



Environment and  
Climate Change Canada

Environnement et  
Changement climatique Canada

Canada

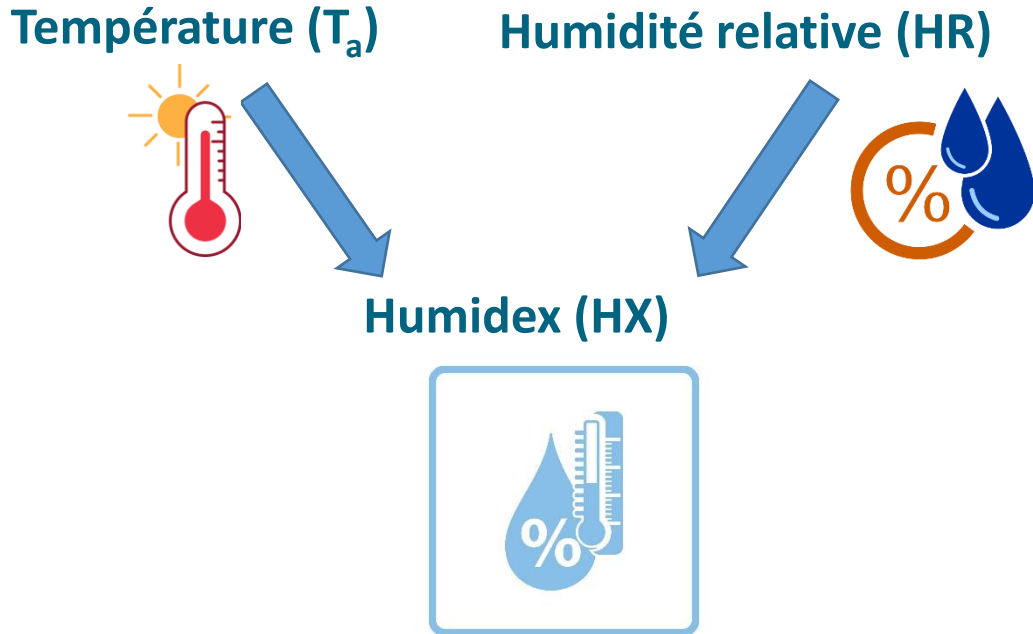
# Projections climatiques de l'humidex

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

Novembre 2022

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

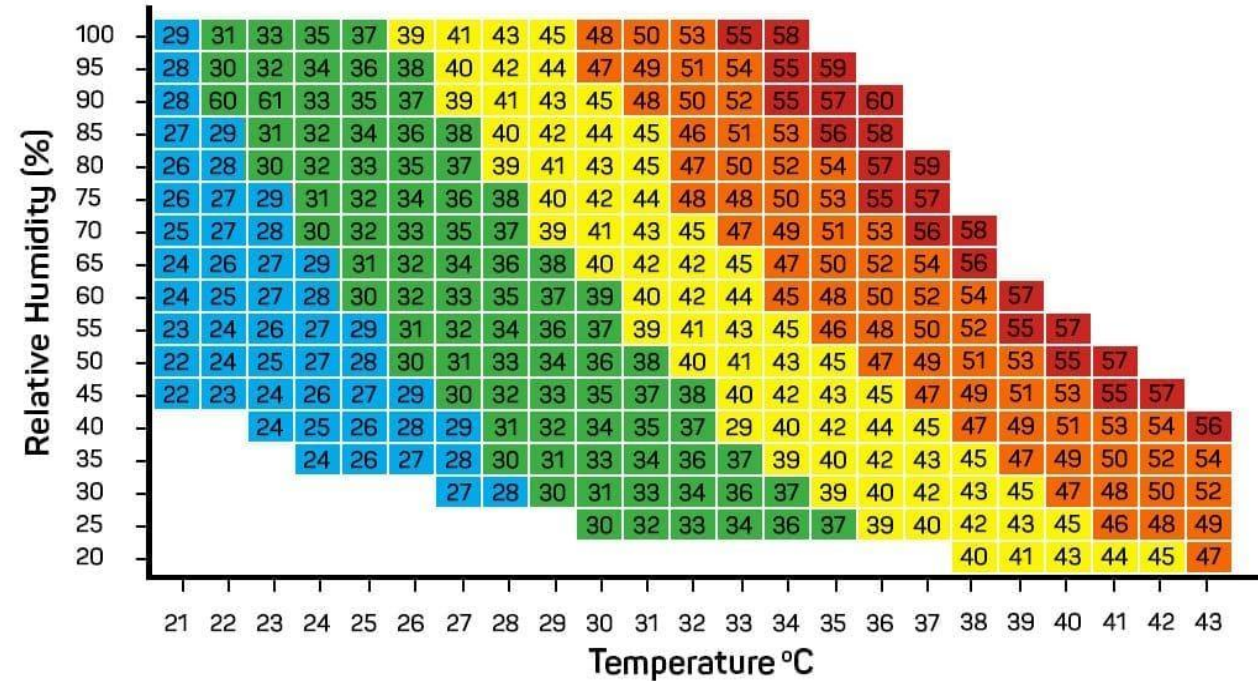
L'humidex (HX) décrit la sensation de chaleur du temps pour une personne, en prenant en compte l'effet de la chaleur et de l'humidité.



