

l'hiver en l'an 2000

La prévision météorologique à long terme devient monnaie courante, mais, jusqu'à une date relativement récente, il n'était pas possible de prévoir avec la moindre certitude l'évolution probable du temps au cours d'une période aussi longue que les 30 prochaines années.

Après avoir étudié des échantillons prélevés dans une carotte de glace de 1400 mètres de longueur provenant de la partie nord du Groenland, des chercheurs pensent disposer peut-être d'indications sur cette évolution.

Les recherches en question ont été décrites par M. W. Dansgaard, Professeur à l'Institut H. C. Ørsted de l'Université de Copenhague, lors d'une conférence qu'il a faite, il y a quelques semaines, au Siège de l'Agence. M. Dansgaard et ses collaborateurs, S. J. Johnsen et H. B. Clausen, également de l'Institut, et C. C. Langway, du Laboratoire de recherche et d'études techniques sur les régions froides de l'Armée des Etats-Unis (New Hampshire) ont également exposé succinctement les résultats de leurs recherches dans la revue scientifique britannique «Nature».

Le Professeur Dansgaard a participé aux travaux entrepris au cours des dix dernières années par l'Agence internationale de l'énergie atomique en vue de la mesure de la teneur des précipitations en isotopes stables au moyen d'échantillons obtenus dans le cadre d'une étude des précipitations atmosphériques entreprise conjointement par l'Organisation météorologique mondiale et l'Agence; en mars dernier, il a participé à un colloque sur l'emploi des isotopes en hydrologie, tenu au Siège de l'Agence. Dans une communication publiée en 1964, le Professeur Dansgaard émettait l'hypothèse que la composition isotopique de la glace contenue dans les glaciers pouvait donner des indications sur les

conditions climatiques régnant à l'époque de sa formation. Il est possible d'établir de telles conclusions étant donné que la concentration du deutérium et celle de l'oxygène-18 dans la neige des régions polaires élevées augmente avec la température de formation de la neige. Dans des régions comme le Groenland ou dans l'Antarctique les chutes de neige successives s'accumulent sous forme de glace en couches d'une grande épaisseur. Dans certaines limites pratiques, il est ainsi possible de connaître par déduction non seulement les variations de température saisonnière mais aussi l'évolution climatique à long terme.

«C'est là», a déclaré le Professeur Dansgaard, «l'un des aspects les plus passionnants des carottes de glace prélevées en profondeur. Elles contiennent des informations sur les conditions climatiques qui régnaient autrefois et dans les régions où les chutes de neige annuelles sont considérables et la fonte superficielle faible ou inexistante; une carotte de glace atteignant une grande profondeur représente une suite continue de sédimentations s'étendant sur des dizaines de milliers d'années. Pour moi, il est fascinant de penser que sur toute l'étendue de la couverture glaciaire du Groenland par exemple, il ne s'est pas produit au cours des cent mille dernières années une seule grande tempête de neige qui ne soit représentée dans une carotte de glace profonde. Si l'on constate, en un certain point de la carotte que la teneur en oxygène-18 augmente en allant vers le haut, c'est qu'il y a eu réchauffement du climat au moment où la glace s'est déposée; si l'on constate qu'elle diminue, c'est qu'il y a eu refroidissement du climat».

Savoir ce qui précède est une chose, mais c'en est une autre de pouvoir étudier effectivement la glace en profondeur. Il est difficile de prélever des échantillons. Toutefois, le Professeur Dansgaard et ses collaborateurs ont pu tirer parti des résultats des travaux de l'équipe américaine qui est parvenue à extraire une carotte de 1400 mètres de longueur d'un endroit appelé Camp Century, situé sur la couverture glaciaire du nord du Groenland. L'âge de la carotte n'a pu être déterminé à l'aide des méthodes dites «classiques», car il n'a pas été possible de prélever suffisamment de glace dans chaque couche, mais on a pu établir l'époque du dépôt en calculant la vitesse d'écoulement de la glace à travers la calotte et en rapprochant les âges obtenus pour diverses profondeurs des dates connues des principaux événements climatiques calculées par d'autres méthodes. Une fois cette corrélation établie, il a été possible d'obtenir par extrapolation les valeurs pour toute la longueur de la carotte qui a ainsi fourni un tableau ininterrompu et détaillé de données climatiques s'étendant probablement sur cent mille ans. Près de la surface, chaque échantillon dont la teneur en isotopes a été analysée, représentait la neige déposée pendant 10 à 15 ans; vers le fond, chaque échantillon représentait une centaine d'années. Des milliers d'échantillons ont pu être mesurés.

Données climatologiques fournies par la carotte

Les résultats suivants ont été obtenus: il a été possible de déterminer la dernière époque glaciaire; son apparition il y a 70 000 ans, sa fin il y a 10 000 ans et de nombreux détails dont un petit nombre seulement étaient connus jusqu'alors.

L'étude détaillée des millénaires écoulés peut avoir une grande valeur scientifique, mais l'étude des données concernant les mille dernières

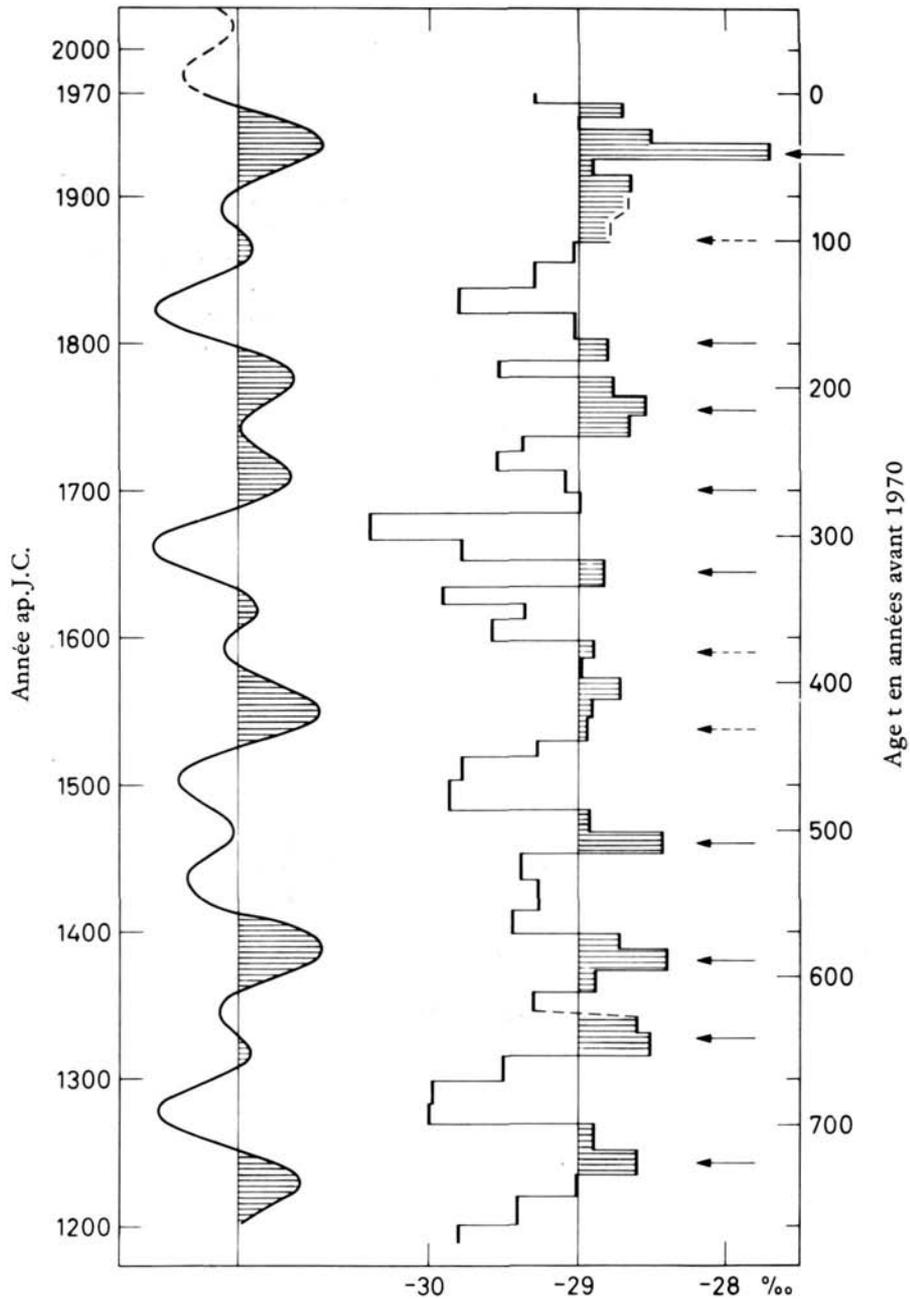


Fig. 1 (Reproduite avec l'autorisation de *Nature*)

années et ce qu'on peut en déduire en les rapprochant des données pour les époques antérieures pourrait avoir un plus grand intérêt pour nous aujourd'hui, en particulier si nous cherchons à prévoir le schéma probable des variations climatiques jusqu'à la fin du vingtième siècle et au-delà.

Le Professeur Dansgaard a illustré son exposé à l'aide du graphique reproduit ici (fig. 1). Ce graphique donne l'écart en fonction du temps, de la teneur en oxygène-18 d'un échantillon par rapport à celle de l'eau de composition isotopique normalisée en parties par mille. Sur le côté gauche est établie la courbe d'une synthèse de deux harmoniques qui dominant la transformée de Fourier des données brutes sur les écarts de la teneur en oxygène-18, désignée pour qu'il soit plus facile de s'y référer par l'expression $\delta^{18}O$. Les parties hachurées correspondent aux périodes relativement chaudes.

«Etudiez le tableau des variations climatiques au cours des 800 dernières années», a demandé le Professeur Dansgaard à son auditoire lors de la conférence qu'il a donnée à l'AIEA. «Le quinzième siècle a été dominé par une longue période de froid. C'est peut-être pour cette raison que les colonies fondées par les norvégiens dans le sud du Groenland ont disparu vers cette époque. On ne pouvait plus mener paître le bétail, l'herbe ne poussant plus.»

«Le seizième siècle a été un peu plus chaud, mais les 130 années qui ont suivi ont été très froides. Cette période correspond à ce que l'on appelle le «petit âge glaciaire», qui a peut-être été l'une des périodes les plus froides depuis la fin du dernier véritable âge glaciaire. Des ouvrages historiques islandais font allusion à la présence d'énormes quantités de glace en 1690 — la banquise entourait l'Islande et s'étendait alors jusqu'aux îles Féroé. De nombreuses autres indications montrent que cette période froide dominait le climat de toute l'Europe.»

«Mais vers 1730, la situation s'est légèrement améliorée, puis en 1810—1820, il a fait de nouveau froid, mais à partir de cette époque le climat s'est amélioré de manière générale. Un maximum très marqué s'est produit au cours des années 1930, et a correspondu aux conditions climatiques optimales d'il y a quarante ans.»

«La courbe baisse à nouveau très sensiblement depuis les années 1930», a dit le professeur Dansgaard. «Nous tombons maintenant à des températures inférieures à la moyenne. D'autres travaux font également état de ce refroidissement, plus accentué au cours de la dernière décennie. D'après les relevés de la température au cours des 30 dernières années, la température considérée globalement a baissé d'une fraction assez importante de degré centigrade et une baisse d'un ou deux degrés a été enregistrée aux latitudes supérieures à 70° environ, ce qui montre que la variation climatique est plus prononcée aux latitudes élevées. Par suite de cette aggravation des conditions climatiques, la pêche en Groenland est en baisse sensible. Au cours des cinq dernières années, alors que le nombre des bateaux de pêche et des chalutiers doublait, le total des prises de poisson s'est réduit d'un facteur de deux ou trois. La situation ne permet pas d'être très optimiste; on constate en effet qu'au cours des dernières années la banquise de la partie est du Groenland a atteint les environs du Cap Farewell et est remontée le long de la côte ouest du Groenland. Toute cette glace y fond, refroidit l'eau et l'industrie de la pêche décline pour la simple raison que l'eau devient trop froide pour le poisson.

La situation est grave. De plus, dans le nord de l'Islande, des propriétés agricoles sont maintenant abandonnées parce que l'herbe ne peut

plus y pousser. Le climatologue anglais H. H. Lamb a décrit l'aggravation du climat qui s'est produite récemment en Angleterre; il fait observer que la période de croissance des plantes, de l'herbe a diminué de trois semaines, ce qui est un effet appréciable. En outre, le nombre des jours pendant lesquels le sol est couvert de neige a doublé, et la fréquence des vents d'ouest violents a augmenté d'environ 20% au cours des vingt dernières années, ce qui donne à penser que cette modification climatique est associée à un déplacement de la position moyenne du front polaire vers le Sud...»

Que nous réserve l'avenir?

«Quel pronostic peut-on en tirer? Nous avons introduit toutes les données relatives à delta-180 dans un ordinateur et demandé s'il se produit une oscillation régulière constante de ces données. Et la réponse a été fournie.»

L'analyse spectrale de Fourier, a déclaré le Professeur Dansgaard, a montré qu'il se produisait une variation régulière de delta-180 ayant une période d'environ 180 ans et une autre ayant une période d'environ 78 ans. On observe d'autres pics moins marqués qui pourraient être dus soit à ce qu'on appelle le «bruit», soit à des variations de moindre amplitude. Les deux périodes dominantes sont probablement causées par des variations de l'activité solaire car le cycle des taches solaires (11 ans environ) varie aussi avec des périodes d'environ 80 ans et d'environ 180 ans, en anti-phase avec les données relatives à delta-180. C'est l'une des raisons pour lesquelles le professeur Dansgaard et ses collaborateurs ont estimé pouvoir projeter dans l'avenir les variations périodiques de la courbe qui se trouve à gauche sur le graphique: elle représente la synthèse des deux harmoniques dominantes des valeurs de delta; il a été possible d'obtenir ainsi une sorte de prévision météorologique.

«La courbe en pointillé» (qui commence en 1970 et se prolonge dans le 21ème siècle) «donne à penser qu'au cours des dix ou 15 prochaines années la tendance au refroidissement se maintiendra,» a déclaré le professeur Dansgaard. «Elle sera suivie par un réchauffement qui atteindra un léger maximum au cours de la première ou de la deuxième décennie du siècle prochain.

«Mais en établissant ce pronostic, nous avons naturellement négligé les influences possibles de l'activité humaine sur le climat, comme la pollution de l'atmosphère par la poussière et par CO₂.

«L'augmentation de la teneur en poussières de l'atmosphère contribuerait sans doute à accentuer la tendance au refroidissement tandis que l'augmentation de la concentration de CO₂ aurait l'effet contraire. Personne ne peut dire même dans quel sens ces effets combinés s'orienteront. D'autres actions de l'homme sur la nature pourraient également avoir une importance du point de vue climatique — pensez simplement à l'augmentation de la production de chaleur industrielle ou aux projets tendant à détourner des fleuves de Sibérie pour irriguer l'Asie centrale. Je ne suis pas très au courant de cette question, mais il pourrait en résulter des effets considérables.

Tout ce que nous pouvons dire c'est que si nous négligeons ces effets mal connus, nous croyons pouvoir déterminer quelle sera l'évolution la plus probable de la situation climatique.»

Prévisions pour demain: baisse de température.