

QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE  
DOCUMENT PÉDAGOGIQUE

**Le pergélisol dans l'angle mort**  
GUIDE DE L'ENSEIGNANT



Durée	Clientèle visée	Article visé
40 minutes environ	Les élèves de deuxième année du deuxième cycle. Science et technologie (ST)	« Le pergélisol dans l'angle mort » (magazine Québec Science, Juin 2024, pages 38-41), rédigé par la journaliste Simone Caron.

## OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez discuter en classe d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages. L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

## CONCEPTS ABORDÉS

Selon la progression des apprentissages

### L'UNIVERS VIVANT

#### B. Maintien de la vie

- f. Photosynthèse et respiration
  - iv. Représenter la réaction de respiration sous forme d'équation équilibrée.

### LA TERRE ET L'ESPACE

#### A. Caractéristiques de la Terre

- 2. Lithosphère
  - I. Pergélisol
    - i. Définir le pergélisol comme étant une couche de sol gelée en permanence.
    - ii. Expliquer certaines conséquences du réchauffement du pergélisol (ex. : glissements de terrain, libération de méthane)
  - p. Cycles biogéochimiques
    - i. Cycle du carbone
      - \_ Décrire des transformations liées à la circulation du carbone (ex. : photosynthèse, décomposition des végétaux, dissolution dans l'eau et combustion des combustibles fossiles)
- 4. Atmosphère
  - b. Effet de serre
    - i. Décrire l'effet de serre
    - ii. Expliquer des conséquences de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (ex. : réchauffement climatique pouvant causer une hausse du niveau de la mer, une perturbation de l'écosystème, la fonte des glaciers)

## RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Les modèles informatiques qui tentent de prévoir l'évolution du climat terrestre ne tiennent pas compte du dégel du pergélisol, qui a pourtant un impact majeur. Cela s'explique par la très grande complexité des phénomènes en jeu et de la difficulté de modéliser toutes les situations possibles à l'échelle inférieure au kilomètre.

## FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

## SUGGESTION D'AMORCE

Avez-vous déjà joué à Monopoly ? Au début, vous ne possédez presque rien, puis vous faites vos premiers achats de terrains et de maisons et ceux-ci vous rapportent de l'argent, avec lequel vous pouvez acheter encore plus de terrains, et ça se poursuit comme cela sans arrêt. En langage scientifique, c'est ce qu'on appelle une boucle de rétroaction positive. Le système, une fois lancé, s'amplifie de lui-même.

La science des changements climatiques implique quelques exemples de ces rétroactions positives. L'une d'elles concerne le pergélisol. Apprenez-en plus en lisant le texte fourni.

## CORRIGÉ DU CAHIER DE L'ÉLÈVE

### 1. Le pergélisol est parfois aussi appelé par son nom anglais *permafrost*.

a) Comment le pergélisol est-il défini dans le texte ?

Couche de sol gelée en permanence pendant au moins deux ans

b) Le pergélisol

- i) Se trouve sous des latitudes froides
- ii) Se trouve à une profondeur de quelques mètres
- iii) Se trouve sur 20% des terres émergées de notre planète
- iv) Renferme deux fois plus de carbone que toute l'atmosphère
- v) **Toutes ces réponses.**

c) Pourquoi le pergélisol contient-il autant de carbone ?

Parce qu'il renferme beaucoup de matière organique qui ne se décompose pas, car elle est gelée.

- d) L'article mentionne les termes gaz carbonique et CO<sub>2</sub>, qui sont synonymes. Quelle est l'appellation scientifique de ce composé ?

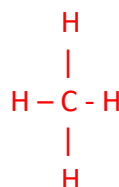
Dioxyde de carbone

## 2. Le gaz carbonique et le méthane sont deux gaz à effet de serre mentionnés dans le texte.

- a) Si la formule chimique du gaz carbonique est CO<sub>2</sub>, quelle est celle du méthane ?

