

Juillet 2011. Ma mission au NEEM (*North Greenland Eemian Ice Drilling*), un forage profond dans la glace au nord du Groenland, touche à sa fin. Nous chargeons l'avion, un LC-130 de la Garde nationale des États-Unis équipé de skis pour atterrir sur la neige, et nous tentons de décoller pour Kangerlussuaq, l'aéroport international du Groenland. Décollage impossible : il fait trop doux, la neige est molle et l'avion n'arrive pas à accélérer. Du jamais vu à cette latitude. L'année suivante, il y aura même de la pluie au NEEM, au cours d'une vague de chaleur sans précédent dans la mémoire collective.

Est-ce notre mémoire qui est trop courte ou le climat qui se transforme ? Un événement climatique, même récurrent sur plusieurs années, ne suffit pas pour répondre. Ce n'est pas parce que, deux années de suite, une vague de chaleur envahit le Groenland en été que le phénomène est une manifestation du changement climatique actuel. Pour comprendre l'importance d'un événement, il est indispensable de le replacer dans une histoire plus longue du climat, c'est-à-dire dans l'échelle de temps qui lui correspond – dix ans, un siècle, un millénaire... Seulement alors peut-on distinguer les variations habituelles du climat, auxquelles les écosystèmes sont adaptés, et les variations exceptionnelles, qui peuvent causer des changements profonds.

Le réchauffement climatique actuel n'échappe pas à cette remise en contexte. Aussi, tandis que la COP21 – la Conférence

des Nations unies sur les changements climatiques – s'apprête à se réunir à Paris fin novembre pour définir le nouvel accord international en vue de limiter ce réchauffement, les recherches se poursuivent sur le terrain dans le monde entier afin de suivre l'évolution du climat actuel, mais aussi et surtout de se donner les moyens de replacer les événements climatiques dans des échelles de temps pertinentes. C'est ainsi que je me suis retrouvée, pendant ma thèse de doctorat, à mesurer des températures dans des trous de forage par -20°C ... en Antarctique. Ces mesures ont fourni des informations précieuses non seulement sur l'évolution passée du climat dans la région, mais aussi sur les causes des divers réchauffements qui s'y sont produits ce dernier millénaire.

Une thèse sur une carotte

« Quoi ? Une thèse ? Mais la recherche, c'est pour les asociaux, et toi tu aimes parler aux gens... » Premier défi : combattre les idées reçues, convaincre mes proches que faire une thèse est une bonne idée. Non, la recherche n'est pas réservée aux asociaux, elle concerne les personnes curieuses, celles qui veulent comprendre le monde, qui ne peuvent pas éteindre la petite voix qui sans cesse interroge : « Pourquoi ? Comment ? »

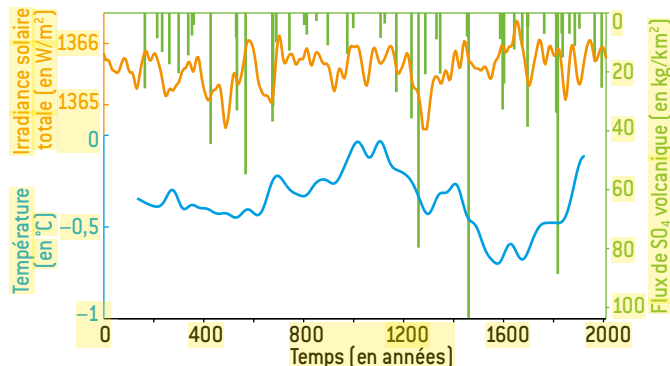
Second défi : partir à l'étranger. La recherche se faisant en anglais, je choisis de faire ma thèse dans un pays anglophone,

pour assurer ma maîtrise de la langue. Je pars donc en septembre 2005 à San Diego, en Californie, dans un programme d'océanographie.

Le système américain est différent du système français. Le programme de doctorat dure de cinq à sept ans. La première année est une année de cours et de découverte : les étudiants, qui viennent principalement des matières fondamentales (mathématiques, physique, chimie), s'initient alors à l'océanographie ou à la climatologie. Puis vient le choix de l'équipe de recherche et du sujet. Le choix d'un sujet de thèse est toujours le résultat d'un mélange d'envies et d'occasions. Jeff Severinghaus, qui deviendra mon directeur de thèse, me propose un sujet large, sur une nouvelle carotte de glace dont le forage débute à peine en Antarctique. Il y aura des missions de terrain, de la géochimie isotopique en laboratoire, de la modélisation numérique. À moi d'orienter le sujet dans le détail, quand je me serai familiarisée avec les bases, et de le présenter devant un jury en troisième année, lors du *qualifying exam*.

Le contexte de la thèse, lui, est en revanche bien défini : il s'agit de quantifier la variabilité du climat à différentes échelles de temps, de la dizaine d'années au millénaire. Les climatologues observent que la température moyenne de la Terre augmente depuis environ 150 ans et que ce réchauffement s'est accéléré au cours des 50 dernières années. Mais pour comprendre l'importance de cette tendance, il

LA SIGNATURE DU PETIT ÂGE GLACIAIRE



Entre 1400 et 1850, l'hémisphère Nord a subi une période froide – nommée aujourd'hui le petit âge glaciaire – relatée dans nombre de peintures et écrits de l'époque, tels que les peintures des Brueghel. Ainsi, une illustration du conte *Les Patins d'argent*, écrit par Mary Mapes Dodge au milieu du XIX^e siècle, montre la vie en Hollande au début du siècle, quand les canaux gelaient en hiver, ce qui n'arrive plus de nos jours (à gauche). La reconstruction de l'évolution du climat de l'hémisphère Nord pendant les 2 000 dernières années confirme cette période froide (à droite). Elle est associée à une baisse de la température moyenne (en bleu), à des périodes de faible intensité solaire (en orange) et à un volcanisme explosif fréquent (en vert).

© A gauche : Wikimedia Commons. Hetzel et Cie, 1877 ; à droite : Pour la Science d'après Anaïs Orsi

faut prendre du recul et la comparer avec les variations du climat sur un intervalle de temps bien plus long que 150 ans. Concrètement, cela signifie évaluer la température de la planète sur au moins 1 000 ans, quantifier l'amplitude des variations du climat sur cette échelle de temps, puis replacer le réchauffement récent dans ce contexte. Par exemple, si je mesure la température à Paris entre août et décembre, je peux en conclure que Paris se refroidit, mais si je continue ma mesure sur une ou deux années, je comprendrai que cette tendance, d'une amplitude d'environ 20 °C, fait partie d'un cycle plus long et que la décroissance de la température entre août et décembre s'inscrit dans ce cycle naturel et n'a donc rien d'anormal. En revanche, seulement 5 °C nous séparent du dernier maximum glaciaire, il y a 20 000 ans, mais cet écart est significatif sur les 100 000 dernières années.

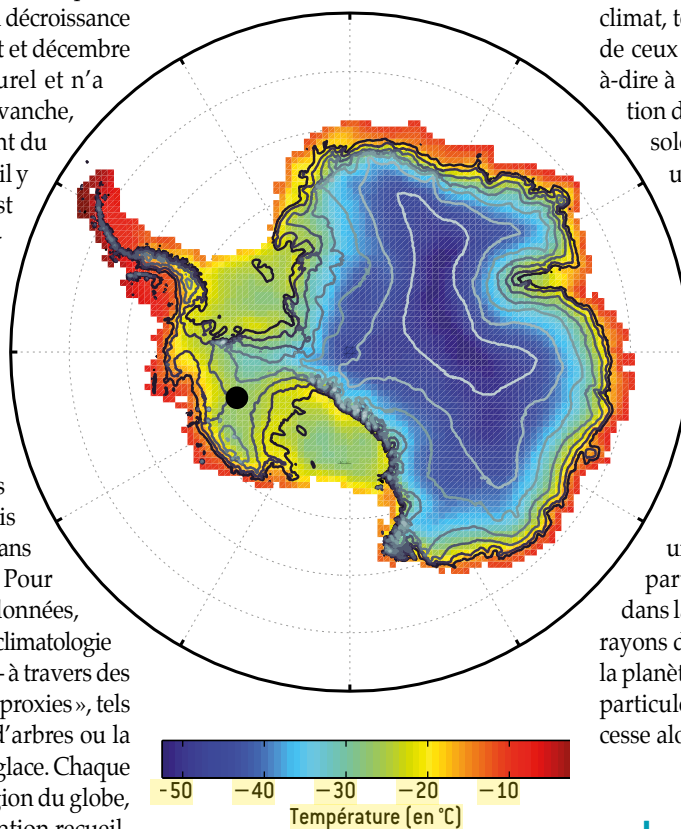
Malheureusement, nos ancêtres n'ont pas toujours mesuré la température à l'endroit où ils habitaient ou, s'ils l'ont fait, ils ont négligé de nous en informer. Nous n'avons de relevés fiables des températures que depuis environ 1850, et seulement dans certaines régions du globe. Pour remédier à ce manque de données, nous avons recours à la paléoclimatologie – l'étude des climats passés – à travers des indices que nous appelons « proxies », tels que l'épaisseur des cernes d'arbres ou la composition des carottes de glace. Chaque proxy étant propre à une région du globe, c'est en combinant l'information recueillie en différents endroits que l'on perçoit l'importance d'un changement climatique.

En effet, le climat varie non seulement dans le temps, mais aussi dans l'espace. Certaines différences spatiales sont constantes dans le temps : il fait en général plus chaud à Marrakech qu'à Brest. Parfois aussi, une anomalie de température se manifeste de façon inversée dans deux endroits du globe. C'est le cas, par exemple, avec l'oscillation nord-atlantique, qui connaît deux phases : la phase positive, durant laquelle les tempêtes sont déviées vers le nord de l'Europe, et la phase négative, durant laquelle elles sont déviées vers le sud. Durant sa phase positive, le sud de l'Europe est sec tandis que la Scandinavie est anormalement chaude

L'AUTEURE



Anaïs ORSI effectue un postdoctorat au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (UMR8212 CNRS/CEA/UVSQ), à l'institut Pierre Simon Laplace, à Gif-sur-Yvette. En 2014, elle a été lauréate du prix *Le Monde* de la recherche universitaire.



ACTUELLEMENT, EN ANTARCTIQUE, la température annuelle à la surface varie entre -50 °C (en bleu, au centre) et 0 °C (en rouge, sur la côte). À WAIS Divide (point noir) où l'auteure a effectué ses missions, la température varie de -12 °C en été (austral) à -50 °C en hiver.

et humide, et inversement. Dans ce cas, un changement de climat local est compensé par un changement opposé ailleurs, sans qu'il y ait d'incidence sur le climat planétaire. En pratique, on ne peut mesurer que le climat local. Il est donc indispensable de mesurer la température en de nombreux endroits du globe pour détecter les tendances significatives.

De plus, la distribution spatiale d'une anomalie climatique nous renseigne aussi sur le mécanisme qui en est la cause. En particulier, elle aide à distinguer les événements dus à la variabilité interne du climat, telle l'oscillation nord-atlantique, de ceux dus à un forçage externe, c'est-à-dire à un phénomène tel qu'une variation de l'insolation (l'énergie reçue du soleil), une éruption volcanique ou une variation de la teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La variabilité interne s'apparente à des remous dans la baignoire et ne change pas la moyenne globale du climat. Le forçage externe, en revanche, a une incidence sur le climat moyen mondial : il s'apparente à un changement du niveau de l'eau dans la baignoire. Par exemple, nous savons maintenant qu'après une forte éruption volcanique, des particules de sulfate sont déposées dans la stratosphère, ce qui réfléchit les rayons du Soleil et refroidit notablement la planète pendant environ deux ans. Les particules finissent par tomber et l'effet cesse alors.

L'énigme du petit âge glaciaire

Pourquoi s'intéresser en particulier à l'Antarctique ? À cause... du « petit âge glaciaire », une période qui s'étend de la fin du Moyen-Âge au début de l'ère industrielle et durant laquelle les hivers ont été particulièrement rigoureux.

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a montré que notre climat se réchauffe et que ce réchauffement touche toutes les régions du globe. Ce n'est donc pas juste un remous dans la baignoire, mais une tendance significative. Le rapport du GIEC de 2013 précise : « Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes