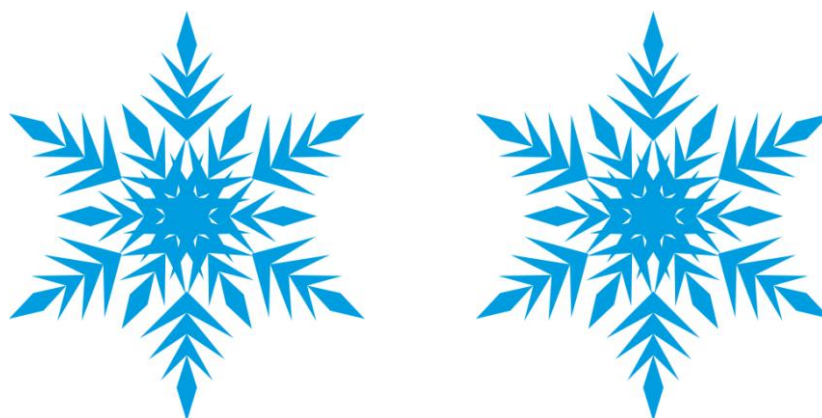




Froid

5 décembre 2017 – 26 août 2018
Enseignants de cycle 3, de cycle 4 et de lycée

2^e partie : liens avec les programmes scolaires, ressources



Département Éducation et Formation

Cité des sciences et de l'industrie

30 avenue Corentin-Cariou

75019 Paris

www.cite-sciences.fr

2017

cité
sciences
et industrie



froid
exposition
05 décembre 2017
— 26 août 2018



M > Porte de la Villette
cite-sciences.fr
#ExpoFroid



Sommaire

1	Liens avec les programmes scolaires	4
2	Ressources	
2.1	Au sein de l'exposition	19
2.2	Au Palais de la découverte	23
2.3	Idées d'activité en classe	
2.3.1	La surfusion	24
2.3.2	Le refroidissement par évaporation	25
2.3.3	Application à la construction d'un psychromètre	27
2.3.4	Les propriétés de la glace	30
2.3.5	Le mouvement des glaciers	32
2.3.6	La gélifraction	33
2.3.7	Les icebergs	34
2.3.8	Climat polaire et rayonnement solaire	38
2.3.9	L'effet de serre	42
2.3.10	Conservation de la chaleur	44
2.3.11	S'isoler du froid	47
2.3.12	Les animaux et leur environnement	49
2.3.13	Cartes topographiques des régions polaires	50
2.3.14	Quel avenir pour l'Arctique ?	52
2.3.15	Comment s'habille-t-on aux pôles ?	54
2.3.16	Prêts pour une expédition en Antarctique ?	56
2.3.17	Journal de bord d'une expédition	60
2.4	Suggestion bibliographique	62

1 Liens avec les programmes scolaires

Cycle 3 – Cycle 4

Socle commun de connaissances, de compétences et de culture

Domaine 1 : Les langages pour penser et communiquer

Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit

- Parler, communiquer, argumenter à l'oral de façon claire et organisée.
- Écouter et prendre en compte ses interlocuteurs.
- Employer un vocabulaire juste et précis.

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques

- Utiliser les principes du système de numération décimal et les langages formels (lettres, symboles) propres aux mathématiques et aux disciplines scientifiques, notamment pour effectuer des calculs et modéliser des situations.
- Lire des plans, se repérer sur des cartes. Produire et utiliser des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes, patrons ou figures géométriques.
- Lire, interpréter, commenter, produire des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.
- Savoir que des langages informatiques sont utilisés pour programmer des outils numériques et réaliser des traitements automatiques de données.

Domaine 2 : Les méthodes et outils pour apprendre

Coopération et réalisation de projets

- Travailler en équipe
- Gérer un projet, planifier des tâches

Médias, démarches de recherche et traitement de l'information

- Comprendre les modes de production et le rôle de l'image

Outils numériques pour échanger et communiquer

- Mobiliser différents outils numériques pour créer des documents intégrant divers médias et les publier ou les transmettre, afin qu'ils soient consultables et utilisables par d'autres.
- Réutiliser des productions collaboratives pour enrichir ses propres réalisations, dans le respect des règles du droit d'auteur.

Domaine 3 : la formation de la personne et du citoyen

Responsabilité, sens de l'engagement et de l'initiative

- Relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, de sécurité et d'environnement.

Domaine 4 : Les systèmes naturels et les systèmes techniques

Démarches scientifiques

- Mener une démarche d'investigation. Pour cela, décrire et questionner les observations ; prélever, organiser et traiter l'information utile ; formuler des hypothèses, les tester et les éprouver ; manipuler, explorer plusieurs pistes, procéder par essais et erreurs ; modéliser pour représenter une situation ; analyser, argumenter, mener différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique) ; rendre compte de sa démarche.
- Exploiter et communiquer les résultats de mesures ou de recherches en utilisant les langages scientifiques à bon escient.
- Pratiquer le calcul, mental et écrit, exact et approché, estimer et contrôler les résultats, notamment en utilisant les ordres de grandeur. Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs variées, en particulier des situations de proportionnalité.

Responsabilités individuelles et collectives

- Connaître l'importance d'un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé et comprendre ses responsabilités individuelle et collective.
- Prendre conscience de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, de ses conséquences sanitaires et de la nécessité de préserver les ressources naturelles et la diversité des espèces.
- Prendre conscience de la nécessité d'un développement plus juste et plus attentif à ce qui est laissé aux générations futures.
- Savoir que la santé repose notamment sur des fonctions biologiques coordonnées, susceptibles d'être perturbées par des facteurs physiques, chimiques, biologiques et sociaux de l'environnement et que certains de ces facteurs de risques dépendent de conduites sociales et de choix personnels.
- Être conscient des enjeux de bien-être et de santé des pratiques alimentaires et physiques.
- Observer les règles élémentaires de sécurité liées aux techniques et produits rencontrés dans la vie quotidienne.

Domaine 5 : Les représentations du monde et l'activité humaine

L'espace et le temps

- Identifier les grandes questions et les principaux enjeux du développement humain.
- Être capable d'appréhender les causes et les conséquences des inégalités, les sources de conflits et les solidarités, ou encore les problématiques mondiales concernant l'environnement, les ressources, les échanges, l'énergie, la démographie et le climat.
- Comprendre que les lectures du passé éclairent le présent et permettent de l'interpréter.
- Se repérer dans l'espace à différentes échelles, comprendre les grands espaces physiques et humains et les principales caractéristiques géographiques de la Terre, du continent européen et du territoire national.
- Savoir situer un lieu ou un ensemble géographique en utilisant des cartes.

Organisations et représentations du monde

- Lire des paysages, identifier ce qu'ils révèlent des atouts et des contraintes du milieu ainsi que de l'activité humaine, passée et présente.
- Établir des liens entre l'espace et l'organisation des sociétés.

Cycle 3 : CM1 – CM2 – 6^e

Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège

Français

- Lecture et compréhension de l'écrit :
 - comprendre des textes, des documents et des images et les interpréter ;
 - contrôler sa compréhension et adopter un comportement de lecteur autonome.

Arts plastiques

Les compétences dans cette matière sont développées et travaillées à partir de trois grandes questions :

- la représentation plastique et les dispositifs de présentation ;
- les fabrications et la relation entre l'objet et l'espace ;
- la matérialité de la production plastique et la sensibilité aux constituants de l'œuvre.

En plus d'étudier le thème de l'exposition, il est possible de sensibiliser les élèves à la muséographie, à la mise en scène des espaces et aux partis-pris scénographiques qui lient contenant et contenu.

Éducation physique et sportive

- Apprendre à entretenir sa santé par une activité physique régulière.
- S'approprier une culture physique sportive et artistique.

En lien avec l'enseignement de sciences et la thématique du froid, l'éducation physique et sportive participe à l'éducation à la santé (besoins en énergie, fonctionnement des muscles et des articulations...) et à la sécurité (connaissance des gestes de premiers secours).

Histoire

- Classe de CM1 : le temps de la Révolution et de l'Empire (le repli de l'armée napoléonienne à l'issue de la campagne de Russie).
- Classe de CM2 : l'âge industriel en France (énergies et machines).

Géographie

- Classe de CM2 : se déplacer
- Classe de 6^e : habiter un espace de faible densité. Le monde habité.

Sciences et technologie

- Matière, mouvement, énergie, information (décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique, identifier différentes sources d'énergie).
- Le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent (classer les organismes, exploiter les liens de parenté pour comprendre et expliquer l'évolution des organismes, expliquer les besoins variables en aliments de l'être humain ; l'origine et les techniques mises en œuvre pour transformer et conserver les aliments, décrire comment les êtres vivants se développent et deviennent aptes à se reproduire, expliquer l'origine de la matière organique des êtres vivants et son devenir).
- Matériaux et objets techniques (identifier les principales évolutions du besoin et des objets, décrire le fonctionnement d'objets techniques, leurs fonctions et leurs constitutions, concevoir et produire tout ou partie d'un objet technique en équipe pour traduire une solution technologique répondant à un besoin).
- La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement (situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre, identifier des enjeux liés à l'environnement).

Mathématiques

- Nombres et calculs (utiliser et représenter les grands nombres entiers, des fractions simples, les nombres décimaux, calculer avec des nombres entiers et des nombres décimaux, résoudre des problèmes en utilisant des fractions simples, les nombres décimaux et le calcul).
- Grandeurs et mesures (résoudre des problèmes impliquant des grandeurs et leurs unités en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux).

Cycle 4 : 5^e – 4^e – 3^e

Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège

Français

- Lecture et compréhension de l'écrit et de l'image :
 - lire et comprendre en autonomie des textes variés, des images et des documents composites, sur différents supports (papier, numérique).

Travail possible sur les œuvres de Paul-Émile Victor (1907 – 1995) et Jean-Louis Étienne (1946 –), explorateurs polaires français et sur celles de d'Ernest Shackleton (1874 – 1922), un explorateur britannique, grande figure de l'âge héroïque de l'exploration en Antarctique.

EPI possibles, thématiques « Culture et création artistiques », « Information, communication, citoyenneté », « Sciences, technologie et société », « Corps, santé, bien-être et sécurité » et « Transition écologique et développement durable » - en lien avec l'histoire, la géographie, l'enseignement moral et civique, la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre.

Arts plastiques

Comme pour le cycle 3, les compétences dans cette matière sont développées et travaillées à partir de trois grandes questions :

- la représentation ; images, réalité et fiction ;
- la matérialité de l'œuvre ; l'objet et l'œuvre ;
- l'œuvre, l'espace, l'auteur, le spectateur.

En plus d'étudier le thème de l'exposition, il est possible de sensibiliser les élèves à la muséographie, à la mise en scène des espaces et aux partis-pris scénographiques qui lient contenant et contenu.

Éducation musicale et Histoire des arts

On peut s'intéresser aux instruments de musique, à la culture musicale et à l'art des peuples du froid (Inuits, Samis, etc.)

Éducation physique et sportive

Importance de l'échauffement.

Thèmes « Corps, santé, bien-être et sécurité » et « Sciences, technologie et société », en lien avec le froid et l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre, la physique-chimie, la technologie, les mathématiques : l'apport conjoint de connaissances théoriques et pratiques permet aux élèves de comprendre le fonctionnement du corps humain au plan mécanique et physiologique, pour gérer un effort. Performances sportives et évolutions technologiques (vêtements, équipement...) ; énergie.

Histoire

- Classe de 5^e : Société, Église et pouvoir politique dans l'occident féodal (comment conservait-on la nourriture sans frigidaire ?)

Géographie

- Classe de 5^e : Des ressources limitées, à gérer et à renouveler. Prévenir les risques, s'adapter au changement global.
- Classe de 4^e : Les mobilités humaines transnationales. Des espaces transformés par la mondialisation.
- Classe de 3^e : Dynamiques territoriales de la France contemporaine. Pourquoi et comment aménager le territoire ?

L'enseignement de l'histoire et de la géographie peut être croisé avec l'enseignement d'autres disciplines dans le cadre d'EPI « Sciences, technologies et sociétés », « Corps, santé, bien-être et sécurité », « Transition écologique et développement durable » et « Monde économique et professionnel » en lien avec les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre, la physique-chimie et la technologie.

Physique-Chimie

Compétences attendues en fin de cycle

- Organisation et transformations de la matière (décrire la constitution et les états de la matière, décrire l'organisation de la matière dans l'Univers).
- L'énergie et ses conversions (identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie. Utiliser la conservation de l'énergie).

Voici quelques exemples de thèmes qui peuvent être travaillés avec plusieurs autres disciplines dans le cadre des EPI :

- « Corps, santé, bien-être et sécurité », en lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la technologie : sécurité, de la maison aux lieux publics, sécurité pour soi et pour autrui ;
- « Transition écologique et développement durable », en lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, les mathématiques, l'histoire et la géographie, le français : chimie et environnement, qualité et traitement des eaux, l'eau, gestion des ressources naturelles, énergie ;
- « Monde économique et professionnel », en lien avec la technologie et les sciences de la vie et de la Terre : travaux possibles sur les applications des recherches en physique des basses températures impactant le monde économique.

Sciences de la vie et de la Terre

Compétences attendues en fin de cycle

- La planète Terre, l'environnement et l'action humaine (explorer et expliquer certains éléments de météorologie et de climatologie, identifier les principaux impacts de l'action humaine, bénéfiques et risques, à la surface de la planète Terre, envisager ou justifier des comportements responsables face à l'environnement et à la préservation des ressources limitées de la planète).
- Le vivant et son évolution (expliquer l'organisation du monde vivant, sa structure et son dynamisme à différentes échelles d'espace et de temps, mettre en relation différents faits et établir des relations de causalité pour expliquer la nutrition des organismes, la dynamique des populations, la classification du vivant, la biodiversité, la diversité génétique des individus, l'évolution des êtres vivants).
- Le corps humain et la santé (expliquer quelques processus biologiques impliqués dans le fonctionnement de l'organisme humain, jusqu'au niveau moléculaire, relier la connaissance de ces processus biologiques aux enjeux liés aux comportements responsables individuels et collectifs en matière de santé).

Croisements entre enseignements dans le cadre des EPI :

- « Corps, santé, bien-être et sécurité », en lien avec la géographie, l'éducation physique et sportive, la chimie, les mathématiques, la technologie, les langues vivantes et l'éducation aux médias et à l'information : aliments, alimentation. En lien avec l'éducation physique et sportive, les mathématiques, la chimie, la technologie : sport et sciences ;
- « Sciences, technologie et société » / « Information, communication, citoyenneté », en lien avec la géographie, l'éducation physique et sportive, la technologie, le français, les mathématiques, les langues vivantes et l'éducation aux médias et à l'information : santé des sociétés ;
- « Transition écologique et développement durable » / « Sciences, technologie et société », en lien avec la physique-chimie, l'histoire et la géographie, les mathématiques, le français, les langues étrangères, l'éducation aux médias et à l'information : météorologie et climatologie, les paysages qui m'entourent, énergie énergies, biodiversité, biotechnologies.

Technologie

Compétences attendues en fin de cycle

- Design, innovation et créativité (imaginer des solutions en réponse aux besoins, matérialiser des idées en intégrant une dimension design. Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet communicant).
- Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société (comparer et commenter les évolutions des objets et systèmes, exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés).
- La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques (analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, utiliser une modélisation et simuler le comportement d'un objet).
- L'informatique et la programmation (comprendre le fonctionnement d'un réseau informatique. Écrire, mettre au point et exécuter un programme).

