



Comment les changements climatiques feront-ils évoluer les vents au Québec ?

Les vents influencent une multitude d'activités humaines; c'est pourquoi les météorologues les mesurent et tentent de prévoir leur trajectoire et leur vitesse. Mais, la connaissance qu'on avait des vents doit être revue avec l'augmentation des gaz à effet de serre (GES). Comme les autres phénomènes météorologiques qui s'intensifient avec les changements climatiques, on prévoit une augmentation de la vitesse des vents à nos latitudes. Mais en faire la démonstration avec les modèles, s'avère beaucoup plus difficile que pour d'autres variables.

Par Marie-France Sottile

Pourquoi s'intéresser aux vents ?

Le vent est associé aux événements météorologiques de toutes envergures : ouragans, tempêtes de neige, tornades, El Niño, etc. Face aux changements climatiques, on tente d'évaluer leur évolution en durée, en intensité et en fréquence afin de s'adapter et d'en réduire les effets sur l'agriculture, les infrastructures, l'industrie éolienne et houlomotrice. On étudie les vents, car ils touchent aussi la hauteur des vagues, la vitesse de l'érosion, le mouvement des glaces, la quantité d'eau évaporée, etc.

Les lacunes dans les mesures du vent

Les modèles de simulation informatiques constituent les principaux outils pour établir des projections climatiques. Ils tiennent compte de la plupart des interactions physiques et chimiques connues de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère, de la cryosphère et même de la biosphère. Toutefois, la méconnaissance de certains phénomènes ou régions limite la performance des modèles. En effet, les équations qui simulent les processus terrestres reposent sur les observations de la réalité. Ainsi, les mesures des différentes caractéristiques de la planète doivent être précises, comparables, sur de longues périodes, et couvrir le plus grand territoire possible, en surface, en hauteur (air) et en profondeur (océan, glace, sol) [1].

Jusqu'au début des années 80, la mesure des vents s'avérait déficiente : postes d'observation terrestres peu nombreux, méthodes et instruments de mesure disparates d'un pays à l'autre, échantillonnages rares et irréguliers sur les océans et en altitude. Dans ces circonstances, on ne peut représenter la réalité de manière fiable [2,3].

La tâche de modéliser le vent

Les satellites ont fait progresser la science des vents et, par extension, la capacité des modèles à les reproduire [4]. Les climatologues disposent maintenant de séries de données comparables, en continu, simultanées, partout sur le globe et sur plus de 30 ans. On confirme maintenant que le comportement de l'air est dominé par les gradients thermiques, eux-mêmes soumis à d'autres facteurs agissant à différentes échelles spatiales et temporelles comme les nuages, le relief, l'humidité, les types de surface (forêt, neige, eau, désert, etc.). La connaissance de certaines de ces variables est loin d'être exhaustive, d'où la difficulté de bien représenter la vitesse et la direction des vents sous forme d'équations dans les modèles de simulation.

Comment valider les vents simulés ?

La vérification d'un simulateur repose sur sa capacité à reproduire la réalité : on simule le passé et on le compare aux mesures. Or la faible résolution spatiale des modèles par rapport à celle des observations complique cette comparaison. Les



vents simulés représentent des territoires de centaines, voire de milliers de kilomètres carrés, alors que les vents sont observés à une échelle locale (quelques kilomètres carrés). Voir ci-dessous l'encadré sur la résolution des modèles.

Pour confronter les vents virtuels aux vents réels, les scientifiques ont conçu différentes méthodes de mises à l'échelle (*downscaling*) [5].

