

DURÉE LIBRE

4/ MERCI DE JOINDRE IMPÉRATIVEMENT UN RIB

Le géant Thwaites

Grand comme un tiers de la France, le glacier de Thwaites, en Antarctique, est menacé par le réchauffement climatique. Sa fonte ferait monter le niveau des mers de plus de 3 mètres en quelques décennies.



va-t-il fondre?



Cette vue aérienne montre la plateforme du glacier de Thwaites, en Antarctique occidentale, encadrée par la banquise. Les falaises de ce glacier, qui s'étend à grande profondeur, font plusieurs centaines de mètres de hauteur.

© Nasa

L'ESSENTIEL

> De grands glaciers groenlandais, tel le Jakobshavn, s'écoulent vite dans l'océan, ce qui élève un peu le niveau de la mer.

> L'écoulement du glacier géant de Thwaites, situé à l'ouest de l'Antarctique, s'accélère. L'évolution de ce glacier dépendra de l'éventuel repli

de son front jusqu'à la fosse océanique que recouvre sa partie centrale.

> Les hautes falaises qui en résulteraient pourraient alors émettre en série des icebergs géants dans l'océan, ce qui élèverait en quelques décennies le niveau marin de plus de 3 mètres.

L'AUTEUR



RICHARD ALLEY
professeur de géosciences
à l'université d'État
de Pennsylvanie, aux États-Unis

Les glaciers fondent et les mers montent. Nous savons déjà que les eaux océaniques vont envahir des terres de la côte est des États-Unis ou de la côte méditerranéenne française. Il en va de même en de nombreuses régions du monde. Dès lors, les chercheurs essaient d'estimer l'urgence, c'est-à-dire l'ampleur et la rapidité de la submersion. Sommes-nous entrés dans une débâcle glaciaire rapide ? Si oui, quelle est sa vitesse ? La montée des eaux représenterait-elle quelques centimètres ou plusieurs mètres ? La réponse à ces questions dépend en grande partie du comportement d'un géant de glace dont le nom est Thwaites – un immense glacier de l'ouest de l'Antarctique.

Le réchauffement climatique en cours entraîne la fonte des glaciers de montagne et de la glace polaire, ce qui fait monter l'océan. Le niveau moyen des océans de la planète a augmenté d'environ 3 millimètres par an au cours des 25 dernières années, soit environ 30 centimètres par siècle. La fonte complète de ce qui reste des glaciers de montagne élèverait le niveau de la mer d'un peu plus de 30 centimètres. Et l'eau que retiennent les énormes calottes glaciaires terrestres de l'Arctique et de l'Antarctique représente une hausse possible du niveau de la mer de plus de 61 mètres. Étant donné ce potentiel, une petite variation dans la façon dont cette masse fond signifie de grands changements sur nos côtes. En certains endroits de la planète, pourvu que les conditions le favorisent, des falaises de glace à la fois très longues et hautes de plusieurs centaines de mètres pourraient se former et s'effondrer régulièrement, ce qui élèverait le niveau marin de façon significative.

Pour le moment, les estimations bien établies de l'élévation du niveau marin au cours du ^{xxi}e siècle prévoient une montée des eaux relativement modeste : si le réchauffement climatique reste modéré, le niveau de l'océan pourrait s'élever de 60 centimètres ; s'il est important, l'océan ne s'élèvera de pas plus de 1,2 mètre. Les

chercheurs ont cependant des indices du fait qu'un réchauffement se poursuivant à long terme ajoutera beaucoup à la hausse prévue. Pire : si les fronts des calottes glaciaires reculent, la planète pourrait connaître une débâcle glaciaire plus rapide encore.

Rappelons que, écrasés sous leur propre poids, les glaciers s'écoulent vers la mer, dans laquelle ils vèlent (c'est-à-dire produisent des icebergs) ou fondent, tandis que la compaction des précipitations de neige produit de la nouvelle glace partout sur eux. Lorsque plus de glace disparaît qu'il ne s'en forme, le front glaciaire recule, ce qui réduit le volume de la calotte glaciaire terrestre et contribue à élever l'océan. Or les indices fournis par les changements spectaculaires qui se sont déclenchés il y a une vingtaine d'années dans une partie importante de l'inlandsis groenlandais – le glacier Jakobshavn – nous renseignent sur la dynamique de ce phénomène.

