

# SÉANCE C1

## FONTE DE LA CRYOSPHERE ET HAUSSE DU NIVEAU MARIN

**DISCIPLINE CONCERNÉE**  
SVT

### DURÉE

- ~ Préparation : 5 + 10 min
- ~ Activité : 1 h 30

### RÉSUMÉ

Les élèves procèdent à une expérience pour vérifier que la fonte de la banquise n'élève pas le niveau marin contrairement à la fonte des glaces continentales. Dans le cadre d'une analyse documentaire, ils découvrent l'incidence de la fonte des glaces sur l'approvisionnement en eau douce.

### IDÉES À RETENIR

- ~ La cryosphère désigne toutes les zones de la planète recouvertes d'eau gelée.
- ~ L'augmentation de la température de l'atmosphère et des océans se traduit par une fonte de la cryosphère.
- ~ 98 % de la glace terrestre est située au niveau des calottes glaciaires polaires qui sont constituées de neige compactée.
- ~ On trouve de la banquise (ou glace de mer) aussi bien dans l'Arctique que dans l'Antarctique. Elle se compose d'eau de mer gelée.
- ~ Le pergélisol est un sol gelé en permanence pendant au moins deux ans.
- ~ La fonte de la glace continentale contribue à l'augmentation du niveau marin, au contraire de la glace de mer.
- ~ La cryosphère représente une importante source d'eau douce alimentant les rivières dans les montagnes aux latitudes moyennes et élevées.

### MOTS-CLÉS

Cryosphère, banquise, glace continentale, calotte glaciaire, pergélisol, fonte, eau douce, hausse du niveau marin

### MÉTHODE D'INVESTIGATION

Expérimentation



### PRÉPARATION 5 + 10 MIN

#### MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- FICHE C1.1 (une pour toute la classe)
- FICHE C1.2 (une pour toute la classe)
- FICHE C1.3 (une pour toute la classe)
- FICHE C1.4 (une par groupe)
- FICHE C1.5 – pour les élèves avancés – (une par groupe)
- Glaçons (3 à 4 par groupe)
- Un grand récipient : un par groupe
- De l'eau
- Des objets lourds et « étanches » (cailloux, pavés) : quelques-uns pour chaque groupe travaillant sur la glace continentale (la moitié des groupes)
- **Ressources multimédia** : vidéos (hausse du niveau marin ; glaciers) et outils interactifs (hausse du niveau marin), se référer à la page 194.

#### EN AMONT DE LA LEÇON

1. **Préparez les glaçons la veille.**
2. Imprimez les FICHES C1.1, C1.2 et C1.3 (une pour toute la classe) et la FICHE C1.4 (une pour chaque groupe). La FICHE C1.5 peut être utilisée en complément par les élèves avancés.
3. Téléchargez les vidéos du site internet de l'OCE. Se référer à la page 194.

#### → CONSEIL À L'ENSEIGNANT

il est préférable de commencer cette leçon avant la pause déjeuner afin de laisser suffisamment de temps à la glace pour fondre durant la pause. Sinon, essayez de réaliser les expériences décrites ci-dessous dans une pièce chauffée ou au soleil afin d'accélérer la fonte.

## ÉCLAIRAGE SCIENTIFIQUE

Les informations détaillées sur la **cryosphère** et ses différents réservoirs figurent dans la partie 1 de l'Éclairage scientifique général. Les services que la cryosphère (neige, glace et pergélisol) rend à l'humanité sont détaillés pages 13-14 de l'Éclairage scientifique général et les modifications observées dans la cryosphère en raison du changement climatique sont expliquées pages 16-20 dans la même partie de ce manuel. Par conséquent, cette leçon ne s'attarde que sur trois concepts essentiels présentés ci-dessous.

### LA GLACE CONTINENTALE ET LA BANQUISE SONT DIFFÉRENTES

La **glace continentale** est la glace dite terrestre, qui comprend les glaciers des régions polaires et montagneuses ainsi que les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique, où la glace recouvre le continent. Celle-ci se forme suite à la lente accumulation de neige sur les sols, qui se tasse et finit par se transformer en glace. Lorsque l'écoulement d'un glacier atteint l'océan, il arrive que de grands morceaux s'en détachent pour devenir des icebergs qui flottent dans l'océan. La glace continentale est constituée d'**eau douce**.

