

Le pergélisol : nouvelle source de pollution

Augustin Triboulet

Master en sciences spatiales

Introduction

De grandes quantités de matière organique sont contenues depuis des millénaires dans les sols de l'Arctique. Ces sols gelés sont appelés « pergélisol ». Le réchauffement climatique peut amener ces pergélisols à fondre, provoquant ainsi la libération de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (dioxyde de carbone et méthane). L'importance et l'évolution du réchauffement du pergélisol et de ses conséquences restent cependant encore incertaines. Quels sont et seront les impacts de la mise en route de ces nouvelles sources de gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique global ?

Le pergélisol

On définit un pergélisol comme étant un sol restant gelé pendant au moins deux années consécutives. Le pergélisol se forme à haute latitude ou à haute altitude, là où la température descend suffisamment bas (en-dessous de 0°C) durant toute l'année. Le pergélisol peut être composé de sédiments ou de roches et d'une quantité variable de glace. L'eau gelée contenue dans ce sol agit comme un ciment et maintient les différents matériaux ensemble. Le pergélisol couvre une grande surface sur les continents. Ils représentent environ un quart de la surface des continents dans l'hémisphère Nord. Ils couvrent la moitié de la superficie du Canada. On en retrouve également en Russie, en Alaska et au Groenland. En Europe, il est présent en Scandinavie et à haute altitude, dans les montagnes principalement.

On distingue plusieurs types de pergélisols. Le pergélisol est dit continu lorsque au moins 90% des terres sont recouvertes de pergélisol et discontinu lorsqu'ils couvrent entre 10 et 90%. Mais on retrouve également du pergélisol sous les mers peu profondes de l'Arctique, le pergélisol sous-marin. Ce pergélisol a été inondé durant la dernière déglaciation et a été conservé depuis lors.

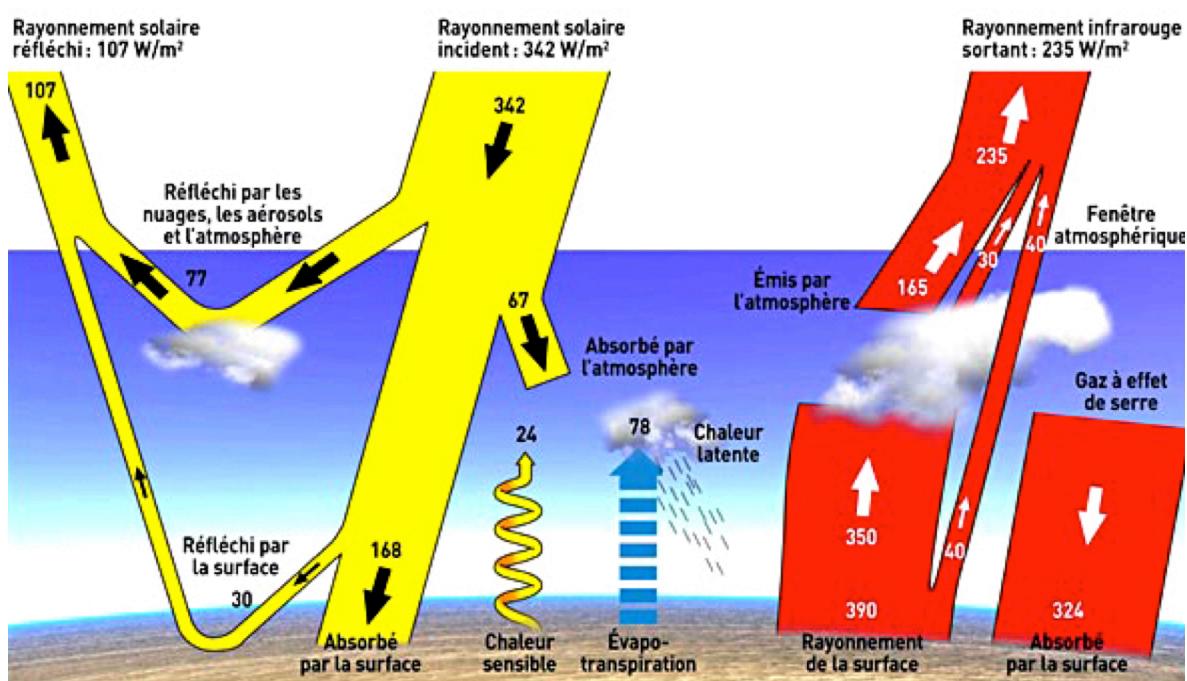
Au-dessus de la partie profonde du sol gelé en permanence se trouve une mince couche de sol appelée couche active. Cette couche dégèle en été et gèle en hiver. Elle peut avoir une profondeur de 30 à 200 cm. Le pergélisol peut lui s'étendre jusqu'à 1500 m de profondeur. La plupart des pergélisols actuels se sont formés depuis la fin de la dernière période glaciaire. Le gel de la couche active en hiver conduit celle-ci à se contracter, ce qui engendre des fissures dans le sol. En été, ces fissures se remplissent d'eau et gèlent à nouveau en hiver, agrandissant ainsi leur profondeur. Ce procédé peut se poursuivre pendant des milliers d'années et conduire à la formation de polygones à la surface du sol, très caractéristiques des zones contenant le pergélisol.