Au cours des années 1980, le glacier Jakobshavn était l'un des plus rapides connus. Il s'écoulait très vite dans la baie de Baffin, où il s'était étendu sur la mer en flottant ; il formait >

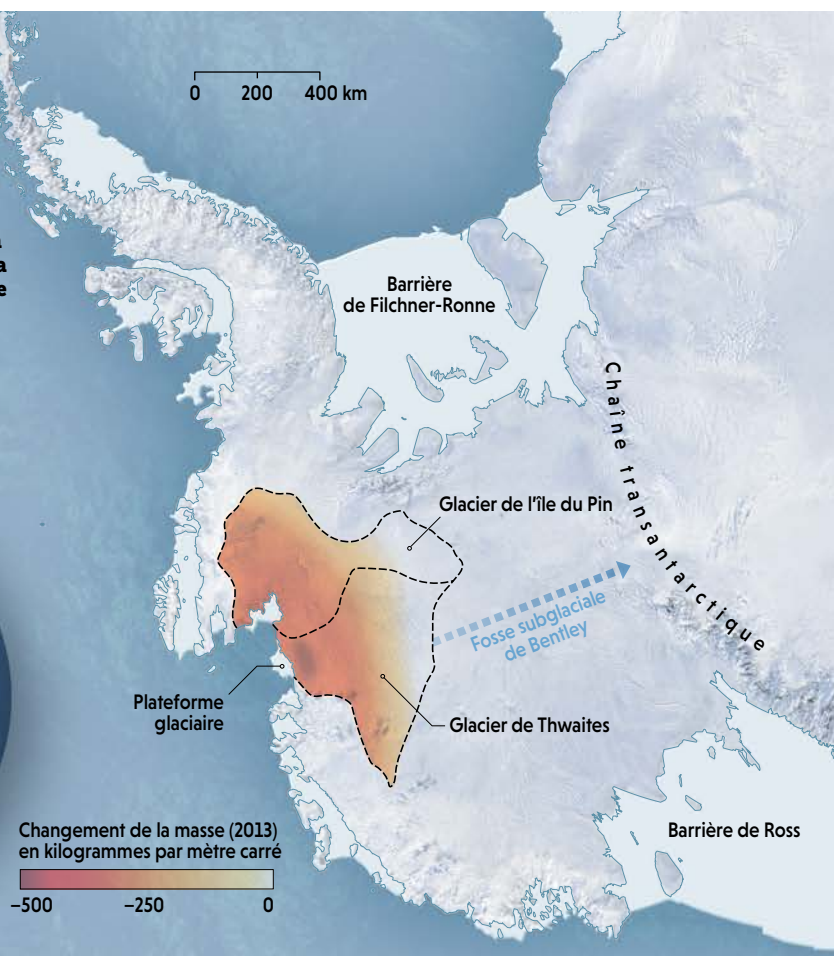
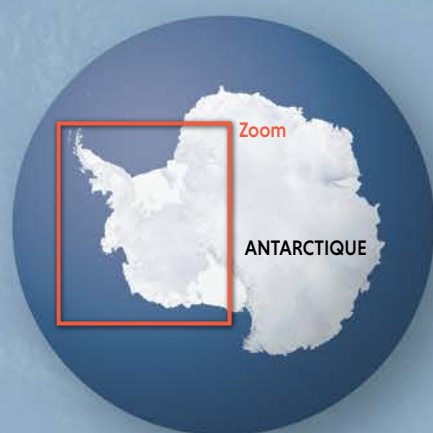


Une hausse de la température océanique d'environ 1°C a disloqué la banquise autour du glacier Jakobshavn



