en ions Fe^{3+} qui précipitent sous forme d'hydroxyde de fer (précipité rouge). Ce précipité s'accumule au fond des océans et forme les fers rubanés.

Remarque : à l'époque de la formation des fers rubanés, l'atmosphère primitive était réductrice (dépourvue de dioxygène).

- 2- Analyser le document 2 page suivante et relier la chronologie de formation des fers rubanés à l'évolution de la teneur atmosphérique en dioxygène.
- 3- À l'aide des documents 1 et 2, proposer une explication à la fin de la formation des fers rubanés après 2,2 milliards d'années.

Document 2 – Évolution du dioxygène atmosphérique

L'analyse chimique des roches très anciennes a permis d'établir les taux de dioxygène atmosphérique au cours de l'histoire de la Terre.

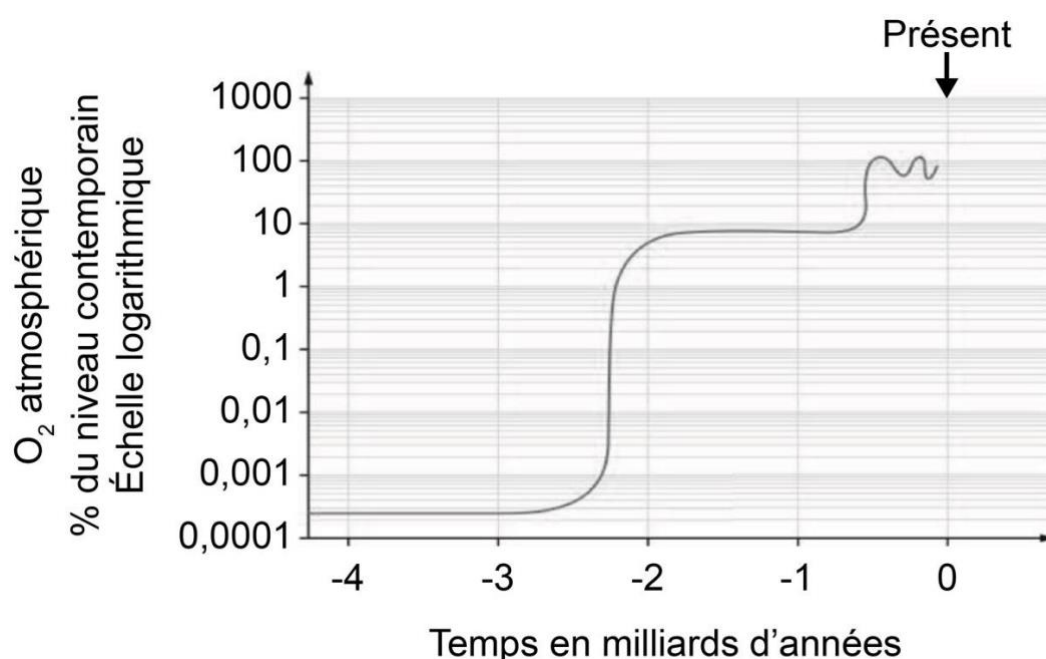


Figure C – Évolution du taux de dioxygène atmosphérique au cours des temps géologiques

Source : Campbell, 2012

Document 3 – Formation de la rouille

La rouille se forme à partir du fer (ou d'alliage contenant du fer comme l'acier). On cherche à comprendre le rôle du dioxygène de l'atmosphère dans la formation de la rouille à partir de fer. On place pour cela de la laine de fer dans une éprouvette humidifiée retournée sur de l'eau. Cette dernière a été préalablement bouillie pour retirer tous les gaz dissous qu'elle pouvait contenir. On réalise alors trois expériences schématisées ci-dessous.

