

Thème « Science, climat et société »

Le permafrost, une bombe climatique à retardement ?

Sur 10 points

Le permafrost est une couche de sol gelé en permanence. D'après les climatologues, il est considéré aujourd'hui comme une « bombe climatique à retardement ». Il s'agit ici de s'interroger sur la validité scientifique de cette expression.

Partie 1 – L'évolution du permafrost arctique**Document 1 – Répartition mondiale du permafrost actuel**

« Un cinquième de la surface terrestre est congelé. Ce sol mêlé de glace, nommé [...] permafrost, se trouve surtout en Arctique ; il représente 25 millions de kilomètres carrés, soit deux fois et demie la superficie de l'Europe. »

Source : extrait d'un article scientifique publié dans *Pour la Science*, n° 390, Avril 2010

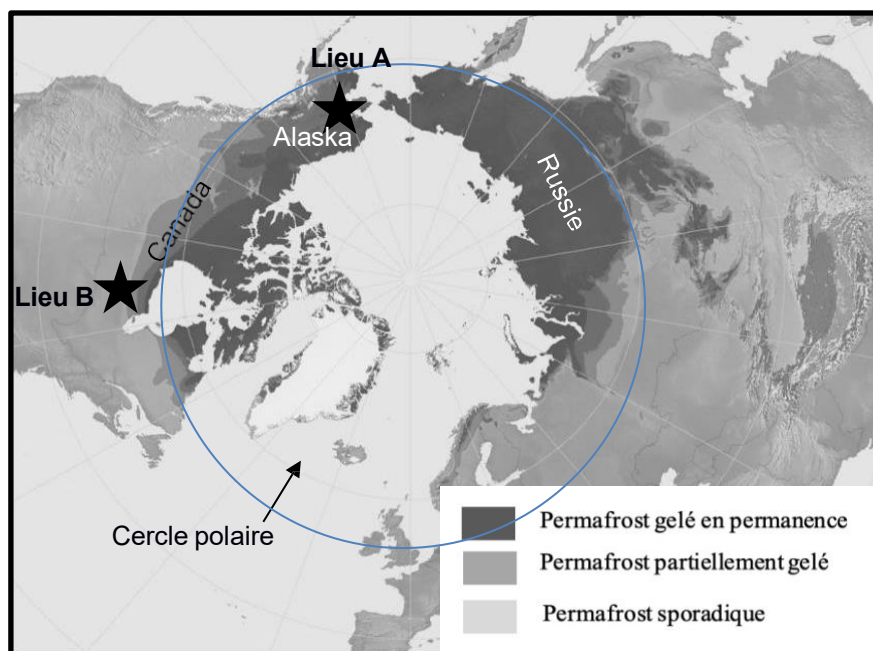


Figure 1 – Carte de l'Arctique

Source : d'après Brown et al, 1997 in *International Permafrost Association*, 2020

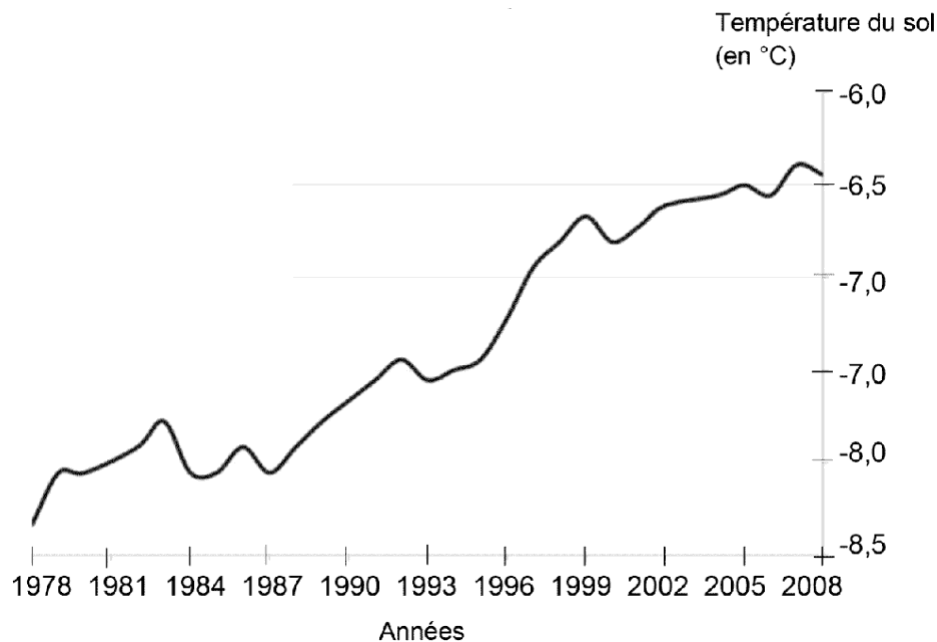


Figure 2 – Évolution de la température du permafrost en Alaska (**lieu A**) à 20 mètres de profondeur en fonction du temps

Source : d'après leau-vive.ca/Societe/pergelisol-et-impacts-sur-les-communautes-nordiques, 2018

1- Indiquer la localisation géographique principale actuelle du permafrost.

