



ATMO CHRONO



Diaporama de débriefing

- Dossiers documentaires
- Frise à compléter

Organisation et versions

- Le jeu est décliné en deux versions : avec et sans matériel.
- Pour la version avec matériel, penser à fournir un **filtre rouge**, et éventuellement les **échantillons des roches** et un tableau permettant de gérer la prise de note (voir plus loin). Une validation du professeur sera nécessaire pour l'énigme « calcaire ».
- Pour une version courte en classe, 5 équipes sont constituées. Chaque équipe ne remplit qu'une mission, en 20 minutes (= une roche, un voyage dans le temps, un document à compléter), puis toutes les équipes replacent leur document sur une frise chronologique. S'ensuit un débriefing collectif. Cette version passe dans 55 min de cours, à condition de bien timer les élèves (chrono affiché au tableau).
- La version sans matériel peut être proposée en classe comme à la maison. Elle inclut un débriefing final sous forme de frise chronologique à reconstituer.

L'interface de jeu

- Lien vers l'accueil donnant accès aux 2 versions :
<https://view.genial.ly/6202a87264ca2a0011ad0d67>
- Le professeur pourra fournir directement le lien vers l'une ou l'autre version.

Chronologie à reconstituer

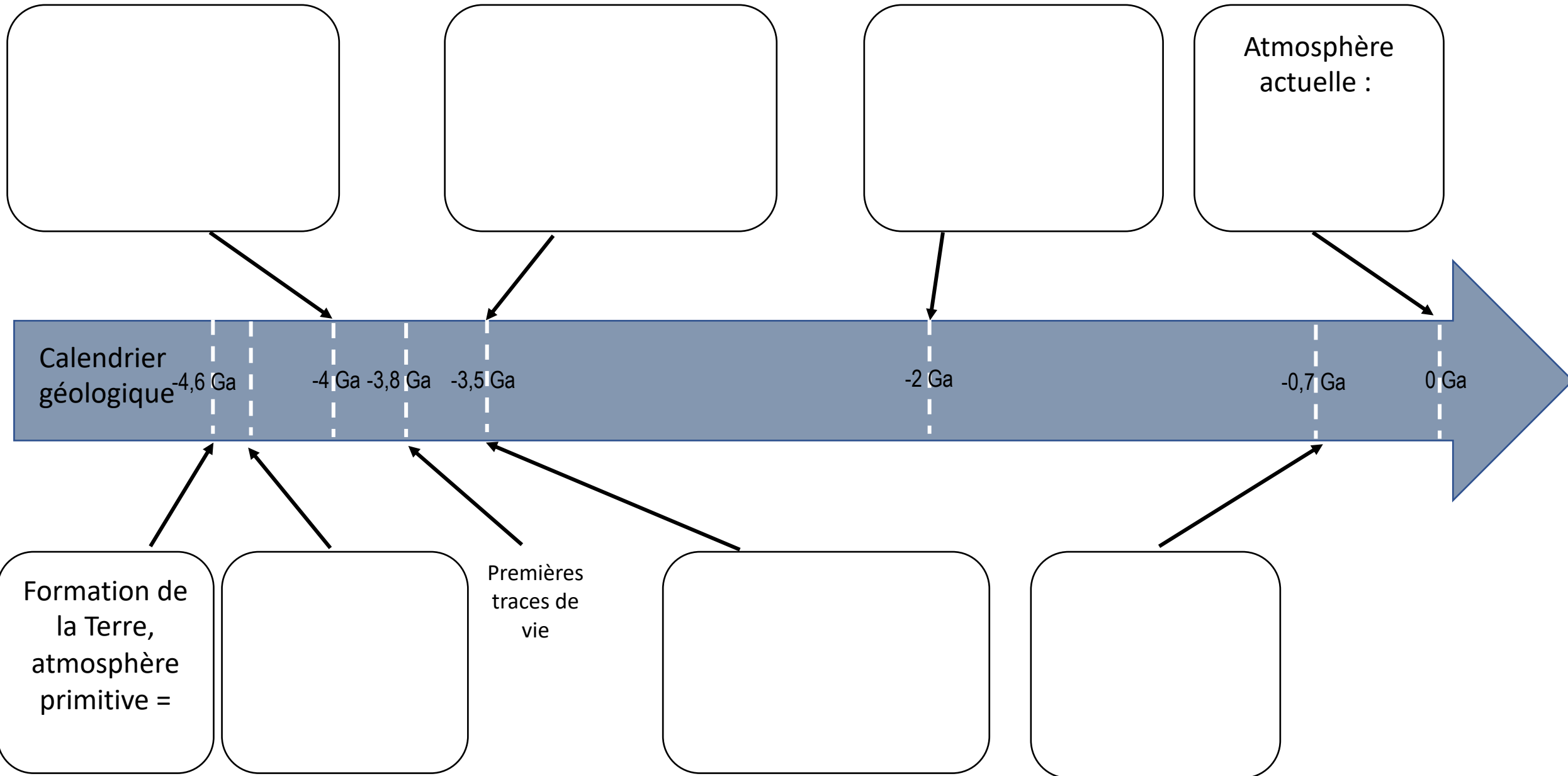
- La frise vierge est projetée au tableau, une version papier est distribuée aux élèves en fin de jeu.
- Pour aider les élèves à placer leur document, on peut projeter la 2^e version de la frise vierge.

Les grandes étapes de l'histoire de l'atmosphère terrestre



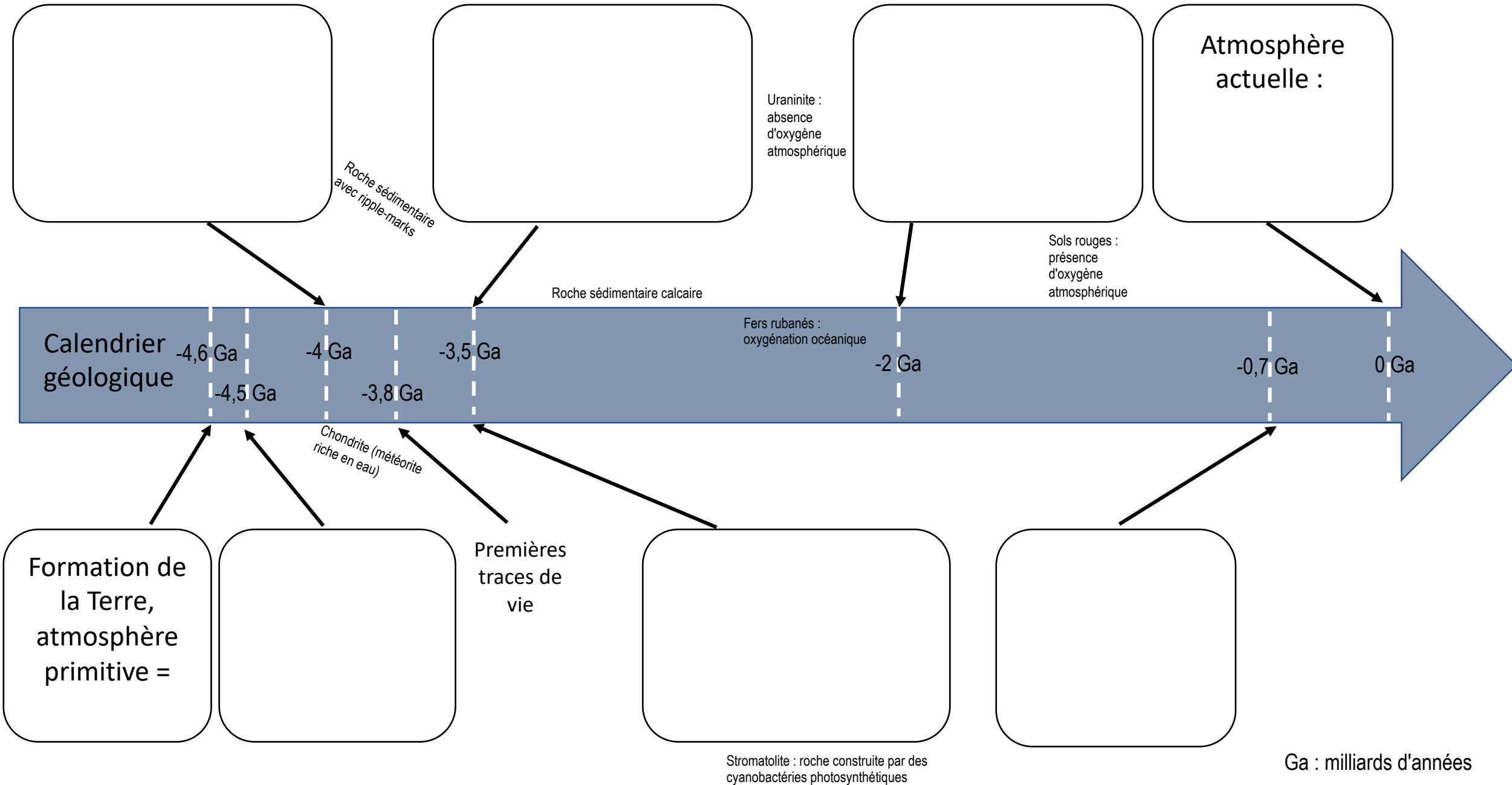
Ga : milliards d'années

Les grandes étapes de l'histoire de l'atmosphère terrestre

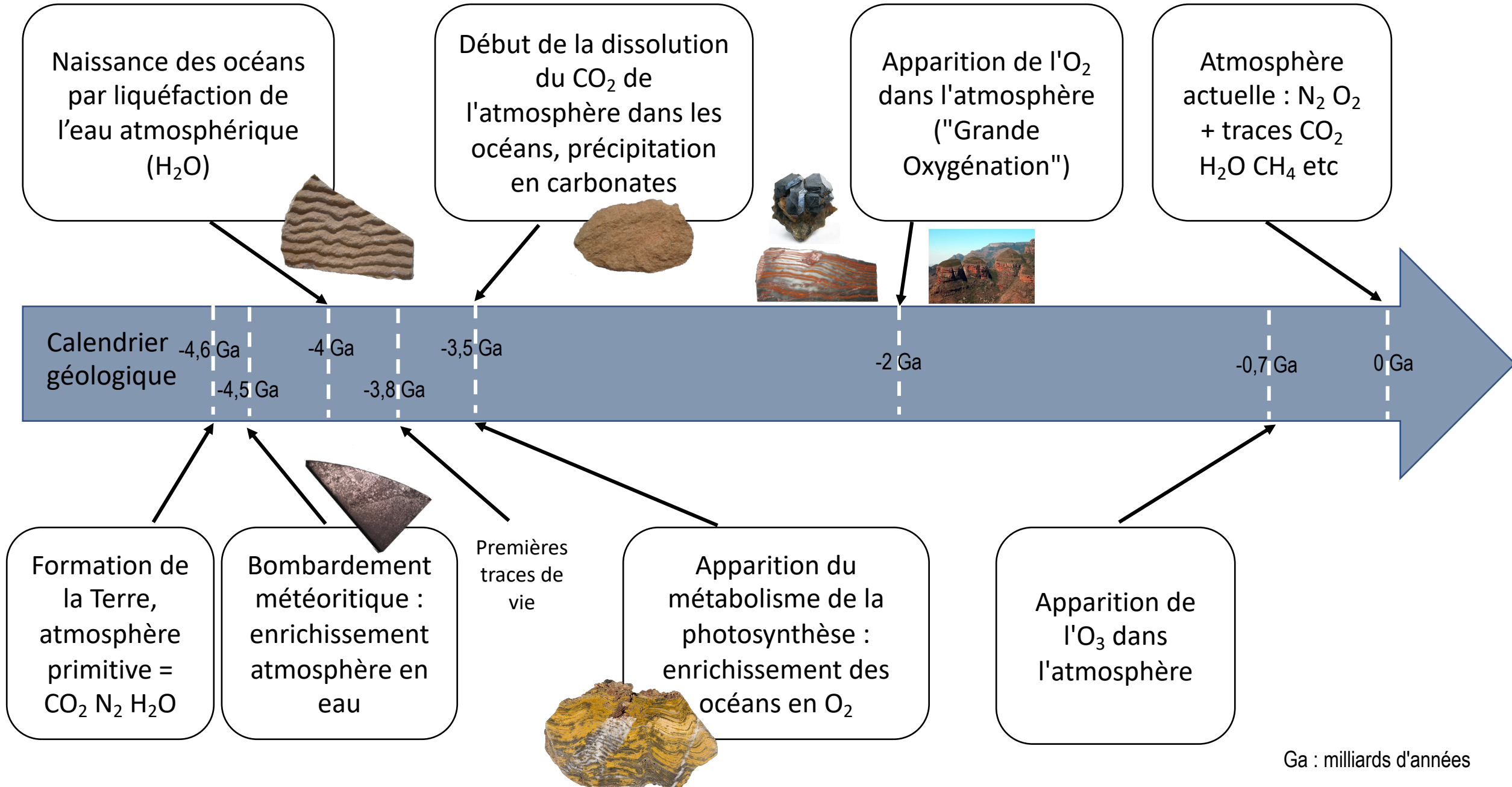


Ga : milliards d'années

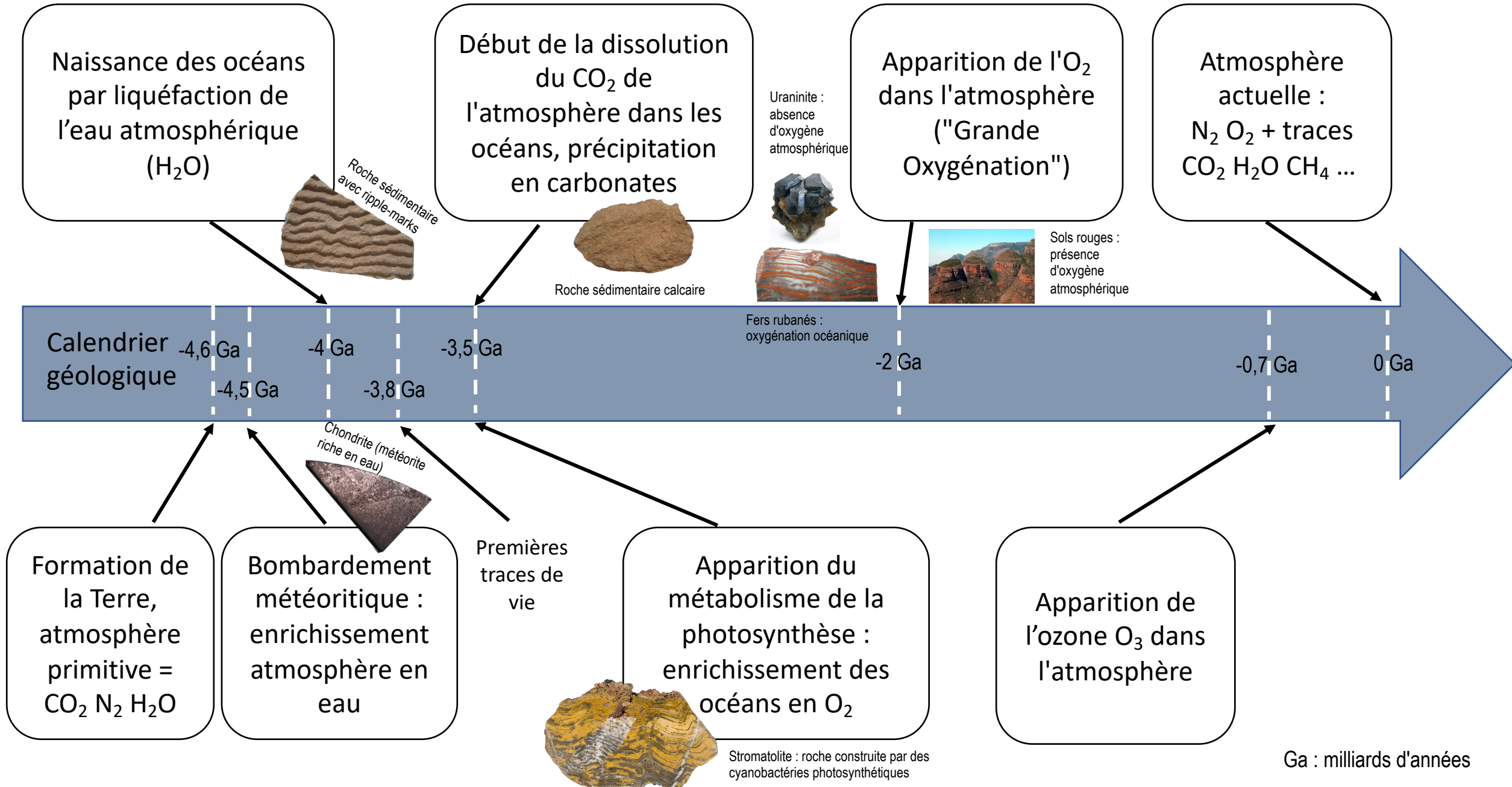
Les grandes étapes de l'histoire de l'atmosphère terrestre



Les grandes étapes de l'histoire de l'atmosphère terrestre



Les grandes étapes de l'histoire de l'atmosphère terrestre

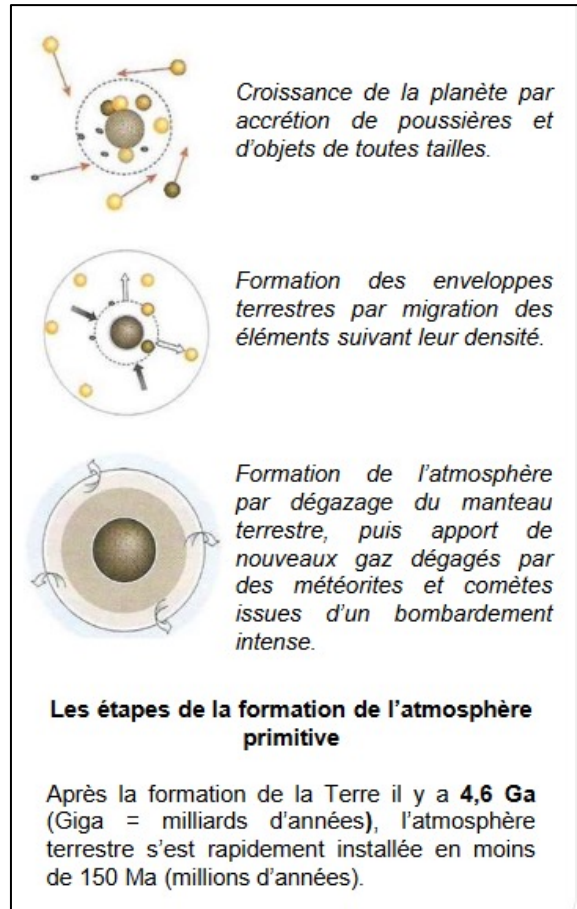


Ga : milliards d'années

Dossier
documentaire
issu du jeu :
énigme par
énigme

- Les ressources ci-après peuvent être utilisées lors du débriefing.
- Elles détaillent les contenus scientifiques et les éléments ludiques.

Comment a évolué l'atmosphère de sa composition primitive jusqu'à aujourd'hui ?



météorite de type chondrite

-4,4 Ga

tube contenant de l'air actuel



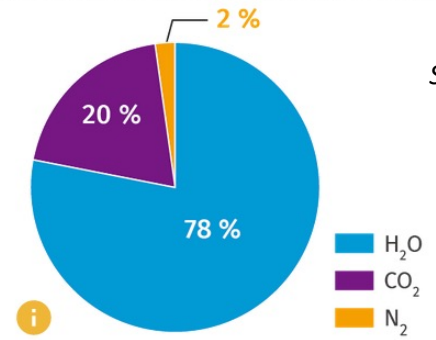
chauffage

recupération des gaz

spectromètre de masse

Doc. 3 Le bombardement météoritique de la Terre primitive

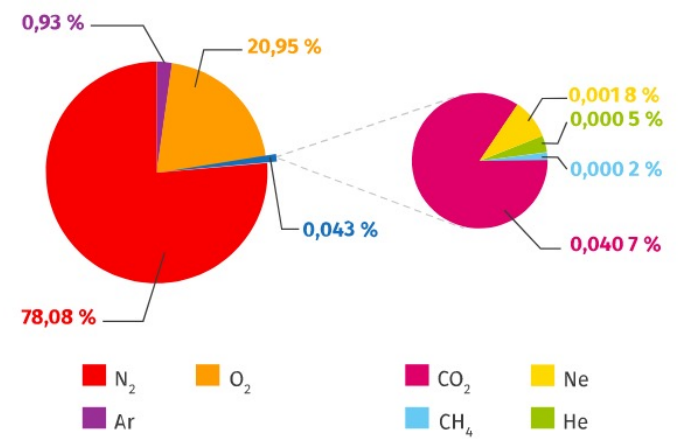
Au début de son histoire, la Terre a subi un important bombardement de météorites et de comètes. Ces objets cosmiques, très riches en eau, ont apporté également par dégazage des éléments qui ont influencé la composition de l'atmosphère terrestre.



Source : Lelivrescolaire

► Proportion des gaz dégagés lors du chauffage d'une chondrite.

Doc. 2 Composition volumique de l'atmosphère actuelle

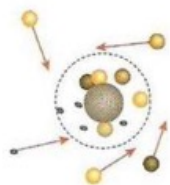
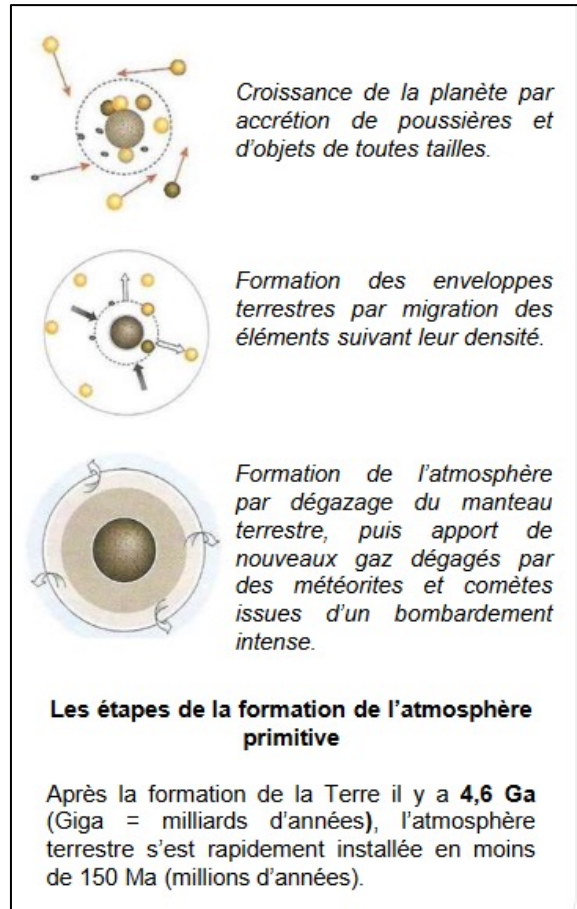


Source : Lelivrescolaire

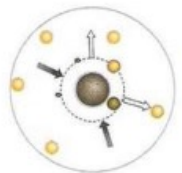
La vapeur d'eau est un gaz non représenté sur ce graphique car en proportion très variable dans l'atmosphère.

Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

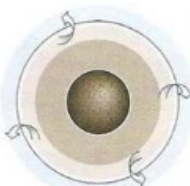
Comment a évolué l'atmosphère de sa composition primitive jusqu'à aujourd'hui ?



Croissance de la planète par accréation de poussières et d'objets de toutes tailles.



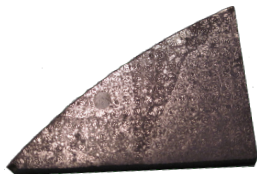
Formation des enveloppes terrestres par migration des éléments suivant leur densité.



Formation de l'atmosphère par dégazage du manteau terrestre, puis apport de nouveaux gaz dégagés par des météorites et comètes issues d'un bombardement intense.

-4,4 Ga

météorite de type chondrite



tube contenant de l'air actuel

chauffage

recupération des gaz

spectromètre de masse

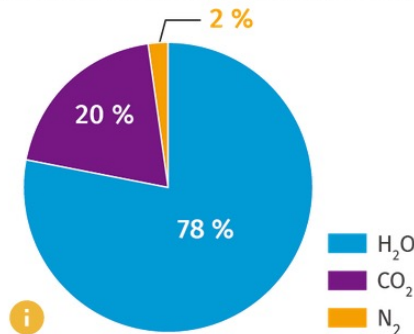
Baisse de la proportion d'eau et de CO₂, augmentation de celle de N₂ et O₂

Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Doc. 3

Le bombardement météoritique de la Terre primitive

Au début de son histoire, la Terre a subi un important bombardement de météorites et de comètes. Ces objets cosmiques, très riches en eau, ont apporté également par dégazage des éléments qui ont influencé la composition de l'atmosphère terrestre.

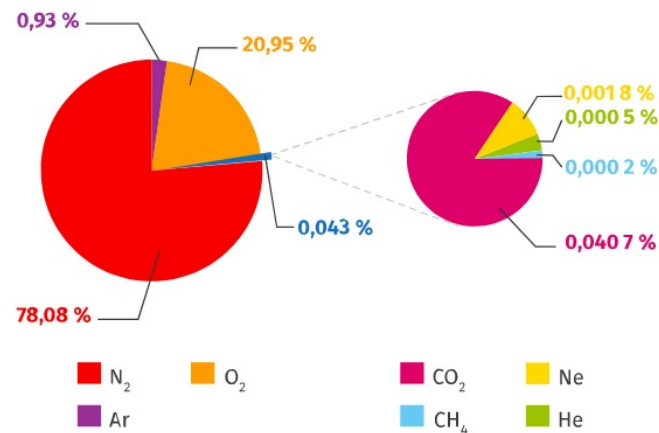


Source : Lelivrescolaire

Proportion des gaz dégagés lors du chauffage d'une chondrite.

Doc. 2

Composition volumique de l'atmosphère actuelle



Source : Lelivrescolaire

La vapeur d'eau est un gaz non représenté sur ce graphique car en proportion très variable dans l'atmosphère.

Quand et comment sont apparus les océans, et quelles conséquences sur l'atmosphère ?

grès présentant des rides de courant (ripple-marks)



Le principe d'actualisme
 « Théorie postulant que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé »
 On suppose ainsi que **les causes et les effets des phénomènes géologiques**, tels qu'on peut les observer actuellement, **étaient les mêmes dans le passé.**

Âge de la Terre (Ga)	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (bar)
-4,6	> 1500	260
-4,4	350	218
-4,1	250	< 10
-3,3	100	4
0 (actuel)	15	1

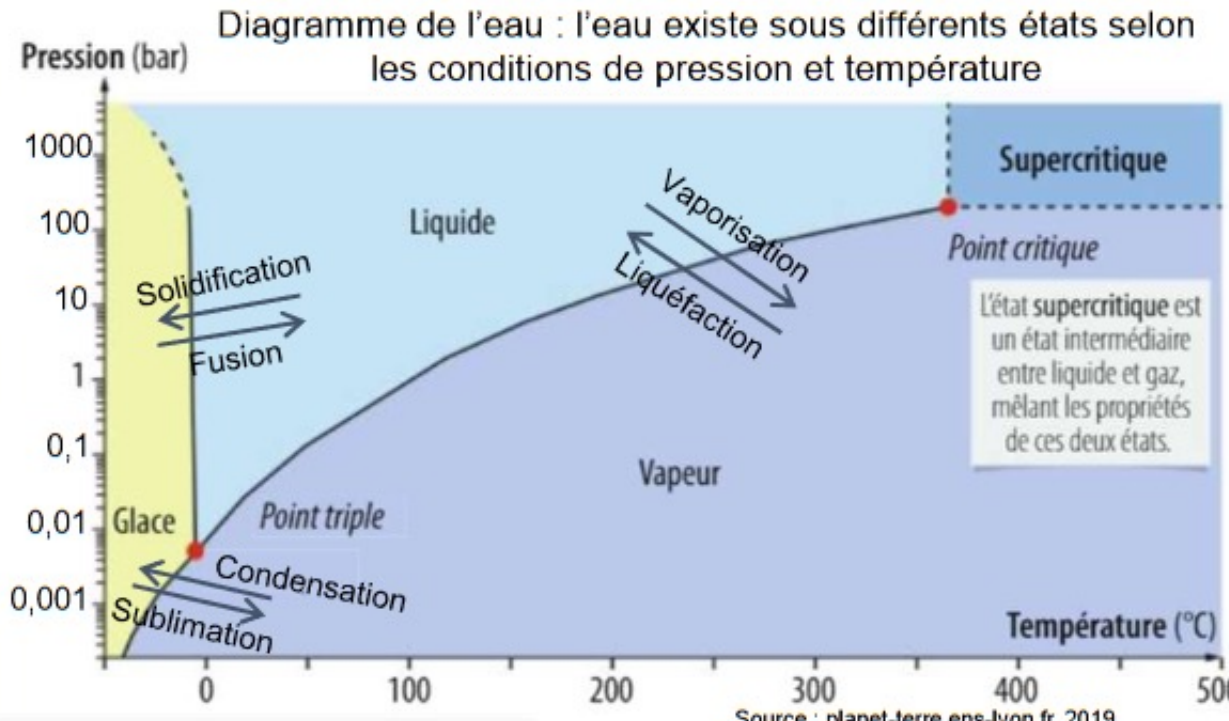
Evolution des conditions de Pression et de Température sur la Terre primitive et sur la Terre actuelle



rides de courant sur une plage actuelle



roche sédimentaire datant de -3,5 Ga (Pilbara, Australie)



Source : Atmosphère Story, Viviane Laine

Quand et comment sont apparus les océans, et quelles conséquences sur l'atmosphère ?

grès présentant des rides de courant (ripple-marks)



Le principe d'actualisme
 « Théorie postulant que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé »
 On suppose ainsi que **les causes et les effets des phénomènes géologiques**, tels qu'on peut les observer actuellement, **étaient les mêmes dans le passé.**

ils se sont formés par liquéfaction de l'eau de l'atmosphère

les océans existaient il y a -3,5Ga.

Âge de la Terre (Ga)	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (bar)
-4,6	> 1500	260
-4,4	350	218
-4,1	250	< 10
-3,3	100	4
0 (actuel)	15	1

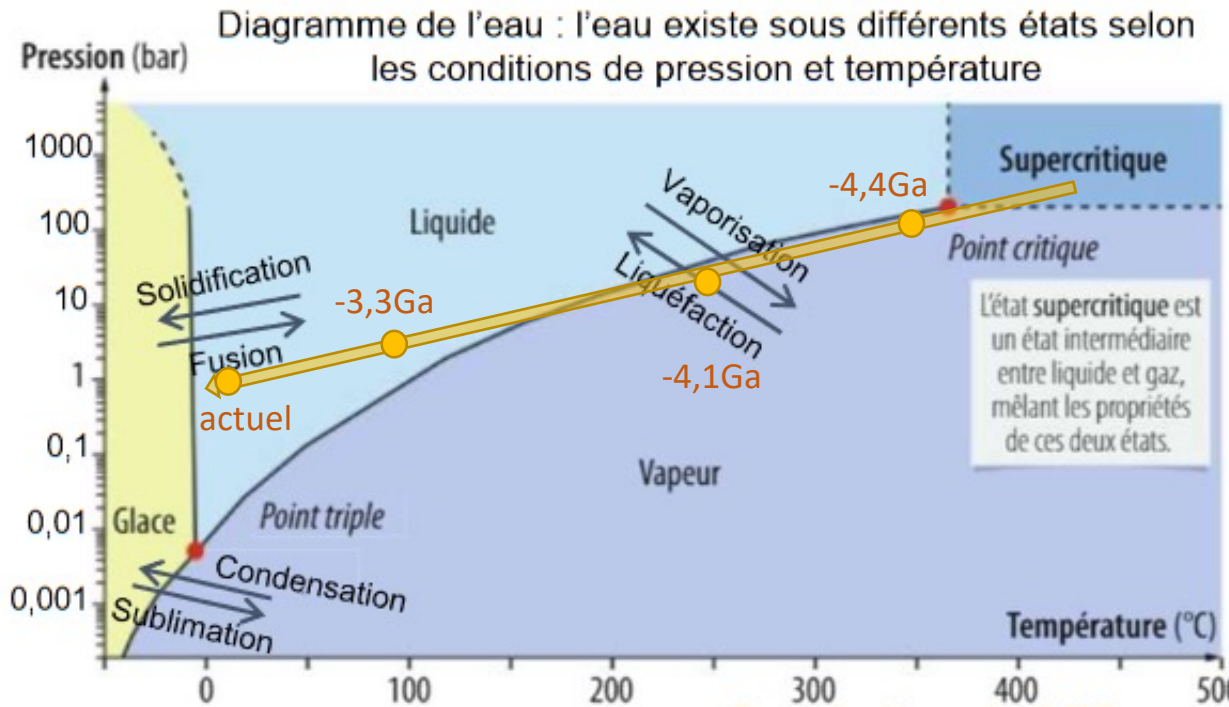
Evolution des conditions de Pression et de Température sur la Terre primitive et sur la Terre actuelle



rides de courant sur une plage actuelle



roche sédimentaire datant de -3,5 Ga (Pilbara, Australie)



Source : planet-terre.ens-lyon.fr, 2019

Quelle est l'influence des premiers êtres vivants sur la composition en dioxygène de l'océan et de l'atmosphère ?

