

La Terre est entourée d'une très mince enveloppe gazeuse : l'atmosphère, qui est composée principalement d'azote (78%) et d'oxygène (21%). La surface de la Terre est quant à elle recouverte à 70% par les océans, les 30% de terres émergées restantes étant très inégalement réparties.

L'atmosphère, les surfaces continentales, les océans et les glaces sont en interactions permanentes, à travers de nombreux processus physiques, chimiques ou biologiques. Cet ensemble très complexe, appelé « système climatique », régit notre climat : il influence les températures, les vents et les précipitations auxquels nous sommes confrontés au fil des jours, des saisons et des siècles.

L'énergie reçue du soleil est beaucoup plus importante dans les régions intertropicales qu'aux latitudes plus élevées. Heureusement, les mouvements des océans (les courants) et de l'atmosphère

(les vents) rééquilibrent en partie les choses, en transportant l'énergie des basses latitudes vers les hautes latitudes, refroidissant les premières et réchauffant les dernières. Ces mouvements s'organisent sur des milliers de kilomètres et sont conditionnés par la rotation de la Terre.

L'atmosphère et les océans se partagent à peu près également le transport de l'énergie de l'équateur vers les pôles : le transport océanique (courants) domine aux basses latitudes et le transport atmosphérique (vents) le relaie ensuite jusqu'aux pôles.

Le système terrestre est en équilibre entre l'énergie solaire reçue et les radiations réémises vers l'espace. Les gaz à effet de serre (GES), présents en faible quantité dans notre atmosphère, forment une « barrière » autour de la Terre, qui permet de retenir la chaleur du soleil. On peut comparer notre planète à une serre de jardinier, où les vitres retiennent la chaleur à l'intérieur de la serre.

L'effet de serre naturel permet ainsi à notre planète d'avoir une température moyenne de +15°C à sa surface. Sans cet effet de serre, il ferait -18°C sur Terre, et toute vie y serait impossible.

L'effet de serre, comment ça fonctionne ?

L'énergie solaire qui arrive sur la Terre provient d'une source très chaude (6000°C à la surface du soleil). Elle est composée de lumière visible (40%) d'infrarouges (IR) de longueur d'onde proche de la lumière visible (50%) et d'ultraviolets (UV) (10%). Quand elle pénètre la couche atmosphérique (1) l'énergie solaire connaît plusieurs péripéties. Une partie (30%) est immédiatement renvoyée dans l'espace, en étant réfléchi (l'albédo) soit par l'atmosphère (nuages), soit par la surface même du globe (océans, glaces, déserts, etc.) (2). Les 70% restants viennent chauffer l'atmosphère et la surface terrestre (3).

Le cycle naturel du carbone décrit les échanges de carbone qui ont lieu entre l'atmosphère, la biosphère terrestre et les océans. Ces échanges se produisent sous formes gazeuse, liquide et solide. Ils sont mesurés par une équivalence avec le CO₂, en milliards de tonnes de CO₂ par an (Gt CO₂/an).

Les flux naturels du carbone

• Les échanges de carbone **de l'atmosphère vers la Terre** sont de l'ordre de 220 Gt CO₂/an : les végétaux le captent par photosynthèse. Un flux inverse compense cette absorption, du fait de la respiration et la décomposition des végétaux.

• Les échanges **entre l'atmosphère et les océans** sont de l'ordre de 330 Gt CO₂/an : le carbone est absorbé par l'eau de mer ou intégré par le phytoplancton qui absorbe le CO₂ par photosynthèse (comme les végétaux terrestres) puis par le zooplancton (qui s'en nourrit) et le transforme en coquilles calcaires qui se déposent au fond de l'océan.

Les flux du carbone liés aux activités humaines : Depuis le début de l'ère industrielle (milieu du XIX siècle), l'homme rejette des milliards de tonnes de CO₂, du fait de la combustion des énergies fossiles, de la déforestation et des pratiques agricoles (labour des sols notamment).

Handwritten signatures and scribbles at the bottom of the page.

ALLEGATO
19

4) La Lune, pourtant très proche de la Terre à l'échelle du système solaire, subit de très fortes disparités de températures, puisque dans certaines régions, on y mesure plus de 100°C le jour et -183°C la nuit. Ces températures extrêmes s'expliquent notamment par l'absence d'atmosphère, qui régule la température sur Terre. Sur Mars, où l'atmosphère ne contient presque pas de gaz à effet de serre, la température moyenne est de -55°C . À l'inverse, l'atmosphère de Vénus, composé à 96% de CO_2 , a une température moyenne de $+458^{\circ}\text{C}$.

Sur Terre, les gaz à effet de serre ne représentent qu'une portion très faible de l'atmosphère. Par exemple pour le CO_2 , la concentration est de l'ordre de 0,04% ou 400 parties par million (ppm), contre 350 ppm avant l'ère industrielle. Ces gaz jouent pourtant un rôle déterminant dans le maintien d'une température terrestre propice à la vie, et leur équilibre est très fragile. Toute modification de leur concentration est susceptible de déstabiliser l'équilibre climatique.

8) Le climat terrestre a vu se succéder de nombreuses périodes glaciaires (« froides ») et interglaciaires (« chaudes »). Cette variabilité s'explique par la combinaison de multiples facteurs :

- Des facteurs astronomiques : l'orbite elliptique de la Terre autour du Soleil (périodicité de 100 000 ans), l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan orbital (périodicité de 40 000 ans), la variation de l'activité solaire, la chute de gros météorites, etc.
- Des facteurs « naturels » : éruptions volcaniques, etc.

10) La hausse du niveau des mers s'accélère. Sur la période 1901-2010, le niveau de la mer a augmenté de 19 centimètres, à un rythme annuel moyen de $+1,7 \text{ mm/an}$. Ce phénomène s'accélère grandement, puisqu'entre 1993 et 2010, la hausse moyenne est passée à $3,2 \text{ mm/an}$. La hausse du niveau des mers est donc deux fois plus rapide depuis 20 ans, par rapport au siècle dernier. Par endroits, cette élévation est bien plus importante, comme à Tuvalu (dans le Pacifique) où depuis 1993, le niveau de la mer s'élève de 5 mm/an .

9) Nous sommes depuis un plus de 10 000 ans dans une période interglaciaire (donc relativement chaude) avec un climat globalement très stable qui a permis l'expansion géographique et numérique de l'espèce humaine et le développement de nos civilisations. Selon les scientifiques, cette période interglaciaire devrait durer encore 10 ou 20 000 ans avant que la prochaine période glaciaire lui succède.

Toutefois, depuis le XIX^e siècle, on remarque un réchauffement rapide et persistant, jamais observé au cours des 480 000 dernières années. Cette observation est permise par l'analyse des carottes de glace de l'Antarctique :

Concernant la cryosphère, les dernières données du GIEC montrent que l'extension de la banquise en Arctique fin septembre a diminué d'environ 11% par décennie entre 1979 et 2012 (à l'inverse des calottes glaciaires qui se forment sur la terre, la banquise est une couche de glace qui se forme sur l'eau). Les observations montrent aussi une réduction significative du manteau neigeux, notamment au printemps : depuis les années 1960, il s'est réduit jusqu'à 11,7% (au mois de juin) par décennie.

11) *[Handwritten signature]*

ALLEGATE

19