

Guide de l'enseignant

AVATIVUT

MISSION GLACIALE

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE



© INRS 2019

Crédit photo de la page couverture : Sophie Dufour-Beauséjour

Résumé du projet Avativut : Mission glaciale

AVATIVUT

AVATIVUT, qui signifie « Notre environnement » en Inuktitut, est une série d'activités éducatives qui permettent de rendre un apprentissage concret des sciences pour les élèves du secondaire grâce à des activités où l'élève est en action. La participation active de l'élève tout au long de l'activité lui permettra de s'investir dans ses apprentissages et de faire des liens entre ce qu'il apprend à l'école et la vie quotidienne. Ce matériel pédagogique encourage l'implication de la communauté, en particulier des aînés, lors d'activités sur le territoire et en classe.

AVATIVUT est un programme qui vise à démocratiser la science en utilisant le milieu de l'élève comme environnement d'apprentissage. De plus, ces activités permettront aux enseignants de lier le contenu du programme scolaire avec les éléments présents dans la vie du jeune. Ce processus de facilitation de l'intégration des apprentissages académiques à travers des situations authentiques permettra certainement à l'élève d'avoir un œil différent sur les connaissances et les compétences acquises en classe.

AVATIVUT a été développé initialement pour les jeunes Inuit du Nunavik, en collaboration avec la Commission Scolaire Kativik Ilisarniliriniq. Les trois thématiques originales sont ancrées dans le Nord québécois puisqu'elles touchent la surveillance des glaces, la productivité des petits fruits et la dynamique du pergélisol. Les activités proposées valorisent des compétences et des habiletés utiles tant en science qu'en savoir traditionnel, telles la curiosité, l'observation et la résolution de problèmes. AVATIVUT favorise un équilibre et une complémentarité entre la science occidentale et le savoir local. La version qui vous est ici présentée a été retravaillée pour s'intégrer aussi bien dans un contexte autochtone que dans un contexte non-autochtone. Il est également possible de l'adapter encore plus spécifiquement à la réalité de votre classe, de votre communauté ou de votre environnement, en discutant avec les chercheurs-concepteurs d'AVATIVUT.

Mission glaciale

L'activité *Avativut : Mission glaciale* permet aux élèves de se familiariser avec les changements climatiques et les impacts de ces changements sur la glace dans leur milieu. Les élèves auront l'occasion de discuter de l'importance de bien connaître la glace avec un aîné ou un expert. De plus, les élèves sortiront de la classe afin de prendre des mesures réelles d'épaisseur de glace sur un cours d'eau. Cette activité est une occasion unique de permettre aux élèves d'utiliser la science et les savoirs locaux pour comprendre un phénomène naturel se déroulant dans leur environnement. Cette activité est spécialement conçue pour intéresser l'élève à la matière vue en classe en lui permettant d'appliquer les principes théoriques dans une situation authentique.

Pour plus d'informations ou pour toutes questions sur *Avativut : Mission glaciale* vous êtes invités à contacter M. Yves Gauthier à l'adresse suivante : Yves.Gauthier@ete.inrs.ca.

Présentation du document

Ce document de l'enseignant est construit à la façon d'un scénario d'enseignement. Nous vous y proposons une façon de faire tout au long de l'activité. Il est au choix de l'enseignant de suivre le scénario en totalité ou en partie.

Les SAÉ Avativut sont réalisées en s'appuyant sur le document *La progression des apprentissages au secondaire* du Programme de formation de l'école québécoise en Sciences et technologies au secondaire.

Des évaluations sont présentées tout au long du document. Il est possible pour l'enseignant de faire ces évaluations de façon formative, de façon sommative ou de ne pas les faire du tout. Les évaluations sont construites en lien avec le *Cadre d'évaluation des apprentissages du Programme de formation de l'école québécoise*.

L'enseignant trouvera des Capsules tout au long du document. Ces capsules servent d'enrichissement à la matière. Elles peuvent servir à combler du temps restant à une période (les activités sont conçues pour des périodes de 60 minutes) ou elles peuvent ajouter des éléments d'information pour les intéressés.

Table des matières

Résumé du projet Avativut : Mission glaciale	v
Présentation du document	vii
Calendrier des activités	1
Progression des apprentissages	3
Préparation préalable de l'enseignant	5
Préparation du matériel	6
Séance 1 : Les changements climatiques chez nous	7
<i>Mise en situation (15 min)</i>	7
<i>L'effet de serre : Qu'est-ce que c'est ? (10 min)</i>	11
<i>Expérience : L'effet de serre sur l'océan libre de glace et couvert de glace</i>	13
<i>État de la situation au Québec et en Arctique (5 min)</i>	14
<i>Discussion : nos connaissances locales sur la glace (30 min)</i>	16
Séance 2 : L'Entrevue, la glace d'ici par les gens d'ici	21
<i>Entrevue collective en classe d'un aîné autochtone ou d'un expert local (60 min)</i>	22
<i>Grille d'évaluation 1 : Questions d'entrevue</i>	23
Séance 3 : L'englacement et la fonte des glaces	25
<i>Introduction sur le cycle de glace (15 min)</i>	25
<i>Expérience : Prise de données journalières (20 min pour les explications et quelques minutes par jour pour la prise de données)</i>	28
<i>Les caractéristiques de la glace (5 min)</i>	29
<i>Introduction au concept de masse volumique (20 min)</i>	29
Séance 4 : Les caractéristiques de la glace	32
<i>Expérience : Mesure de l'épaisseur de la glace (60 min)</i>	32
Séance 5 : Les caractéristiques de la glace	35
<i>Expérience : Les caractéristiques de la glace (60 min)</i>	35
Séance 6 : Compilation des données et analyse	41
<i>Analyse des résultats obtenus (20 min)</i>	41
<i>Changement climatique et variabilité (15 min)</i>	43
<i>Évaluation 2 : L'analyse (25 min)</i>	43
<i>Grille d'évaluation 2 : L'analyse</i>	46

Calendrier des activités

* Quelques minutes par jour de prise de données en période d'englacement et de fonte

<p><u>Au préalable par l'enseignant</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lecture du guide - Préparation du matériel - Trouver et inviter un aîné ou un expert local en classe pour la 2^e et la 4^e séance. 	<p><u>Séance 1 : Les changements climatiques chez nous (60 min)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en situation (15 min) - L'effet de serre : Qu'est-ce que c'est? (10 min) - État de la situation au Québec et en Arctique (5 min) - Discussion: nos connaissances locales sur la glace (30 min) 	<p><u>Séance 2 : L'entrevue, la glace d'ici par les gens d'ici (60 min)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Entrevue collective en classe d'un aîné ou d'un expert local (60 min) 	
<p><u>Séance 3 : L'englacement et la fonte des glaces (60 min)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Introduction sur le cycle de la glace (15 min) - Expérience : Prise de données journalière*(20 min) -Les caractéristiques de la glace (5 min) - Introduction au concept de masse volumique (20 min) 	<p><u>Séance 4 : Les caractéristiques de la glace (60 min)</u></p> <p>À l'extérieur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expérience : Mesure de l'épaisseur de la glace (60 min) 	<p><u>Séance 5 : Les caractéristiques de la glace (suite) (60 min)</u></p> <p>En laboratoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expérience : Les caractéristiques de la glace (60 min) <p>Ce laboratoire peut être évalué si l'enseignant le désire.</p>	<p><u>Séance 6 : Compilation des données et analyse (60 min)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Analyse des résultats obtenus (20 min) - Changement climatique et variabilité (15 min) - Évaluation 2 : L'analyse (25 min)



Cette activité peut être utilisée dans un contexte de réinvestissement avec vos élèves. Il vous est donc suggéré d'étaler les différentes séances sur l'année entière et d'utiliser les concepts vus en classe pour compléter les activités du projet *Mission glaciale*. Dans ce cas, voici le calendrier suggéré.

Septembre ou octobre : Séance 1. Préparer les élèves à faire des observations au site de mesure dès que la température passe sous zéro.

Octobre-décembre : Faire des observations journalières pour déterminer la période d'englacement et la date d'englacement.

Lorsque l'occasion se présente (avant la Séance 6) : Séance 2. Réaliser l'entrevue avec un aîné ou un expert. Cette entrevue peut se dérouler dans une autre matière pourvu que les élèves aient préparé leurs questions dans le cours de science.

Janvier-Février : Séance 3. S'assurer de choisir un moment où la glace est suffisamment épaisse pour être sécuritaire avant d'aller y prendre des mesures.

Lorsque l'occasion se présente (avant la Séance 6, entre septembre et février) : Séance 5. Expérimenter au laboratoire les différentes caractéristiques de la glace.

Mars-mai : Faire des observations journalières pour déterminer la période de fonte et la date de fonte.

Mai-juin : Séance 6. Compiler l'ensemble des données récoltées et produire une analyse qui démontre que l'élève a intégré les concepts vus en classe et expérimentés sur le terrain.

Pour des questions de logistique de temps, il est possible d'effectuer la collecte journalière pour l'une des périodes seulement, c'est-à-dire soit à l'automne pour la période d'englacement, soit au printemps pour la période de fonte.