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

$$\rho = 6,112 \times 10^{7,5 \times T_a / (237,7 + T_a)} \times RH / 100$$

HUMIDEX FROM TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY READINGS



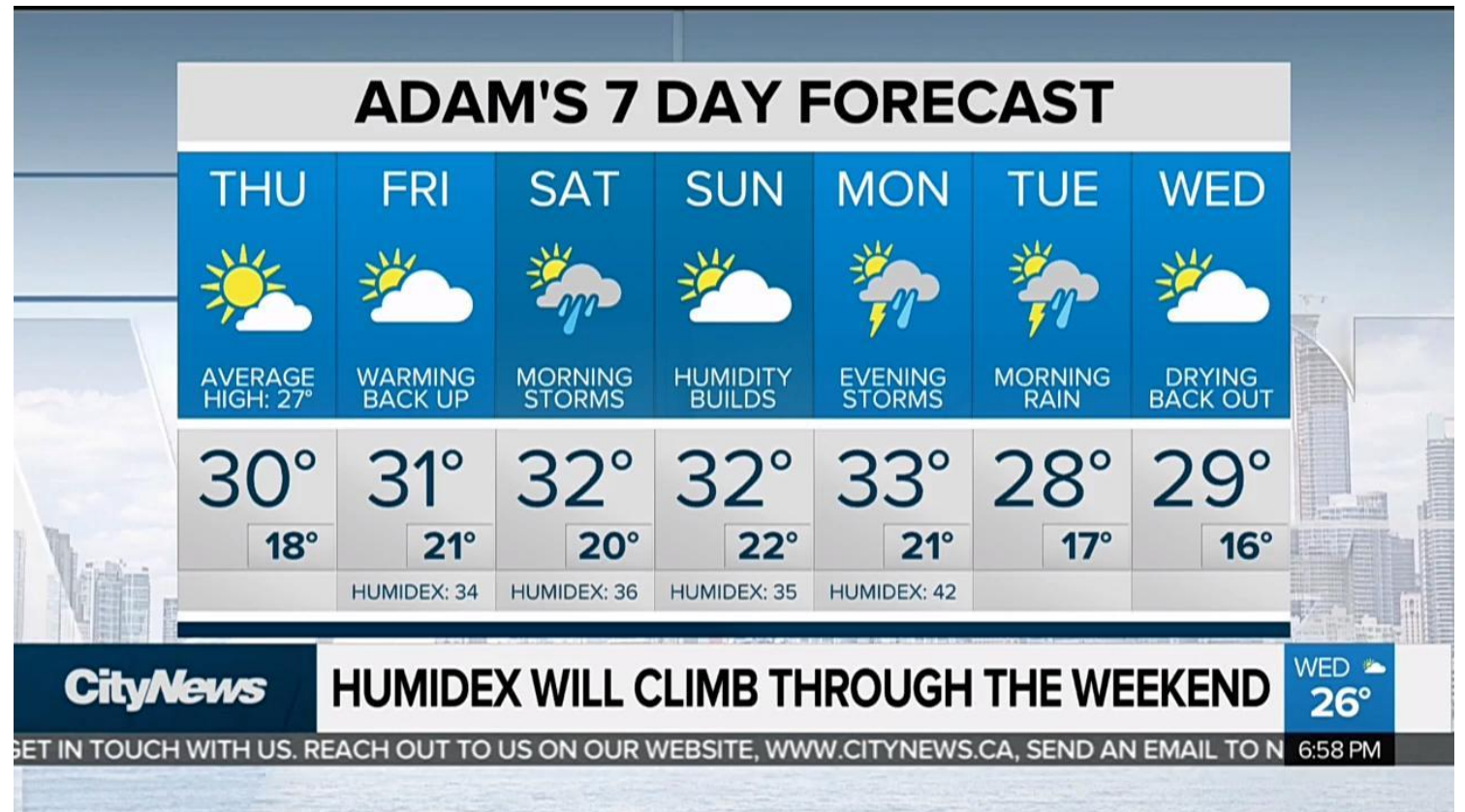
LEGEND	HUMIDEX RANGE	DEGREE OF COMFORT
	LESS THAN 29	No discomfort
	30-39	Some Discomfort
	40-45	Great discomfort avoid exertion
	ABOVE 45	Dangerous
	ABOVE 54	Heat Stroke imminent

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](https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html)



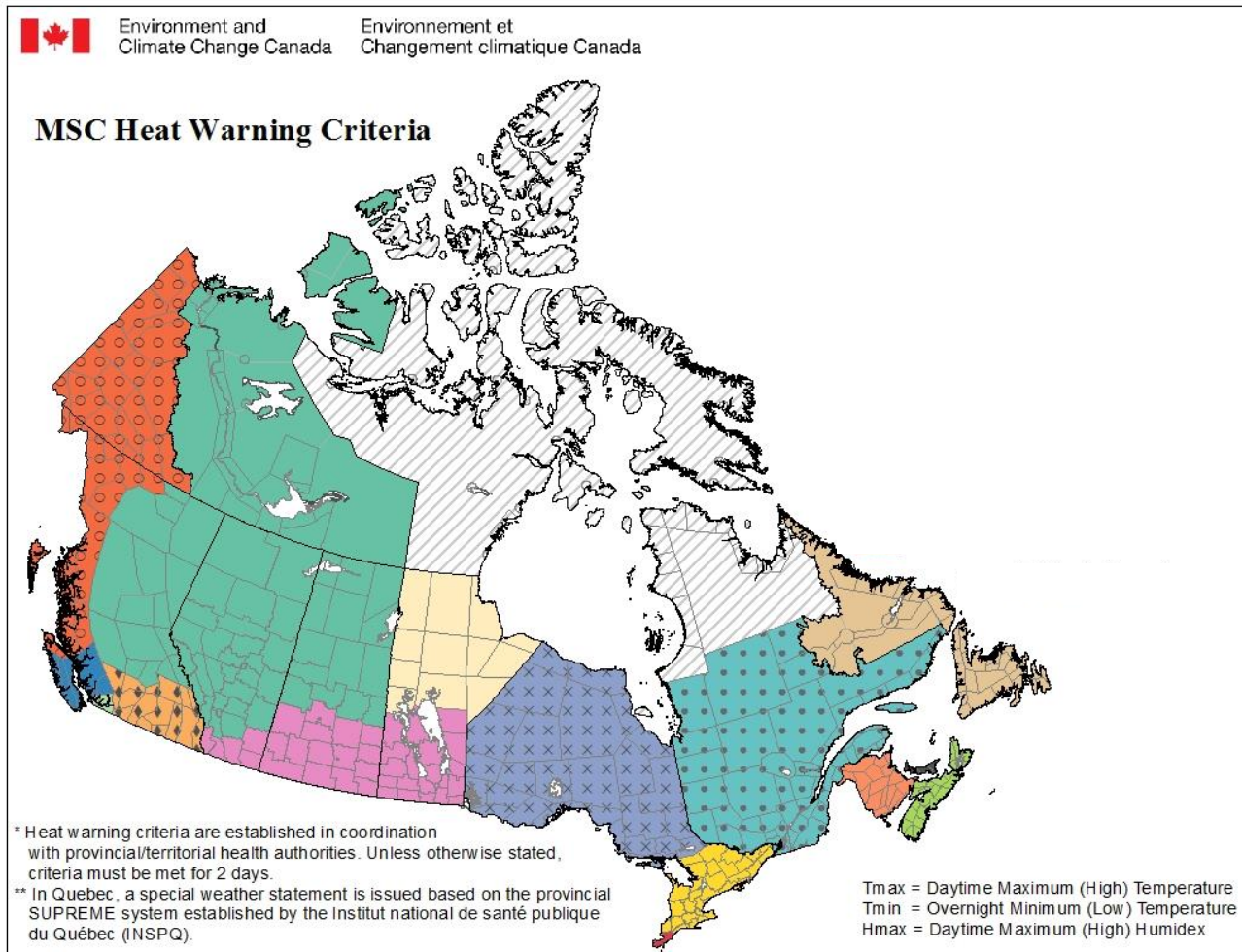
# Qu'est-ce que l'humidex et comment l'utilise-t-on?

