



Exercice 2 – Niveau terminale

Thème « Science, climat et société »

L'histoire de l'atmosphère terrestre

Sur 10 points

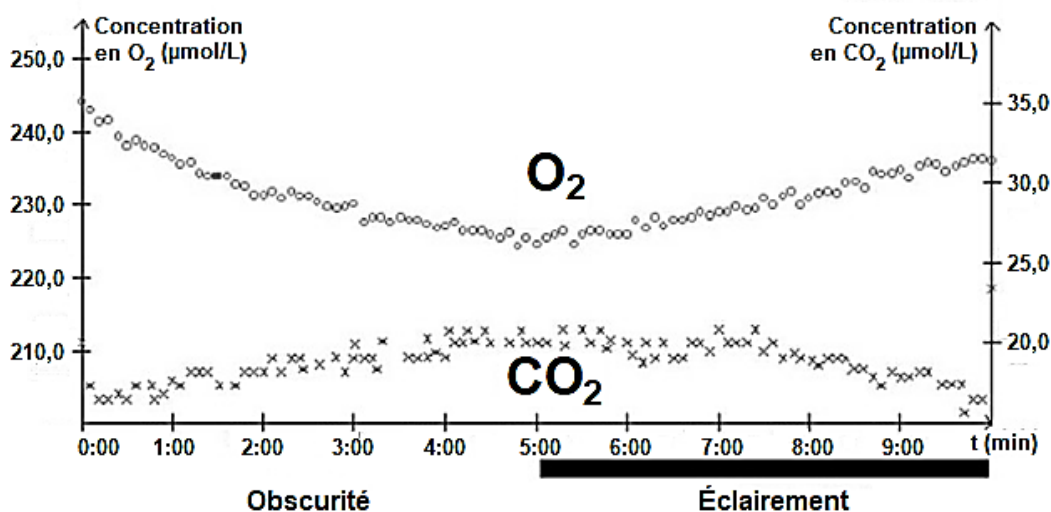
La Terre s'est formée il y a plus de 4 milliards d'années par agglomération (on parle aussi d'accrétion) de météorites appelées « chondrites ». L'atmosphère primitive de la Terre, est issue d'un dégazage des roches au cours de son refroidissement. Elle avait une composition très différente de l'atmosphère 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.

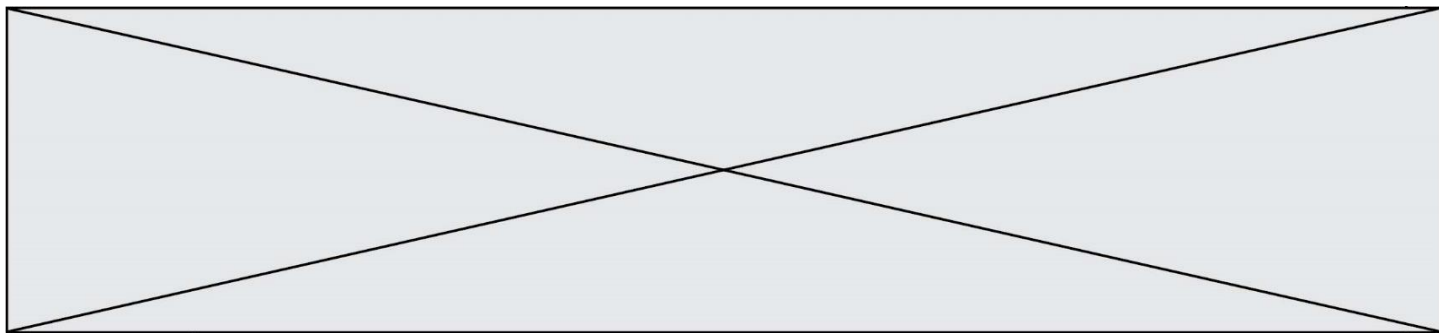
L'objectif de cet exercice est de rechercher des arguments expliquant l'enrichissement de l'atmosphère en dioxygène, il y a 2,4 milliards d'années et de comprendre comment les chercheurs ont pu reconstituer l'histoire de l'atmosphère.

