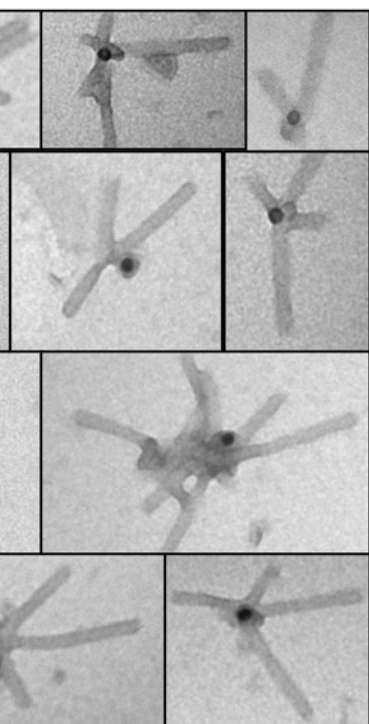




révéleront peut-être des moyens de neutraliser les inflammasomes persistants.

Par exemple, des études indiquent que tous les signaux de danger connus, qu'ils déclenchent la voie d'amorçage ou celle d'activation de l'inflammasome, produisent une réaction inflammatoire limitée même s'ils persistent dans le milieu intercellulaire. Après un certain temps, les cellules immunitaires s'arrêtent tout simplement de réagir à la présence des signaux qui activent la voie d'amorçage (celle qui intensifie la production de précurseurs de l'inflammation), selon un processus nommé tolérance. Quant aux signaux qui déclenchent la voie d'activation de l'inflammasome (celle qui assemble ce dernier), ils provoquent la mort des cellules immunitaires s'ils persistent trop longtemps. Dans les deux cas, le résultat est l'arrêt du processus inflammatoire.

Des signaux supplémentaires sont donc clairement nécessaires pour maintenir un inflammasome activé pendant une durée prolongée, comme c'est le cas dans le diabète et la stéatose hépatique. Mon équipe, en collaboration avec d'autres, a ainsi déterminé que l'adénosine, une substance que l'organisme produit chaque fois qu'il libère de l'énergie en cassant des molécules d'ATP, semble retarder le démantèlement de l'inflammasome NLRP3. Ironie du sort, l'adénosine a longtemps été considérée comme une molécule anti-inflammatoire parce qu'elle contrebalance des produits apparaissant ultérieurement lors du processus inflammatoire.

De telles thérapies visent le blocage de l'inflammasome à différentes étapes de sa construction, notamment celle de la liaison de signaux de danger à leurs récepteurs. Plusieurs entreprises pharmaceutiques ont déjà commencé à mener des expériences avec différents composés qui agissent directement sur l'inflammasome. Il faudra cependant très probablement une bonne décennie pour démontrer que ces candidats sont sûrs et efficaces.

En attendant, de nombreux chercheurs ont commencé à tester sur des patients souffrant de différentes infections liées à un même inflammasome des traitements déjà efficaces contre une maladie (et approuvés par l'administration américaine de sécurité des aliments et des médicaments). Par exemple, l'anakinra, un médicament utilisé depuis longtemps dans le traitement de la polyarthrite rhumatoïde (notamment en France), bloque le récepteur sur lequel se fixe l'interleukine IL-1 β , une des cytokines que libère l'inflammasome NLRP3. Ce médicament a donc été testé dans diverses maladies liées à cet inflammasome. Il a ainsi produit des effets bénéfiques dans un large éventail de maladies inflammatoires, notamment un syndrome inflammatoire pédiatrique rare et invalidant.

LA PISTE DE LA DIGOXINE

Par ailleurs, mon équipe étudie si la digoxine, un médicament couramment utilisé pour traiter certains troubles du rythme cardiaque, atténuerait l'inflammation dans diverses maladies inflammatoires, notamment des inflammations chroniques du foie et des pathologies neurologiques. D'autres chercheurs ont en effet montré il y a quelques années que la digoxine inhibe une molécule nommée HIF-1 α . Mon équipe a ensuite déterminé que cette molécule est nécessaire pour que l'activation de l'inflammasome NLRP3 persiste. Un excès de digoxine s'est révélé produire divers effets indésirables, mais nous avons montré qu'à faible dose, la digoxine réduit l'inflammation et les lésions associées dans différents modèles de maladie du foie. Nous préparons à présent des essais cliniques sur cette molécule.

Ces dernières années, les recherches sur la biologie fondamentale de l'inflammasome ont explosé et l'effervescence se poursuit. S'il est encore difficile de prédire quand ces travaux conduiront à de nouvelles thérapies, l'organisation riche et complexe de cette étonnante usine cellulaire indique toutefois clairement qu'attaquer l'inflammation à sa source est une carte indispensable à jouer si l'on veut un jour parvenir à soulager beaucoup plus de personnes qu'aujourd'hui des souffrances et invalidités quotidiennes que l'inflammation chronique leur inflige. ■

BIBLIOGRAPHIE

M. Gros Lambert et B. F. Py, **NLRP3, un inflammasome sous contrôle**, *Médecine Sciences*, vol. 34(1), pp. 47-53, 2018.

H. Guo et al., **Inflammasomes : Mechanism of action, role in disease, and therapeutics**, *Nature Medicine*, vol. 21(7), pp. 677-687, 2015.