Les chercheurs ont étudié l'évolution du permafrost à deux endroits situés en Alaska et près de la baie d'Hudson au Canada, où se trouvent deux centres d'études météorologiques. Ces lieux sont notés A et B sur la carte du document 1.

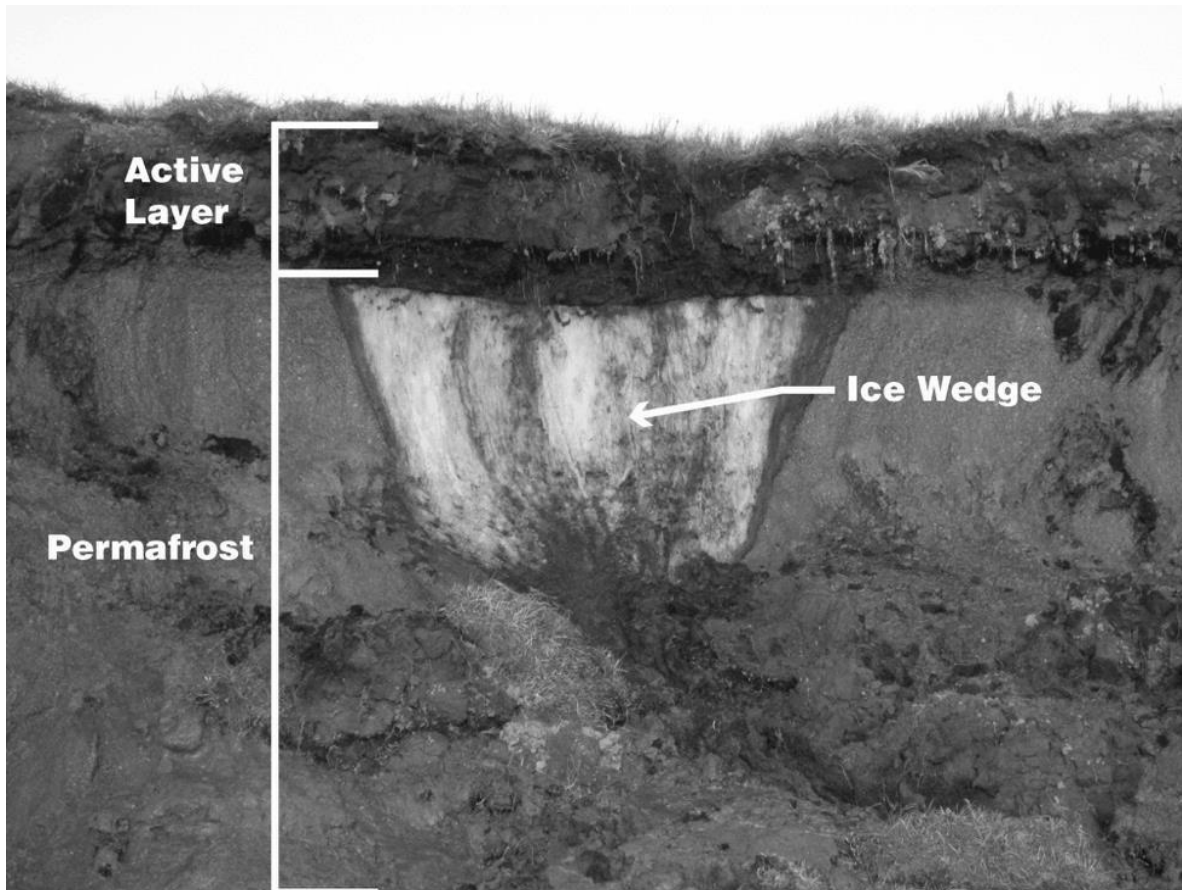
2- En utilisant la figure 2 du document 1, décrire l'évolution globale de la température du permafrost dans le lieu A au cours du temps.

3- En déduire si l'état physique de l'eau du permafrost en Alaska, dans le lieu A, a changé suite à cette évolution.

Partie 2 – Conséquences sur le paysage de l'évolution du permafrost

Document 2 – Structure du sol au lieu B

Près de la baie d'Hudson (lieu B), la température du permafrost peut devenir positive au cours de l'année. Une coupe permet d'observer les différentes couches qui constituent le sol.