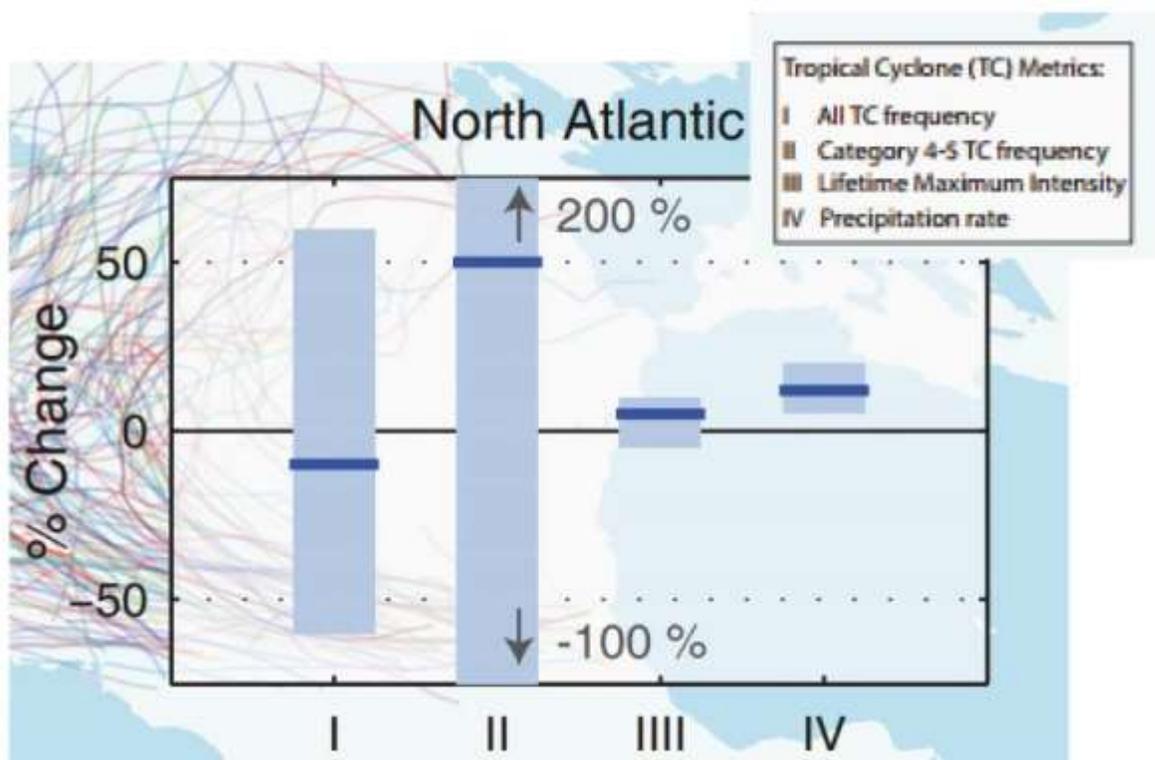
Malheureusement, aucune d'elles ne fait consensus. Elles comportent toutes des défauts qui engendrent des incertitudes notables sur les résultats et rendent les projections peu probantes.

Que disent les simulations ?

Les climatologues s'entendent sur le fait que la circulation de l'air à grande échelle faiblira par la diminution du contraste de température entre l'équateur et les pôles [5]. Toutefois, parce que le

système planétaire contiendra davantage d'énergie avec l'augmentation de l'effet de serre, les événements météorologiques s'annoncent plus sévères [4].

Le graphique suivant indique que les tempêtes tropicales simulées pour la fin du 21^e siècle et atteignant nos latitudes dans l'Atlantique Nord, seront moins nombreuses, mais plus intenses, dureront plus longtemps et généreront des précipitations plus fortes par rapport au présent. En lien avec ces changements, les vents moyens montreront une légère augmentation [6] de même que l'instabilité atmosphérique aux latitudes moyennes [7-10]. De même, les variabilités interannuelle et inter décennale du vent augmenteront faiblement dans le futur [11].



