

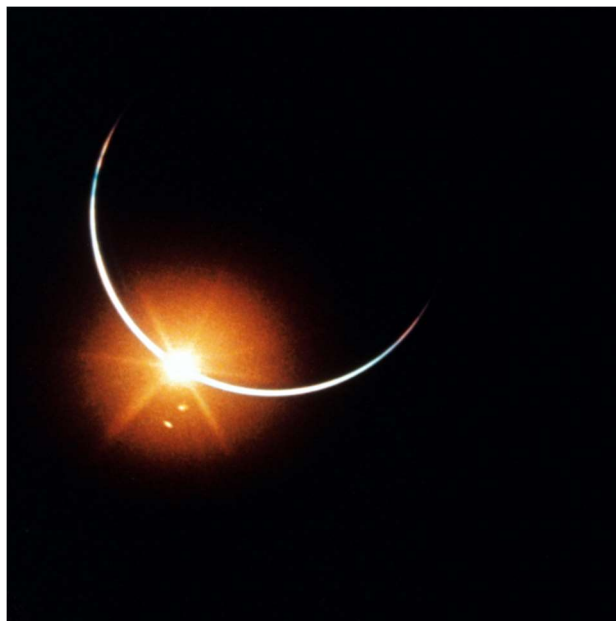
Capsule 3 : les GES



Dans cette capsule, on va parler de l'effet de serre et des gaz à effets de serre.

Le réchauffement climatique que l'on observe est expliqué par l'effet de serre ; la théorie de l'effet de serre est connue depuis très longtemps, elle remonte au début du 19^{ème} siècle ; les premières simulations climatiques ont émergé au début des années 60--70. Le lien entre climat et CO2 a été établi de façon incontestable au début des années 80. Ce qui est intéressant, c'est que les observations du réchauffement à l'échelle de la planète sont arrivées après la théorie et les modélisations. Parce que comme on l'a vu, il n'est pas si facile de mesurer la température globale de la Terre.

1. Tout commence par l'atmosphère.



Le climat de la Terre est dû à sa rotation autour du Soleil, sa rotation sur elle-même, et à son atmosphère.

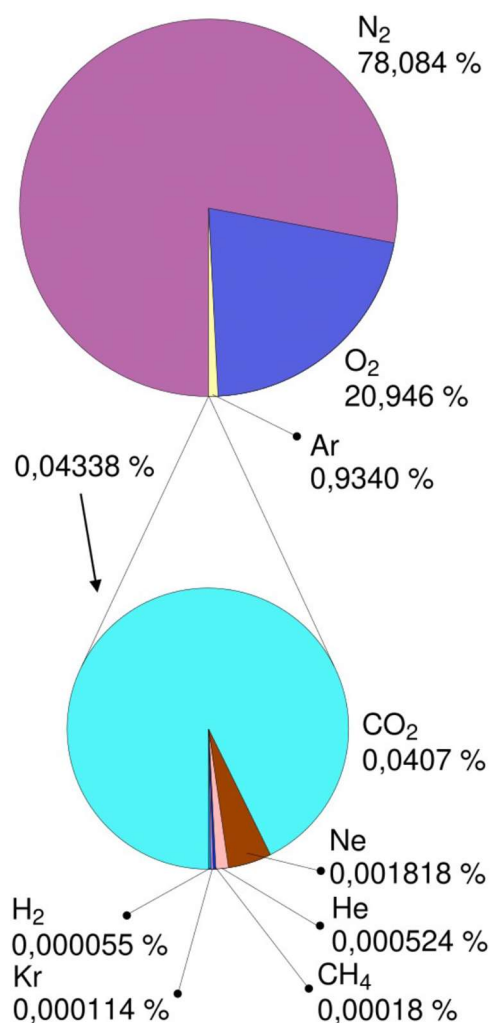
L'atmosphère est une couche gazeuse qui entoure la Terre ; beaucoup de planètes du système solaire ont des atmosphères, mais leurs compositions sont différentes. Par exemple Mars et Vénus ont des atmosphères mais on ne peut pas y respirer.

La composition de l'atmosphère de la Terre fait que nous pouvons vivre sur cette planète, et même y vivre agréablement Notre atmosphère est constituée de

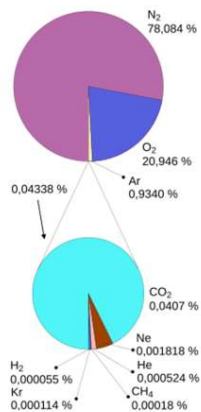
- 78% de di-azote, noté N₂
- 21% de di-oxygène, noté O₂

78+21, On arrive déjà à 99% !

