

PARTIE 1 : Science, climat et société

Chapitre 1 : L'atmosphère terrestre et la vie

Le réchauffement climatique représente un enjeu majeur des sociétés actuelles.

Les températures qui règnent à la surface du globe sont étroitement liées à la composition en gaz de l'atmosphère.

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à la composition de l'atmosphère, à son évolution passée et actuelle pour mieux comprendre les enjeux actuels.

Comment a évolué la composition de l'atmosphère terrestre au cours des temps géologiques et dans un passé plus récent ?

I. De l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle.

La Terre est née il y a 4.6 GA par accréation de divers objets cosmiques qui a libéré une immense quantité d'énergie conduisant à la formation d'une Terre magmatique. En refroidissant, la Terre s'est structurée en enveloppes concentriques : les éléments les plus denses (Fer et Nickel) ont migré vers le centre de la Terre alors que les éléments les moins denses ont formés l'atmosphère primitive.

A. Composition de l'atmosphère primitive et de l'atmosphère actuelle

La composition actuelle de l'atmosphère terrestre est d'environ 78% de N₂ et 21% de O₂, 0.03 % de CO₂ et des traces d'autres gaz (H₂O, CH₄, N₂O).

Le dioxygène atmosphérique a permis la formation, dans la haute atmosphère (entre 15 et 50 km dans la stratosphère) d'une couche d'ozone (O₃) qui absorbe les UV nocifs du soleil. La présence du dioxygène et la couche d'ozone permettent l'existence de la vie.

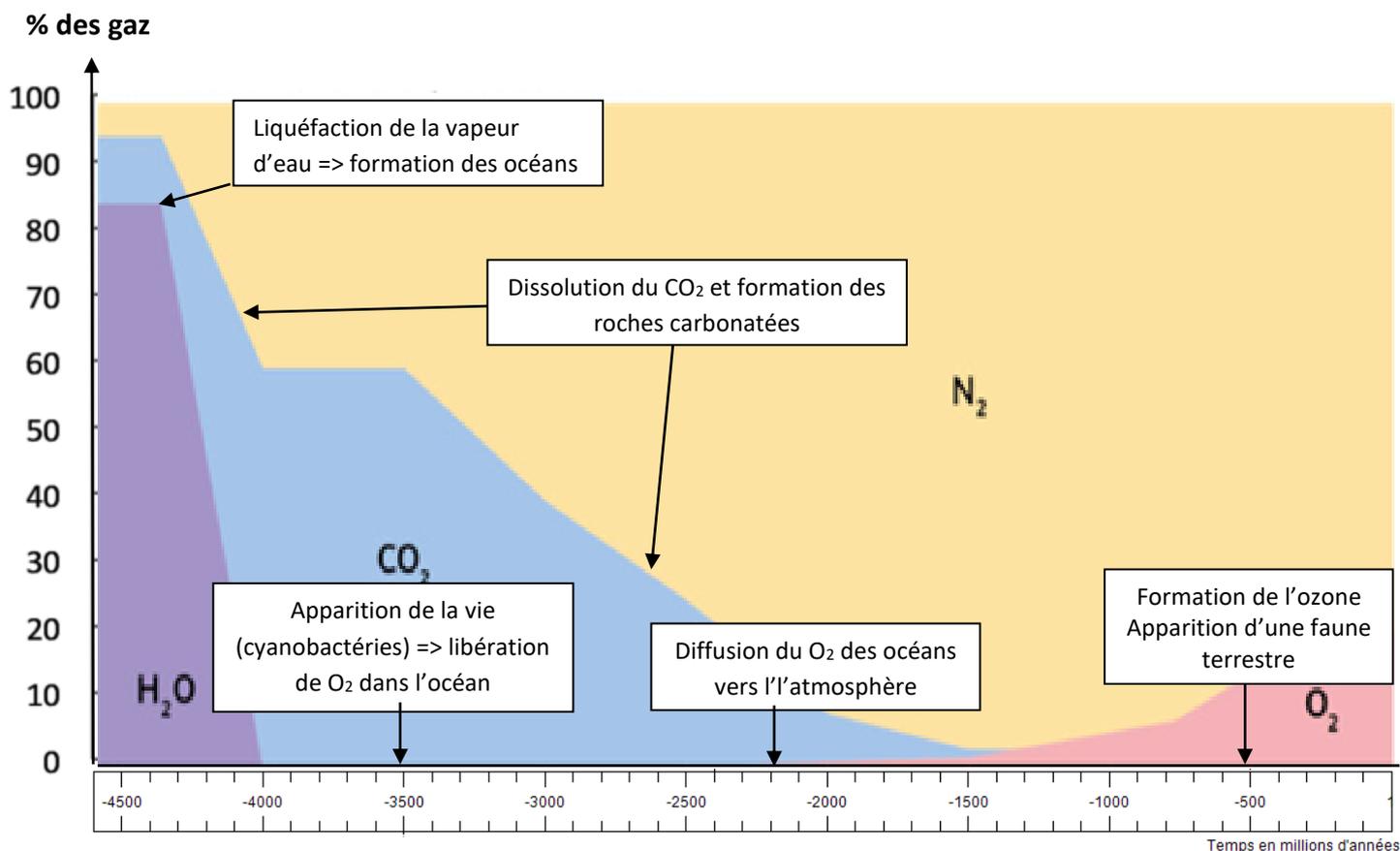
Grâce à la fusion de météorites de type chondrites, on sait qu'il y a environ 4,6 milliards d'années, l'atmosphère primitive était très différente de l'atmosphère actuelle. Cette atmosphère primitive était composée d'environ 80 à 85 % d'H₂O, 10 % de CO₂, 5 % de N₂ et des traces d'autres gaz.

