

Eau et glaces sur la Terre

**Dossier subventionné par le Ministère des Transports, de la Mobilité et de l'Energie
de la Région Wallonne (Belgique)**

Avec la collaboration du Secteur de l'environnement
de l'Enseignement primaire du canton de Genève (Suisse)

Mai 2003

Table des matières

NOTICE THEORIQUE	3
Répartition de l'eau et des glaces	3
Le cycle de l'eau	3
La glace sous ses différentes formes	4
OBJECTIFS	11
PROPOSITION D'ACTIVITES	11
Dossier « expériences en sciences de la Terre »	11
Questions de recherche et pistes de travail	11
EXEMPLE DE SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE.....	13
Les propriétés de la glace.....	13
1. Point de départ (15 min.).....	13
2. Récolte des représentations (45 min.).....	13
3. Mise en place d'une méthode de recherche (15 min.)	13
4. Etude des outils cognitifs de représentation - (plusieurs séquences de 45 min.).....	14
5. Expérience 1 : congélation et fusion (90 min.)	14
6. Expérience 2 (90 min.).....	14
7. Expérience 3 (90 min.).....	14
8. Evaluation - bilan (90 min.).....	15
RESSOURCES	15
Sites WEB.....	15
Bibliographie	15
Moyens d'enseignement	16



Notice théorique

Répartition de l'eau et des glaces

A sa création, la Terre a été pourvue de 1 400 millions km³ d'eau. Depuis lors, ce volume n'a pas varié. On trouve l'eau sous trois formes : liquide, gazeuse (vapeur) et solide (glace et neige).

Cependant, malgré cet immense volume, l'eau douce est rare, puisque 97,5% de toute l'eau que l'on trouve sur Terre est salée.



L'eau est répartie entre 5 réservoirs interconnectés :

• Les océans ;	<i>Eau salée</i> (97,5% : $1\,385 \times 10^{15} \text{ m}^3$)
• La neige et les dépôts de glace (calottes glaciaires et glaciers) ; • Les eaux terrestres (fleuves et rivières, lacs, eaux souterraines, humidité dans le sol) ; • La biosphère (végétaux et animaux) ; • L'atmosphère (eau circulant dans le cycle évaporation-précipitation).	<i>Eau douce</i> (2,5% : $36 \times 10^{15} \text{ m}^3$)

L'eau douce est rare et elle est de plus en grande partie prisonnière des calottes glaciaires et des glaciers. L'Antarctique, en particulier, contient environ 90% des glaces terrestres, soit 70% de l'eau douce sur Terre. On trouve l'eau douce non gelée principalement dans les eaux souterraines, puis, par ordre décroissant, dans les lacs, l'humidité du sol, l'atmosphère, les fleuves et les rivières, et enfin dans les organismes vivants.

Au bout du compte, la quantité d'eau douce disponible pour les hommes n'est que de 0,3% du volume total de l'eau sur la Terre. Cette eau se trouve dans les cours d'eau, les lacs, les fleuves, les rivières et dans les nappes phréatiques peu profondes.

Le cycle de l'eau

Sur la Terre, on trouve l'eau sous la forme solide, liquide et gazeuse. Ainsi, l'eau s'évapore, se condense et se précipite dans un cycle continu qui dure depuis un milliard d'années.

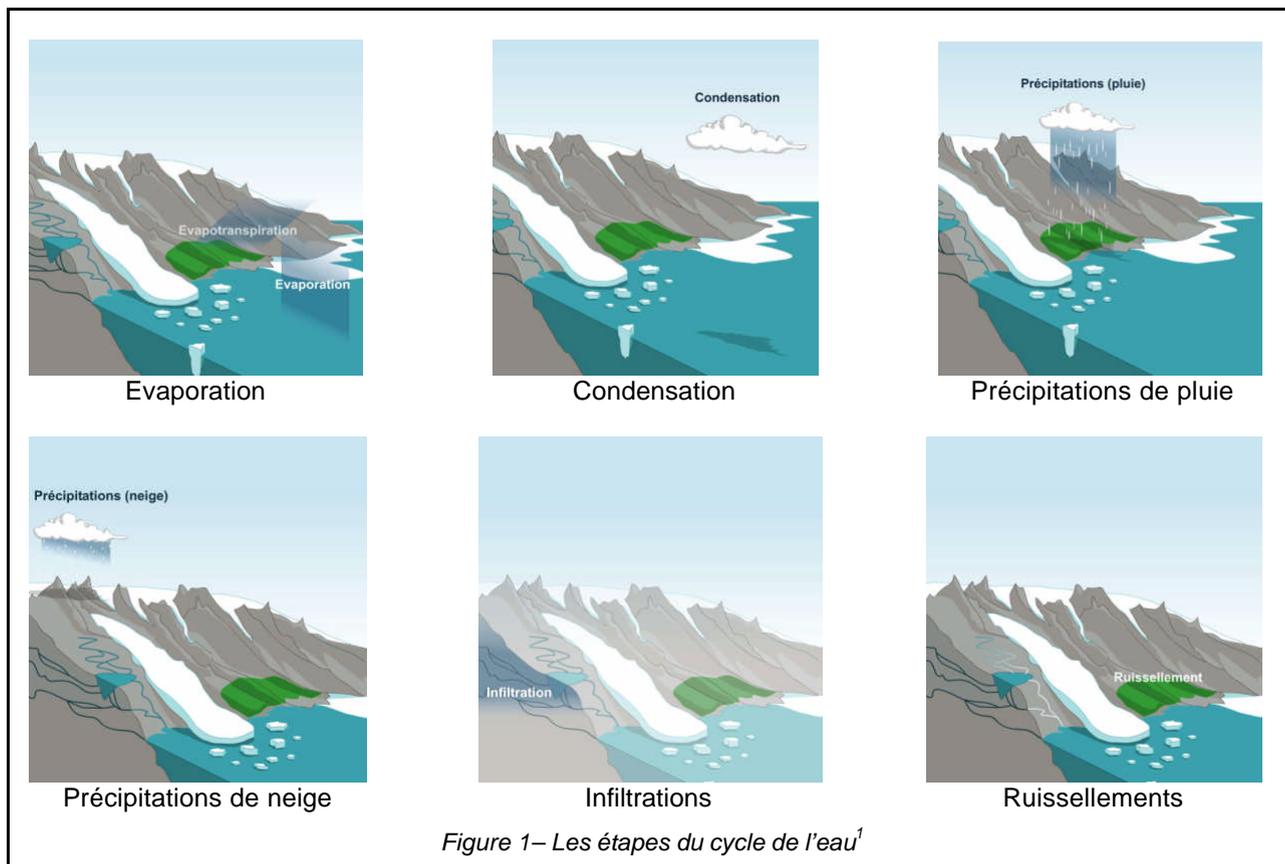
Sous l'action du soleil l'eau s'évapore des océans, mais aussi des lacs et de toutes les étendues d'eau. A cette vapeur d'eau contenue dans l'air, s'ajoute la vapeur d'eau produite par les végétaux : l'évapotranspiration.

