The Alliance for Just Deliberation on Solar Geoengineering

Les systèmes climatiques interconnectés de la Terre

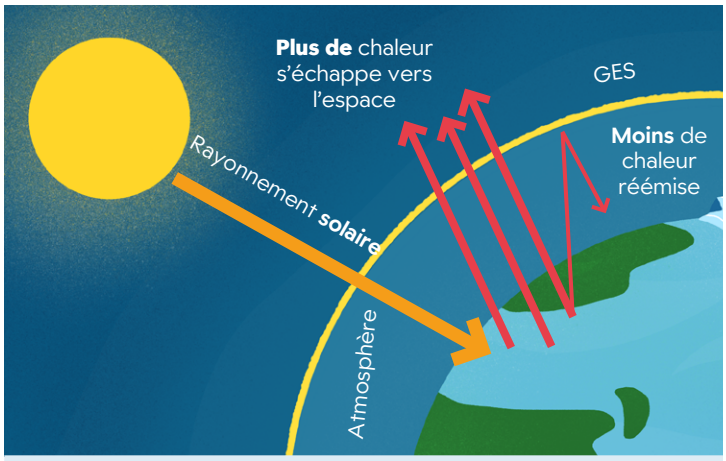
L'atmosphère : le régulateur climatique de la Terre

L'atmosphère terrestre, composée principalement d'azote (78%), d'oxygène (21%), et d'argon (0.93%), régule le climat de la planète et rend la vie possible. Des gaz présents à l'état de traces, tels que le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane et le protoxyde d'azote, retiennent une partie de la chaleur grâce à l'effet de serre, contribuant ainsi au maintien d'un climat propice à la vie. Toutefois, les activités humaines, notamment la combustion de combustibles fossiles et la déforestation, ont entraîné une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES). Cette hausse accroît la quantité de chaleur retenue dans l'atmosphère et perturbe l'équilibre climatique. L'atmosphère, par ailleurs, influence la redistribution de la chaleur et l'humidité. Par conséquent, l'augmentation des concentrations de CO_2 peut modifier les régimes de précipitations, intensifier les tempêtes et influencer la circulation océanique, illustrant ainsi l'interdépendance des systèmes terrestres.

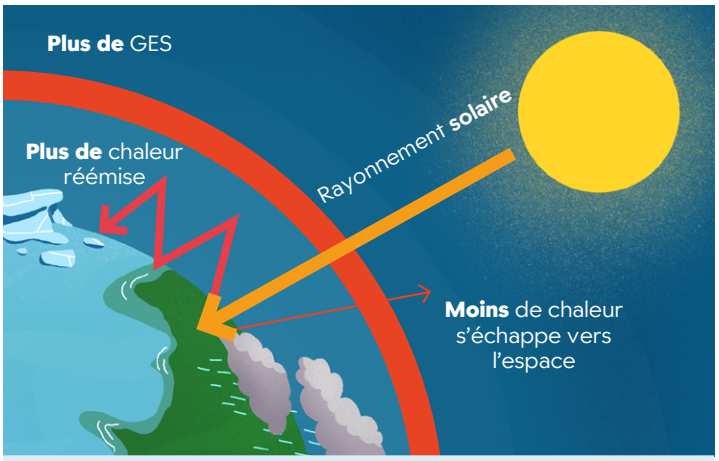
Bilan énergétique : comment la Terre maintient son équilibre

Le climat terrestre est alimenté par l'énergie du Soleil pénétrant dans le système climatique sous forme de rayonnement à ondes courtes. Cette énergie est absorbée par la surface terrestre et réémise sous forme de rayonnement à ondes longues. L'équilibre entre l'énergie solaire reçue et l'énergie émise constitue le bilan énergétique de la Terre et détermine sa température moyenne, jouant un rôle essentiel dans la régulation du climat. Les gaz à effet de serre retiennent naturellement une partie de cette chaleur émise, contribuant au maintien d'une température généralement agréable.

Toutefois, les activités humaines ont renforcé l'effet de serre et ont perturbé cet équilibre énergétique en augmentant la concentration de ces gaz. Cet effet de serre accru entraîne une hausse des températures mondiales, qui se traduit par la fonte des glaciers, l'élévation du niveau des mers et certains phénomènes météorologiques extrêmes. Même de faibles déséquilibres du bilan énergétique peuvent entraîner des répercussions en cascade sur les écosystèmes, les régimes climatiques, ainsi que sur les conditions de vie et les moyens de subsistance des populations.



Système stable



Effet de serre accru

Puits et sources de carbone : le rôle du stockage et des rejets

L'équilibre entre les puits et sources de carbone est un élément essentiel du système climatique terrestre, car il régule les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les puits de carbone sont des systèmes naturels qui absorbent et stockent davantage de carbone qu'ils n'en rejettent.

