Module 2 : espace océanique et milieux climatiques

La démarche d'investigation : étudier l'influence des océans sur les équilibres climatiques

La prise de conscience d'une évolution possible des courants océaniques et des climats polaires

La dynamique des climats et des océans

Documents de base

Une carte de la répartition zonale des températures et des précipitations à la surface de la Terre.

Une carte de la circulation des courants et des vents à la surface des océans.

Des dossiers thématiques (revues spécialisées ou recherche sur internet) sur la géographie des océans (océanographie physique et climatique, thermographie, glaces marines, …).

Quelques graphiques ombrothermiques de stations situées sur le trajet de l'expédition et des images aériennes des milieux côtiers de l'Arctique.

Quelques articles de revues spécialisées sur les mécanismes et les phénomènes océaniques.

Des extraits du journal de bord d'Olivier Pitras et le site du département de chimie de l'IUT de Marseille (partenaire de l'expédition)

Ressources complémentaires

Cédérom PC Mac+livret, CRDP de Grenoble, 2001 « Destination Arctique : à la découverte du haut Arctique canadien » .

Cédérom « Comprendre les climats » (QA International, Montparnasse Multimédia, 2005).

Petit atlas des mers et des océans (Anne Lefèvre-Balleydier, Petite encyclopédie Larousse, 2ème éd).

Atlas des pôles : régions polaires, questions pour un avenir incertain (Eric Canobbio, SCEREN-CNDP , CRDP d'Amiens).

Maîtriser les mots-clés

Océan, mer, milieu naturel, milieu géographique, houle, brise thermique, circulation thermohaline, Gulf Stream, convection, dépression, anticyclone, déviation de Coriolis, convergence, front polaire, courant marin, bassin océanique, zone climatique, chenal, débâcle, passe, paysage, environnement, littoral, écosystème, espèces, hydrologie, ressources, banquise, région boréale, vie marine, isotherme, station climatique.

Niveau : 6ème, 4ème, seconde

Parties des programmes : **les grands domaines climatiques et biogéographiques, les relations des sociétés au climat (collège) ; la transformation des espaces maritimes, la gestion et la protection des littoraux, la planète Terre et son environnement (lycée).**

Les sciences de la vie et de la Terre inscrivent également les caractéristiques de l'environnement dans certaines parties de programmes : une **coopération** avec le professeur concerné est donc indispensable pour aborder la **répartition climatique** et la **biodiversité naturelle** lors de l'étude des milieux désertiques froids .

Compétences : apprendre à lire et à identifier des graphiques, des photographies de paysages, conduire un raisonnement géographique et utiliser des démarches intellectuelles (collège) ; mettre en œuvre une approche synthétique et problématisée à partir de la zonalité climatique, l'évolution des courants marins et de l'impact du CO2 sur les océans (lycée).

I °) Définir la notion de milieu climatique en se limitant à l'environnement naturel des espaces traversés par l'expédition

Il est commode et légitime de se référer aux **grandes zones climatiques** pour dessiner les limites des **grands milieux géographiques**.

A partir du trajet de l'expédition d'Olivier Pitras, il est possible d'acquérir les savoirs essentiels du thème « *le rôle des océans sur la répartition climatique* » et d'enraciner les connaissances de base sur les **zones thermiques** ou **pluviométriques** et les **grands domaines bioclimatiques**.

A) Une perspective géographique

Etape 1

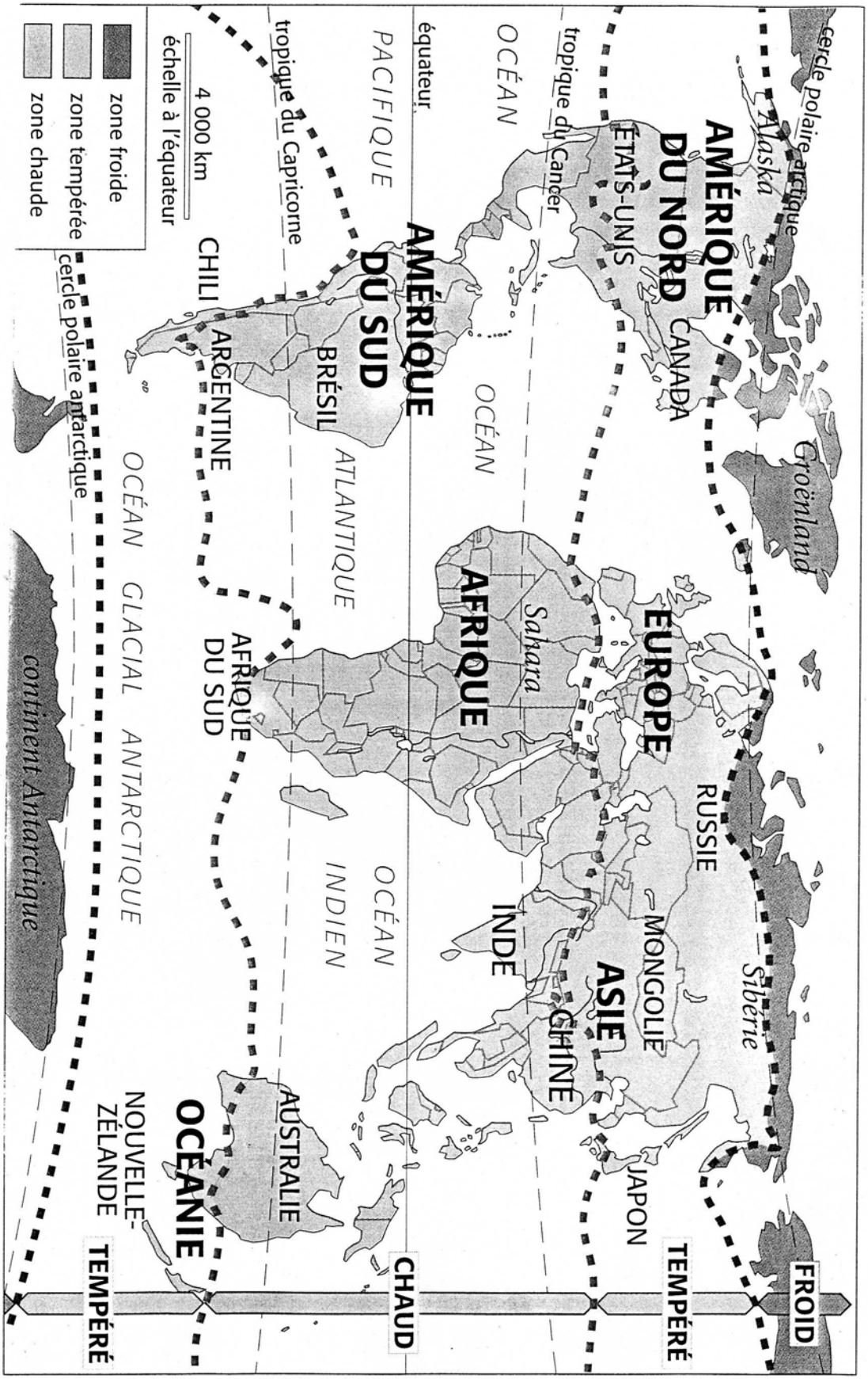
A partir de la **carte de la répartition des climats de la Terre** et du **tableau de repérage** (**module 1 –***climat dominant de chaque ville étape*), indiquer le **nombre de milieux climatiques traversés par l'expédition « Around North America ».**
Le travail de préparation à partir de la localisation des étapes du trajet montre que le climat dépend essentiellement des **caractéristiques géographiques** : *latitude, position vis-à-vis des continents et des façades maritimes, proximité de reliefs, état atmosphérique…*
Il résulte au niveau des **mers** et des **océans** des inégalités de pression qui engendrent des vents et des vagues *(cf carnet de bord).*