Croisements entre enseignements dans le cadre des EPI :

- « Corps, santé, bien-être et sécurité », en lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la géographie, l'éducation physique et sportive, la chimie, les langues vivantes et l'éducation aux médias et à l'information : alimentation. En lien avec le français, les langues vivantes, l'enseignement moral et civique, la géographie, l'éducation physique et sportive, les mathématiques, l'éducation aux médias et à l'information : sport, sciences et technologies ;

- « Sciences, technologie et société », en lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la chimie, l'éducation physique et sportive, l'enseignement moral et civique : biotechnologies. En lien avec la physique, les mathématiques et l'histoire : évolution des objets dans le temps. En lien avec la physique-chimie, les langues vivantes, les mathématiques, l'éducation aux médias et à l'information : énergie, énergies. En lien avec le français, l'éducation aux médias et à l'information, les langues vivantes : réel et virtuel, de la science-fiction à la réalité ;
- « Information, communication, citoyenneté », en lien avec l'éducation physique et sportive, les sciences, l'enseignement moral et civique, l'informatique : société et développements technologiques ;
- « Monde économique et professionnel », en lien avec l'histoire, la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre, les mathématiques : les métiers techniques et leurs évolutions ;
- « Culture et création artistiques », en lien avec les arts plastiques, le français, les mathématiques : l'architecture, art, technique et société ;
- « Transition écologique et développement durable », en lien avec l'histoire et la géographie, les sciences physiques, les mathématiques, des travaux peuvent être conduits sur les thèmes suivants : habitat, architecture, urbanisme ou transports en ville ; des ressources limitées, à gérer et à renouveler ; la fabrication de systèmes d'énergie renouvelable ; le recyclage des matériaux.

Mathématiques

Compétences attendues en fin de cycle

- Nombres et calculs (utiliser les nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes).
- Organisation et gestion de données, fonctions (interpréter, représenter et traiter des données, comprendre et utiliser des notions élémentaires de probabilités, résoudre des problèmes de proportionnalité, comprendre et utiliser la notion de fonction).
- Grandeurs et mesures (calculer avec des grandeurs mesurables ; exprimer les résultats dans les unités adaptées).

Croisements entre enseignements dans le cadre des EPI :

- « Corps, santé, bien-être et sécurité », en lien avec l'éducation physique et sportive, les sciences de la vie et de la Terre, la chimie, la technologie : sport et sciences, alimentation et entraînement, physiologie de l'effort et performances. En lien avec les sciences de la vie et de la Terre, l'éducation physique et sportive : rythmes circadiens, fréquences respiratoires, fréquences cardiaques ;
- « Transition écologique et développement durable », en lien avec la géographie, la technologie, les sciences de la vie et de la Terre : l'aménagement du territoire. En lien avec la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre, l'histoire et la géographie, le français, les langues vivantes étrangères et régionales, l'éducation aux médias et à l'information : les phénomènes météorologiques et climatiques. En lien

avec la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre, l'histoire et la géographie : gestion des ressources naturelles ;

- « Information, communication, citoyenneté », en lien avec l'éducation aux médias et à l'information, la géographie, les sciences de la vie et de la Terre : l'information chiffrée et son interprétation ;
- « Sciences, technologie et société », en lien avec l'histoire, les sciences et la technologie : les théories scientifiques qui ont changé la vision du monde. En lien avec l'histoire, les sciences et la technologie : les sciences à l'époque de la Révolution française. En lien avec la technologie, le français, l'éducation aux médias et à l'information : réel et virtuel, de la science-fiction à la réalité.

Éducation aux médias et à l'information

- Utiliser les médias et les informations de manière autonome.
- Exploiter l'information de manière raisonnée.
- Utiliser les médias de manière responsable.
- Produire, communiquer, partager des informations.

Lycée : 2^{de} générale et technologique

Histoire

- Les Européens dans le peuplement de la Terre.
- Sociétés et cultures de l'Europe médiévale du XI^e au XIII^e siècle.
- Nouveaux horizons géographiques et culturels des Européens à l'époque moderne.

Géographie

- Les enjeux du développement.
- Gérer les ressources terrestres.
- Gérer les espaces terrestres.

Physique-chimie

- La pratique du sport (les besoins et les réponses de l'organisme lors d'une pratique sportive).
- L'univers (une première présentation de l'Univers, les étoiles, le système solaire).

Sciences de la vie et de la Terre

- La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée (les conditions de la vie : une particularité de la Terre ? La nature du vivant. La biodiversité, résultat et étape de l'évolution).
- Enjeux planétaires contemporains : énergie, sol (le soleil : une source d'énergie essentielle. Le sol : un patrimoine durable ?)
- Corps humain et santé : l'exercice physique (des modifications physiologiques à l'effort. Pratiquer une activité physique en préservant sa santé.

Éducation physique et sportive

Échauffement. Utilisation du froid pour traiter les douleurs aiguës lors du processus inflammatoire et pour diminuer les gonflements.

Enseignements d'exploration

Biotechnologies : bioindustries (industries agro-alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques).

Science et laboratoire : géosphère, atmosphère terrestre, utilisations des ressources de la nature, modes de vie, enjeux énergétiques contemporains.

Littérature et société : Écrire pour changer le monde : l'écrivain et les grands débats de société. Images et langages : donner à voir, se faire entendre. Médias, information et communication : enjeux et perspectives. Regards sur l'autre et sur l'ailleurs.

Sciences de l'ingénieur : approfondir la culture technologique. Représenter – communiquer. Simuler, mesurer un comportement.

Méthodes et pratiques scientifiques : science et aliments (conservation), science et cosmétologie (protéger contre le froid), science et vision du monde.

Création et innovation technologiques : acquérir les bases d'une culture de l'innovation technologique. Mettre en œuvre une démarche de créativité.

Lycée : 1^{re} et terminale

Voie générale

Enseignement moral et civique

- 1^{re} : les enjeux moraux et civiques de la société de l'information.
- Terminale : Biologie, éthique, société et environnement.

✓ Série ES

- 1^{re}. Sciences : nourrir l'humanité (qualité et innocuité des aliments : le contenu de nos assiettes). Le défi énergétique (Activités humaines et besoins en énergie, utilisation des ressources énergétiques disponibles, optimisation de la gestion et de l'utilisation de l'énergie).
- Terminale. Géographie : clés de lectures d'un monde complexe. Les dynamiques de la mondialisation.

✓ Série L

- 1^{re}. Sciences : nourrir l'humanité (qualité et innocuité des aliments : le contenu de nos assiettes). Le défi énergétique (Activités humaines et besoins en énergie, utilisation des ressources énergétiques disponibles, optimisation de la gestion et de l'utilisation de l'énergie).
- Terminale. Géographie : clés de lectures d'un monde complexe. Les dynamiques de la mondialisation.

✓ Série S

- 1^{re}. Physique-chimie : observer (sources de lumière colorée), comprendre (cohésion et transformations de la matière, formes et principe de conservation de l'énergie), agir (convertir l'énergie et économiser les ressources, créer et innover). Sciences de la vie et de la Terre : la Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant (expression, stabilité et variation du patrimoine génétique). Enjeux planétaires contemporains (nourrir l'humanité). Corps humain et santé (variation génétique et santé). Sciences de l'ingénieur : analyser, modéliser, expérimenter, communiquer.
- Terminale. Physique-chimie : observer (ondes et particules, analyse spectrale), comprendre (temps, mouvement et évolution. Énergie, matière et rayonnement), agir (économiser les ressources et respecter l'environnement), créer et innover. Sciences de la vie et de la Terre : la Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant (de la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité. Un regard sur l'évolution de l'homme. Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes). Enjeux planétaires contemporains (géothermie et propriétés thermiques de la Terre, la plante domestiquée). Enseignement de spécialité (atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir). Sciences de l'ingénieur : analyser, modéliser, expérimenter, communiquer. Géographie : clés de lectures d'un monde complexe. Les dynamiques de la mondialisation.

Voie technologique

✓ Enseignement commun aux séries STI2D, STL et STD2A

- 1^{re}. Histoire-géographie-éducation civique : ouvertures sur le monde XIX^e-XXI^e siècle (vivre et mourir en temps de guerre), la Chine (le Tibet).

✓ Commun aux séries STI2D et STL

- 1^{re}. Physique-chimie : habitat (gestion de l'énergie dans l'habitat), vêtement et revêtement (matériaux polymères, propriétés des matériaux).

✓ Série STI2D

- 1^{re}. Enseignement technologiques transversaux et spécifiques des spécialités : principes de conception des systèmes et développement durable, outils et méthodes d'analyse et de description des systèmes, solutions technologiques. Spécialités architecture et construction, énergies et environnement, innovation technologique et éco-conception.
- Terminale. Physique-chimie : habitat (gestion de l'énergie dans l'habitat, les fluides dans l'habitat), transport (mise en mouvement, longévité et sécurité), santé (quelques outils du diagnostic médical). Enseignement technologiques transversaux et spécifiques des spécialités : principes de conception des systèmes et développement durable, outils et méthodes d'analyse et de description des systèmes, solutions technologiques. Spécialités architecture et construction, énergies et environnement, innovation technologique et éco-conception.

✓ Série STL

- 1^{re}. Mesure et instrumentation : mesure et incertitudes de mesure. Instrumentation : instruments de mesure, chaîne de mesure numérique. Les techniques de mesure. Biotechnologies : nutrition, culture et dénombrement de cellules. Domaine des biotechnologies appliquées aux bio-industries. Sciences physiques et chimiques en laboratoire : synthèses chimiques (amélioration des cinétiques de synthèse).

- Terminale. Chimie-biochimie-sciences du vivant : les systèmes vivants échangent de la matière et de l'énergie (les systèmes vivants assurent leur activité et maintiennent leur intégrité en utilisant des voies métaboliques variées). Des systèmes vivants existent à grande échelle : écosystèmes et biosphère (la biosphère est une interface entre différentes enveloppes terrestres). Physique-chimie spécialité « sciences physiques en laboratoire » et spécialité « biotechnologies » : habitat (gestion de l'énergie dans l'habitat, les fluides dans l'habitat), transport (mise en mouvement, longévité et sécurité), santé (quelques outils du diagnostic médical). Biotechnologies : croissance microbienne (modélisation de la croissance en milieu non renouvelé, les agents antimicrobiens inhibiteurs de la croissance). Les enzymes, catalyseurs biologiques et outil de transformation spécifique des molécules (les enzymes, protéines sensibles aux effecteurs). Sciences physiques et chimiques en laboratoire : synthèses chimiques (des synthèses avec de meilleurs rendements, des synthèses inorganiques). Systèmes et procédés (thermodynamique, matériaux, chauffage).
- ✓ Série STD2A
 - 1^{re} et terminale : Physique-chimie : du monde de la matière au monde des objets (matière et matériaux).
- ✓ Série ST2S
 - Terminale. Sciences physiques : Physique et aide aux diagnostics médicaux.
- ✓ Série Hôtellerie
 - 1^{re}. Histoire-géographie touristique. Enseignement moral et civique.
 - Terminale. Histoire-géographie touristique. Enseignement moral et civique. Sciences appliquées. Technologie et méthodes culinaires.
- ✓ Série TMD
 - 1^{re}. Initiation au monde contemporain. Sciences physiques.
 - Terminale. Initiation au monde contemporain. Histoire de l'art et des civilisations. Sciences physiques.

Voie professionnelle – CAP

Histoire : voyages et découvertes, XVI^e-XVIII^e siècle.

Géographie : nourrir les hommes.

Mathématiques Physique-chimie : thermométrie.

Prévention Santé Environnement : Prévenir les risques professionnels au poste de travail.

CAP Installateur en froid et conditionnement d'air (arrêté du 2 juin 2015)

Voie professionnelle – Bac Pro

Mathématiques et sciences physiques et chimiques : développement durable. Quelle différence entre température et chaleur ? Comment chauffer ou se chauffer ? Comment fonctionnent certains dispositifs de chauffage ?

Prévention Santé Environnement : prévention des risques. Prévention des risques dans le secteur professionnel. Cadre réglementaire de la prévention dans l'entreprise. Effets physiopathologiques des risques professionnels et prévention.



2 Ressources

2.1 Au sein de l'exposition

Le Secret des Glaces

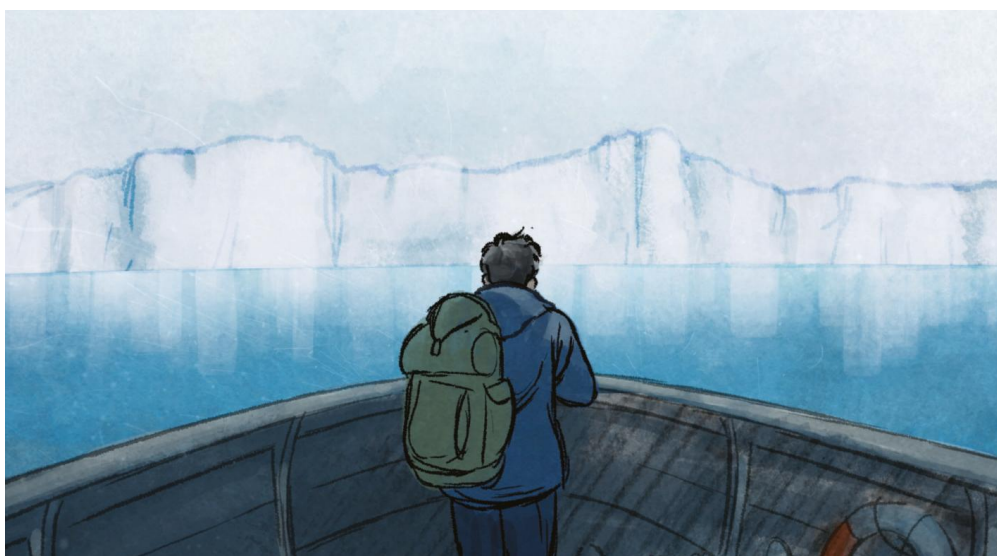
Le Secret des Glaces est un film documentaire d'animation de 14 minutes, réalisé par Loïc Fontimpe et produit par Wild-Touch. Il met en image l'épopée du pionnier glaciologue Claude Lorius, qui en 1956, encore jeune étudiant, part étudier l'Antarctique. Ce qu'il va y découvrir dépasse toutes ses attentes...

Le film a été réalisé dans le cadre du nouveau métaprojet de Luc Jacquet et de son association Wild-Touch, intitulé *La Glace et le Ciel*.

Synopsis

En 1957, à l'occasion de l'année géophysique internationale, le jeune étudiant Claude Lorius rejoint des pionniers de la science polaire en Antarctique. Il s'installe un an à Charcot, une minuscule base scientifique perdue au cœur du continent blanc. Cette expérience de vie extrême lui apprend les notions de survie et de solidarité, et révèle en lui une vocation : Claude sera glaciologue.

Convaincu que les glaces de l'Antarctique contiennent des données essentielles pour comprendre l'histoire climatique de notre monde, il va poursuivre ses recherches sans relâche durant trois décennies. Après trente ans de recherches acharnées, les glaces vont lui révéler un message inattendu...



Atelier Mission arctique

Du CE2 à la 6^e

du 5 décembre 2017 au 6 avril 2018

durée : 1 h

Les élèves expérimentent en petits groupes certains phénomènes physiques (effet albédo, fonte des glaces). Ils analysent ensuite différents indices du dérèglement climatique au niveau des pôles. Enfin, ils découvrent les conséquences de ces phénomènes pour la vie terrestre.

Exposé Faire du froid ? C'est chaud !

De la 6^e à la 3^e

à partir du 5 décembre 2017

durée : 45 min

Vous êtes-vous déjà demandé ce qu'est le froid et comment on s'y prend pour en fabriquer ? Durant cette animation les élèves découvrent les notions de froid, d'échelles de températures, de changements d'états... Les très basses températures sont aussi abordées avec l'utilisation de carboglace et d'azote liquide.

Exposé La valse des glaciations

De la 4^e à la terminale

à partir du 5 décembre 2017

durée : 45 min

Il y a 700 millions d'années, notre planète bleue était complètement recouverte de glace. Pourrions-nous de nouveau entrer en glaciation ? Les élèves découvrent au travers d'un quiz la face glacée et méconnue des climats de la Terre.

Exposé Quand la mer monte

De la 3^e à la terminale

du 9 janvier au 13 avril 2018

durée : 45 min

Climat et océan : un couple fascinant et indissociable qui, de tous temps, régule le niveau des mers. Après s'être interrogés sur les facteurs à l'origine de l'élévation actuelle du niveau marin, les élèves s'intéressent ensuite au passé climatique de la Terre et à ses moyens d'étude : interroger le passé pour mieux comprendre le futur. Le débat s'ouvre sur les conséquences futures d'une montée des eaux.

Exposé Sous 0 °C, parlons kelvins !

De la 2^{de} à la terminale

à partir du 5 décembre 2017

durée : 45 min

Pendant des siècles, le froid fut un mystère... est-ce une substance ? Un état de la matière ? Comment le mesurer ? Et surtout, comment le fabriquer ? Au cours de cette animation où sont abordés les changements d'états et les très basses températures, le froid est aussi traité avec un regard historique en cherchant notamment à comprendre pourquoi l'Homme a voulu maîtriser les basses températures et comment il y est parvenu.

Animation Le rendez-vous du froid

À partir du CM1

durée : 30 min

Les médiateur.trice.s vous proposent un exposé en accès libre tous les jours à 15 h. Changements d'états, changement de climat, recherche, applications, etc. Une démonstration pour enrichir votre visite libre de l'exposition *Froid* !

Projet Le congrès des élèves chercheurs

Appel à projet « 0 K, le défi du froid »

De la 6^e à la terminale

Les défis lancés par le froid sont multiples ! Au-delà du besoin de s'en prémunir, il y a aussi la nécessité d'apprendre à mieux le connaître pour l'appréhender et l'utiliser à des fins industrielles ou médicales. Mis dans la peau d'apprentis-chercheurs, vos élèves devront conduire une démarche d'investigation rigoureuse et méthodique pour mener leur projet. Trois axes sont identifiés pour guider les recherches de nos congressistes :

- l'**exploration** des zones de températures extrêmes, depuis les régions vides de l'espace jusqu'aux fonds marins en passant par le grand Nord ;
- la **résistance au froid** avec les mécanismes de la thermorégulation chez l'Homme, l'animal, ou encore le développement de nouveaux matériaux pour l'isolation ;
- l'**utilisation du froid** comme un outil précieux pour la recherche fondamentale, la médecine, l'alimentation, l'industrie...

Les classes inscrites disposeront de l'aide de doctorant.e.s ainsi que d'un tutoriel pédagogique incluant des propositions d'expériences. Les projets des classes feront l'objet d'une présentation lors d'une journée de congrès le **25 mai 2018** à la Cité des sciences et de l'industrie.

En partenariat avec Agitateurs de sciences

Renseignements et inscriptions avant le 1^{er} octobre 2017 : agitateursdesciences@gmail.com

[http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/le-congres-des-
eleves-chercheurs-mission-proxima-vivre-dans-lespace/](http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/le-congres-des-eleves-chercheurs-mission-proxima-vivre-dans-lespace/)

Rencontre Un.e ingénieur.e un projet

De la 4^e à la terminale

durée : 1 h 30

Venez faire découvrir à vos élèves le processus de fabrication d'un objet présenté par un.e ingénieur.e l'ayant réalisé ou ayant contribué à sa réalisation. Le but ? Montrer à vos élèves que les sciences de l'ingénieur.e sont passionnantes et accessibles... aussi bien aux garçons qu'aux filles ! En février 2018 : les sciences de l'ingénieur se mettent au service des Jeux olympiques d'hiver.

Plus d'informations sur www.cite-sciences.fr/enseignants

Contact : 1i1p@universcience.fr

Événement **Semaine polaire**

du 27 au 30 mars 2018

Du CE2 à la terminale

Durant une semaine, les médiateur.trice.s scientifiques de la Cité, des étudiant.e.s et de jeunes chercheur.se.s vous proposent une multitude d'ateliers et exposés pour découvrir le froid dans toutes ses dimensions :

- de jeunes chercheur.se.s de l'association APECS-France (comité français de l'association internationale des jeunes chercheurs polaires) vous font découvrir leurs expériences vécues dans les milieux polaires et les recherches qui y sont menées ;
- les élèves ingénieur.e.s de l'ESPCI (École supérieure de physique et chimie industrielles de la ville de Paris) partagent avec vous leurs expériences en physique, chimie et biologie sur le froid lors d'une démonstration « Il fait froid... c'est physique ! » ;
- les médiateur.trice.s vous proposent leurs animations « Mission arctique », « La valse des glaciations », « Faire du froid ? c'est chaud ! », « Sous 0 °C, parlons Kelvins ! » et « Quand la mer monte ».

Film à la Géode **Titans de l'âge de glace**

À partir du CE1

Film Imax® d'une durée de 40 min

Rendez-vous 10 000 ans avant la civilisation moderne ! En Amérique du Nord, en Europe et en Asie, vos élèves découvrent les mystérieux tigres à dents de sabre, les paresseux géants ou les mammoths. Ils pourront errer avec Lyuba, un bébé mammoth femelle, réincarnation de l'une des momies de mammoths les mieux préservées au monde récemment découverte grâce au dégel du permafrost sibérien. Ils assisteront à des scènes de chasse préhistoriques.

Pour préparer votre visite : fiches pédagogiques sur www.lageode.fr.



2.2 Au Palais de la découverte

La salle « air liquide » rénovée

En octobre 2017, la salle « air liquide » du Palais de la découverte fait peau neuve. De nouveaux supports en salle permettent de comprendre comment l'air à l'état liquide est obtenu au sein même de l'établissement. Ils mettent également en valeur les différents composants de l'air, leurs applications et la manière dont ils sont séparés dans l'industrie... La paillasse, outil central de médiation, est installée et éclairée afin de rendre les expériences plus spectaculaires !

En partenariat avec Air Liquide



Sans oublier, bien évidemment, la salle *Chaleur et fluides* où sont présentés les exposés « Changer d'état : de -220 °C à $+100\text{ °C}$ » et « Liquéfaction des gaz » que nous vous invitons à découvrir ici sur notre site internet ou dans notre catalogue papier.

Dans la revue *Découverte*

Dans son numéro 413 (novembre – décembre 2017), la revue de diffusion de la culture scientifique *Découverte* (revue du Palais de la découverte) dédie cinq articles au thème du froid :

- dans la rubrique *Matière & énergie*, « La glace, les glaces... » ;
- dans la rubrique *Matière & énergie*, « L'air liquide au Palais de la découverte. De la production à l'exposé » ;
- dans la rubrique *En coulisses*, « Coup de froid à la Cité » ;
- dans la rubrique *En coulisses*, « Vague de froid en Salle chaleur et fluides » ;
- dans la rubrique *La science à portée de main*, « L'eau qui refuse de geler ».

2.3 Idées d'activités en classe

2.3.1 La surfusion

Ce paragraphe est une adaptation de l'article cité plus haut, « L'eau qui refuse de geler », rédigé par Hassan Khlifi, responsable adjoint de l'unité Physique du Palais de la découverte.

Nous avons toutes et tous appris à l'école que l'eau liquide gèle à 0 °C et bout à 100 °C. Pourtant, dans certaines conditions, l'eau peut demeurer liquide à des températures inférieures à 0 °C ou supérieures à 100 °C, sous une pression d'une atmosphère. Cet état d'un corps restant liquide en dehors de son domaine habituel de stabilité s'appelle la *surfusion*, lorsque sa température est inférieure à son point de congélation, et *surchauffe*, quand sa température est supérieure à son point d'ébullition. L'eau peut se présenter sous forme surfondue dans un intervalle de température allant de 0 °C à – 48 °C environ.

À des températures supérieures à 0 °C, l'eau liquide est dans un état stable ; elle y reste quelles que soient les circonstances. En revanche, au-dessous de 0 °C, elle se trouve dans un état dit métastable. Toute perturbation (choc, vibration) peut déclencher brusquement un passage à son état le plus stable à cette température, l'état solide.

Dans la nature, ce phénomène est à l'origine des pluies verglaçantes. Les gouttes en surfusion se transforment en glaçons par impact sur la chaussée, la rendant très glissante.

Ce phénomène est reproductible facilement chez soi. Deux éléments sont indispensables : une eau pure dénuée d'impureté qui servirait de noyau de congélation – de l'eau déminéralisée pour fer à repasser peut convenir – et un refroidissement sans secousse. Pour cela, placez une bouteille remplie d'eau au congélateur. Vous pouvez la poser sur une éponge, qui servira d'amortisseur afin d'éviter toute vibration. Laissez refroidir pendant deux à trois heures.

Récupérez alors la bouteille avec un maximum de délicatesse. Posez-la sur une table. Vous constaterez que l'eau est toujours à l'état liquide, bien que sa température soit inférieure à 0 °C. Prenez la bouteille délicatement, puis frappez son culot d'un coup sec contre la table. Observez la progression de la solidification, qui débute du bouchon et se poursuit jusqu'au fond de la bouteille. Ce phénomène spectaculaire se produit assez lentement pour être filmé, y compris avec un téléphone portable. De nombreuses vidéos, parfois saisissantes, sont disponibles sur Internet, réalisées avec toutes sortes de boissons.

Pour expliquer la surfusion, phénomène non entièrement élucidé, des modèles théoriques suggèrent qu'une partie des molécules dans les liquides s'organisent en pentagones, une géométrie incompatible avec la cristallisation. En effet, pour former un cristal, il faut des structures capables de s'empiler de manière à remplir un espace sans creux, comme les briques d'un mur. Or, des structures pentagonales forment des dodécaèdres (volumes à douze faces) ne pouvant s'imbriquer pour constituer un solide sans creux. Essayez de paver un plan rectangle ou carré en deux dimensions avec des pentagones : impossible de couvrir toute la surface sans laisser de trous. Voilà pourquoi il faut une impureté avec une géométrie compatible ou un choc pour briser la structure pentagonale récalcitrante et permettre au cristal de se former et se développer facilement.

À quelle température l'eau gèle-t-elle à coup sûr ? D'après des chimistes de l'université d'Utah, à – 48 °C, car à cette température, il y a suffisamment de petits cristaux de glace formant des noyaux et amorçant la solidification.

2.3.2 Le refroidissement par évaporation

Le principe du refroidissement par évaporation se fonde sur le fait que l'évaporation d'un liquide absorbe bien plus de chaleur que la quantité requise pour faire augmenter sa température de quelques degrés. Nous avons déjà toutes et tous mis en évidence ce phénomène en sortant de la piscine, même par temps chaud, sous l'effet du vent : l'eau présente sur la peau s'évapore, en retirant du corps la chaleur d'évaporation correspondante, ce qui le refroidit.

Le refroidissement évaporatif est d'autant plus efficace que l'air est chaud et sec. Pour comprendre ceci, introduisons le concept fondamental en climatologie qu'est la pression de vapeur saturante. On la définit comme la pression à laquelle la vapeur d'eau est en équilibre avec l'eau liquide ou la glace d'eau, s'il existe un volume libre au-dessus de la phase condensée. Il s'agit d'un équilibre dynamique : à tout instant, il y a autant de molécules passant de la phase gazeuse à la phase condensée que de molécules passant de la phase condensée à la phase gazeuse. Lorsque la pression partielle de la vapeur d'eau – qui représente sa contribution à la pression totale – est inférieure à la pression de vapeur saturante, une partie des molécules situées à la surface de la phase condensée passent à la phase gazeuse : c'est l'évaporation.

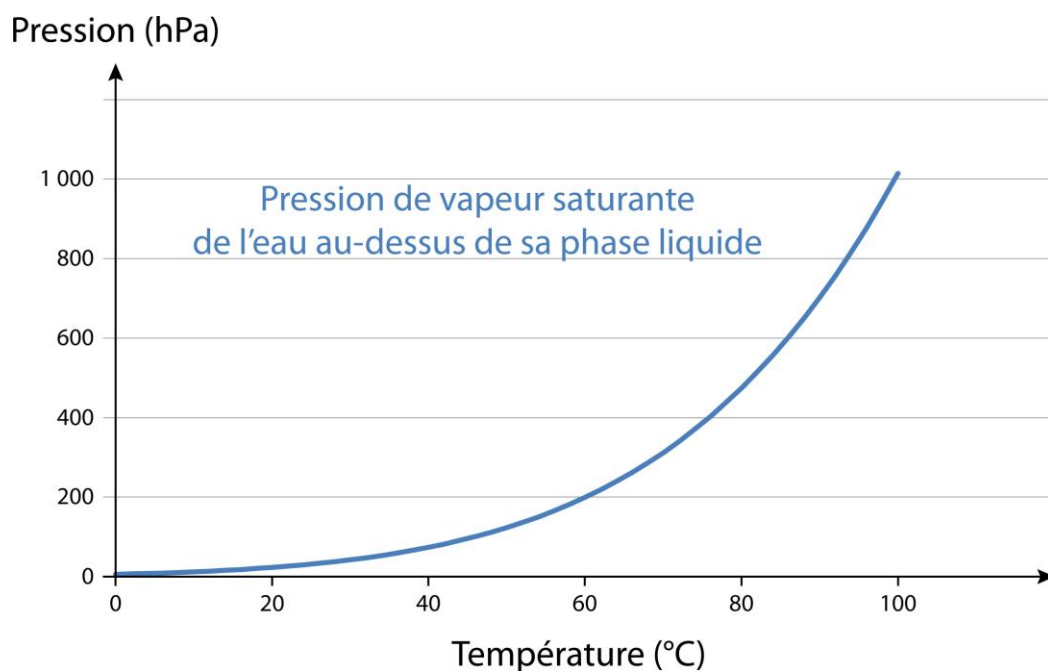
La pression de vapeur saturante de l'eau est une fonction croissante de la température.

→ Plus il fait chaud, plus l'air est capable d'héberger une grande quantité de vapeur d'eau sans que celle-ci ne condense. Inversement, lorsqu'il fait froid, de la vapeur d'eau en quantité même faible est susceptible de condenser.

La formule suivante, publiée dans *The Proceedings of the Third International Symposium on Humidity & Moisture* (avril 1998) donne la pression de vapeur saturante e_s de la vapeur d'eau (en Pa) au-dessus de la phase liquide en fonction de la température T (en K).

$$\ln e_s = \sum_{i=0}^6 g_i T^{i-2} + g_7 \ln T \quad \text{Les coefficients } g_i \text{ ont pour valeur :}$$

$$\begin{array}{lll} g_0 = -2,836\,574\,4 \times 10^3 & g_3 = -2,737\,830\,188 \times 10^{-2} & g_6 = -1,868\,000\,9 \times 10^{-13} \\ g_1 = -6,028\,076\,559 \times 10^3 & g_4 = 1,626\,169\,8 \times 10^{-5} & g_7 = 2,715\,030\,5 \\ g_2 = 1,954\,263\,612 \times 10^1 & g_5 = 7,022\,905\,6 \times 10^{-10} & \end{array}$$



Ainsi, par temps très humide, le refroidissement par évaporation ne peut opérer puisque l'atmosphère, déjà saturée en vapeur d'eau, ne peut en accepter davantage.