X. Ouyang et al., **Inflammasome biology in fibrogenesis**, *BBA Molecular Basis of Disease*, vol. 1832(7), pp. 979-988, 2013.

T. Strowig et al., **Inflammasomes in health and disease**, *Nature*, vol. 481, pp. 278-286, 2012.

K. Schroder et J. Tschopp, **The inflammasomes**, *Cell*, vol. 140(6), pp. 821-832, 2010.

À L'ASSAUT DE L'INFLAMMASOME PERSISTANT

Les découvertes brièvement décrites ici ont profondément changé notre conception de l'inflammation. Non seulement les chercheurs comprennent mieux ses étapes, mais désormais, ils admettent en général que de nombreux stimuli différents – des signaux étrangers, des signaux de danger et même nombre de produits de la digestion des aliments – convergent vers une seule usine inflammatoire, l'inflammasome, qui fabrique relativement peu de produits. Les différences entre les maladies sont dues au type de signal initial, à l'endroit où les inflammasomes sont activés et à la durée de leur activation. Par exemple, des cristaux d'acide urique dans les articulations déclenchent des épisodes inflammatoires aigus (la goutte) qui se résorbent malgré la persistance des cristaux (du moins jusqu'à la prochaine crise), mais des cristaux de silice dans le poumon provoquent une inflammation chronique et l'apparition de lésions.

Ces nouvelles informations fournissent des cibles moléculaires potentielles contre lesquelles développer de nouveaux médicaments.

L'ESSENTIEL

> Le climat de l'Arctique change rapidement. La température, l'humidité de l'air et d'autres variables y ont battu plus d'une dizaine de records ces trois dernières années.

> La banquise disparaît, les températures de l'air augmentent, le sol dégèle et les glaciers fondent.

> Parce qu'il modifie le courant-jet et le vortex polaires, ce réchauffement rapide allonge les périodes de canicule, de sécheresse, de froid intense et de fortes pluies.

L'AUTEURE



JENNIFER A. FRANCIS
directrice de recherche
au Département de science
marine et côtière
de l'université Rutgers,
aux États-Unis

La grande débâcle de l'Arctique

La banquise de l'océan Arctique fond à des vitesses record, et elle pourrait disparaître en été dès 2040. Or les glaces boréales contribuent à la stabilité du climat de tout l'hémisphère Nord. Sans elles, les épisodes climatiques extrêmes qui frappent l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie risquent donc de s'intensifier.



Au Groenland, des icebergs flottent au large de la ville d'Ilulissat sous le soleil de minuit. Ils se sont détachés du Jakobshavn, l'un des glaciers du pays qui se déplacent le plus vite.

© Getty Images

Un choc, une révélation. En 2003, j'avais été invitée par la National Science Foundation (NSF, l'agence américaine de la science) à un séjour scientifique à Big Sky, dans le Montana. Une vingtaine d'autres climatologues y participaient. Chacun avait son propre domaine de compétence et, spécialisation de la science moderne oblige, avait une vision limitée du travail de ses confrères. Mais quand nous avons échangé sur nos sujets de recherche respectifs, nous avons fait un constat effarant. Les changements que chacun de nous avait observés se révélaient liés et allaient tous dans le même sens: le système arctique dans son ensemble se transformait et évoluait vers un état précaire. Et l'espoir d'enrayer le processus semblait mince.

À l'issue du congrès, nous avons publié un article pour alerter la communauté scientifique: si l'évolution de l'Arctique se poursuivait au même rythme, il était vraisemblable que dans moins d'un siècle, cet océan soit dépourvu de glace en été – une situation inédite depuis des millénaires. Hélas, à la lumière des recherches récentes, je dois admettre que nous nous étions trompés: les glaces estivales de l'Arctique pourraient bien disparaître dès 2040, c'est-à-dire soixante ans plus tôt que nous l'avions prédit!

En fait, l'Arctique change exactement comme les scientifiques l'avaient anticipé, mais encore plus rapidement que l'indiquaient les prédictions passées les plus alarmistes. Le continent blanc semble s'être transformé en glaçon posé sur une gazinière. En seulement trois ans, plus d'une dizaine de records climatiques vieux de plusieurs décennies ont été battus. C'est le cas pour la réduction de la superficie des banquises estivale et hivernale, mais aussi pour d'autres paramètres tels que le réchauffement de l'air ou le dégel du sol.

La fin annoncée de l'Arctique pourrait n'être qu'un problème écologique parmi tant d'autres, loin de nos préoccupations quotidiennes. Mais sa régression annonce probablement des difficultés pour les habitants du monde entier. La dernière fois que l'Arctique a été légèrement plus chaud qu'aujourd'hui, il y a environ 125 000 ans, le niveau des océans était 4 à 6 mètres plus haut. Si cette situation se reproduit, adieu Miami, La Nouvelle-Orléans, la majeure partie de New York et de la Silicon Valley, mais aussi Venise, Londres et Shanghai.

Ce n'est pas tout. De nouvelles recherches suggèrent que le réchauffement rapide de l'Arctique perturbe le trajet du courant-jet (ou *jet-stream*) polaire – un courant d'air froid de haute altitude qui influe sur le temps qu'il fait en Europe et aux latitudes équivalentes – de telle façon que les épisodes climatiques extrêmes



Les eaux de fonte au sommet d'une calotte glaciaire qui se désintègre au Svalbard, en Norvège, se déversent dans la mer.