L'air ne peut contenir qu'une quantité limitée de vapeur, d'autant moins importante que la température est basse et que la pression est faible. En altitude, la vapeur en excès se condense donc autour de particules, de poussières en suspension dans l'air, pour former des nuages. Ainsi, les nuages ne sont pas constitués de vapeur d'eau, mais de gouttes d'eau en suspension.



Sous l'action du vent, ces nuages se déplacent. Au-dessus des continents et des océans, les nuages provoquent des précipitations, sous forme de pluie, de neige ou de grêle, selon la température. L'eau libérée va ensuite suivre des routes différentes, qui toutes vont la ramener plus ou moins vite vers les océans.

Sur les terres, une partie de l'eau s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes phréatiques. Une autre se retrouve dans les calottes glaciaires et finira son cycle dans un iceberg. La dernière ruisselle en surface, alimente les ruisseaux, les rivières puis les fleuves, et retourne dans les océans et les mers.



La glace sous ses différentes formes

La cryosphère désigne toutes les parties de la surface de la planète où l'eau se trouve sous forme gelée. On peut distinguer les glaces terrestres ou d'origines terrestres des glaces marines :

Les glaces terrestres ou d'origines terrestres

Ces glaces sont constituées d'eau douce.

- Les grandes calottes glaciaires ou « *inlandsis* » de l'Antarctique et du Groenland ;
- Les petites calottes glaciaires, comme en Islande et dans l'Arctique canadien ;
- Les glaciers de montagne ;
- Les énormes plate-formes de glace flottante qui sont accrochées au côtes du continent Antarctique : les « *ice-shelfs* » ;
- Les icebergs qui se détachent des ice-shelfs et de certains glaciers ;
- L'eau gelée dans le sol de la toundra arctique : le « *pergélisol* » ou « *permafrost* » ;
- L'eau gelée l'hiver à la surface des lacs et des rivières ;
- Les étendues saisonnières de neige.

¹ Toutes les illustrations de ce dossier sont tirées des animations du site Educapoles : www.educapoles.org



Les glaces marines

C'est la glace de mer des banquises permanentes et saisonnières. Constituée d'eau de mer, cette glace est salée, mais sa concentration en sel diminue au cours du temps.

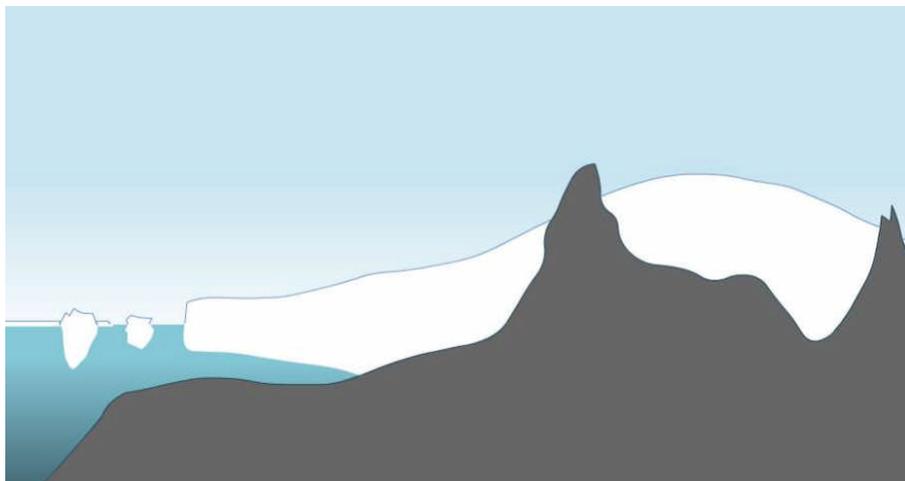


Figure 2 - Coupe de l'Antarctique : glace de mer, icebergs, ice-shelf, glacier, inlandsis (de gauche à droite).

Les calottes de glace

Une calotte glaciaire est une épaisse couche de glace qui recouvre un socle rocheux. Elle a globalement la forme d'un dôme au sommet plutôt aplati. Elle s'est formée par l'accumulation de la neige durant des dizaines de milliers d'années.

Les deux plus grandes calottes glaciaires sont appelées « *inlandsis* » : ce sont celles qui recouvrent l'Antarctique et le Groenland. Il en existe aussi de beaucoup plus petites, comme en Islande et dans le Canada arctique. Cependant, même l'inlandsis groenlandais paraît petit par rapport à l'imposante calotte glaciaire de l'Antarctique, plus vaste que l'Europe (14 millions de km², c'est-à-dire plus de 25 fois la France).



Figure 3 – Les calottes glaciaires.

Dans une région froide, sur un socle continental, la neige qui tombe ne fond pas et s'accumule année après année. Sous le poids des couches supérieures, les cristaux de neige se tassent. Ce tassement permanent de la neige la transforme progressivement en glace, pour finalement constituer une calotte glaciaire.

A la surface de la calotte (ou d'un glacier), on trouve de la neige fraîche qui vient de tomber, puis plus profondément le névé, c'est-à-dire de la neige tassée. Plus profondément encore, on trouve de la glace pure, c'est-à-dire de la neige si tassée que les bulles d'air y sont devenues presque invisibles.

La glace des glaciers et des calottes glaciaires n'est donc pas de l'eau congelée (comme dans un congélateur), mais de la neige tassée.

