

Les glaces polaires fon

De la grande calotte du Groenland aux petits glaciers, toutes les régions de l'Arctique fondent. Mais pas toutes au même rythme. Le plus inquiétant est que, dans certaines zones, la fonte s'accélère.

Le 12 juillet 2012, pour la première fois depuis trente ans que des satellites sont en orbite pour surveiller les régions polaires, la fonte des glaces a été observée sur la totalité de la surface du Groenland. Victime spectaculaire du réchauffement dans l'Arctique, la banquise* n'est donc pas, loin s'en faut, l'unique sujet de préoccupation des climatologues. Un autre élément joue un rôle déterminant dans le réchauffement : ce sont les quantités considérables de glace qui recouvrent les terres émergées de l'Arctique, comme le Groenland ou le nord du Canada. Elles subissent de plein fouet l'effet du réchauffement dans la région, qui est deux fois plus rapide que dans le reste du globe. C'est leur fonte, et non celle de la banquise (lire « La banquise a un effet protecteur sur le réchauffement », p. 20), qui est l'une des principales sources de l'élévation actuelle du niveau de la mer.

Or les glaces des terres arctiques existent sous des formes très diverses : les calottes* et les inlandsis – vastes plateaux de glace en forme de dôme –, les glaciers

– masses de glace des zones montagneuses qui glissent lentement vers le fond des vallées –, le sol gelé ou pergélisol... Tous réagissent différemment au réchauffement. Aujourd'hui, la multiplication des études de télédétection satellitaire permet de mieux cerner les effets de ce phénomène sur chacune des composantes des glaces arctiques. Et de préciser leurs rôles dans le système climatique.

UNE FONTE DES GLACES ALARMANTE AU GROENLAND

Globalement, la fonte des glaces de l'Arctique, si on y inclut l'ensemble du Groenland, contribue à hauteur de 25 % à 40 % à l'élévation du niveau de la mer. La contribution de l'Antarctique reste débattue, mais inférieure à 15 %. Quant au reste, il est causé par la fonte de l'ensemble des glaciers présents ailleurs sur la Terre, comme ceux de l'Himalaya ou de la Patagonie, et par la dilatation de l'océan due à l'élévation de température.

De toutes les régions arctiques, le Groenland est de loin celle dont la situation est la plus préoccupante. Malgré l'inertie thermique de cette calotte gigantesque,

Frédérique Rémy et Étienne Berthier

sont chercheurs au laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales, à Toulouse.

qui représente 1,7 million de kilomètres carrés et un volume de 3 millions de kilomètres cubes, ses glaces sont particulièrement touchées par le réchauffement.

Au Groenland, tous les voyants climatiques sont au rouge. Ainsi, chaque année, la portion de la calotte groenlandaise dont la surface fond en été est de plus en plus importante. Sa superficie a augmenté de 40 % en vingt-cinq ans. Cette tendance est constante depuis le début des observations des radiomètres satellites en 1979. Cette augmentation est clairement corrélée à l'élévation des températures au Groenland, estimée à 2,4 °C durant la même période. Au départ, la fonte était confinée dans les régions les moins froides, au sud du Groenland, et à basse altitude. Aujourd'hui, elle atteint le nord et se produit au-delà de 1 500 mètres d'altitude, y compris dans les zones les plus proches du pôle. Elle a même atteint toute la calotte l'été dernier.

* La banquise est la glace de mer.

* La calotte glaciaire est de la glace de terre constituée d'eau douce ; elle se forme par l'accumulation de neige en surface, son tassement et sa transformation progressive en glace.

DES GLACIERS QUI BOUGENT DE PLUS EN PLUS VITE

Autre indicateur clair de la diminution de la calotte groenlandaise, l'accélération des glaciers émissaires. Il s'agit de langues de glace présentes au pourtour d'une calotte. Ces glaciers ont pour effet, en quelque sorte, d'évacuer le contenu de cette dernière. Car ils s'écoulent vers le fond des vallées, voire vers la mer, où ils rencontrent des températures plus chaudes. Plus ils vont vite, plus ils libèrent des icebergs dans la mer. La vitesse de ces

L'essentiel

> La fonte des glaces de terre de l'Arctique, et non celle de la banquise, est la principale cause de l'élévation actuelle du niveau de la mer.

> La zone la plus touchée est la calotte glaciaire du Groenland, dont la surface diminue de plus en plus chaque année en été.

> La banquise fond, elle aussi, ce qui contribue à augmenter le réchauffement climatique.

dent de plus en plus

glaciers a été mesurée en comparant des images radar ou optique, prises à quelques semaines d'écart. Résultat : la majorité d'entre eux ont vu leur vitesse augmenter de quelques dizaines de pour cent pendant la dernière décennie. Ainsi, la vitesse du plus emblématique glacier du Groenland, le Jakobshavn Isbræ, classé au patrimoine mondial de l'Unesco, a fait plus que doubler depuis 1995, passant de 20 mètres par jour à plus de 40. Cette tendance est confirmée par les mesures d'épaisseur des ces glaciers, qui ont tendance à s'amincir quand ils vont plus vite.

Plusieurs phénomènes peuvent expliquer l'accélération de ces glaciers. En général, le déplacement du glacier sur son socle rocheux est lubrifié par un mince film d'eau, très discontinu, qui est situé entre les deux. Ce film est en partie alimenté par l'eau provenant de la glace fondue en surface qui s'infiltré jusqu'au socle rocheux. Le glacier glisse donc d'autant plus vite que la fonte est élevée. Toutefois, l'accélération vient surtout de la lubrification par l'eau de mer. Elle

s'infiltré sous le glacier, à l'endroit où celui-ci atteint le rivage. Plus le réchauffement est important, plus l'eau de mer fait fondre le glacier, et mieux elle s'infiltré en dessous de lui.

Globalement, toutes les études confirment aujourd'hui que la calotte groenlandaise perd plus de masse en fondant qu'elle n'en reçoit sous forme de neige. Bilan : entre 100 et 250 milliards de tonnes en moins tous les ans. Les glaciologues obtiennent ces >>>

LE MOUVEMENT ET LE REcul DU GLACIER HELHEIM, au Groenland occidental, ont été bien analysés : longtemps stable, ce glacier a commencé à reculer rapidement à partir de 2001. Or, plus il va vite, plus il libère des icebergs dans la mer.



Les glaces polaires fondent de plus en plus

►►► estimations en observant par satellite les variations de l'épaisseur de la calotte, mais également en analysant de fines variations de la gravité terrestre, mesurées là aussi par satellite. Et toutes les régions du Groenland sans exception perdent aujourd'hui de la masse. Bien que le réchauffement accélère le cycle de l'eau et provoque ainsi des neiges plus abondantes dans le centre du territoire, ces dernières ne compensent plus l'importante fonte des glaces des régions côtières. Pendant longtemps, jusqu'en 2005, le nord de la calotte recevait encore suffisamment de neige pour compenser la fonte accrue. Actuellement, même cette région perd de la masse.

LES CONSÉQUENCES SUR LA MONTÉE DES OCÉANS

Cette perte annuelle de masse de glace contribue à élever le niveau de la mer de 0,3 à 0,7 millimètre par an, selon les estimations. Cela représente de 10 % à 20 % environ de l'augmentation annuelle du niveau de la mer. En outre, la

plupart des climatologues estiment aujourd'hui que l'on est en présence d'une vraie tendance de fond et non de fluctuations d'une année sur l'autre. Depuis au moins quelques décennies, les pertes de masse de la calotte groenlandaise s'accroissent.

D'autres calottes et glaciers de l'Arctique connaissent une évolution inquiétante. C'est le cas du nord du Canada et de l'Alaska, qui constituent les deux plus vastes terres recouvertes de glace dans l'Arctique après le Groenland. L'Alaska, en particulier, semble particulièrement vulnérable au réchauffement de la région. Car il comporte de nombreuses langues de glace assez étendues. Or ces dernières sont situées à basse altitude, leurs extrémités étant souvent en contact direct avec l'océan. Comme celui-ci, tout comme l'atmosphère, se réchauffe, elles ont tendance à fondre rapidement.

Pour ces raisons, la seconde partie du XX^e siècle a été très destructrice pour les glaces de l'Alaska. Alors qu'elles ne représentent que

« La banquise a un effet protecteur dans le réchauffement »



David Salas y Mélia est chercheur en climatologie au Centre national de recherches météorologiques de Météo-France à Toulouse.

© AURORE BRUT

Quel est le rôle joué par la banquise vis-à-vis du réchauffement ?

Cette fine couche de mer gelée tend à protéger la Terre du réchauffement. Elle est en effet très blanche, notamment quand elle est recouverte de neige fraîche, alors que l'océan est plutôt sombre. La banquise renvoie donc dans l'espace 50 % à 85 % de la lumière du soleil qu'elle reçoit, alors que l'océan en absorbe, lui, plus de 90 %. Il s'échauffe donc beaucoup plus facilement que la banquise. Et plus celle-ci fond, à cause du réchauffement, plus l'océan se réchauffe lui aussi. Car la surface qu'il occupe s'étend. Ce qui augmente à nouveau le réchauffement. En revanche, la fonte de la banquise ne participe en rien à l'élévation du niveau de la mer, de même que le niveau de l'eau dans un verre ne monte pas quand les glaçons fondent.

La fonte de la banquise augmente-t-elle ?

En Arctique, la banquise décroît continûment. Elle a même atteint un record de rétraction, début septembre 2012, couvrant moins de 4 millions de kilomètres carrés, quand son précédent record de 2007 s'établissait à 4,5 millions. En revanche, la banquise antarctique ne diminue pas, voire augmente légèrement.

Pourquoi cette différence ?

En Antarctique, la banquise peut s'étendre beaucoup plus facilement. Car elle n'est pas limitée, comme dans l'Arctique, par la présence de plusieurs continents tout autour du pôle Nord : nord du Canada, Groenland, nord de la Russie, etc.

Et d'autres phénomènes entrent en jeu, comme la fonte des glaces des continents, qui apporte de l'eau douce près de la surface. Devenue moins salée, l'eau proche de la surface se mélange peu avec les eaux plus profondes, car leurs températures s'homogénéisent moins. Or, l'impact de cet effet diffère selon les saisons et le lieu. En Antarctique, il a plutôt tendance à protéger la banquise, tandis qu'en Arctique, il a plutôt tendance à la faire fondre.

■ Propos recueillis par Nicolas Constans



LA VITESSE DE DÉPLACEMENT DU JAKOBSHAVN ISBRÆ AUGMENTE, ce qui contribue à fragiliser la calotte groenlandaise. Ce glacier, dit émissaire, est composé de langues de glace qui s'écoulent vers le fond des vallées et se fragmentent en blocs.

© KONRAD STEFFEN/CIRES, UNIVERSITY OF COLORADO/ANAP

5 % de la surface du Groenland, elles ont contribué à près de 10 % de la hausse totale du niveau de la mer pendant cette période. La fonte, qui s'était accélérée pendant la décennie 1990, s'est un tout petit peu ralentie lors de la décennie suivante. Elle s'est aujourd'hui stabilisée à un rythme qui reste très important : elle contribue à élever le niveau de la mer de 0,22 millimètre par an, soit environ 7 % de l'augmentation annuelle.

L'ARCTIQUE CONNAÎT DES SITUATIONS CONTRASTÉES

Longtemps assez épargné, le Canada semble désormais suivre la voie de l'Alaska. Jusqu'à la fin du XX^e siècle, les glaciers et les calottes qui recouvrent les îles du nord du pays résistaient plutôt bien au réchauffement des régions arctiques. Mais des travaux récents viennent de montrer que leur fonte s'est accentuée brutalement depuis 2004. Entre 2007 et 2009, la contribution de ces glaces à l'élévation du niveau de la mer a même dépassé celle de l'Alaska, atteignant 0,25 millimètre par an. Toutefois, cette forte hausse n'a été observée que sur une courte période. Elle peut être due à la variabilité du climat. Les prochaines années confirmeront ou non s'il s'agit d'une tendance de fond.

