

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

LE DEVOIR

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^e siècle et le début du 21^e
siècle (*GIEC, 2021*)

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

plus intense, plus fréquente

... pour le reste du 21^e 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?

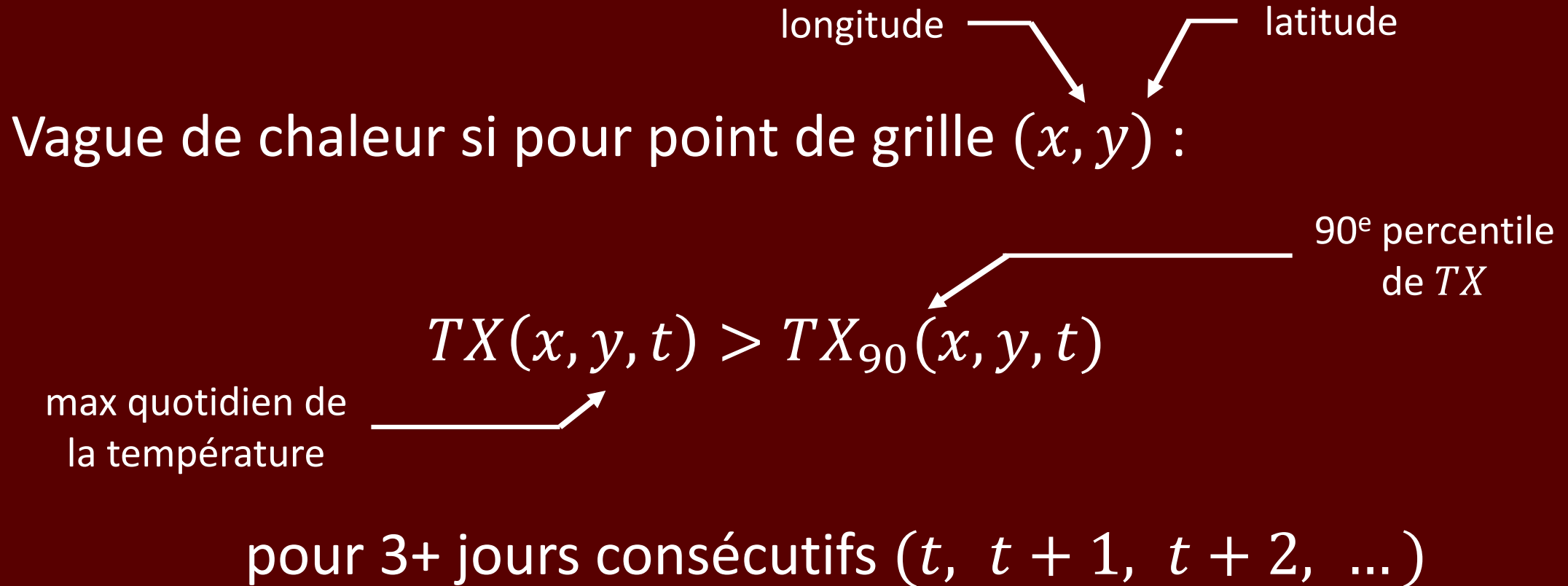
Q2. Comment peut-on définir l'intensité d'une vague de chaleur?

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)

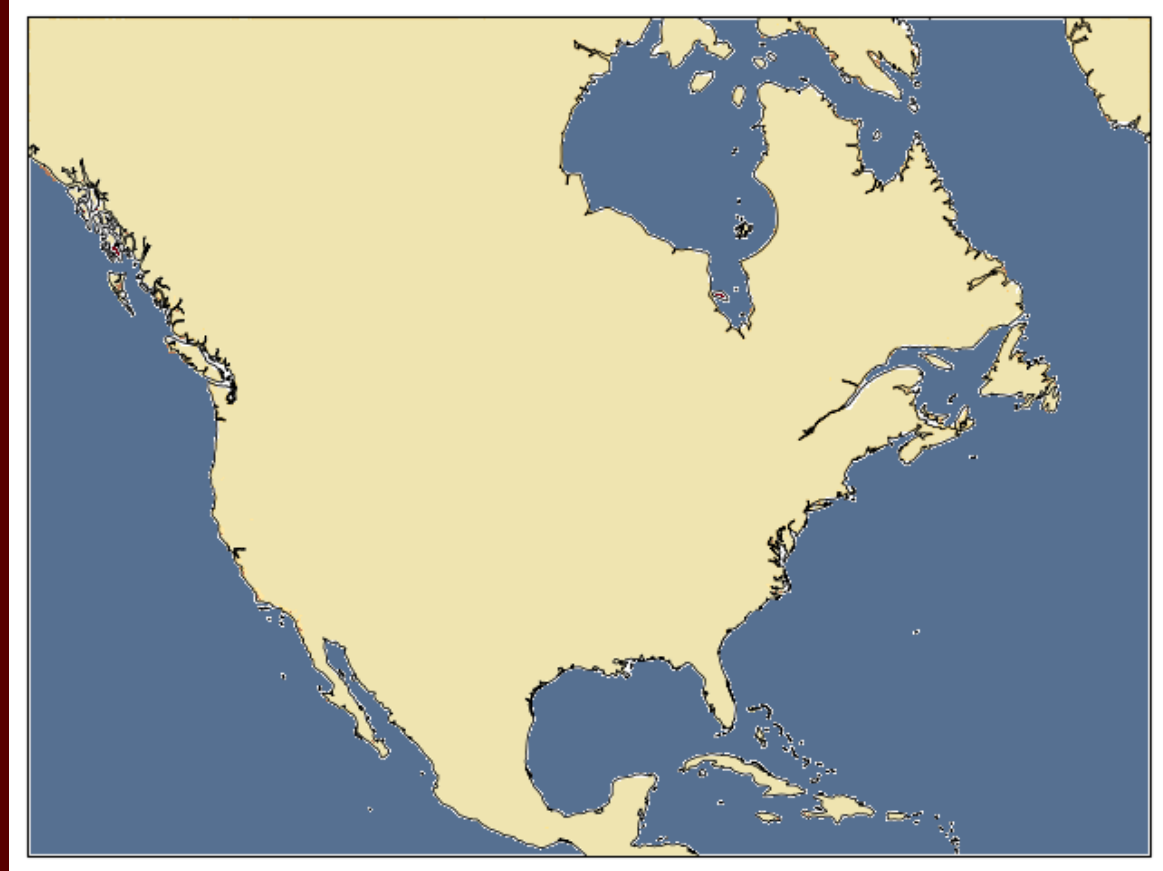
Q1. Comment les vagues de chaleur sont-elles définies?

Source de *TX*

Réanalyses d'ERA5

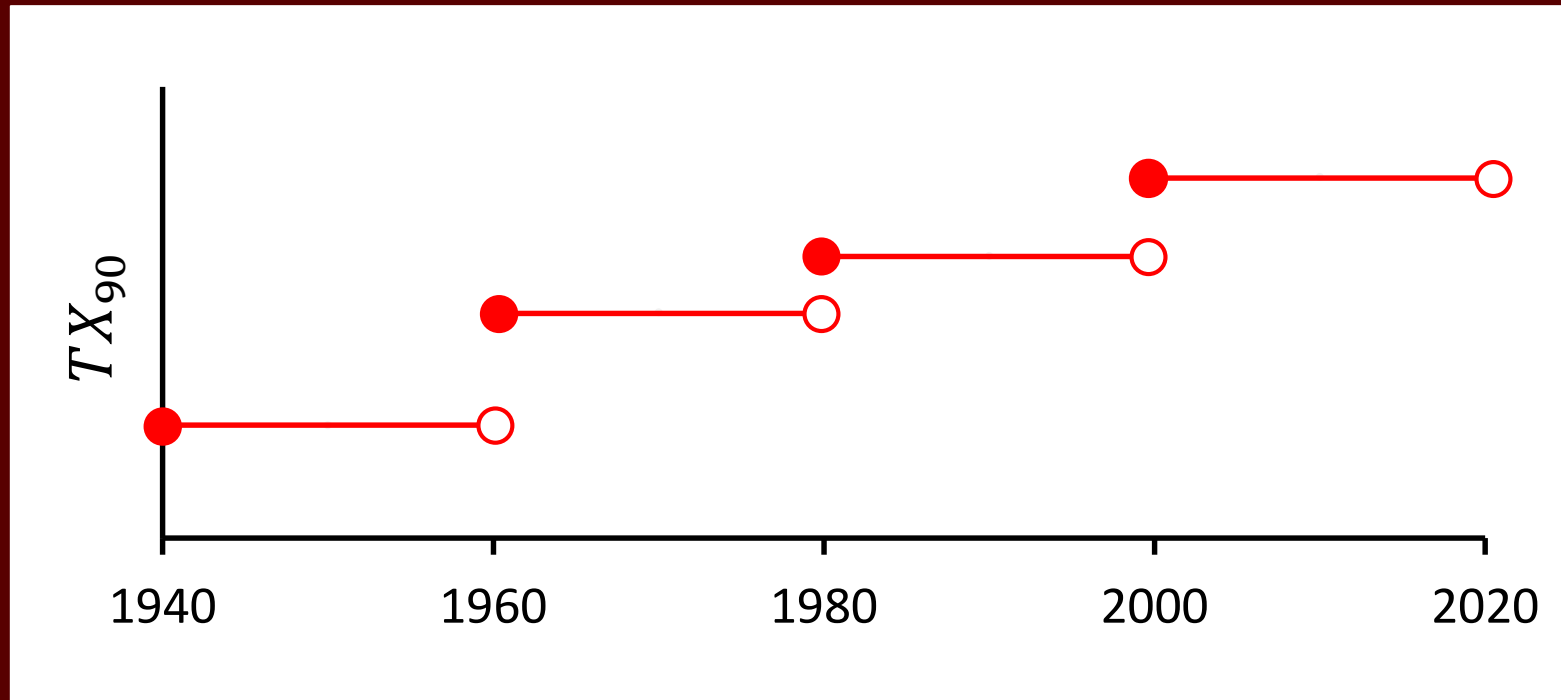
1940 à 2019

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 ...

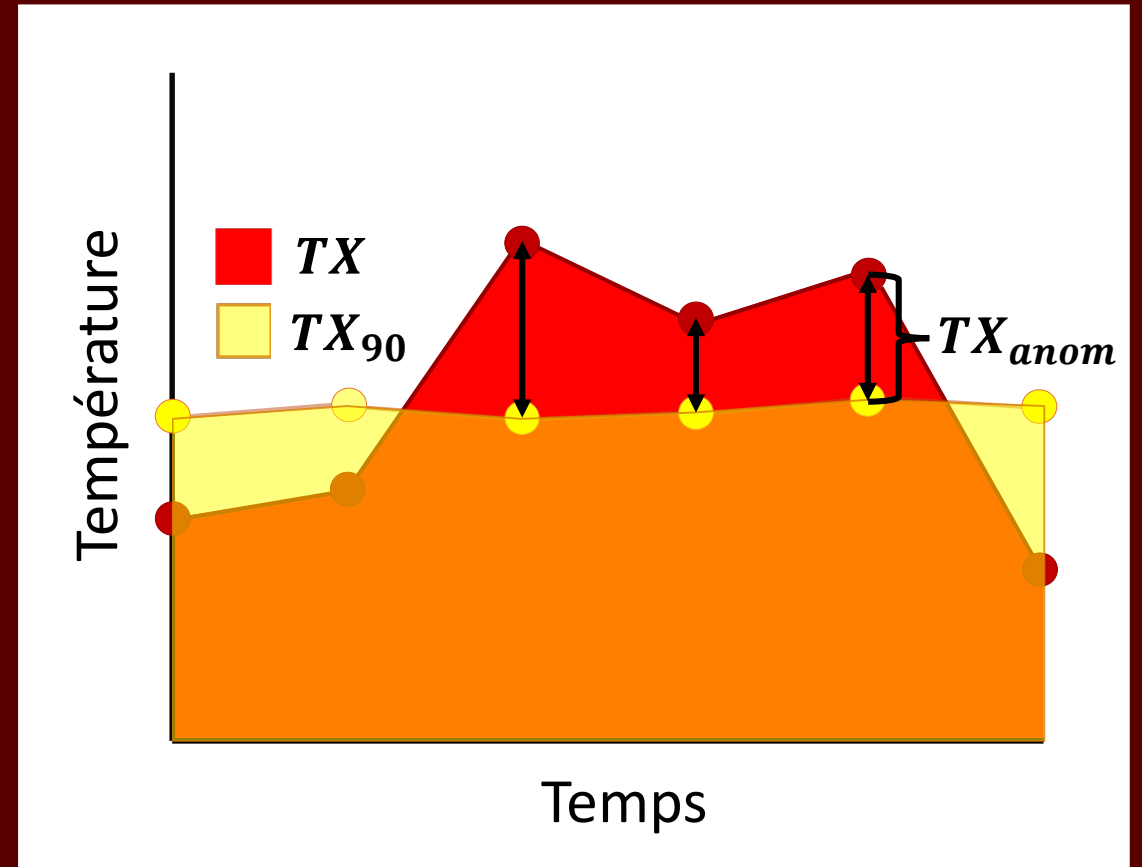
- ... point de grille
- ... période de 20 ans
- ... jour de l'année
(fenêtre de 21 jours)

*Exemple fictif d'une série temporelle du 90^e 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?

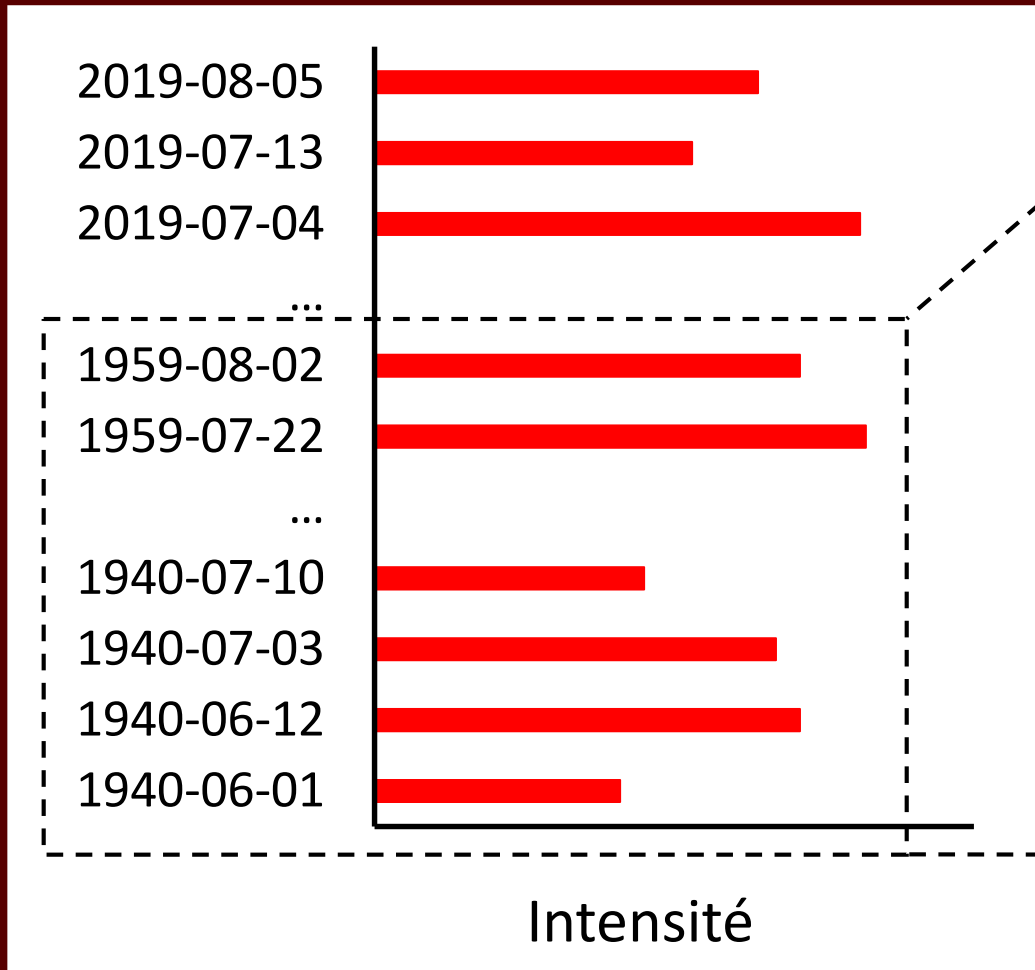
Intensité cumulative [°C] :

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

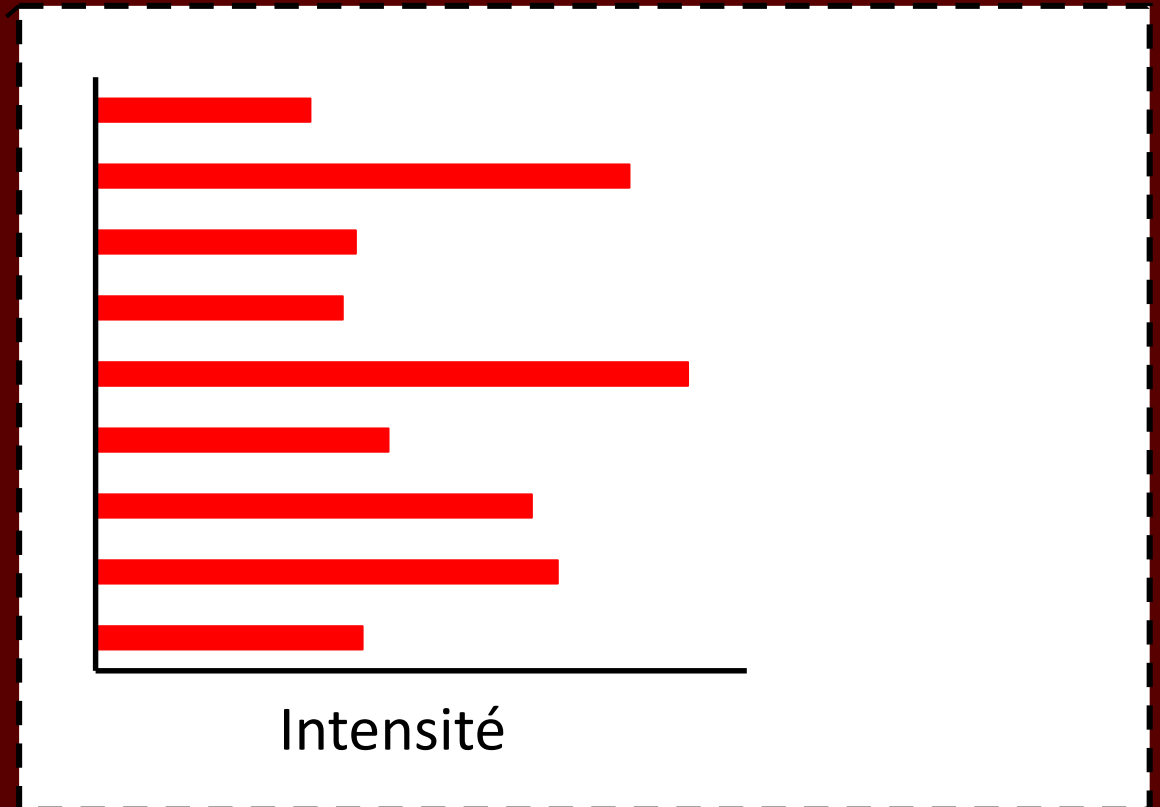


Exemple fictif d'une série temporelle de températures extrêmes à Montréal pour 6 jours consécutifs

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

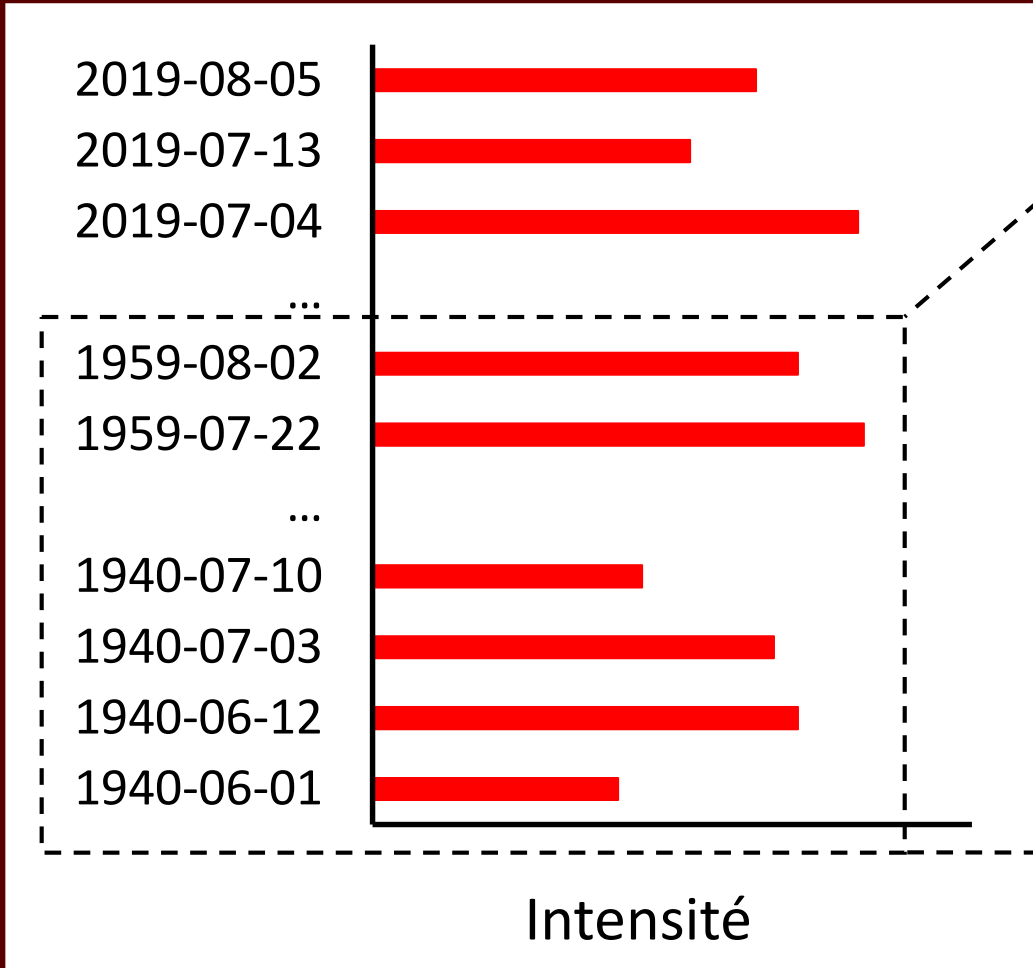


Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 2019) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal

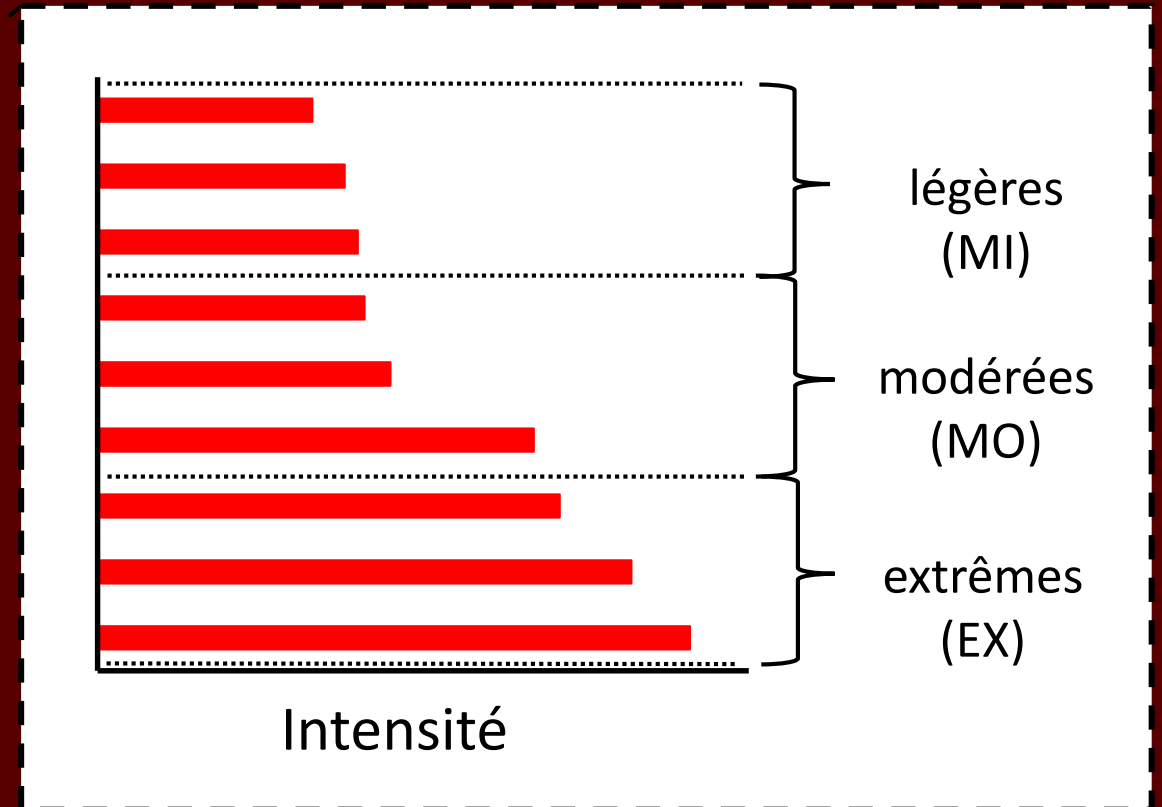


Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 1959) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal

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

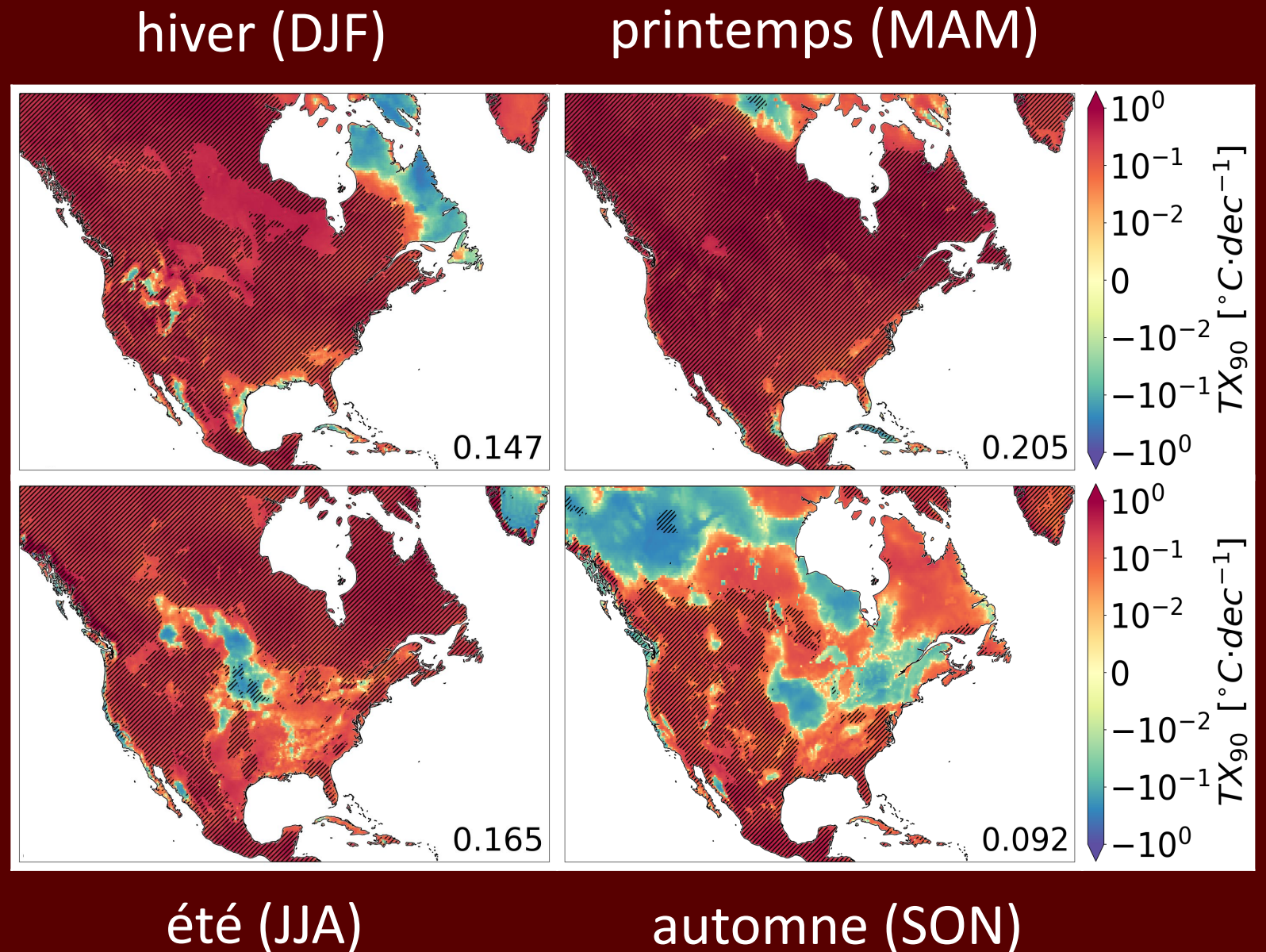


Exemple fictif d'une série temporelle (1940 - 1959) de l'intensité de vagues de chaleur estivales (JJA) ayant eu lieu à Montréal

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



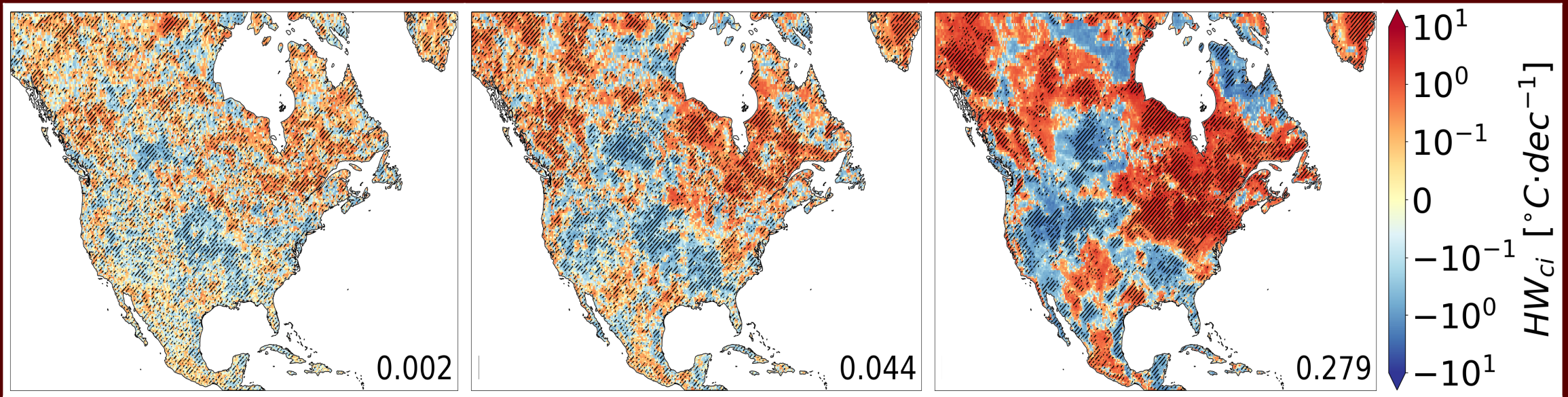
Q4. Quelle est l'influence de la sévérité sur les tendances?

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

légères

modérées

extrêmes



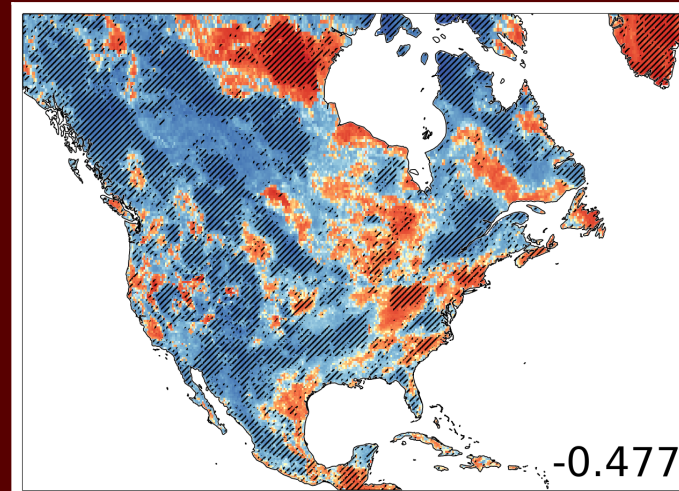
Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit

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

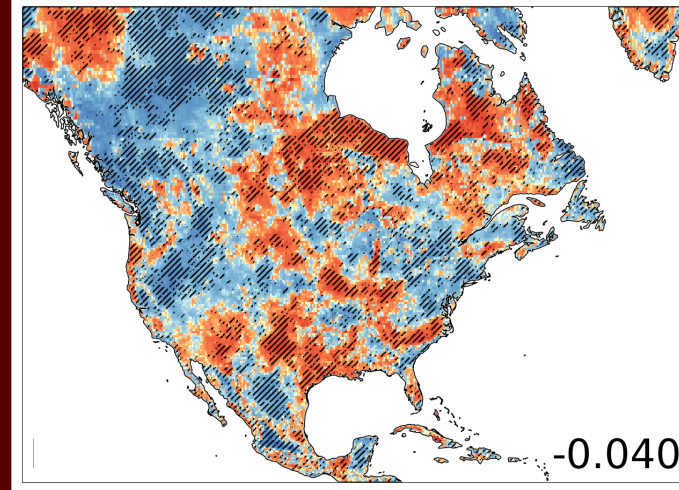
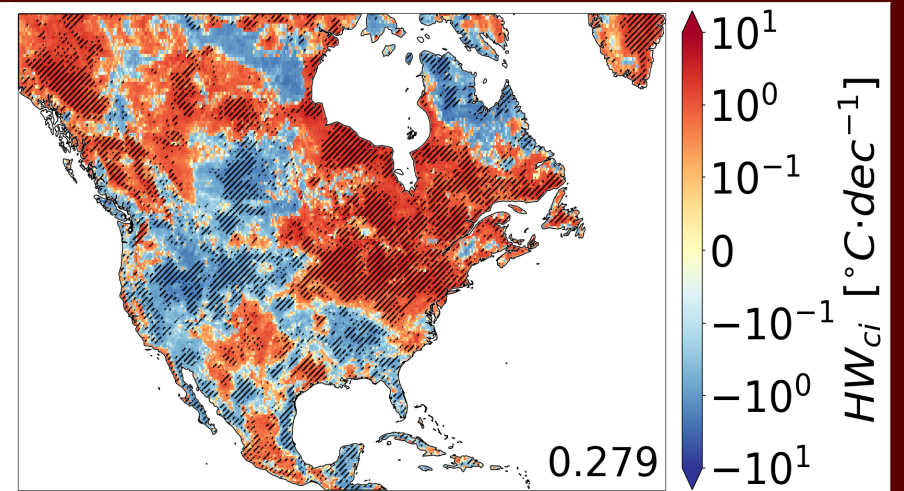
Répartition géographique varie selon saison

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

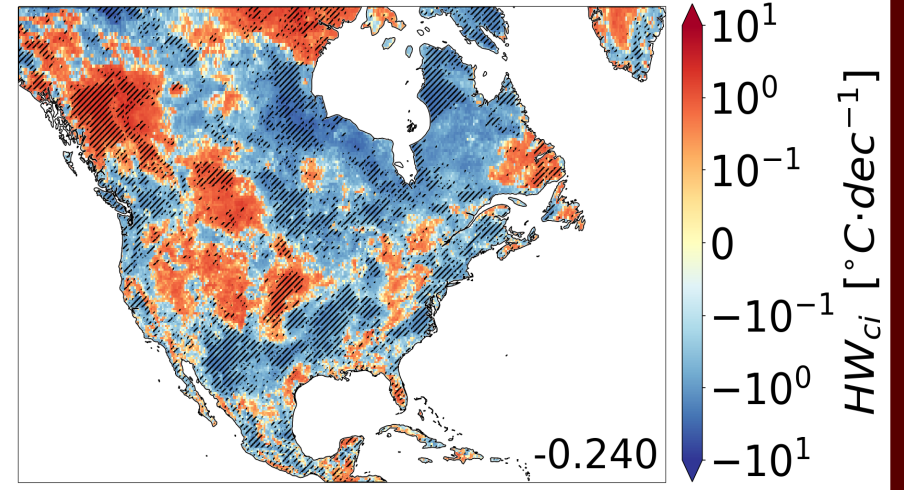
hiver (DJF)



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-kuujuaq>

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>

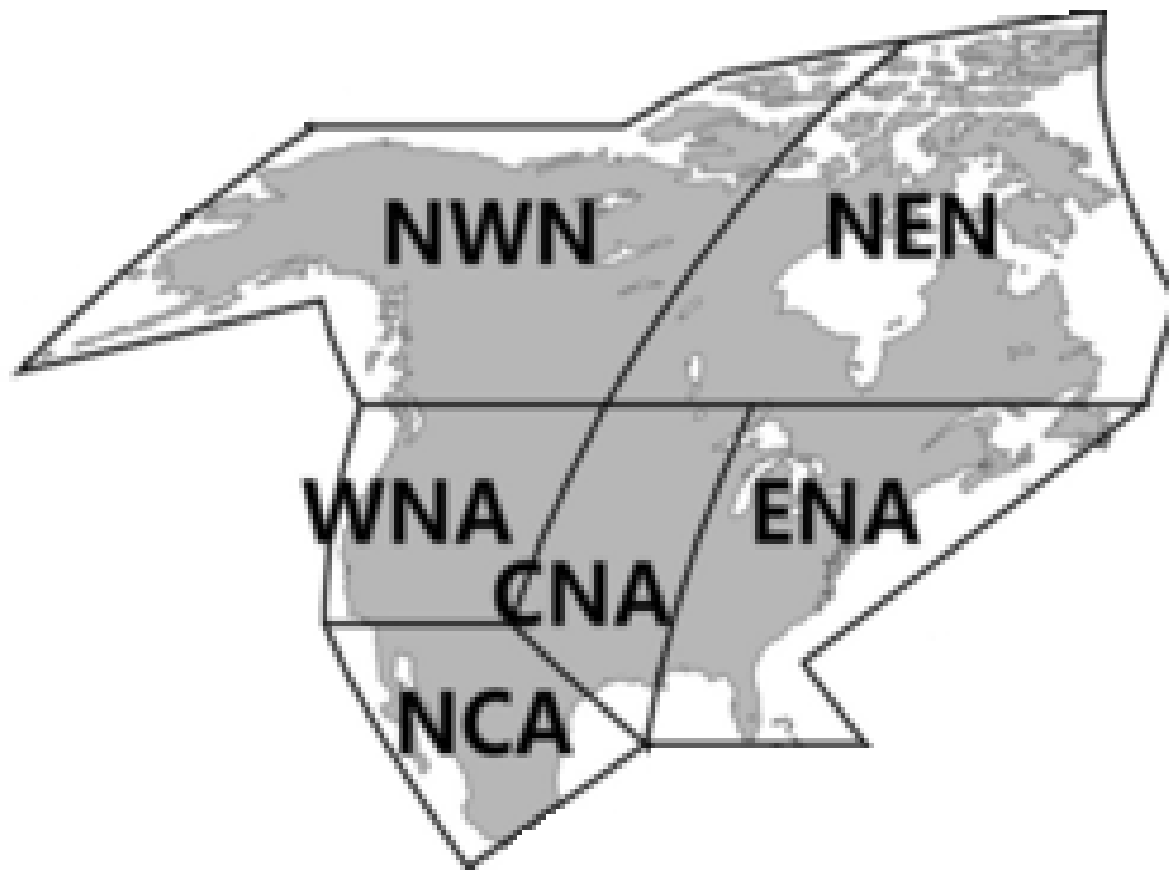
Références (3/3)

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>

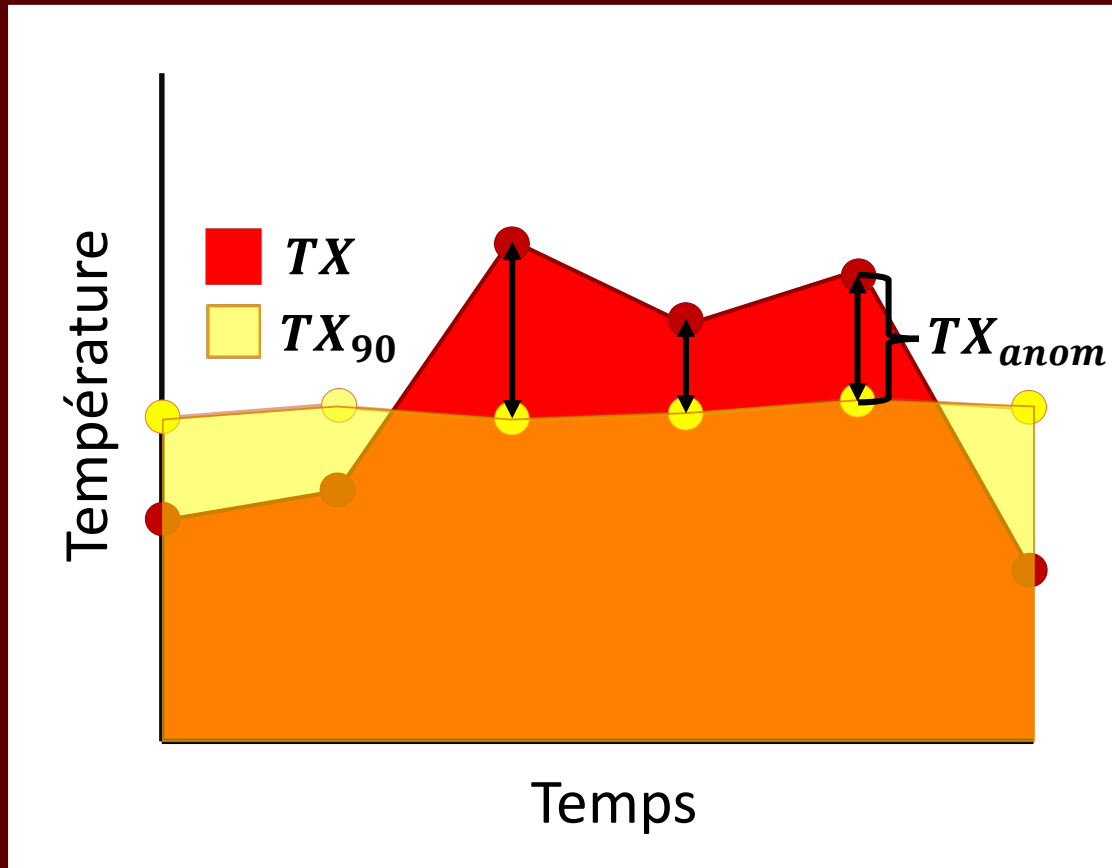
Annexe



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^e 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] :

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

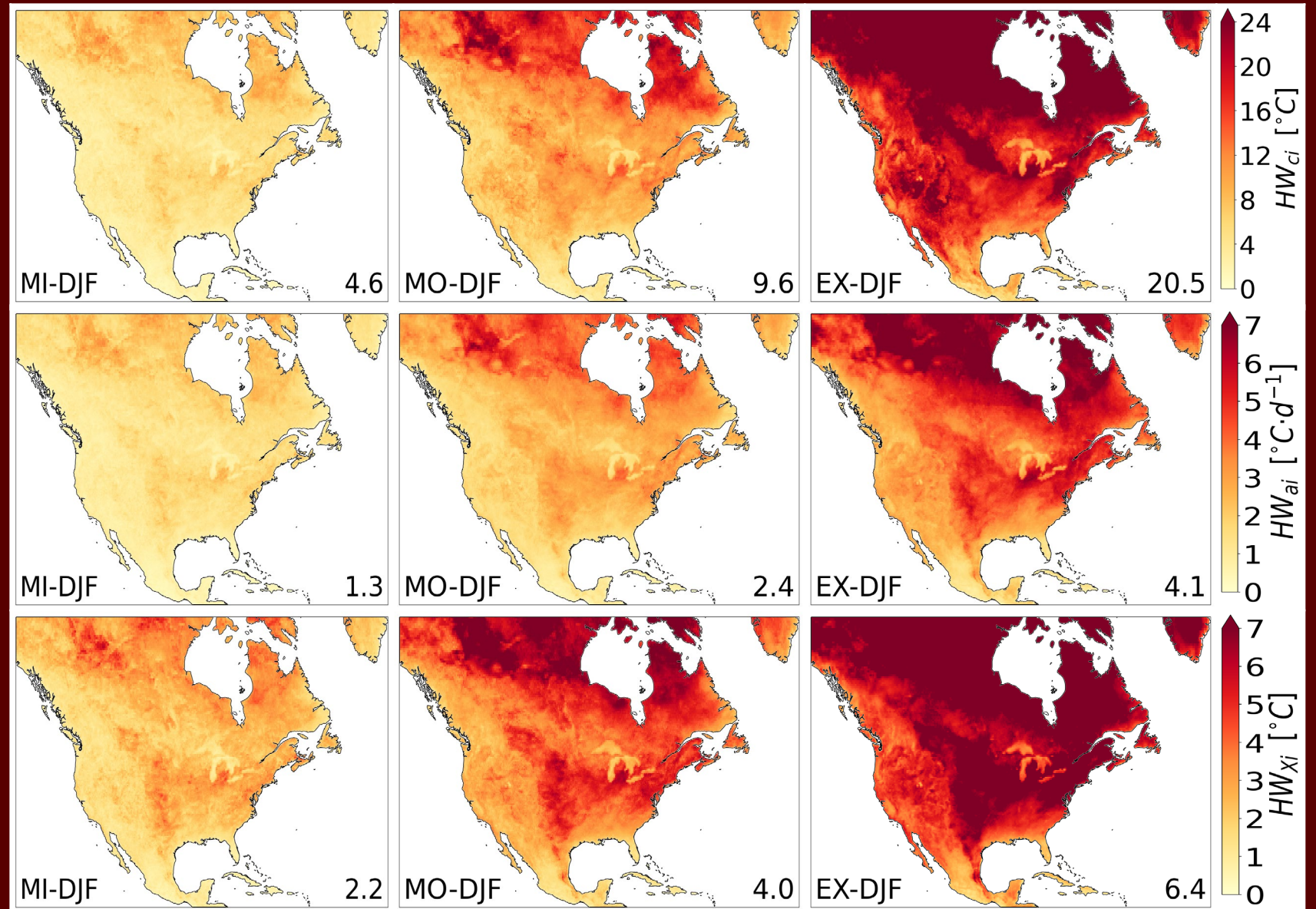
Intensité moyenne [°C / jour] :

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

Intensité maximale [°C] :

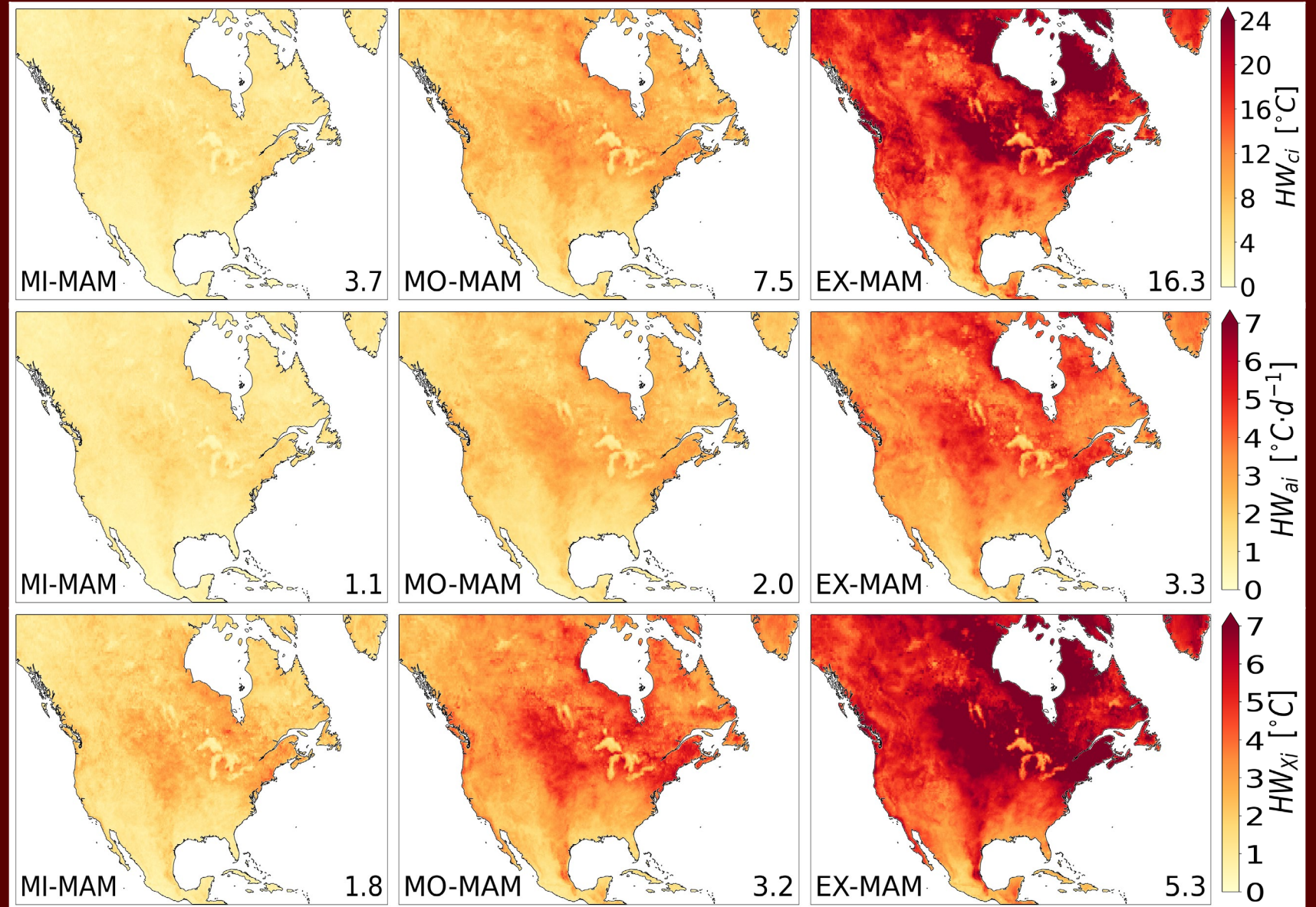
$$HW_{xi}(x, y, n) = \max(TX_{anom}(x, y, t))_{t_s}^{t_e}$$

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



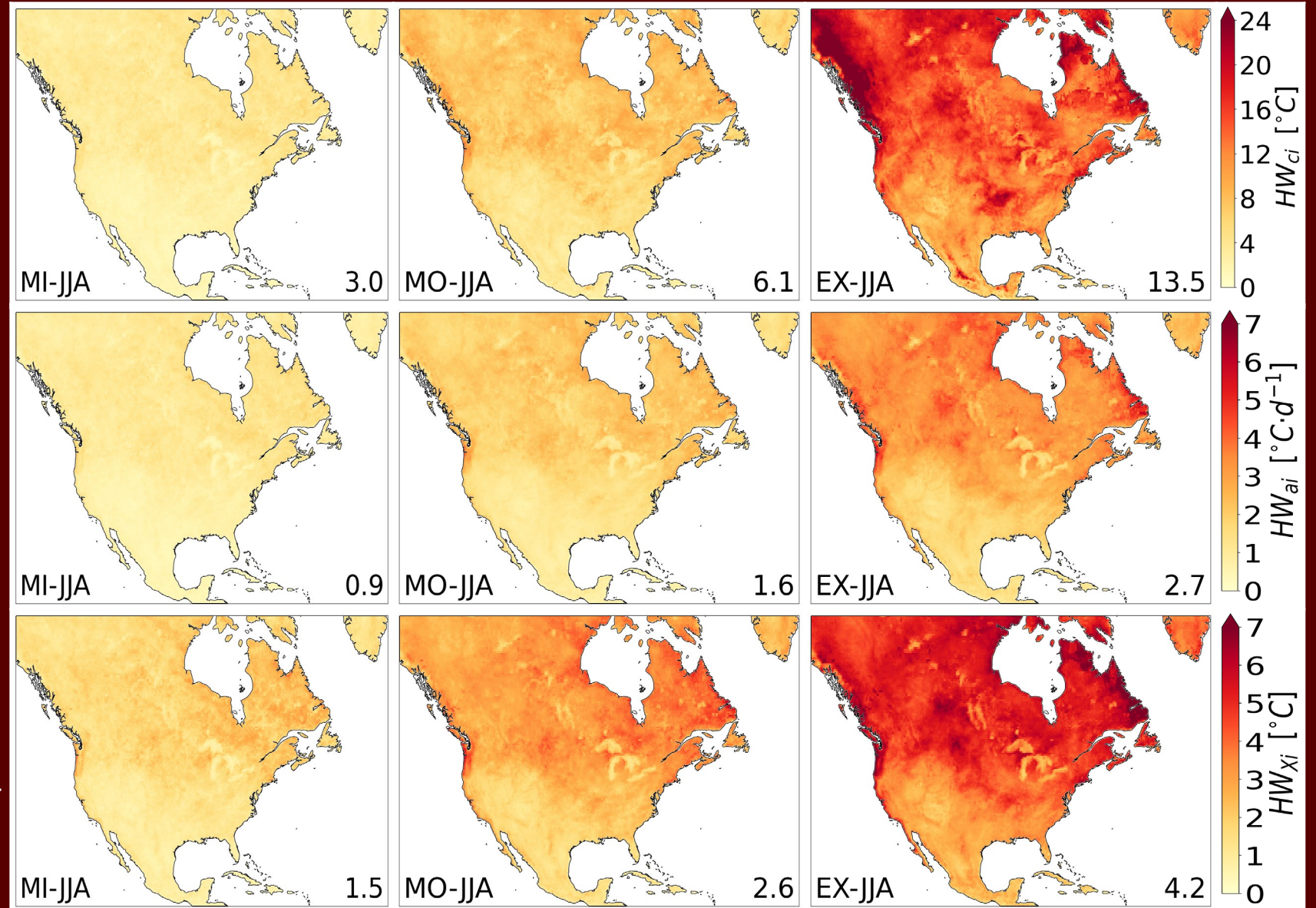
Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'hiver (DJF 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit

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



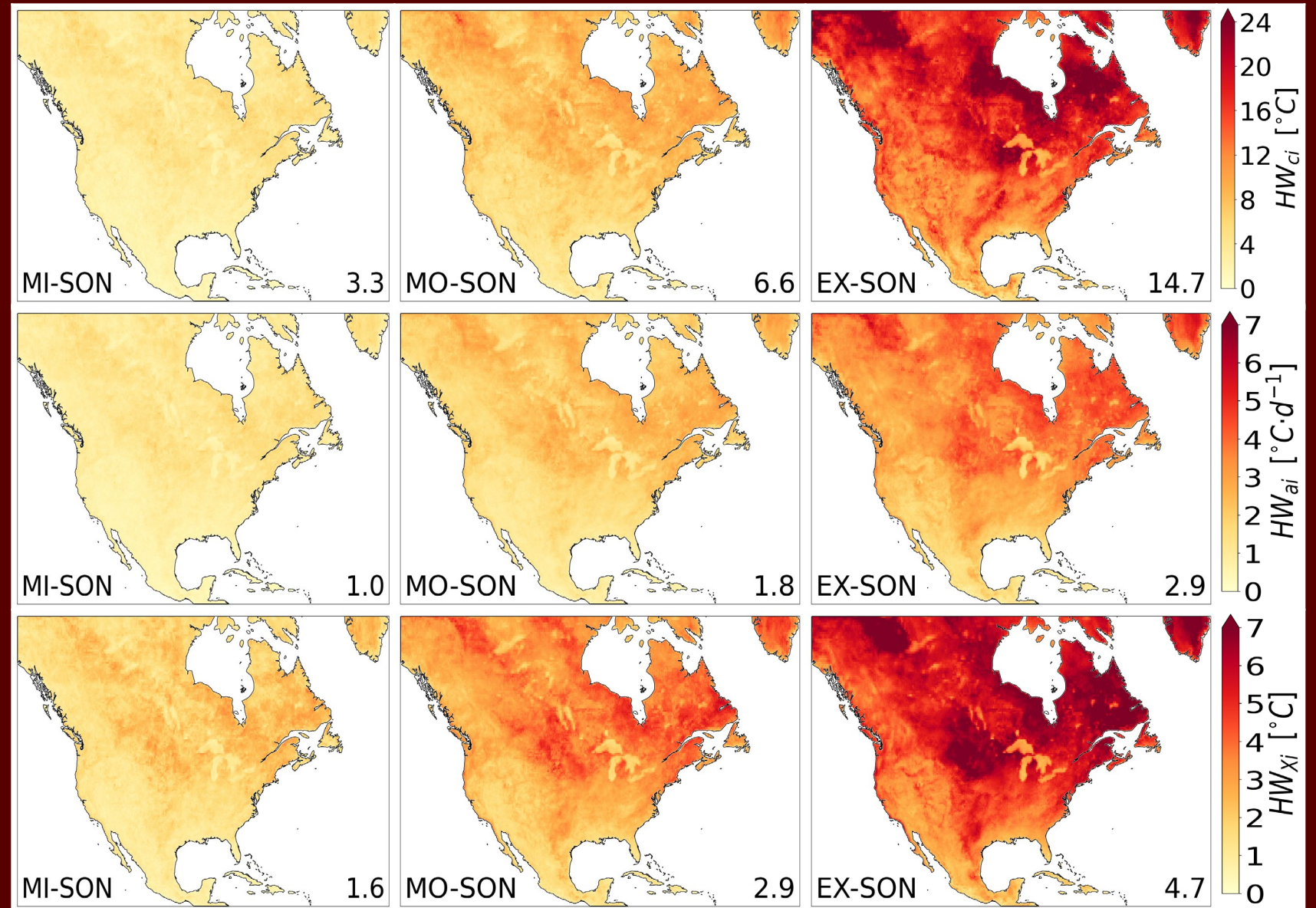
Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit

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



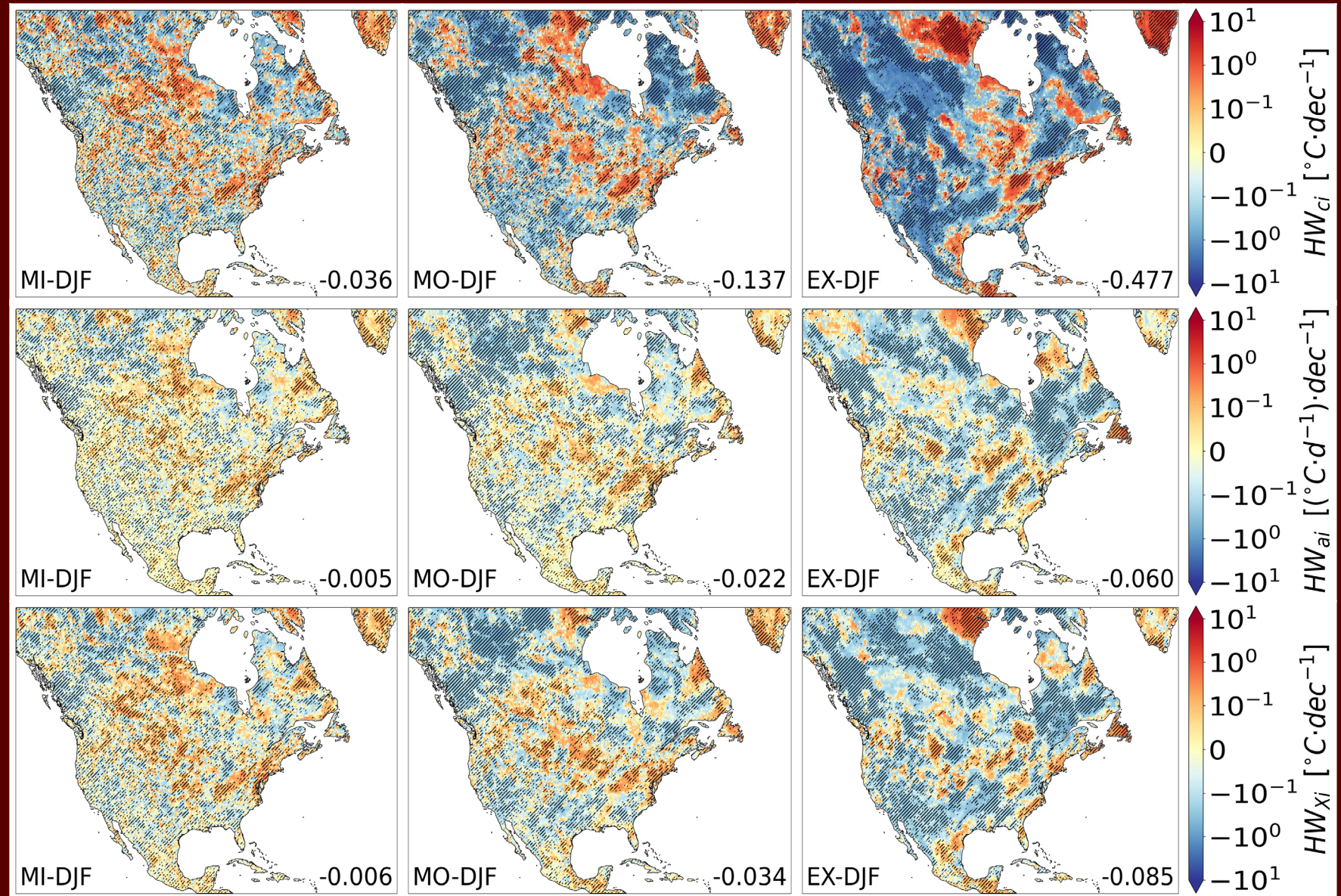
Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'été (JJA, 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit

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



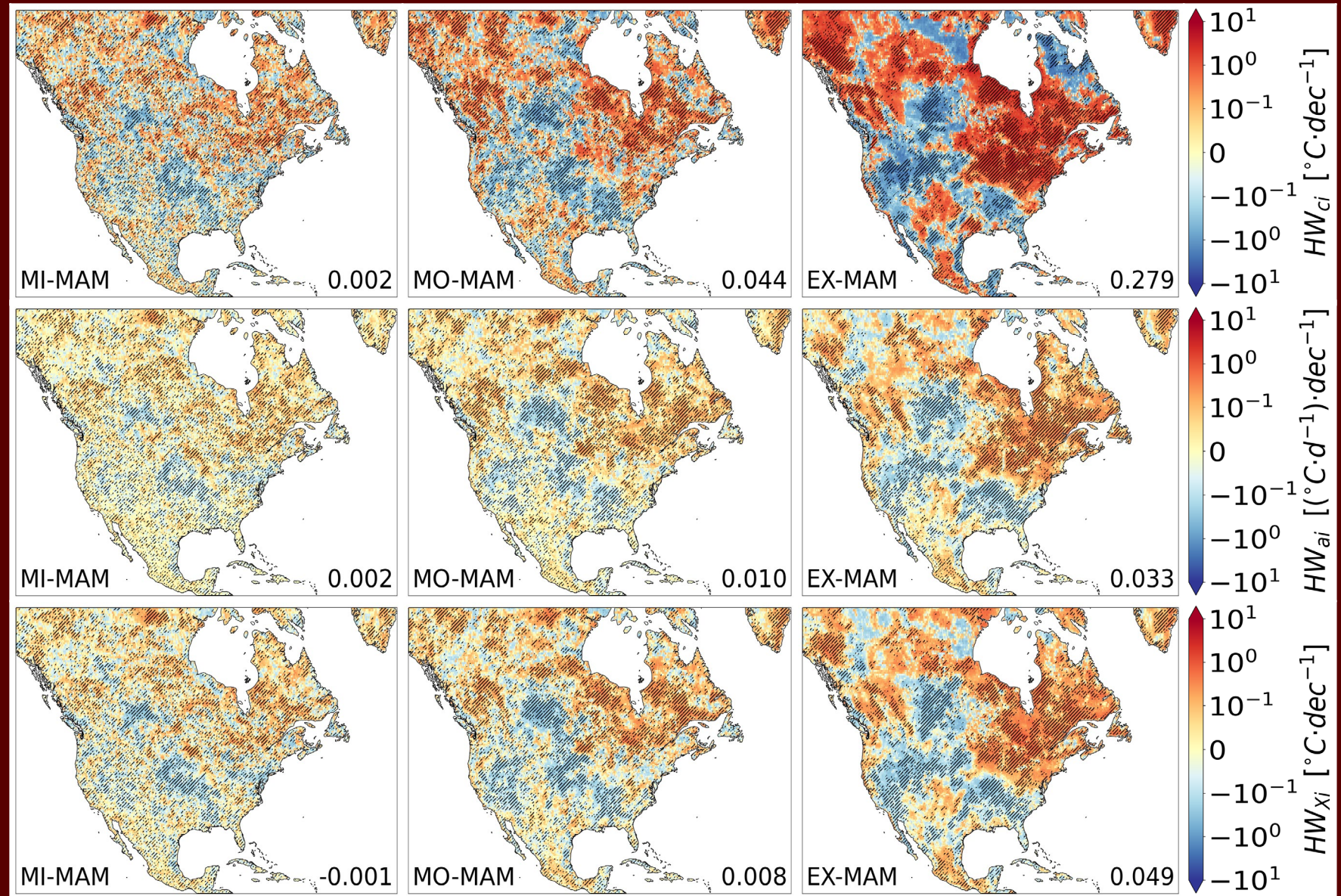
Moyennes climatologiques de l'intensité des vagues de chaleur pour l'automne (SON 1940 - 1969); moyenne du continent dans coin inférieur droit

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



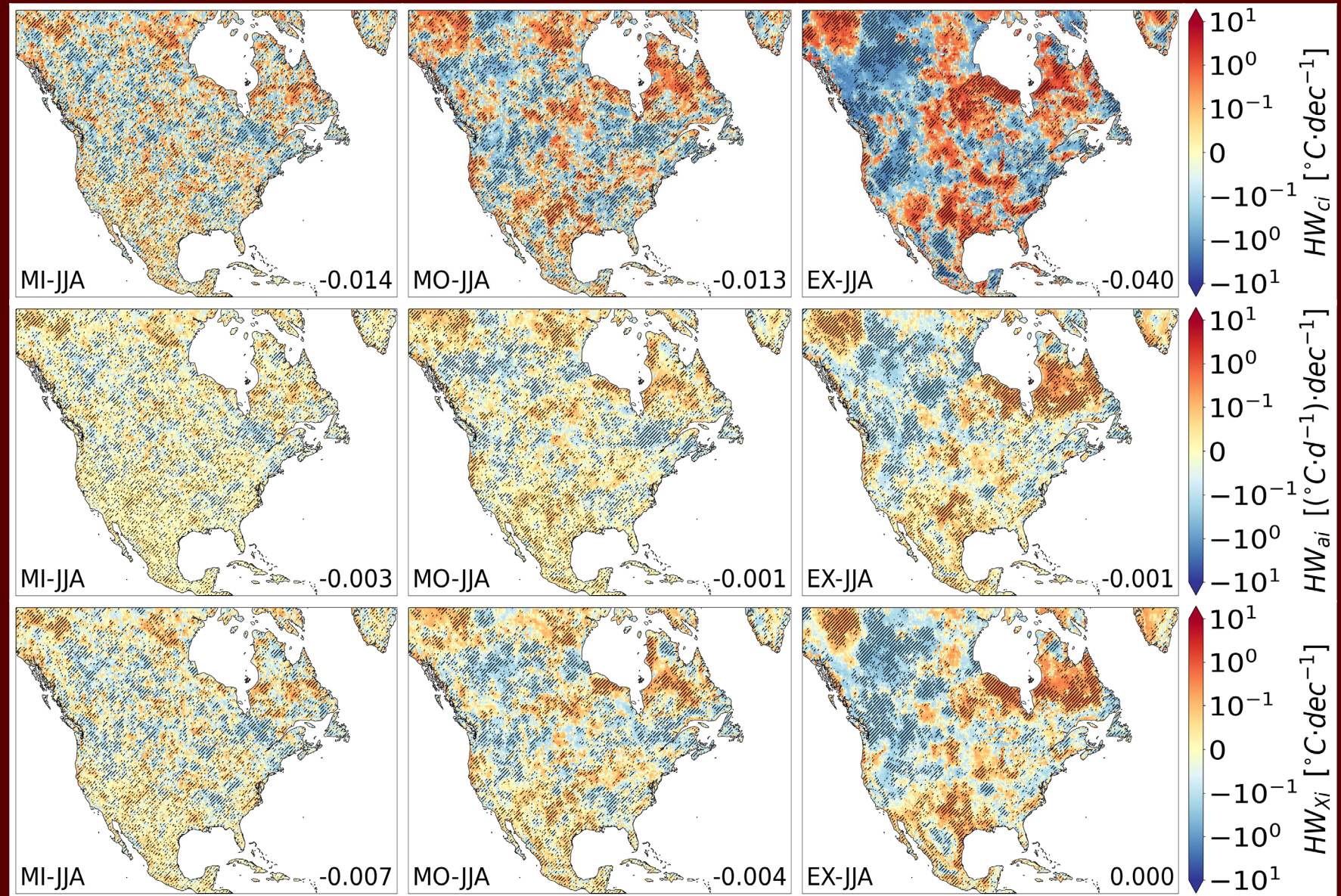
Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour l'hiver (DJF, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit

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



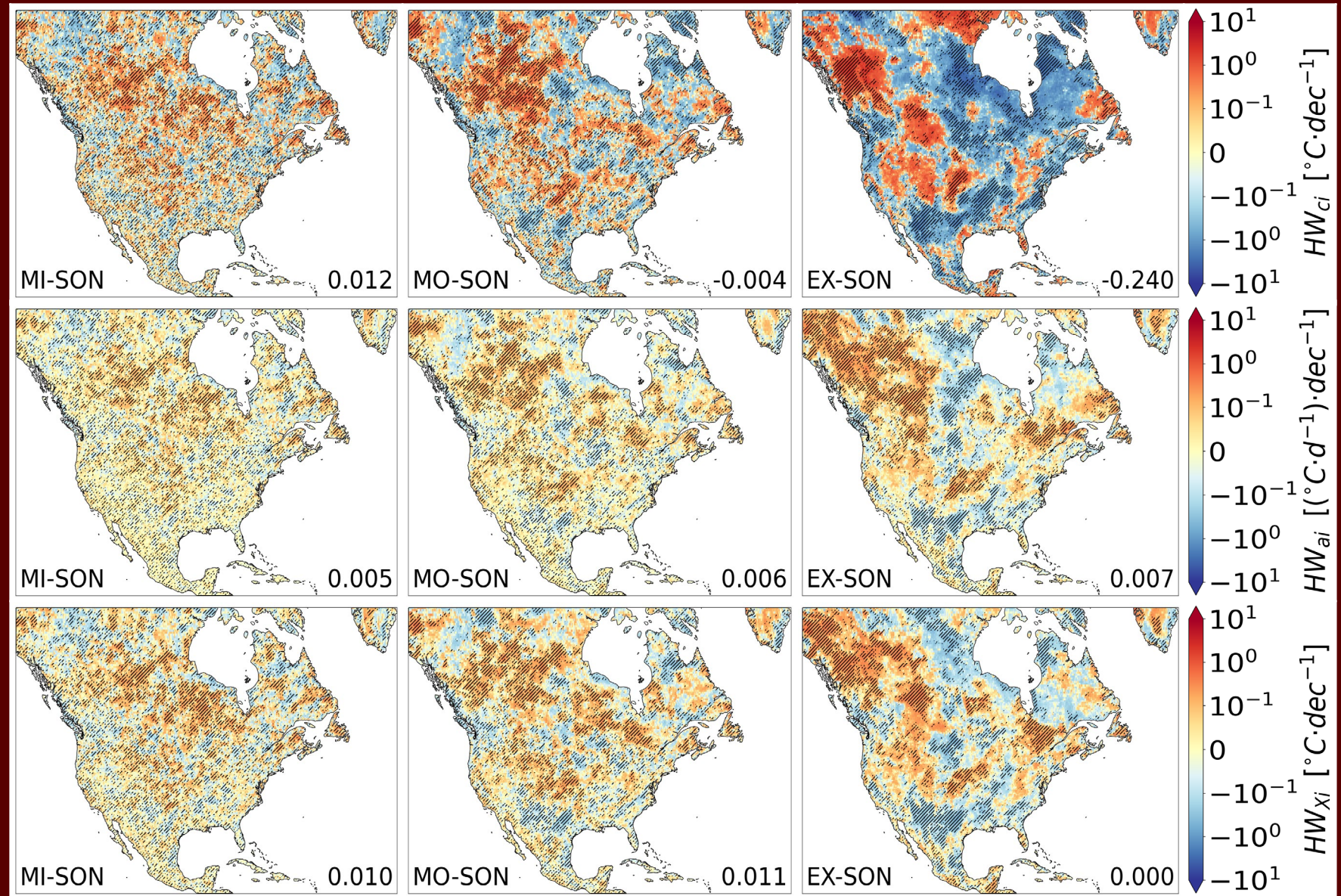
Moyennes de la tendance de l'intensité des vagues de chaleur pour le printemps (MAM, 1940 - 2019); tendances statistiquement significatives sont hachurées; moyenne du continent dans coin inférieur droit

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