

L'atmosphère terrestre et la vie – Exercices

Exercice 1

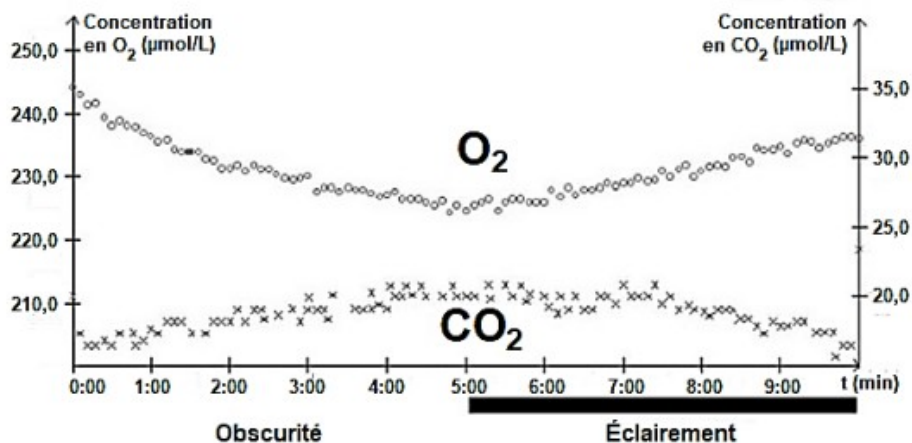
L'atmosphère primitive de la Terre, issue du dégazage au cours du refroidissement de la Terre, était très différente de l'atmosphère actuelle. La transformation de l'atmosphère au cours du temps est marquée en particulier par un fort enrichissement en dioxygène, ce qui lui a conféré un caractère oxydant.

L'objectif de cet exercice est de rechercher des arguments expliquant l'enrichissement de l'atmosphère en dioxygène, il y a 2,4 milliards d'années.

Document 1 : métabolisme des cyanobactéries actuelles

Une culture de cyanobactéries est placée dans une enceinte hermétique. Les teneurs en dioxygène et en dioxyde de carbone sont relevées sous différentes conditions d'éclairement. Les résultats sont présentés sur le graphique ci-dessous.

Évolution des teneurs en dioxygène et dioxyde de carbone de la culture de cyanobactéries



1- À l'aide du document 1, donner, en le justifiant, le nom du métabolisme utilisé par les cyanobactéries, dans l'expérience, entre 0 et 5 minutes puis entre 5 et 10 minutes.

Données : Il existe différents types de métabolismes, notamment :

- La respiration : $\text{sucre} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- La photosynthèse : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O en présence de lumière} \rightarrow \text{sucre} + \text{O}_2$
- La fermentation alcoolique : $\text{sucre} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{éthanol}$

Les réactions ne sont pas ajustées, elles indiquent seulement la nature des réactifs et des produits.

2- Les stromatolithes sont des constructions carbonatées d'origine biologique formées par des micro-organismes, dont les cyanobactéries. Les plus anciens ont été datés à environ 3,5 milliards d'années. À partir du document 1 et des connaissances, justifier l'origine de la production de dioxygène à partir de 3,5 milliards d'années.

Document 2 : les formations sédimentaires d'oxydes de fer

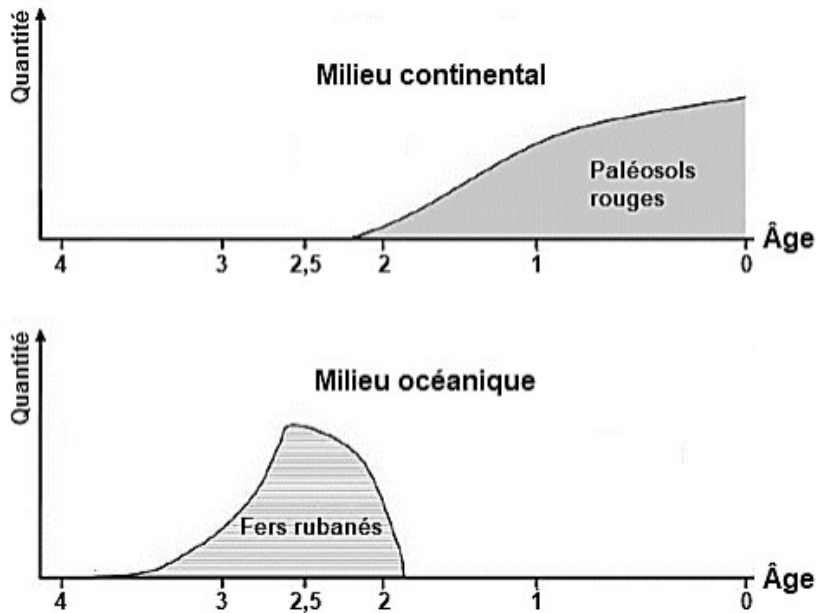
La grande majorité des minerais de fer du monde est constituée de ce qu'on appelle des fers rubanés (*Banded Iron Formation* ou BIF, en anglais). Ces BIF existent sous plusieurs formes, plus ou moins ferrugineuses, et contiennent un oxyde de fer composé de deux atomes de fer et de trois atomes d'oxygène.

