



OBSERVATOIRE
DE LA GESTION INTÉGRÉE
DE L'ESPACE PUBLIC URBAIN



Adaptation du déneigement face aux changements climatiques dans les villes du sud du Québec

Résumé du mandat

Frédéric Richard, Étudiant à la maîtrise
Dép. des sciences de la Terre et de l'atmosphère, UQAM
Encadré par le professeur Philippe Lucas-Picher

UQÀM

Département des sciences
de la Terre et de l'atmosphère



UQÀM



Mandat de recherche lancé par l'Observatoire de la gestion intégrée de l'espace public urbain du CERIU et financé par :

5 partenaires fondateurs de l'Observatoire



9 partenaires de l'Observatoire



Travaux de recherche menés par

UQÀM

UQÀM | Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère



Soutien financier de 



Justification du mandat de recherche

- Comment une municipalité peut-elle se préparer face à un **climat changeant** ?
- À quel type de **tempêtes** les villes étaient-elles confrontées par le **passé** et à quelle situation feront-elles face **demain** ?
- De quelle façon le climat va-t-il évoluer en termes d'épisodes de **verglas**, de **redoux**, etc
- Comment adapter ses **opérations de déneigement/déglacage** ?

Plan de recherche

1. Analyse de l'évolution du climat du sud du Québec lors des 30 dernières années
2. Analyse du climat futur du sud du Québec issu d'une projection climatique
3. Analogie climatique du climat futur simulé
4. Mesures d'adaptation

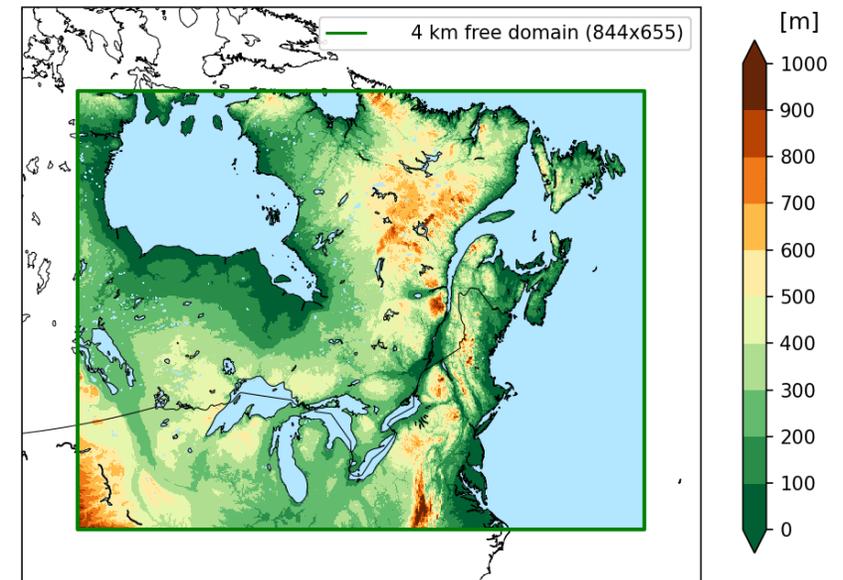


Modèle climatique

- **Simulation climatique** produite par le Modèle Régional Canadien du Climat (MRCC6) forcée aux frontières latérales par la réanalyse ERA5 sur la période 1988-2021 pour une résolution de 4 km; Basé sur le modèle de prévision numérique d'environnement et changement climatique Canada ; 6^{ième} version du modèle développé par l'UQAM (Centre ESCER)
- **Évaluation des tendances historiques** à une échelle locale pour les différentes villes (comparaison de deux périodes de 10 ans)

ERA5

- ERA5 est la dernière réanalyse produite par le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT)





Analyse climatique historique



Variable climatique pour Montréal	[2012-2021] – [1988-1997] (Montréal)
Température hivernale moyenne	Augmentation d'environ 1,0 à 1,25 °C
Précipitations liquides hivernales	Augmentation de 20 à 30 mm
Accumulation de neige annuelle	Diminution de 20 à 30 cm au sud de Montréal
Nombre de jours de redoux	Augmentation de 3 à 6 jours annuels
Verglas annuel	Augmentation localisée (0 à 10 mm)