La calotte glaciaire de l'Antarctique et l'océan qui l'entoure, fonctionnent comme un immense tapis roulant :



- L'eau s'évapore au-dessus de l'océan ;
- Des précipitations tombent sur le continent sous forme de neige ;
- La neige s'accumule, se tasse, se transforme en glace, puis se déplace petit à petit vers la périphérie de la calotte glaciaire, où des « glaciers émissaires » semblables à des rivières canalisent et accélèrent le mouvement de la glace jusqu'à l'océan ;
- Ce réseau de glaciers alimente d'énormes plate-formes côtières de glace flottante : les « ice-shelfs » ;
- De l'extrémité d'un ice-shelf se détache régulièrement des morceaux de glace : les « icebergs ». Ceux-ci vont petit à petit fondre au cours de leur dérive dans des eaux plus chaudes, et le cycle va recommencer.

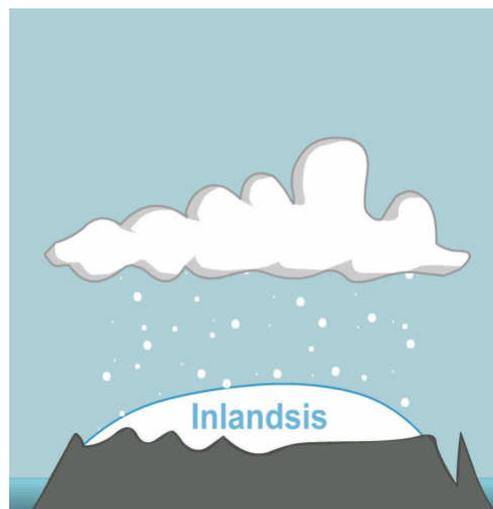


Figure 4 – Formation d'un inlandsis

Il faut 800 000 ans pour que la neige qui tombe au pôle Sud retrouve l'océan.

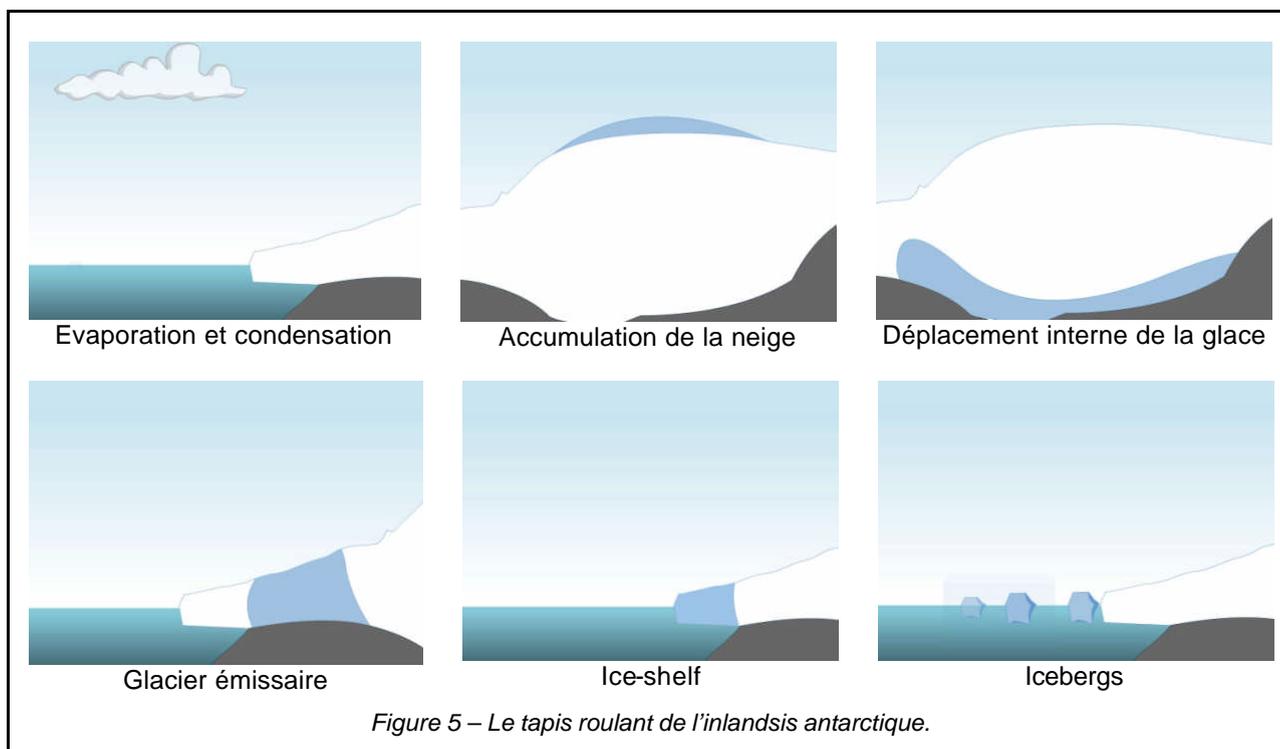


Figure 5 – Le tapis roulant de l'inlandsis antarctique.

Les glaciers polaires

A l'intérieur d'un inlandsis, la glace est en mouvement du centre vers la périphérie. Cet écoulement est d'abord très lent, mais il est accéléré sur les bords de la calotte glaciaire de l'Antarctique ou du Groenland par de très grands glaciers. Ce sont les « glaciers émissaires ». Leur vitesse peut être élevée, 2 à 3 km/an pour certains. La partie terminale de ces glaciers alimente un « ice-shelf », ou prend la forme d'une langue de glace qui flotte sur l'eau. Il existe aussi des glaciers en mouvement dans des vallées de glace au cœur de la calotte polaire, ce sont les « ice-streams ». Ils s'écoulent sur un lit de glace.

Un glacier est une sorte de rivière de glace, qui, souvent imperceptiblement, s'écoule sous l'action de son propre poids, sur une pente ou dans une vallée. La glace a la propriété de fondre à une température plus basse que 0°C quand elle est soumise à une forte pression. C'est ce principe qui explique en partie le mouvement d'un glacier sur une pente : 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 la force de la pesanteur.

Les ice-shelfs

Autour de la calotte glaciaire antarctique, sur au moins 30% de la côte, on trouve de nombreux « ice-shelfs ». Ce sont d'immenses plate-formes de glace qui flottent sur l'océan tout en étant accrochées solidement au continent. Les plus petites font quelques centaines de km², mais la plus grande, l'ice-shelf de Ross, a une superficie équivalente à celle de la France.

