



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

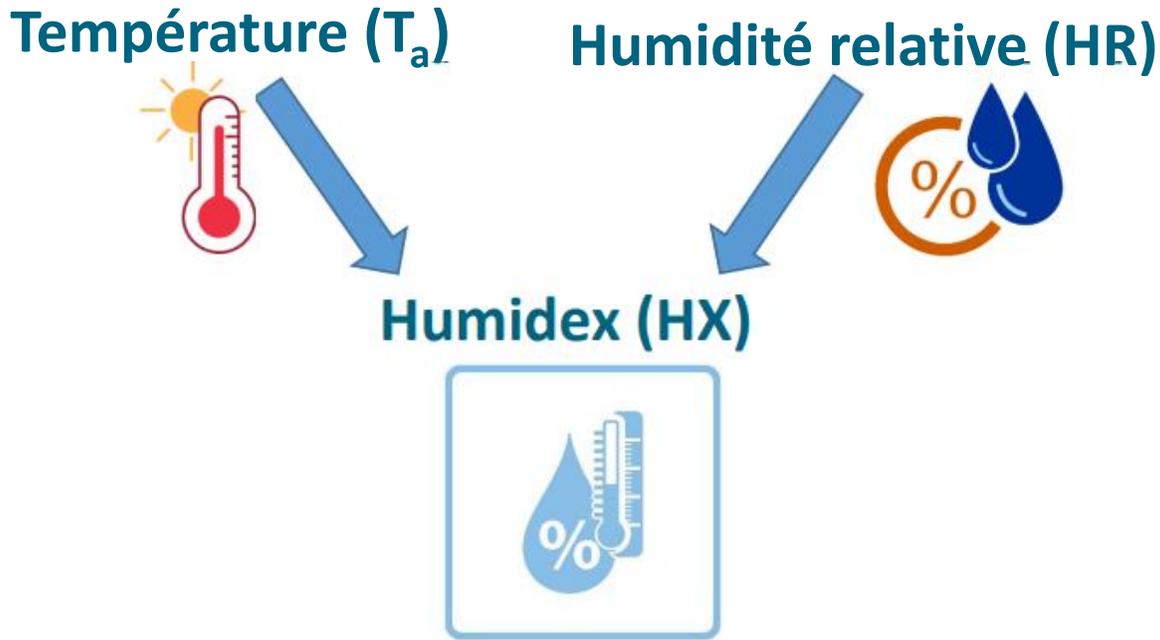
Canada

Projections climatiques de l'humidex

Kenneth Chow, Housseyni Sankare, Emilia Diaconescu, Trevor Murdock et Alex Cannon.

Qu'est-ce que l'humidex et comment l'utilise-t-on?

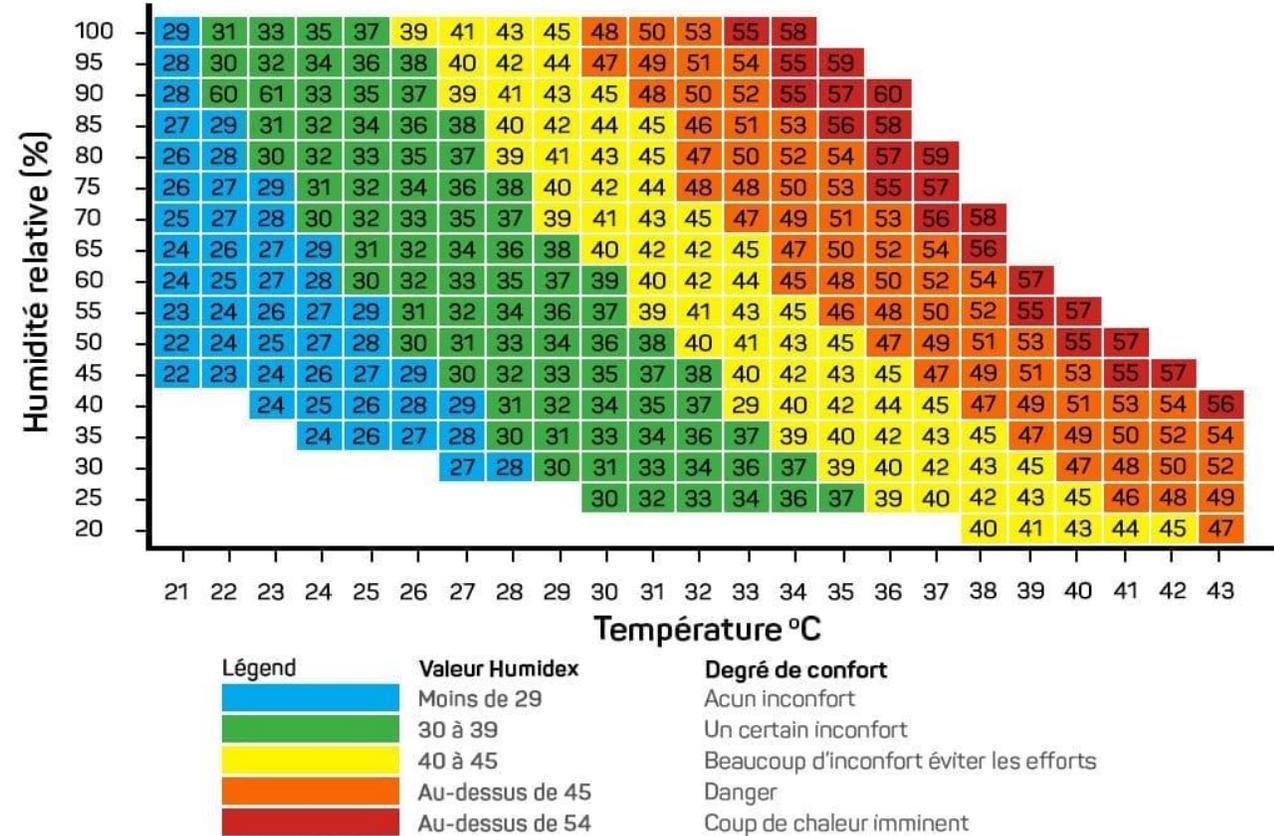
L'humidex (HX) décrit la sensation de chaleur ressentie par une personne, en prenant en compte l'effet de la chaleur et de l'humidité.