Dans une atmosphère non saturée en vapeur d'eau, l'effet du vent (ou du souffle) accroît le refroidissement en permettant un renouvellement de la couche limite à l'interface peau – air. Cette couche, éventuellement saturée en vapeur, se voit continuellement remplacée par une autre, plus sèche. L'évaporation – et donc le refroidissement – peut alors reprendre. C'est exactement le même principe que l'on applique quand on souffle sur son café pour le refroidir !

2.3.3 Application à la construction d'un psychromètre

Le psychromètre (du grec ancien ψυχρός *psukhros* (« froid »), et du suffixe « -mètre ») est un instrument de mesure qui sert à mesurer le taux d'humidité de l'air. Il est constitué de deux thermomètres. L'un des thermomètres sert à mesurer la température de l'air ambiant et l'autre, à mesurer la température de l'air saturé en eau. Pour cela, on entoure son réservoir d'un tissu maintenu mouillé. Tous les deux sont disposés ensemble, sous abri. Le thermomètre humide subit l'évaporation de son eau, ce qui lui emprunte une partie de sa chaleur et fait diminuer sa température. Plus l'air est sec, plus l'évaporation est importante et plus sa température diminue. La différence de température entre les deux thermomètres est donc fonction de l'humidité de l'air. Il existe des tables de référence permettant de convertir cette différence en données hygrométriques.

Le descriptif de la fabrication du psychromètre provient du site Internet de l'association *Planète Sciences*, dont les objectifs sont de « favoriser, auprès des jeunes de 8 à 25 ans, l'intérêt, la découverte, la pratique des sciences et des techniques et d'aider les enseignants, les animateurs, les éducateurs, les chercheurs et les parents dans leurs activités vers les jeunes ».

→ <http://www.planete-sciences.org>

Rappel : il existe plusieurs définitions de l'humidité. Celle que nous utiliserons ici est l'humidité relative φ , qui mesure le rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Elle correspond au rapport de la pression partielle P_{vap} de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante $P_{sat}(T)$ à la même température.

$$\varphi[\%] = 100 \times \frac{P_{vap}}{P_{sat}(T)}$$

Construction d'un psychromètre

Public : primaire, collège et lycée.

Matériel nécessaire

- Deux thermomètres
- Un réservoir d'eau
- Une mèche de tissus mouillée

Marche à suivre

- Attachez une mousseline sur un thermomètre qui est relié à un réservoir d'eau.
- Relevez la température, indiquée à un instant t donné, par le thermomètre sec T_s puis celle indiquée par le thermomètre mouillé T_w .
- Calculez la différence de température $T_s - T_w$.
- Recherchez dans la table ci-dessous la valeur de l'humidité (en %) correspondante.

Remarque

- On peut mettre en évidence l'importance de la ventilation dans l'expérience.
- On peut montrer la variation de l'humidité de l'air de la classe au cours de la séance.

Table psychrométrique

Une humidité de 100 % correspond à un air saturé de vapeur d'eau. Une humidité nulle correspondrait à un air idéalement sec. La table présentée en page suivante provient du site Éducation de Météo-France → <http://education.meteofrance.fr>.



Psychromètre fixe et psychromètre à crécelle. Crédit : Météo-France

Différence des température données par les thermomètres humide et sec (°C)

	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
0,0	100	90	81	72	64	56	50	42	36	30	25	20	16
1,0	100	91	82	74	66	58	52	45	39	34	28	23	18
2,0	100	91	83	75	67	60	54	48	42	36	31	26	22
3,0	100	92	84	76	69	62	56	50	44	39	34	29	25
4,0	100	92	84	77	70	64	57	52	47	41	36	32	28
5,0	100	93	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30
6,0	100	93	85	79	72	66	61	55	50	45	41	36	33
7,0	100	93	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35
8,0	100	93	87	80	74	69	63	58	54	49	45	41	37
9,0	100	94	87	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39
10,0	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	49	45	41
11,0	100	95	89	83	77	72	67	62	58	54	50	47	43
12,0	100	94	89	83	78	73	68	63	59	56	52	48	44
13,0	100	95	90	84	78	74	69	65	61	57	53	50	46
14,0	100	95	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47
15,0	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49
16,0	100	95	90	85	80	76	72	68	64	60	57	54	50
17,0	100	95	90	85	81	77	72	69	65	62	58	55	52
18,0	100	95	90	86	81	77	74	70	66	63	59	56	53
19,0	100	95	91	86	82	78	74	70	66	63	60	57	54
20,0	100	96	91	87	82	78	74	71	67	64	61	58	55
21,0	100	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	56
22,0	100	95	91	87	83	80	76	72	69	66	63	60	57
23,0	100	96	91	87	84	80	76	73	69	67	63	61	58

Température
du thermomètre
humide (°C)

Ainsi, si le thermomètre humide indique 15 °C et le thermomètre sec, 18 °C, l'humidité relative sera de 71 %.

Les activités proposées maintenant s'inspirent des dossiers pédagogiques réalisés par la Fondation Polaire Internationale. **Elles sont destinées aux enseignants de cycle 3 et 4.** Plus de soixante dossiers et quiz traitant du climat, des pôles, de l'énergie ou encore de la biodiversité sont librement disponibles au téléchargement ici :

http://www.educapoles.org/fr/education_material.

2.3.4 Les propriétés de la glace

Objectif : propriétés de l'eau sous sa forme solide.

La glace que l'on fabrique dans le congélateur est de l'eau à l'état solide, alors que celle du glacier provient de la compression de la neige. Elles n'ont pas la même origine. Celle du glacier contient de minuscules bulles d'air, mais elles ont des propriétés similaires.

Prenons de l'eau : si on baisse sa température et que l'on atteint son point de congélation (0°C pour l'eau pure, - 1,8 °C pour l'eau de mer), elle passe de l'état liquide à l'état solide que l'on appelle glace. Ce changement d'état correspond à une transformation des molécules de l'eau : à l'état liquide, elles roulent les unes contre les autres, à l'état solide elles sont accrochées les unes aux autres et forment un réseau fixe (hexagonal).

Nous allons voir deux propriétés de l'eau et de la glace.

Tout d'abord, lorsque l'eau gèle, elle se dilate mais sa masse ne change pas.

Le volume de la glace

Visualisation de la dilatation de l'eau lors de sa transformation en glace.

Matériel nécessaire

- Une bouteille en verre.
- Une balance.
- Un congélateur.

Marche à suivre

- Versez de l'eau dans la bouteille, remplissez-la à moitié.
- Faites une marque au niveau de l'eau.
- Pesez l'ensemble.
- Mettez la bouteille verticale dans un congélateur sans la fermer.
- Quand l'eau est gelée (au moins 24 heures dans un congélateur familial), observez que le niveau est au-dessus de la marque. Le volume de l'eau a augmenté en passant de l'état liquide à l'état solide, il y a eu dilatation.
- Pesez à nouveau l'ensemble : le poids est le même alors que le volume est plus important. On peut en plus remplir complètement d'eau une bouteille en plastique, la fermer, la mettre au congélateur et observer que la bouteille s'est fendue ou brisée.

Autre propriété, le point de congélation et donc de fusion de la glace baisse lorsque la pression exercée augmente.

Le fil de fer qui traverse la glace

Un tour de passe-passe qui met en évidence l'action de la pression sur la température à laquelle l'eau gèle.

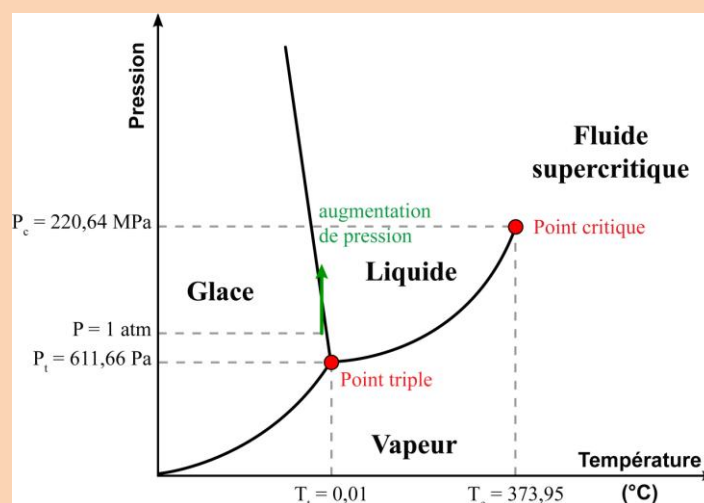
Matériel nécessaire

- Un fil métallique (fil de fer, câble de frein d'un vélo...).
- Deux poids assez lourds.
- Un bloc de glace ou un gros glaçon.
- Un congélateur.

Marche à suivre

- Accrochez les poids aux extrémités du fil métallique.
- Posez le fil sur le glaçon. Les poids pendent de chaque côté, il faut donc installer le glaçon sur un support suffisamment étroit.
- Placez l'ensemble à l'extérieur s'il gèle, sinon dans un congélateur ou une chambre froide à moins de 0 °C.
- Observez de temps en temps : le fil de fer va petit à petit traverser le glaçon sans que celui-ci soit coupé en deux !

L'explication vient du fait que le fil exerce une pression importante sur la glace. Comme vous pouvez le voir dans le diagramme de phases de l'eau ci-dessous, cette pression supplémentaire (flèche verte) abaisse localement la température de congélation de l'eau et la glace fond sous le fil. Il la traverse donc progressivement, mais comme derrière lui l'eau se resolidifie sous l'action du gel, le glaçon ne se coupe pas en deux.



2.3.5 Le mouvement des glaciers

Objectif : visualiser le mouvement d'un glacier en classe.

Les glaciers sont des fleuves de glace qui s'écoulent lentement entre les montagnes. En Antarctique, il en existe aussi qui sont en mouvement dans des vallées de glace au cœur de la calotte polaire, ce sont les « *ice-streams* ». Comment un glacier se déplace-t-il ?

On a vu dans une autre expérience que la glace a la propriété de fondre à une température plus basse que 0°C quand elle est soumise à une pression. C'est ce principe qui explique en partie le mouvement d'un glacier sur une pente.

En effet, comme la glace en contact avec le sol subit une pression élevée due à la masse totale du glacier, elle fond et crée un film d'eau lubrifiant qui permet au glacier de glisser sur la pente sous l'action de la pesanteur.

Le mouvement des glaciers

Visualiser le mouvement de la glace sur une pente.

Matériel nécessaire

- Deux récipients rectangulaires identiques.
- Un congélateur.
- Un objet lourd.
- Un plan légèrement incliné. La glace doit pouvoir, dans un premier temps, adhérer à sa surface.

Marche à suivre

- Mettez une même quantité d'eau dans les deux récipients et les placer dans un congélateur.
- Lorsque l'eau est complètement congelée, sortez les récipients et extraire les deux blocs de glace.
- Placez les deux blocs de glace en haut du plan incliné. Posez l'objet lourd sur un des deux blocs. Malgré les manipulations les blocs doivent être immobiles au début de l'expérience.
- Observez.

La pression sur le bloc supportant l'objet lourd est plus grande, la fonte de la couche de glace au contact avec le plan incliné y sera donc plus rapide. Par gravité, ce bloc va donc amorcer sa descente en premier grâce au film d'eau qui s'est créé.

2.3.6 La gélifraction

Objectif : mettre en évidence le phénomène de gélifraction qui contribue à l'érosion progressive des montagnes et à la formation des couloirs d'éboulis.

On peut faire éclater une bouteille d'eau simplement en la plaçant dans un congélateur. En effet, en gelant, l'eau se dilate et exerce une force sur la bouteille qui ne peut résister. Il se passe la même chose avec les roches en montagne, c'est la gélifraction.

En altitude, au printemps et à l'automne, le gel attaque peu à peu les parois rocheuses par un processus assez simple. La neige fond pendant la journée et de l'eau s'infiltré dans les roches poreuses, les trous, les fissures, jusqu'à remplir tous les espaces vides. Une fois la nuit venue, comme la température chute, cette eau gèle et augmente de volume. Pour se faire de la place, la glace exerce alors depuis l'intérieur une importante force sur la roche et provoque des fractures. Lorsque le jour revient la température augmente et les parties disjointes qui ne tenaient plus que par la soudure du froid se fragmentent. Plusieurs cycles de gel – dégel briseront donc complètement la roche et provoqueront à terme des éboulis.

Une expérience en classe va mettre en évidence ce phénomène.

Briser une roche

Visualiser le phénomène d'éclatement des roches sous l'action combinée de l'infiltration de l'eau et du froid.

Matériel nécessaire

- Un morceau de schiste (roche composée de feuillets) d'environ 3 à 5 cm et de 0,5 cm d'épaisseur.
- Un morceau de craie de 200 g.
- Deux assiettes.
- Deux récipients.
- Un congélateur.

Marche à suivre

1^{re} étape

- Placez le morceau de schiste dans le récipient rempli d'eau et laissez-le tremper une journée.
- Sortez le schiste de l'eau, posez-le sur une assiette et mettez-le dans un congélateur.
- Retirez la roche du congélateur après au moins 6 heures.
- Placez l'échantillon sur son assiette au soleil ou devant une source de chaleur.
- Observez.

L'eau s'infiltré entre les feuillets et dans les fissures du schiste. En gelant puis en repassant à l'état liquide, l'eau va fragmenter l'échantillon en plusieurs morceaux et en poussières. Si ce n'est pas le cas, il faut répéter la manipulation plusieurs fois.

2^e étape

- Placez le morceau de craie dans le deuxième récipient d'eau et laissez-le tremper une journée.
- Mettez ensuite le récipient d'eau avec la craie dans un congélateur.
- Retirez l'ensemble après 12 heures et placez la craie dans son eau au soleil ou devant une source de chaleur.
- Observez.

La craie est une roche poreuse, l'eau s'infiltré dans une multitude de minuscules trous. L'échantillon doit se fracturer dès la première fois en plusieurs morceaux. Si on répète la procédure, on obtiendra la réduction totale de la craie en particules fines sous la forme d'une boue blanche.

2.3.7 Les icebergs

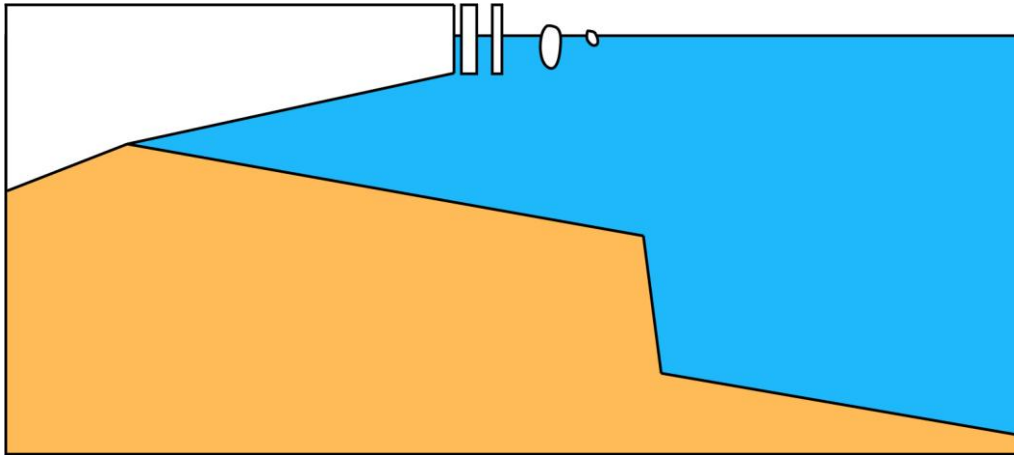
Objectif : comprendre la formation des icebergs.

Les icebergs font partie des images emblématiques de l'Antarctique. Nous proposons ici une expérience pour visualiser leur formation puis une activité questions-réponses sur leur dynamique.

