Module 3 : les glaces de l'Arctique à l'épreuve du climat

La démarche d'investigation : étudier la formation et la dynamique de la calotte polaire

Les incidences du réchauffement climatique dans la zone glaciaire et périglaciaire

Le « Southern Star », voilier polaire au Groenland

Documents de base

Ils comprennent des informations, des photographies, des graphiques et des expertises accessibles et illustrées sur **la fonte des glaces au Groenland**.

-Atlas topographique et guide du Groenland (ou du Grand Nord)

-Articles de revues scientifiques (La Recherche, Nature et Science)

-Images SPOT des glaciers groenlandais, clichés de l'IRD et de Nick Cobbing

-Visuels disponibles sur le carnet de bord d'Olivier Pitras (étapes 2,3 et 4)

-Animations et dossiers pédagogiques du site éducatif de la Fondation Polaire Internationale

-Encyclopédie polaire de Jean-Louis Etienne « Total Pole Airship »(fiches thématiques)

-Site du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (Institut Simon Laplace)

-Site du Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement de Grenoble

-« Les glaciers à l'épreuve du climat », B-Francou et C-Vincent, Belin, édition 05-2007

-« Mondes polaires », DVD , Arte vidéo-Géo, le dessous des cartes

Maîtriser les mots-clés

Glacier côtier, subpolaire, glaciologie, cycle de l'eau, émissaire, permafrost, iceberg, périglaciaire, growlers, fjord, inlandsis, moulins, baie, iceberg tabulaire, dérive, moraine, bilan hydrique, ablation, érosion, vêlage, embouchure maritime, modélisation, rétroaction, banquise, archipel, exutoire.

Niveau : 6ème, 5ème, Seconde (géographie et SVT)

Parties des programmes : **les milieux désertiques froids, les caractéristiques de l'environnement polaire, la gestion et la protection des milieux fragiles, le risque climatique, la planète Terre et son environnement, l'évolution des paysages, l'occupation des milieux de vie, l'étude de la période glaciaire (SVT-lycée).**

Compétences : **étudier le modelé et la fonte glaciaires** à partir des données de l'expédition et des derniers rapports des scientifiques , et **réaliser une paramétrisation** simple **de la dynamique de l'inlandsis groenlandais et des icebergs de la baie de Disko.**

Montrer comment l'observation, l'analyse et la représentation des phénomènes glaciaires utilisés pour proposer des hypothèses concernant la contribution de la fonte de la calotte polaire à la variation du niveau moyen des océans (*cf module2*).

Mener une démarche d'investigation pour expliquer la fonte accélérée de l'inlandsis groenlandais en prenant appui sur les observations et les expertises d'Olivier Pitras.

Situer l'étude de la fonte des glaces de l'Arctique **dans le contexte du changement climatique** et préciser ses caractéristiques générales.

Présenter les outils et les actions mises en œuvre pour surveiller le niveau des glaces et l'évolution de la calotte et de ses bordures côtières.

On pourra approfondir tous ces aspects avec **l'étude du recul du glacier d'Ilulissat**, dans la deuxième partie de l'étude, **en lien avec l'escale d'Olivier Pitras sur la côte ouest du Groenland**.

La recherche et l'exploitation pédagogiques doivent être mises en relation avec une démarche explicative ; une coordination entre les enseignants d'histoire-géographie et des disciplines scientifiques peut être développée à ce sujet.

L'étude géographique du Groenland doit s'appuyer sur des **cartes thématiques**, pour repérer les **différenciations** entre les **espaces.**

Une **étude régionale** permet de mieux identifier les caractéristiques générales de la **côte ouest de l'île**, longée par Olivier Pitras jusqu'à **Ilulissat.**

C'est en choisissant des routes maritimes à des distances plus ou moins grandes de la côte (cf carnet de bord des 3 premières étapes), que le navigateur trouve des vents et des courants favorables pour arriver sur la côte ouest du Groenland.
Il suit pour cela la route intérieure des fjords et fait escale dans des baies abritées (ex :Qasigiannguit), en slalomant au milieu des icebergs, des growlers et des ilôts rocheux rabotés par les glaciers…

I°) A la découverte de l'île de glace

1) La géographie d'une région arctique

Etude cartographique à partir d'une **carte de présentation du Groenland** et du **trajet d'Olivier Pitras.**

Les caractéristiques révélatrices de la topographie , du climat et des formes glaciaires et de l'activité économique de l'île.

Les données générales

-Quels sont les points qui permettent de **positionner le Groenland** dans **l'espace arctique** ? Quels **indices** de cette **appartenance nordique** sont distincts sur son **drapeau** ?

-Au nord de quel **parallèle** est située la majorité du territoire ?

-Quelles sont les **deux extrémités** de l'île ? Quel est son **étirement en latitude** ?

-La **latitude** et la **circulation marine** permettent-elles de **nuancer la rigueur arctique** ?

-Quel **processus** domine dans cette région froide ?

-Dans quelle partie de l'île les **conditions climatiques** sont-elles les plus **favorables** ?

-Quel est le milieu le plus **aride** ? (préciser que les régions recouvertes de glaciers et de banquise sont des **climats secs**, car la glace émet beaucoup moins de vapeur d'eau que l'eau, dans une atmosphère à basse température)

-Au nord de quel parallèle est confinée la **banquise permanente** ?

