CREATE

Centre de Recherche en économie de l'Environnement,
de l'Agroalimentaire, des Transports et de l'Énergie

UNIVERSITÉ LAVAL

Note de recherche | Research Brief

Rendements des grains au Québec face aux changements climatiques : quels impacts à l'horizon 2100 ?

Sefako D. Djaman et Lota D. Tamini

22 Novembre 2025

Resume

Au Québec, les changements climatiques sont susceptibles de transformer en profondeur la production des grains. Cette étude analyse l'effet de la température et des précipitations sur les rendements du maïs, du soja, de l'avoine et de l'orge. L'approche repose sur un modèle économétrique. Les projections montrent que le maïs et le soja pourraient connaître des gains de rendement sous les deux scénarios, bien que ces rendements pourraient commencer à diminuer à l'horizon 2070-2100 sous le scénario SSP3-7.0. À l'inverse, l'avoine et l'orge afficheraient des baisses marquées de rendement dans l'ensemble des trajectoires climatiques considérées.

Mise en contexte[i]

Les changements climatiques représentent un enjeu majeur à l'échelle mondiale, avec des répercussions directes sur l'agriculture (Lobell et al., 2011). Le Québec connaît depuis les années 1960 une hausse marquée de ses températures, surtout minimales et une augmentation des précipitations extrêmes (Ouranos, 2015; Vincent et al., 2015). Les projections indiquent, d'ici 2100, un réchauffement de 2 à 4°C au sud et jusqu'à 10°C au nord, avec plus de pluies hivernales et printanières mais des incertitudes pour l'été et l'automne (Ouranos, 2015). Ces changements pourraient allonger la saison de croissance et favoriser le maïs et le soja, mais fragiliser les cultures de climat frais comme l'orge ou le blé. Cette note de recherche présente les résultats des analyses l'influence des changements climatiques sur la production de maïs, soja, avoine et orge au Québec.

Approche methodologique et donnees

Démarche d'analyse

L'approche adoptée s'inspire des travaux de Lu et al. (2018) et Miao et al. (2016) et repose sur un modèle économétrique de panel à effets fixes reliant le rendement moyen par culture et par région aux variables climatiques. Ces dernières incluent les degrés-jours de croissance (GDD), leur carré pour capter les effets non linéaires, ainsi que les précipitations mensuelles durant la saison de croissance. Les seuils de température retenus proviennent de la littérature (Schlenker & Roberts, 2009; Robertson et al., 2013). Les coefficients estimés sont utilisés pour faire des projections de l'effet des variables climatiques sur les rendements.

Les analyses sont effectuées à l'échelle des régions administratives. Pour le Québec, les résultats sont ensuite agrégés à l'échelle provinciale à l'aide de pondérations basées sur la part de chaque région dans la production observée sur la période de référence (1991-2021). Un indice de rendement base 100 a ensuite été calculé pour chaque année, en prenant comme référence la moyenne observée sur la période de 1991-2021. Cet indice permet de comparer l'évolution relative des cultures à travers le temps et selon les scénarios climatiques.

Données

Les données historiques de rendement et de climat couvrent la période 1991-2021, pour les principales régions agricoles du Québec. Les données climatiques proviennent de la plateforme PAVICS-Ouranos[ii] basée sur les réanalyses ERA5-Land[iii]. Les données de rendement proviennent de l'Enquête annuelle sur les grandes cultures de l'Institut de la statistique du Québec[iv]. Les cultures étudiées sont le maïs-grain, le soja, l'avoine et l'orge qui représentent l'essentiel de la filière des grains au Québec. Pour les projections, les variables climatiques sont issues du modèle CanESM5 (CMIP6), reconnu pour sa capacité à simuler le climat des latitudes nordiques. Deux scénarios sont retenus : SSP2-4.5 (émissions modérées) et SSP3-7.0 (émissions élevées).[v]

Effets des variables meteorologiques sur les rendements historiques (1991-2021)

Les résultats montrent que le maïs et le soja présentent une relation non linéaire avec la chaleur accumulée au cours de la saison de croissance. Les degrés-jours de croissance (GDD) exercent un effet positif et significatif sur leurs rendements, avec un niveau optimal estimé à environ 1820 GDD pour le maïs et 1580 GDD pour le soja. Aux valeurs moyennes observées dans l'échantillon, une hausse de 1 % des GDD se traduit par une augmentation moyenne de 0,66 % du rendement du maïs et de 0,57 % pour le soja. En revanche, les céréales comme l'avoine et l'orge, réagissent négativement à la chaleur : chaque degré-jour supplémentaire réduit leur rendement d'environ 0,001 tonne par hectare. Les précipitations influencent également la productivité, mais de façon variable selon les cultures et les périodes. Pour le maïs, seules les pluies de juillet ont un effet positif notable (0,16 t/ha). Le soja

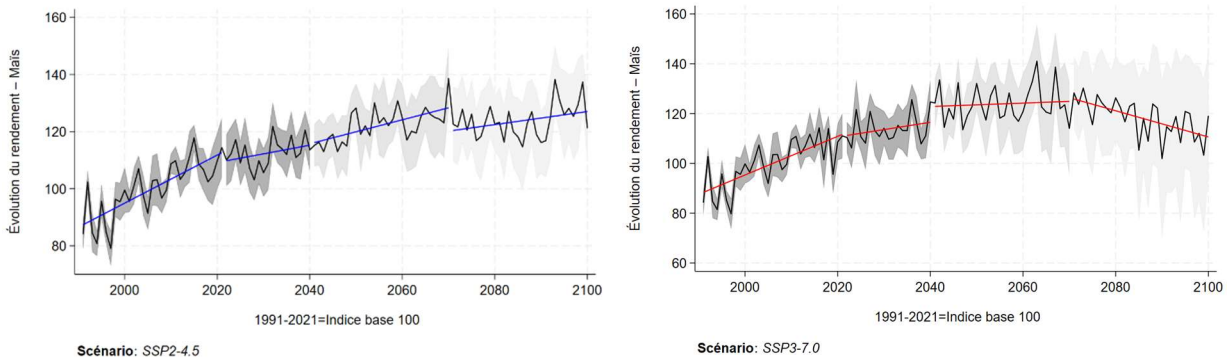
réagit positivement aux précipitations d'été, notamment entre juin et septembre, mais négativement aux pluies excessives de mai. À l'inverse, pour l'avoine et l'orge, les excès d'eau au printemps et en été réduisent significativement les rendements.

Pour le Quebec, comment reagiront les rendements des grains aux conditions climatiques futures ?

Les résultats, présentés aux Figures 1 à 4 illustrent l'évolution projetée des rendements du maïs, du soja, de l'avoine et de l'orge aux conditions climatiques futures au Québec, exprimés sous forme d'indice base 100 pour la période de référence 1991-2021. Les courbes noires représentent les rendements simulés à partir des conditions climatiques futures, tandis que les lignes de tendance (en bleu pour le scénario SSP2-4.5 et en rouge pour le scénario SSP3-7.0) traduisent les trajectoires moyennes observées sur trois horizons temporels : 2022-2040 et 2041-2070, 2070-2100.

Maïs-grain

Les rendements affichent une tendance globalement haussière dans les deux scénarios, mais avec des écarts croissants selon le niveau d'émissions (Figure 1). Sous le scénario SSP2-4.5, les rendements augmenteraient de 13 % entre 2022-2040, de 22 % entre 2041-2070, puis de 24 % à l'horizon 2100, par rapport à la période de référence (Figure 1a). Dans le scénario SSP3-7.0, la hausse serait initialement comparable 14 % d'ici 2040 et 24 % entre 2041-2070 mais tendrait à ralentir en fin de siècle, avec un gain limité à 18 %, traduisant une incertitude accrue et un effet moins soutenu des conditions climatiques sur la productivité (Figure 1b).

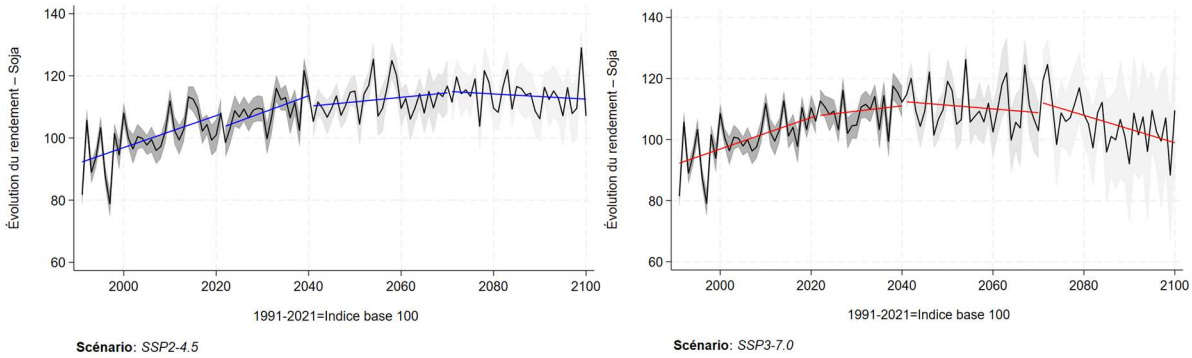


(a) (b)

Figure 1 : Projection de l'évolution du rendement du maïs sous différents scénarios climatiques.

Soja

Pour le soja (Figure 2), sous SSP2-4.5, les rendements progresseraient de 9 % d'ici 2040, de 12 % à l'horizon 2070, puis de 14 % à la fin du siècle (Figure 2a). Sous SSP3-7.0 (Figure 2b), la croissance est similaire jusqu'en 2070 (9 % puis 11 %), avant de se stabiliser avec un gain limité à 5 % entre 2071-2100 reflétant les effets croissants des stress thermiques et de la variabilité pluviométrique.



(a) (b)

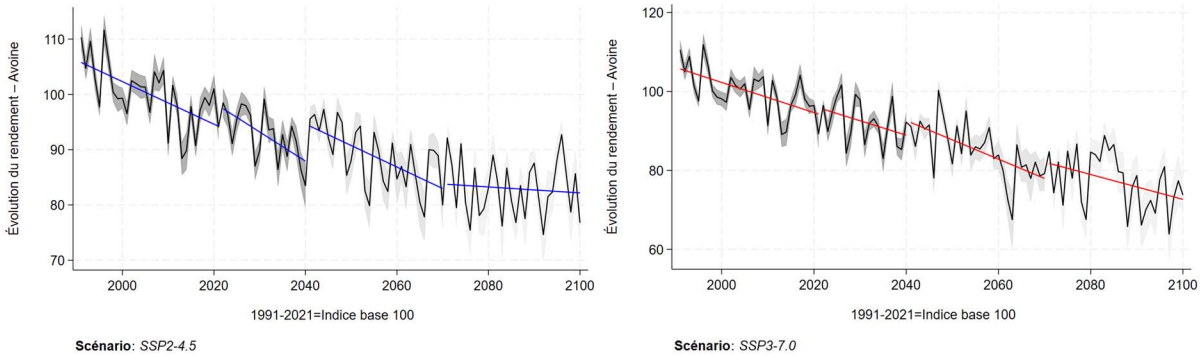
Figure 2 : Projection de l'évolution du rendement du soja sous différents scénarios climatiques.

Avoine et orge

L'avoine et l'orge enregistrent une détérioration progressive des rendements dans les deux scénarios (Figures 3 et 4).

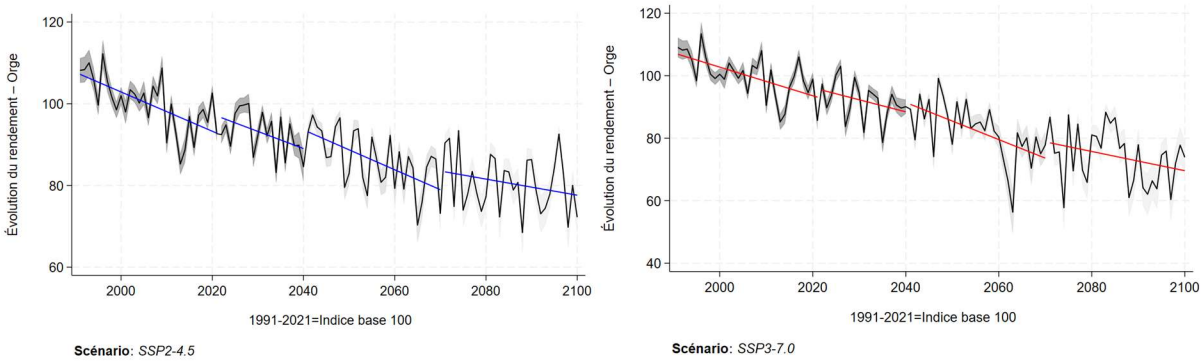
Pour l'avoine, la baisse serait de 7 % entre 2022-2040, de 11 % entre 2041-2070, et atteindrait 17 % à l'horizon 2100 sous SSP2-4.5, contre 8 %, 15 % et 23 % respectivement sous SSP3-7.0 (Figure 3a,4a).

Les projections pour l'orge suivent une trajectoire similaire : une diminution de 7 % à 20 % sous SSP2-4.5, et de 8 % à 26 % sous SSP3-7.0, avec un indice moyen tombant à 74. Ces cultures de climat frais apparaissent donc particulièrement vulnérables, leur productivité se détériorant à mesure que les températures augmentent.



(a) (b)

Figure3 : Projection de l'évolution du rendement de l'avoine sous différents scénarios climatiques.



(a) (b)

Figure 1 : Projection de l'évolution du rendement de l'orge sous différents scénarios climatiques.

HETEROGENEITE REGIONALE

Les figures 5 à 12 présentées ci-dessous illustrent les projections des rendements effectuées à l'échelle des régions administratives du Québec. Elles permettent de visualiser les différences spatiales dans la réaction des cultures aux scénarios climatiques considérés.

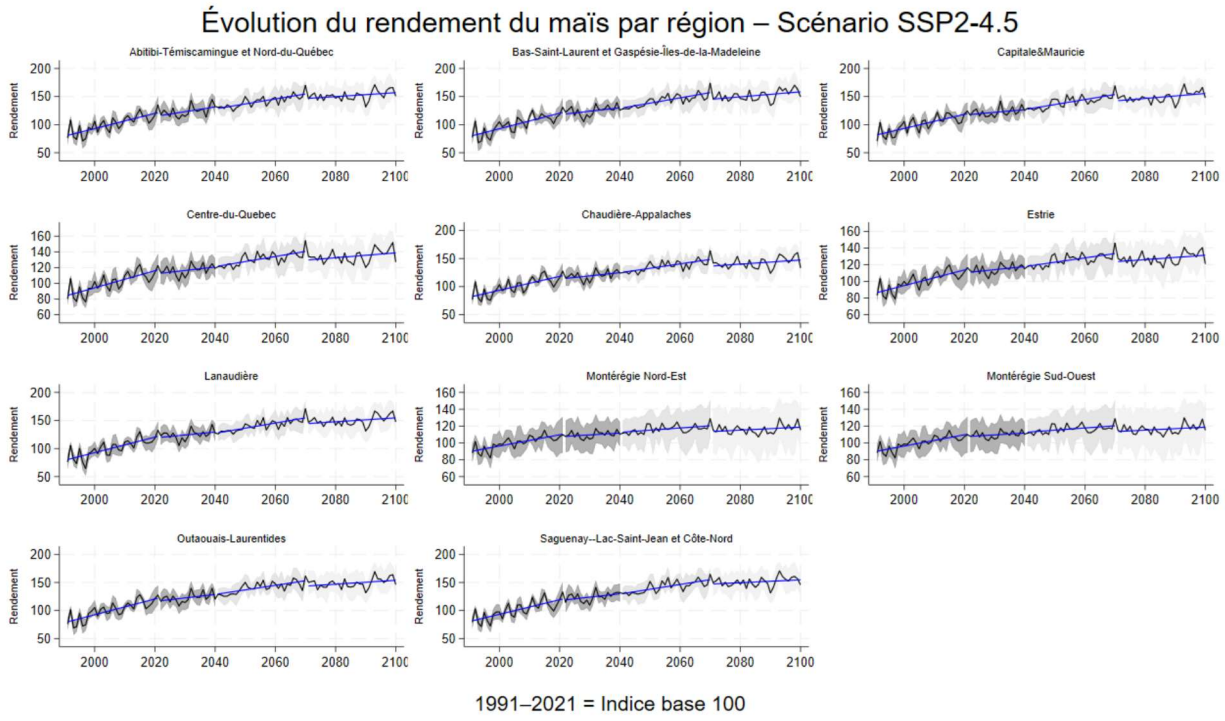


Figure 5 : Projection de l'évolution du rendement du maïs par région sous le scénario SSP2-4.5.

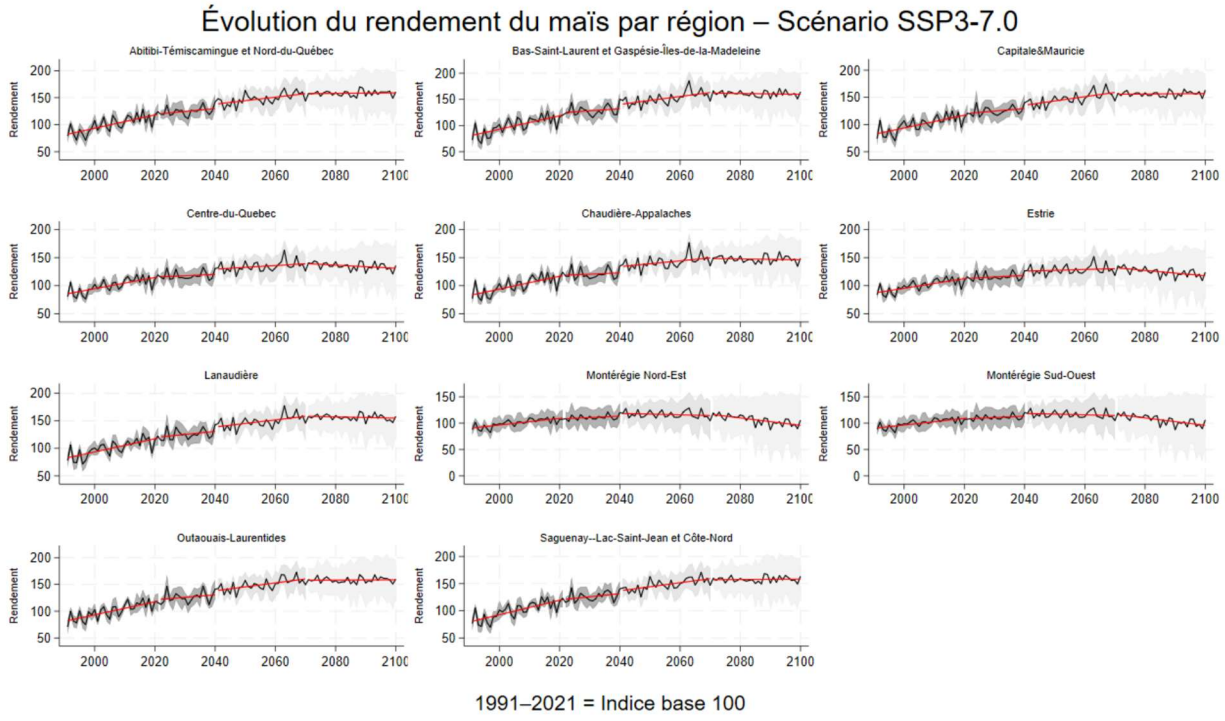


Figure 6 : Projection de l'évolution du rendement du maïs par région sous le scénario SSP3-7.0.

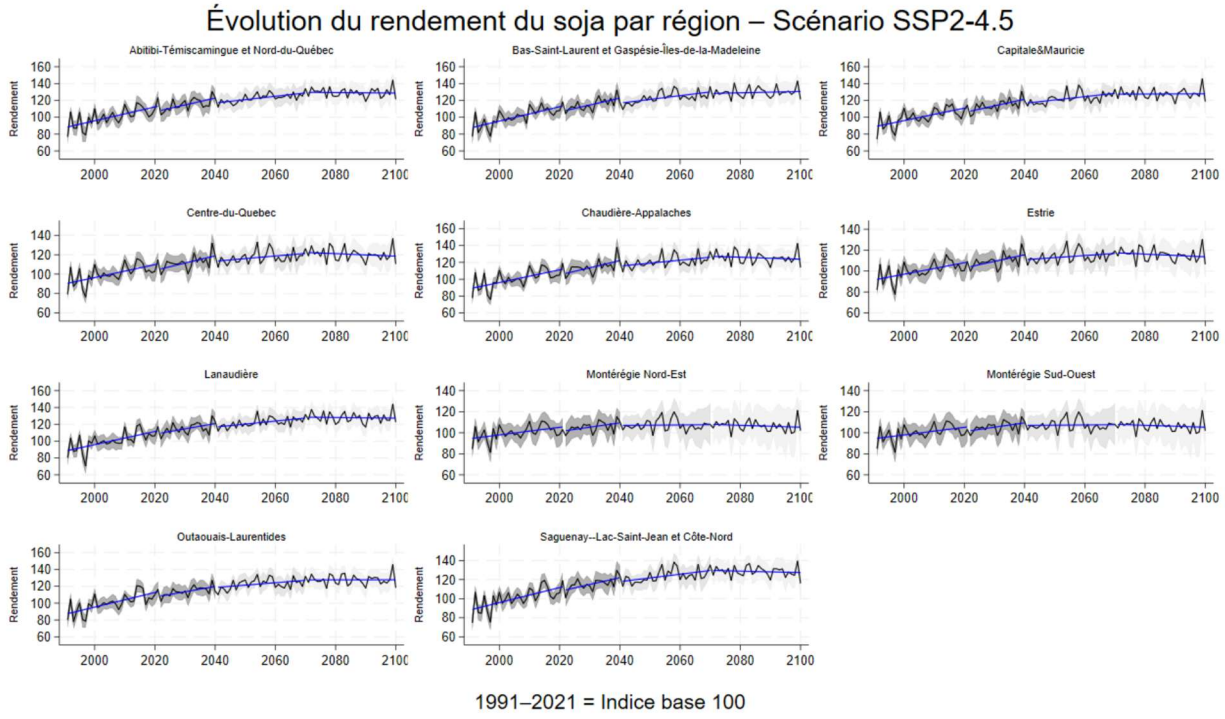


Figure 7 : Projection de l'évolution du rendement du soja par région sous le scénario SSP2-4.5.

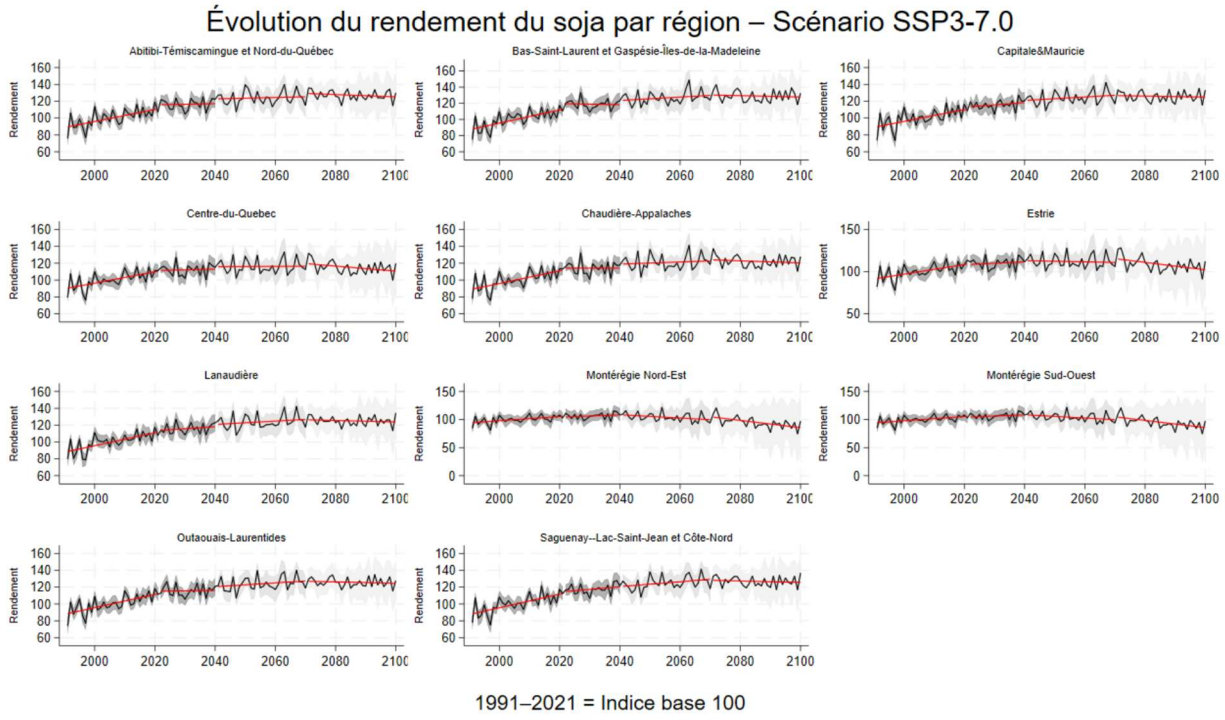


Figure 8 : Projection de l'évolution du rendement du soja par région sous le scénario SSP3-7.0.

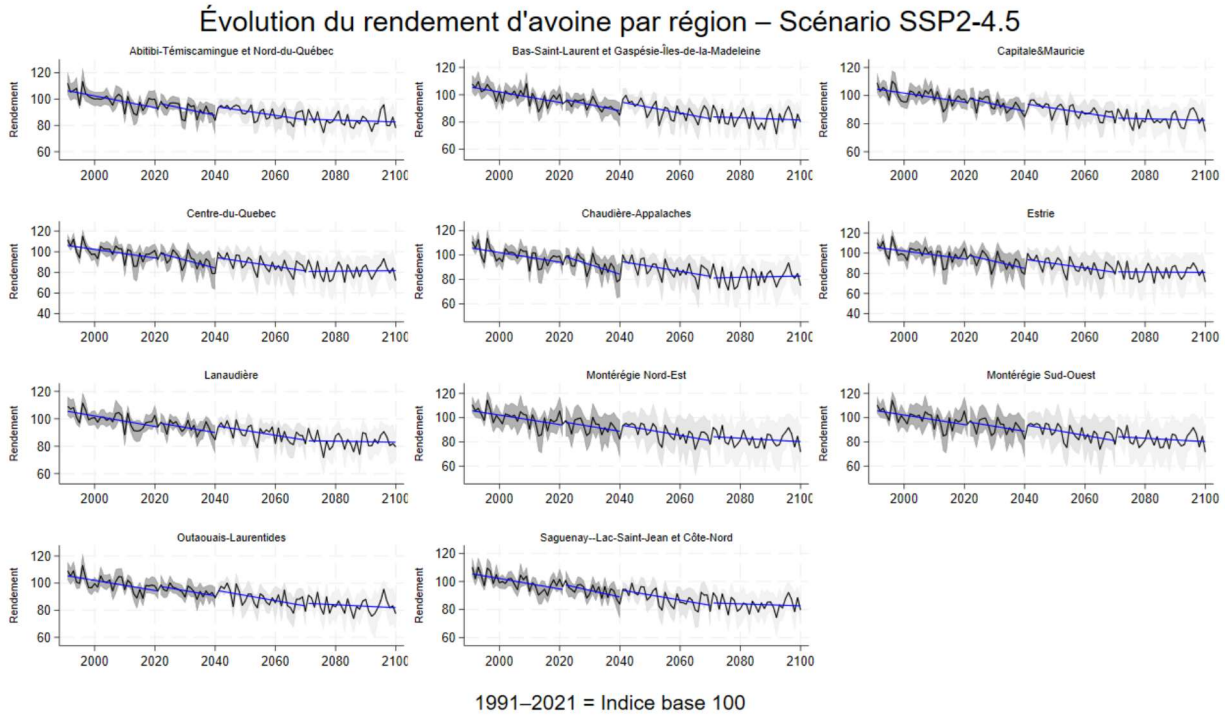


Figure 9 : Projection de l'évolution du rendement d'avoine par région sous le scénario SSP2-4.5.

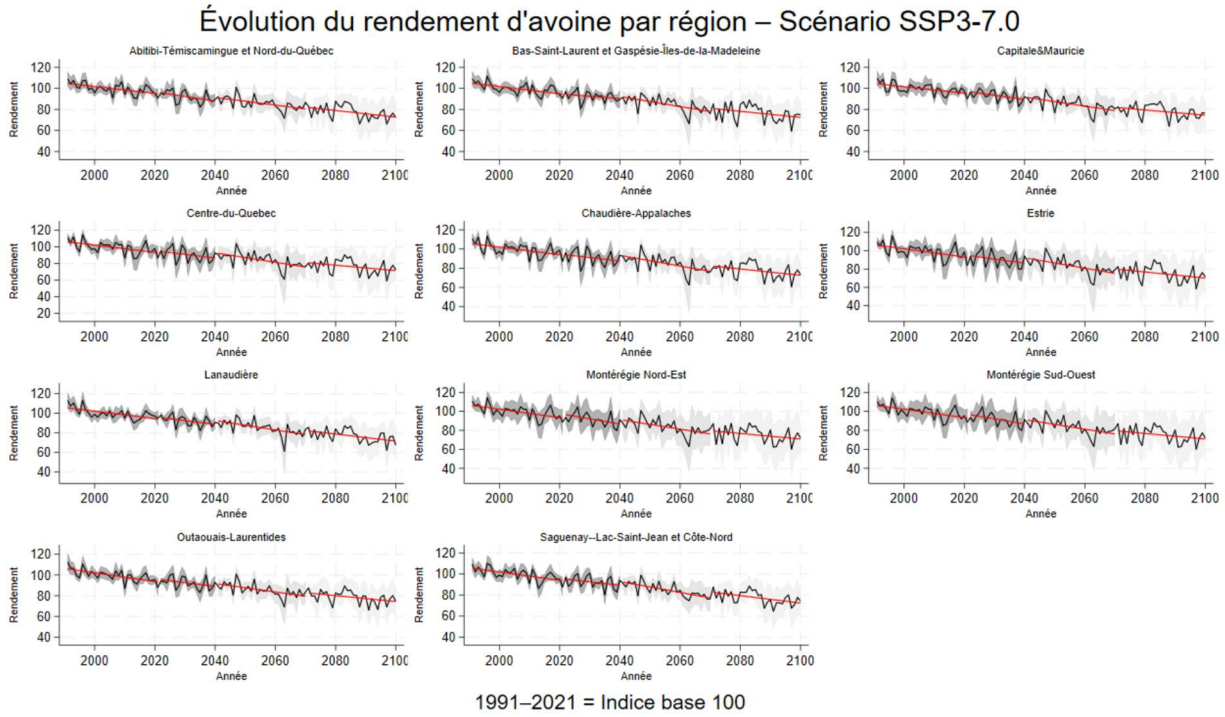


Figure 10 : Projection de l'évolution du rendement d'avoine par région sous le scénario SSP3-7.0.

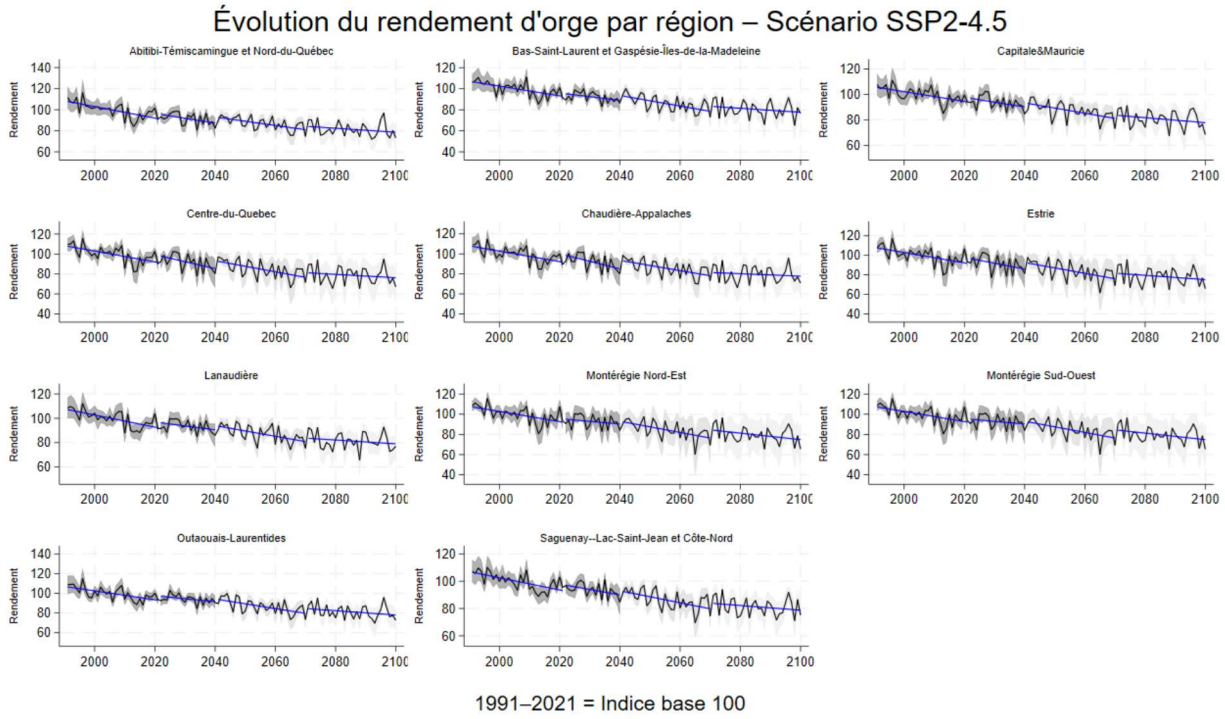


Figure 11 : Projection de l'évolution du rendement de l'orge par région sous le scénario SSP2-4.5.

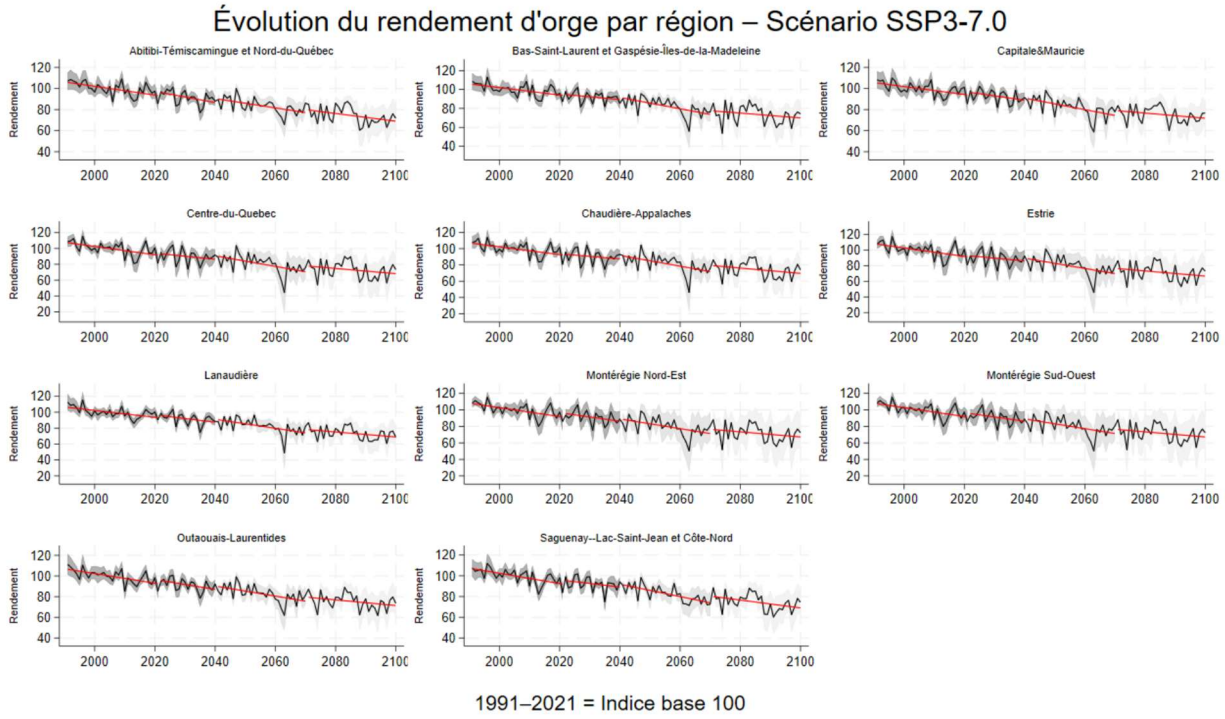


Figure 12 : Projection de l'évolution du rendement de l'orge par région sous le scénario SSP3-7.0.

Conclusion

Les résultats montrent que les changements climatiques auront des effets contrastés sur les rendements des grains au Québec. Le maïs et le soja profiteraient globalement du réchauffement grâce à une accumulation accrue des degrés-jours de croissance, surtout à court et moyen terme, tandis que l'avoine et l'orge, plus adaptées aux climats frais, subiraient une baisse progressive de productivité. Toutefois, l'ampleur de ces impacts dépend fortement du scénario d'émissions : un réchauffement modéré (SSP2-4.5) permettrait de limiter les pertes et de soutenir les gains, alors qu'un scénario plus pessimiste (SSP3-7.0) accentuerait la variabilité et la vulnérabilité des cultures. Ces résultats soulignent la nécessité de renforcer les stratégies d'adaptation pour maintenir la résilience du secteur céréalier québécois face aux incertitudes climatiques à venir.

Références bibliographiques

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, *333*(6042), 616–620. https://doi.org/10.1126/science.1204531

Lu, W., Adamowicz, W., Jeffrey, S. R., Goss, G. G., & Faramarzi, M. (2018). Crop Yield Response to Climate Variables on Dryland versus Irrigated Lands. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*, *66*(2), 283–303. https://doi.org/10.1111/cjag.12149

Miao, R., Khanna, M., & Huang, H. (2016). Responsiveness of Crop Yield and Acreage to Prices and Climate. *American Journal of Agricultural Economics*, *98*(1), 191–211. https://doi.org/10.1093/ajae/aav025

Ouranos. (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos. 415 p.* (p. 415).

Robertson, S. M., Jeffrey, S. R., Unterschultz, J. R., & Boxall, P. C. (2013). Estimating yield response to temperature and identifying critical temperatures for annual crops in the Canadian prairie region. *Canadian Journal of Plant Science*, *93*(6), 1237–1247. https://doi.org/10.4141/cjps2013-125

Schlenker, W., & Roberts, M. J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(37), 15594–15598. https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106

Vincent, L. A., Zhang, X., Brown, R. D., Feng, Y., Mekis, E., Milewska, E. J., Wan, H., & Wang, X. L. (2015). Observed Trends in Canada's Climate and Influence of Low-Frequency Variability Modes. *Journal of Climate*, *28*(11), 4545–4560. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00697.1

À PROPOS DES AUTEURS

Sefako Dorlote Djaman a réalisé cette étude dans le cadre de son mémoire. Elle est auxiliaire de recherche au département d'économie agroalimentaire et des sciences de la consommation (DEAC) et membre du CREATE, Université Laval. sefako-dorlote.djaman.1@ulaval.ca

Lota D. Tamini est professeur titulaire au DEAC et membre du CREATE, Université Laval. Il est Fellow du CIRANO. ldtam@ulaval.ca.

À PROPOS DU CREATE

Le Centre de Recherche en économie de l'Environnement, de l'Agroalimentaire, des Transports et de l'Energie (CREATE), Université Laval, rassemble des chercheurs analysant, avec des perspectives complémentaires, la mise en œuvre économique du développement durable. Les thématiques et enjeux socio-économiques traités touchent entre autres à l'environnement, l'énergie, l'agroalimentaire, les transports, ainsi qu'au développement des pays industrialisés et des économies en développement. Pour vous inscrire à la liste d'envoi écrire à CREATE@ulaval.ca

SUGGESTION DE CITATION

Djaman, S.D. & Tamini, L.D. (2025). Rendements des grains au Québec face aux changements climatiques : quels impacts à l'horizon 2100 ? CREATE, Note de Recherche, R-2025-07, 1-11.

---

[i] Cette recherche a été réalisée grâce à la subvention du Fonds de recherche du Québec - Société et culture dans le cadre du l'Action concertée - Programme de recherche sur les impacts économiques des changements climatiques réalisée en partenariat avec le Ministère de l'Environnement de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. Les avis émis dans cette note de recherche n'engagent que les auteurs.

[ii] https://pavics.ouranos.ca

[iii] https://doi.org/10.24381/cds.50314f4c

[iv] https://statistique.quebec.ca/fr/document/superficie-des-grandes-cultures-rendement-a-lhectare-et-production-par-regroupement-de-regions-administratives

[v] SSP2-4.5 et SSP3-7.0 sont des trajectoires socio-économiques utiliser pour projeter le climat sous différents contextes d'émission des GES. https://climatedata.ca/resource/understanding-shared-socio-economic-pathways-ssps/