Quels sont les **continents de l'hémisphère nord** qui sont en partie dans la **zone polaire et Arctique ?**
D'après les cartes des climats et de la circulation océanique, peut-on dire que le **milieu froid** est-il strictement limité aux **eaux polaires** ?
Comment le planisphère des fonds marins (*annexe du module 1*) et la carte de la **circulation des courants marins de surface** donnent-ils une idée générale du **mode d'ouverture des océans ?**
Quel est le seul océan qui relie les deux pôles ?
Quelle **influence** cela peut-il avoir sur la **répartition des zones climatiques ?**

Etape 2

Identifier et colorier les contours des **grandes zones climatiques** en légendant le planisphère.
Surligner les **isothermes** qui délimitent la **zone froide** septentrionale, la **zone tempérée** et la **zone chaude**.
Combien de **villes étapes de l'expédition** sont situées dans la zone froide, la zone tempérée, la zone chaude ?

L'étendue des zones concernées par chaque climat est-elle la même ? **Pourquoi ?**



Quel est le domaine climatique **le plus parcouru par l'expédition** d'Olivier Pitras ?
Quel est le **milieu géographique** qui correspond au **climat le plus froid** ?
A quel **régime météorologique** la zone arctique est-elle soumise ?

Carnet de bord

Quelles sont les **conditions climatiques et de navigation** au départ de **Tromsö** ?
Sur quelle **partie du trajet** les **contraintes climatiques** sont-elles **les plus marquées** ?
A quoi sont-elles dues ?
Quelles **températures moyennes** Olivier Pitras relève t-il lors de ses passages en Islande, au Groenland, dans l'archipel Arctique, en Alaska et sur la côte nord Pacifique ?
Quels **constats** fait-il ?
Existe-t-il des décalages thermiques entre les **littoraux est et ouest** des façades maritimes longées par le « Southern Star » ?
En quoi les **courants océaniques** jouent-ils un rôle dans la **dynamique des climats** ?
Quelles informations la carte de la circulation océanique apporte t-elle sur **l'influence du tracé des côtes sur l'orientation des courants ?**
Quel est le **facteur naturel** qui semble expliquer la **localisation des courants froids ?**
Quelles sont les principales observations d'Olivier Pitras sur les **conditions de temps** dans la **zone des glaces** de l'archipel Arctique ? (*état de la mer, vents , visibilité*).
Sont-elles les mêmes que celles rencontrées dans la **mer de Norvège** ?
A quoi voit-on qu'on **s'approche du pôle** ?
Où commence, d'après lui, la réelle **navigation polaire** ?
Dispose t-il de **bons facteurs météorologiques** aux portes du **passage du Nord-Ouest** ?
Pourquoi y a-t-il autant de **brume** (« *purée de pois* ») dans cette région? (*elle gêne considérablement la navigation à vue au milieu des glaces flottantes*).

Un iceberg dans l'océan Glacial Arctique

B) <u>Une approche synoptique : un champ scientifique, des outils statistiques et cartographiques pour étudier les climats</u>

Déterminer les **caractéristiques de chaque climat** sur le trajet de l'expédition

Les élèves travaillent à partir d'un **fichier** pour recueillir et exploiter toutes les données de l'expédition à partir des **indices relevés dans le carnet de bord d'Olivier Pitras.**

Ils recherchent sur le site www.69nord.com des **images** de chaque **station** pouvant illustrer chaque climat (*en fonction de la date de passage du bateau dans chaque région*) et rédigent de petits textes, tout en s'appuyant sur de petits **schémas d'interprétation** (*qui situent chaque paysage dans sa zone climatique*).

Ils complètent le **tableau des composantes climatiques** et formulent quelques **hypothèses à** partir des informations contenues sur les **diagrammes (cf livre de cours)**ou dans la base de données (cf annexe 1).
Ils doivent rédiger 2 ou 3 phrases pour définir les **caractéristiques de chaque milieu** et déterminer les **3 éléments qui peuvent les symboliser**.

Le professeur fait **construire** et **analyser** des tableaux climatiques .
Les élèves doivent, sur chaque climogramme, **faire apparaître les contraintes climatiques**.

Déterminer les contraintes naturelles de la géographie polaire dans le cadre de l'étude des milieux désertiques

Etudier le milieu naturel dans l'Arctique à travers l'expédition d'Olivier Pitras au Groenland, au Nunavut et en Alaska

Le monde polaire arctique, sur lequel porte une **grande partie de la mission scientifique** contre le réchauffement climatique, offre l'illustration d'un **milieu froid extrême** dans lequel les populations ont appris à **s'adapter aux contraintes**.
L' **étude géographique** doit permettre de comprendre l'**interaction** qui s'opère entre le **milieu physique**, son **exploitation biologique** et les **activités des hommes**.

Le domaine froid polaire comprend, **dans l'hémisphère nord**, l'océan Glacial Arctique et les terres qui le bordent : le **Groenland**, les **parties septentrionales de la Scandinavie, de la Russie, de l'Alaska et du Canada.**

De climat froid ou **polaire**, c'est un domaine **répulsif** : ce n'est que dans les régions situées les plus au sud, sur les terres les moins froides du domaine arctique, que vivent quelques dizaines de milliers d'habitants.

*Les documents sur le **Groenland**, le Nunavut et l'Alaka permettent de faire des études régionales sur des **territoires nordiques, arctiques et subarctiques**, particulièrement représentatifs.*

Quelles sont les **contraintes** majeures du **monde polaire arctique** ? Quels sont les **repères** qui déterminent ses **limites** ? Quelle est la **limite nord de la zone arctique** (« front polaire ») ?

Pourquoi la **glace** se déplace t-elle toujours en Arctique ? Existe-t-il des **zones dépourvues de glace ?**

Quelles sont les zones **les moins défavorables aux implantations et aux activités humaines** ?

L'environnement physique des régions nordiques : un milieu sévère et différencié

Le **désert** arctique, un **paysage** polaire (Ilulissat-Groenland)

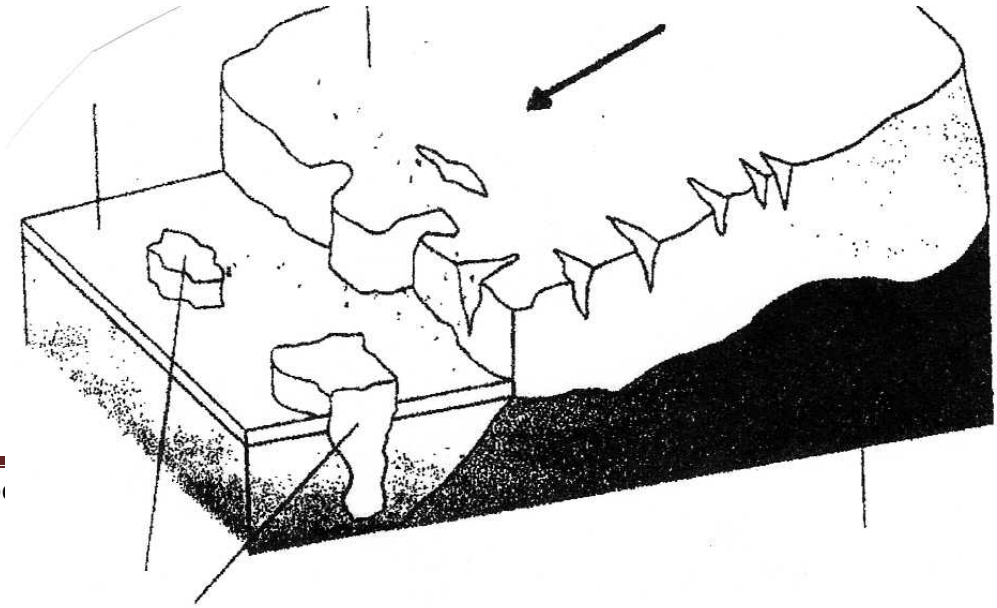
Quel **élément naturel** domine sur la photographie ? Que peut-on en conclure ?