-3,5 Ga



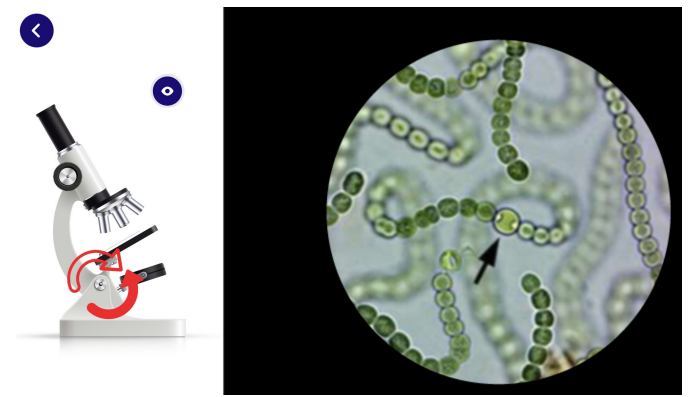
stromatolite

Doc. 4 Les stromatolites : des structures mixtes

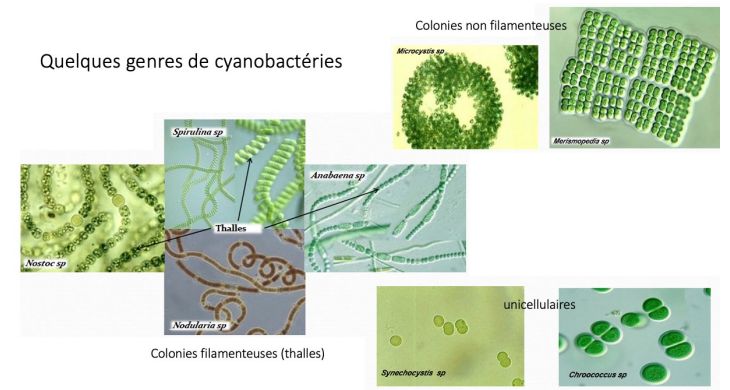


Les stromatolites sont des structures à la fois géologiques (roches carbonatées) et biologiques (formes proches des cyanobactéries) que l'on trouve dans les mers chaudes et peu profondes. Ils présentent un métabolisme photosynthétique et produisent donc du dioxygène. Des formes actuelles existent, mais on retrouve aussi des fossiles datant de 3,5 Ga, ce qui en fait les plus anciennes formes de vie connues.

Source : Lelivrescolaire

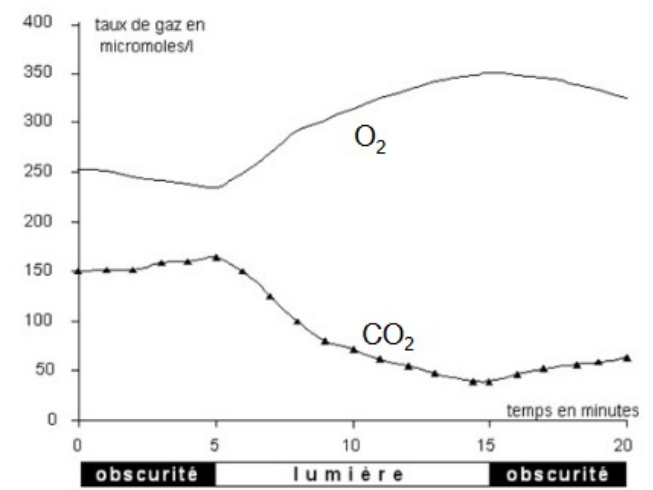


Quelques genres de cyanobactéries

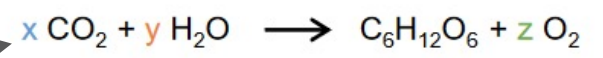


équation à équilibrer !

Enregistrement des échanges gazeux entre des cyanobactéries actuelles et leur milieu



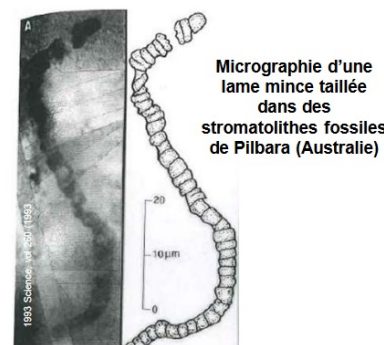
Votre enregistrement révèle qu'à la lumière, les cyanobactéries libèrent du dioxygène O₂ et consomment du dioxyde de carbone CO₂. Elles réalisent la **photosynthèse** selon la réaction :



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé



Stromatolithes fossiles de Strelley Pool Cherts (Australie), datés de 3,4 Ga



Micrographie d'une lame mince taillée dans des stromatolithes fossiles de Pilbara (Australie)

Quelle est l'influence des premiers êtres vivants sur la composition en dioxygène de l'océan et de l'atmosphère ?

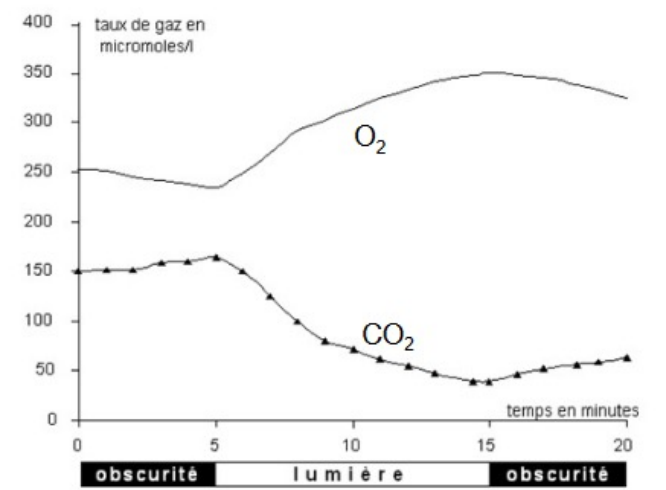
-3,5 Ga



stromatolite

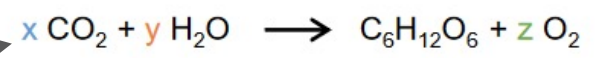
Les cyanobactéries ont produit du O₂ par photosynthèse depuis -3,5Ga.

Enregistrement des échanges gazeux entre des cyanobactéries actuelles et leur milieu



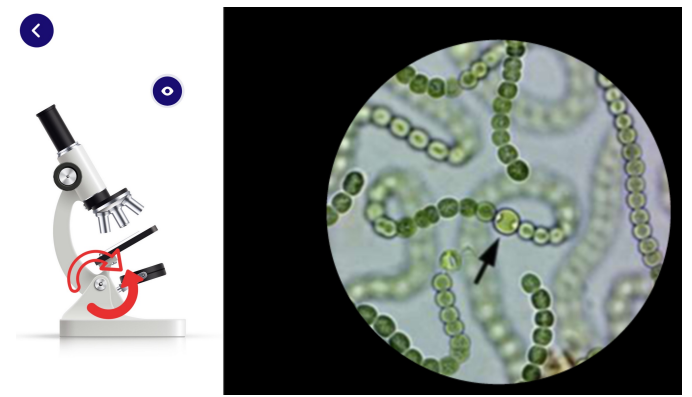
équation à équilibrer !

Votre enregistrement révèle qu'à la lumière, les cyanobactéries libèrent du dioxygène O₂ et consomment du dioxyde de carbone CO₂. Elles réalisent la **photosynthèse** selon la réaction :



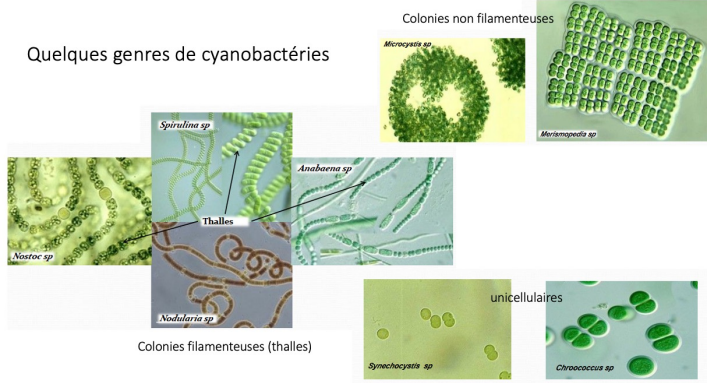
Source : *Atmosphère Story*, Viviane Lainé

Doc. 4 Les stromatolites : des structures mixtes

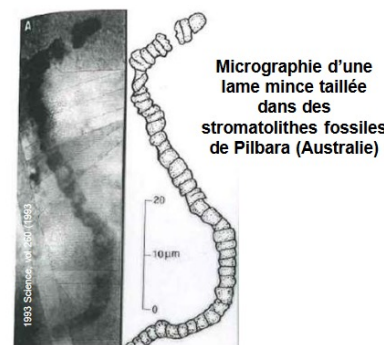


Les stromatolites sont des structures à la fois géologiques (roches carbonatées) et biologiques (formes proches des cyanobactéries) que l'on trouve dans les mers chaudes et peu profondes. Ils présentent un métabolisme photosynthétique et produisent donc du dioxygène. Des formes actuelles existent, mais on retrouve aussi des fossiles datant de 3,5 Ga, ce qui en fait les plus anciennes formes de vie connues.

Source : *Lelivrescolaire*



Stromatolithes fossiles de Strelley Pool Cherts (Australie), datés de 3,4 Ga



Micrographie d'une lame mince taillée dans des stromatolithes fossiles de Pilbara (Australie)

Quand et comment le dioxygène est-il apparu dans l'atmosphère terrestre ?



minerai de fer rubané

Exploitées comme gisement de fer, les formations de fer rubané (BIF pour banded iron formations) résultent de l'oxydation du fer présent dans les océans, entre -3,8 Ga à -2,0 Ga.

Quand la plus grande partie du fer a été oxydée en ions fer (III) Fe^{3+} , la teneur en dioxygène a augmenté dans les océans.