Active layer = couche active Ice wedge = coin de glace (poche de glace)

Source : *The layers of permafrost*. Photographie : Benjamin Jones, USGS

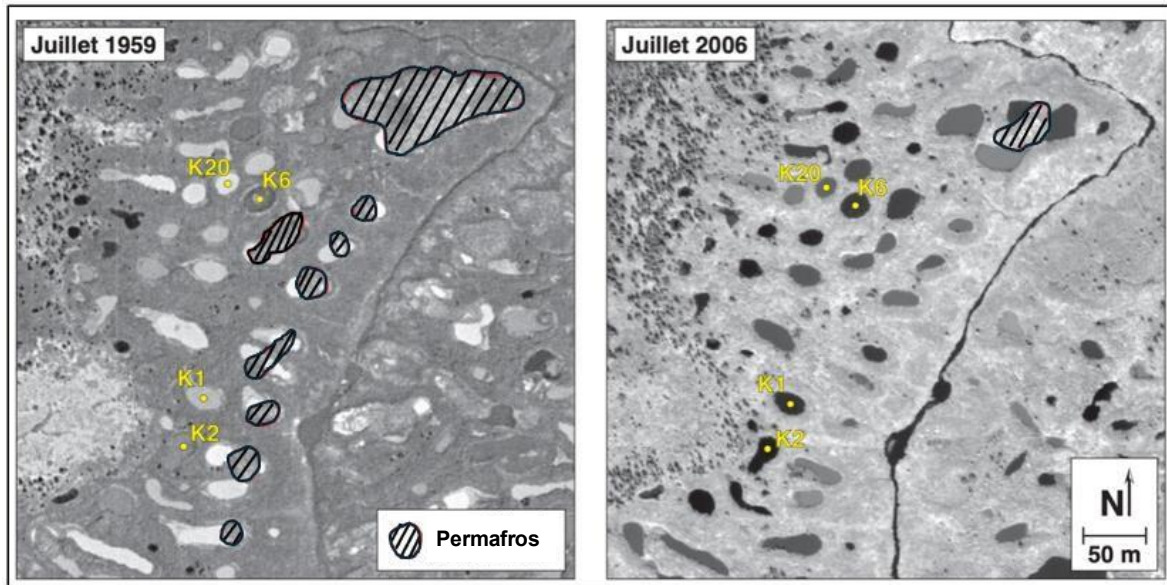
- 4- Recopier la proposition correcte si la température du permafrost devient positive :
- a) Le permafrost fond.
 - b) La glace fond.
 - c) Le permafrost n'est pas modifié.
 - d) L'état physique de la glace ne change pas.

Document 3 – Vues aériennes du lieu B en 1959 et 2006

Le « thermokarst » désigne la structure du paysage associée au réchauffement d'un permafrost riche en glace, ce qui provoque notamment l'affaissement de la surface du sol et la formation de mares ou de lacs dans les dépressions produites.

L'eau liquide apparaît de couleur noire sur les photographies.

Les légendes K1, K2, K6 et K20 indiquent la localisation de thermokarsts.



Source : d'après Bouchard et al, 2012

- 5- Identifier les changements observés sur les paysages en comparant les photographies aériennes du lieu B et proposer une explication.
- 6- Indiquer une conséquence que peut avoir le dégel du permafrost sur les infrastructures et les activités humaines dans cette région.

Partie 3 – Dioxyde de carbone et méthane, des gaz à effet de serre du permafrost

Le méthane et le dioxyde de carbone sont naturellement émis par les sols comme produits de différents processus, principalement biologiques. La fermentation de matière organique produit ainsi du méthane en l'absence de dioxygène (conditions anaérobies). Le méthane peut être oxydé en dioxyde de carbone en présence de dioxygène (conditions aérobies). Les émissions sont habituellement faibles, mais le dégel du permafrost s'accompagne de variations de ces émissions.

- 7- Identifier, sur la coupe de sol du document 2, la source de matière organique à l'origine de la fermentation qui se produit dans les thermokarsts.

