

Le dégel de la toundra

Du puits de carbone à la source de carbone

Le pergélisol, que l'on trouve dans la toundra, est une couche de sol qui est généralement gelée en permanence. Que se passe-t-il lorsque le **pergélisol** n'est plus aussi "**perma**"? Avec la hausse des températures mondiales, l'Arctique connaît des températures plus chaudes qui entraînent le dégel du pergélisol. Quel est l'impact de ce dégel sur les changements climatiques?

Dans cette fiche d'information, les apprenants découvriront le biome de la toundra et le pergélisol et en apprendront davantage sur les conséquences du dégel de la toundra.

La toundra

La toundra est le plus froid des biomes et se trouve principalement dans les régions polaires et subpolaires de la Terre ou dans les hautes montagnes. Au Canada, la toundra s'étend sur une grande partie du continent dans les territoires et provinces du nord notamment le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et certaines parties du nord du Québec et du Labrador. La toundra couvre également l'archipel arctique canadien, qui se compose principalement de nombreuses îles de l'océan Arctique dont l'île de Baffin, l'île Victoria et les îles Queen Elizabeth.

Les régions bleues de cette carte sont celles où se trouve le biome de la toundra (Image de la NASA, consultée en 2025)

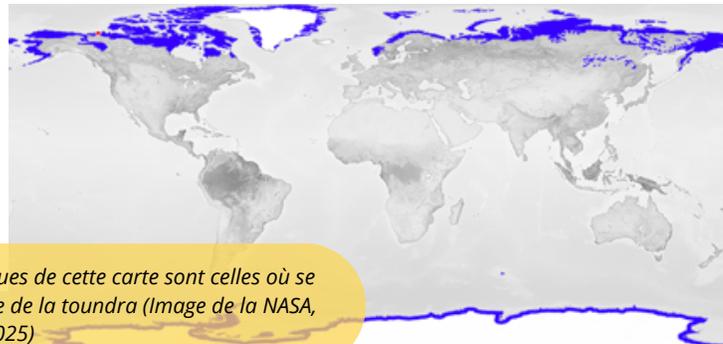
Biomes

Un biome est une zone de la planète classée en fonction des organismes vivants (plantes et animaux) qui y vivent. Il existe six grandes catégories de biomes : la toundra, le désert, la prairie, la forêt, l'eau douce et l'eau de mer.

Biome ou écosystème : Quelle est la différence ?

- **Un écosystème est un réseau unique d'éléments qui interagissent** dans certaines conditions. Par analogie, on peut considérer une classe de deuxième année comme un écosystème.
- **Un biome consiste à identifier le type de zone en fonction de ce qui y vit.** Pour rester dans notre analogie, un biome, c'est comme déterminer qu'un bâtiment que vous regardez est une école (parce que vous avez remarqué un tas d'élèves et d'enseignants dans le bâtiment).

Si vous réfléchissez à notre analogie, il y a probablement plusieurs niveaux et types de classes dans une école! On peut également s'attendre à ce qu'un biome spécifique ("école") abrite certains écosystèmes ("classes").





Le climat de la toundra est froid et rude, mais la vie y est omniprésente! Environ 150 000 personnes vivent dans la région arctique du Canada, dont plus de la moitié sont des autochtones. Des lichens et des mousses poussent dans la toundra ainsi que des arbustes, des carex et des herbes. Cependant, très peu d'arbres peuvent pousser en raison du pergélisol et de la très courte période de végétation. La toundra canadienne abrite une grande variété d'espèces animales, dont le renard arctique, l'ours polaire, le loup gris, le caribou, l'oie des neiges et le bœuf musqué. Ces animaux sont bien adaptés aux conditions extrêmes de la toundra.

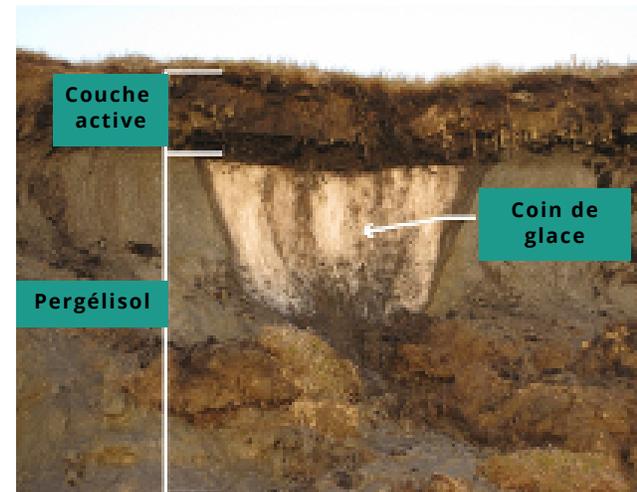
La toundra arctique connaît des hivers longs et froids et des étés courts et frais. Prenons l'exemple des conditions météorologiques d'Aklavik dans les Territoires du Nord-Ouest : les températures mensuelles moyennes peuvent varier de -30°C en janvier à 14°C en juillet. La toundra reçoit également peu de précipitations, 150 à 250 millimètres de pluie par an, ce qui la rend semblable à un désert (NASA, 2025).

