

# Tendances des vagues de chaleur en Amérique du Nord : une analyse selon leur sévérité

Élise Comeau et  
Alejandro Di Luca

29 janvier 2025



# Chaleur extrême : conséquences importantes sur notre société

LEDEVOIR

## Chaleur en vue sur le Québec

*(Crédit : Valois-Nadeau, 2024)*

LA  
PRESSE

## Une longue vague de chaleur continue de frapper le Québec

*(Crédit : Arcand, 2024)*

Cause 470 décès  
par été au Québec  
*(Boudreault et al., 2024)*

## Une vague de chaleur record frappe le Nunavik



RADIO-CANADA

*(Crédit : Lebel, 2024)*

# Chaleur extrême : conséquences importantes sur notre société

*Objectif de l'étude :*

*Dans le contexte de  
l'adaptation aux changements  
climatiques,*

*comment la sévérité d'une  
vague de chaleur influence sa  
tendance d'intensité?*

Pour la majorité de l'Amérique du Nord,  
la chaleur extrême est devenue ...

**plus intense, plus fréquente**

... durant le 20<sup>e</sup> siècle et le début du 21<sup>e</sup>  
siècle (*GIEC, 2021*)

Et pour toute l'Amérique du Nord,  
la chaleur extrême deviendra ...

**plus intense, plus fréquente**

... pour le reste du 21<sup>e</sup> siècle (*GIEC, 2021*)

Mais peu d'études sur l'effet de la  
sévérité sur ces tendances

***Dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques, comment la sévérité d'une vague de chaleur influence sa tendance d'intensité?***

Q1. Comment les vagues de chaleur sont-elles définies?

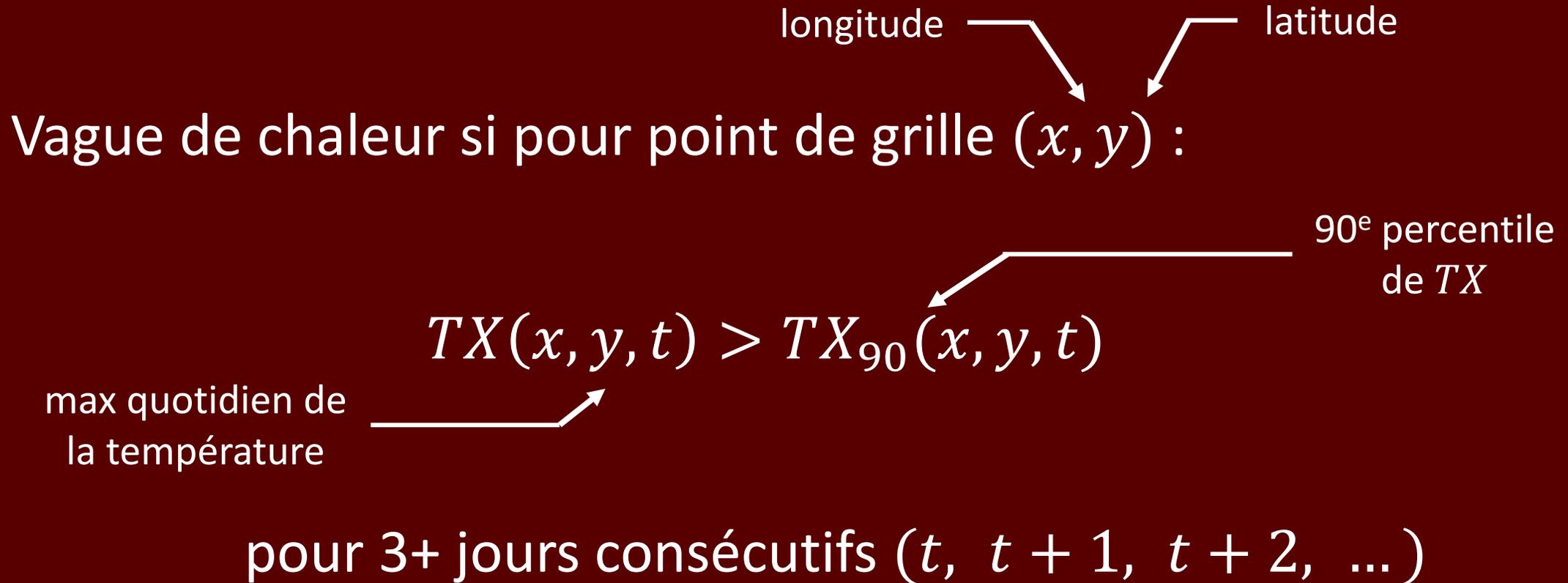
Q2. Comment peut-on définir l'intensité d'une vague de chaleur?

Q3. Comment peut-on définir la sévérité d'une vague de chaleur?

Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?

Et la saison?

# Q1. Comment les vagues de chaleur sont-elles définies?



*(Zhang et al., 2011; Russo et al., 2015; Perkins-Kirkpatrick et Lewis, 2020)*

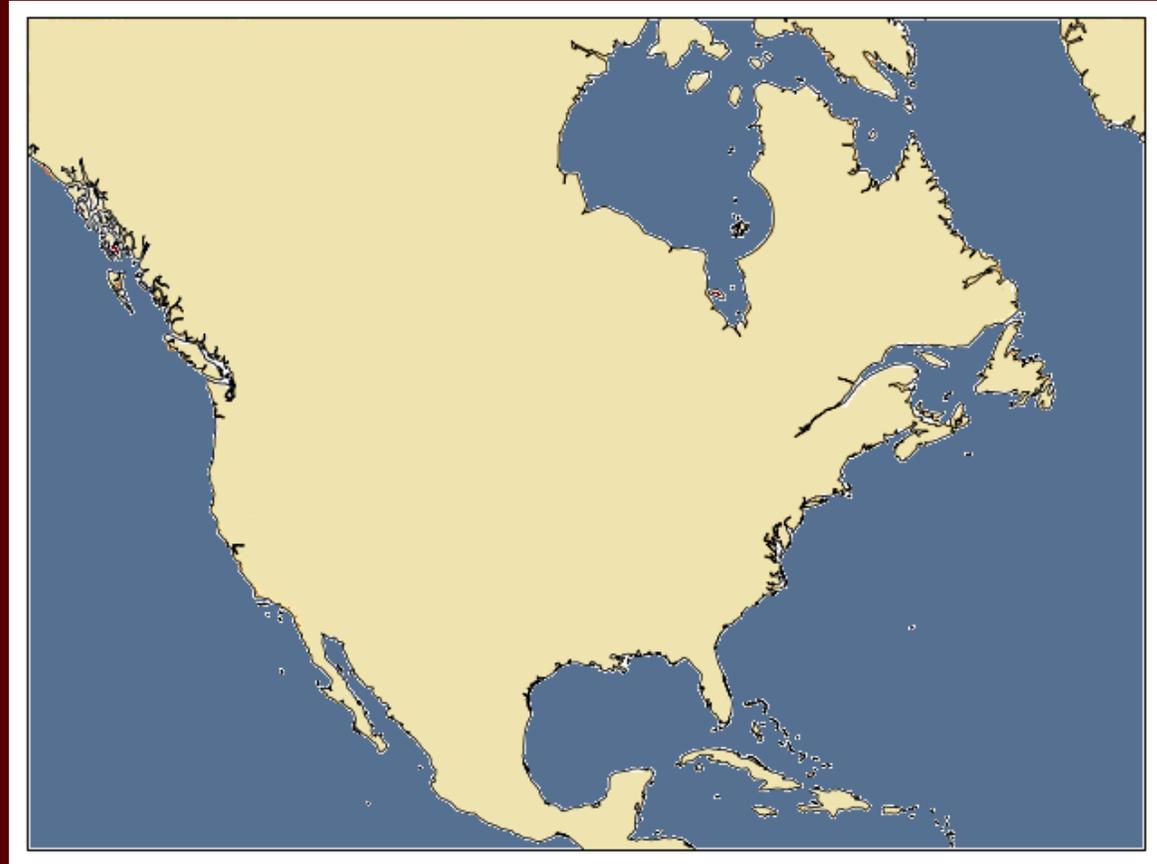
# Q1. Comment les vagues de chaleur sont-elles définies?

Source de *TX*

Réanalyses d'ERA5

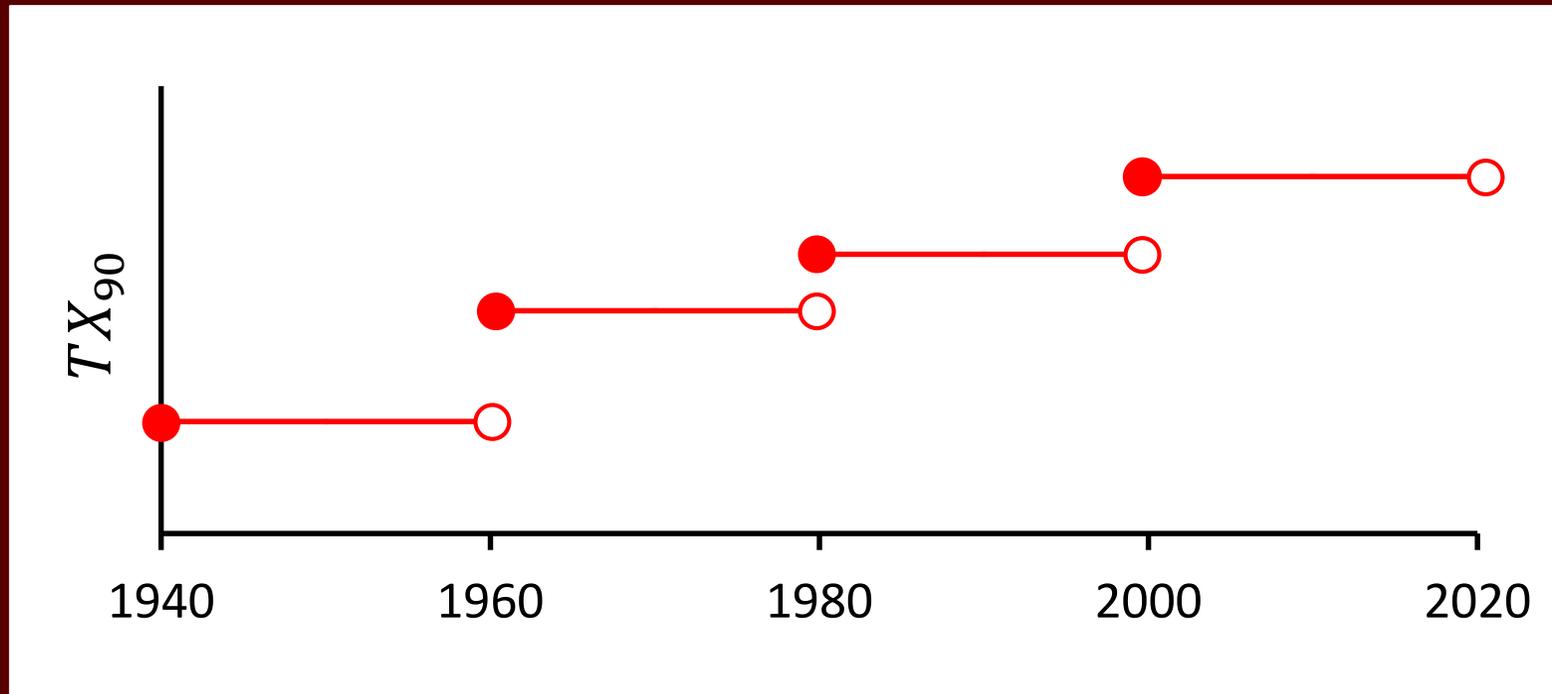
1940 à 2019

Continent seulement



*Étendue géographique de l'étude; les océans sont exclus*

# Q1. Comment les vagues de chaleur sont-elles définies?



Une valeur de  $TX_{90}$   
pour chaque ...

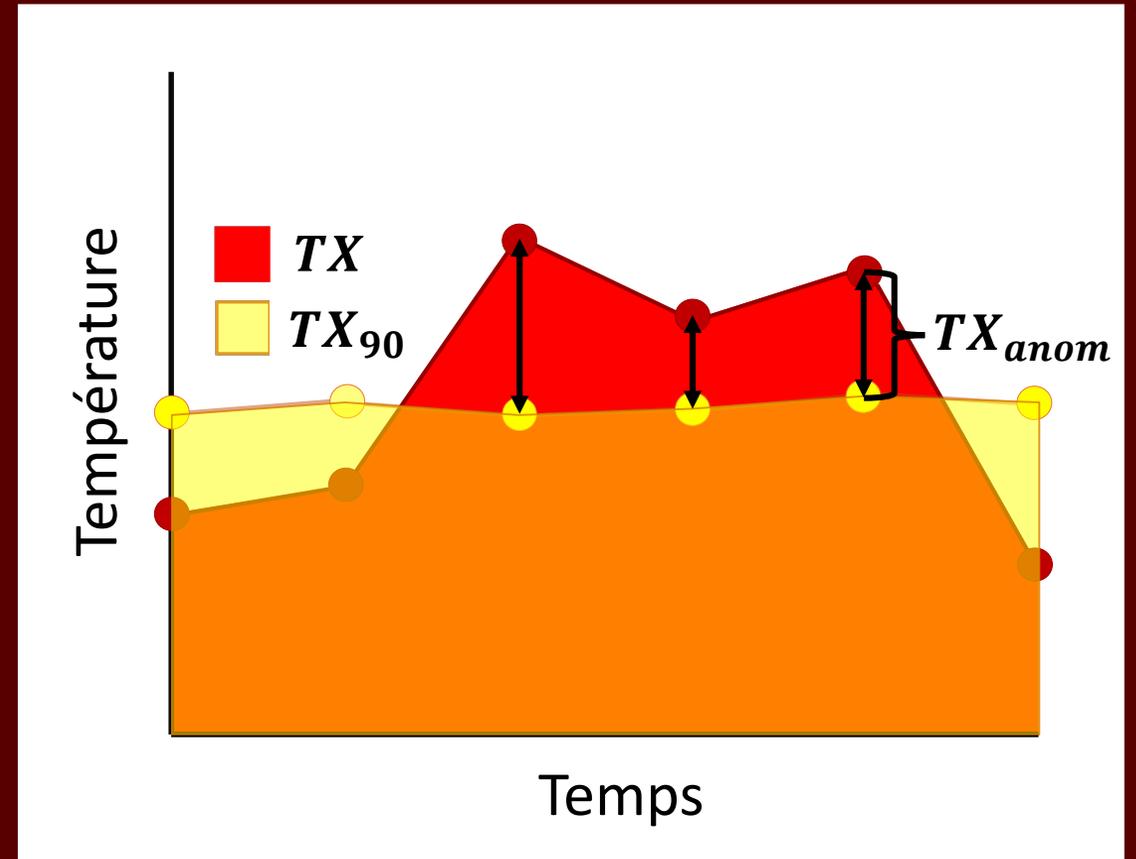
- ... point de grille
- ... période de 20 ans
- ... jour de l'année  
(fenêtre de 21 jours)

*Exemple fictif d'une série temporelle du 90<sup>e</sup> percentile de TX à Montréal pour tous les 29  
janviers entre 1940 et 2019*

## Q2. Comment peut-on définir l'intensité d'une vague de chaleur?

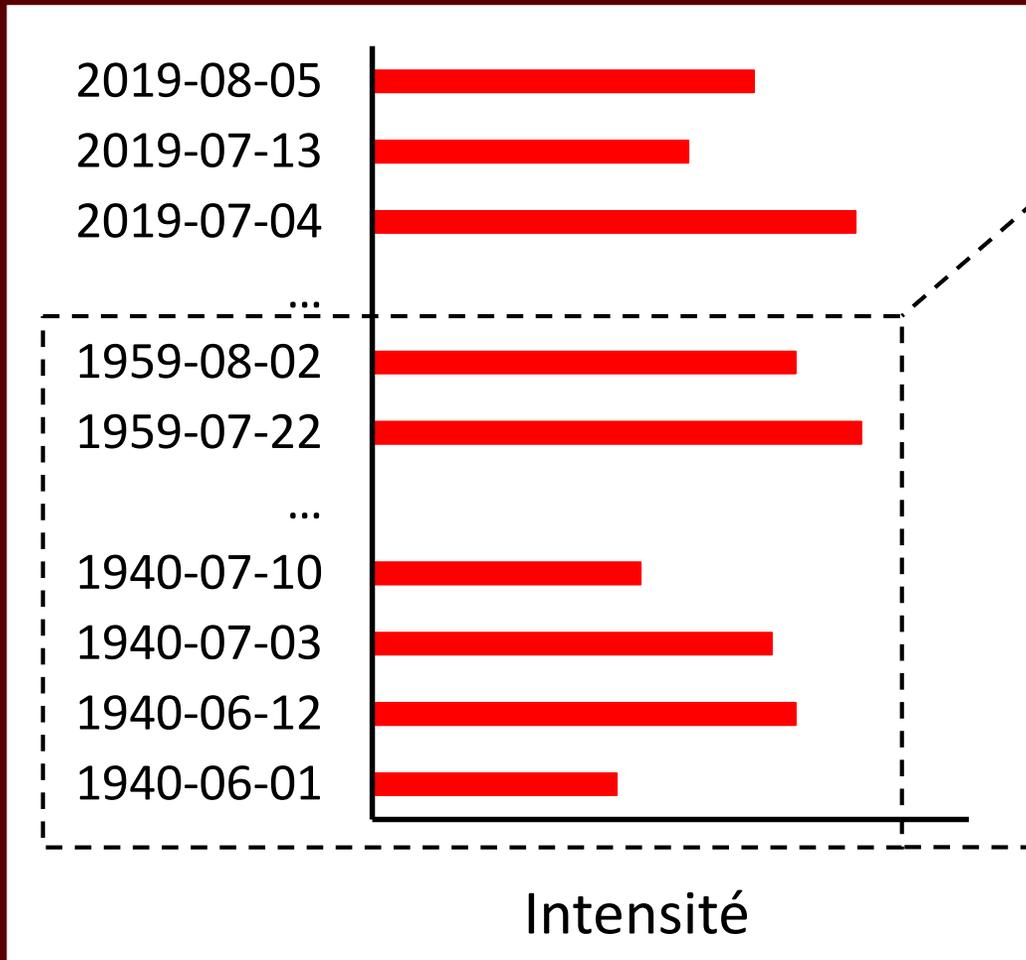
Intensité cumulative [°C] :

$$HW_{ci}(x, y, n) = \sum_{t_s}^{t_e} TX_{anom}(x, y, t)$$

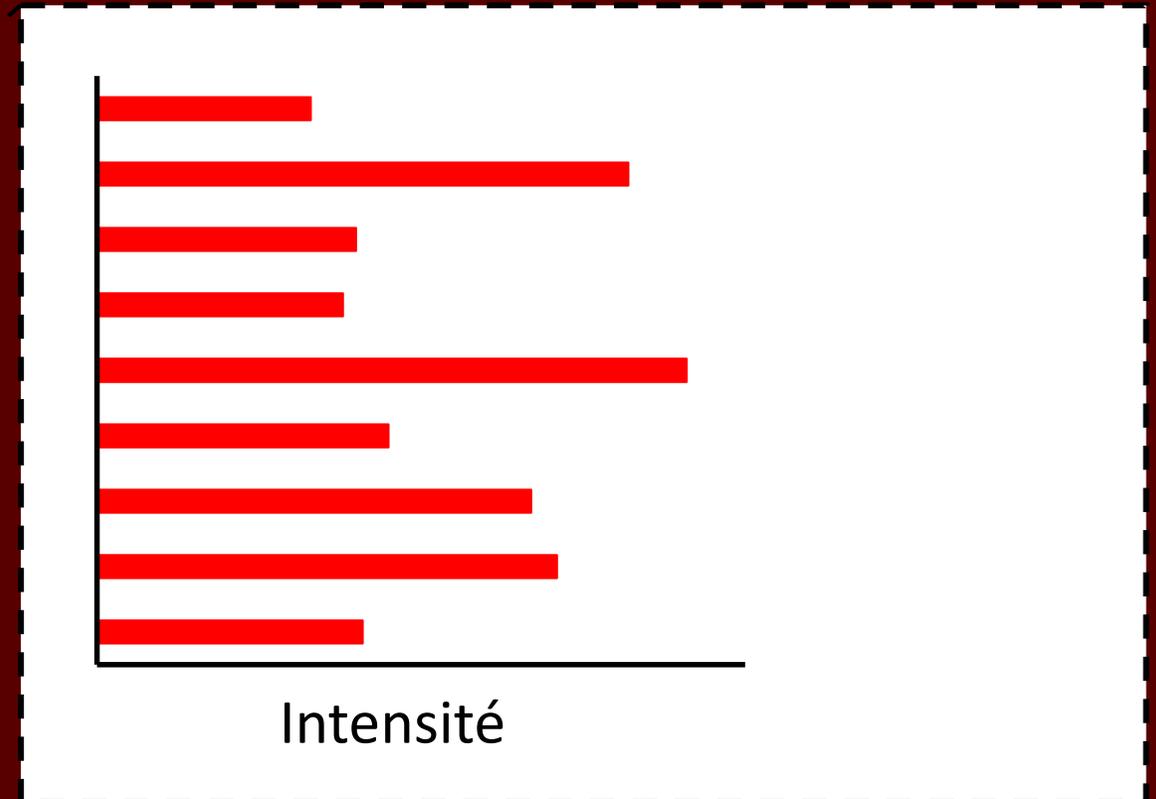


*Exemple fictif d'une série temporelle de températures extrêmes à Montréal pour 6 jours consécutifs*

# Q3. Comment peut-on définir la sévérité d'une vague de chaleur?

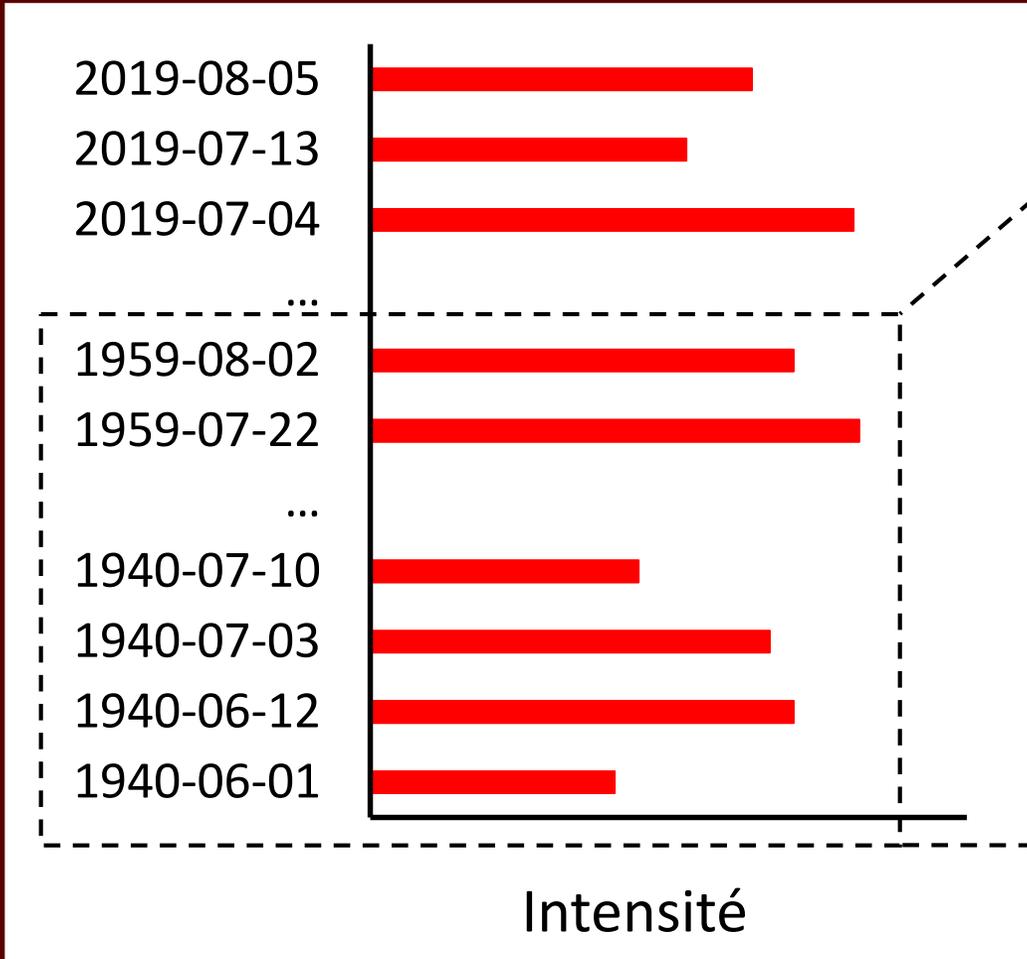


*Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 2019) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal*

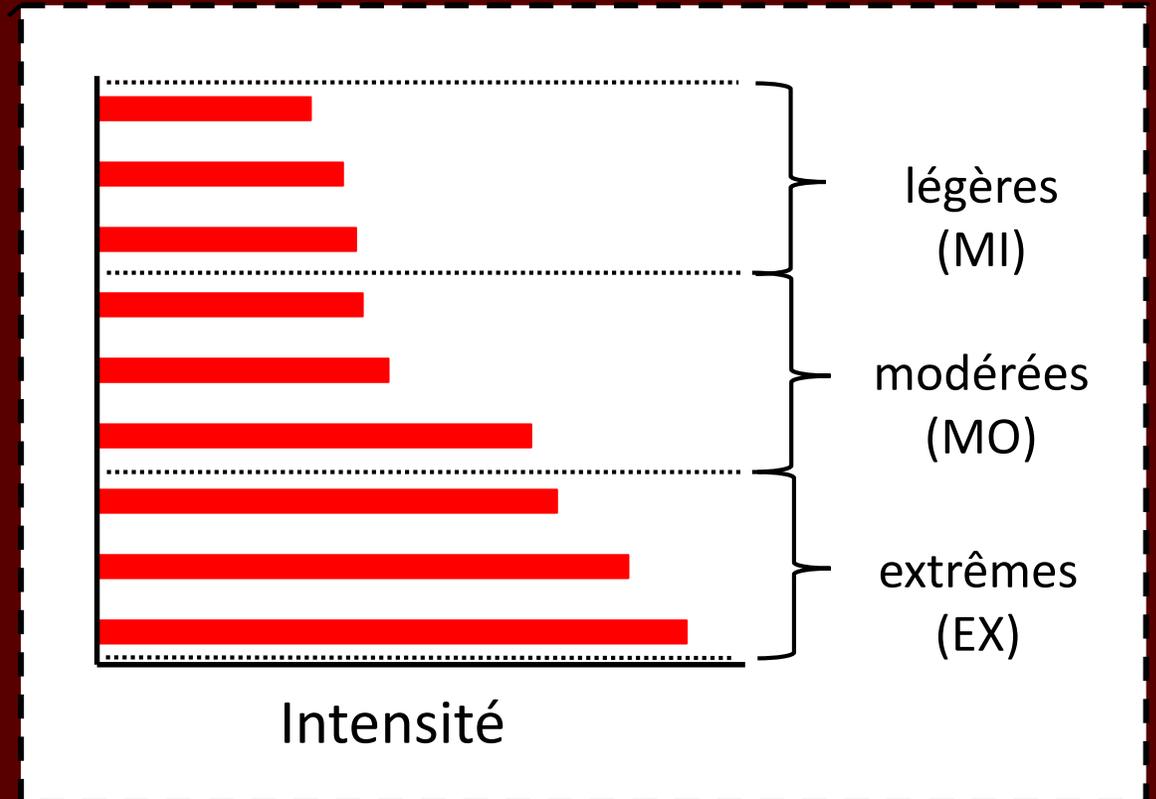


*Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 1959) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal*

# Q3. Comment peut-on définir la sévérité d'une vague de chaleur?



Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 2019) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal

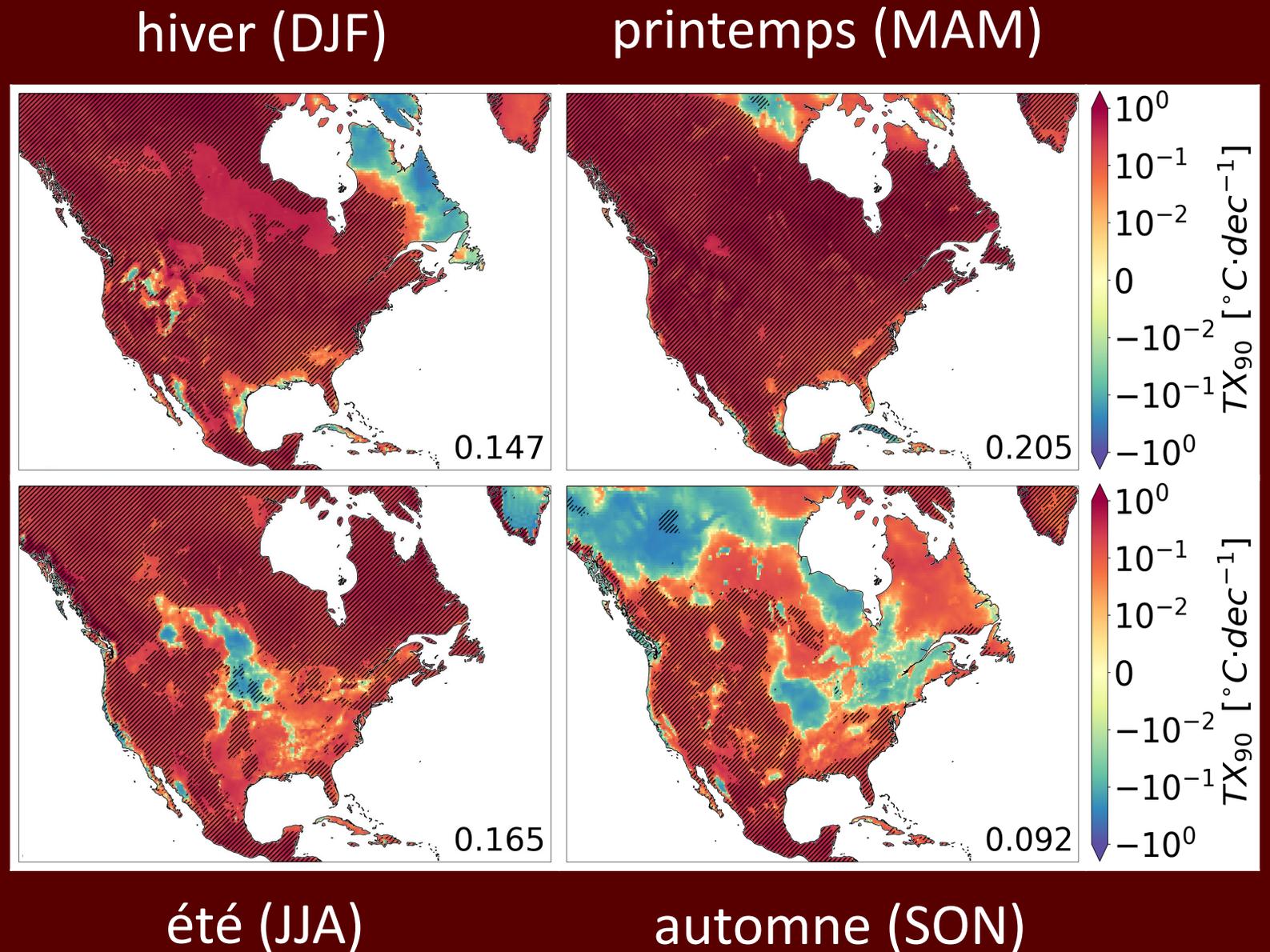


Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 1959) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?

*Pour toutes les saisons,  $TX_{90}$  augmente sur la majorité du continent*

*Tendance du seuil de température ( $TX_{90}$ ), 1940-2019; tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit*



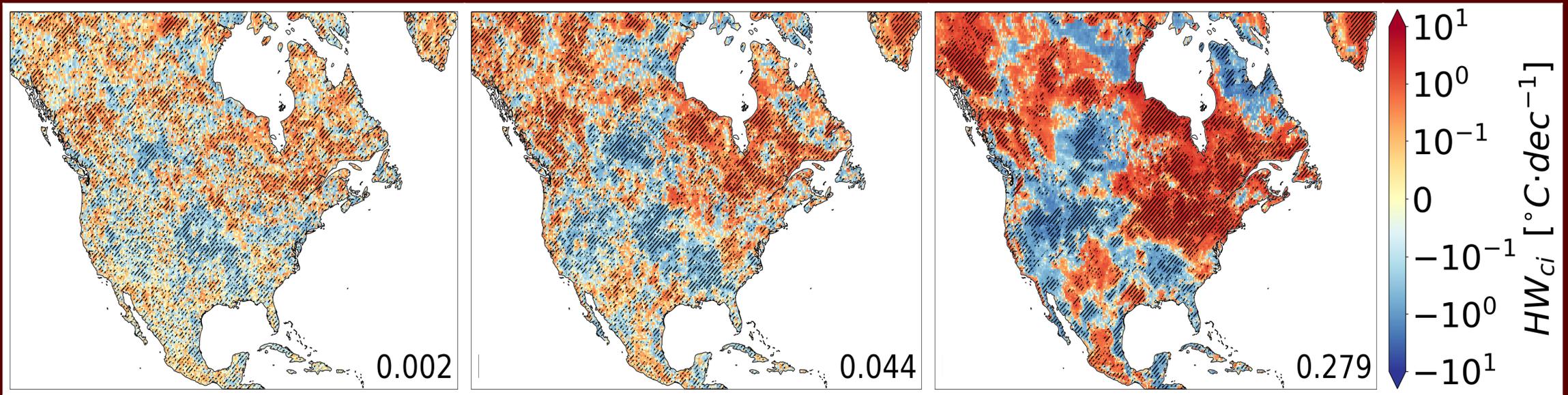
# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?

*Plus les vagues sont extrêmes, plus la répartition géographique est claire*

légères

modérées

extrêmes



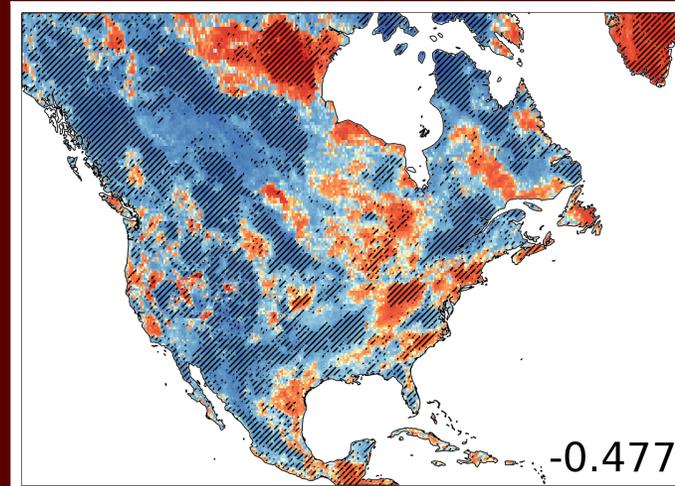
*Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit*

# Q4. Quelle est l'influence de la saison sur les tendances?

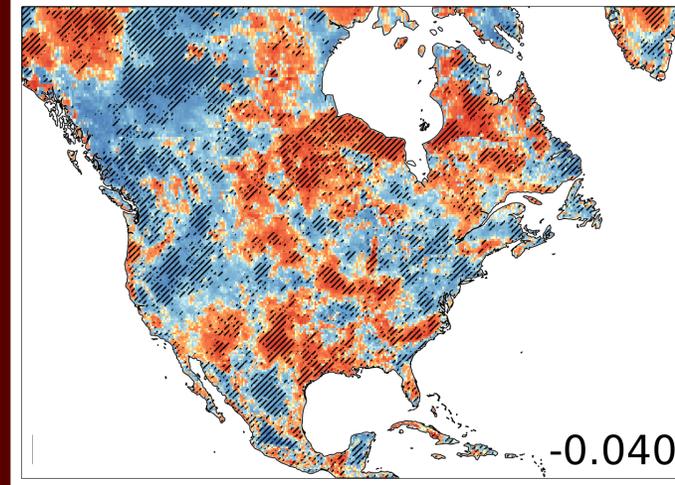
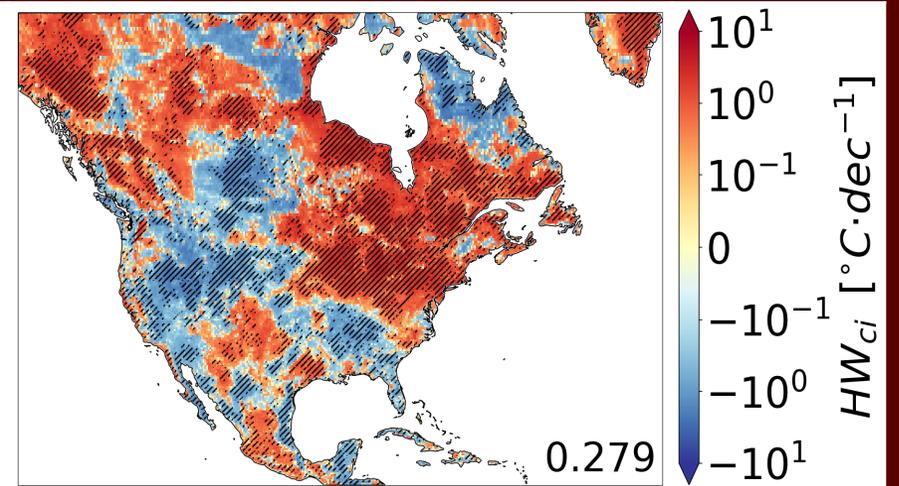
*Répartition géographique varie selon saison*

*Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur extrêmes (1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit*

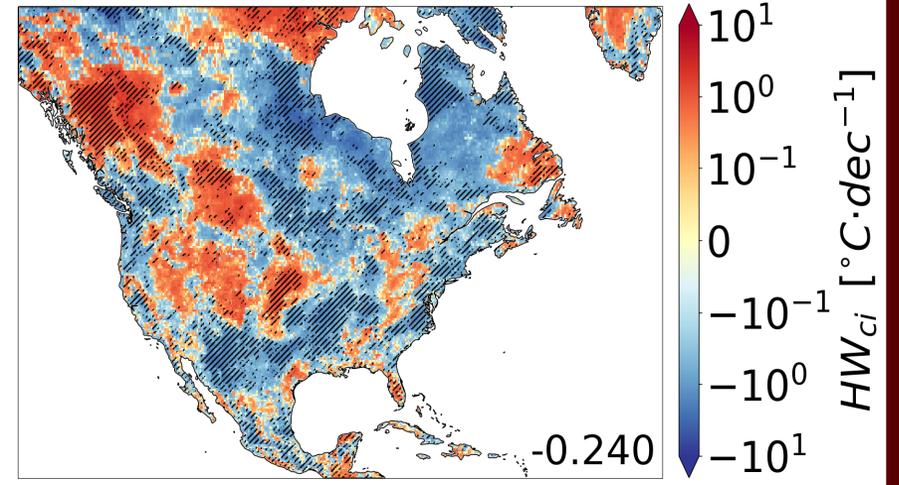
hiver (DJF)



printemps (MAM)



été (JJA)



automne (SON)

# En résumé ...

*Dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques,*

*Pour toutes les saisons,  $TX_{90}$  augmente sur la majorité du continent*

*L'influence dépend de la région et de la saison*

*comment la sévérité d'une vague de chaleur influence sa tendance d'intensité?*

# L'influence est là ...

L'étude *n'explique pas le lien* entre la  
sévérité, l'intensité, la région et la saison

Y a-t-il des changements dans  
*la distribution de TX?*

... **mais pourquoi?**

## Références (1/3)

Arcand, F. (2024, August 1). Phénomène « rare »: Une longue vague de chaleur continue de frapper le Québec. *La Presse*.

<https://www.lapresse.ca/actualites/2024-08-01/phenomene-rare/une-longue-vague-de-chaleur-continue-de-frapper-le-quebec.php>

Boudreault, J., Lavigne, É., Campagna, C., & Chebana, F. (2024). Estimating the heat-related mortality and morbidity burden in the province of Quebec, Canada. *Environmental Research*, 257, 119347.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119347>

GIEC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (p. 2409).

Hamed, K. H., & Rao, R., A. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1–4), 182–196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., ... Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049.

<https://doi.org/10.1002/qj.3803>

## Références (2/3)

Kendall, M. G. (1938). A New Measure of Rank Correlation. *Biometrika*, 30(1–2), 81–93. <https://doi.org/10.2307/2332226>

Lebel, F. (2024, December 31). Une vague de chaleur record frappe le Nunavik. *Radio-Canada*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2129981/meteo-nunavik-nord-kuujjuaq>

Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245. <https://doi.org/10.2307/1907187>

Perkins-Kirkpatrick, S. E., & Lewis, S. C. (2020). Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications*, 11(1), 3357. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7>

Russo, S., Sillmann, J., & Fischer, E. M. (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124003>

Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>

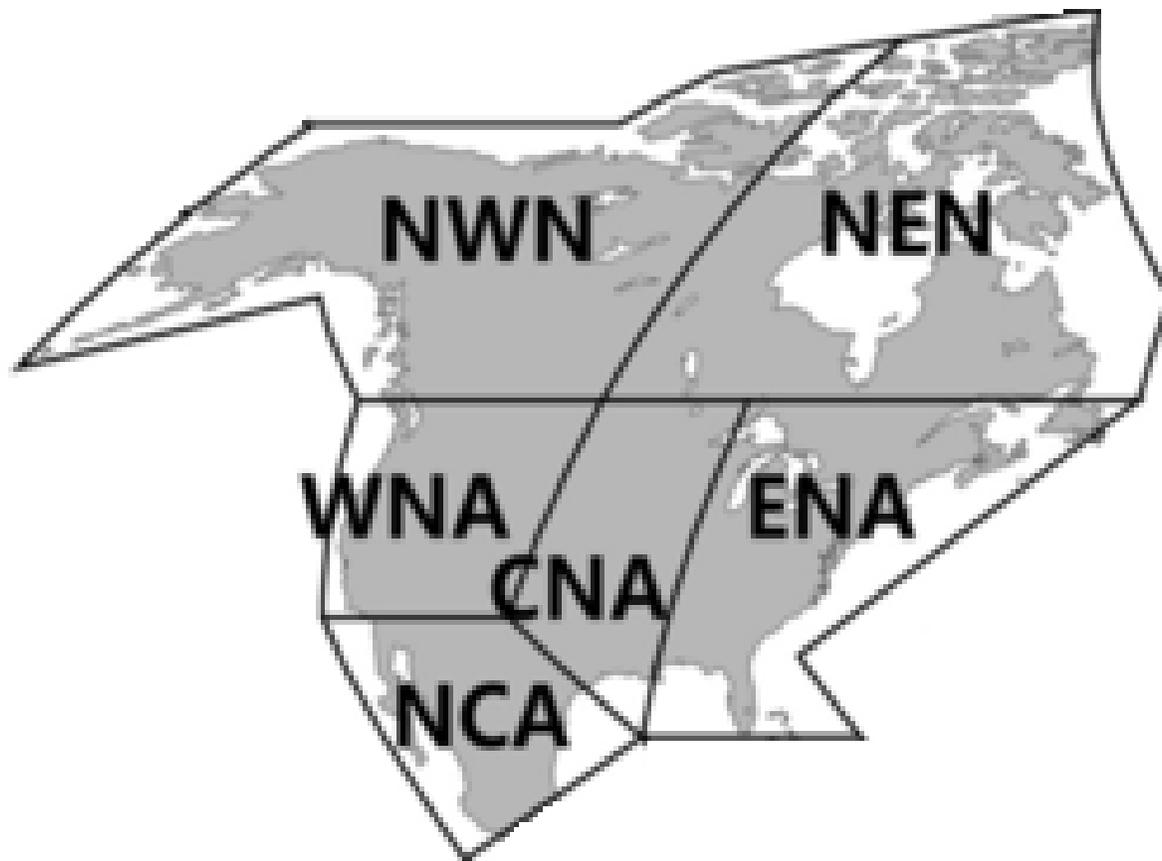
## Références (3/3)

Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Indagationes Mathematicae*, 12(85), 173.

Valois-Nadeau, B. (2024, June 14). Chaleur en vue sur le Québec. *Le Devoir*.  
<https://www.ledevoir.com/environnement/814900/chaleur-vue-quebec>

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., Trewin, B., & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change*, 2(6), 851–870.  
<https://doi.org/10.1002/wcc.147>

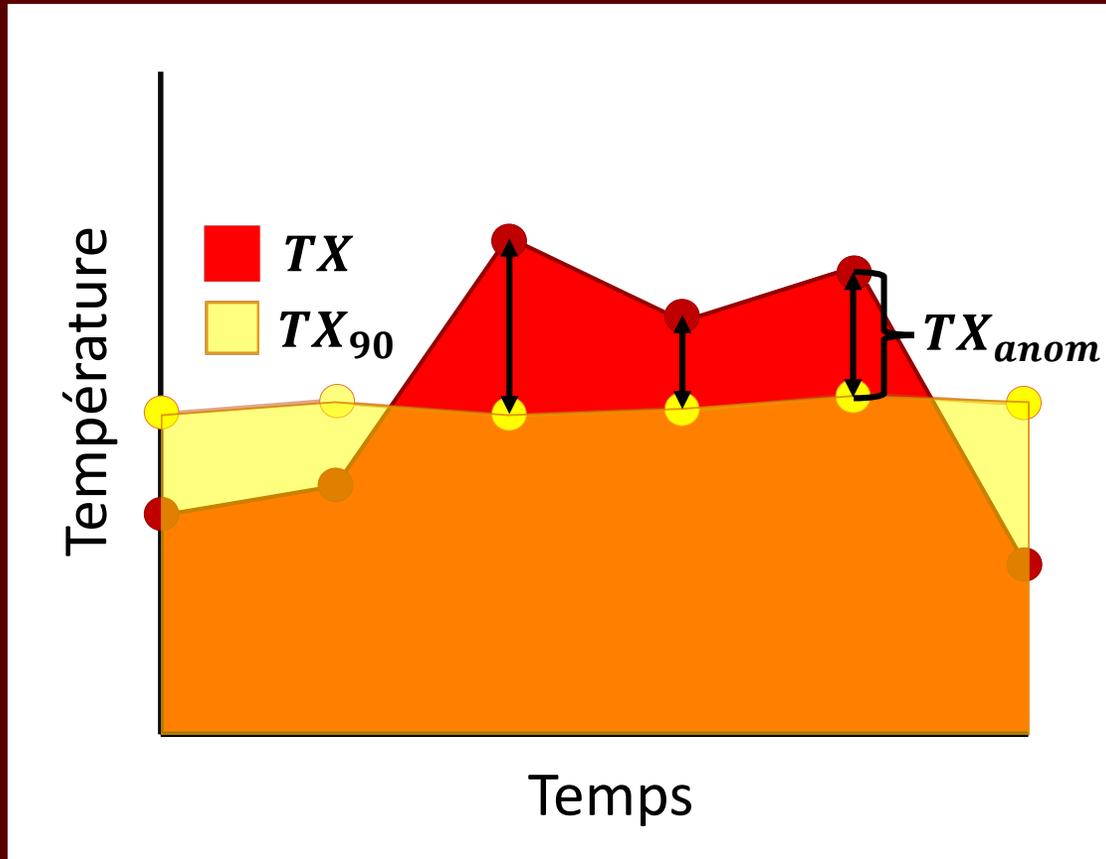
# Annexe



**NWN: N.W.North-America**  
**NEN: N.E.North-America**  
**WNA: W.North-America**  
**CNA: C.North-America**  
**ENA: E.North-America**

*Carte des régions de l'Amérique du Nord selon le 6<sup>e</sup> rapport du GIEC; adaptée de Climate Change 2021: The Physical Science Basis, par le GIEC. 2021.*

## Q2. Comment peut-on définir l'intensité d'une vague de chaleur?



Exemple fictif d'une série temporelle de températures extrêmes

Intensité cumulative [°C] :

$$HW_{ci}(x, y, n) = \sum_{t_s}^{t_e} TX_{anom}(x, y, t)$$

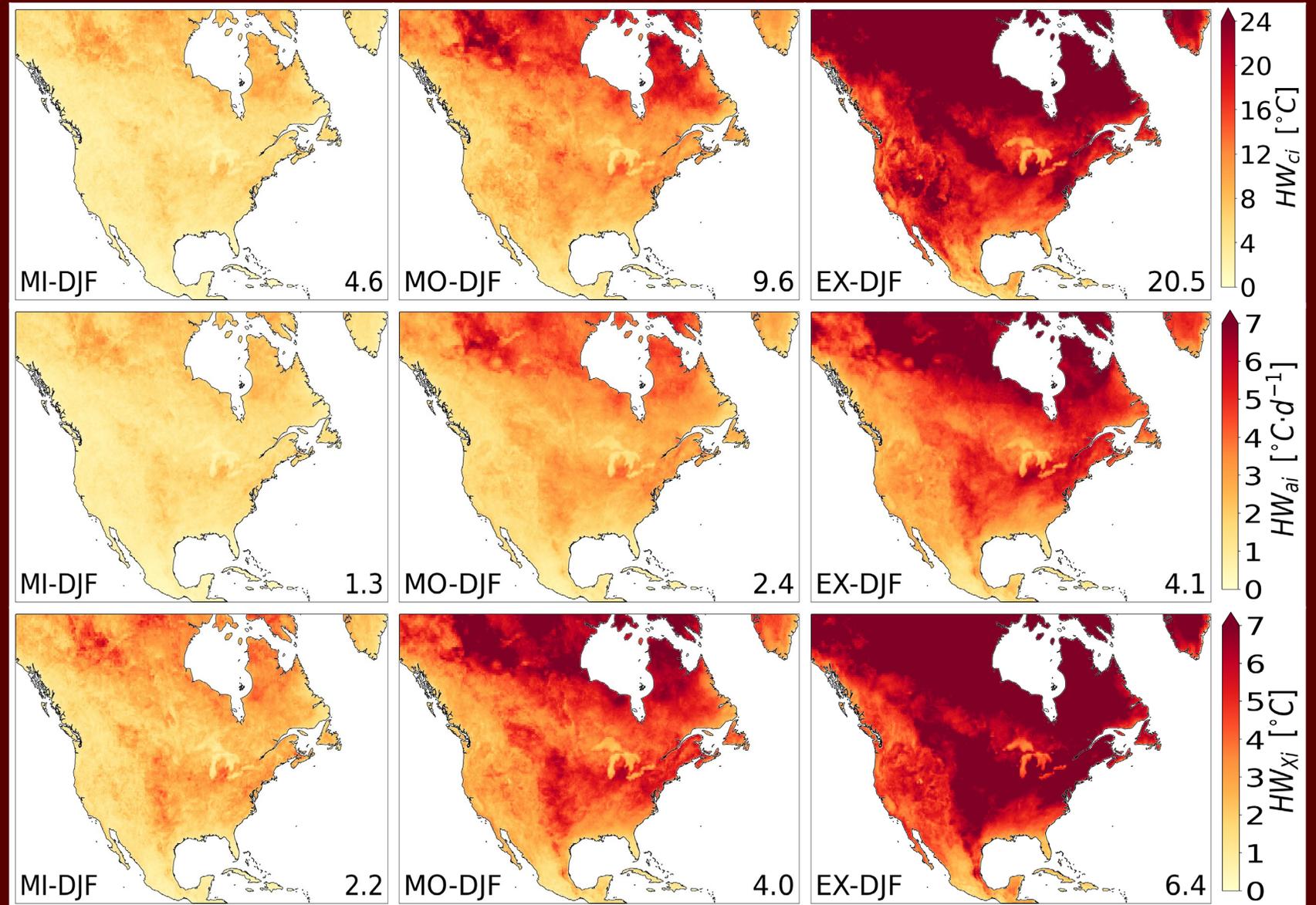
Intensité moyenne [°C / jour] :

$$HW_{ai}(x, y, n) = \frac{HW_{ci}(x, y, n)}{HW_d(x, y, n)}$$

Intensité maximale [°C] :

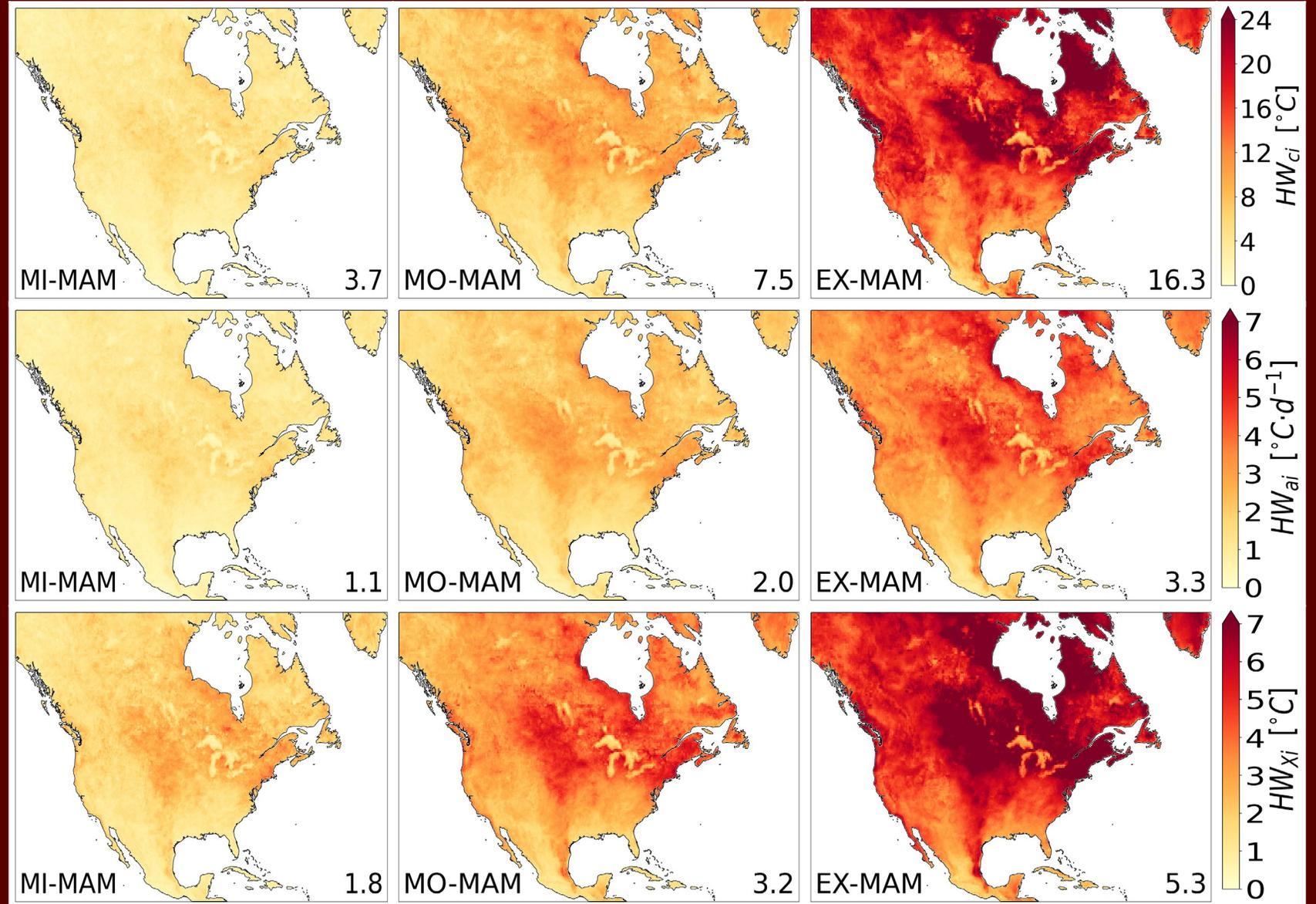
$$HW_{xi}(x, y, n) = \max(TX_{anom}(x, y, t))_{t_s}^{t_e}$$

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



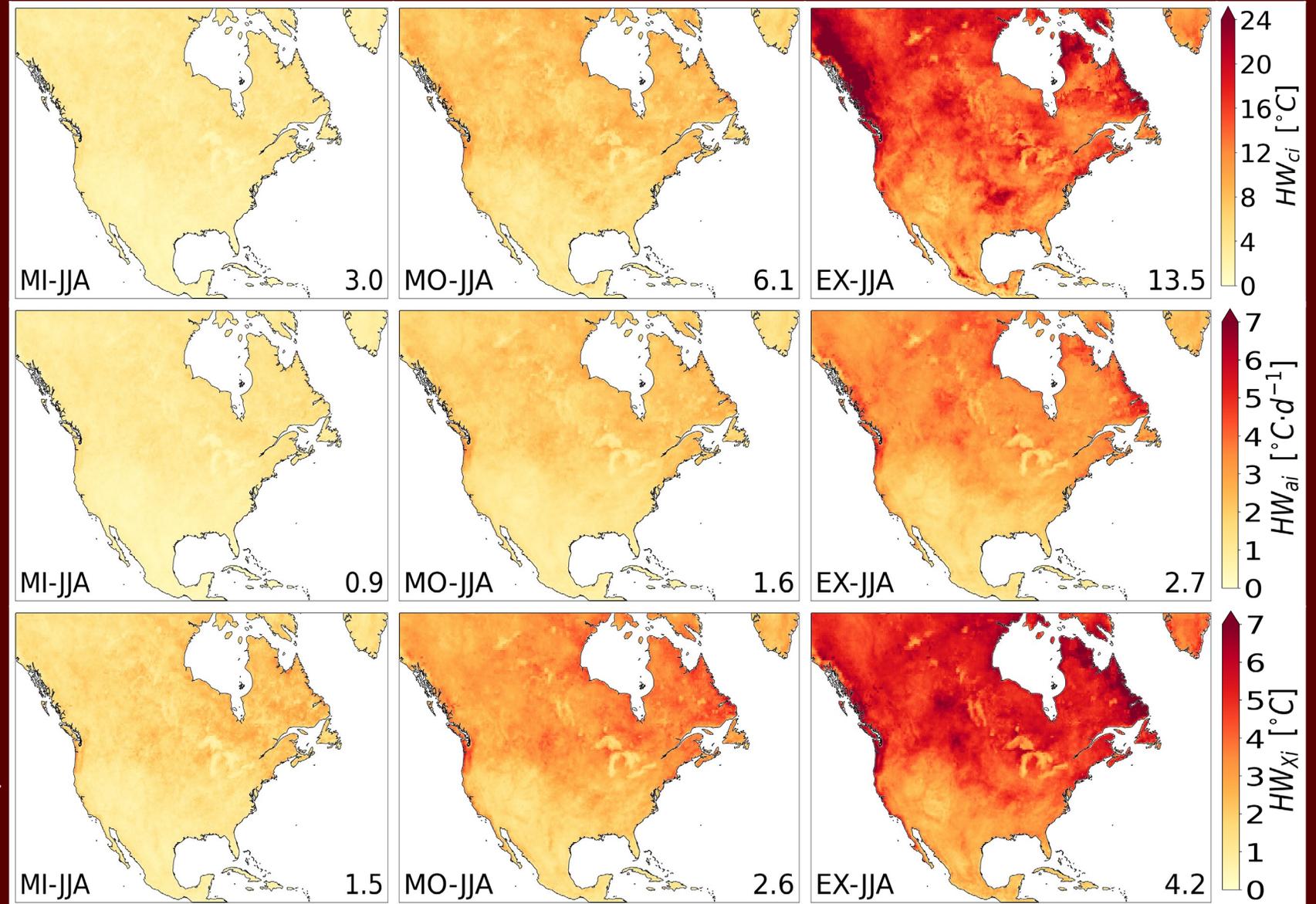
*Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'hiver (DJF 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit*

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



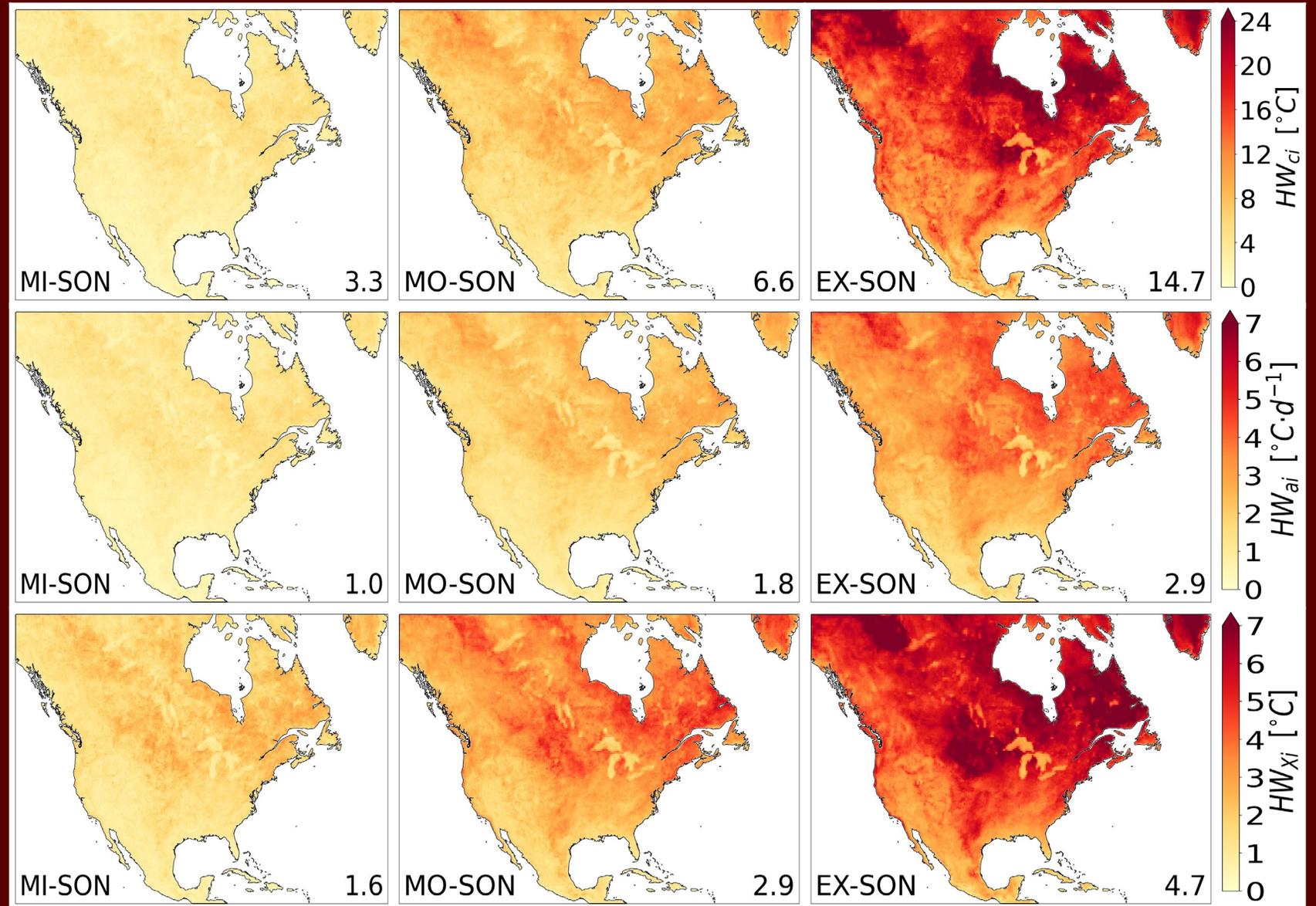
*Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit*

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



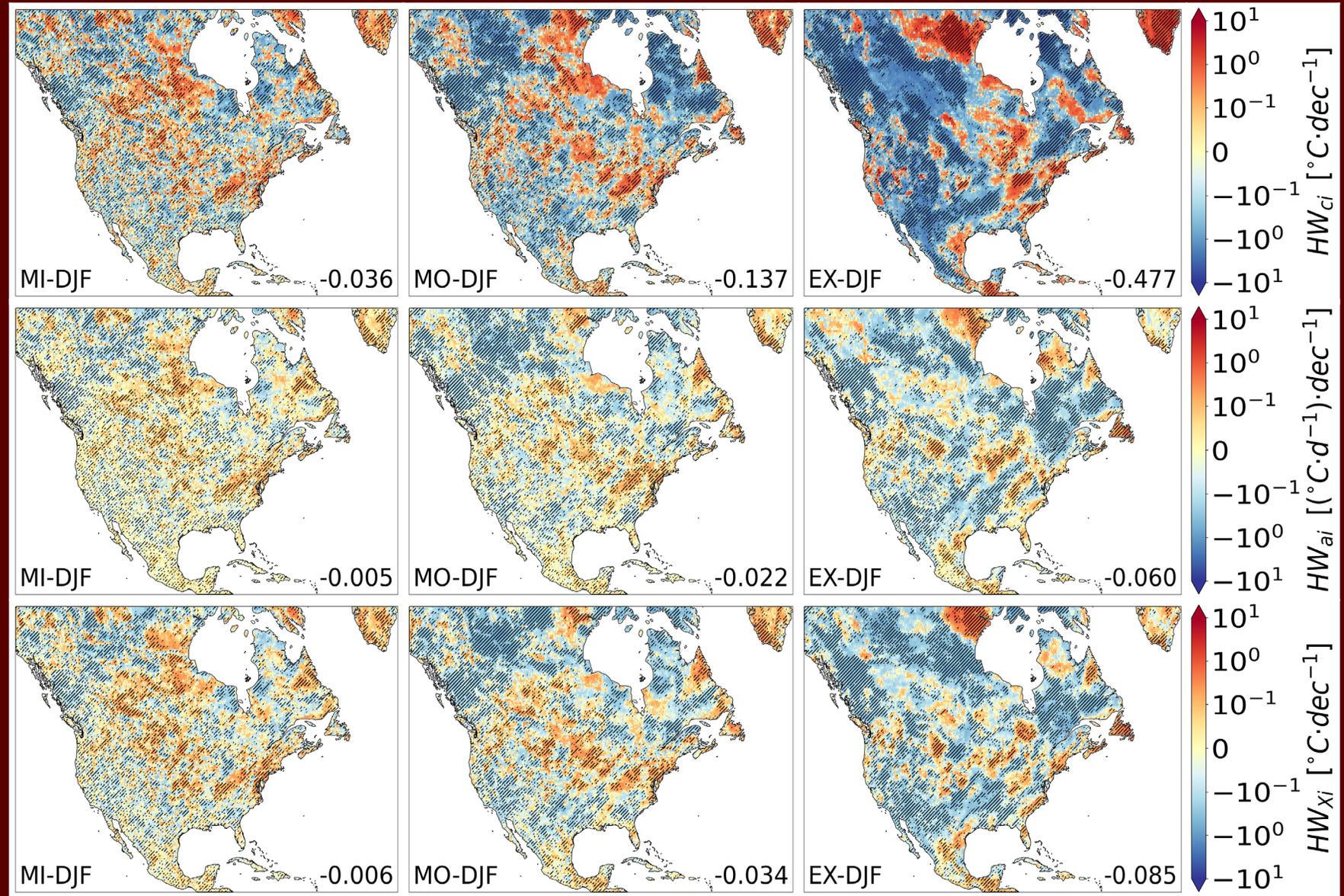
Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'été (JJA, 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



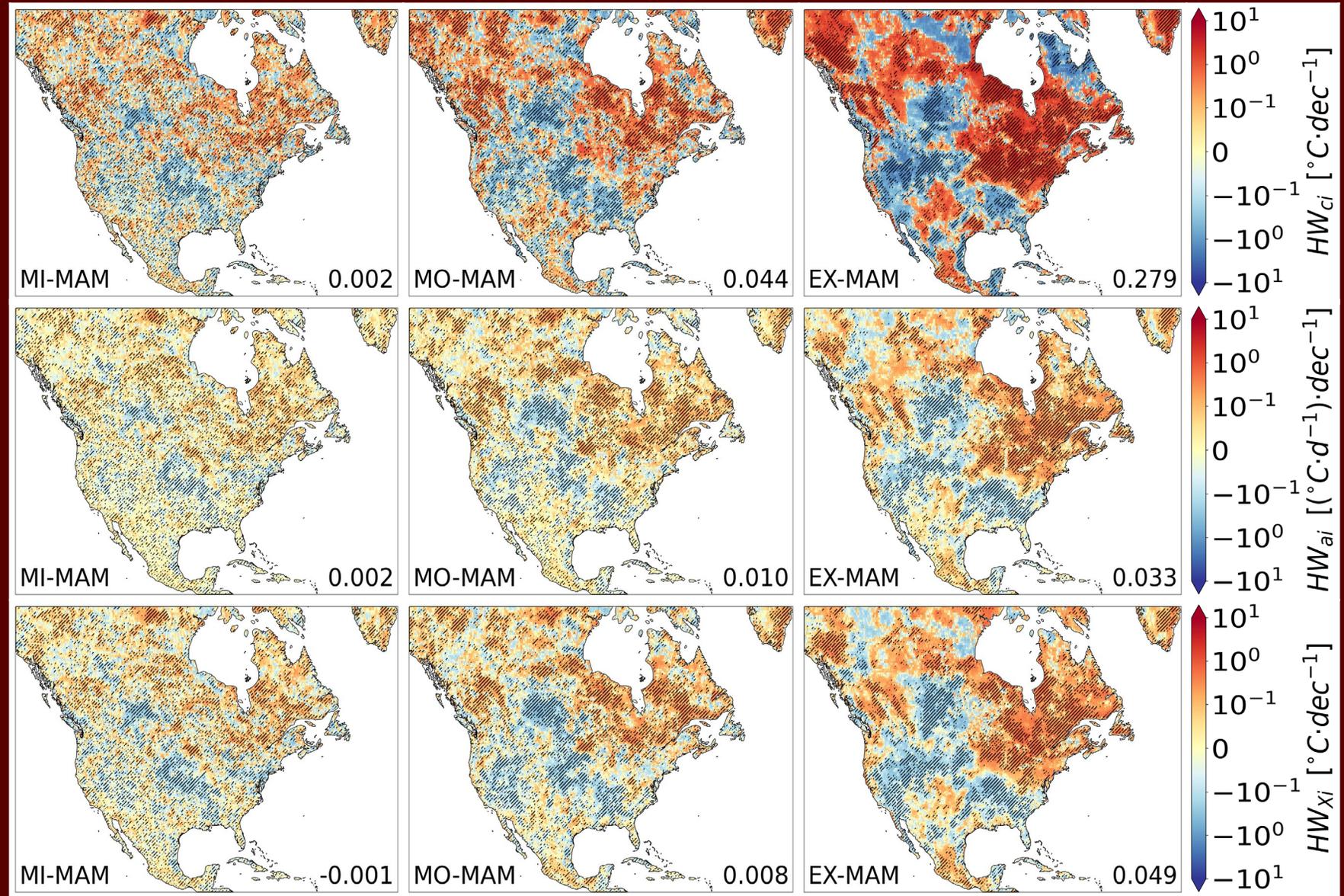
*Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'automne (SON 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit*

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



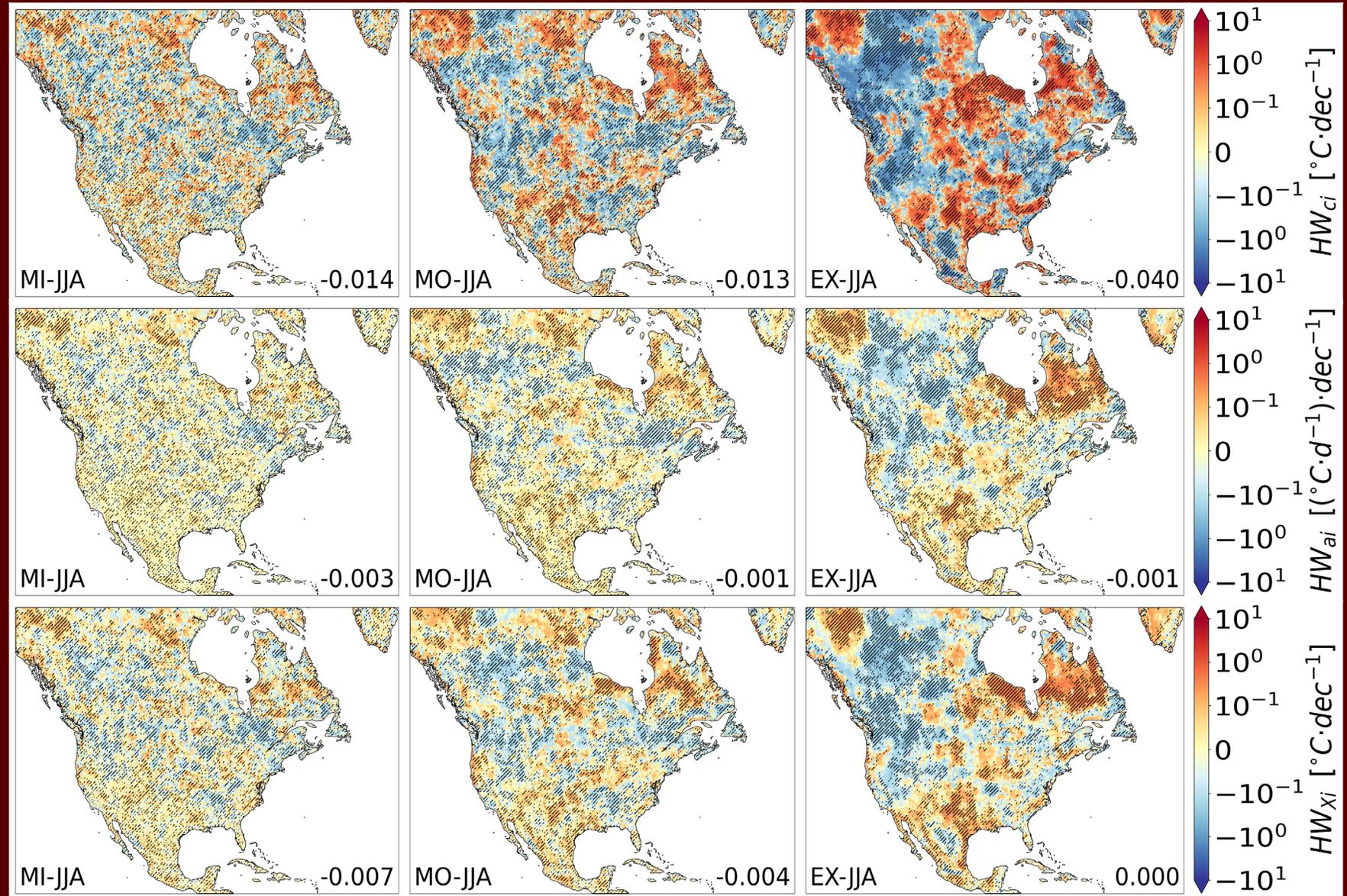
Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour l'hiver (DJF, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



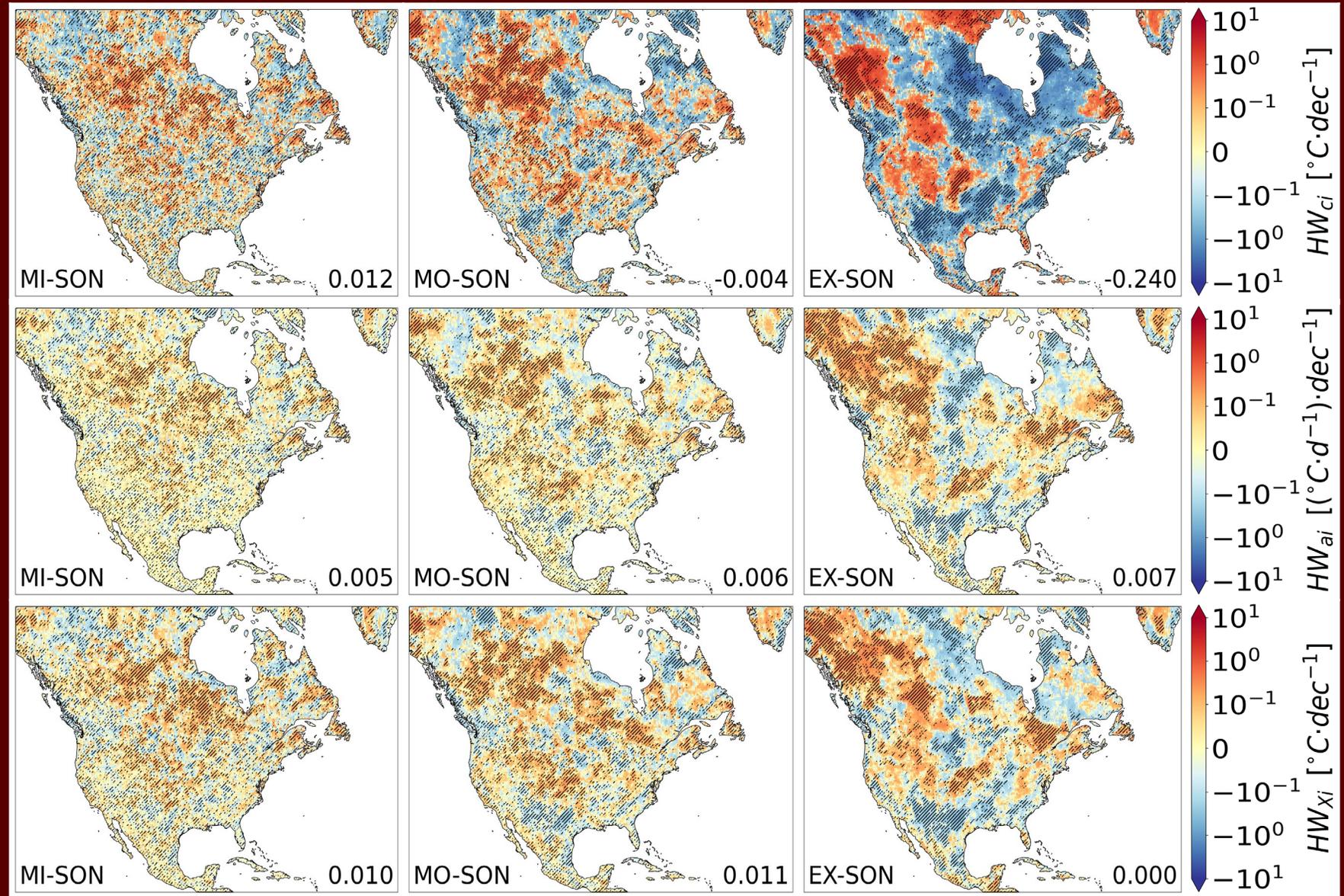
Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



*Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour l'été (JJA, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit*

# Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?



*Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour l'automne (SON, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit*