

Rapport Synthèse - Annexe 1 : Cartographie des aléas climatiques

DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Juin 2024

DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Annexe 1 du Rapport synthèse Juin 2024

ÉQUIPE DE RÉALISATION :

OURANOS :

Clara Champalle, Sonia Hachem, Diane Chaumont, Ursule Boyer-Villemare, Émilie Bresson, Pascal Bourgault, Eric Dupuis, Travis Logan, Martin Leduc et Raphaël Desjardins

FDC Consultants :

François Delorme et Renaud Gignac

Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) :

Isabelle Falardeau et Louise Laigroz

Association des stations de ski du Québec (ASSQ) :

Gabrielle Larose

MISE EN PAGE :

Ouranos

Titre du projet Ouranos: Diagnostic de la vulnérabilité du système ski québécois aux changements climatiques

Numéro du projet Ouranos: 709200

Citation suggérée : Champalle, C., Falardeau, I., Delorme, F., Gignac, R., Laigroz, L., Hachem, S., Chaumont, D., Boyer-Villemare, U., Bresson, É., Bourgault, P., Dupuis, E., Logan, T., Leduc, M., et Larose, G. (2024). *Annexe 1 du Rapport Synthèse : Diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques*. Rapport présenté à l'Association des stations de ski du Québec et au gouvernement du Québec. Ouranos, Montréal, Canada. 139 p.

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres. Toute utilisation ultérieure du document sera au seul risque de l'utilisateur sans la responsabilité ou la poursuite juridique des auteurs.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier plus particulièrement pour leur collaboration, l'Association des stations de ski du Québec (ASSQ), les stations de ski participantes au projet, ainsi que les membres du comité de suivi : Maurice Couture, Nathalie Dandoy, Anick Guimond, Marc Pons, Charles Séguin et Laurence Coulombe.



Financé par le gouvernement du Québec dans le cadre du Plan d'action pour un tourisme responsable et durable 2020-2025 du ministère du Tourisme.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures	v
Liste des tableaux.....	viii
Liste des abréviations, sigles et acronymes.....	ix
Annexe 1 – Cartographie des aléas climatiques pour le projet de diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques.....	1
1. Cartographie des aléas climatiques prioritaires hivernaux	2
1.1 Choix des indicateurs climatiques prioritaires.....	2
1.2 Aire d'étude et agrégation des régions.....	2
1.3 Données climatiques.....	5
1.3.1 Sélection de modèles climatiques et scénarios d'émission de GES.....	6
1.4 Horizons temporels et filtrage spatial	8
1.5 Quantification des incertitudes	8
1.6 Exemple de résultats	8
1.6.1 Cartographie	8
1.6.2 Tableaux sommaires.....	9
1.6.3 Figures de conditions moyennes mensuelles.....	10
1.7 Résultats : Cartographie et histogrammes mensuels des quatre aléas prioritaires.....	13
1.7.1 Température moyenne hivernale	14
1.7.2 Épisodes de gel-dégel	25
1.7.3 Jours sans couvert de neige naturelle au sol	36
1.7.4 Précipitations liquides	47
1.7.5 Synthèse des messages clés sur les 4 indicateurs prioritaires.....	58
2. Cartographie des autres aléas hivernaux ou conditions d'intérêt	69
1.7.6 Redoux : Nombre de jours chauds en hiver ($T_{min} > 0^{\circ}\text{C}$).....	71
1.7.7 Journées de grands froids : Nombre de jours avec ($T_{min} < -30^{\circ}\text{C}$).....	72
1.7.8 Journées froides : Nombre de jours avec ($T_{min} < -20^{\circ}\text{C}$).....	73
1.7.9 Journées froides : Nombre de jours avec ($T_{max} < -20$).....	74
1.7.10 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7^{\circ}\text{C}$).....	75
1.7.11 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5^{\circ}\text{C}$).....	76
1.7.12 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2^{\circ}\text{C}$) – (équipement ultra moderne)	77

1.7.13	Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige (Tmin < -10 °C et Tmax > -15°C).....	78
1.7.14	Fenêtre de fabrication de neige : Plus longue période avec des températures négatives	79
1.7.15	Précipitations neigeuses : Précipitations solides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en dessous de 0°C).....	80
3.	Aléas climatiques sur les autres saisons.....	81
3.1	Indicateurs sur les quatre saisons pour lesquels les projections climatiques sont disponibles	81
3.1.1	Journées très chaudes : Nombre annuel de jours avec (Tmax > 30°C).....	81
2.1.1	Fortes pluies : Maximum de précipitations sur 5 jours (mm).....	83
3.2	Aléas climatiques sur les autres saisons pour lesquels les projections climatiques ne sont pas disponibles	83
3.2.1	Méthodologie pour les autres aléas climatiques – autres saisons	83
3.2.2	Résultats des recherches pour les autres aléas.....	86
3.2.3	Synthèse des résultats pour les aléas climatiques sur les autres saisons	93
4.	Tableaux de données des autres aléas hivernaux	94
5.	Sources des données de projections climatiques.....	115
6.	Lien avec le projet Portrait des indices de neige au sol (PINS).....	116
6.1	Le besoin de connaissances.....	116
6.2	Le choix des modèles de neige au sol	116
6.3	L'importance de l'équivalent en eau de la neige (ÉEN)	117
6.4	Stratégies pour dépasser la faible qualité des données	117
6.5	Une base pour des études plus complexes d'autres stress et chocs climatiques	118
7.	Méthodologie de développement pour l'indicateur de perte de sol	119
	Références	125

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les 16 régions à l'étude qui forment le "Québec-ski"	3
Figure 2 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet.....	4
Figure 3. Conditions simulées de la température moyenne (°C) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Le panneau 1991-2020 présente le 50 ^e centile des simulations EPSO-G6-R2 (SSP2 4.5 & SSP3 7.0 combinés). Pour les horizons 2021-2050 et 2041-2070 les SSP sont présentés individuellement. Le panneau du haut présente le 50 ^e centile tandis que les panneaux du bas présentent le 10 ^e et 90 ^e centile.	9
Figure 4. Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100, selon les scénarios SSP2-4.5 (a) et SSP3-7.0 (b). Les barres de couleur indiquent le 50 ^e centile des moyennes régionales des diverses simulations ESPO-G6-R2. Les lignes gris foncé associées à chacune d'entre elles indiquent l'intervalle des 10 ^e et 90 ^e centiles. Note - Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2-4.5 et SSP3-7.0 sont combinées et seulement le 50 ^e centile est calculé.	12
Figure 5 : Conditions simulées de la température moyenne (°C) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour les explications.....	14
Figure 6 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l'Estrie. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.....	18
Figure 7 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.	20
Figure 8 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la figure 4 pour plus de détails.....	22
Figure 9 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la figure 4 pour plus de détails.	24
Figure 10 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	25
Figure 11 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l'Estrie. Voir la figure 4 pour plus de détails.	29
Figure 12 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la figure 4 pour plus de détails.	31
Figure 13 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la figure 4 pour plus de détails.....	33

Figure 14 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la figure 4 pour plus de détails.....	35
Figure 15 : Conditions simulées du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Ces résultats proviennent des simulations de modèles régionaux de climat du projet PINS avec les scénarios d'émissions RCP4.5 et RCP8.5. Le panneau du haut présente la moyenne tandis que les panneaux du bas présentent le minimum et le maximum.	36
Figure 16 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région de l'Estrie. Les barres de couleur indiquent la moyenne régionale des simulations de PINS. Les lignes gris foncé associées à chacune d'entre elles indiquent l'intervalle des minimum et maximum. Note - Pour la période de référence 1991-2020 les simulations RCP4.5 et RCP8.5 sont combinées.	40
Figure 17 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.	42
Figure 18 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.....	44
Figure 19 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.....	46
Figure 20 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	47
Figure 21 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l'Estrie. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.....	51
Figure 22 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.	53
Figure 23 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.	55
Figure 24 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour le Bas-Saint-Laurent. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.	57
Figure 25 : Conditions simulées du nombre de jours chauds en hiver, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	71
Figure 26 : Conditions simulées du nombre de jours avec Tmin<-30°C de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	72
Figure 27 : Conditions simulées du nombre de jours avec Tmin<-20°C de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	73
Figure 28 : Conditions simulées du nombre de jours avec Tmax<-20°C de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	74

Figure 29 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	75
Figure 30 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	76
Figure 31 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	77
Figure 32 : Conditions simulées du nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > -15^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	78
Figure 33 : Conditions simulées de la plus longue période avec des températures négatives de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	79
Figure 34 : Conditions simulées des précipitations solides moyennes de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	80
Figure 35 : Conditions simulées du nombre annuel de jours avec ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$) pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.	82
Figure 36 : Conditions simulées du maximum de précipitations sur 5 jours (mm) de janvier à décembre, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.....	83
Figure 37 : Ampleur du changement relatif (%) du débit journalier maximal pour l'été-automne pour une crue de récurrence de 20 ans ($Q_{1MAX20EA}$) – Horizons 2080, scénario RCP 8.5. par rapport à la période historique 1981-2010. Bleu : augmentation ; Rouge et orange : diminution ; Blanc : aucun changement. Source : (Gouvernement du Québec, s.d. - a).....	86
Figure 38 : Débit moyen sur 30 jours minimal pour l'été-automne (m^3/s) pour un étiage de récurrence de 2 ans ($Q_{7MIN2EA}$) – Horizons 2050, RCP 4.5. Tiré de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional.....	87
Figure 39 : Comparaison de l'indice de disponibilité en eau de surface (annuelle) pour le climat de référence vs RCP 8.5 à l'horizon 2050 (Tiré de l'outil en ligne de l'Atlas de l'eau).....	88
Figure 40 : Facteurs contribuant à la perte de sol et lien avec les changements climatiques.....	90
Figure 41 : Exemple de cartographie d'un indicateur de perte de sol (R) pour la période de référence (A) et en climat futur aux horizons 2030 B et 2050 (C) (SSP3-7.0) pour la région de la station de ski de Montcalm.....	91
Figure 42 : Projection de l'augmentation des zones annuelles brûlées par de grands feux selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5 (Tiré de RNCAN, 2020).....	92
Figure 43 : Schéma opérationnel du processus méthodologique d'estimation du RUSLE en climat futur.....	124

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des indicateurs climatiques prioritaires	2
Tableau 2 : Répartition des régions administratives visées par le projet par groupe climatique.....	3
Tableau 3. Simulations ESPO-G6-R2 retenues, identifiées par le centre de modélisation, le nom du modèle et du membre. La colonne TCR indique sa réponse climatique transitoire.	6
Tableau 4. Simulations régionales retenues pour les indicateurs liés à la neige naturelle, identifiées par le centre de modélisation, le nom des modèles et du membre	7
Tableau 5. Changements projetés pour la région 01-regQCski selon deux scénarios d'émissions de GES. Les valeurs représentent le 50 ^e centile des moyennes régionales des diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10 ^e et 90 ^e centiles à l'exception de l'indicateur 'Jours sans couvert de neige naturelle au sol' où la valeur représente la moyenne régionale des simulations et l'intervalle le minimum et le maximum. Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 (ou RCP 4.5 et RCP 8.5) sont combinées et seulement le 50 ^e centile (moyenne pour PINS) est calculé.	11
Tableau 6 : Résultats clés par groupe de régions pour l'indicateur de température moyenne de novembre à mars (avril)	17
Tableau 7 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur gel-dégel de novembre à mars (avril).....	28
Tableau 8 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur de jours sans couvert de neige naturelle de novembre à mars (avril).....	39
Tableau 9 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur précipitations liquides moyennes de novembre à mars (avril)	50
Tableau 10 : Changements projetés pour les 4 aléas prioritaires par région administrative du Québec ski selon deux scénarios d'émissions de GES. Les valeurs représentent le 50 ^e centile des moyennes régionales des diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10 ^e et 90 ^e centiles (entre parenthèses) à l'exception de l'indicateur 'Jours sans couvert de neige naturelle' où la valeur représente la moyenne des simulations et l'intervalle le minimum et le maximum. Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 (ou RCP 4.5 et RCP 8.5) sont combinées et seulement le 50 ^e centile (moyenne pour PINS) est calculé.	59
Tableau 11 : Liste des indicateurs climatiques pour chacun des aléas pertinents ou conditions hivernales d'intérêt	69
Tableau 12 : Changements projetés pour les autres aléas par région administrative du Québec ski selon deux scénarios d'émissions de GES.....	95
Tableau 13 : Source de donnée utilisée pour chacun des paramètres du RUSLE	119

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ASSQ	Association des stations de ski du Québec
ACA	Analyse coûts-avantages
CC	Changements climatiques
CMIP	Projet d'intercomparaison des modèles couplés (Coupled model intercomparison project)
CORDEX-NA	Coordinated Regional Downscaling Experiment- North America
ÉEN	Équivalent en eau de la neige
ESPO-G6-R2	Ensemble de simulations post-traitées d'Ouranos - modèles globaux CMIP6 - RDRS v2.1
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat
MELCCFP	Ministère de l'Environnement et de Lutte contre les changements climatiques de la Faune et des Parcs
MGC	Modèle global de climat
MRC	Modèle régional de climat
MSP	Ministère de la sécurité publique
MTO	Ministère du Tourisme
PIB	Produit intérieur brut
PINS	Portrait des indices de neige au sol
OMT	Organisation mondiale du tourisme
RCP	Profils représentatifs de concentrations (Representative Concentration Pathways)
SSP	Trajectoires communes d'évolution socio-économiques (Shared Socio-economic Pathways)
TIC	Technologies de l'information et de communication

**ANNEXE 1 – CARTOGRAPHIE DES ALÉAS
CLIMATIQUES POUR LE PROJET DE
DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU
SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

1. CARTOGRAPHIE DES ALÉAS CLIMATIQUES PRIORITAIRES HIVERNAUX

1.1 CHOIX DES INDICATEURS CLIMATIQUES PRIORITAIRES

Une première série d'aléas et leurs indicateurs climatiques associés a été déterminée en consultation avec les collaborateurs du projet. Une liste finale (Tableau 1) a ensuite été priorisée en fonction de la disponibilité des données climatiques sur l'aire d'étude qui serviront d'intrants aux logiciels de calcul: xclim v.0.43.0 (Bourgault et al. 2023) et xscen v.0.7.1 (<https://xscen.readthedocs.io/en/latest/>).

Tableau 1. Liste des indicateurs climatiques prioritaires

Aléas hivernaux	Indicateurs climatiques	Saison	Sources de données ¹
Hausse des températures hivernales	Température moyenne	nov-mars	ESPO-G6-R2
Hausse du nombre de jours de gel-dégel	Jours de gel-dégel	nov-mars	ESPO-G6-R2
Hausse de la pluie hivernale	Quantité de précipitations liquides	nov-mars	ESPO-G6-R2
Hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle	Jours sans couvert de neige naturelle (équivalent en eau)	nov-mars	PINS

1.2 AIRE D'ÉTUDE ET AGRÉGATION DES RÉGIONS

Les 16 régions étudiées dans le projet sont celles où se trouve au moins une station de ski et sont basées sur les limites administratives. Les régions de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec couvrent de grandes étendues, elles ont donc été découpées pour éviter de diluer les résultats des moyennes régionales sur de vastes territoires où on ne retrouve pas de stations de ski. Ces régions sont nommées Côte-Nord et Jamésie-Sud Est dans le présent rapport. Les 16 régions forment ici ce qui a été nommé le « Québec-ski », représenté sur la carte de la Figure 1.

¹ Les sources de données sont décrites dans la section 3.3.

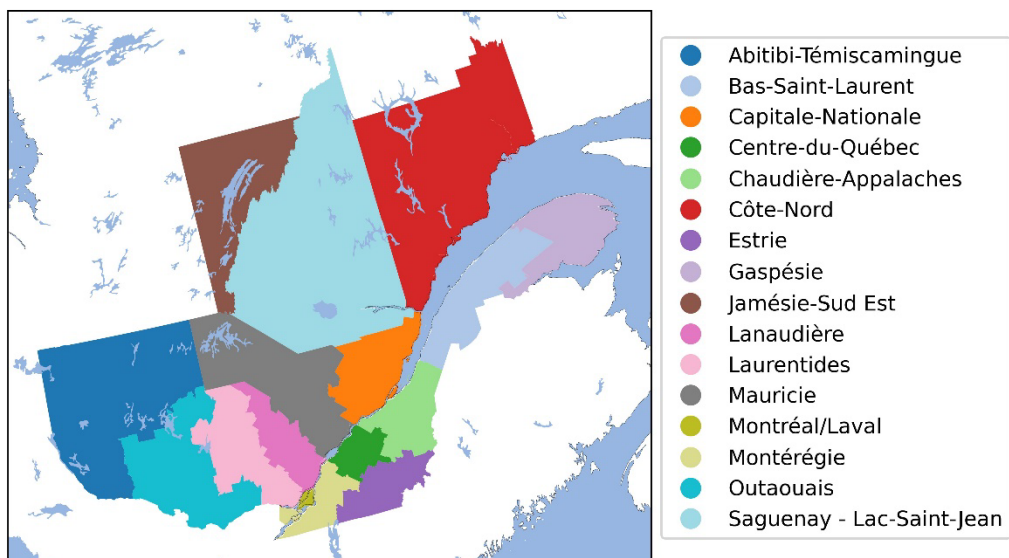


Figure 1: Les 16 régions à l'étude qui forment le "Québec-ski"

Dans le but de présenter les résultats du diagnostic de vulnérabilité aux changements climatiques du système ski alpin, les 16 régions administratives visées par le projet ont été regroupées en 4 groupes de régions (Tableau 2 et Figure 2). Le regroupement découle des similarités entre les régions révélées lors de l'analyse de la cartographie des quatre aléas prioritaires² en climat récent et futur. Deux des grands groupes obtenus se trouvent sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent (Groupes 1 et 2), alors que les deux autres se trouvent sur la rive nord (Groupes 3 et 4). Figure 2 Ce découpage est assez bien défini avec toutefois des nuances à apporter entre les parties sud et nord de certains groupes de régions, comme dans le Groupe 2 par exemple. Ces nuances sont expliquées dans les messages clés (voir section Résultats).

Tableau 2 : Répartition des régions administratives visées par le projet par groupe climatique

1	Abitibi-Témiscamingue	4	Centre-du-Québec	Groupe 1
2	Bas-Saint-Laurent	5	Chaudière-Appalaches	
3	Capitale-Nationale	7	Estrie	
4	Centre-du-Québec	13	Montérégie	
5	Chaudière-Appalaches	14	Montréal Laval	Groupe 2
6	Côte-Nord	1	Abitibi-Témiscamingue	
7	Estrie	3	Capitale-Nationale	
8	Gaspésie	10	Lanaudière	
9	Jamésie-Sud Est	11	Laurentides	
10	Lanaudière	12	Mauricie	
11	Laurentides	15	Outaouais	Groupe 3
12	Mauricie	6	Côte-Nord	
13	Montérégie	9	Jamésie-Sud Est	
14	Montréal Laval	16	Saguenay - Lac-Saint-Jean	

² Hausse des températures moyennes, hausse du nombre de jours de gel-dégel, hausse de la pluie hivernale, hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol.

15	Outaouais	2	Bas-Saint-Laurent	Groupe 4
16	Saguenay - Lac-Saint-Jean	8	Gaspésie	

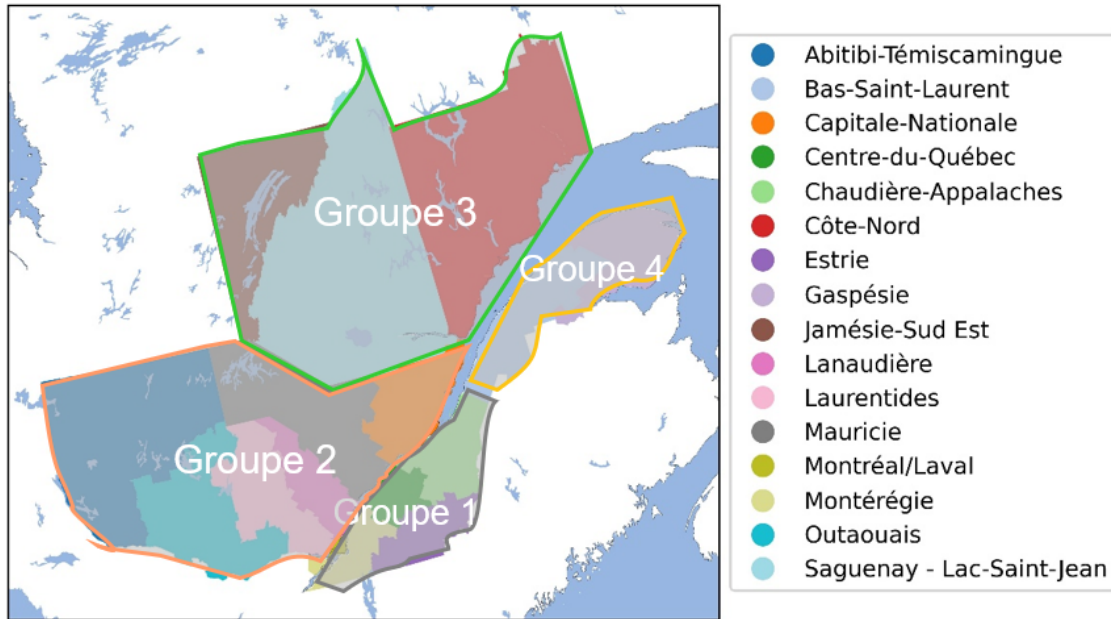


Figure 2 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet

Les valeurs obtenues pour les 4 indicateurs prioritaires en climat de référence (1991-2020) dans les régions administratives prises individuellement sont présentées dans le Tableau 3. Une synthèse des valeurs du groupe est ajoutée pour chacun des 4 groupes de régions. Cette analyse témoigne de la cohérence de l'agrégation des régions administratives sur la base des caractéristiques climatiques d'intérêt. Ainsi, une grande similarité est obtenue entre les régions d'un même groupe et les limites des synthèses présentées pour chaque groupe se chevauchent rarement. Le groupe 4, constitué du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie, fait parfois exception, toutefois, la position géographique de ces deux régions justifie à elle seule la création d'un groupe indépendant.

Tableau 3 : Données de référence 1991-2020 pour les 4 indicateurs prioritaires

Groupes de régions	Température moyenne	Jours de gel/dégel	Quantité de précipitations liquides	Jours sans couvert de neige naturelle au sol
Centre-du-Québec	-5,6	58	214	26
Chaudière-Appalaches	-6,7	52	181	17
Estrie	-5,1	58	219	22
Montréal/Laval	-4,6	59	219	39
Montréal Laval	-4,3	58	226	35
Synthèse du groupe 1	-6, 7 à -4,3	52 à 59	181 à 226	17 à 39
Abitibi-Témiscamingue	-8,9	40	96	9

Capitale nationale	-9,2	39	113	9
Lanaudière	-7,6	48	137	15
Laurentides	-7,5	50	147	16
Mauricie	-8,9	40	106	11
Outaouais	-6,9	51	137	17
Synthèse du groupe 2	-9,2 à -6,9	39 à 51	96 à 147	9 à 17
Jamésie Sud-Est	-13,7	19	50	7
Côte-Nord	-12,2	24	60	4
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-11,8	27	70	6
Synthèse du groupe 3	-13,7 à -11,8	19 à 27	50 à 70	4 à 7
Bas-Saint-Laurent	-8,2	41	121	12
Gaspésie	-8,7	39	116	11
Synthèse du groupe 4	-8,7 à -8,2	39 à 41	116 à 121	11 à 12

1.3 DONNÉES CLIMATIQUES

En général, la méthodologie de production de scénarios climatiques a suivi le [Guide de recommandations scientifiques d'Ouranos](#) (consulté 2024-06-21), y compris les choix concernant:

- La génération de l'ensemble CMIP
- Les modèles climatiques
- Les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES)
- Les horizons temporels et la période de référence
- La quantification des incertitudes

Suivant ces recommandations, deux jeux de données climatiques ont été retenus pour calculer les indicateurs climatiques requis pour faire l'analyse de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques. Il s'agit de l'Ensemble de Simulations Post-traitées d'Ouranos - modèles Globaux CMIP6 - RDRS v2.1 (ESPO-G6-R2 v1.0) décrit par Lavoie et coll. (2024). Ce jeu de données fournit les variables telles que la température de l'air près de la surface et les précipitations provenant de simulations des modèles globaux les plus récents (génération CMIP6). Les simulations sont post-traitées pour corriger les biais et raffiner l'échelle spatiale. En ce qui concerne le couvert de neige naturelle au sol, nous avons utilisé les données du projet PINS (Portrait des Indices de Neige au Sol) basées sur des simulations de modèles régionaux de climat pilotées par des modèles globaux de CMIP5. Les simulations issues de modèles régionaux de climat s'avèrent plus fiables pour les estimations de neige au sol comparées à celles des modèles globaux.

1.3.1 Sélection de modèles climatiques et scénarios d'émission de GES

1.3.1.2 ESPO-G6-R2

Afin d'aborder le problème de la surreprésentation des modèles climatiques de CMIP6 ayant une sensibilité climatique élevée, une technique simple de filtrage des simulations ESPO-G6-R2 est utilisée pour exclure les modèles dont la réponse climatique transitoire (TCR) se situe en dehors des limites considérées comme probables par le GIEC (1,4-2,2 °C) (Hausfather et al. 2022). De plus, seules les simulations de modèles pilotés avec des scénarios d'émissions de GES SSP2-4.5 et SSP3-7.0 sont retenues pour le calcul des indicateurs climatiques basés sur ESPO-G6-R26 (voir la liste dans le Tableau 4). Le SSP2-4.5 est qualifié de scénario d'émissions modérées, le SSP3-7.0 est qualifié de scénario d'émissions élevées. Ce choix de SSP est encore une fois fait en référant au guide de recommandations d'Ouranos où l'utilisation du scénario d'émissions très élevées (SSP5-8.5) est surtout recommandée « lorsqu'on s'intéresse à des aléas très improbables aux conséquences catastrophiques, ou comme analogue d'un climat post-2100 ». Le jeu de données ESPO-G6-R2 fournit des données à une résolution spatiale de 10x10 km.