Exemples de puits de carbone :

- Forêts : Les arbres stockent le carbone dans leur biomasse et dans les sols.
- Océans : Ils absorbent une partie du CO_2 atmosphérique, bien que leur capacité d'absorption diminue à mesure qu'ils se réchauffent.
- Sols : Ils renferment du carbone organique, mais leur dégradation libère du CO_2.

Ces puits jouent un rôle essentiel en limitant l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère. Ils séquestrent le carbone sur des périodes variables selon le réservoir considéré. Par exemple, les océans peuvent stocker le carbone pendant plusieurs siècles, tandis que les forêts le retiennent sur des durées plus courtes, en fonction du taux de déforestation et de la santé des écosystèmes.

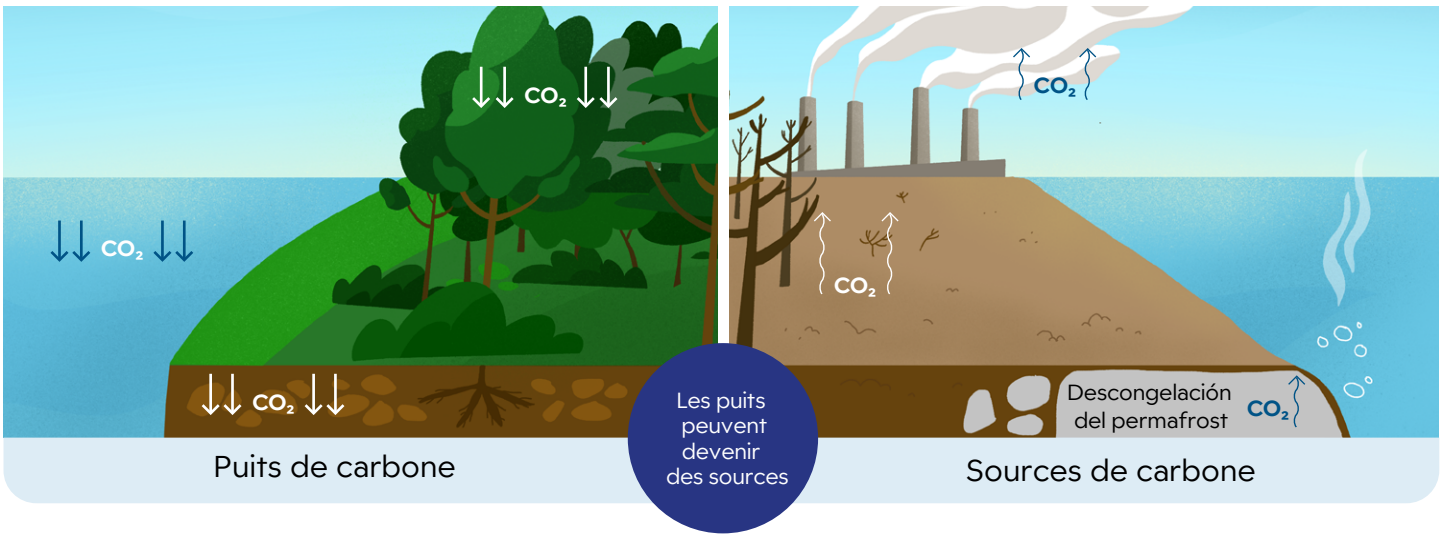
À l'inverse, les sources de carbone rejettent davantage de carbone qu'elles n'en absorbent, contribuant ainsi à l'augmentation des concentrations de CO_2 dans l'atmosphère.

Exemples de sources de carbone :

- Combustion de combustibles fossiles : Libère du CO_2 dans l'atmosphère.
- Déforestation : Réduit la capacité d'absorption et stockage du carbone.
- Dégel du pergélisol : Libère le méthane et le CO_2 stockés dans les sols gelés.

La distinction entre les puits et les sources de carbone est dynamique : selon les conditions, les puits peuvent devenir des sources. Par exemple, à mesure que les températures mondiales augmentent, le pergélisol dégèle, libérant le méthane et le dioxyde de carbone qui y étaient piégés. Un réservoir qui constituait auparavant un puits de carbone peut ainsi devenir une importante source d'émissions. De même, le réchauffement des océans réduit leur capacité à absorber le CO_2, affaiblissant ainsi l'un des principaux puits de carbone de la Terre.

Comprendre ces évolutions temporelles entre les puits et les sources est essentiel pour les stratégies d'atténuation du changement climatique. Les mesures visant à renforcer les puits naturels, telles que le reboisement et la séquestration du carbone dans les sols, peuvent contribuer à ralentir le changement climatique, tandis que la réduction des émissions provenant des principales sources demeure indispensable pour rétablir le bilan énergétique de la Terre.



Boucles de rétroaction : les réactions en chaîne du climat

Les boucles de rétroaction sont des processus du système climatique terrestre qui amplifient ou atténuent les changements. Elles illustrent le caractère étroitement interconnecté de l'atmosphère et du bilan énergétique de la Terre avec les autres composantes du système climatique.