Progression des apprentissages¹

	Terre et espace	Univers matériel	Stratégies
<p>Séance 1</p> <p>Les changements climatiques chez nous</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Décrire l'effet de serre (A.4.b.i) - Expliquer des conséquences de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (A.4.b.ii) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparer l'arrangement des particules dans une substance à l'état solide, liquide ou gazeux (B.2.d.i) - Expliquer un changement d'état à l'aide du modèle particulaire (B.2.d.ii) 	
<p>Séance 2</p> <p>L'entrevue, la glace d'ici par les gens d'ici</p>			<ul style="list-style-type: none"> - Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances (A16) - Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques (A19)
<p>Séance 3</p> <p>L'englacement et la fonte des glaces</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer le concept de masse volumique (A.2.c.i) 	
<p>Séances 4 et 5</p> <p>Les caractéristiques de la glace</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Définir la salinité comme étant une mesure de la quantité de sels dissous dans un volume donné (A.3.c.i) 	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer la masse volumique de différentes substances (A.2.c.ii) 	



	- Décrire l'influence de la salinité sur la masse volumique d'une solution (A.3.c.ii)		
Séance 6 Compilation des données et impacts sur la communauté	- Décrire certains impacts liés à la fonte des glaciers ou des banquises (A.3.e.ii)		- Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables (A17)

Préparation préalable de l'enseignant

À la 2^e séance, l'enseignant reçoit en classe un aîné ou un expert local. Il faut donc contacter au préalable cette personne afin qu'elle puisse être disponible au moment choisi par l'enseignant. Dans le milieu autochtone, un ou une aîné(e) ayant de bonnes connaissances sur la glace peut venir en classe partager son expérience. Que ce soit les différentes sortes de glaces, l'épaisseur sécuritaire de la glace pour les différentes activités traditionnelles ou les techniques de mesure de la glace, l'aîné pourra en apprendre beaucoup aux élèves. Dans les régions du sud du Québec, le savoir traditionnel est moins présent, mais les aînés ont quand même beaucoup à partager. Il est toutefois possible pour l'enseignant d'inviter un expert local en classe. Il peut s'agir d'un représentant d'un club de motoneige, d'un pêcheur sur glace, d'un membre de la garde côtière ou de toute autre personne ayant une expertise pertinente au sujet de la formation de la glace. À la 4^e séance, la classe fait une sortie à l'extérieur pour mesurer l'épaisseur de la glace. Demander à l'aîné ou à l'expert d'accompagner la classe afin de s'assurer de la sécurité de l'activité. La glace comporte des risques et il est préférable de vérifier avec une personne d'expérience que la classe n'est pas dangereuse lors de l'expérience. De plus, l'aîné ou l'expert pourra vous fournir une tarière à glace qui vous est nécessaire pour prendre les mesures d'épaisseur de glace. Vérifier avec cette personne à l'avance si elle possède cet instrument. Cette sortie avec l'aîné ou l'expert sera une occasion idéale de poursuivre la discussion entamée en classe.

Les élèves prendront des mesures d'épaisseur de glace et établiront la durée du couvert de glace dans leur région. Afin de réaliser cette expérience et de collecter des données représentatives qui pourront être utilisées d'une année à l'autre à des fins de comparaison, il faut que l'enseignant choisisse un lieu de prise de données. L'enseignant peut noter les coordonnées GPS de ce lieu ou l'identifier clairement sur une carte géographique. De cette façon, les données prises par les élèves pourront être consultées par les élèves de l'année suivante à des fins de comparaison. Idéalement, la prise de donnée pourrait être faite sur un cours d'eau visible de la fenêtre de la classe. Puisque ce n'est pas possible pour toutes les écoles, il peut aussi s'agir d'un cours d'eau à proximité de l'école et accessible pour les élèves.



Préparation du matériel

Pour la séance 5, les élèves auront besoin d'échantillons de glace. Il faut penser préparer ces échantillons d'avance pour qu'ils soient bien gelés. Les instructions pour la préparation des échantillons de glace se trouvent à la Séance 5.

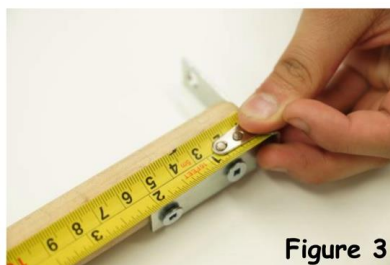
Installer un thermomètre à l'extérieur d'une fenêtre de la classe. (Facultatif)

Fabriquer un bâton de mesure pour l'épaisseur de la glace.

Matériel

- Fer angle de 90°
- Goujon $\frac{3}{4}$ pouce à 1 pouce de diamètre
- Perceuse
- Crayon marqueur
- Crayon de plomb
- Tournevis
- 2 vis
- Ruban à mesurer

1. Visser le fer angle au bout du goujon (Figure 2).
2. À l'aide du ruban à mesurer et du crayon marqueur, identifier d'un trait chaque cm du goujon à partir du bas (où se trouve le fer angle, Figure 4).



Séance 1 : Les changements climatiques chez nous

Mise en situation (15 min)

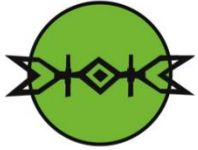
(Débuter l'expérience 1 puisqu'il y a un long temps d'attente)

La Terre se réchauffe. Partout dans le monde, les **changements climatiques** transforment peu à peu notre planète à une vitesse jamais vue dans l'histoire. Ces changements climatiques ce sont des modifications à long terme dans les conditions météorologiques : les températures moyennes, les vents moyens et d'autres aspects de la météo qui changent par rapport à ce qui était observé avant. Pour constater les changements climatiques, il faut donc connaître les conditions météorologiques du passé.

Bref, la Terre telle que nous la connaissons aujourd'hui, subit déjà des transformations, même ici au Québec, et nous devons tous y faire face. Comment serons-nous affectés? Tous les Québécois seront affectés par les changements climatiques, mais pas nécessairement de la même manière. Le Québec est une terre vaste où vivent plusieurs communautés, dont des communautés autochtones, dans des environnements multiples et des latitudes différentes. Nous pouvons dire que le grand peuple québécois est un peuple métis (un Québécois sur deux possède un ancêtre autochtone) étalé sur un vaste territoire diversifié.

Au tableau, projeter la carte du Québec vierge. Demander aux élèves de placer les pictogrammes des différentes nations autochtones au bon endroit. Par la suite, projeter la carte « réponse » du Québec autochtone. Chacune des nations autochtones a ses particularités. Pour en apprendre plus, visitez le <http://www.tourismeautochtone.com>.

MISSION
GLACIALE



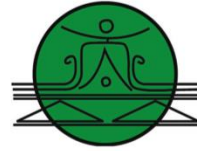
Abénakis



Innus



Algonquins



Malécite



Atikamekw



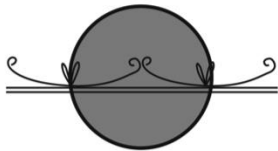
Micmac



Cris



Mohawk



Hurons-Wendat



Inuit



Naskapis



La population sur le territoire du Québec possède donc une belle diversité, qui se reflète dans ses savoirs variés : savoirs scientifiques, savoirs traditionnels autochtones, savoirs locaux et savoirs personnels.

Compte tenu de la situation actuelle concernant les changements climatiques, pourquoi ne pas rallier nos forces et travailler tous ensemble à travers l'ensemble du Québec, afin de mieux se connaître entre communautés et valoriser nos différents savoirs? En unissant nos connaissances, nous arriverons à mieux comprendre notre environnement présent et à nous adapter aux changements du climat! Comme nous l'avons mentionné, nous ne sommes pas tous affectés de la même manière par les changements climatiques, entre autres, parce que le Québec est très vaste, mais aussi parce que certaines régions sont bordées par des cours d'eau, d'autres non ; aussi parce que les régions sont étendues sur différentes latitudes. Comment se compare notre situation à celle du nord?

Le GIEC constate que les changements climatiques sont bien présents : « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté. »¹

¹ GIEC, 2013: Résumé à l'intention des décideurs, *Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.



MISSION GLACIALE

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES TOUCHENT LE CANADA ET LE MONDE

QUE FAISONS-NOUS?

LA SCIENCE DE CALIBRE MONDIAL DU GOUVERNEMENT DU CANADA

La science du climat joue un rôle important



HAUSSE DES TEMPÉRATURES PLANÉTAIRES
LES TEMPÉRATURES AU CANADA ONT AUGMENTÉ PLUS RAPIDEMENT QUE LA MOYENNE MONDIALE.



FONTE GÉNÉRALISÉE DE LA GLACE DANS LA MER ARCTIQUE



CHANGEMENTS DANS LA CONFIGURATION DES PRÉCIPITATIONS



MODIFICATION DE LA FRÉQUENCE ET DE L'INTENSITÉ DES PHÉNOMÈNES EXTRÊMES
NUITS D'ÉTÉ PLUS CHAUDES



Les changements climatiques sont l'un des plus grands défis de notre temps et la science climatologique du Canada joue un rôle important. Elle nous aide à mieux comprendre les effets des changements climatiques sur les écosystèmes, les collectivités et l'économie du Canada.

Pour obtenir plus d'information sur les changements climatiques et connaître le plan d'action du Canada pour s'y attaquer, visitez changementsclimatiques.gc.ca

https://www.canada.ca/content/canadasite/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/faits/_jcr_content/par/img_0_3_0/image.img.jpg/1490981694522.jpg

L'effet de serre : Qu'est-ce que c'est ? (10 min)

Le réchauffement de la planète est comparable à l'effet de serre observé dans une serre où l'on fait pousser des plantes en hiver : dans une serre, les murs transparents permettent à la lumière d'entrer et d'atteindre les plantes, mais empêchent la chaleur produite de ressortir de la serre. Avec le temps, la température augmente à l'intérieur.

Sur la Terre, l'atmosphère agit comme les murs de verre de la serre. Environ 31 % des rayons lumineux du soleil sont réfléchis vers l'espace soit par l'atmosphère, soit par la neige et la glace. De plus, 20% des rayons sont absorbés par l'atmosphère². Le reste des rayons lumineux est transformé en énergie ou en chaleur. C'est ce qui permet à la Terre d'avoir les climats qu'on lui connaît; sans cet effet de serre naturel, la température moyenne serait d'environ -18°C sur Terre!

² <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/effet-serre.html>

11



Certains gaz présents dans l'atmosphère amplifient l'effet de serre naturel en retenant la chaleur à la surface de la Terre, faisant ainsi augmenter la température terrestre. On appelle ces gaz, des **gaz à effet de serre**. Le gaz à effet de serre naturel le plus abondant est la vapeur d'eau (H₂O). Le dioxyde de carbone (CO₂) est le gaz à effet de serre produit par l'activité humaine le plus important. Le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) sont aussi d'autres gaz à effet de serre.