Pergélisol

Le mot toundra vient du mot finlandais tunturia. Tunturia signifie "plaine sans arbres".

Le sol d'une toundra typique est généralement composé de deux couches, la couche active et la couche de pergélisol. La couche active dégèle normalement pendant les courts mois d'été (50 à 60 jours) et gèle à nouveau le reste de l'année (NOAA, 2019). Cette couche de sol n'est généralement pas très profonde et dans les régions froides, le sol dégèle rarement - la couche active peut n'avoir qu'une épaisseur de 4 à 6 pouces (environ 10 à 15 centimètres)!

Sous la couche active se trouve la couche de pergélisol. Le pergélisol est une caractéristique essentielle de la toundra. Il est constitué de sol, de roches et de sable maintenus ensemble par la glace. Le sol et la glace du pergélisol restent gelés (en dessous de 0 °C) tout au long de l'année. Par conséquent, seules les plantes à faible croissance et au système racinaire peu profond comme les herbes, les mousses, les lichens et les petits arbustes peuvent pousser dans la toundra. Le sol gelé empêche également l'écoulement de l'eau, ce qui entraîne la formation d'étangs, de lacs et de marais. Ces zones humides constituent un habitat important pour diverses espèces et favorisent une grande biodiversité dans l'écosystème de la toundra.



Crédit photo : Benjamin Jones, USGS. Domaine public (modifié)

La toundra, un puits de carbone?

La toundra arctique était autrefois considérée comme un puits de carbone, ce qui signifie qu'elle absorbait plus de dioxyde de carbone de l'atmosphère qu'elle n'en rejetait pendant la période de croissance estivale. Cette absorption de carbone se produit grâce au processus de photosynthèse au cours duquel les plantes utilisent la lumière du soleil, l'eau et le dioxyde de carbone pour produire de la matière organique, y compris de la biomasse végétale. En outre, lorsque les végétaux se décomposent, la matière organique est ajoutée au sol. Cette matière organique contribue à l'accumulation de carbone dans la couche superficielle du sol. Dans les climats plus froids, les taux de décomposition sont relativement lents, ce qui permet à la matière organique de rester dans le sol.



Il y a BEAUCOUP de carbone stocké dans le pergélisol nordique ; le carbone organique total stocké dans cette région est estimé entre 1 460 et 1 600 milliards de tonnes métriques (Arctic Report Card, 2019), soit environ deux fois plus que ce qui est actuellement contenu dans l'atmosphère!

Cependant, avec l'augmentation des températures, les choses changent et la toundra arctique n'est plus un puits de carbone.

Le pergélisol de Yedoma est connu pour sa forte teneur en carbone organique, ce qui en fait un réservoir important de carbone dans les régions de Yedoma, qui comprennent le nord de la Yakoutie, l'Alaska et le Yukon. Les sédiments de Yedoma sont apparus au cours de la dernière période glaciaire (il y a environ 20 000 ans), lorsque ces régions n'étaient pas recouvertes de glace. À cette époque, des limons fins, connus sous le nom de lœss, ont été déposés par l'action du vent et ont enseveli dans le sol de grandes quantités de matières organiques telles que des restes de plantes et d'animaux. Ce carbone organique a été préservé pendant des milliers d'années grâce aux températures froides et aux conditions de gel du pergélisol.



La toundra - une source de carbone!

"Les zones terrestres de l'Arctique constituent un puits de carbone depuis des milliers d'années, ce qui signifie que les plantes ont éliminé le dioxyde de carbone de l'atmosphère et qu'elles l'ont stocké à long terme dans le sol et le pergélisol.

Toutefois, l'augmentation des températures de l'air de surface entraîne le réchauffement et le dégel du pergélisol, ce qui permet au dioxyde de carbone et au méthane stockés d'être libérés dans l'atmosphère. Les incendies de forêt et d'autres perturbations augmentent les rejets de dioxyde de carbone et de méthane. L'ensemble de ces changements a fait passer la toundra arctique du statut de puits net de carbone à celui de source".