Quelles sont les **conséquences** pour la vie des hommes et des animaux ?

Quelle **forme de relief** distingue t-on ? Comment s'est-elle **formée** ?

Que **signifie** Ilulissat ? A la sortie de quel **fjord** la ville est-elle située ?

Sur le schéma ci-dessous, placer au bon endroit les éléments suivants :

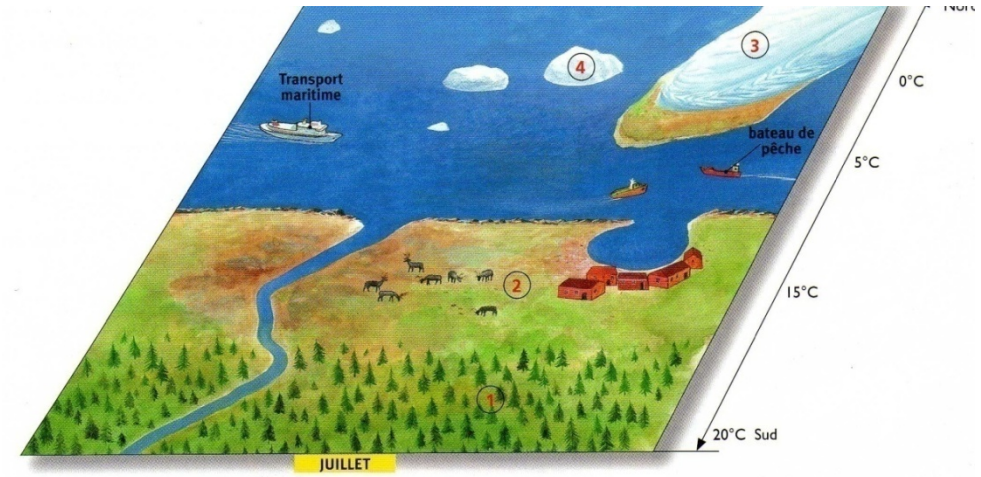


continent, *crevasse, banquise, iceberg, inlandsis, zone de vêlage.*

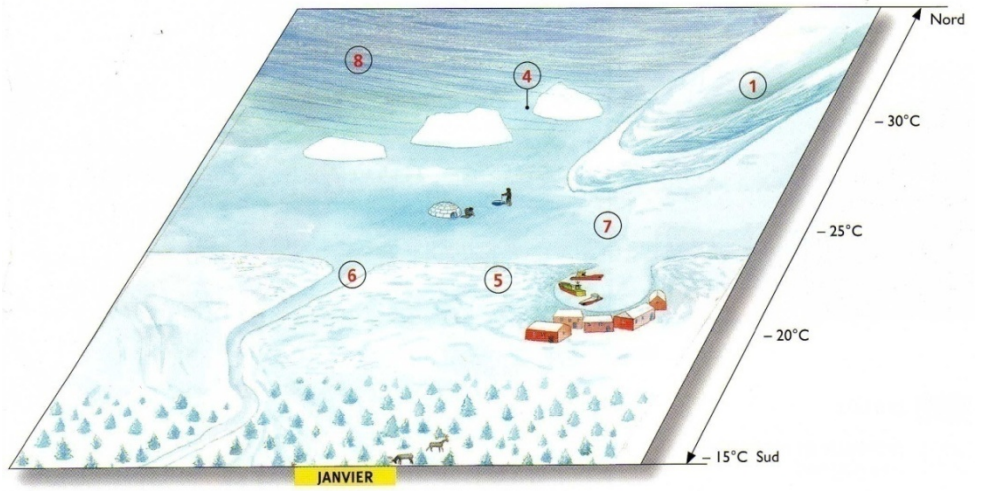
Dans le Nord circumpolaire, le Groenland est le seul **inlandsis**. S'il fondait brusquement, il provoquerait une hausse du niveau des mers du globe d'environ 7 mètres.

La zone arctique constitue, avec ses **concentrations de glaces marines permanentes**, ses **glaciers** et son **pergélisol**, l'un des milieux les plus hostiles au peuplement. Appliqué à l'ensemble des territoires nordiques, **l'indice de nordicité** (*du géographe québécois Hamelin-1968*), permet aussi d'introduire une **zonation en latitude**, du désert polaire des îles du bassin arctique, au centre de l'inlandsis gröenlandais et à une partie de l'océan Glacial Arctique. On peut également utiliser la **ligne climatique et écologique de Köppen** pour différencier les **domaines traversés par l'expédition** d'Olivier Pitras.

De la banquise à l'eau libre : les variations saisonnières d'un paysage arctique



Document 1 L'Arctique en juillet
Quelles sont les formations végétales 1 et 2 ? Quelle est celle qui correspond au climat le plus froid ?
Comment s'appelle l'épaisse couche de glace 3 qui couvre l'île ? Quel est le nom des blocs de glace qui flottent sur l'océan ?



Document 2 L'Arctique en janvier
En janvier, quelle est la température la moins froide ?
Qu'est-ce qui recouvre désormais le sol 5 ? Quel est le changement concernant le fleuve 6 ?
Comment s'appelle la couche de glace qui couvre l'océan 7 ?
Quel est le nom du vent glacé qui balaye la région 8 ?
Quelles sont les activités humaines qui s'interrompent l'hiver à cause de la glace ?

Quelles sont les **composantes** de **l'environnement polaire en hiver et en été** ?

Les **ressources** sont-elles également réparties entre la **zone arctique** et la **zone subarctique ?** *Les élèves doivent identifier ces deux grands domaines géographiques sur les croquis*.

Quelles sont les particularités de la biodiversité dans ce milieu ?

Etudier une région de la zone froide : le Nunavut (sixième)

Le Nunavut comprend la plupart des **îles de l'archipel arctique** ainsi que celles de la **baie d'Hudson**, **au nord du 60°N**.
C'est la région **la plus froide du Canada**. Le climat est arctique et la terre est gelée toute l'année. Le navigateur fait mention, dans son carnet de bord, de phénomènes comme le **soleil de minuit** (*le jour dure 24 heures*) et de **nuit arctique**.
L'expédition conduit Olivier Pitras et son équipage à **Pond Inlet**, dans la baie de Baffin, le 3 août 2008.

Le Nunavut au Nord du Canada.

Quelle est **le but principal de cette escale au Nunavut ?**

Problématique

Etudier un milieu de vie très contraignant en déterminant la part des **facteurs naturels et humains** dans la **mise en valeur** d'un territoire particulièrement **affecté par le changement climatique**.

Expliquer l'équilibre homme/milieu en région arctique et l'exploitation communautaire des territoires .