- Calculé comme une valeur horaire et inclus dans la prévision




# Qu'est-ce que l'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



## Criteria\*:

-  (T<sub>max</sub> ≥ 26°C and T<sub>min</sub> ≥ 15°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 34
-  (T<sub>max</sub> ≥ 29°C and T<sub>min</sub> ≥ 16°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 36
-  (T<sub>max</sub> ≥ 27°C and T<sub>min</sub> ≥ 18°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 35
-  (T<sub>max</sub> ≥ 30°C and T<sub>min</sub> ≥ 18°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 36
-  (T<sub>max</sub> ≥ 30°C and H<sub>max</sub> ≥ 40 OR T<sub>max</sub> ≥ 40°C) for at least 1 hour
-  (T<sub>max</sub> ≥ 31°C and T<sub>min</sub> ≥ 21°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 42
-  (T<sub>max</sub> ≥ 31°C and T<sub>min</sub> ≥ 20°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 40
-  (T<sub>max</sub> ≥ 29°C and T<sub>min</sub> ≥ 18°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 36
-  T<sub>max</sub> ≥ 32°C and T<sub>min</sub> ≥ 16°C (OR H<sub>max</sub> ≥ 38 in SK & MB)
-  (T<sub>max</sub> ≥ 29°C and T<sub>min</sub> ≥ 16°C) OR H<sub>max</sub> ≥ 34
-  T<sub>max</sub> ≥ 29°C and T<sub>min</sub> ≥ 14°C (OR H<sub>max</sub> ≥ 34 in SK only)
-  T<sub>max</sub> ≥ 35°C and T<sub>min</sub> ≥ 18°C
-  T<sub>max</sub> ≥ 33°C and T<sub>min</sub> ≥ 17°C
-  T<sub>max</sub> ≥ 29°C and T<sub>min</sub> ≥ 16°C
-  T<sub>max</sub> ≥ 28°C and T<sub>min</sub> ≥ 13°C

 Heat Warning Program in development



# Qu'est-ce que l'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](#)
  - [Sun Safety at Work Canada](#)
  - [Centres de santé des travailleurs\(es\) de l'Ontario Inc.](#)
  - [Bureau de santé de l'est de l'Ontario](#)
  - [Work Safe Saskatchewan](#)
  - [Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec](#)
  - [Ministère de la Santé de la Nouvelle-Écosse](#)

Humidex 1 – Moderate physical work, unacclimatized worker, OR Heavy physical work, acclimatized worker	Response	Humidex 2 – Moderate physical work, acclimatized worker, OR Light physical work, unacclimatized worker
25 - 29	• supply water to workers on an "as needed" basis	32 - 35
30 - 33	• post Heat Stress Alert notice • encourage workers to drink extra water • start recording hourly temperature and relative humidity	36 - 39
34 - 37	• post Heat Stress Warning notice • notify workers that they need to drink extra water • ensure workers are trained to recognize symptoms	40 - 42
38 - 39	• work with 15 minutes relief per hour can continue • provide adequate cool (10 - 15°C) water • at least 1 cup (240 mL) of water every 20 minutes • workers with symptoms should seek medical attention	43 - 44
40 - 41	• work with 30 minutes relief per hour can continue in addition to the provisions listed previously	45 - 46*
42 - 44	• if feasible, work with 45 minutes relief per hour can continue in addition to the provisions listed above	47 - 49
45 or over	• only medically supervised work can continue	50* and over

# Objectifs

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

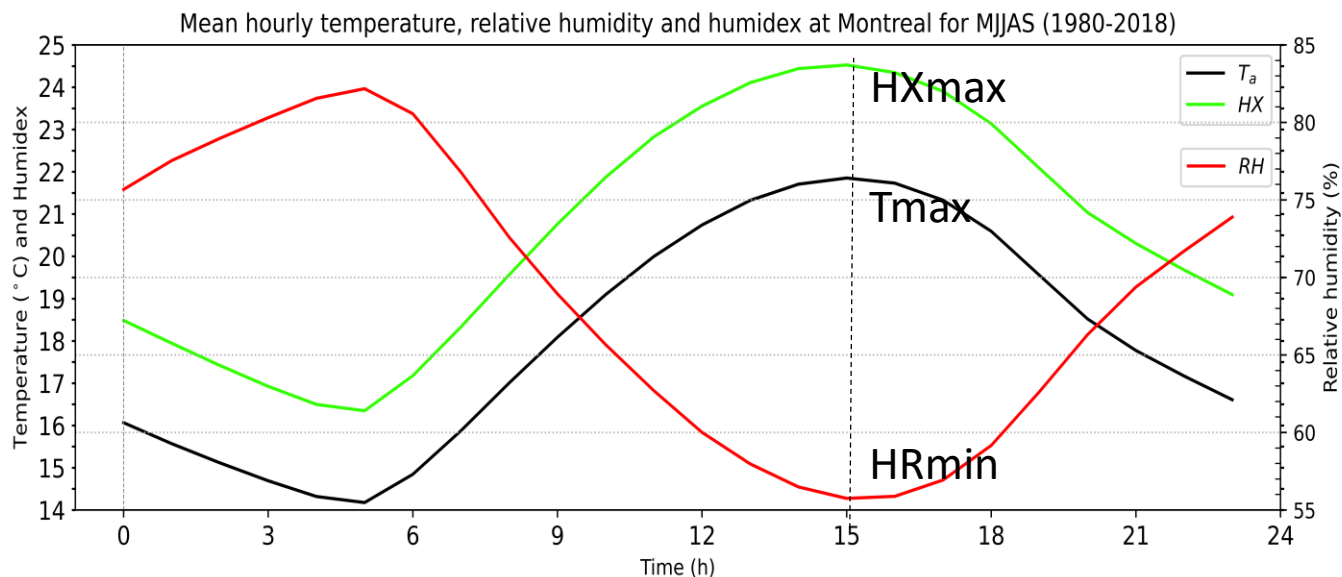
## Enjeux :

- 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

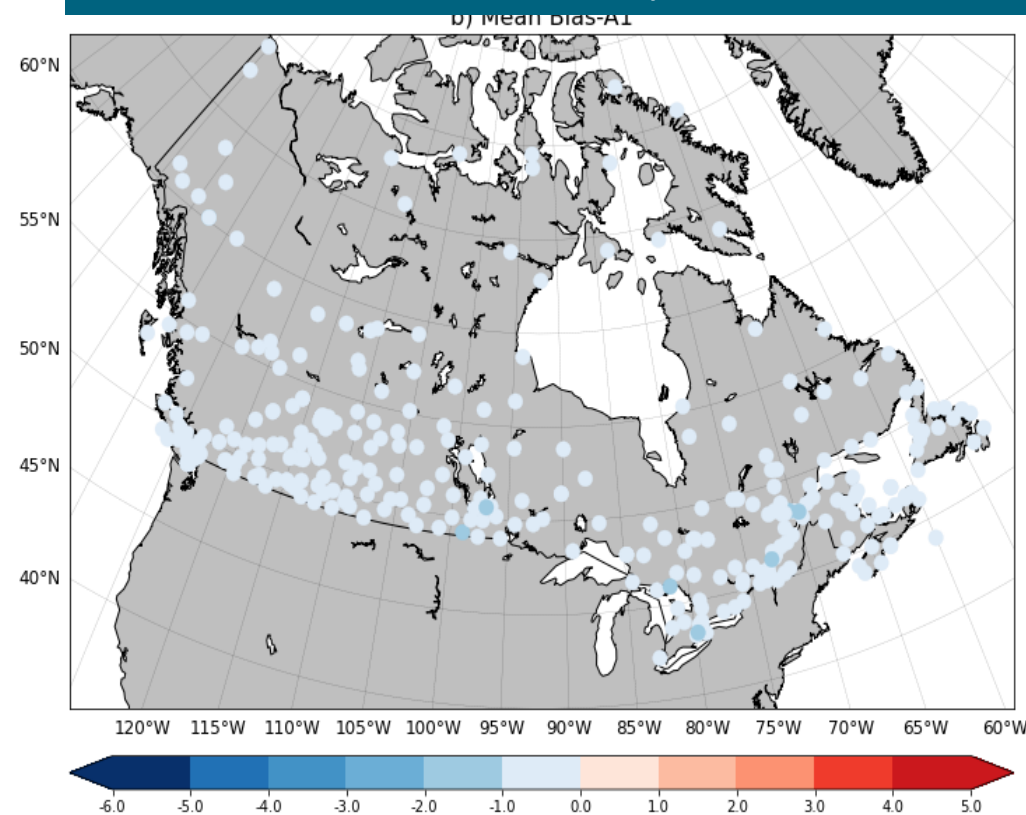
1. Trouver une méthode pour estimer les indices humidex à partir de la température et de l'humidité quotidiennes.
2. Trouver un ensemble de données historiques maillées à haute résolution à utiliser comme cible pour la correction des biais.
3. Déterminer la méthodologie de correction des biais la plus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