Quelle est leur dynamique ?

A la périphérie de l'inlandsis, des glaciers drainent la glace de l'intérieur du continent vers l'océan. Lorsque la glace atteint l'eau, elle flotte, créant ainsi des plate-formes qui restent accrochées au continent. La superficie totale d'un ice-shelf reste globalement constante, car d'un côté de nombreux glaciers l'alimentent constamment en glace, alors qu'à leur extrémité, des morceaux de glace se détachent régulièrement et tombent dans l'océan formant des icebergs.

Un ice-shelf est épais d'environ 300 m à son point d'ancrage à la côte, puis son épaisseur s'amincit progressivement, pour se terminer par une « barrière », c'est-à-dire une falaise verticale de glace, haute de 50 à 100 m.



Figure 6 – Les ice-shelfs de l'Antarctique.

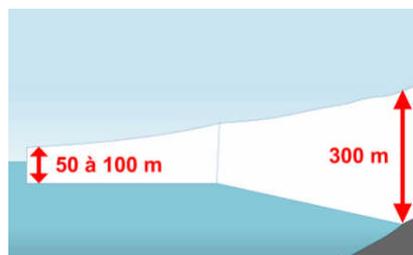


Figure 7 – Les dimensions d'un ice-shelf.

Les icebergs

L'extrémité d'un ice-shelf ou d'une langue de glace est constamment mise en mouvement par les marées et rongée par l'eau de mer ; elle est donc fragilisée. Des fractures apparaissent et des blocs se détachent régulièrement pour être emportés par l'océan : ce sont les « icebergs ». On dit alors que le glacier vèle des icebergs.

Un iceberg est constitué d'eau douce. Comme la densité de la glace est de 0,8 à 0,9, un iceberg flotte sur l'océan et sa partie émergée ne représente environ que 1/7 à 1/8 de son volume total. Si la plupart des icebergs mesurent quelques dizaines ou centaines de mètres de long, les plus gros icebergs tabulaires observés en Antarctique mesuraient plus de 300 km de long sur 100 km de large.

Lorsqu'un iceberg se détache, il part à la dérive dans l'océan pour deux ou trois années durant lesquelles il sera rongé par l'eau de mer, se déstabilisera régulièrement et finira par se désagréger. S'il s'échoue entre-temps sur le fond, sa durée de vie peut alors atteindre une dizaine d'année.

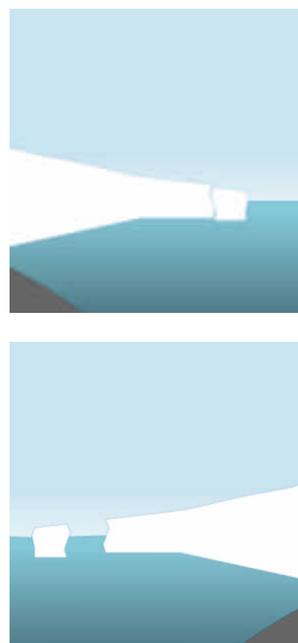


Figure 8 – Vêlage d'un iceberg.



Le pergélisol

Tout autour de l'océan Glacial Arctique, les terres sont recouvertes d'une végétation rase, la toundra, où la glace n'est pas absente. On la trouve sous la forme d'un sol gelé en profondeur depuis des millénaires : le « *pergélisol* » ou « *permafrost* ». Seule une mince couche de surface dégèle au printemps. Le pergélisol peut atteindre des épaisseurs records : 450 m au Spitzberg, 740 m dans l'Arctique nord-américain, 800 à 1600 m dans l'Arctique russe.

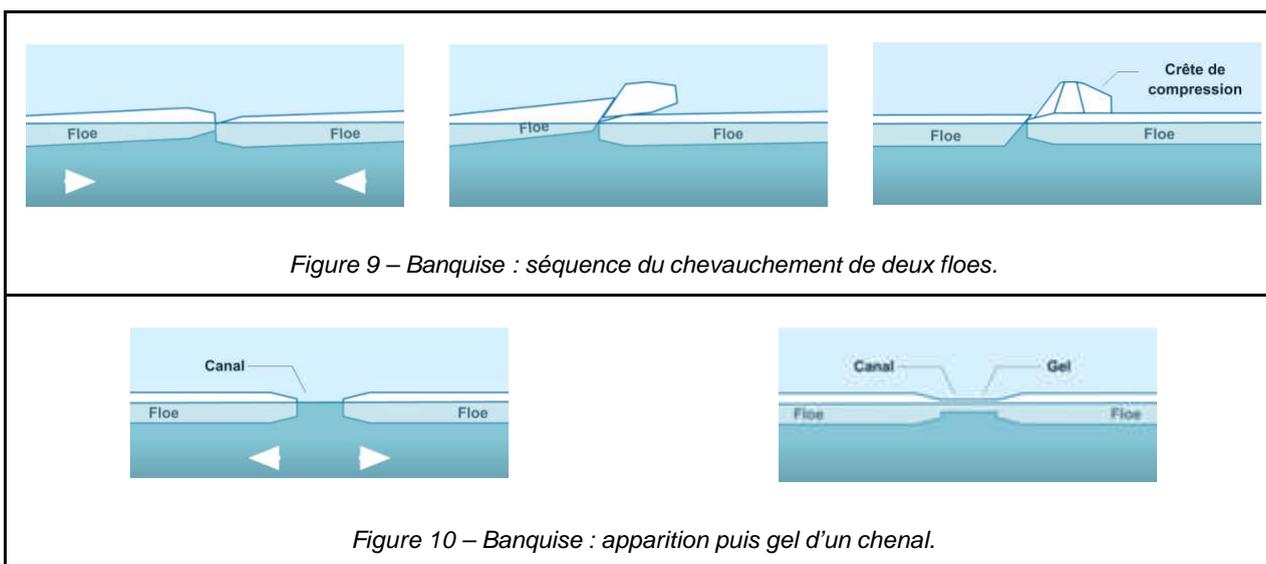
La banquise

La banquise, c'est la surface de l'océan qui a gelé ; elle est donc constituée d'eau salée.