Il y a encore 0.93% d'argon (un gaz rare), et il reste 0.07% pour d'autres gaz.



Le fameux CO₂ est dans cette toute petite proportion. Il est présent naturellement en proportion de **0,04%** dans notre atmosphère. Il est sidérant de voir comment la perturbation de cette infime proportion change notre climat de façon considérable !



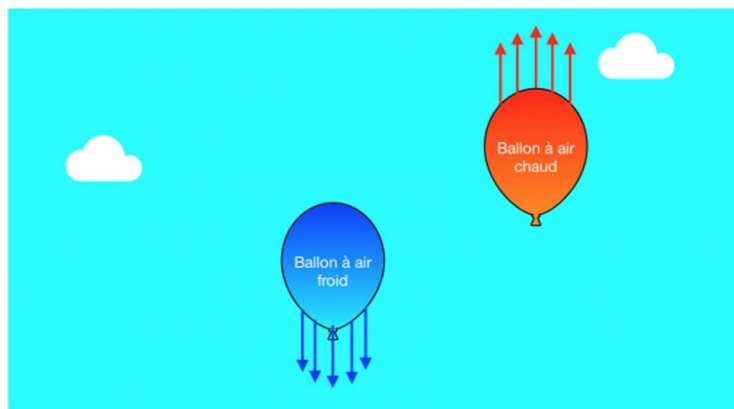
Composition de l'air sec

CO₂: 0,04%
Méthane CH₄: 0,00018%

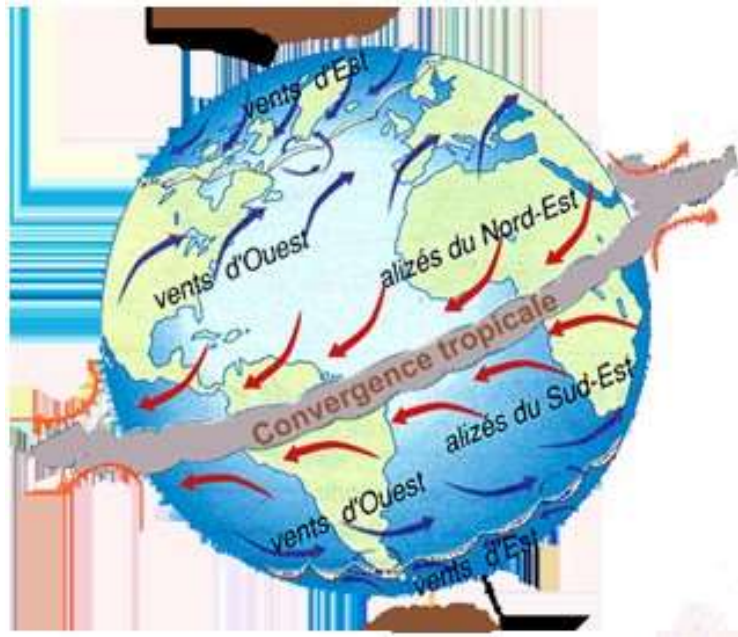
Le fait que cette proportion soit si petite, 0,04%, est un argument pour les climato-sceptiques : *une si faible concentration de CO₂ ne peut pas jouer un rôle important*. Et pourtant les experts scientifiques du monde entier sont formels. Pour illustrer le phénomène, on peut le comparer par exemple avec de l'encre : versez une goutte d'encre noire dans un litre d'eau et mélangez ! la couleur de l'eau a changé.

Revenons à notre atmosphère. Toutes ces molécules de gaz ne sont pas inertes ; au contraire elles sont en mouvement par des grands courants d'air.

Vous savez que l'air chaud monte ; par exemple, si vous faites bouillir de l'eau dans une casserole, vous avez observé que la vapeur d'eau se dirige vers le haut. Une montgolfière s'élève dans le ciel parce qu'on chauffe l'air du ballon ;



Dans le cas de la Terre, non seulement les masses d'air chaud et froid se déplacent vers le haut ou vers le bas, mais l'air se déplace vers l'ouest à cause de la rotation de la Terre. ET il y a d'autres phénomènes complexes qui président à d'autres mouvements globaux. L'atmosphère est donc agitée en permanence de mouvements d'air qui sont réguliers et prédictibles.



