

## 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 **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 **H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> en abondance, peu de N<sub>2</sub> et pas d'O<sub>2</sub>**.

*Note : la teneur en N<sub>2</sub> a peu varié depuis l'atmosphère primitive : sa valeur relative a augmenté du fait de la forte baisse de celle en H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>.*

- 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 CO<sub>2</sub> atmosphérique, il diminue progressivement suite à l'**altération** (érosion) des roches par l'eau qui consomme du CO<sub>2</sub>. **Le CO<sub>2</sub> 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'O<sub>2</sub> s'accumule dans l'atmosphère.

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

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

### L'impact de l'apparition de la vie.

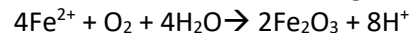
- L'O<sub>2</sub> est apparu dans l'atmosphère et a commencé à s'y accumuler à partir de **-2,4 Ga**. D'autres augmentations auraient eu lieu ensuite, puis vers 0,5 Ga la teneur actuelle aurait été atteinte (environ 20 %).

<https://svtbouchaud.fr>

25\_TES\_SCS1\_fiche.docx

- On connaît des **indices géologiques enregistrant l'apparition de l'O<sub>2</sub>** sur Terre : les **dépôts de fers rubanés** (roches sédimentaires d'origine marine) contiennent de l'hématite, et donc du **Fe<sup>3+</sup> qui a précipité sous forme d'hématite**. Or le Fe<sup>3+</sup> précipite à partir du Fe<sup>2+</sup> soluble qui a été oxydé. **Ces dépôts prouvent la présence d'O<sub>2</sub>** (qui est un oxydant) **en milieu océanique**.

- L'hématite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se forme globalement suivant la réaction :

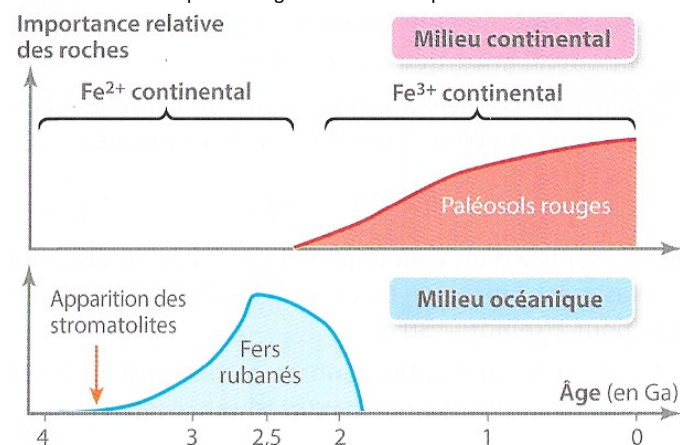


- Les dépôts de fer rubanés les plus vieux datent de **-3,8 Ga**, prouvant la **présence d'O<sub>2</sub> en milieu océanique à cette date**.

- 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'O<sub>2</sub>.

### Bilan sur les formations de fer oxydé.

D'après Enseignement scientifique Hatier 2020.



- Les **stromatolithes** 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 CaCO<sub>3</sub> 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'O<sub>2</sub>** à partir de l'énergie solaire et **sont à l'origine de la formation des stromatolithes. Leur métabolisme a permis l'apparition de l'O<sub>2</sub> sur Terre**. Par ailleurs la

photosynthèse, en consommant du  $\text{CO}_2$ , **favorise la précipitation des carbonates** ( $\text{CaCO}_3$ ) et ainsi le piégeage du  $\text{CO}_2$  sous forme de roche.

- L'apparition de l' $\text{O}_2$  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' $\text{O}_2$  atmosphérique au **Carbonifère** (vers -350 à -300 Ma) a permis l'apparition d'insectes géants.

### Le cycle de l'oxygène : $\text{O}_2$ et $\text{O}_3$ .

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

- L' $\text{O}_2$  est majoritairement **échangé entre trois réservoirs** : la biosphère (les êtres vivants) et l'atmosphère / hydrosphère.

- Les **processus majoritaires d'échanges** sont la **photosynthèse**, source d' $\text{O}_2$  atmosphérique, et la **respiration** (puits d' $\text{O}_2$ ). **Les flux** liés à la photosynthèse et à la respiration **sont équilibrés**, si bien que **la teneur en  $\text{O}_2$  dans l'atmosphère et l'hydrosphère reste constante**.

- Les autres flux sont très faibles, si bien que l'on peut considérer que **les sources et puits d' $\text{O}_2$  atmosphérique sont surtout liés aux êtres vivants**.

- La **combustion** liée aux **activités humaines** (utilisation d'énergies fossiles, déforestation) n'a que peu d'influence sur la teneur en  $\text{O}_2$  atmosphérique (perte de quelques parties par million ou ppm par an).

- L'oxygène forme également la molécule **d'ozone  $\text{O}_3$** .

- L'ozone **se forme et se détruit en permanence** sous l'effet du **rayonnement ultraviolet** solaire (les atomes d'O de  $\text{O}_2$  se dissocient et se réassocient à  $\text{O}_2$  formant  $\text{O}_3$ ). Ce processus à l'origine de **l' $\text{O}_3$  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.