Tableau 3. Simulations ESPO-G6-R2 retenues, identifiées par le centre de modélisation, le nom du modèle et du membre. La colonne TCR indique sa réponse climatique transitoire.

<i>Centre de modélisation</i>	<i>Acronyme</i>	<i>Modèle</i>	<i>Membre</i>	<i>Émissions GES</i>	<i>TCR (°C)</i>
<i>Institute for Numerical Mathematics</i>	INM	INM-CM5-0	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.41
<i>NorESM Climate modeling Consortium</i>	NCC	NorESM2-LM	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.49
<i>Chinese Academy of Sciences</i>	CAS	FGOALS-g3	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.5
<i>Beijing Climate Center</i>	BCC	BCC-CSM2-MR	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.55
<i>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), et National Institute for Environmental Studies</i>	MIROC	MIROC6	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.55
<i>National Oceanic and Atmospheric Administration, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory</i>	NOAA-GFDL	GFDL-ESM4	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.63
<i>Deutsches Klimarechenzentrum</i>	DKRZ	MPI-ESM1-2-HR	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.64
<i>Meteorological Research Institute (Japan Meteorological Agency)</i>	MRI	MRI-ESM2-0	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.67
<i>Max Planck Institute for Meteorology</i>	MPI-M	MPI-ESM1-2-LR	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.82
<i>Centre National de Recherches Meteorologiques et Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique</i>	CNRM-CERFACS	CNRM-ESM2-1	r1i1p1f2	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.83
<i>Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici</i>	CMCC	CMCC-ESM2	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.92
<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization et Australian Research Council Centre of Excellence for Climate System Science</i>	CSIRO-ARCCSS	ACCESS-CM2	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.96
<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization</i>	CSIRO	ACCESS-ESM1-5	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	1.97
<i>National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration</i>	NIMS-KMA	KACE-1-0-G	r1i1p1f1	SSP2 4.5 SSP3 7.0	2.04

1.3.1.3 Projet de Portrait des indices de neige au sol (PINS)

La variable d'intérêt dans le projet PINS est l'équivalent en eau de la neige (ÉEN), car elle ne dépend pas de la densité de la neige et qu'elle permet de connaître le contenu en eau disponible tout comme la durée du couvert neigeux tel que requis ici. Toutes les simulations climatiques régionales produites à Ouranos et pour le projet CORDEX-NA (**C**oordinated **R**egional **D**ownscaling **E**xperiment- **N**orth **A**merica) ayant des projections d'ÉEN disponibles ont été rassemblées. Parmi ces simulations, plusieurs reproduisaient mal la saisonnalité du couvert de neige naturelle au sol (début et fin de la période de couvert en particulier). Une sélection a été faite pour conserver un ensemble de 10 simulations reproduisant le mieux cette saisonnalité (Tableau 4). Les détails de la sélection sont fournis dans le rapport du projet PINS (Bresson et al. 2024). Les scénarios d'émissions de GES disponibles dans PINS sont le RCP 4.5 et le RCP 8.5 tel qu'utilisés dans CMIP5. Ils sont respectivement qualifiés de scénarios d'émissions modérées et élevées.

Tableau 4. Simulations régionales retenues pour les indicateurs liés à la neige naturelle, identifiées par le centre de modélisation, le nom des modèles et du membre

<i>Centre de modélisation</i>	<i>Modèle régional</i>	<i>Pilote (membre)</i>	<i>Résolution</i>	<i>Émissions GES</i>
<i>UQAM</i>	CRCM5	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	0,44°	RCP 4.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	CNRM-CM5 (r1i1p1)	0,22°	RCP 4.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	GFDL-ESM2M (r1i1p1)	0,22°	RCP 4.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	0,22°	RCP 4.5
<i>Iowa State University</i>	RegCM4	HadGEM2-ES (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5
<i>Iowa State University</i>	RegCM4	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5
<i>National Center for Atmospheric Research</i>	WRF	GFDL-ESM2M (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	CNRM-CM5 (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	GFDL-ESM2M (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5
<i>Ouranos</i>	CRCM5	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	0,22°	RCP 8.5

Pour produire des scénarios climatiques de divers indicateurs de neige, la réanalyse ERA5-Land a été utilisée comme produit de référence. Elle a été sélectionnée pour sa résolution élevée (9x9 km), ses données couvrant une période récente, et une assez bonne représentation de l'ÉEN en comparaison à d'autres produits. L'ajustement de biais des projections climatiques a été fait en deux étapes. D'abord, une décroissance progressive (Aschauer et al., 2023; Michel et al., 2023) a été appliquée sur la fin de la saison pour les simulations sélectionnées. Cette procédure vient freiner la fonte de la neige en ajoutant de petites quantités d'ÉEN selon une décroissance exponentielle. Ensuite, un ajustement par quantile (*quantile mapping* en anglais) a été appliqué en utilisant la méthode disponible sur xclim (Bourgault et al. 2023).

1.4 HORIZONS TEMPORELS ET FILTRAGE SPATIAL

Pour chaque simulation climatique (combinaison de modèles et scénarios d'émissions de GES) les résultats des calculs d'indicateurs sont moyennés sur quatre périodes de 30 ans :

- 1991 – 2020 (période de référence)
- 2021 – 2050
- 2041 – 2070
- 2071 – 2100

Pour les données ESPO-G6-R2, le détail spatial est ensuite légèrement lissé à l'aide d'un filtre de fenêtre mobile (3x3) sur les moyennes de 30 ans. La sortie conserve une résolution ~10 km, mais pour chaque tuile de la grille spatiale, le filtre calcule la moyenne des valeurs de la grille à l'intérieur de la fenêtre (n=9). Le pixel central de la fenêtre est alors remplacé par cette valeur moyenne. Une moyenne régionale est également calculée pour chaque indicateur et chaque région d'intérêt.

1.5 QUANTIFICATION DES INCERTITUDES

Pour un scénario de GES donné, les statistiques de chaque indicateur climatique (les moyennes par horizon temporel, ainsi que les moyennes régionales) sont d'abord calculées pour chaque modèle de climat du Tableau 3. Par la suite, les 10^e, 50^e et 90^e centiles sont déterminés afin de cerner l'incertitude entre les diverses simulations ESPO-G2-R2³. Considérant le petit nombre de simulations climatiques du projet PINS (Tableau 5), les centiles ne sont pas calculés, la dispersion entre les simulations climatiques (ou incertitudes) est plutôt caractérisée par le minimum, la moyenne et le maximum des simulations.

Pour les données cartographiques, il est important de noter que les statistiques de l'ensemble (centiles, moyenne, minimum ou maximum selon le cas) sont calculées pour chaque point de grille indépendamment des autres. La valeur du centile donnée pour un point peut donc venir d'un modèle différent de celui du point voisin. Pour la production de tableaux sommaires par région, on calcule, pour chaque modèle, la moyenne spatiale, puis on estime les statistiques d'ensemble sur ces valeurs.

1.6 EXEMPLE DE RÉSULTATS

1.6.1 Cartographie

La Figure 3 montre un exemple de carte de conditions projetées. Le panneau 1991-2020 représente le 50^e centile des simulations ESPO-G6-R2. Les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 sont combinés sur la période de référence et seule la médiane est présentée. Pour chaque combinaison SSP et horizon futur, on trouve ensuite un regroupement de trois panneaux avec des cartes où le panneau du haut présente le 50^e centile tandis que les panneaux en bas à gauche et en bas à droite présentent le 10^e et 90^e centiles

³ Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 sont combinées et seulement le 50^e centile est calculé.

respectivement. Les résultats sur l'horizon 2071-2100 ne sont pas présentés sous forme de cartes pour éviter de surcharger le graphisme.

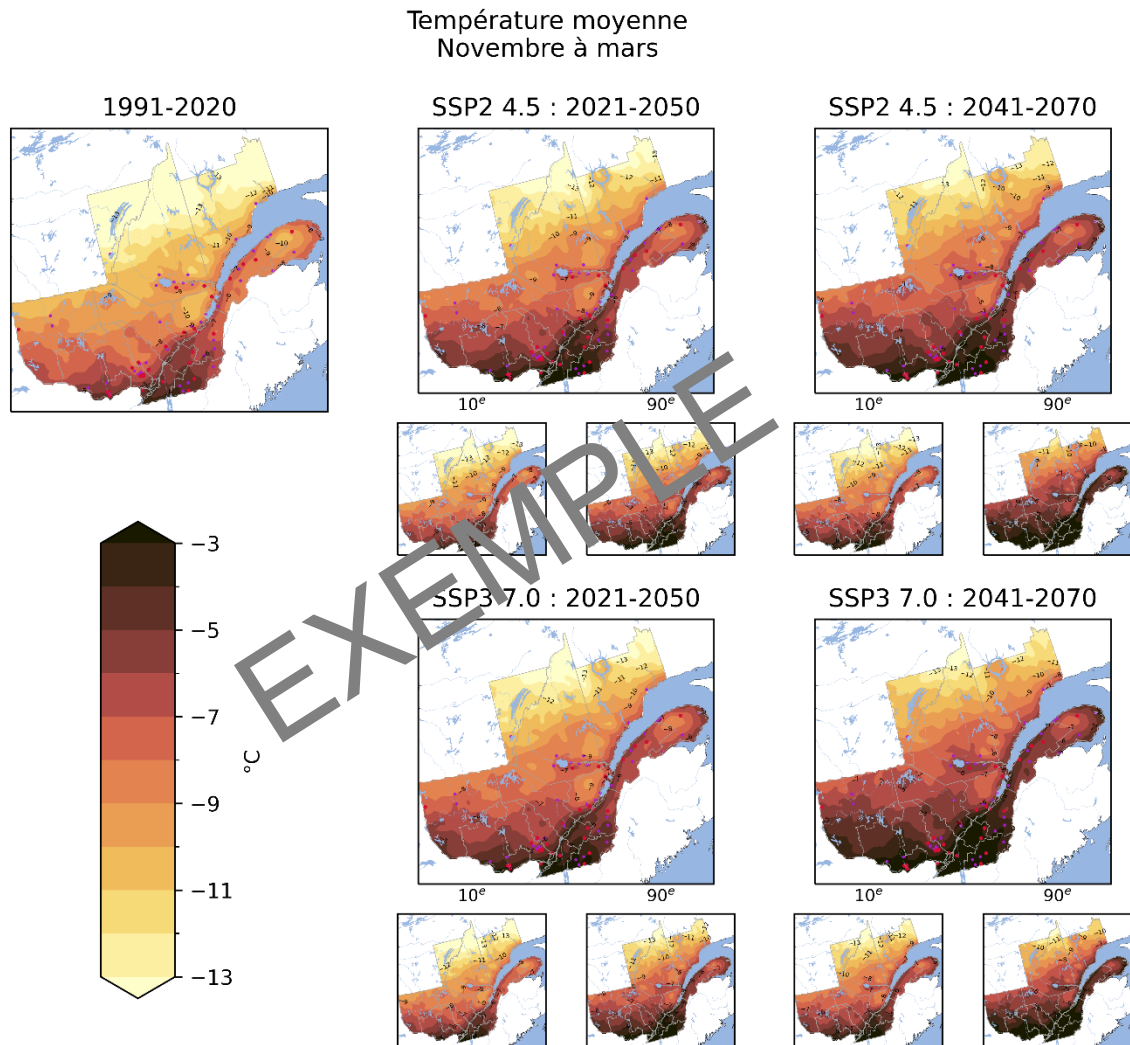


Figure 3. Conditions simulées de la température moyenne (°C) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Le panneau 1991-2020 présente le 50^e centile des simulations ESPO-G6-R2 (SSP 4.5 & SSP3 7.0 combinés). Pour les horizons 2021-2050 et 2041-2070 les SSP sont présentés individuellement. Le panneau du haut présente le 50^e centile tandis que les panneaux du bas présentent le 10^e et 90^e centile.

1.6.2 Tableaux sommaires

Le Tableau 5 donne un exemple de tableau récapitulatif des moyennes régionales. Dans ce cas, il s'agit des calculs de moyennes effectués sur la zone d'étude en entier (01-regQCski). Le tableau présente les changements projetés selon deux scénarios d'émissions de GES, le scénario modéré (SSP2-4.5 pour ESPO-G6-R2, RCP 4.5 pour PINS), et le scénario élevé (SSP3-7.0 pour ESPO-G6-R2, RCP 8.5 pour PINS). Pour ESPO-G6-R2, les valeurs représentent le 50^e centile des moyennes régionales des

diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e centiles. Pour PINS, les valeurs représentent la moyenne des moyennes régionales des simulations et l'intervalle dans le tableau indique les minimum et maximum de l'ensemble.

1.6.3 Figures de conditions moyennes mensuelles

La Figure 4 donne un exemple de figure montrant les conditions moyennes mensuelles projetées d'un indicateur climatique. En particulier, la figure présente des conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2-4.5 (panneau a) et SSP3-7.0 (panneau b). Les barres de couleur indiquent le 50^e centile des moyennes régionales des diverses simulations ESPO-G6-R2. Les lignes noires associées à chacune d'entre elles indiquent l'intervalle des 10^e et 90^e centiles.

Tableau 5. Changements projetés pour la région 01-regQCski selon deux scénarios d'émissions de GES. Les valeurs représentent le 50^e centile des moyennes régionales des diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e centiles à l'exception de l'indicateur 'Jours sans couvert de neige naturelle au sol' où la valeur représente la moyenne régionale des simulations et l'intervalle le minimum et le maximum. Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 (ou RCP 4.5 et RCP 8.5) sont combinées et seulement le 50^e centile (moyenne pour PINS) est calculé.

<i>Région</i>	<i>Indicateurs climatiques</i>	<i>Saison</i>	<i>scen</i>	<i>Horizon</i>	<i>1991-2020</i>	<i>2021-2050</i>	<i>2041-2070</i>	<i>2071-2100</i>
01-regQCski	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	ssp245		36	41 (38 - 44)	43 (39 - 48)	46 (42 - 51)
			ssp370		36	40 (39 - 44)	43 (41 - 49)	50 (45 - 52)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	ssp245		100	133 (96 - 170)	143 (113 - 199)	161 (134 - 212)
			ssp370		100	128 (101 - 149)	148 (120 - 163)	200 (170 - 236)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	ssp245		-9.9	-8.2 (-8.8 - -7.5)	-7.6 (-8.2 - -5.8)	-6.4 (-7.1 - -4.5)
			ssp370		-9.9	-8.2 (-8.8 - -7.3)	-6.8 (-7.8 - -5.8)	-4.8 (-5.6 - -3.5)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	rcp45		10	14 (14 - 14)	16 (15 - 18)	18 (16 - 23)
			rcp85		10	14 (11 - 15)	18 (15 - 20)	28 (26 - 31)

***La robustesse de la plage d'incertitude pour cette variable peut être limitée en raison du nombre réduit de simulations dans l'ensemble (n=4 pour RCP 4.5 et n=6 pour RCP 8.5).*

Messages clés du tableau :

- À l'horizon 2021-2050, les **températures moyennes hivernales** pour le Québec-ski augmenteront de +1.7°C par rapport à la période historique (1991-2020), selon les deux scénarios, alors qu'à l'horizon 2041-2070, l'augmentation sera de +2.3°C [+3.1°C, selon le SSP3-7.0].
- À l'horizon le plus proche, le nombre de **jours de gel-dégel** augmentera de 5 jours puis 7 jours d'ici 2041-2070 selon les deux scénarios.
- Les **précipitations liquides** augmenteront de 33 mm et 43 mm respectivement aux horizons 2021-2050 et 2041-2070 selon le SSP2-4.5 (28 mm et 48 mm selon SSP3-7.0).
- Les **jours sans couvert de neige naturelle au sol** augmenteront sur tout le Québec ski de 4 à l'horizon 2021-2050, puis 6 à 8 jours à l'horizon 2041-2070 selon les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5).
- Pour tous ces indicateurs, les hausses se poursuivent à l'horizon 2071-2100 et la différence entre les scénarios d'émissions de GES devient plus marquée.

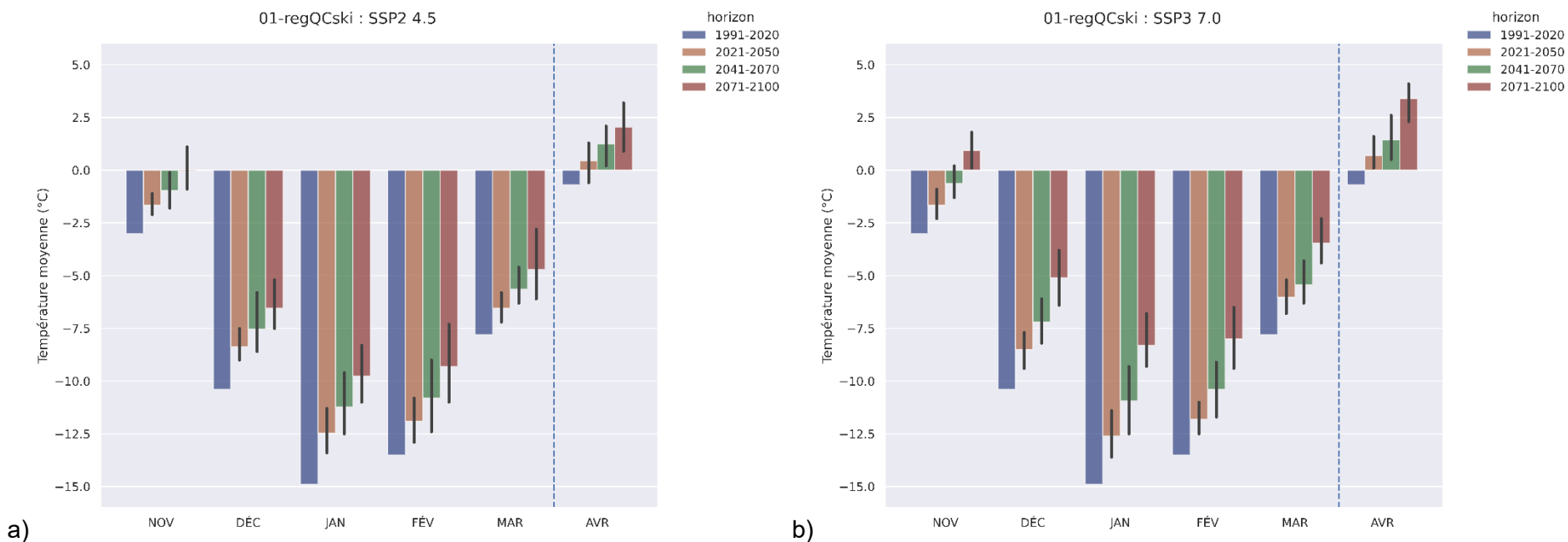


Figure 4. Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100, selon les scénarios SSP2-4.5 (a) et SSP3-7.0 (b). Les barres de couleur indiquent le 50^e centile des moyennes régionales des diverses simulations ESPO-G6-R2. Les lignes gris foncé associées à chacune d'entre elles indiquent l'intervalle des 10^e et 90^e centiles. Note - Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2-4.5 et SSP3-7.0 sont combinées et seulement le 50^e centile est calculé.

1.7 RÉSULTATS : CARTOGRAPHIE ET HISTOGRAMMES MENSUELS DES QUATRE ALÉAS PRIORITAIRES

Les résultats sont présentés sous forme de messages clés à partir de cartes pour le Québec ski et les quatre groupes de régions. Des histogrammes sont utilisés pour montrer l'évolution mensuelle, pour les deux scénarios d'émissions de GES et les trois horizons futurs, soit 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100.

1.7.1 Température moyenne hivernale

1.7.1.2 Carte du Québec-ski

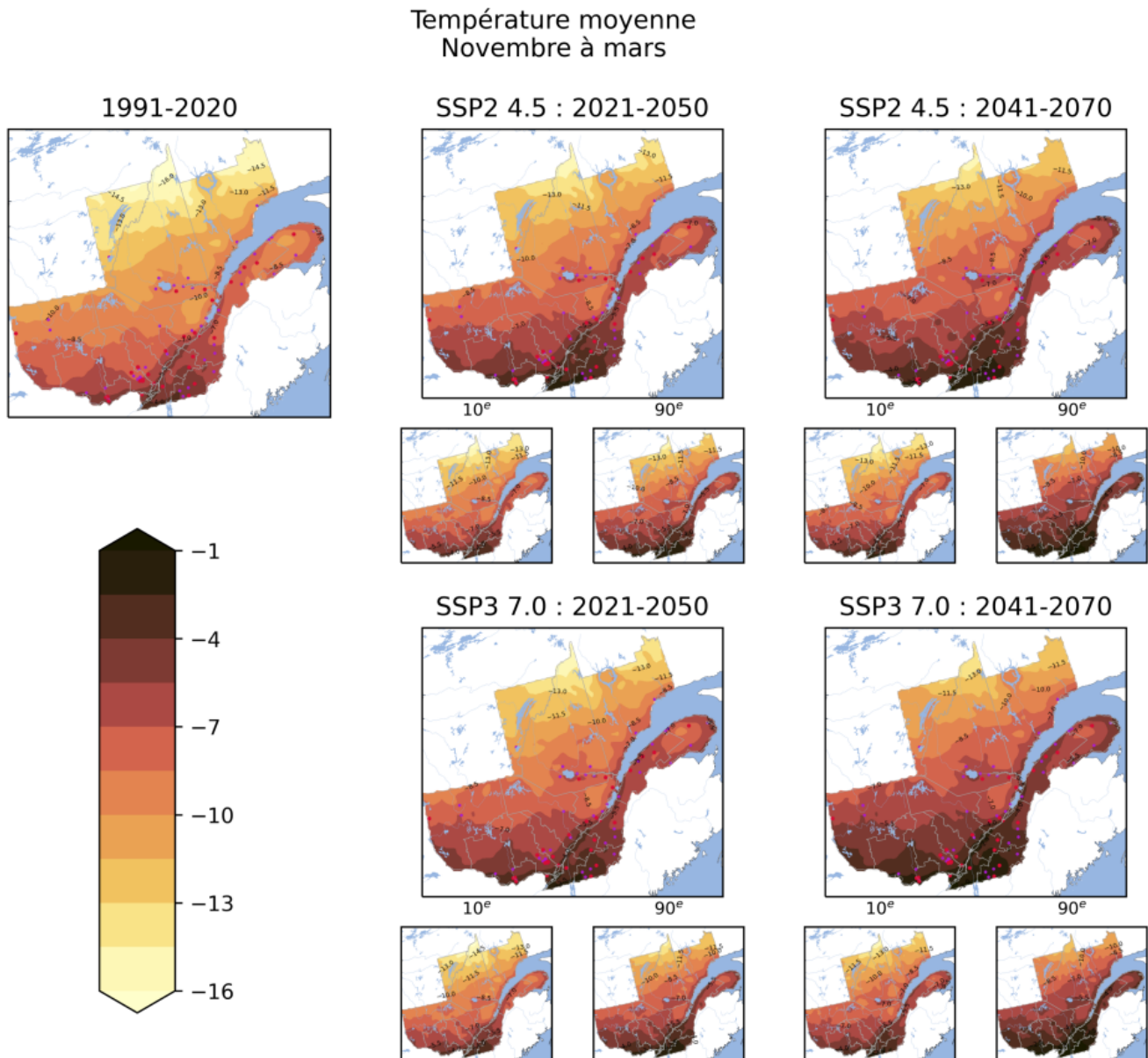


Figure 5 : Conditions simulées de la température moyenne (°C) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour les explications.

Voici les messages clés à retenir des cartes de la Figure 5 :

- La température moyenne de novembre à mars augmente sur tout le territoire du Québec Ski.
- On ne discerne pas de secteurs où les valeurs de changements se démarquent de l'ensemble de la région étudiée.
- La température moyenne du Québec Ski est de -9,9°C durant la période 1991-2020. Elle atteint -6,8°C à l'horizon 2041-2070 pour le scénario de GES élevés.

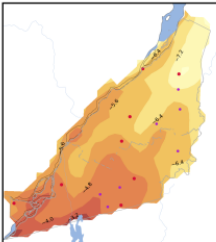
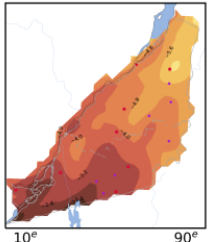
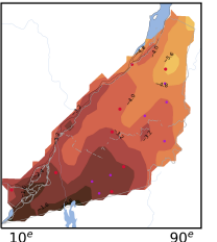
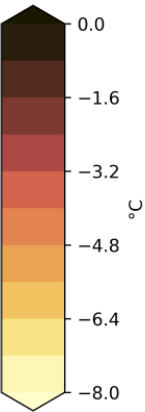
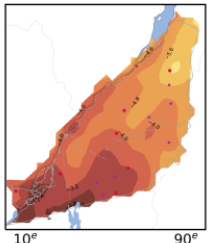
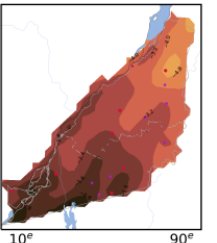
- Les secteurs les plus au sud passent de $-4,6^{\circ}\text{C}$ à $-1,7^{\circ}\text{C}$ sur les mêmes périodes et pour le même scénario d'émissions de GES, C'est le cas en Montérégie.
- Les secteurs les plus au nord passent de $-13,7^{\circ}\text{C}$ à $-10,6^{\circ}\text{C}$ sur les mêmes périodes et même scénario de GES. C'est le cas en Jamésie Sud-Est.

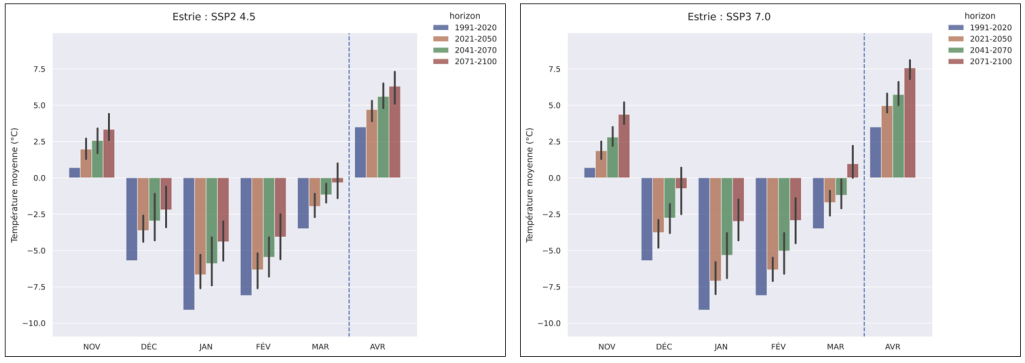
1.7.1.3 Cartes et histogrammes par groupe de régions

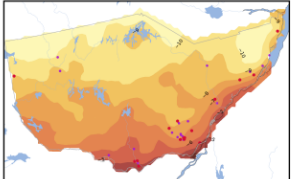
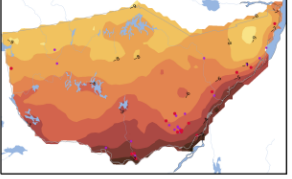
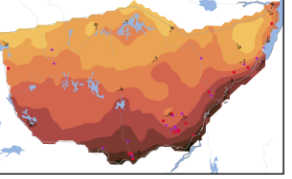
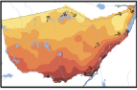
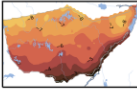
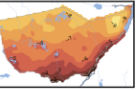
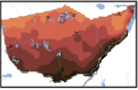
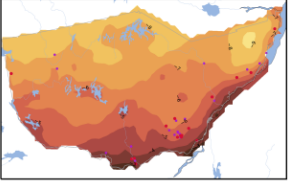
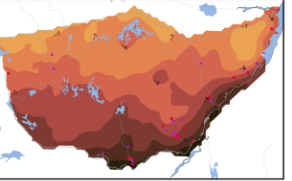
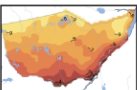
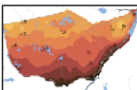
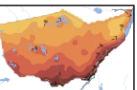
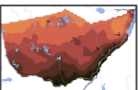
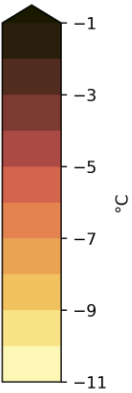
Le tableau suivant présente les résultats clés pour l'indicateur de température moyenne de novembre à mars (pour les cartes) et de novembre à avril pour les histogrammes pour les quatre groupes de régions.

Note : Les messages clés pour les évolutions mensuelles par groupe de régions considèrent les nuances par région à l'intérieur d'un même groupe, cependant, les histogrammes montrent une seule région du groupe afin d'alléger le rapport.

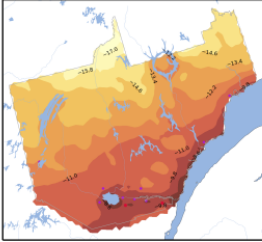
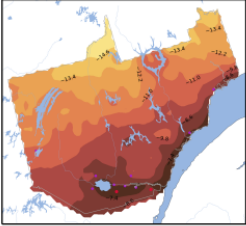
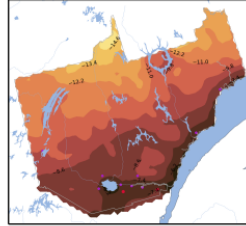
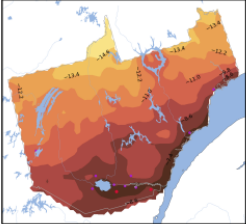
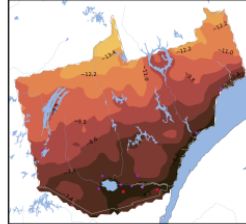
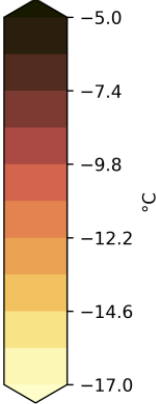
Tableau 6 : Résultats clés par groupe de régions pour l'indicateur de température moyenne de novembre à mars (avril)

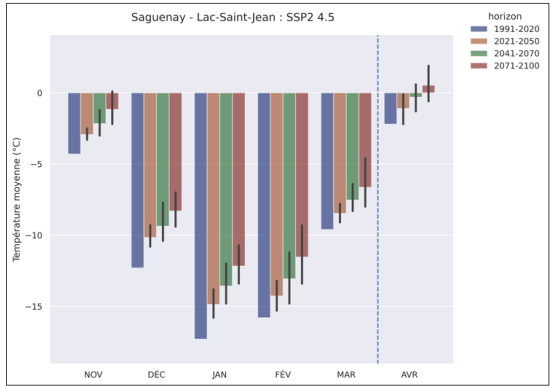
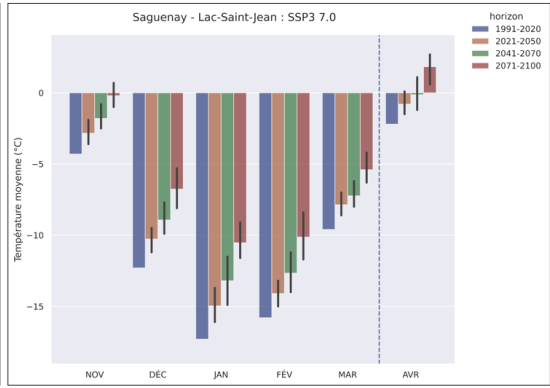
Régions	Valeurs 1991-2020	Températures	
<p>Groupe 1 Sud-ouest – Cartes</p> <p>Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Montérégie,</p>	<p>-4,6°C à -6,7°C</p>	<p style="text-align: center;">Température moyenne Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">Situées au sud du fleuve Saint-Laurent, les régions du Groupe 1, et spécialement celles au sud du groupe, soit la Montérégie et l'Estrie, maintiendront une température moyenne autour de -2,0°C à l'échelle de la région. À l'échelle locale, la température moyenne pourrait grimper au-dessus de -1°C. Dans les secteurs nord, soit en Chaudière-Appalaches, les valeurs les plus froides se maintiennent sous -5,5°C (horizon 2041-2070; SSP3-7.0 pour toutes les valeurs mentionnées).</p>	
-	-	-	-

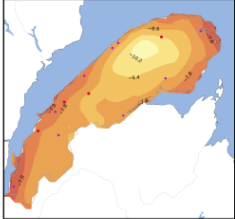
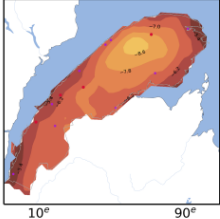
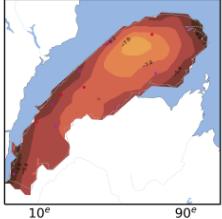
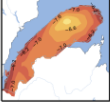
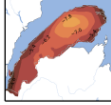
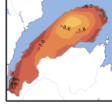
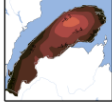
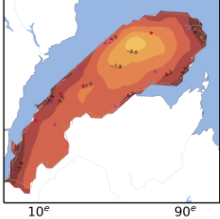
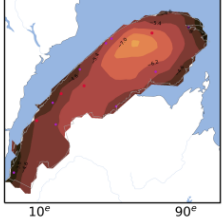
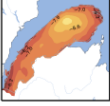
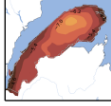
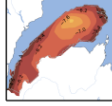
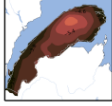
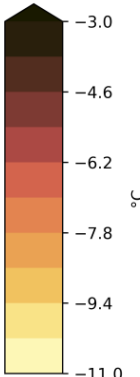
Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures
Histogrammes (novembre à avril)		 <p data-bbox="583 634 1759 727">Figure 6 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l'Estrie. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.</p> <ul data-bbox="583 743 1759 938" style="list-style-type: none"> - Novembre et avril sont au-dessus de 0°C dès maintenant pour toutes les régions du Groupe 1, sauf Chaudière-Appalaches. - En Chaudière-Appalaches, novembre passe au-dessus de 0°C dès l'horizon 2021-2050 pour les 2 SSP. - Mars passe au-dessus de 0°C à l'horizon 2071-2100 en Montérégie, Estrie et Centre-du-Québec pour SSP3-7.0.

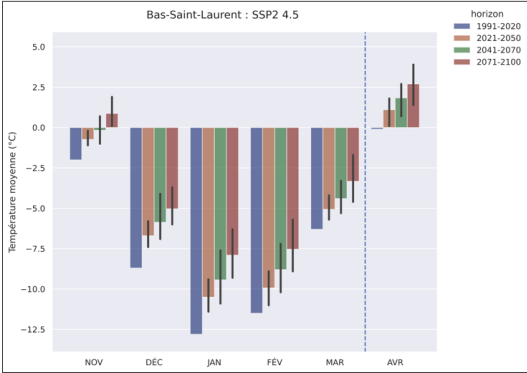
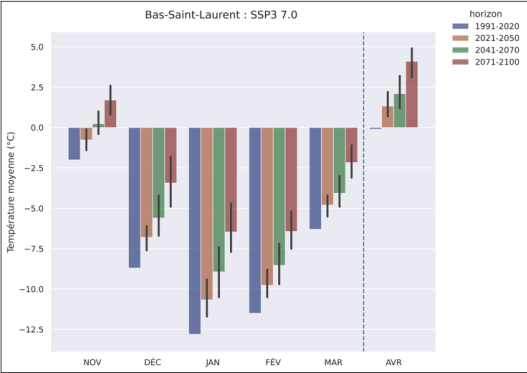
Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures	
<p>Groupe 2 Nord-ouest – Cartes</p> <p>Capitale-Nationale, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Mauricie, Abitibi-Témiscamingue</p>	<p>-6,9°C à -9,2°C</p>	<p style="text-align: center;">Température moyenne Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p style="text-align: center;">°C</p> </div> <p style="margin-top: 20px;">Le Groupe 2 regroupe des régions très vastes, il est important de noter les nuances entre le sud des régions qui bordent le fleuve Saint-Laurent et connaissent des températures plus douces, par rapport au nord de ces régions, davantage situées dans les terres.</p>	
<p>Histogrammes (novembre à avril)</p>			

Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="590 253 1102 613"> </div> <div data-bbox="1119 253 1631 613"> </div> </div> <p data-bbox="583 638 1759 727">Figure 7 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.</p> <ul data-bbox="583 743 1759 954" style="list-style-type: none"> - Novembre passe au-dessus d'une moyenne de 0°C dès avant 2071-2100 pour toutes les régions sauf la Capitale-Nationale (tous SSPs) - Dans la Capitale-Nationale, novembre passerait au-dessus de 0°C en 2071-2100 pour le SSP3-7.0. - Avril est au-dessus de 0°C dès maintenant pour toutes les régions, sauf la Capitale-Nationale où on franchit le seuil de 0°C à partir de 2021-2050. - Hausses plus importantes en décembre, janvier et février pour toutes les régions.

Régions	Valeurs 1991-2020	Températures	
<p>Groupe 3 Nord-est – Cartes</p> <p>Jamésie-Sud Est, Saguenay - Lac-Saint-Jean, Côte-Nord</p>	<p>-11,8°C à -13,7°C</p>	<p style="text-align: center;">Température moyenne Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  <p>10° 90°</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  <p>10° 90°</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  <p>10° 90°</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  <p>10° 90°</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  <p style="text-align: center;">°C</p> </div> <p style="margin-top: 20px;">Le Groupe 3 regroupe des régions très vastes, il est important de noter les nuances entre les secteurs qui bordent le fleuve Saint-Laurent et le Saguenay et connaissent des températures plus douces, par rapport aux secteurs davantage situés dans les terres. La région la plus au nord du Québec Ski, soit la Jamésie Sud-Est, verra ses températures moyennes passer de -13,7°C à -10,6°C. La grande région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, quant à elle, passera d'une moyenne de -11,8°C à -8,7°C alors que les secteurs près du Saguenay et du Lac-Saint-Jean atteindront près de -6°C (horizon 2041-2070; SSP3-7.0 pour toutes les valeurs mentionnées).</p>	

Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures	
Histogrammes (novembre à avril)			
<p>Figure 8 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la figure 4 pour plus de détails.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Novembre demeure sous 0°C pour tous les horizons et pour toutes les régions du Groupe 3. - Avril passe au-dessus en 2071-2100 au Lac-Saint-Jean et en Côte-Nord. La Jamésie rejoint les deux autres régions pour le SSP3-7.0 seulement. - Hausses plus importantes en décembre, janvier et février pour toutes les régions du Groupe 3. 			

Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures	
Groupe 4 Sud-est – Cartes Bas-Saint-Laurent, Gaspésie	-8,2°C à -8,7°C	<p style="text-align: center;">Température moyenne Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  </div> <p style="margin-top: 20px;">Le Groupe 4 est caractérisé par des gradients de topographie accentués et la proximité de l'eau qui exercent un étroit contrôle sur la température. Les hauts sommets de la Gaspésie verront la température moyenne passer du cap du -10°C (période actuelle) à -7°C (horizon 2041-2070; SSP3-7.0).</p>	
Histogrammes (novembre à avril)			

Régions	Valeurs 1991- 2020	Températures
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p data-bbox="583 654 1759 743">Figure 9 : Conditions simulées des températures moyennes mensuelles de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la figure 4 pour plus de détails.</p> <ul data-bbox="583 760 1543 847" style="list-style-type: none"> - Pour les 2 régions du Groupe 4, novembre est au-dessus de 0°C en 2071-2100. - Avril est au-dessus de 0 à partir de 2021-2050; - Hausses plus importantes en décembre, janvier et février;

1.7.2 Épisodes de gel-dégel

1.7.2.2 Carte du Québec-ski

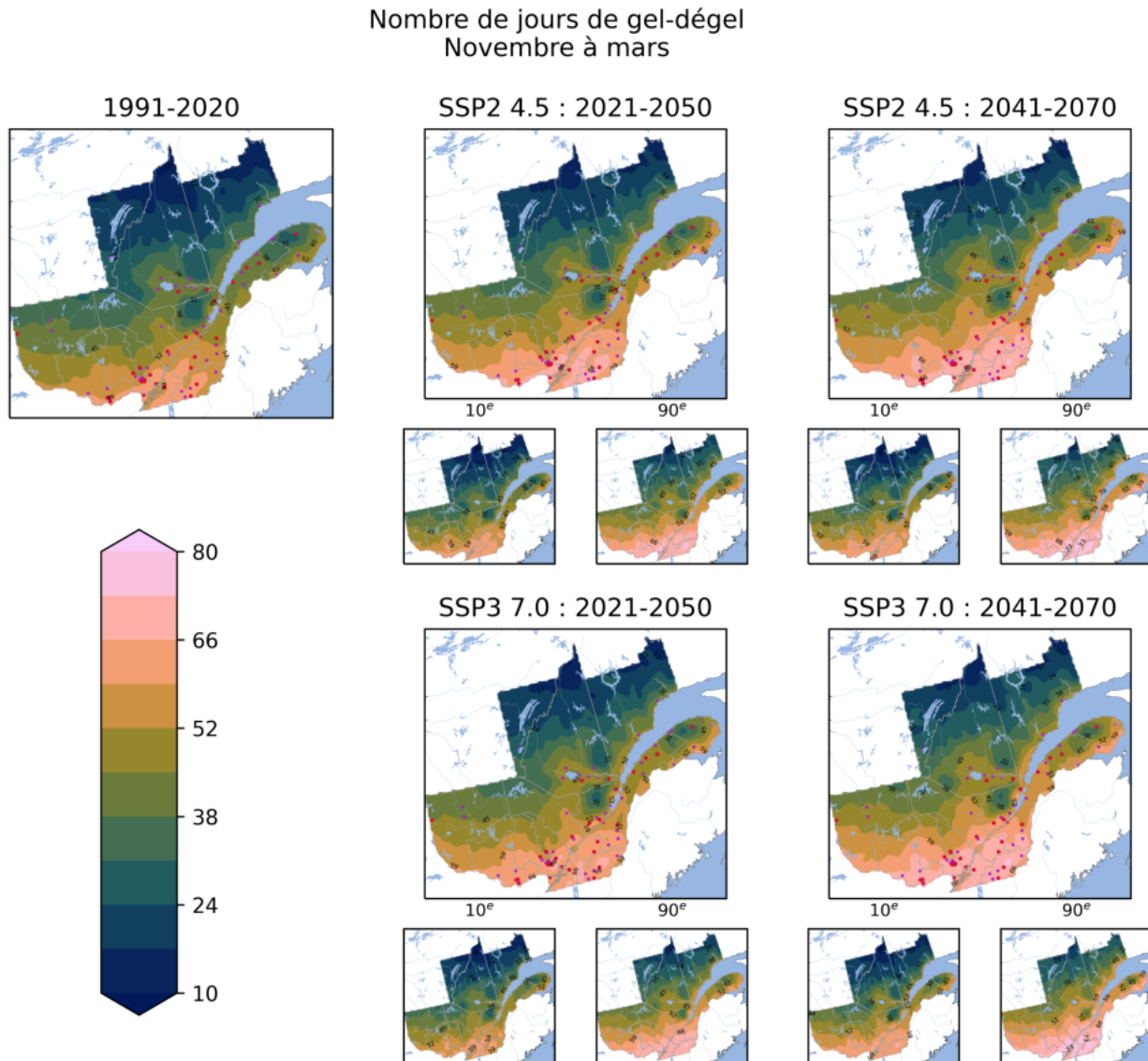


Figure 10 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

Voici les messages clés à retenir des cartes ci-dessus :

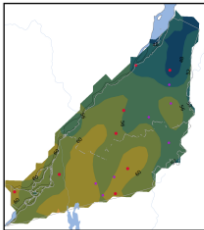
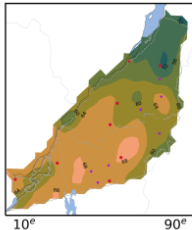
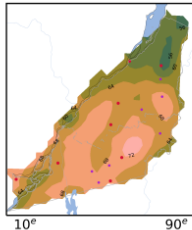

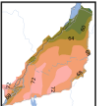


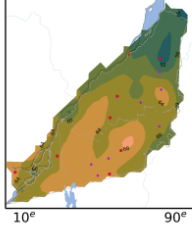
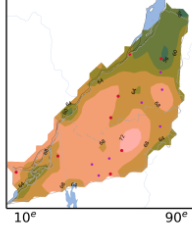




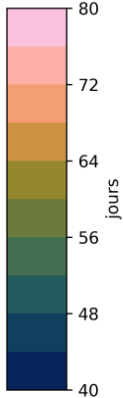
- Le nombre total de jours de gel-dégel de novembre à mars augmente légèrement partout dans le Québec Ski par rapport à la période historique. Exemple, il passe de 39 dans la capitale nationale pour l'historique à 47 jours d'ici 2041-2070 selon le scénario élevé SSP3-7.0..
- Cependant, dans le cas du gel-dégel, il est important de regarder la distribution mensuelle des épisodes pour mieux comprendre à quel moment les changements se situent :
 - o Les projections montrent une hausse du nombre de jours de gel-dégel en décembre, janvier, février et mars avec plus de 10, voire 15 jours par mois dans le sud du Québec, le mois de novembre se situe à la frontière avec des hausses dans certaines régions et des baisses dans d'autres, et enfin des diminutions sont projetées en avril, quel que soit l'horizon.

1.7.2.3 Cartes et histogrammes par groupe de régions

Le tableau suivant présente les résultats pour l'indicateur gel-dégel de novembre à mars (pour les cartes) et de novembre à avril pour les histogrammes pour les quatre groupes de régions.

Note : Les messages clés pour les évolutions mensuelles par groupe de régions considèrent les nuances par région à l'intérieur d'un même groupe, cependant, les figures d'histogrammes montrent une seule région du groupe afin d'alléger le rapport.

Tableau 7 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur gel-dégel de novembre à mars (avril)

Régions	Valeurs 1991-2020	Gel-dégel	
<p>Groupe 1 Sud-ouest – Cartes</p> <p>Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Montérégie,</p>	<p>52 à 59</p>	<p style="text-align: center;">Nombre de jours de gel-dégel Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  <p style="text-align: center;">jours</p> </div>	
<p>Les régions du Groupe 1 Sud-ouest montrent une augmentation générale du nombre total de jours de gel-dégel de novembre à mars. En climat récent (1991-2020), c'est en Chaudière-Appalaches que le nombre de jours est moins élevé (52) alors que c'est en Montérégie que les valeurs sont les plus grandes (59). Pour chaque région, l'augmentation est autour de 10 jours entre la période de référence et l'horizon 2041-2070 (SSP3-7.0).</p>			

Histogrammes (novembre à avril)

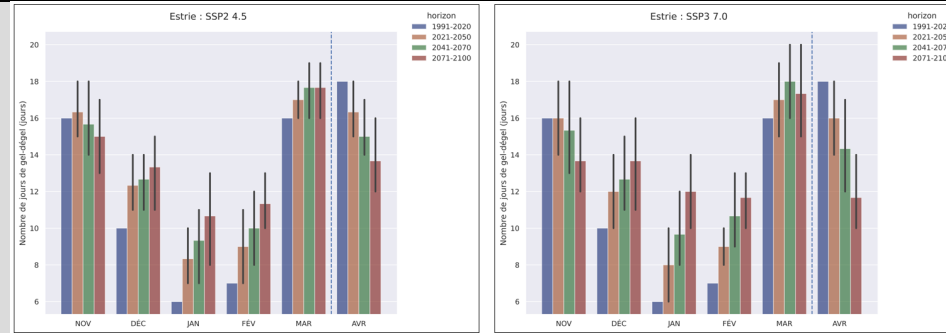


Figure 11 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l'Estrie. Voir la figure 4 pour plus de détails.

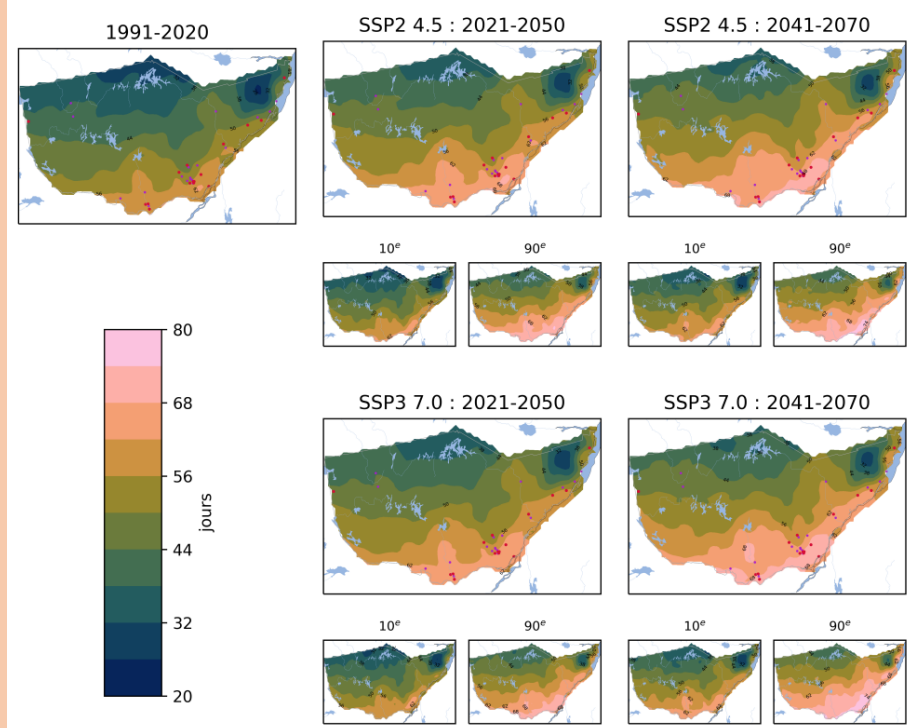
- Baisse en novembre pour toutes les régions du groupe 1, sauf dans Chaudière-Appalaches, où il y aura peu de changements en novembre.
- Hausse en décembre, janvier, février et mars pour toutes les régions.
- Atteinte de 10 jours/mois en décembre en 2021-2050 pour toutes les régions du groupe 1. En Estrie, les 10 jours/mois sont aussi atteints en février alors qu'on peut les dénombrer en janvier et février en Montérégie.
- Plus de 15 jours en mars dès maintenant pour toutes les régions du groupe.
- Baisse en avril pour toutes les régions.

Groupe 2 Nord-ouest – Cartes

Capitale-Nationale, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Mauricie, Abitibi-Témiscamingue

39 à 51

Nombre de jours de gel-dégel
Novembre à mars



Le nombre de jours de gel-dégel augmentera dans toutes les régions du Groupe 2 Nord-ouest. L'augmentation est moins marquée pour les régions de l'Abitibi-Témiscamingue et de la Capitale-Nationale (de 39 jours pour la période historique à 44 à l'horizon 2021-2050 et 47 à l'horizon 2041-2070 selon le SSP3-7.0).

Histogrammes (novembre à avril)

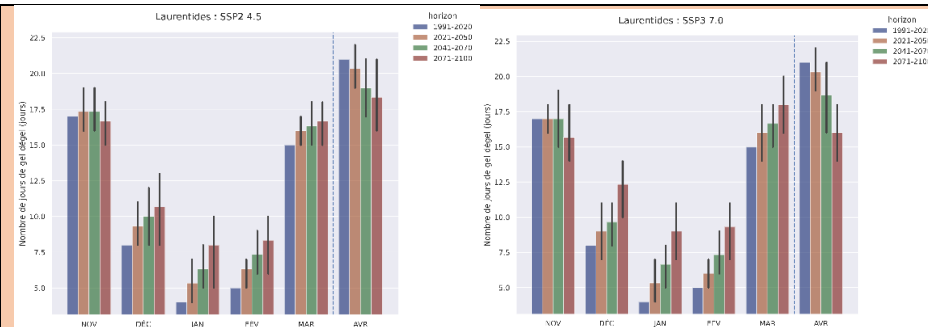


Figure 12 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la figure 4 pour plus de détails.

