

L'atmosphère terrestre et la vie

Une enveloppe invisible mais vitale :

L'atmosphère terrestre est une fine enveloppe gazeuse, presque imperceptible à l'échelle de la planète, mais absolument indispensable à la vie. Elle permet la respiration, protège des rayonnements dangereux du Soleil, régule la température de surface et participe aux grands équilibres climatiques. Pourtant, cette atmosphère n'a pas toujours eu la même composition.

Depuis la formation de la Terre il y a 4,6 milliards d'années, elle a profondément évolué sous l'effet combiné de processus géologiques et biologiques. Aujourd'hui, l'activité humaine modifie rapidement sa composition, soulevant des enjeux majeurs pour l'avenir des sociétés humaines et des écosystèmes.

Comment la composition de l'atmosphère terrestre s'est-elle construite au cours du temps grâce aux interactions entre géosphère, hydrosphère et biosphère, et pourquoi les modifications actuelles liées aux activités humaines constituent-elles un enjeu majeur pour l'avenir de la planète ?

I. Une atmosphère primitive très différente de l'atmosphère actuelle

1. La formation de l'atmosphère primitive

La Terre se forme il y a environ 4,6 milliards d'années, en même temps que le Soleil et les autres planètes du système solaire. L'atmosphère primitive résulte principalement du dégazage de l'intérieur de la Terre lors d'une intense activité volcanique. Elle est alors composée majoritairement de **diazote (N_2)**, de **dioxyde de carbone (CO_2)** et de **vapeur d'eau (H_2O)**, avec une absence quasi totale de dioxygène (O_2).

Contrairement à aujourd'hui, cette atmosphère est dense et riche en gaz à effet de serre, ce qui contribue à maintenir une température de surface suffisamment élevée malgré un Soleil plus jeune et moins lumineux.

2. La mise en place de l'hydrosphère : une condition essentielle à la vie

Le refroidissement progressif de la surface terrestre entraîne la **condensation rapide de la vapeur d'eau atmosphérique**. À l'échelle des temps géologiques, ce phénomène est très rapide et conduit à la formation des océans : l'hydrosphère.

La présence d'eau liquide est une condition indispensable à l'apparition de la vie, car elle permet les réactions chimiques nécessaires au fonctionnement des organismes vivants. Les premières formes de vie apparaissent dans les océans primitifs.

Exemple : l'utilisation du **diagramme d'état de l'eau** montre qu'à une pression atmosphérique suffisante et pour des températures comprises entre 0 °C et 100 °C, l'eau peut exister à l'état liquide.

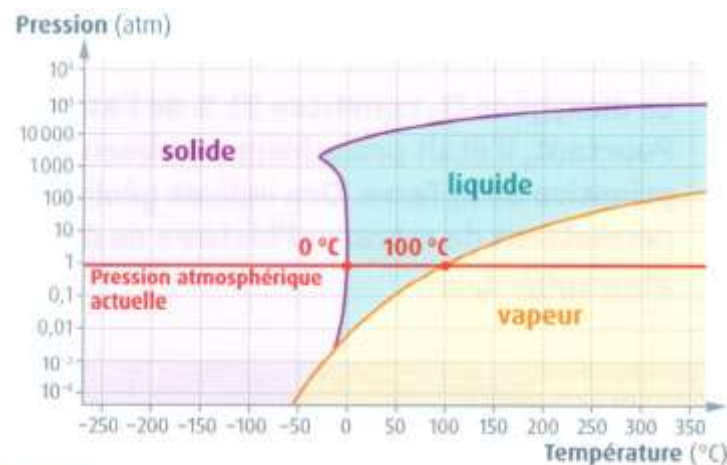


Diagramme de phase de l'eau. Ce diagramme de phase présente l'état de l'eau selon les conditions de pression et de température. Il y a 4,4 Ga, la pression atmosphérique était sans doute comprise entre 39 et 207 atm.

(Belin, Ed.2020,p.23)

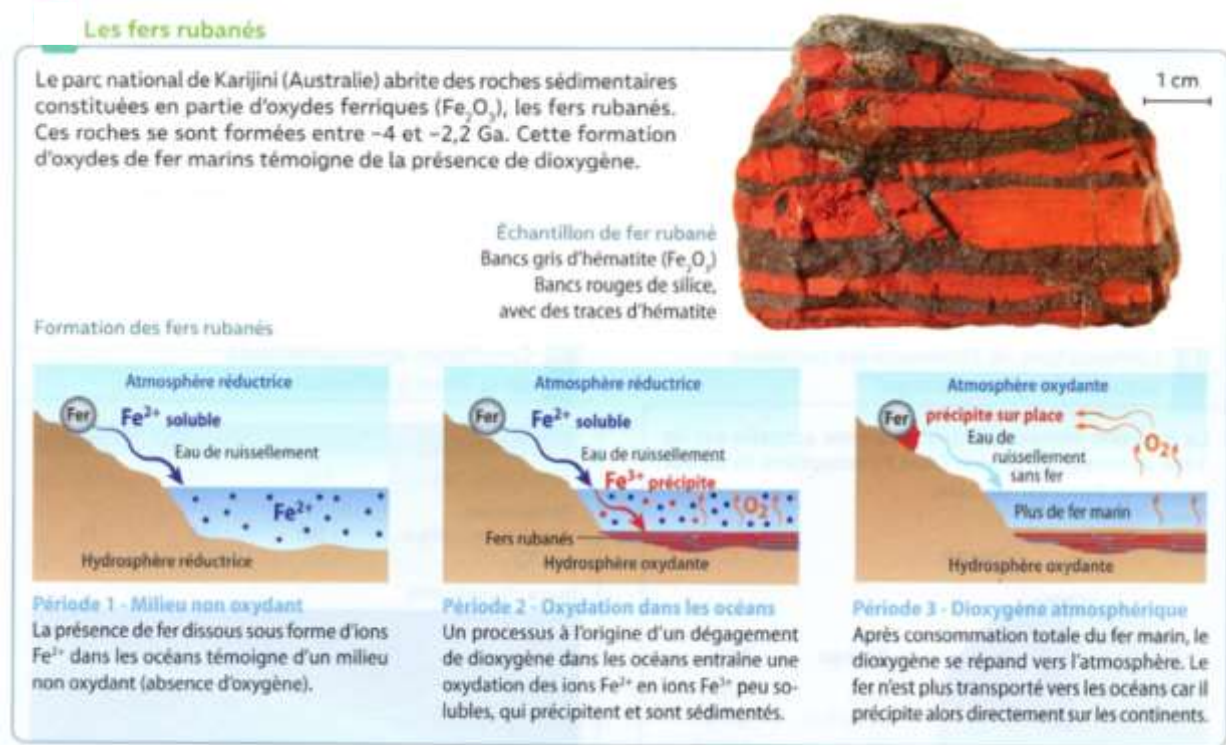
II. Le rôle fondamental de la vie dans l'évolution de l'atmosphère

1. L'apparition de la photosynthèse et l'oxygénation de l'atmosphère

Les plus anciennes traces de bactéries photosynthétiques (cyanobactéries) datent d'au moins **3,5 milliards d'années**. Ces organismes utilisent l'énergie lumineuse pour produire de la matière organique à partir de CO_2 et d'eau, en libérant du dioxygène.

Pendant plusieurs centaines de millions d'années, le dioxygène produit est consommé par l'oxydation des roches et des ions dissous dans les océans. Ce n'est qu'à partir d'environ **2,4 milliards d'années** que le dioxygène commence à s'accumuler durablement dans l'atmosphère : c'est la **Grande Oxygénation**.

Exemple : la présence de **formations de fer rubané** dans les roches anciennes constitue un indice géologique de l'augmentation du dioxygène produit par les organismes photosynthétiques.



(Hachette, Ed.2020,p. 18)

2. Une atmosphère actuelle façonnée par les êtres vivants

Aujourd'hui, l'atmosphère est composée d'environ **78 % de diazote (N_2)** et **21 % de dioxygène (O_2)**, avec des traces d'autres gaz comme le CO_2 , la vapeur d'eau, le méthane (CH_4) ou le protoxyde d'azote (N_2O).

Les **sources et puits de dioxygène** sont majoritairement biologiques :

- la **photosynthèse** produit du dioxygène,
- la **respiration**, les **décompositions** et les **combustions** en consomment.

L'augmentation du dioxygène a permis le développement d'organismes complexes et une forte diversification de la biodiversité.

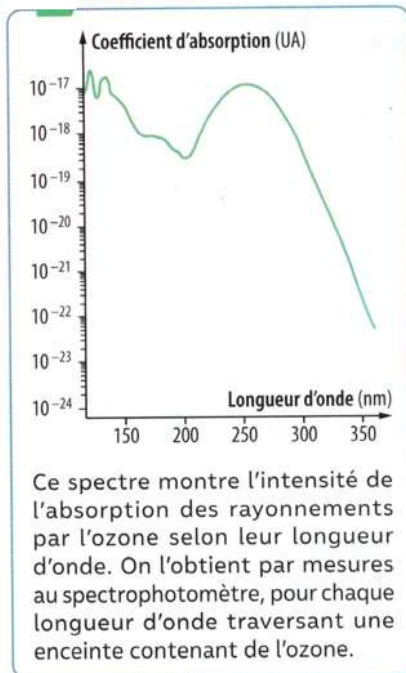
III. Une atmosphère protectrice et régulatrice du climat

1. Le rôle protecteur de l'ozone stratosphérique

Sous l'effet du rayonnement ultraviolet solaire, une partie du dioxygène présent dans la stratosphère se transforme en **ozone (O_3)**. Cette couche d'ozone absorbe une grande partie des **UV nocifs**, protégeant l'ADN des êtres vivants de leurs effets mutagènes.

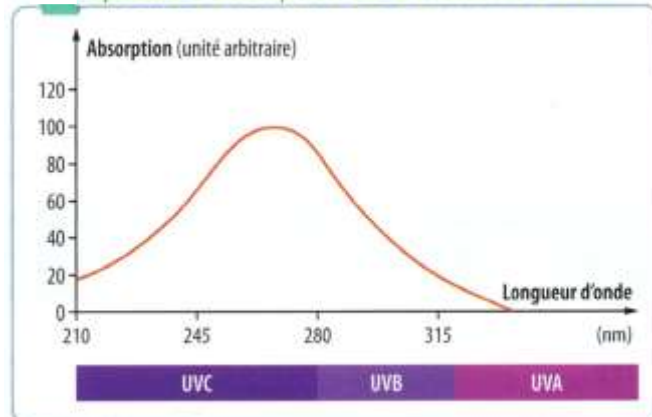
Exemple: la comparaison des **spectres d'absorption de l'ozone** et de **l'ADN** montre que l'ozone absorbe les mêmes longueurs d'onde que celles dangereuses pour l'ADN.

Spectre d'absorption de l'ozone



(Hachette, Ed.2020, p.20)

Spectre d'absorption de la molécule d'ADN



On subdivise les UV émis par le Soleil en trois classes en fonction de leur activité biologique et du pouvoir de pénétration dans la peau humaine, les UVC étant les plus nocifs. Ils entraînent des mutations de la molécule d'ADN.

Ultra-violets	Longueur d'onde (en nm)	% absorption par l'atmosphère terrestre
UVC	200-280	100 %
UVB	280-320	95%
UVA	320-400	65 %

Source : education.meteofrance.fr

(Hachette, Ed.2020, p.21)

2. L'atmosphère et le bilan radiatif de la Terre

Certains gaz atmosphériques, appelés **gaz à effet de serre** (CO_2 , H_2O , CH_4 ...), absorbent une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre. Ce phénomène naturel permet de maintenir une température moyenne compatible avec la vie.

Cependant, depuis la **révolution industrielle**, les activités humaines augmentent rapidement les concentrations de ces gaz, perturbant l'équilibre dynamique des enveloppes fluides et entraînant un **réchauffement climatique global**. Les scientifiques s'appuient sur des **modèles climatiques** robustes pour prévoir différents scénarios climatiques futurs.

Bilan :

- L'atmosphère terrestre n'est pas figée : sa composition a fortement évolué depuis 4,6 milliards d'années.
- La condensation de la vapeur d'eau a permis la formation des océans, condition indispensable à l'apparition de la vie.
- Les organismes photosynthétiques ont profondément transformé l'atmosphère en l'enrichissant en dioxygène.
- Le dioxygène a permis la formation de la couche d'ozone, essentielle à la protection des êtres vivants.
- L'atmosphère joue un rôle majeur dans la régulation du climat grâce aux gaz à effet de serre.
- Les activités humaines modifient aujourd'hui rapidement la composition atmosphérique, constituant un enjeu scientifique, environnemental et sociétal majeur.