Changements anticipés (en %) sur les tempêtes dans le nord de l'Atlantique entre les périodes 2000–2019 et 2081–2100, selon le scénario A1B. (I) : changement de la fréquence annuelle des tempêtes. (II) : idem, mais seulement pour les tempêtes de catégories 4 et 5. (III) : changement de la durée des tempêtes à leur intensité maximale. (IV) : changement du taux de précipitation à moins de 200 km du centre de la tempête quand elle atteint son niveau maximal. La barre bleue horizontale correspond au changement le plus probable. L'enveloppe bleu pâle englobe 67 % des résultats obtenus. (Source : Figure 14.17, réf. [5])



Si l'on considère les incertitudes, égales ou supérieures aux changements anticipés, ces conclusions sont peu significatives. Elles le deviennent lorsqu'on utilise un scénario d'accroissement des GES plus fort [12]. Celui ayant servi aux projections illustrées est jugé médian [13].

La réalité actuelle annonce-t-elle les changements projetés ?

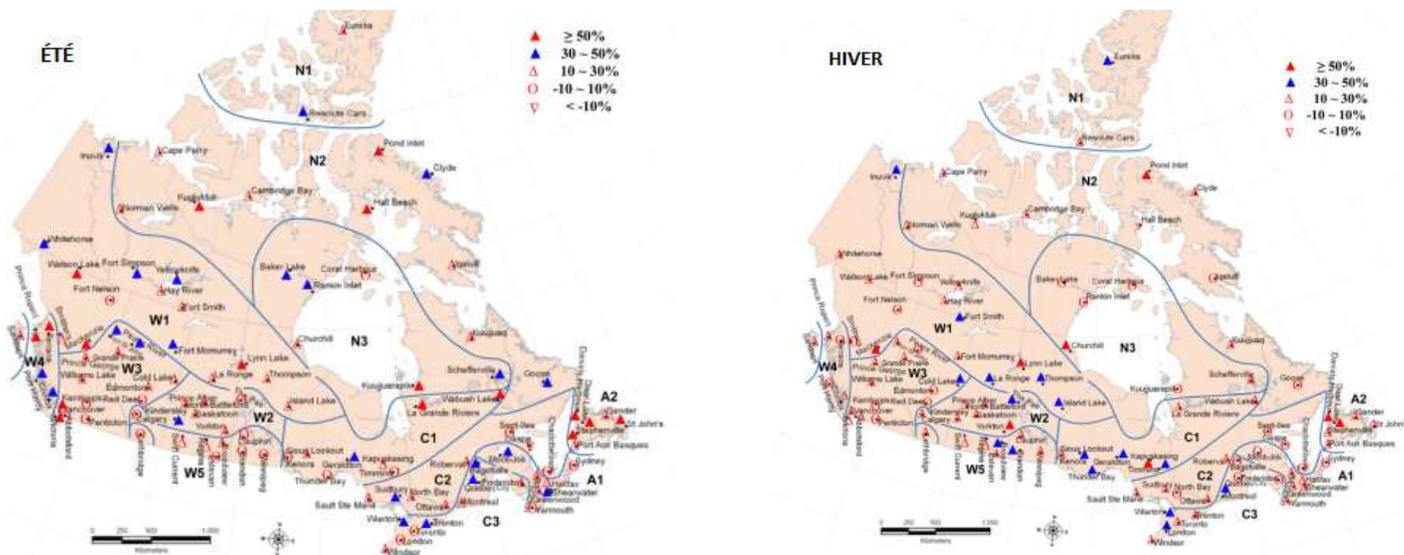
Les observations en altitude de 1979 à 2001 ont confirmé un déplacement du courant-jet (*jet-stream*) vers le nord, aux latitudes moyennes [4, 14]. Ce décalage a légèrement modifié la trajectoire et l'intensité des cyclones tropicaux atteignant le nord de l'Atlantique. Cependant, il est difficile de dégager une tendance nette des vents de surface associés, car la grande variabilité naturelle interannuelle ou d'une décennie à l'autre noie le signal de changement [5].

Cette variabilité est causée, entre autres, par d'autres phénomènes comme la diminution de la couverture de glace, l'augmentation de

l'évaporation ou la conversion des terres (déforestation, urbanisation). L'évolution d'El Niño, phénomène encore mal compris, mais déterminant sur les vents, pourrait aussi modifier la variabilité [5]. Ainsi, même en sachant que l'activité cyclonique s'intensifie et qu'elle est décalée vers le nord, le changement sur les vents locaux demeure difficile à évaluer [15-18].

Les changements anticipés sur les vents violents

Des scientifiques [17] ont modélisé plus spécifiquement les modifications de la fréquence des rafales supérieures à 70 km/h au Canada vers la fin du siècle par rapport au passé récent. En considérant un scénario d'émission de GES plutôt fort, l'étude montre une hausse de la fréquence des vents violents (figures ci-dessous). Cette conclusion concorde avec l'augmentation projetée de l'intensité des tempêtes. L'été, avec ses orages localisés, semble plus propice aux rafales que l'hiver qui présente des systèmes météo plus grands mais moins intenses.



Changements saisonniers (en %) de la fréquence journalière des rafales d'au moins 70 km/h, avec le scénario de GES « A2 », pour la période 2081-2100 par rapport à 1961-2000. Les symboles utilisés distinguent l'importance des changements relatifs anticipés (de -10 % à plus de 50 %). L'été, la quasi-totalité des régions du Québec montrent une augmentation du nombre de rafales de plus de 10 %. Plusieurs atteignent des hausses supérieures à 50 %. L'hiver, les augmentations de fréquence semblent plus mitigées (entre -10 % et 10 %) avec quelques endroits dépassant 30 %. (Source : Figure 7, réf. [19])



Planète
viable

<http://planeteviable.org/> | Les résultats de la recherche en science du développement durable

Notez que l'incertitude, du même ordre de grandeur que les changements estimés, met un bémol sur ces résultats. En outre dans cette étude [17], on calcule l'amplitude des changements par rapport au nombre de rafales mesurées dans le passé. Par conséquent, dans les régions nordiques où les relevés sont rares, cette approche gonfle artificiellement les résultats.

Conclusion

En somme, pour le Québec, d'ici la fin du siècle, les changements sur le vent resteront probablement peu perceptibles, mais la fréquence des extrêmes augmentera peu à peu, en particulier l'été.

Comment la résolution des modèles est-elle établie ?

Pour simuler le climat mondial, les modèles génèrent d'abord une météo virtuelle, soit un état instantané du système planétaire représenté par des centaines de variables. Cet état est calculé en 3 dimensions : sur des millions de points géographiques à la surface, mais aussi à différentes altitudes et profondeurs dans le sol, l'océan et la glace. Comme la météo évolue au fil du temps, la simulation est mise à jour plusieurs fois par heure jusqu'à cumuler plusieurs dizaines d'années d'évolution. On déduit le climat de statistiques appliquées sur ces séries temporelles.

La quantité d'équations à résoudre pour bâtir un climat exige une capacité de calcul et de stockage colossale. C'est donc la puissance informatique qui limite la résolution dans le temps et l'espace des modèles. De nos jours, pour construire un climat sur 30 ans, il faut plusieurs mois de calculs ininterrompus aux plus gros ordinateurs. Autrement dit, pour obtenir des résultats dans un délai raisonnable, on sacrifie la précision.

Références

[1] Vautard, R., J. Cattiaux, P. Yiou, J.N. Thépaut, P. Ciais, 2010: Northern Hemisphere Atmospheric Stilling Partly Attributed to an Increase in Surface Roughness. *Nat. Geosci. Letter* **3** 756-761, doi:10.1038/ngeo979.

[2] Smits, A., A. Tank, and G. P. Konnen, 2005: Trends in Storminess over the Netherlands, 1962–2002. *Int. J. Climatol.* **25** 1331-1344, doi: 10.1002/joc.1195.

[3] Wan, S., J. Tian, S. Steinke, A. Li, and T. Li, 2010: Evolution and Variability of the East Asian summer monsoon during the Pliocene: Evidence from clay mineral records of the South China Sea. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **293** 237-247, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.05.025.

[4] Gastineau, G., B.J. Soden, 2009: Model projected changes of extreme wind events in response to global warming. *Geophys. Res. Letter.* **36** L10810, doi:10.1029/2009GL037500.