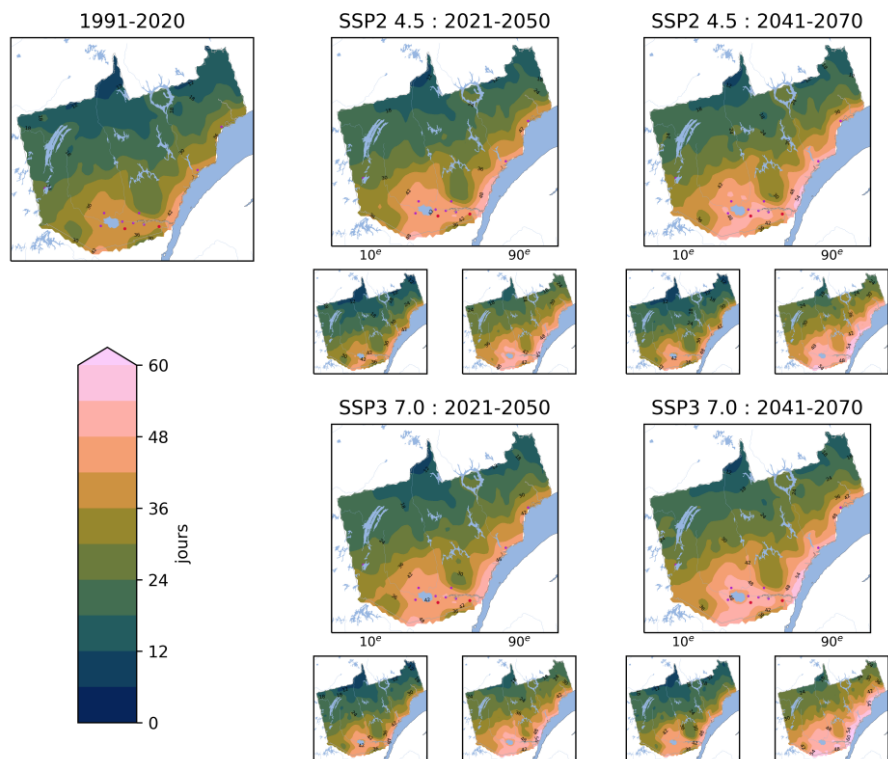
- Peu de changements en novembre quel que soit l'horizon pour toutes les régions du groupe 2, sauf en Outaouais où une légère baisse est observée en novembre. Ce qui signifie que le début de l'hiver, accompagné d'oscillations au-dessus et en dessous de 0°C, se ressent en novembre dans la région.
- Pour toutes les régions, il y a une hausse en décembre, janvier, février et mars.
- Pour les Laurentides et l'Outaouais, déjà 15 jours au mois de mars dès maintenant.
- Baisse en avril pour toutes les régions. Ce qui signifie que la fin de l'hiver, accompagnée d'oscillations au-dessus et en dessous de 0°C, se ressent en avril dans toutes les régions.

Groupe 3 Nord-est – Cartes

Jamésie-Sud Est,
Saguenay - Lac-Saint-
Jean,
Côte-Nord

20 à 27

Nombre de jours de gel-dégel
Novembre à mars



Le nombre de jours de gel-dégel augmentera légèrement dans les régions du Groupe 3 Nord-est. La fréquence de ces événements ainsi que leur augmentation sont moins marquées que dans les régions situées plus au sud du Québec Ski. Par exemple, en Jamésie-Sud Est, on passe de 19 jours de gel-dégel en période de référence à 22 à l'horizon le plus proche, puis 23 d'ici 2041-2070, selon le SSP3-7.0).

Histogrammes (novembre à avril)

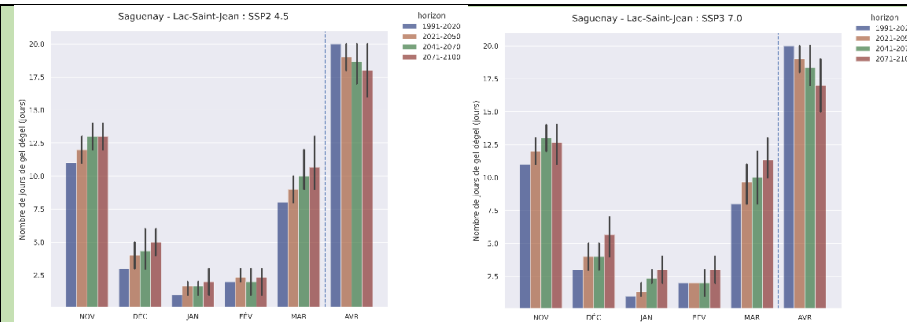


Figure 13 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la figure 4 pour plus de détails.

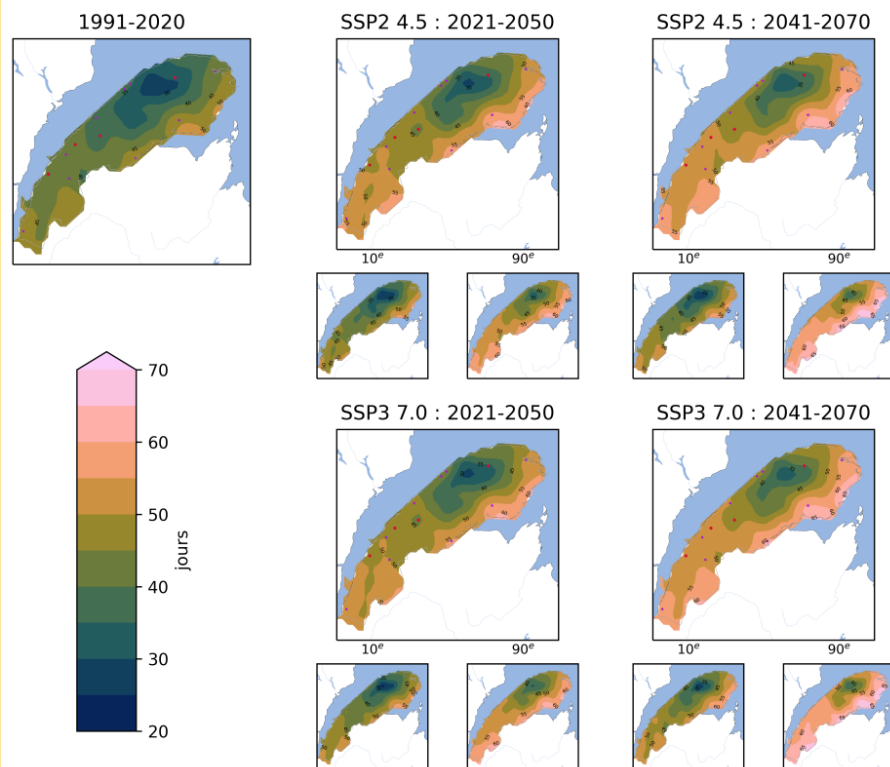
- Hausses pour les mois de novembre et mars pour toutes les régions du groupe 3.
- Changements souvent plus faibles en janvier et février.
- Diminutions en avril pour le Saguenay Lac-Saint-Jean et la Côte-Nord.

**Groupe 4 Sud-est –
Cartes**

Bas-Saint-Laurent,
Gaspésie

39 à 41

Nombre de jours de gel-dégel
Novembre à mars



Le nombre de jours de gel-dégel de novembre à mars est fortement contrôlé par la proximité de l'eau et la topographie de la région. La moyenne du Groupe 4 Sud-est ne se démarque toutefois pas des autres régions. Par exemple, dans le Bas-Saint-Laurent, le nombre de jours de gel-dégel passera de 41 à 47 d'ici 2021-2050, puis 50 jours à l'horizon 2041-2070 selon le SSP3-7.0.

Histogrammes (novembre à avril)

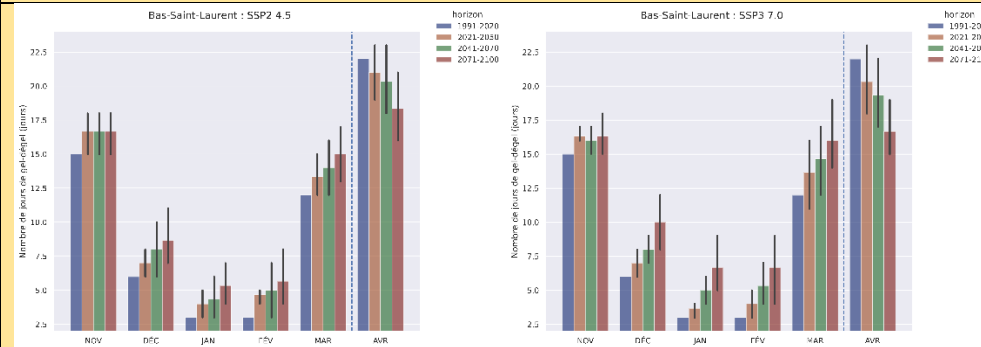


Figure 14 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la figure 4 pour plus de détails.

- Il y aura peu de changements du nombre de jours de gel-dégel en novembre, quel que soit l'horizon.
- Des hausses sont projetées en décembre, janvier, février et mars.
- Le nombre de jours de gel-dégel demeurera sous 10/mois en décembre, janvier et février selon le SSP2-4.5 et le dépassera rarement selon SSP3-7.0.
- Des baisses sont projetées en avril.

1.7.3 Jours sans couvert de neige naturelle au sol

1.7.3.2 Carte du Québec-ski

Jours sans couvert neigeux naturel
Novembre à mars

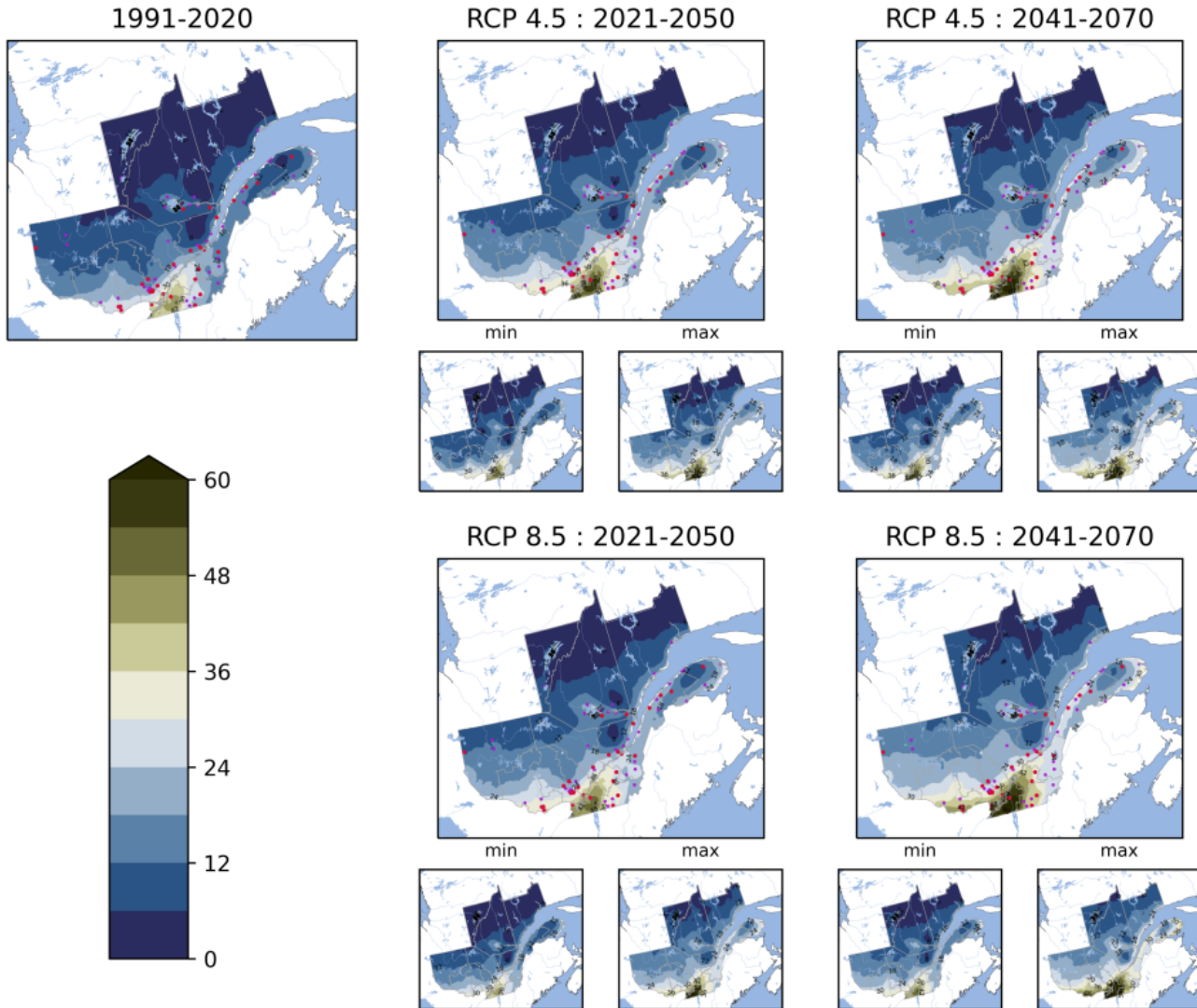


Figure 15 : Conditions simulées du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Ces résultats proviennent des simulations de modèles régionaux de climat du projet PINS avec les scénarios d'émissions RCP4.5 et RCP8.5. Le panneau du haut présente la moyenne tandis que les panneaux du bas présentent le minimum et le maximum.

Voici les messages clés à retenir des cartes ci-dessus :

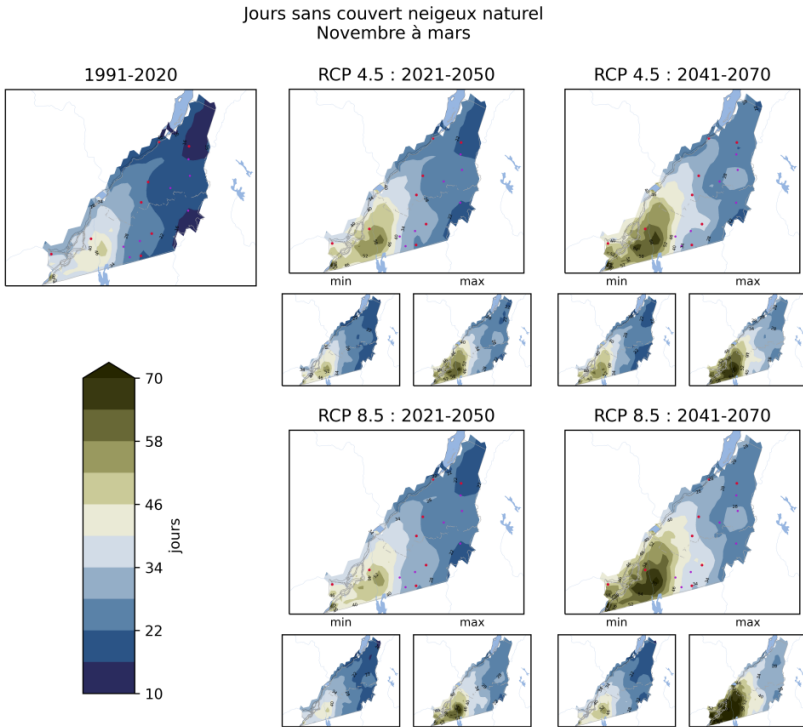
- L'indicateur de jours sans couvert de neige naturelle couvre les mois de novembre à mars. Pour tout le Québec Ski, une augmentation du nombre de jours est projetée dans le futur.
- C'est dans le sud qu'on trouve les augmentations les plus importantes (hausse de 19 jours en Montérégie, 14 jours en Chaudière-Appalaches et 13 jours en Estrie à l'horizon 2041-2070, RCP8.5).
- C'est dans le nord qu'on trouve les augmentations les plus faibles (hausse de 5 jours en Jamésie Sud-Est et Saguenay-Lac-Saint-Jean, 6 jours en Côte-Nord à l'horizon 2041-2070, RCP8.5).

1.7.3.3 Cartes et histogrammes par groupe de régions

Le tableau suivant résume les messages clés pour l'indicateur de jours sans couvert de neige naturelle de novembre à mars (pour les cartes) et de novembre à avril pour les histogrammes pour les quatre groupes de régions.

Note : Les messages clés pour les évolutions mensuelles par groupe de régions considèrent les nuances par région à l'intérieur d'un même groupe, cependant, par manque de place, les figures d'histogrammes qui sont présentées montrent une seule région par groupe, considérée représentative du groupe en question.

Tableau 8 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur de jours sans couvert de neige naturelle de novembre à mars (avril)

Régions	Valeurs annuelles 1991-2020	Jours sans couvert de neige naturelle au sol
<p>Groupe 1 Sud-ouest – Cartes</p> <p>Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Montérégie,</p>	<p>17 à 39 jours</p>	<p style="text-align: center;">Jours sans couvert neigeux naturel Novembre à mars</p>  <p>Le nombre de jours sans couvert de neige naturelle montre un fort gradient sud-ouest/nord-est avec des valeurs atteignant plus de 46 jours localement dans le sud-ouest alors que certains secteurs ne dépassent pas 16 jours dans le nord-est. Les changements projetés adoptent aussi ce patron. À l'échelle des régions, une hausse très marquée du nombre de jours est projetée dans le sud, surtout en Montérégie, où on passerait de 39 jours en climat de référence à 58 jours à l'horizon 2041-2070, RCP8.5. Des hausses plus faibles sont attendues en Chaudière-Appalaches, passant de 17 à 27 jours sur la même période et le même RCP.</p>

**Histogrammes
(novembre à
avril)**

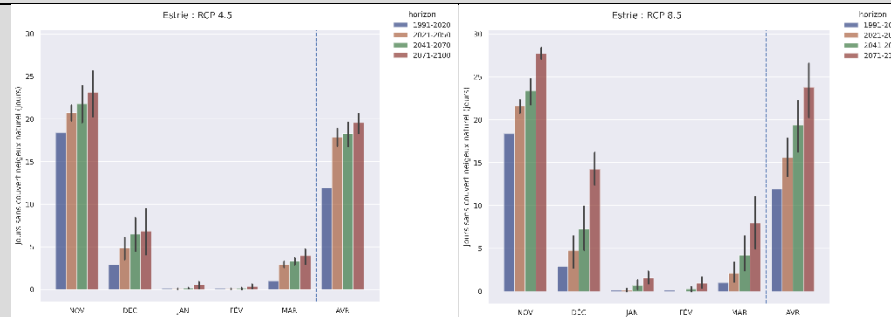


Figure 16 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région de l'Estrie. Les barres de couleur indiquent la moyenne régionale des simulations de PINS. Les lignes gris foncé associées à chacune d'entre elles indiquent l'intervalle des minimum et maximum. Note - Pour la période de référence 1991-2020 les simulations RCP4.5 et RCP8.5 sont combinées.

Pour toutes les régions, hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle surtout en novembre, décembre, mars et avril selon le RCP8.5.

Pour toutes les régions, le nombre de jours sans couvert de neige naturelle en avril atteint un palier dès 2021-2050 et se stabilise jusqu'en 2100 pour le RCP4.5.

Le mois de novembre dépasse 20 jours sans couvert de neige dès 2021-2050 pour toutes les régions selon le RCP8.5.

Des hausses en janvier et février sont projetées seulement en Montérégie pour les deux RCPs. Le nombre de jours pourrait passer de 1 à 5 jours entre 1991-2020 et 2071-2100.

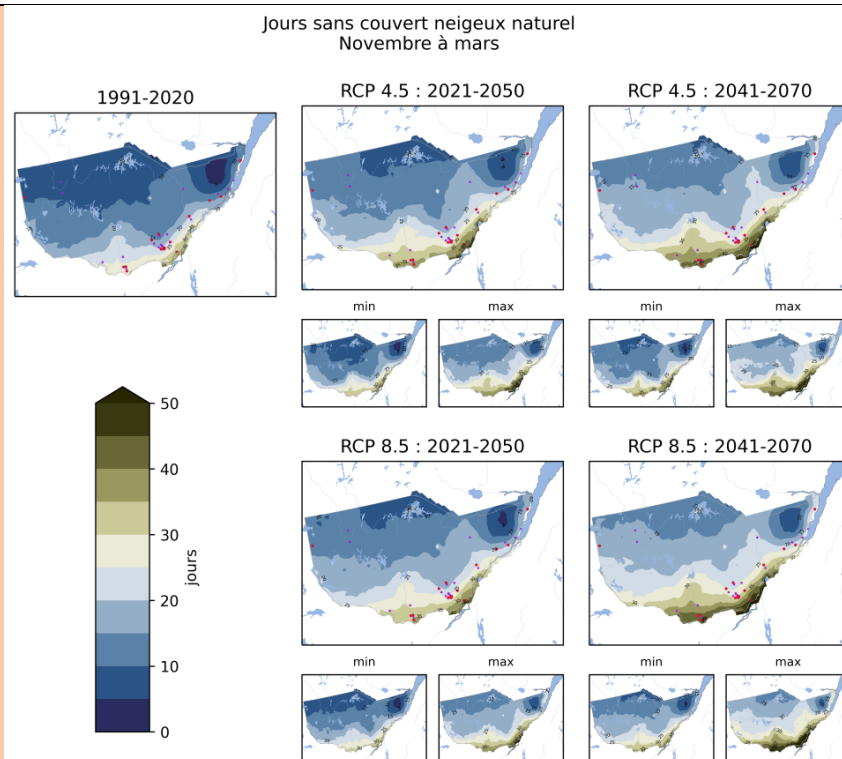
Groupe Nord-ouest
Cartes

2

–

Capitale-Nationale,
Outaouais,
Lanaudière,
Laurentides,
Mauricie,
Abitibi-
Témiscamingue

9 à 17
jours



Un fort gradient nord/sud est noté dans le nombre de jours sans couvert de neige naturelle de la région 2.

Sur la période de référence, il y a 35 jours sans couvert de neige naturelle dans le sud, à proximité du Saint-Laurent alors que dans les parties plus au nord, il y a entre 5 et 10 jours sans couvert de neige naturelle. Les valeurs les plus faibles sont obtenues sur les hauts sommets de la Capitale-Nationale où on atteint moins de 5 jours sans couvert de neige naturelle sur 1991-2020.

Les changements projetés du nombre de jours sans couvert de neige naturelle seront relativement uniformes à l'échelle des régions. Par exemple, la Capitale-Nationale, l'Abitibi-Témiscamingue et l'Outaouais connaîtront des hausses respectives de 8, 10 et 11 jours entre 1991-2020 et 2041-2070, pour le RCP8.5.

**Histogrammes
(novembre à
avril)**

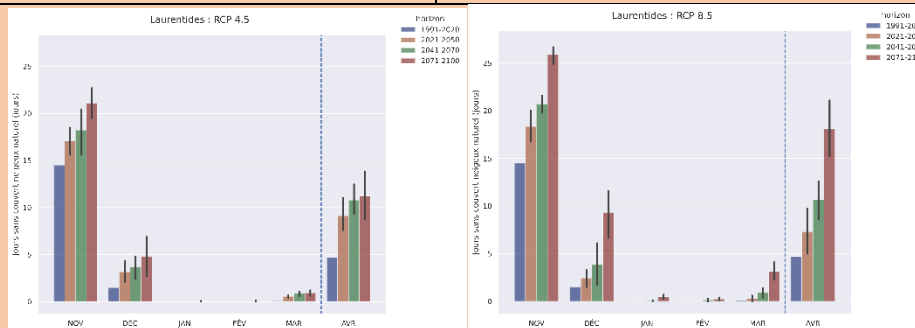
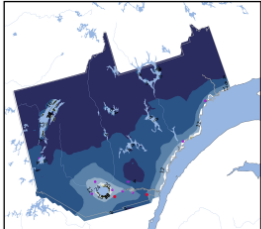
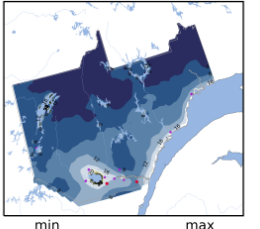
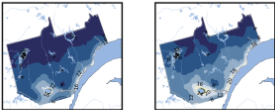
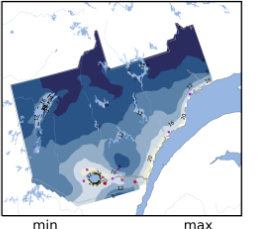
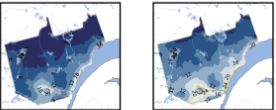
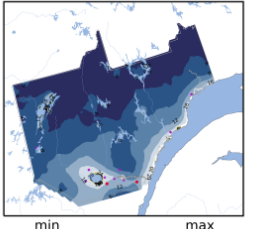
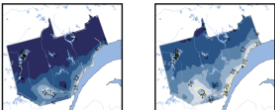
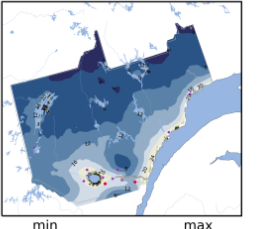
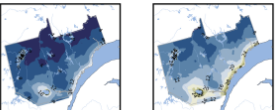
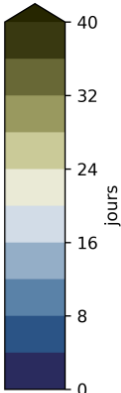


Figure 17 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.

Le nombre de jours sans couvert de neige naturelle augmente surtout en novembre et en avril. Par exemple, les Laurentides pourraient perdre plus de 10 jours de couvert de neige en novembre et en avril entre 1991-2020 et 2071-2100, pour le RCP8.5.

En décembre, le gain dépasse rarement 5 jours, sauf en Outaouais et Laurentides (mêmes périodes et RCP).

De janvier à mars, très peu de changements sont projetés et le nombre de jours demeure près de 0, pour tous les horizons et les RCP.

<p>Groupe Nord-est Cartes</p> <p>Jamésie-Sud Est, Saguenay - Lac-Saint-Jean, Côte-Nord</p>	<p>3 –</p> <p>4 à 7 jours</p>	<p style="text-align: center;">Jours sans couvert neigeux naturel Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>RCP 4.5 : 2021-2050</p>  <p>min max</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>RCP 4.5 : 2041-2070</p>  <p>min max</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>RCP 8.5 : 2021-2050</p>  <p>min max</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>RCP 8.5 : 2041-2070</p>  <p>min max</p>  </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  <p style="text-align: center;">jours</p> </div>	<p>Parmi tous les groupes de régions, c'est celui où le moins de changements dans le nombre de jours sans couvert de neige sont projetés. À titre indicatif, la Côte-Nord passerait de 4 à 10 jours entre les périodes 1991-2020 et 2041-2070 pour le RCP8.5. Le Saguenay Lac-Saint-Jean passerait de 6 à 11 jours pour la même période et le même RCP.</p>

Histogrammes (novembre à avril)

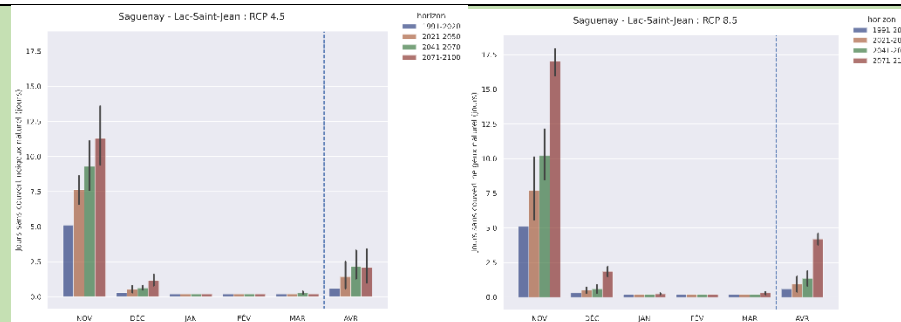


Figure 18 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région du Saguenay Lac-Saint-Jean. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.

Pour toutes les régions, seul le mois de novembre connaît des hausses du nombre de jours sans couvert de neige naturelle (tous les horizons et les deux RCPs).

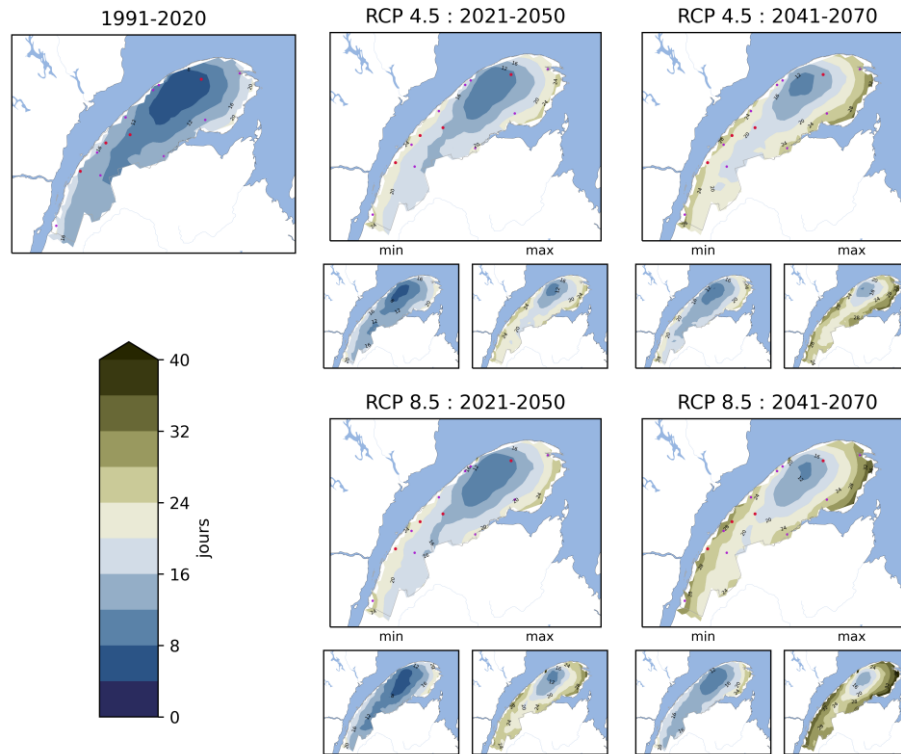
Durant les autres mois, soit de décembre à avril inclusivement, le nombre de jours demeure sous la barre de 2,5 jours pour tous les horizons, régions et RCP. Seul le mois d'avril au Saguenay-Lac-Saint-Jean fait exception et atteint 4 jours à l'horizon 2071-2100 pour le RCP8.5.

Groupe 4 Sud-est – Cartes

Bas-Saint-Laurent, Gaspésie

11 à 12 jours

Jours sans couvert neigeux naturel
Novembre à mars



Le nombre de jours sans couvert de neige naturelle du Groupe 4 augmente 8 jours au Bas-Saint-Laurent et de 10 jours en Gaspésie (1991-2020 vs 2041-2070, RCP8.5). Sur les hauts sommets de la Gaspésie, les valeurs atteignent 8 à 12 jours en 2041-2070 (RCP8.5) alors qu'elles sont de 4 à 8 jours en 1991-2020. Près des côtes, on pourrait atteindre 32 à 36 jours en 2041-2070 (RCP8.5) alors qu'elles sont de 16 à 20 jours en 1991-2020.

Histogrammes (novembre à avril)

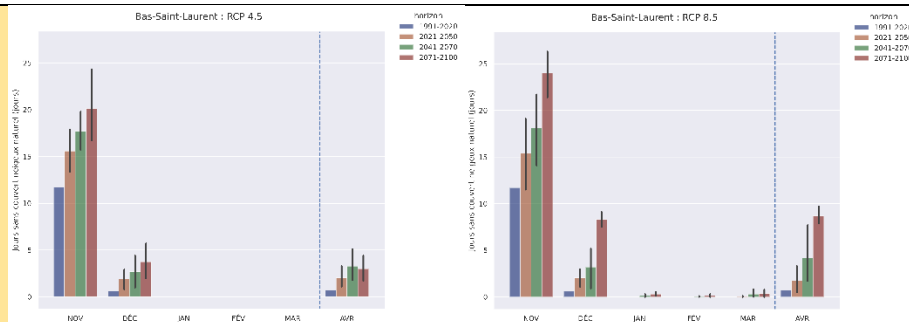


Figure 19 : Conditions simulées des jours sans couvert de neige naturelle de novembre à avril, selon les scénarios RCP4.5 (gauche) et RCP8.5 (droite), pour la région du Bas-Saint-Laurent. Voir la légende de la figure 16 pour plus de détails.

Le mois de novembre se démarque avec des hausses plus marquées dans le nombre de jours sans couvert de neige naturelle.

Les mois de décembre et avril connaissent de légères hausses qui ne dépassent pas 10 jours en 2071-2100.

Les mois janvier, février et mars maintiennent une quasi-absence de jours sans couvert de neige naturelle de novembre à mars à l'échelle des deux régions du Groupe 4.

1.7.4 Précipitations liquides

1.7.4.2 Carte du Québec-ski

Précipitations liquides moyennes

(Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne au-dessus de 0°C)

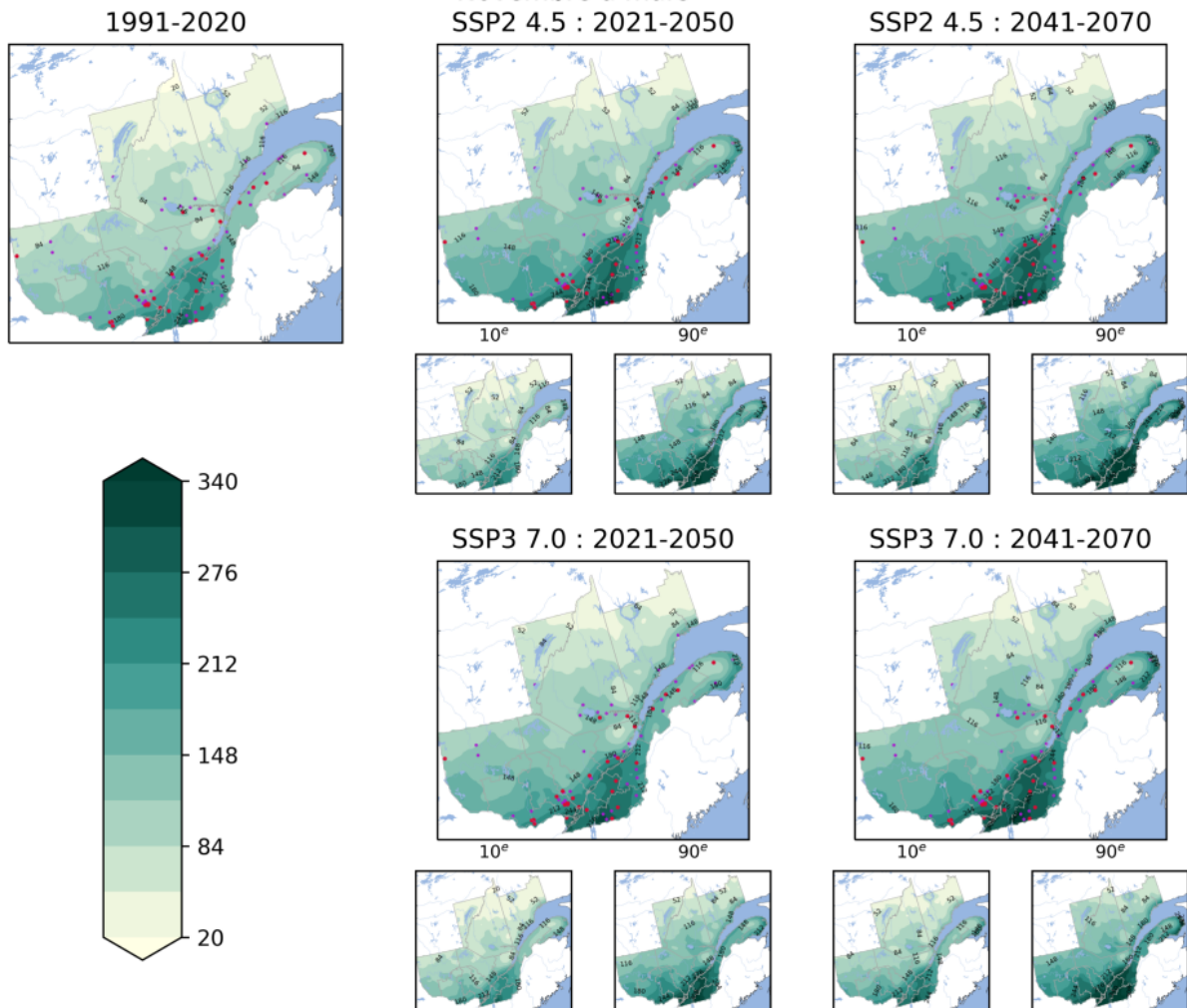


Figure 20 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

Voici les messages clés à retenir des cartes ci-dessus :

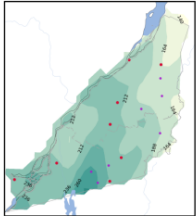
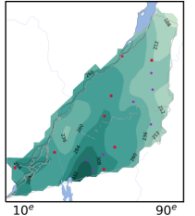
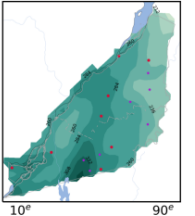
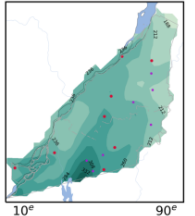
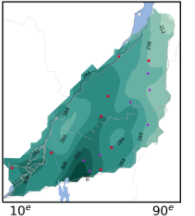
- Les précipitations totales sur la saison hivernale sont en hausse généralisée. Cette hausse est principalement due à une augmentation des précipitations sous forme liquide. En général, peu de changements sont projetés pour les précipitations sous forme solide.
- La hausse des précipitations liquides se présente dans toutes les régions et tous les mois, pour toutes les décennies et les scénarios d'émissions avec des tendances plus marquées au Sud de la vallée du Saint-Laurent. Les mois de novembre et d'avril, qui recevaient déjà les plus grandes quantités de précipitations liquides, en recevront encore plus. Enfin, on voit qu'il n'y a qu'une hausse limitée des précipitations liquides en janvier et février.
- Ceci étant dit, il est important de rappeler que la variabilité interannuelle demeure très importante même en situation de changement climatique. Il est important de ne pas confondre le signal de cette variabilité (une saison atypique) avec une tendance de fond à plus long terme.

1.7.4.3 Cartes et histogrammes par groupe de régions

Le tableau suivant résume les résultats pour l'indicateur de précipitations liquides moyennes de novembre à mars (pour les cartes) et de novembre à avril pour les histogrammes pour les quatre groupes de régions.

Note : Les messages clés pour les évolutions mensuelles par groupe de régions considèrent les nuances par région à l'intérieur d'un même groupe, cependant, par manque de place, les figures d'histogrammes qui sont présentées montrent une seule région par groupe.

Tableau 9 : Messages clés par groupe de régions pour l'indicateur précipitations liquides moyennes de novembre à mars (avril)

Régions	Valeurs annuelles 1991-2020	Précipitations liquides
<p>Groupe 1 Sud-ouest – Cartes</p> <p>Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Montérégie,</p>	<p>181 à 219 mm</p>	<p style="text-align: center;">Précipitations liquides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne au-dessus de 0°C) Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">La hausse des précipitations liquides se présente dans l'ensemble des régions du Groupe 1 Sud-ouest et est plus prononcée en Montérégie et en Estrie à l'horizon 2041-2070 selon les deux scénarios. Par exemple, en Estrie, on passe de 219 mm pour la période de référence à 260 mm à l'horizon le plus proche, puis 296 mm d'ici 2041-2070 selon SSP3-7.0).</p>

**Histogrammes
(novembre à
avril)**

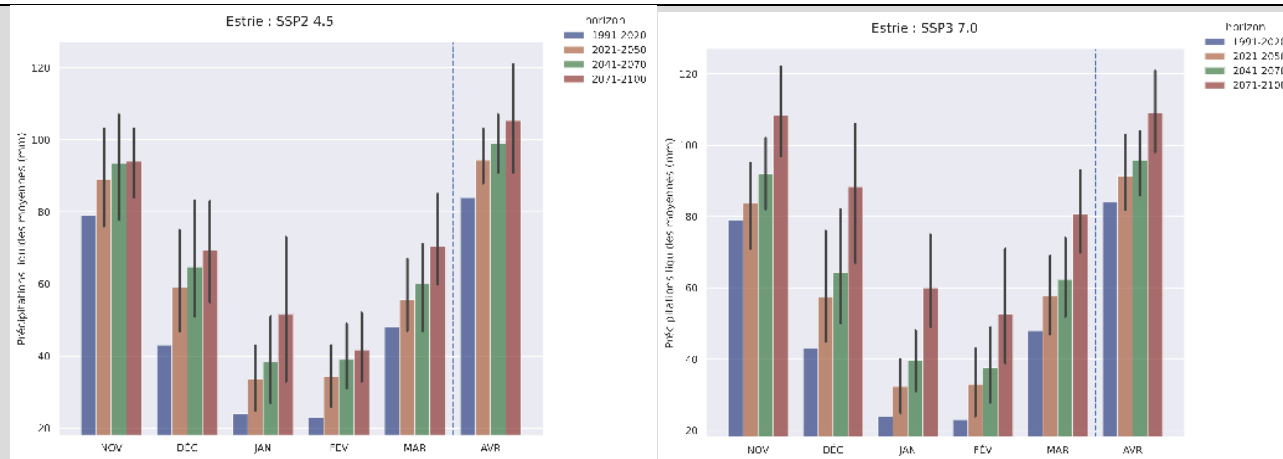
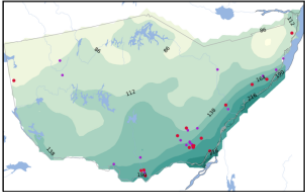
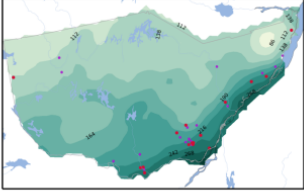
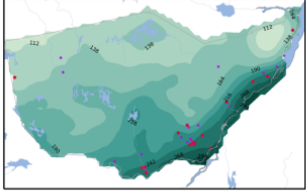




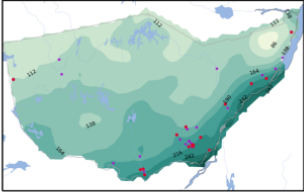
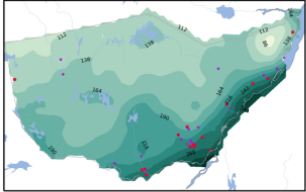



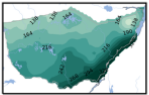
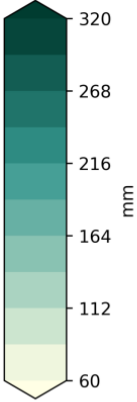


Figure 21 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région de l’Estrie. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.

Les précipitations liquides augmentent de novembre à avril pour toutes les régions du groupe 1. Elles atteignent 20 à 30 mm au minimum (selon le scénario) tous les mois dès maintenant pour toutes les régions du groupe 1, sauf pour Chaudière-Appalaches où ces valeurs sont atteintes en 2021-2050. Les précipitations liquides atteignent plus de 100 mm en avril à l’horizon 2071-2100 pour toutes les régions du groupe 1 et pour les 2 scénarios. Elles atteignent 100 mm en novembre pour toutes les régions pour le scénario SSP3-7.0.

<p>Groupe 2 Nord-ouest Cartes</p> <p>Capitale-Nationale, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Mauricie, Abitibi-Témiscamingue</p>	<p>2 –</p> <p>96 à 147 mm</p>	<p style="text-align: center;">Précipitations liquides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne au-dessus de 0°C) Novembre à mars</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1991-2020</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP2 4.5 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2021-2050</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>SSP3 7.0 : 2041-2070</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>10°</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>90°</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>320 268 216 164 112 60 mm</p> </div>	<p>La hausse des précipitations liquides se présente dans l'ensemble des régions du Groupe 2 Nord-ouest. Les hausses sont relativement uniformes d'une région à l'autre. Ainsi, la plus faible hausse est obtenue en Mauricie où 41 mm de précipitations liquides s'ajoutent alors que la plus grande hausse, estimée à 49 mm est obtenue dans les Laurentides (période 2041-2070, SSP3-7.0).</p>
<p>Histogrammes (novembre à avril)</p>		<p>- en novembre, décembre, mars et avril dans Lanaudière et les Laurentides. - tous les mois verront des hausses importantes en Outaouais.</p> <p>La hausse des précipitations liquides est clairement plus marquée à l'horizon 2071-2100, où même janvier dépasse 20 mm de pluie dans toutes les régions du groupe 2. Ce seuil de 20 mm en janvier est dépassé dès l'horizon 2041-2070 dans Lanaudière, les Laurentides et en Outaouais et cette dernière région les atteint aussi en février dès 2071-2100.</p>	

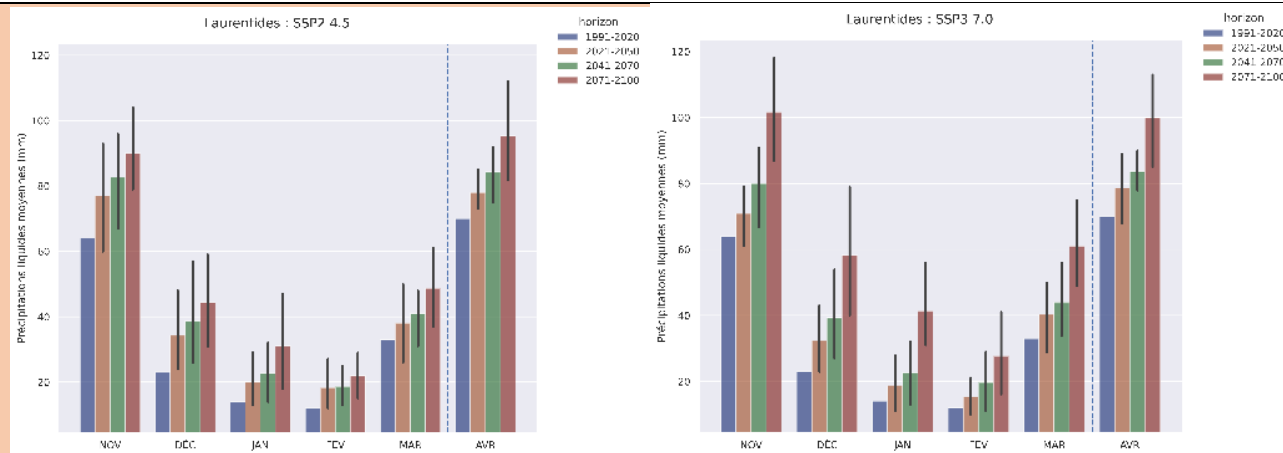
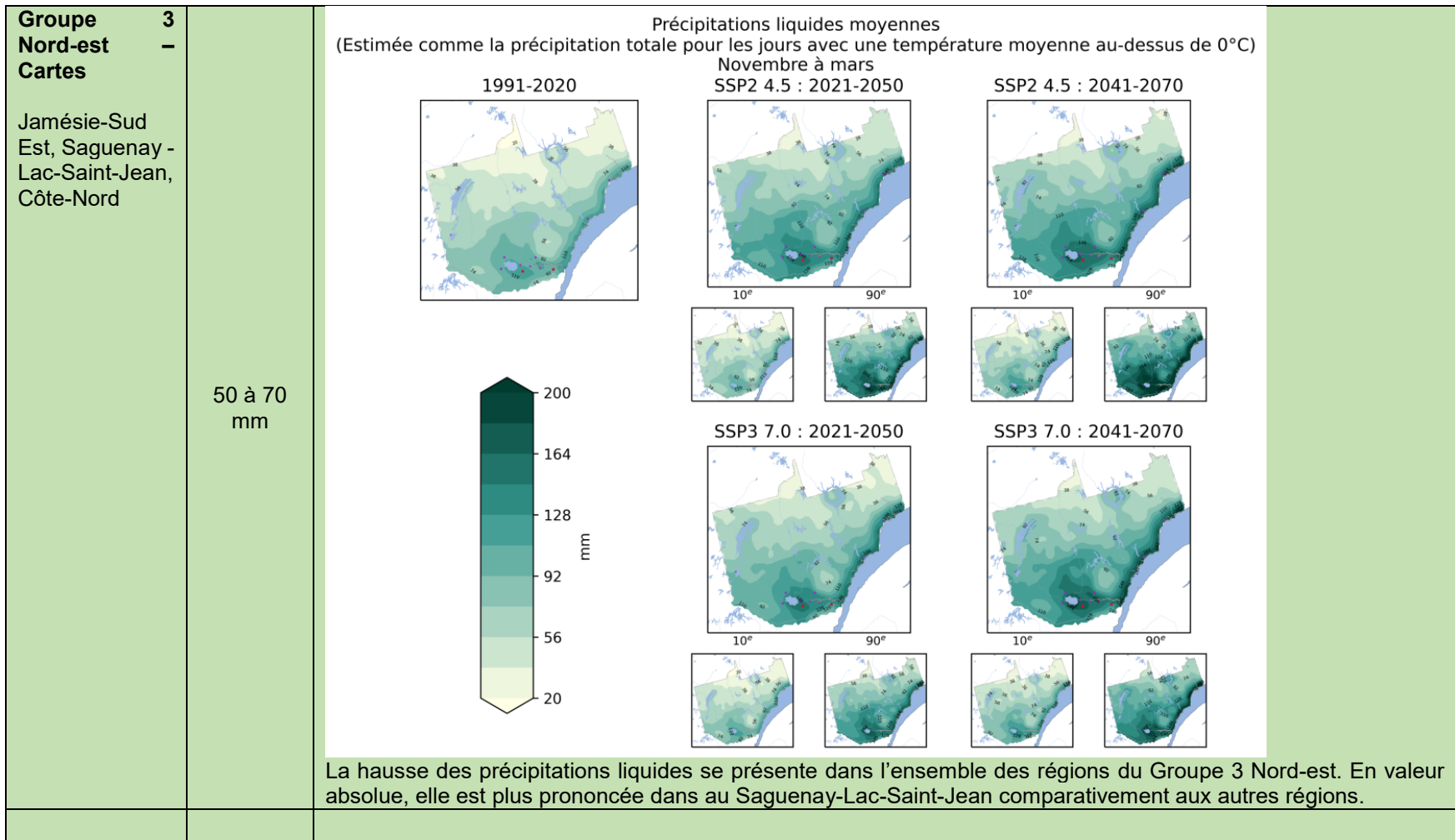


Figure 22 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région des Laurentides. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.

- Toutes les régions du groupe 2 verront des hausses importantes en novembre et avril.
- Bien que plus faibles, des hausses sont aussi projetées en décembre, janvier et mars dans les Laurentides, l'Outaouais et Lanaudière.
- Février est généralement épargné.



**Histogrammes
(novembre à
avril)**

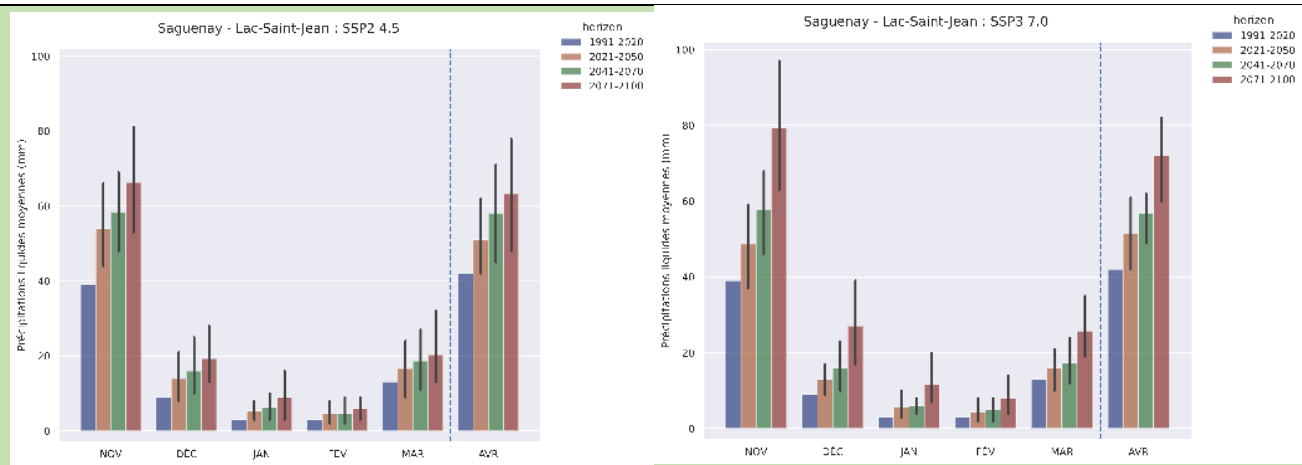


Figure 23 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.

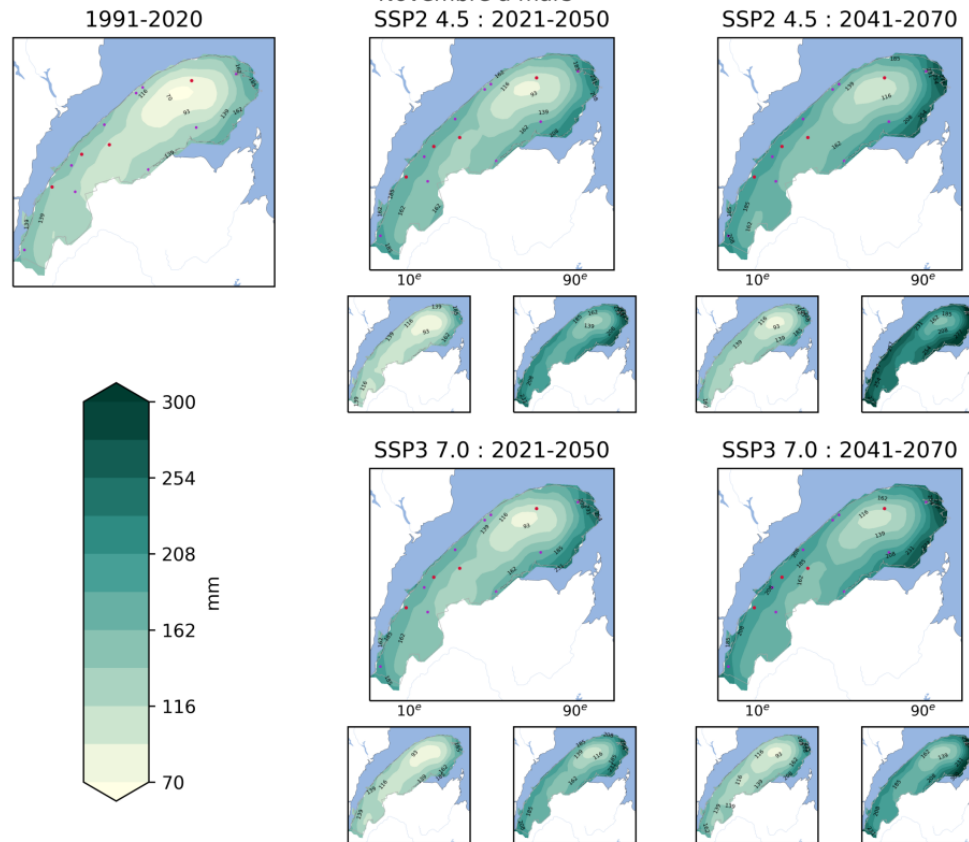
- Les plus grandes hausses de précipitations liquides seront en novembre et avril.
- Faibles hausses en décembre et mars qui demeurent sous 20 mm pour tous les horizons.
- Janvier et février sont relativement épargnés.

Groupe 4 Sud-est – Cartes

Bas-Saint-Laurent,
Gaspésie

116 à 121 mm

Précipitations liquides moyennes
(Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne au-dessus de 0°C)



La hausse des précipitations liquides se présente dans l'ensemble des régions du Groupe 4 Sud-est et est plus prononcée en Gaspésie qu'au Bas-Saint-Laurent. La première région passe ainsi de 116 mm à 180 mm alors que la seconde passe de 121 à 174 mm (horizon 2041-2070, SSP3-7.0).

**Histogrammes
(novembre à
avril)**

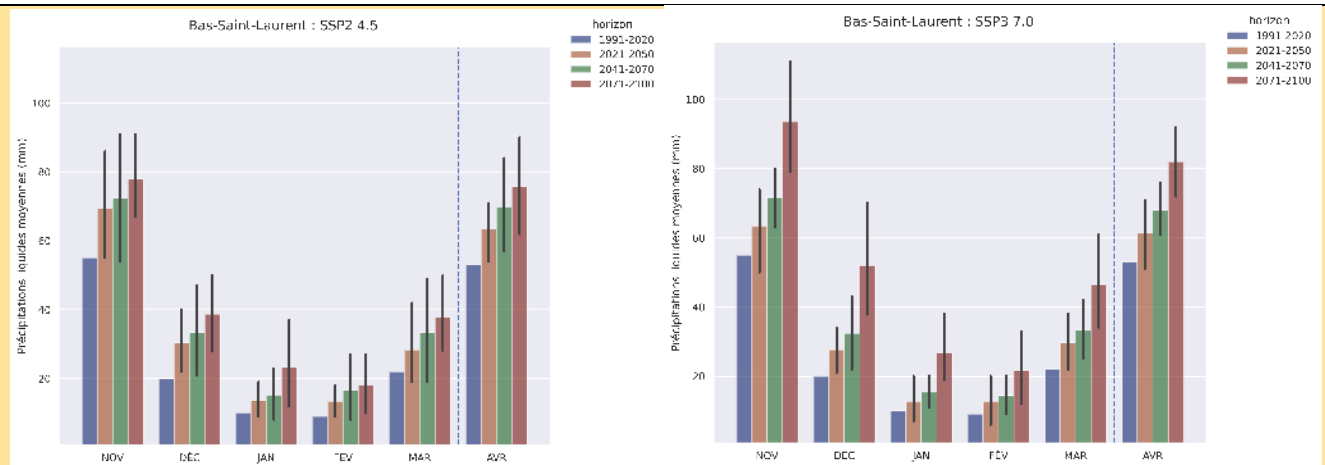


Figure 24 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes de novembre à avril selon les scénarios SSP2 4.5 (gauche) et SSP3 7.0 (droite) pour le Bas-Saint-Laurent. Voir la légende de la figure 4 pour plus de détails.

- Une hausse de précipitations liquides est projetée pour tous les mois selon les 2 horizons de temps pour les 2 régions du groupe 4.
- Les mois de janvier et février sont moins touchés en Gaspésie.

1.7.5 Synthèse des messages clés sur les 4 indicateurs prioritaires

En résumé, en saison hivernale, les indicateurs sélectionnés ont permis de retenir les faits saillants suivants pour les quatre aléas prioritaires :

- **Réchauffement graduel des températures** : réduction de la durée de la saison en retardant de quelques jours l'ouverture des stations et atteignant des températures printanières plus tôt en saison
- **Jours de gel-dégel** : augmentation du nombre de journées oscillant autour du point de gel-dégel, avec des tendances plus marquées au sud de la vallée du Saint-Laurent.
- **Jours sans couvert de neige naturelle au sol** : Pour tout le Québec Ski, une augmentation du nombre de jours sans couvert de neige naturelle est projetée dans le futur. C'est dans le sud que les augmentations sont les plus importantes.
- **Précipitations liquides**: augmentation de quelques mm ou % annuellement de la pluie entre novembre et mars, avec des tendances plus marquées au sud de la vallée du Saint-Laurent.

Le tableau suivant présente les données par région pour chacun des quatre indicateurs.

Tableau 10 : Changements projetés pour les 4 aléas prioritaires par région administrative du Québec ski selon deux scénarios d'émissions de GES. Les valeurs représentent le 50^e centile des moyennes régionales des diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e centiles (entre parenthèses) à l'exception de l'indicateur 'Jours sans couvert de neige naturelle' où la valeur représente la moyenne des simulations et l'intervalle le minimum et le maximum. Pour la période de référence 1991-2020 les simulations SSP2 4.5 et SSP3 7.0 (ou RCP 4.5 et RCP 8.5) sont combinées et seulement le 50^e centile (moyenne pour PINS) est calculé.

			Valeurs				
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
01-regQCski	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	36	41 (38 - 44)	43 (39 - 48)	46 (42 - 51)
			SSP3-7.0	36	40 (39 - 44)	43 (41 - 49)	50 (45 - 52)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	100	133 (96 - 170)	143 (113 - 199)	161 (134 - 212)
			SSP3-7.0	100	128 (101 - 149)	148 (120 - 163)	200 (170 - 236)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-9.9	-8.2 (-8.8 - -7.5)	-7.6 (-8.2 - -5.8)	-6.4 (-7.1 - -4.5)
			SSP3-7.0	-9.9	-8.2 (-8.8 - -7.3)	-6.8 (-7.8 - -5.8)	-4.8 (-5.6 - -3.5)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	10	14 (14 - 14)	16 (15 - 18)	18 (16 - 23)
			RCP 8.5	10	14 (11 - 15)	18 (15 - 20)	28 (26 - 31)
			Valeurs				
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Centre-du-Québec	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	58	64 (60 - 69)	67 (60 - 71)	70 (65 - 76)
			SSP3-7.0	58	63 (58 - 68)	68 (63 - 72)	71 (61 - 78)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	214	269 (217 - 323)	283 (249 - 361)	308 (278 - 374)
			SSP3-7.0	214	246 (220 - 304)	286 (247 - 335)	372 (323 - 452)

	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-5.6	-3.9 (-4.5 - -3.0)	-3.3 (-3.9 - -1.7)	-2.1 (-3.0 - -0.4)
			SSP3-7.0	-5.6	-4.0 (-4.5 - -2.9)	-2.5 (-3.7 - -1.5)	-0.5 (-1.7 - 0.8)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	26	33 (31 - 36)	37 (34 - 41)	39 (32 - 46)
			RCP 8.5	26	32 (29 - 34)	40 (31 - 44)	58 (49 - 63)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Chaudière-Appalaches	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	52	58 (55 - 63)	62 (56 - 66)	66 (60 - 69)
			SSP3-7.0	52	58 (54 - 63)	62 (58 - 67)	69 (62 - 74)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	181	232 (179 - 290)	245 (202 - 329)	268 (236 - 341)
			SSP3-7.0	181	221 (186 - 255)	249 (212 - 291)	331 (288 - 409)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-6.7	-5.1 (-5.6 - -4.2)	-4.5 (-5.2 - -2.7)	-3.3 (-4.2 - -1.6)
			SSP3-7.0	-6.7	-5.2 (-5.6 - -4.1)	-3.8 (-4.9 - -2.7)	-1.7 (-3.0 - -0.4)
Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	17	23 (21 - 25)	26 (23 - 28)	27 (21 - 34)	
		RCP 8.5	17	23 (20 - 25)	27 (21 - 30)	39 (37 - 42)	
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Estrie	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	58	65 (60 - 71)	68 (60 - 72)	71 (66 - 76)
			SSP3-7.0	58	64 (58 - 69)	69 (63 - 72)	71 (64 - 78)
		NDJFM	SSP2-4.5	219	276 (229 - 327)	283 (255 - 362)	315 (283 - 370)

	Précipitations liquides moyennes (mm)		SSP3-7.0	219	260 (227 - 304)	296 (257 - 343)	380 (337 - 460)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-5.1	-3.5 (-4.0 - -2.6)	-2.8 (-3.5 - -1.4)	-1.7 (-2.5 - -0.1)
			SSP3-7.0	-5.1	-3.6 (-4.0 - -2.5)	-2.2 (-3.3 - -1.1)	-0.1 (-1.3 - 1.0)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	22	28 (26 - 30)	32 (27 - 36)	35 (27 - 40)
			RCP 8.5	22	28 (26 - 32)	35 (29 - 39)	51 (45 - 54)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Montérégie	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	59	65 (61 - 70)	67 (60 - 71)	69 (65 - 74)
			SSP3-7.0	59	64 (59 - 69)	68 (61 - 72)	69 (57 - 74)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	219	275 (230 - 317)	281 (259 - 350)	318 (285 - 364)
			SSP3-7.0	219	255 (225 - 303)	293 (254 - 339)	373 (327 - 451)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-4.6	-2.9 (-3.5 - -2.0)	-2.2 (-2.9 - -0.9)	-1.1 (-1.9 - 0.5)
			SSP3-7.0	-4.6	-3.1 (-3.4 - -1.9)	-1.7 (-2.8 - -0.5)	0.5 (-0.7 - 1.7)
Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	39	48 (44 - 54)	54 (49 - 59)	56 (49 - 63)	
		RCP 8.5	39	45 (38 - 52)	58 (43 - 70)	77 (63 - 90)	
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Montréal/Laval		NDJFM	SSP2-4.5	58	63 (59 - 68)	64 (59 - 69)	67 (63 - 72)

	Nombre de jours de gel-dégel (jours)		SSP3-7.0	58	61 (57 - 67)	65 (59 - 70)	66 (54 - 72)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	226	282 (235 - 325)	291 (264 - 358)	333 (292 - 373)
			SSP3-7.0	226	262 (234 - 318)	299 (262 - 349)	384 (339 - 461)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-4.3	-2.6 (-3.2 - -1.7)	-2.0 (-2.6 - -0.7)	-0.8 (-1.6 - 0.8)
			SSP3-7.0	-4.3	-2.8 (-3.2 - -1.7)	-1.4 (-2.6 - -0.3)	0.7 (-0.5 - 2.0)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	35	44 (40 - 53)	50 (44 - 58)	52 (44 - 59)
			RCP 8.5	35	41 (35 - 47)	52 (38 - 64)	73 (56 - 88)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Capitale-Nationale	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	39	44 (41 - 49)	47 (42 - 53)	51 (45 - 56)
			SSP3-7.0	39	44 (42 - 50)	47 (44 - 56)	56 (49 - 60)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	113	152 (102 - 195)	162 (123 - 229)	180 (145 - 239)
			SSP3-7.0	113	143 (108 - 170)	158 (135 - 196)	215 (190 - 275)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-9.2	-7.6 (-8.2 - -6.8)	-7.0 (-7.7 - -5.1)	-5.8 (-6.6 - -4.0)
			SSP3-7.0	-9.2	-7.6 (-8.2 - -6.6)	-6.2 (-7.3 - -5.2)	-4.2 (-5.4 - -2.9)
Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	9	12 (11 - 14)	14 (13 - 16)	16 (14 - 21)	
		RCP 8.5	9	12 (10 - 14)	15 (12 - 17)	25 (23 - 26)	
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100

Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Mauricie	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	40	46 (42 - 49)	49 (45 - 52)	52 (47 - 55)
			SSP3-7.0	40	46 (43 - 50)	48 (46 - 55)	55 (50 - 59)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	106	141 (95 - 179)	152 (112 - 200)	168 (137 - 217)
			SSP3-7.0	106	133 (107 - 161)	147 (123 - 184)	201 (174 - 249)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-8.9	-7.3 (-7.9 - -6.5)	-6.7 (-7.3 - -4.8)	-5.5 (-6.2 - -3.7)
			SSP3-7.0	-8.9	-7.3 (-7.9 - -6.3)	-5.8 (-7.0 - -4.9)	-3.8 (-4.9 - -2.6)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	11	15 (14 - 16)	17 (16 - 20)	20 (17 - 25)
RCP 8.5			11	15 (12 - 17)	18 (15 - 21)	29 (28 - 31)	
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Lanaudière	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	48	54 (50 - 60)	58 (53 - 62)	61 (57 - 66)
			SSP3-7.0	48	54 (50 - 60)	57 (54 - 65)	67 (59 - 69)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	137	177 (128 - 218)	189 (149 - 240)	214 (179 - 263)
			SSP3-7.0	137	165 (135 - 206)	185 (164 - 236)	252 (221 - 314)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-7.6	-6.0 (-6.6 - -5.1)	-5.4 (-6.0 - -3.6)	-4.2 (-5.0 - -2.5)
			SSP3-7.0	-7.6	-6.0 (-6.6 - -5.0)	-4.6 (-5.8 - -3.6)	-2.6 (-3.8 - -1.3)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	15	20 (18 - 23)	23 (19 - 26)	26 (21 - 30)
RCP 8.5			15	20 (17 - 22)	24 (20 - 28)	37 (34 - 40)	
				Valeurs			

			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Laurentides	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	50	56 (52 - 61)	60 (55 - 63)	63 (59 - 67)
			SSP3-7.0	50	56 (52 - 61)	60 (56 - 65)	69 (61 - 71)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	147	193 (138 - 234)	204 (159 - 254)	234 (191 - 281)
			SSP3-7.0	147	173 (145 - 218)	196 (175 - 249)	275 (239 - 334)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-7.5	-5.8 (-6.5 - -5.0)	-5.2 (-5.8 - -3.5)	-4.1 (-4.8 - -2.3)
			SSP3-7.0	-7.5	-5.9 (-6.5 - -4.9)	-4.5 (-5.7 - -3.5)	-2.4 (-3.6 - -1.2)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	16	20 (18 - 23)	23 (19 - 25)	26 (22 - 30)
			RCP 8.5	16	21 (19 - 21)	25 (22 - 27)	38 (35 - 42)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Outaouais	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	51	57 (53 - 62)	60 (55 - 63)	63 (59 - 68)
			SSP3-7.0	51	56 (53 - 61)	61 (57 - 64)	67 (61 - 70)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	137	185 (132 - 220)	192 (152 - 236)	221 (177 - 259)
			SSP3-7.0	137	165 (139 - 205)	183 (168 - 232)	260 (226 - 308)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-6.9	-5.3 (-5.9 - -4.5)	-4.7 (-5.2 - -3.0)	-3.5 (-4.3 - -1.8)
			SSP3-7.0	-6.9	-5.4 (-5.9 - -4.4)	-3.9 (-5.2 - -3.0)	-1.9 (-3.0 - -0.7)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	17	23 (20 - 25)	26 (22 - 28)	28 (25 - 33)
			RCP 8.5	17	23 (20 - 25)	28 (24 - 31)	43 (39 - 48)

			Valeurs				
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Abitibi-Témiscamingue	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	40	46 (42 - 49)	48 (45 - 52)	51 (47 - 55)
			SSP3-7.0	40	45 (42 - 49)	48 (47 - 53)	54 (49 - 59)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	96	134 (94 - 171)	146 (104 - 186)	158 (131 - 209)
			SSP3-7.0	96	128 (100 - 146)	142 (118 - 172)	198 (166 - 234)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-8.9	-7.3 (-7.8 - -6.6)	-6.6 (-7.1 - -4.8)	-5.4 (-6.1 - -3.5)
			SSP3-7.0	-8.9	-7.2 (-7.8 - -6.4)	-5.7 (-7.0 - -4.9)	-3.6 (-4.7 - -2.7)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	9	13 (12 - 14)	16 (14 - 18)	18 (15 - 23)
			RCP 8.5	9	13 (11 - 15)	17 (16 - 20)	30 (27 - 36)
			Valeurs				
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Saguenay - Lac-Saint-Jean	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	27	30 (27 - 34)	32 (29 - 38)	34 (31 - 40)
			SSP3-7.0	27	31 (28 - 35)	33 (29 - 38)	38 (34 - 41)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	70	95 (66 - 123)	101 (76 - 145)	118 (92 - 163)
			SSP3-7.0	70	89 (67 - 108)	105 (79 - 119)	143 (121 - 182)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-11.8	-10.2 (-10.7 - -9.5)	-9.5 (-10.2 - -7.6)	-8.4 (-8.9 - -6.2)
			SSP3-7.0	-11.8	-10.0 (-10.7 - -9.2)	-8.7 (-9.6 - -7.6)	-6.8 (-7.3 - -5.3)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	6	8 (7 - 9)	10 (8 - 12)	12 (10 - 15)
			RCP 8.5	6	8 (6 - 11)	11 (9 - 13)	19 (18 - 20)

				Valeurs				
				Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios					
Jamésie-Sud Est	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	19	22 (19 - 26)	23 (21 - 28)	24 (21 - 31)	
			SSP3-7.0	19	22 (19 - 26)	23 (20 - 28)	27 (24 - 32)	
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	50	74 (51 - 92)	77 (55 - 110)	88 (70 - 127)	
			SSP3-7.0	50	68 (52 - 78)	79 (59 - 101)	114 (89 - 153)	
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-13.7	-12.0 (-12.6 - -11.4)	-11.3 (-11.9 - -9.3)	-10.2 (-10.7 - -7.7)	
			SSP3-7.0	-13.7	-11.9 (-12.7 - -11.1)	-10.6 (-11.4 - -9.4)	-8.6 (-9.0 - -6.8)	
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	7	9 (8 - 11)	10 (9 - 12)	12 (10 - 15)	
			RCP 8.5	7	9 (7 - 11)	12 (10 - 13)	19 (16 - 21)	
				Valeurs				
				Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios					
Côte-Nord	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	24	27 (24 - 33)	29 (25 - 37)	32 (28 - 40)	
			SSP3-7.0	24	28 (25 - 32)	31 (25 - 38)	36 (32 - 41)	
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	60	80 (61 - 105)	85 (67 - 128)	99 (77 - 159)	
			SSP3-7.0	60	78 (58 - 95)	92 (67 - 111)	136 (107 - 164)	
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-12.2	-10.6 (-11.2 - -10.0)	-9.9 (-10.8 - -8.2)	-8.7 (-9.4 - -6.5)	
			SSP3-7.0	-12.2	-10.5 (-11.2 - -9.7)	-9.4 (-10.1 - -8.0)	-7.3 (-7.9 - -5.7)	
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	4	7 (5 - 8)	9 (7 - 11)	10 (9 - 15)	
			RCP 8.5	4	7 (4 - 10)	10 (7 - 12)	18 (17 - 20)	

				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Bas-Saint-Laurent	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	41	47 (42 - 50)	50 (44 - 56)	53 (47 - 59)
			SSP3-7.0	41	47 (44 - 51)	50 (46 - 57)	58 (52 - 66)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	121	153 (118 - 194)	164 (134 - 242)	193 (157 - 261)
			SSP3-7.0	121	147 (119 - 168)	174 (133 - 186)	235 (199 - 284)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-8.2	-6.6 (-7.1 - -6.0)	-6.0 (-6.8 - -4.3)	-4.8 (-5.6 - -3.1)
			SSP3-7.0	-8.2	-6.5 (-7.2 - -5.8)	-5.3 (-6.1 - -4.2)	-3.5 (-4.3 - -1.9)
	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)	NDJFM	RCP 4.5	12	16 (13 - 19)	19 (16 - 23)	21 (18 - 29)
			RCP 8.5	12	17 (12 - 21)	21 (14 - 25)	31 (28 - 35)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénario				
Gaspésie	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	39	46 (42 - 49)	48 (43 - 55)	52 (47 - 60)
			SSP3-7.0	39	46 (43 - 49)	49 (47 - 55)	60 (52 - 66)
	Précipitations liquides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	116	146 (124 - 191)	169 (136 - 237)	199 (165 - 274)
			SSP3-7.0	116	154 (123 - 167)	180 (140 - 199)	246 (198 - 294)
	Température moyenne (°C)	NDJFM	SSP2-4.5	-8.7	-7.1 (-7.6 - -6.5)	-6.4 (-7.3 - -4.9)	-5.2 (-6.0 - -3.5)
			SSP3-7.0	-8.7	-6.9 (-7.7 - -6.3)	-5.8 (-6.6 - -4.7)	-3.9 (-4.7 - -2.6)
	NDJFM	RCP 4.5	11	16 (14 - 18)	20 (17 - 22)	21 (18 - 27)	

	Jours sans couvert de neige naturelle au sol** (jours)		RCP 8.5				
				11	16 (13 - 21)	21 (16 - 26)	31 (26 - 35)

**La robustesse de la plage d'incertitude pour cette indicateur climatique peut être limitée en raison du nombre réduit de simulations dans l'ensemble (n=4 pour RCP 4.5 et n=6 pour RCP 8.5).

2. CARTOGRAPHIE DES AUTRES ALÉAS HIVERNAUX OU CONDITIONS D'INTÉRÊT

Suite aux 2 ateliers de consultation avec les stations, quatre aléas sont apparus comme prioritaires dans les impacts ressentis par les stations. Ces quatre aléas climatiques ont été retenus pour le diagnostic de vulnérabilité (Tableau 1).

En plus de ces quatre aléas prioritaires, des conditions hivernales d'intérêt ont été ajoutées dans la gamme des indicateurs à calculer pour informer les stations sur l'évolution de certains indicateurs avec des seuils spécifiques et pertinents pour les opérations des stations (Tableau 11). Les données correspondantes à ces cartes sont présentées en section 4.

