

stationnaires, ce qui engendre des conditions climatiques inhabituelles pendant un certain temps, plusieurs semaines parfois. C'est ce qui s'est produit pendant l'hiver 2013-2014; de fait, Shih-Yu Wang de l'Université d'État de l'Utah, a établi que le jet-stream de cette période présentait une onde d'une amplitude inédite.

Un cas exceptionnel? Peut-être pas, si l'on prend conscience de la répétition des événements météorologiques violents associés aux configurations tourmentées du jet-stream. Durant l'été 2010, la pire vague de chaleur jamais enregistrée en Russie a tué... 55000 personnes. Au même moment, le déluge qui s'abattait sur le Pakistan y entraînait les pires inondations de l'histoire du pays. Dans l'Oklahoma, l'été 2011 fut le plus chaud jamais noté dans un État américain, et il fut suivi en 2012 par la pire sécheresse ayant sévi aux États-Unis depuis les années 1930...

Qu'ont de commun les configurations du courant-jet polaire observées lors de ces événements? Selon une étude publiée en

2013 par Vladimir Petoukho et son équipe, de l'Institut de recherche de Potsdam, sur les effets du changement climatique, les méandres du jet-stream se propageant habituellement vers l'Est «se sont tous immobilisés et amplifiés». Or le phénomène est déjà ancien: pendant les 11 étés qui se sont égrainés entre 2001 et 2012, les blocages des méandres du courant-jet polaire ont duré de quelques jours à plusieurs mois. Par ailleurs, ils ont aussi été deux fois plus fréquents qu'au cours des 22 années précédentes.

Le réchauffement climatique en cause?

L'humanité a-t-elle perturbé le système climatique d'une façon qui affecte le grand courant substratosphérique? Au cours des 150 dernières années, la combustion de charbon, de gaz naturel et de pétrole a augmenté de plus de 40% la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, le principal gaz à effet de serre après la vapeur

d'eau. La quantité d'énergie solaire réfléchie par la Terre a aussi changé parce que nous avons créé des champs, des pâturages et des villes sur plus de la moitié des terres de la planète. Les nuages de poussières rejetées par les industries et les automobiles modifient aussi la réflexion et l'absorption du rayonnement solaire. L'augmentation de la température moyenne de la planète qui en a résulté depuis 1900 a fait disparaître la moitié de la surface de banquise arctique estivale. Cela modifie aussi le bilan radiatif de la Terre, puisque la glace renvoie 60% du rayonnement solaire qu'elle reçoit. Pour Shih-Yu Wang et ses collègues, sans le réchauffement climatique d'origine anthropique (humaine), la forme du jet-stream n'aurait pas tant changé.

Le nouveau comportement du grand courant subatmosphérique est d'autant plus préoccupant que la réaction du système climatique aux facteurs dont il dépend n'est pas linéaire. En particulier, elle inclut des effets de seuil. C'est pourquoi les climatologues discutent beaucoup de la possibilité



CES NUAGES D'ALTITUDE suivent le jet-stream au-dessus du Canada oriental (l'île du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse, est visible au centre). Les vents du jet-stream peuvent atteindre 300 kilomètres par heure.

Science Source

que le système climatique de notre planète ait durablement basculé vers un nouveau régime. Ils se demandent en particulier si les errements du jet-stream ne pourraient pas être dus au réchauffement régional le plus rapide de toute la planète : celui de l'Arctique.

Un courant d'air méandreux

Pour mieux comprendre la question, commençons par décrire la structure générale d'un courant-jet. Situés entre 9 et 14 kilomètres d'altitude, ces grands couloirs de vent font le tour de la planète dans les deux hémisphères. Le fait que leurs latitudes varient suivant les saisons est important, car ce sont les courants-jets qui guident les dépressions porteuses de précipitations. Celui qui nous intéresse plus particulièrement ici – le jet-stream polaire – court normalement au-dessus du centre des États-Unis et vient s'épuiser au-dessus de l'Europe. En été, il s'approche de la frontière canadienne. De grandes ondes de Rossby le caractérisent, qui influencent beaucoup la météorologie : là où le jet-stream polaire s'incurve vers le Nord, se dessine une crête de haute pression, de sorte que de l'air chaud s'écoule du Sud vers le Nord ; là où le jet-stream s'incurve vers le Sud, se forme une vallée dépressionnaire, et de l'air froid va du Nord au Sud.

