

Thème 1 :

Science, climat

et société

L'atmosphère primitive de la Terre était différente de celle d'aujourd'hui.

Sa transformation au cours des milliards d'années est liée aux processus géologiques et biologiques.

Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine modifie de manière significative la composition atmosphérique.

Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre.

Les conséquences de l'activité humaine sur la composition atmosphérique, celles qui sont déjà observées et celles qui sont prévisibles, sont multiples et importantes, tant pour l'humanité que pour les écosystèmes.

Les choix raisonnés des individus et des sociétés dans ce domaine s'appuient sur les apports des sciences et des technologies.

Chapitre 1

L'atmosphère terrestre et la vie

Depuis l'époque de sa formation, quasi concomitante avec celle du Soleil et des autres planètes du système solaire, la Terre a connu une évolution spécifique de sa surface et de la composition de son atmosphère. Sa température de surface permet l'existence d'eau liquide, formant l'hydrosphère.

Aux facteurs physiques et géologiques (activité solaire, distance au Soleil, tectonique) s'est ajoutée l'émergence des êtres vivants et de leurs métabolismes.

Un fragile équilibre est atteint, qui permet la vie et la maintient.

SITUATION 1 : Des échanges entre êtres vivants et atmosphère



Afin de satisfaire leurs besoins métaboliques, les êtres vivants procèdent à des échanges de gaz avec le milieu environnant : l'atmosphère ou l'hydrosphère*. C'est le cas du rameau d'élodée ci-contre, qui libère du dioxygène lorsqu'il est exposé à la lumière.

Rappeler les échanges gazeux effectués par le métabolisme de la photosynthèse et celui de la respiration.

Les plantes, comme l'élodée de la photographie, libèrent du dioxygène (ici visible sous forme de bulles) en présence de lumière.

Cette libération témoigne de la photosynthèse, un métabolisme au cours duquel du dioxyde de carbone est absorbé.

La respiration constitue un second métabolisme qui se caractérise par des échanges gazeux contraires aux précédents : rejet de dioxyde de carbone dans le milieu extérieur et absorption de dioxygène, quelles que soient les conditions lumineuses.

L'exposition aux rayons ultraviolets (UV) de manière intense, surtout pour les peaux claires, conduit à des coups de soleil à court terme et à des cancers de la peau (mélanomes) à plus long terme.

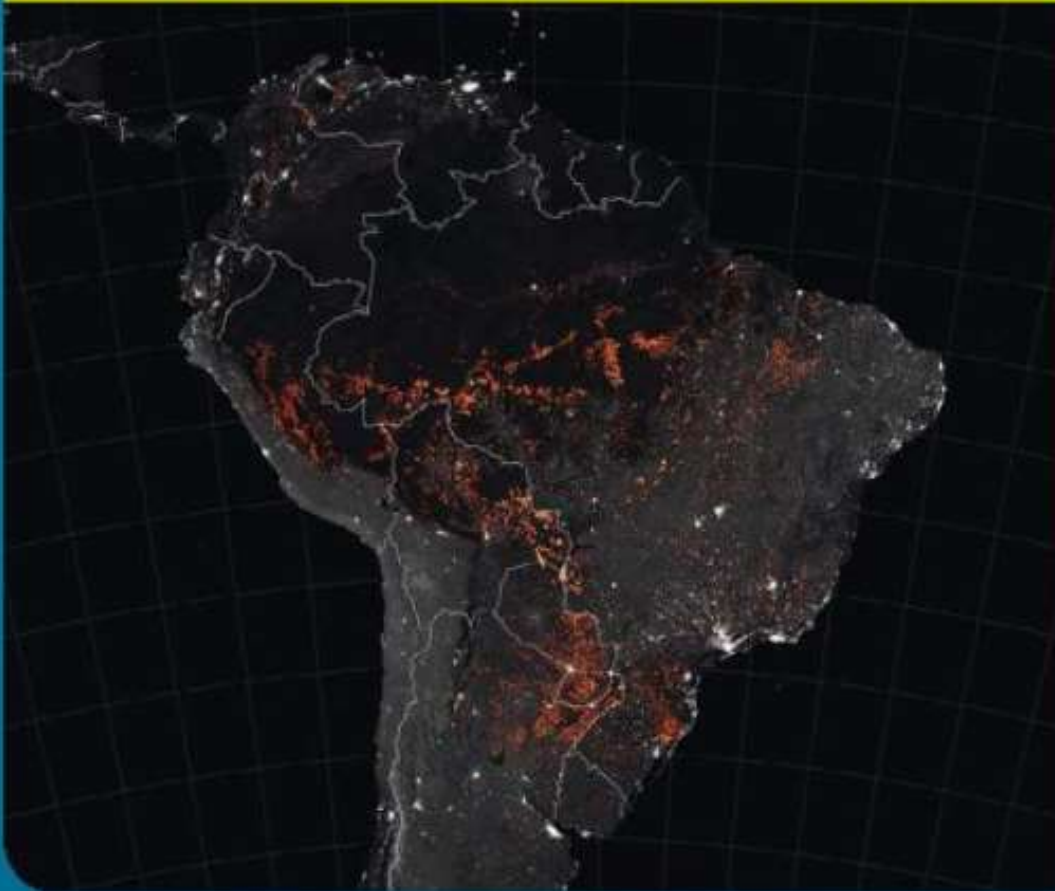
En se protégeant avec une crème solaire, la quantité d'UV absorbée par la peau est nettement diminuée.