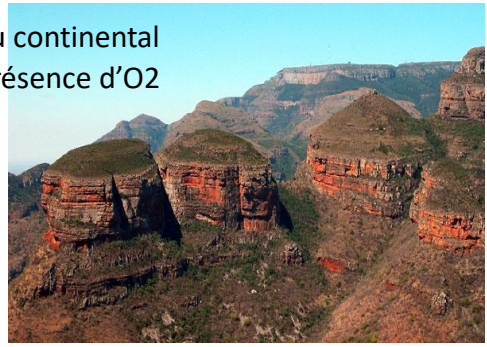
Source : Lelivrescolaire

roche continentale qui se forme en absence d'O2



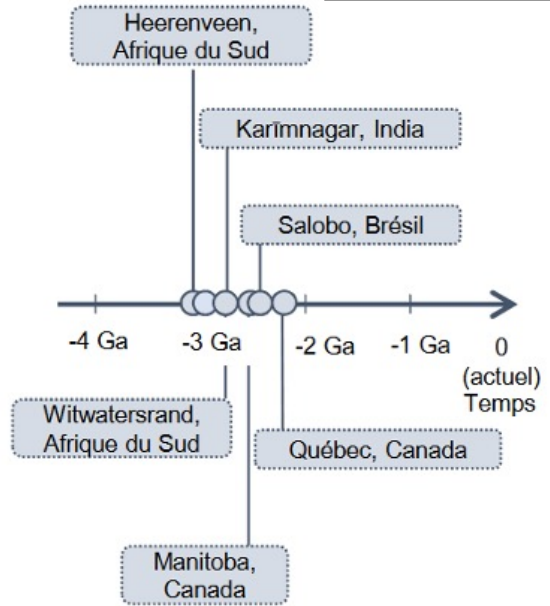
uraninite

se forme en milieu continental qui se forme en présence d'O2

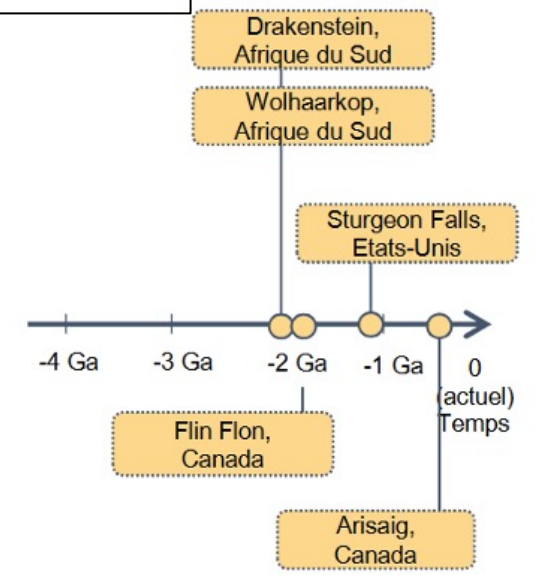


sol rouge (Afrique du sud)

datation radiochronologique



Datation de quelques gisements d'uraninite. Les gisements d'uraninite sont abondants avant -2 Ga, puis cessent de se former.



Datation de quelques sols rouges

Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Quand et comment le dioxygène est-il apparu dans l'atmosphère terrestre ?



minerai de fer rubané

Exploitées comme gisement de fer, les formations de fer rubané (BIF pour banded iron formations) résultent de l'oxydation du fer présent dans les océans, entre -3,8 Ga à -2,0 Ga.

Quand la plus grande partie du fer a été oxydée en ions fer (III) Fe^{3+} , la teneur en dioxygène a augmenté dans les océans.

Source : Lelivrescolaire

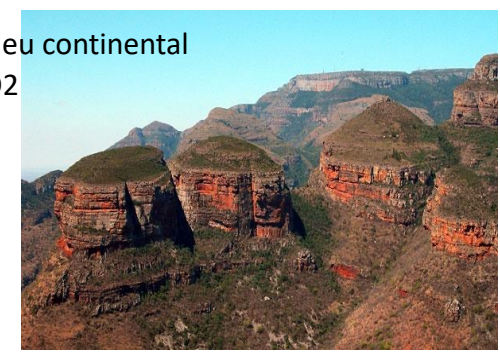
Le O2 est présent dans les océans depuis -3,8 Ga mais pas dans l'atmosphère à cette époque. Il est présent dans l'atmosphère à partir de -2 Ga.

roche continentale qui se forme en absence d'O2



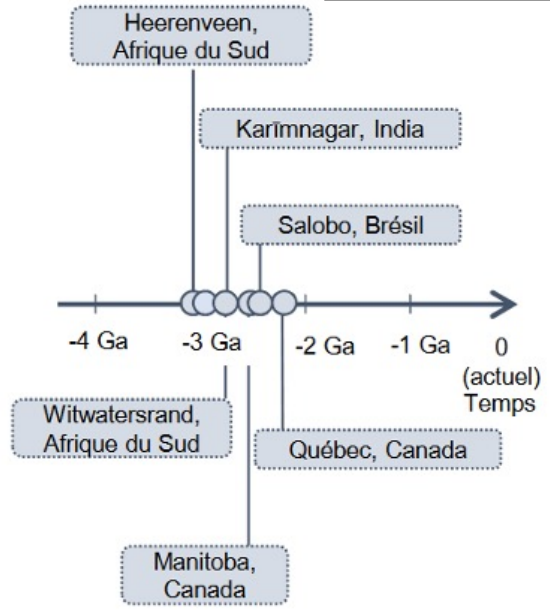
uraninite

se forme en milieu continental en présence d'O2

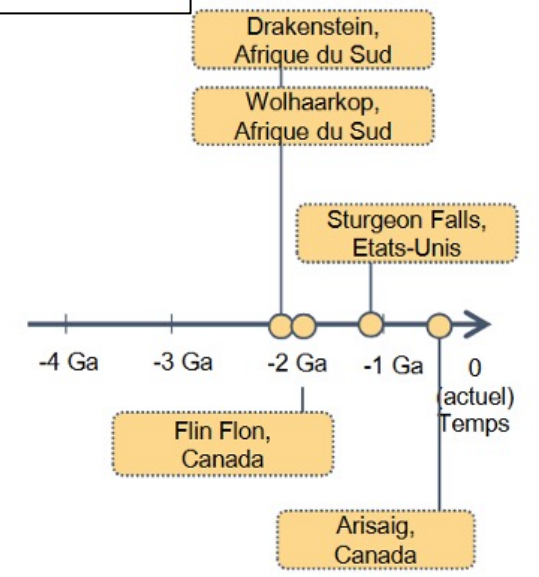


sol rouge (Afrique du sud)

datation radiochronologique



Datation de quelques gisements d'uraninite. Les gisements d'uraninite sont abondants avant -2 Ga, puis cessent de se former.



Datation de quelques sols rouges

Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Quand et comment le dioxyde de carbone (CO₂) a-t-il disparu de l'atmosphère primitive terrestre ?



roche calcaire

Les plus anciennes roches calcaires (constituées de carbonates) datent de -3,5Ga.

En l'état actuel des connaissances, il est admis que l'atmosphère primitive de la Terre présentait des conditions similaires à l'atmosphère actuelle de Vénus avec, notamment, une pression beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui.

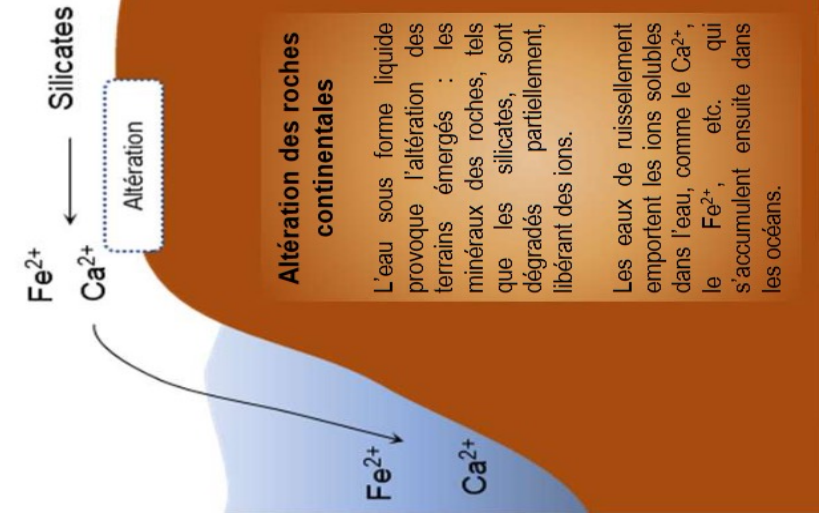
	Terre	Vénus
Pression moyenne (atm)	1	92
Température moyenne (°C)	15	470

► Tableau comparatif des atmosphères de la Terre et de Vénus.

La chaleur infernale de la surface de Vénus est liée à un énorme effet de serre dû à une atmosphère possédant 96% de CO₂.

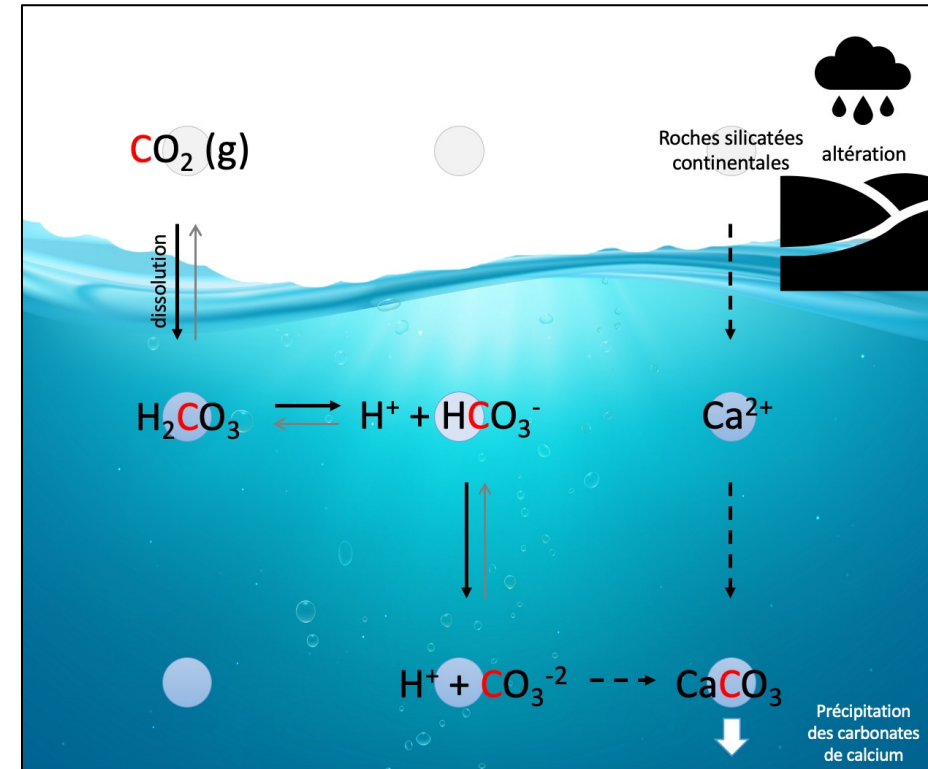
La comparaison des atmosphères de la Terre et de Vénus, dont les compositions et les histoires sont similaires, a permis d'estimer la proportion initiale de CO₂ dans l'atmosphère primitive terrestre : 10 000 à 100000 fois supérieure à la teneur actuelle !

Source : Lelivrescolaire



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Dissolution et précipitation du carbone dans les océans



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Quand et comment le dioxyde de carbone (CO₂) a-t-il disparu de l'atmosphère primitive terrestre ?



roche calcaire

Les plus anciennes roches calcaires (constituées de carbonates) datent de -3,5Ga.

En l'état actuel des connaissances, il est admis que l'atmosphère primitive de la Terre présentait des conditions similaires à l'atmosphère actuelle de Vénus avec, notamment, une pression beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui.