<http://effetdeserre.canalblog.com>

Sur la Terre, plus la température augmente, plus de vapeurs d'eau sont libérées par évaporation dans l'atmosphère et conservent plus de chaleur. La température grimpe donc de plus en plus vite. Avec l'augmentation de la production de gaz à effet de serre tel que le gaz carbonique (CO₂) qui résulte entre autres de la combustion de carburants fossiles (comme l'essence), on risque une augmentation bien plus rapide que ce que les scientifiques avaient anticipé.

En Arctique, lorsque l'eau est recouverte de glace, elle agit comme un miroir et reflète les rayons du Soleil. Mais libre de glace, l'eau de l'Océan Arctique fait le contraire : elle absorbe l'énergie du Soleil! Cette chaleur sera rejetée par la suite dans l'air ambiant, et ce, tout

particulièrement au cours de l'hiver, ce qui modifiera la température de l'air avec les années! Comme l'océan devient un générateur de vapeurs d'eau, l'air ambiant va s'humidifier davantage en arctique, puis l'effet de serre va s'amplifier. C'est un cercle vicieux. Voilà pourquoi la zone arctique connaîtra une hausse de température estimée à 10°C d'ici 2100³.

CAPSULE

Expérience : L'effet de serre sur l'océan libre de glace et couvert de glace

Matériel

- 2 contenants transparents
- 1 couvercle transparent
- De l'eau
- 1 lampe (Il est préférable d'utiliser une lampe infrarouge ou une lampe chauffante pour des résultats plus marqués)
- Des glaçons

1. Remplir les deux contenants d'eau jusqu'à la moitié environ. Dans les deux contenants, déposer quelques glaçons ; la même quantité pour les deux contenants.

2. Mettre le couvercle sur un des deux contenants.

3. Placer les deux contenants sous une lampe pendant 1h00. Demander aux élèves de formuler une hypothèse sur les résultats attendus dans leur cahier de l'élève. (Présenter la mise en situation pendant l'attente.)

4. Après 1 h d'exposition « au Soleil », on compare les deux contenants avec glace, on remarque que la glace a fondu davantage dans le contenant avec couvercle.

La température du contenant avec couvercle s'élève plus rapidement que la température du contenant ouvert, ce qui fait fondre la glace plus rapidement. La vapeur d'eau qui se forme dans le contenant fermé contribue à absorber la chaleur qui est transmise à l'eau. Dans le contenant ouvert, la vapeur d'eau produite est libérée



³ Louis Fortier, ArcticNet



dans l'air, l'eau s'est donc moins réchauffée. De plus, la glace réfléchit une partie des rayons lumineux, protégeant ainsi l'eau d'une augmentation de température.

Le contenant transparent recouvert d'un couvercle agit comme une serre (ou comme l'atmosphère): il permet de laisser passer les rayons lumineux et retient la chaleur. Dans cette expérience les vapeurs d'eau représentent les gaz à effet de serre.

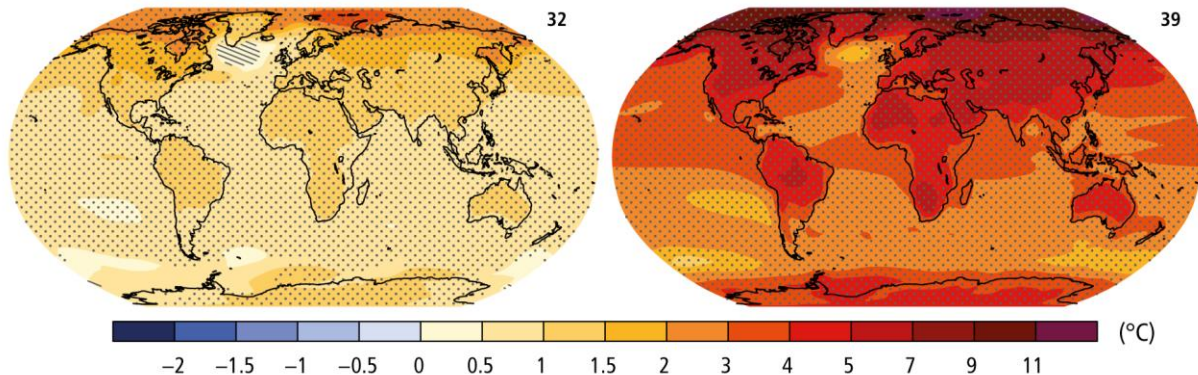
En Arctique, le fait que l'océan n'est pas recouvert de glace pendant une plus longue période fait en sorte que l'eau devient vite plus chaude, puisqu'elle laisse s'échapper des vapeurs d'eau qui auront pour effet d'augmenter l'humidité de l'air, et par le fait même, la température ambiante de l'Arctique.

État de la situation au Québec et en Arctique (5 min)

Au Québec, les impacts des changements climatiques se font déjà sentir. Plus qu'ailleurs, l'Arctique québécois en subit les conséquences. Selon le GIEC, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, l'Océan Arctique pourrait être libre de glaces estivales dès l'été 2037, au lieu d'être en été 2100, comme ils l'avaient d'abord prévu. Alors que la Terre devrait normalement se refroidir suivant les cycles du passé, elle connaîtra plutôt une hausse de température de 0,3 à 0,7°C entre 2016 et 2035⁴.

⁴ Kirtman, B., S.B. Power, J.A. Adedoyin, G.J. Boer, R. Bojariu, I. Camilloni, F.J. Doblas-Reyes, A.M. Fiore, M. Kimoto, G.A. Meehl, M. Prather, A. Sarr, C. Schär, R. Sutton, G.J. van Oldenborgh, G. Vecchi and H.J. Wang, 2013: Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Changements des températures moyennes à la surface de la Terre pour les périodes 1986-2005 à 2081-2100



IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. https://www.c2es.org/content/climate-science-ga/cs_global_temp_projections_v7/

Les Inuits sont particulièrement touchés, car ils vivent dans l'un des endroits au monde où les changements climatiques sont les plus importants et les plus rapides. En fait, le peuple inuit peut déjà observer de nombreux effets du réchauffement climatique sur son environnement immédiat. Les anciens, nommés les *Elders*, perçoivent depuis plusieurs années des anomalies dans l'environnement arctique, telles que des différences dans les migrations des troupeaux de caribous ou par exemple, la fonte prématurée des glaces ou le dégel du pergélisol. *Rien n'est comme avant*, ont-ils affirmé, dans de nombreux reportages.

Ces observations sont aussi documentées dans des ouvrages tel le livre *The Caribou Taste Different Now : Inuit Elders Observe Climate Change*⁵ qu'il pourrait être intéressant de consulter pour les élèves et l'enseignant.

Mission glaciale

Le projet qui vous est proposé aujourd'hui est la suite d'un projet déjà démarré dans le Nord québécois avec des élèves inuits. Il propose une étude sur la formation de la glace comme indicateur des changements climatiques. À travers cette activité, vous pourrez documenter les savoirs traditionnels et récolter des données scientifiques sur le terrain afin de déterminer si les

⁵ Gerin-Lajoie, J., Cuerrier, A. & Siegwart Collier, L. (2016). *The Caribou Taste Different Now : Inuit Elders Observe Climate*. Iqaluit : Nunavut Artic College Media.



changements observés dans les conditions climatiques affectent la formation de la glace dans votre environnement.

Cette activité consiste à évaluer la formation de la glace dans votre environnement et de comparer vos résultats à ceux de vos collègues qui ont fait l'expérience avant vous ou qui la feront après vous. En compilant ainsi les données d'une année à l'autre, vous ferez ce que les scientifiques font pour documenter un phénomène. C'est ce qu'on appelle de la science citoyenne. Vos résultats permettront ainsi de créer une base de données qui vous permettra de constater l'évolution de la formation de la glace et des types de glace d'une année à l'autre et de faire des liens avec les modifications du climat que vous observez dans votre environnement. Ces données vous permettront aussi d'adapter vos habitudes (pêches, déplacements sur la glace, etc.) à la glace et à ses changements dans le temps. Comme mentionné plus tôt, les savoirs traditionnels sont très importants. Cette activité vous permettra aussi de recueillir le témoignage d'un ancien ou d'un expert, car ce savoir peut vous permettre de mieux comprendre vos observations. Du même coup, vous allez compiler ce savoir afin d'assurer sa transmission auprès d'autre membre de votre communauté.

Les données ainsi amassées par les élèves pourront être consultées par l'ensemble des élèves impliqués dans le projet et leurs enseignants, mais aussi par des chercheurs qui désirent mieux comprendre comment les conditions climatiques peuvent influencer la formation de la glace et suivre l'impact des changements climatiques dans l'Arctique.

Présenter le calendrier des activités aux élèves.

Discussion : nos connaissances locales sur la glace (30 min)

Tel que mentionné plus tôt, la glace, et aussi la neige, présentes à la surface de la Terre, permettent de réfléchir les rayons lumineux vers l'espace ce qui contribue à modérer le climat⁶. La présence d'eau gelée, sous forme de neige ou de glace empêche donc une certaine partie de l'énergie du Soleil d'être transformée en chaleur à la surface de la Terre. En Arctique, si l'océan n'est pas recouvert de glace, cela fait en sorte que l'eau devient vite plus chaude, puisqu'elle laisse s'échapper des vapeurs d'eau qui auront pour effet d'augmenter l'humidité de l'air, et par le fait même, la température ambiante de l'Arctique. Au niveau du climat, la présence de glace en Arctique est donc très importante. Ceci est sans compter l'importance capitale de la glace pour les habitants du Nord et pour les animaux. Les Inuit s'en servent pour voyager et

⁶ <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/recherche-donnees/tendances-variabilite-climatiques/recherche-neige-glace.html>

pour accéder à de nouveaux territoires de chasse. Les animaux aussi s'en servent pour se déplacer ou pour chasser, mais également, comme dans le cas des phoques, pour mettre bas et élever leurs petits.