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





Données :

Il existe différents types de métabolismes, notamment :

- la respiration : $O_2 + \text{Sucre} \rightarrow H_2O + CO_2$
- la photosynthèse : $CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{en présence de lumière}} \text{Sucre} + O_2$
- la fermentation alcoolique : $\text{Sucre} \rightarrow CO_2 + \text{Ethanol}$

Les équations des réactions ne sont pas ajustées, elles indiquent seulement la nature des réactifs et des produits. Les sucres, appelés aussi hydrates de carbone, sont composés de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).

- 1- À l'aide du document 1, donner, en justifiant, le nom du métabolisme utilisé par les cyanobactéries dans l'expérience entre 0 et 5 minutes, puis entre 5 et 10 minutes.
- 2- Les stromatolithes sont des constructions carbonatées d'origine biologique formées par des micro-organismes, semblables à des cyanobactéries. Les plus anciens ont été datés à environ 3,5 milliards d'années. À partir du document 1 et de vos connaissances, justifier d'une origine probable de la production de dioxygène à partir de 3,5 milliards d'années.

Document 2 – Les formations sédimentaires d'oxydes de fer

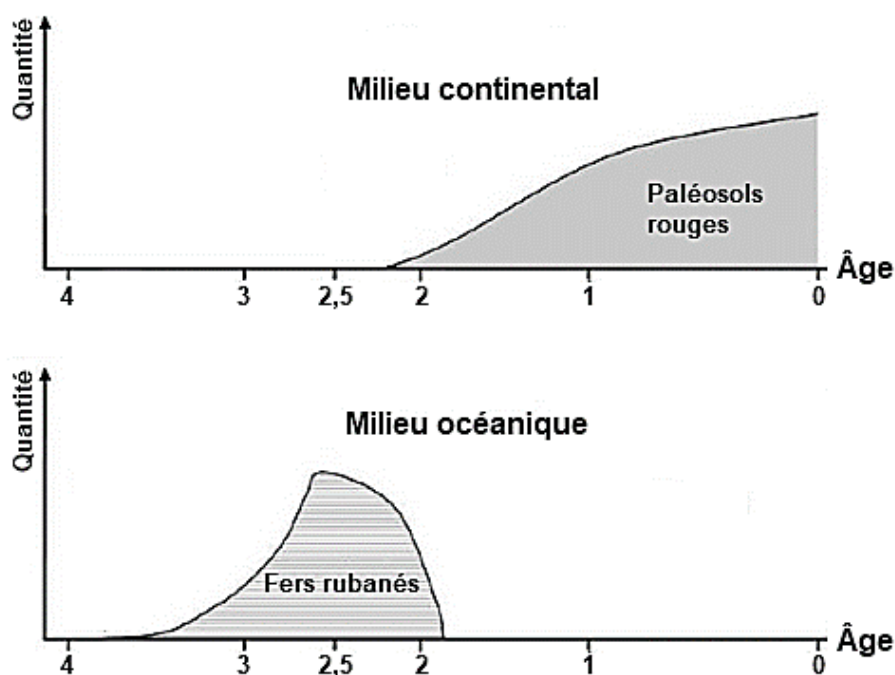
La grande majorité des minerais de fer du monde est constituée de ce qu'on appelle des fers rubanés (*Banded Iron Formation* ou BIF, en anglais). Ces BIF existent sous plusieurs formes, plus ou moins riches en fer, et contiennent un oxyde de fer composé de deux atomes de fer et de trois atomes d'oxygène.

