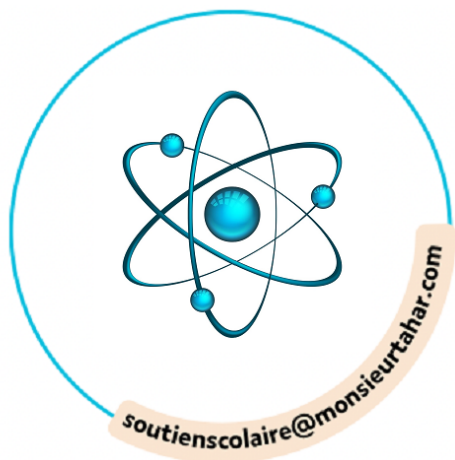


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



SVT

CHAPITRE 1

De l'atmosphère primitive à l'hydrosphère



Lors de la formation de la Terre, il y a 4,6 milliards d'années, l'atmosphère contenait beaucoup d'eau et de dioxyde de carbone. Depuis, elle s'est enrichie en dioxygène, permettant l'apparition de la vie.

I Les premières modifications de l'atmosphère

1 De l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle

● L'atmosphère **primitive**, impropre à la vie, est essentiellement composée d'**eau** (80 %), avec une quantité importante de **dioxyde de carbone** (15 %)(doc. 1).

● Ces deux éléments sont peu présents dans l'**atmosphère actuelle** qui contient en revanche 21 % de **dioxygène** ► **FICHE 2**.

DOC. 1. Composition de l'atmosphère primitive et actuelle

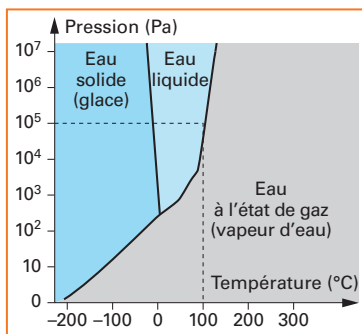
	Atmosphère primitive	Atmosphère actuelle
H ₂ O	~ 80 %	Traces
CO ₂	~ 15 %	0,03 %
N ₂	~ 5 %	78 %
O ₂	0 %	21 %

2 De l'eau atmosphérique à l'eau liquide

● À la suite de la formation de la Terre, son atmosphère riche en eau s'est refroidie en même temps que sa surface.

● Lorsque la température de l'atmosphère est descendue en dessous de 100 °C, l'eau est passée de l'**état gazeux** à l'**état liquide (liquéfaction)**, entraînant l'apparition des **océans**.

DOC. 2. Diagramme des états de l'eau

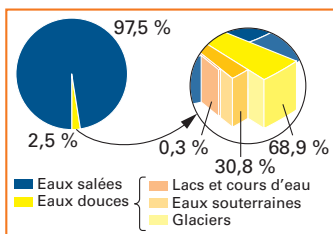


II L'hydrosphère, couche indispensable à la vie

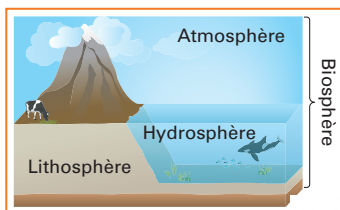
■ L'ensemble de l'eau disponible sur Terre, estimé à 1,5 milliards de kilomètres cubes et dont **97,5 %** se trouve dans les **océans**, est appelé l'hydrosphère.

■ C'est dans l'hydrosphère, et plus précisément dans les **océans**, que la **vie** est apparue. Les êtres vivants ont ensuite conquis le milieu aérien, entrant alors en contact avec l'atmosphère. La biosphère (ensemble des êtres vivants) est donc en interaction permanente avec l'atmosphère et l'hydrosphère.

DOC. 3. Les différents compartiments de l'hydrosphère



DOC. 4. Les différentes « sphères » de la Terre

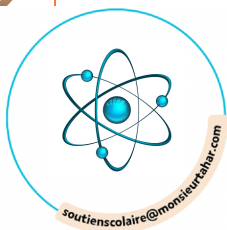


Les pluies acides et leurs conséquences

Toutes les parties de la sphère terrestre sont interdépendantes. Par exemple, certaines industries humaines (**biosphère**) rejettent des polluants dans l'air (**atmosphère**) qui se combinent avec l'eau des nuages pour former des acides sulfurique ou nitrique. Ces acides retombent avec les pluies sur les lacs (**hydrosphère**) et les sols, impactant la faune et la flore (**biosphère**).



Végétation détruite par les pluies acides, Sibérie



Les premières formes de vie productrices de dioxygène



Des indices géologiques (fers rubanés, stromatolithes) permettent de dater l'augmentation de la part du dioxygène dans l'atmosphère, dont la concentration est stable depuis 500 millions d'années.

I L'apparition du dioxygène dans les océans

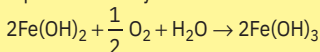
1 Les fers rubanés, témoins de l'oxydation

Les **fers rubanés** ou BIF (*Banded Iron Formation*) sont des roches sédimentaires marines formées de lits bruns ou rouges, constitués essentiellement d'**hématite** (Fe_2O_3) dans laquelle le fer est à l'état ferrique Fe^{3+} .

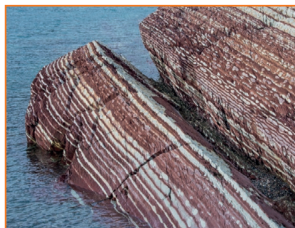
Le passage du fer de l'état Fe^{2+} à l'état Fe^{3+} est une **oxydation** et témoigne de l'**apparition de dioxygène (O_2) dans les océans** entre 3,5 et 3 milliards d'années.

À noter

Équation de l'oxydation du fer :



DOC. 1. Fers rubanés (Groenland)

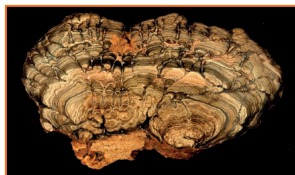


Une question se pose alors : quelle est l'origine du dioxygène des océans ?

2 Les stromatolithes à l'origine du dioxygène

Les **stromatolithes** les plus âgés (fossiles constitués de couches sédimentaires liées à l'activité de cyanobactéries) sont datés d'environ 3,5 milliards d'années, période qui correspond à l'apparition du dioxygène dans les océans. Les **cyanobactéries** pourraient donc être à l'origine du changement de composition des océans.

DOC. 2. Stromatolithe fossile (Wyoming)



■ On observe actuellement des stromatolithes en formation et leur étude montre que les cyanobactéries qu'ils contiennent réalisent la **photosynthèse**, processus énergétique qui **consomme du dioxyde de carbone** et **produit du dioxygène**. Cette observation tend à confirmer que les cyanobactéries primitives réalisaient également la photosynthèse, et donc produisaient du dioxygène.

II Mise en place d'une atmosphère oxydante

■ Avant 2,2 milliards d'années, la présence de dépôts continentaux d'uranium sous sa forme réduite (uraninite) témoigne de l'absence de dioxygène dans l'atmosphère. **Après 2,2 milliards d'années**, on trouve de l'**uranium oxydé** qui indique la présence d' O_2 atmosphérique.

■ À partir de 2,2 milliards d'années, il est également possible d'observer des **paléosols** continentaux rouges, donc riches en **fer oxydé**, qui témoignent du passage à une atmosphère oxydante. L'oxygène dissous dans les océans s'est donc diffusé dans l'atmosphère.

Mot clé

Les **paléosols** sont des sols anciens formés dans des conditions atmosphériques différentes de celles que nous connaissons.

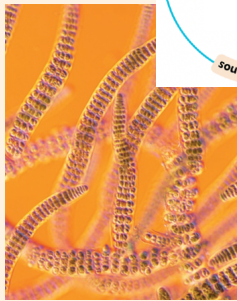


ZOOM

Des stromatolithes pleins de vie

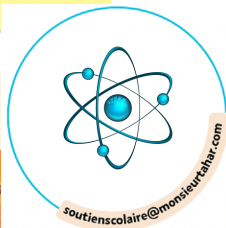


Stromatolithes actuels de la baie de Shark (Australie)



Cyanobactéries observées au microscope, $\times 40$

Les cyanobactéries se trouvent à la surface du stromatolithe (comme un feutrage qui le recouvre). Le reste du stromatolithe est constitué de parties minérales agrégées par les bactéries anciennes.



Les échanges de dioxygène dans l'atmosphère



Le dioxygène est essentiel pour la respiration des êtres vivants et pour le maintien de la couche d'ozone qui les protège. Pour conserver un équilibre, les sources de dioxygène doivent compenser les puits de dioxygène.

I Les sources et les puits de dioxygène

1 La respiration puise quand la photosynthèse restitue

● Tous les êtres vivants consomment du dioxygène en respirant. La **respiration** est donc un **puits de dioxygène**.

● En plus de la respiration, les végétaux chlorophylliens réalisent la photosynthèse qui libère du dioxygène : la **photosynthèse** est donc une **source de dioxygène**. En produisant plus de la moitié du dioxygène de la planète, le phytoplancton des océans est le premier recycleur d'oxygène dans l'air que nous respirons.

Équation globale de la respiration	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \Rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ consommation de dioxygène
Équation globale de la photosynthèse	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{lumière}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ production de dioxygène

● À l'échelle de la planète, la **biosphère** est, avec la respiration et la photosynthèse, à l'origine de l'essentiel des **variations du dioxygène atmosphérique**. Mais la quantité de dioxygène dans l'atmosphère étant très importante (21 %), ces variations peuvent être considérées comme minimes.

2 Les combustions naturelles ou anthropiques

Les **combustions** fonctionnent avec des réactions chimiques qui consomment du dioxygène et sont donc des **puits de dioxygène**. Elles peuvent être naturelles comme certains feux de forêt ou **anthropiques** par l'utilisation des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon) ou du bois.

Mot clé

Est qualifié d'**anthropique** ce qui résulte essentiellement de l'intervention humaine.

II La couche d'ozone protectrice

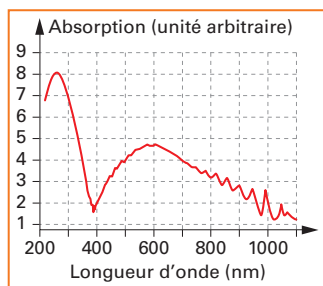
■ Dans les hautes couches de l'atmosphère, à environ 30 km d'altitude, le dioxygène (O_2) est transformé en ozone (O_3) sous l'effet du rayonnement solaire.

■ La **couche d'ozone** absorbe une partie des **rayons ultraviolets** solaires avec un maximum vers 260 nm de longueur d'onde, comme le montre le **spectre d'absorption** de l'ozone (doc. 2). L'absorption des ultraviolets par la molécule d'ADN est également maximale à 260 nm (doc. 3), ce qui peut entraîner des **mutations**. Ainsi, la présence de la couche d'ozone limite les mutations et protège donc les êtres vivants.

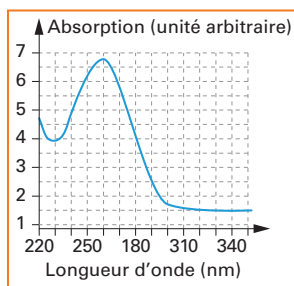
Mots clés

- Le **spectre d'absorption** est la quantité de rayonnement absorbée par un composé en fonction de la longueur d'onde.
- Une **mutation** est une modification accidentelle de la séquence d'une molécule d'ADN.

DOC. 2. Spectre d'absorption de l'ozone



DOC. 3. Spectre d'absorption de l'ADN

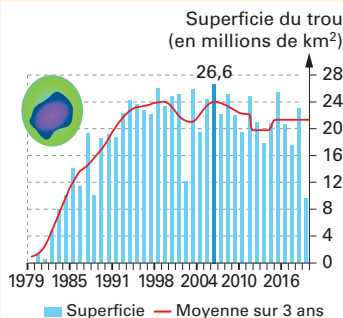


ZOOM

Le trou dans la couche d'ozone

Le protocole de Montréal, signé en 1987, a interdit l'utilisation des substances destructrices de la couche d'ozone. Cette action a permis la stabilisation de la superficie du trou.

