



## Fonte du permafrost

La surface de permafrost (les sols gelés durant au moins 2 années consécutives) est estimée à 20 % des terres du monde. La fonte du permafrost est une des conséquences du réchauffement climatique. Avec l'augmentation des températures, le permafrost devient une source de carbone très importante pour l'atmosphère, sous forme de CO<sub>2</sub> mais aussi de méthane ce qui a pour conséquence d'accélérer le réchauffement à moyen terme.

Rédaction : Bertrand Guenet (avril 2023)

### Qu'est ce que le pergélisol ?

Le **pergélisol**, aussi connu sous son nom anglais de « *permafrost* », est un sol qui est **gelé de manière permanente** pour une durée d'**au moins deux ans consécutifs**. Il peut y avoir pour une même colonne de sol une zone de pergélisol en profondeur et en surface une couche qui ne gèle pas ou seulement une partie de l'année. L'existence de cette **couche dite « active »** permet l'activité biologique, les transferts verticaux et horizontaux d'eau liquide et les flux latéraux de matières organiques vers les écosystèmes aquatiques. La couche de **pergélisol** est, elle, **imperméable**, l'eau ne s'y écoule quasiment pas et les racines ne s'y développent pas. Selon la classification du Référentiel pédologique, ces sols sont des **cryosols**. La base de référence mondiale pour les ressources en sols (WRB en anglais) utilise également ce terme de cryosols. Environ ¼ de la surface de l'hémisphère nord est couvert de permafrost (Gruber, 2012) et **1024 milliards de tonnes de carbone sont stockés dans les 3 premiers mètres** (Tarnocai *et al.*, 2009).

Par abus de langage, nous allons désigner comme zone de pergélisols, des zones qui comportent des pergélisols et dont **la taille de la couche active est inférieure à 3 m**. Lorsque des cartes de pergélisols sont créées, nous allons distinguer les zones à **pergélisol continu** (> 90 % de la surface est couverte par des pergélisols), les zones à **pergélisol discontinu** (entre 50 et 90 % de la surface est couverte par des pergélisols), les zones à **pergélisol sporadique** (entre 10 et 50 % de la surface est couverte par des pergélisols) et les zones à **pergélisol isolé** (< 10 % de la surface est couverte par des pergélisols).

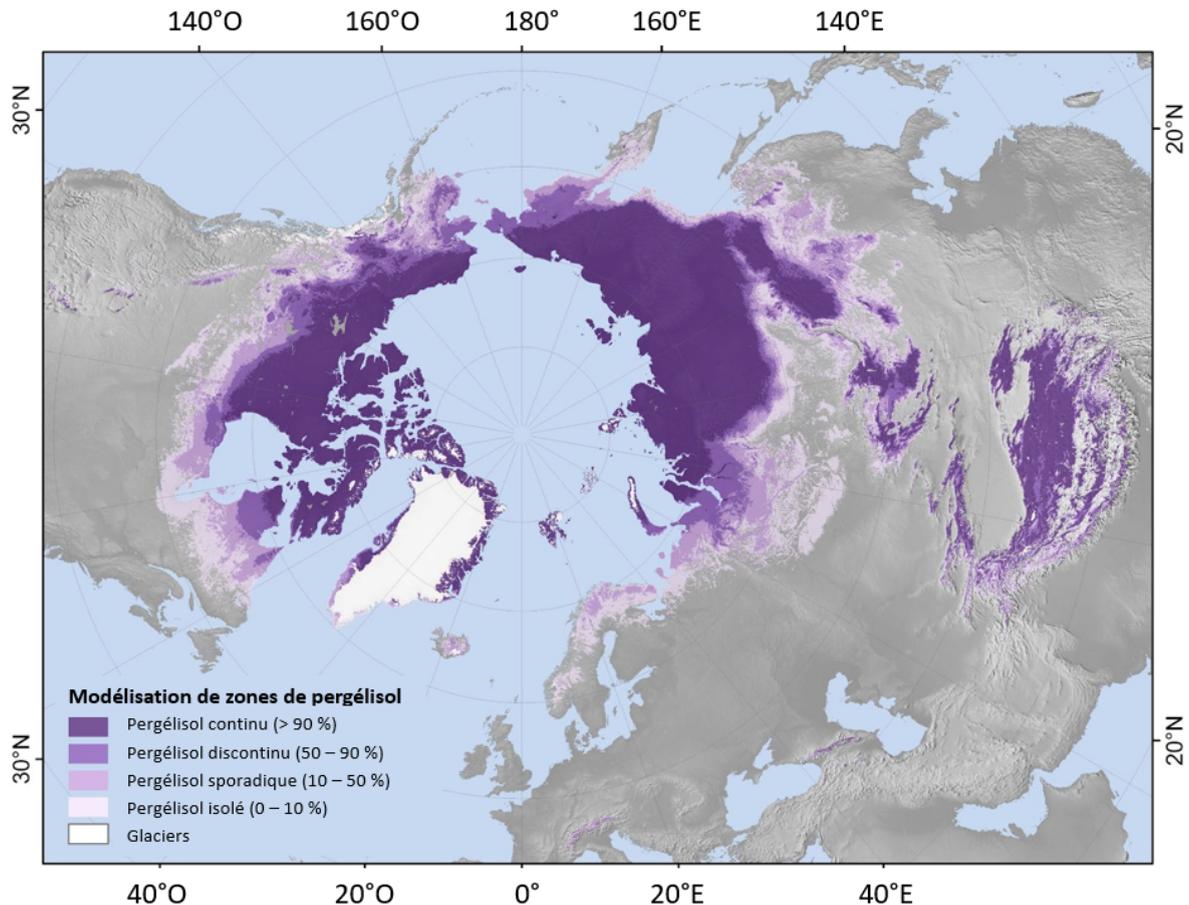


Figure 1. Carte montrant la distribution des pergélisols  
Source : Obu et al., 2019

## La fonte des pergélisols, les causes et les conséquences

Le **dérèglement climatique d'origine anthropique** a pour conséquence une hausse actuelle de la température moyenne globale d'environ 1°C par rapport à la période pré-industrielle (i.e. avant 1850). Mais cette hausse moyenne cache des différences géographiques importantes. En effet, les zones boréales et arctiques ont tendance à **se réchauffer beaucoup plus** (+ 2 à 6 °C), ce qui entraîne la fonte des pergélisols. Cette fonte rend donc disponible pour les microorganismes des quantités très importantes de carbone qui étaient auparavant gelées et donc protégées de la décomposition. Ainsi, les flux de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de méthane (CH<sub>4</sub>) provenant des pergélisols sont en augmentation (Natali *et al.*, 2019), ce qui participe au dérèglement climatique. Les pergélisols sont donc au centre d'**une boucle de rétroaction** entre le climat et le cycle du carbone. Cette boucle est dite positive car le phénomène tend à s'accélérer.



*Figure 2. Photo de thermokarst en Islande.  
Source : Boris Radosaljevic (CC wikimedia.org).*

Mais la fonte des pergélisols ne rend pas uniquement disponible du carbone qui était auparavant protégé : la transformation de l'eau glacée en eau liquide a pour effet de créer des lacs plus ou moins grands appelés thermokarsts (Figure 2). Dans ces thermokarsts, la disponibilité en oxygène est plus faible et l'activité microbienne **relargue du méthane** (CH<sub>4</sub>), un gaz à effet de serre beaucoup plus puissant que le CO<sub>2</sub>. La fonte des pergélisols pose aussi d'autres problèmes. Par exemple, les **infrastructures construites sur les pergélisols peuvent être fortement impactées** par la fonte. De plus, les pergélisols sont une **réserve importante de mercure**, un métal lourd extrêmement polluant. En effet, les vents et courants transportent vers le nord, depuis des dizaines de milliers d'années, du mercure libéré lors des incendies de forêts et des éruptions. Le dégel des pergélisols pourrait entraîner des contaminations en mercure importantes dans ces écosystèmes mais également dans les écosystèmes d'eau douce et les océans (Schuster *et al.*, 2018). Enfin, de **nombreux virus** pourraient être libérés par la fonte des pergélisols dont la dangerosité pour l'homme reste encore inconnue.

## Bibliographie

AFES, Baize, D., Girard, M.-C., 2008. Référentiel pédologique. Éditions Quæ. ed, Savoir-faire.

Gruber, S., 2012. Derivation and analysis of a high-resolution estimate of global permafrost zonation. *Cryosphere* 6, 221–233.

Natali, S. M., Watts, J. D., Rogers, B. M., Potter, S., Ludwig, S. M., Selbmann, A. K., Sullivan, P. F., Abbott, B. W., Arndt, K. A., Birch, L., Björkman, M. P., Bloom, A. A., Celis, G., Christensen, T. R., Christiansen, C. T., Commane, R., Cooper, E. J., Crill, P., Czimczik, C., ... Zona, D., 2019. Large loss of CO<sub>2</sub> in winter observed across the northern permafrost region. *Nature Climate*



*Change*, 9(11), 852–857.

Obu, J., Westermann, S., Bartsch, A., Berdnikov, N., Christiansen, H. H., Dashtseren, A., Delaloye, R., Elberling, B., Etzelmüller, B., Kholodov, A., Khomutov, A., Kääh, A., Leibman, M. O., Lewkowicz, A. G., Panda, S. K., Romanovsky, V., Way, R. G., Westergaard-Nielsen, A., Wu, T., ... Zou, D., 2019. Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km<sup>2</sup> scale. *Earth-Science Reviews*, 193, 299–316.

Schuster, P. F., Schaefer, K. M., Aiken, G. R., Antweiler, R. C., Dewild, J. F., Gryziec, J. D., Gusmeroli, A., Hugelius, G., Jafarov, E., Krabbenhoft, D. P., Liu, L., Herman-Mercer, N., Mu, C., Roth, D. A., Schaefer, T., Striegl, R. G., Wickland, K. P., & Zhang, T., 2018. Permafrost Stores a Globally Significant Amount of Mercury. *Geophysical Research Letters*, 45(3), 1463–1471.

Tarnocai, C., Canadell, J., Mazhitova, G., Schuur, E. A. G., Kuhry, P., and Zimov, S., 2009. Soil organic carbon stocks in the northern circumpolar permafrost region, *Global Biogeochem. Cy.*, 23, GB2023, doi:10.1029/2008GB003327,.