

Professeu Glaad



SOL au PÔLE NORD

LE DOSSIER PÉDAGOGIQUE

par Célia Sapart, Climatologue et glaciologue

Illustrations et mise en page : Cabane

Sol



Ce document vise les enseignants et encadrants des enfants qui participent au projet de Sol au Pôle Nord. Il comprend des fiches sur des thèmes liés au sujet du livre.

PARTIE 1 : LE CLIMAT

Dites-mous, Professeur glaciol



QU'EST-CE QUE LE CLIMAT ?

LA MÉTÉO

C'EST LE TEMPS QU'IL FAIT AUJOURD'HUI OU DEMAIN.
LA MÉTÉO VOUS DIT QUOI PORTER CHAQUE JOUR !



LE CLIMAT

C'EST LE TEMPS QU'IL FAIT DANS UNE RÉGION DONNÉE
PENDANT UNE PÉRIODE DE TEMPS DONNÉE.
LE CLIMAT VOUS DIT CE QUE VOUS DEVEZ AVOIR DANS
VOTRE GARDE-ROBE !



Dites-mous, Professeur glaciol



QUE SONT LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

Les **changements climatiques** ([Lien 1](#)) sont des modifications du climat global de la Terre ou de ses régions sur différentes échelles de temps (du millions d'années à la décennie).

Les causes de ces modifications peuvent être **naturelles** ou **anthropiques**, c'est-à-dire entraînées par les activités humaines.



Quels sont les phénomènes qui contrôlent le climat ?

La **quantité de rayonnement solaire qui arrive sur terre** varie avec le temps selon des cycles de plusieurs dizaines, voire centaines de milliers d'années. On les appelle les cycles de Milanković. Ces cycles sont notamment responsables des alternances de périodes glaciaires (froides) et interglaciaires (plus chaudes). D'autres phénomènes affectent également le climat, mais à beaucoup plus court terme.

El Niño, par exemple, est un phénomène climatique qui affecte le climat de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie, mais aussi le climat de l'hémisphère Sud, notamment au niveau du Pacifique. Il modifie fortement le cycle hydrologique (pluviométrie, sécheresses, température des eaux de surfaces) et ses conséquences sont ressenties globalement. La composition de l'atmosphère joue aussi un rôle clé sur notre climat, notamment du fait de l'**effet de serre** ([Lien 2](#)).

Lien 1: <https://www.youtube.com/watch?v=NfaeoCORuzk>

Lien 2: <https://education.francetv.fr/matiere/developpement-durable/cinquieme/video/c-est-quoi-l-effet-de-serre>

Dites-moi, Professeur glaciol



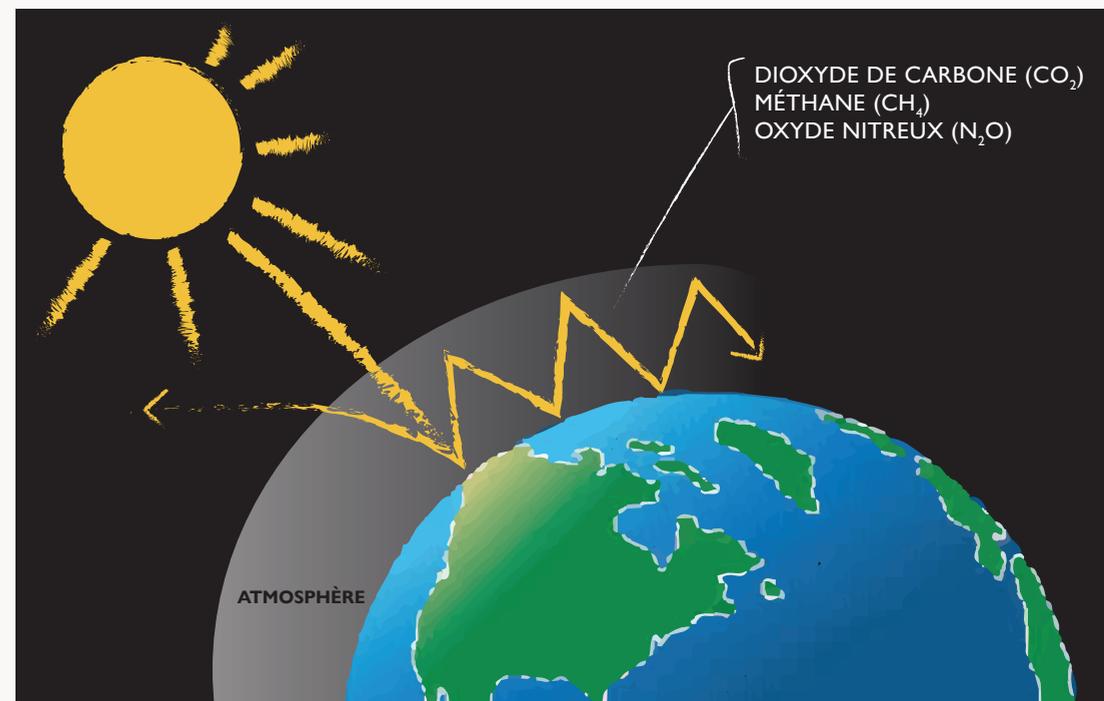
QU'EST-CE QUE L'EFFET DE SERRE ?

L'atmosphère est la couche d'air qui entoure la Terre. Elle est principalement composée d'azote et d'oxygène, mais on y trouve également des **gaz à effet de serre**, comme par exemple le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux.

Ces gaz agissent comme une couverture en piégeant la chaleur à la surface de la Terre. En réalité, le rayonnement solaire réchauffe la surface de la Terre qui absorbe la chaleur. Puis, la surface rayonne de la chaleur en retour vers l'atmosphère et c'est ce rayonnement qui est piégé par les gaz à effet de serre.

Ces gaz ont toujours été présents dans l'atmosphère et c'est grâce à eux que la vie existe. Effectivement, sans eux, la température moyenne sur terre serait de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ et il n'y aurait donc pas d'eau liquide et donc pas de vie. Plus il y a de gaz à effet de serre, plus il y a de chaleur piégée dans l'atmosphère !

Le problème aujourd'hui est que les êtres humains émettent de grandes quantités de gaz à effet de serre qui entraînent un dérèglement de notre climat



Dites-mous, Professeur glaciol



POURQUOI SOL NE PEUT-IL PAS RENTRER CHEZ LUI ?



Sol est un rayon de soleil, donc une sorte de boule de chaleur qui arrive sur terre à très haute température.

Il contient donc beaucoup d'énergie, mais celle-ci va être absorbée par la surface des continents ou des océans pour les réchauffer.

En donnant son énergie à la Terre, il devient alors un rayon de soleil à faible énergie et se retrouve piégé dans l'atmosphère.

Effectivement, les gaz à effet de serre absorbent les rayons à faible énergie qui proviennent de la Terre.

Néanmoins, ils n'absorbent pas les rayons qui viennent directement du Soleil, car ceux-ci contiennent beaucoup d'énergie et leur structure est différente.

Pour Sol, la seule solution pour avoir une chance de rentrer chez lui est donc de diminuer la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère afin qu'il puisse trouver un passage pour repartir vers l'espace!

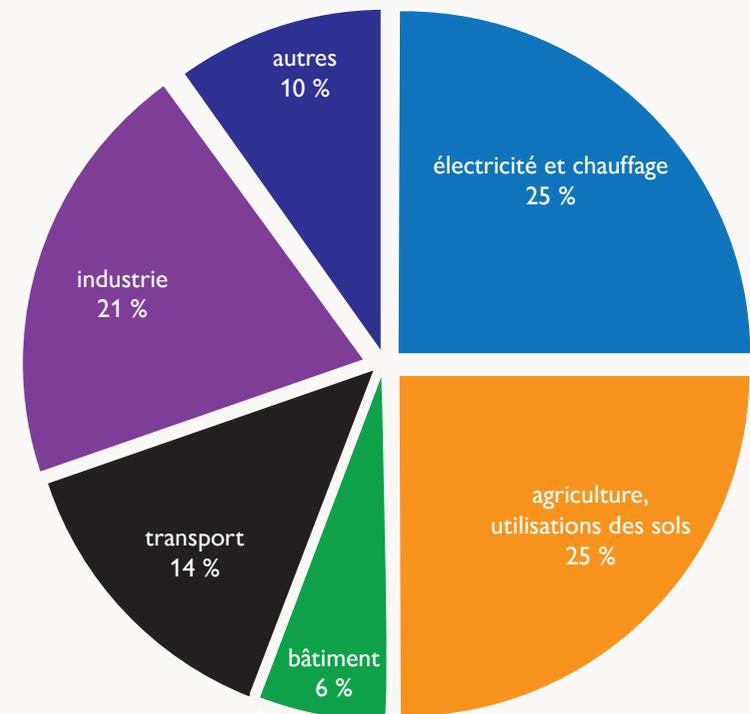
Dites-mous, Professeur glaciol



QUELLES SONT LES SOURCES DE GAZ À EFFET DE SERRE ?

Une source de gaz à effet de serre est un phénomène qui émet ces gaz. Il existe des sources naturelles, notamment les marécages, les feux de forêts, les océans et la respiration des êtres (animaux et végétaux) vivants. Mais aujourd'hui, les sources majeures proviennent des activités humaines comme l'industrie, les transports, l'agriculture, les bâtiments et autres (par ex. l'internet). Le diagramme ci-dessous montre la distribution des différentes sources anthropiques. La recherche a montré très clairement et à de multiples reprises qu'il était crucial de diminuer nos émissions de gaz à effet de serre pour limiter les conséquences catastrophiques des changements climatiques. **Il faut diminuer d'environ 50% nos émissions jusqu'à 2050 si nous voulons pouvoir changer les choses.** Cela demande un immense effort commun, mais c'est encore possible. Environ un tiers de l'effort doit être fourni par les individus eux-même et il est donc essentiel que les mentalités changent par rapport à notre consommation.

Les **secteurs du transport et du bâtiment** sont aujourd'hui les **plus problématiques** et leurs émissions de gaz à effet de serre continuent à augmenter alors qu'elles devraient diminuer. L'**alimentation** est également un secteur clé, car les bovins émettent beaucoup de méthane, les fertilisants utilisés dans l'**agriculture** émettent de l'oxyde nitreux et les changements d'utilisations des sols jouent un rôle sur le cycle du dioxyde de carbone. Mais aussi le **transport de biens et de nourriture** émet énormément de gaz à effet de serre.



Dites-mous, Professeur glaciol



QUELLES SONT LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

Les changements climatiques affectent fortement les systèmes naturels et humains au niveau régional et global.

Les glaces fondent, le niveau de la mer monte, la température globale augmente et les systèmes atmosphériques et hydrologiques sont complètement perturbés.

Ce phénomène a un impact sur l'économie mondiale, mais également sur la santé publique.

Pour plus d'informations:

- Lien 1
<https://unfccc.int/fr/news/etat-du-climat-en-2018-les-consequences-du-changement-climatique-s-intensifient>
- Lien 2
<https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/les-effets>
- Lien 3
https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_fr
- Lien 4
<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/rechauffement-climatique-consequences-rechauffement-climatique-1298/>

QUELQUES FAITS -----> PISTES DE SOLUTIONS

LA PRODUCTION ET LE TRANSPORT DE NOURRITURE SONT DES SOURCES MAJEURES DE GAZ À EFFET DE SERRE...



QUELQUES FAITS -----> PISTES DE SOLUTIONS

LE GASPILLAGE ALIMENTAIRE ÉMET 170 MILLIONS DE TONNES PAR AN DE CO₂ DANS L'UE (5% DES ÉMISSIONS TOTALES) !



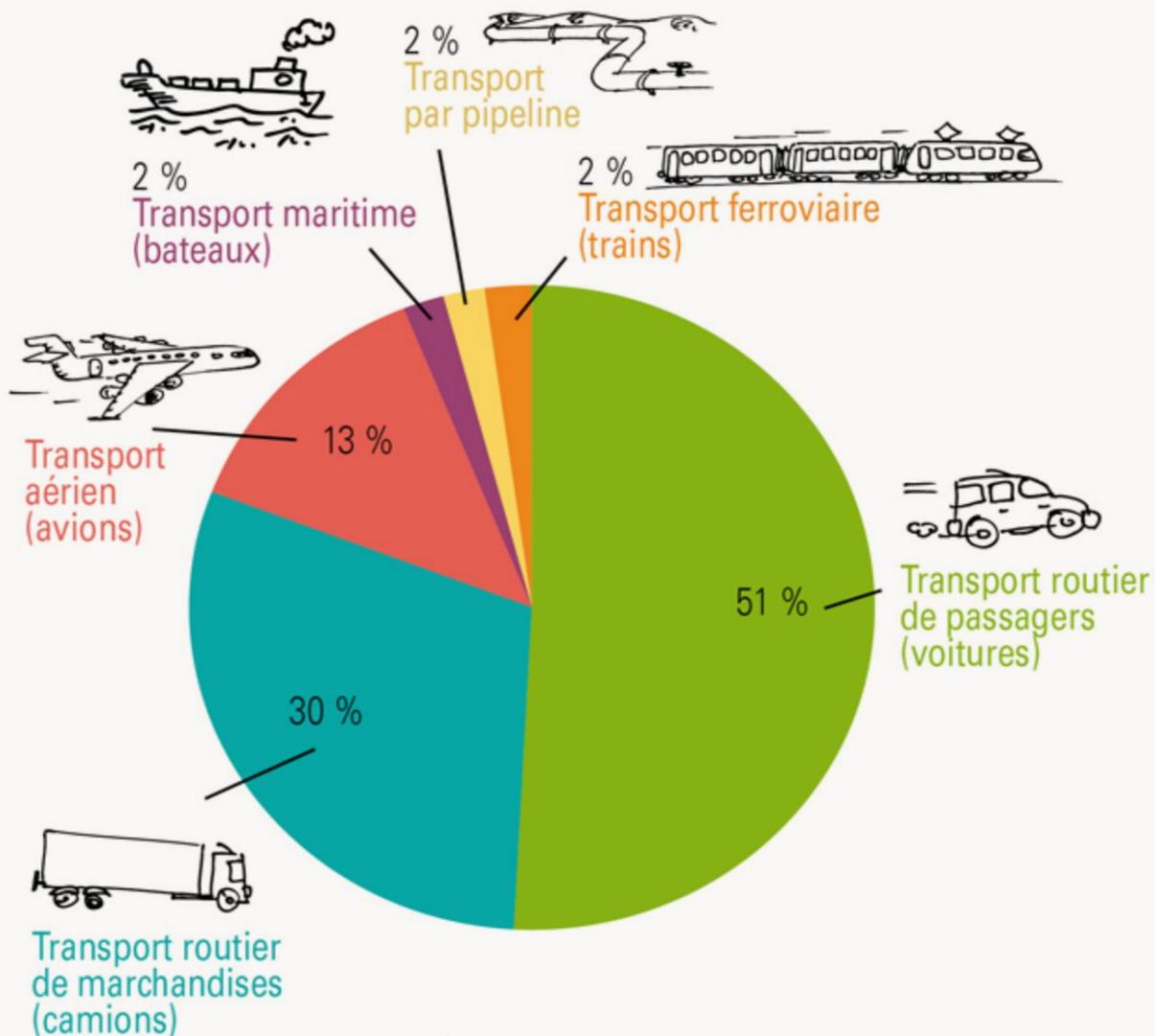
ENTRE 500g ET 1Kg DE NOURRITURE EST GASPILLÉE PAR JOUR ET PAR PERSONNE.

QUELQUES FAITS -----> PISTES DE SOLUTIONS

L'INDUSTRIE DE LA (TÉLÉ-)COMMUNICATION ET DES TECHNOLOGIES MULTIMÉDIAS (INTERNET, STREAMING VIDÉO, CHATS, SERVEURS (CLOUDS),ETC) PRODUIT PLUS DE 830 MILLIONS DE TONNES DE CO₂ PAR AN (2% DU BUDGET GLOBAL).



QUELQUES FAITS -----> PISTES DE SOLUTIONS



Source: Les cahiers du Développement Durable

LES TRANSPORTS SONT RESPONSABLES D'UNE GRANDE PARTIE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET CES ÉMISSIONS CONTINUENT À AUGMENTER....

POUR PLUS D'INFORMATIONS:

<http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/transports-climat/>

QUELQUES CHIFFRES -----> PISTES DE SOLUTIONS

UTILISER SON SMARTPHONE 2H PAR JOUR = 7 Kg DE CO₂ PAR JOUR = 2500 Kg PAR AN
--- 3 MINUTES DE CHAT = ENVOYER UNE LETTRE PAR LA POSTE ---

ENVOYER UN EMAIL = 4g DE CO₂ | AVEC PIÈCE-JOINTE = JUSQU'À 50g DE CO₂

UNE RECHERCHE SUR INTERNET = JUSQU'À 7g DE CO₂

REGARDER UNE VIDÉO OU UNE IMAGE = JUSQU'À 30g DE CO₂ PAR MINUTE
UN FILM ENTIER = 3-4 Kg DE CO₂

MANGER CHAQUE JOUR AU FAST FOOD = 3 Kg DE CO₂ = 1100 Kg PAR AN

TRAVERSER BRUXELLES CAPITALE EN VOITURE CHAQUE JOUR
= 3 Kg DE CO₂ PAR JOUR
= 1100 Kg PAR AN

UN VOL PARIS -NEW-YORK = 1000 Kg DE CO₂

PARTIE 2 : LE GRAND NORD

Dites-moi, Professeur glaciol



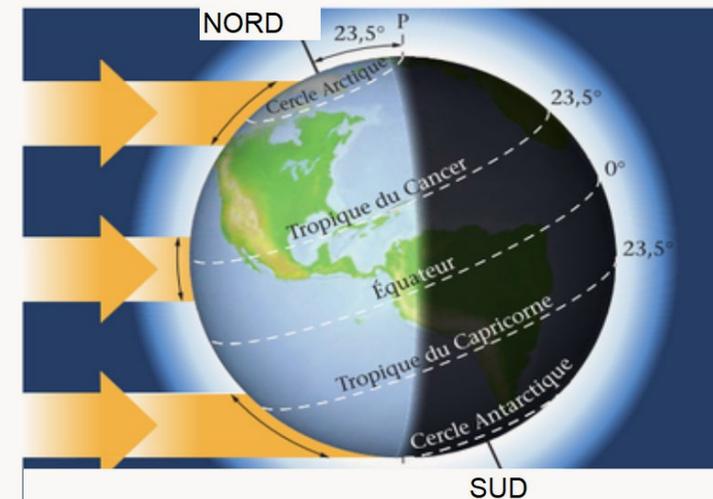
POURQUOI FAIT-IL PLUS FROID DANS LES PÔLES ?

... CAR MOINS D'ÉNERGIE SOLAIRE PAR M² ATTEINT LES PÔLES...

Comme la Terre est une sphère, toutes les régions ne reçoivent pas la même quantité d'énergie solaire (ou d'insolation). Les régions du globe où le rayonnement solaire arrive verticalement recueillent davantage d'énergie par m² que les régions qui sont atteintes par un rayonnement oblique. On peut simuler ce phénomène avec une torche électrique par exemple. Si on pointe le faisceau de la torche à angle droit vers le bas, on obtient une tache lumineuse plus petite mais plus intense sur le sol. Par contre, si on pointe le faisceau de la lampe de telle sorte qu'il atteigne le sol avec un angle de 45°, la tache lumineuse couvre une zone plus large mais elle n'apparaît pas aussi intense. Vous voyez sur cette image que les hautes latitudes reçoivent donc moins d'énergie que les basses latitudes.

Donc elles sont moins chaudes.

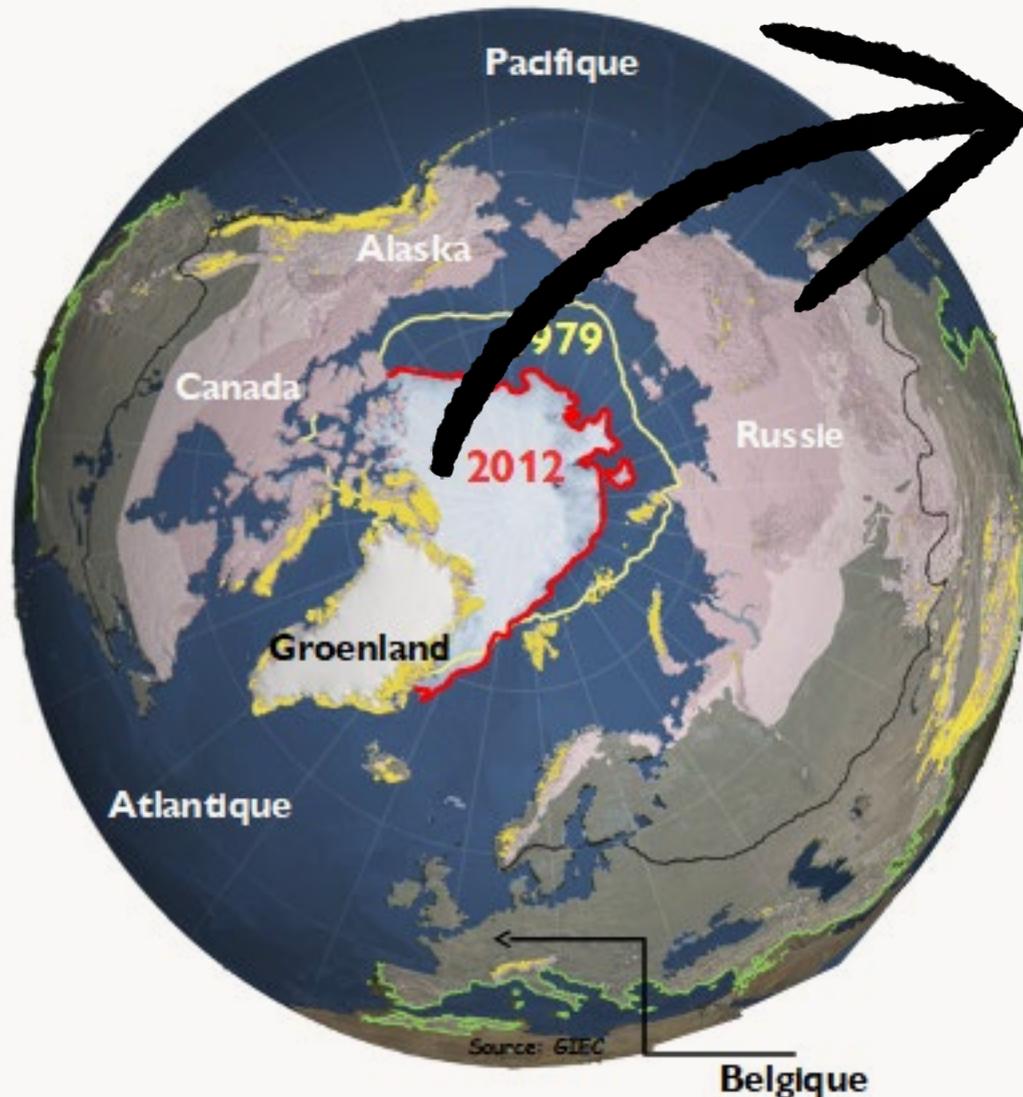
Comme la quantité de radiations solaires incidentes varie en fonction de la latitude, les régions polaires sont plus froides que les régions équatoriales.



De manière similaire, le faisceau de lumière d'une torche électrique orienté à angle droit d'une surface est plus étroit et plus intense (plus chaud) qu'un faisceau orienté obliquement !



LE GRAND NORD ET SES GLACES (1)



LA BANQUISE OU GLACE DE MER...

Lors des chutes de température hivernale et sous l'effet de forts vents, les eaux de surface des océans gèlent pour former des plates-formes flottantes de glace qui se consolident et s'épaississent durant la saison hivernale. Cette glace de mer est communément appelée : la banquise. Celle-ci peut être saisonnière, c'est-à-dire qu'elle fond chaque été, ou pérenne, dans ce cas-ci, son épaisseur peut atteindre environ 3m. Cette carte montre la limite estivale de la banquise pérenne en 1979 (jaune) et en 2012 (rouge). Dans le contexte des changements climatiques, l'Océan Arctique a vu fondre 50% de sa banquise ces derniers 50 ans et cette fonte s'accélère. Si les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas fortement réduites dans les années à venir, la banquise arctique n'existera plus d'ici à 2050.

LA BANQUISE OU GLACE DE MER...



LA BANQUISE OU GLACE DE MER...



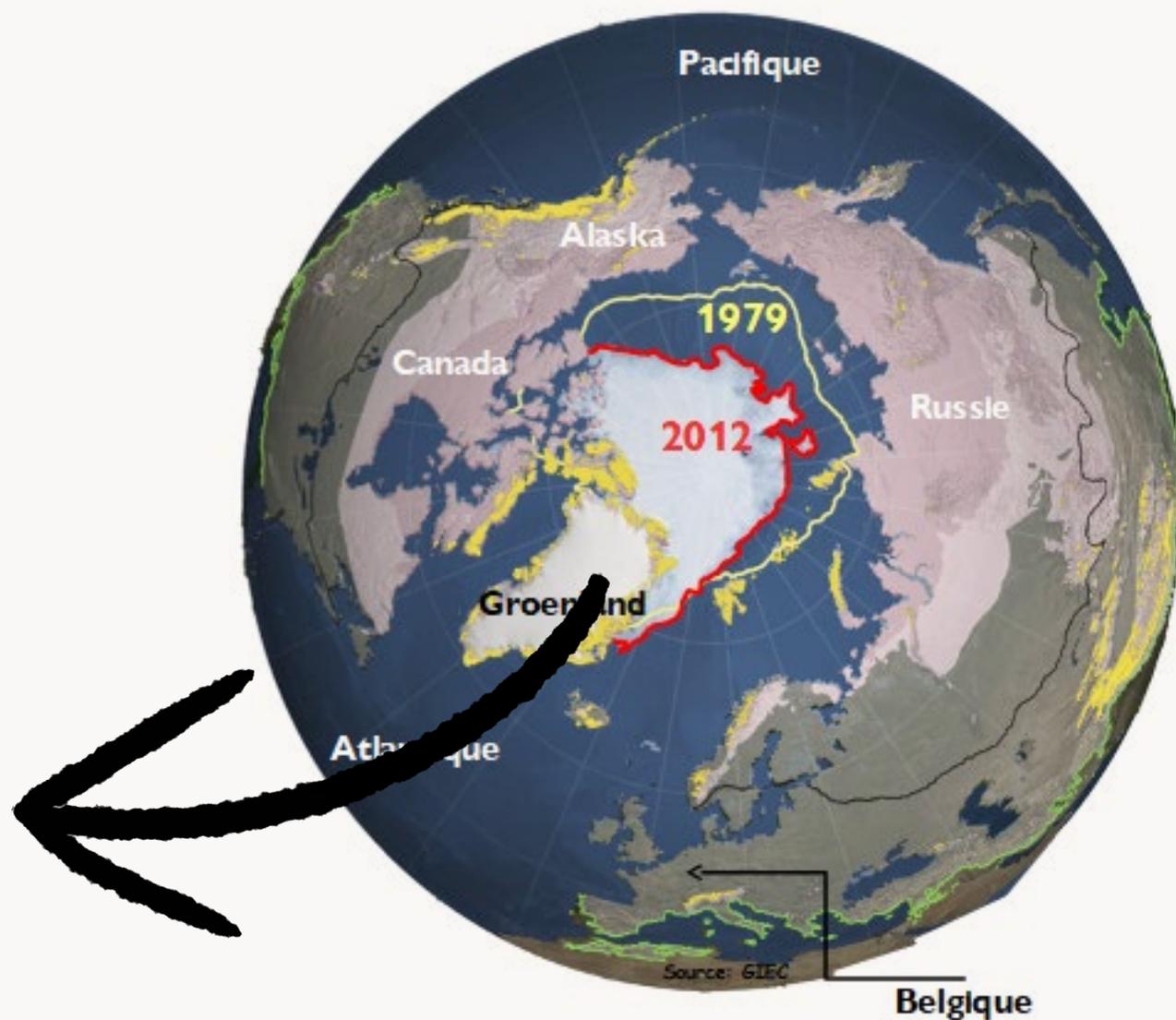
LE GRAND NORD ET SES GLACES (2)

LES CALOTTES GLACIAIRES ET AUTRES GLACIERS...

Les calottes glaciaires représentent d'immenses étendues de glace continentale. Elles se sont formées, comme les autres glaciers, du fait de l'accumulation de précipitations neigeuses durant des milliers (voire des millions) d'années. La calotte du Groenland mesure plusieurs kilomètres d'épaisseur (environ 3km) à son sommet et s'écoule en direction des côtes où elle se fracture pour former des icebergs. Cet apport d'eau continentale vers l'océan joue un rôle crucial sur la montée du niveau de la mer.

Du fait des émissions de gaz à effet de serre par l'activité humaine, le Grand Nord se réchauffe plus vite et plus fort que toutes les autres régions du monde. Cela affecte la fonte du Groenland qui s'accélère d'année en année selon les dernières données satellitaires.

Outre pour le rôle qu'elles jouent sur le niveau de la mer, les calottes glaciaires sont également étudiées, car elles représentent de véritables archives des climats passés.



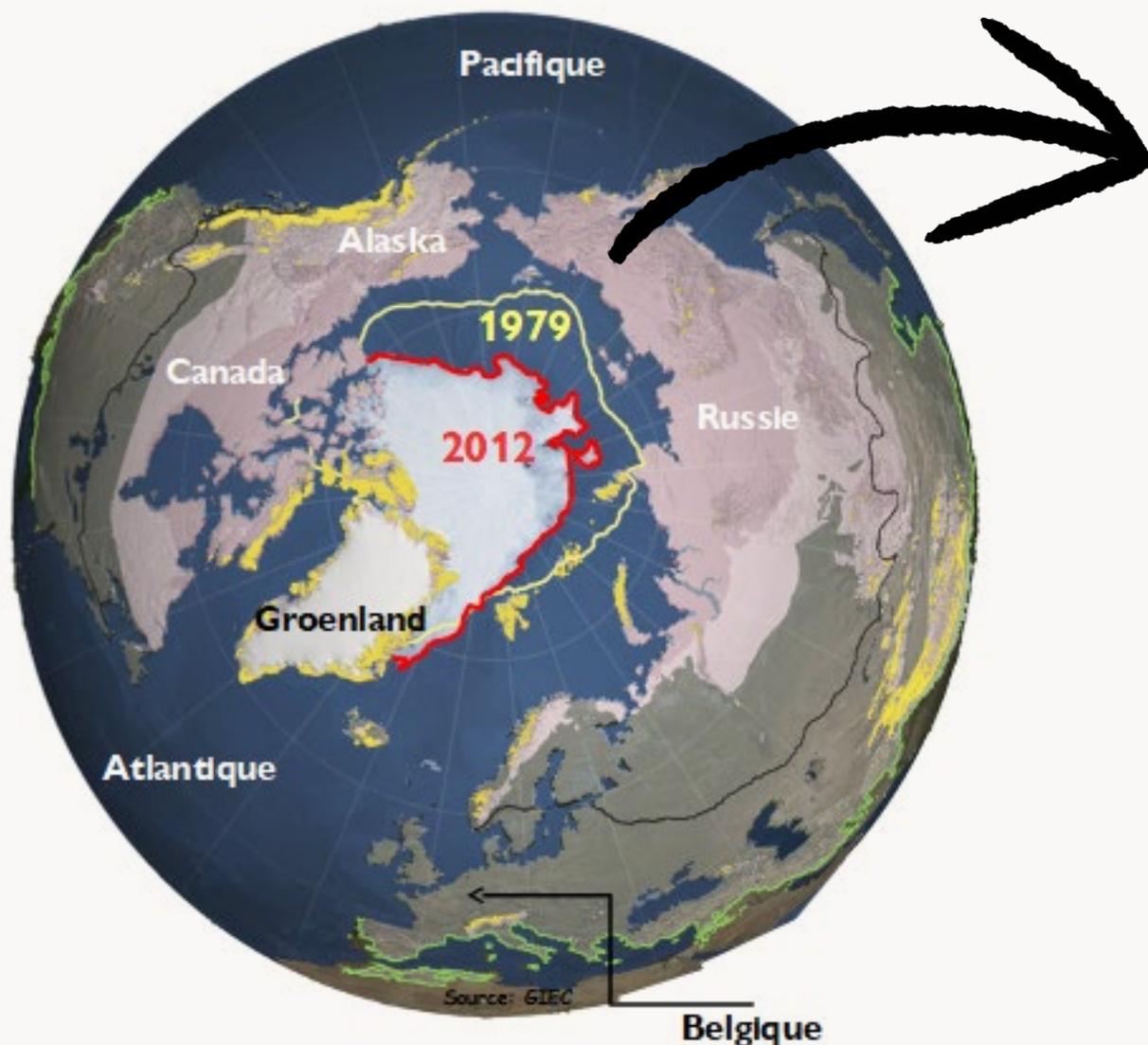
LES CALOTTES GLACIAIRES ET AUTRES GLACIERS...



LES CALOTTES GLACIAIRES ET AUTRES GLACIERS...



LE GRAND NORD ET SES GLACES (1)



LE PERGÉLISOL OU PERMAFROST...

Les pergélisols sont des sols gelés de manière permanente au moins deux ans consécutifs. Ils recouvrent près de 25% de l'hémisphère nord (en rose sur la carte) au niveau des sommets alpins, mais surtout dans les hautes latitudes. Ces sols renferment de gigantesques quantités de carbone et peuvent atteindre des centaines de mètres de profondeur. Avec la hausse drastique des températures dans le Grand Nord, les pergélisols fondent et forment des marécages, ce qui entraîne la remobilisation du carbone qu'ils contiennent et la formation de gaz à effet de serre comme le méthane et le dioxyde de carbone. Outre son effet sur le climat, la fonte du permafrost entraîne également d'importants dégâts matériels au niveau des routes, des habitations et autres infrastructures dans les hautes latitudes.



LE PERGÉLISOL...



MARÉCAGES FORMÉS PAR LA FONTE DES PERGÉLISOLS



Dites-mous, Professeur glaciol



COMMENT ÉTUDIE-T-ON LA GLACE ?

...DANS LES CALOTTES GLACIAIRES

Afin de reconstruire les climats du passé, les chercheurs installent des camps de forage au sommet des calottes glaciaires (ici le camp de NEEM au sommet Nord du Groenland). Les carottes de glace extraites devant être conservées à température constante, le forage, les mesures, l'emballage et le stockage des échantillons se font dans des tranchées creusées sous la glace. Ce type de forage est de grande ampleur et permet de forer 3m de glace à la fois. Il faut donc environ 1000 allers-retours dans le trou de forage pour atteindre la glace la plus ancienne (vieille d'environ 150 000 ans) à près de 3km de profondeur. Un tel exercice prend plusieurs années de travail intense.



...DANS LA BANQUISE

La banquise est un milieu très dynamique dont l'étendue évolue fortement au cours des saisons. Mais elle est également le siège d'une vie microscopique très intense. De nombreux microbes et algues y vivent et jouent un rôle majeur sur la biodiversité de cet environnement pourtant si hostile. Les glaciologues partent en mission, souvent en brise-glace, afin d'étudier l'évolution de la banquise et les processus qui s'y déroulent.







FORAGE DANS LA BANQUISE

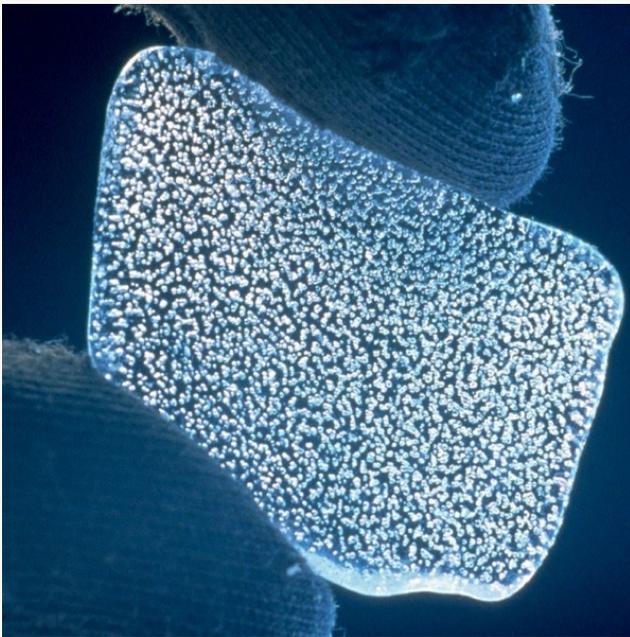


Dites-mous, Professeur glaciol



COMMENT PEUT-ON RECONSTRUIRE LES CLIMATS DU PASSÉ ?

De l'air atmosphérique se trouve entre les flocons de neige qui tombent sur les sommets des calottes glaciaires. Cette neige se compacte sous son propre poids pour devenir de la glace et l'air qu'elle contient se transforme avec le temps en petites bulles d'air qui se retrouvent piégées dans la glace.



Analyser ces bulles permet donc de reconstituer la composition en gaz (notamment en gaz à effet de serre comme le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2) de notre atmosphère dans le passé. Mais ce n'est pas tout, car l'analyse de la composition chimique (isotopique) de l'eau que

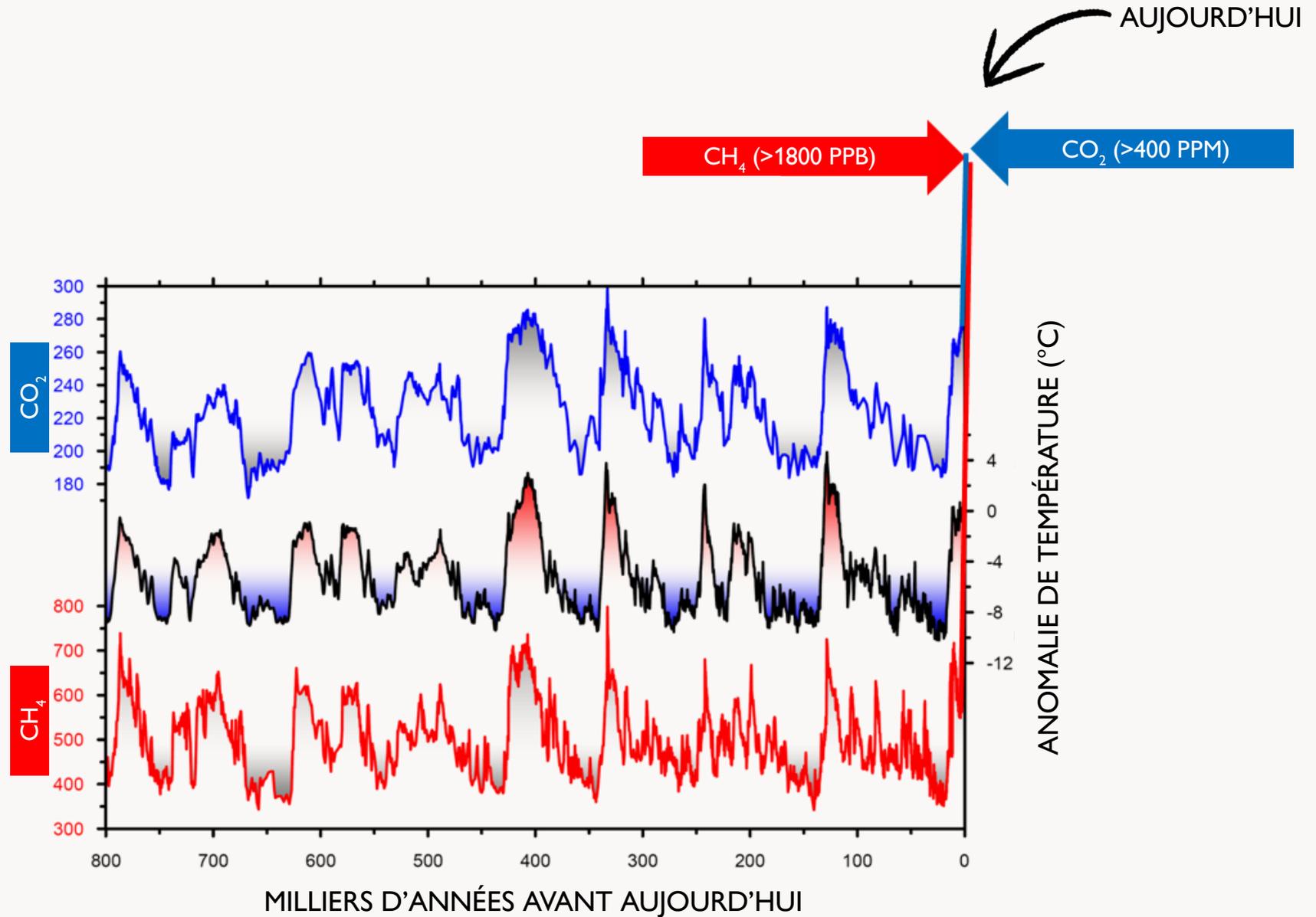
forme cette glace permet de déterminer la température qu'il faisait au moment où sont tombées les précipitations neigeuses qui l'ont formée.

Les grands forages glaciaires permettent donc de reconstituer de manière continue les climats du passé jusqu'à 150'000 ans en utilisant des carottes du Groenland et jusqu'à plus de 800'000 en utilisant des carottes de glace de l'Antarctique (Pôle Sud).

Ces données ont permis de découvrir l'existence des cycles climatiques (voir graphique ci-dessous). Les périodes glaciaires plus froides sont en bleu et les périodes interglaciaires plus chaudes sont en rouge. Ce sont des phénomènes naturels causés principalement par les variations de rayonnement solaire sur différentes zones de la Terre. Mais ces données ont également mis en évidence le rôle de l'activité humaine sur les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre depuis plus de 200 ans.

RECONSTRUCTIONS CLIMATIQUES

LE PASSÉ EST LA CLÉ DU FUTUR !



Dites-mous, Professeur glaciol



COMMENT DATER LA GLACE ?

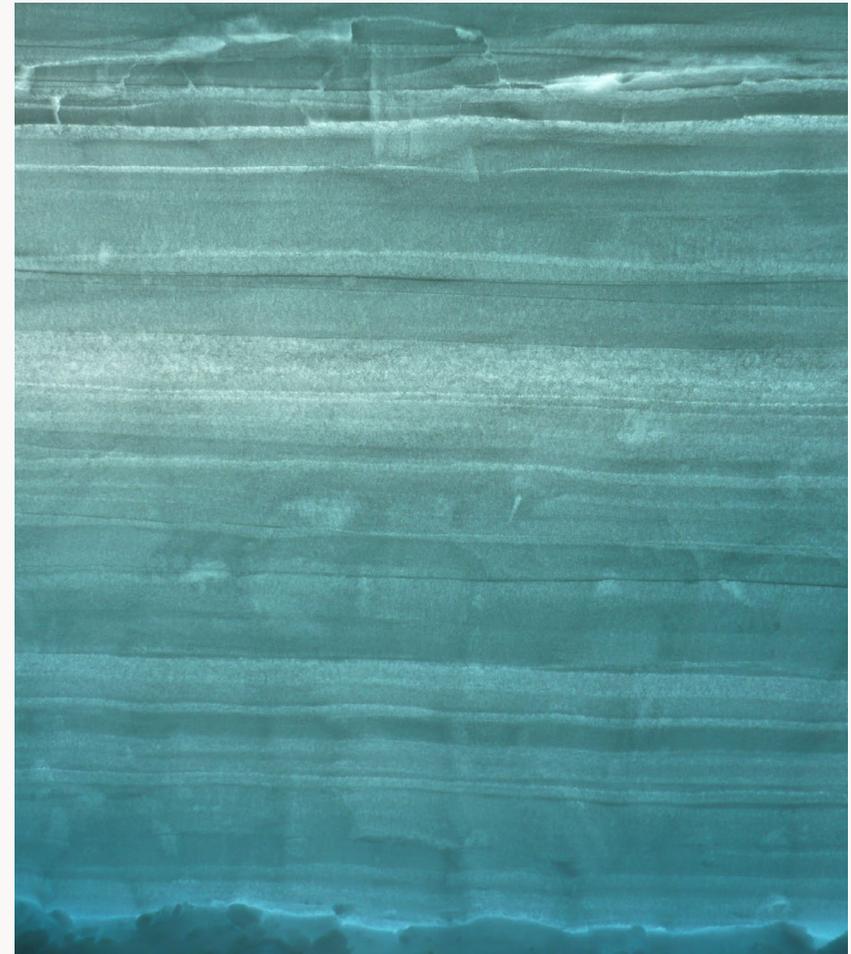
Quand la glace est récente, il est relativement facile de compter ses couches pour les dater (voir photo ci-contre), mais avec la profondeur, les couches s'affinent et cela devient de plus en plus compliqué.

De ce fait là, on analyse le contenu en poussière dans la glace. Effectivement, des tempêtes de poussières de grande ampleur se produisent dans l'hémisphère nord chaque été.

Ces poussières sont transportées par les vents jusqu'au Groenland et se déposent sur la calotte.

En mesurant les propriétés électriques de la glace ou en faisant des observations par microscope, il est possible de compter ces couches de poussières et donc de dater les différentes couches de glace.

D'autres méthodes peuvent être utilisées comme des mesures d'éléments radioactifs, notamment le Béryllium 10.



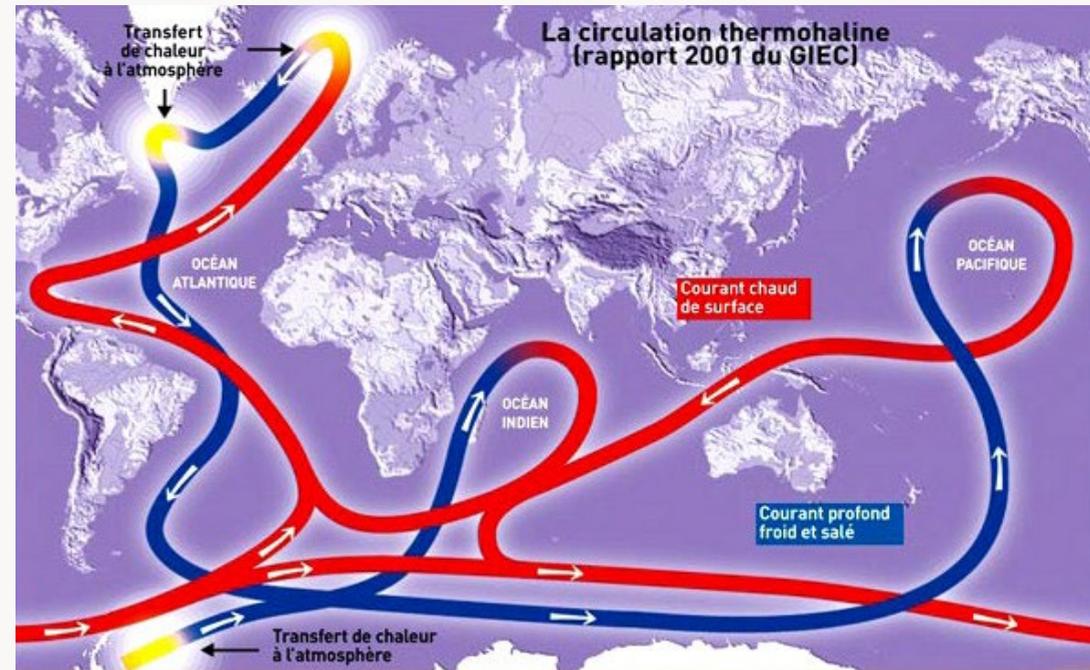
Dites-mous, Professeur glaciol



QUEL EST LE RÔLE DU GRAND NORD SUR NOTRE CLIMAT?

Les régions arctiques jouent un rôle clé sur le climat de l'hémisphère Nord pour plusieurs raisons. Quand la banquise fond, les rayons du soleil sont directement absorbés par l'Océan Arctique et cela réchauffe ses eaux et les continents alentours. Ce réchauffement fait changer les courants marins mondiaux et cela modifie donc la distribution de la chaleur dans les différentes régions du monde. La carte ci-dessous montre les courants marins de surface qui sont relativement chauds (en rouge) et les courants profonds plus froids (en bleu). On observe que les eaux plongent de la surface vers les profondeurs (en jaune) au niveau des pôles. Cela est causé notamment par la formation de la banquise. Effectivement, quand la banquise se forme, l'eau de surface gèle et les sels, présents à l'origine dans cette eau, s'accumulent sous la glace. On a donc une couche d'eau très salée (donc plus « lourde ») sous la banquise. Cette eau « lourde » va donc plonger vers les profondeurs et cela est le moteur de ce tapis roulant que représentent les courants marins mondiaux comme le montre la carte. Donc, quand la banquise cesse de se former, cela bouleverse fortement les courants marins et donc le climat partout sur la Terre.

La chaleur absorbée dans le Grand Nord perturbe aussi les courants atmosphériques et cela affecte également notre climat et notre météo.



LIENS UTILES

VOUS TROUVEREZ ICI UNE LISTE DE LIENS (DONT LE CONTENU SCIENTIFIQUE A ÉTÉ VÉRIFIÉ) QUI RÉPONDENT À DES QUESTIONS LIÉES AU LIVRE OU QUI PEUVENT LE COMPLÉTER.

POUR LES ENFANTS

« LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN 4 MINUTES » (VIDÉOS)

https://www.youtube.com/watch?time_continue=230&v=t9f39nukKBY

« QU'EST-CE QUE L'EFFET DE SERRE ? » (VIDÉO)

<https://education.francetv.fr/matiere/developpement-durable/cinquieme/video/c-est-quoi-l-effet-de-serre>

« QUELLES SONT LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES » (VIDÉO)

<https://education.francetv.fr/matiere/developpement-durable/cinquieme/video/les-consequences-du-rechauffement-climatique>

« POURQUOI IL Y A LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ? »

(ARTICLE DU JOURNAL THE CONVERSATION POUR ENFANTS)

<https://theconversation.com/cleo-8-ans-pourquoi-il-y-a-le-rechauffement-climatique-117871>

« EST-CE QUE LA GLACE DU PÔLE NORD PEUT SE CASSER ? »

(ARTICLE DU JOURNAL THE CONVERSATION POUR ENFANTS)

<https://theconversation.com/gizela-8-ans-est-ce-que-la-glace-du-pole-nord-peut-se-casser-114312>

« EST-CE QUE DANS 30 ANS ON POURRA TOUJOURS HABITER SUR LES PLAGES ? »

(ARTICLE DU JOURNAL THE CONVERSATION POUR ENFANTS)

<https://theconversation.com/manolo-10-ans-est-ce-que-dans-30-ans-on-pourra-toujours-habiter-sur-les-plages-119014>

« LES GLACES SONT LES ARCHIVES DU CLIMAT, COMMENT ÇA MARCHE ? »

(EXPLICATIONS DE CLAUDE LORIUS, UN GRAND GLACIOLOGUE FRANÇAIS)

<https://www.youtube.com/watch?v=F5stjUupDMs>

FICHE DOCUMENTAIRE : « LE PÔLE NORD »

(OUTIL PÉDAGOGIQUE SUR DIFFÉRENTS ASPECTS DU PÔLE NORD)

<http://ekladata.com/boutdegomme.eklablog.com/perso/documentaires/le-pole-nord.pdf>



VOUS TROUVEREZ ICI UNE LISTE DE LIENS
(DONT LE CONTENU SCIENTIFIQUE A ÉTÉ VÉRIFIÉ)
QUI RÉPONDENT À DES QUESTIONS LIÉES AU LIVRE
OU QUI PEUVENT LE COMPLÉTER.

POUR LES ENCADRANTS
ET ENSEIGNANTS

DOSSIER : « ETABLIR LE BILAN CARBONE DE VOTRE ÉCOLE »

https://www.coren.be/images/outils/bilan_carbone/Guide%20accompagnement%20bilan%20carbone.pdf

« QU'EST-CE QUE L'ALBEDO ? OU POURQUOI LA GLACE REFLÈTE LE RAYONNEMENT SOLAIRE » (VIDÉOS)

<https://www.youtube.com/watch?v=n33lLc6V4wQ>

Voici plusieurs articles de la revue de vulgarisation scientifique « The Conversation ».
Chaque article (en Français) est écrit en duo par un expert académique et un journaliste afin de garantir la solidité du contenu :

« COMPRENDRE L'EFFET DE SERRE ET SES CONSEQUENCES »

<https://theconversation.com/comprendre-leffet-de-serre-et-ses-consequences-67505>

« CLIMAT : COMMENT LA QUESTION DES MODES DE VIE EST DEVENUE CENTRALE »

<https://theconversation.com/climat-comment-la-question-des-modes-de-vie-est-devenue-centrale-117343>

« LE TOURISME, SECTEUR POIDS LOURD DES ÉMISSIONS DE CO₂ »

<https://theconversation.com/le-tourisme-secteur-poids-lourd-des-emissions-de-co-99618>

“LE GIEC, UNE BOUSSOLE SCIENTIFIQUE POUR LE CLIMAT”

<https://theconversation.com/le-giec-une-boussole-scientifique-pour-le-climat-93624>

- “ CHANGEMENT CLIMATIQUE : COMMENT SORTIR DE « L'ÂGE DES FOSSILES » ?

<https://theconversation.com/changement-climatique-comment-sortir-de-lage-des-fossiles-87534>