Comment les icebergs se forment-ils ?

Les glaciers de la calotte polaire antarctique drainent la glace de l'intérieur du continent vers l'océan. Lorsque la glace atteint l'eau, elle flotte et ainsi, il se crée des immenses plate-formes qui restent accrochées au continent : ce sont les « ice shelves » ou *barrières de glace*. Les plus petites font quelques centaines de km² mais la plus grande, la barrière de Ross, a une superficie équivalente à la France.

L'extrémité océanique des plate-formes de glace flottante, plus mince, est fragilisée et attaquée par l'eau, des fractures se font et régulièrement de petits morceaux se détachent pour partir à la dérive : la barrière de glace vèle des icebergs. Ils ont des tailles variables, mais ces dernières années certains avaient une longueur de plus de 200 km. Leur dérive autour de l'Antarctique durera deux ou trois années durant lesquelles l'eau de mer les rongera petit à petit.



Création d'icebergs à l'extrémité d'une barrière de glace.

Formation des icebergs

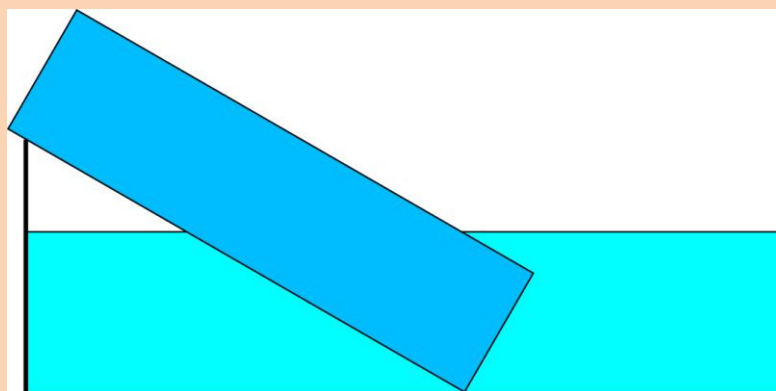
Visualiser la formation des icebergs à partir d'une plate-forme de glace flottante.

Matériel nécessaire

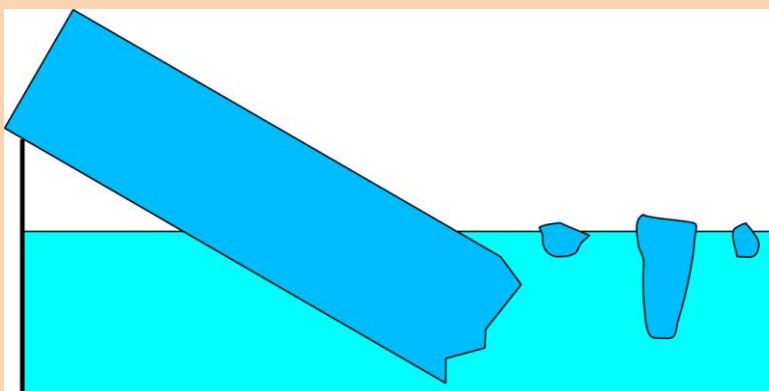
- Un récipient rectangulaire pouvant entrer dans un congélateur.
- Un récipient transparent plus grand que le précédent.
- Un congélateur.
- Un couteau.

Marche à suivre

- Mettez de l'eau dans le premier récipient et placez-le dans un congélateur.
- Lorsque l'eau est complètement gelée, sortez le récipient et extrayez le bloc de glace. Il représentera une plate-forme flottante. Eventuellement, taillez le bloc d'une façon asymétrique pour mieux simuler la barrière de glace.
- Donnez quelques coups de couteau sur un des deux bouts du bloc, sans le casser, pour créer des zones de moindre résistance.
- Remplissez le second récipient d'eau tiède et plongez-y la partie fragilisée du bloc de glace. Calez-le si nécessaire avec un objet quelconque.



La partie non plongée dans l'eau figure grossièrement le bord de la plate-forme qui est accroché au continent Antarctique. Au bout d'un moment, on observe que des morceaux de glace se détachent de la partie immergée alors que le reste du bloc demeure massif : ce sont des icebergs. Ils ont des tailles variables et se détachent au niveau des zones de moindre résistance sous l'action de l'eau qui fait fondre doucement la glace.



Cette expérience simple a simulé la formation des icebergs. Si, ensuite, on observe les glaçons, on peut se demander pourquoi ils flottent et pourquoi une partie de leur volume (quasiment toujours la même proportion) est située au-dessus de la surface de l'eau.

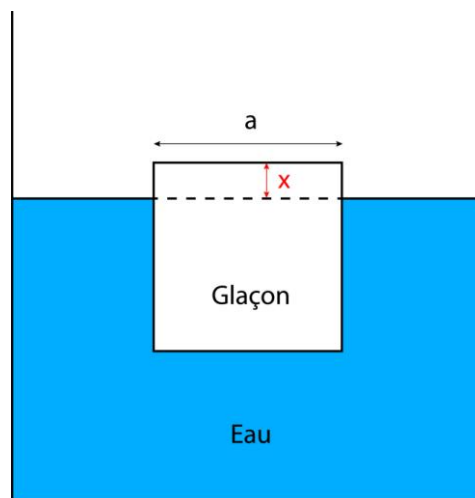
· Pourquoi un glaçon flotte-t-il sur l'eau ?

La phase solide de l'eau est moins dense que la phase liquide. En effet, la structure hexagonale de la glace, de faible compacité, est un moyen peu efficace d'empiler des molécules.

· Pourquoi le glaçon dépasse-t-il de la surface ?

Quand on plonge un corps dans l'eau, il subit une force verticale du bas vers le haut dont l'intensité égale au poids du volume d'eau qu'il déplace : c'est la force d'Archimède. L'eau s'est dilatée en gelant et à poids égal, le glaçon a un volume supérieur au volume d'eau qu'il a fallu pour le créer. Si vous placez ce glaçon au fond du récipient, il est entièrement immergé et subit (tant qu'il demeure complètement immergé) une force supérieure en intensité à ce que subirait la même masse d'eau liquide. Notre glaçon remonte donc bien vers la surface. Sa partie supérieure la traverse, montera encore... jusqu'à ce que le poids du glaçon et la force d'Archimède deviennent égaux.

Calculons la fraction émergée du glaçon en l'assimilant à un cube de côté a et de masse m . La masse volumique de la glace est ρ_g , celle de l'eau ρ_e .



Le poids P du glaçon est le produit de sa masse m par l'accélération de la pesanteur g : $P = mg = \rho_g a^3 g$. Il subit la force d'Archimède F dont l'intensité est égale au poids du volume d'eau qu'il déplace : $F = \rho_e a^2 (a - x) g$.

À l'équilibre, $P = F$ d'où $\rho_g a^3 g = \rho_e a^2 (a - x) g$. Il vient $\frac{x}{a} = \frac{\rho_e - \rho_g}{\rho_e}$.

L'application numérique avec $\rho_e \approx 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ et $\rho_g \approx 917 \text{ kg.m}^{-3}$ donne $\frac{x}{a} \approx 0,083$. Plus de 90 % du volume du glaçon est situé sous la surface de l'eau. Ce sera le même ordre de grandeur pour les icebergs flottant sur l'océan.

· Le niveau de l'eau va-t-il monter quand le glaçon sera fondu ?

Non, car il a déjà élevé le niveau dans le récipient d'une hauteur quasiment équivalente à son volume en eau. C'est pour cela que le niveau des océans ne montera pas si la banquise et les icebergs fondent. Bien évidemment, la conclusion serait bien différente avec les glaces reposant sur un socle continental comme l'inlandsis de l'Antarctique, l'inlandsis du Groenland, les calottes glaciaires et les glaciers...

2.3.8 Climat polaire et rayonnement solaire

Objectif : assimiler certaines notions de base de la climatologie pour expliquer le froid polaire.

On peut se demander pourquoi il fait froid dans les régions polaires. L'idée principale est que la quasi-totalité de la chaleur reçue par la surface de la Terre provient du rayonnement solaire et que ce sont les régions polaires qui en reçoivent le moins, en raison d'un ensemble de plusieurs phénomènes que nous allons voir :

- des pertes d'énergie lors de la traversée de l'atmosphère ;
- un étalement au sol du rayonnement solaire ;
- l'existence de la nuit polaire ;
- un fort albédo.

Le phénomène des saisons, lié à ces notions, peut être abordé au planétarium du Palais de la découverte, si vous en faites la demande au début des séances de 10 h (CM1 à 5^e) et 11 h 30 (6^e à 3^e).

Il existe également un atelier dédié aux classes de CM1 et CM2 et ayant pour thème « Les saisons : le mouvement annuel ». Il prend place le jeudi et le vendredi à 11 h et 14 h et n'est destiné qu'à des groupes de 16 personnes au maximum. Il convient donc de couper vos classes en deux. Pour participer aux ateliers, il est obligatoire d'assister à la séance du planétarium, elle prépare les participants à l'atelier qui suivra.

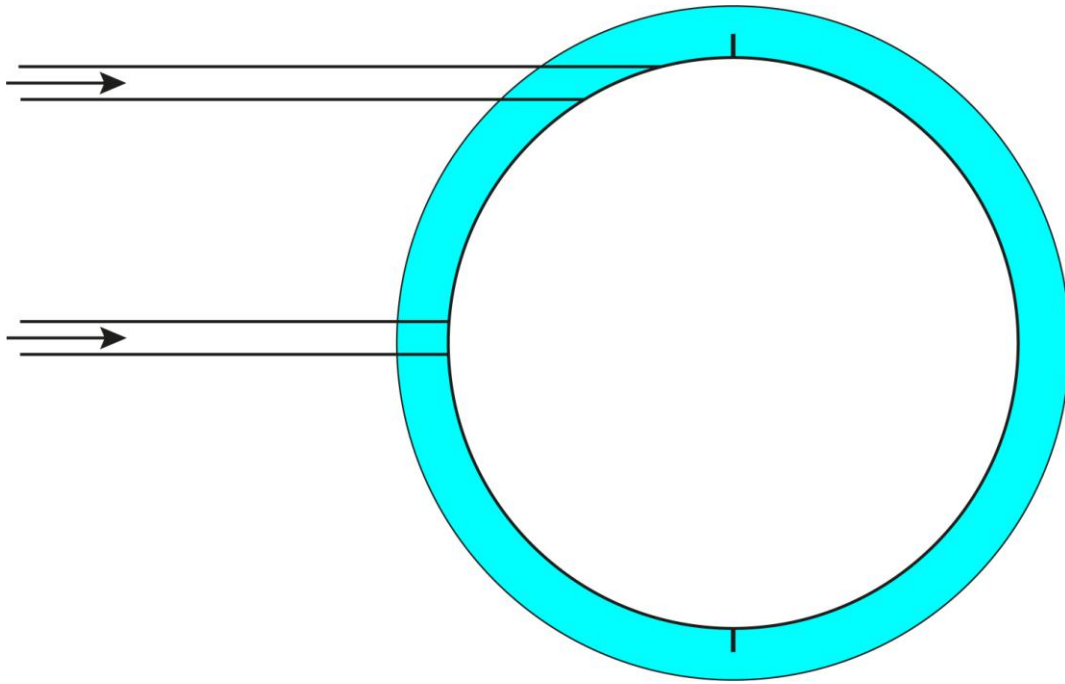
Description : que peut-on observer des saisons dans notre vie quotidienne ? Variation annuelle de la hauteur du Soleil. Solstices et équinoxes. La durée du jour en été et en hiver. Travail sur le globe terrestre. Quelle est la cause des saisons ?

Dans ce même domaine, la lecture des deux ouvrages suivants vous sera très profitable :

- Pierre Causeret et Liliane Sarrazin, *Les saisons et les mouvements de la Terre*, éd. Belin, coll. Bibliothèque scientifique, 2001.
- Denis Savoie, *Cosmographie. Comprendre les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes*, éd. Belin, coll. Bibliothèque scientifique, 2006.

a. Des pertes d'énergie lors de la traversée de l'atmosphère

Les rayons du soleil qui atteignent les régions polaires doivent parcourir une plus grande distance dans l'atmosphère que ceux frappant les régions équatoriales, ce qui entraîne davantage de pertes d'énergie par diffusion et absorption du rayonnement.



Parcours et étalement des rayons du Soleil

b. Un étalement au sol du rayonnement solaire ;

Dans les régions polaires, lorsque les rayons du soleil ont traversé l'atmosphère, ils s'évalent au sol sur une surface plus importante que dans les régions équatoriales. Par conséquent, l'énergie reçue par unité de surface y est nettement inférieure.

Étalement du rayonnement solaire

Visualiser simplement la notion d'étalement des rayons lumineux.

Matériel nécessaire

- Une feuille de papier noir.
- Une lampe torche.

Marche à suivre

- Accrochez la feuille de papier au mur et faites le noir dans la classe.
- Eclairez à faible distance la feuille et jouez sur l'angle du faisceau de la lampe (de perpendiculaire à oblique) pour visualiser l'étalement de la surface illuminée.

c. L'existence de la nuit polaire

La durée de l'ensoleillement est un autre paramètre important. En effet, l'été polaire est caractérisé par l'absence ou la quasi-absence de nuit, alors que l'hiver, l'obscurité dure plusieurs mois. L'énergie solaire arrive donc continuellement durant l'été, mais elle reste faible et ne compense pas l'hiver sans lumière.

La nuit polaire

Visualiser simplement l'existence des saisons et de la nuit polaire.

Matériel nécessaire

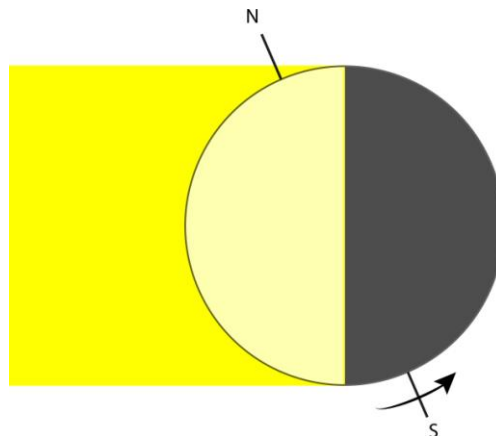
- Une balle de ping-pong.
- Une aiguille.
- Une lampe torche.

Marche à suivre

- La balle de ping-pong représentera le globe terrestre.
- Percer la balle avec l'aiguille, elle symbolisera l'axe de rotation de la Terre.
- Mettre la balle dans le faisceau horizontal de la lampe torche qui sera le Soleil.

La Terre tourne sur elle-même, mais son axe de rotation est incliné par rapport à la verticale d'environ $23,5^\circ$. Au cours de sa révolution autour du soleil, elle présente à tour de rôle vers celui-ci sa partie boréale (du 20 mars au 23 septembre) et sa partie australe (du 23 septembre au 20 mars). C'est ce qui explique les saisons et leur succession ainsi que le fait qu'elles soient opposées entre les deux hémisphères.

Faites observer qu'en raison de l'inclinaison de la Terre, et malgré sa rotation sur elle-même, le pôle Nord n'est pas atteint par les rayons lumineux de la torche tout au long de la journée durant l'hiver boréal, alors qu'au pôle Sud le jour dure 24 heures. Réalisez ensuite l'inverse.