Le jet-stream polaire trouve son origine dans le transport de l'énergie des tropiques vers les pôles (voir les deux pages suivantes). Par ailleurs, l'atmosphère accumule plus ou moins d'énergie en fonction du flux solaire, de la forme et de la position des continents, des océans et des courants océaniques, de la présence ou non de chaînes de montagnes, de la quantité de gaz à effet de serre et de poussières, etc. Selon l'évolution de ces facteurs d'une région ou d'une saison à l'autre, les masses d'air qui la composent adoptent des modes de circulation différents, comparables aux modes de vibration d'un système résonnant : ce que l'on nomme des téléconnexions atmosphériques. Une certaine variabilité due à ces téléconnexions peut modeler le jet-stream polaire, de sorte qu'il est difficile de savoir si son comportement récent dénote ou pas un changement durable.

Les deux plus importantes téléconnexions de l'hémisphère Nord sont d'une part le couple associant El Niño – un

■ L'AUTEUR



Jeff MASTERS, météorologue américain, dirige l'entreprise de prévisions météorologiques *Weather Underground*. Il tient le blog météo *WunderBlog*.

Qui a découvert le courant-jet ?

Des cerfs-volants puis des ballons ont signalé la présence de vents rapides de haute altitude dès le XIX^e siècle. Mais le météorologue japonais Oishi Wasaburo (1874-1950) fut le premier à en mesurer la vitesse par des lâchers de ballons-sondes depuis le Mont Fuji. L'Occident, qui ignorait ces travaux, découvrit l'existence de « fortes rivières d'air » à haute altitude grâce à l'aviateur américain Wiley Post (1898-1935) à la fin des années 1920.

réchauffement saisonnier de l'eau du Pacifique dû au courant marin du même nom, qui suit un cycle de trois à huit ans – à l'oscillation australe – une oscillation de la pression atmosphérique dans le Pacifique Sud ; et d'autre part l'oscillation arctique – une fluctuation variable de semaine en semaine de la pression au niveau de la mer entre l'Arctique et les latitudes moyennes.

Nommée ENSO (de l'anglais *El Niño–Southern Oscillation*) dans le jargon climatologique, la première téléconnexion a pour effet d'attirer le jet-stream polaire vers le Sud au-dessus du Pacifique. L'oscillation arctique, la deuxième oscillation, rend pour sa part possible des méandres du jet-stream de grande amplitude, lorsqu'une baisse des différences de pression entre latitudes hautes et moyennes affaiblit ses vents ; cela explique que de l'air froid s'aventure en hiver loin au Sud au-dessus de l'Est des États-Unis, de l'Europe occidentale et de l'Asie orientale.

Or ces téléconnexions atmosphériques peuvent se contrecarrer ou au contraire se renforcer, car elles sont entrelacées. Un changement de l'état de base de l'atmosphère pourrait donc modifier le fonctionnement de l'ENSO et de l'oscillation arctique, et, partant, celui du jet-stream polaire. Les conformations inhabituelles observées récemment s'expliquent-elles de cette façon ?

Une situation jamais vue par les climatologues

C'est ce qu'a pensé Jennifer Francis de l'Université de Rutgers, quand elle a constaté la conformation prise par le jet-stream en 2011. Un jet-stream extrêmement méandreux a en effet cohabité une partie de l'année en question avec un événement La Niña (l'inverse d'un événement El Niño) d'intensité faible à modérée, une situation que les climatologues n'avaient jamais vue. Pour l'expliquer, Jennifer Francis émet l'hypothèse que cet événement inédit était relié à la diminution de la superficie de banquise arctique, laquelle influerait sur l'oscillation arctique. Selon ses propres mots, la question n'est pas de savoir si la diminution de la banquise affecte la circulation atmosphérique, mais plutôt : comment ne le pourrait-elle pas ?

L'Arctique se réchauffe en effet deux fois plus vite que le reste de l'hémisphère Nord, phénomène que l'on nomme « amplification arctique ». Selon Jennifer Francis, l'amplification arctique pourrait perturber