

Capsule no. 17, juin 2014

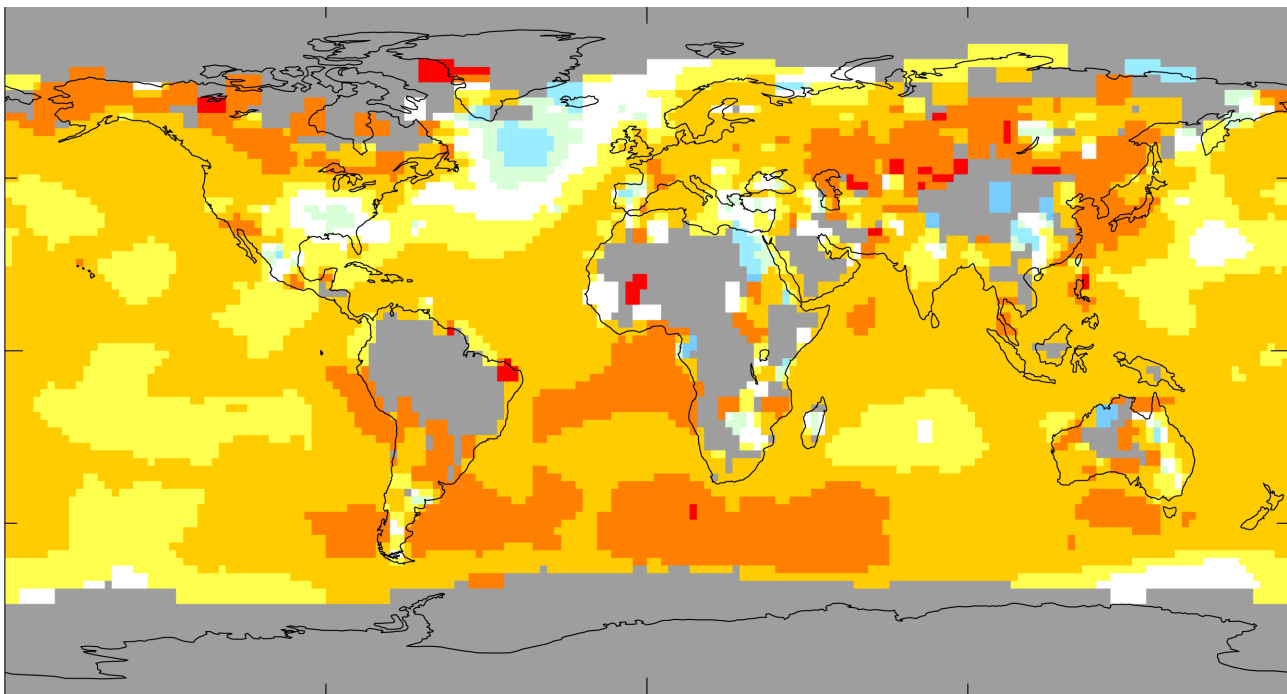
Que nous réserve le futur quant aux précipitations? Révélation des modèles climatiques^a

par Karine Guinard^b

Qu'entend-on par changements climatiques?

Le terme « réchauffement climatique » est de moins en moins utilisé puisqu'il véhicule l'idée que les modifications subies par le climat se résument aux températures. De plus, cette expression laisse supposer que les températures augmentent de façon uniforme sur la planète, ce qui est totalement faux. En regardant une carte de l'évolution

des températures au XX^e siècle (figure 1), on remarque une grande variabilité dans l'amplitude des changements selon les régions. Les hautes latitudes de l'hémisphère nord en particulier subissent un réchauffement plus important que les autres régions. Il est vrai que globalement la température augmente de quelques degrés, mais certaines régions se réchauffent beaucoup, tandis que d'autres, beaucoup moins nombreuses, sont à peine touchées.