Avec l'allongement de la période chaude de l'année et l'augmentation de la température liée au réchauffement climatique, la couche active s'étend de plus en plus profondément dans le sol gelé et le pergélisol finit par disparaître. La fonte du pergélisol a plusieurs conséquences locales. Elle conduit à la déstabilisation et à l'érosion des sols, à des glissements de terrain ainsi qu'à la formation de réserves naturelles d'eau dans le sol. En effet, la glace jouant un rôle de ciment permet le maintien du sol, ainsi que le maintien de la réserve d'eau, grâce à son imperméabilité.

Mais la fonte du pergélisol pourrait contribuer à augmenter la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et avoir ainsi une conséquence à l'échelle globale sur le réchauffement climatique en renforçant l'effet de serre..

Les gaz à effet de serre

Le soleil émet toute une gamme de rayonnement électromagnétique. On classe ces ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde (la longueur d'une oscillation de l'onde) ou de leur fréquence d'oscillation (le nombre d'oscillations par seconde). Le soleil émet lui un rayonnement couvrant toutes les longueurs d'onde de l'ultraviolet à l'infrarouge en passant par la lumière visible. En se dirigeant vers la surface de la Terre, une partie de ce rayonnement est réfléchie par les hautes couches de l'atmosphère et par certains constituants présents sur Terre (comme la glace,...). La partie qui n'est pas réfléchie est absorbée minoritairement par l'atmosphère et majoritairement par le sol. Le rayonnement absorbé par le sol réchauffe ce dernier. Le sol va émettre un rayonnement dans l'infrarouge dont une partie est dispersé dans l'espace, tandis que l'autre interagit avec certaines molécules présentes dans l'atmosphère.

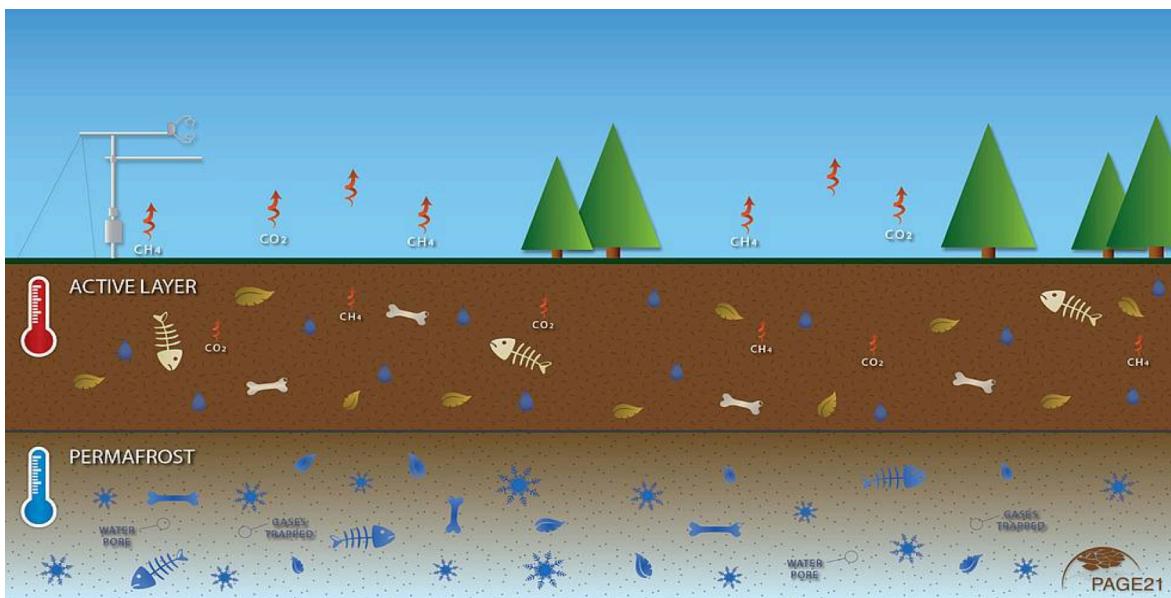


Source : ?

En effet, une molécule, un peu comme un ressort, peut se mettre à osciller. Ces vibrations des atomes au sein de la molécule sont induites par l'absorption de rayonnement à des longueurs d'onde bien spécifiques, dépendant du type de molécule. Par exemple, l'eau et le dioxyde de carbone présentent des fréquences de vibration dans l'infrarouge. Lorsque le rayonnement infrarouge émis par la terre rencontre ces molécules, il est absorbé et fait vibrer ces molécules. Ces molécules sont appelées gaz à effet de serre. Les gaz à effet de serre capturent le rayonnement infrarouge émis par la Terre conduisant à l'augmentation de la température de l'atmosphère. Ils ont ainsi permis de maintenir une température propice au développement de la vie sur Terre. Cependant avec la révolution industrielle, la concentration de ces gaz présents naturellement a considérablement augmenté, conduisant l'atmosphère à se réchauffer davantage.