Il existe deux types de banquise :

- Une banquise permanente, qui ne fond pas pendant l'été, constituée de glace de mer vieille de plusieurs années (épaisseur de 3 à 3,5 m). C'est celle qui existe au centre de l'océan Arctique.
- Une banquise qui se forme lors du refroidissement hivernal et s'ajoute à la première. Cette banquise saisonnière (épaisseur de 1 à 3 m) envahit tout le bassin arctique et tout le tour de l'Antarctique sur des centaines de kilomètres. Lorsque l'été revient, elle se disloque et disparaît.

La banquise est en fait un gigantesque puzzle de grandes plaques de glace (les « *floes* ») de tailles très irrégulières. Sous l'influence des courants marins et des vents, ces plaques sont constamment en mouvement les unes par rapport aux autres, provoquant la formation de crêtes de compression ou au contraire l'apparition de chenaux. La banquise est donc un paysage chaotique, hérissé de crêtes de compression localement hautes de 10 à 20 m (les « *hummocks* »), mais où on peut aussi trouver des zones plates plus ou moins grandes.



Réchauffement climatique, fonte des glaces et niveau des océans

Le réchauffement climatique actuel augmente la fonte des glaces. Est-ce que cela contribue à élever le niveau des océans ?

Selon le principe d'Archimède, les glaces qui flottent déplacent déjà un volume d'eau équivalent à celui de l'eau liquide qu'elles vont fournir en fondant. La banquise qui fond, ou un ice-shelf qui se disloque en icebergs, ne haussent donc pas directement le niveau des océans, puisqu'ils flottent déjà. Ces fontes n'ont-elles pas d'effet pour autant ?

En ce qui concerne la banquise, la réponse est claire ; un effet existe via la modification de l'albédo. En effet, lorsque la glace fond, sa surface blanche et hautement réfléchissante est remplacée par celle de la mer, beaucoup plus sombre. Cette différence de couleur augmente l'absorption de chaleur par les océans, ce qui va accélérer encore la fonte de la banquise, et ainsi de suite ; c'est l'exemple



parfait de « rétroaction positive ». Au passage, cette absorption accrue de chaleur va se traduire par une dilatation des océans, et participe donc bien à la montée des eaux.

Pour les ice-shelf, les scientifiques sont moins formels. Toutefois, il semblerait que l'effondrement récent de plusieurs plates-formes de glace en péninsule antarctique ait permis une accélération des glaciers qui les alimentaient, et donc un flux accru des glaces continentales « déversées » dans l'océan. Or ce sont bien ces glaces continentales (qui par définition ne flottent pas) dont la fonte alimente les océans (glaciers de montagnes, inlandsis).

Pour les calottes polaires, la situation reste peu claire : celle du Groenland pourrait commencer à fondre dans les années à venir (et le ferait déjà d'après certains chercheurs) ; celle de la péninsule Antarctique pourrait elle aussi être concernée dans les prochaines décennies, du fait qu'une partie repose sur un socle rocheux plus bas que le niveau de la mer et se trouve donc en contact avec les océans ; enfin la plus grande, celle d'Antarctique oriental ne serait pas concernée avant 200 ans.

Il convient toutefois de savoir que lors de la dernière période de l'histoire de la Terre sans présence de glace aux pôles (il y a 80 millions d'années), la température moyenne n'était que de 6°C plus élevée que maintenant. Or les prévisions établies pour 2100 par les Nations-Unies prévoient une hausse comprise entre 1,4 et 5,8°C. Si les calottes glaciaires polaires fondaient, le niveau des océans augmenterait de 70 m. Fort heureusement, la taille fabuleuse des calottes antarctiques leur confère une inertie qui rendra leur fonte très lente. Si elle se combinait à une diminution drastique des émissions de gaz à effet de serre, cette inertie pourrait permettre d'enrayer ce processus de fonte...



Notice didactique

Les élèves connaissent bien l'eau sous ses trois formes. Pourtant, ils n'utilisent le mot « eau » que pour sa forme liquide. La glace et la neige sont souvent perçues comme des matières à part entière. Le terme « vapeur » est, quant à lui, utilisé souvent à mauvais escient, même par les adultes. En effet, comme tous les gaz, la vapeur d'eau est invisible. Ce que nous voyons au-dessus d'une casserole d'eau qui bout n'est pas de la vapeur, mais de minuscules gouttes d'eau sous forme liquide. La vapeur d'eau est présente dans l'air tout autour de nous. En hiver, la condensation visible sur les fenêtres le prouve. Ces gouttes n'ont pas pu apparaître comme par magie, mais c'est l'humidité de l'air qui, au contact du froid, s'est transformée en eau liquide.

Les changements d'état font appel à des phénomènes complexes, qui ne sont réellement compréhensibles qu'à un niveau moléculaire, donc hors de portée des élèves de l'école primaire. Le passage d'un état à l'autre correspond à une modification de structure moléculaire relative à l'état d'excitation atomique, la chaleur. Pourtant, des expériences simples permettent de mettre en évidence certains comportements liés aux changements d'état et certaines propriétés des solides, des liquides et des gaz. Ce sont ces comportements et ces principes qu'il s'agit d'étudier à l'école primaire.

Le cycle de l'eau est souvent étudié de manière trop réductrice, sans tenir compte du facteur temps, de la dimension spatiale, des interactions entre l'hydrosphère et des autres compartiments de la Terre ou encore du rôle qu'il exerce sur nos modes de vie. Dans une approche systémique, on mettra l'accent sur des points peu étudiés mais essentiels :

- Certaines molécules d'eau s'évaporent avant de toucher le sol, alors que d'autres mettront 800 000 ans, le temps de résidence maximum dans la calotte antarctique, pour retrouver l'atmosphère ;
- Les déplacements des molécules d'eau sur la Terre sont très irréguliers – certaines parcourant plusieurs milliers de kilomètres ;
- L'eau se charge de particules, dissout certaines matières, participe à l'érosion, joue un rôle important dans les échanges thermiques et dans l'absorption du CO₂ ;
- L'eau est source de vie et est d'ailleurs le constituant principal de tous les êtres vivants. L'homme en a besoin et interagit au sein même du cycle de l'eau (déviation des cours d'eau, construction de barrages, amplification de l'évaporation par les industries, irrigation, ...).

Dans nos contrées, l'eau semble inépuisable. C'est ce que pensent encore beaucoup d'enfants, car ils n'ont pas conscience que l'eau que nous buvons est la même depuis des millions d'années.

Les mots désignant l'eau sous sa forme solide sont souvent confus : glacier, iceberg, calotte, banquise, ice-shelf. Il faudra porter une attention particulière aux particularités de chacun des termes. Est-ce de l'eau salée ? De l'eau douce ? Comment se forment les icebergs, la banquise ? Quelles sont leurs caractéristiques ?

Note : les auteurs de ce dossier pédagogique ont fait le choix de franciser des termes glaciologiques anglais communément utilisés dans la communauté scientifique internationale.



Objectifs

Etre capable de

- Mettre en place une démarche de type expérimental.
- Découvrir des phénomènes naturels.
- Se poser des questions, s'interroger.
- Isoler des variables.
- Utiliser des outils de mesure (thermomètres) et de représentations (diagrammes, graphiques).
- Traiter des informations.
- Utiliser les technologies de l'information et de la communication pour échanger des données et des observations.

Avoir compris et retenu que

- La même quantité d'eau existe depuis un milliard d'années sur Terre. Cette eau suit un cycle perpétuel.
- L'eau douce et potable est rare sur Terre.
- L'eau douce gèle à 0°C. L'eau salée gèle à une température inférieure à 0°C.
- La banquise, c'est la surface de l'océan qui a gelé ; elle est donc constituée d'eau salée. Sa surface est chaotique.
- Il existe d'immenses calottes de glace qui recouvrent des continents. Cette glace est constituée de neige tassée.
- Un glacier est une rivière gelée qui, par son poids, glisse sur une pente grâce à une fine pellicule d'eau présente à même le sol.
- Un iceberg est un bloc de glace qui se détache des ice-shelfs et qui flotte.
- Seule une faible partie du volume d'un iceberg est visible au-dessus de la surface de l'eau.
- La fonte des glaces flottantes ne fait pas monter le niveau des océans.

Proposition d'activités

Dossier « expériences en sciences de la Terre »

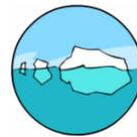
- Le cycle de l'eau
- Les propriétés de la glace
- Les icebergs
- Le mouvement des glaciers
- La gélifraction

Questions de recherche et pistes de travail

Pourquoi les icebergs flottent ?

Travail sur la flottaison des icebergs.

- Visionner en classe l'animation intitulée « Les icebergs » (à voir sur le site Educapoles : www.educapoles.org), puis initier une discussion sur ce que les enfants ont compris de l'origine et de la dynamique des icebergs.
- Un iceberg flotte, car sa densité est moindre que celle de l'eau. Fabriquer un gros cube de glace d'eau douce dans le congélateur, puis le faire flotter sur l'eau dans un grand bac transparent. Estimer la proportion du volume émergé. Mettre en évidence qu'un iceberg flotte et que seule une faible partie est visible à la surface de l'eau. Approcher la notion de densité en montrant que l'eau occupe plus de place quand elle est gelée, puisqu'elle fait éclater une bouteille en plastique dans le congélateur, alors que le poids lui n'a pas changé. Est-ce que le volume émergé peut varier ? Essayer d'agir sur l'iceberg pour modifier la proportion émergée : simuler le vieillissement de l'iceberg sous l'action de l'eau de mer en creusant le glaçon, en modifiant sa forme ; changer la densité de la glace en fabriquant un cube de glace d'eau salée (plus dense que la glace pure), en utilisant si c'est possible de la glace extérieure (moins dense que la glace pure).



Est-ce qu'on peut récupérer le sel contenu dans de l'eau salée (dans un océan)

- En habitant près d'un océan, il sera possible, par évaporation, de déterminer la quantité de sel dissout dans un litre d'eau. Y a-t-il 2 fois plus de sel dans 2 litres d'eau ? Comparer avec l'eau d'un lac, d'un étang. Pour les classes loin de l'océan, le maître peut préparer à l'avance une solution d'eau douce et de gros sel équivalente à de l'eau de mer (34 à 35 g/l). Cette salinité est aussi proche de celle du sang ou des larmes.
- Comment fabriquer un système qui permette de séparer l'eau douce du sel sans utiliser de casserole ? Mettre au point en classe un système, par exemple solaire.

Quand on habite une région sans eau douce, comment s'en procurer ?

- En Antarctique, il n'y a que quelques rivières en été en péninsule, et les lacs qui existent sous la calotte glaciaire sont inaccessibles. Comment font les hommes pour obtenir de l'eau douce ? Trouver en classe des techniques possibles : faire fondre de l'eau; utiliser une station de dessalement.
- Débattre en classe sur le fait que 1/3 de la population mondiale n'a pas accès à l'eau potable. Lister des raisons, des solutions. Est-ce que le dessalage de l'eau de mer est une solution viable ?
- Habiter loin d'une source d'eau douce implique des conséquences sur les modes de vie. Lesquelles ? Lister des conséquences. Quelles sont les populations sur Terre qui n'ont pas accès à de l'eau potable ? Construire une infographie.

Comment se forme la banquise ?

Savez-vous ce qu'est la banquise ? Lorsqu'on s'y promène, est-ce qu'on est sur la mer ou sur la terre ? Est-ce que la glace de mer est faite d'eau douce ou salée ?

- Visionner l'animation intitulée « La banquise » (www.educapoles.org). Mettre en place des expériences destinées à mieux comprendre ce phénomène (formation, résistance de la glace, mouvement des plaques, fonte, ...). Placer par exemple un grand bac transparent d'eau dans un congélateur et travailler sur la couche de glace qui va s'y former en surface.

Comment se déplace un glacier ?

Savez vous ce qu'est un glacier, peut-être certains en ont même déjà vu ? Savez vous comment ils fonctionnent ?

Travail sur les glaciers.

- Visionner en classe l'animation intitulée « Les glaciers polaires » (www.educapoles.org). Puis faire réaliser l'expérience du fil de fer qui traverse la glace (voir dans le dossier d'expériences l'expérience intitulée « Les propriétés de la glace »).
- Comparer diverses photos de glaciers. Trouver des points communs, des différences. Identifier les différentes parties.
- Trouver des cartes postales récentes et anciennes de glaciers, les comparer. Initier en classe une discussion sur le recul des glaciers et les conséquences du réchauffement climatique sur les glaciers, mais aussi plus généralement sur la planète et les hommes.

Est-ce que la fonte des glaces flottantes élève le niveau des océans ?