-4.1 -4 -2 -1 -0.5 -0.2 .2 .5 1 2 4 4.1 °C

Figure 1 : Différences des moyennes annuelles de température entre 1901 et 2000. Le gris indique les zones où les données sont manquantes. Source : <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>

^a Cette capsule est disponible en ligne à l'adresse suivante : www.ete.inrs.ca/ete/publications#CapsulesINRSciences

^b Diplômée de la maîtrise au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS sous la direction du professeur Alain Mailhot. Contact : karine.guinard@ete.inrs.ca

De ce fait, le terme « changements climatiques » est plus approprié, car il englobe tous les changements liés au climat, notamment, ceux des régimes de précipitations. Les observations du XX^e siècle (figure 2) suggèrent des changements inégaux d'une région à l'autre dans les hauteurs de précipitations reçues annuellement. Toutefois, la répartition sur la planète des changements dans les précipitations ne concorde pas avec celle des changements dans les températures. Le lien entre ces deux variables est évidemment plus complexe. En bref, les régions

arides semblent devenir plus arides et les régions humides, plus humides. Malgré ce constat, une question demeure : comment déterminer les changements dans les précipitations en climat futur?

Les modèles climatiques : des outils indispensables

L'étude des séries de précipitations observées aux stations météorologiques permet d'analyser les tendances passées et d'améliorer notre compréhension du climat. Cependant, il n'est pas possible de prévoir le comportement des précipitations en climat futur à l'aide de ces séries. La modélisation climatique a été développée entre autres pour répondre à ce besoin, en plus de permettre une reconstruction des climats du passé. Cet outil a grandement contribué à améliorer nos connaissances sur les changements climatiques,

Météo ou climat?

La météo correspond aux conditions atmosphériques courantes (p. ex. température, précipitations, vent, humidité) qui peuvent être très variables. Le climat correspond plutôt aux conditions atmosphériques moyennes, typiquement sur 30 ans de données météorologiques.