Comprendre la précarité de certains équilibres face à la **disparition progressive de la calotte polaire et au réchauffement climatique.**

Lire géographiquement un texte et répondre à des questions

Clyde River, Nunavut

Située dans une petite baie de l'inlet Clyde sur la côte nord-est de l'île de Baffin, la collectivité de Clyde River compte 800 habitants, pour la plupart des Inuits. Comme il s'agit d'une petite collectivité, les gens se connaissent presque tous et trouvent leur milieu accueillant. Les gens partagent volontiers entre eux et essayent de s'entraider. La moitié des gens ont moins de 18 ans et notre population s'accroît rapidement. Nous avons une école, deux magasins, un nouvel aréna, une salle communautaire, une église, un centre de santé, un hôtel et un aéroport avec liaisons régulières à Iqaluit et Pond Inlet. Il y a des montagnes toutes proches et, en hiver, les tempêtes forment d'énormes bancs de neige. Il tombe plus de neige ici que dans bon nombre de collectivités de l'Arctique et notre air est toujours frais. En été, il fait jour pendant 24 heures et en hiver nous sommes privés de soleil environ deux mois, une longue nuit hivernale. Notre collectivité est paisible. Tout coûte cher ici, y compris ce que nous voulons expédier par avion. Des touristes viennent faire de l'alpinisme, de la chasse ou de la photo.

Nous pratiquons de nombreux sports, surtout le hockey en salle. Les enfants et les adultes aiment jouer ou se promener à l'extérieur, visiter des amis, faire du camping en été et de la motoneige en hiver. Il manque pas de quoi faire ici : la chasse, la marche, la navigation de plaisance, la couture, les jeux de cartes, les séances d'exercice et la musique. Certaines personnes font des randonnées avec leur attelage de chiens. Nous profitons d'occasions spéciales pour organiser des fêtes communautaires.

Notre région compte de nombreuses plantes, dont les lichens, les mousses, les baies de toute sortes, les herbes de la toundra, les champignons, le saule et la bruyère de l'Arctique et les algues marines. Parmi les animaux, les oiseaux et les poissons de la région, on trouve notamment le renard, le loup, le lemming, la mouette, les faucons (plusieurs espèces), le harfang des neiges, la sterne arctique, le cygne arctique, le lagopède, le morse, l'ours blanc, le caribou, le lapin, les canards, les oies, le flétan, l'omble chevalier, le chabot, les crevettes et les coquillages. Il y a plusieurs espèces différentes de baleines : bélouga, épaulard, baleine boréale et narval. Nous avons également le phoque du Groënland, le phoque annelé et le phoque barbu.

Nous aimons la nourriture du pays - les animaux et les plantes d'ici - notamment le phoque, l'omble chevalier et d'autres poissons, le caribou, le lagopède et l'ours blanc. Selon la saison, on trouve des baies (qungulik) et des oeufs en abondance. Nous aimons également la nourriture du sud, en particulier la pizza et les aliments-camelote comme les boissons gazeuses, les croustilles et le chocolat.

D'ici dix ans, nous pensons que notre collectivité aura grandi, qu'elle aura plus d'habitants, de maisons, des magasins plus grands et plus nombreux et davantage de services. Les prix seront peut-être moins élevés. Il y aura peut-être plus d'emplois. Nous aurons peut-être plus de tourisme, quelques restaurants et un début d'agriculture - peut-être hydroponique. Nous pourrons avoir la télé par câble ou par satellites, aussi bien que l'accès à l'Internet. Un plus grand nombre de personnes auront une meilleure éducation. Et il nous faudra penser que le pergélisol pourrait fondre un peu si le réchauffement de la planète se poursuit.

Comme nous sommes une petite collectivité, nous ne croyons pas que la création du Nunavut viendra changer grand chose à notre quotidien. Il y aura peut-être plus d'emplois si les affaires démarrent. L'avènement du Nunavut ne change pas notre perception de nous-mêmes.

rédigé par les élèves de Clyde River

source http://atlas.gc.ca/atlas_2000/nunavut/people/communities/home_f.html

Retrouver sur la **carte du Nunavut (annexe 2)** les **lieux** mentionnés dans le texte.

Quelle est la **latitude** de Clyde Ryver ? Pourquoi la petite ville est-elle située **sur la côte** ?

Est-elle éloignée de **Pond Inlet**, escale de l'expédition ?

Qui sont les **habitants** de cette région nordique ? Sont-ils nombreux ?

Souligner en bleu dans le texte ce qui est du **climat**, en rouge de la **faune arctique** et en vert de la **végétation polaire**.

Quelles les **lois de la survie** dans ce milieu sévère ? Quelles sont les espèces qu'Olivier Pitras mentionne dans son carnet de bord et qui jouent un **rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes** ? Quelles sont celles qui ont citées dans le texte ?

Pourquoi la **faune** et la **flore** arctiques sont-elle de bonnes **sentinelles du climat** ?

Quels sont les moyens de transport **traditionnels et modernes** de l'Arctique ?

Quels sont ceux qu'utilise le navigateur lors de ces déplacements au **Nunavut** ou en **Alaska** ?

Pourquoi le réchauffement climatique rend t-il les **déplacements plus difficiles** (*faire le lien avec le passage de la banquise à l'eau libre*) ?

Quelles sont les principales **ressources** de ces peuples de l'Arctique ?

Quelles sont les **activités pratiquées** par les habitants de Clyde River et de Pond Inlet ?

Quelles sont celles pratiquées par les **Inuits** et qui **dépendent de la glace de mer** ?

Parviennent-ils à **conserver leur mode de vie traditionnel** ?

Comment ce milieu particulièrement contraignant marque t-il de son empreinte **l'identité ethnique** des peuples qui s'y sont adaptés ? Pourquoi les Inuits sont-ils inquiets sur **le devenir** de leur **identité** et de leur **territoire** ? (07/08/2008).

Quelles sont les activités qui traduisent une **évolution des modes de vie des Inuits canadiens en lien avec le réchauffement climatique ?**

Quelles sont les **menaces pour l'équilibre homme/milieu** dans cette région arctique ?

Pourquoi les **effets des oscillations climatiques** sont-ils plus marqués dans la **zone subarctique**, au Nunavut ? Quelles sont les caractéristiques de cette « *zone de contact* » ?

Expliquer pourquoi cette zone marque **la limite extrême de l'adaptation des animaux et des végétaux**. Quelles sont les incidences directes du réchauffement global sur les populations locales (*évolution des territoires de pêche et de chasse : ce sont eux qui guident les peuples dans leur choix* de *vie*) et le fonctionnement des écosystèmes ?

Quelle **calotte polaire** commence à montrer des **signes de fonte inquiétante** en été ? Dans **quelle province** le littoral du Nunavut est-il le plus **sensible à la remontée des eaux océaniques ?**

Comment évoluent les conditions de glace dans la baie de Baffin ?

L'étude des **processus hydrodynamiques glaciaires et maritimes** réalisée par Olivier Pitras montre t-elle une **dégradation de l'environnement polaire** liée au réchauffement des températures ?

Les analyses de glace et d'eau de mer (**sédiments marins) soulignent-elles une forte variation ?**

En quoi la **traversée de l'archipel arctique** offre-elle une **situation privilégiée** pour cette étude ?