Superficie du trou dans la couche d'ozone de l'Antarctique (1979-2019)



Source : NASA.

L'atmosphère actuelle et le cycle du carbone



Le carbone, très présent dans l'atmosphère primitive sous forme de CO_2 , s'est en grande partie dissous dans les océans mais persiste dans l'atmosphère actuelle, ainsi que dans les sols, les roches et la biosphère.

I Les réservoirs de carbone sur la planète

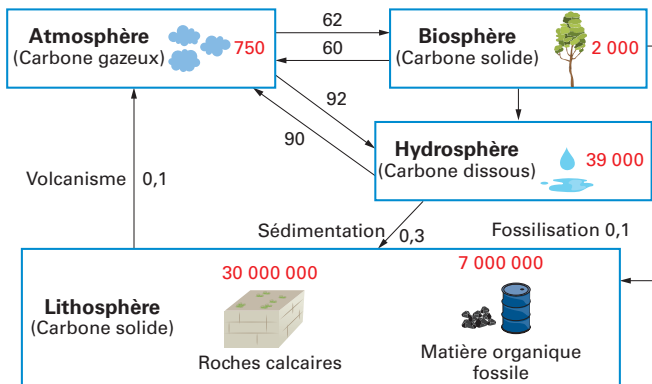
À l'échelle planétaire, le carbone est stocké dans différents réservoirs : l'**atmosphère** sous forme de CO_2 , la **biosphère** sous forme de **biomasse**, l'**hydrosphère** (océans) sous forme de carbonates dissous et surtout la **lithosphère** sous forme de **roches carbonatées** ou de biomasse fossilisée comme le pétrole, le gaz ou le charbon.

Les **flux de carbone** entre les réservoirs suivent un **cycle globalement équilibré**. Sur le schéma ci-dessous, les flux de carbone (en noir) sont indiqués en gigatonnes par an (Gt/an) et les stocks de carbone (en rouge) en gigatonnes (Gt). Pour l'atmosphère, par exemple, il existe des **sources de carbone** (respiration) et des **puits de carbone** (photosynthèse, dissolution du CO_2 dans les océans).

Mots clés

- La **biomasse** regroupe la matière organique d'origine végétale, animale, bactérienne ou fongique (champignons), utilisable comme source d'énergie.
- Les **roches carbonatées** sont des roches sédimentaires essentiellement composées de calcaire, donc riches en carbone.

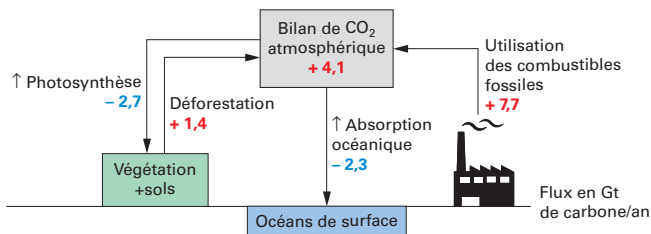
DOC. 1. Le cycle du carbone



II Le CO₂ atmosphérique d'origine anthropique

Depuis le début de l'ère industrielle, la corrélation entre les activités humaines et l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique est établie scientifiquement (doc. 2). Pour l'essentiel, la **pollution anthropique** de l'atmosphère par le CO₂ est liée à la **combustion de la biomasse fossile** (pétrole, gaz et charbon) qui permet de produire de l'énergie.

DOC. 2. Émissions de CO₂ par les activités humaines (en rouge) et leurs conséquences (en bleu)



Les **combustibles fossiles** se sont formés il y a plusieurs dizaines ou centaines de millions d'années. Leur vitesse de renouvellement dans le cycle du carbone est plus lente que celle de leur utilisation par l'Homme : ce sont des **ressources énergétiques non renouvelables**.



La déforestation et ses conséquences

Afin d'augmenter les surfaces des terres agricoles, des parcelles de forêts sont volontairement brûlées. Cette pratique diminue l'absorption de CO₂ par les végétaux (photosynthèse) tout en libérant du CO₂ dans l'atmosphère par combustion, ce qui contribue à déséquilibrer le cycle du carbone.



Un pompier dans une zone de l'Amazonie dévastée par des incendies, 2019