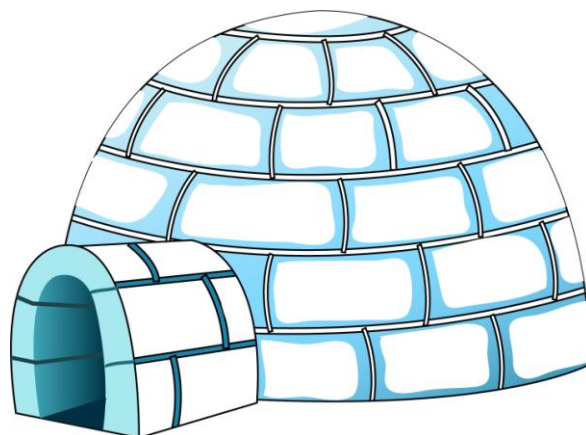


d. Un fort albédo

Un corps céleste n'absorbe pas totalement ce qu'il reçoit, car sa surface, son atmosphère et les nuages réfléchissent une partie de l'énergie solaire incidente. On modélise cette réflexion à l'aide d'un paramètre appelé l'*albédo*. Un albédo de 1 signifie que le rayonnement incident est intégralement réfléchi ; un albédo de 0 qu'il est entièrement absorbé.

Au niveau du sol, la proportion réfléchie dépend des propriétés optiques de la surface, qui sont essentiellement déterminées par sa teneur en eau et sa couleur. Or, la neige et la glace ont un très fort albédo. Les régions polaires réfléchissent donc la plus grande partie des rayons lumineux qui les atteignent déjà difficilement. Le froid est, en quelque sorte, auto-entretenu.

Surface	Albédo
Neige fraîche	0,81 – 0,88
Neige ancienne	0,65 – 0,81
Glace de mer (banquise)	0,30 – 0,40
Glace	0,43 – 0,50
Rocher	0,20 – 0,25
Sable	0,15 – 0,25
Champ de céréales	0,15 – 0,24
Villes	0,13 – 0,15
Forêt	0,05 – 0,15
Océan	0,26
Désert	0,30
La Terre dans sa globalité	0,29
La Lune	0,12
Peinture blanche	0,80
Peinture noire	0,05



L'albédo

Observer la différence d'albédo entre une surface noire et une surface blanche.

Matériel nécessaire

- Deux plaques métalliques identiques.
- De la peinture noire et de la peinture blanche.
- Un isolant thermique comme une plaque de polystyrène ou de la laine de verre.
- Un thermomètre électronique.

Marche à suivre

- Peignez une plaque en noir, l'autre en blanc.
- Placez les deux plaques à l'extérieur, sur l'isolant thermique, à l'abri du vent.
- Mesurez à intervalle de temps régulier la température de chaque plaque. Pour cela, placez la sonde du thermomètre électronique entre la plaque et l'isolant.
- Reportez les mesures dans un tableau.

Au Soleil, les plaques vont absorber l'énergie lumineuse et vont s'échauffer jusqu'à atteindre une température d'équilibre presque constante. Cette température sera plus élevée pour la plaque noire qui réfléchit beaucoup moins les rayons du Soleil.

On peut aussi faire le lien avec les vêtements et déterminer les couleurs les plus adaptées à l'été ou l'hiver.

2.3.9 L'effet de serre

Objectif : assimiler la notion d'effet de serre en construisant un piège à chaleur.

Les médias parlent souvent de l'effet de serre d'une façon négative, comme d'un danger qui nous menace. Pourtant, ce n'est pas l'effet de serre qui est en cause (sans lui il n'y aurait pas de vie sur Terre) c'est son accroissement et le réchauffement qu'il peut entraîner qui est un risque.

L'effet de serre est un phénomène naturel. Les radiations solaires pénètrent dans l'atmosphère et atteignent le sol qu'elles réchauffent. La surface de la Terre, ainsi chauffée, émet des rayons infrarouges (invisibles pour nos yeux) qui la refroidissent. Les nuages, la vapeur d'eau et certains gaz de la basse atmosphère (troposphère), interceptent alors une partie de l'énergie émise qu'ils réémettent vers le sol, diminuant ainsi la déperdition de chaleur : c'est l'effet de serre. Cela explique qu'une nuit claire est plus froide qu'une nuit nuageuse.

La troposphère se comporte donc comme une serre de jardin dont la chaleur est maintenue par une vitre. Ce phénomène est nécessaire à la vie sur Terre. En effet, sans gaz à effet de serre, la température moyenne du globe serait de -18 °C au lieu de $+15\text{ °C}$. Les gaz à effet de serre sont le méthane (CH_4), le dioxyde de carbone (CO_2), les composés chlorofluorocarbonés (CFC), l'ozone O_3 , le protoxyde d'azote (N_2O) et, bien sûr, la vapeur d'eau (H_2O).

Cependant, les activités humaines relâchent actuellement dans l'atmosphère de grosses quantités de gaz à effet de serre comme le CO_2 . L'équilibre thermique du globe est donc en train d'être rompu, car l'excès de ces gaz accroît l'effet de serre. Il est prouvé que la Terre se réchauffe et les modèles numériques estiment que l'augmentation de la température pourrait être de 5 °C à la fin de ce siècle si nous ne faisons rien. Elle entraînerait une montée importante du niveau des océans provoquée d'une part, par la dilatation thermique de l'eau et d'autre part, par la fonte des glaces continentales.

Le gobelet à effet de serre

Piéger la chaleur dans un gobelet comme la Terre le fait avec son atmosphère.

Matériel nécessaire

- Un carreau de verre d'une dizaine de centimètres de côté.
- Deux glaçons de même taille.
- Deux gobelets transparents.

Marche à suivre

- Posez un glaçon dans chacun des deux gobelets. Recouvrez le premier avec le carreau de verre. Ne couvrez pas le second.
- Placez les gobelets côte à côte sur une même surface et disposez-les au Soleil.
- Mesurez le temps que met chaque glaçon à fondre.

Le glaçon coiffé de verre a fondu plus vite que celui qui n'était pas recouvert, bien que les deux glaçons reçoivent la même quantité d'énergie du Soleil ! En effet, le rayonnement solaire qui pénètre dans les gobelets est partiellement utilisé pour augmenter la température du glaçon et de l'eau. Le rayonnement infrarouge qu'ils réémettent partent dans toutes les directions. Une partie aura tendance à quitter les gobelets. Toutefois, le carreau de verre qui coiffe l'un des gobelets les renvoie vers l'intérieur, les empêchant de sortir, ce qui augmente la température dans ce gobelet et accélère donc la fonte du glaçon.

2.3.10 Conservation de la chaleur

Objectif : découvrir les récipients qui conservent le mieux la chaleur.

Deux scientifiques dans une base en Antarctique se préparent pour un raid à l'extérieur. Ils font chauffer de l'eau pour se préparer du thé qu'ils emporteront. Pour conserver le thé chaud le plus longtemps possible, quel récipient doivent-ils utiliser ? Peuvent-ils améliorer les capacités calorifiques d'un récipient en l'enveloppant de ce qu'ils ont sous la main ?

À partir de cette petite histoire, proposez aux enfants de répondre à quatre questions :

- quelle forme de récipient conserve le mieux la chaleur ?
- quelle matière est la plus performante pour garder la chaleur ?
- la couleur d'un récipient a-t-elle une influence sur la déperdition de chaleur ?
- comment fabriquer un isolant autour d'un récipient ?

Les élèves vont alors tester l'aptitude de divers récipients, tout d'abord maintenus ouverts, à conserver l'eau chaude.

Comment la chaleur peut-elle s'échapper d'un récipient ?

- Par *conduction*. La chaleur se transmet aux parois du récipient, qui la diffuse vers l'extérieur et la disperse dans l'air ambiant.
- Par *convection*. Au niveau de l'ouverture, la chaleur de l'eau se transmet à l'air dont la température est plus basse : convection naturelle si l'air chauffé s'élève et est remplacé par de l'air plus froid, convection forcée si de l'air est soufflé sur la surface.
- Par *rayonnement*. Les parois du récipient perdent de la chaleur sous la forme de rayonnement. Le rayonnement d'une surface dépend essentiellement de sa couleur.

Un récipient qui conserve la chaleur doit donc plutôt avoir une ouverture réduite, des parois qui conduisent peu la chaleur et une couleur qui rayonne le moins possible.

Les activités proposées ici doivent être l'occasion pour la classe d'un travail de groupe : réfléchir, se documenter, entrer en relation avec d'autres classes par Internet et expérimenter toutes les idées.



→ Sélection des récipients

Des récipients seront réquisitionnés dans l'école, d'autres seront amenés par les élèves. Ils doivent être de formes, de couleurs et de matériaux différents, avec des ouvertures plus ou moins grandes.

Quelques exemples :

- Un vase en verre.
- Un pichet en plastique, en terre cuite, en verre.
- Un pot doseur en plastique.
- Un grand verre en plastique, en carton, en polystyrène.
- Des verres et choppes à bière de formes différentes.
- Une bouteille en verre, en plastique.
- Un saladier en bois, en verre, en plastique.
- Une gourde en métal, en plastique.
- Une casserole en cuivre, en métal.
- Une boîte de conserve, etc.

Pour cette sélection on peut déjà se poser des questions sur l'utilisation qui est faite habituellement de ces récipients et matériaux. Par exemple, les casseroles de luxe sont en cuivre, c'est donc un très bon conducteur puisque on s'en sert pour chauffer des liquides, mais certainement un matériau médiocre pour conserver la chaleur. Par contre, sur la même casserole le manche est parfois en bois pour ne pas se brûler, c'est peut-être une piste à explorer.



→ Tester les récipients

Tester des récipients qui conservent la chaleur

Une fois tous les récipients rassemblés, évaluer les capacités calorifiques de chacun dans le cas où ils sont maintenus ouverts.

Matériel nécessaire

- Le récipient.
- Un verre gradué.
- Un thermomètre.
- Un réchaud.

Marche à suivre

- Faites chauffer de l'eau (toujours la même quantité) à une température prise comme référence pour tous les récipients, par exemple 50 °C.
- Versez l'eau dans le récipient.
- Mesurez la température de l'eau à intervalle de temps régulier, par exemple toutes les minutes.
- Faites un graphique de la variation de la température en fonction du temps.

Lorsque toutes les mesures ont été réalisées, comparez les graphiques et classez chaque récipient par ordre d'efficacité dans la conservation de la chaleur.

À partir des résultats de ce travail, les élèves peuvent déterminer la forme la plus adaptée et les meilleurs matériaux : classer par exemple les matériaux selon leur isolation thermique, ou mettre en évidence qu'une ouverture trop importante ne permet pas de bien conserver la chaleur même si le matériau est performant.

Fermez les ouvertures de certains récipients et refaites les tests pour montrer la déperdition de chaleur par convection.

La couleur du récipient influe aussi sur sa capacité à garder la chaleur, car elle détermine les pertes par rayonnement. Pour mettre ce phénomène en évidence, comparez les graphiques de récipients identiques mais de couleurs distinctes. Puis, enveloppez les parois de l'un des récipients avec des papiers de couleurs différentes (blanc, noir, couleurs vives, papier aluminium...) et refaites les tests pour déterminer celle qui engendre le moins de pertes thermiques.

Les élèves ont maintenant répondu aux trois premières questions.

→ Fabriquer un récipient

Comme des explorateurs isolés en Antarctique, les élèves peuvent à présent essayer de fabriquer un récipient ayant une bonne isolation thermique. Pour cela, utilisez deux boîtes de conserve ouvertes, une petite et une grande. Placez la première dans la seconde et fermer les deux boites avec un couvercle.

L'activité consiste alors à remplir l'espace entre les deux boites de divers matériaux que l'on pense isolants, à verser de l'eau chaude dans la petite boîte et à mesurer comme précédemment la baisse de la température en fonction du temps.

Les élèves peuvent comparer toutes les substances (sable, terre, eau à température ambiante, air, produits alimentaires, papier) mais il faut aussi les orienter vers des matières qui emprisonnent de l'air (laine, polystyrène).

→ Le thermos

Le thermos est le récipient référence pour ce qui concerne la conservation de la température d'un liquide (froid ou chaud). Pour terminer l'activité, procurez-vous-en un et testez-le en classe.

Comme les résultats seront normalement très bons, les élèves devront découvrir son fonctionnement, pour se rendre compte qu'il rassemble en fait les idées qui ont dû ressortir des travaux précédents.

2.3.11 S'isoler du froid

Objectif : mettre en évidence les capacités isolantes de l'air.

Pour s'habiller, l'alpiniste superpose plusieurs couches de vêtements qui ont chacune une fonction : sous-vêtements, veste polaire chaude, veste imperméable et coupe-vent. Cette accumulation de vêtements permet aussi de piéger des couches d'air. Ce n'est pas innocent, car l'air est un isolant thermique et il contribue à conserver naturellement la chaleur du corps.

Dans l'expérience suivante nous allons illustrer cette spécificité thermique.

Une couche d'air isolante

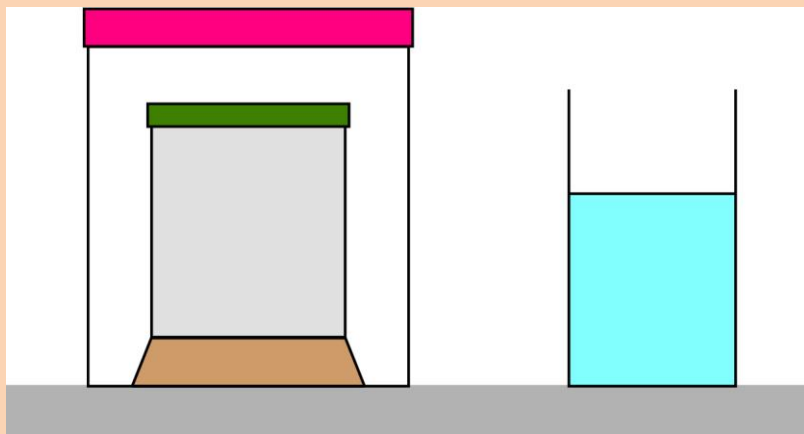
Démontrer que l'air est un isolant thermique.

Matériel nécessaire

- Deux pots en verre, un petit et un grand, le premier pouvant entrer dans le second.
- Un grand bouchon en liège.
- Du scotch.
- Du papier aluminium.
- Un verre.
- Un thermomètre.

Marche à suivre

- Enveloppez le petit pot de deux épaisseurs de feuilles d'aluminium, fixez-les avec le scotch.
- Placez le bouchon au fond du grand pot.
- Versez de l'eau chaude en même temps dans le verre et dans le petit pot. Mesurer sa température.
- Fermez le petit pot et posez-le dans le grand sur le bouchon.
- Fermez le grand pot.
- Attendez 10 minutes, sortez le petit pot et comparez les températures de l'eau : elle est encore chaude dans le pot alors que celle du verre s'est nettement refroidie.



La chaleur quitte facilement le verre et se diffuse dans l'environnement, l'eau s'y refroidit donc rapidement. En revanche, l'eau dans le pot perd sa chaleur plus lentement, parce que le liquide est isolé de l'extérieur par deux isolants thermiques : la couche d'air entre les deux récipients et le bouchon en liège. Ce montage est tout simplement le principe de la bouteille thermos. Vous pouvez recommencer l'expérience sans les feuilles d'aluminium afin d'évaluer leur importance.

2.3.12 Les animaux et leur environnement

Cycle 3

Durée : 30 minutes plus une recherche de documentation

Objectif : associer des animaux avec le milieu où ils vivent, les situer sur le globe et faire une recherche sur l'un d'eux

L'enseignant peut également faire le lien entre le climat de chaque endroit et les adaptations physiques des animaux à leur environnement (eau/terre, froid/chaud). Faites remarquer que la faune antarctique est essentiellement marine. La recherche peut être laissée de côté pour les plus petits. Après la recherche, on peut construire un schéma décrivant les interactions des animaux arctiques ou antarctiques entre eux et leur relation avec leur environnement (pollution, réchauffement climatique, ...), afin de donner une vue plus globale aux élèves et expliquer que certains sont en voie de disparition aujourd'hui.