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	$Fe + O_2 \rightarrow FeO$
Hématite	Fe ₂ O ₃	Minéral de couleur rouille	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$
Magnétite	Fe ₃ O ₄	Minéral de couleur noire	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_3O_4$

- 3- Nommer l'oxyde de fer majoritaire présent dans les BIF et ajuster l'équation chimique modélisant 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



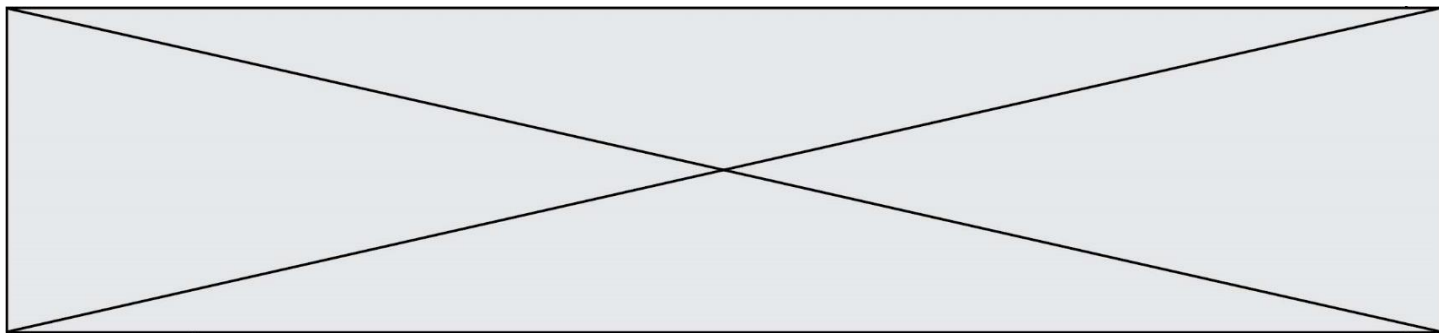
Source : d'après C. Klein, Nature, 1997

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.

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



La Terre s'est formée il y a plus de 4 milliards d'années par accréation de chondrites. Très rapidement, elle a subi un processus de différenciation au cours de laquelle les éléments volatiles se seraient vaporisés, séparés de la roche et accumulés en surface, formant une atmosphère primitive par dégazage. Ainsi, l'analyse de la composition chimique des chondrites a permis d'estimer la composition chimique de cette atmosphère primitive.

- 5- À l'aide de vos connaissances et des documents 4 et 5 suivants, argumenter sur la nécessité, pour les scientifiques, d'employer différentes méthodes pour reconstituer la longue histoire de la composition de l'atmosphère terrestre.

Document 4 – Comparaison de la composition chimique de la Terre des chondrites (météorites à l'origine de la Terre)

Éléments	Composition chimique moyenne des chondrites	Composition chimique moyenne de la Terre globale
O	31%	32.4%
Fe	27.4%	28.2%
Si	18.5%	17.2%
Mg	14%	15.9%
Ca	3.5%	1.6%
Al	2%	1.5%
Na	0.6%	1.25%
K	0.4%	0.02%
Autres éléments	2.6%	2.9%

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/meteorites-origine-systeme-solaire.xml>

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 5 – En 1980 des glaciologues de l'IGE (Institut des géosciences de l'environnement) ont découvert comment reconstituer la teneur en CO₂ de notre atmosphère

Lors de leur formation, au moment de la compaction de la neige à la surface, les calottes de glaces polaires piègent continuellement des petites bulles d'air. La glace a donc cette étonnante propriété : elle peut fournir une archive naturelle de la composition de l'air ancien, jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années ! Mais le challenge n'est pas simple et il a fallu plus de 20 ans d'efforts aux glaciologues de l'époque pour arriver à extraire ces informations. La solution fut trouvée, il y a 40 ans par Robert Delmas et ses collègues, qui développèrent une technique fiable pour extraire de la glace l'air qui y était contenu et en mesurer la composition en CO₂. Ce travail pionnier ouvrait la voie aux mesures modernes des archives glaciaires montrant que les niveaux de CO₂ dans l'atmosphère ont affectés la température de la Terre durant des centaines de milliers d'années.

Source : extrait du site de l'observatoire des sciences de l'univers (OSUG) de Grenoble