1. Modèle

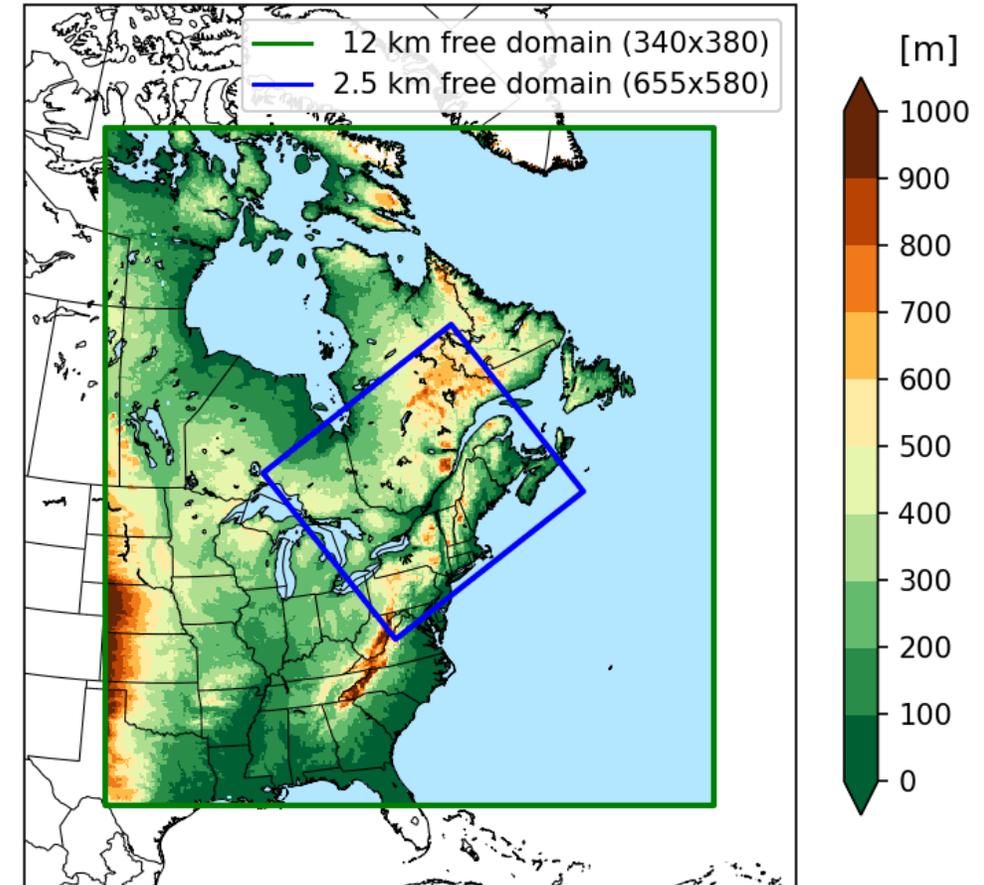
- MRCC6 à 2,5 km de résolution basé sur GEM5 (Global Environment Multi-Scale model utilisé par ECCC pour la prévision numérique du temps)

2. Scénarios et forçages

- SSP3-7.0 (Rivalité régionale avec forte émission)
- Simulation régionale forcée aux frontières par MRCC6 à 12 km et le modèle climatique global CNRM-ESM2-1

3. Périodes simulées

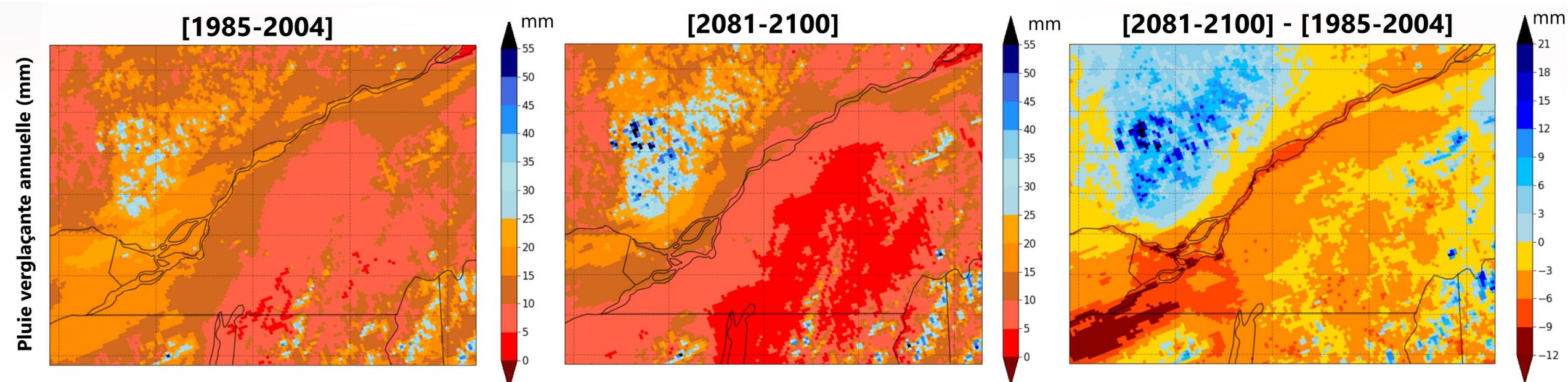
- 1985-2004 : Référence historique
- 2031-2050 : Futur court terme
- 2081-2100 : Futur long terme





Projection climatique future

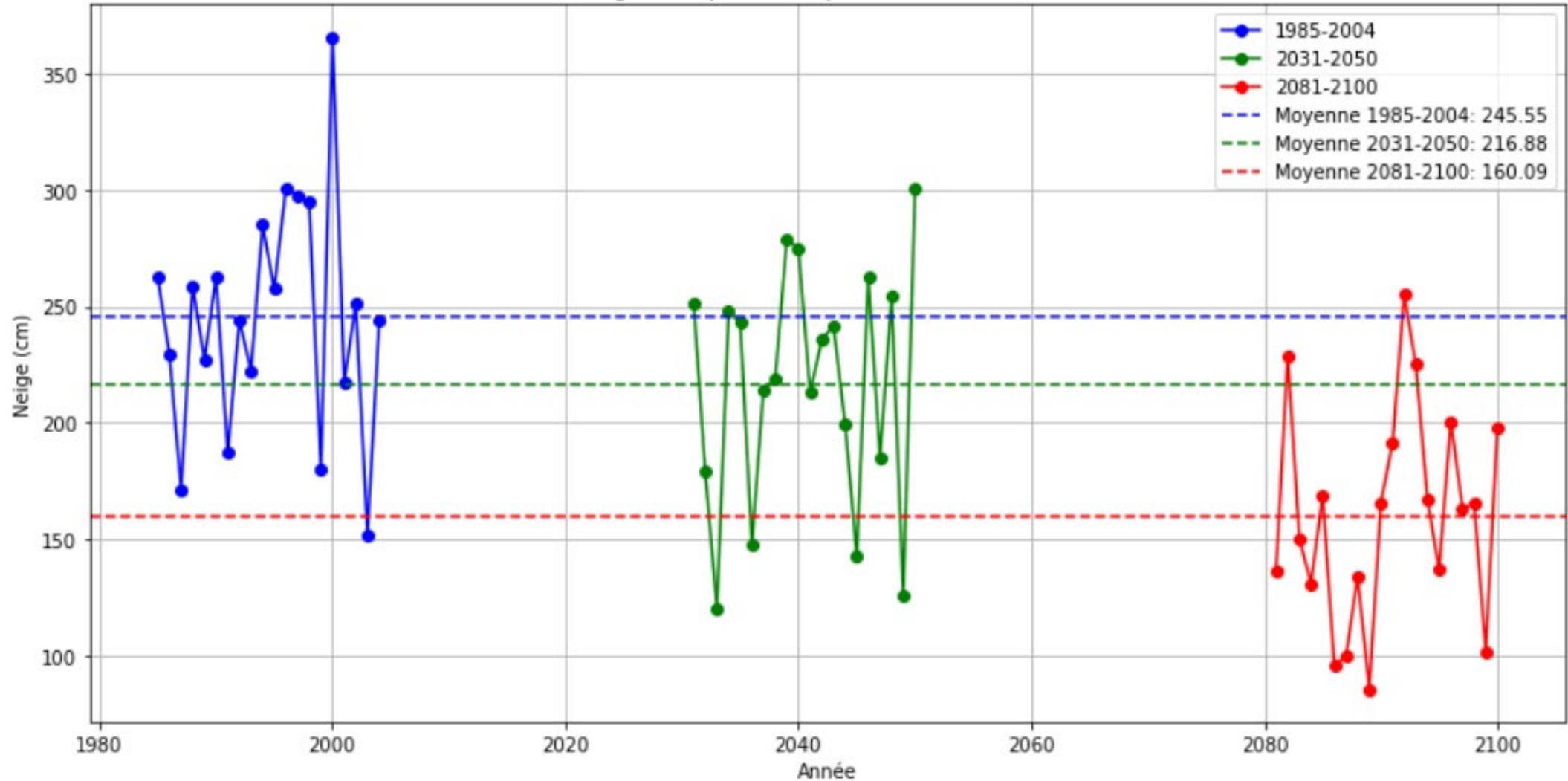
Pluie verglaçante du futur long terme





Projection climatique future

Neige annuelle (Mirabel)





Projection climatique future

Pluie verglaçante

Ville	1985-2004		2031-2050		2081-2100	
	Nombre de jours moyen annuel	Intensité (mm/jour)	Nombre de jours moyen annuel	Intensité (mm/jour)	Nombre de jours moyen annuel	Intensité (mm/jour)
Blainville	5.35 jours/an	3.63 mm/jour	5.3 jours/an	4.05 mm/jour	3.65 jours/an	5.30 mm/jour
Boucherville	3.9 jours/an	4.14 mm/jour	3.6 jours/an	4.30 mm/jour	2.35 jours/an	3.83 mm/jour
Dorval	3.55 jours/an	3.96 mm/jour	3.7 jours/an	4.68 mm/jour	2.1 jours/an	4.13 mm/jour
Laval	3.85 jours/an	4.36 mm/jour	4.25 jours/an	4.18 mm/jour	3.1 jours/an	4.26 mm/jour
Longueuil	3.55 jours/an	3.96 mm/jour	3.7 jours/an	4.68 mm/jour	2.1 jours/an	4.13 mm/jour
Mascouche	4.05 jours/an	3.98 mm/jour	3.9 jours/an	4.19 mm/jour	2.95 jours/an	4.03 mm/jour
Mirabel	5.55 jours/an	3.68 mm/jour	5.55 jours/an	4.16 mm/jour	3.95 jours/an	5.42 mm/jour
Pointe-Claire	3.9 jours/an	4.17 mm/jour	3.9 jours/an	4.75 mm/jour	2.55 jours/an	4.35 mm/jour
Québec	3.45 jours/an	3.25 mm/jour	3.85 jours/an	3.98 mm/jour	2.65 jours/an	3.05 mm/jour
Repentigny	3.85 jours/an	4.18 mm/jour	3.55 jours/an	4.34 mm/jour	2.1 jours/an	4.00 mm/jour
Saint-Jean-sur-Richelieu	3.15 jours/an	3.83 mm/jour	2.7 jours/an	3.42 mm/jour	1.5 jours/an	3.19 mm/jour



Indice de rigueur hivernal : Indice Basé Uniquement sur les Températures (IBUT)

$$IBUT = 0,8325 - 0,0847 \times t + 0,1053 \times d_w + 0,0220 \times d_f + 0,0911 \times d_{vf} + 0,0011 \times S_t$$

Où t = Température moyenne sur une période donnée

d_w = Nombre de jours avec une température moyenne inférieure à 0°C

d_f = Nombre de jours avec une température maximale inférieure à 0°C

d_{vf} = Nombre de jours avec une température maximale inférieure à -10°C

S_t = Somme de la température moyenne inférieure à 0°C

DÉVELOPPEMENT D'UN NOUVEL INDICE DE RIGUEUR HIVERNALE POUR LE QUÉBEC

Projet R870.1

Pr Martin Trépanier, ing., Ph.D.
Amaury Philippe, M. Ing., associé de recherche
Polytechnique Montréal

Josselin Tréhel, M. Env., chargé de projets
Association québécoise des transports (AQTr)

Réalisé pour le compte de la
Direction de l'encadrement et de l'expertise en exploitation du
ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec

Octobre 2023
Rapport final

Définition : Région présentant des caractéristiques climatiques similaires au climat futur d'une autre région

1. Analogie climatique basé sur les précipitations

- Neige annuelle (cm)
- Verglas annuel (mm)
- Pluie hivernale (mm)

$$SED = \sqrt{\left(\frac{X_{\text{verglas}} - X_{\text{ref,verglas}}}{\sigma_{\text{verglas}}}\right)^2 + \left(\frac{X_{\text{neige}} - X_{\text{ref,neige}}}{\sigma_{\text{neige}}}\right)^2 + \left(\frac{X_{\text{pluie hivernale}} - X_{\text{ref,pluie hivernale}}}{\sigma_{\text{pluie hivernale}}}\right)^2}$$

2. Analogie climatique de l'IBUT

$$IBUT = 0,8325 - 0,0847 \times t + 0,1053 \times d_w + 0,0220 \times d_f + 0,0911 \times d_{vf} + 0,0011 \times S_t$$

Où t = Température moyenne sur une période donnée

d_w = Nombre de jours avec une température moyenne inférieure à 0°C

d_f = Nombre de jours avec une température maximale inférieure à 0°C

d_{vf} = Nombre de jours avec une température maximale inférieure à -10°C

S_t = Somme de la température moyenne inférieure à 0°C

(Trépanier et Philippe, 2023)

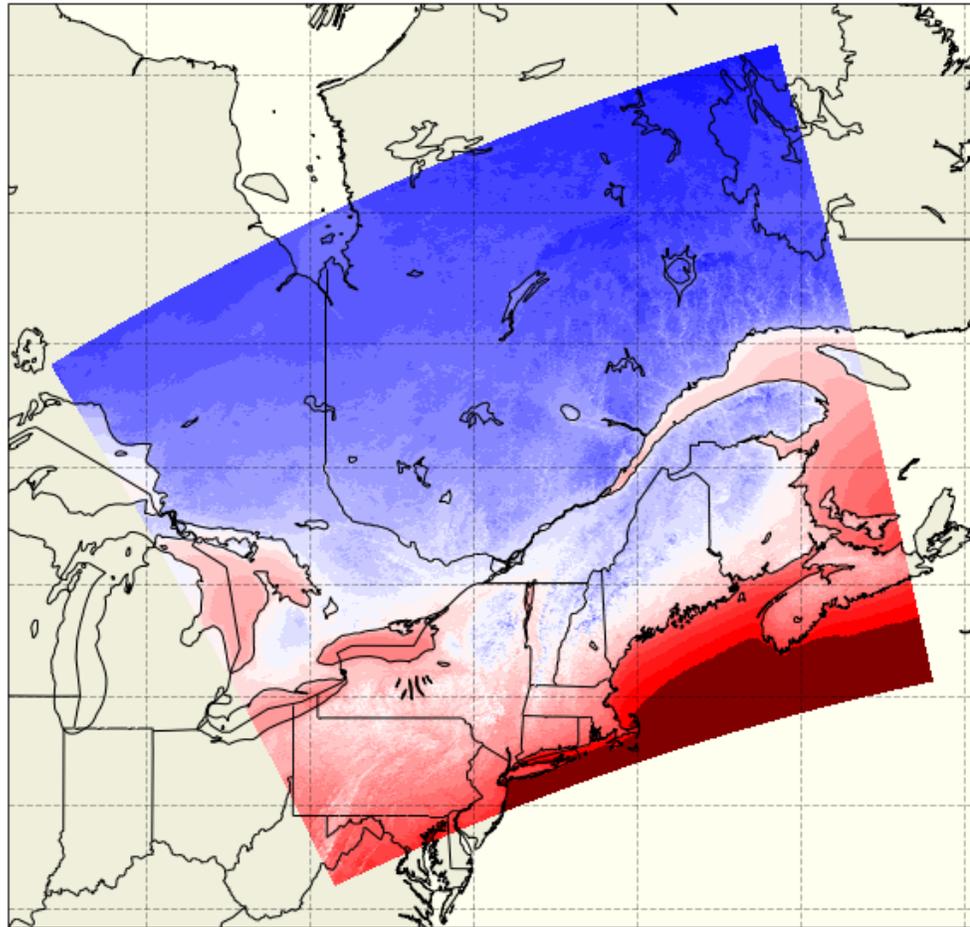




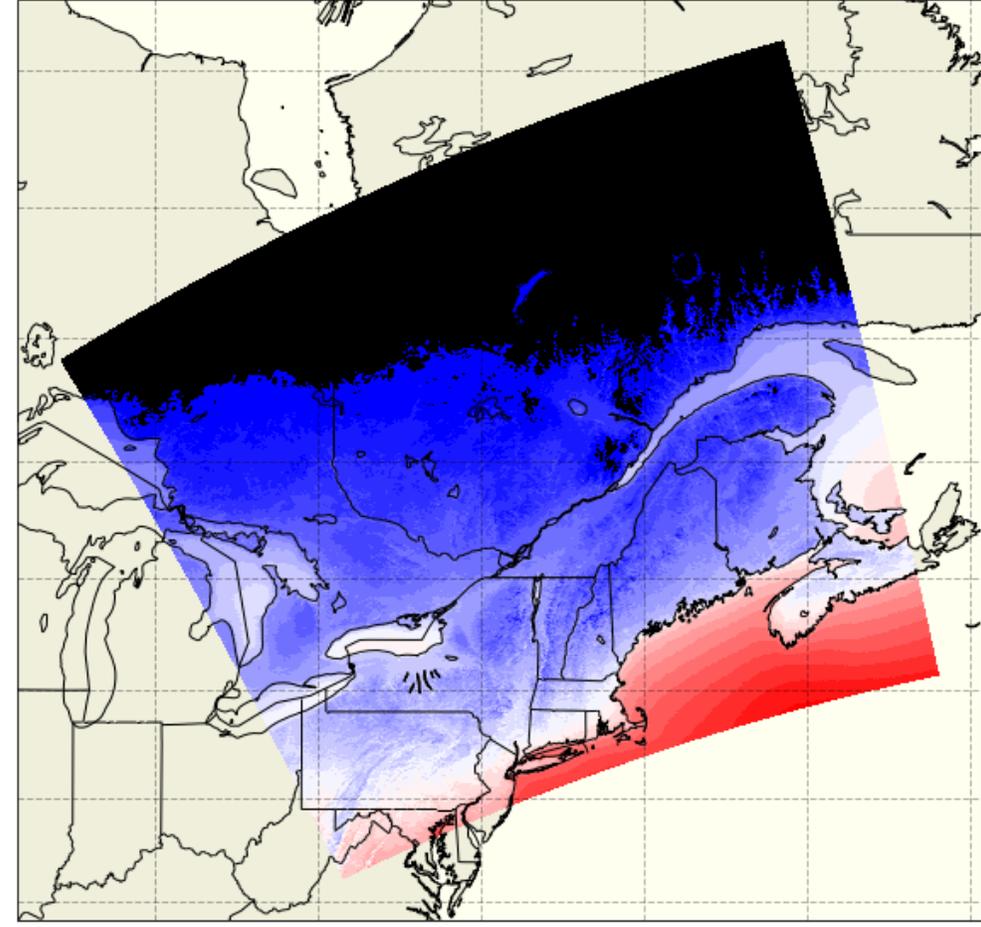
Analogie climatique



Analogie climatique de l'IBUT du futur court terme

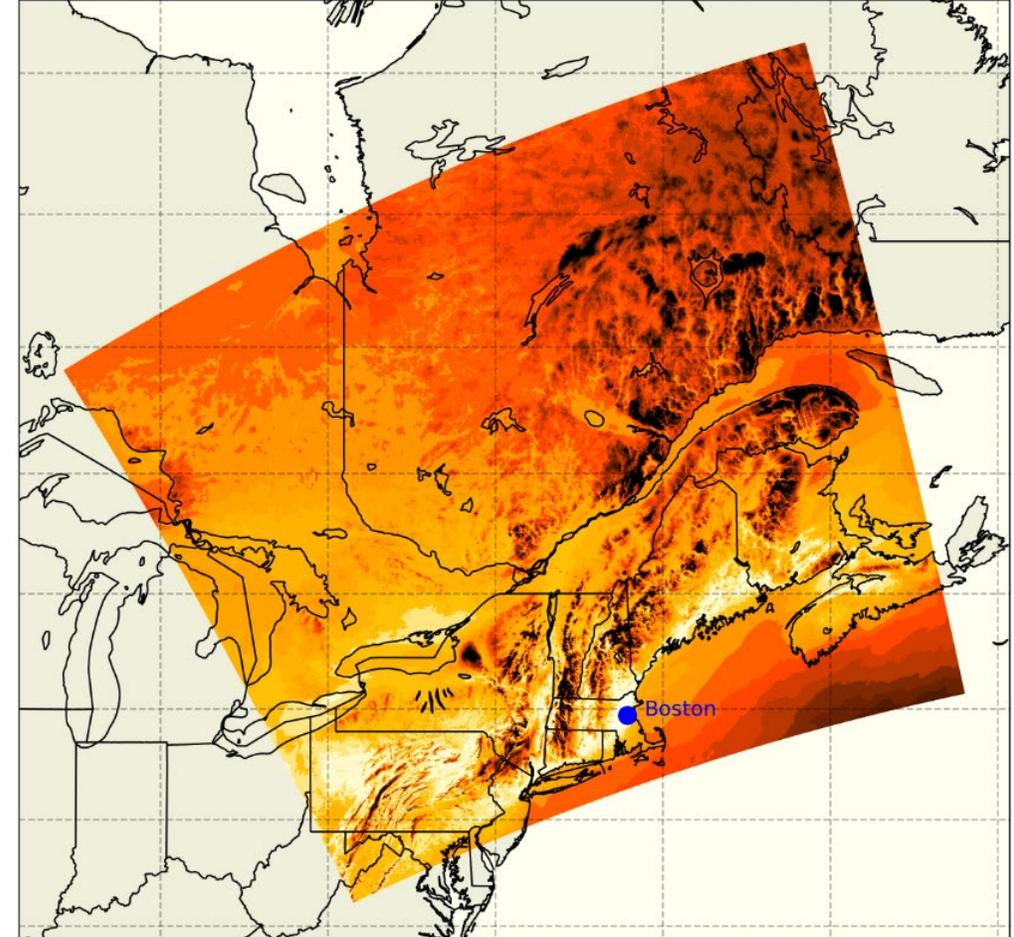
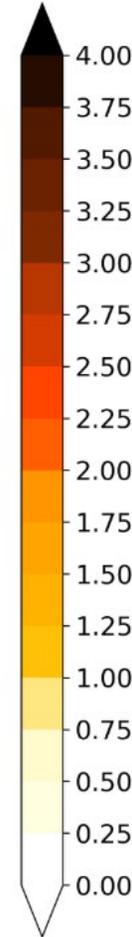
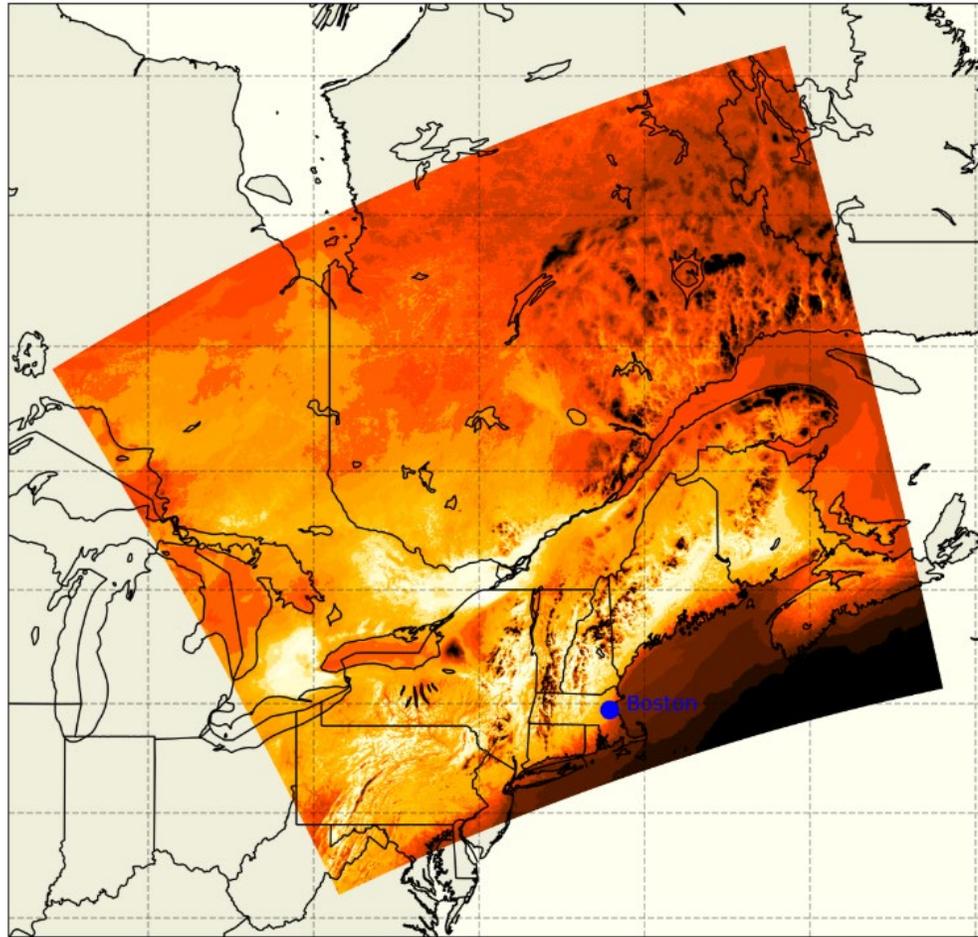


Analogie climatique de l'IBUT du futur long terme



Analogie climatique

Analogie climatique des précipitations du futur court terme Analogie climatique des précipitations du futur long terme



Conclusion

1. Analyse climatique

- Augmentation de la pluie hivernale, réduction de la neige, température plus élevée

2. Intégration d'indice de rigueur hivernale

- Indice Basé Uniquement sur les Températures (IBUT)

3. Analogie climatique

- Boston présente des conditions climatiques similaires au futur long terme de Montréal

Rapport 1

- Revue de littérature sur les mesures d'adaptation des opérations de maintenance routière hivernale à l'échelle mondiale

Rapport 2

- Analyse climatique historique

Rapport 3

- Analyse climatique future

<https://ceriu.qc.ca/bibliotheque/mandat-recherche-observatoire-adaptation-aux-changements-climatiques-du-deneigement>

