

Interactions atmosphère-biosphère et impact sur la biodiversité

OBJECTIF ● Suivre l'évolution de la teneur atmosphérique en dioxygène au cours des temps géologiques et la relier à l'évolution de la biodiversité.

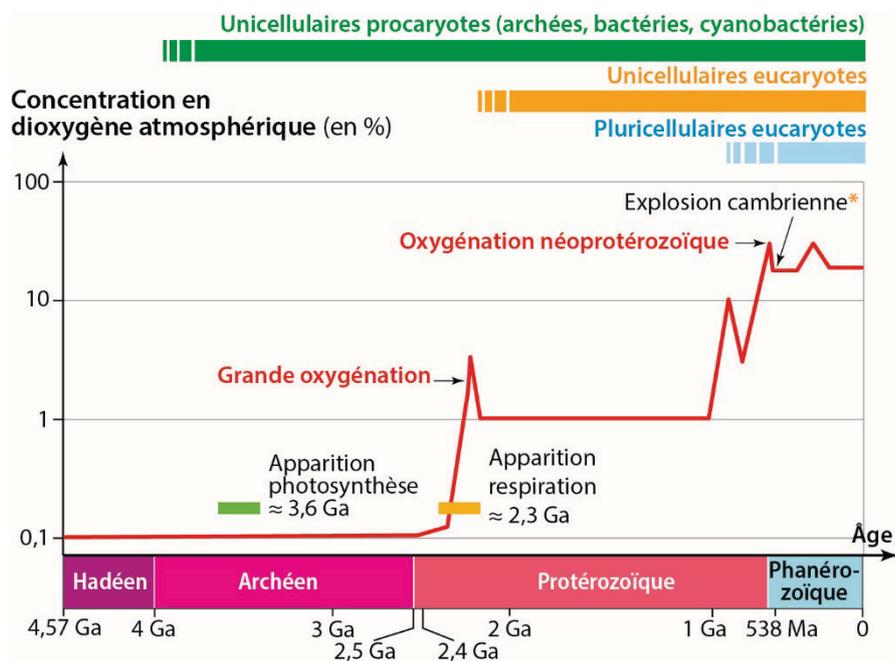
Consigne

Une phase de grande oxygénation de l'atmosphère terrestre a eu lieu il y a environ 2,4 Ga. Elle est le résultat du métabolisme des cyanobactéries, premiers être vivants photosynthétiques, apparues dans les océans il y a environ 3,6 Ga. La composition de l'atmosphère terrestre et les conditions de vie sur la Terre en ont été profondément et durablement modifiées.

● **Tâche complexe** À partir de l'étude des documents proposés, montrer comment l'évolution de la teneur en dioxygène dans l'atmosphère a pu avoir un impact sur l'évolution de la biodiversité au cours des temps géologiques.

Documents

Document 1 Concentration en dioxygène dans l'atmosphère et innovations biologiques



Évolution de la concentration en dioxygène (O₂) dans l'atmosphère terrestre (échelle logarithmique) et innovations biologiques au cours des temps géologiques.

D'après Paul F. Hoffman, Snowball Earth.

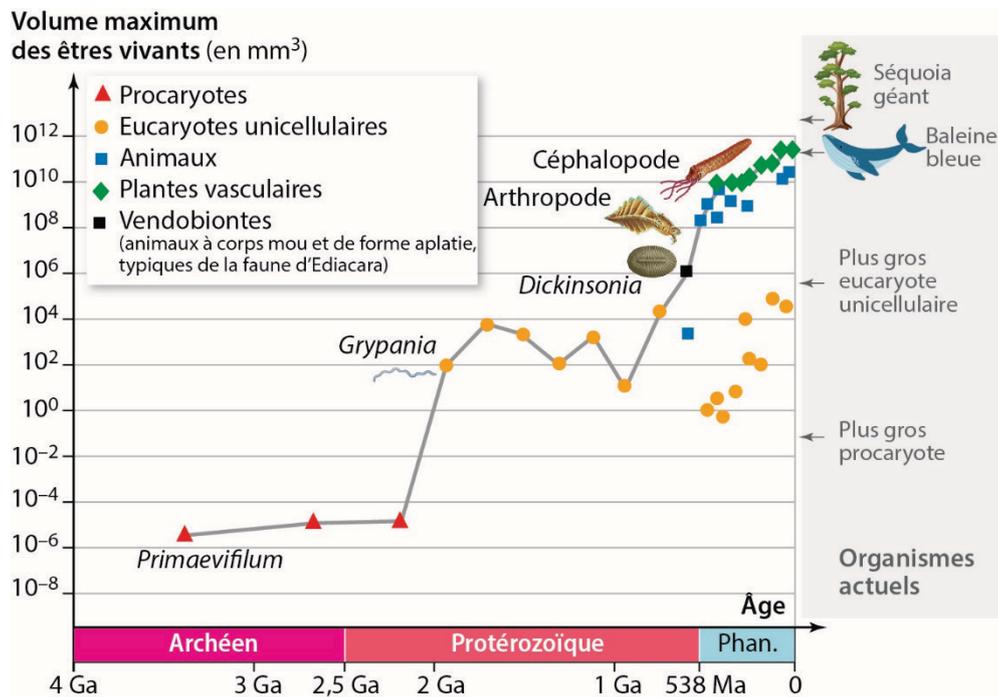
* Le **Cambrien** (–538,8 à –485,4 Ma) est la première période du Phanérozoïque qui est marquée par une extraordinaire diversification des formes de vie animale et végétale déjà engagée lors du Protérozoïque. Notamment, les premiers animaux avec des pattes articulées et un squelette externe apparaissent : les arthropodes. Les scientifiques ont donc nommé cette étape de l'histoire de la vie « **explosion cambrienne** ».

Lien L'explosion de la vie au Cambrien

<https://www.jardindesplantesdeparis.fr/fr/l-explosion-de-la-vie-au-cambrien>



Document 2 Taille maximale des organismes au cours des temps géologiques



Évolution de la taille maximale des organismes fossiles (échelle logarithmique) au cours des temps géologiques.

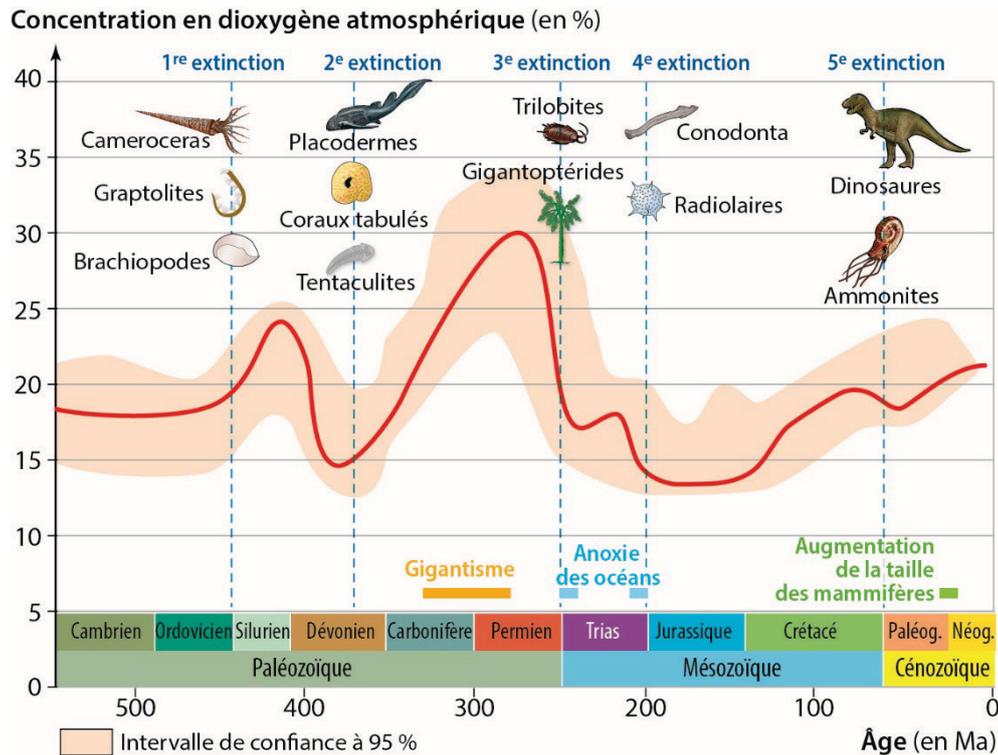
D'après Payne et al., 2011 ; Lyons et al., 2014 ; He et al., 2019.

Document 3 Teneur en dioxygène et extinctions de masse au Phanérozoïque

Au cours du Phanérozoïque, le monde vivant a subi cinq grandes extinctions de masse. Lors de chacune de ces crises de la biodiversité, un grand nombre d'espèces, mais aussi de familles*, ont disparu rapidement (à l'échelle des temps géologiques) de la surface du globe. Diverses causes peuvent expliquer ces crises biologiques, mais elles sont très probablement le résultat de combinaisons lentes et complexes de changements environnementaux.

* Les **principaux rangs taxonomiques**, dans l'ordre décroissant :

règne → embranchement → classe → ordre → famille → genre → espèce



Reconstitution par simulation de l'évolution de la teneur en dioxygène (O₂) et chronologie des cinq grandes extinctions de masse au cours du Phanérozoïque.

D'après Huang et al., 2021.

Lien Quelles sont les cinq grandes crises de la biodiversité ?

<https://www.mnhn.fr/fr/quelles-sont-les-cinq-grandes-crisis-de-la-biodiversite>



Document 4 Les besoins énergétiques du vivant

Pour fonctionner, les êtres vivants ont besoin d'énergie qu'ils se procurent en dégradant une molécule organique : l'**ATP** (adénosine triphosphate). Les premières cellules vivantes, apparues il y a environ 3,5 Ga, prélèvent cette molécule dans leur environnement.

La croissance démographique fait rapidement augmenter les besoins en énergie, ce qui se traduit par une pénurie de sources d'ATP. Les êtres vivants utilisent alors le glucose, une molécule abondante dans le milieu primitif pour fabriquer l'ATP par **fermentations anaérobies** (en absence d'O₂). Mais les fermentations, toujours utilisées aujourd'hui par un grand nombre de micro-organismes, ont un faible rendement en ATP, et donc en énergie.

Une deuxième crise énergétique se produit lorsque les ressources en glucose sont à leur tour épuisées : les êtres vivants doivent fabriquer eux-mêmes ce sucre, ce qui nécessite une quantité importante d'énergie. Cela est rendu possible par l'apparition de la **photosynthèse** qui permet aux cellules de fabriquer des sucres à partir de molécules simples et abondantes, le **dioxyde de carbone (CO₂)** et l'**eau (H₂O)**, grâce à l'apport d'une source d'énergie inépuisable, la **lumière du Soleil**. Cette voie métabolique, réalisée par certaines cyanobactéries dont les plus anciens fossiles remontent à 3,6 Ga, engendre le rejet de **dioxygène (O₂)**. Elle modifie peu à peu la composition des gaz dissous dans les océans et celle de l'atmosphère.

Cette présence de dioxygène dans le milieu de vie permet l'apparition de nouvelles voies métaboliques, dites oxydatives, qui viennent compléter celles existantes : la **respiration aérobie** (en présence d'O₂), qui fournit **18 fois plus d'énergie sous forme d'ATP** que la fermentation, apparaît chez certaines bactéries il y a environ 2,3 Ga. Aujourd'hui, la plupart des êtres vivants sont dépendants du dioxygène pour assurer leur fonctionnement et leur pérennité à la surface de la planète.