3 mètres d'épaisseur en moins en quelques mois

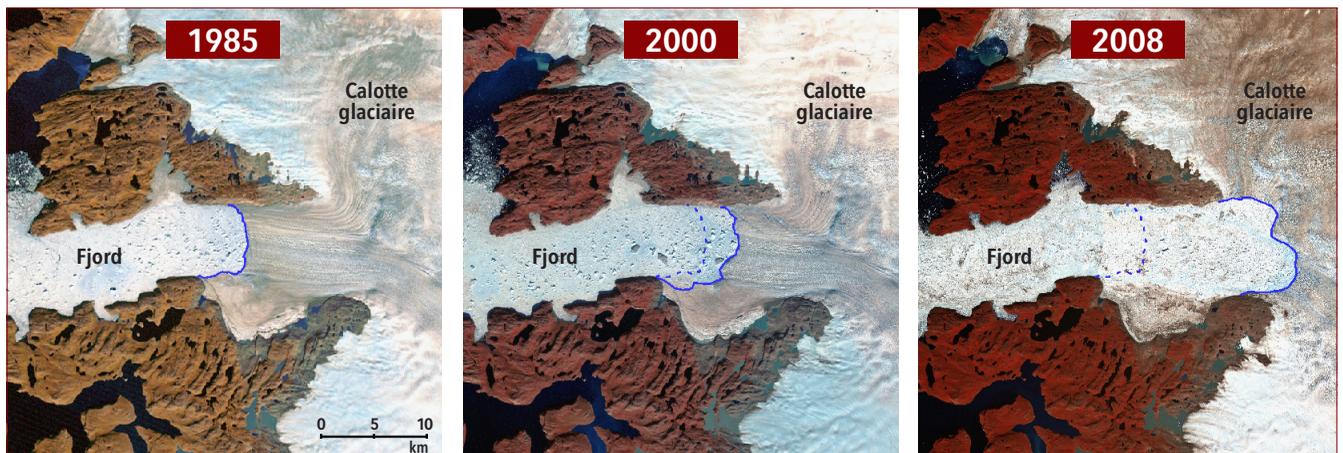
L'éruption du volcan Eyjafjallajökull en avril 2010, qui paralysa le trafic aérien européen, a eu un impact très fort sur les glaces islandaises. Au cours de l'été suivant, celles-ci ont fondu trois fois plus vite que les années précédentes, perdant 3 mètres d'épaisseur en seulement quelques mois ! En effet, la fine couche de cendres volcaniques qui a alors recouvert toutes les calottes islandaises les a noircies, ce qui a absorbé très efficacement le rayonnement solaire. Heureusement, cette éruption n'a eu qu'un effet transitoire. Au cours du même été, la fonte a été forte dans la moitié basse des glaciers. En conséquence, l'eau qui en a résulté a emporté les cendres. Quant à celles qui recouvraient le haut des glaciers, elles ont été ensevelies par d'importantes chutes de neige lors de l'hiver suivant. Redevenus blancs, les glaciers se sont remis à fondre à un rythme plus lent, comme avant.

Le cas de l'Islande se révèle tout aussi inquiétant. La fonte y est la plus rapide de tout l'Arctique. Depuis le milieu des années 1990, les calottes de glace islandaises perdent, en moyenne, un peu plus d'un mètre d'épaisseur chaque année, contre 90 centimètres pour l'Alaska et 10 centimètres pour le Groenland. Leur impact sur l'élévation du niveau de la mer s'avère toutefois très faible, dans la mesure où elles couvrent une surface réduite.

Dans le reste de l'Arctique, les glaces contribuent très peu à l'élévation du niveau de la mer. Bien qu'elles occupent des surfaces relativement conséquentes, la fonte y est encore modérée. C'est le cas des îles du Spitzberg, au nord de la Norvège, ou de la Nouvelle-Zemble et de Severnaïa Zemlia, au nord de la Russie.

Pourquoi cette fonte modérée ? D'abord parce que ces petites calottes ne sont pas ou très peu en contact avec la mer. C'est donc principalement l'atmosphère qui peut les réchauffer. Or ces calottes sont, en général, relativement proches du pôle, à seulement 1 000 kilomètres, par exemple, pour le Spitzberg. À ces latitudes, les températures sont encore assez froides durant une grande partie de l'année et largement au-dessous de 0 °C. La fonte reste donc modeste et l'effet du réchauffement également. Mais pour combien de temps encore ? Si les températures continuent d'augmenter, notamment en été, ces calottes devraient, elles aussi, perdre de plus en plus de masse.

La conclusion est sans appel : de la grande calotte du Groenland aux petits glaciers, quelles >>>



LE JAKOBSHAVN ISBRÆ, AU GROENLAND, RECULE DE PLUS EN PLUS. Ces images prises par les satellites Landsat et Aster témoignent du déplacement du front de ce glacier entre 1985 et 2008. Ce recul est corrélé à un doublement de sa vitesse de déplacement - qui est ainsi passée de 20 mètres par jour à plus de 40 mètres depuis 1995 -, et à un amincissement très rapide, plus de 20 mètres par an.

© ASTER-GUMS/LANDSAT/PROCESSING E. BERTHIER CNRS-LEGOS

Les glaces polaires fondent de plus en plus

►►► que soient leur taille ou leur nature, tous les objets glaciaires de l'Arctique fondent. Que des objets constitués de glace soient particulièrement sensibles au réchauffement n'est pas en soi une surprise. En revanche, l'accélération de ce processus pose question. Pour l'expliquer, les climatologues avancent plusieurs hypothèses. Ils invoquent des phénomènes d'emballlement, appelés aussi rétroactions positives, qui accentuent les effets du réchauffement.

QUAND LES GLACIERS FONDENT, ILS S'AMINCISSENT

L'un de ces phénomènes est le fait qu'un glacier qui fond s'amincit. Par conséquent, son altitude moyenne baisse. Les températures auxquelles il est soumis en haut, près du sommet, sont donc légèrement moins froides. En moyenne, il se réchauffe un petit peu plus. Donc il fond un petit peu plus vite. Donc il s'amincit encore plus, et ainsi de suite. Cet emballlement est toutefois en partie freiné. Car, en s'amincissant, le glacier se

rétracte : son extrémité la plus basse remonte légèrement, passant dans une atmosphère un peu plus froide, donc moins propice à la fonte. À cause de ces deux effets antagonistes, l'amincissement des glaciers peut donc accélérer la fonte, ou la freiner, ou n'avoir pratiquement pas d'effet.

Un autre facteur d'accélération vient des poussières déposées par le vent, année après année, sur la surface de la glace. Chaque été où la fonte est forte, ces particules sombres réapparaissent en surface des glaciers. Elles sont à chaque fois plus nombreuses. Or, un glacier moins blanc absorbe beaucoup plus la chaleur du soleil, donc fond plus vite. L'impact de ces poussières sur la fonte peut être massif, comme l'a montré l'éruption du volcan Eyjafjallajökull en avril 2010 (lire « 3 mètres d'épaisseur en moins en quelques mois », p. 21). Ces poussières peuvent être des cendres de volcans, s'il y en a à proximité. Mais elles peuvent aussi être produites par le déplacement du glacier, qui érode les roches en dessous de lui, transporte et

repousse des amas de pierres et de terre sur les côtés. Il peut également s'agir de suies présentes dans l'atmosphère, issues, par exemple, d'incendies ailleurs sur la Terre. L'impact de ce phénomène sur la fonte des glaces en Arctique n'est toutefois pas encore très bien quantifié pour l'instant.

Cependant, nous ne savons pas vraiment comment ces mécanismes se combinent entre eux. Ainsi, au nord du Groenland, la fonte en surface est apparue relativement récemment. Et alors que, partout ailleurs, une telle fonte provoque une accélération de l'écoulement des glaciers, au nord du Groenland, ce n'est pas le cas. Pour le moment, nous essayons de comprendre pourquoi.

Dans ce contexte, l'avenir des diverses calottes et glaciers des terres arctiques demeure difficile à prédire. Beaucoup de travail reste à mener pour comprendre la réaction de ces objets au réchauffement. D'autres phénomènes doivent être pris en compte, comme la modification de la circulation océanique. ■

L'Antarctique, un bilan plus contrasté

L'ANTARCTIQUE, lui aussi, perd de la masse. Les chiffres exacts font toujours débat, mais ils sont de l'ordre de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliards de tonnes chaque année. En outre, ces pertes s'accroissent : d'une année sur l'autre, elles augmentent d'environ 15 milliards de tonnes en moyenne.

LES CLIMATOLOGUES ont pourtant longtemps pensé que l'Antarctique subissait moins les effets du réchauffement que l'Arctique. D'une part, parce qu'il a une grande inertie thermique : l'essentiel de sa glace forme une vaste calotte de 2 000 mètres d'épaisseur en moyenne, qui occupe des millions de kilomètres carrés. Ensuite, parce qu'il est relativement isolé du climat du reste du globe. Enfin, parce que, contrairement au Groenland, il ne fond quasiment



LE GLACIER DE PINE ISLAND, en mer d'Amundsen, s'amincit de plus en plus. L'Antarctique aussi réagit au changement climatique.

pas au contact de l'atmosphère, car la température n'atteint que rarement 0 °C.

DES OBSERVATIONS PAR SATELLITE, menées depuis une quinzaine d'années, indiquent néanmoins que certains glaciers

antarctiques s'écoulent de plus en plus vite. De ce fait, ils évacuent de plus en plus de glace vers la mer. Une partie de cette glace fond au contact de l'eau, le reste est libéré sous forme d'icebergs. Les chutes de neige de l'intérieur des terres, même si elles augmentent à cause du réchauffement, ne compensent pas cette perte de glace. La calotte « puise dans ses réserves », elle perd de la masse.

CES PERTES AFFECTENT surtout la partie ouest du continent, pour le moment. Les plus grosses contributions viennent du glacier appelé Pine Island et de ses voisins de la mer d'Amundsen, ainsi que d'autres situés dans la longue péninsule Antarctique. À l'est de l'Antarctique, en revanche, rien n'est encore vraiment tranché.

■ Thomas Flament, Legos