B. Evolution de l'atmosphère terrestre au cours des temps géologiques

- 3 Ateliers : - Evolution de la composition en H₂O et en CO₂
 - Evolution de la composition en O₂ en relation avec l'émergence de la vie
 - Formation d'une couche d'ozone protectrice pour les êtres vivants

Présentation orale de chaque atelier permettant de compléter le graphique et les arguments

Graphique montrant l'évolution de la composition de l'atmosphère depuis la formation de la Terre



Arguments :

- diminution de la teneur en eau :

- Zircons de Jack Hill (formation au contact de l'eau liquide) : 4.4 GA
- Rides de courants fossiles (2.7 GA)

- Apparition de la vie :

- Stromatolithes (3.7 GA) = bioconstructions réalisées par des cyanobactéries photosynthétiques
- A partir de 3.5 GA : formation de fer rubanés contenant de l'hématite (→1.9 GA) qui témoignent de la présence de dioxygène dans les océans

- Apparition du dioxygène atmosphérique :

- absence de pyrite et d'uraninite (instables en présence de dioxygène dans l'atmosphère) dans les roches sédimentaires à partir de -2.2 GA
- Formation de paléosols rouges (red beds) riches en oxyde de fer en milieu terrestre (- 2 GA). Ces sols témoignent de la présence de dioxygène dans l'atmosphère.
- Apparition d'une faune terrestre à métabolisme respiratoire (- 500 MA)

1. Condensation de l'eau et dissolution du CO₂

Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a permis, il y a 4.4 GA, la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Cette liquéfaction de la vapeur d'eau a formé l'hydrosphère dans laquelle est apparu et s'est développée la vie.

Le CO₂ atmosphérique s'est dissout dans l'eau des océans. Ce CO₂ dissout a ensuite précipité et formé des roches carbonatées.

Rq : Le CO₂ et l'eau étant des gaz à effet de serre, leur stockage dans les océans a contribué à abaisser la température de la planète.

2. Apparition du dioxygène dans l'atmosphère

L'apparition du dioxygène dans l'atmosphère terrestre est liée à l'apparition de la vie.

Les premières traces de vie sur Terre datent de 3.5 GA. Il s'agit d'organismes proches des cyanobactéries actuelles qui édifiaient des constructions calcaires : les stromatolites.

Ces cyanobactéries ont produit du dioxygène par photosynthèse. Ce dioxygène a permis, entre 3.5 et 2.5 GA d'oxyder le fer réduit ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) présent dans les océans conduisant à la formation de fers rubanés. Pendant un milliard d'années, le dioxygène produit par les êtres vivants photosynthétiques a été entièrement capté par les espèces chimiques réduites (Fe^{2+} et autres) présentes dans les océans.

C'est à partir de 2.4 GA que l'on retrouve des paléosols rouges, en milieu continental, prouvant que le dioxygène a commencé à s'accumuler dans l'atmosphère.

Sa concentration actuelle a été atteinte il y a 500 MA.

Rq : Les sources et puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liées aux êtres vivants (photosynthèse et respiration) et aux combustions.

3. La formation de la couche d'ozone

Dans la haute atmosphère, sous l'effet des UV, les molécules de dioxygène se dissocient. Les atomes d'oxygène ainsi libérés se recombinent avec d'autres molécules de dioxygène pour former de l'ozone O₃.

L'ozone constitue une couche de concentration maximale à une altitude de 30 km. Cette couche d'ozone absorbe une partie des rayons ultraviolets et protège les êtres vivants de leurs effets mutagènes.

II. Evolution récente de la composition de l'atmosphère terrestre

A. Une augmentation rapide de la teneur en CO₂ atmosphérique

Depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration en CO₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'aujourd'hui.

Le CO₂ étant un gaz à effet de serre, sa concentration atmosphérique influence les températures terrestres.

D'où vient ce carbone rejeté dans l'atmosphère ?

Sur Terre, le carbone peut être stocké dans différents réservoirs. Les échanges entre ces réservoirs constituent le cycle du carbone.