Il y a des glaces qui flottent sur l'eau (banquise, icebergs). Pensez vous que si elles fondent le niveau des océans va monter ?

- A l'aide d'un récipient d'eau et de glaçons, demander aux enfants d'imaginer une expérience permettant de voir si la fonte des glaces flottantes élève le niveau des mers.
- Faire rechercher en classe des informations sur la montée du niveau de la mer, causée pour l'instant principalement par la dilatation thermique des eaux océaniques et secondairement par la fonte des glaces continentales.
- Envisager avec la classe les conséquences sur la planète de l'élévation du niveau des océans causée par le réchauffement du climat (fonte des glaciers continentaux, dilatation des océans) : villages côtiers inondés, déplacement des populations, camps de réfugiés, plaines céréalières détruites, famines, maladies, économie ruinée, obligation de reconstruire avec de nouvelles techniques, pays riches mieux préparés que pays pauvres et donc accroissement des différences



nord-sud. Quelles solutions adopter pour enrayer la hausse du niveau des océans, pour s'en protéger ?

Quelle démarche-action entreprendre dans ma région ?

- Traquer les hydro-gaspillages. Estimer la quantité d'eau utilisée quotidiennement dans les toilettes de l'école. Y a-t-il un moyen pour économiser une partie de cette eau ?
- Organiser une « semaine du puits » : n'utiliser dans toute l'école et durant toute une semaine qu'un seul robinet (le puits), situé de préférence à l'extérieur du bâtiment. Comment s'organise alors la vie quotidienne ?
- Effectuer une recherche historique sur l'alimentation en eau potable des villes et des villages. Présenter cette recherche à d'autres classes.
- Rechercher comment économiser l'eau dans la région (industries, séparatifs pour les eaux usées et les eaux de pluie, récupérer l'eau de pluie pour arroser les jardins, ...).
- Inviter un glaciologue ou un hydrologue à venir présenter ses activités de recherche.

Exemple de séquence d'enseignement/apprentissage

Les propriétés de la glace

Objectifs

Etre capable de

- Mettre en place une démarche de type expérimental.
- Se poser des questions, s'interroger.
- Isoler des variables.
- Respecter un protocole d'expérience.
- Communiquer ses résultats.

Avoir expérimenté

- Des outils cognitifs de représentation (graphiques, tableaux, organigrammes, infographies, ...).
- Des instruments de mesure (thermomètre).

Avoir compris et retenu

- Quelques propriétés de la glace.
- La différence entre fusion et congélation.
- Les effets du sel sur le point de congélation.

1. Point de départ (15 min.)

Apporter en classe deux bouteilles identiques en plastique : une pleine d'eau liquide, l'autre fracturée contenant de l'eau gelée (bouteille remplie d'eau placée 24 h au congélateur). Discussion.

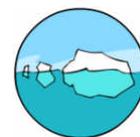
2. Récolte des représentations (45 min.)

Dans des revues, sélectionner une dizaine de photos montrant de l'eau sous sa forme solide (glacier, patinoire, glaçon dans un verre, neige, iceberg, ...). Demander aux élèves d'expliquer en quelques lignes la formation de la glace dans chaque situation.

3. Mise en place d'une méthode de recherche (15 min.)

Savoir commun à la classe et questions

Noter au tableau noir ce que les élèves savent sur la glace.
Faire ressortir des questions qu'ils se posent.



4. Etude des outils cognitifs de représentation - graphiques, tableaux, organigrammes, infographies - (plusieurs séquences de 45 min.)

Il est possible ici de se référer à certains moyens d'enseignements des mathématiques qui permettent de travailler ces compétences transversales importantes pour les sciences.

5. Expérience 1 : congélation et fusion (90 min.)

Proposer aux élèves 3 expériences (travail de groupe et par atelier) pour aborder la fusion et la congélation.

- Fournir des récipients identiques, chacun contenant la même quantité d'une eau différente : eau distillée, eau du robinet, eau plus ou moins salée, eau plus ou moins sucrée, ... Les placer au congélateur et mesurer à quelle température l'eau gèle dans chaque récipient. Créer un tableau. La solidification ou le gel de l'eau douce distillée se fait à 0°C. Le gel de l'eau salée ou sucrée (solutions) se fait à une température inférieure à 0°C, d'autant plus basse que la solution est concentrée.
- L'eau en gelant se dilate mais son poids ne varie pas. Verser de l'eau douce dans un récipient, le remplir à moitié. Faire une marque pour visualiser le niveau de l'eau et peser l'ensemble. Placer le récipient 24h dans un congélateur, puis observer que le volume a augmenté alors que le poids n'a pas varié.
- Poser un saladier de glace pilée sur un radiateur. Installer un thermomètre dans la glace et mesurer la température toutes les minutes. Réaliser un graphique. Mettre en évidence que la température augmente jusqu'à 0°C, c'est la température de fusion de la glace. Puis elle reste constante pendant la fusion, tant que de l'eau et de la glace co-existent : la fusion de la glace nécessite de l'énergie (prise à la source de chaleur et à l'air ambiant), qui n'est donc plus disponible pour augmenter la température de l'eau. Lorsque la glace est fondue, la température recommence à croître.

6. Expérience 2 (90 min.)

Les enfants doivent identifier les paramètres qui peuvent influencer sur la fusion d'un glaçon, en faisant varier un paramètre après l'autre.

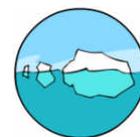
Comment faire fondre la glace ? Comment accélérer cette fonte ? Comment ralentir la fonte ? Les élèves doivent répondre à ces trois questions. Faire à chaque fois des courbes de l'évolution de la température en fonction du temps.

- Comment faire fondre un glaçon ? Il faut apporter de la chaleur au glaçon pour qu'il fonde. Mesurer le temps de fusion pour un glaçon dans divers cas : à l'ombre, au soleil, au soleil sur un carton noir, plongé dans l'eau froide, plongé dans l'eau chaude, dans le souffle chaud d'un sèche-cheveux, dans un micro-onde ... Demander aux enfants d'expliquer pourquoi il existe des différences entre les temps de fusion.
- Comment accélérer la fonte d'un glaçon ? Par exemple en concassant le glaçon pour augmenter la surface de transfert de la chaleur, ou en le saupoudrant de sel.
- Comment conserver un cube de glace ? Envelopper un glaçon de divers matériaux plus ou moins bons conducteurs de la chaleur. Le placer dans un récipient rempli de divers matériaux isolants ... ajouter une couche qui réfléchit la lumière.