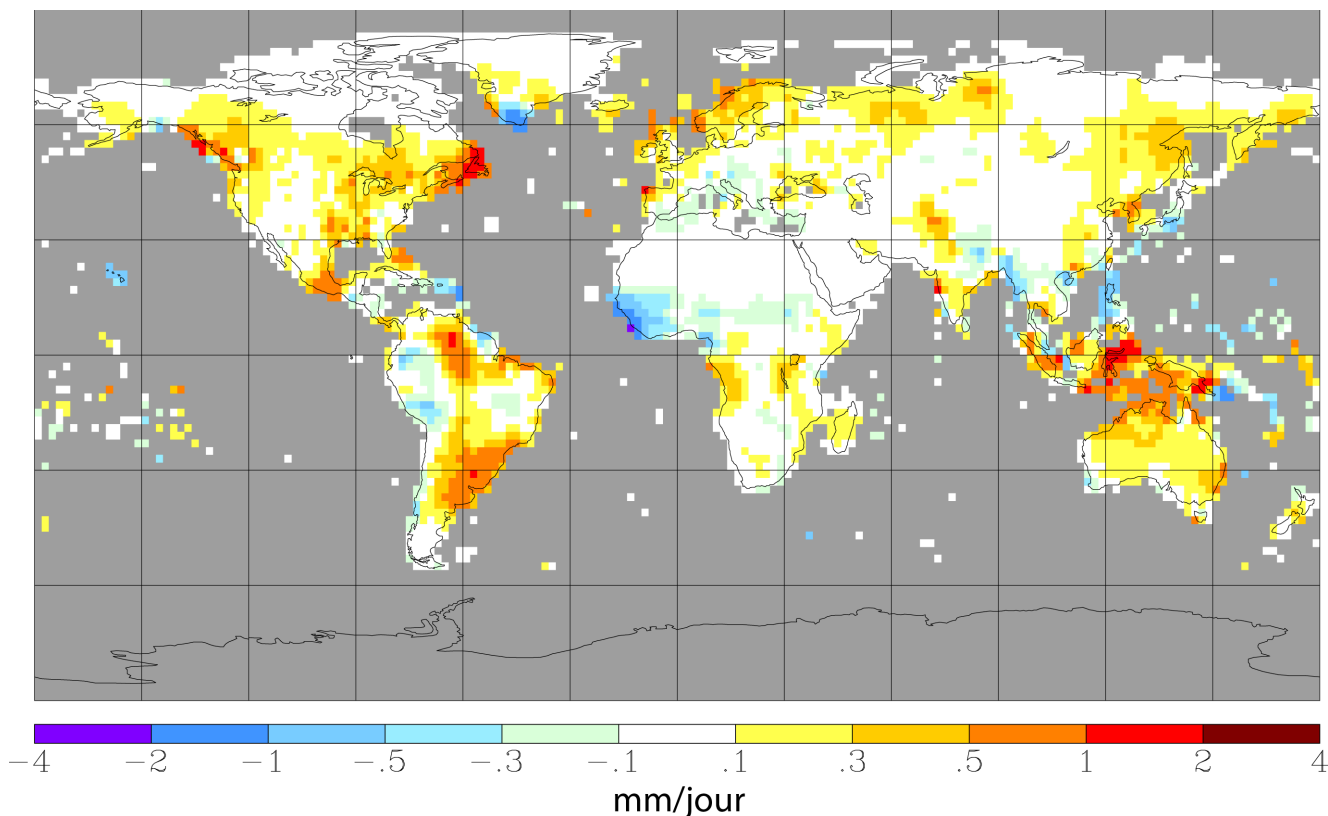


Figure 2 : Différences des moyennes annuelles de précipitations quotidiennes entre 1901 et 2000. Le gris indique les zones où les données sont manquantes. Source : http://data.giss.nasa.gov/precip_cru/maps.html

en plus de préciser le rôle joué par les activités humaines dans les changements récents du climat. Les modèles climatiques utilisent des équations physiques pour simuler une multitude de processus atmosphériques, terrestres et océaniques intimement liés au climat. Au final, ils fournissent un grand nombre de variables simulées à différents pas de temps (p. ex. température, précipitations, vent, pression atmosphérique, humidité) sur une grille couvrant un territoire donné ou tout le globe. Chaque espace de la grille est considéré comme une « tuile » du modèle climatique et contient une série de variables simulées dans le temps.

Les modèles climatiques globaux (MCG), aussi nommés modèles de circulation générale, simulent le climat à l'échelle du globe en représentant l'atmosphère en plusieurs couches selon une résolution de plusieurs centaines de kilomètres. Un MCG inclut des modèles terrestre, atmosphérique et océanique, ainsi que les échanges respectifs entre chacun d'eux. Les MCG sont contraints par différents scénarios d'émission de GES. Le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique a développé le Modèle climatique global canadien (MCGC). Celui-ci a une résolution spatiale d'environ 300 km x 300 km.

Les modèles régionaux du climat (MRC) ont une résolution spatiale plus fine que les MCG, soit environ 50 km x 50 km. Les MRC permettent une mise à l'échelle dynamique des processus simulés par les MCG et simulent des processus atmosphériques à plus petite échelle. Cette précision a cependant un coût important en temps de calcul. Pour cette raison, les MRC s'appliquent à un domaine de simulation précis, plutôt qu'à tout le globe. Pour assurer une cohérence avec les processus atmosphériques à l'échelle planétaire, un MRC est contraint aux limites de son domaine de simulation par les données d'un MCG. Les MRC offrent une valeur ajoutée pour la simulation des précipitations qui sont associées à des processus

Tendance versus variations

Malgré sa grande variabilité, le climat suit une tendance à long terme. À l'image d'une personne marchant avec son chien en laisse, les variations du climat correspondent aux détours effectués par le chien et la tendance correspond au trajet effectué par la personne.



<http://spark.ucar.edu/dog-walking-weather-and-climate>

Ainsi, en raison des changements climatiques, la température tend vers une augmentation, malgré les nombreuses variations à court terme qui nous font parfois croire à un refroidissement. C'est pourquoi les études climatiques utilisent généralement des périodes de 30 ans pour étudier la tendance à long terme.

de plus petite échelle que ceux représentés dans les MCG. L'UQAM a développé le Modèle régional canadien du climat (MRCC), dont la résolution spatiale est d'environ 45 km x 45 km. Le domaine de simulation du MRCC couvre généralement l'Amérique du Nord, mais peut être configuré pour d'autres régions du globe.

Plusieurs incertitudes doivent être prises en compte lors de l'interprétation de projections fournies par des modèles climatiques :

- structure physique et dynamique du modèle climatique utilisé;
- variabilité naturelle du climat se traduisant par des fluctuations périodiques et chaotiques à plusieurs échelles spatiales et temporelles;
- scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES) basés sur l'évolution possible de la démographie, de l'économie et de la technologie.

Malgré leur potentiel, les simulations issues des modèles climatiques doivent préférablement être comparées à des observations sur une période historique pour en valider la performance avant d'être utilisées pour effectuer des projections pour le futur.

Que nous dit le passé?