# Étape 1 : Approximation de l'HXmax quotidien



- Approximer le HXmax quotidien en utilisant la Tmax quotidienne et l'HRmin quotidienne.
- Évaluer l'approximation par rapport aux indices horaires :
  - **HXmax quotidien**  $HX > 30$ ,  $HX > 35$ ,  $HX > 35$
  - Paramètres utilisés : **biais moyen**, coefficient de corrélation, score de compétence de Perkins

Mai à septembre (1980 à 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., et 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 : Déterminer l'ensemble de données maillées cible

Ensemble de données	Description	Variables horaires	Résolution spatiale, type de grille	Période
ERA5-Land/ECMWF (Muñoz-Sabater <i>et al.</i> 2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nouvelle analyse de la surface terrestre axée sur <b>ERA5</b></li> <li>ERA5 assimile la température de l'air en surface et la température du point de rosée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>température de l'air à la surface</li> <li>température du point de rosée</li> </ul>	9 km, grille gaussienne réduite octaédrique transformée en grille régulière LAT-LON	1950 à 2018
Système régional canadien de prévisions déterministes (RDRSv2) / ECCC (Gasset <i>et al.</i> 2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nouvelle prévision historique axée sur <b>ERA-provisoire</b></li> <li>Assimilation directe de la température de l'air en surface et de la température du point de rosée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>température de l'air à la surface</li> <li>température du point de rosée</li> <li>humidité relative</li> </ul>	~10 km, grille pivotée transformée en grille régulière LAT-LON	1980 à 2018

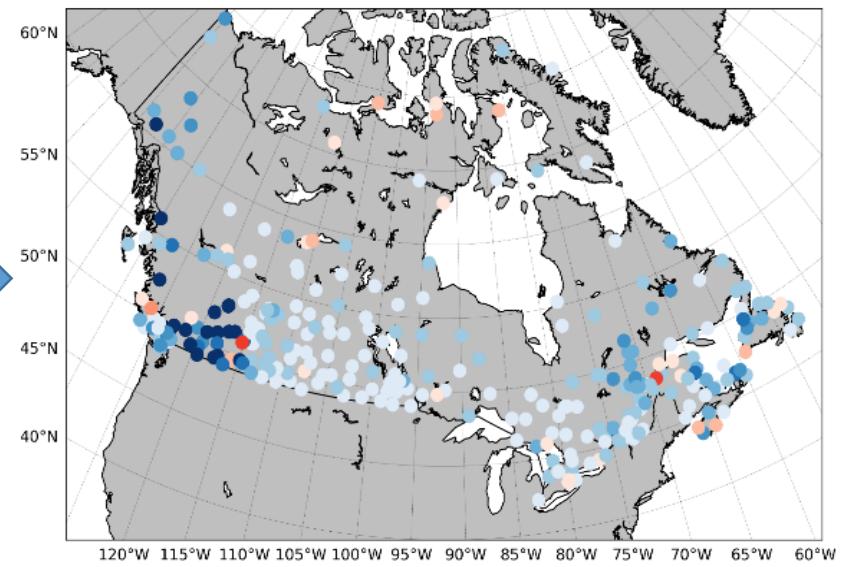
## Évaluation :

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

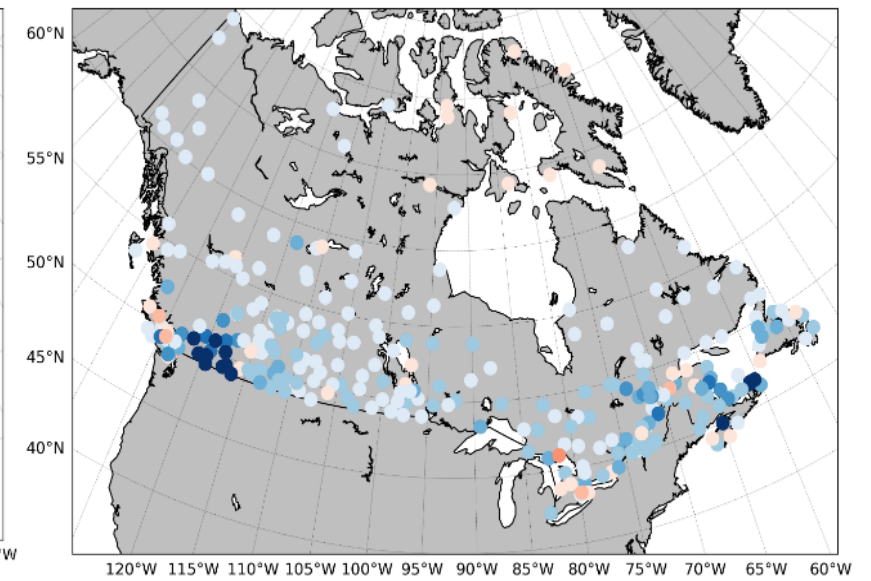
# Évaluation de la nouvelle analyse par rapport aux observations, 1980 à 2018

