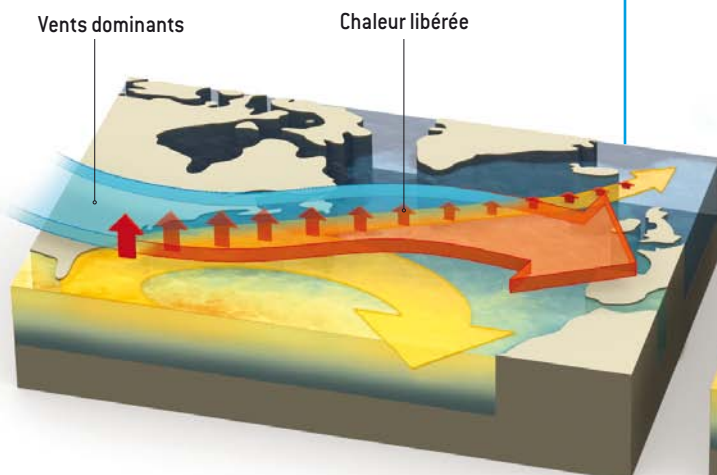


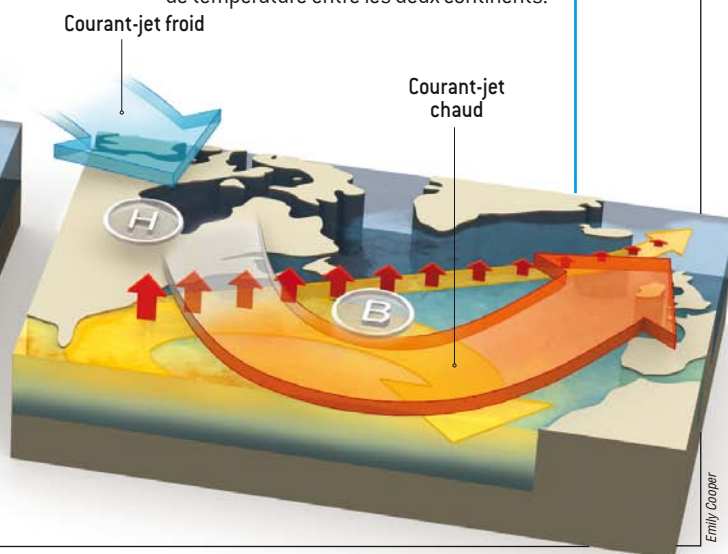
Théorie n° 2 : Des vents réchauffés

Le Gulf Stream libère de la chaleur dans l'atmosphère en traversant l'Atlantique. Les vents transportent cette chaleur vers l'Est, où elle adoucit le climat européen.



Théorie n° 3 : Pression atmosphérique

La chaleur libérée sur le trajet du Gulf Stream crée des systèmes atmosphériques stationnaires de haute pression (*H*) et de basse pression (*B*). Ces systèmes orientent les vents chauds du Sud-Ouest vers l'Europe et attirent les vents arctiques vers l'Est de l'Amérique du Nord, qui se refroidit. Ce refroidissement creuse l'écart de température entre les deux continents.



de profondeur pendant l'été, au large des côtes européennes : cette chaleur serait libérée dans l'atmosphère au cours de l'hiver, lorsque les vents du Sud-Ouest viennent brasser les eaux de surface. Ainsi, les différences de température de part et d'autre de l'océan Atlantique seraient dues au schéma de circulation des vents à grande échelle, influencés par les chaînes de montagnes, et au stockage de chaleur par l'océan à proximité des côtes européennes.

Toutefois, le modèle de R. Seager ne prend pas explicitement en compte le transport de chaleur par l'océan. Cet aspect a été étudié peu de temps après par Peter Rhines, de l'Université de Washington, et Sirpa Häkkinen, du Centre de vol spatial Goddard de la NASA. Les deux océanographes ont analysé de multiples relevés de température, effectués à la surface des océans et conservés dans les archives. Ils ont conclu que la quantité de chaleur accumulée dans la couche supérieure de l'océan Atlantique, au niveau de l'Europe du Nord,

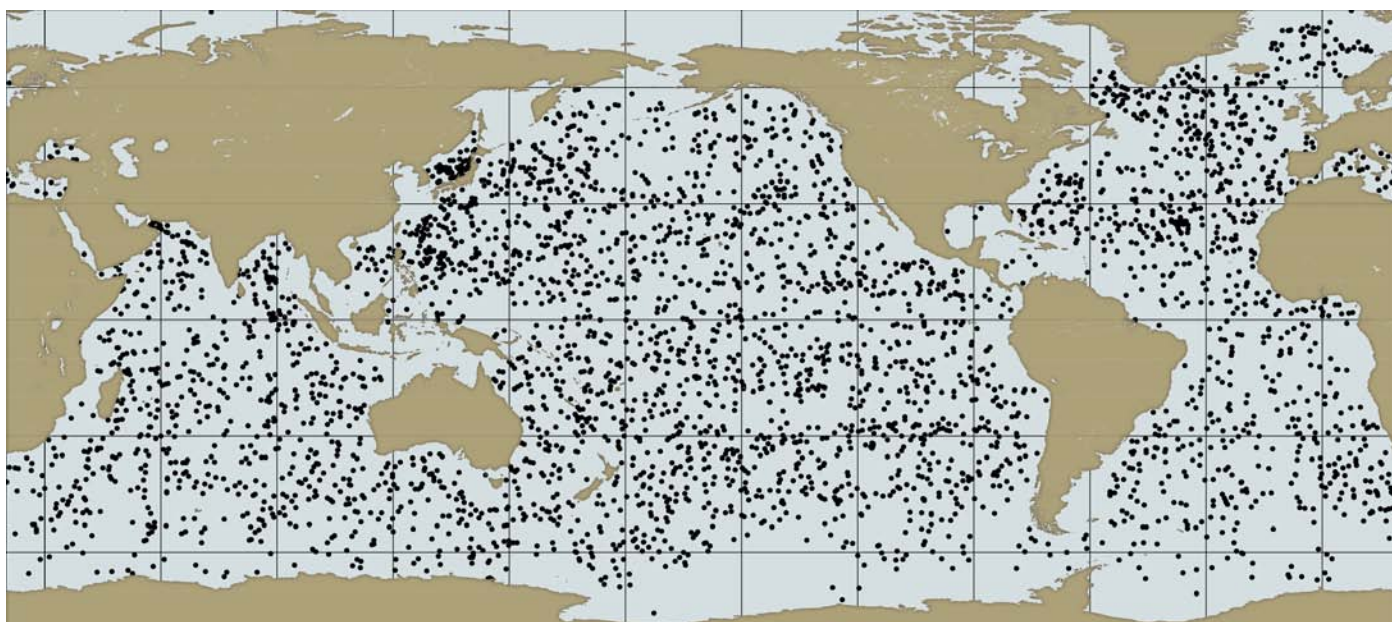
ne peut adoucir le climat que pour le seul mois de décembre. Pour le reste de l'hiver, un apport calorifique supplémentaire est nécessaire. Le Gulf Stream en est la source la plus probable.

À la recherche de la chaleur perdue

Des mesures ont montré qu'au 35° degré de latitude Nord – vers le milieu de la côte Est des États-Unis –, l'océan Atlantique transporte vers le pôle une puissance calorifique de 0,8 pétawatt (un pétawatt valant 10^{15} watts), principalement par le biais du Gulf Stream. Or, 20 degrés plus au Nord – au niveau du Labrador, au Canada –, l'océan ne véhicule presque plus de chaleur. Qu'est devenue cette dernière ? P. Rhines et S. Häkkinen ont montré qu'elle est relâchée dans l'atmosphère sur le trajet du Gulf Stream. Les vents dominants la poussent ensuite vers l'Est, où elle adoucit le climat européen. Ces résultats rejoignent la théorie de

Maury, contre laquelle R. Seager s'élève en mettant l'accent sur le rôle du courant-jet.

En 2011, Yohai Kaspi, de l'Institut Weizmann en Israël, et Tapio Schneider, de l'Institut de technologie de Californie, ont émis une troisième hypothèse, fondée sur de nouvelles simulations numériques de l'atmosphère et de l'océan. Concédant une part de vérité aux scénarios de R. Seager et de P. Rhines, ils se sont intéressés à la pression atmosphérique, notamment à la façon dont elle est influencée par l'apport de chaleur du Gulf Stream à l'atmosphère. Ils ont montré que cet apport crée une dépression à l'Est, vers les côtes européennes, et une zone de haute pression à l'Ouest, au-dessus de la côte Est de l'Amérique du Nord. Pour des raisons complexes, le système dépressionnaire fournit alors de l'air chaud à l'Ouest de l'Europe, *via* les vents du courant-jet, qui viennent du Sud-Ouest en ayant récupéré la chaleur relâchée durant l'hiver par le Gulf Stream. Et la zone de haute pression attire l'air glacial de l'Arctique, refroidissant



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.