Reliez chaque nom d'animal :

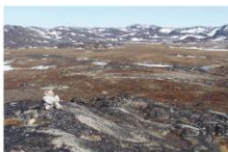
1. au dessin qui lui correspond
2. à la photo qui montre l'environnement dans lequel il vit
3. à un ou plusieurs endroit(s) du globe où on peut le trouver (sur le dessin de la Terre)



Manchots Krill Lièvre arctique Renne Morse Orque Cachalot Sterne arctique Fennec Ours polaire



Toundra



Calotte glaciaire



Désert



Mer et banquise



Réponses : Ours blanc et Morse : banquise arctique / Renne : toundra / Manchots : côtes australes (banquise) / Sterne, Krill, Orque et Cachalot : Arctique et Antarctique / Fennec : déserts du nord de l’Afrique.

RECHERCHE

Choisissez un de ces animaux et créez une fiche descriptive sur lui. Pour cela, répondez aux questions suivantes, en cherchant des informations dans le dictionnaire, des livres, des revues ou sur internet :

- quelles sont les principales caractéristiques physiques de cet animal ?
- doit-il se protéger du froid ou de la chaleur ? Si oui, comment fait-il ?
- quels bruits fait-il ? Quel est son cri ?
- où vit-il ? Que mange-t-il ?
- a-t-il des prédateurs ou des ennemis ? Si oui, lesquels ?
- quels autres animaux sont des proches parents de celui que vous avez choisi ?
- dessinez un schéma (organigramme) qui montre comment cet animal interagit avec les autres animaux qui vivent dans le même milieu que lui.

2.3.13 Cartes topographiques des régions polaires

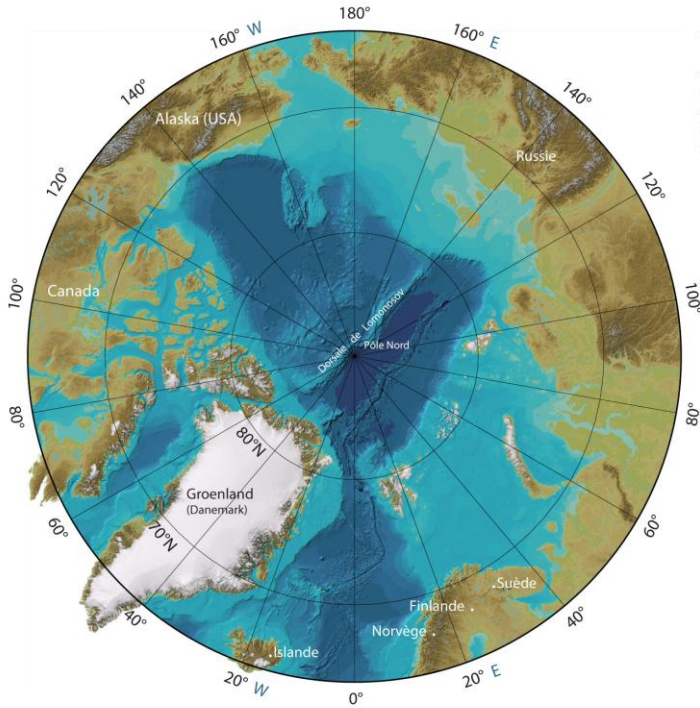
Cycle 4

Durée : 15 minutes

Objectif : document de synthèse, peut être utilisé pour la pratique de lecture de cartes topographiques

Ce document de cours peut également être utilisé pour faire un exercice de lecture de carte topographique. On peut poser des questions comme : “Quelle est la profondeur maximale de l’océan Arctique ?”, “D’après vous, l’altitude en Antarctique est-elle mesurée à la surface de la glace ou sur le socle rocheux ?”, “Comparez le climat et le type de paysage que l’on trouve à une même latitude (par exemple, à 65°) dans l’hémisphère nord et sud”, etc. On peut aussi demander pourquoi ces régions sont encore mal connues : quelles sont les contraintes liées à l’exploration de l’Arctique et de l’Antarctique ?

LES RÉGIONS POLAIRES



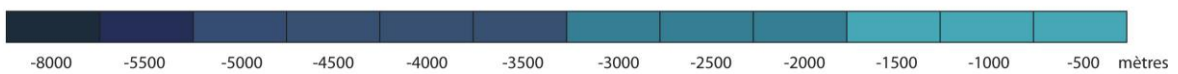
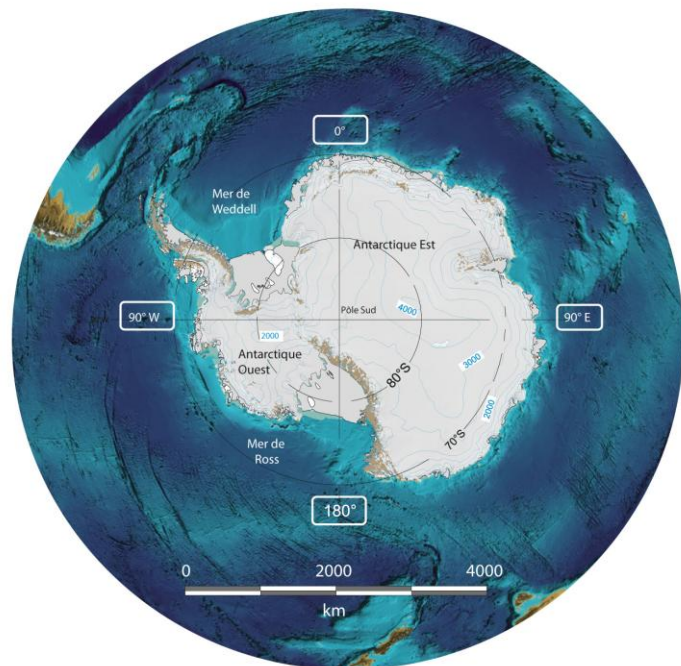
Carte topographique et bathymétrique de l'Arctique

© Jakobsson, M., R. Macnab, L. Mayer, R. Anderson, M. Edwards, J. Hatzky, H. W. Schenke, and P. Johnson (2008), An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: Implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analyses, *Geophysical Research Letters*, DOI: doi: 10.1029/2008gl033520. Website: <http://www.ibcao.org>



Carte topographique et bathymétrique de l'Antarctique

Visualization: Martin Jakobsson
 Data source: ETOPO2, National Geophysical Data Center
 © British Antarctic Survey + Stockholm Geo Visualization Lab



2.3.14 Quel avenir pour l'Arctique ?

Lycée

Durée : 45 minutes

Objectif : comprendre la complexité de la situation en Arctique et les conflits d'intérêts entre les domaines de l'économie, de l'environnement et du social.

Les élèves choisissent le groupe auquel ils veulent appartenir et forment quatre groupes égaux. Les élèves devront lire la documentation recommandée au préalable (et se documenter plus s'ils le souhaitent). L'enseignant mène le débat et donne la parole aux différents groupes en jouant le jeu : il est un observateur envoyé par le Conseil de l'Arctique. Après 25 minutes environ, il donne la parole une dernière fois à chaque groupe et passe au vote (lors duquel les élèves peuvent sortir de leur rôle et voter selon leur opinion propre). On peut ensuite reprendre les principaux arguments qui ont été évoqués et demander si des compromis n'auraient pas été possibles (taxes reversées aux ONG, zones protégées, etc.)

Sujet du débat

Imaginons un futur proche, où le « Conseil de l'Arctique » (une grande structure intergouvernementale qui promeut la protection de l'Arctique) aurait plus de pouvoir qu'à l'heure actuelle et serait sur le point de prendre une décision cruciale quant à l'avenir de l'Arctique : soit autoriser l'exploitation des ressources de l'Arctique par des compagnies privées, soit en faire une réserve naturelle. Pour les aider à prendre cette décision, les membres du conseil ont nommé une petite commission interdisciplinaire d'experts qui doit leur rendre un rapport favorisant l'une ou l'autre alternative. Le but de votre débat est donc d'arriver à convaincre vos opposants pour que la conclusion du rapport favorise votre point de vue.

Distribution des rôles et préparation

Attention : pendant ce débat, vous devrez jouer un rôle et tenir la position décrite ci-dessous, même si cela ne correspond pas à votre avis réel. Un vote final décidera de l'alternative choisie.

→ Vous êtes un homme politique

Vous prenez très à cœur l'avenir économique de votre région, qui borde l'océan Arctique. De nouvelles exploitations pétrolières et minières créeraient un revenu important qui serait bienvenu pour votre pays : les taxes payées par les compagnies pétrolières constitueraient à elles seules un revenu stable pour au moins dix ans. Quant à l'effet des pollutions industrielles sur l'environnement, vous pensez que c'est une invention des médias.

Votre avis : a priori, vous pensez qu'il serait ridicule d'interdire l'accès de l'Arctique aux activités minières et pétrolières. Votre source d'information pour préparer votre rôle :

<http://projetscours.fsa.ulaval.ca/gie-64375/arctique/>

→ Vous êtes un scientifique

Grâce à vos recherches, vous savez que l'environnement de l'Arctique souffre énormément des conséquences du changement climatique et de la pollution, et que l'homme en est le principal responsable. En Alaska par exemple, le pergélisol (partie du sol qui reste toujours gelée) est la base de tout l'écosystème local et il fond non seulement à cause du changement climatique mais également à cause des nouvelles infrastructures construites par les hommes dans la région.

Votre avis : faire de l'Arctique une réserve naturelle vous semble être la seule chose raisonnable à faire. Votre source d'information pour préparer votre rôle :

<http://www.thearctic.is/articles/overviews/changing/franska/index.htm>

→ Vous êtes représentant d'une ONG

À travers votre travail sur le terrain, vous avez vu de près l'impact dévastateur des changements climatiques et des pollutions industrielles sur la vie des communautés locales et sur la faune. De plus, les nouvelles infrastructures humaines (routes et pipelines) nuisent à l'écosystème et empêchent les communautés locales de continuer à vivre de manière traditionnelle (garder des troupeaux migrants, chasse). De nouvelles exploitations ne feraient qu'empirer les choses.

Votre avis : a priori, vous ne voyez que des retombées négatives pour la faune et les communautés si on ouvre cette région à l'exploitation de grandes multinationales. Votre source d'information pour préparer votre rôle :

http://www.thearctic.is/articles/overviews/homeland/franska/kafli_0501.htm et

http://www.thearctic.is/articles/overviews/homeland/franska/kafli_0405.htm

→ Vous êtes un économiste

À travers votre métier de consultant en économie de marché, vous avez pu constater les premières conséquences du changement climatique dans le pays : par exemple, plus aucune assurance ne souhaite assurer les maisons de certaines régions à cause de la fonte du pergélisol. Cependant, ces changements vous semblent être plutôt bénéfiques : en effet, plus la glace fond, plus les compagnies pétrolières et minières peuvent explorer de nouvelles régions. Des bateaux pourront probablement bientôt passer par le nord de l'Alaska. Cela veut dire qu'il y aura une construction de ports et ce sera donc extrêmement positif pour l'économie locale.

Votre avis : vous êtes définitivement pour l'exploitation des ressources de l'Arctique. Votre source d'information pour préparer votre rôle :

<http://www.ifpenergienouvelles.fr/Espace-Decouverte/Tous-les-Zooms/Les-reserves-en-hydrocarbures-de-l-Arctique2>

Les activités proposées aux élèves dans le cadre de ce dossier ont pour objectif de faire découvrir quelques outils propres aux sciences humaines. En effet, l'Homme s'est implanté depuis des milliers d'années dans presque toutes les régions du globe, modifiant ainsi l'environnement naturel. Par conséquent, deux approches sont à privilégier :

- permettre aux élèves de prendre conscience des besoins de l'Homme, notamment ses besoins fondamentaux (se nourrir, se vêtir, se loger, disposer d'un territoire) et des impacts que ces besoins ont sur l'environnement, mais aussi de ses besoins de connaissances. Des comparaisons dans le temps et dans l'espace permettront d'ancrer ces apprentissages par rapport à notre époque et nos régions ;
- faire prendre conscience aux élèves que certains outils leur permettent d'accéder à ce type de connaissance, notamment les enquêtes, les recherches documentaires, des récoltes de données, mais aussi et surtout l'étude, le décodage et l'interprétation de documents authentiques sur différents supports.

2.3.15 Comment s'habille-t-on aux pôles ?

Cycle 3

Durée : 30 minutes

Objectif : réflexion sur la capacité d'isolation des matériaux, élaboration de stratégies.

Parlez aux élèves du climat des régions polaires et de ses effets sur le corps (engelures, peau collée à la glace, etc.). Expérimentez les capacités d'isolation au froid et à l'humidité de différents matériaux (coton, laine, polaire, cuir, fourrure), par exemple avec un glaçon ou de l'eau. Établissez des liens avec le poster présenté en page suivante.

COMMENT S'HABILLE-T-ON AUX PÔLES ?



- ∞ Un masque de ski ou de très bonnes lunettes accompagnées d'une cagoule ou d'un masque en néoprène protègent le visage du vent et de la neige, mais aussi du soleil et des UV qui sont très violents en Antarctique.
- ∞ Les sur-pantalons et sur-vestes en Gore-Tex protègent des grands froids et des vents. Le Gore Tex est un tissu à la fois imperméable et respirant.
- ∞ Les surmoufflons se mettent par-dessus les moufflons (doudounes pour les pieds). C'est la version moderne des bottes à deux couches de peaux des Inuits.



- ∞ Une ou plusieurs couches de vestes / pulls et pantalons polaires servent à tenir chaud. Leur matière piège de l'air, ce qui crée une bonne isolation. L'avantage des couches superposables est qu'elles permettent d'adapter le nombre de couches à la température.



- ∞ Des sous-vêtements (maillot et caleçon) en matière synthétique de pointe permettent d'avoir chaud, sans trop transpirer.



- ∞ Traditionnellement, les Inuits se taillaient des lunettes pour se protéger les yeux à partir du bois des caribous ou de défenses de morsés.
- ∞ En cas de grand froid, les Inuits portaient un manteau extérieur par-dessus le manteau habituel (et si nécessaire aussi un pantalon) avec le poil tourné vers l'extérieur. La couche d'air piégée entre les deux peaux augmentait encore la protection contre le froid.
- ∞ Les mouffles, en peau de phoque ou en cuir de caribou, ont une forme qui permet de faire des tâches manuelles tout en gardant les mains au chaud.



- ∞ Les manteaux et les pantalons des Inuits étaient souvent confectionnés en peau de caribou. Le poil était tourné vers l'intérieur pour être doux sur la peau. La fourrure dense et épaisse piège de l'air, ce qui protège du froid.
- ∞ Les Inuits avaient plusieurs paires de bottes faites en différents types de peaux. Le choix des bottes à porter se faisait en fonction du temps qu'il faisait et de l'endroit où ils se trouvaient (glace, neige mouillée ou neige fraîche, etc.). Certaines bottes sont également constituées de plusieurs couches de fourrure.



- ∞ Aujourd'hui les Inuits s'habillent de manière beaucoup plus proche de nous. Mais lorsqu'ils doivent faire de longs voyages dans le froid (pour la chasse par exemple), certains utilisent encore les vêtements traditionnels.

2.3.16 Prêts pour une expédition en Antarctique ?

Cycle 4

Durée : 45 minutes

Objectif : collaboration en groupe, mise en situation, développement de l'organisation et de l'imagination.

Répartissez les élèves en groupes et faites-leur faire l'activité. Comparer les résultats entre groupes, puis avec la liste réelle d'un explorateur (voir en page 56). La 2^e partie est facultative (complément possible : recherche sur les expéditions d'Amundsen et de Scott).