Une conséquence est que les molécules de gaz (dont le CO_2) qui sont émises en un point de la Terre vont se disperser et se répandre dans l'atmosphère sur toute la planète.

2. L'effet de serre ou l'effet couette

Nous avons donc une atmosphère très particulière ; elle a la particularité de contenir des gaz à effets de serre, ces gaz sont indispensables et nécessaires à notre vie, ils rendent notre planète habitable



L'effet de serre est en réalité une expression assez mauvaise car dans le langage courant, elle fait référence aux serres horticoles où on ventile de l'air chaud dans un espace confiné. Pour ce qui concerne notre atmosphère on devrait plutôt parler d'un effet couette.

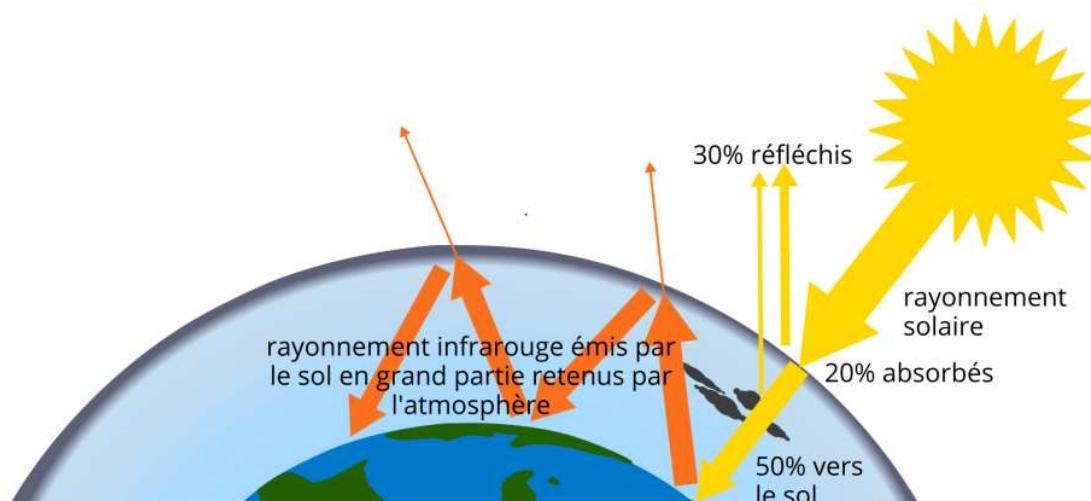


L'effet de serre est une sorte de chauffage solaire pour notre planète. En effet, le Soleil chauffe la Terre, ou plus précisément, c'est l'énergie transportée par le rayonnement solaire qui chauffe la Terre.

Comme le montre le schéma ci-dessous,

L'effet de serre

Un phénomène à l'oeuvre naturellement



Une partie du rayonnement solaire, environ 20%, est absorbée par l'atmosphère ; une partie, environ 30%, est réfléchiée par les nuages et les surfaces blanches de la planète qui agissent comme un miroir, et repart dans l'espace. C'est l'effet « albedo ». La dernière partie, c'est-à-dire la moitié du rayonnement, atteint la Terre et réchauffe sa surface. Et comme tout corps chaud, la Terre émet aussi un rayonnement en retour, sous forme d'infra rouges. Une petite partie de ce rayonnement émis par la Terre, environ 5%, traverse l'atmosphère et repart dans l'espace, l'autre partie est arrêtée et renvoyée à nouveau vers la surface.

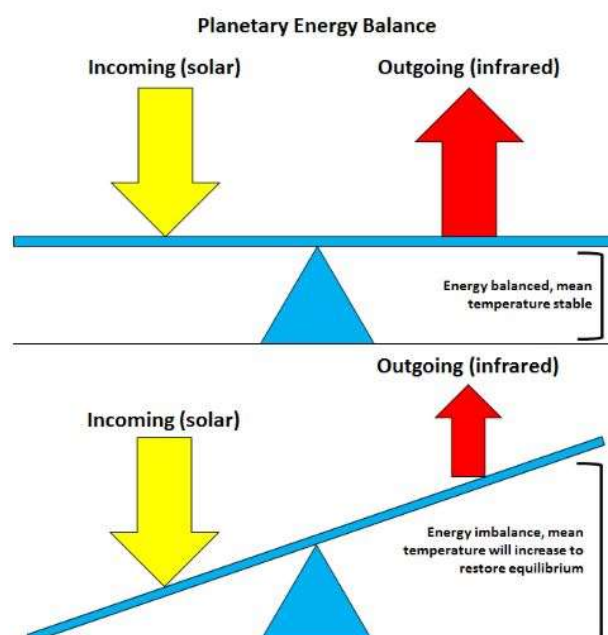
Au final, grâce à notre atmosphère si particulière, la Terre reçoit une partie du rayonnement solaire et une partie du rayonnement qu'elle a renvoyé et qui lui est à nouveau réfléchi.