La **banquise** flotte à la surface des océans et n'existe que dans l'Arctique et dans l'Océan Austral autour de l'Antarctique. Au contraire de la glace continentale, elle est composée d'eau de mer gelée. Lorsque l'eau de mer gèle, le sel, qui ne peut s'intégrer à l'eau sous sa forme solide (la glace), est rejeté dans l'eau de mer environnante. Ce processus contribue à l'augmentation locale de la salinité de l'eau de mer.

### LA FONTE DE LA GLACE CONTINENTALE CONTRIBUE À LA HAUSSE DU NIVEAU MARIN, MAIS PAS CELLE DE LA BANQUISE

Par définition, la glace continentale repose sur la terre ferme. De ce fait, l'eau de fonte s'écoule dans l'océan et contribue à l'élévation du niveau marin.

La banquise, quant à elle, est déjà dans l'océan. Une petite partie est émergée (environ 10 % de son volume total) tandis que la plus grande partie est immergée (environ 90 % de son volume total). Cette proportion inégale s'explique par le fait que la densité de la glace correspond à en-

viron 90 % de celle de l'eau liquide. C'est une propriété singulière de l'eau puisque les solides sont généralement plus denses que les liquides, à composition chimique égale. La partie émergée de la banquise, qui se trouve à l'origine hors de l'eau, va fondre et contribuer à l'augmentation du niveau marin, tandis que la partie immergée, en fondant, va entraîner une baisse du niveau marin. En effet, pour la même quantité d'eau, c'est-à-dire pour la même masse, la glace occupe un volume supérieur à l'eau liquide. Par conséquent, les deux phénomènes se compensent plus ou moins mutuellement, raison pour laquelle le niveau marin reste le même.

On peut démontrer mathématiquement que le volume immergé d'un glaçon – la partie sous la surface de l'eau – correspond au volume d'eau total résultant de la fonte de ce dernier ; ceci explique que le niveau de l'eau ne change pas avec la fonte du glaçon. Cette simple démonstration qui ne nécessite que quatre ou cinq lignes de calcul est le résultat de deux principes de base : la conservation de la masse (la masse d'un glaçon est égale à la masse du volume d'eau produit par la fonte de celui-ci) et la flottabilité (en situation d'équilibre, le poids du glaçon est identique, en termes absolus, à la poussée d'Archimède, c'est-à-dire au poids du volume d'eau déplacé). Il est possible de donner à des collégiens cet exercice, démontré pour la première fois par Archimède de Syracuse, en 250 avant JC.

### LA BANQUISE FOND PLUS VITE QUE LA GLACE CONTINENTALE

La **banquise** fond plus vite que la glace continentale, dont la surface est pour la plupart au contact de l'air, plutôt que de l'eau. Le transfert de chaleur est en effet bien plus efficace dans l'eau que dans l'air, principalement en raison de la densité plus élevée de l'eau. Une densité supérieure signifie un plus grand nombre de molécules d'eau en contact avec la surface du glaçon, ce qui exacerbe l'échange thermique.

La banquise fond également plus vite que les glaciers continentaux parce qu'elle ne mesure que quelques mètres d'épaisseur, tandis que les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique atteignent plusieurs kilomètres d'épaisseur.

## INTRODUCTION 20 MIN

Commencez par poser aux élèves la question suivante : *pouvez-vous citer certaines conséquences du réchauffement climatique ?* Écrivez les réponses des élèves au tableau. En général, ils mentionnent spontanément la hausse du niveau marin. Nous nous concentrerons sur ce thème dans la présente leçon et reviendrons plus tard sur les autres problématiques.

### → CONSEIL À L'ENSEIGNANT

l'une des principales difficultés pour les élèves et pour la plupart des adultes consiste à comprendre la différence entre la banquise, composée d'**eau de mer**, et les icebergs, constitués d'**eau douce**, qui se sont détachés d'un glacier continental ou d'une calotte glaciaire et qui flottent dans l'océan.