	Terre	Vénus
Pression moyenne (atm)	1	92
Température moyenne (°C)	15	470

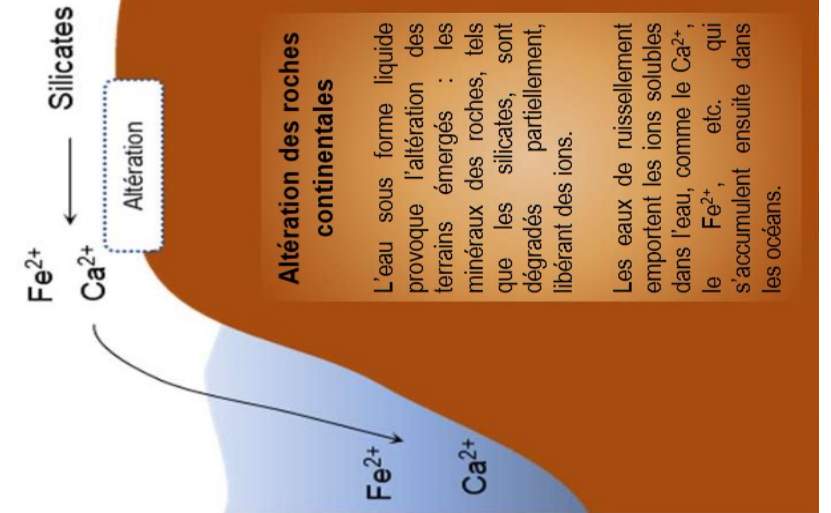
► Tableau comparatif des atmosphères de la Terre et de Vénus.

La chaleur infernale de la surface de Vénus est liée à un énorme effet de serre dû à une atmosphère possédant 96% de CO₂.

La comparaison des atmosphères de la Terre et de Vénus, dont les compositions et les histoires sont similaires, a permis d'estimer la proportion initiale de CO₂ dans l'atmosphère primitive terrestre : 10 000 à 100000 fois supérieure à la teneur actuelle !

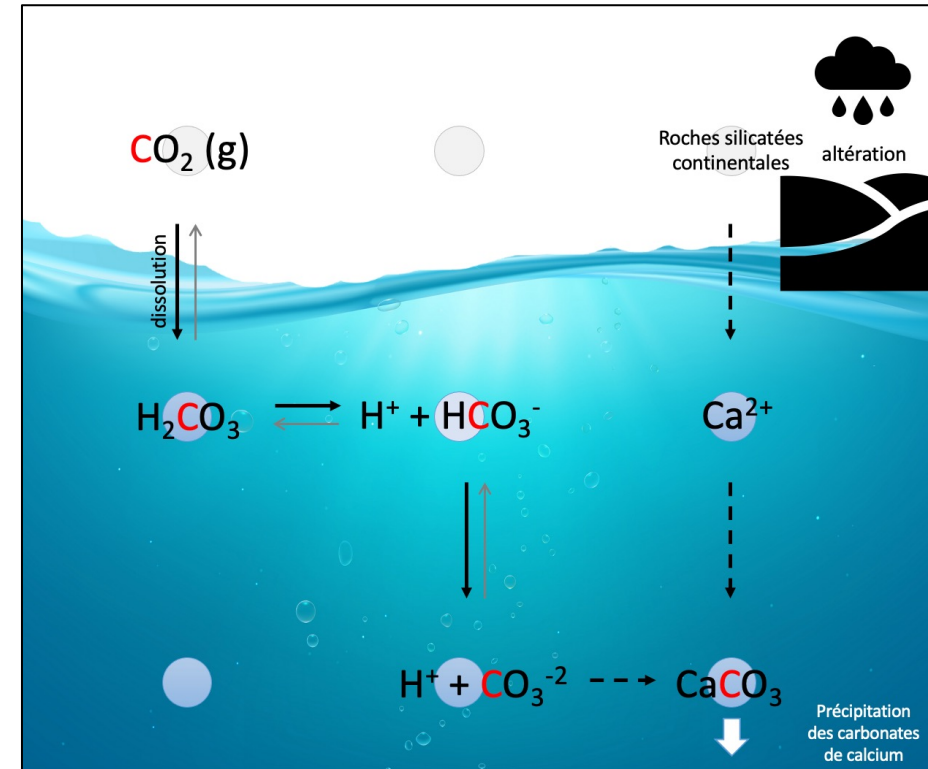
Source : Lelivrescolaire

Le CO₂ a commencé à se dissoudre dans les océans et à y précipiter sous forme de carbonates il y a - 3,5 Ga.



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Dissolution et précipitation du carbone dans les océans



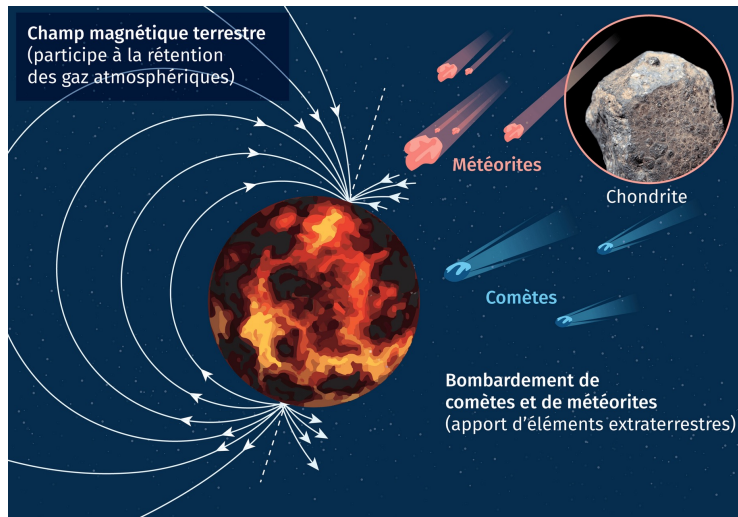
Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Dossier documentaire (version non ludique)

- Il y a toujours des élèves qui n'aiment pas jouer... On peut leur proposer les documents suivants à la place.

Comment a évolué l'atmosphère de sa composition primitive jusqu'à aujourd'hui ?

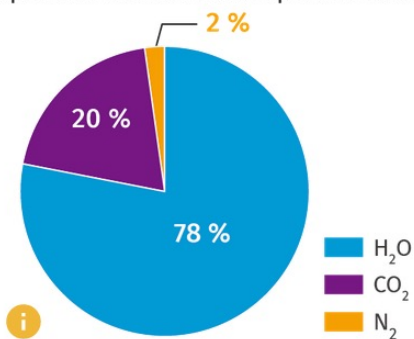
météorite de type chondrite



Source : Lelivrescolaire

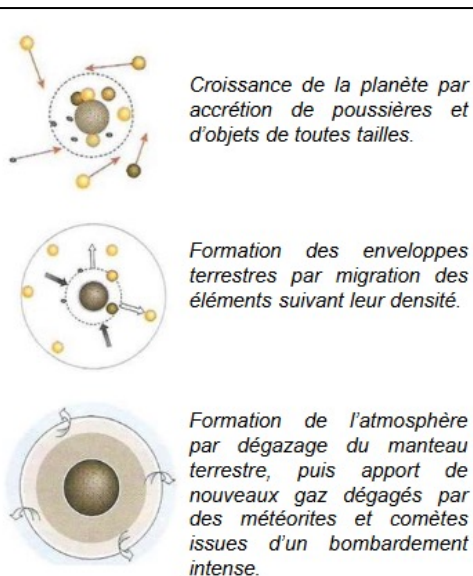
Doc. 3 Le bombardement météoritique de la Terre primitive

Au début de son histoire, la Terre a subi un important bombardement de météorites et de comètes. Ces objets cosmiques, très riches en eau, ont apporté également par dégazage des éléments qui ont influencé la composition de l'atmosphère terrestre.



► Proportion des gaz dégagés lors du chauffage d'une chondrite.

Source : Lelivrescolaire



Les étapes de la formation de l'atmosphère primitive

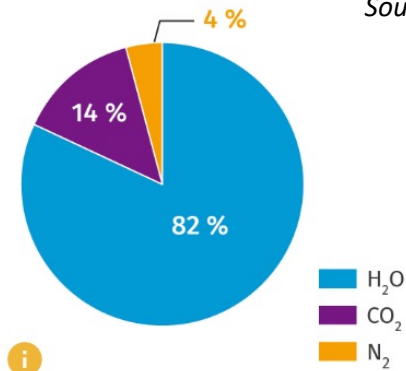
Après la formation de la Terre il y a **4,6 Ga** (Giga = milliards d'années), l'atmosphère terrestre s'est rapidement installée en moins de 150 Ma (millions d'années).

Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Doc. 2 Le dégazage de la Terre primitive

Un intense dégazage provenant du manteau terrestre s'est produit dans les 150 premiers millions d'années de l'histoire de la Terre. Les éruptions volcaniques sont des événements au cours desquels des gaz sont émis dans l'atmosphère terrestre.

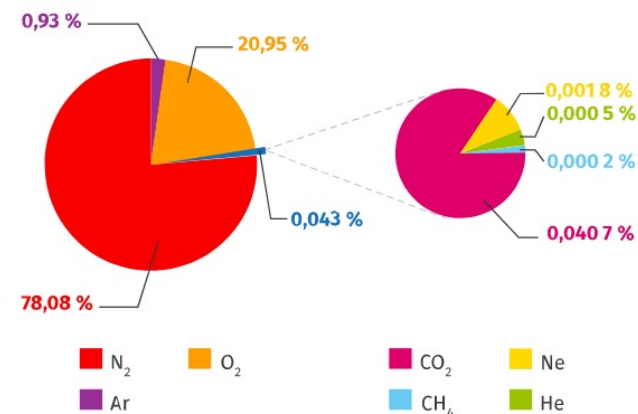
Source : Lelivrescolaire



► Composition chimique des gaz volcaniques.

Doc. 2 Composition volumique de l'atmosphère

actuelle



Source : Lelivrescolaire

La vapeur d'eau est un gaz non représenté sur ce graphique car en proportion très variable dans l'atmosphère.