On pourrait donc bien remplacer l'expression « effet de serre » par « effet couette ». De même que dans votre lit, sous la couette, même s'il fait froid dehors, la chaleur émise par votre corps va progressivement réchauffer le lit et vous serez bien au chaud. Votre couette bloque la chaleur corporelle et l'empêche de se perdre. Pour la Terre, c'est pareil : sa couette, c'est son atmosphère.

Grâce à cette couette, nous avons une température moyenne de 15 degrés (mesurée globalement sur le globe). Sinon la température sur la Terre serait la même que celle de la lune, car les deux sont à la même distance du Soleil, il ferait -18°C , et la vie telle que nous la connaissons deviendrait impossible.



La température de la Terre est stable depuis 10000 ans. A l'équilibre, la quantité d'énergie reçue par la Terre et la quantité d'énergie renvoyée sont équivalentes. Et pour rester à l'équilibre thermique, la Terre ne peut qu'émettre exactement la même quantité d'énergie qu'elle reçoit. Si la Terre reçoit plus qu'elle ne peut renvoyer dans l'espace, elle se réchauffe.



C'est ainsi qu'on parle de « forçage radiatif », qui est défini par la différence entre la quantité d'énergie reçue par la Terre et celle renvoyée. On parle de "forçage" pour signifier qu'on exerce une force qui provoque un déséquilibre, et de "radiatif" pour faire référence aux radiations émises par les corps chauds (Soleil, Terre) et réfléchies par l'atmosphère.

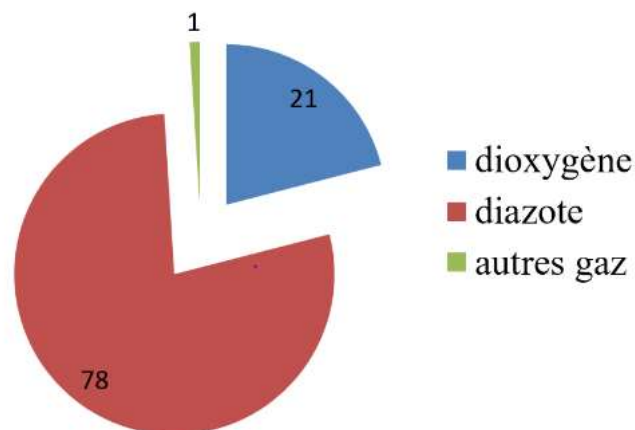
Actuellement nous sommes en déséquilibre avec un forçage radiatif positif, nous recevons trop de ce que nous pouvons renvoyer dans l'espace, parce que nous avons émis trop de gaz à effet de serre, qui sont persistants dans l'atmosphère et bloquent le renvoi du rayonnement émis par la Terre vers l'espace. On a épaissi la couette.

Mais alors, qui sont ces gaz à effet de serre ?



Ce ne sont pas tous les gaz qui composent l'atmosphère qui sont dit « à effet de serre » ; et heureusement sinon cela signifierait que tout le rayonnement de la Terre serait bloqué et la Terre n'aurait jamais cessé de chauffer.

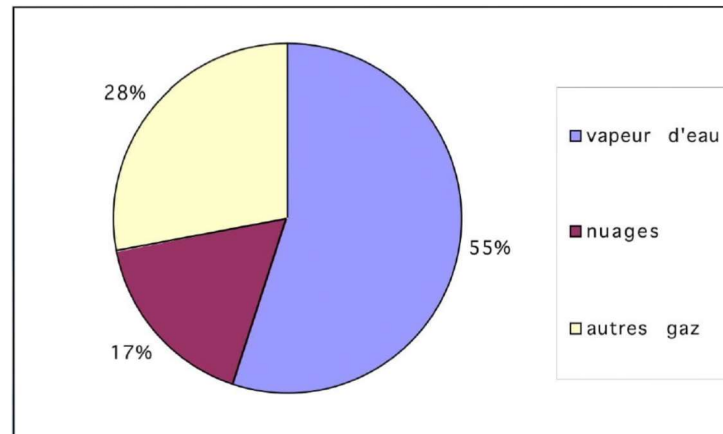
On a vu que l'atmosphère est composée à 99% de di-azote et de dioxygène O₂. Ce ne sont pas ces molécules qui bloquent le rayonnement de la terre et les GES sont donc dans les 1% des gaz restant !



