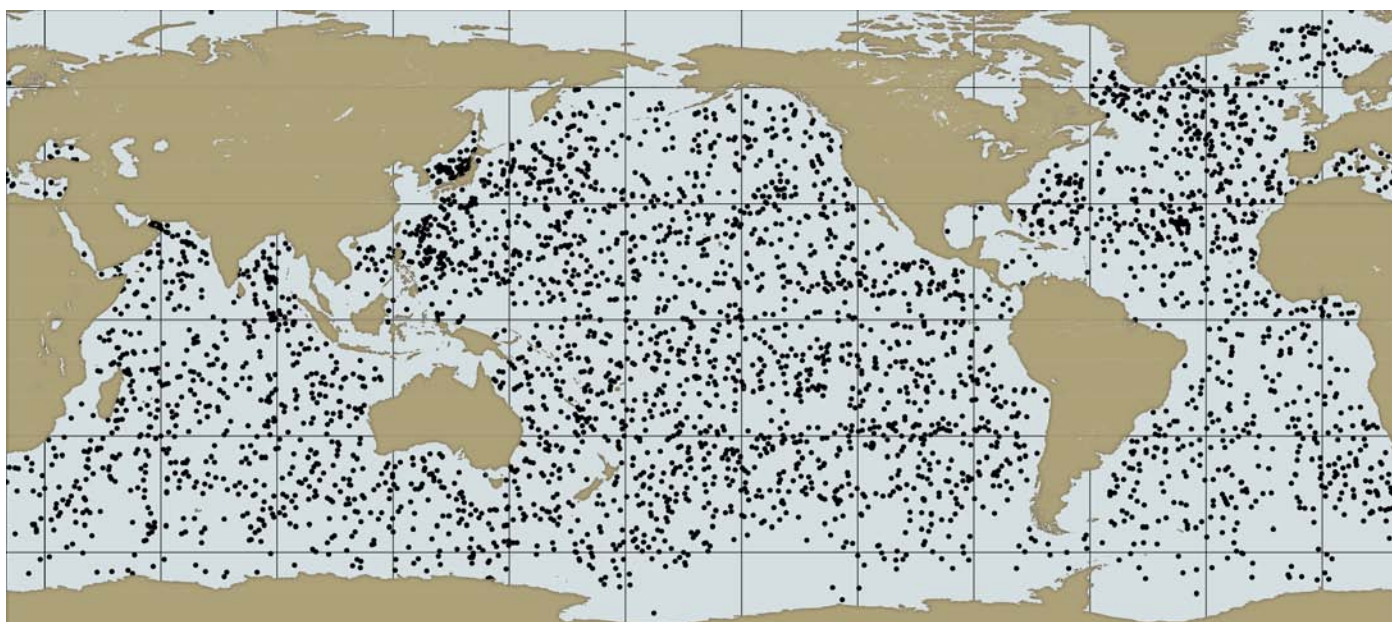




l'Est de l'Amérique du Nord. Ainsi, le contraste entre les températures hivernales s'accroît de chaque côté de l'Atlantique. Ce contraste s'expliquerait donc par une circulation atmosphérique particulière, dont le moteur serait la chaleur communiquée à l'atmosphère par l'océan.

Dans les zones tempérées, l'Atlantique n'accumule pas assez de chaleur durant l'été pour déclencher cette circulation. La chaleur transportée par le Gulf Stream, provenant de latitudes plus basses, est donc nécessaire, ce qui rejoint les idées de Maury. Cette nouvelle étude met l'accent sur l'importance des vents du Sud-Ouest dans l'apport de chaleur à l'Europe – mais n'invoque pas l'influence des Rocheuses, contrairement aux travaux de R. Seager.

Le modèle de Y. Kaspi et T. Schneider explique aussi pourquoi le Nord-Ouest de l'Amérique connaît des hivers plus doux que la péninsule du Kamchatka. Dans l'océan Pacifique circule le Kuroshio, un courant similaire au Gulf Stream. On ne lui avait pas attribué les différences de température transpacifiques jusque-là, car il ne remonte pas autant vers le Nord que le Gulf Stream et parce que le Pacifique est plus vaste que l'Atlantique. Mais la chaleur restituée par le Kuroshio pourrait créer des différences de pression atmosphérique similaires à celles de l'océan Atlantique. De l'air polaire pénétrerait alors en Asie, tandis que de l'air plus doux réchaufferait le Nord de la côte Pacifique des États-Unis.

■ SUR LE WEB

Pour plus d'informations sur le réseau océanique Argo et ses 3 000 flotteurs profileurs répartis dans le monde entier, voir : ScientificAmerican.com/feb2013/rise

■ BIBLIOGRAPHIE

V. Masson-Delmotte, D Swingedouw *et al.*, **Greenland climate change : from the past to the future**, *WIREs Climate Change*, vol. 3, pp. 427- 449, 2012.

Y. Kaspi et T. Schneider, **Winter cold of eastern continental boundaries induced by warm ocean waters**, *Nature*, vol. 471, pp. 621-624, 2011.

D. Roemmich et J. Gilson, **The 2004-2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo program**, *Progress in Oceanography*, vol. 82, n° 2, pp. 81-100, 2009.

R. Seager, **Gulf Stream et douceur du climat européen**, *Pour la Science*, n° 348, pp. 40-46, 2006.

Reste à déterminer le meilleur scénario – celui de Y. Kaspi et T. Schneider nous semblant assez plausible. Il est aussi possible que tous les mécanismes décrits apportent une contribution. En outre, de nombreuses recherches portent sur la seconde partie de la théorie de Maury, à savoir que le Nord-Ouest de l'Europe connaîtrait des hivers bien plus rigoureux en cas d'interruption du Gulf Stream. Si le réchauffement provoque la fonte des glaces du Groenland, l'excédent d'eau froide déversé dans l'Atlantique Nord interrompra-t-il le Gulf Stream et privera-t-il le Nord-Ouest de l'Europe d'une importante source de chaleur ?

Une interruption du Gulf Stream ?

On craint en effet que cette eau douce ne ralentisse la circulation thermohaline (aussi qualifiée de « tapis roulant » océanique), à laquelle participe le Gulf Stream : des eaux de surface chaudes remontent vers le pôle Nord, se refroidissent et plongent aux hautes latitudes (au niveau du Labrador et de la mer du Nord), avant de revenir vers le Sud sous forme d'un courant profond. Elles remontent vers la surface ailleurs après s'être réchauffées, compensant la plongée dans l'Atlantique Nord.

Dans de nombreux scénarios climatiques, le réchauffement fait fondre les glaces du Groenland, ce qui entraîne un afflux d'eau douce à de hautes latitudes.



© Projet Argo

2. PLUS DE 3 000 FLOTTEURS ont été placés sur les océans dans le cadre du réseau international Argo [la carte de gauche montre leur répartition]. Dotés de capteurs et d'un système leur permettant de plonger jusqu'à 2 000 mètres de profondeur puis de remonter, ils établissent presque en temps réel des profils de température et de salinité.

Cette eau moins salée (et donc moins dense) que l'eau de mer pourrait rester en surface et ainsi empêcher la plongée des eaux dans l'Atlantique Nord. Cela pourrait ralentir la circulation thermohaline, et donc le Gulf Stream. D'autres scénarios évoquent la possibilité que l'apport d'eau douce à de hautes latitudes dévie le Gulf Stream vers le Sud ou réduise sa puissance.

Dans les deux cas, l'Europe bénéficierait d'un moindre apport thermique pendant l'hiver. Selon de nombreuses études, une diminution de la circulation thermohaline correspondrait à un refroidissement de l'Atlantique Nord et du Nord-Ouest de l'Europe.

Toutefois, des résultats récents – et controversés – suggèrent que la majeure partie de l'eau issue de la fonte des glaces pourrait se déverser dans des courants cantonnés en bordure des côtes. Elle aurait donc peu d'influence au large, où s'effectue l'essentiel de la plongée des eaux. Et même si l'apport d'eau douce réduisait notablement la quantité d'eau plongeant dans l'Atlantique Nord, il ne provoquerait probablement pas l'arrêt du Gulf Stream. En effet, la trajectoire et la puissance de ce dernier dépendent surtout de la vitesse et de la direction des vents dominants aux latitudes moyennes. Dans la plupart des scénarios envisagés, la direction des vents dominants est peu modifiée par la fonte des glaces du Groenland, de sorte que le Gulf Stream ne change pas beaucoup. Cependant, la dérive Nord-Atlantique (un petit courant de surface qui prolonge le

Gulf Stream au Nord-Est et transporte des eaux chaudes vers les régions subpolaires) pourrait s'interrompre. En outre, si le Gulf Stream devait persister, on ignore quelle quantité d'eau chaude il charrierait vers le Nord dans le futur.

Une arrivée massive de mesures océaniques

Jusqu'à présent, l'influence du changement climatique sur les conditions météorologiques européennes a surtout été étudiée à l'aide de simulations sur ordinateur. Or celles-ci comportent un grand nombre d'incertitudes, qui ne peuvent être levées qu'en disposant de davantage de mesures dans les océans. Peu d'observations remontent à plus d'un siècle, et les mesures par satellites n'ont qu'une trentaine d'années.

La situation devrait s'améliorer grâce au réseau international Argo et à ses plus de 3 000 flotteurs. Déployé et géré par plus de 30 pays, ce réseau dresse, presque en temps réel, des cartes de température et de salinité des eaux jusqu'à 2 000 mètres de profondeur, et ce sur l'ensemble des océans. Le réseau est achevé depuis moins de dix ans et est exploité depuis peu pour étudier les interactions du changement climatique et des océans.

Ainsi, Dean Roemmich et John Gilson, de l'Institut d'océanographie Scripps, en Californie, ont comparé les données d'Argo avec les observations menées à partir des

années 1980. Ils ont montré que la couche supérieure de l'océan (jusqu'à quelques centaines de mètres sous la surface) s'est réchauffée d'environ 0,2 °C au cours des deux dernières décennies, tandis que la salinité y a augmenté de 0,1 pour cent. En revanche, à plus grande profondeur, l'eau s'est notablement rafraîchie. Reste à déterminer si ces variations sont dues au changement climatique (la variabilité naturelle est importante dans l'Atlantique Nord) et si elles suffiront à altérer localement le climat.

Les données du réseau Argo fournissent quelques indices. Pour que la planète garde une température constante, elle doit émettre vers l'espace une quantité de chaleur égale à celle apportée par le flux solaire. L'accumulation de gaz à effets de serre dans l'atmosphère semble perturber cet équilibre. Le réchauffement de 0,2 °C sous la surface de l'océan correspond à un excès de rayonnement incident d'environ un watt par mètre carré.

Ces premiers résultats permettront d'améliorer les modèles climatiques et d'entrevoir ce qui nous attend dans les prochaines décennies. Nous étudions les données de surface obtenues par satellites, les mesures effectuées par le réseau Argo dans la couche superficielle de l'océan, et les modèles numériques. Dans les dix ans à venir, nous pourrions probablement préciser l'influence du Gulf Stream sur le climat et, plus généralement, le rôle joué par les océans dans la régulation du climat. ■