$$HX = T_a + \frac{5}{9}(\rho - 10)$$

$$\rho = 6.112 \times 10^{7.5 \times T_a / (237.7 + T_a)} \times RH / 100$$

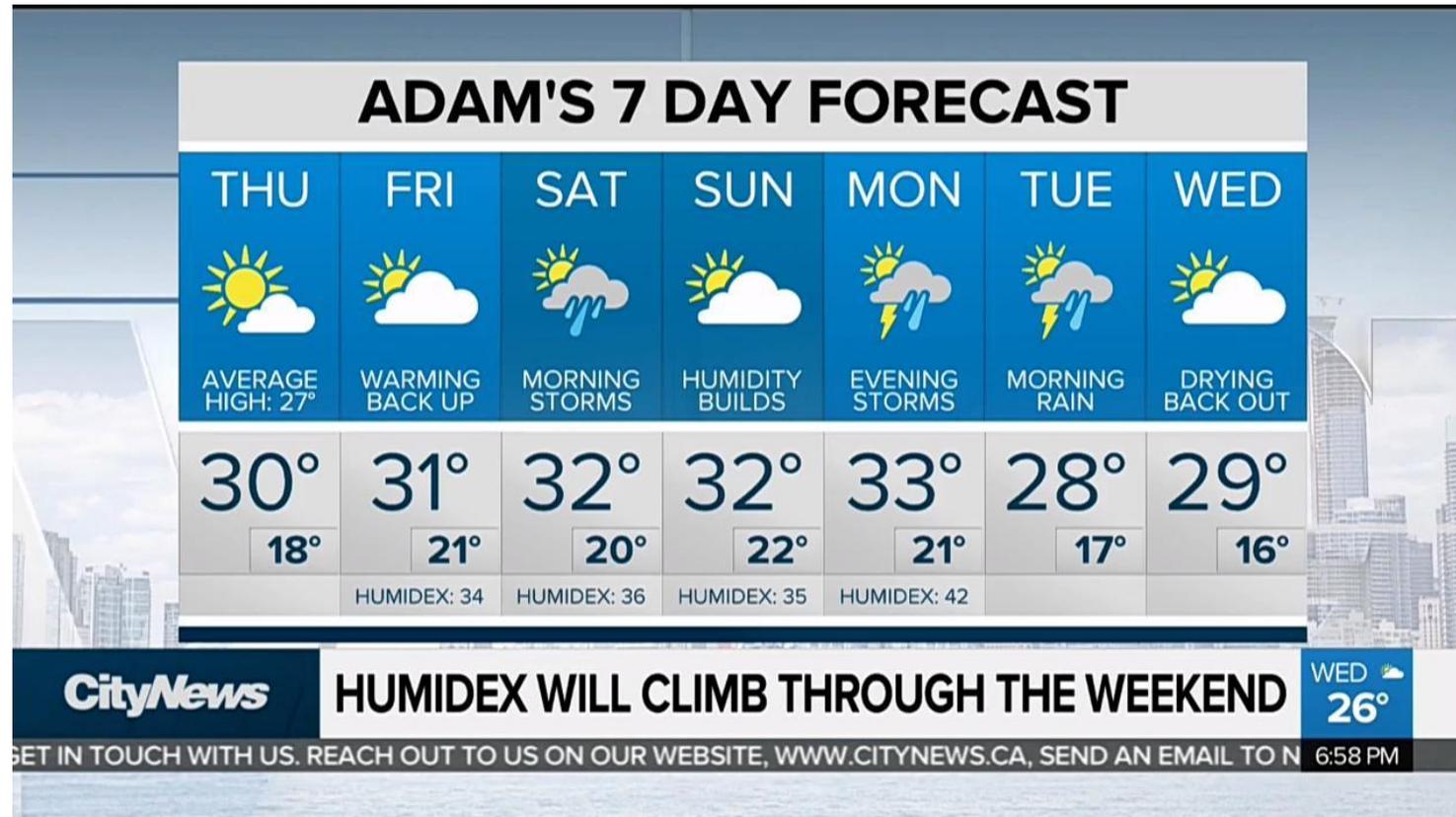
HUMIDEX TIRÉ DE LECTURES DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HUMIDITÉ RELATIVE



Source: Environment Canada
<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/seasonal-weather-hazards/spring-summer.html#humidex>
 Source: https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html

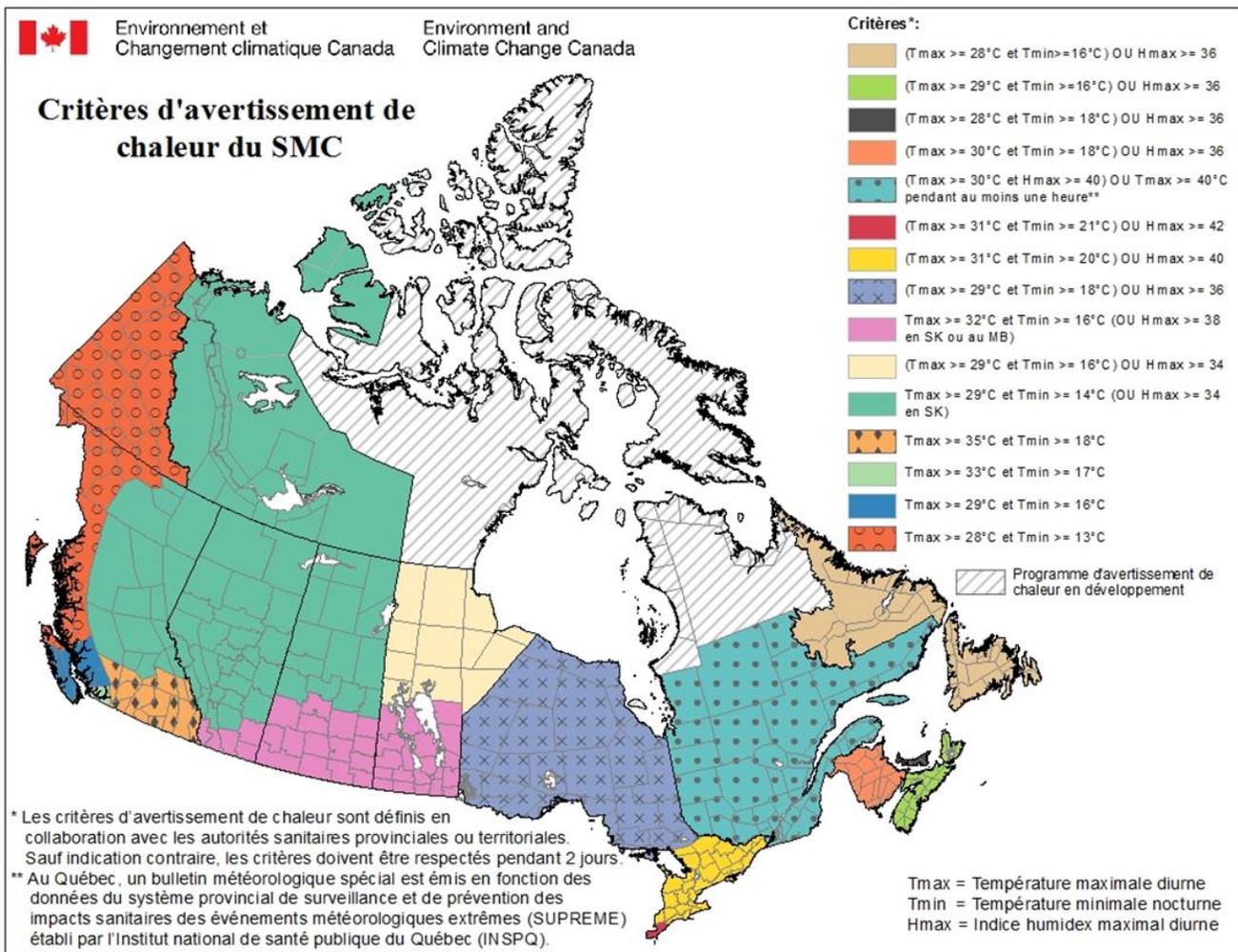
Qu'est-ce que Humidex et comment l'utilise-t-on?

- Calculé comme une valeur horaire et inclus dans la prévision

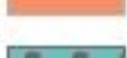
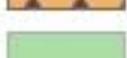


Qu'est-ce que Humidex et comment l'utilise-t-on?