## DÉROULEMENT 40 MIN + PAUSE + 20 MIN

### 1<sup>ÈRE</sup> PARTIE (40 MIN) : FONTE DE LA GLACE CONTINENTALE CONTRE FONTE DE LA BANQUISE ET HAUSSE DU NIVEAU MARIN

1. Demandez aux élèves : *savez-vous pourquoi le niveau marin augmente ?* La plupart des élèves penseront à la fonte des glaces, mais sans faire la distinction entre la fonte de la banquise et celle de la glace continentale. Montrez-leur la FICHE C1.1 pour qu'ils puissent voir la différence.

2. Demandez aux élèves : *où trouve-t-on de grandes quantités de glace sur la planète ?* Montrez la FICHE C1.2 à la classe et discutez des différents réservoirs de cryosphère présents sur Terre. Écrivez la définition de « cryosphère » au tableau : « **La cryosphère englobe la totalité de l'eau gelée à la surface de la Terre** ». Les glaciers et les calottes glaciaires (Antarctique et Groenland) reposent sur des continents et sont constitués de neige tassée, tandis que la banquise (Arctique et Antarctique) se forme dans l'océan. En regardant la FICHE C1.3, les élèves comprennent également que les icebergs sont différents de la banquise. Les icebergs sont constitués d'eau douce et se sont formés sur terre,

tandis que la banquise est composée d'eau salée et se forme directement à la surface de l'océan.

3. Montrez une nouvelle fois la FICHE C1.2 et demandez aux élèves : *à votre avis, la fonte de tous ces réservoirs va-t-elle faire augmenter le niveau marin ?* Les réponses seront probablement très variées. Demandez ensuite : *pouvez-vous penser à une expérience qui pourrait nous aider à répondre à cette question ?* Aidez les élèves à formuler la question suivante : *la hausse du niveau marin est-elle causée à la fois par la fonte de la banquise et par celle de la glace terrestre ?*

4. En groupe, faites réfléchir les élèves à une expérience pratique leur permettant de répondre à cette question.

5. Une fois le protocole de l'expérience discuté et validé par toute la classe, les groupes mettent en place l'expérience :

→ ils remplissent partiellement le récipient avec de l'eau à température ambiante. L'eau fait ici figure d'océan :

→ **La moitié des groupes** place délicatement les glaçons dans l'eau. Ils représentent la banquise.

→ **L'autre moitié** plonge un objet lourd, qui représente un continent, au fond du récipient, puis pose des glaçons à sa surface. Ces derniers représentent la glace continentale. L'objet doit émerger de l'eau.

### → CONSEIL À L'ENSEIGNANT

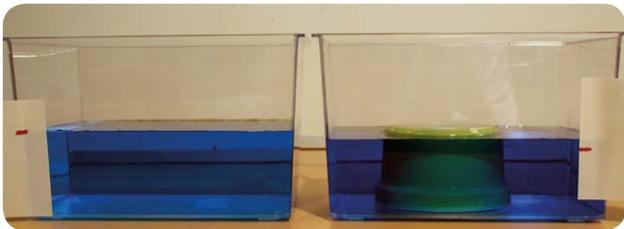
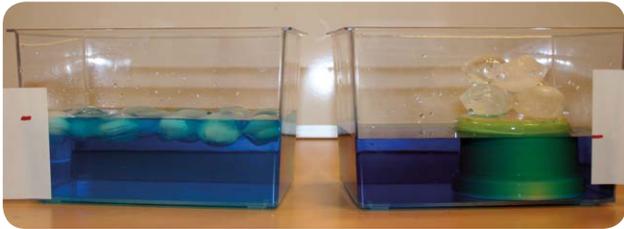
Demandez aux élèves : *comment savoir si le niveau de l'eau a augmenté ou non ?* Plusieurs réponses sont possibles. Par exemple : tirer un trait sur le récipient, fixer une règle ou un morceau de papier contre le récipient.

→ Il convient de marquer le niveau de l'eau aussitôt après avoir ajouté les glaçons !

→ Pour le groupe « banquise » : assurez-vous qu'il y ait suffisamment d'eau dans le récipient pour que les glaçons ne touchent pas le fond du récipient (la banquise doit flotter).