-A combien de kilomètres l'extrémité nord du Groenland se trouve t-elle éloignée du **Pôle** ?

-Est-ce la terre **la plus septentrionale du monde** ?

-Sur quel **continent** se trouve le Groenland ? A quel **pays** est-il « rattaché » ?

-Quels sont les **pays** et les **mers voisins** du Groenland ?

-Quels sont les **détroits** qui séparent le Groenland de l'**Islande** et du **Canada** ?

(*l'expédition les emprunte tous les deux*)

-Pourquoi ce territoire fait-il partie de la **sphère économique de l'Europe** ?

- Quelle est la **superficie** de cette île ?

Combien de fois représente t-elle la **France**, **l'Europe de l'Ouest** ?

-Comment s'appelle l'immense **calotte glaciaire** qui la recouvre ? **Que signifie ce mot** ?

-Est-ce **la plus grande du monde ?**

-Combien de **superficie** couvre t-elle? A quoi correspond **la partie habitable** de l'île ?

-Où se trouvent les **villes** et les **villages Inuit** ?

-Est-ce que la calotte est située dans un territoire habité ?

-Dans **quelle partie du territoire** la couche de glace est-elle la plus épaisse ? **Pourquoi ?**

(*utiliser une coupe topographique pour situer le dôme et les dépressions périphériques*)

-L'**agriculture** est-elle possible dans de telles conditions ? Où se situent les espaces « *utiles* » ?

-Les **glaciers** arrivent-ils jusqu'à la mer ?

-Où se localisent les **principaux reliefs** de l'île ? Sont-ils une **contrainte** pour le climat, l'écoulement des fleuves glaciaires de l'ouest et le peuplement ?

-Quelle est la largeur de la **frange côtière** ? Quelle est celle qui est **la plus habitée** ?

-Pourquoi les **côtes** sont-elles aussi **découpées** ?

-Quelle est la **principale caractéristique** du littoral du Groenland ?

Synthèse

*Les contraintes topographiques et la rigueur du milieu climatique permettent--elle quelques opportunités pour la **mise en valeur du littoral groenlandais** ?*

Production cartographique : un *croquis-idée du Groenland*

Les élèves doivent construire un **croquis de synthèse du Groenland**, à partir des **principes d'organisation de l'espace (centre-périphérie) répondant aux caractéristiques données précédemment.**

Cette application permet de développer des capacités de sélection, étape importante dans la progression méthodologique pour aborder les principes de l'organisation d'un espace au collège et au lycée ; l'élève doit **mettre en valeur l'information** relevée dans le journal de bord d'Olivier Pitras et dans le dossier documentaire. Il utilise un **fond de carte vierge ou géométrisé** (*MSN Encarta ou Quid.fr*), ce qui favorise le travail de **conceptualisation** demandé.

La séquence se termine par **l'élaboration d'une fiche simple** récapitulant ce qu'il est nécessaire de **connaître pour comprendre** la géographie du Groenland et les facteurs qui permettent de comprendre la mise en valeur, en distinguant ce qui relève des **atouts** et des **contraintes du milieu naturel.**

On peut utiliser les visuels des premières étapes de l'expédition d'Olivier Pitras et les situer sur la carte. Ils permettent de mieux comprendre l'organisation des paysages et les indices d'extension et d'évolution, notamment ceux qui témoignent de la fragilité du milieu glaciaire dans le cadre du changement climatique au Groenland.

Leur interprétation nécessite l'utilisation de documents complémentaires au CDI ou sur internet, pour l'observation, la recherche, la formalisation et l'analyse.

Les principaux axes de l'organisation de l'espace du Groenland et le trajet d'Olivier Pitras sur la côte ouest (Nuuk-Ilulissat)

Il faut **dégager les informations** contenues dans le **questionnaire** et le **dossier documentaire**.

Repérer et opposer les ensembles spatiaux homogènes, préciser leur **extension**, leur **localisation** et leurs **caractères** (*relief, climat*…).Quelles sont les **contraintes pour l'installation des hommes** ?

2) La côte occidentale du Groenland

L'expédition d'Olivier Pitras conduit dans des lieux emblématiques du Groenland : la baie de Disko, glacier Jakobshavn, Ilulissat, Kangerlussuaq, Qqertarsuaq, Ummannaq sur la côte ouest de l'ile.

Le navigateur a plusieurs fois l'occasion de contempler les plus gros icebergs de l'hémisphère nord et fait escale dans des villages et des villes où il rencontre les peuples les plus septentrionaux de la planète. Il aborde la remontée vers le nord le 14 juin.

« *Nous venons juste de franchir la bande de banquise qui s'étire entre le large et la côte. Nous naviguons désormais en eaux libres. Pendant notre passage de la banquise, le vent chasse les nuages, la brume se déchire et les sommets apparaissent dans l'est. Notre arrivée au Groenland s'effectue à Qertarsuatsiiat : il nous offre une approche de toute beauté » (14/07/2008)*

Les caractéristiques générales de l'espace côtier

La présence de glace, descendant du nord par le courant polaire et la fonte des glaciers côtiers constituent des éléments essentiels de l'expédition « Around North America ».