Les boucles de rétroaction positives amplifient le réchauffement. À titre d'exemple :

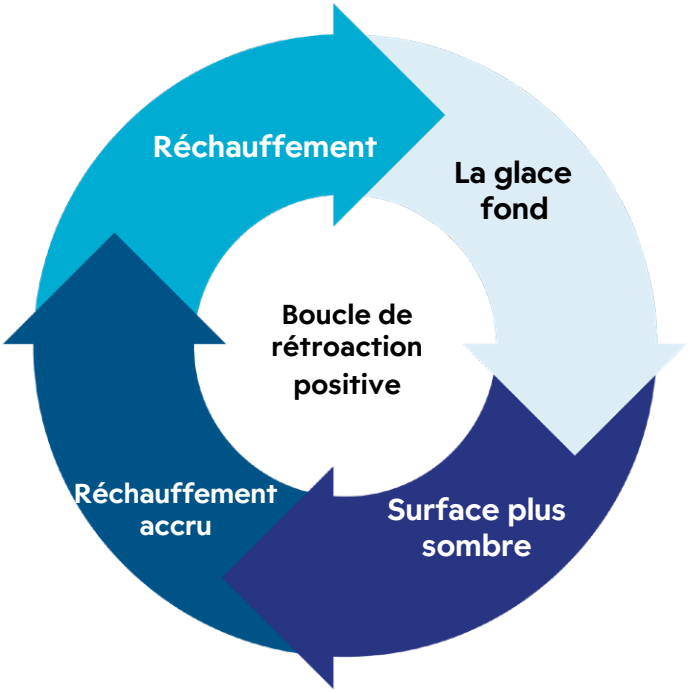
- Effet albédo de la glace : La fonte des glaces expose les eaux océaniques plus sombres, qui absorbent davantage de rayonnement solaire, renforçant ainsi la fonte des glaces.
- Dégel du pergélisol : Le dégel du pergélisol entraîne la libération de méthane, un puissant GES, renforçant ainsi le réchauffement climatique.

Les boucles de rétroaction négatives ralentissent ou limitent les changements climatiques. À titre d'exemple :

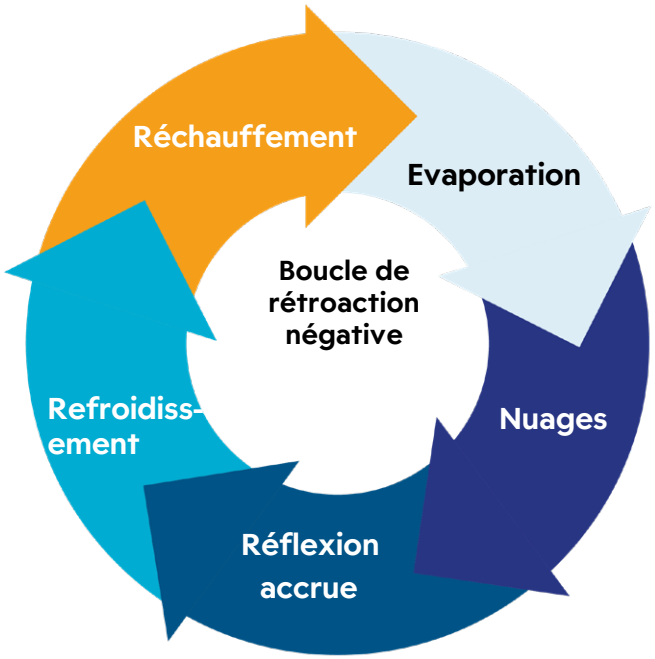
- Formation de nuages : Le réchauffement peut accroître l'évaporation et favoriser la formation d'une couverture nuageuse plus importante, laquelle réfléchit davantage de rayonnement solaire et contribue ainsi à atténuer le réchauffement.

Bien que les rétroactions négatives contribuent dans une certaine mesure à stabiliser le système climatique, de nombreuses rétroactions induites par le changement climatique d'origine humaine sont des rétroactions positives, qui renforcent le réchauffement climatique et en aggravent les conséquences.

Effet d'albédo de la glace



Formation de nuages



Importance de ces systèmes

L'atmosphère terrestre, le bilan énergétique de la Terre et les boucles de rétroaction sont étroitement interconnectés. Toute modification d'une composante du système peut entraîner des répercussions sur les autres et amplifier les effets du changement climatique. Par exemple, le réchauffement de l'atmosphère, résultant d'un déséquilibre du bilan énergétique, accélère la fonte des glaces (une rétroaction positive), ce qui modifie les régimes météorologiques à l'échelle mondiale. Comprendre ces interactions est essentiel pour stabiliser le climat et éviter les effets en cascade associés au réchauffement de la planète.