

L'opposition climatique Nord-Sud dans les carottes de glace

L'examen des carottes de glace du Groenland, pour les derniers 110 000 ans, a révélé des épisodes de réchauffement et de refroidissement brusques (en quelques décennies), nommés événements Dansgaard/Oeschger. Les carottes glaciaires prélevées en Antarctique témoignent aussi de fluctuations moins rapides et d'amplitude bien moindre. En replaçant les enregistrements sur une même échelle de temps, nous avons confirmé, pour un passé récent, ce que des modèles et des prélèvements sédimentaires océaniques laissent penser : ces fluctuations dans les deux hémisphères sont en opposition de phase.

Comment déterminer une échelle temporelle précise pour les carottes de glace ? On utilise des marqueurs stratigraphiques, témoins d'événements dont les conséquences ont touché simultanément tout le Globe : leur observation dans les carottes du Groenland et de l'Antarctique permet d'établir une chronologie commune. Les principaux sont les éruptions volcaniques importantes, les pics de béryllium 10, radioélément produit dans la haute atmosphère et dont le flux vers la surface dépend de l'activité solaire ou du champ magnétique terrestre, et les variations de la concentration atmosphérique de gaz traces.

Ces dernières ont l'avantage sur les autres marqueurs d'être quasi continues, et de produire une longue échelle de temps relative. Toutefois, la neige séjourne un certain temps sur le glacier avant de se transformer en glace et d'emprisonner de l'air : ce dernier est donc toujours plus récent que la glace qui l'entoure. La quantification de cette différence d'âge détermine la précision des corrélations possibles.

Deux paramètres gazeux ont été utilisés jusqu'ici pour corréler les carottes de glace du Groenland et de l'Antarctique : la composition isotopique de l'oxygène de l'air (le rapport d'abondance entre l'oxygène 18 «lourd» et l'oxygène 16 «léger») et la concentration en méthane. Grâce

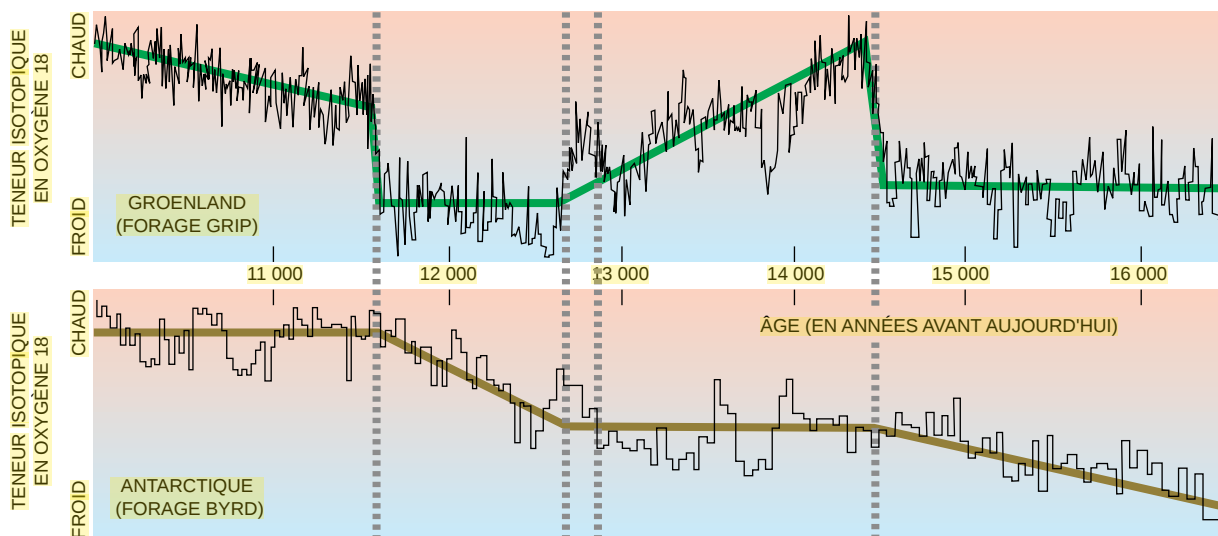
au premier, Mike Bender et ses collègues ont montré que la température s'est élevée significativement en Antarctique seulement quand les événements Dansgaard/Oeschger du Groenland ont duré plus de 2 000 ans. L'incertitude sur la différence d'âge entre l'air et la glace, et la faible variabilité de la composition isotopique de l'oxygène atmosphérique les a toutefois empêchés de déterminer la relation temporelle entre Groenland et Antarctique avec une précision meilleure que 3 000 ans.

La concentration en méthane varie beaucoup plus au cours du temps. En collaboration avec nos collègues de l'Université de Berne, en Suisse, nous l'avons mesurée et montré que l'épisode à température constante qui interrompt pendant 1 500 ans le réchauffement de l'Antarctique lors de la dernière déglaciation était simultané à un épisode chaud au Groenland. De même, le refroidissement spectaculaire du Dryas récent (il y a 12 500 à 11 500 ans) au Groenland était accompagné d'un réchauffement en Antarctique.

Cette relation temporelle entre les climats du Nord et du Sud prouve que, comme des modèles océaniques l'avaient prédit, pendant la dernière déglaciation, le flux de chaleur provenant de l'océan qui entoure l'Antarctique était en opposition de phase avec celui de l'océan Atlantique Nord. Ainsi, les climats des régions polaires Nord et Sud semblent-ils toujours couplés, via la circulation océanique globale, durant cette phase de changement climatique fondamental, mais avec des conséquences opposées dans les deux hémisphères. Nous poursuivons actuellement les analyses de la concentration en méthane sur la période d'il y a 50 000 à 25 000 ans, afin de vérifier si la même relation existait pendant cette période.

Jérôme CHAPPELLAZ, CNRS

Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement, Saint-Martin-d'Hères



Les variations de température au Groenland (en haut) et en Antarctique (en bas) pendant la dernière transition glaciaire/interglaciaire ont été corrélées à partir des concentrations en méthane dans l'atmosphère. Au début du réchauffement au Groenland (il y a

14 500 à 13 000 ans environ), la température se stabilise en Antarctique. En revanche, pendant la période froide d'il y a 12 700 à 11 600 ans au Groenland, la température a continuellement augmenté en Antarctique.

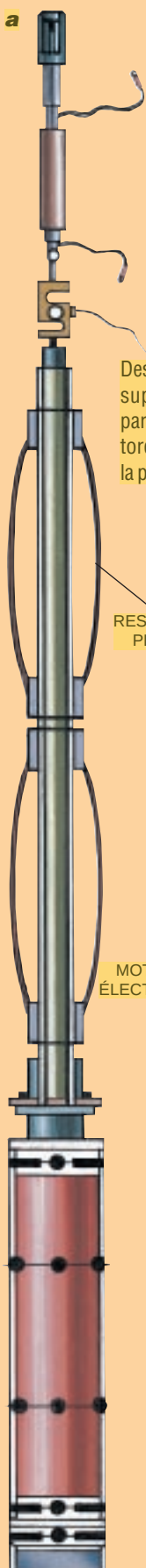
D'après T. Blunier et al., Geophysical Research Letters, vol. 24, pp. 2683-2686, 1^{er} nov. 1997.



Les outils de forage

Le trépan, cylindre creux muni de couteaux affûtés à son extrémité, est descendu dans le trou de forage au bout d'un câble à partir d'une plate-forme à l'intérieur d'un bâtiment (à droite). Pour empêcher les parois du trou de s'effondrer, on injecte un fluide, tel que l'acétate de butyle (un additif alimentaire au parfum d'ananas), afin d'équilibrer la pression de la glace environnante.

Des ressorts plats maintiennent la partie supérieure de l'assemblage contre les parois glacées du trou, afin qu'elle ne se torde pas et ne tourne pas pendant que la partie inférieure est en train de forer (a).



Un moteur électrique fixé au tube (b) fait tourner les couteaux contre la glace, produisant des copeaux qui sont pompés vers le haut. Ce type de forage fournit une carotte de glace cylindrique.



Des crampons aiguisés et pivotants se déplacent légèrement vers le bas de la partie extérieure de la carotte pendant le forage (c). Quand les techniciens remontent le cylindre, les crampons, qui sont inclinés vers le haut, agrippent le bas de la carotte et la dégagent de la glace qui l'entoure. Les crampons maintiennent aussi la carotte à l'intérieur du cylindre tandis que l'ensemble est treuillé hors du trou.



Mark Twicker, University of New Hampshire

les périodes les plus rudes de la dernière glaciation étaient vraiment très froides : la température moyenne du Groenland était inférieure de plus de 20 degrés à celle d'aujourd'hui.

Les carottes de glace ont aussi enregistré l'histoire des précipitations, par l'épaisseur des couches annuelles. En corrigeant les distorsions dues à l'écoulement et au tassement de la glace, on calcule la quantité de neige tombée une année donnée. Dans les périodes les plus froides, le centre du Groenland a reçu quatre à cinq fois moins de précipitations qu'aujourd'hui.

Des poussières dans la neige

D'autres informations climatiques sont contenues dans les matériaux transportés par le vent et piégés par la glace. Ainsi, des particules de poussière plus grosses sont apportées quand les vents sont plus violents. On retrace même les anciens systèmes de circulation atmosphérique en déterminant l'origine des poussières d'après leur composition (comme l'analyse des cendres permet l'identification des éruptions volcaniques).

Des produits émis par les algues marines et des isotopes radioactifs produits dans l'atmosphère par les rayons cosmiques ont également été