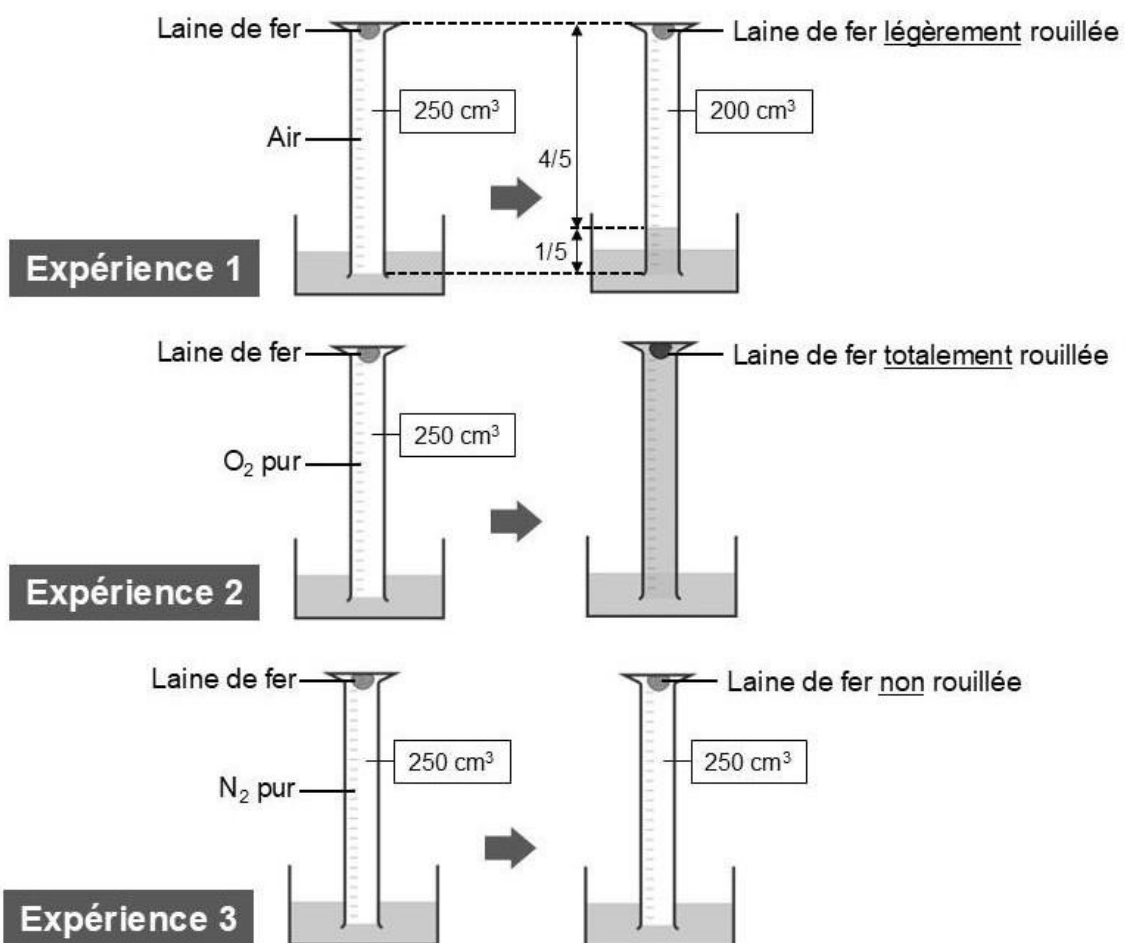


Figure D – Les expériences et leurs résultats

Source : schémas réalisés par l'auteur

- 4- Montrer, à l'aide du document 3, que l'atmosphère actuelle est composée d'environ un cinquième de dioxygène en volume.

Partie 2 – La contribution des cyanobactéries à l'évolution de la composition de l'atmosphère

Document 4 – Cyanobactéries et formation des stromatolithes

Les stromatolithes sont des bioconstructions calcaires que l'on retrouve dans des milieux marins chauds et peu profonds. Ils sont créés par des cyanobactéries. Les plus anciens ont été datés de 3,5 milliards d'années.