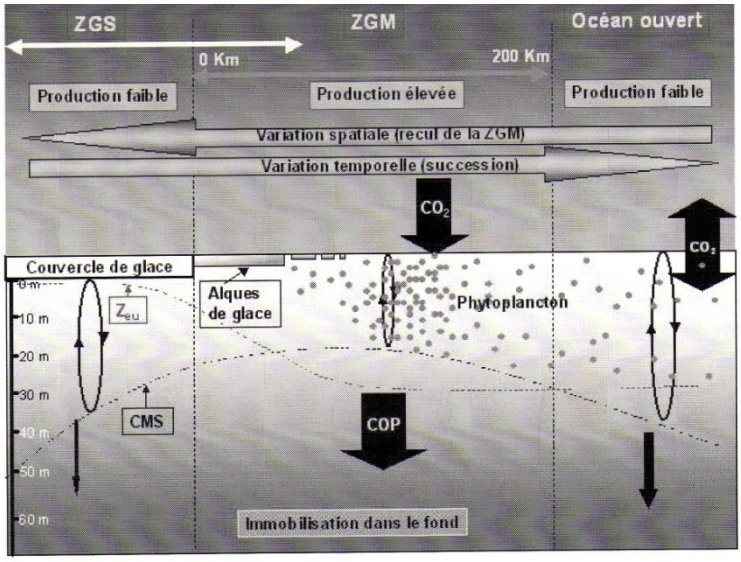
Quelles sont les **constatations** faites par Olivier Pitras à partir des analyses **biologiques et sédimentaires ?**

L'objectif d'Olivier Pitras est de créer des profils sédimentologiques par secteurs, à partir des prélèvements effectués en mer et de les insérer dans un fichier-référent, de manière à pouvoir évaluer le changement de l'état des glaces sur la marge continentale nord-américaine par rapport aux régions bordières du Pacifique et de l'Atlantique nord, où son incidence est moindre ou nulle.

Le **recul des glaces** par saison dans l'océan Glacial Arctique accélère t-il la **modification des cycles biogéochimiques ? Quelle en est la conséquence sur la biodiversité marine ?**

Quelles sont les adaptations trophiques ? Sont-elles récentes ?

Les élèves doivent analyser le croquis de synthèse pour expliquer les relations entre les sciences du climat et de l'environnement, et l'évolution du comportement des espèces marines de l'Arctique et de l'écosystème polaire .



Cette séquence doit permettre aux élèves de répondre aux questions plus générales qui se posent à l'échelle de l'Arctique, sur la protection de la biodiversité et les changements globaux des écosystèmes marins et des milieux de vie dans le contexte actuel d'évolution rapide du climat.

Elle peut se terminer par l'étude de chansons de la norvégienne Mari Boine (album « gula,gula »)ou du groupe gröenlandais Nuuk Posse, rencontré par Olivier Pitras, qui chante le changement climatique en soulignant les aspects positifs du développement économique et les aspects négatifs concernant le déclin des modes de vie traditionnel et la fragilisation de l'environnement.

Etude de cas : **la gestion des ressources et la protection d'un environnement fragile**

*Olivier Pitras souligne les effets positifs sur l'industrie de la pêche du Groenland du réchauffement récent des eaux marines de la baie de Baffin (morue).*Un lien peut ici s'établir avec les programmes de sixième de SVT et d'éducation civique sur la **gestion et la préservation de l'environnement**, sur le thème de **l'exploitation durable du domaine maritime arctique** *à travers l'exemple de la pêche de la morue franche de l'Arctique, une espèce en péril au Canada*.

Cet exercice peut également s'intégrer à la partie « *activités humaines, milieu naturel et biodiversité », communaux deux matières.* Le dossier thématique doit être composé à partir de recherches sur internet sur les **activités de la pêche dans les pays riverains de l'Arctique**, **l'exploitation actuelle et potentielle** (*aire de répartition, évolution des quantités de morues pêchées et des stocks de morues reproductrices en mer entre 1980 et 2007, effets de la fonte de la calotte polaire sur les blooms planctoniques et les populations de petits crustacés qui servent de nourriture à la morue*…)ainsi que **les projets de développement industriel** (*sans négliger les différents problèmes écologiques qu'ils suscitent et qui doivent amener à la recherche de nouveaux équilibres).*

On peut effectuer le même travail à partir des menaces qui pèsent sur la biodiversité des milieux arctiques.

2°) Le rôle considérable des océans dans l'équilibre hydrologique de la planète : un extraordinaire impact sur le climat et la dynamique littorale actuelle

A) Le rôle fondateur des océans et des échanges atmosphériques

Les échanges thermiques entre les différentes zones climatiques de la Terre sont régis par le **rôle fondateur des océans** et celui des **échanges atmosphériques**.
Le trajet de l'expédition d'Olivier Pitras emprunte plusieurs routes maritimes à travers 9 mers et océans, les îles de l'archipel Arctique et les détroits nordiques.
L'expédition a pour mission **d'observer les mécanismes océaniques qui agissent sur la dynamique des phénomènes météorologiques.**
Les informations recueillies par les scientifiques permettent de mieux comprendre les **mutations récentes des paysages polaires**, **du Groenland à l'Alaska**, animés par la fonte des glaciers et qui menacent à terme les équilibres fragiles de toute la chaîne alimentaire de l'Arctique.
Elles autorisent également la formulation d'**hypothèses** à partir de **modèles prédictifs**, au-delà des régions sous contrainte de la glace et **d'étudier les conséquences sur l'évolution actuelle des littoraux des régions froides.**

Olivier Pitras étudie **les processus de dégradation de l'environnement polaire** et **la vulnérabilité des espaces côtiers arctiques** (*érosion contemporaine des plages liée à l'élévation du niveau marin et à la fonte du pergélisol, processus hydrodynamiques locaux*…).

Application cartographique

Dégager, à partir de la carte des océans et des mers, quelques caractéristiques des océaniques traversées par Olivier Pitras.

Réaliser un traitement cartographique des indices géographiques repérés (*circulation des courants océaniques, eaux profondes, température de l'eau….) sur un planisphère. Construire une légende détaillée en affectant une couleur à chacun des ensembles géographiques.*

a) **Tracer la limite sud des glaces de mer à leur extension maximale, et en été.**
Un changement d'échelle peut permettre d'éclairer la **localisation** et l'**évolution** de la **banquise arctique**.

Olivier Pitras utilise pour naviguer la base de données de l'**OMM**, qui publie chaque jour la **carte de l'évolution de la glace** pour l'ensemble du **territoire maritime arctique**.
Chaque catégorie de glace y est **typée** et **repérée**, par des codages couleur et alphanumérique, en fonction du **caractère des informations**.
Celles-ci sont donc plus fiables car sans cesse réactualisées, et lui permettent d'éviter la banquise compacte qui s'étend en une longue bande dans la **partie médiane de la baie de Baffin.**
En partie **disloquée** et **déportée à l'est**, elle gêne la progression du bateau vers le nord en érigeant quelques « *barrières infranchissables* » (*journée du 30/07/2008*).
Le skipper doit donc trouver les bonnes passes pour naviguer dans des conditions moins dangereuses et **rechercher des ouvertures dans le réseau des packs de glace**, qui découpent la mer.

Extraits du carnet de bord

« *La carte indique un bassin d'eau libre entre deux champs de glace que nous atteignons au bout de quatre heures de navigation. Nous prenons immédiatement la route vers la prochaine zone. La navigation, dans ces conditions, demande une attention de tous les instants. Heureusement, la glace flottante se détend et les passes sont de plus en plus larges. Il faut suivre de près la débâcle pour trouver plus facilement de l'eau libre au vent ; nous empruntons le chenal formé par les côtes du Groenland à l'est et la banquise à l'ouest* »
(30 /07 /2008).

Comment se forment ces **étendues d'eau libre** en forme de **chenal** ?

Quelle est **l'incidence des vents et des courants** (*remontées d'eaux profondes*) sur la formation de ces passages ?
La dislocation de la calotte polaire glaciaire est-elle un phénomène naturel ou une conséquence du réchauffement global ?