-Quelle **description** Olivier Pitras fait-il des **paysages côtiers** du Groenland ?

-Quelle **impression** dégagent-ils ? Quelles sont les **deux couleurs** qu'il utilise le plus pour caractériser la **glace** et les **paysages** de la **bordure méridionale et occidentale** ?

-La zone littorale est-elle **déglacée**, facile d'accès ?

-La mer est-elle recouverte par une croûte de glace ?

-La surface de l'océan est-elle **froide** de ce côté de l'île ? Qu'indiquent les **relevés** ?

-Combien de mois est-elle **prise par les glaces** ? Pourquoi sont-elles ici **moins denses** que vers le nord ?

-Pourquoi l'accès de la côte ouest par la mer est-il plus compliqué **pendant les mois de printemps et d'été ?**

-Les **zones de glace** sont-elles hydrographiées ?

-Que disent les écrans météo et de navigation ? Quelles sont les **instructions nautiques** à suivre pour naviguer en toute sécurité à l'approche des **côtes** ?

-Sans les **icebergs,** pourrait-on se croire près de la côte norvégienne ? Pourquoi ?

-Quel **courant océanique** Olivier utilise t-il pour remonter jusqu'à Ilulissat ? Est-il froid ou chaud ?

-Qu'est -ce qui montre que cette côte est moins froide et plus humide que l'intérieur des terres ?

-Par quoi la frange littorale est-elle **dominée** ?

-**D'où** se détachent les icebergs qui flottent à la dérive et sont entraînés au large par les courants ?

-Qu'est-ce que la **dérive arctique** ? Quelle est la « *voie des glaces* » ?

-Combien de temps la glace flottante peut-elle « *tourner* » dans la **boucle arctique** ?

-Quel est le rôle du **courant du Labrador** ?

-Quelles sont les autres traces des **morceaux de glace** qui se jettent dans la mer ?

-Sont-ils détectables par radar ? Que **craint** le plus le navigateur ? Distingue t-il tous les **détails de la glace** sur son trajet ?

-Que doit-il faire pour suivre la **voie maritime intérieure des fjords** ?

-Qu'est-ce qu'un **fjord** ?

-Quelle est la **baie** traversée par l'expédition où de grands glaciers côtiers engendrent les **plus gros icebergs de l'hémisphère nord** ? *(en 1912 , c'est l'un d'eux qui heurta le Titanic*)

-Pourquoi les icebergs s'échouent-ils sur les **moraines** des hauts fjords ? Quel est le **risque** ?

-Pourquoi Olivier Pitras redoute t-il les **vêlages** et les **retournements d'icebergs** dans les baies ?

-Ces glaciers côtiers sont-ils **en contact avec l'inlandsis** ?

-Qu'est-ce qui permet de constater une **forte accélération de l'écoulement des glaces** dans cette région littorale ?

-Quels sont les **aléas glaciaires** qui sont le résultat direct de la **mobilité spécifique de la glace ?**

-De quoi dépend la **nature** de la glace ? Quelles sont les implications du réchauffement dans l'**évolution** et le **déplacement des zones de glace** dans cette région du Groenland ?

Synthèse
Quels enseignements peut-on tirer des observations de terrain sur la dynamique et l'évolution des glaciers côtiers et de l'inlandsis groenlandais ?

L'observation et la récolte de données comme source d'information.

L'élève doit compléter le tableau de synthèse en **sélectionnant** et en **ordonnant** les informations du **journal de bord d'Olivier Pitras** (*du 14 juin au 29 juillet*). Il doit ensuite rédiger un **petit paragraphe** en **réutilisant les mots-clés de la leçon** sur la question posée dans la **problématique**.

Exemple analysé à partir d'un extrait du carnet de bord

12 juillet 2008 (heure de bord = TU - 2)
Ilulissat, 23h00 heure locale

Les premiers icebergs sont juste devant le village. A la sortie du fjord, une moraine frontale à 260 mètres de fond retient les plus gros morceaux. Sous l'effet de la pression de ceux qui sont dérrière et qui poussent, ils sont expulsés vers l'extérieur et partent à la dérive en baie de Disko.
Le front du glacier est quant à lui à plusieurs kilomètres en amont.
Temps gris cet après midi, de toute manière nous sommes cloués à bord en attendant de trouver une place où l'on puisse rester plus de quelques heures. Le port est tellement petit par rapport au traffic qu'il faut en permanence tourner pour laisser la place au cargo, à la barge de sable, aux chalutiers...