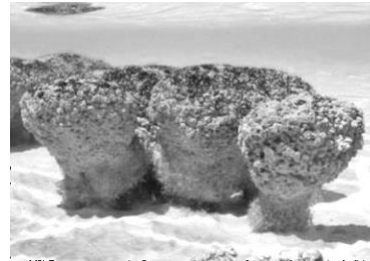
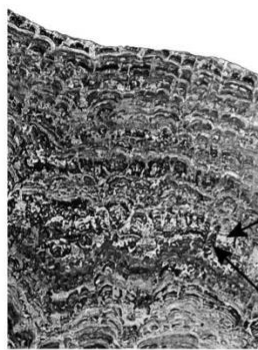


Figure E – Stromatolithe actuel dans la baie de Shark (Australie)

<https://stromatolites.weebly.com>



Détail d'une coupe d'un stromatolithe fossile daté du protérozoïque

Source : https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Stromatolites_Cochabamba.jpg

Film de cyanobactéries vivantes
Couche de carbonates précipités piégeant des particules sédimentaires (claire)
Couche riche en restes de cyanobactéries (sombre)

Substrat

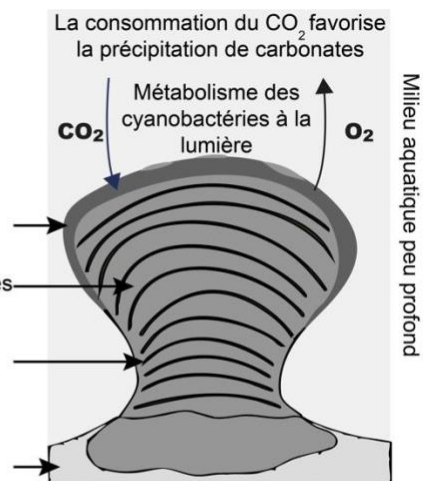
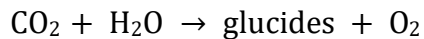


Schéma d'une coupe de stromatolithe en activité

Source : schéma réalisé par l'auteur

Figure F – Organisation et fonctionnement d'un stromatolithe

Dans une eau chaude et peu profonde, les cyanobactéries contenues dans les stromatolithes fabriquent leurs propres molécules organiques selon la réaction chimique suivante :



Cette réaction chimique, en consommant du CO_2 , favorise la précipitation des ions carbonates (HCO_3^-) sous forme de calcaire (CaCO_3) :

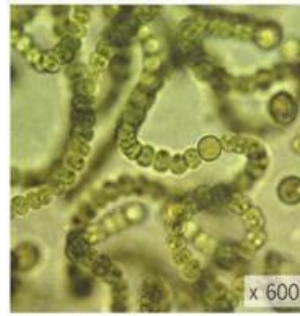
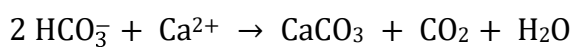


Figure C – Cyanobactéries actuelles observées au microscope

- 5- À partir du document 4 et de vos connaissances, donner le nom de la réaction chimique pratiquée par les cyanobactéries permettant la synthèse de molécules organiques.
- 6- L'atmosphère primitive de la Terre était totalement dépourvue de dioxygène. Indiquer l'origine probable de l'augmentation de la quantité de dioxygène dans l'atmosphère. Justifier.
- 7- À l'aide de la réponse à la question 6 et de la figure C du document 2, justifier que l'apparition des êtres vivants a contribué à l'évolution de la composition de l'atmosphère terrestre en favorisant une hausse de la teneur en dioxygène et une baisse de la teneur en dioxyde de carbone.
- 8- En vous appuyant sur cet exemple et au moins un autre exemple issu de vos connaissances, expliquer comment les scientifiques parviennent à reconstituer les environnements du passé alors qu'ils ne disposent d'aucune mesure directe. Indiquer les types d'indices utilisés et préciser comment les scientifiques les interprètent.