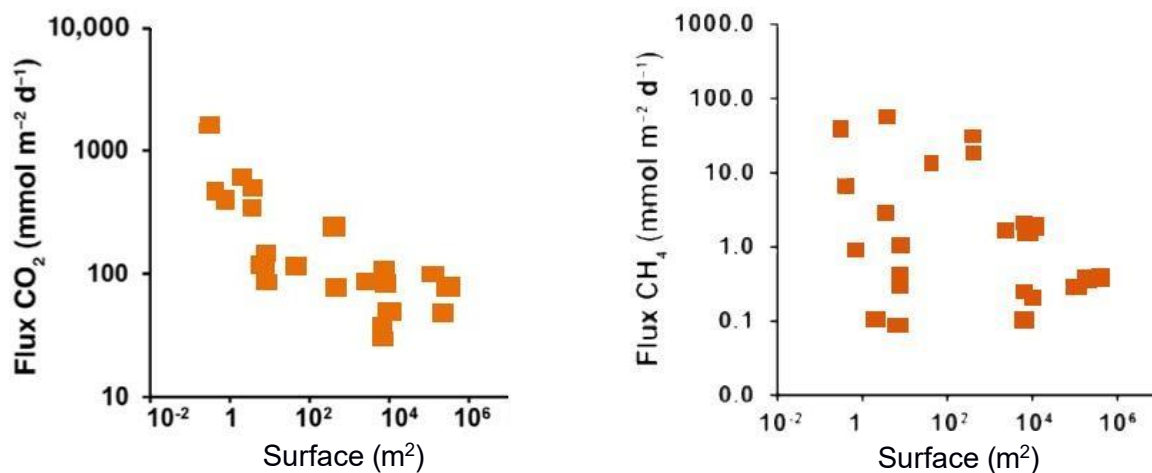


Figure 3 – Flux de CO₂ et CH₄ (en mmol de gaz par m² et par jour) libérés par les thermokarsts dans l'atmosphère en fonction de leur surface

Source : d'après ASLO 2020

- 8- Comparer les ordres de grandeur des flux de dioxyde de carbone et de méthane.
- 9- Indiquer si les graphiques de la figure 3 permettent de proposer un lien simple entre la surface d'un thermokarst et les variations des flux de dioxyde de carbone (CO₂) d'une part et de méthane (CH₄) d'autre part.

Document 4 – Pouvoir de réchauffement global (PRG) du dioxyde de carbone et du méthane

Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz (PRG) se définit comme le forçage radiatif (c'est-à-dire la puissance radiative que 1 kilogramme de gaz renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au CO_2 . Par convention, le PRG est fixé à 1 pour le CO_2 .

Gaz	Dioxyde de carbone CO_2	Méthane CH_4
PRG	1	21
Durée de séjour moyenne dans l'atmosphère	100 ans	12 ans

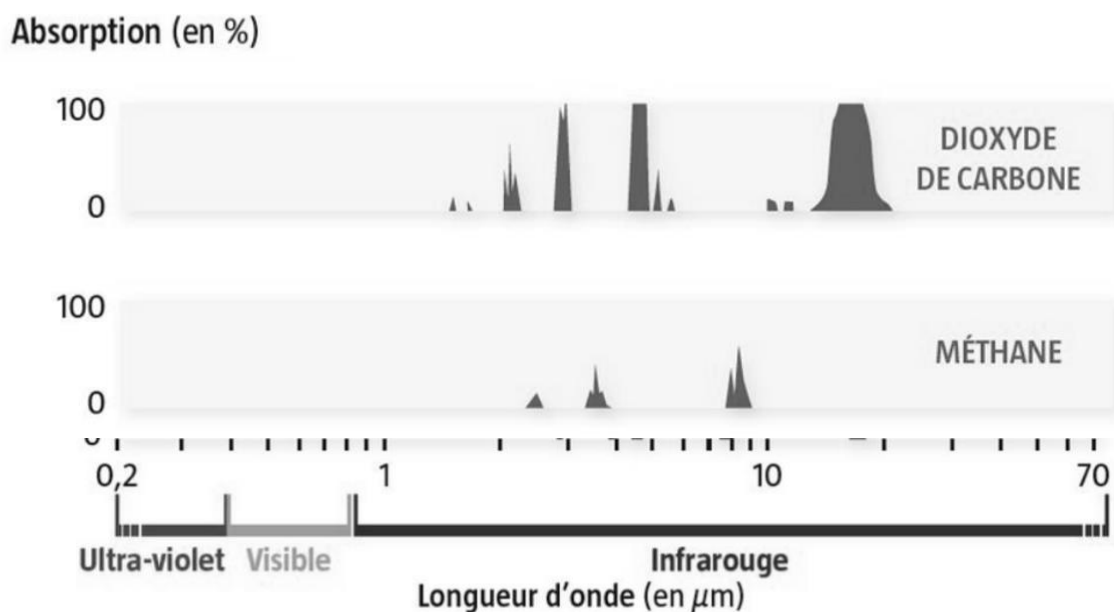


Figure 3 – Spectres d'absorption du CO_2 et du CH_4

Source : d'après *Terminale, spécialité SVT*, éd. Magnard

- 10- Comparer les conséquences des flux de CH_4 et de CO_2 sur la température moyenne globale atmosphérique.
- 11- Expliquer que le permafrost arctique puisse être considéré comme « une bombe climatique à retardement » par les climatologues à l'aide de l'ensemble de l'étude menée dans cet exercice.