7. Expérience 3 (90 min.)

Quelle est l'action du sel sur la glace ? Pourquoi fait-on fondre le verglas l'hiver sur les routes avec du sel ? Mettre en évidence l'action du sel sur le point de congélation de l'eau en proposant à la classe deux expériences :

- Une première expérience simple : deux glaçons sur du papier noir, l'un salé, l'autre non (le papier noir absorbe la lumière et la restitue en chaleur aux glaçons). Le glaçon salé va fondre plus vite, car son point de congélation est inférieur à 0°C. On peut aussi utiliser deux glaçons d'eau douce et mettre du sel sur l'un des deux.



- Une deuxième expérience plus ambitieuse : placer un verre d'eau dans un saladier, entourer le verre d'un mélange de 1/5 de gros sel et 4/5 de glace pilée, recouvrir d'un linge. L'eau dans le verre va geler. En effet, le sel abaisse le point de fusion de la glace, qui fond plus rapidement que de la glace sans sel. Pour fondre, la glace puise de la chaleur dans l'air ambiant dont la température baisse jusqu'à une valeur égale au nouveau point de fusion (jusqu'à -10°C ou -15°C), ce qui gèle l'eau dans le verre. Mesurer la température dans la glace pilée. Faire en parallèle la même expérience avec de la glace sans sel.

8. Evaluation - bilan (90 min.)

Réaliser un poster scientifique sur l'une ou l'autre des expériences.

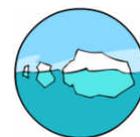
Ressources

Sites WEB

- <http://www.educapoles.org> : Educapoles, le site éducatif de la Fondation Polaire Internationale propose des activités pédagogiques sur les régions polaires et le réchauffement climatique.
- <http://www.inrp.fr/lamap> : La main à la pâte est un réseau éducatif visant à promouvoir l'enseignement des sciences à l'école primaire.
- <http://www.wasser2003bildung.ch> : Site portail de l'année internationale de l'eau (Suisse).
- <http://www.unesco.org> : Portail «eau» de l'Unesco. Outre de nombreuses informations, on peut relever quelques outils utiles pour l'enseignant : le glossaire international d'hydrologie en plusieurs langues, une photothèque dans laquelle on peut sélectionner des photos sur l'eau, par pays, ...
- <http://www.wateryear2003.org> : Site officiel de l'ONU pour l'Année internationale de l'eau douce – 2003. Site qui apparaît en anglais mais on peut sélectionner le français ou l'espagnol. Un «coin éducation» avec des documents intéressants et ludiques dont la plupart sont pour l'instant en anglais.
- <http://www.pseau.org> : Site du programme « Solidarité Eau » dont l'objectif est de faciliter les échanges Nord/Sud sur la thématique de l'eau. Base de données documentaires très fournie sur l'eau avec fiche descriptive pour chaque matériel. Documents pédagogiques à télécharger .
- <http://www.h2o.net> : Site d'information sur l'eau. Actualité, gestion de l'eau dans le monde, infrastructures, santé, quotidien.
- <http://www.kids-for-the-alps.net/f/start.asp> : La campagne du WWF destinée à sensibiliser les élèves à l'importance des économies d'eau.
- <http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/eau> : Dossier sur l'eau du ministère français de l'environnement.
- <http://www.ifremer.fr/ifrtp> : L'Institut polaire français Paul Emile Victor est une agence de moyens pour la recherche polaire au service des laboratoires nationaux rattachés à des structures dont la vocation est la recherche scientifique : université, CNRS, CEA, INRA...
- <http://www.antarctica.ac.uk> : Le British Antarctic Survey est un institut destiné à développer la recherche scientifique en Antarctique.

Bibliographie

- A la découverte des pôles, Jean-Dominique Porée, Flammarion, Paris, 2003.
- Les milieux polaires, Alain Godard et Marie-Françoise André, Armand Colin, Paris, 1999.
- L'Antarctique, Claude Lorius et Roger Gendrin, Dominos, Flammarion, 1996.
- Problèmes de sciences et de technologie pour le préscolaire et le primaire, Marcel Thouin, Editions Multimondes, Québec, 1999.
- Guide pédagogique, Sciences et technologie, Jack Guichard et Brigitte Zana, Les savoirs de l'école, Hachette Education, Paris.



Moyens d'enseignement

- **Guide pédagogique - Sciences et technologie - Les savoirs de l'école**, Jack Guichard et Brigitte Zana, collection dirigée par Jean Hébrard, Hachette Education, Paris 2002, **pp. 8 à 22 et 72 à 74.**
- **Livre de l'élève - Sciences et technologie - Les savoirs de l'école**, Jack Guichard et Brigitte Zana, collection dirigée par Jean Hébrard, Hachette Education, Paris 2002, **pp. 6 à 15 et 44 à 47.**
- **Cahier d'expériences CE2 - Sciences et technologie - Les savoirs de l'école**, Jack Guichard et Brigitte Zana, collection dirigée par Jean Hébrard, Hachette Education, Paris 2002, **pp. 4 à 15 et 30 à 32.**
- **Cahier d'expériences CM1 - Sciences et technologie - Les savoirs de l'école**, Jack Guichard et Brigitte Zana, collection dirigée par Jean Hébrard, Hachette Education, Paris 2002, **pp. 4 à 12.**
- **Cahier d'expériences CM2 - Sciences et technologie - Les savoirs de l'école**, Jack Guichard et Brigitte Zana, collection dirigée par Jean Hébrard, Hachette Education, Paris 2002, **pp. 9 à 13.**
- **Problèmes de sciences et de technologie pour le préscolaire et le primaire**, Marcel Thouin, Editions Multimondes, Sainte-Foy 1999.
- **L'eau**, Secteur de l'environnement du canton de Genève, Genève, 2001.
- **Air-eau-bruit**, Secteur de l'environnement du canton de Genève, Genève, 2000.
- **Les végétaux**, Secteur de l'environnement du canton de Genève, Genève, 2000.
- **Les envahisseurs**, Secteur de l'environnement du canton de Genève, Genève, 1993.