**Les glaçons déposés dans l'eau fondent très vite (en quelques minutes), tandis que ceux placés sur le « continent » fondent bien plus lentement (en quelques heures).**

La première observation permet de mettre en évidence la vulnérabilité de la banquise : elle fond plus rapidement que la glace continentale car elle est en contact avec l'eau de mer, dont la conductivité thermique est plus élevée que celle de l'air. C'est aussi pour cela que le corps humain se refroidit plus vite dans l'eau qu'à l'air libre, comme c'est le cas lorsque vous vous baignez dans la mer).



**En haut : avant la fonte ; en bas : après la fonte.**

6. Pendant que les élèves attendent que la glace fonde, ils peuvent faire un schéma de l'installation expérimentale et rédiger leurs observations.

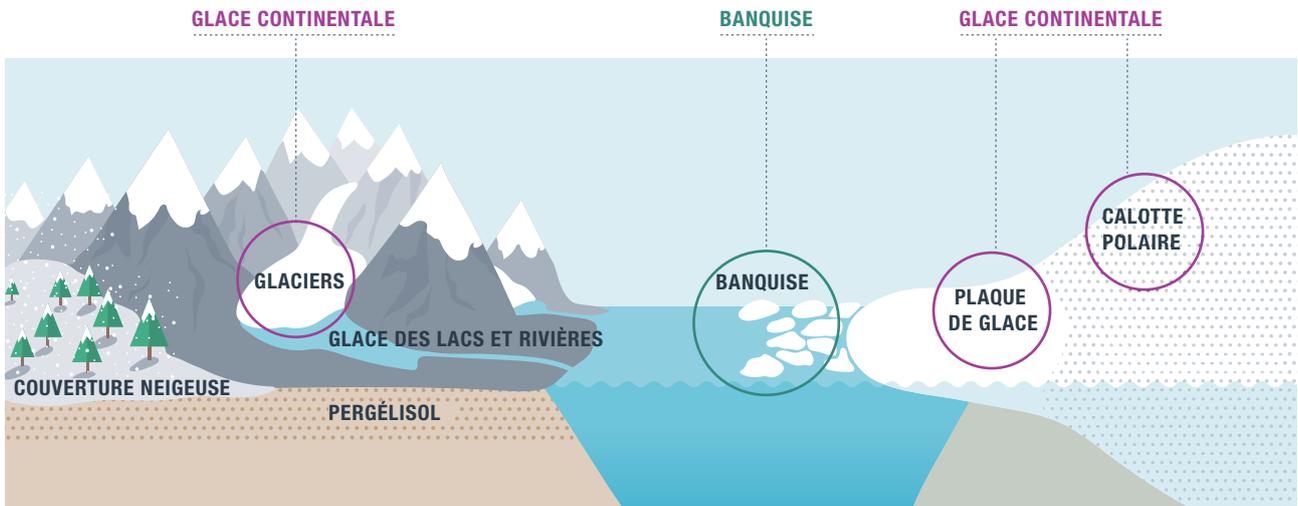
7. Lorsque les glaçons ont fondu, demandez-leur de comparer les résultats. Ils parviendront à la conclusion que la banquise ne contribue pas à la hausse du niveau marin, au contraire de la glace continentale.

#### **2<sup>ÈME</sup> PARTIE (20 MIN) : LES CONSÉQUENCES DE LA FONTE DE LA GLACE CONTINENTALE SUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DOUCE**

8. Distribuez la FICHE C1.4 à chaque groupe et demandez-leur de l'étudier. Avec des élèves d'un niveau avancé, vous pouvez travailler sur l'image satellite de la FICHE C1.5.

#### **CONCLUSION 10 MIN**

Menez une discussion avec toute la classe sur les conséquences de la fonte de la glace continentale sur la croissance des végétaux et donc sur les ressources locales (gibier, agriculture, etc.) et, avant tout, sur l'approvisionnement en eau douce. Vous pouvez débattre autour des autres utilisations importantes de l'eau douce provenant des glaciers continentaux, comme la production hydroélectrique.



Adapté de la figure 4.25 du rapport du groupe de travail I du GIEC



Le champ de glace de Patagonie méridionale est la plus grande étendue de glace continentale dans l'hémisphère sud (en dehors de l'Antarctique) et alimente de multiples glaciers.



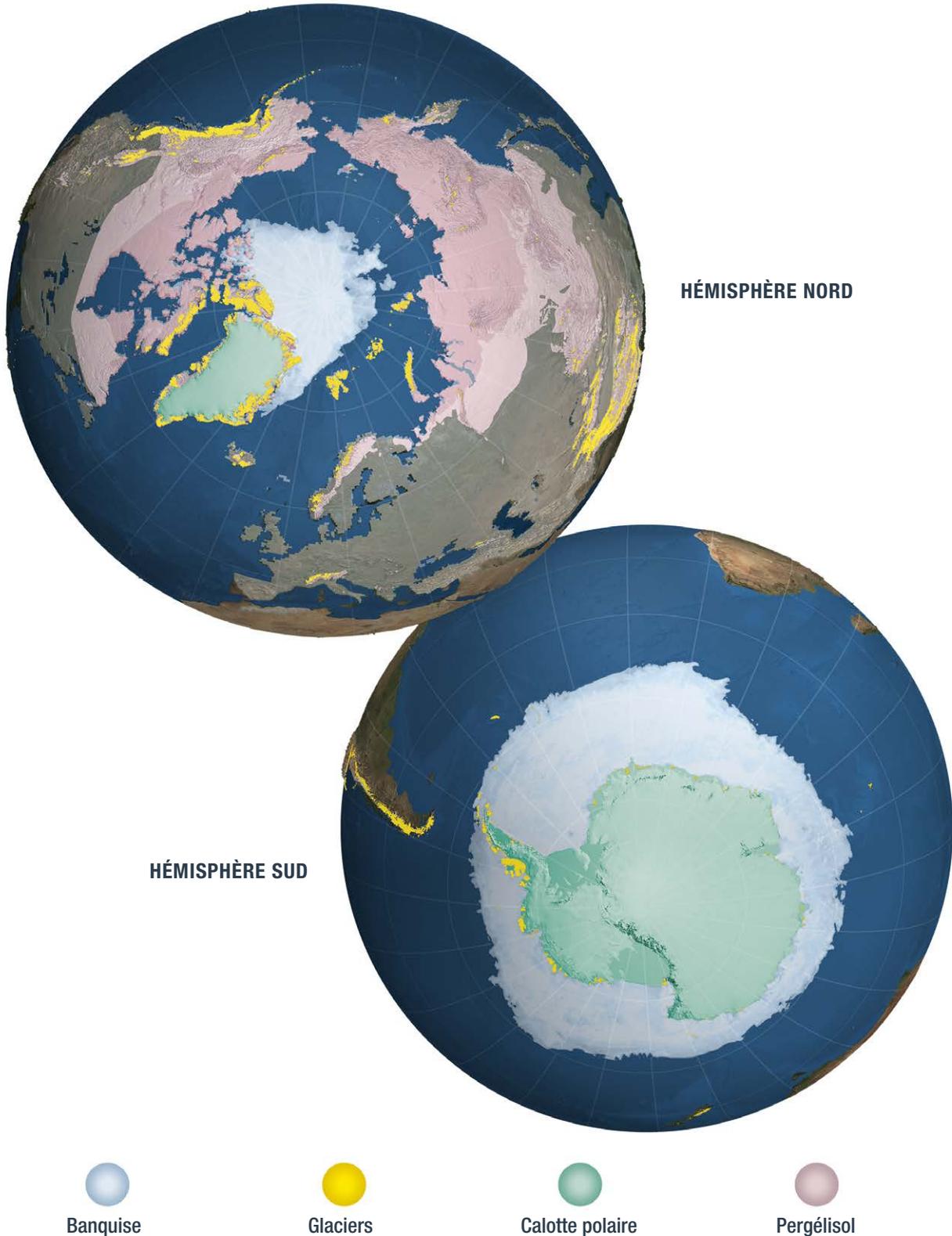
**Calotte glaciaire de l'Antarctique, près de la Terre Adélie.**  
La calotte glaciaire de l'Antarctique est la plus grande étendue de glace continentale sur Terre.



**Banquise** flottant sur l'océan au nord du Spitzberg.



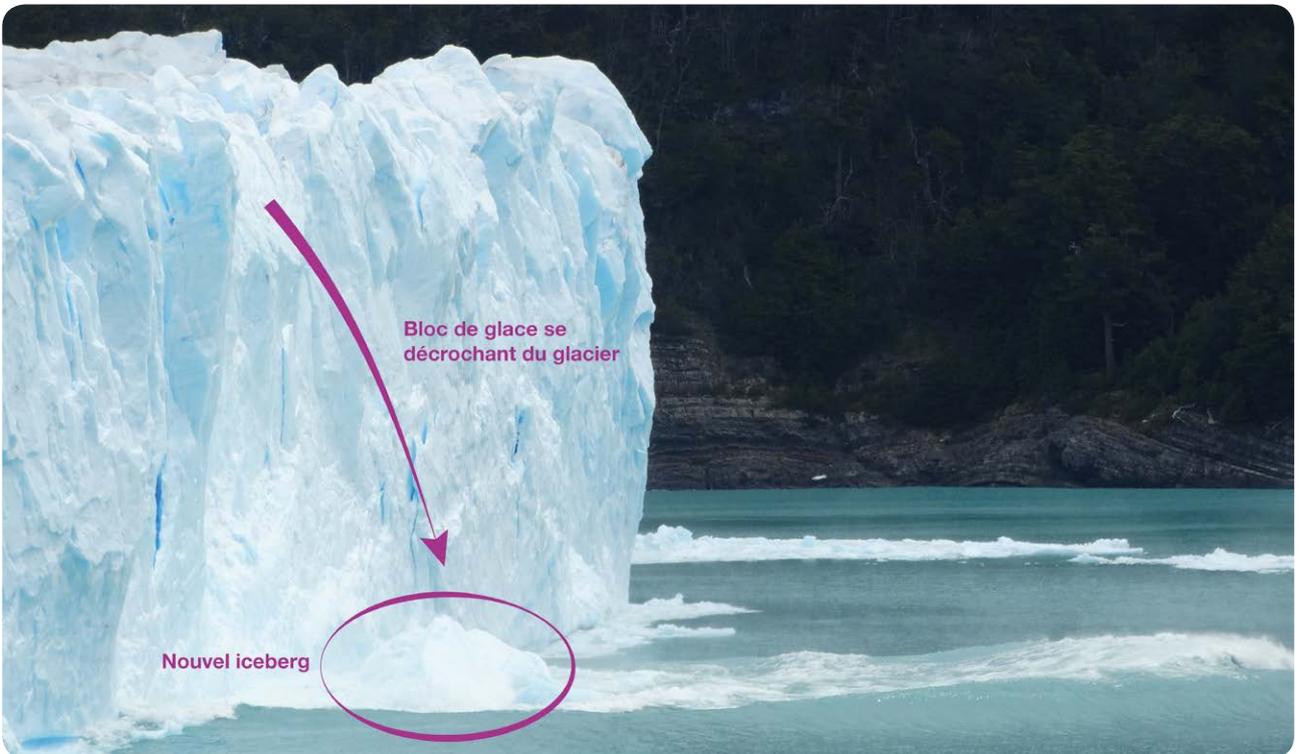
La cryosphère désigne toute l'eau gelée présente à la surface de la Terre. Sur la planète, il existe différents réservoirs d'eau gelée. Les images satellites suivantes permettent de les mettre en évidence.



Source : adapté de « NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio » (Studio de visualisation scientifique du Centre des vols spatiaux Goddard de la NASA) et du « cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat ». <https://svs.gsfc.nasa.gov/3885>



**La banquise** – constituée d'eau de mer gelée, directement à la surface des océans.



**Iceberg** – bloc de glace détaché de glaciers continentaux (situés sur terre) et tombé dans l'océan.

## FICHE C1.4



L'image ci-dessous montre un glacier situé en Patagonie argentine. Les flèches blanches montrent l'eau qui s'écoule du glacier.

➔ Dans quelle direction s'écoule-t-elle, d'après vous ?