- Calculé comme une valeur horaire et inclus dans la prévision
- **Inclus dans le système d'avertissement de chaleur du SMC**



Critères*:

- | | |
|---|---|
|  | (Tmax >= 28°C et Tmin >= 16°C) OU Hmax >= 36 |
|  | (Tmax >= 29°C et Tmin >= 16°C) OU Hmax >= 36 |
|  | (Tmax >= 28°C et Tmin >= 18°C) OU Hmax >= 36 |
|  | (Tmax >= 30°C et Tmin >= 18°C) OU Hmax >= 36 |
|  | (Tmax >= 30°C et Hmax >= 40) OU Tmax >= 40°C pendant au moins une heure** |
|  | (Tmax >= 31°C et Tmin >= 21°C) OU Hmax >= 42 |
|  | (Tmax >= 31°C et Tmin >= 20°C) OU Hmax >= 40 |
|  | (Tmax >= 29°C et Tmin >= 18°C) OU Hmax >= 36 |
|  | Tmax >= 32°C et Tmin >= 16°C (OU Hmax >= 38 en SK ou au MB) |
|  | (Tmax >= 29°C et Tmin >= 16°C) OU Hmax >= 34 |
|  | Tmax >= 29°C et Tmin >= 14°C (OU Hmax >= 34 en SK) |
|  | Tmax >= 35°C et Tmin >= 18°C |
|  | Tmax >= 33°C et Tmin >= 17°C |
|  | Tmax >= 29°C et Tmin >= 16°C |
|  | Tmax >= 28°C et Tmin >= 13°C |

Qu'est-ce que Humidex et comment l'utilise-t-on?

- Calculé comme une valeur horaire et inclus dans la prévision
- Inclus dans le système d'avertissement de chaleur du SMC
- **Inclus dans les mesures de sécurité au travail :**
 - [Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail](#)
 - [Sécurité au travail – Sun Canada](#)
 - [Centre de santé des travailleurs \(ses\) de l'Ontario Inc.](#)
 - [Bureau de santé de l'est de l'Ontario](#)
 - [Travail sécuritaire Saskatchewan](#)
 - [Ministère de la Santé et des Services sociaux Québec](#)
 - [Ministère de la Santé et du Mieux-être de la Nouvelle-Écosse](#)

Humidex 1 – Travail physique modéré, travailleur inadapté OU Travail physique pénible, travailleur adapté	Réponses	Humidex 2 – Travail physique modéré, travailleur adapté OU Travail physique facile, travailleur inadapté
25 °C à 29 °C	• Au besoin, donner de l'eau aux travailleurs	32 °C à 35 °C
30 °C à 33 °C	• Afficher un avis d'alerte au stress thermique • Inciter les travailleurs à boire plus d'eau • Commencer à enregistrer la température et l'humidité à chaque heure	36 °C à 39 °C
34 °C à 37 °C	• Afficher un avis de mise en garde contre le stress thermique • Avertir les travailleurs qu'ils doivent boire plus d'eau • S'assurer que les travailleurs sont formés à reconnaître les symptômes du stress thermique	40 °C à 42 °C
38 °C à 39 °C	• Accorder une pause de 15 minutes toutes les heures • Fournir de l'eau fraîche (10 °C à 15 °C), à raison d'au moins • 1 tasse (240 ml) d'eau aux 20 minutes • Les travailleurs qui manifestent des symptômes de stress thermique doivent consulter un médecin	43 °C à 44 °C
40 °C à 42 °C	• Accorder une pause de 30 minutes toutes les heures, en plus des autres mesures définies plus haut	45 °C à 46 °C*
43 °C à 44 °C	• Si possible, accorder une pause de 45 minutes par heure, en plus de respecter les mesures définies plus haut • S'il n'est pas possible de prendre des pauses de 45 minutes toutes les heures, cesser le travail jusqu'à ce que l'humidex baisse à 42 °C ou moins	47 °C à 49 °C
45 °C ou plus	• Le travail peut seulement continuer sous supervision médicale	50 °C* ou plus

Source : Centres de santé des travailleurs (ses) de l'Ontario (OHCOW) – Humidex Based Heat Response Plan

Objectifs

- Élaborer, à l'échelle du Canada, des projections climatiques jusqu'à la fin du siècle pour le maximum quotidien (HXmax) et les indices de seuil du HX :
 - HX>30 (jours d'inconfort)
 - HX>35 (jours de prudence)
 - HX>40 (jours d'extrême prudence)

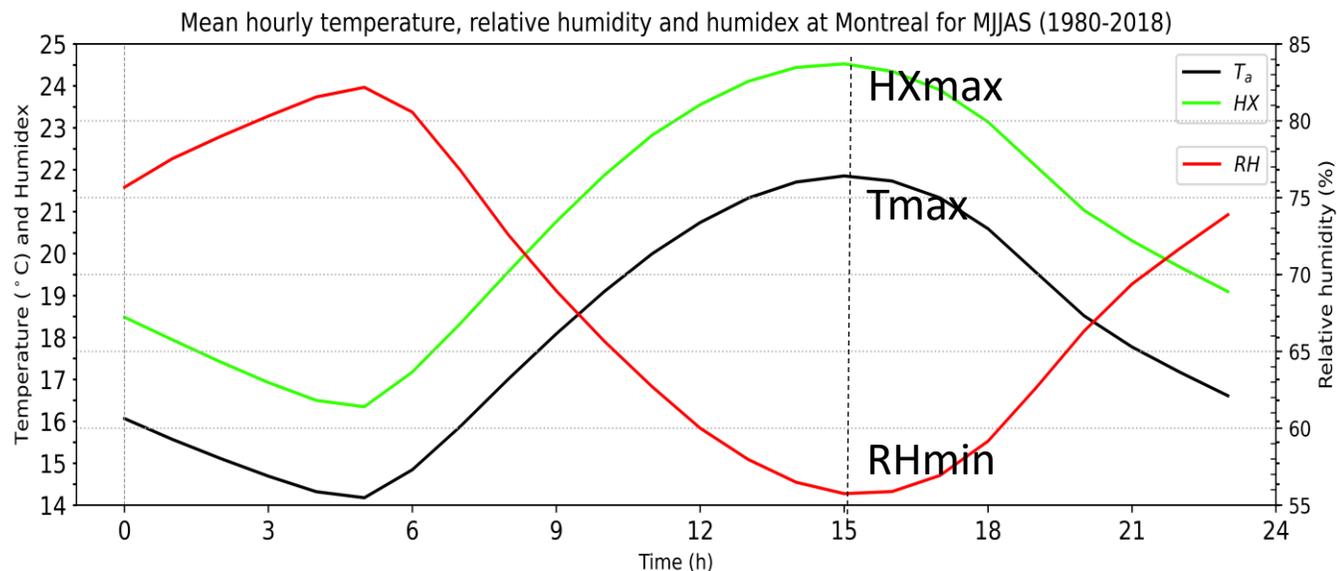
Enjeux :

- Les prévisions utilisent des **valeurs horaires**, mais les projections climatiques sont **quotidiennes ou mensuelles**.
- Les simulations de modèles présentent des biais dans l'estimation des valeurs historiques de température et d'humidité
- Les simulations climatiques ont des résolutions spatiales grossières