ERA5-Land

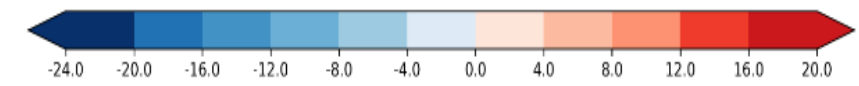
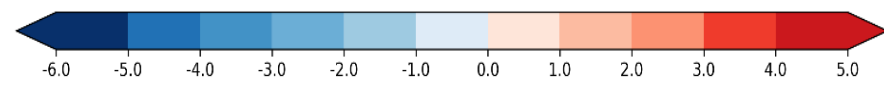
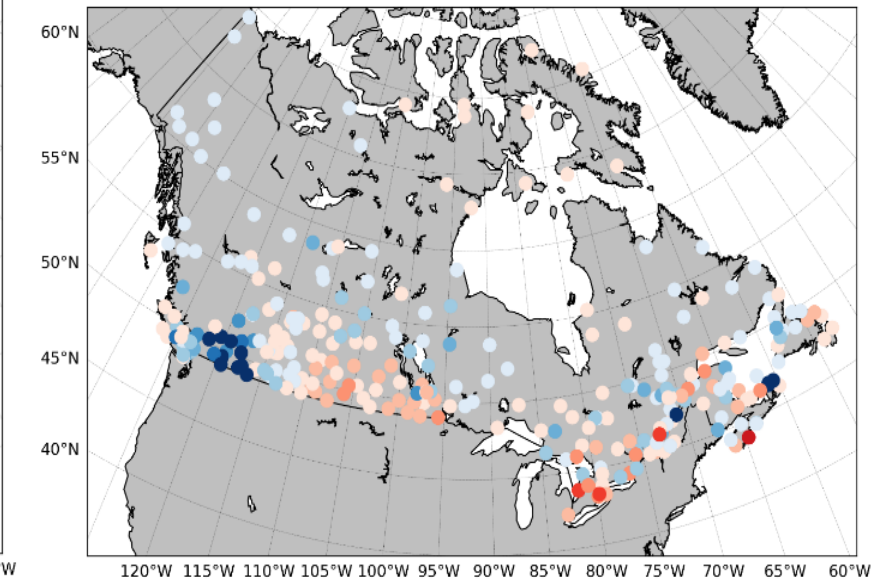
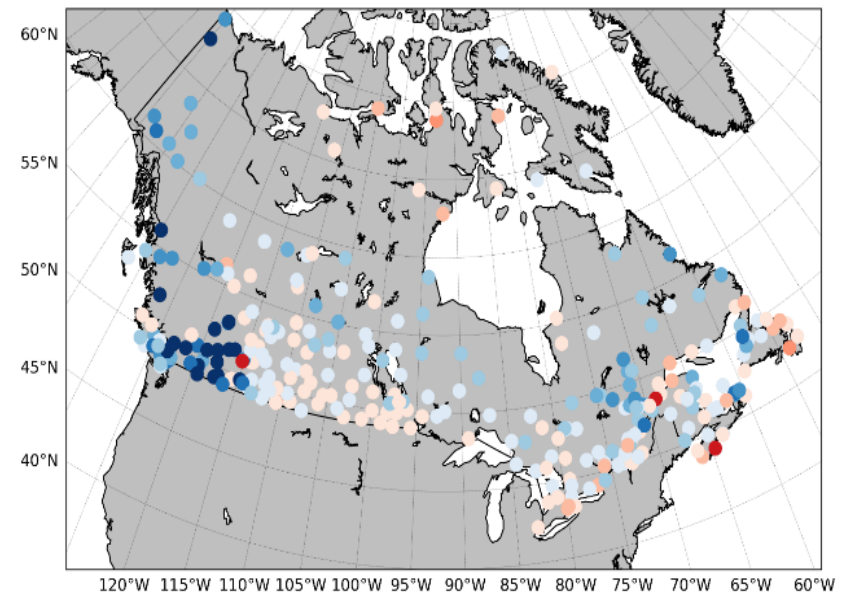
### Biais moyen quotidien de l'HXmax



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



RDRSv2



# Étape 3 : Méthode choisie de correction des biais

- Cinq techniques de correction des biais ont été testées :
  - **Trois méthodes de cartographie quantile**
  - **BCCAQv2**
  - **MBCn**
- **Paramètres** : biais moyen, coefficient de corrélation
- **Variables** : Tmax, HRmin, Hxmax quotidiens, HX > 30, HX > 35, HX > 40
- Les modèles climatiques mondiaux (MCM) à échelle réduite utilisant une période historique correspondante du modèle climatique régional (MCR) comme cible.
  - Les résultats ont été comparés aux données du MCR dans la future période.
  - 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 nouvelles analyses (ERA5-Land et RDRSv2)
  - Les résultats ont été comparés avec ceux des stations.



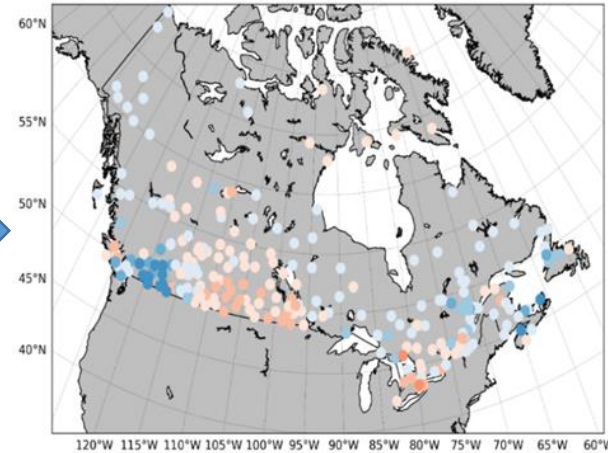
# HX > 30 (jours d'inconfort) MCM avec biais corrigés par rapport aux observations des stations

## Évaluation sur la période de 1980 à 2018

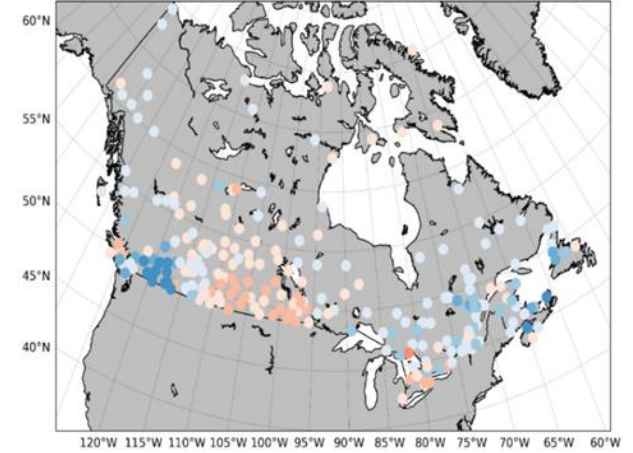
- Exécuter les méthodes de correction des biais sur les données historiques maillées.
- Les méthodes ont donné des résultats similaires, mais sont meilleures lorsque ERA5-Land est utilisé comme cible.

ERA5-Land

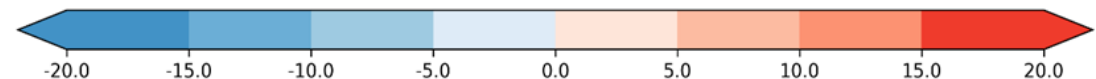
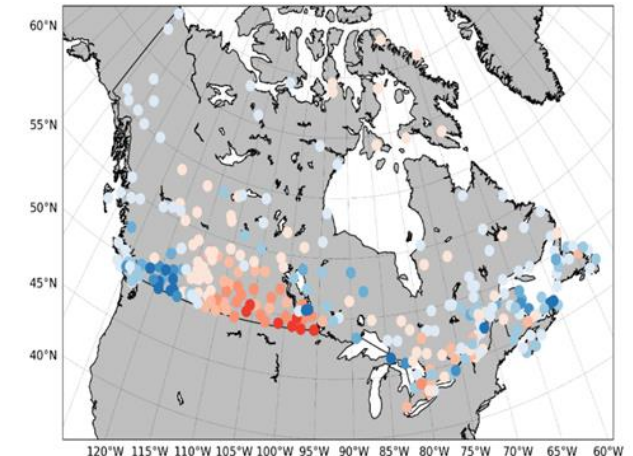
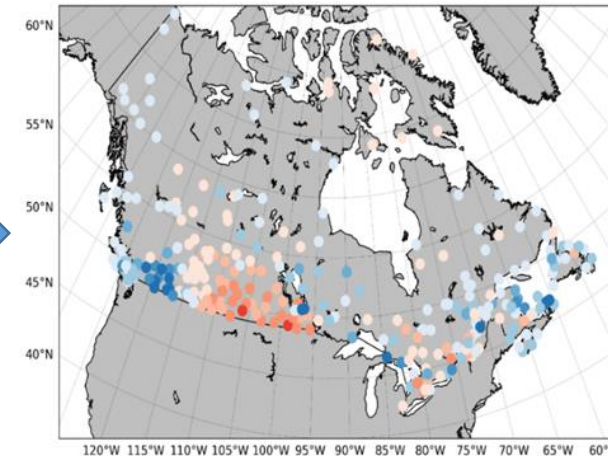
BCCAQv2



MBCn



RDRSv2



Différence dans le nombre de jours

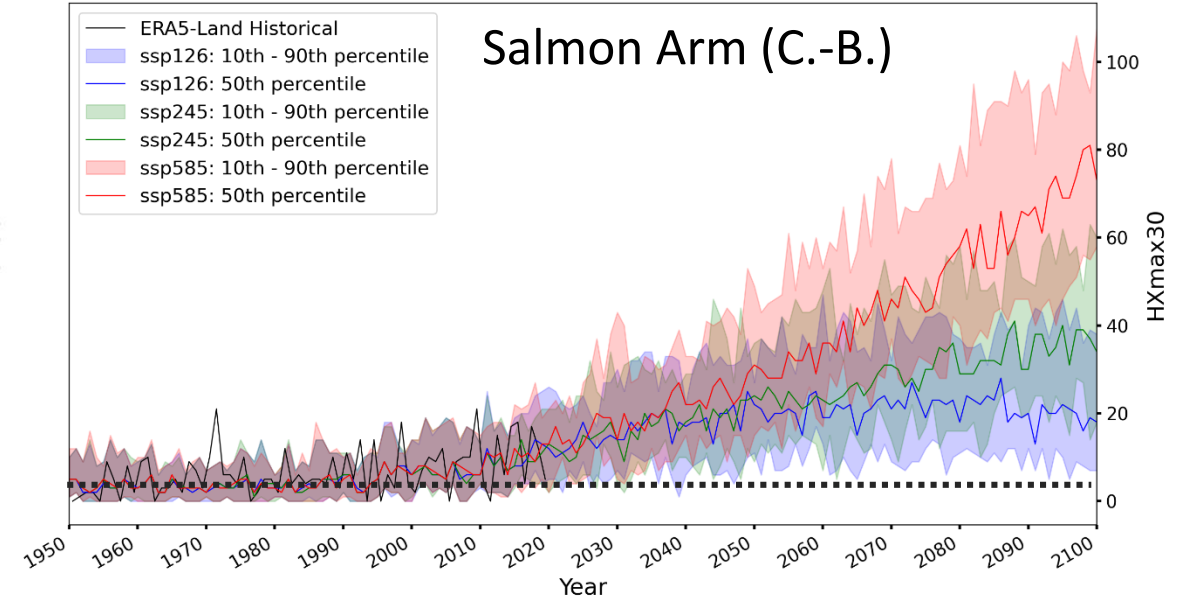
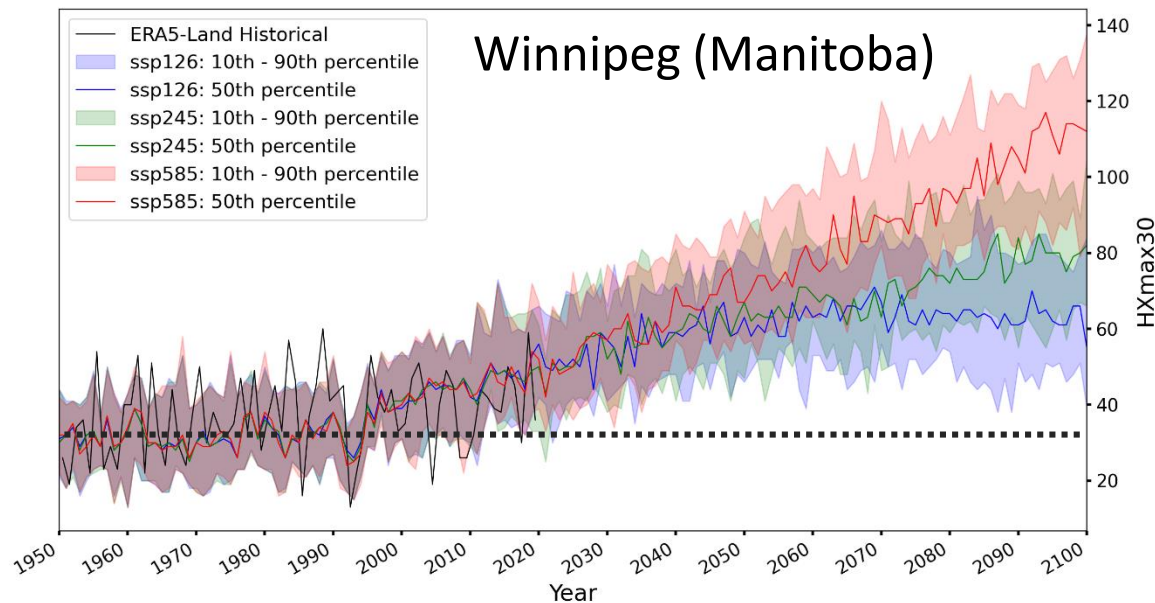
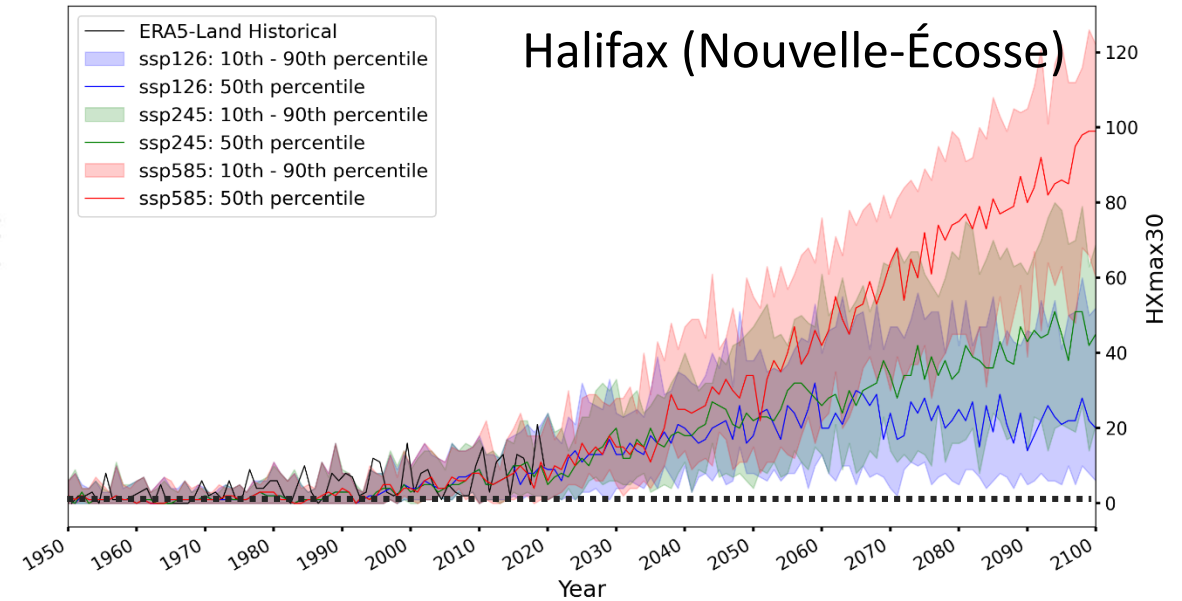
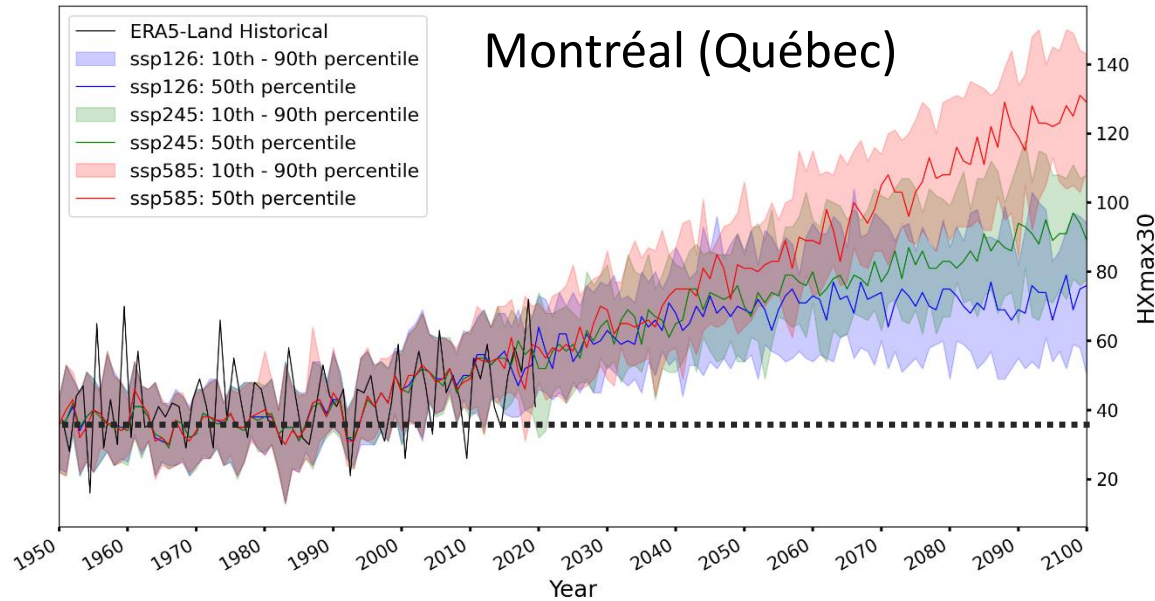
# Production : Détails de l'ensemble de données

- Télécharger les résultats de Tmax et d'HRmin de 19 modèles CMIP6
  - Période : 1950 à 2100
  - SSP126; SSP245 et SSP585
- Ensemble statistiquement réduit et dont le biais est corrigé
  - Méthode de la réduction d'échelle et de la correction de biais : **MBCn**
  - Ensemble de données cible : **ERA5-Land**
- Prétraitement du résultat :
  - 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 d'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

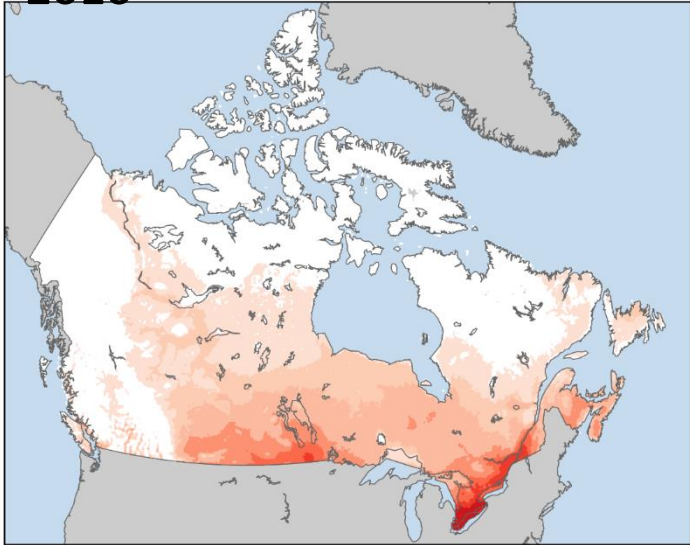
# Jours d'inconfort annuels (HX > 30), 1950 à 2100



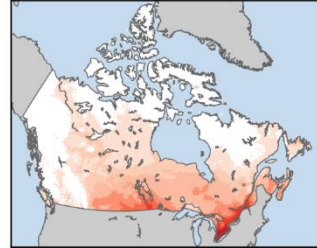


# Jours d'inconfort annuels (HX > 30)

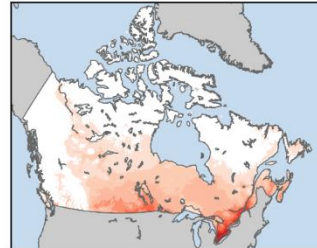
Ensemble historique, 1981 à 2010  
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