Enfin, l'une des meilleures protections reste la non-exposition au Soleil et le port de vêtements.

En effet, les UV modifient l'organisation des molécules d'ADN des cellules de la peau et peuvent être à l'origine de mutations modifiant la bonne expression du génome.

En cas d'accumulation, ces mutations peuvent aboutir à la mort cellulaire ou à un dérèglement du cycle cellulaire, les amenant à se diviser et à proliférer sous la forme de tumeurs.

SITUATION 3 : L'impact des feux de forêt



Le 22 août 2019, plus de 80 000 feux avaient été comptabilisés au Brésil depuis le début de l'année, dont la moitié dans la forêt amazonienne. La déforestation est clairement à l'origine de ces incendies, les végétaux arrachés étant ensuite brûlés. La combustion des végétaux a libéré des produits toxiques pour la santé humaine et du dioxyde de carbone (CO_2).

Préciser les conséquences de ces feux sur les échanges de CO_2 entre l'atmosphère et la biosphère.

Comme les végétaux arrachés sont ensuite brûlés, leur combustion rejette un supplément de CO₂ dans l'atmosphère.

De plus, la disparition des végétaux ne permet plus d'absorber par photosynthèse du CO₂ atmosphérique.

Pour ces deux raisons, la déforestation entraîne une augmentation du taux de CO₂ dans l'air.

I. Une atmosphère primitive différente de l'actuelle

Problème posé : quelle était la composition de l'atmosphère primitive de la Terre ? Comment a-t-elle évolué depuis sa formation?

→ Activité 1 : répondez aux questions de la page 21.

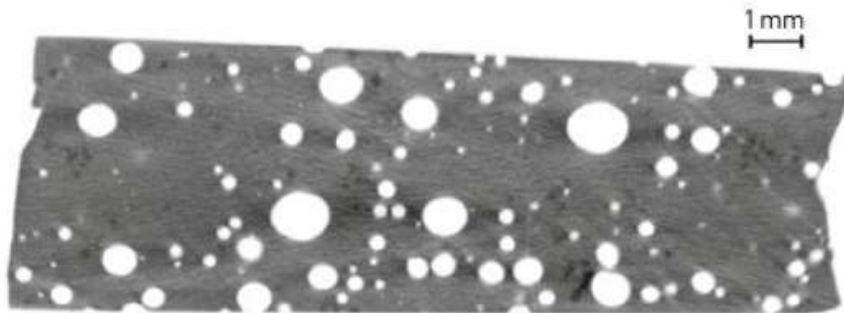
1. Expliquez l'origine de l'atmosphère primitive et donnez sa composition probable.