Qu'en est-il de l'utilité de la glace pour vous? En équipe, les élèves doivent identifier de quelles façons le couvert de glace des cours d'eau leur est utile.

Réponses possibles :

- Pêche sur glace
- Patinage extérieur
- Motoneige (loisir ou déplacements)
- Transport (Dans certaines régions la glace permet de se rendre à certains endroits qui ne sont pas accessibles à d'autres périodes de l'année. Pour les régions du sud du Québec, on peut donner l'exemple de l'île d'Orléans qui a longtemps été isolée de Québec l'été, mais accessible l'hiver en carriole grâce à la glace présente sur le fleuve.)
- Protège les poissons du froid
- Sans glace, le niveau de la mer va monter ce qui peut mettre en danger les villes côtières. La glace arctique permet donc d'habiter une plus grande superficie terrestre.

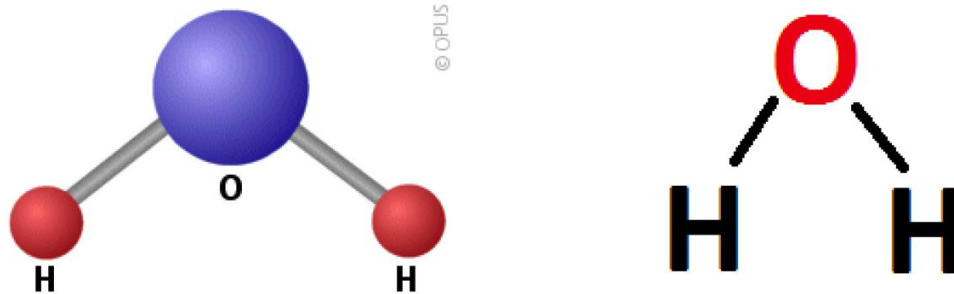
Puisque le couvert de glace est important, il est bien de le connaître, de connaître ses caractéristiques et de les mesurer. C'est ce que nous ferons dans *Mission glaciale* !



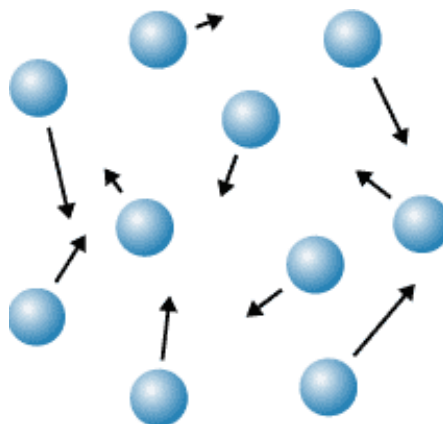
Avant d'aller plus loin, commençons par nous poser la question : *qu'est-ce que de la glace*? Si le matériel est disponible, distribuer aux élèves (individuellement ou en équipe) quelques boules de styromousse et quelques cure-dents. Demander aux élèves d'expliquer ce qu'est la glace à l'aide de ce matériel. On demande donc aux élèves quelles sont leurs conceptions spontanées d'un sujet scientifique. Si le matériel nécessaire n'est pas disponible, on peut simplement

demander aux élèves de dessiner de la glace à l'aide de lignes droites d'environ 5 cm et de cercles. Une fois les créations des élèves réalisées, les élèves expliquent ce qu'ils ont fait au reste de la classe. Certaines explications peuvent être farfelues, mais d'autres pourraient bien se rapprocher d'une explication impliquant le modèle particulaire. Utiliser les réponses des élèves pour expliquer les changements de phase de l'eau. Expliquer les concepts suivants :

- La **molécule** d'eau (H_2O) est composée de 2 **atomes** d'hydrogène et d'un atome d'oxygène liées entre-elles par des **liaisons covalentes**. (Fabriquer la molécule avec les boules de styromousse et les cure-dents).



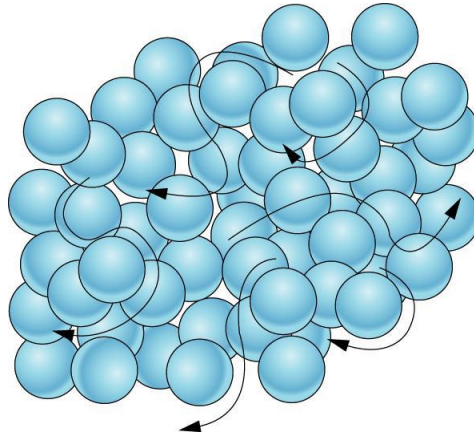
- Lorsque l'eau est à l'état gazeux, les molécules d'eau sont très espacées les unes des autres, elles bougent beaucoup et sont donc désordonnées. (On peut faire la démonstration avec plusieurs molécules d'eau dans un grand contenant qu'on brasse vigoureusement. Sinon, une excellente façon de démontrer ce principe est d'utiliser les élèves de la classe. À l'état gazeux, ils prennent beaucoup de place dans la classe et peuvent se déplacer librement rapidement.)



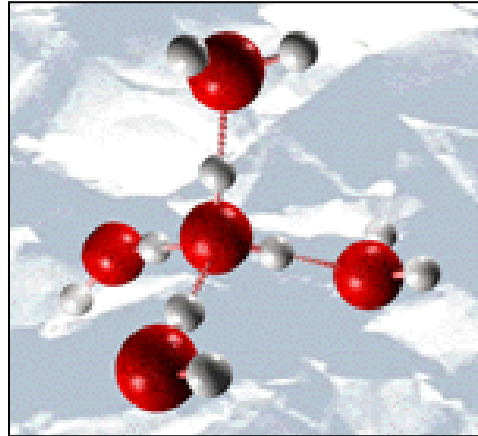
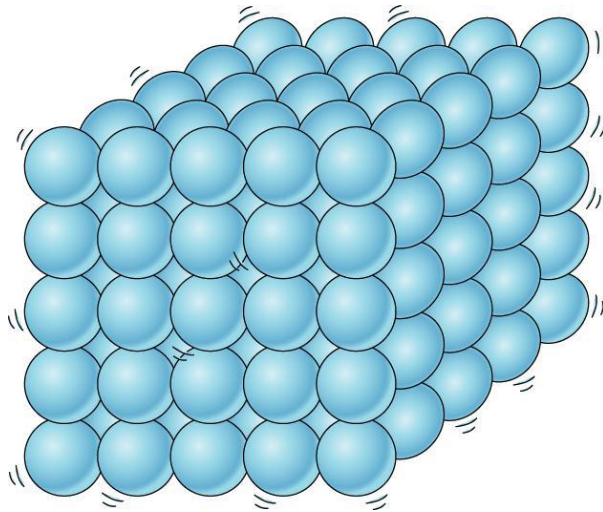
- Lorsque l'eau est à l'état liquide, les molécules d'eau sont relativement près les unes des autres, elles ont moins d'espace pour bouger. Elles sont peu ordonnées.

(Encore une fois, on peut faire la démonstration avec plusieurs molécules d'eau dans un grand contenant. Sinon, les élèves circulent dans une partie restreinte de la classe, ce qui limite leurs déplacements.)

•



- Lorsque l'eau est à l'état solide, en glace, les molécules d'eau sont près les unes des autres, elles sont reliées par de liens faibles (qui peuvent se briser relativement facilement). Elles sont très ordonnées. (Encore une fois, on peut faire la démonstration avec plusieurs molécules d'eau dans un grand contenant en les disposant comme l'image ci-dessous tel un casse-tête. Sinon, les élèves se donnent la main ce qui limite leurs déplacements.)



Pour mieux comprendre, il est possible de consulter les animations réalisées par le musée canadien de la nature sur la molécule d'eau dans tous ses états.

<https://www.youtube.com/watch?v=XHDBdtrfRyo>

<https://www.youtube.com/watch?v=lr3OBb13mDY>

Demander aux élèves de dessiner les différents arrangements des **particules** d'eau dans leur cahier de l'élève.

Séance 2 : L'Entrevue, la glace d'ici par les gens d'ici

L'entrevue réalisée dans le cadre du projet *Avativut : Mission glaciale* est une occasion parfaite pour mettre en lien des compétences transversales. Afin de bonifier au maximum cette expérience, il serait intéressant pour l'enseignant de science de se jumeler avec d'autres enseignants. Ainsi, il vous est proposé de préparer, dans le cours de science, des questions d'entrevue en lien avec le projet Mission glaciale. L'entrevue elle-même pourrait pour sa part être réalisée dans un cours d'univers social et un texte synthèse pourrait être fait dans le cours de français. Au moment de l'entrevue, s'assurer qu'une carte de la région est à la disposition de l'invité pour que cette personne puisse facilement identifier les lieux dont elle parle.

Le but est de démontrer aux élèves qu'il existe un savoir précieux, acquis au fil du temps, par observation, apprentissage et adaptation. Les dépositaires de ce savoir sont souvent nos aînés, de par leur expérience, leur mémoire et leurs témoignages. Mais il existe également des experts locaux, parfois plus jeunes, mais très impliqués dans leur milieu et qui possèdent une expertise et un savoir-faire impressionnants. L'entrevue, c'est une opportunité de communiquer le savoir, souvent entre générations et de mettre en relation ce savoir enseigné par la vie, avec le savoir enseigné en classe.

Une entrevue implique souvent des questions auxquelles l'invité(e) répond. Les élèves ont souvent des questions précises, impromptues ou préparées. Par contre, il est également possible que l'entrevue en soit une d'écoute. Un aîné a tellement de choses à raconter et il suffit parfois de se laisser emporter par son témoignage. On place le contexte, on oriente un peu et on laisse aller. Dans plusieurs cultures, c'est une question de respect.