Possibilité d'utiliser les photographies de Delphine Maratier ou celles disponibles sur le site du CNRS-INIST (*recherches polaires : océan, glaces et paysages*) pour *illustrer les réponses*.

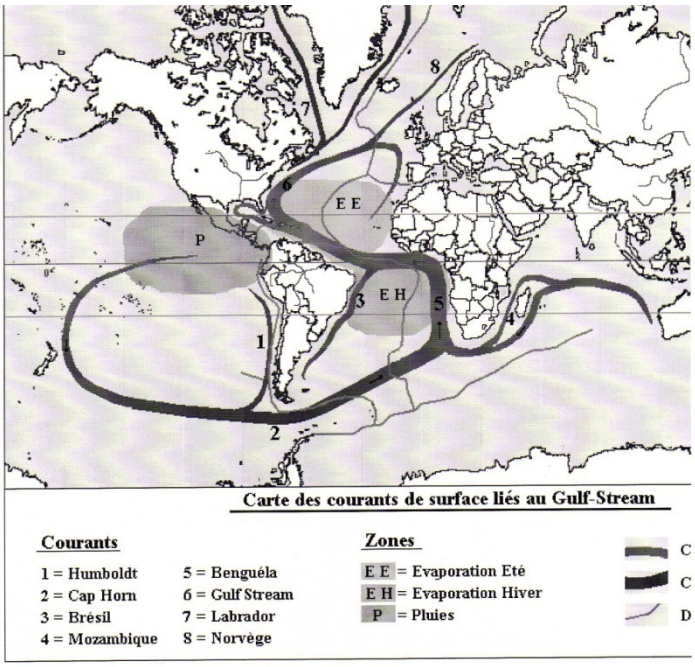
Questions

Avec le **retrait saisonnier des packs**, Olivier Pitras peut-il franchir les eaux glaciales du passage du Nord-Ouest sans difficulté par les *détroits de Davis, Lancaster et du Prince de Galles pour rejoindre le golfe d'Admundsen ?*
On peut également faire travailler les élèves avec des cartes régionales plus précises de l'archipel du Prince Ejland et du détroit du Torsukatat, qui en marque l'entrée au nord, à partir des rapports de traversée d'Olivier Pitras dans cette zone difficile).
Au large de quelle **côte** rencontre t-il les **premiers icebergs** ? Sont-ils **proches des reliefs** ?
Dans quelle **baie** se forment-ils ?
Pourquoi le navigateur a-t-il choisi de **contourner la zone ouest de la mer de Baffin** pour rejoindre **Pond Inlet** ?
A quel moment les **risques de variabilité atmosphérique** sont les plus **actifs** sur le trajet ?
Sur **quel océan** ?
De quoi faut-il se méfier le plus dans ces **conditions extrêmes** ?
Quels sont les éléments **d'ordre naturel** qui permettent d'expliquer ces variations ?
Quelles sont les principales **contraintes** pour Olivier Pitras ?

Qu'appelle t-on la phase positive de la **North Atlantic Oscillation** ?
Quel temps va-t-elle apporter à l'équipage *en mer du Labrador, au sud du Groenland et le long de la côte nord-est américaine à cette époque de l'année ?(on peut vérifier avec les points météo du carnet de bord)*
Quel est le **rôle des courants océaniques de surface** ?

Qu'est-ce-que le **Gulf Stream** ?
Quel **avantage** procure t-il aux côtes de l'Europe par rapport à celles de l'Amérique du Nord situées à la même latitude ?
(*on rappellera ici que la variation du débit des eaux du Gulf Stream a été, par le passé, liée à d'importants changements de climat dans l'hémisphère nord*).
L'expédition traversera l'océan Atlantique au mois d'avril 2009 et empruntera **la déviation du courant océanique** vers l'Europe (*étape Halifax-Reykjavik*).
Que **prévoient** les **scientifiques** concernant la **circulation du Gulf Stream** dans le futur ?
Quelles sont les **causes** de cette **modification** ?

Pourquoi la fonte des glaces de l'Arctique peut-elle à terme paralyser le courant nord-Atlantique et ralentir le Gulf Stream ?
Quel est **l'avenir climatique des régions boréales de l'océan Atlantique** et du courant nord-Atlantique ?
Quel est le **secteur privilégié de plongée des eaux arctiques**, point de départ du grand circuit interocéanique ?
Pourquoi les glaces de l'Arctique sont-elles indispensables à la formation des eaux profondes océaniques et à l'équilibre climatique mondial ?



Comment fonctionne le système océan-atmosphère ?

Exercice **à réaliser à partir d'un schéma** pour montrer que la *répartition des températures* océaniques (*cf carte de préparation*) résulte des **échanges superficiels** et de la chaleur véhiculée par les **courants de circulation marins.**

Quelles informations les courants océaniques peuvent-ils apporter à **l'explication du réchauffement climatique ?**
Pourquoi les **profondeurs marines** sont-elles les seules capables de mener et de soutenir un changement climatique sur des siècles ou des millénaires ? (*il faut préciser, à ce sujet, que la **mer de Norvège** est un lieu de formation d'eau profonde et que cette activité participe en retour à la **régulation des climats*** / annexe3).
Est-ce que de **profonds changements d'équilibre** peuvent créer une **autre répartition des eaux et des climats ?**
Quel est le point de vue des scientifiques engagés dans l'expédition d'Olivier Pitras ?

B)L'avenir climatique des régions froides

Etude de cas : le Groenland dans l'aire climatique polaire (lycée)

Le Groenland oppose un **obstacle méridien à la circulation d'ouest** : il participe en cela à la création **d'ondes planétaires** et aux **sinuosités du front polaire**.
Ce faisant, il commande pour partie les différenciations repérées dans le **bassin arctique**, qui donnent une plus grande extension à la **banquise**, tantôt du côté américain, tantôt du côté européen.
La vigueur du contraste avec la zone chaude induit la vigueur de la circulation générale et les grands traits de la répartition zonale.
La proximité des inlandsis permet la **plongée des eaux froides au sud du Groenland** et impulse les **échanges interocéaniques**.
La création d'effets cumulatifs est supérieure dans l'hémisphère nord, avec la mise en place d'i**nlandsis** sur les étendues continentales proches du bassin arctique, avec une **expansion plus poussée des glaces de mer.**

Méthodologie

Le travail se fait au CDI (par groupes de 3) et à partir de documents sélectionnés par le professeur. Il doit également s'appuyer sur des *extraits du carnet de bord* (7 premières étapes , de **Tromso** à **Dutch Harbor**) .
Les élèves doivent adopter une **démarche scientifique d'investigation**.
Chaque équipe est composée d'un **historien**, d'un **climatologue** et d'un **géographe**.

-l'historien

Il doit rappeler les principales **étapes** qui ont marqué **l'histoire climatique du Groenland.**
Un retour sur quelques situations peut être présenté à partir d'une recherche documentaire (articles de presse, photographies, cartes météorologiques, histogramme …), afin de vérifier certaines hypothèses sur les *périodes de refroidissement et de réchauffement* et de définir la notion *d'aléa climatique*.

-le climatologue

Il doit présenter et analyser les composantes du climat de cette région de l'Arctique et s'interroger, en situation d'observation *à partir des éléments du carnet de bord d'Olivier Pitras, sur la nature des risques.*

Il s'approprie des **connaissances spécifiques** par une *approche expérimentale et technique* (*réalisation de petites maquettes*),et décrit les *phénomènes météorologiques* et leurs *influences*.

Il peut se servir **des photographies de Delphine Maratier (carnet de bord)** et doit synthétiser les points communs relevés lors des premières étapes polaires, en essayant d'identifier ceux qui relèvent de la **configuration de l'environnement** et ceux qui constituent des **facteurs déclenchants ou aggravants** (*fonte des glaciers et diminution de la banquise, hausse des températures, circulation océanique….).*
A partir de la mise en relation de ces éléments, l'élève émet une **hypothèse de transfert** sur un **protocole expérimental** (conception et réalisation de la maquette : *état ou situation initiale, action des facteurs extérieurs, évolution et impact du changement climatique, état final et conséquences).*
Il doit **replacer le Groenland dans le système climatique planétaire** et dans le **carrefour des eaux océaniques**. Il peut partir des analyses scientifiques qui définissent le potentiel d'élévation du niveau des mers arctiques de plus de 7 mètres en précisant que le phénomène n'est pas homogène et touchera certaines régions plus que d'autres.
(*nord et nord-ouest*).
Le climatologue doit présenter au final une **modélisation des climats du futur en Arctique**, avec les *intéractions océan-cryosphère-atmosphère* mais aussi par une **connaissance des climats du passé** (*cf travail de l'historien*).
Il doit donc traquer tous les paramètres, les pistes, les indices qui font parler la glace et les paysages polaires, la mémoire du pôle Nord.
Il peut utiliser le cédérom « *comprendre les climats* » ou d'autres animations interactives sur des dossiers internet pour mieux comprendre et expliquer **l'évolution de la surface de la glace** au cours des 50 dernières années et l'**action du réchauffement climatique sur certaines variations (1996-2004).**

Il doit montrer les bouleversements les plus spectaculaires avec des **images satellitales récentes** et préciser que la bascule climatique entre les deux zones polaires est régie par l'océan Atlantique.
Le dossier doit donc être bâti, non seulement à partir des **problématiques** abordées par l'expédition d'Olivier Pitras mais aussi des **questionnements** développés par d' autres **missions polaires** (principalement de le cadre de l'**API**) avec une vision plus cohérente et plus globale des **enjeux et des défis pour le XXIème siècle**.

-le géographe

Il doit réaliser une **carte dynamique du Groenland** et un **schéma de cohérence territoriale**, *à partir d'une étude géographique complète*, afin de préciser les orientations générales de **l'organisation de l'espace de l'île**.
Le géographe doit absolument repérer le **nom des lieux** traversés par Olivier Pitras sur la *côte ouest* et utiliser l'échelle pour produire des schémas pertinents.
Le projet doit permettre de valider un modèle de concertation pour une meilleure approche du **risque climatique dans la zone arctique**.
Il doit exposer les points fondamentaux de la démarche et identifier certaines **évolutions des paysages de la zone froide (dynamique glaciaire).**

La synthèse doit faire apparaître les **caractéristiques météorologiques et océaniques côtieres** qui influent sur la **dynamique littorale** depuis 50 ans.
Le travail doit être obligatoirement complété par une série de **fiches techniques** destinées à la mise en œuvre de **l'application méthodologique**.
La carte du Groenland doit permettre de **situer précisément** chaque exemple et de **replacer les indications de bord** dans le **contexte géographique** des explications d'Olivier Pitras.

L'objectif principal est **la connaissance et la gestion du risque climatique en Arctique** *(collège),* et **les conséquences probables du réchauffement sur la fonte de la calotte polaire et l'économie du Groenland** *(lycée).*

Les outils du débat

Propositions de sujets

Collège

-Qu'est-ce qu'un milieu « naturel » ?
-Peut-on parler de milieu ou de paysage « naturel »pour l'Arctique ?
-Comment Olivier Pitras décrit-il le domaine glaciaire et désertique ?
-La glace est-elle un désert sans vie ?
-Pourquoi les glaces jouent-elles un rôle prépondérant dans l'équilibre climatique de la Terre ?
-Quel est l'impact du changement climatique en Arctique ?
-Pourquoi faut-il gérer durablement les ressources océaniques ?

+ Exposés à réaliser sur les faces des paysages arctiques, le climat polaire, la vie en milieu extrême (habiter des espaces à fortes contraintes) et l'avenir des peuples du Nord.

Lycée

-Le climat exerce t-il la principale contrainte sur le milieu vivant des régions de l'Arctique ?

-L'Arctique exerce t-il un rôle particulier dans le climat mondial ?

Réaliser un tableau et une carte de synthèse sur le cycle de l'eau et la répartition des climats dans le monde, en répertoriant certaines variations actuelles qui montrent une évolution des eaux marines liée au réchauffement global, l'incidence de la diminution de la calotte polaire Arctique et le ralentissement de la circulation thermohaline atlantique sur les équilibres thermiques.
Produire une synthèse régionale, à partir des étapes réalisées par Olivier Pitras (modèle proposé en annexe 4) sur les aléas et les enjeux du réchauffement des régions arctiques.

-Les incidences du contexte climatique dans le développement des régions du Nord : enjeux et défis de la mondialisation (la gestion et la protection d'espaces convoités).

Annexe 1 / Le climat de la région circumpolaire Arctique

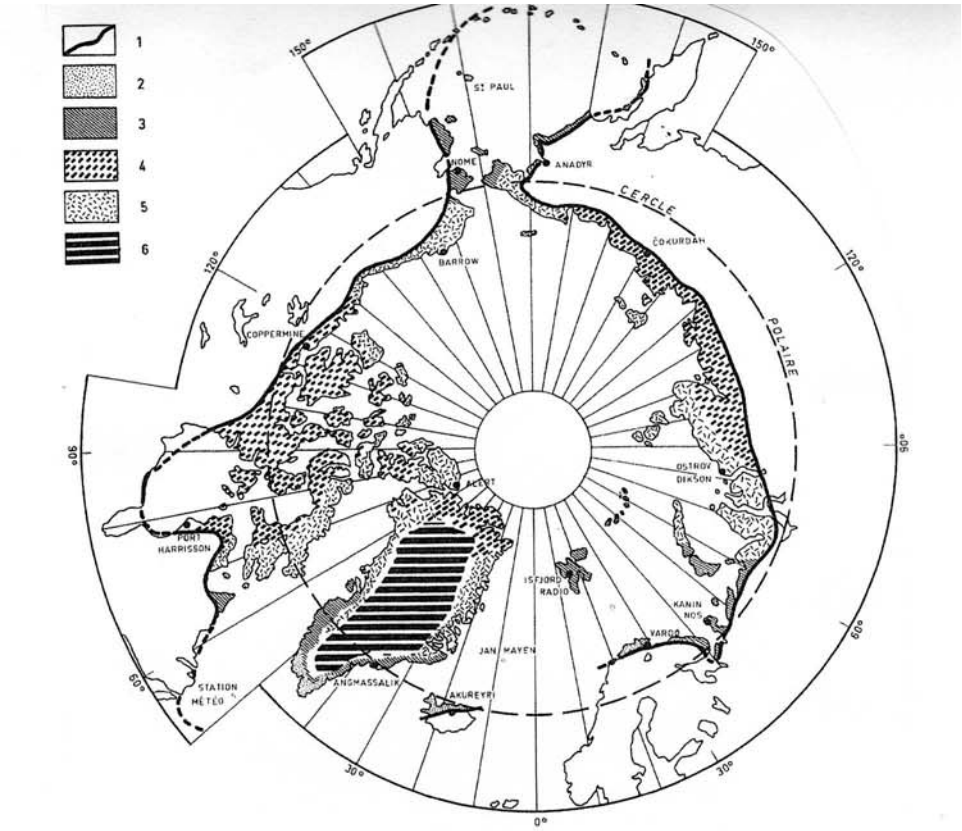


FIG. 9.1 — **Esquisse des types de climats dans l'Arctique.**

1 : Isotherme + 10 °C pour la moyenne du mois le moins froid. 2 : Climat subpolaire océanique. 3 : Climat polaire océanique. 4 : Climat arctique continental. 5 : Climat polaire à temps contrastés. 6 : Climat de centre d'inlandsis.

Document

Moyennes mensuelles de températures et d'heures d'ensoleillement au Nunavut.
(Source: http://www.nunafranc.ca/)

Mois	Températures moyennes (en ° C)	Heures d'ensoleillement par jour
Janvier	-25,8	6,1
Février	-26,8	8,8
Mars	-23,5	11,8
Avril	-14,7	14,4
Mai	-4,2	17,9
Juin	3,4	19,2
Juillet	7,7	18,9
Août	6,8	16
Septembre	2,3	13
Octobre	-4,9	9,9
Novembre	-12,7	7
Décembre	-22,1	5,1

Annexe 2 / Carte du Nunavut (éditions Atlas, collection « atlas en cartes »)

Annexe 3 / Eléments de la dynamique atmosphérique, climatique et océanique

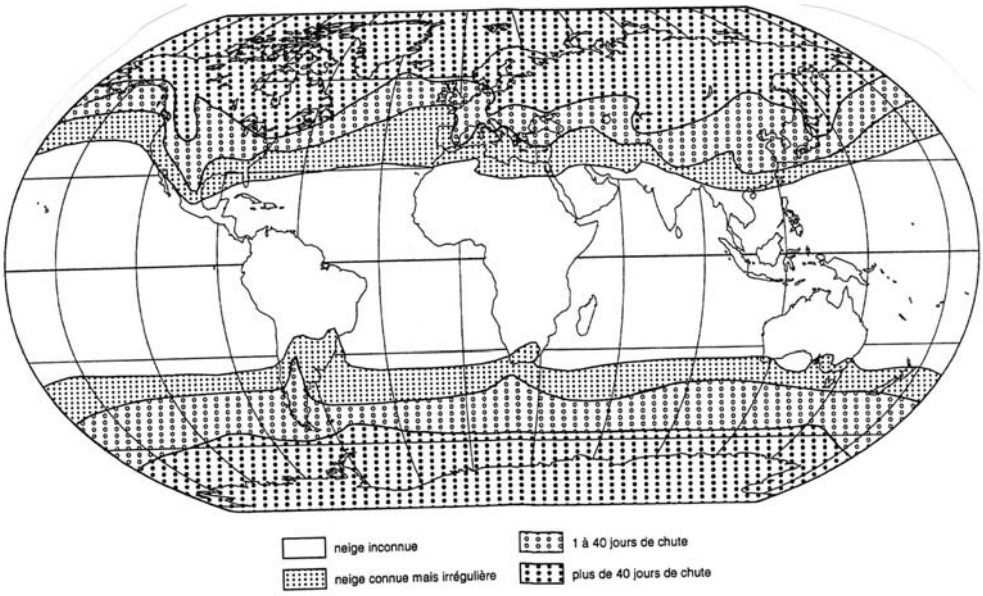


FIG. 4.12 — **Nombre de jours de chutes de neige au niveau de la mer.**
D'après BLÜTHGEN et SEKIGUCHI.

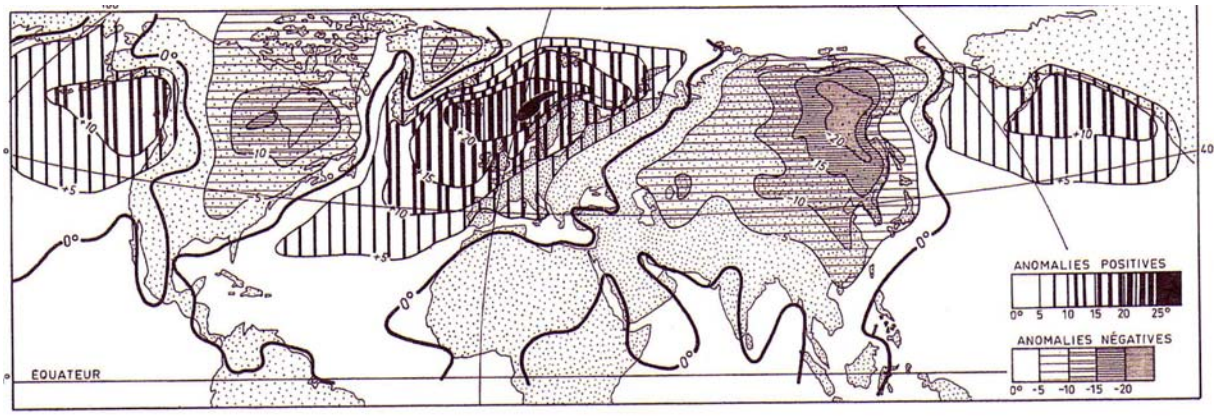
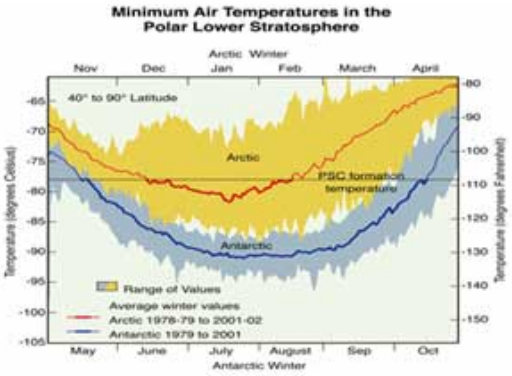


FIG. 2.4 — **Anomalies thermiques dans l'hémisphère nord en janvier (°C).**
D'après l'*Atlas soviétique de Géographie physique*, simplifié.



Annexe 4 / Tableau des incidences du réchauffement climatique sur les régions froides

Eléments géographiques à fournir à partir des indices fournis par Olivier Pitras sur le trajet et les régions traversées.

Localisation	*Phénomène naturel*	*Phénomène induit*	*Lien avec le réchauffement climatique*	*Théorie explicative*	*Conséquences et enjeux Répercussions*	*Lien avec le développement durable*	*Synthèse*
Ex: Bassin arctique Baies nord-canadiennes Côtes du Groënland Mer de Baffin Mer de Barents Détroit de Fram Nord de la Sibérie Nord de l'Alaska	Fonte de la calotte polaire L'océan gelé du nord de la planète fond rapidement. Pluviosité hivernale plus importante.	Dérèglement thermique, océanique et continental. Des conditions climatiques plus clémentes. Détachement d'icebergs. L'apparition de fractures et de zones d'eau libre. Déformation et dérive des banquises.	Hausse des températures liée à l'effet de serre. Fusion de la glace. Interaction entre l'océan, l'atmosphère et les glaces. Le réchauffement bouleverse le climat polaire.	La glace fond. La mer monte. Les courants changent. Modification de la circulation thermohaline, le "talon d'Achille" du système climatique.	Net recul du pack arctique. Amincissement de la banquise. Modification du régime des vents et augmentation du nombre de tempêtes hivernales. Disparition du régime des glaces pluriannuelles.	Submersion des terres liée à l'expansion thermique des océans. Erosion des côtes. Disparition des îles, qui ne sont plus protégées par les glaces. Destruction des forêts par les insectes.	La fonte de la calotte polaire entraîne de sérieuses modifications climatiques à l'échelle des continents. (modification des équilibres thermiques à haute latitude en saison froide).