De façon naturelle, les précipitations varient selon l'endroit et le moment de l'année. Pour brosser un portrait simple et rapide du comportement régional des précipitations en Amérique du Nord, on peut regarder les totaux annuels (figure 4). On remarque que le nord et le sud-ouest du continent reçoivent des quantités plus faibles de précipitations que les autres régions. C'est la côte ouest du Canada qui reçoit la plus grande quantité de précipitations, tandis que l'est du continent en reçoit une quantité moyenne. On peut également regarder la variation au cours d'une année en utilisant les totaux mensuels de précipitations. Par exemple, pour l'Ontario et le sud du Québec, on remarque une différence dans les hauteurs de précipitations reçues durant les mois d'été comparativement aux mois d'hiver (figure 5).

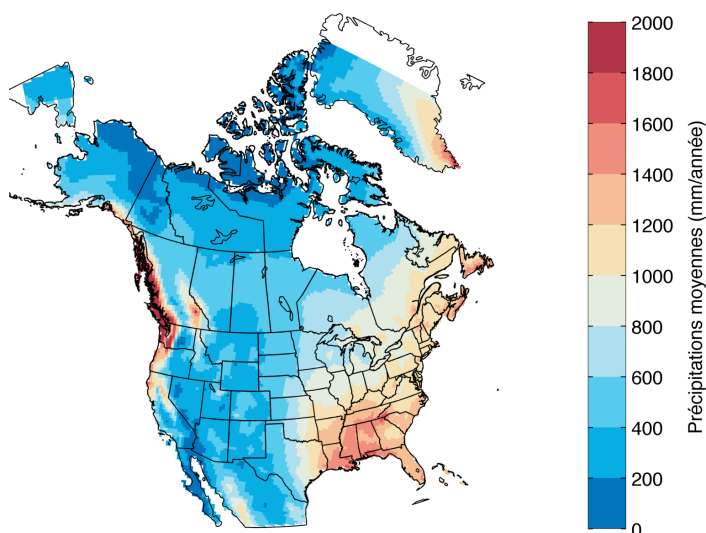


Figure 4 : Précipitations moyennes annuelles pour l'Amérique du Nord sur la période historique 1961-1990.

Pluie ou précipitations?

Les précipitations englobent ce qui tombe autant sous forme solide que liquide (p. ex. pluie, neige, grêle). L'analyse des précipitations s'avère intéressante lorsqu'on désire comparer, de façon globale, des régions de climats distincts.

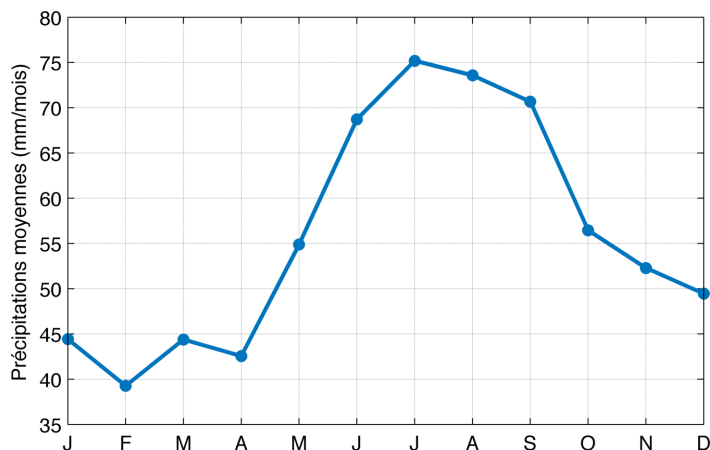


Figure 5 : Cycle annuel des précipitations moyennes mensuelles pour l'Ontario et le sud du Québec sur la période historique 1961-1990.

Étudier les précipitations dans un contexte de changements climatiques

De nombreuses études publiées à ce jour ont analysé des données de précipitations mesurées ou simulées dans le temps à un endroit donné (p. ex. séries de stations météorologiques ou pour des tuiles d'un modèle climatique). Dans le cadre de ma maîtrise, l'intérêt s'est plutôt porté sur l'analyse du caractère spatial des précipitations. Ainsi, au lieu de regarder ce qui se passe dans le temps à un endroit donné, nous avons examiné ce qui se passe dans l'espace à un moment précis. Pour ce faire, nous avons utilisé les champs de précipitations horaires simulés par le Modèle régional canadien du climat (MRCC). Un champ de précipitations correspond à l'ensemble des valeurs de précipitations (ou l'ensemble des tuiles d'un modèle climatique pour cette variable) à un pas de temps précis sur un territoire donné