L'Antarctique est un continent gelé entouré par l'océan Austral. Le pôle Sud est situé plus ou moins en son centre à une altitude de près de 2 850 mètres. Il est recouvert d'une épaisse calotte glaciaire dont l'épaisseur atteint parfois 5 kilomètres. Sa superficie atteint 14 millions de kilomètres carrés, auxquels s'ajoutent plus de 10 millions de kilomètres carrés de banquise en hiver. Sa population permanente est nulle ; cependant, des scientifiques, des explorateurs ou des touristes y font des séjours plus ou moins longs.



1) Préparer une expédition au pôle.

Avec votre équipe, vous avez décidé de tenter une expédition pour atteindre le pôle Sud. Vous vous déplacerez en skis avec un traîneau dans lequel se trouvera tout votre matériel. Vous tenterez la route classique qui part de « Hercules Inlet » (voir carte en page précédente). Cela fait des mois que vous vous entraînez ! C'est normal, une expédition dans les régions polaires ne se fait pas sans une importante préparation !

Vous allez donc devoir préparer la liste du matériel à emporter, en indiquant, pour chaque objet, la quantité nécessaire. Voici un petit récapitulatif qui devrait vous aider pour préparer au mieux votre expédition :

1. Décidez pendant quel mois de l'année vous allez partir.
2. Mesurez la distance à parcourir et évaluez le temps nécessaire pour atteindre le pôle (sachant que vous parcourrez environ 18 kilomètres par jour !)
3. Préparez une liste du matériel à emporter pour vous (habits, skis, brosse à dent, etc.) et pour l'équipe (réchaud, casseroles, etc.). Indiquez la quantité à prendre pour chaque objet.
4. Estimez le poids total du matériel.
5. Listez la nourriture à emporter ainsi que le poids de chaque aliment.
6. Estimez la quantité d'eau à emporter.
7. Additionnez le poids du matériel, de la nourriture et de l'eau. Évaluez ensuite le poids que chacune des personnes de votre équipe aura à tirer.
8. Essayez d'imaginer quels sont les problèmes qui pourraient vous retarder ou vous empêcher de finir votre expédition.

2) Aujourd'hui et hier...

Aujourd'hui, les membres d'une expédition sont conduits à leur point de départ en avion. Ils restent en contact radio avec leur base, qui les informe régulièrement des prévisions météo et qui peuvent les aider en cas de problème. La plupart des expéditions ne transportent pas tout leur matériel avec eux. Il existe des points de réapprovisionnement placés sur la route. Les expéditions qui ne tentent pas une traversée complète de l'Antarctique sont rapatriées en avion depuis le pôle Sud.

Malheureusement pour eux, les premiers explorateurs ayant conquis le pôle en 1912 n'avaient pas toutes ces commodités. Essayez d'imaginer comment se déroulaient ces premières expéditions !

Voici un début : partis d'Europe, les explorateurs et leur équipage débarquèrent en Antarctique après sept mois de traversée...

Complément

Liste de matériel basée sur celle de l'explorateur belge Alain Hubert, reprise et adaptée pour cet exercice. Ce document n'est pas exhaustif.

Période de départ

L'été austral dure de décembre à février. Les départs vers le pôle Sud se font fin novembre ou début décembre.

Équipement personnel

- 1 paire de chaussures de bivouac (surmouflon).
- 1 paire de surmoufles résistantes au vent.
- 2 paires de moufles en laine ou fleece polaire.
- 2 paires de gants fins en fleece polaire.
- 1 veste coupe-vent (Anorak) avec bon capuchon pour se protéger du vent.
- 1 pantalon coupe-vent. Pantalon à bretelles et taille haute recommandé.
- 1 veste en duvet, de préférence avec un capuchon.
- 1 veste en fleece polaire (200 gr) à utiliser au camp ou en skiant.
- 2 longs sous-pantalons en synthétique (fleece ou autre).
- 2 paires de fines chaussettes, à utiliser en dessous des VBL. Mouillées chaque jour, elles sècheront très rapidement dans la tente.
- Vapor barrier sock (VBL) : chaussette en plastique solide. En prendre une dizaine.
- 2 paires de chaussettes chaudes, à porter au-dessus du VBL.
- 1 bonnet chaud et si possible coupe-vent.
- 1 bonnet ou cagoule légère pour les jours plus froids.
- 1 cagoule. Peut aussi servir d'écharpe.
- 1 masque facial en néoprène pour se protéger du vent de face.
- 1 paire de lunettes de soleil.
- 1 tube de crème solaire Sun Block et 1 lipstick Sun Block.
- 1 brosse rigide pour broser les vêtements et les débarrasser de la neige et du givre intérieur sur les vêtements, etc.
- 1 cuillère solide (pas de plastique), 1 bol pour manger et 1 tasse si possible isolée.
- 1 thermos : capacité 1,5 à 2 litres (pour la boisson chaude, incassable).
- Hygiène : brosse à dent, etc.
- Petits sacs pour l'équipement personnel et les affaires de jour qui doivent être accessibles dans le traîneau pour l'équipement personnel.
- 1 canif.
- Papier toilette.
- 1 bouteille de nuit (urinal, type Nalgene).

Équipement pour l'équipe

- Tentes, matelas et sacs de couchage.
- Mousquetons, corde et piolets.
- Broches à glace, 3 par tente.
- Pelles à neige, une par deux tentes.
- Réchaud, fuel (Coleman-white gaz), briquet et casseroles.
- Thermomètre et anémomètre.
- Carte, GPS et boussole.
- Kit de réparation pour traîneaux et autres pièces de rechange.
- Pharmacie rudimentaire.
- Téléphone satellite, walkman, camera, appareil photo, cahier de notes, crayon, livres...
- Balise universelle de détresse.
- Panneau solaire batterie rechargeable pour recharger les caméras, etc.

Eau et nourriture

Il n'y a pas d'animaux sur la calotte antarctique. On doit amener toute la nourriture de l'extérieur. Aujourd'hui on compte environ 900 grammes par personne et par jour de nourriture, mais cela est dû au fait qu'on peut faire des repas lyophilisés (beaucoup plus légers). En plus des repas lyophilisés, on prend des compléments riches (céréales, barres énergétiques, chocolat, fromage, etc.) et des boissons chaudes. On ne transporte pas d'eau, car on fait fondre de la glace sur place.

Poids approximatif d'un traîneau pour 65 jours

Nourriture : 900 gr / jour = 58,5 kg
Fuel : environ 16 litres
Sac de couchage : 3 kg
Matelas de sol : 1,5 kg
Veste en duvet : 2 kg
Vêtements divers : 6 kg
1/2 tente : 2,5 kg
1/2 matériel de cuisine : 1 kg
Traîneau : 6 kg
Équipement collectif partiel : 3 kg
Équipement personnel : 2 kg

Total : environ 100 kilos ! C'est pourquoi des systèmes de ravitaillement en nourriture et fuel sont nécessaires. Le poids des traîneaux tirés par les membres d'une expédition menée par un guide se situe en général entre 35 et 60 kilogrammes. Cependant, pour certaines expéditions professionnelles les traîneaux peuvent peser jusqu'à plus de 180 kilos au départ, à cause du poids supplémentaire de nourriture pour de longues durées, du matériel de communication, reportage, ou du matériel scientifique ajoutés.

2.3.17 Journal de bord d'une expédition

Lycée

Durée : 30 minutes (avec rédaction, sans compter une recherche éventuelle)

Objectif : support de cours, base pour analyse de texte, discussion ou recherche.

Il s'agit d'un extrait de « Cent jours pour l'Antarctique » écrit par Alain Hubert, Dixie Dansercoer et Michel Brent.

En novembre 1997, deux explorateurs belges entreprennent une traversée de l'Antarctique, en passant par le pôle Sud. Alain Hubert et Dixie Dansercoer devront parcourir 3 924 km à ski, en tirant tout leur matériel derrière eux, dans des traîneaux. Ils tentent une innovation technique : se faire tirer sur la glace, lorsque cela est possible, par des cerfs-volants. Après 60 jours de solitude glaciale sur la barrière de glace et de nombreux incidents, ils approchent du pôle Sud où se trouve la base scientifique américaine Amundsen-Scott.

Samedi et dimanche 3 et 4 janvier 1998 (jours 61 et 62)

On se lève tôt. Avec le pôle Sud en point de mire, nous sommes évidemment impatients de partir. Ce matin, la météo n'est pas trop mauvaise ; le temps est couvert, avec un léger brouillard qui tamise la lumière. Quant au vent, il souffle à une quinzaine de kilomètre à l'heure ; juste de quoi arracher nos attelages à la fine couche de neige fraîche tombée cette nuit. Une fois les voiles accrochées à quinze mètres de nous dans le ciel, nous skions en silence en direction du point noir posé comme un caillou, là-bas sur l'horizon. [...]

Environ sept heures après avoir levé le camp, nous apercevons la haie d'honneur que forme le demi-cercle des drapeaux appartenant aux douze nations fondatrices du Traité Antarctique [... et] le non moins célèbre poteau coiffé de sa petite boule qui représente le globe terrestre. Ce n'est plus un rêve : le pôle Sud est là, piqué dans la glace devant moi. Je décompte les pas, j'accélère même un peu, le cœur gros. Encore quelques mètres et nous tombons dans les bras l'un de l'autre. Bien joué, les gars ! [...]

Sur ces entrefaites, la station Amundsen Scott s'est réveillée. Depuis le début de l'expédition, Dixie et moi fonctionnons à l'heure GMT. Mais ici, nous venons en quelques instants de vieillir de douze heures. Et si, pour nous, la journée se termine, pour les gens de la station, elle commence. Les portes s'ouvrent, les gens se lèvent et mettent le nez dehors. Grâce au Net, ils savent qui nous sommes et viennent nous serrer la main. [...] Peu après, le directeur de la base en personne vient nous souhaiter la bienvenue [...]. Sans trop de palabres, David Fisher nous invite à le suivre à l'intérieur des installations pour tenter d'entrer en communication radio avec le QG, histoire de prévenir que nous sommes arrivés et que nous faisons étape au pôle. Quel choc ! Se retrouver ainsi, après 2 000 km de calotte glacière, dans une pièce truffée d'appareils de communication en tous genres. [...]

Le voilà enfin, cet immense dôme métallique [de la base Amundsen Scott]. En fait, ce n'est rien d'autre qu'un immense frigo de 2 000 m² à l'intérieur duquel sont entreposés les différents baraquements de la base (ils ressemblent à des conteneurs) comme autant de postes de travail, bureaux, locaux scientifiques, radio, poste, bibliothèque, cuisine, cafétéria, dortoirs, etc. Dans le lot, il y a en a même un qui abrite une serre avec de la vraie terre et de vrais légumes. Les quartiers d'habitation sont, eux, à l'extérieur. Comme le dôme n'est pas chauffé, la conservation des provisions ne pose pas le moindre problème, celle des déchets ménagers non plus. [...] Une vingtaine de grandes caisses-palettes soigneusement étiquetées sont réservées au tri des déchets ménagers et autres. Elles font régulièrement l'aller-retour pôle Sud – McMurdo pour être vidées. Puisque nous avons décidé de ne rien abandonner en chemin, nous n'y déposons pas le moindre sac poubelle ; ils resteront dans le traîneau de Dixie jusqu'à McMurdo.

[...] On s'engouffre dans la cafétéria, c'est ici que les choses se passent. [...] Va-et-vient incessant, odeurs de cuisine et de graisse, repas à tout heure du jour et de la nuit (on est aux States, après tout), chaleur suffocante ; l'endroit est plutôt sympathique mais, venant d'où l'on vient, je dois dire que, pour Dixie et moi, le surréalisme de la situation ne passe pas. En temps normal j'aime une telle atmosphère de chantier. Mais là, je me sens un peu perdu, comme si ces deux mois passés sur la calotte avaient chamboulé profondément certains de mes repères.

[...] Après avoir traversé plus de la moitié de ce continent, je me rends compte soudain de sa grandeur, de son unicité. Un continent pour la paix a-t-on souvent entendu dire ? Je crois que je suis en train de toucher du doigt cette vibrante réalité. [...] Le simple fait de creuser les glaces jusqu'à 2 000 voire 3 000 mètres de profondeur, comme le font actuellement les Européens et d'autres, amène à remonter le temps et à étudier l'évolution du climat de la planète. Analyser le cycle du carbone dans la chaîne alimentaire de l'océan Austral aide à savoir si, un jour, cette immense masse d'eau va pouvoir absorber les milliards de tonnes de surplus de CO₂ que produit chaque année l'homme. [...] Et puis, ne sommes-nous pas exactement à la verticale de la plus belle fenêtre donnant sur le cosmos qui soit ?

Dixie Dansercoer et Alain Hubert ont achevé leur traversée en entrant dans la base américaine de McMurdo le 10 février 1999, 99 jours après leur départ de l'autre côté de l'Antarctique.

De nombreux sujets peuvent être abordés à partir de ce texte. Voici quelques suggestions :

- quelle est l'utilité des journaux de bord tenus, depuis toujours par les explorateurs ? (pour pouvoir financer leurs prochaines expéditions / pour prouver leurs découvertes). Est-ce qu'ils écrivaient toujours la vérité ? (voir conflit pour la conquête du pôle Nord) ;
- comment se fait-il que les deux explorateurs aient un rythme totalement différent de celui des gens de la base Amundsen-Scott ? (jour permanent) ;

- qu'est-ce que le « Traité Antarctique » ? Quelles recherches peuvent être menées dans les régions polaires ? Pourquoi y a-t-il un intérêt spécifique à mener des recherches scientifiques sur ce continent désert ?

D'autres idées d'activité :

- mettre en place un échange par mail avec une école groenlandaise ou du Nunavut, ou encore avec des scientifiques ou des explorateurs, grâce à leurs sites Internet ;
- mener une enquête auprès de différentes personnes (alpinistes, scientifiques, agriculteurs, ...) sur les manières de se protéger du froid et de l'humidité dans nos régions.

2.4 Suggestion bibliographique

- Anthony Delahaye, Evelyne Derens-Bertheau, Laurence Fournaison, Denis Leducq, Fatou-Toutie Ndoye et Véronique Osswald, *La chaîne du froid ? 60 clés pour comprendre*, éd. Quae, 2017.
- Jean-Louis Etienne, *Persévérer. On ne repousse pas ses limites, on les découvre*, éd. Points, 2016.
- Jean Matricon et Georges Waysand, *La guerre du froid. Une histoire de la supraconductivité*, éd. Seuil, 1994.
- Rosalyn Wade, *Froid. Vivre en milieu extrême*, éd. Fleurus, 2011.
- Nicola Davies et Neal Layton, *Trop forts ces animaux. Là où ils survivent, tu meurs !* éd. Milan Jeunesse, 2007.



→ Certains ouvrages de cette liste se trouvent à la **bibliothèque de la Cité des Sciences et de l'Industrie**, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris.

Métro : Porte de la Villette (Métro ligne 7 ou Tramway ligne 3b).

Horaires : du mercredi au dimanche, 12 h – 18 h 45, le mardi 12 h – 19 h 45.

Description La bibliothèque met à votre disposition 120 000 documents (livres, revues, films, cédéroms, DVD) dans tous les domaines scientifiques et techniques. Possibilité de consultation sur place et d'emprunt de documents.

On peut également mettre à profit le site internet de Julien Bobroff, membre du comité scientifique de l'exposition « Froid » : <http://supraconductivite.fr/fr/index.php>. La page <http://hebergement.u-psud.fr/supraconductivite/productions.html> contient des explications et des vidéos sur les basses températures et le zéro absolu.