

1. Le recyclage permanent de la nature

Une centaine d'éléments chimiques constituent l'ensemble de la matière de la planète et parmi eux, une vingtaine se révèle indispensable à la vie, comme le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote, les plus abondants, mais aussi le sodium, le magnésium, le calcium, le fer, le soufre, le phosphore et quelques éléments quantitativement mineurs.

Ces éléments sont présents chez les êtres vivants (biosphère) mais peuvent se trouver aussi dans l'atmosphère, les eaux (hydrosphère) et les roches (lithosphère). Ces quatre ensembles constituent ainsi quatre réservoirs pour ces éléments.

Les éléments chimiques peuvent appartenir à diverses combinaisons moléculaires, minérales ou organiques, et passer d'une combinaison à une autre à la faveur de transformations chimiques sans que les éléments chimiques eux-mêmes soient modifiés : ce sont toujours les mêmes éléments, même si les combinaisons sont variées. Il y a donc conservation de la matière grâce au recyclage et la quantité globale de l'élément sur la Terre reste fixe au cours du temps. En effet, si la planète échange de l'énergie avec l'espace environnant, elle n'échange quasiment pas de matière, celle apportée par les météorites pouvant être négligée ici. Au cours du temps, les éléments circulent donc d'un réservoir à l'autre de façon cyclique, ce que l'on qualifie de cycle biogéochimique puisqu'il implique tant les êtres vivants que les constituants géologiques de la planète.

Le carbone est l'une des molécules les plus abondantes de la biosphère et le cycle du carbone nous servira d'exemple de cycle biogéochimique, mais les cycles des autres principaux éléments chimiques sont également bien connus.

2. Le carbone circule entre ses réservoirs

Les atomes de carbone sont présents dans les différents réservoirs sous la forme de diverses combinaisons chimiques.

Le carbone de la biosphère est inclus principalement dans des molécules organiques qui sont constituées fondamentalement d'une combinaison d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène à laquelle peuvent être liés d'autres éléments, principalement de l'azote, mais aussi du phosphore, du soufre, du fer, etc. Il est également présent sous forme minérale chez les animaux, notamment dans le carbonate de calcium des coquilles et des os. Dans les roches, le carbone se trouve sous forme de carbonates, par exemple de carbonate de calcium (CaCO_3) ou de magnésium (MgCO_3), présents dans des sédiments et des roches calcaires.

Il se trouve aussi sous forme de molécules organiques dans les roches carbonées, comme le charbon et le pétrole, roches combustibles fossiles formées par l'accumulation et la transformation des restes d'êtres vivants au cours des temps géologiques.

Dans l'hydrosphère, il est présent dans le dioxyde de carbone (CO_2 , anciennement appelé gaz carbonique) dissous dans l'eau et dans des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^- , anciennement appelé bicarbonate) et carbonate (CO_3^{2-}). Dans l'atmosphère, le carbone est présent sous forme de dioxyde de carbone, mais il ne représente qu'une très faible fraction de l'atmosphère, 0,035 %.

La circulation du carbone entre ses réservoirs résulte de mécanismes physicochimiques et biologiques. C'est l'activité des êtres vivants qui fait passer le carbone de ses combinaisons minérales à ses combinaisons organiques et inversement. En effet, la photosynthèse conduit à l'incorporation du carbone minéral sous forme de gaz carbonique dans les molécules organiques des organismes chlorophylliens : le carbone passe alors d'une combinaison minérale à une combinaison organique. Inversement, la respiration et certaines fermentations font passer le carbone de ses combinaisons organiques à la combinaison minérale qu'est le CO_2 . Ainsi, l'utilisation de la matière organique par les êtres vivants fait suivre au carbone un trajet inverse, de la biosphère à l'atmosphère. Enfin, certains organismes peuvent immobiliser une partie du carbone sous forme minérale insoluble comme le carbonate de calcium contenu dans la plupart des coquilles.

Le gaz carbonique se dissout dans les eaux superficielles et, en réagissant avec l'eau, forme des ions hydrogénocarbonates (solubles) et des ions carbonates (insolubles). Les carbonates sont insolubles et se déposent sous forme de sédiments, d'origine chimique ou biologique (coquilles, squelettes) qui s'accumulent en formant des roches calcaires.

Les mers et océans peuvent ainsi fixer des quantités considérables de carbone et sont les principaux régulateurs du réservoir atmosphérique sans qu'il soit encore possible d'évaluer précisément les flux mis en jeu car il est très difficile d'analyser ce qui se produit, entre autres, dans les couches profondes des océans.

Nom :

Prénom :

3. Les activités humaines perturbent le cycle du carbone

La lithosphère (l'ensemble des roches) représente, le plus important réservoir de carbone de la planète, mais, alors que son accumulation dans les roches a nécessité des millions d'années, les activités humaines, combustion du charbon et du pétrole, production de ciment, etc., le libèrent depuis à peine plus de deux cents ans de ce réservoir sous forme de gaz carbonique qui s'échappe dans l'atmosphère. Avant l'ère industrielle, les quantités de carbone échangées entre les différents réservoirs étaient en équilibre. Il n'en est plus de même aujourd'hui, principalement en raison des rejets massifs de dioxyde de carbone dans l'atmosphère résultant de la combustion de combustibles fossiles. En effet, si la combustion de matière organique (bois, pétrole, charbon) libère du dioxyde de carbone dans l'atmosphère (la combustion de 1 g de carbone organique libère entre 1,5 et 3 g de CO₂) comme le fait la respiration des êtres vivants, les échelles de temps et de volume mises en jeu dans les rejets anthropiques (c'est-à-dire dus à l'Homme) sont sans commune mesure avec celles impliquées dans le cycle du carbone hors activités humaines. Il a suffi de quelques dizaines d'années pour libérer dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique des quantités considérables de carbone dont l'accumulation dans les roches sous forme de combustibles fossiles a duré plusieurs millions d'années.

Aussi, depuis les débuts de l'ère industrielle, les rejets de gaz carbonique ont augmenté exponentiellement et sa concentration moyenne dans l'atmosphère a augmenté progressivement, montrant ainsi que les flux de carbone ne sont plus équilibrés, la capacité des puits naturels (océans et végétation) à le stocker étant dépassée. La libération accrue de CO₂ dans l'atmosphère et l'augmentation de sa concentration sont considérés comme responsables d'une augmentation de l'effet de serre à l'origine de changements climatiques susceptibles de mettre en danger les équilibres écologiques de la planète.

Questions :

1. Quels sont les éléments chimiques cités dans ce texte ?
2. Donne un nom à chacun des quatre réservoirs du carbone représentés par les cercles ci-dessous (L'initiale est donnée).
3. Sous quelle forme trouve-t-on le carbone dans chacun de ces réservoirs ? (réponds sur le schéma)
4. Comment le carbone passe-t-il d'un réservoir à un autre ? (Réponds sur le schéma en utilisant des flèches représentant la circulation du carbone et nomme le phénomène mis en jeu.)
5. En quoi les activités humaines ont-elle rompue l'équilibre qui existait entre ces réservoirs ? Quel réservoir se remplit de façon excessive ? Quel réservoir se vide ?

A

Sous quelle forme trouve-t-on
le carbone ? :

B.....

Sous quelle forme trouve-t-on
le carbone ? :

H.....

Sous quelle forme trouve-t-on
le carbone ? :

L.....

Sous quelle forme trouve-t-on
le carbone ? :