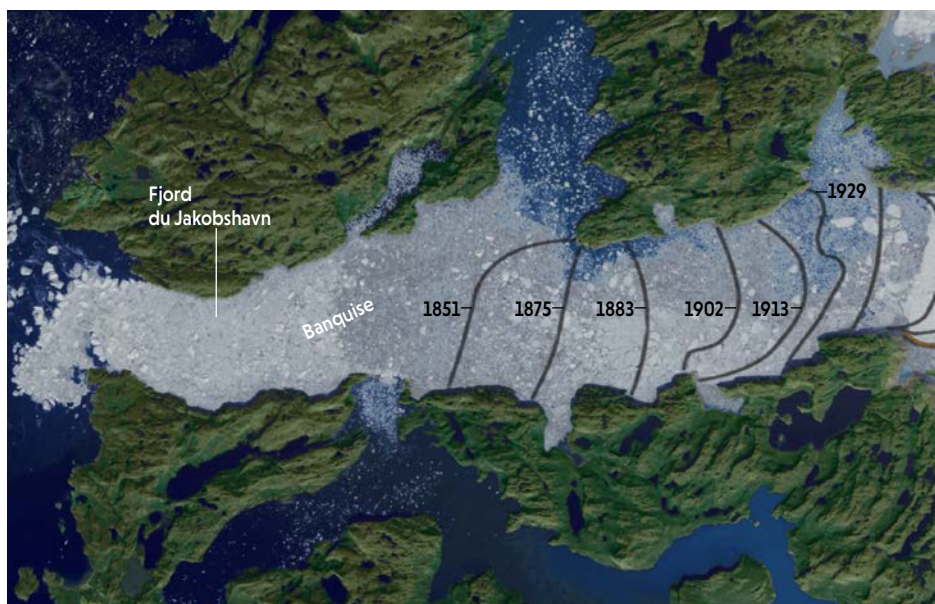


> la base de la glace. Ils mirent ainsi en évidence que l'Antarctique de l'ouest n'est pas une mince couche de glace recouvrant un continent élevé, comme certains le pensaient, mais une couche de glace parfois très épaisse. Ils découvrirent aussi que la calotte glaciaire qui occupe la fosse de Bentley plonge à plus de 2500 mètres sous la mer tout en atteignant plus de 1 600 mètres au-dessus du niveau de la mer ! En fait, la base de cette très haute calotte constitue le point le plus bas de la surface de la Terre non recouvert par des eaux marines...

Bentley et les glaciologues qui ont travaillé après lui ont aussi découvert un point de bascule du sort de la calotte. La grande fosse océanique et les bassins adjacents sous-tendent en effet la vaste zone centrale de l'inlandsis. Si le front du glacier de Thwaites devait reculer face à la côte et se retirer vers l'intérieur de la fosse, une falaise de plusieurs milliers de mètres de haut pourrait se constituer, du fond de la fosse jusqu'à la surface du glacier. Beaucoup plus grande que celles de Jakobshavn ou d'ailleurs, une telle falaise pourrait, en se disloquant, produire de très hauts icebergs susceptibles de sortir de la fosse (entourée de terres) pour aller fondre en mer. Cela entraînerait une hausse considérable du niveau marin.

Des décennies de recherches ont confirmé la plausibilité de ce mécanisme et les effets majeurs de son enclenchement. John Anderson, de l'université Rice, et plusieurs de ses étudiants en thèse ont inlassablement cartographié le plateau continental sous l'océan autour de l'Antarctique à l'aide de sonars à balayage latéral et d'autres instruments. Ils ont mis en évidence qu'au cours des périodes glaciaires, la glace antarctique s'est considérablement étendue dans toutes les directions et a subi un retrait à la fin des périodes glaciaires. Le plancher océanique entourant l'Antarctique aujourd'hui était autrefois le socle sur lequel reposait la calotte antarctique. Les traces qu'elles ont laissées sur le fond marin nous donnent le récit exact de leurs évolutions.

Il est aussi apparu qu'en raclant le fond de la mer, les calottes glaciaires en expansion charrient des sédiments avec elles, qui s'amoncellent en certains endroits. La glace se stabilise lorsqu'elle atteint une crête ainsi formée sur le plancher océanique – ce que l'on nomme un cordon morainique –, puis elle croît vers le haut en empilant des débris rocheux sur ce haut-fond. De longues parois morainiques poussent ainsi là où se termine la glace. En ces endroits, cette dernière pourra résister pendant des centaines voire des milliers d'années aux faibles efforts tendant à la déloger. Mais si un réchauffement suffisant se produit, elle commencera à disparaître derrière l'obstacle qui l'a limitée, puis régressera jusqu'à avoir atteint un nouveau cordon, qui pourra



éventuellement se trouver très en arrière. Pendant ce temps, des icebergs flottent au-dessus de la crête morainique abandonnée par la glace au fond de l'océan.

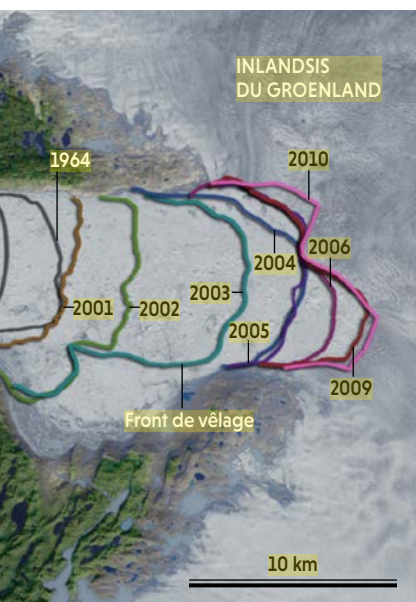
Ce phénomène se produit actuellement en de nombreux endroits de l'Antarctique et du Groenland. Le Jakobshavn a ainsi « sauté » un ancien haut-fond morainique et recule au sein de son fjord, ce qui lui a ouvert un chemin vers l'inlandsis. Lorsque les premiers explorateurs européens ont visité Glacier Bay, en Alaska, ce magnifique fjord était rempli d'un vaste glacier se terminant sur un grand banc de moraines. Depuis, la glace s'est retirée de cette crête quelque 100 kilomètres à l'intérieur des terres pour atteindre le terrain élevé suivant, c'est-à-dire, dans ce cas, le rivage du fond de la baie.

UNE MONTÉE DU NIVEAU MARIN DE 3,3 MÈTRES ?

La plupart de ces retraits glaciaires n'ont heureusement qu'un effet limité sur le niveau océanique. Même un grand glacier de la taille d'une baie glaciaire est petit comparé à l'océan. Jakobshavn n'est qu'un des dizaines de grands bassins-versants existant autour de la calotte glaciaire du Groenland, et son évolution ne déstabilise pas vite ses cousins des fjords voisins. Il ne se termine pas non plus trop loin à l'intérieur des terres, là où son lit s'élève. De même, l'Antarctique est drainé par un grand nombre de glaciers qui s'écoulent chacun dans une vallée. Si le réchauffement climatique est suffisant, beaucoup d'entre eux pourraient connaître un retrait, mais aucun d'eux n'a, à lui seul, de grande influence sur l'océan.

La tranche de Bentley, dans l'Antarctique occidentale, et quelques autres régions profondes de l'Antarctique oriental, notamment

Les chercheurs suivent de près le glacier Jakobshavn parce que son retrait s'accélère alors qu'il draine à lui seul près de 10 % des glaces du Groenland. En 1997, après une stabilité de plusieurs décennies, il a commencé à s'amincir et à accélérer, ce qui a entraîné l'éjection fréquente d'icebergs. Entre 1997 et 2003, il s'est ainsi aminci de 15 mètres par an alors que les autres glaciers groenlandais ne perdaient qu'environ 1 mètre chaque année. Il progresse aujourd'hui vers la mer plus vite qu'avant (de 15 kilomètres par an), tandis que son front de vège recule (de 10 kilomètres en 10 ans).



les bassins de Wilkes et d'Aurora, sont des cas différents. Le retrait de seulement l'un d'eux jusqu'à la proéminence précédant celle où ils sont installés aurait un effet mondial. Les modèles indiquent le glacier de Thwaites comme le chemin le plus probable vers la tranchée de Bentley et les bassins qui lui sont adjacents. Si, comme le Jakobshavn l'a fait, il commençait à se retirer vers l'intérieur de sa vallée, sa fonte pourrait, avant qu'il ne se soit réstabilisé au-dessus d'une zone élevée, faire monter le niveau de la mer de 3,3 mètres. Les bassins glaciaires de l'Antarctique oriental pourraient à eux seuls élever le niveau de la mer plus que le glacier de Thwaites, mais un réchauffement plus fort est nécessaire pour que s'amorce leur retrait des hauts-fonds marins qui les stabilisent actuellement.

Notons qu'il n'y a rien d'étrange à cela. Un réchauffement provoque le retrait de la glace, normalement jusqu'à la première proéminence en retrait. Ce phénomène a été observé à maintes reprises dans le passé et dans le présent. Si le glacier de Thwaites se réchauffe assez pour commencer à se comporter comme les glaciers du Groenland et de l'Alaska, alors il reculera.

UN SORT ENCORE INCERTAIN

À quelle vitesse le glacier de Thwaites pourrait-il évoluer? Quel réchauffement climatique pouvons-nous nous permettre sans qu'il ne commence à se retirer? Mes collègues David Pollard, de l'université d'État de Pennsylvanie, et Robert DeConto, de l'université du Massachusetts, ont élaboré un modèle physique d'écoulement de la glace, que l'on peut faire tourner sur de gros calculateurs afin d'obtenir des prédictions sur les évolutions à long terme des grandes calottes. Je les ai un peu aidés quant à la physique de l'effondrement des grandes falaises de glace, notamment dans les cas où de l'eau de fonte ouvre des crevasses.

David Pollard et Robert DeConto ont optimisé leur modèle afin qu'il décrive correctement les données géologiques du passé et afin d'évaluer les impacts de diverses intensités de réchauffement d'origine humaine. Ils ont déterminé que, même avec un réchauffement rapide, nous avons probablement quelques décennies avant que le glacier de Thwaites ne commence à s'effondrer à la suite de la perte de sa plateforme glaciaire et de l'élargissement de ses crevasses par la circulation de l'eau de fonte de surface. Il faudrait environ un siècle pour que le glacier de Thwaites s'effondre complètement.

David Pollard et Robert DeConto ne sachant pas à quelle vitesse la glace pouvait se briser, ils ont adopté un chiffre égal à celui du Jakobshavn. En fait, le glacier de Thwaites étant plus épais, il formera des falaises bien plus hautes que le Jakobshavn; or plus une falaise est haute, plus elle a tendance à se

disloquer. Il se pourrait donc que nous sous-estimions le pire des scénarios.

Le modèle fonctionne bien, mais David Pollard et Robert DeConto ou d'autres vont certainement l'améliorer encore. Il reste à espérer que le glacier de Thwaites pourra se stabiliser sur une proéminence située en arrière de son front actuel sur la pente descendante de la tranchée, plutôt que de reculer davantage. Ou encore, que les icebergs formés s'accumuleront pendant un certain temps derrière la crête actuelle où la glace commence maintenant à flotter. Cela pourrait conduire à la formation d'une banquise qui limiterait la perte de glace.

Pour répondre à ces questions et à d'autres, la National Science Foundation des États-Unis et le Natural Environment Research Council du Royaume-Uni ont lancé, en association avec des collaborateurs internationaux, un effort majeur pour en apprendre encore plus sur l'histoire du glacier de Thwaites, sur la façon dont il s'écoule et sur le fond marin sur lequel il progresse. Cela devrait nous aider à mieux prévoir son avenir.

Les données produites réduiront nos incertitudes, mais il restera difficile de répondre à certaines questions. Pensez à toutes les tasses à café en céramique que vous avez vues tomber sur un sol dur. Certaines rebondissent, d'autres se fendent et d'autres encore se brisent en mille morceaux. Les processus physiques à l'origine de ces divers types de fracturation sont bien connus et faciles à décrire, et le comportement moyen d'une fracture est prévisible. Cependant, jamais vous ne parieriez quelque chose d'important pour vous sur le sort de la prochaine tasse qui tombera...

L'avenir du glacier de Thwaites dépend beaucoup de la façon dont il se fracturera. Sa plateforme glaciaire va-t-elle se séparer de la glace qui l'alimente aujourd'hui, ce qui lui ferait dépasser la protubérance qui le stabilise actuellement et le ferait reculer dans de profonds bassins? D'énormes icebergs seront-ils débités si la perte de la plateforme de glace produit un front de vélage plus haut que n'importe quelle falaise actuelle, entraînant un recul plus rapide que tout ce que nous avons jamais vu? L'eau de fonte est importante, mais quelle quantité d'eau s'écoulera dans les rivières jusqu'à la mer, et quelle quantité s'infiltrera dans la neige et regèlera? À quelle vitesse l'air se réchauffera-t-il? En comparaison, prédire le sort d'une tasse n'est pas difficile!

Si l'humanité parvient à se mobiliser assez, le ralentissement, voire l'arrêt, du réchauffement climatique dû aux émissions de gaz à effet de serre freinera la hausse du niveau de la mer et réduira le coût croissant des submersions côtières. Si toutefois le glacier de Thwaites devait commencer à se retirer rapidement, alors il sera urgent d'agir et de limiter les dégâts associés. ■

BIBLIOGRAPHIE

P. Milillo et al., **Heterogeneous retreat and ice melt of Thwaites Glacier, West Antarctica**, *Science Advances*, vol. 5, eaau3433, 2019.

T. A. Scambos et al., **How much, how fast? : A science review and outlook for research on the instability of Antarctica's Thwaites glacier in the 21st century**, *Global and Planetary Change*, vol. 153, pp. 16-34, 2017.

R. DeConto et D. Pollard, **Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise**, *Nature*, vol. 531, pp. 591-597, 2016.

R. Alley et al., **Oceanic forcing of ice-sheet retreat : West Antarctica and more**, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 43, pp. 207-231, 2015.