Le tableau ci-dessous présente différents oxydes de fer :

Oxyde de fer	Formule brute	Description	Équation chimique de formation de l'oxyde de fer, non ajustée
Wustite	FeO	Poudre grise	$\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$
Hématite	Fe_2O_3	Minéral de couleur rouille	$\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$
Magnétite	Fe_3O_4	Minéral de couleur noire	$\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$

3- Justifier que l'oxyde de fer majoritaire présent dans les BIF correspond à l'hématite et ajuster l'équation chimique de sa formation après l'avoir recopiée sur la copie.

Document 3 : évolution de la formation des paléosols rouges et des fers rubanés au cours du temps



D'après C. Klein, Nature, 1997

L'axe des abscisses correspond à l'âge des roches en milliard d'années avant le présent. L'axe des ordonnées correspond à la quantité relative des roches formées.

Les paléosols, ou sols fossiles, se sont formés par altération de roches continentales au contact de l'atmosphère. La couleur rouge de certains de ces sols provient de la forte teneur en hématite. Les fers rubanés sont toujours des formations sédimentaires marines.

Le volcanisme continental et marin relâchent une quantité importante de fer sous forme d'ions Fe^{2+} oxydés en Fe^{3+} par le dioxygène entraînant la formation de l'hématite.

4- À l'aide du document 3, proposer une chronologie d'évènements ayant conduit à la mise en place d'une atmosphère riche en dioxygène.

5- D'après les connaissances, indiquer comment se forme l'ozone (O_3) dans la stratosphère et quel est son rôle sur le développement de la vie terrestre.

Exercice 2

L'étude des formations sédimentaires, et en particulier les minerais et les fossiles qui leur sont associés, permet d'appréhender certaines étapes de l'évolution de l'atmosphère terrestre.

Document 1. L'uraninite, un minéral riche en uranium.



L'Afrique du Sud possède d'exceptionnels gisements d'uranium d'origine sédimentaire âgés de - 3,4 Ga. Ils contiennent de l'uraninite (image ci-contre), minéral dont la forme en boule indique un transport par les eaux courantes (torrent, rivière...) et une sédimentation à l'état de particules (non dissoutes) lors de sa formation.

L'uraninite est un oxyde d'uranium qui possède la propriété d'être soluble dans les eaux riches en dioxygène : elle ne cristallise qu'en milieu dépourvu de dioxygène. Aucune formation sédimentaire plus récente que - 2,2 Ga ne contient de cristaux d'uraninite.

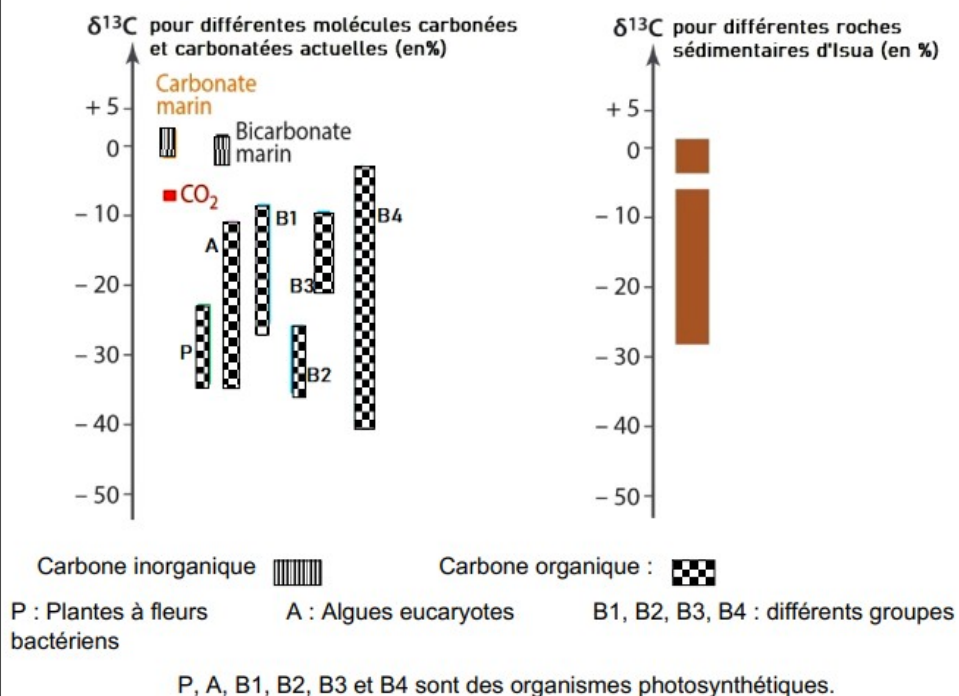
1- Expliquer quelle information apporte l'existence de gisements anciens d'uraninite sur la composition de l'atmosphère à l'époque de leur formation (entre - 3,4 Ga et - 2,2 Ga).

Document 2. Variations du rapport isotopique $\delta^{13}\text{C}$ dans diverses molécules carbonées et carbonatées actuelles comparé à celui des roches sédimentaires d'Isua.

Isua est une localité du Groënland où ont été identifiées les plus vieilles roches sédimentaires sur Terre datées de 3,8 Ga.

Il existe deux isotopes stables du carbone : ^{12}C et ^{13}C . Les êtres vivants n'utilisent pas de manière équivalente ces isotopes lors de la photosynthèse : le ^{12}C est préférentiellement intégré dans les molécules organiques par rapport au ^{13}C .

Afin d'étudier la proportion de ces deux isotopes dans un échantillon, les scientifiques utilisent le $\delta^{13}\text{C}$ qui rend compte du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ dans l'échantillon en le comparant à un rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de référence. Un $\delta^{13}\text{C}$ négatif indique que l'échantillon est appauvri en ^{13}C , un $\delta^{13}\text{C}$ positif indique que l'échantillon est enrichi en ^{13}C , toujours par rapport au standard de référence.



2- Repérer la réponse correcte pour chaque série d'affirmations et l'écrire dans votre copie.

a. Les différents rapports isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ indiquent :

- qu'il y avait des êtres vivants eucaryotes (possédant un noyau) il y a 3,8 Ga
- que les cyanobactéries sont à l'origine du dioxygène atmosphérique
- qu'il y avait probablement des êtres vivants il y a 3,8 Ga
- que les plus anciens êtres vivants sont des cyanobactéries.

b. La confrontation du rapport isotopique $\delta^{13}\text{C}$ déterminé dans les roches sédimentaires d'Isua à des $\delta^{13}\text{C}$ actuels indique que :

- le $\delta^{13}\text{C}$ augmente quand l'activité biologique augmente
- l'activité photosynthétique était plus importante il y a 3,8 Ga qu'aujourd'hui
- l'activité photosynthétique des cyanobactéries est supérieure à celle des algues eucaryotes
- certaines molécules des roches sédimentaires d'Isua sont issues d'une photosynthèse.

3- Formuler une hypothèse sur la date du début de l'apparition du dioxygène dans les océans. Présenter le raisonnement vous conduisant à proposer cette hypothèse.

4- L'étude de l'uraninite (document 1) et des roches sédimentaires d'Isua (document 2) indique l'existence d'un important décalage dans le temps entre l'apparition du dioxygène dans les océans et son accumulation dans l'atmosphère :

Donner une estimation de ce décalage dans le temps, puis, en vous appuyant sur vos connaissances, proposer une explication sur l'origine de ce décalage temporel. Cette explication s'appuiera sur un autre exemple de roche ou de formation sédimentaire.