CH<sub>4</sub>

- b) Représentez schématiquement une molécule de gaz carbonique et une molécule de méthane. N'oubliez pas les doubles liaisons, s'il y a lieu.



- c) Extrait de l'article : « Ainsi la quantité de CO<sub>2</sub> et de méthane potentiellement libérée avant la fin du 21<sup>e</sup> siècle est substantielle : [...] cela représenterait l'équivalent de 110 à 550 gigatonnes de CO<sub>2</sub>. »

- i) Qu'est-ce qu'une gigatonne ? Exprimez une gigatonne en kilogrammes.

Une gigatonne = 1 milliard de tonnes

Une tonne = 1000 kg

Donc une gigatonne = 1 000 000 000 000 de kg (1 billion de kg)

- ii) Sachant que la masse volumique du CO<sub>2</sub> gazeux à la température et à la pression normales est de 1,87 kg par mètre cube, calculez le volume en mètres cubes occupé par le CO<sub>2</sub> qui sera produit par le dégel du pergélisol d'ici la fin du 21<sup>e</sup> siècle (arrondissez à l'unité près).

Masse volumique = Masse / Volume

Volume = Masse / Masse volumique

Volume de 110 gigatonnes = 110 000 000 000 000 kg / 1,87 kg/m<sup>3</sup> =

58 823 529 411 765 m<sup>3</sup>

Volume de 550 gigatonnes = 550 000 000 000 000 kg / 1,87 kg/m<sup>3</sup> =

294 117 647 058 824 m<sup>3</sup>

Réponse : entre 58,8 billions et 294,1 billions de mètres cubes.

iii) Exprimez la réponse à la question précédente en litres

Un mètre cube = 1000 litres

Réponse : entre 58,8 milliards et 294,1 milliards de litres

iv) Au Québec, chaque citoyen émet en moyenne environ 11,3 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Les émissions de GES dues au dégel du pergélisol correspondront aux émissions annuelles moyennes de combien de Québécois (arrondissez à l'unité près) ?

110 000 000 000 tonnes / 11,3 tonnes par Québécois par an = 9 734 513 274

550 000 000 000 tonnes / 11,3 tonnes par Québécois par an = 48 672 566 372

Réponse : entre 9,7 milliards et 48,7 milliards de Québécois par an

d) L'article explique que le méthane est « un gaz à effet de serre 28 fois plus puissant que le CO<sub>2</sub> sur une période de 100 ans ».

i) Quelle quantité de méthane entraîne le même effet de serre que 550 gigatonnes de CO<sub>2</sub> sur 100 ans ?

550 gigatonnes de CO<sub>2</sub> / 28 = 19,6 gigatonnes de méthane

ii) Dans l'optique où il faut freiner les changements climatiques et les émissions de gaz à effet de serre qui les provoquent, qu'est-ce qui est le plus dommageable : 16 gigatonnes de méthane ou 400 gigatonnes de gaz carbonique ?

16 gigatonnes de méthane X 28 = 448 gigatonnes de CO<sub>2</sub>

16 gigatonnes de méthane sont plus dommageables que 400 gigatonnes de CO<sub>2</sub>

**3. Comme le décrit bien l'article, le réchauffement du pergélisol et son dégel entraînent différents changements. Lisez les extraits suivants du reportage et répondez aux questions.**

a) « En dégelant, un pergélisol avec une forte teneur en glace va perdre du volume et subir des changements géomorphologiques... ».

i) Quel terme précis désigne la transformation de l'eau solide en eau liquide ?  
La fusion

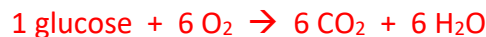
ii) De quel type de changement s'agit-il ?

Changement physique

- b) « En digérant cette tourbe, les bactéries émettent du gaz carbonique quand l'environnement est sec. Lorsque le milieu est saturé en eau, elles émettent plutôt du méthane... »
- i) La matière organique peut être transformée en CO<sub>2</sub> ou en méthane. Dans les deux cas, de quel type de changement s'agit-il ?