- Haley Thiem, [NOAA, décembre 2024](#)

La région arctique a connu un réchauffement rapide par rapport au reste du monde. La température moyenne de l'air dans l'Arctique a augmenté de plus de 3 degrés Celsius, soit trois fois le taux de réchauffement moyen de la planète. À mesure que les températures augmentent, la toundra subit des changements qui entraînent la libération dans l'atmosphère du carbone stocké. Cette libération de carbone est supérieure au stockage qui se produit, c'est pourquoi nous ne pouvons plus qualifier la toundra arctique de puits de carbone.

Avec le réchauffement, que se passe-t-il dans la toundra?

Lacs thermokarstiques

Le réchauffement accéléré contribue au dégel du pergélisol. (McGee et Gribkoff, 2022). L'augmentation de la température de l'air entraîne le dégel du pergélisol de surface. La fonte de la glace à l'intérieur du pergélisol crée des espaces vides. Ces vides peuvent entraîner l'enfoncement de la surface du sol et former des dépressions qui se remplissent d'eau provenant de la fonte de la glace, créant ainsi des lacs thermokarstiques.

L'eau des lacs absorbe et retient la chaleur du soleil, ce qui entraîne un réchauffement supplémentaire du pergélisol environnant et des couches de sol sous-jacentes. Ce dégel accéléré peut entraîner une perte de stabilité de plusieurs mètres de sol en quelques semaines seulement, ce qui se traduit par un affaissement du terrain. Lorsque le pergélisol dégèle et que le sol devient moins stable, le poids et la pression supplémentaires de l'eau des lacs peuvent déstabiliser les pentes, entraînant une augmentation de l'érosion et des glissements de terrain.



Les polygones dans la neige indiquent que le pergélisol sous-jacent est en train de fondre.
Photo credit: NASA/JPL-Caltech/Charles Miller



Lacs thermokarstiques
Photo credit: Miriam Jones, U.S. Geological Survey



Le pergélisol dégelé tombe dans l'océan.
Photo credit: Christopher Arp, U.S. Geological Survey

Augmentation de l'activité microbienne

Le dégel du pergélisol crée des conditions favorables à l'activité microbienne et aux processus de décomposition. Lorsque la matière organique gelée est exposée à des températures plus chaudes, les microbes décomposent le carbone organique, le consommant comme source d'énergie et libérant du dioxyde de carbone et du méthane comme sous-produits. Ces gaz à effet de serre peuvent alors pénétrer dans l'atmosphère, contribuant ainsi à l'effet de serre et risquant d'exacerber les changements climatiques.

Le dégel du pergélisol dans la toundra s'accompagne initialement d'une augmentation de la croissance des plantes et d'un effet de puits de carbone. Toutefois, à mesure que le dégel progresse, le carbone libéré par la décomposition de la matière organique dépasse l'absorption par les plantes, ce qui entraîne une libération nette de carbone dans l'atmosphère.

À terme, si le réchauffement climatique n'est pas maîtrisé, une quantité importante de carbone organique stocké dans le pergélisol sera libérée dans l'atmosphère en l'espace de quelques décennies, faisant de la toundra l'une des plus grandes sources de carbone contribuant au réchauffement climatique.

References

Arctic Council. (n.d.). Canada. *Arctic Council*. Retrieved January 7, 2025, from <https://arctic-council.org/about/states/canada/>

Arctic Report Card. (2019). Permafrost and the global carbon cycle. *NOAA Arctic Program*. Retrieved January 7, 2025, from <https://arctic.noaa.gov/report-card/report-card-2019/permafrost-and-the-global-carbon-cycle/>

MIT Climate Portal. (n.d.). Permafrost. *MIT Climate Portal*. Retrieved January 7, 2025, from <https://climate.mit.edu/explainers/permafrost>

NASA Climate Kids. (n.d.). What is permafrost? *NASA Climate Kids*. Retrieved January 7, 2025, from <https://climatekids.nasa.gov/permafrost/>

NASA Earth Observatory. (n.d.). Tundra biome. *NASA Earth Observatory*. Retrieved January 7, 2025, from <https://earthobservatory.nasa.gov/biome/biotundra.php>

National Geographic Society. (n.d.). Tundra biome. *National Geographic*. Retrieved January 7, 2025, from <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/tundra-biome>

National Science Foundation. (n.d.). Tundra landscape with thermokarst lake. *National Science Foundation*. Retrieved January 7, 2025, from https://www.nsf.gov/news/mmg/mmg_disp.jsp?med_id=66343&

NOAA Climate.gov. (2024). Arctic tundra now a net source of carbon dioxide. NOAA Climate.gov. Retrieved January 7, 2025, from <https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2024-arctic-report-card-arctic-tundra-now-net-source-carbon-dioxide>

U.S. Geological Survey. (n.d.). Thermokarst lakes. *U.S. Geological Survey*. Retrieved January 7, 2025, from <https://www.usgs.gov/media/images/thermokarst-lakes>