(canicules, sécheresses et tempêtes) pourraient sévir plus longtemps sur l'Amérique du Nord, l'Europe centrale et l'Asie.

Par ailleurs, les scientifiques observent depuis peu une prolifération du plancton dans le sud de l'océan Arctique. Ces efflorescences risquent de perturber les chaînes alimentaires sur lesquelles repose la pêche commerciale. Enfin, si la fonte massive des glaciers se poursuit, l'apport d'énormes quantités d'eau froide au sud du Groenland pourrait ralentir le Gulf Stream, avec comme conséquence possible un bouleversement des régimes climatiques sur les terres situées de part et d'autre de l'océan Atlantique.

FONTE DES GLACES « ÉTERNELLES »

Le dégel accéléré de la région n'a pas attendu les prévisions alarmistes récentes. En seulement quarante ans, l'étendue de la glace estivale dans l'océan Arctique a diminué de moitié. Oui, de moitié. Le volume de la banquise, sur l'année, s'est également beaucoup réduit: il ne reste qu'un quart du volume présent au début des années 1980. Jusqu'à récemment, les chercheurs pensaient qu'il faudrait



attendre le milieu du xxi^e siècle pour atteindre de tels extrêmes.

Pourquoi le continent Arctique court-il si vite à sa perte? Parce que la région est particulièrement sensible au changement climatique. À tel point qu'on pourrait la décrire comme un «canari dans la mine de charbon» à l'échelle de l'ensemble du système climatique terrestre, pour utiliser une métaphore. Cette grande sensibilité provient de «boucles de rétroactions» présentes dans le système climatique, des cercles vicieux qui amplifient les petits changements. Par exemple, quand un petit supplément de chaleur fait fondre de la glace bien blanche de la banquise, le trou formé expose une surface (sombre) de l'océan au rayonnement solaire, lequel est alors moins réfléchi vers l'espace. L'apport calorique associé se retrouve ensuite dans l'air et accélère le réchauffement en faisant fondre encore davantage de glace.

L'hiver, quand le soleil brille moins, il existe d'autres boucles de rétroactions qui mènent elles aussi à un emballement du système. L'une d'entre elles met en jeu le rôle d'isolant joué par la banquise, dont l'épaisseur empêche la chaleur et l'humidité piégées en dessous de s'échapper dans l'atmosphère. Si ce bouclier de glace disparaît en partie, davantage de chaleur et d'humidité seront relâchées et l'air se réchauffera, ce qui amplifiera le processus. Pour l'instant, les simulations numériques qui cherchent à prévoir le changement climatique global de la planète ne prennent pas en compte l'accélération de la disparition de la banquise et, de ce fait, sous-estiment à mon avis le réchauffement de

La disparition de la banquise n'est pas la seule transformation du cercle polaire qui perturbe le sommeil des chercheurs comme moi. Les deux autres types de sols gelés présents en Arctique sont eux aussi en déclin rapide.

Il y a bien sûr le pergélisol, ou permafrost (c'est-à-dire le sol qui reste gelé toute l'année), qui se trouvait auparavant dans un état si immuable que l'on pouvait y exhumer des cadavres de mammoth parfaitement conservés. Aujourd'hui, en raison de la fonte de la glace qui est mêlée à la terre, les bâtiments construits sur le pergélisol s'effondrent, les arbres tombent, et les routes se déforment.

DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DUES AU DÉGEL

En plus de perturber la vie quotidienne des gens, les sols qui se dégèlent dégagent de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Car quand de la matière organique piégée dans le pergélisol depuis des millénaires dégèle, des bactéries la réduisent en dioxyde de carbone (si de l'oxygène est présent) ou en méthane (s'il n'y en a pas). Le pergélisol arctique renferme environ deux fois plus de carbone que l'atmosphère n'en contient aujourd'hui, si bien qu'un dégel généralisé pourrait fortement exacerber le réchauffement global, ce qui entraînerait un dégel encore plus rapide. Les modèles peinent à prendre en compte l'impact du dégel du permafrost, mais on peut parier là encore qu'il faudra, lorsque ces mécanismes seront mieux connus, revoir à la hausse le réchauffement global.

Le troisième type de glace arctique que l'on considérerait comme permanente est celle des glaciers et de l'énorme inlandsis du Groenland, qui fait plus de deux kilomètres d'épaisseur en moyenne. La fonte de cette glace a d'importantes conséquences au niveau mondial parce que, contrairement à la fonte de la banquise, l'eau qui s'écoule dans l'océan élève directement le niveau de la mer.

Au cours de l'été 2016, la masse totale de la calotte glaciaire du Groenland (estimée de l'espace à travers son effet sur la gravité terrestre) a atteint sa plus petite valeur depuis les premières observations par satellite, qui datent de 2002 (en moyenne, elle perd environ 280 milliards de tonnes chaque année, d'après les données des satellites *Grace*). Les niveaux sont aussi sans précédents lorsque l'on consulte les archives qui remontent jusqu'à la fin des années 1950, quand on estimait la masse par d'autres moyens. Une analyse récente, conduite par Bert Wouters, aujourd'hui à l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas, suggère que l'accélération de la fonte des glaces à la surface du Groenland est précipitée par des effets de réchauffement liés au rétrécissement de la banquise.

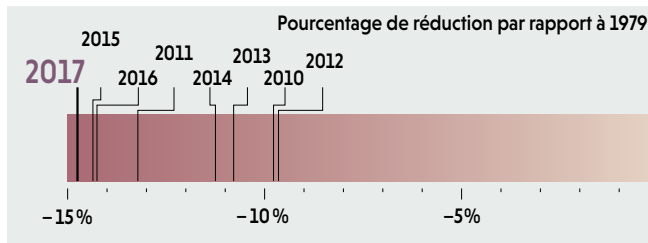
L'Arctique constitue, à l'échelle de l'ensemble du système climatique, un «canari dans la mine de charbon»

l'Arctique. Pour cette raison, aussi noires soient-elles, les projections des changements à venir à l'échelle planétaire sont peut-être encore beaucoup trop optimistes. À cause de la banquise, le réchauffement planétaire sera probablement supérieur à celui prévu actuellement.

RECORDS BATTUS EN ARCTIQUE

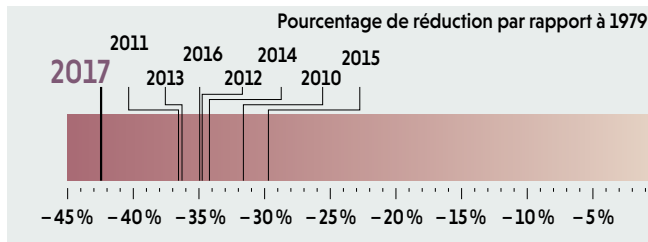
La région arctique change de façon spectaculaire et rapide. Au cours des trois dernières années, de nombreux records climatiques ont été battus dans le Grand Nord, parfois largement. Six exemples sont présentés ici. Les années marquées en rouge dans les frises ci-dessous indiquent des records absolus. Pour chacun des six facteurs climatiques, les valeurs des années récentes montrent une tendance générale vers ces valeurs hors normes. Considérés individuellement, ces changements modifient l'environnement et la vie quotidienne des habitants de toute la région. Pris ensemble, ils refaçonnent la météorologie de tout l'hémisphère Nord, ce que montre bien l'amplification arctique (dernier graphique), paramètre qui mesure les risques de rencontrer des conditions extrêmes à tout moment de l'année.

Valeur en 1979



ÉTENDUE HIVERNALE DE LA BANQUISE

Quand le continent s'enfonce dans l'hiver, la glace s'étend au-dessus de l'océan Arctique. Mais année après année, la superficie maximale recouverte décroît, en particulier sur les mers de Barents et de Béring. Débarrassées de leur gangue de glace, les zones océaniques mises à nu émettent de la chaleur et de l'humidité dans l'air et contribuent à dérégler le climat arctique.



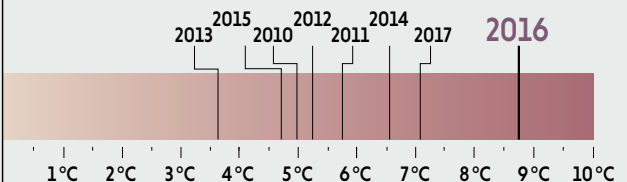
VOLUME HIVERNAL DE LA BANQUISE

En 2017, la quantité de glace hivernale flottant sur l'océan Arctique avait diminué de 42,5% depuis 1979. Comme les vents poussent plus facilement la glace quand elle est mince, la mer se retrouve parsemée de gros glaçons qui entravent la navigation et l'accès aux agglomérations côtières. Par ailleurs, une glace mince fond également plus vite pendant les mois chauds : le volume de la glace estivale a diminué de 80% au cours de cette même période.

TEMPÉRATURE DE L'AIR HIVERNAL

Les températures arctiques peuvent grimper certains jours jusqu'à 20 degrés au-dessus des normales saisonnières. Elles dépassent celles-ci maintenant pendant tout l'hiver. En 2016, la température hivernale moyenne était près de 9 degrés plus élevée qu'en 1979. Cette tendance peut affaiblir le courant-jet et apporter des vagues de froid et de neige intenses sur les États-Unis, l'Europe et l'Asie.

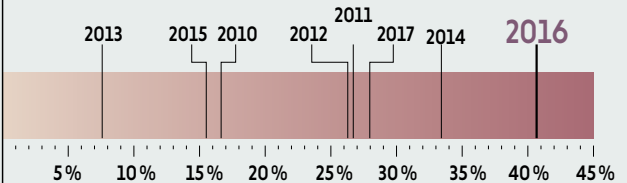
Réchauffement par rapport à 1979



HUMIDITÉ HIVERNALE

Avec une couverture glaciaire réduite, la fraction exposée de l'océan est plus étendue et envoie davantage de vapeur d'eau dans l'air. Même petite, une augmentation de l'humidité a des conséquences importantes, car la vapeur d'eau est un puissant gaz à effet de serre. Par ailleurs, lorsqu'elle se condense en nuages, elle libère de la chaleur qui contribue au réchauffement. Enfin, les nuages peuvent eux aussi accroître l'élévation de température.

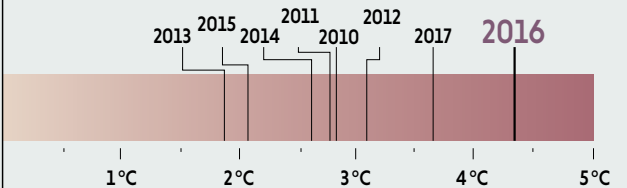
Augmentation par rapport à 1979



AMPLIFICATION ARCTIQUE

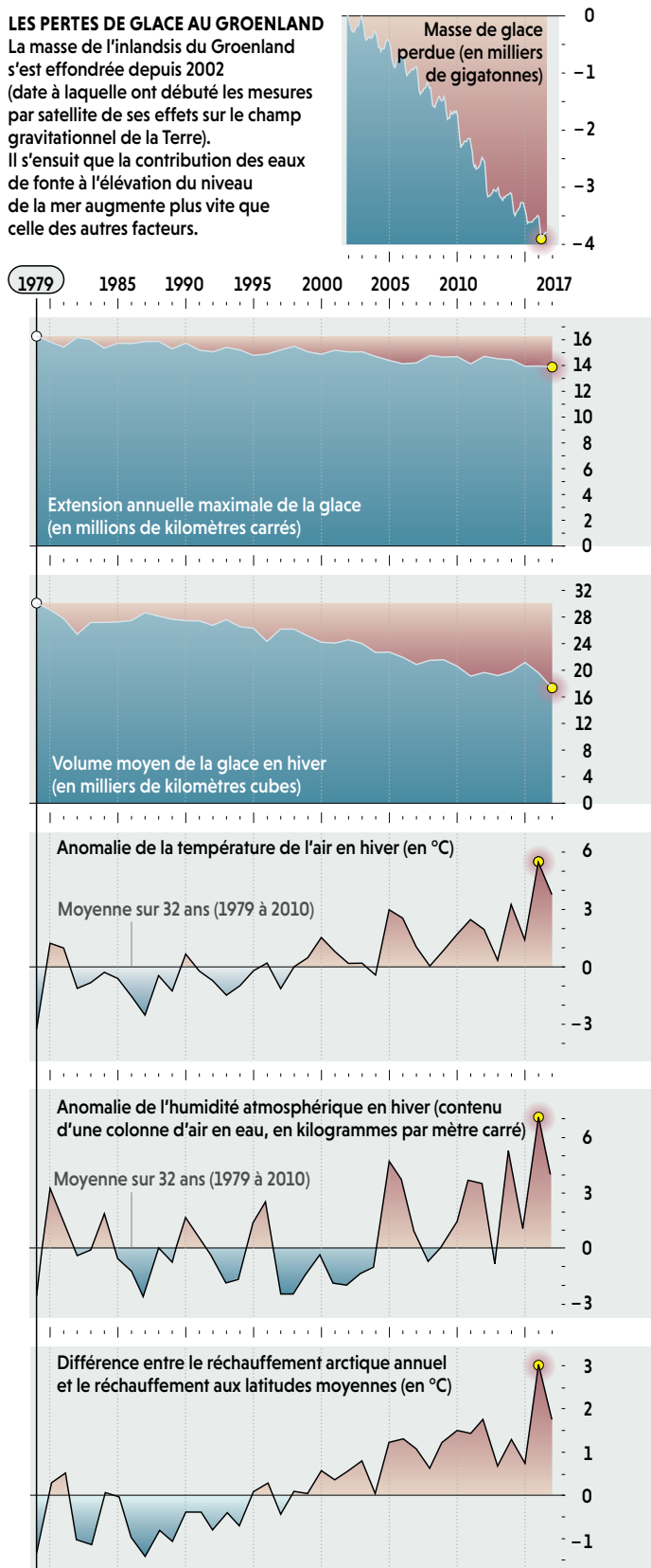
L'Arctique se réchauffe plus vite que le reste du monde. Cette « amplification » signifie que la température moyenne dans l'Arctique se rapproche de la température moyenne aux latitudes moyennes. L'uniformisation des températures ralentit le courant-jet tout au long de l'année, ce qui augmente les risques que l'hémisphère Nord subisse des calamités météorologiques de plus en plus longues et intenses, telles que canicules, inondations, vagues de froid et peut-être même ouragans.

Augmentation de l'amplification par rapport à 1979



LES PERTES DE GLACE AU GROENLAND

La masse de l'inlandsis du Groenland s'est effondrée depuis 2002 (date à laquelle ont débuté les mesures par satellite de ses effets sur le champ gravitationnel de la Terre). Il s'ensuit que la contribution des eaux de fonte à l'élévation du niveau de la mer augmente plus vite que celle des autres facteurs.



> La réduction de la banquise et le réchauffement rapide de l'Arctique ont d'autres effets d'une portée considérable. La combinaison de ces deux facteurs peut modifier les vents d'altitude de telle façon qu'ils transportent davantage de chaleur et d'humidité des basses latitudes vers le pôle Nord.

UN AIR PLUS CHAUD ET PLUS HUMIDE

En 2012, le record de fonte (battu depuis) de surface au Groenland résultait de la présence dans la région d'une zone de haute pression inhabituellement forte et persistante, ce qu'on appelle un anticyclone de blocage (« blocage », car le système de pression verrouille alors les conditions météorologiques pour plusieurs semaines, voire davantage). Comme cette anomalie s'accompagnait de remontées d'air des latitudes inférieures, elle a apporté non seulement de la chaleur et de l'humidité du sud, mais également de la suie des feux de forêt de l'hémisphère Nord. Cette suie a assombri la glace et les surfaces enneigées, qui ont vu leur albédo (leur pouvoir réfléchissant vis-à-vis de la lumière solaire) baisser et se sont donc mises à absorber davantage d'énergie solaire, ce qui a accéléré la fonte – un autre cercle vicieux.

Les situations de blocage (qui se matérialisent sur les cartes de vent par des sinuosités dans la trajectoire du courant-jet polaire) près du Groenland semblent se produire plus souvent ces dernières décennies, surtout les mois d'été, ce qui explique sans doute au moins en partie la tendance à l'augmentation de la fonte. La perte de masse de glace à l'été 2016 a été la troisième plus importante jamais enregistrée, juste derrière celles de 2010 et 2012. Des travaux réalisés par mes collègues et moi laissent penser que le nombre accru de situations de blocage est vraisemblablement lié au réchauffement global. Mais comme les simulations par ordinateur ont du mal à représenter de façon réaliste la naissance et la disparition des blocages météorologiques, il est difficile de dire comment ces régimes de pression agiront à l'avenir.

L'Arctique est le siège d'autres phénomènes atypiques ces derniers temps. Ces deux derniers hivers, des vagues de chaleur de plus en plus chaudes n'ont cessé de déferler près du pôle Nord. La régression et l'amincissement de la banquise en sont responsables en partie, puisque cela permet à davantage de chaleur de l'océan de pénétrer dans l'air. Les importantes oscillations nord-sud du courant-jet polaire ont également amené des bouffées record d'humidité et d'air chaud jusqu'aux hautes latitudes. Les scientifiques et les populations vivant à l'intérieur du cercle polaire n'imaginent souvent pas les effets drastiques d'un supplément >

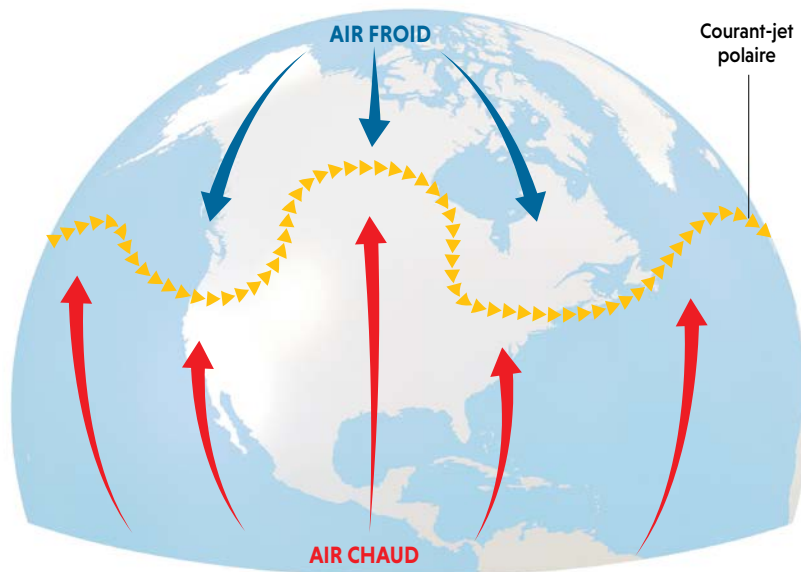
> d'humidité sur la température de l'air. La vapeur d'eau étant un gaz à effet de serre, tout excès d'humidité dans l'atmosphère sèche de l'hiver arctique empêche une partie de la chaleur de s'échapper dans l'espace sous forme de rayonnement. En outre, quand cette humidité se condense en nuages, elle libère de la chaleur latente qui réchauffe un peu plus encore l'air. Enfin, parce qu'elle fait office de bouclier thermique, ce surplus de couverture nuageuse contribue au réchauffement et donc aussi à la fonte de l'Arctique.

MÉTÉO EXTRÊME, LA NOUVELLE NORME ?

Bien que nous ayons encore beaucoup de choses à apprendre, il est désormais clair qu'une transformation rapide de l'Arctique est en cours, la plus spectaculaire dans l'histoire de l'humanité. Compte tenu de cette sombre réalité, les spécialistes de l'atmosphère s'efforcent de déterminer les effets que les changements de l'Arctique auront sur les populations humaines et les écosystèmes du monde entier, afin que nos sociétés puissent déterminer comment réagir et s'y préparer.

Un exemple évident des effets à l'échelle de la planète est celui des inondations côtières. Selon un nouveau rapport de l'UCS (Union of Concerned Scientists, un groupe de réflexion américain composé en partie de chercheurs préoccupés par les questions d'environnement), environ 170 agglomérations côtières des États-Unis connaîtront des inondations chroniques d'ici vingt ans. À la fin de ce siècle, si les émissions mondiales de dioxyde de carbone se poursuivent au même rythme, la plupart des grandes villes en bord de mer seront concernées par le problème. De façon presque prémonitoire, ce rapport a été publié quelques semaines avant que les ouragans Harvey, Irma et Maria ne fassent de 2017 la saison des ouragans la plus destructrice et la plus coûteuse de toute l'histoire des États-Unis.

Mais les déluges ne sont pas les seuls périls qu'entraînerait la disparition de la banquise. Notamment grâce à des travaux effectués avec mon collègue Stephen Vavrus, qui travaille au Centre de recherche sur le climat à l'université de Wisconsin-Madison, des indices en nombre croissant suggèrent que de forts réchauffements de la basse atmosphère de l'Arctique peuvent affecter les vents du courant-jet et même plus haut dans la stratosphère, où réside le vortex polaire, une configuration de vents circulaires soufflant au-dessus de l'Arctique. Le courant-jet suivrait alors plus souvent une courbe tortueuse serpentant au-dessus de l'Amérique et du nord de l'Europe. Or les sinuosités du courant-jet (qui entourent les centres de haute et basse pression marqués par un H et un L sur



Le courant-jet polaire a une influence sur la météorologie de l'hémisphère Nord. En temps normal, lorsque l'air polaire reste très froid, ce courant est vigoureux et souffle d'ouest en est selon une trajectoire à peu près rectiligne. Il empêche alors les intrusions d'air froid aux moyennes latitudes. En revanche, lorsqu'il faiblit (en réaction à des températures élevées en Arctique), il se met à onduler. Des masses d'air glacial descendent vers le sud et, ailleurs, de l'air chaud monte vers le nord. Par ce mécanisme, des épisodes neigeux ou de canicule peuvent s'installer durablement aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord.

les cartes météorologiques anglophones, ou A et D sur les francophones) contrôlent la météorologie dans l'hémisphère Nord.

Si des déformations de très grande amplitude se produisent plus fréquemment, il faut s'attendre à voir s'intensifier les épisodes climatiques extrêmes là où vivent des milliards de personnes. Pourquoi ? Parce que les oscillations importantes du courant-jet tendent à ralentir sa progression d'ouest en est, ce qui crée des situations de blocage. En clair, en cas de déformation prononcée du courant-jet, les régimes météorologiques consécutifs s'attarderont davantage au-dessus des terres. Le phénomène allongera les épisodes de canicule, entraînera des pluies diluviennes et formera des tempêtes tropicales persistantes. L'ouragan Harvey qui a déversé ses pluies sur Houston en août 2017 et les incendies destructeurs qui ont sévi en Californie l'année dernière illustrent ces changements possibles à venir.

La perturbation du courant-jet aura peut-être d'autres conséquences. De grandes ondulations du courant, associées à un fort réchauffement de l'Arctique, peuvent perturber le vortex polaire. Nous assisterons alors à des vagues de froid sévères et durables, accompagnées de tempêtes de neige, à l'image du long épisode de froid intense qui a frappé le nord des États-Unis au début de janvier 2018. Comme un retour à l'envoyeur, un effondrement du vortex polaire provoquera alors des

oscillations très amples du courant-jet, qui remonteront d'importantes quantités d'air chaud des basses latitudes vers l'Alaska et le Grand Nord. Nous verrons alors s'installer une nouvelle boucle de rétroaction qui accélérera le réchauffement arctique.

Avec quelle certitude devons-nous redouter que le courant-jet polaire produise de tels effets? Certaines études, comme celle menée par Johanna Beckmann, de l'université de Potsdam, en Allemagne, suggèrent que le réchauffement de l'Arctique est déjà étroitement lié à de semblables ondulations; pour d'autres scientifiques, les preuves sont trop ténues pour établir le lien entre les deux phénomènes. De nombreuses recherches sont menées sur ce sujet et devraient livrer rapidement des réponses.

La multiplication de calamités climatiques n'est pas l'unique répercussion à attendre d'un Arctique qui transpire. Selon toute vraisemblance, un Arctique se réchauffant rapidement modifiera les habitats continentaux et marins de manière significative.

Des efflorescences de plancton ont déjà fait leur apparition dans de nouvelles régions et à de nouvelles saisons. Cet apport nutritif attire vers les eaux arctiques des poissons de latitudes plus basses, au détriment des poissons natifs de l'Arctique qui disparaissent.

DES PERTURBATIONS SUR LES TERRES

La perturbation des écosystèmes se fait aussi sentir sur les terres: une fonte des neiges plus précoce au printemps dans les hautes latitudes a conduit à un verdissement plus précoce de la toundra et à une éclosion plus précoce des insectes; si le phénomène se poursuit, les oiseaux migrateurs, qui fondent leur calendrier sur la longueur du jour, risqueront d'arriver à leurs quartiers d'été trop tard pour se nourrir.

Les habitants de l'Arctique subissent eux aussi les impacts du réchauffement dans leur vie quotidienne. La glace qui fond les empêche d'accéder à leurs zones de chasse traditionnelles, et les oblige même à déplacer leurs villes menacées par l'érosion du littoral. À mesure qu'elle disparaît, la banquise littorale n'offre plus de protection naturelle contre les tempêtes violentes.

Un autre point de crispation pour les populations est économique. La fonte des glaces polaires ouvre de nouveaux accès au sous-sol et on assiste actuellement à une ruée des grands pays et des grandes entreprises pour rechercher dans ces terres inconnues des ressources naturelles. Les tensions montent au sein des populations des territoires nordiques pour déterminer quelle partie des vastes et riches fonds marins doit leur revenir.

Le moment de révélation que mes collègues et moi-même avons vécu lors du séjour à

Big Sky se rejoue dans ma tête chaque fois que j'entends que l'Arctique a battu à nouveau l'un de ses records de température ou de surface minimale de banquise. Une chose me rassure toutefois et ne me laisse pas complètement abattue: j'ai l'impression que le cri d'alarme lancé par les scientifiques a été entendu par l'opinion publique. Selon des sondages, la plupart des Américains savent aujourd'hui que la



L'Arctique est devenu imprévisible, et ses changements sont peut-être irréversibles



perte de la glace arctique et le courant-jet (*jet-stream* est devenu rapidement un terme familier) se conjuguent pour créer des conditions météorologiques instables. L'Arctique d'antan était certes impitoyable, mais il était constant dans sa rudesse. Aujourd'hui, il est devenu imprévisible et ces changements, peut-être irréversibles, risquent d'avoir des répercussions sur l'ensemble des organismes vivants de la planète.

Ces impacts sont-ils encore évitables? Oui et non. La machine thermique que constitue la Terre réagit à l'augmentation des concentrations en gaz à effet de serre avec un certain retard, en partie à cause des océans qui stockent une partie de ces gaz et mettent du temps à les relâcher. Cette inertie, ajoutée à la très longue durée de vie du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, fait que les changements futurs sont déjà ancrés dans le système climatique sans être pour autant visibles. Toutefois, l'ampleur et le rythme de ces changements pourront être réduits si les gouvernements prennent des mesures rapides pour ralentir les émissions, et si par ailleurs on parvient à développer des méthodes pour extraire le carbone de l'atmosphère en grande quantité (pour l'enfouir en profondeur dans des sites de stockage, par exemple). Les progrès sur ces deux fronts sont rapides, mais sans doute trop maigres et trop tardifs pour préserver la Terre et l'Arctique tels que nous les avons connus. Préparons-nous à l'inattendu. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. A. Francis et al., **Amplified arctic warming and mid-latitude weather : New perspectives on emerging connections**, *WIREs Climate Change*, vol. 8(5), article e474, 2017.

J. Masters, **Le jet-stream polaire se dérègle-t-il ?**, *Pour la Science*, n° 449, pp. 56-63, février 2015.

National Research Council, **Arctic Matters : The Global Connection to Changes in the Arctic**, National Academies Press, 2015.

Invitée au musée d'ethnographie du Trocadéro en juin 1933 par Georges Henri Rivière (à gauche), Joséphine Baker visite en grande pompe ses nouvelles salles.



L'ESSENTIEL

> Il y a 80 ans, l'ethnologue Paul Rivet inaugurait le musée de l'Homme dans le tout nouveau palais de Chaillot, à Paris.

> Bâti sur les décombres du musée d'ethnographie du Trocadéro, le musée de l'Homme cristallisait dix années d'une profonde modernisation.

> Paul Rivet et son adjoint Georges Henri Rivière avaient en effet l'ambition d'ouvrir le public, éduqué dans le culte de l'empire colonial, aux autres cultures en s'appuyant sur le rayonnement de la toute jeune ethnologie dans les cercles culturels parisiens.

L'AUTEURE



CHRISTINE LAURIÈRE
chargée de recherche au CNRS
à l'Institut interdisciplinaire
d'anthropologie du
contemporain, à Paris

Les années folles du musée de l'Homme

Le musée de l'Homme fête ses 80 ans. Né des cendres du musée d'ethnographie du Trocadéro, à Paris, il a mis, à une époque empreinte de colonialisme, les cultures du monde au cœur de la culture occidentale.

Le 20 juin 1938, à Paris, est inauguré avec faste le musée de l'Homme. Cette inauguration est un événement pour le petit monde de l'ethnologie française, alors en pleine reconstruction et professionnalisation, mais aussi sur la scène culturelle parisienne. De nombreux artistes d'avant-garde, des intellectuels, des écrivains, se pressent à cette soirée. Donnée grâce au mécénat de la vicomtesse Marie-Laure de Noailles, une cantate composée pour l'occasion par Darius Milhaud égrène ses notes sur un texte de Robert Desnos. Ami du fondateur et directeur du musée, Paul Rivet, Paul Valéry est l'auteur des stances gravées en lettres d'or au fronton du palais de Chaillot où est logé le musée de l'Homme:

*Choses rares ou choses belles
Ici savamment assemblées
Instruisent l'œil à regarder
Comme jamais vues*

Toutes choses qui sont au monde.

Cette association avec le monde des arts évoque davantage l'inauguration d'un musée

d'art moderne occidental que celle d'un musée d'ethnographie «exotique». Elle illustre les relations étroites nouées depuis 1928 entre les avant-gardes artistiques et le musée. Le génie du nom même du musée de l'Homme s'évertue, lui aussi, à brouiller les frontières: «Rien de ce qui est humain ne m'est étranger», semble-t-il affirmer à la façon du poète antique Térence. C'est de fait une alliance osée et presque provocatrice qu'affirment Paul Rivet et son adjoint, Georges Henri Rivière, avec l'ouverture de ce nouveau musée: une alliance entre la science et la culture moderne occidentale, avec la volonté, par cette alliance, de défendre et promouvoir l'étude non plus de «peuples archaïques», mais la découverte d'autres cultures, à une époque où la société française est encore éduquée dans le culte de la colonisation et des missions civilisatrices associées.

UN MUSÉE MILITANT

Paul Rivet présente le musée de l'Homme comme le musée le plus moderne du monde. Il est en tout cas l'un des très rares musées anthropologiques à être construits et créés >