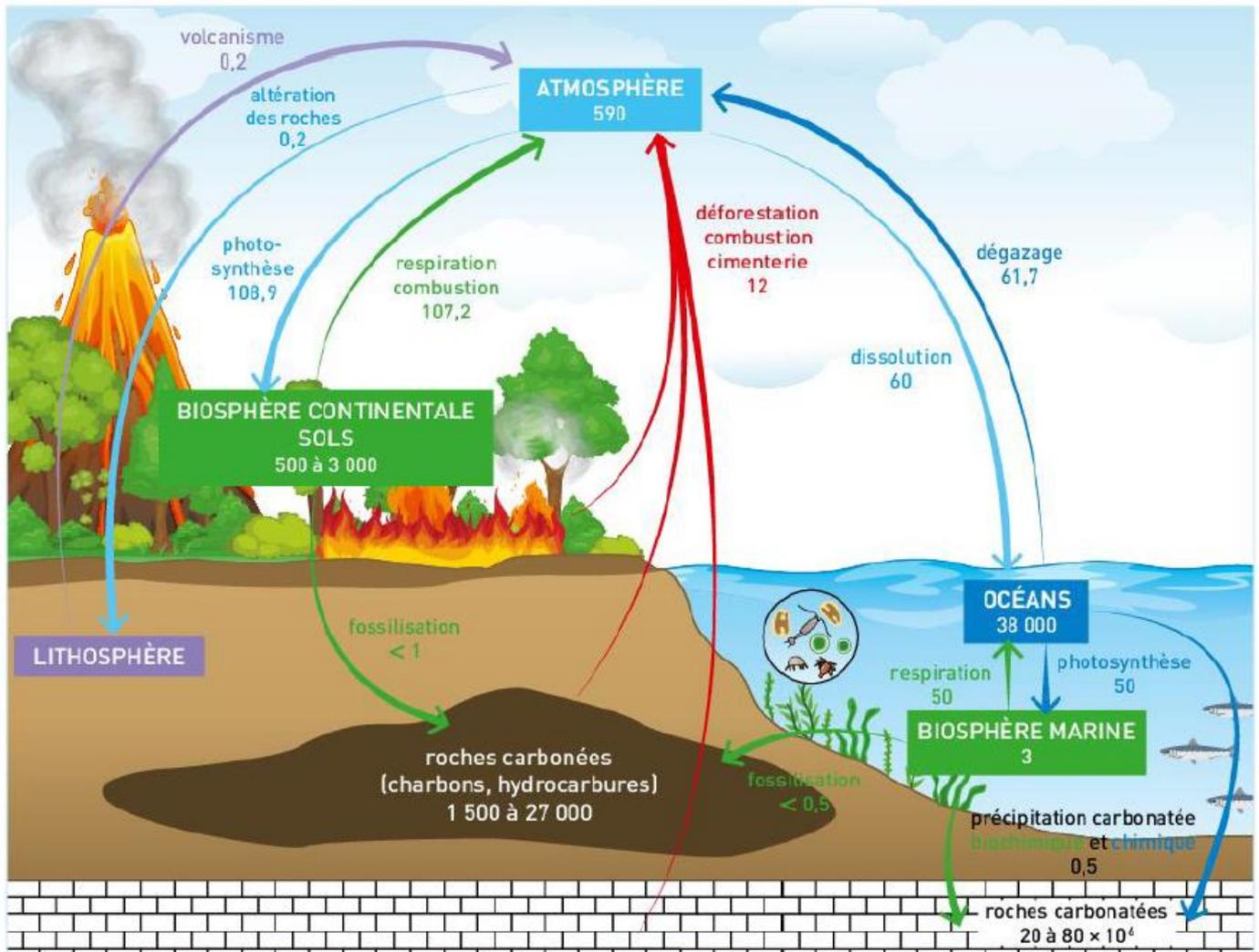
B. Le cycle du carbone

Le carbone est stocké dans plusieurs réservoirs superficiels : l'atmosphère, les sols, les océans, la biosphère et les roches.

Les échanges de carbone entre ces réservoirs sont quantifiés par des flux (en tonnes/an). Les quantités de carbone dans les différents réservoirs sont constantes lorsque les flux sont équilibrés.

Les combustibles fossiles se sont formés à partir du carbone des êtres vivants, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années. Ils ne se renouvellent pas suffisamment vite pour que les stocks se reconstituent : ces ressources en énergie sont dites non renouvelables.

L'Homme, par ses activités, perturbe le cycle naturel du carbone et contribue à augmenter la quantité de CO₂ atmosphérique.



■ Le cycle biogéochimique du carbone.

Les valeurs sont exprimées en Gt de C (1 Gt = 10⁹ tonnes). Les flux sont exprimés en Gt de C · an⁻¹. Les estimations données pour les réservoirs correspondent à la période préindustrielle (avant 1850). Les flèches rouges indiquent les rejets liés aux activités humaines pour l'année 2017.

Exercices

Exercice 1. Vérifier ses connaissances p33

Exercice 2 : exercice 8 p 35

Exercice 3 : exercice 9 p 35