La fonte du pergélisol

De la matière organique provenant de restes de plantes ou d'animaux est conservée depuis des milliers d'années dans le pergélisol. Cette matière organique continue d'y être préservée aussi longtemps que le pergélisol se maintient. Lorsque le permafrost fond, elle est exposée aux bactéries et commence à être décomposée. Du dioxyde de carbone et du méthane, qui sont deux



Source : <https://www.page21.eu>

gaz à effets de serres, sont alors rejetés dans l'atmosphère, contribuant à accélérer le réchauffement climatique et donc le dégel du pergélisol : une boucle de rétroaction s'active.

Il existe beaucoup d'autres boucles de rétroaction dans le système climatique. On parle de *rétroaction positive* lorsqu'elle amplifie le réchauffement climatique. À l'inverse, on parle de *rétroaction négative* si elle atténue le réchauffement climatique. Prenons l'exemple de la rétroaction de la vapeur d'eau. La vapeur d'eau est un gaz à effet de serre. Avec le réchauffement climatique, la température de la terre augmente. Cette augmentation de température permet d'augmenter le niveau de saturation de la vapeur d'eau dans l'air. Ceci signifie qu'avec l'augmentation de température, plus de vapeur d'eau peut se trouver dans l'air. On a donc plus de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui amplifie le réchauffement climatique. La température augmente alors et donc la quantité maximale de vapeur d'eau dans l'air peut encore augmenter et ainsi de suite. C'est une boucle de rétroaction positive. D'un autre côté, l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'air permet de former de plus en plus de nuages lors de la condensation. Les nuages agissent sur une partie du rayonnement provenant du Soleil un peu comme un miroir et les renvoient vers l'espace. Donc le rayonnement atteignant la surface de la Terre est réduit. C'est une boucle de rétroaction négative : le réchauffement de la Terre produira de plus en plus de nuages, ce qui augmentera de plus en plus la quantité de rayonnement solaire réfléchi vers l'espace. On voit que l'augmentation de la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère est à l'origine de deux boucles de rétroaction à effets opposés, mais qui n'auront pas la même importance dans leur action sur le climat.

La boucle de rétroaction résultant de la fonte du pergélisol est une boucle de rétroaction positive. Le carbone emmagasiné depuis des milliers d'années dans le pergélisol pourrait être rejeté dans l'atmosphère. Il y a actuellement deux fois plus de carbone sous forme de matière organique dans le pergélisol qu'il n'y en a dans l'atmosphère sous forme de CO_2 . On estime qu'une grande partie de cette réserve de carbone pourra être libérée sous forme de CO_2 ou de CH_4 et être rejetée dans l'atmosphère.

Les effets du dégel du pergélisol peuvent déjà être observés, mais il est difficile de prédire leur évolution future. En effet, il y a beaucoup de paramètres influençant le comportement du pergélisol. Par exemple, l'augmentation de la température contribue à la croissance de la végétation dans certaines régions, compensant ainsi l'émission de dioxyde de carbone, du moins partiellement. De même, la fonte du pergélisol permet l'installation de végétation sur sa surface, créant ainsi une boucle de rétroaction négative. L'isolation du

pergélisol de l'air froid lorsque des couches de neige se forment favorise son dégel. L'influence nette de l'ensemble de ces paramètres est cependant difficile à évaluer. De plus, il y a d'autres phénomènes observés qui restent incompris : dans certaines régions, la couche active devient de plus en plus épaisse, alors que la température du pergélisol reste constante ; dans d'autres régions par contre, l'épaisseur de la couche active reste constante, alors que le pergélisol se réchauffe rapidement. Il est donc difficile de prédire comment le dégel du pergélisol va évoluer, et a fortiori, d'évaluer quelles conséquences ce dégel aura effectivement sur le réchauffement climatique.

L'étude des climats du passé offre la possibilité d'avoir un meilleur aperçu de l'impact potentiel du dégel de pergélisols sur le climat. Les pergélisols qui s'étaient développés autour des grandes calottes glaciaires pendant la dernière glaciation ont dégelé lors de la déglaciation. Il semble que les bactéries n'auraient pas eu suffisamment de temps pour décomposer toute la matière organique présente dans ces pergélisols. Les conséquences du futur dégel des pergélisols pour le climat pourraient donc être moins graves que l'on craint actuellement.

Conclusion

On a vu que le réchauffement climatique entraînait le dégel du pergélisol. Celui-ci étant exposé aux microbes se décompose et produit d'importantes quantités de gaz à effet de serre. Différentes boucles de rétroaction se mettent en place par la suite. En raison des nombreux paramètres qui affectent le pergélisol, il est difficile de prédire de manière quantitative quelle influence ce dégel aura en fin de compte sur le réchauffement climatique.

Pour en savoir plus

- <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/rechauffement-climatique-arctique-permafrost-fond-70-ans-plus-tot-prevu-43336/>
- Kate Marvel. Les nuages, amplificateurs du réchauffement. Pour la Science No. 484, pp. 50-56, 2018.
- <https://eo.belspo.be/fr/degel-du-pergelisol>