Peu importe la forme, l'entrevue devrait nous permettre d'en apprendre un peu plus sur les lieux, les usages, les changements et les mots, en lien avec notre thématique. **Où trouve-t-on de la glace dans notre région? Quel impact a-t-elle dans notre société? Comment s'y adapte-t-on? Qu'est-ce qui a changé au fil du temps? Quels sont les mots qui la décrivent sous ses formes diverses?**

Les élèves devront préparer cinq questions pertinentes à poser à l'invité pour mieux connaître la glace. Elles peuvent concerner les processus d'englacement et de fonte, les types de glace, les différences entre aujourd'hui et il y a 50 ans, les façons de « lire » la glace pour savoir si elle est sécuritaire, les instruments de mesure de la glace, les activités reliées à la glace, etc. Peut-être auront-ils l'occasion de les poser, mais peut-être trouveront-ils simplement les réponses au fil du témoignage de l'invité.

Dans les deux cas, l'enseignant pourra évaluer les élèves sur cet aspect. Qu'est-ce qu'ils ont retenu? Ont-ils trouvé des réponses? Suite à l'entrevue, il pourra aussi être intéressant de mettre en relation les informations captées par les élèves dans ces témoignages et les concepts



scientifiques qui seront abordés en classe. Par exemple, si l'invité parle de la couleur ou de la portance de la glace, on pourra faire le lien avec le concept de densité.

CAPSULE

Les savoirs traditionnels

Les **savoirs traditionnels** sont un ensemble de connaissances propres à une communauté dans une région donnée et transmises de génération en génération. C'est bien connu, les autochtones ou les Premières Nations, possèdent un lien intime avec la terre. Comme leur mode de vie est près de la nature, ils ont beaucoup d'occasions d'observer les phénomènes naturels, les animaux et les plantes. Ils chassent et cueillent davantage que les communautés non autochtones. Leurs savoirs traditionnels sont moins documentés dans les livres de bibliothèques ou sur Internet, que les savoirs scientifiques. Pourtant, leurs savoirs traditionnels sont aussi importants que la science : ils apportent une compréhension importante des situations environnementales locales dans le présent ou dans le passé. Les deux types de savoirs peuvent être unis pour une meilleure compréhension et protection de l'environnement. Dans le cas des changements climatiques, les autochtones, attentifs aux changements qui s'opèrent dans leur environnement, sont souvent une source de savoirs de grande importance.

Entrevue collective en classe d'un aîné autochtone ou d'un expert local (60 min)

Présenter l'invité. S'il s'agit d'un aîné, parler de lui ; de son histoire de vie, etc. S'il s'agit d'un expert décrire brièvement son domaine d'expertise.

Expliquer à l'invité le contexte de l'entrevue.

Amorcer l'entrevue par une question.

Les élèves notent les informations qu'ils jugent nécessaires pour la suite du projet et peuvent relancer par leurs questions.

À la fin de l'entrevue, ne pas oublier de remercier l'invité.

Grille d'évaluation 1 : Questions d'entrevue

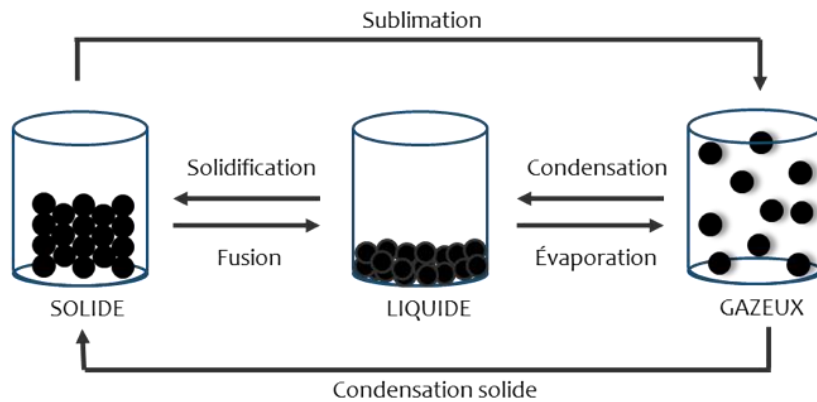
Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ⁷	5	4	3	2	1	0
	Critère 1 : Représentation adéquate de la situation					
	Les questions formulées démontrent la compréhension de la problématique.					
	Présence de 4 éléments des éléments ci-dessous. Les questions permettent de comprendre les aspects suivants concernant la glace : 1. La localisation des plans de glace. 2. Les changements climatiques observés au site d'étude. 3. Les changements à travers le temps. 4. Les impacts sociaux et économiques de la présence de glace. 5. La sécurité. 6. L'adaptation à la glace.	Les questions formulées démontrent la compréhension de la problématique. Présence de 3 éléments cités au niveau 5.	Les questions formulées démontrent la compréhension partielle de la problématique. Présence de 2 éléments cités au niveau 5.	Les questions formulées démontrent la compréhension partielle de la problématique. Présence de 1 élément cité au niveau 5.	Les questions formulées démontrent une certaine compréhension de la problématique.	Les questions ne sont pas liées à la problématique.

⁷ Ministère de l'Éducation, Loisir et du Sport du Québec (2011) Programme de formation de l'école québécoise : Cadres d'évaluation des apprentissages, Science et technologie, Science et technologie de l'environnement, Enseignement secondaire, 2^e cycle.

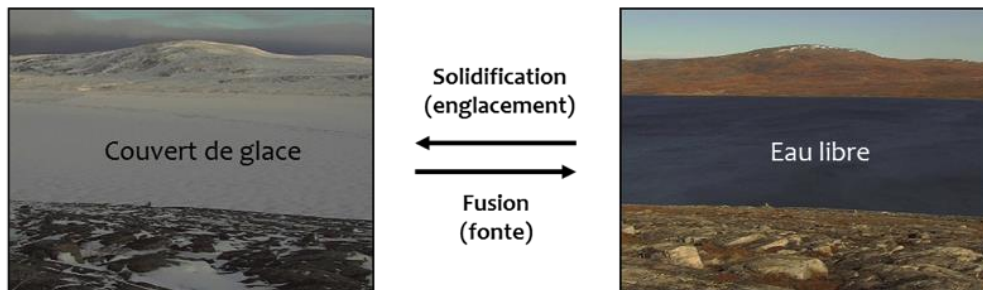
Séance 3 : L'englacement et la fonte des glaces

Introduction sur le cycle de glace (15 min)

Tu as déjà vu en classe, les différents états de la matière...



C'est le temps de les observer sur le territoire!



L'**englacement** est la période entre la première apparition de glace et l'établissement d'un couvert de glace complet (100 %) qui durera tout l'hiver. La date d'englacement est la journée où ce couvert de glace complet est observé.

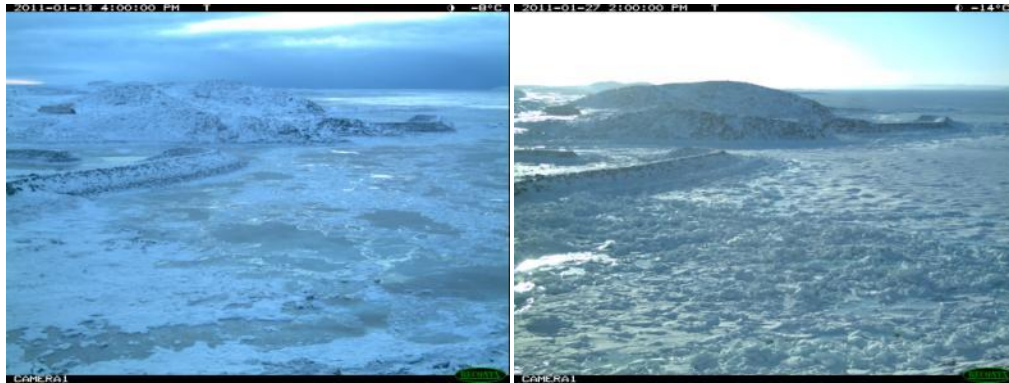
Remplace les photos dans l'ordre chronologique de l'englacement à Umiujaq et indique avec la lettre, laquelle représenterait la « date d'englacement ».



Ordre : B, C, E, A, D

Date d'englacement : D

Avec le froid, la glace s'épaissit. Puis, sous l'effet des vents, des courants et des marées, il arrive que la glace se brise ou s'empile. Elle change de forme et de dimension. C'est la **déformation**.



La **période de fonte** est la période entre le début de la fonte de la neige qui recouvre la glace et la disparition totale de la glace. On appelle « **date de fonte** », le premier jour où le plan d'eau est complètement libre de glace.

La **durée** du couvert de glace est le nombre de jours entre la date d'englacement et la date de fonte.

Le cycle de la glace est un excellent indicateur de changement climatique. Un englacement plus tardif et une durée du couvert de glace plus courte peuvent être, sur le long terme, des signes de réchauffement climatique. D'où l'importance de l'étudier année après année. Le cycle de la glace est également important pour les espèces animales, comme les poissons qui vivent sous la glace ou les phoques qui élèvent leurs petits sur la glace. Également, il détermine le cycle de nombreuses activités humaines, comme la navigation, les déplacements en motoneige sur nos lacs et rivières, la pêche sur glace, etc.

L'entrevue réalisée en classe a déjà permis d'amasser des informations sur les changements observés par le passé. Nous allons maintenant réaliser nos propres observations afin de construire un calendrier de glace. Ce calendrier permettra de mieux connaître, d'une année à l'autre, la variation du cycle de glace.



Expérience : Prise de données journalières (20 min pour les explications et quelques minutes par jour pour la prise de données)

Matériel

- Thermomètre extérieur (facultatif)
- Cahier de l'élève
- Calendrier
- Un crayon bleu, un crayon jaune et un crayon rouge

Objectif de l'observation : Connaître la date d'englacement, la date de fonte et la durée de la saison de glace cette année.