Étapes du projet

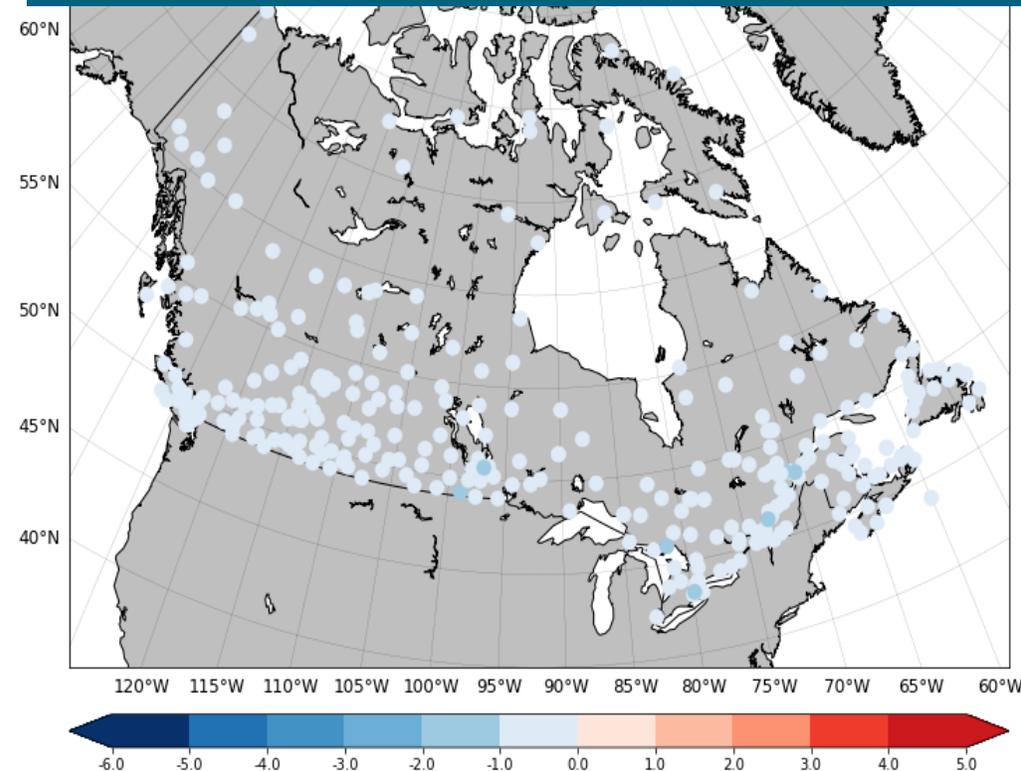
1. Trouver une méthode pour estimer les indices humidex à partir de la température et de l'humidité quotidiennes.
2. Trouver un jeu de données historiques maillées à haute résolution à utiliser comme cible pour la correction des biais.
3. Identifier la méthodologie de correction des biais la plus appropriée
4. Produire des projections d'ensemble des indices HX et de l'HX en utilisant les résultats des étapes 1, 2 et 3.

Étape 1 : approximation de l'HXmax quotidien



- Approximer le HXmax quotidien en utilisant le Tmax quotidien et le RHmin quotidien.
- Évaluer l'approximation par rapport aux indices horaires :
 - **HXmax quotidien**, HX>30, HX>35, HX>35
 - Mesures utilisées : biais moyen, coefficient de corrélation, score de compétence de Perkins

Mai à septembre (1980-2018)
Biais moyen quotidien de HXmax : entre -1.3 et 0.0 unité, avec une valeur moyenne de 0.5 unité)



Diaconescu, E., Sankare, H., Chow, K., Murdock, T. Q., & Cannon, A. J. (2022). A short note on the use of daily climate data to calculate Humidex heat-stress indices. *International Journal of Climatology*, 1- 13.
<https://doi.org/10.1002/joc.7833>

Étape 2 : Identifier le jeu de données maillées cible

Ensemble de données	Description	Variables horaires	Résolution spatiale, type de grille	Période de temps
ERA5-Land / ECMWF (Muñoz-Sabater et al. 2021)	<ul style="list-style-type: none">Réanalyse de la surface terrestre pilotée par ERA5ERA5 assimile la température de l'air en surface et la température du point de rosée.	<ul style="list-style-type: none">température de l'air en surfacetempérature du point de rosée	9 km, grille gaussienne réduite octaédrique transformée en grille régulière lat-lon	1950 - 2018
Système régional canadien de prévisions déterministes (RDRSv2) / CCCE (Gasset et al. 2021)	<ul style="list-style-type: none">Prévision historique pilotée par ERA-InterimAssimilation directe de la température de l'air en surface et de la température du point de rosée	<ul style="list-style-type: none">température de l'air en surfacetempérature du point de roséehumidité relative	~10 km, grille rotative transformée en grille régulière lat-lon	1980 - 2018

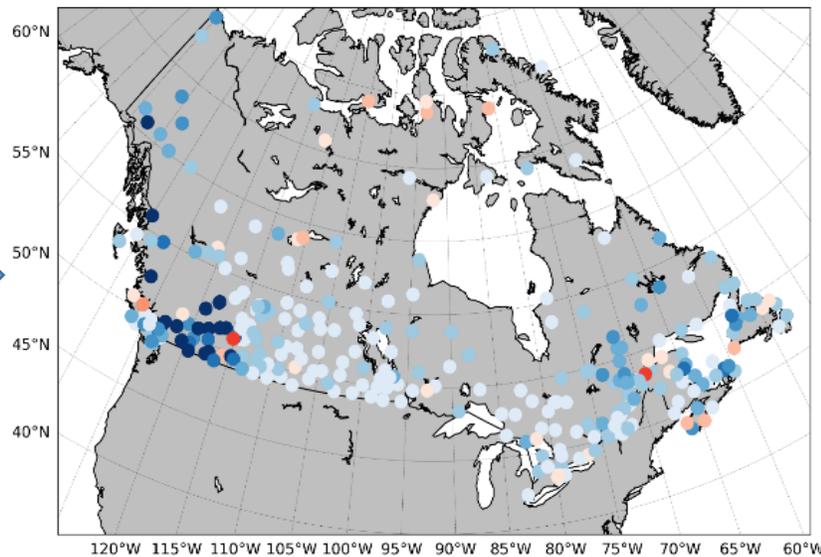
Évaluation :

- Comparaison des données de réanalyse avec les stations
- Période de mai à septembre (MJJAS) de 1980 à 2018
- Tmax, RHmin, **HXmax** et trois indices HX quotidiens (HX>30, **HX>35**, HX>40)
- Paramètres utilisés : **biais moyen**, coefficient de corrélation, score de compétence de Perkins

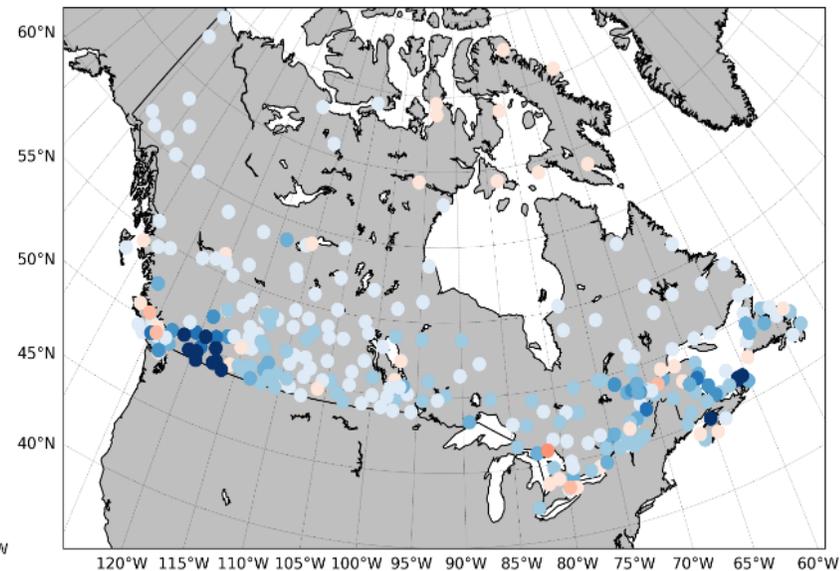
Évaluation des réanalyses par rapport aux observations, 1980-2018