Quand et comment sont apparus les océans, et quelles conséquences sur l'atmosphère ?

grès présentant des rides de courant (ripple-marks)



Le principe d'actualisme
 « Théorie postulant que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé »
 On suppose ainsi que **les causes et les effets des phénomènes géologiques**, tels qu'on peut les observer actuellement, **étaient les mêmes dans le passé.**



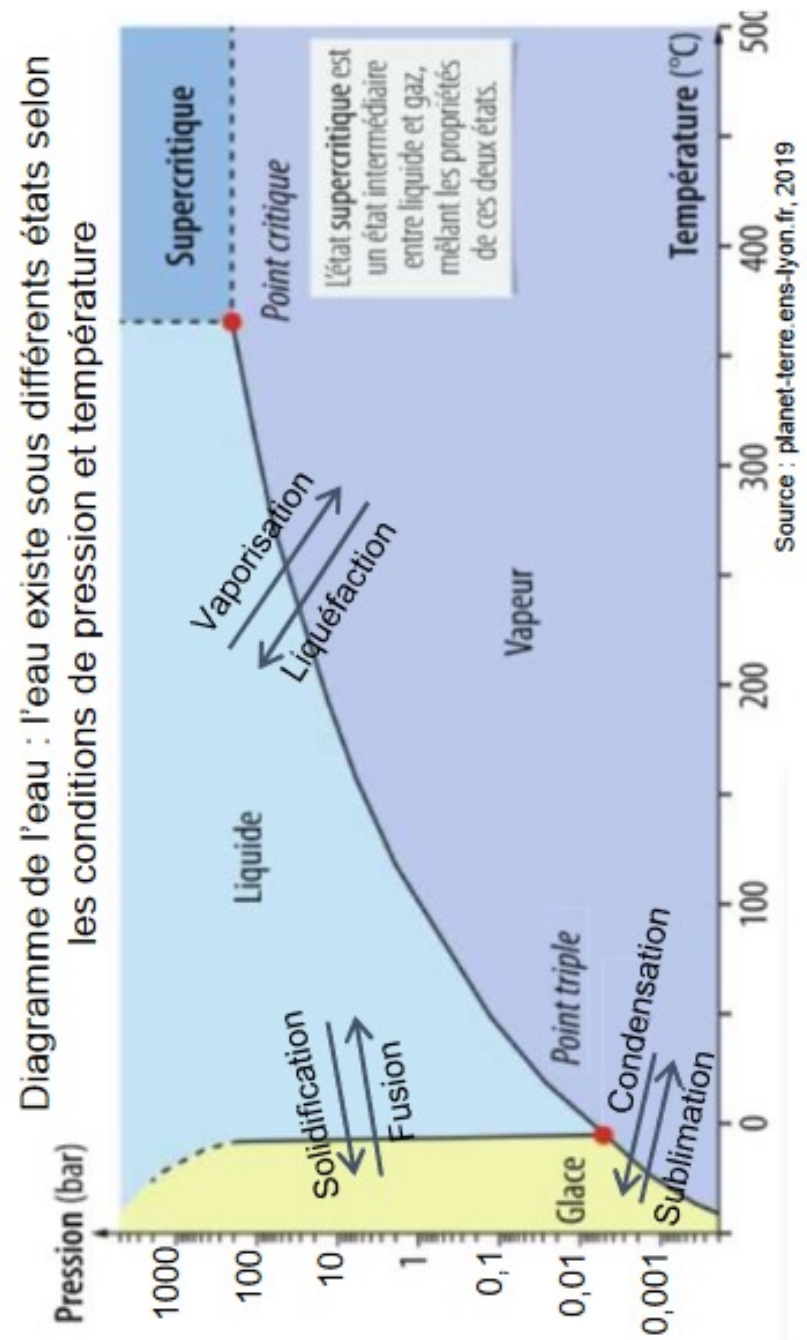
rides de courant sur une plage actuelle



roche sédimentaire datant de 3,5 Ga (Pilbara, Australie)

Âge de la Terre (Ga)	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (bar)
-4,6	> 1500	260
-4,4	350	218
-4,1	250	< 10
-3,3	100	4
0 (actuel)	15	1

Evolution des conditions de Pression et de Température sur la Terre primitive et sur la Terre actuelle



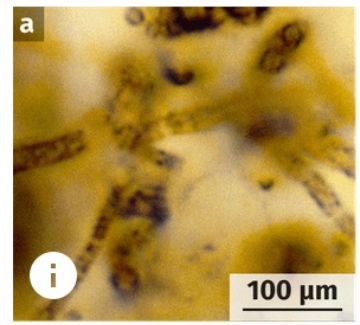
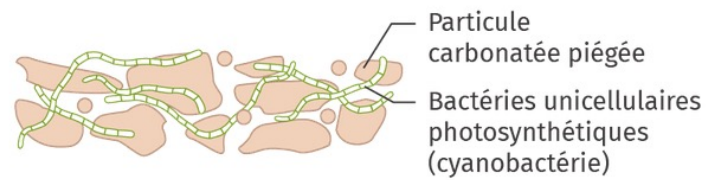
Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Quelle est l'influence des premiers êtres vivants sur la composition en dioxygène de l'océan et de l'atmosphère ?



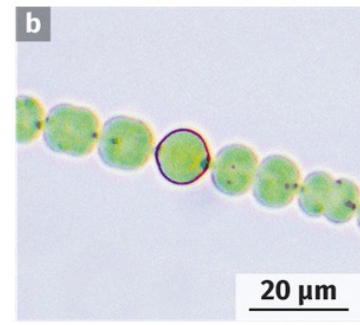
stromatolite

Doc. 5 Organisation des stromatolites



► Fossile hypothétique de cyanobactérie **a**.
Cyanobactérie actuelle **b**.

Source : Livrescolaire



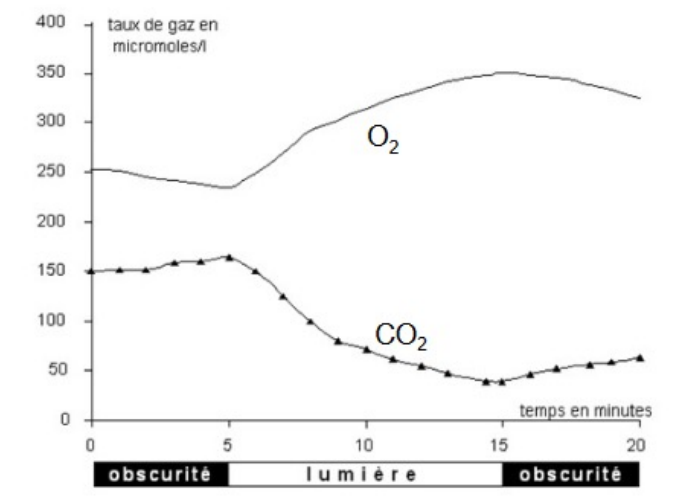
Doc. 4 Les stromatolites : des structures mixtes



Les stromatolites sont des structures à la fois géologiques (roches carbonatées) et biologiques (formes proches des cyanobactéries) que l'on trouve dans les mers chaudes et peu profondes. Ils présentent un métabolisme photosynthétique et produisent donc du dioxygène. Des formes actuelles existent, mais on retrouve aussi des fossiles datant de 3,5 Ga, ce qui en fait les plus anciennes formes de vie connues.

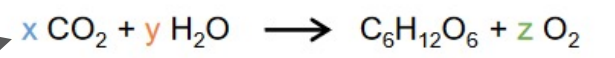
Source : Livrescolaire

Enregistrement des échanges gazeux entre des cyanobactéries actuelles et leur milieu

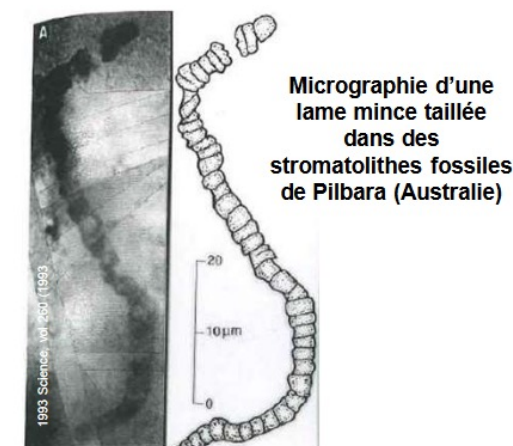


équation à équilibrer !

Votre enregistrement révèle qu'à la lumière, les cyanobactéries libèrent du dioxygène O₂ et consomment du dioxyde de carbone CO₂. Elles réalisent la **photosynthèse** selon la réaction :



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé



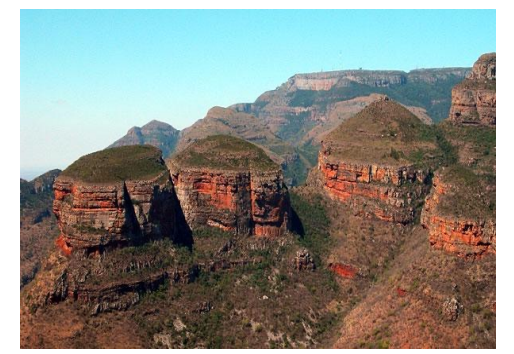
Quand et comment le dioxygène est-il apparu dans l'atmosphère terrestre ?



mineral de fer rubané



uraninite



sol rouge (Afrique du sud)

Doc. 2

Formation de fers rubanés

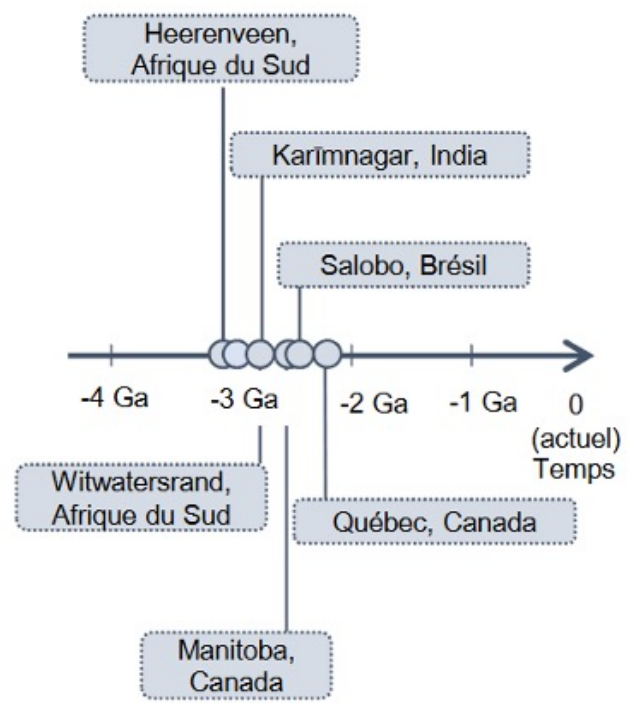


► Formation de **BIF**.

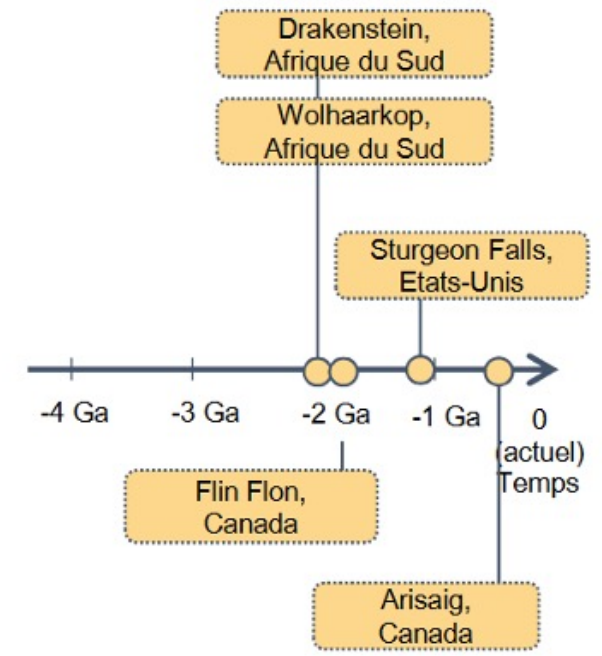
Exploitées comme gisement de fer, les formations de fer rubané (**BIF** pour **banded iron formations**) résultent de l'oxydation du fer présent dans les océans, entre -3,8 Ga à -2,0 Ga.

Quand la plus grande partie du fer a été oxydée en ions fer (III) Fe^{3+} , la teneur en dioxygène a augmenté dans les océans.

Source : *Lelivrescolaire*



Datation de quelques gisements d'uraninite. Les gisements d'uraninite sont abondants avant -2 Ga, puis cessent de se former.