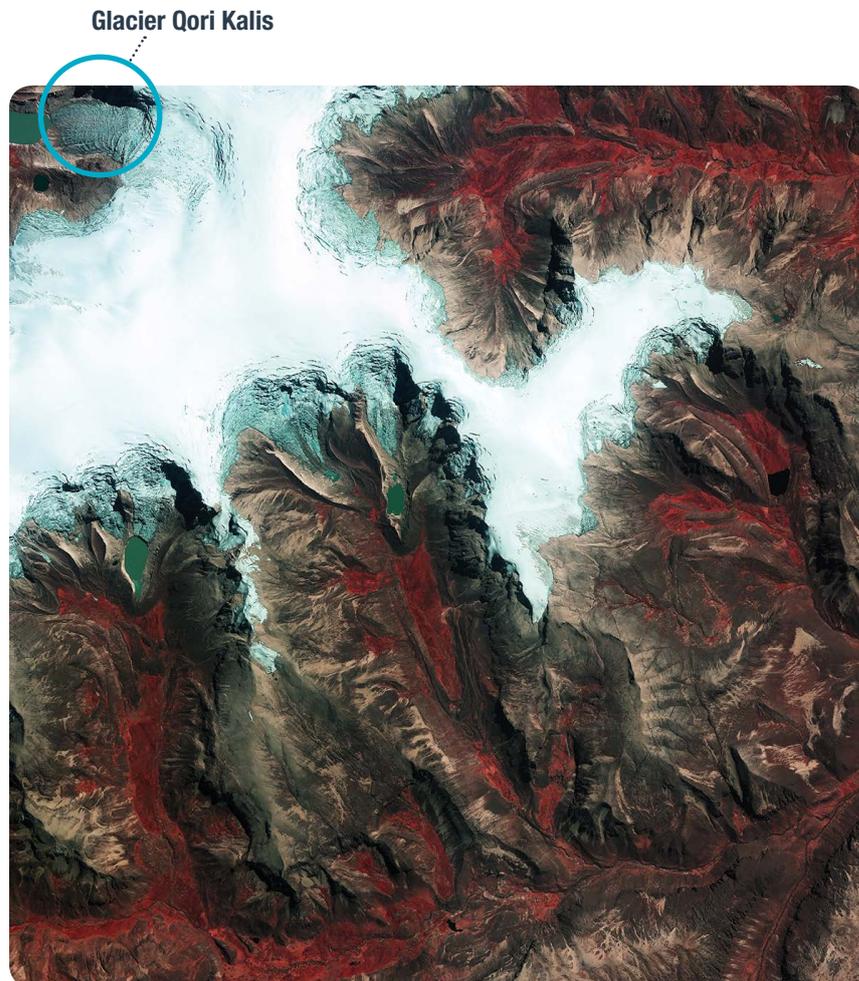
L'image, en bas à gauche, montre la vallée en aval du glacier représenté ci-dessus. Il arrive que les villageois construisent des canalisations pour dévier l'eau qui provient directement des lacs de fonte, comme vous pouvez le voir sur l'image en bas à droite. Notez que l'eau a une couleur laiteuse et coule le long d'une vallée verdoyante, tandis que les montagnes environnantes sont sèches.

➔ Selon vous, pourquoi la vallée est-elle si verte ?





L'image suivante montre une photo satellite de la plus grande calotte glaciaire tropicale de la planète : le Quelccaya dans les Andes péruviennes. La photo a été prise le 29 juin 2009 par le satellite coréen Kompsat-2. Les couleurs peuvent prêter à confusion : la végétation apparaît en rouge.



- Depuis les années 1970, la calotte glaciaire du Quelccaya rétrécit en raison de l'augmentation des températures. Elle a déjà perdu plus de 20 % de sa surface. Dans cette région sèche, les populations vivant dans les vallées dépendent de cette calotte glaciaire comme source d'eau potable et d'électricité.
- Nous pouvons constater que la végétation (en rouge) pousse principalement dans les vallées et le long des cours d'eau.
- Nous pouvons également remarquer la forme caractéristique des vallées glaciaires sur cette carte, creusées par les anciens glaciers avant leur recul.
- Selon certaines estimations, cette calotte glaciaire pourrait disparaître d'ici quelques décennies, tout comme ses précieuses ressources en eau dont dépendent des millions de personnes et d'écosystèmes locaux.
- En haut à gauche de l'image, nous pouvons voir le glacier Qori Kalis, le principal débouché de la calotte glaciaire. Ce glacier recule à un rythme qui s'est accéléré ces dernières années. Il a déjà perdu environ 50 % de sa longueur totale depuis les années 1960. La fonte du glacier a conduit à la formation d'un lac à la fin des années 1980, qui s'est étendu au fil des années ; d'autres lacs plus petits se sont formés autour de la calotte glaciaire.