À l'automne⁸

1. Déterminer une zone d'observation de la glace. Ce lieu doit idéalement être vu de la fenêtre de la classe, du terrain de l'école, ou d'un endroit où passent les élèves chaque jour. Puis, déterminer le champ d'observation, c'est-à-dire les limites de la zone d'observation (ex. : la portion de rivière que l'on aperçoit entre la maison rouge et le rocher).
2. Chaque jour, on observe la température de l'air. Vous pouvez placer un thermomètre à l'extérieur de votre fenêtre de classe ou consulter les données [météo](#) sur Internet.
3. Dès que la température de l'air passe régulièrement sous le point de congélation, noter chaque matin, dans le calendrier, la température de l'air. Surveiller l'eau autour de la communauté.
4. Dès que la glace apparaît, débiter les observations journalières dans la zone d'observation des glaces choisie.
5. Dans le calendrier, encadrer **en bleu les jours où on observe de l'eau seulement**, **en jaune lorsqu'il y a présence d'eau et de glace** et **en rouge lorsqu'il y a présence d'un couvert de glace seulement**.
6. Lorsque le couvert de glace est complet, poursuivre les observations pendant encore une semaine ou deux. Il arrive en effet que le couvert de glace se forme une journée puis se défasse peu après sous l'effet des vents ou des courants. On prend ensuite une pause jusqu'au printemps.

⁸ La SAÉ pourrait être fait soit pour la période d'englacement, soit pour la période de fonte ou encore pour les deux périodes selon le temps dont l'enseignant dispose pour l'activité.

Au printemps

7. Dès que la température de l'air passe régulièrement au-dessus du point de congélation, noter chaque matin dans le calendrier, la température de l'air. Surveiller la glace.
8. Lorsque la neige sur la glace est fondue et que des zones d'eau apparaissent, recommencer à noter vos observations chaque jour, dans le calendrier. Encadrer **en bleu les jours où on observe de l'eau seulement**, **en jaune lorsqu'il y a présence d'eau et de glace** et **en rouge lorsqu'il y a présence d'un couvert de glace seulement**.
9. Lorsqu'il n'y a plus de glace au point d'observation, vous avez la date de fonte, même s'il arrive que la glace quitte et revienne sous l'effet des vents ou des courants.

Conserver le calendrier établi. Nous l'utiliserons pour les analyses, ainsi que pour comparer les données de cette année à d'autres données lors de la 6^e séance.

Les caractéristiques de la glace (5 min)

La glace n'est pas uniforme ou ennuyante. Il en existe différentes sortes et sous différentes formes. Selon qu'elle se soit formée en eau douce ou en eau salée, en eau calme ou en eau turbulente, la glace présentera des caractéristiques particulières. Par exemple, certaines caractéristiques de la glace détermineront si elle est sécuritaire pour s'y déplacer. Dans ce cas, l'épaisseur de la glace est un paramètre important, mais il n'est pas le seul. La masse volumique en est un autre essentiel.

Introduction au concept de masse volumique (20 min)

Il serait intéressant que les élèves aient déjà vu le concept de masse volumique en classe. Ils pourront ainsi faire des liens entre les concepts vus en classe et la situation qui est présentée ici. En d'autres mots, ils pourront mettre en application les concepts qu'ils ont vus afin de mieux les intégrer.

La masse volumique d'un corps est la quantité de matière qu'il possède par rapport à l'espace qu'il occupe.

$$\rho = m / v$$

$$\rho = \text{masse volumique (g/mL ou g/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{masse (g)}$$



$v = \text{volume (mL ou cm}^3\text{)}$

La glace flotte sur l'eau, car la masse volumique de la glace est moins importante que celle de l'eau liquide : la même masse d'eau occupe un volume supérieur dans la glace, ce qui abaisse la masse en cm^3 de glace et donc sa masse volumique. Faire un retour sur le modèle particulaire. Les molécules d'eau à l'état liquide occupent un certain espace. Lorsque l'eau gèle (solidification), les molécules d'eau se réarrangent et ce nouvel arrangement prend plus d'espace pour la même quantité de molécules. Ainsi, l'eau prend de l'expansion en se solidifiant, ce qui diminue sa masse volumique. On peut penser à ce qui se passe lorsqu'on met une bouteille d'eau au congélateur. Si la bouteille d'eau est pleine au moment de la placer au congélateur, une fois gelée, elle sera gonflée ou même, elle aura éclaté ! Cette propriété, qui est caractéristique de l'eau (normalement un solide est plus dense qu'un liquide, c'est-à-dire que la masse du solide est plus élevée que celle du liquide), permet à la glace de flotter. Ceci permet aux poissons de passer l'hiver dans l'eau sous la glace à l'abri du grand froid. Pensez-y; si la masse volumique de la glace était plus élevée que celle de l'eau, la glace coulerait et les étendues d'eau seraient complètement gelées en hiver provoquant ainsi la mort de la vie sous-marine. La nature est si bien faite!

Attention! Il ne faut pas confondre la masse volumique et la **densité**. La densité est un rapport entre la masse volumique d'une substance et la masse volumique d'une substance de référence, soit l'eau pour les liquides et les solides et l'air pour les gaz. La densité n'a pas d'unité puisqu'il s'agit d'un rapport. Par contre, dans notre cas, la masse volumique de la substance de référence est 1, donc la masse volumique est égale à la densité. Nous utiliserons donc les deux appellations pour la suite.

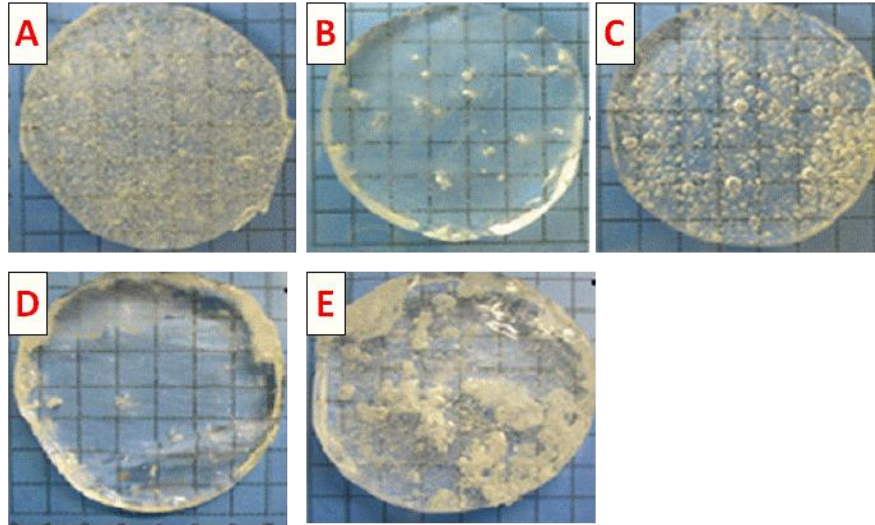
Pour aller plus loin, il est possible de consulter les vidéos Alloprof :

<https://www.youtube.com/watch?v=dq0iiywt0YU>

https://www.youtube.com/watch?v=H0_p3BiQIAU

Nous savons déjà comment calculer la masse volumique de la glace. Par contre, la glace qui se trouve sur un cours d'eau n'est pas nécessairement pure. Dans une eau agitée, de nombreuses bulles d'air peuvent rester emprisonnées dans le solide. Certaines particules de sable ou de terre peuvent aussi rester prises dans la glace. L'eau de mer, quant à elle, contient du sel qui sera également pris dans la glace sous forme de saumure. Ces substances vont modifier la masse volumique et ainsi la résistance de la glace.

Voici des échantillons de glace. On y voit très bien les bulles d'air en blanc, par opposition à la glace transparente. Peux-tu mettre les photos dans l'ordre, de la glace moins dense à la glace plus dense?



Réponse : $A < C < E < B < D$

Une glace remplie de bulles d'air paraît blanche. Ce sont les bulles d'air qui diffusent la lumière. Elle sera moins dense et moins solide qu'une glace sans bulle d'air, qui paraît noire. En fait, elle paraît noire parce qu'elle est transparente et que l'on voit plutôt le fond de l'eau. Pour te déplacer sur un couvert de glace noire, quelle est l'épaisseur de glace minimale recommandée?

10 cm à pied

12 à 15 cm en motoneige

30 cm en voiture

Attention! Lorsque tu te déplaces sur la glace, ses caractéristiques (épaisseur, masse volumique, couleur, salinité et solidité) peuvent changer très rapidement d'un endroit à l'autre. Qu'est-ce qui cause ces changements locaux?

- Profondeur de l'eau
- Mouvements de l'eau (Marée, courants, remous)
- Température de l'eau (apport d'eau plus chaude provenant d'un affluent, d'un réseau pluvial ou industriel, etc.)



Séance 4 : Les caractéristiques de la glace

Expérience : Mesure de l'épaisseur de la glace (60 min)

Cette activité doit se faire uniquement en présence d'un expert local, qui peut s'assurer d'abord de la sécurité du lieu et qui dispose d'une tarière à glace. L'idéal est d'organiser le tout avec l'invité de l'entrevue.

Comme nous l'avons vu à la séance 3, certaines caractéristiques de la glace sont importantes pour déterminer si la glace est sécuritaire. La première est l'épaisseur.

Avant de s'aventurer sur la glace, assurez-vous que les élèves sont habillés en conséquence et passez en revue les règles de sécurité avec l'invité.

Une fois sur la glace, suivez le protocole de mesure de l'épaisseur.

Note : La neige agit comme un isolant. Plus elle est épaisse et isolante, moins la glace épaissira.

Matériel

- Une tarière à glace
- Un bâton à mesurer la glace
- Une pelle
- Le cahier de l'élève
- Un GPS

Avant toute chose, s'assurer auprès des membres de la communauté ou d'un expert que la glace au site de mesure est sécuritaire.

Objectif : Mesurer l'épaisseur de la glace.

Se rendre au point de mesure de la glace après s'être assuré que la glace y est sécuritaire.

1. Au point de mesure choisie, mesurez l'épaisseur de la neige et notez-la dans le Tableau 1 dans le cahier de l'élève.
2. Dégager la neige avec une pelle, puis creuser un trou avec une tarière à glace jusqu'à l'eau libre.
3. Insérer le bâton à mesurer dans le trou, la partie de l'équerre en bas.

