

La mémoire des glaces du Groenland

CLAUDE BOUTRON

Les neiges et glaces du Groenland révèlent l'histoire de la pollution atmosphérique par les métaux lourds, de l'Antiquité à nos jours.

La pollution de l'atmosphère par les métaux lourds est une menace. À forte dose, certains d'entre eux sont toxiques. Ainsi les personnes qui ont absorbé une grande quantité de plomb souffrent de saturnisme, maladie qui se manifeste par de terribles douleurs abdominales, des diarrhées et des vomissements, une anémie et une atteinte du système nerveux... Les personnes excessivement exposées au mercure souffrent également d'atteintes du système nerveux. À doses inférieures, l'exposition prolongée pendant des siècles pourrait conduire à des altérations du cerveau humain et modifier l'évolution de notre espèce.

Cette dernière est pourtant responsable de cette pollution, car c'est principalement elle qui rejette les métaux dans l'atmosphère : à la fin des années 1960, les rejets de plomb étaient supérieurs à 400 000 tonnes par an, soit près de 50 fois les émissions naturelles (volcaniques notamment). Depuis quand cette pollution existe-t-elle ? Date-t-elle de la Révolution industrielle ?

Les neiges et glaces qui s'accumulent année après année dans les régions polaires sont d'extraordinaires archives de l'évolution passée de l'atmosphère : les isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène, par exemple, livrent l'histoire du climat du passé ; les composés du soufre et de l'azote, ainsi que le dioxyde de carbone et le méthane des bulles d'air piégées dans les glaces ajoutent à la connaissance de notre atmosphère.

Année après année, les glaces et neiges des régions polaires ont également conservé la mémoire du plomb, du cuivre ou d'autres métaux qui étaient

présents dans l'atmosphère ancienne. L'analyse des concentrations en ces métaux, dans les glaces polaires, permet donc de reconstituer l'évolution des pollutions du passé. Elle a montré que la pollution par les métaux existait déjà il y a plusieurs milliers d'années, lors de l'apogée de l'Empire romain, sur tout l'hémisphère Nord.

De nouvelles carottes

Les couches de neige et de glace déposées au fil du temps dans les régions centrales du Groenland racontent l'histoire, tant ancienne que récente, de la pollution atmosphérique : les métaux que les rejets naturels ou anthropiques introduisent dans l'atmosphère sous la forme de fines particules sont transportés par les masses d'air jusque dans les régions polaires, où elles se retrouvent incluses dans les neiges et dans les glaces.

Une partie de ces particules se dépose sur les calottes polaires : certaines servent de germes de condensation dans les nuages, d'autres sont incorporées dans les flocons de neige au cours de leur descente vers le sol, et d'autres encore retombent par simple sédimentation. Ces particules prises dans les neiges et glaces polaires s'enfoncent lentement, à mesure que de nouvelles couches de neige se déposent. L'épaisseur des couches annuelles de neige est variable ; au centre du Groenland, elle est de l'ordre de 40 centimètres près de la surface.

Disposant d'échantillons de ces neiges et de ces glaces, peut-on en tirer l'histoire de la pollution en métaux

lourds ? Il y a près de 25 ans, Clair Paterson et ses collègues de l'Institut de technologie de Californie ont obtenu les premiers résultats sur l'évolution des concentrations en plomb dans les neiges et dans les glaces du Groenland. Pourtant, c'est seulement depuis 1989 que ces archives ont été exploitées méthodiquement. Les campagnes européennes de carottage EUROCORE et GRIP (l'acronyme de *Greenland Ice Core Project*, soit « Programme de carottage glaciaire au Groenland ») ont livré plusieurs carottes prélevées au site nommé Summit. Ce site, qui se trouve au centre du Groenland, par 72°34' Nord et 37°37' Ouest, est à une altitude de 3 238 mètres, soit environ à 3 000 mètres au-dessus du socle rocheux.

Nous avons étudié deux carottes d'une dizaine de centimètres de diamètre : la première avait été prélevée dans les 70 mètres supérieurs, tandis que la seconde était prise sur toute l'épaisseur de la calotte, de la surface jusqu'au socle rocheux, à 3 028 mètres de profondeur. La première couvre les deux derniers siècles, du début de la Révolution industrielle jusqu'à nos jours ; la seconde couvre plus de 150 000 ans, notamment les périodes de la Grèce et de la Rome antiques et du Moyen Âge.

L'eau la plus pure de la planète

L'analyse des métaux dans de telles carottes se situe aux limites actuelles de la chimie analytique de pointe. Les glaces polaires constituent en effet l'eau la plus pure de la planète : les métaux lourds n'y sont présents qu'en concen-

trations extrêmement faibles, de l'ordre du picogramme (millième de milliardième de gramme) par gramme. Pour doser le cadmium, par exemple, on doit être capable de trouver un gramme de cadmium dans 20 millions de tonnes de glace ! Cette faiblesse des concentrations à doser a deux conséquences : d'une part, la moindre contamination

des carottes anéantit les informations stockées dans les glaces ; d'autre part, les carottes doivent être analysées par des méthodes ultra-sensibles, capables de trouver une aiguille dans une botte de foin.

Les méthodes de prélèvement sur le terrain sont de plusieurs types, selon la profondeur que l'on veut atteindre.

Pour récupérer des échantillons proches de la surface, tout d'abord, on met en œuvre des protocoles de prélèvement qui ne contaminent pas les échantillons : des opérateurs munis de combinaisons spéciales, non contaminantes, de gants en polyéthylène, de pelles ou de scies propres creusent des puits dont ils extraient la



1. LES NEIGES ET GLACES du Groenland sont prélevées à l'aide de techniques variées : grâce à de petits carottiers ultra-propres, pour les faibles profondeurs (*en haut à gauche*) ; grâce à des carottiers électromécaniques de moyenne profondeur (*en haut à droite*) ; grâce à des carottiers de grande profondeur. À droite, on voit la récupération d'une carotte au cours du carottage européen GRIP, qui a atteint plus de trois kilomètres. Ces carottes sont ramenées, congelées, au laboratoire, emballées dans des sacs étanches en polyéthylène. Sauf pour les échantillons proches de la surface, le prélèvement contamine l'extérieur de la carotte et impose une décontamination.



Claude Rado