Kangerlua Fjord, Ilulissat, Groenland
(Cliquez pour agrandir)

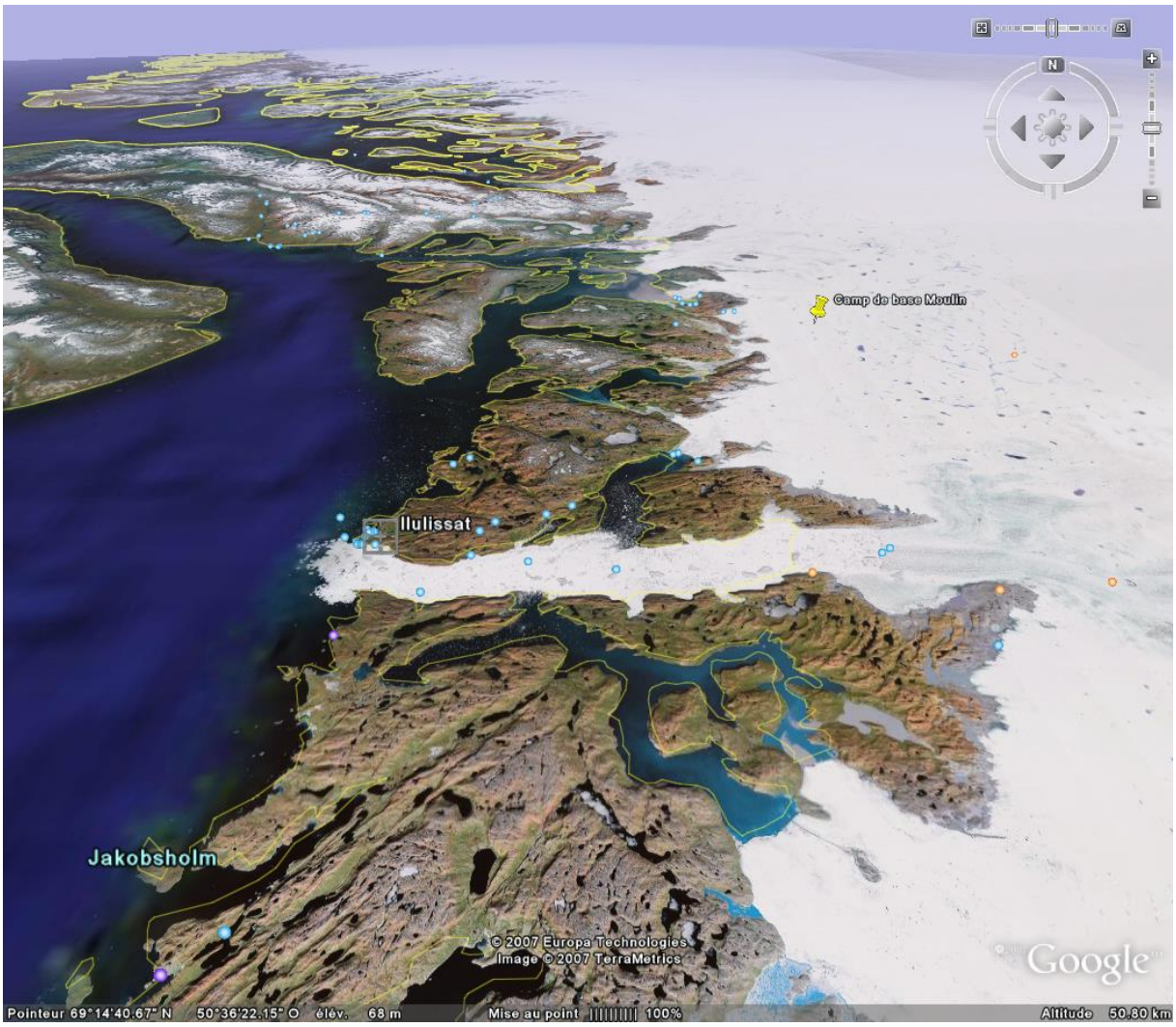
Journée d'étape	Observations	Données	Information
12/ 07/2008 Ilulissat	**Icebergs-Fjord-Moraine frontale-Dérive-Baie de Disko-Front du glacier-Amont** *Olivier Pitras constate l'accélération de l'écoulement de la calotte polaire durant l'été et un glissement plus prononcé des glaciers côtiers dans la mer. Les aléas glaciaires sont visibles sur leur bordure (front large).*	*Les énormes **fronts** de glaciers de la **calotte** atteignent la mer et se fragmentent en **icebergs** , qui s'échouent à la sortie du **fjord**.* *Certains sont si gros qu'ils y restent bloqués, pouvant l'encombrer plusieurs années.* *Le **glacier d'Ilulissat** est un observatoire privilégié pour étudier la **coulée des glaces** et l'**érosion inférieure de l'inlandsis.***	La **fonte des glaces du Groenland** s'accélère et les **glaciers reculent** de plus en plus vite. **De plus en plus d'icebergs** sont déversés dans le fjord d'Ilulissat et la **baie de Disko**, embouchures maritimes du Jakobshavn Isbrae, l'un des rares **glaciers de l'inlandsis** groenlandais à atteindre la mer.

II°) Les glaciers groenlandais, marqueurs du changement climatique

Du fait des **enjeux** liés à leur **récession** mais également parce qu'ils constituent des **indicateurs précieux** pour évaluer les changements climatiques, **l'inlandsis et les glaciers côtiers groenlandais** sont au coeur des grands **programmes scientifiques** sur le réchauffement de la planète ; au Groenland, la **recherche climatique** s'est amorcée depuis le début des années 90.La calotte polaire est particulièrement **vulnérable** à l'élévation locale des températures. Ce réchauffement s'accompagne d'un **déficit de précipitations en hiver par rapport à la fonte de la nappe glaciaire en été**.

Ce serait environ 80 km3 de glace que perdrait le territoire danois chaque année, pour un volume total estimé à 3 millions de km3. Si la calotte venait à perdre 20% de son volume actuel, le processus ne serait alors plus réversible…

*- un fait d'actualité comme **angle d'entrée dans la séquence**, en lien avec l'étude locale du **glacier Jakobshavn** (Ilulissat en danois) et **l'escale d'Olivier Pitras**.*



*Sur la côte ouest du Groenland, Jakobshavn est un des rares **glaciers de l'inlandsis** groenlandais à **atteindre la mer**, et celui qui fournit le plus d'**icebergs** dans l'Atlantique nord. Il **avance** et **fond** à vue d'œil. C'est l'un des plus étudiés par les scientifiques*

1) La glace prend l'eau

LIBERATION
VENDREDI 17 FÉVRIER 2006

Climat. La calotte glaciaire du Groenland réagit au réchauffement de la planète en accélérant ses mouvements vers l'océan.

Les glaciers foncent vers la mer

La calotte groenlandaise gagne de la masse grâce à la neige qui tombe sur elle... mais en perd par ses bords où des fleuves de glace se déversent dans l'océan. Dans un climat réchauffé, quel processus va dominer l'autre? Cette énorme masse de glace, haute de 3 km, s'étend sur une surface de 1,7 million de km². Sa disparition hisserait le niveau marin de 6 mètres... bouleversant la vie de centaines de millions d'hommes. Jusqu'à présent, les glaciologues avaient tendance à miser sur les précipitations. Et à repousser loin – mille ans au moins – la disparition de la calotte groenlandaise. Aujourd'hui, dans *Science*, un article trouble cette vision rassurante et met en question les prévisions du niveau océanique à l'échelle du siècle.

Estimer. Eric Rignot, jeune chercheur formé à l'Ecole centrale de Paris, poursuit une brillante carrière d'analyste de données satellitaires en interférométrie radar des calottes antarctique et groenlandaise à la Nasa. Avec Pannir Kanagaratnam, il s'est penché sur les données du satellite Radarsat-1 canadien en 2000 et 2005 ainsi que sur celles d'ERS-1, ERS-2 et Envisat, trois satellites radars européens, en 1996 et 2004. Toutes données confrontées à des études complexes de dynamique des glaciers pour réaliser la première étude tenant compte des changements récents de la vitesse de déplacement des glaciers pour estimer la masse perdue chaque année. Bilan: ça glisse sur les bords, surtout dans le sud-est du Groenland, et de plus en plus vite.

Ainsi, le glacier Kangerdlugssuaq, stable en vitesse de 1966 à 1996, accélère de 210 % entre 2000 et 2005. Les changements les plus importants se déroulent dans le sud-est. Les 21 plus grands glaciers y ont accéléré de 57 % entre 1996 et 2005.

A l'échelle du Groenland, la perte de glace totale était de 91 km³ par an en 1996, 138 km³ en 2000 mais 224 km³ l'an dernier, ont-ils calculé.

Pour les deux auteurs, cette accélération doit être mise en relation avec la hausse récente des températures – plus 3°C à Angmassalik (65,6°N, 37,6° Est) entre 1981-1983 et 2003-2005 – qui favorise la fusion à la surface. De l'eau peut alors se glisser jusqu'à l'interface entre le roc et la calotte, via des crevasses, et la lubrifier, un peu comme l'huile d'un moteur. Surtout, cette dynamique semble véritablement liée au réchauffement des deux dernières décennies. *«Une comparaison de données récentes avec d'autres obtenues en 1957-1958 suggère que les changements observés à l'heure actuelle sont sans précédent sur les derniers cinquante ans»*, explique Eric Rignot. Ce dernier a d'ailleurs publié en 2004 dans *Geophysical Research* une étude montrant une accélération de grande ampleur des glaciers de la péninsule Antarctique.

A l'échelle du Groenland, la perte de glace totale était de 91 km³ par an en 1996, 138 km³ en 2000 mais 224 km³ l'an dernier.

«Ce genre d'observation, avertit Rignot, *remet en question les prédictions du niveau marin à un siècle. Elles pourraient se révéler deux ou trois fois trop faibles si on se base sur les tendances actuelles.»* Jusqu'à présent, les océanographes considéraient que l'essentiel de la hausse du niveau marin allait dépendre de la dilatation thermique de l'océan de surface. En fonction des différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre et de prévisions de température, ils envisagent une hausse allant de 10 à 90 cm d'ici à 2100. A l'inverse, pour le glaciologue, *«le comportement des glaciers qui se déversent dans la mer est le plus important pour comprendre comment la calotte va évoluer dans un climat qui se réchauffe»*. Les modèles utilisés pour prédire la perte de glace et la contribution au niveau marin *«sont inadéquats, car ils ne tiennent pas compte des changements dans la vitesse des glaciers du bord qui glissent vers la mer»*, explique-t-il. Si construire ou faire fondre une calotte glaciaire prend des millénaires, les glaciers en mouvement peuvent réagir plus vite au changement de température. Mais, concède-t-il *«rien de tout cela n'est linéaire, il reste donc difficile de prédire sur le long terme»*.

Forages. L'avertissement lancé par cet article peut également s'appuyer sur les études réalisées à l'occasion des forages à travers toute l'épaisseur de la calotte. Elles ont montré, rappelle Jean Jouzel, directeur de l'institut Simon-Laplace, qu'*«il y a 120 000 ans, lors de la période chaude qui a précédé la dernière ère glaciaire, la calotte polaire groenlandaise était à la même altitude que maintenant en son centre alors que le niveau des océans était nettement plus élevé, suggérant que son volume avait diminué des deux tiers. Eclaircir cette énigme pourrait aider à anticiper le futur»*. ◆

SYLVESTRE HUET

(1) Eric Rignot et Pannir Kanagaratnam, *Science* du 17 février 2005.

En prenant appui sur ce document et sur les observations réalisées dans la **baie de Disko** et sur le **front du glacier principal de l'Icefjord** par Olivier Pitras, les élèves sont amenés à **faire le lien entre l'appréhension globale de l'environnement polaire et l'observation active menant à la compréhension des phénomènes dynamiques caractéristiques de la fonte glaciaire.**

Partir d'un tableau pour relever les informations principales de l'article de presse

	Extrait du texte	*Notions*
Quel domaine géographique ?		
Quelles idées générales ?		
Quelle argumentation ?		
Quel champ lexical ?		
Ce qui est en train de changer		
Le risque et la catastrophe		

On peut utiliser le documentaire scientifique sur l'étude du réchauffement global aux pôles,« *le réchauffement du climat : l'histoire par les glaces* » (Arte-vidéo / Géo-LEPAC, 2003) pour préciser la **période climatique** dans laquelle s'inscrit le **processus** à analyser. Cela aide à définir le **contexte** de l'étude et la situation actuelle des glaciers au Groenland. Les questions fournissent le **canevas du commentaire**. Elles supposent également un **regard critique** et l'utilisation d'un **vocabulaire spécifique**.

Bien noter l'intérêt de la **mission d'Olivier Pitras** et prendre appui sur les photos prises à Ilulissat et les observations de terrain pour **apprécier** et **évaluer** la portée des **investigations scientifiques**.

Conclure le commentaire en mettant en relation les informations relevées dans le document, le carnet de bord et les connaissances.

-Quel est le **contexte géographique et climatique** du Groenland ?

-Dans **quels secteurs** la fonte de la calotte est-elle la plus marquée ?

-Quels sont les **aléas** qui confirment le **recul des glaciers** ?

-A quoi **contribue** la fonte des glaces dans cette zone polaire ?

-Quels sont les **faits majeurs** qui indiquent que **la calotte souffre du réchauffement** ?

-Comment les **experts** précisent-ils la dimension du **risque** et de la **catastrophe** ?

-Quelles sont les nouvelles **probabilités** ?

-La **rémission des glaces** est-elle **provisoire** ou **définitive** ?

-Les scientifiques sont-ils **certains** de la **mesure** dans laquelle elles vont **se modifier** ?

Synthèse

La contribution de la **fonte des glaciers groenlandais** est-elle un **indicateur fiable** dans les **modèles de prédiction climatique ? Que disent les spécialistes ?**

Quels sont les points de l'étude réalisée par Olivier Pitras qui vérifient leurs hypothèses ?

Quelles sont les étapes de sa démarche expérimentale ?

Quelles sont ses interrogations en situation d'observation ?

Quels sont les paramètres identifiés ?

Relève t-il des **éléments contradictoires** ? Quelle est sa **démarche explicative** ?

Les données rapportées par le navigateur sont-elles **représentatives** ? (*étude très localisée dans le temps et dans l'espace)*

Olivier Pitras a réalisé quelques prélèvements sur le front élargi du glacier d'Ilulissat. Il a assisté à de nombreux vêlages et a noté une forte concentration de glaces dans le fjord glacé, dans la baie de Disko et sur le littoral occidental de l'île. Il a également constaté une accélération de la fonte et des processus hydrodynamiques des langues glaciaires. Les franges de la calotte du Groenland fondent bien…

Quels sont les **processus** qui indiquent que **le climat est en train de changer au Groenland et dans la zone Arctique ? L a réalité est-elle catastrophique ?**

Quel est le facteur primordial du changement climatique ?

2) Le réchauffement climatique et la dynamique glaciaire

L'étude de la formation et de la dynamique de **l'inlandsis groenlandais** permet d'enrichir la connaissance de la **glaciologie** et des **processus morphodynamiques** liés au changement climatique.

Le glacier d'Ilulissat est **l'exutoire de l'inlandsis** et représente un bon **point d'étude**. Il permet d'observer et de formuler des **hypothèses** à partir des observations du navigateur , d'établir un **protocole expérimental** et de vérifier certaines hypothèses.

On peut utiliser quelques documents pour préparer la séquence :

-la dynamique de la calotte polaire du Groenland : http://www.legos.obs-mip.fr

-extraits de l'émission de France Inter du 7 novembre 2007 sur le climat et les glaces

-documents vidéo de Patrick Schellenberg sur le glacier d'Ilulissat : le temps.ch

-simulation dynamique de la fonte des glaciers du Laboratoire des Sciences, du climat et de l'environnement de l'Institut Simon Laplace

Carnet de bord

« Une barrière ininterrompue d'icebergs se trouve à l'ouverture du fjord, dans lequel coule le glacier. Nous sommes dans une zone de glace dense. Certains blocs culminent à plus de 100 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Tous sont issus du glacier Jakobshavn. » (10/07/2008)

« Le fjord est étiré, les deux rives sont formées par d'immenses falaises. Les glaciers jaillissent des cols d'altitude et dévalent les pentes sans toutefois atteindre ses eaux ;nous sommes ici en contact avec l'inlandsis. Là-haut, l'immensité blanche démarre et s'étend sur l'ensemble du Groenland. » (08/07/2008)

Première approche

-Qu'est-ce qu'un **glacier côtier** ?

-A quelle **latitude** peut-on en rencontrer ? (*Olivier Pitras en a aussi vu en **Norvège** et en **Alaska** : ils se jettent dans des **fjords** . Certaines calottes locales ont une évacuation par des langues glaciaires qui vont jusqu'à la mer.)*

-Quelles sont les **conditions d'alimentation** d'un glacier côtier ?

-Pourquoi le **glacier** Jakobshavn est -il si **actif** ?

-Repose t-il sur **l'eau du fjord** ?

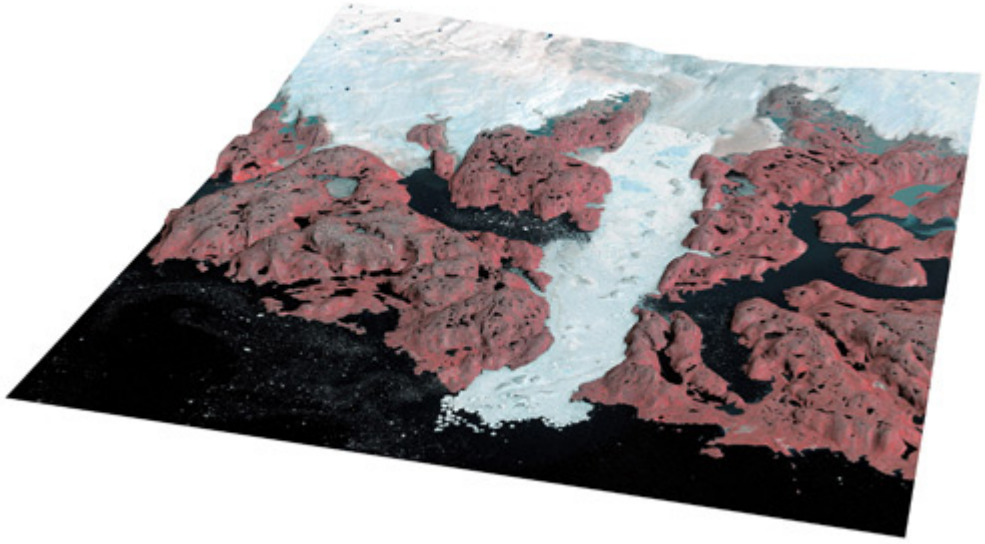
-A quoi sont dues les **coulées de glace** sur le **front du glacier** ?

-Quels sont les **phénomènes physiques** qui accélèrent **l'écoulement de la glace vers l'océan** ?

Lire et analyser des images : le glacier d'Ilulissat

Déterminer les indices de surface, reconnaître et expliquer l'action érosive des agents

Présenter les résultats sous forme de tableau et d'un graphique



Les élèves comparent les photographies et utilisent celles de l'expédition d'Olivier Pitras.

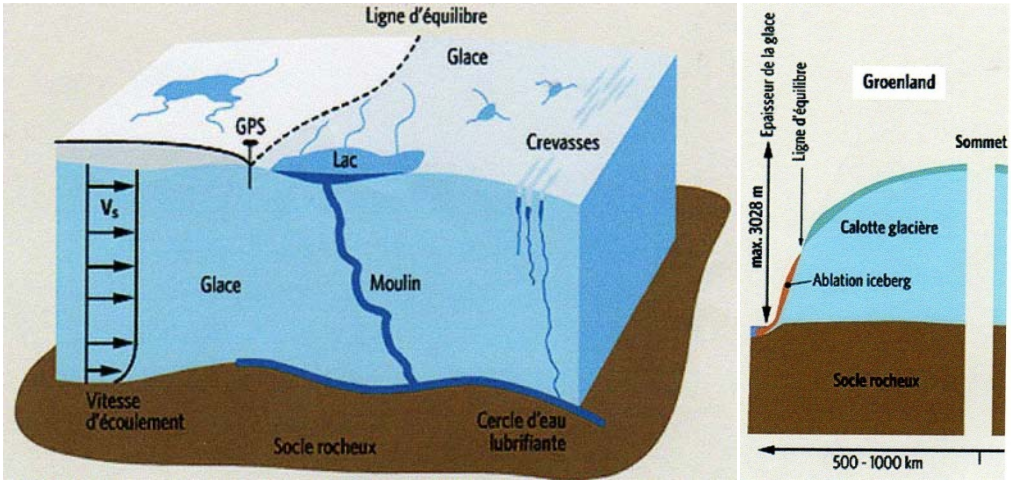
Ils doivent ensuite **synthétiser les points communs** relevés sur les images et leur **donner un titre** en essayant, d'une part, d'identifier ceux qui relèvent de la **configuration de l'environnement** et ceux qui constituent les **facteurs déclenchants** (*pluie, réchauffement, action de l'eau du fjord, pente, éboulements,…).*

Noter que les **phénomènes les plus dynamiques** se produisent sur la **zone marginale** de la calotte polaire du **Groenland en été.**

L'analyse doit permettre de valider une façon de **tracer l'eau de fonte de la calotte principale et d'étudier la déformation et l'écoulement de la glace sous l'effet de contraintes appliquées** (*mise en relation des cours de géographie et de sciences physiques).*

Les élèves doivent réaliser une **modélisation mécaniste** crédible des phénomènes de **fonte dynamique de la glace au Groenland.**

Un schéma, à partir des photographies du glacier Jakobshavn permet de mieux comprendre l'organisation de la bordure de la calotte, les aléas et les risques liés à sa fonte rapide.