4. Une fois le bâton descendu, collez-le sur le bord du trou et remontez-le jusqu'à ce que l'équerre bloque sous la glace.
5. Lire la mesure à la surface de la glace. C'est l'épaisseur de la glace au point #1. Noter l'épaisseur dans le Tableau 1 dans le cahier de l'élève.
6. Au total, faire des mesures sur 4 points d'échantillonnage comme les 4 coins d'un carré séparés chacun d'environ 2 mètres. Si vous avez un GPS, noter les coordonnées du centre du carré. Sinon, indiquez l'endroit approximatif sur un croquis ou une carte.
7. Au retour en classe, calculer la moyenne des quatre mesures d'épaisseur de glace. Et pour chaque point, comparer l'épaisseur de glace avec l'épaisseur de neige.

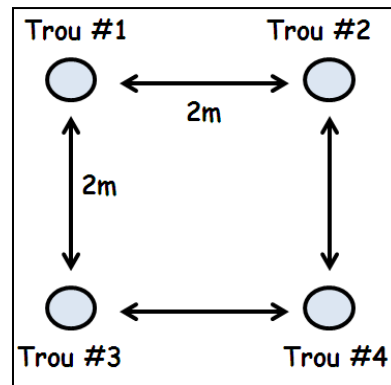


Tableau 1 : Mesures de l'épaisseur de la glace

Trou	Coordonnée	Épaisseur de la neige (cm)	Épaisseur de la glace (cm)
#1			
#2			
#3			
#4			

Moyenne de l'épaisseur de la glace = (Trou #1 + Trou #2 + Trou #3 + Trou #4) / 4

Moyenne (cm) = _____

Séance 5 : Les caractéristiques de la glace

Expérience : Les caractéristiques de la glace (60 min)

Préparation des échantillons de glace avant le laboratoire

Dans un bac à gros glaçons ou idéalement dans de petits contenants individuels d'au moins 80 ml, verser soit :

- 75 ml d'eau distillée (donnera une glace pure)
- 75 ml d'eau du robinet (donnera une glace assez transparente – glace de lac)
- 25 ml d'eau du robinet et 50 ml d'eau pétillante (donnera une glace blanche – glace de rivière)
- 75 ml d'eau du robinet avec 2,6 g de sel, pour obtenir la salinité moyenne de la mer, soit 35g de sel par kg d'eau (1L) (glace de mer).

Préparer plusieurs échantillons. Mettre au congélateur.

Matériel (par équipe)

- 3 inconnus (A, B et C), 2 échantillons de chaque inconnu.
- 2 échantillons de glace d'eau distillée
- Balance
- 2 Bêchers de 250 ml
- Cahier de l'élève
- Eau distillée
- 2 pipettes
- Colorant alimentaire
- Réfractomètre de salinité (Salinity refractometer, environ 30\$ sur Amazon)
- Boîte de Pétri
- Lampe de poche
- Marteau



Objectif : Identifier le type de glace à partir de certaines de ses propriétés.

Masse volumique (cette mesure est plus précise avec de gros échantillons)

1. Mettre 100 ml d'eau froide du robinet dans le bécher de 250 ml. Noter le volume exact.
2. Poser l'échantillon de glace sur la balance et noter rapidement la masse en grammes. Si possible mettre au réfrigérateur les plateaux de balances au préalable pour qu'ils soient froids au moment de la prise de mesure.
3. Introduire le morceau de glace dans le bécher et l'immerger doucement dans l'eau en poussant avec la pointe d'un crayon. Lorsque le morceau de glace est complètement recouvert d'eau, noter rapidement le nouveau volume correspondant, avant que la glace ne fonde. Jeter le reste de l'échantillon.
4. Faire la différence entre les deux mesures de volume lues sur le bécher pour obtenir le volume du morceau de glace.
5. Calculer la masse volumique du morceau de glace en divisant la masse par le volume.

Transparence

Une autre façon de savoir si la glace est dense ou si elle ne l'est pas est d'observer sa transparence. Plus la glace est transparente, moins elle contient d'air et plus elle est dense. Au contraire, si la glace contient beaucoup d'air, elle paraît blanche et elle est moins dense.

6. Dépose un nouvel échantillon dans une boîte de Pétri. Fait passer le rayon lumineux de la lampe à travers l'échantillon. Observe la quantité de lumière qui traverse l'échantillon et inscrit dans le Tableau 2 le degré de transparence (du plus transparent au moins transparent).
7. Laisse fondre légèrement l'échantillon afin de récolter quelques gouttes d'eau que tu conserveras à part pour le test de salinité.

Porosité

Une glace est poreuse lorsqu'elle contient des espaces vides, comme une éponge, qui peuvent être remplis par des liquides ou des gaz. La glace de mer est poreuse, car elle contient plein de petits canaux créés par le sel qui s'échappe par le bas.

8. Verse quelques gouttes de colorant sur l'échantillon de glace. Si le colorant pénètre, la glace est poreuse. Si le colorant coule en surface ou autour, la glace n'est pas poreuse.



La dureté

Plus il y a d'air dans la glace, moins elle est solide. La glace la plus transparente est habituellement la plus solide. Il en faut seulement 10 cm pour supporter le poids d'un adulte.

9. **Mettre des lunettes de sécurité ou une visière !** Utilise un marteau ou un poids que tu laisses tomber sur ton échantillon de glace. Lequel se détruit facilement et lequel est le plus résistant? Est-ce qu'il s'effrite ou se casse en gros morceaux ? Note tes observations dans le Tableau 2.

Salinité

Quand l'eau de mer gèle, elle emprisonne des petites poches d'eau salée à l'intérieur (saumure). Cette saumure descend tranquillement vers le bas au cours de l'hiver pour s'échapper dans l'eau. Alors souvent, le dessus de la glace est moins salé que le bas! De plus, l'eau salée a un point de fusion plus bas que l'eau pure. Il doit donc faire plus froid pour que l'eau salée gèle. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on étend du sel en hiver sur les routes glacées.



10. Déposer une goutte d'eau distillée sur le lecteur du réfractomètre à salinité et assurez-vous que la lecture est à 0 ppt. Essayer délicatement la goutte d'eau avec un chiffon doux. Noter que 100 ppt est équivalent à 10 % de contenu en sel. La salinité moyenne des océans est de 35 g/L ou 3,5 % (35 ppt). L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 1g/L. Voir : <http://doc.lerm.fr/salinite-leau-mer/>
11. Avec une pipette, prélever une goutte de la fonte des échantillons conservée précédemment. Déposez-la sur le lecteur du réfractomètre à salinité. Effectuez la lecture de la salinité et notez cette mesure dans le Tableau 2. Essayez.
12. En terminant, nettoyez le lecteur du réfractomètre avec une nouvelle goutte d'eau distillée et essayez.

Note : Si un réfractomètre à salinité n'est pas disponible, la langue peut très bien détecter le sel !

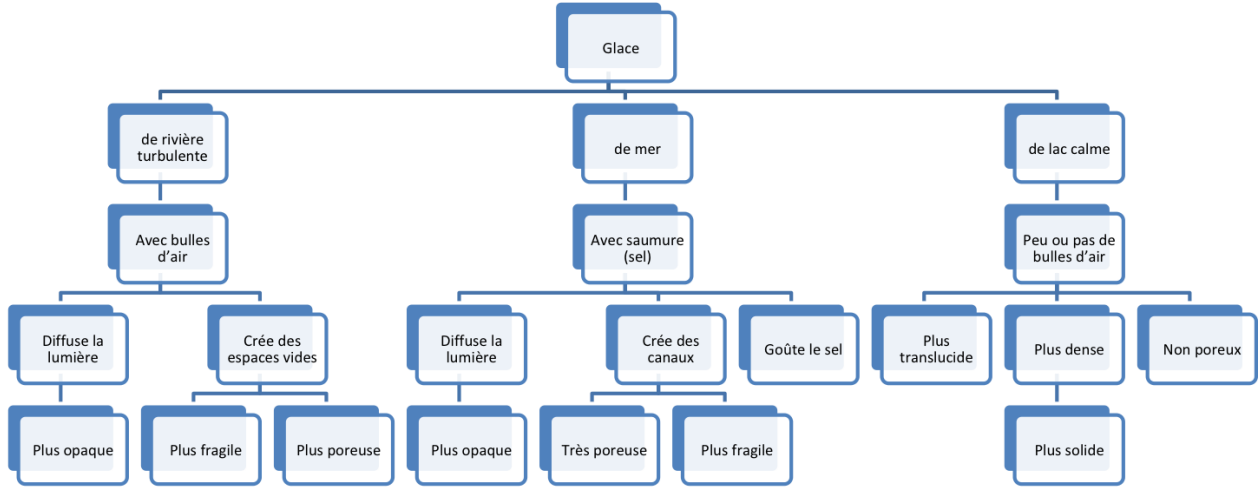
Inscrire les résultats dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Identification des caractéristiques de la glace.

Test	Échantillon			
	A	B	C	Eau distillée
Masse volumique				
Transparence				
Porosité				
Dureté				
Salinité				



Aide-toi de l'organigramme ci-dessous pour identifier à quel type de glace chaque échantillon appartient.



Type de glace.