ERA5-Land

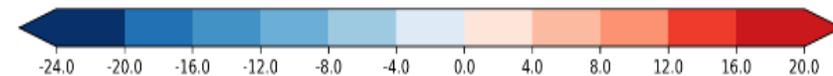
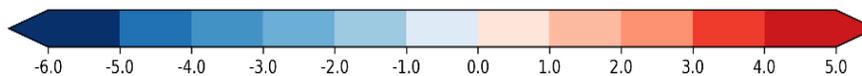
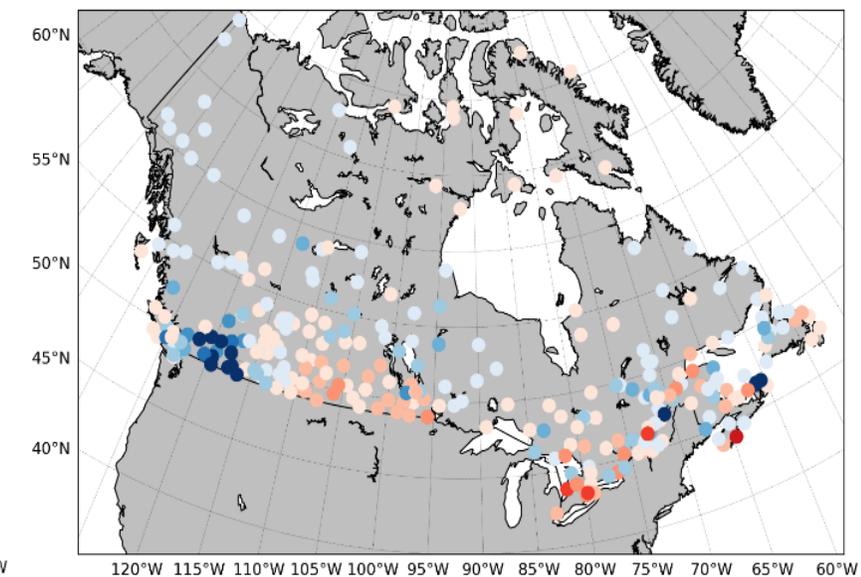
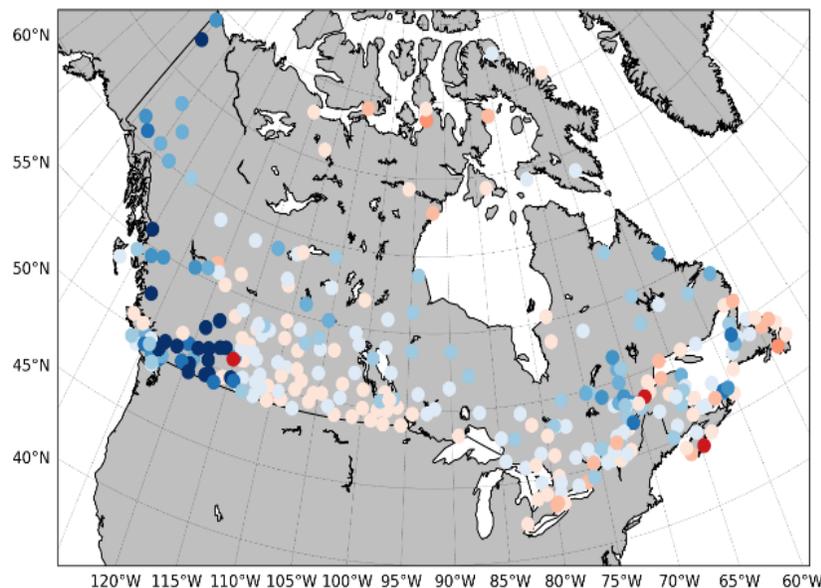
Biais moyen quotidien de l'HXmax



Biais moyen de l'HX>35 (jours d'inconfort)



RDRSv2



Étape 3 : La choix de la méthode de correction du biais

- Cinq techniques de correction des biais ont été testées :
 - **Trois méthodes de cartographie par quantiles**
 - **BCCAQv2**
 - **MBCn**
- **Métriques** : biais moyen, coefficient de corrélation
- **Variables** : Tmax, RHmin, HXmax, HX>30, HX>35, HX>40
- Mis-à-l'échelle des modèles climatiques mondiaux (MCM) en utilisant comme cible la période historique du modèle climatique régional (MCR) correspondant.
 - Les résultats pour la période future ont été comparés aux données du MCR.
 - BCCAQv2 et MBCn ont obtenu de très bons résultats et ont été sélectionnés pour le test final.
- Test de 2 MCM dont les biais sont corrigés avec BCCAQv2 et MBCn par rapport aux réanalyses (ERA5-Land et RDRSv2)
 - Les résultats ont été comparés ceux des stations.

HX>30 (jours d'inconfort) : MCM avec biais corrigés par rapport aux observations des stations