(p. ex. les précipitations sur l'Amérique du Nord pour le 1^{er} janvier 1961 à minuit). Plus spécifiquement, nous avons analysé les structures spatiales de précipitations (groupes de tuiles adjacentes contenant des précipitations supérieures à un seuil donné au sein d'un champ de précipitations). Ainsi, un champ de précipitations pouvait contenir plus d'une structure. Dans mon projet, une structure de précipitations correspondait plus ou moins aux précipitations moyennes sur une heure provenant d'un système météorologique en intégrant le déplacement du système en question au cours de cette même heure.

La transition des données brutes des simulations climatiques aux projections en climat futur s'est effectuée en quatre étapes principales :

- 1) Le traitement préliminaire consistait principalement à uniformiser les données sur une même échelle temporelle (horaire) et spatiale (grille du MRCC).
- 2) L'identification reposait sur la segmentation du champ de précipitations en objets (structures de précipitations; figure 6) selon le seuil établi à l'aide d'un traitement d'images.

Pour le reste de l'analyse, chaque structure de précipitations a été considérée comme indépendante. 3) La caractérisation impliquait le calcul de six attributs géométriques (position du centroïde, superficie, longueur des axes principal et secondaire, excentricité et orientation) et de quatre attributs d'intensité (moyenne et maximale, volume, distribution des précipitations au sein de la structure) pour décrire chacune des structures de précipitations.

4) L'analyse statistique a finalement permis d'établir les changements en climat futur en comparant les caractéristiques des structures associées à la période future (2071-2100) à celles de la période historique (1961-1990).

Que nous réserve le futur?

En raison du grand nombre de caractéristiques étudiées et de régions climatiques, nous avons obtenu une importante quantité de résultats. Cependant, les changements globaux peuvent être résumé à l'aide de quatre cartes, chacune illustrant le changement dominant pour une saison donnée.

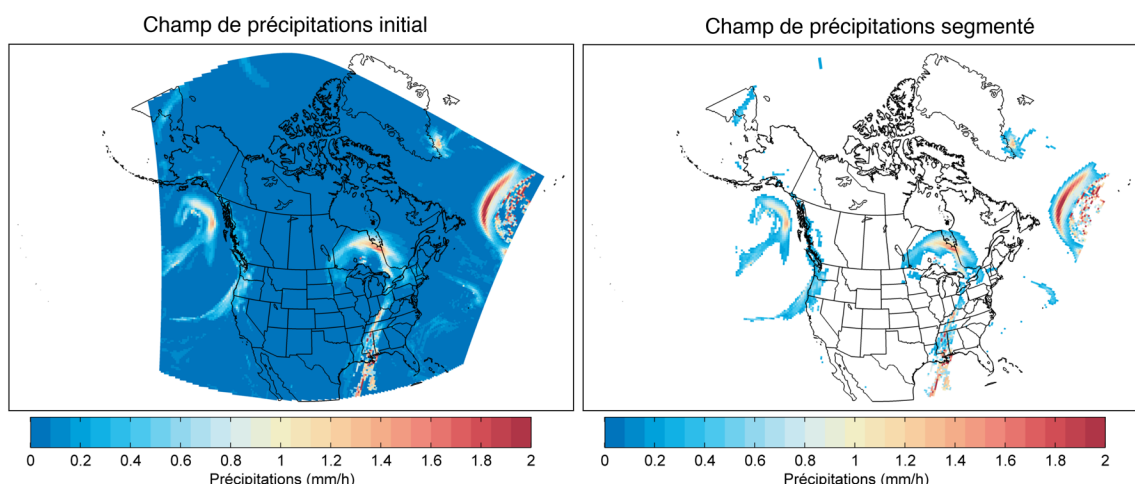


Figure 6: Deux étapes de l'identification de structures de précipitations sur le continent.

Ainsi, en climat futur, les résultats suggèrent :

- des conditions plus humides au nord l'hiver (augmentation du nombre de structures de précipitations, volume et intensité inchangés; figure 7a);
- des conditions plus arides au sud le printemps (diminution du nombre de structures de précipitations, volume et intensité inchangés; figure 7b);
- des conditions plus convectives, c'est-à-dire des précipitations plus intenses, au centre l'été (augmentation de l'intensité maximale des précipitations et de l'hétérogénéité des structures; figure 7c);
- des conditions plus humides au sud-est l'automne (augmentation de l'intensité maximale, de l'intensité moyenne et du volume de précipitations; figure 7d).