DOC

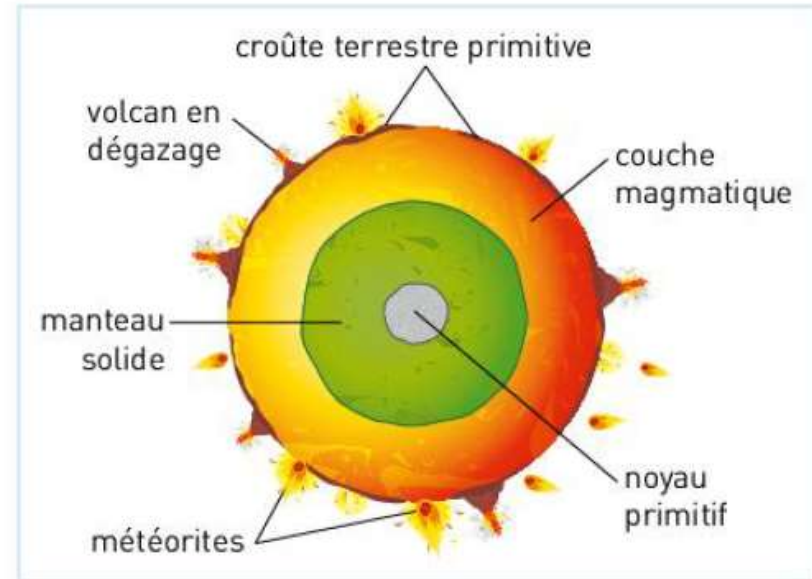
1

L'origine de l'atmosphère primitive

Il y a 4,57 Ga*, la Terre commence à se former par agglomération de gaz, poussières et éléments de toute taille présents dans l'environnement du Soleil. Durant les 50 à 100 premiers millions d'années, un intense bombardement de météorites a lieu, conduisant à une importante libération d'énergie thermique et à la fusion de la jeune planète ; une couche magmatique se forme (a). Celui-ci dégaze alors les éléments volatils à l'origine de l'atmosphère initiale. Son refroidissement entraîne ensuite la formation d'une croûte basaltique (b) et d'un manteau solides. Ces enveloppes, *via* une intense activité volcanique, poursuivent leur dégazage et enrichissent l'**atmosphère primitive** en gaz.



b Basalte actuel vu au microscope optique polarisant. Les bulles formées d'éléments volatils occupent 16 % du volume de la roche.



a La Terre, 100 Ma* après le début de sa formation.

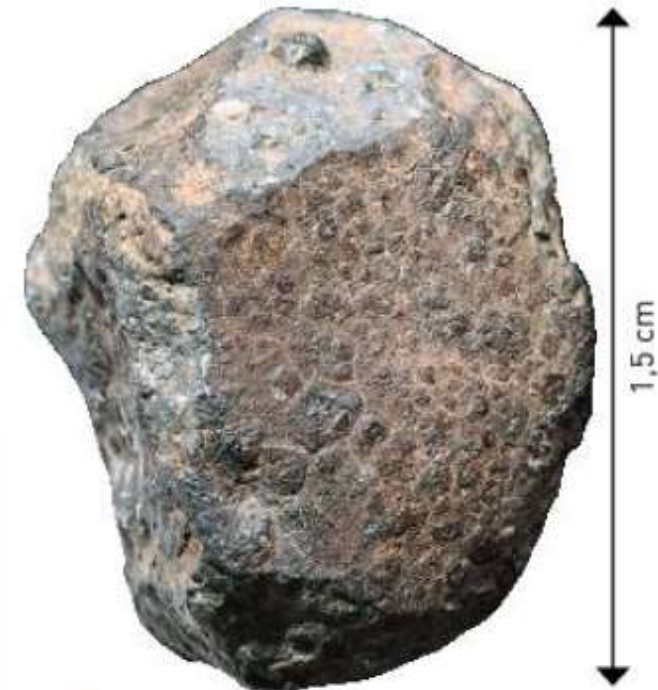
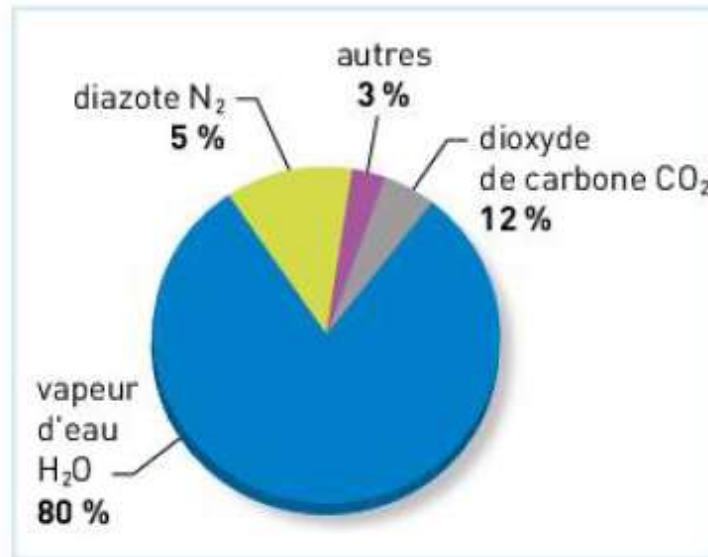
Dès - 4,3 Ga, l'atmosphère primitive est stabilisée. Les bombardements de météorites, telles des chondrites* carbonées et des comètes*, enrichissent encore l'atmosphère primitive en certains éléments volatils comme l'eau. Ce bombardement a lieu entre - 4,4 et - 3,9 Ga, tout en diminuant graduellement.