CE QUI FAIT MONTER L'OCÉAN

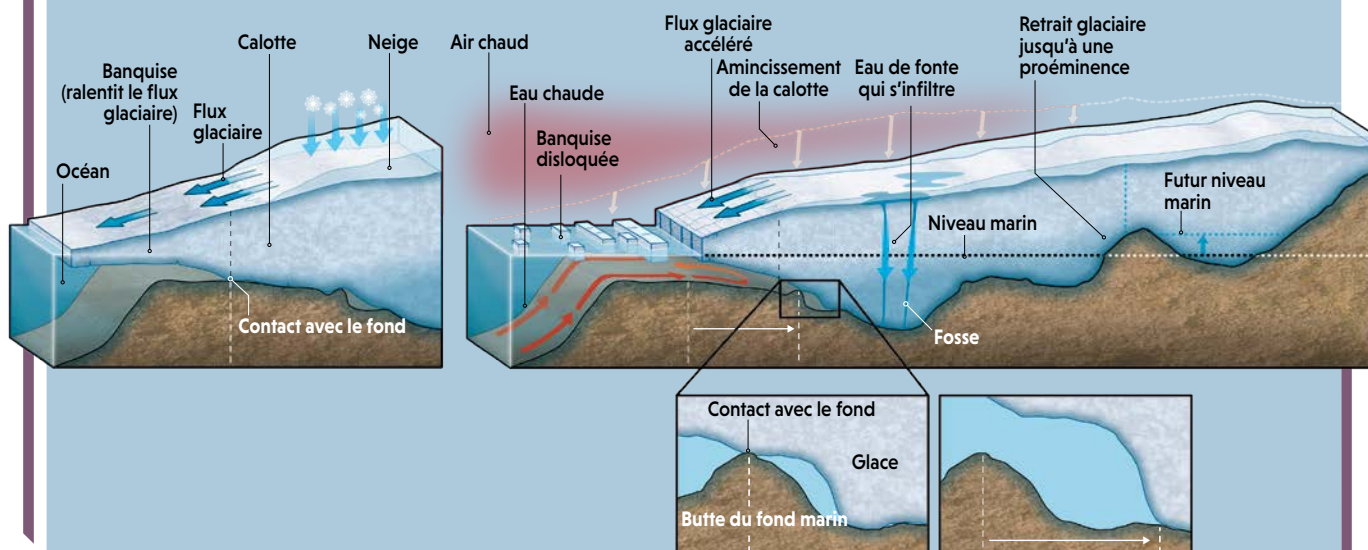
La fonte des petits glaciers qui drainent une partie de l'Antarctique occidental pourrait faire monter un peu le niveau de la mer. Toutefois, ce sont les glaciers vraiment vastes, tels le glacier de l'île du Pin ou le glacier de Thwaites, qui représentent la vraie menace (carte principale). Le glacier de Thwaites commence à s'amincir; de la glace s'écoule dans la mer à mesure que son front recule vers la terre (dessins du bas). Or la présence derrière lui de la fosse subglaciale de Bentley pourrait l'amener à reculer jusqu'aux monts Transantarctiques, ce qui ferait monter l'océan mondial de 3,3 mètres.



COMMENT SE DÉFAIT UN GLACIER

Chaque année, de nouvelles précipitations neigeuses recouvrent la calotte glaciaire, de sorte que la glace qui s'y forme et s'y accumule par compaction de la neige s'écoule sous l'effet son propre poids (ci-dessous, à gauche). Les inlandis de l'Antarctique occidental perdent chaque année un peu plus de masse qu'ils n'en gagnent, ce qui fait monter la mer. Une plateforme glaciaire flottant sur l'océan en avant de leur front ralentit cependant leur écoulement,

mais si les réchauffements de l'air et de l'eau la désintègrent, l'écoulement de la calotte terrestre s'accélère et elle s'amincit (illustrations à droite ci-dessous). Le front glaciaire se met alors à reculer. Si un bassin océanique profond se trouve en arrière du front glaciaire, le recul se poursuit sans entrave jusqu'à une proéminence du fond marin, voire à une élévation de terrain à l'intérieur des terres et le niveau marin s'élève considérablement.



> ainsi ce que l'on nomme une plateforme glaciaire. Or l'effet de telles plateformes est de ralentir l'écoulement de la calotte qui les alimente. Ainsi, quand dans les années 1990, une hausse d'environ 1 °C de la température océanique a démantelé ce frein naturel, le Jakobshavn s'est mis à s'écouler deux fois plus vite à terre. Aujourd'hui, il recule et s'amincit considérablement. Cela en fait l'un des plus grands contributeurs à l'élévation actuelle du niveau de la mer. Des enregistrements géologiques dans les roches montrent que ce glacier a déjà connu des événements comparables dans le passé. Nos observations actuelles révèlent des évolutions similaires dans d'autres glaciers du Groenland.

LA PIRE MENACE : LE GLACIER DE THWAITES

Toutefois, c'est en Antarctique qu'un glacier énormément plus grand que le Jakobshavn – le glacier de Thwaites – fait peser la pire menace de ce genre. Si ce géant devait lui aussi se défaire à la manière du Jakobshavn, alors le niveau de la mer pourrait s'élever de plus de trois mètres en quelques décennies. Dès lors, risquons-nous une élévation catastrophique de l'océan dans un futur proche ou ce risque est-il surestimé ? Comment savoir comment le glacier de Thwaites va se comporter ? Les données nécessaires pour répondre sont en train d'arriver.

Estimer la menace représentée par le glacier de Thwaites est complexe. Une métaphore nous aidera à comprendre pourquoi. Imaginez que vous préparez des gaufres. Vous versez la pâte sur le gaufrier et elle s'étale sur les motifs en creux du fer. Son poids la pousse à s'écouler vers l'extérieur du gaufrier malgré la résistance de la grille de motifs. Sa propagation ralentit soit avec l'avancement de la cuisson, soit parce que vous la retenez à l'aide de votre spatule.

Les calottes glaciaires terrestres – que l'on nomme aussi des inlandsis – sont comparables à de gigantesques gaufres, épaisses de trois kilomètres et larges comme un continent... La neige qui s'y accumule est petit à petit comprimée en glace par le poids des précipitations successives. L'énorme masse glaciaire qui en résulte est très solide : j'y ai déjà atterri à bord d'avions de transport militaires lourds équipés de skis. Pour autant, elle s'écoule ! En effet, la température de la glace est souvent quelques degrés seulement au-dessous de 0 °C, ce qui l'amollit assez pour rendre possible un lent déplacement depuis la région centrale et élevée de la calotte vers ses bords. Là, amincie, elle fond et se disloque facilement. Les calottes plus épaisses ou plus pentues, telles celles du Groenland et de l'Antarctique, avancent plus vite.



De l'eau de fonte pénètre dans l'inlandsis du Groenland et accélère sa progression vers la mer. Cela préfigure le sort des glaciers de l'Antarctique.

Laissée à elle-même, une calotte glaciaire croît jusqu'à une épaisseur et une pente suffisantes pour provoquer son écoulement vers ses bords, où elle fond et se disloque, ce qui compense les chutes de neige. Un inlandsis peut ainsi conserver sa taille pendant très longtemps, mais il semble que sur notre planète en voie de réchauffement, ce ne soit plus le cas. L'eau (d'origine marine) qui s'accumule chaque année sur le Groenland et sur l'Antarctique équivaut à une couche d'un peu plus de 6 millimètres d'épaisseur.

Aujourd'hui, la fonte des glaces et les icebergs émis par les calottes glaciaires introduisent dans les océans une quantité d'eau supérieure d'environ 15%, ce qui élève un peu le niveau marin. Si la fonte n'est plus compensée par les chutes de neige pendant assez longtemps, une calotte glaciaire peut entièrement disparaître. Au rythme constaté aujourd'hui, cela prendrait près de 100 000 ans. Mais si le réchauffement climatique poursuit sur sa lancée, la fonte continuera à accélérer, comme elle le fait déjà aujourd'hui.

La façon dont s'écoule une calotte glaciaire dépend de la viscosité de sa glace (de sa résistance à l'écoulement), de la lubrification de sa base et du frein que constitue la « spatule », c'est-à-dire

la plateforme glaciaire qui flotte en avant d'elle dans la mer. Le réchauffement général de l'atmosphère peut ramollir la glace et dégeler sa base, ce qui facilite la progression de la calotte vers la mer. Toutefois, l'évacuation de la chaleur à travers une épaisseur de glace de plusieurs kilomètres demande du temps. Ainsi, les grandes calottes actuelles continuent de réagir au réchauffement climatique lié à la fin de la dernière glaciation, il y a plus de 10 000 ans !

CATARACTES GÉANTES, VÉLAGE D'ICEBERGS...

Un processus bien plus rapide de réchauffement des calottes existe : l'infiltration de l'eau fondue en surface à travers les crevasses qui traversent la glace. En certains endroits des flancs de l'inlandsis groenlandais, par exemple, l'eau de fonte s'accumule en été à la surface de la glace au sein de magnifiques lacs bleus. Plus dense que la glace, elle a tendance à ouvrir et à élargir des crevasses et, de proche en proche, parvient au lit glaciaire. Le lac se draine alors d'un seul coup. Un lac en expansion peut percer huit cents mètres de glace ou plus, créant soudainement une plus grande cataracte que celle des chutes du Niagara. En une heure, l'arrivée d'autant d'eau réchauffe davantage la base glaciaire qu'en 10 000 ans...

Nous étudions de très près ce mécanisme de réchauffement de la base de la glace dans le cas des inlandsis. Toutefois, il ne représente pas la pire menace pesant sur les habitants de nos côtes, car les calottes terrestres sont ralenties dans leurs progressions par les irrégularités de relief de leurs lits.

Le même mécanisme est en revanche beaucoup plus dangereux lorsqu'il se produit sur une plateforme glaciaire. Dans les régions très froides, la glace qui parvient à l'océan y progresse en flottant, tout en restant attachée au glacier. De tels endroits sont presque toujours des baies ou des fjords protégés, où le mouvement de la plateforme glaciaire est ralenti par sa friction sur les rives et par les protubérances du fond marin, là où elle est en contact avec lui.

Comme sur les inlandsis, le réchauffement atmosphérique conduit à la formation de lacs à la surface des plateformes glaciaires. Lorsque ces lacs ouvrent la glace et la traversent, la plateforme peut s'effondrer.

C'est par exemple ce qui est arrivé en 2002 dans la péninsule Antarctique lorsque la barrière de Larsen B, une plateforme glaciaire située au nord du glacier de Thwaites, s'est disloquée presque complètement. En seulement cinq semaines, elle a vélé des icebergs en série, qui tombaient dans la mer comme des dominos.

Puisque cette plateforme, qui s'étend le long de la côte orientale de la péninsule Antarctique, flottait, cela n'a pas fait monter immédiatement le niveau de la mer, mais a entraîné l'accélération de l'écoulement de l'inlandsis situé en amont de la plateforme à terre,

à toutefois fait prendre conscience du fait que la désintégration des plateformes glaciaires libère les glaciers qui les alimentent, qu'elles freinaient auparavant.

Les banquises peuvent aussi fondre par le bas sous l'influence du réchauffement de l'eau marine, ce qui s'est produit dans le cas de Jakobshavn. Bien que le spectacle impressionnant de l'écroulement d'une grande falaise glaciaire réjouisse les passagers des paquebots de croisière qui se rendent en Alaska ou en d'autres régions froides, le phénomène accélère la disparition des inlandsis. Aujourd'hui, à Jakobshavn, les icebergs naissent d'une falaise qui domine l'océan de plus de 100 mètres – l'équivalent d'un immeuble de 30 étages – et s'enfonce environ neuf fois plus sous l'eau. Lorsque ces icebergs se retournent, ils créent des vagues hautes comme 50 étages et déclenchent des tremblements de terre perceptibles jusqu'aux États-Unis.

UN POINT DE BASCULE POUR LE GLACIER

Pour le moment, la dislocation des plateformes glaciaires et le débitage des falaises de glace qu'elles forment sur la mer n'a que peu contribué à l'élévation du niveau marin. Toutefois, s'agissant du glacier de Thwaites, le même processus pourrait conduire à une hausse beaucoup plus dramatique, car il est très particulier: il s'avance en effet depuis les terres antarctiques occidentales au-dessus d'un énorme et profond fjord qu'il a entièrement rempli: la fosse subglaciale de Bentley. Or un accident géologique y a placé un «point de bascule».

Un matin d'automne 1956, Charles Bentley – qui, des années plus tard, dirigera mon doctorat – soutint sa thèse à l'université Columbia. Le lendemain, il sautait dans un train en direction du Panama, puis embarquait à bord d'un navire se dirigeant vers le sud afin de participer à un projet de recherche de l'Année géophysique internationale visant à analyser la planète Terre. Après deux ans en Antarctique occidentale, il constata à son retour que son diplôme ne lui avait toujours pas été délivré parce qu'il n'avait pas eu le temps de payer ses frais de thèse avant de partir... Pendant son séjour en Antarctique, lui et son équipe ont parcouru près de 5000 kilomètres sur la glace, soit pour se rendre à la station Byrd (station de recherche américaine estivale située à quelque 500 kilomètres dans les terres antarctiques), soit pour en revenir ou pour arpenter les étendues glacées de la région.

S'agissant de la question qui nous occupe, la plus importante des nombreuses mesures et découvertes faites par son équipe est celle de l'épaisseur des calottes. Après avoir déclenché de petites explosions à la surface d'une calotte, Bentley et son équipe ont utilisé des sismomètres pour écouter les sons se réfléchissant à ➤



Dans la fosse de Bentley, la calotte glaciaire s'étend à plus de 2500 mètres sous la mer



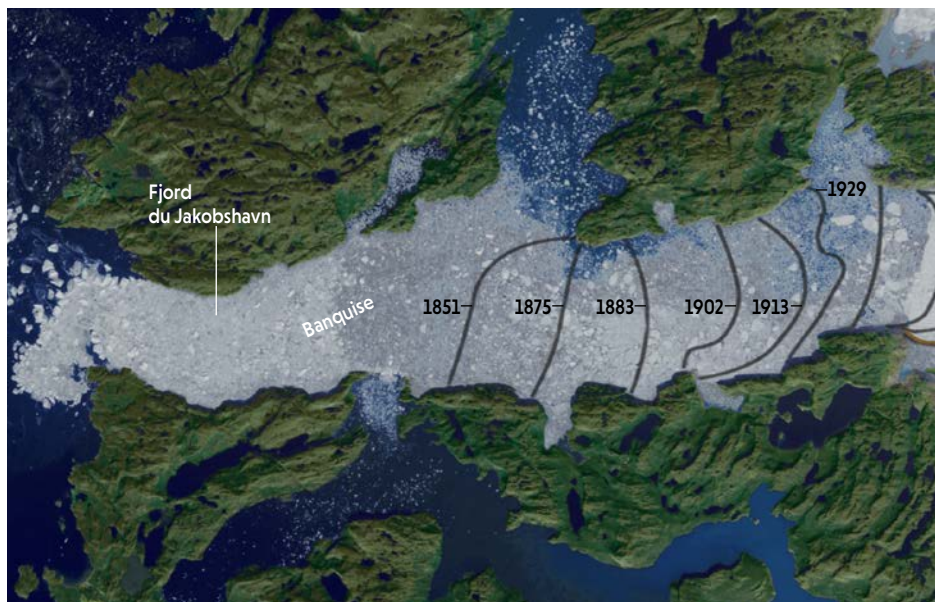
un peu comme si, lors de la préparation d'une gaufre, le retrait de la spatule permettait soudainement à la pâte de s'étaler. Tout d'un coup, la glace s'est mise à avancer vers la mer de six à huit fois plus vite qu'avant. Il n'y en avait heureusement pas beaucoup à terre en amont de la barrière de Larsen, de sorte que le niveau de la mer n'a guère augmenté. L'événement nous

> 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.

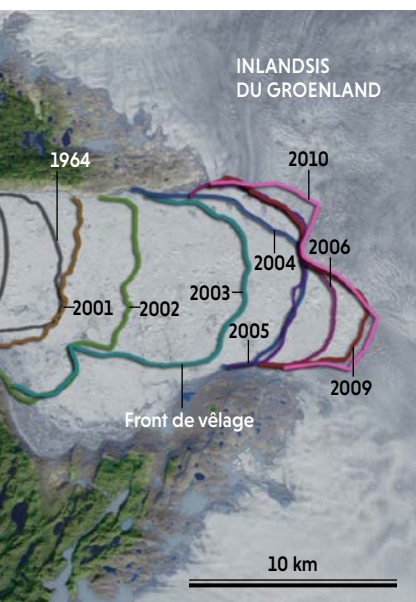
Ce phénomène se produit actuellement en de nombreux endroits de l'Antarctique et du Groenland. Le Jakobshavn a ainsi « sauté » un ancien haut-fond morainique et recule au sein de son fjord, ce qui lui a ouvert un chemin vers l'inlandsis. Lorsque les premiers explorateurs européens ont visité Glacier 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 vêlage 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.

L'ESSENTIEL

> Les chercheurs ont longtemps pensé que les animaux complexes étaient apparus au cours de l'explosion du vivant survenue au Cambrien, il y a environ 540 millions d'années.

> Mais de plus en plus de fossiles suggèrent qu'en réalité, ils ont émergé des millions d'années auparavant, durant l'Édiacarien.

> De nouvelles techniques pour reconstituer la chimie des anciens océans ont livré des indices sur les pressions environnementales qui ont façonné cette diversification primitive.

L'AUTEURE



RACHEL A. WOOD
paléontologue et géologue
à l'université d'Édimbourg,
en Écosse

L'essor des premiers animaux

La découverte de nouveaux fossiles d'animaux complexes et l'analyse de la chimie des anciens océans révèlent les racines étonnamment lointaines de l'explosion cambrienne.

Grimpez en haut des falaises blanches et escarpées qui surplombent les grandes rivières de Sibérie. Au sommet, vos pieds fouleront les vestiges d'un tournant de l'histoire de la vie sur Terre: la limite géologique, vieille de 541 millions d'années, entre les périodes précambrienne et cambrienne. Les roches situées en dessous de cette ligne contiennent peu de restes fossiles: des empreintes fantomatiques d'organismes à corps mou et quelques formes de coquilles. Mais cassez n'importe quelle roche juste au-dessus de la limite, elle regorgera de coquilles. Un peu plus haut encore, des organismes fossilisés familiers, comme les trilobites, apparaissent. Ces changements documentent ce que l'on nomme l'explosion cambrienne, l'un des

événements les plus importants de l'évolution, mais qui reste encore mal compris.

Des décennies durant, les chercheurs ont pensé que l'origine des animaux complexes – des organismes multicellulaires aux tissus différenciés – remontait à l'explosion cambrienne. De fait, une profusion de formes nouvelles ont vu le jour à cette période, dont les ancêtres de beaucoup des groupes majeurs d'animaux actuels. Cependant, de récentes découvertes en Sibérie, en Namibie et ailleurs montrent que les animaux complexes sont en réalité apparus des millions d'années avant l'explosion cambrienne, au cours du dernier chapitre du Précambrien, une période appelée l'Édiacarien. Parmi ces découvertes, on compte les plus anciens organismes connus dotés de squelettes interne et externe composés de tissu >

Les plus anciens animaux complexes connus, vieux de plus de 550 millions d'années, avaient des formes variées et mesuraient quelques centimètres, voire plus.