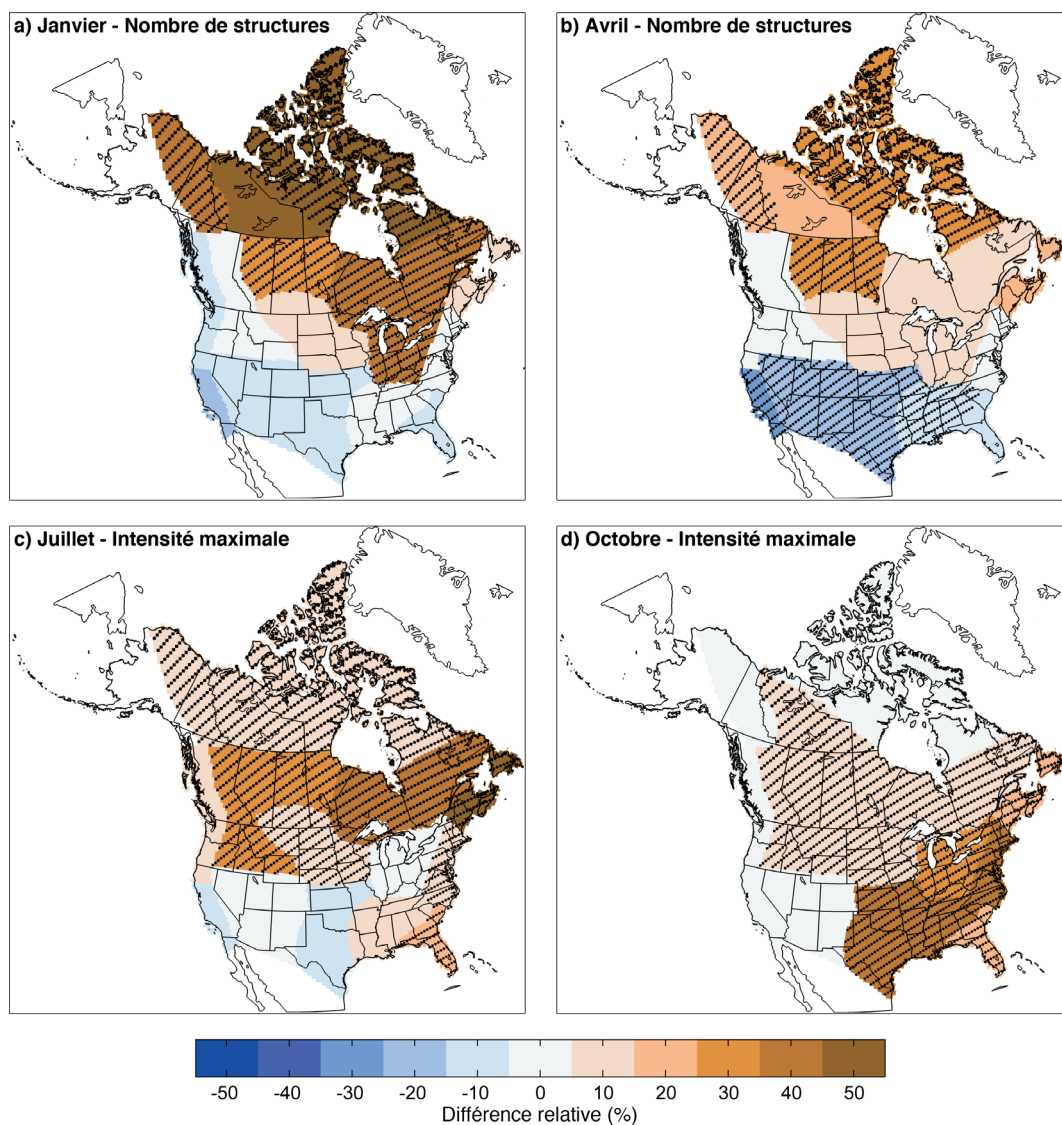


Figure 7 : Résumé saisonnier et régional des projections pour certaines caractéristiques des structures de précipitations montrant le changement dominant. Les changements indiqués correspondent à la différence relative entre les caractéristiques de la période future (2071-2100) et celles de la période historique (1971-1990) pour deux simulations climatiques. Les zones hachurées indiquent un changement significatif sur le plan statistique.