[5] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

[6] Zappa, G., L. C. Shaffrey, K. I. Hodges, P. G. Sansom, and D. B. Stephenson, 2013: A multimodel assessment

of future Projections of North Atlantic and European Extratropical Cyclones in the CMIP5 Climate Models. *J. Clim.* **26** 5846-5862, doi :10.1175/JCLI-D-12-00573.1.

[7] Lu, J., G. Chen, D.M.W. Frierson, 2008: Response of the Zonal Mean Atmospheric Circulation to El Nino versus Global Warming. *J. Clim.* **21(22)** 5835-5851, doi :10.1175/2008JCLI2200.1

[8] Lu, J., G. Chen, D.M.W. Frierson, 2010: The Position or the Midlatitude Storm Track and Eddy-Driven Westerlies in Aquaplanet AGCMs. *J. Atm. Sci.* **67** 3984-4000, doi :10.1175/2010JAS3477.1.

[9] Kodama, C., and T. Iwasaki, 2009: Influence of the SST Rise on Baroclinic Instability Wave Activity Under an Aquaplanet Condition. *J. Atmos. Sci.* **66**, 8 2272-2287, doi:10.1175/2009JAS2964.1.

[10] Lim, E.-P., and I. Simmonds, 2009: Effects of Tropospheric Temperature Change on the Zonal Mean Circulation and SH Winter Extratropical Cyclones. *Clim. Dyn.* **33** 19-32, doi:10.1007/s00382-008-0444-0.

[11] Harvey, B.J., L.C. Shaffrey, T.J. Woollings, G. Zappa and K.I. Hodges, 2012: How Large are Projected 21st Century Storm track changes? *Geophys. Res. Letter.* **39** L18707, doi: 10.1029/2012GL052873.

[12] Gerber, E. P., 2012: Stratospheric versus Tropospheric Control of the Strength and Structure of



Planète
viable

<http://planeteviable.org/> | Les résultats de la recherche en science du développement durable

the Brewer-Dobson Circulation. *J. Atm. Sci.* **69** 2857-2877, doi:10.1175/JAS-D-11-0341.1.

[13] IPCC, 2000: Special Report on Emission Scenarios. N. Nakicenovic and Rob Swart (Eds.), Cambridge University Press, UK. pp 570.

[14] Allen, R.J., S.C. Sherwood, 2008: Warming Maximum in the Tropical Upper Troposphere Deduced from Thermal Winds. *Nat. Geosci.* **1** 399-403, doi:10.1038/ngeo208.

[15] Kvamstø, N.G, P. Skeie, D.B. Stephenson, 2004: Impact of Labrador Sea-Ice Extent on the North Atlantic Oscillation. *Int. Climatol.* **24,5** 603-612, doi: 10.1002/joc.1015.

[16] Seierstad, I. A., and J. Bader, 2009: Impact of a Projected Future Arctic Sea Ice Reduction on Extratropical Storminess and the NAO. *Clim. Dyn.* **33** 937-943, doi:10.1007/s00382-008-0463-x.

[17] Deser, C., R. Tomas, M. A. Alexander, and D. Lawrence, 2010: The Seasonal Atmospheric Response to Projected Arctic Sea Ice Loss in the Late twenty-first Century. *J. Clim.*, **23**, 333-351, doi:10.1175/2009JCLI3053.1.

[18] Bader, J., M. D. S. Mesquita, K. I. Hodges, N. Keenlyside, S. Østerhus, and M. Miles, 2011: A Review on Northern Hemisphere Sea-Ice, Storminess and the North Atlantic Oscillation: Observations and Projected Changes. *Atm. Res.* **101** 809-834, doi: 10.1016/j.atmosres.2011.04.007.

[19] Cheng, S.C., E. Lopes, C. Fu, Z. Huang, 2014: Possible Impacts of Climate Change on Wind Gusts under Downscaled Future Climate Conditions: Update for Canada. *J. Clim.* **27** 1255-1270, doi : 10.1175/JCLI-D-13-00020.1