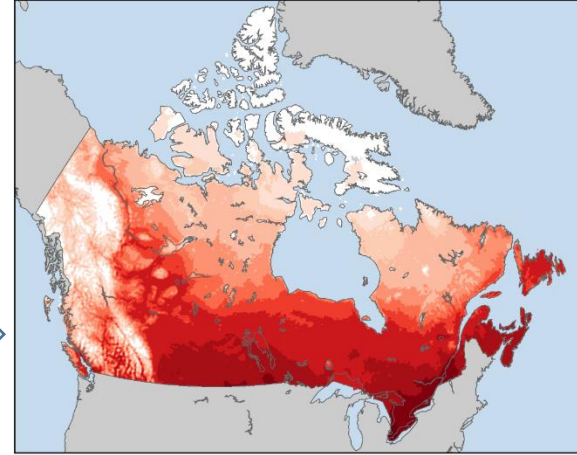
Lower (10th Percentile)



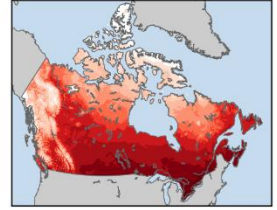
Émissions élevées

ssp585 Ensemble, 2071-2100

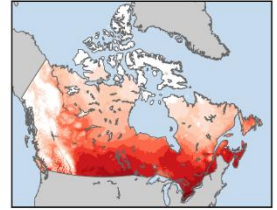
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



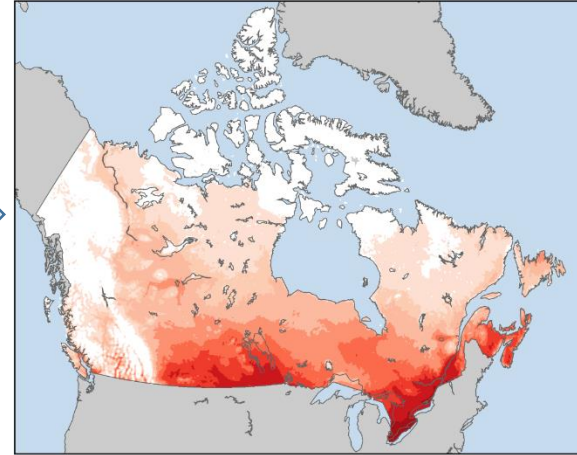
Lower (10th Percentile)



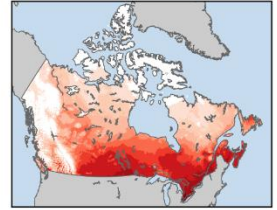
Faibles émissions

ssp126 Ensemble, 2071-2100

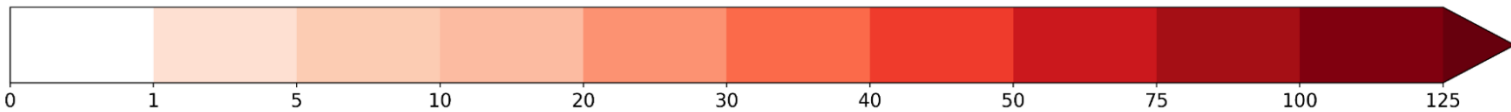
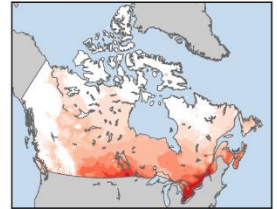
Median (50th Percentile)



Upper (90th Percentile)



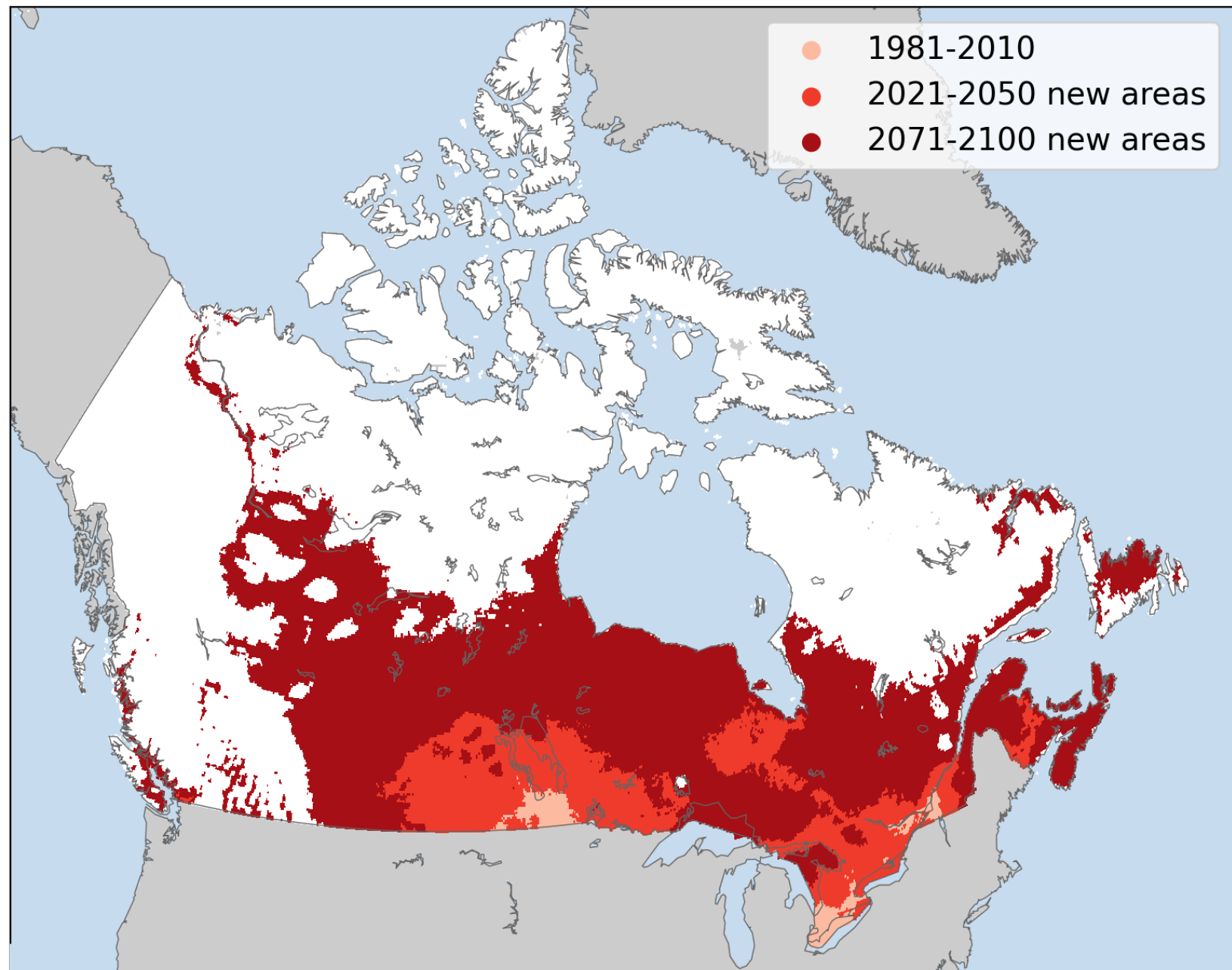
Lower (10th Percentile)



HXmax30 (days)

Zones comprenant au moins un **jour d'extrême prudence par année** (HX > 40) pendant les 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?**