Évaluation sur la période 1980-2018

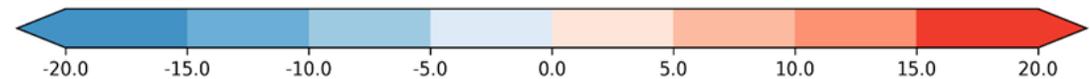
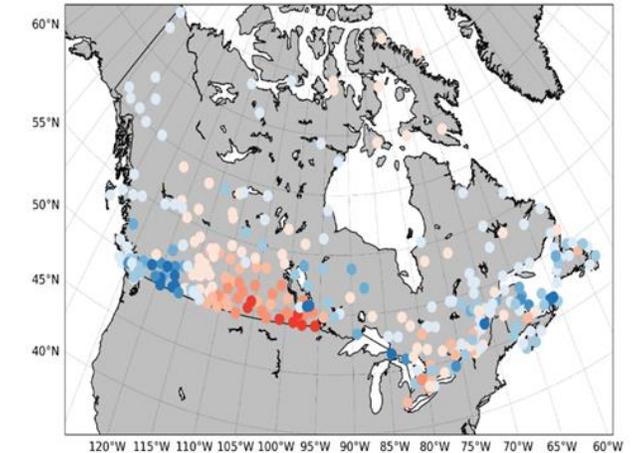
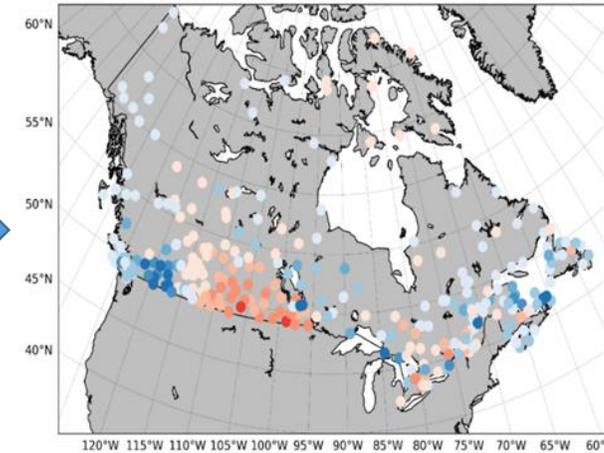
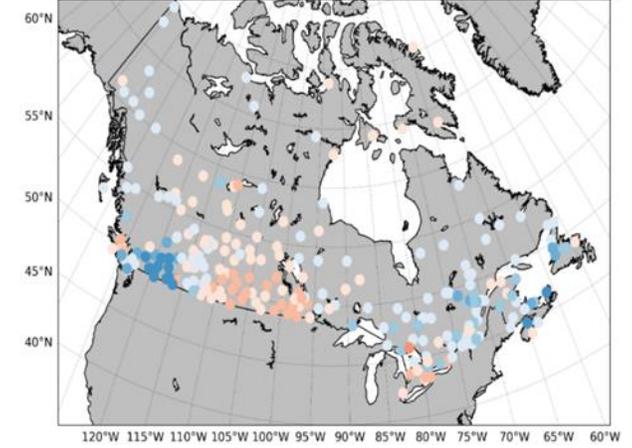
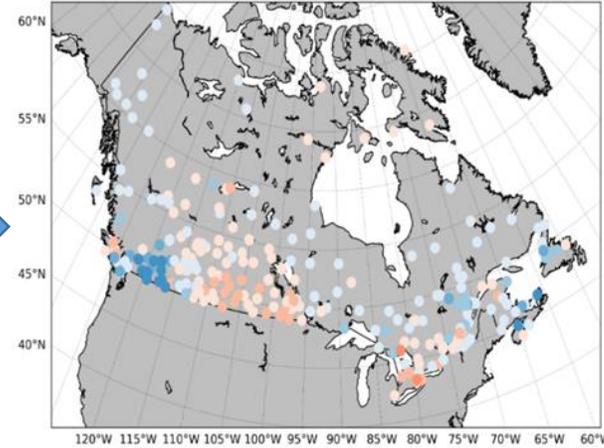
- Tester les méthodes de correction des biais avec les données historiques sur grille.
- Les méthodes ont donné des résultats similaires, mais sont meilleures lorsque ERA5-Land est utilisé comme cible.

ERA5-Land

RDRSv2

BCCAQv2

MBCn



Différence dans le nombre de jours

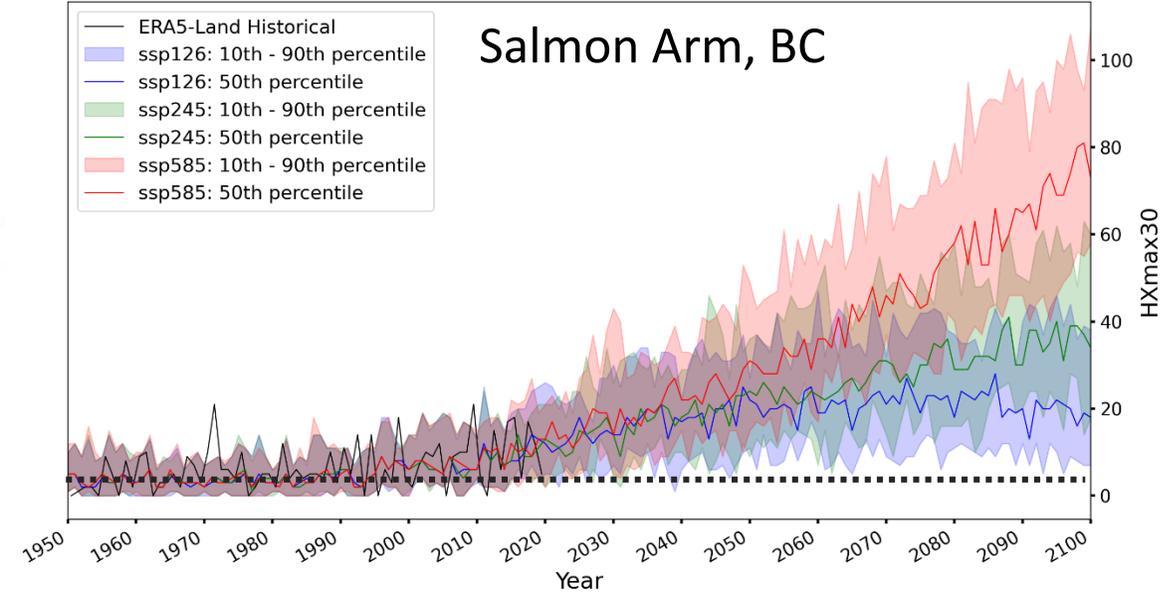
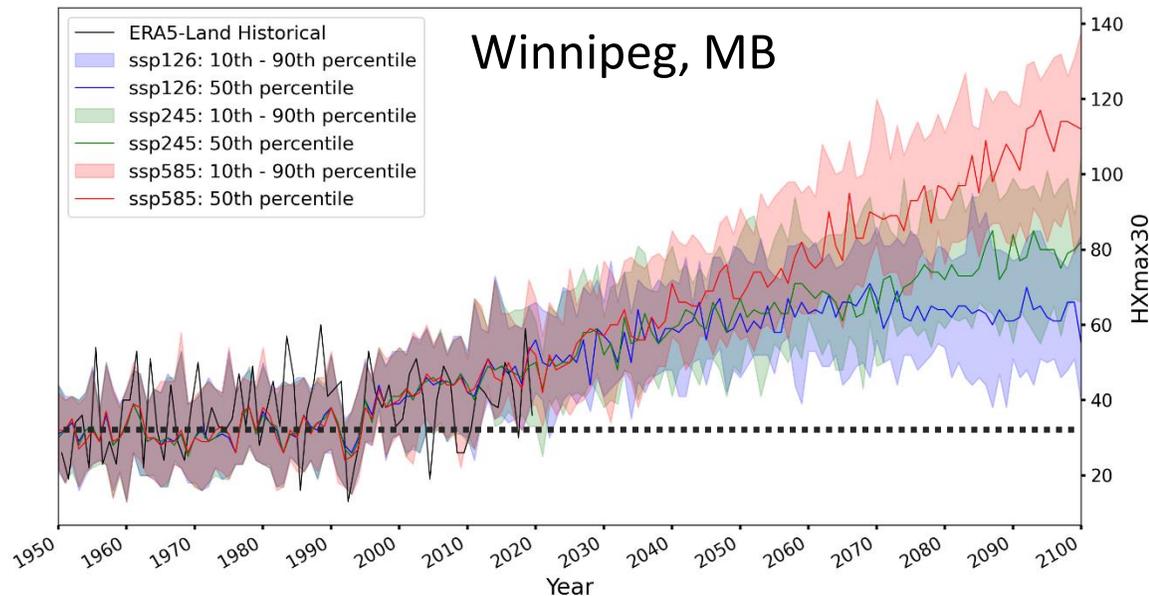
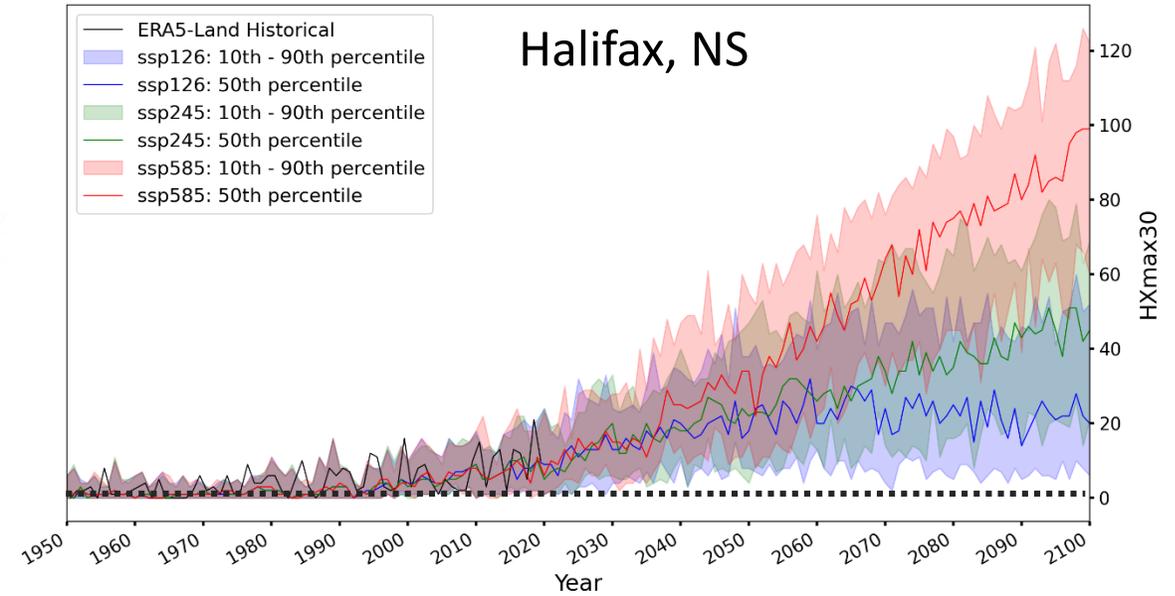
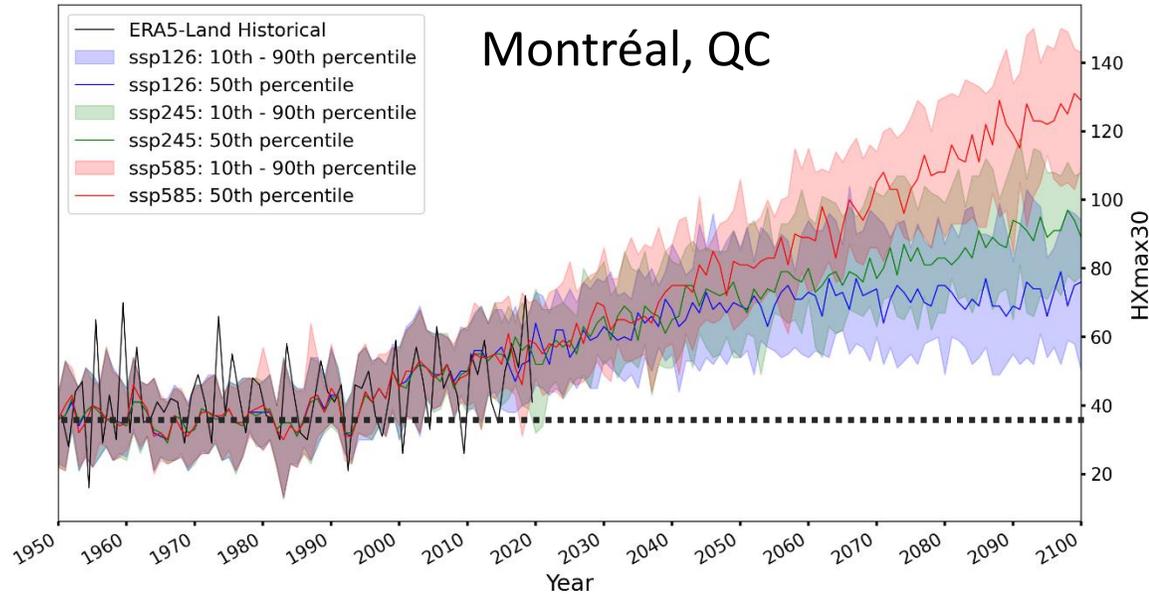
Production : Détails de l'ensemble de données

- Télécharger les sorties de Tmax et d'RHmin de 19 modèles CMIP6
 - Période : 1950-2100
 - SSP126 ; SSP245 et SSP585
- Ensemble statistiquement mise-à-l'échelle et corrigé du biais.
 - Méthode de réduction d'échelle et de correction des biais : **MBCn**
 - Jeu de données cible : **ERA5-Land**
- Prétraitement de la sortie :
 - Calcul de l'HXmax quotidien
 - Calcul des moyennes annuelles et trentenaires des indices HX>30, HX>35, HX>40
 - Calcul du percentile de l'ensemble pour les moyennes annuelles et trentenaires des indices HX>30, HX>35, HX>40



Ensemble Humidex
ACCESS-CM2
ACCESS-ESM1-5
CMCC-ESM2
CNRM-CM6-1
CNRM-ESM2-1
CanESM5
EC-Earth3
EC-Earth3-Veg
EC-Earth3-Veg-LR
FGOALS-g3
GISS-E2-1-G
INM-CM4-8
INM-CM5-0
IPSL-CM6A-LR
MIROC-ES2L
MIROC6
MPI-ESM1-2-HR
MPI-ESM1-2-LR
MRI-ESM2-0

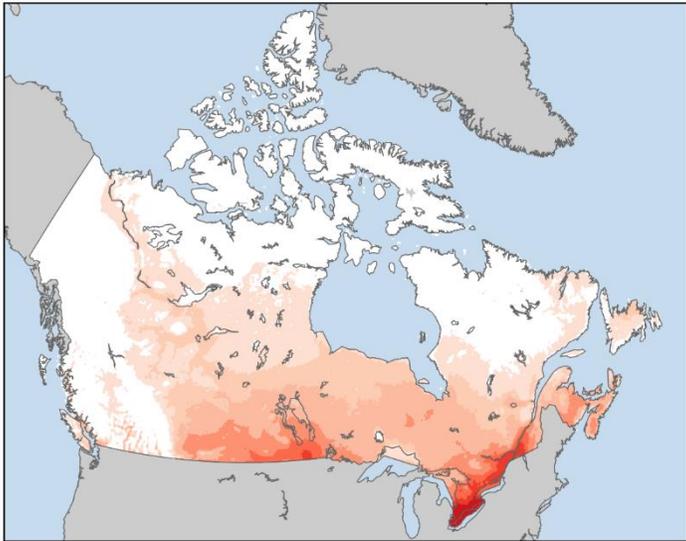
Jours annuels d'inconfort (HX > 30), 1950-2100



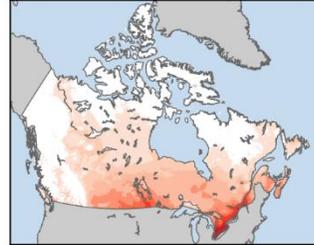
Jours annuels d'inconfort (HX > 30)

Ensemble historique, 1981-2010

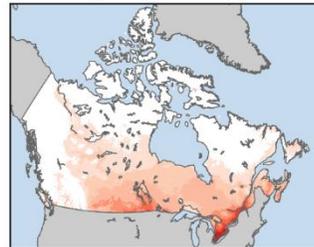
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



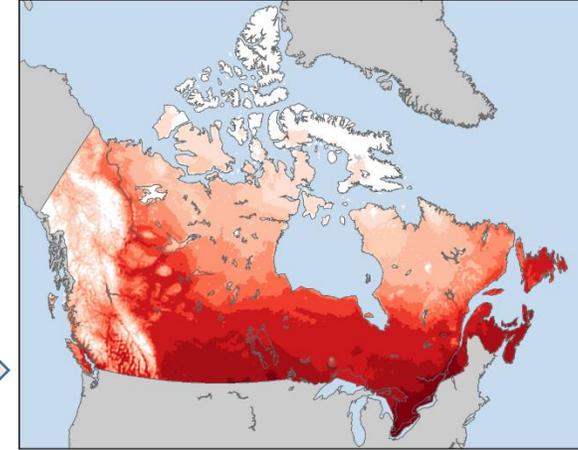
Lower (10th Percentile)



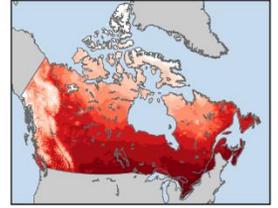
Émissions élevées

ssp585 Ensemble, 2071-2100

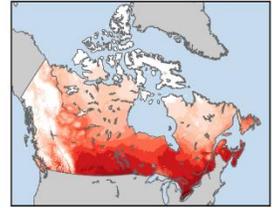
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



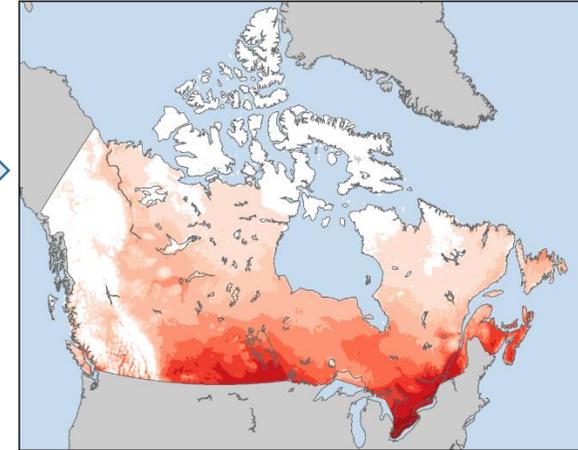
Lower (10th Percentile)



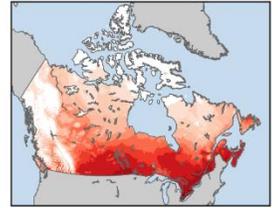
Émissions faibles

ssp126 Ensemble, 2071-2100

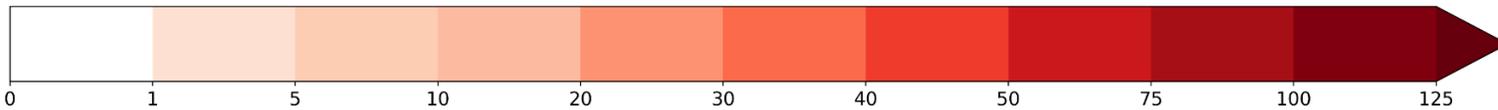
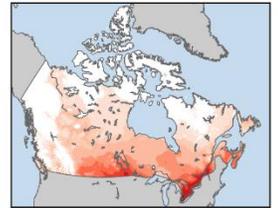
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



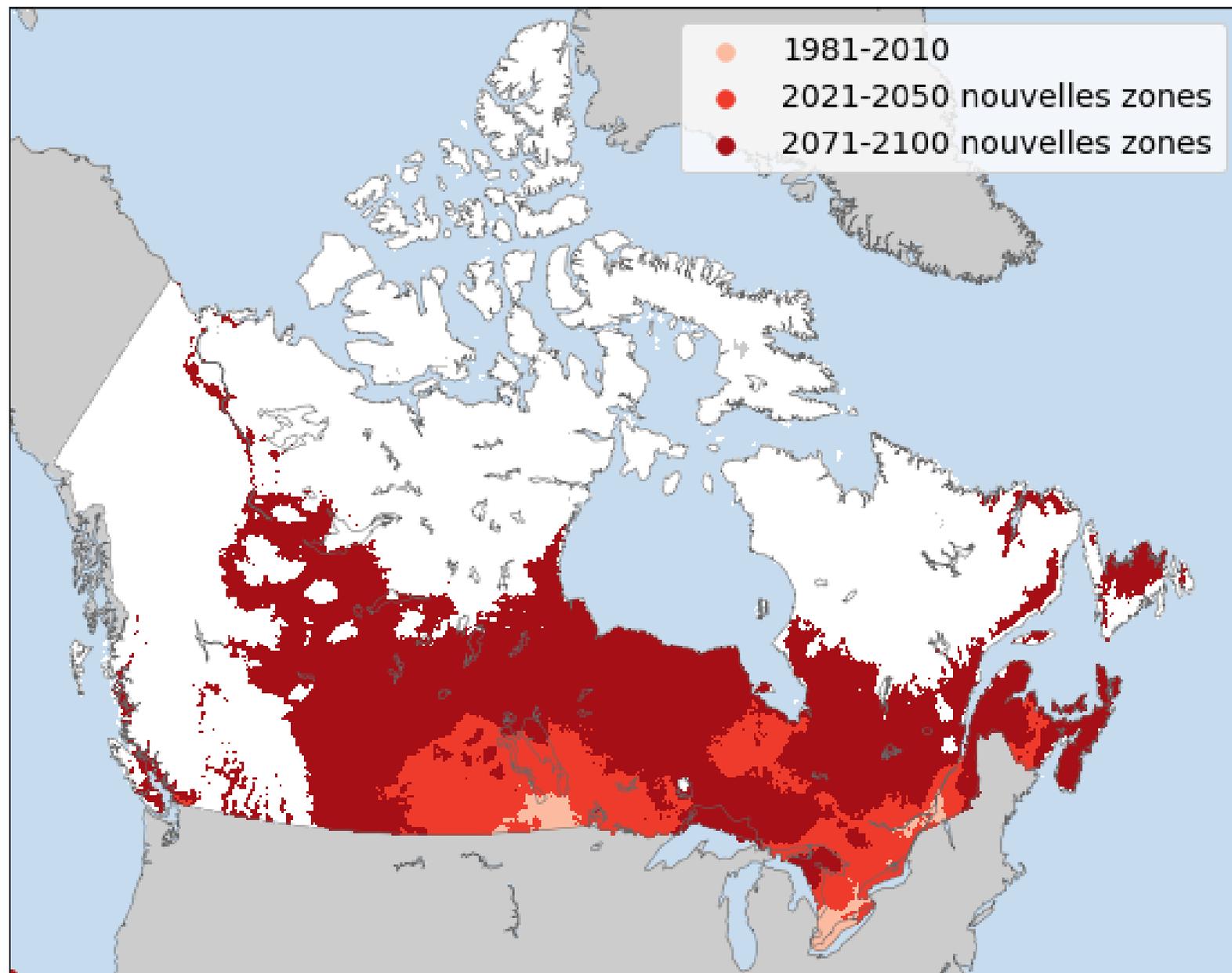
Lower (10th Percentile)



HXmax30 (days)

Zones présentant au moins un **jour d'extrême prudence par an (HX > 40)** au cours des périodes historiques et futures.

Scénario d'émissions élevées (SSP 585)





Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

Canada

Avez-vous des questions ?

Contactez-nous:



ccsc-cccs@ec.gc.ca



1-833-517-0376



FR: canada.ca/services-climatiques

EN: canada.ca/climate-services