

Scénarios climatiques statistiquement réduits

1. Aperçu

Ce document présente les scénarios climatiques à réduction d'échelle statistique basés sur les projections des modèles du climat mondial, d'après la phase 5 du Projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP5). Des résultats et des changements projetés obtenus par des ensembles multimodèles à réduction d'échelle statistique sont disponibles pour les simulations historiques et trois scénarios d'émissions, RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5, à une résolution de 10 km. Les changements projetés sont exprimés sous forme d'anomalies par rapport à la période de référence de 1986 à 2005. Une plage de centiles couvrant les ensembles multimodèles est disponible en téléchargement.

Les projections peuvent varier d'un modèle climatique à l'autre, car ces modèles représentent de façon différente les processus du système terrestre. La littérature scientifique récente montre qu'il est probable que l'utilisation d'une approche s'appuyant sur des ensembles multimodèles permette de mieux décrire les changements climatiques projetés.

Tableau 1. Caractéristiques principales

Variables et unités	Température moyenne (°C) Changement projeté de la température moyenne (°C) Température minimale (°C) Changement projeté de la température minimale (°C) Température maximale (°C) Changement projeté de la température maximale (°C) Précipitations totales (mm/jour) Changement relatif projeté des précipitations totales (%)
Région géographique	Canada
Résolution spatiale	Grille à une résolution de 10 km
Période	1951 à 2100 <i>Les moyennes sur 20 ans des changements projetés sont disponibles pour quatre périodes : 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100</i>
Résolution temporelle	Mensuelle, saisonnière et annuelle <i>Saisons : Les saisons météorologiques standards sont utilisées : mars à mai (printemps), juin à août (été), septembre à novembre (automne) et décembre à février (hiver).</i>
Scénarios d'émissions	RCP 2.6 RCP 4.5 RCP 8.5

2. Données et traitement

Des ensembles multimodèles à réduction d'échelle statistique ont été construits à partir de 24 modèles du climat mondial, dans le cadre de la phase 5 du Projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP5), disponible sur le site du Programme de comparaison et de diagnostic des modèles climatiques (PCMDI). Les ensembles de données,

dont l'échelle a été réduite par des méthodes statistiques, des ensembles multimodèles pour les températures minimale, maximale et moyenne et les précipitations totales ont été obtenus avec les scénarios RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5 utilisés chacun avec 24 modèles (tableau 2).

Seules les expériences s'appuyant sur les concentrations ont été utilisées (c.-à-d. celles dans lesquelles les concentrations plutôt que les émissions de gaz à effet de serre sont prescrites), et un membre seulement de l'ensemble, pour chaque modèle, est sélectionné, même si plusieurs réalisations existent avec des conditions initiales différentes et des réalisations différentes de la variabilité naturelle. Ainsi, chaque modèle a le même poids.

La température minimale quotidienne (°C), la température maximale quotidienne (°C) et les précipitations quotidiennes (mm/jour) issues de 24 modèles climatiques mondiaux ont fait l'objet d'une réduction d'échelle au moyen de la deuxième version de l'algorithme BCCAQv2 (*Bias Correction/Constructed Analogues with Quantile mapping*). Les ensembles de données quotidiennes historiques sur grille de 1/12°, pour la température minimale, la température maximale et les précipitations au Canada (McKenney et coll., 2011), ont été utilisés comme cibles de réduction d'échelle, respectivement. L'algorithme BCCAQv2 a été étalonné par rapport à une période de référence historique de 1950 à 2010 et a été appliqué à chaque variable séparément. On a calculé la température moyenne quotidienne à échelle réduite en établissant la moyenne des températures maximale et minimale quotidiennes à échelle réduite pour chaque modèle individuel respectif. À noter que si on procède indépendamment à la réduction d'échelle de différentes variables, cela peut entraîner un faible nombre d'incohérences physiques (c.-à-d. les températures minimales peuvent à l'occasion dépasser les températures maximales), bien que les essais indiquent que la « correction » ponctuelle des températures incohérentes (p. ex., en interchangeant les minima et les maxima en cause) entraîne généralement des différences négligeables dans les indices climatiques calculés (Li et coll., 2018).

Le programme BCCAQ est un algorithme hybride de réduction d'échelle qui combine la réduction d'échelle à l'aide du programme BCCA (*Bias Correction/Constructed Analogues*) (Maurer et coll., 2010) et la cartographie des différences par quantiles. Des détails sont fournis par Werner et Cannon (2016). En raison de l'utilisation de la cartographie des différences par quantiles (*Quantile Delta Mapping*; Cannon et coll., 2015), un mode de cartographie par quantiles qui préserve les changements, l'algorithme BCCAQv2 est différent de la version précédente.

Il convient de noter que l'étalonnage et la réduction d'échelle par des méthodes statistiques exigent que les simulations historiques soient concaténées à une projection RCP. Les simulations historiques à réduction d'échelle statistique et concaténées aux trois scénarios RCP ne sont pas identiques, ce qui constitue un artefact, bien que les différences soient généralement négligeables. Par souci de simplicité, l'ensemble de simulations historiques multimodèles concaténé à l'ensemble RCP4.5 multimodèles est disponible en téléchargement.

3. Période de référence pour les résultats exprimés sous forme d'anomalies (changements projetés)

Les changements projetés sont exprimés sous forme d'anomalies par rapport à la période de référence de 1986-2005 pour les séries chronologiques d'anomalies et les cartes spatiales (c.-à-d. différences entre les périodes futures et la période de référence). Par conséquent, les moyennes sur 20 ans des changements projetés (pour les variables climatiques) pour les quatre périodes futures (2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100) se rapportent à la période de référence de 1986 à 2005.

4. Pondération égale des modèles

Les différents modèles CMIP5 avec réduction d'échelle statistique, utilisés pour les projections sont tous considérés comme donnant des projections également probables au sens de « un modèle, une voix ». Les modèles présentant des variations dans les schémas de paramétrage physique sont traités comme des modèles distincts.

5. Plage de modèles par l'utilisation de centiles d'ensemble

Comme les projections locales des changements climatiques sont incertaines, une mesure de la plage des projections des modèles est fournie (c.-à-d. 5^e, 25^e, 75^e, 95^e centiles), en plus de la réponse médiane (50^e centile) de l'ensemble des modèles interpolés à réduction d'échelle statistique. Il convient de souligner une fois de plus que cette fourchette ne représente pas la totalité de l'incertitude des projections. La distribution combine les effets de la variabilité naturelle et de la dispersion des modèles.

6. Pratique exemplaire

Étant donné la grande variabilité naturelle du climat et les incertitudes en ce qui concerne les voies d'émissions et les réponses climatiques aux gaz à effet de serre, les changements projetés par un seul modèle climatique ne devraient pas être utilisés de façon isolée. Une bonne pratique consiste plutôt à prendre en compte une fourchette de projections tirées de plusieurs modèles climatiques (ensembles) et scénarios d'émissions.

Bien que les probabilités ne soient pas associées à des scénarios particuliers de changements climatiques, l'utilisation d'une plage de scénarios peut donner aux utilisateurs une idée de la dispersion potentielle selon diverses voies d'émissions possibles.

7. Limite d'utilisation

Les ensembles multimodèles avec réduction d'échelle statistique disponibles sur les sites Web d'Environnement et Changement climatique Canada sont fournis en vertu de la Licence du gouvernement ouvert – Canada (<https://ouvert.canada.ca/fr/licence-du-gouvernement-ouvert-canada>).

8. Coordonnées

Centre d'aide des Services climatiques
info.cccs-ccsc@canada.ca
833-517-0376

9. Références

Cannon, A.J., S.R. Sobie et T.Q. Murdock. 2015. « Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes? » *Journal of Climate*, 28(17), 6938-6959, doi:10.1175/JCLI-D-14-00754.1.

Li, G., X. Zhang, A.J. Cannon, T.Q. Murdock, S. Sobie, F.W. Zwiers, K. Anderson et B. Qian. 2018. « Indices of Canada's future climate for general and agricultural adaptation applications ». *Climatic Change*, 148(1-2):249-263. doi:10.1007/s10584-018-2199-x

Maurer, E.P., et H.G. Hidalgo. 2008. « Utility of daily vs. monthly large-scale climate data: an intercomparison of two statistical downscaling methods ». *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 2, 551-563. doi:10.5194/hess-12-551-2008.

McKenney, D. W., M. F. Hutchinson, P. Papadopol, K. Lawrence, J. Pedlar, K. Campbell, E. Milewska, R. F. Hopkinson, D. Price et T. Owen. 2011. « Customized Spatial Climate Models for North America ». *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92 12, 1611-1622.

Werner, A.T., et A.J. Cannon. 2016. « Hydrologic extremes—an intercomparison of multiple gridded statistical downscaling methods ». *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(4), 1483-1508. doi:10.5194/hess-20-1483-2016.

Tableau 2. Liste des modèles climatiques utilisés dans les ensembles multimodèles à réduction d'échelle statistique.

N°	Nom du modèle CMIP5	Historique	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
1	BNU-ESM	1	1	1	1
2	CCSM4	1	1	1	1
3	CESM1-CAM5	1	1	1	1
4	CNRM-CM5	1	1	1	1
5	CSIRO-Mk3-6-0	1	1	1	1
6	CanESM2	1	1	1	1
7	FGOALS-g2	1	1	1	1
8	GFDL-CM3	1	1	1	1
9	GFDL-ESM2G	1	1	1	1
10	GFDL-ESM2M	1	1	1	1
11	HadGEM2-AO	1	1	1	1
12	HadGEM2-ES	1	1	1	1
13	IPSL-CM5A-LR	1	1	1	1
14	IPSL-CM5A-MR	1	1	1	1
15	MIROC-ESM	1	1	1	1
16	MIROC-ESM-CHEM	1	1	1	1
17	MIROC5	1	1	1	1
18	MPI-ESM-LR	1	1	1	1
19	MPI-ESM-MR	1	1	1	1
20	MRI-CGCM3	1	1	1	1
21	NorESM1-M	1	1	1	1
22	NorESM1-ME	1	1	1	1
23	bcc-csm1-1	1	1	1	1
24	bcc-csm1-1-m	1	1	1	1