Connaître la composition de l'atmosphère initiale

Évaluer la composition de l'atmosphère initiale se heurte à un problème majeur : l'absence d'archives géologiques permettant de retrouver ce qu'elle fut.

Néanmoins, l'analyse des chondrites (a), qui représentent encore 86,5 % des météorites s'écrasant aujourd'hui sur Terre, permet de la reconstituer indirectement.

Ces roches sont des météorites issues d'astéroïdes de trop petite taille pour avoir subi une différenciation* lors de leur formation. Comme elles sont du même âge que la Terre, leur composition reflète celle de la Terre primitive. En les chauffant fortement, on provoque leur dégazage. Les gaz libérés peuvent être analysés et quantifiés (b).



a Cette chondrite a l'âge de la Terre : 4,57 Ga.

b Composition des gaz chondritiques.

L'atmosphère terrestre primitive provient de la libération des gaz contenus dans les chondrites initiales ayant formé la planète ou dans celles qui ont bombardé plus tardivement la jeune planète.

De plus, les enveloppes terrestres en formation, croûte et manteau, ont également subi un dégazage précoce important.

Sa composition devait être voisine de celle de l'ensemble des gaz contenus dans des chondrites âgées de 4,57 Ga, c'est-à-dire de l'âge de la Terre : eau (80 %), dioxyde de carbone (12 %) et diazote (5 %) principalement.

2. Indiquez les principales évolutions de la composition de l'atmosphère terrestre.

DOC

3

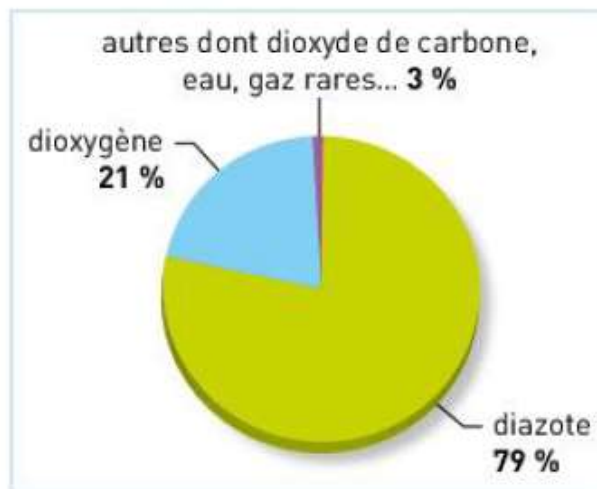
La disparition de l'eau atmosphérique

La vapeur d'eau constituait jusqu'à 90 % de l'atmosphère primitive de la Terre, alors qu'elle n'en représente plus que 0,1 à 4 % aujourd'hui. La disparition de l'eau atmosphérique et la formation des océans résultent, en quelque sorte, de fortes pluies.

Les plus anciennes preuves de la présence d'eau liquide sur notre planète datent d'il y a – 4,4 Ga. Il s'agit de morceaux de zircon (a), minéral qui se forme



a Zircon. (JW Valley, Univ. Wisconsin-Madison)



dans les magmas granitiques riches en eau. Ils sont la preuve que la formation des océans a eu lieu très tôt dans l'histoire de la Terre.

Actuellement, les océans ne représentent que 0,025 % de la masse totale de la planète mais ils couvrent 70 % de sa surface, d'où le nom de « planète bleue » attribué à la Terre. Leur formation est associée à l'évolution de la composition de l'atmosphère (b).

Même si les conditions qui ont permis la condensation de l'eau restent incertaines, le diagramme d'état de l'eau permet de les approcher (c).

En effet, l'état de l'eau dépend de deux paramètres : la température mais également la pression atmosphérique (d).

◀ **b** L'atmosphère actuelle a une composition très différente de l'atmosphère primitive.

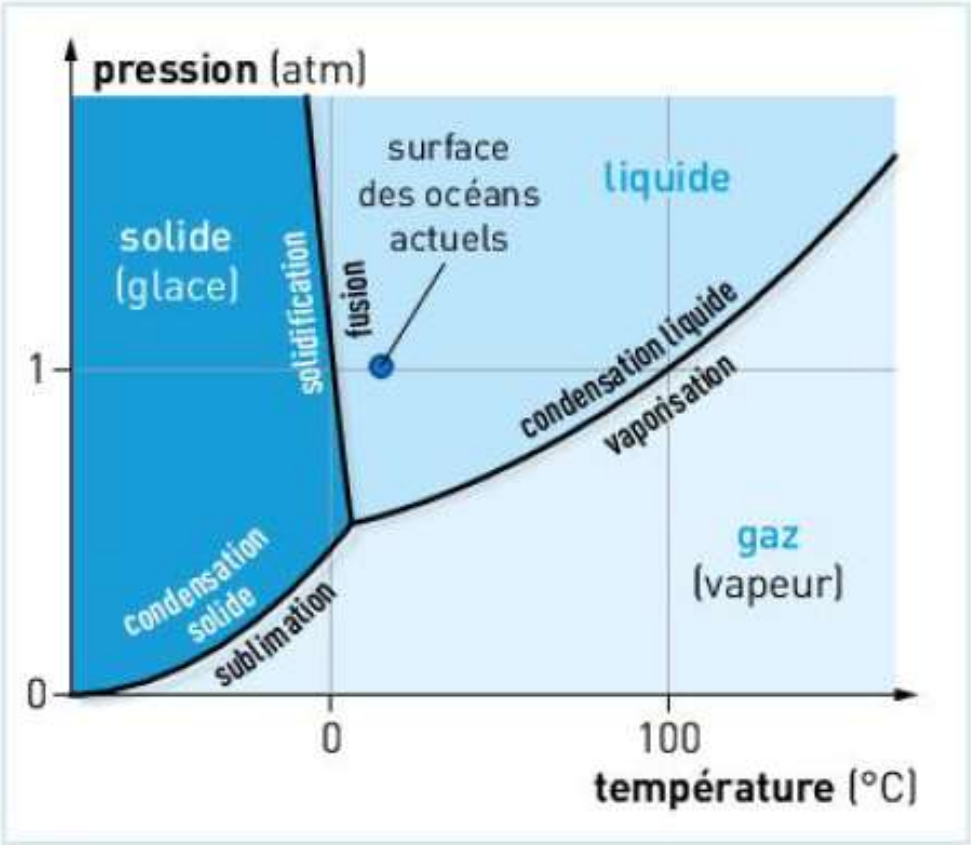
ANIMATION BONUS



Gaz	Teneur supposée dans l'atmosphère initiale (en %)	Teneur mesurée dans l'atmosphère actuelle (en %)
H ₂ O	80	< 1
CO ₂	12	Traces (0,04)
N ₂	5	78
O ₂	Absence	21

- disparition presque totale de l'eau et du dioxyde de carbone
- enrichissement relatif très important en diazote
- apparition du dioxygène.

3. Précisez dans quel sens pression et température de l'atmosphère primitive ont varié, provoquant ainsi la formation des océans.



c Diagramme d'état de l'eau.



d Lorsque la pression diminue, l'ébullition de l'eau se fait à moins de 100 °C (1 atm = 1 013 hPa).

4. Sachant que le diazote est un gaz beaucoup moins soluble dans l'eau que le dioxyde de carbone, mettez en relation la formation des océans avec l'évolution de la composition de l'atmosphère puis formulez le problème à résoudre.

La grande solubilité du CO_2 dans l'eau peut expliquer sa disparition de l'atmosphère primitive par dissolution dans les eaux océaniques.

Au contraire, du fait de sa solubilité beaucoup plus faible, le N_2 est resté dans l'atmosphère où sa proportion a augmenté du fait de la disparition conjointe de l'eau et du CO_2 .

Reste à expliquer d'où provient le dioxygène apparu plus tardivement dans l'atmosphère.

**Il y a environ 4,6 milliards d'années,
l'atmosphère primitive était composée de N_2 ,
 CO_2 et H_2O .**

**Sa composition actuelle est d'environ 78 % de
 N_2 et 21 % de O_2 , avec des traces d'autres gaz
(dont H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O).**

**Le refroidissement de la surface de la Terre
primitive a conduit à la liquéfaction de la
vapeur d'eau présente dans l'atmosphère
initiale.**

L'hydrosphère s'est ainsi formée.

→ Bilan 1 p 30