À quoi servent les projections climatiques de précipitations?

Les précipitations jouent un rôle majeur sur les plans économique et social. Elles déterminent l'abondance et la disponibilité de l'eau, une ressource essentielle à la vie et au cœur de plusieurs services publics, commerces et industries. Entre autres, la fiabilité de l'offre en énergie hydroélectrique repose sur le débit des cours d'eau, qui est influencé par les précipitations. La gestion opérationnelle des barrages hydroélectriques doit inclure une phase de prévision des précipitations pour planifier les débits d'eau à maintenir. D'autre part, en milieu urbain, les infrastructures de gestion des eaux pluviales doivent être conçues en fonction des caractéristiques (intensité, durée et fréquence) des pluies qu'elles doivent évacuer.

Les précipitations peuvent également être associées à des événements météorologiques extrêmes (p. ex. sécheresse, ouragan, orage, tornade, grêle) qui peuvent avoir de graves conséquences. Par exemple, des précipitations intenses peuvent causer des crues éclair inondant de vastes superficies et pouvant causer des dommages majeurs aux infrastructures. Dans certaines régions, les précipitations intenses sont aussi responsables de l'érosion des terres, ce qui détériore la qualité des sols pour les cultures, entraîne de la sédimentation dans les zones situées en aval et altère la qualité des cours d'eau. Lors de sécheresses prolongées, l'agriculture et l'approvisionnement en eau des zones urbaines sont les secteurs les plus touchés. De plus, ces conditions sont propices à l'apparition de feux de forêt. De façon générale, les impacts des événements météorologiques extrêmes affectent la plupart des secteurs de l'économie.

La vulnérabilité des sociétés humaines face aux aléas météorologiques augmente, et ce, principalement à cause de la croissance démographique dans les zones à risque et des infrastructures soit vieillissantes ou dont les critères de conception ne sont plus adéquats. Une meilleure caractérisation des précipitations peut contribuer à réduire cette vulnérabilité en permettant d'améliorer les systèmes de prévision et d'alerte, de mieux répondre aux situations d'urgence et d'adapter les critères de conception des infrastructures.

L'occurrence de changements dans le régime des précipitations ajoute une pression supplémentaire sur les sociétés déjà vulnérables. Ces changements doivent être pris au sérieux compte tenu des enjeux socio-économiques en cause. Le passé n'étant plus garant de l'avenir dans le contexte actuel de changements climatiques, une meilleure compréhension de l'évolution des caractéristiques des précipitations devient essentielle. Les projections en climat futur permettent de répondre en partie à ce besoin.

Pour en savoir plus...

Climat

Organisation météorologique mondiale – Section Climat (en anglais seulement)

http://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php

Projet américain *Climate.gov* (en anglais seulement)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), United States Department of Commerce

<http://www.climate.gov>

Changements climatiques

Reportage *Les changements climatiques : état des lieux*

Émission *Découverte* (22 septembre 2013)

<http://ici.radio-canada.ca/emissions/decouverte/2013-2014/Reportage.asp?idDoc=313206>

Ouranos – Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques

<http://www.ouranos.ca>

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

<http://www.ipcc.ch>

Dernier rapport du groupe de travail I du GIEC (en anglais seulement)

Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

<http://www.climatechange2013.org/>

Modélisation climatique

Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC), Environnement Canada

<http://www.cccma.ec.gc.ca>

Quelques articles scientifiques pertinents

Guinard K, Mailhot A, Caya D. 2014. Projected changes in characteristics of precipitation spatial structures over North America. *International Journal of Climatology*. DOI:[10.1002/joc.4006](https://doi.org/10.1002/joc.4006)

Hansen J, Ruedy R, Sato M, Lo K. 2010. Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics* 48: RG4004. DOI:[10.1029/2010RG000345](https://doi.org/10.1029/2010RG000345)

Sun Y, Solomon S, Dai A, Portmann RW. 2007. How often will it rain? *Journal of Climate* 20: 4801–4818. DOI:[10.1175/JCLI4263.1](https://doi.org/10.1175/JCLI4263.1)