### Changement chimique

- c) « Ainsi, lorsque le dégel se produit dans un terrain légèrement en pente, l'affaissement du sol peut générer des ravins de thermo-érosion. Ces crevasses drainent alors l'eau et contribuent à assécher le paysage, ce qui favorise des émissions de CO<sub>2</sub> plutôt que de méthane. »
- i) Comment se nomme cette transformation par des êtres vivants de la matière organique en CO<sub>2</sub> en présence d'oxygène ?
- (1) Inspiration
  - (2) **Respiration**
  - (3) Décomposition
  - (4) Fermentation
  - (5) Carbonisation
- ii) Quelle est l'équation équilibrée de cette transformation à partir d'une molécule de glucose ?



- d) « ...une forte teneur en glace a pour effet d'humidifier la région, et donc de favoriser les émissions de méthane par les micro-organismes... »
- i) Effectuez une recherche et trouvez comment se nomme cette transformation par des êtres vivants de la matière organique en méthane en absence d'oxygène ?
- (1) Inspiration
  - (2) Respiration
  - (3) Décomposition
  - (4) Fermentation
  - (5) **Méthanisation**

**4. La fonte du pergélisol et la libération de gaz à effet de serre qui l'accompagne sont connues de tous les scientifiques qui tentent de modéliser le climat. Malgré cela, on arrive difficilement à intégrer cette réalité dans les modèles climatiques informatisés et à avoir une idée précise des quantités de gaz qui seront émises dans le futur.**

**Pourquoi ? (au moins deux raisons)**

- la composition du pergélisol (teneur en glace) peut tout changer et cette composition est inconnue pour une grande partie du pergélisol
- l'étendue du pergélisol et la teneur en glace varie à petite échelle
- la recherche scientifique sur le terrain coûte très cher, surtout à cause de l'éloignement
- cette recherche doit se faire sur le long terme, mais le financement est toujours octroyé à court terme.
- ...

**5. Pour chaque proposition suivante, indiquez si elle est vraie ou fausse :**

- a) Le pergélisol contient de la matière organique qui demeure inaccessible aux microorganismes décomposeurs. **V**
- b) Les organismes décomposeurs ont tous absolument besoin d'oxygène pour décomposer la matière organique lorsqu'elle dégèle. **F**
- c) Les microorganismes présents dans le sol sont des pluricellulaires **F**
- d) Le réchauffement climatique que connaît actuellement notre planète fait dégeler le pergélisol qui était gelé depuis des millénaires. **V**
- e) Le dégel du pergélisol permet à la matière organique qu'il contient d'être décomposée, ce qui entraîne l'émission de gaz à effet de serre qui peuvent accentuer le réchauffement climatique déjà à l'œuvre. **V**

**/xx**

## POUR ALLER PLUS LOIN

Parmi d'autres, la lecture de cet article peut être inquiétante ou angoissante pour les élèves. Il présente en termes directs un risque réel d'emballlement du réchauffement climatique.

Cet emballlement est-il déjà amorcé ? Sinon, quand sera-t-il trop tard ?  
En climatologie, on aborde ces questions avec l'expression « point de bascule ».

Effectuer une recherche avec les termes « points de bascule » et « climat » permet de réaliser que ces points ne sont pas encore atteints et qu'un recul est théoriquement toujours possible.

La lecture du livre *Écoanxiété*, écrit par l'ancienne rédactrice en chef du magazine *Curium* Noémie Larouche et publié aux éditions MultiMondes en 2021, peut aider à mettre des mots sur le malaise et, surtout, à réaliser que l'écoanxiété peut agir comme un levier et provoquer le grand sursaut social nécessaire pour stopper les changements climatiques.

Conçu et réalisé grâce au soutien financier du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec. Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique