

Chapitre SCS1 « L'atmosphère terrestre et la vie »

L'histoire de l'atmosphère.

- La formation de la Terre date d'environ -4,56 Ga. Sa **première atmosphère** est qualifiée de **d'atmosphère primitive** et provient du **dégazage du manteau**.
- Sa composition probable peut être déterminée à partir de l'étude de **météorites non différenciées** : les chondrites (elles ont la composition globale de la Terre) mais aussi de **gaz émis lors de d'éruptions volcaniques**.
- En valeur relative, l'atmosphère primitive contenait **H₂O** et **CO₂** en **abondance, peu de N₂ et pas d'O₂**.

Note : la teneur en N₂ a peu varié depuis l'atmosphère primitive : sa valeur relative a augmenté du fait de la forte baisse de celle en H₂O et CO₂.

- Ensuite, avec le **refroidissement de la température terrestre, l'eau** de l'atmosphère **est passée à l'état liquide** (liquéfaction) permettant la **naissance des océans** (essentiel de l'hydrosphère actuelle). La vie s'est ensuite développée dans les océans (vers au moins -3,8 Ga).

- L'état de l'eau dépend de la température et de la pression atmosphérique (voir graphique pression/ température et état de l'eau).
- Des **archives géologiques** (exemple de l'analyse isotopique de zircons) permettent de dater l'apparition d'eau liquide (au moins -4,4 Ga).
- Quant au taux de CO₂ atmosphérique, il diminue progressivement suite à l'**altération** (érosion) des roches par l'eau qui consomme du CO₂. **Le CO₂ se retrouve piégé dans l'hydrosphère sous forme de carbonates peu solubles qui finissent par précipiter** (= roches calcaires).
- Vers -2,4 Ga, c'est la **grande oxygénation** : l'O₂ s'accumule dans l'atmosphère.

Évolution de la composition de l'atmosphère (en valeurs relatives)

Primitive	Secondaire	Actuelle
H ₂ O : 85 %	H ₂ O : 20 %	O ₂ : 21 %
CO ₂ : 10 à 15 %	CO ₂ : 20 %	CO ₂ : 0,04 % (soit 400 ppm)
N ₂ : 1 à 3 %	N ₂ : 60 %	N ₂ : 78 %
		Autres gaz (H ₂ O, CH ₄ , N ₂ O) : traces

L'impact de l'apparition de la vie.

- L'O₂ est apparu dans l'atmosphère et a commencé à s'y accumuler à partir de **-2,4 Ga**. D'autres augmentations auraient eu lieu ensuite, puis vers 0,5 Ga la teneur actuelle aurait été atteinte (environ 20 %).

- On connaît des **indices géologiques** enregistrant l'apparition de l'O₂ sur Terre : les **dépôts de fers rubanés** (roches sédimentaires d'origine marine) contiennent de l'hématite, et donc du **Fe³⁺ qui a précipité sous forme d'hématite**. Or le Fe³⁺ précipite à partir du Fe²⁺ soluble qui a été oxydé. Ces **dépôts prouvent la présence d'O₂** (qui est un oxydant) **en milieu océanique**.

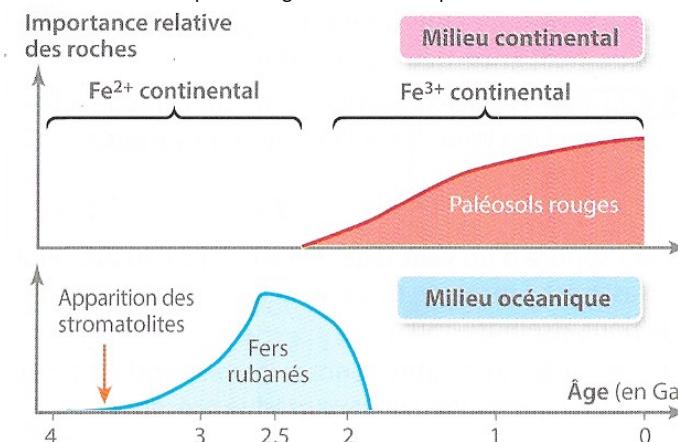
- L'hématite Fe₂O₃ se forme globalement suivant la réaction :
$$4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$$

- Les dépôts de fer rubanés les plus vieux datent de **-3,8 Ga**, prouvant la **présence d'O₂ en milieu océanique à cette date**.

- A partir d'environ **-2,4 Ga** apparaissent les **sols rouges continentaux** qui sont riches en oxydes de fer type hématite. Ils témoignent de la présence d'une **atmosphère devenue oxydante** et donc de la présence d'O₂.

Bilan sur les formations de fer oxydé.

D'après Enseignement scientifique Hatier 2020.



- Les **stromatolites** sont des bioconstructions connues depuis -3,6 Ga environ.

- Ce sont des **formations carbonatées** que l'on retrouve dans certains milieux aquatiques. Ils sont formés d'une alternance de CaCO₃ et de matière organique correspondant à des **restes de cyanobactéries**.

- Les cyanobactéries sont des **microorganismes photosynthétiques** dont on retrouve la trace depuis -3,8 Ga : **elles produisent donc de l'O₂** à partir de l'énergie solaire et **sont à l'origine de la formation des stromatolites**. Leur **métabolisme a permis l'apparition de l'O₂ sur Terre**. Par ailleurs la

photosynthèse, en consommant du CO₂, **favorise la précipitation des carbonates** (CaCO₃) et ainsi le piégeage du CO₂ sous forme de roche.

- L'apparition de l'O₂ a eu un **impact majeur** sur **l'évolution de la biodiversité**.

- L'augmentation de sa concentration a permis l'apparition **d'organismes pluricellulaires plus complexes** retrouvés notamment dans les faunes d'Ediacara (-635 et -541 Ma) et de Burgess (-528 et -510 Ma).

- Par ailleurs, le taux élevé d'O₂ atmosphérique au **Carbonifère** (vers -350 à -300 Ma a permis l'apparition d'Insectes géants.

Le cycle de l'oxygène : O₂ et O₃.

- Il existe un **cycle de l'oxygène**. Ce cycle se traduit par des **flux**.

- L'O₂ est majoritairement **échange entre trois réservoirs** : la biosphère (les êtres vivants) et l'atmosphère / hydroosphère.

- Les **processus majoritaires d'échanges** sont la **photosynthèse**, source d'O₂ atmosphérique, et la **respiration** (puits d'O₂). **Les flux** liés à la photosynthèse et à la respiration **sont équilibrés**, si bien que **la teneur en O₂ dans l'atmosphère et l'hydroosphère reste constante**.

- Les autres flux sont très faibles, si bien que l'on peut considérer que **les sources et puissances d'O₂ atmosphérique sont surtout liées aux êtres vivants**.

- La **combustion** liée aux **activités humaines** (utilisation d'énergies fossiles, déforestation) n'a que peu d'influence sur la teneur en O₂ atmosphérique (perte de quelques parties par million ou ppm par an).

- L'oxygène forme également la molécule **d'ozone O₃**.

- L'ozone **se forme et se détruit en permanence** sous l'effet du **rayonnement ultraviolet** solaire (les atomes d'O de O₂ se dissocient et se réassocient à O₂ formant O₃). Ce processus à l'origine de **l'O₃ stratosphérique** dont le **pic de concentration maximale est situé vers 30 km d'altitude**, formant la **couche d'ozone**.

- **L'ozone absorbe** totalement les UV-C, presque entièrement les UV-B (donc les UV-C et -B n'atteignent quasiment pas le sol) et peu les UV-A.

- **Les UV sont des rayonnements très énergétiques** du fait de leur faible longueur d'onde. **Ils altèrent les molécules biologiques** comme **l'ADN**.

- **Les UV** déforment l'ADN et **augmentent la fréquence des mutations** : ce sont des **agents mutagènes**. Cela peut aboutir à des **mélanomes** (cancers de la peau).

- **L'ozone nous protège donc des rayonnements UV les plus mutagènes**, et rend la **vie possible hors de l'eau**.

- Il existe un « **trou** » (= moindre concentration) saisonnier aux pôles dans la couche d'ozone qui a été provoqué par **l'utilisation de gaz chlorés** issus des industries humaines (ce sont les CFC).

- Ces CFC étant interdits depuis le **protocole de Montréal** (1987) et ses divers amendements, le trou a tendance à se résorber progressivement.