Le **réchauffement** de l'atmosphère **fissure** les glaciers. Ils sont donc moins « cohérents ».

Il permet à **l'eau de s'infiltrer**, ce qui facilite son **mouvement vers la base** des glaciers (*moulins*), à partir de **lacs de surface**.

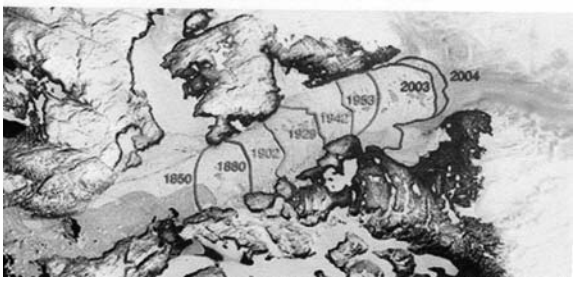
Il se forme, entre la surface et la base, un cercle d'eau qui joue le rôle de **lubrifiant** et facilite la mise en mouvement de la nappe glaciaire.

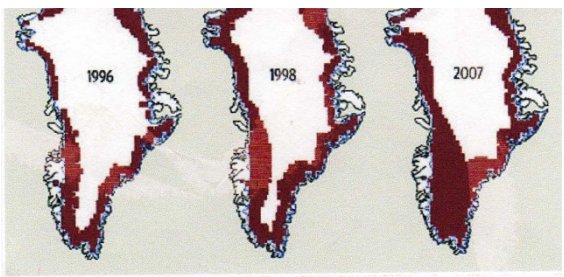
La calotte se met à **glisser** deux fois plus vite qu'en l'absence, l'hiver, de ce « tapis roulant »liquide.

Cette couverture possède une certaine **plasticité**, ce qui lui permet, avec la **hausse des températures saisonnières** et des vents, de **se déformer** (*crètes*)

Cependant, **la vitesse de glissement** peut être inégale et la glace peut se casser à certains endroits. Cela se traduit en surface par des **fissures bordières**, visibles sur **le front du glacier**.

L'expansion de l'aire de la fonte des glaces de 1996 à 2007souligne **l'amincissement de la calotte**.





Questions

-Quelle est **l'altitude du socle rocheux** par rapport **au niveau de la mer** ?

-Quelle **incidence** cela peut-il avoir sur le mouvement du glacier et son érosion ?

-Pourquoi le glacier fond –il plus rapidement **sur ses bordures** ?

-Pourquoi la **fonte des glaces de surface** joue t-elle un rôle majeur dans la dynamique du glacier ?

-Que signifie la **« ligne d'équilibre »** ? (*placer les mots amont et aval sur le croquis de synthèse*)

-Quelle **incidence la fonte de surface** a-t-elle sur le **déchargement de la glace** dans le fjord ?

-Quelles sont les **observations d'Olivier Pitras** à **l'extrémité inférieure du glacier d'Ilulissat et sur les zones côtières**?

Tableau d'interprétation

Eléments du schéma	*Descriptif*	*Relation simple*
Moulin		
Crevasses…		

Phase d'élaboration et de réalisation

Etablir un protocole expérimental : comment provoquer une **reproduction** du glissement de la glace de l'intérieur de l'inlandsis groenlandais vers la mer, **à partir des paramètres identifiés** ?

Les élèves réfléchissent à la façon de **matérialiser le phénomène** pour le **recréer** ou en faire une **maquette**.

Comment représenter l'inlandsis, le front du glacier et l'action des agents extérieurs ?

Vers une conclusion

Le travail doit toujours être relié aux situations réelles présentées par Olivier Pitras, à l'aide de photographies lors de la séance et des croquis de synthèse, afin de vérifier les hypothèses et de pouvoir ouvrir la réflexion sur la dynamique actuelle des glaciers du Groenland.

Une discussion commune permet d'établir une conclusion rédigée.

Les outils du débat

Proposition de sujets

Collège

-La calotte glaciaire du Groenland

-La transformation des milieux glaciaires

-Les littoraux arctiques, espaces à protéger

-Le cycle de l'eau et le réchauffement climatique dans les régions froides

Lycée

-Une démarche scientifique d'investigation et des expérimentations pour comprendre l'incidence du réchauffement climatique sur la calotte polaire (différence entre l'eau et la glace et expériences sur la densité et la masse pour comprendre les phénomènes physiques induits)

-Le milieu littoral des régions arctiques : des équilibres fragiles

-Cycles et échelles climatiques : le réchauffement des régions polaires