Datation de quelques sols rouges

Source : *Atmosphère Story, Viviane Lainé*

Quand et comment le dioxyde de carbone (CO₂) a-t-il disparu de l'atmosphère primitive terrestre ?



roche calcaire

Les plus anciennes roches calcaires (constituées de carbonates) datent de -3,5Ga.

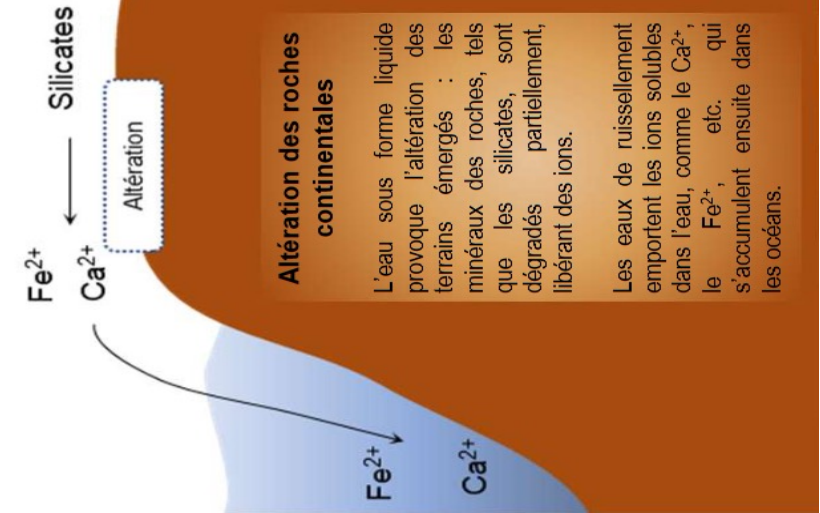
En l'état actuel des connaissances, il est admis que l'atmosphère primitive de la Terre présentait des conditions similaires à l'atmosphère actuelle de Vénus avec, notamment, une pression beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui.

	Terre	Vénus
Pression moyenne (atm)	1	92
Température moyenne (°C)	15	470

► Tableau comparatif des atmosphères de la Terre et de Vénus.

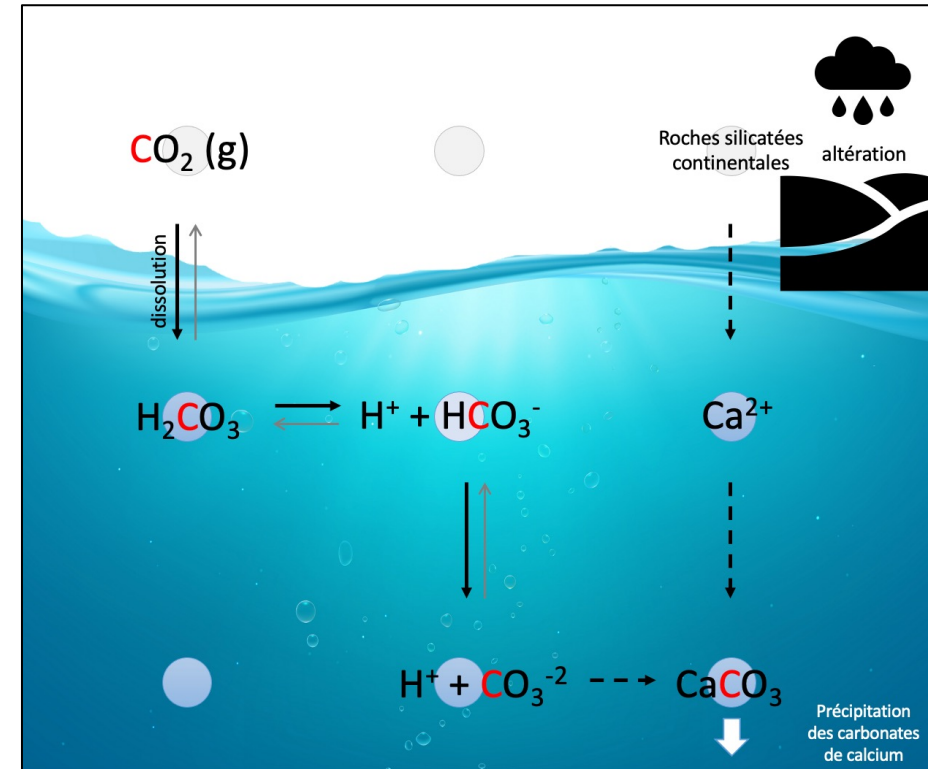
La chaleur infernale de la surface de Vénus est liée à un énorme effet de serre dû à une atmosphère possédant 96% de CO₂. La comparaison des atmosphères de la Terre et de Vénus, dont les compositions et les histoires sont similaires, a permis d'estimer la proportion initiale de CO₂ dans l'atmosphère primitive terrestre : 10 000 à 100000 fois supérieure à la teneur actuelle !

Source : Lelivrescolaire



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

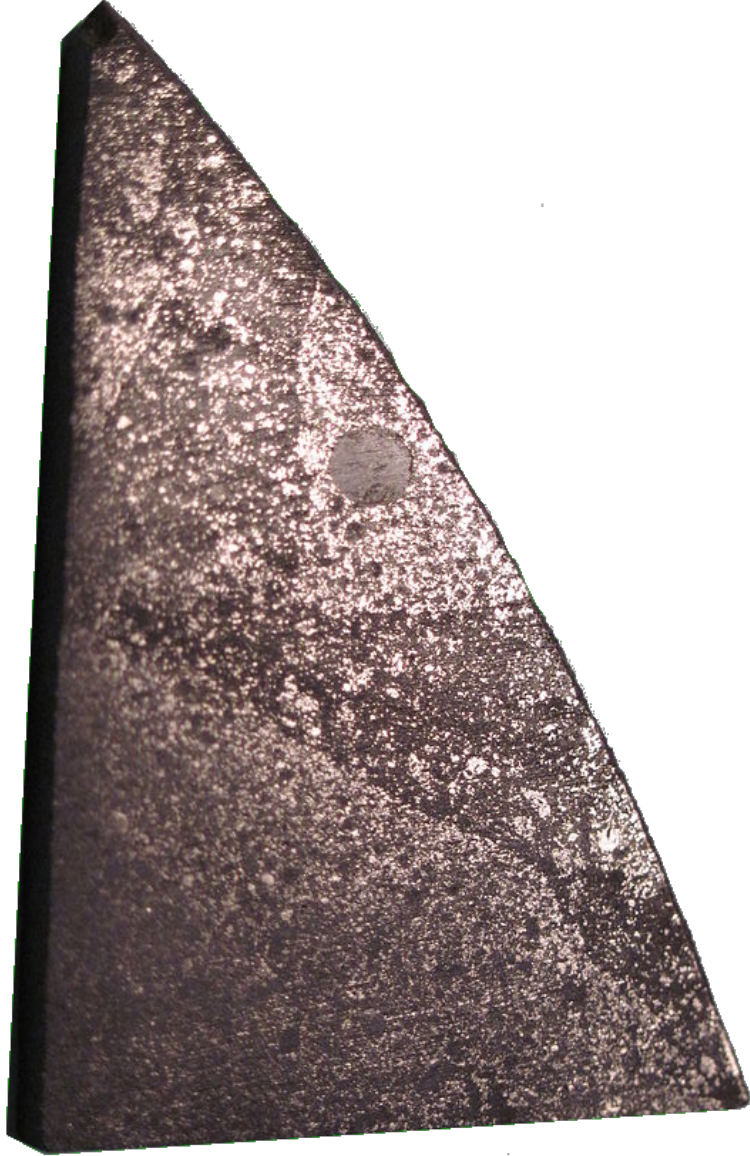
Dissolution et précipitation du carbone dans les océans



Source : Atmosphère Story, Viviane Lainé

Documents pour aider la prise de note

- À fournir aux élèves en classe, un tableau par équipe et un aimant pour pouvoir ensuite afficher au tableau sur la frise chronologique commune.



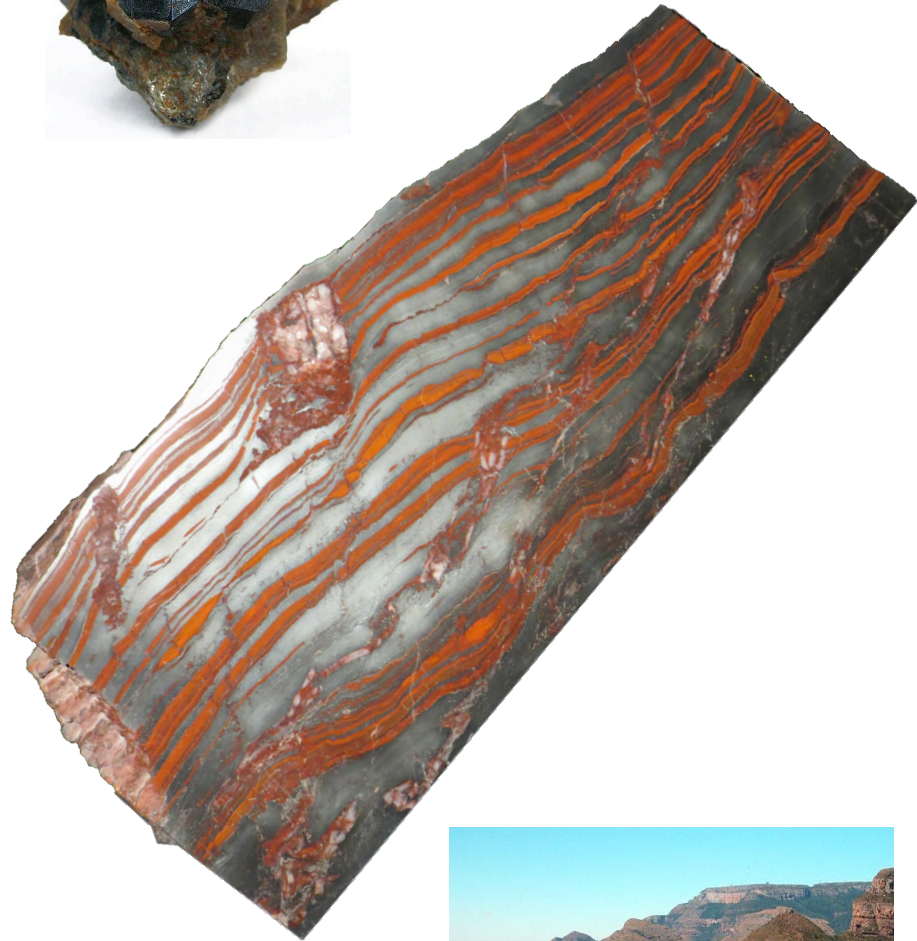
Nom de la roche	
Datation	
Période caractéristique	
Ce que nous apporte l'étude de cette roche	



Nom de la roche	
Datation	
Période caractéristique	
Ce que nous apporte l'étude de cette roche	



Nom de la roche	
Datation	
Période caractéristique	
Ce que nous apporte l'étude de cette roche	



échantillon de sol rouge

Nom des 3 roches

Datations

Période caractéristique

Ce que nous apporte
l'étude de ces roches



Nom de la roche	
Datation	
Période caractéristique	
Ce que nous apporte l'étude de cette roche	