Échantillon A : _____

Échantillon B : _____

Échantillon C : _____

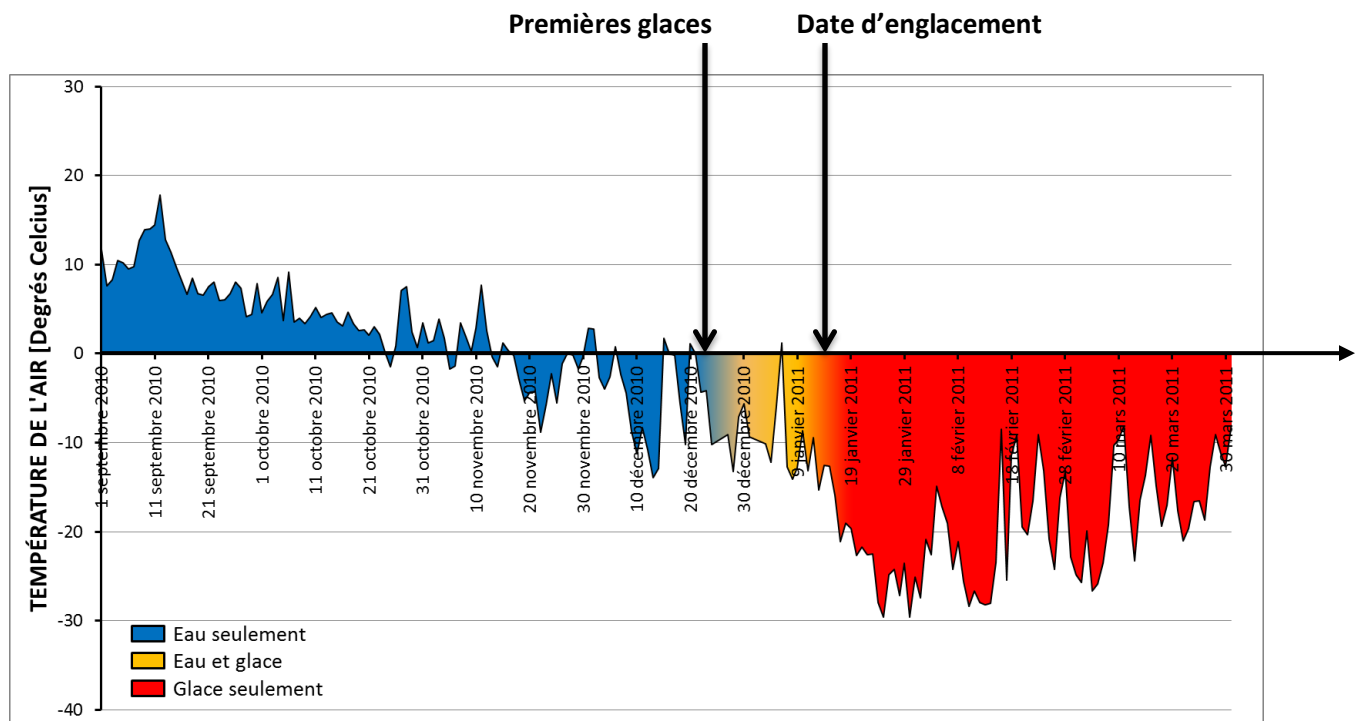
Séance 6 : Compilation des données et analyse

Analyse des résultats obtenus (20 min)

Cette partie peut se faire en équipes.

Depuis le début du projet *Avativut : Mission glaciale*, nous avons récolté des informations sur les saisons de glace, sur les types de glace et leurs caractéristiques, et sur la glace dans notre communauté. Il nous reste maintenant à compiler toutes ces informations pour en tirer des conclusions.

Au cours de cette activité, vous avez créé un calendrier où chaque jour, vous avez noté la température de l'air et les conditions de glace (bleu, jaune ou rouge). Sur le gabarit fourni dans le cahier de l'élève, les élèves doivent réaliser un graphique qui montre l'englacement ou la fonte (séparer la classe en 2 groupes) en fonction de la température de l'air, comme sur l'exemple suivant.





Les élèves ont vu que la date d'englacement est la date où le couvert de glace est enfin complet et pour une longue période. Nous savons aussi que la date de fonte est la première date où l'eau est libre de glace. De plus, nous savons que la durée du couvert de glace, c'est le nombre de jours entre la date d'englacement et la date de fonte.

Donc, en utilisant le calendrier réalisé, demander aux élèves de répondre aux questions suivantes dans le cahier de l'élève :

Quelle est la date d'englacement cette année dans ta communauté? _____

Quelle est la date de fonte cette année dans ta communauté? _____

Quelle est la durée de la saison de glace cette année dans ta communauté? _____

Comparez les réponses de la classe et déterminez les dates qui font consensus. **Vous pouvez envoyer vos réponses finales à : avativut@cen.ulaval.ca**. N'oubliez pas d'indiquer le nom de la communauté, le nom de l'école, le niveau de la classe, le nom du professeur et une description précise ou la coordonnée géographique de la zone observée. En envoyant vos données, celles-ci seront placées sur le site www.cen.ulaval.ca/avativut/ et pourront être consultées par vous et par tous les élèves qui réalisent le projet dans la province. Ceci vous permettra de comparer vos données à celle du passé à votre zone d'observation ou de comparer votre situation cette année à celle d'autres endroits.

Pour mieux comprendre la relation entre la température de l'air et la présence de glace, l'élève peut aussi répondre aux questions suivantes à partir de son graphique :

Combien de jours y a-t-il entre le moment où la température se maintient au-dessous de 0°C et la première apparition de glace? _____

Combien de jours y a-t-il entre le moment où la température se maintient au-dessus de 0°C et la disparition de la glace? _____

Pourquoi ces délais?

L'eau doit d'abord se refroidir, avant que de la glace ne puisse se former.

La neige doit d'abord fondre pour que la radiation solaire réchauffe suffisamment la glace pour la faire fondre et la rendre fragile, afin qu'elle se détache.

Changement climatique et variabilité (15 min)

Les observations que vous avez effectuées cette année permettent de constater la variabilité de la glace dans votre communauté, sur une saison.

Si vous pouvez comparer vos observations avec celles effectuées au même endroit dans les années passées, vous pourrez constater la **variabilité annuelle** de la glace.

Si vous pouvez comparer vos observations sur une longue période de temps, vous pourrez étudier le **changement climatique**.

Enfin, si vous pouvez comparer vos observations avec celles effectuées dans d'autres communautés, vous pourrez aussi constater la **variabilité spatiale** de la glace.

Consultez le site <http://www.cen.ulaval.ca/avativut> pour voir les données AVATIVUT existantes.

Sur le gabarit fourni dans le cahier de l'élève, l'élève peut réaliser un histogramme de la **variabilité annuelle** de la durée de la saison de glace dans une communauté à partir des données disponibles sur le site Avativut.

Évaluation 2 : L'analyse (25 min)

Demander aux élèves de rédiger une analyse à cette expérience. Cette analyse permet de faire un retour sur l'entrevue et sur la journée de mesures sur la glace. Selon les commentaires de l'aîné ou de l'expert (Séances 2 et 4), quels sont les changements observés depuis quelques années par rapport à la glace dans la communauté? L'élève doit tenter de donner une explication aux variations observées et mesurées lors des prises de mesures.

Cette partie est évaluée.



CAPSULE

Discussion : Ce que les données révèlent sur les changements climatiques (15 min)

Quels sont les impacts des changements climatiques?

En utilisant les connaissances acquises tout au long de l'activité, l'élève associera ces éléments climatiques avec leur conséquence :

- Réchauffement de l'air
- Refroidissement de l'air
- Diminution des précipitations de neige
- Augmentation des précipitations de neige
- Réchauffement de l'eau
- Refroidissement de l'eau
- Diminution des vents
- Augmentation des vents

Glace moins épaisse	Glace plus épaisse
Réchauffement de l'air	Refroidissement de l'air
Augmentation des précipitations de neige	Diminution des précipitations de neige
Réchauffement de l'eau	Refroidissement de l'eau
Augmentation des vents	Diminution des vents

En groupe, discuter de l'analyse des résultats que les élèves viennent de réaliser. Amener les élèves à réfléchir à leurs résultats en ce qui concerne la durée de la période d'englacement, la sécurité sur la glace, les activités qu'on fait sur la glace et comment ces activités peuvent changer si la glace change. Vous pouvez faire des liens avec la fonte des glaciers et des banquises, un concept qui a été vu en classe.

Conclure l'activité par la mise en place d'actions concrètes dans la communauté pour s'adapter aux changements de la glace d'une année à l'autre. Peut-on prévoir les changements dans la durée d'englacement à l'aide de l'étude que nous venons de réaliser? Peut-on trouver des alternatives à nos activités sur la glace si la période d'englacement raccourcit d'une année à



l'autre? Et finalement, comment peut-on diminuer notre impact environnemental pour limiter au maximum les changements climatiques causés par l'humain.

**L'élève discutera enfin de ses impressions sur l'activité AVATIVUT : *Mission glaciale*.
Comment pourrions-nous l'améliorer?**



Grille d'évaluation 2 : L'analyse

Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques. ⁹	5	4	3	2	1	0
	Critère 3 : Production adéquate d'explications ou de solutions					
	Justification d'explications liées à la problématique en s'appuyant sur des connaissances scientifiques.					
L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'élève constate que les caractéristiques de la glace varient d'un endroit à un autre et d'une année à l'autre.	L'analyse produite n'est pas pertinente.
L'élève est capable d'expliquer ce phénomène scientifique en s'appuyant sur une bonne connaissance du sujet.	L'élève est capable d'expliquer ce phénomène scientifique en s'appuyant sur certains aspects appris au cours de l'activité.	L'élève est capable d'expliquer ce phénomène scientifique en s'appuyant sur certains aspects appris au cours de l'activité.	L'élève est capable d'expliquer ce phénomène scientifique en s'appuyant sur certains aspects appris au cours de l'activité.	L'élève tente d'expliquer ce phénomène scientifique en s'appuyant sur certains aspects appris au cours de l'activité.	L'élève ne justifie pas ces observations.	
L'élève fait des liens entre ses observations et la théorie vue en classe.	L'élève fait des liens entre ses observations et la théorie vue en classe.	L'élève ne fait pas de liens entre ses observations et la théorie vue en classe.	L'élève ne fait pas de liens entre ses observations et la théorie vue en classe.	L'élève ne fait pas de liens entre ses observations et la théorie vue en classe.		

⁹ Ministère de l'Éducation, Loisir et du Sport du Québec (2011) Programme de formation de l'école québécoise : Cadres d'évaluation des apprentissages, Science et technologie, Science et technologie de l'environnement, Enseignement secondaire, 2^e cycle.