Les GES sont donc très peu présents dans l'atmosphère mais leur efficacité est redoutable en matière d'effet couette.

Dans les GES on distingue principalement l'eau, H₂O ; et le CO₂. Le schéma ci-dessous illustre la répartition des différents GES **à l'équilibre**.

L'eau représente environ $\frac{3}{4}$ des GES, elle est présente sous forme de vapeur d'eau, 55%, et sous forme de gouttelettes dans les nuages, 17%.



La partie « autre gaz » (de 28%) est essentiellement du CO₂, mais rassemble aussi le méthane, l'ozone et le protoxyde d'azote N₂O (le gaz hilarant).

Ces 5 gaz sont naturellement présents dans l'atmosphère ; **la vapeur d'eau participe à 75% de l'effet de serre, tandis que le CO₂, bien que très peu présent dans l'atmosphère participe à près de 25% de l'effet de serre.**

Les gaz à effet de serre peuvent être évacués de plusieurs manières :

- par un phénomène physique. Par exemple la pluie enlève de la vapeur d'eau de l'atmosphère.
- par une réaction chimique intervenant dans l'atmosphère (c'est le cas du méthane)
- par une réaction chimique intervenant à l'interface entre l'atmosphère et la surface du globe : c'est le cas par exemple du CO₂ qui est stable dans l'atmosphère mais réagit avec les plantes et l'océan
- par des rayonnements : par exemple, les rayonnements électromagnétiques émis par le soleil et les rayonnements cosmiques « cassent » les molécules dans les couches supérieures de l'atmosphère. Une partie des halocarbures disparaissent de cette façon.

Les gaz à effet de serre n'ont pas tous la même durée de vie dans l'atmosphère : le temps de séjour est défini comme le temps nécessaire pour que leur concentration diminue de moitié.

Durées de séjour dans l'atmosphère

❖ Vapeur d'eau	quelques jours
❖ CO ₂	100 ans
❖ Méthane CH ₄	une dizaine d'années
❖ Ozone O ₃	quelques heures
❖ Protoxyde d'azote N ₂ O	120 ans

- la vapeur d'eau a une durée de séjour de quelques jours
- le méthane séjourne d'une dizaine d'années
- le CO₂ a une durée de séjour de 100 ans
- le protoxyde d'azote a aussi une durée de séjour du même ordre de grandeur, 120 ans
- certains halocarbures ont une durée de séjour extrêmement longue : jusqu'à 50 000 ans

S'ajoutent maintenant à des gaz naturels des halocarbures qui sont des gaz industriels.

De même l'activité humaine a fait augmenter les quantités de CO₂, de méthane, ozone et protoxyde d'azote.

Durées de séjour dans l'atmosphère

❖ Vapeur d'eau	quelques jours
❖ CO ₂	100 ans
❖ Méthane CH ₄	une dizaine d'années
❖ Ozone O ₃	quelques heures
❖ Protoxyde d'azote N ₂ O	120 ans
❖ Halocarbures (origine humaine)	> 50 000 ans

Au bout d'une décennie, la majeure partie du méthane émis a réagi avec l'ozone pour former du dioxyde de carbone et de l'eau. Ce dioxyde de carbone continue de réchauffer le climat pendant des centaines, voire des milliers d'années.

Dans les capsules suivantes nous allons aborder plus précisément les différents gaz à effet de serre ; la prochaine capsule parle de l'eau, H_2O .

Et en attendant, on a une belle image, pour se faire plaisir



Forêt amazonienne

Remarque (pour aller plus loin)

la durée de séjour exacte du dioxyde de carbone est difficile à définir : un tiers à la moitié du CO_2 émis est absorbé au cours des premières décennies, mais le rythme d'absorption ralentit substantiellement par la suite, de sorte qu'au bout de 1 000 ans, de 15 à 40 % du CO_2 émis jusqu'en 2100 sera toujours présent dans l'atmosphère, tandis que dans 10 000 ans, de 10 à 25 % du surcroît initial de CO_2 y persistera encore