Tableau 11 : Liste des indicateurs climatiques pour chacun des aléas pertinents ou conditions hivernales d'intérêt

	Conditions hivernales d'intérêt	Indicateurs climatiques	
5	Redoux	Nombre de jours chauds en hiver ($T_{min} > 0^{\circ}\text{C}$)	Moyenne nov-mars
6	Journées de grands froids	Nombre de jours avec ($T_{min} < -30$)	Moyenne nov-mars
7	Journées froides ⁴	Nombre de jours avec ($T_{min} < -20$)	Moyenne nov-mars
8	Journées froides ⁵	Nombre de jours avec ($T_{max} < -20$)	Moyenne nov-mars
9	Fenêtre de fabrication de neige	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7$)	Moyenne nov-mars
10	Fenêtre de fabrication de neige	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5$)	Moyenne nov-mars
11	Fenêtre de fabrication de neige	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2$) – (équipement ultra moderne)	Moyenne nov-mars
12	Fenêtre de fabrication de neige	Nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > -15^{\circ}\text{C}$)	Moyenne nov-mars
13	Fenêtre de fabrication de neige	Plus longue période avec des températures négatives	Moyenne nov-avril
14	Précipitations neigeuses	Précipitations solides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en dessous de 0°C)	Moyenne nov-mars
15	Couvert de neige naturelle au sol	Début du couvert continu de neige naturelle au sol	Voir rapport du Projet PINS
16		Fin du couvert continu de neige naturelle au sol	
17		Durée du couvert continu de neige naturelle au sol	
18	Fortes accumulations de	Jours de tempête 10mm EEN en 24h	

⁴ Basé sur T_{min} , une température généralement atteinte la nuit

⁵ Basé sur T_{max} , une température généralement atteinte le jour

	neige en une journée		
19	Nombre de jours avec couvert de neige naturelle au sol pour une période spécifique	Nombre de jours avec un couvert de neige naturelle au sol pendant le congé des fêtes	
20		Nombre de jours avec un couvert de neige naturelle au sol pendant le congé de la relâche	
21	Maximum d'équivalent en eau de la neige (EEN)	Maximum d'équivalent en eau de la neige (EEN) sur l'année	

1.7.6 Redoux : Nombre de jours chauds en hiver ($T_{min} > 0^{\circ}C$)

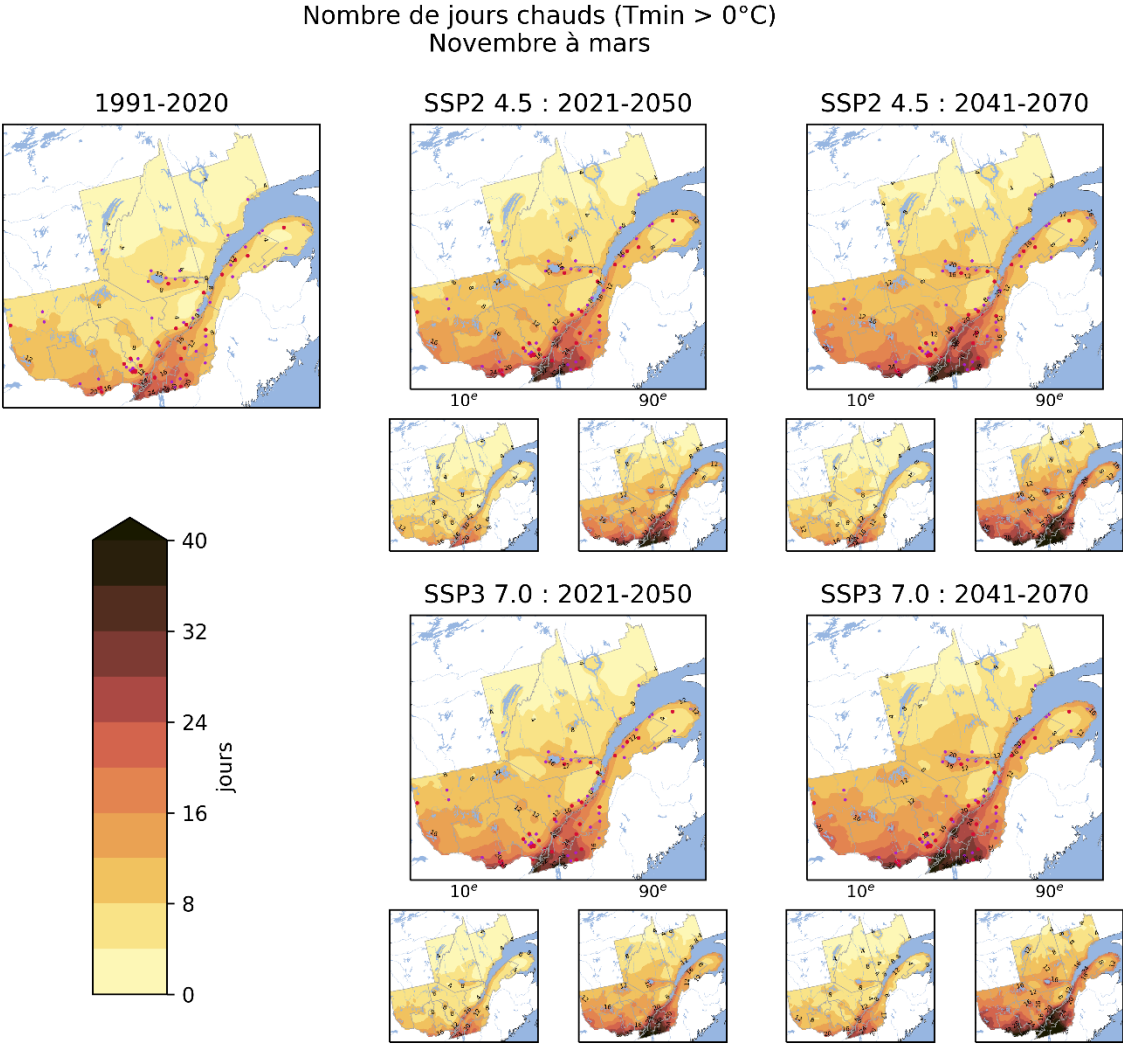


Figure 25 : Conditions simulées du nombre de jours chauds en hiver, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.7 Journées de grands froids : Nombre de jours avec ($T_{min} < -30^{\circ}C$)

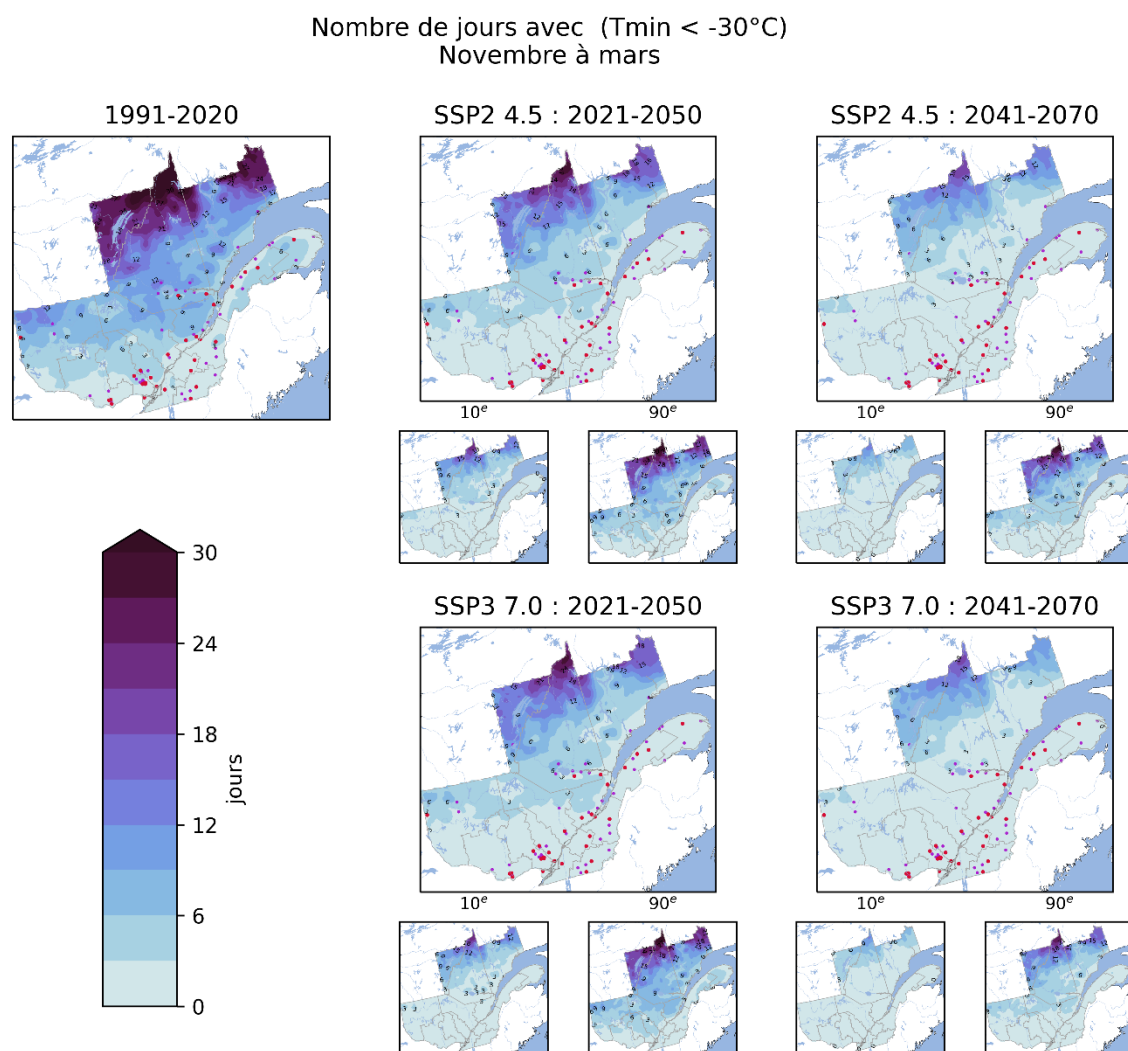


Figure 26 : Conditions simulées du nombre de jours avec $T_{min} < -30^{\circ}C$ de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

Basé sur T_{min} , une température généralement atteinte la nuit.

1.7.8 Journées froides : Nombre de jours avec (Tmin < -20°C)

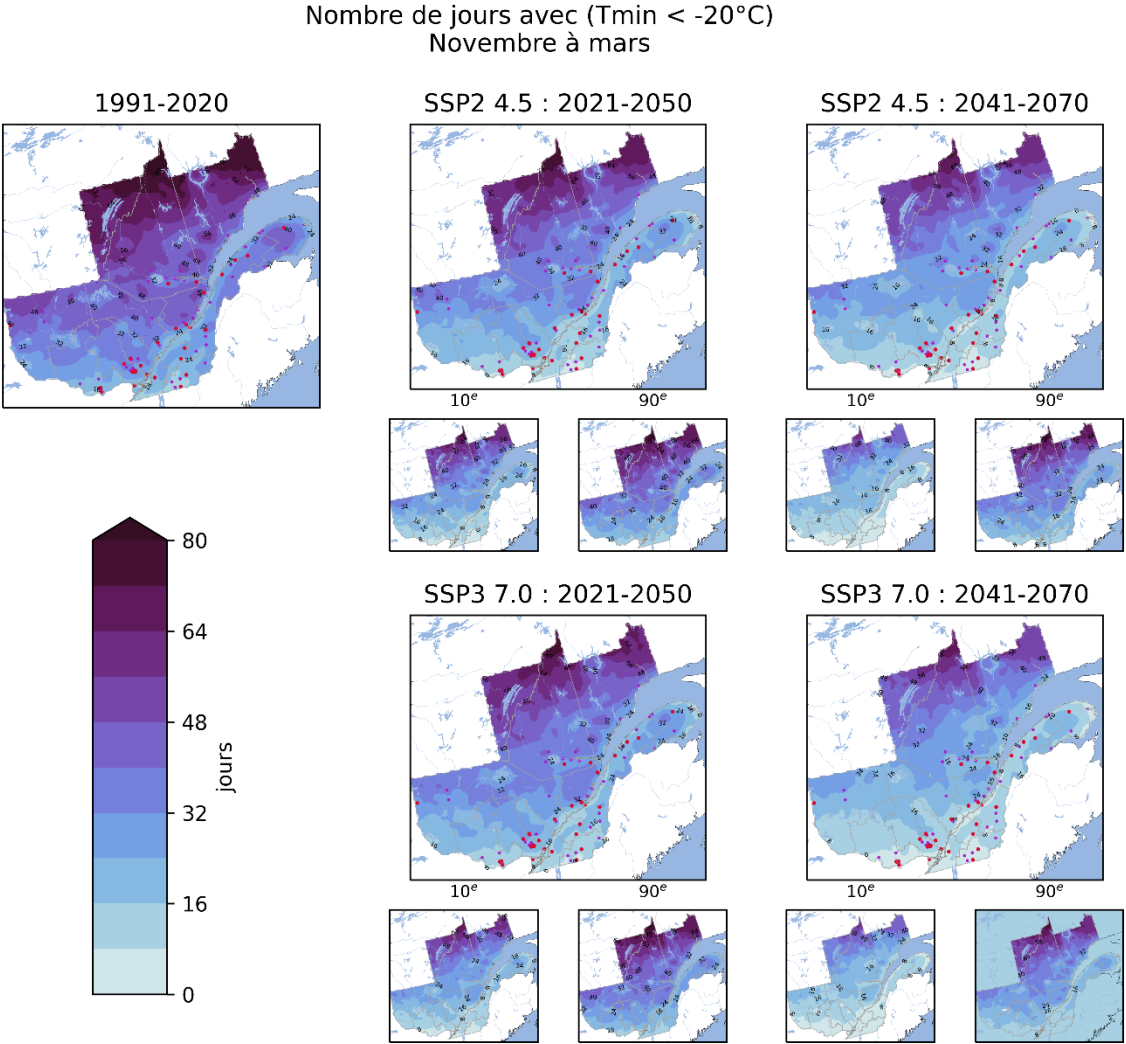


Figure 27 : Conditions simulées du nombre de jours avec Tmin < -20°C de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

Basé sur Tmin, une température généralement atteinte la nuit.

1.7.9 Journées froides : Nombre de jours avec (Tmax < -20)

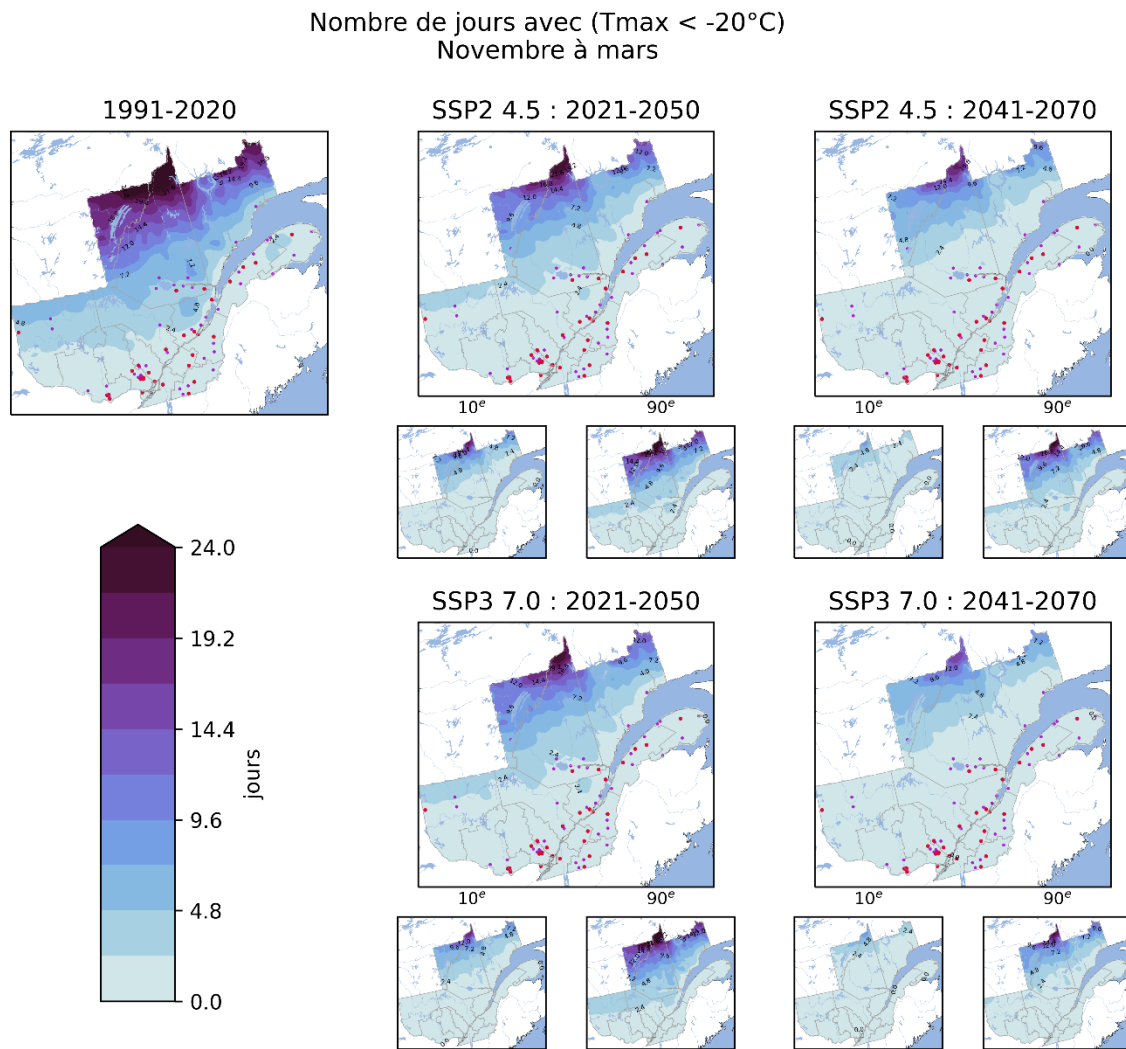


Figure 28 : Conditions simulées du nombre de jours avec Tmax < -20°C de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

Basé sur Tmax, une température généralement atteinte le jour.

1.7.10 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7^{\circ}\text{C}$)

Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7^{\circ}\text{C}$)
Novembre à mars

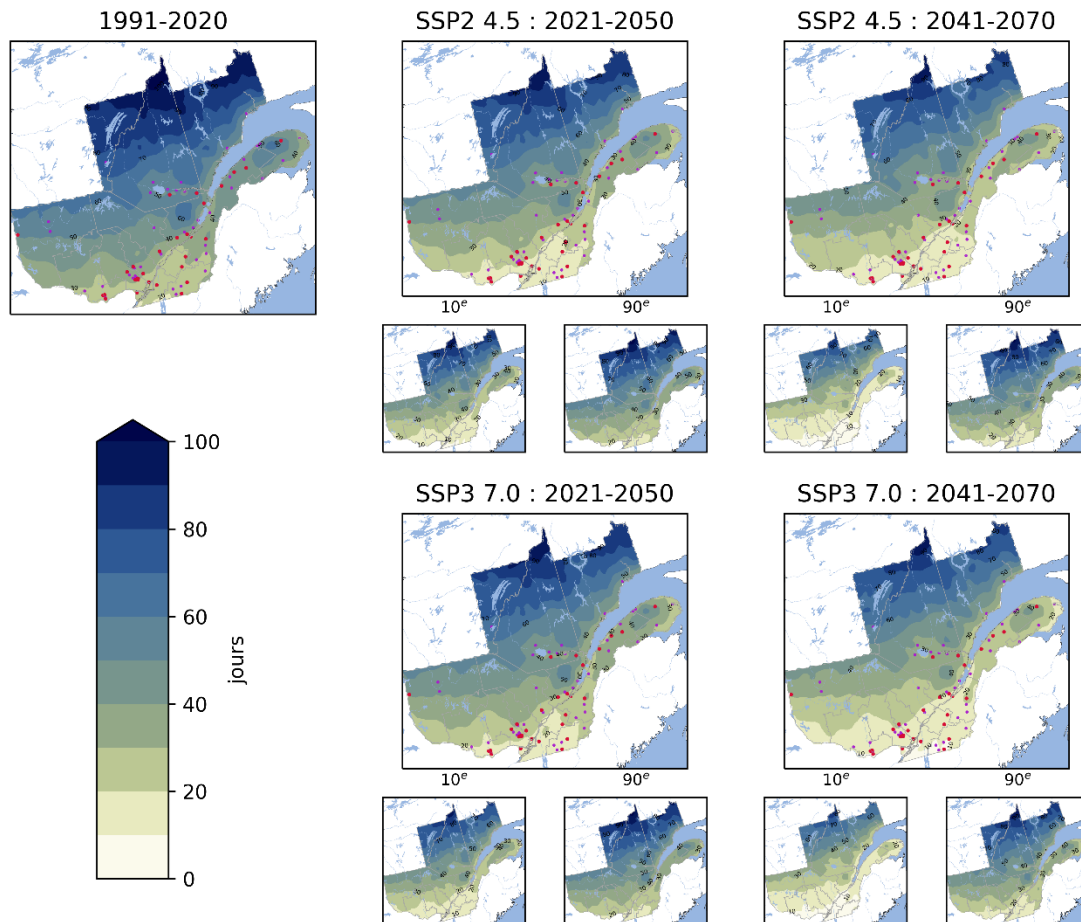


Figure 29 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.11 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5^{\circ}\text{C}$)

Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5^{\circ}\text{C}$)
Novembre à mars

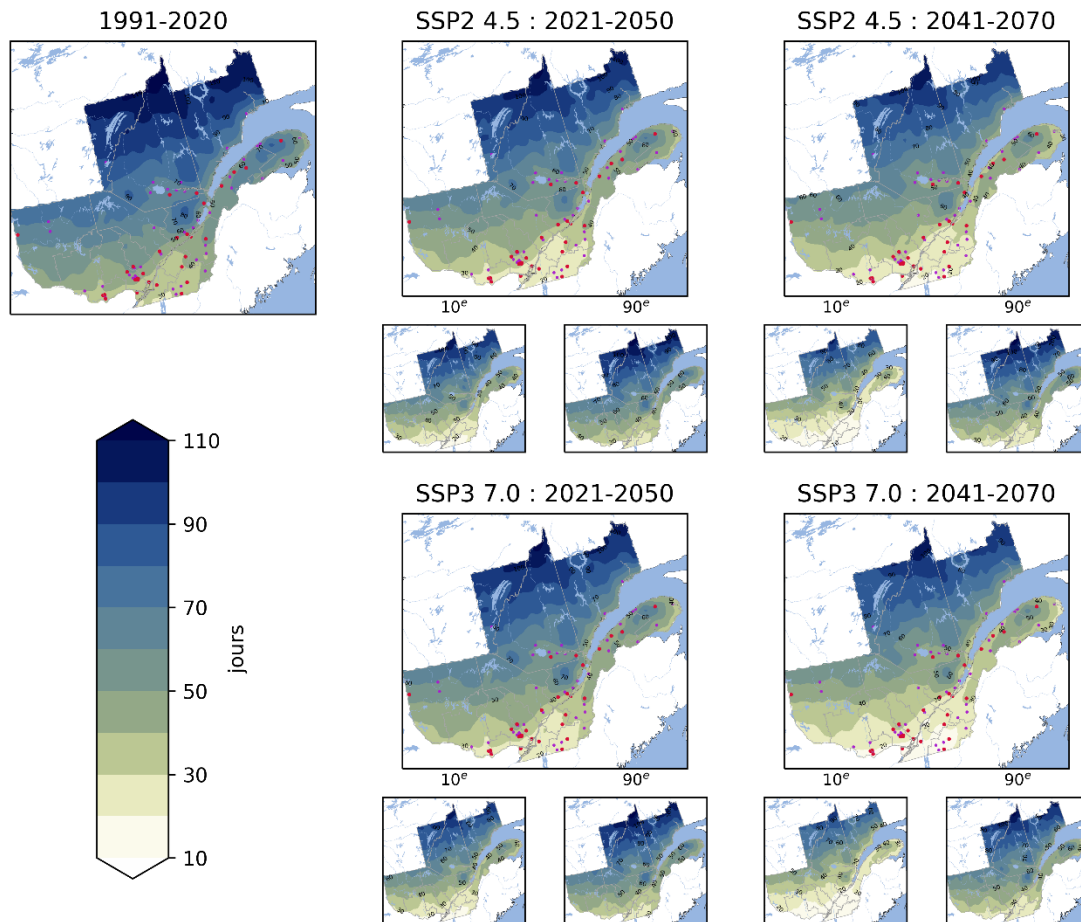


Figure 30 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.12 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2^{\circ}\text{C}$) – (équipement ultra moderne)

Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2^{\circ}\text{C}$)
Novembre à mars

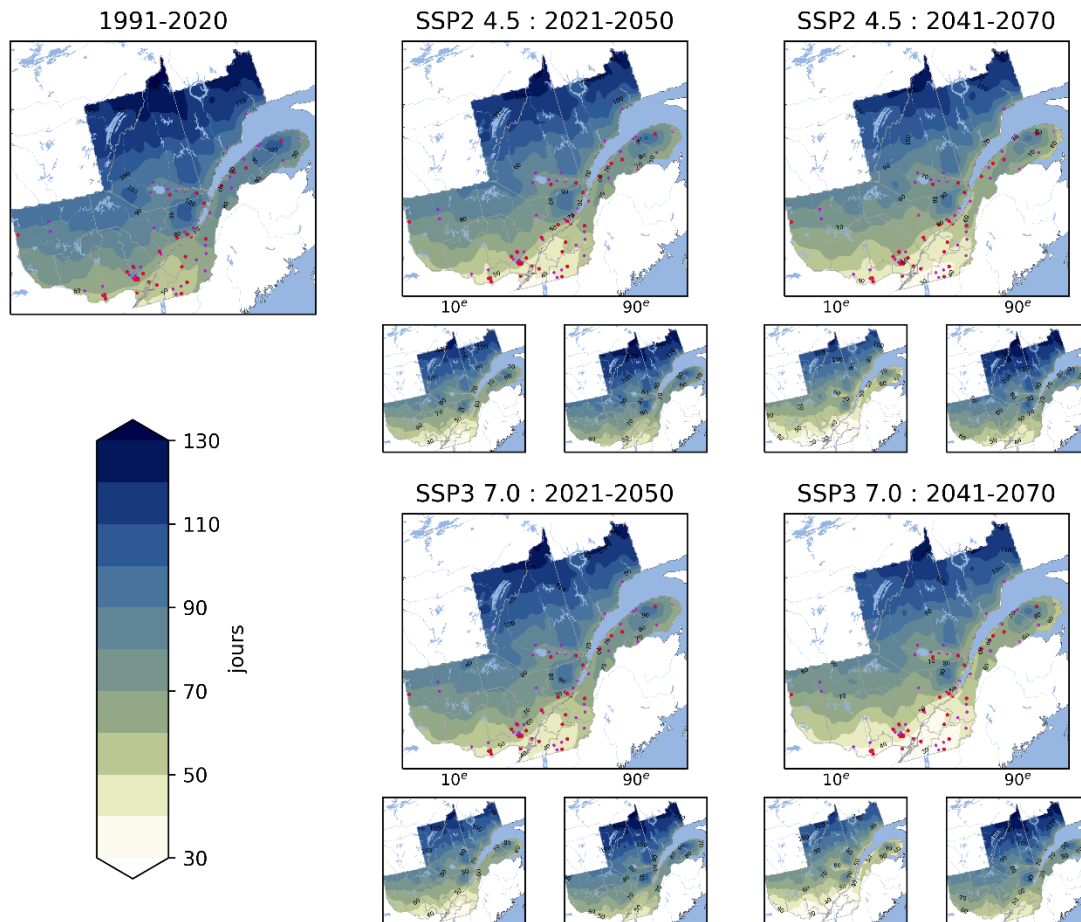


Figure 31 : Conditions simulées du nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2^{\circ}\text{C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.13 Fenêtre de fabrication de neige : Nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10\text{ °C}$ et $T_{max} > -15\text{ °C}$)

Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige ($T_{max} > -15\text{ °C}$ et $T_{min} < -10\text{ °C}$)
Novembre à mars

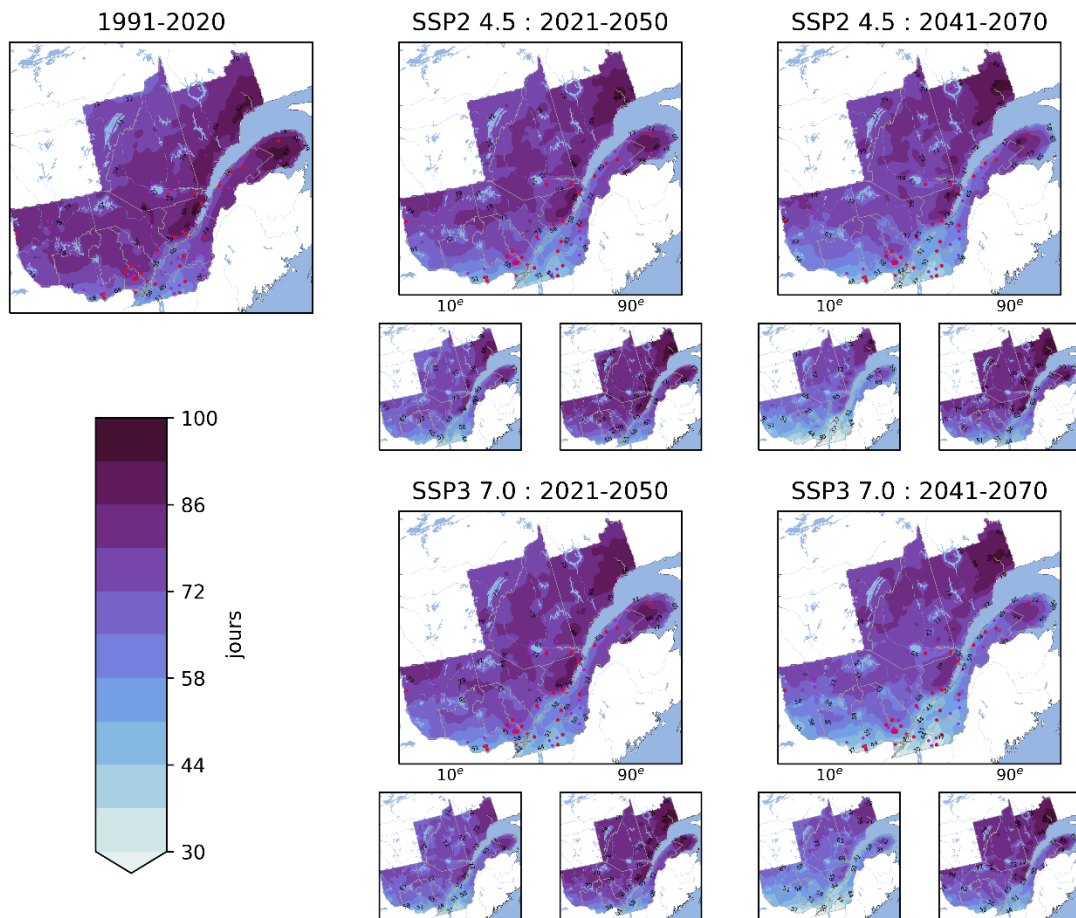


Figure 32 : Conditions simulées du nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10\text{ °C}$ et $T_{max} > -15\text{ °C}$) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.14 Fenêtre de fabrication de neige : Plus longue période avec des températures négatives

Plus longue période avec des températures négatives
Novembre à avril

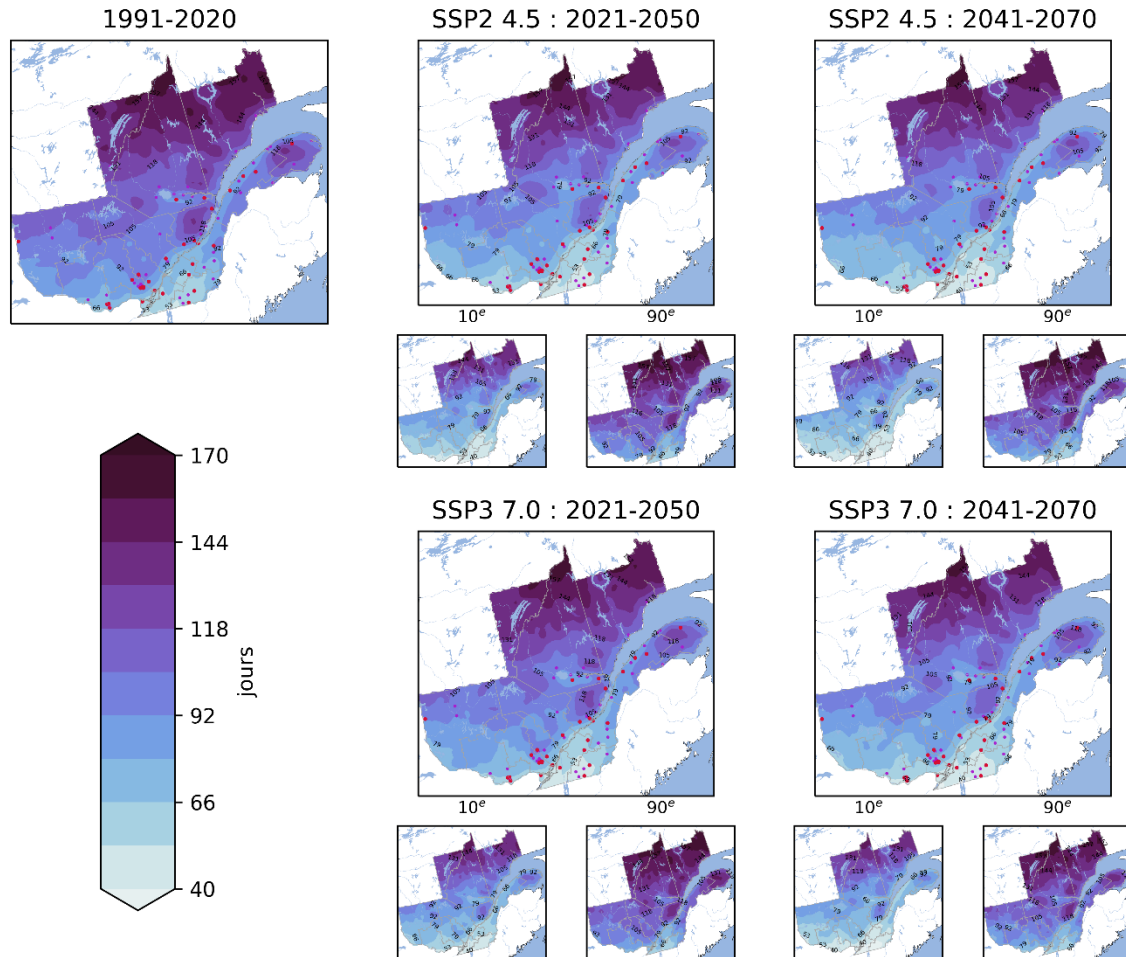


Figure 33 : Conditions simulées de la plus longue période avec des températures négatives de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

1.7.15 Précipitations neigeuses : Précipitations solides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en dessous de 0°C)

Précipitations solides moyennes
(Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en-dessous de 0°C)

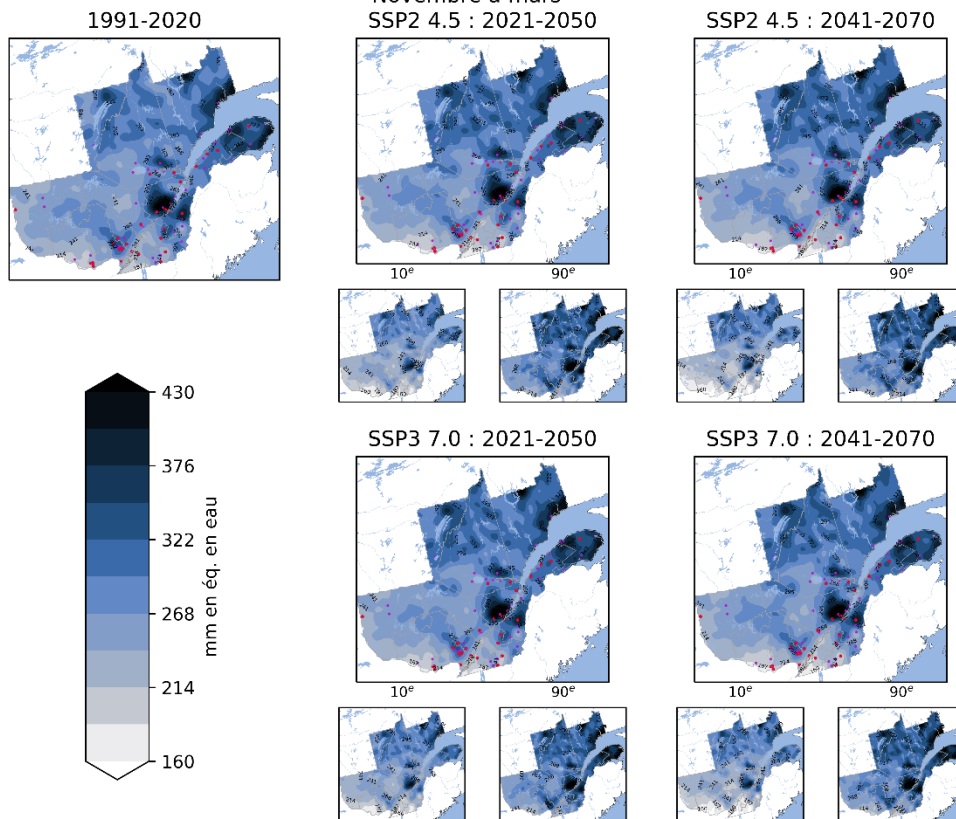


Figure 34 : Conditions simulées des précipitations solides moyennes de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

3. ALÉAS CLIMATIQUES SUR LES AUTRES SAISONS

3.1 INDICATEURS SUR LES QUATRE SAISONS POUR LESQUELS LES PROJECTIONS CLIMATIQUES SONT DISPONIBLES

	Aléas autres saisons	Indicateurs climatiques	
22	Canicules	Nombre annuel de jours avec (Tmax > 30°C)	Annuel
23	Fortes pluies	Maximum de précipitations sur 5 jours (mm)	Annuel

3.1.1 Journées très chaudes : Nombre annuel de jours avec (Tmax > 30°C)

Nombre annuel de jours avec Tmax au-dessus 30°C
Janvier à décembre

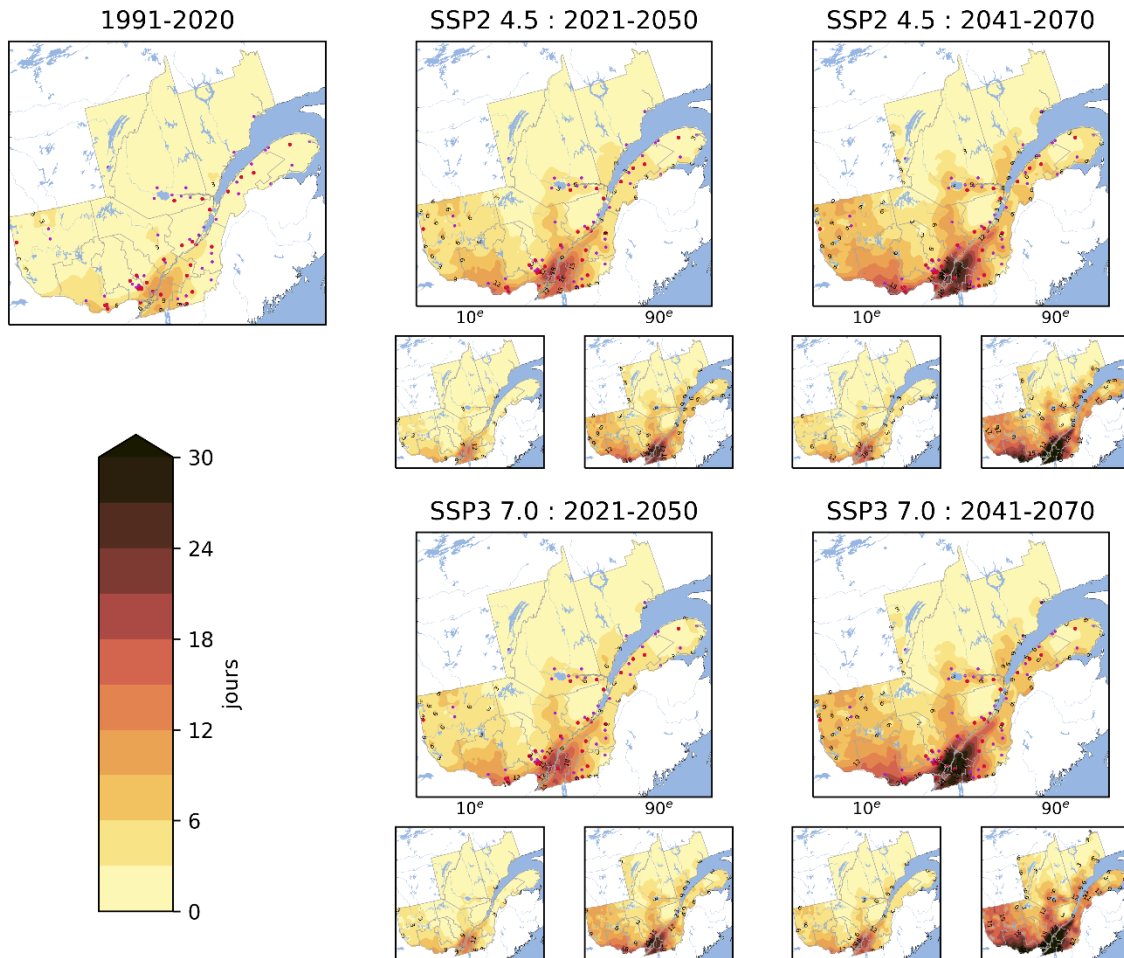


Figure 35 : Conditions simulées du nombre annuel de jours avec ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$) pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

2.1.1 Fortes pluies : Maximum de précipitations sur 5 jours (mm)

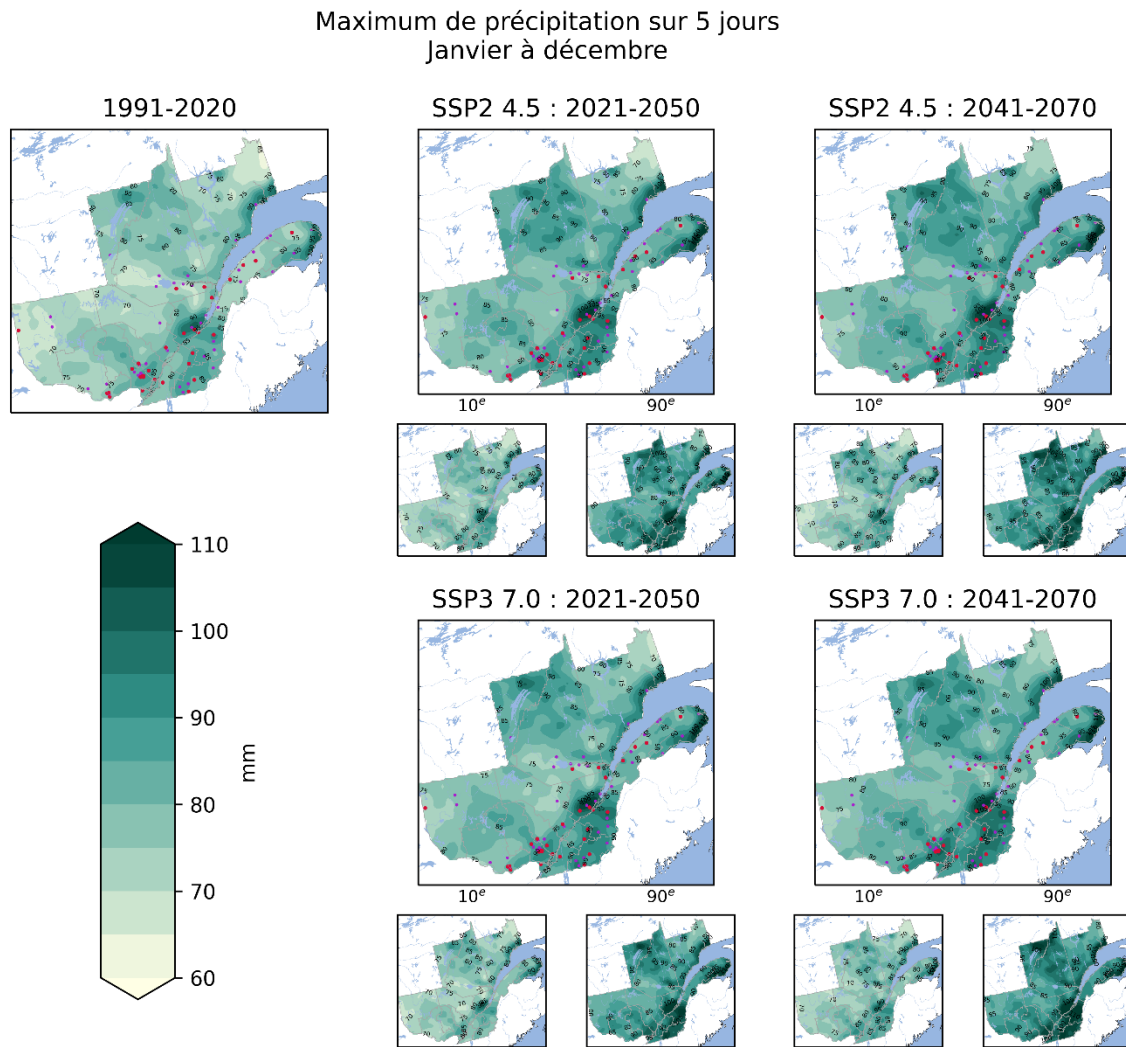


Figure 36 : Conditions simulées du maximum de précipitations sur 5 jours (mm) de janvier à décembre, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails.

3.2 ALÉAS CLIMATIQUES SUR LES AUTRES SAISONS POUR LESQUELS LES PROJECTIONS CLIMATIQUES NE SONT PAS DISPONIBLES

3.2.1 Méthodologie pour les autres aléas climatiques – autres saisons

En plus des quatre principaux aléas retenus pour le calcul des indicateurs climatiques, certains aléas climatiques secondaires ont été privilégiés lors de l'évaluation préliminaire des impacts.

Ces éléments ont donc été soumis à une analyse approfondie pour identifier des indicateurs permettant de projeter leur évolution dans un contexte climatique futur et mieux documenter les aléas pertinents pour les stations de l'ASSQ. Ces aléas secondaires ont été inclus pour élargir la représentation des risques climatiques sur différentes saisons à l'échelle de la gestion de montagne et ont été examinés pour sensibiliser à certains effets combinés des changements climatiques. Ces aléas sont: les vents violents et les inondations (identifiés par les stations), les sécheresses, les mouvements de masse et les feux de forêt (identifiés par le jugement d'expert).

Chaque aléa a fait l'objet d'un examen approfondi pour identifier les tendances climatiques projetées associées et d'un croisement d'informations géographiques, lorsque des données étaient disponibles. Cette démarche supplémentaire s'est initialement appuyée sur le niveau de connaissances préalablement documentées dans le chapitre 2, afin de présenter l'état des connaissances en intégrant des données quantitatives et des visualisations. Les résultats sont présentés plus bas à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Une analyse plus poussée a aussi été réalisée spécifiquement pour l'aléa des mouvements de masse, permettant le développement d'un indicateur de potentiel de perte de sol. Cet indicateur est sensible à l'évolution climatique et conçu spécifiquement à l'échelle des stations de ski.

3.2.1.1 Inondation

Au Québec, malgré la variété des inondations possibles (embâcle, refoulement, submersion côtière, etc.), celles en eau libre demeurent les plus fréquentes. Elles surviennent lorsque la quantité d'eau à évacuer dépasse la capacité normale des lacs et des rivières à la retenir, conduisant ainsi à leur débordement. Ces inondations peuvent se manifester lors des crues printanières résultant de la fonte des neiges et des précipitations du printemps, ainsi que lors des crues estivales et automnales causées par des épisodes de fortes pluies.

Afin d'évaluer l'évolution du risque d'inondation dans un contexte climatique futur, des indicateurs de crues ont été choisis et étudiés pour identifier des tendances pertinentes pour la gestion des zones montagneuses et du secteur du ski. Cette analyse s'appuie sur les données de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional, mises à disposition en ligne par le MELCCFP. Les indicateurs disponibles dans cet outil présentent l'avantage d'être calculés pour une période récente ainsi que pour des projections climatiques futures basées sur divers scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.

3.2.1.2 Sécheresse

La méthodologie adoptée pour identifier et analyser les indicateurs de l'aléa climatique de sécheresse repose sur l'analyse approfondie de deux principaux paramètres hydroclimatologiques : les périodes d'étiage et les indicateurs agrégés de disponibilité en eau par bassin versant. Dans cette étude, l'accent est spécifiquement mis sur les sécheresses hydrologiques (et non pas agricoles, voir INSPQ, s.d.), en considération du fait que les stations de ski dépendent de l'eau de surface durant la période automnale pour leur approvisionnement en neige artificielle.

Pour évaluer l'évolution de cet aléa, l'étude s'est donc appuyée sur des données provenant de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional et de l'Atlas de l'eau, des ressources mises à disposition par le MELCCFP. Ces données ont été ensuite croisées avec l'emplacement des stations pour mesurer l'exposition en climat de référence et en climat futur.

3.2.1.3 Feux de forêt

L'aléa climatique des feux de forêt a été examiné en détail en utilisant diverses sources d'information pour projeter son évolution future. Cependant, il n'a pas fait l'objet d'une analyse personnalisée en utilisant des données spécifiques ou des outils disponibles en ligne. Au moment de mener l'analyse, aucune plateforme climatique, outil ou base de données disponible en ligne donnent accès à de l'information projetée et géoréférencée concernant les feux de forêt.

3.2.1.4 Mouvement de masse

Dans la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, le terme "mouvement de masse" englobe divers processus de pente tels que la solifluxion, les glissements de terrain ou les avalanches. Afin d'optimiser l'identification d'indicateurs pour cet aléa climatique secondaire, l'attention s'est concentrée sur la sous-catégorie des glissements de terrain. Ceux-ci représentent le type de mouvement de masse le plus répandu au Québec, surtout dans les régions où réside la majorité de la population (INSPQ, s.d). L'aléa "glissement de terrain" a donc été retenu à des fins de sensibilisation sur les différents risques naturels qui peuvent caractériser les activités en montagne.

Pour évaluer l'exposition des stations de ski de l'ASSQ aux glissements de terrain, différentes bases de données ont été examinées à l'aide d'outils géomatiques. Pour le climat actuel, la base de données du ministère de la Sécurité publique (MSP) concernant la cartographie des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain a été utilisée. Cependant, cette base de données du MSP ne prend pas en compte les projections climatiques futures et se concentre principalement sur les zones à haut risque.

Afin d'estimer l'évolution du risque de glissements de terrain dans un contexte climatique futur, une analyse géomatique approfondie a été menée pour caractériser le potentiel de perte de sol à une échelle fine sur le territoire des stations de ski de l'ASSQ. Ce potentiel de perte de sol a été évalué en utilisant une adaptation géomatique de l'équation universelle de perte de sol RUSLE de Wischmeier et Smith (1978), servant ainsi d'indicateur des processus érosifs en milieu montagneux pour cette étude. Plus de détails concernant la méthodologie de développement de cet indicateur sont présentés à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

L'intérêt principal de l'utilisation du RUSLE est qu'il comporte une variable sensible à l'évolution du climat, soit le facteur d'érosivité R , lié aux régimes de précipitations. En comparant les résultats spatialisés de l'équation RUSLE en climat actuel (historique) et futur à l'aide des projections climatiques, il est possible de mesurer l'ampleur de l'écart et d'obtenir une approximation de l'effet des changements climatiques sur le potentiel d'érosion.

Plus de détails sur le développement de l'indicateur perte de sol peuvent être trouvés à la fin de cette annexe en **section 0**.

3.2.1.5 Vents violents

L'aléa climatique des vents violents a été examiné en détail en utilisant diverses sources d'information pour projeter son évolution future à l'échelle de la zone d'étude. Cependant, il n'a pas fait l'objet d'une analyse personnalisée en utilisant des données spécifiques ou des outils disponibles en ligne. Au moment de mener l'analyse, aucune plateforme climatique, outil ou base de données disponible en ligne ne donnent accès à de l'information projetée en climat futur concernant les vents violents.

3.2.2 Résultats des recherches pour les autres aléas

3.2.2.1 Résultats pour l'aléa inondation

À moyen et long terme, les effets des changements climatiques pourraient altérer la fréquence et l'intensité des crues dans la province. Les projections suggèrent des modifications pour les rivières du Québec. Durant l'hiver et le printemps, les variations de crue pourraient être influencées par l'élévation des températures et l'accroissement des précipitations sous forme de pluies. Pendant la période estivale et automnale, les crues pourraient être impactées par une augmentation des précipitations extrêmes (MELCCFP, 2022).

Selon les données fournies pour la dernière mise à jour de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional, les changements climatiques entraîneront des modifications significatives dans les pointes de crues printanières au sud du Québec. Les projections suggèrent un déplacement anticipé des crues printanières vers des dates plus tôt dans l'année. D'ici 2050, ce déplacement pourrait être de -9 à -14 jours, et d'ici 2080, de -15 à -24 jours, avec des variations plus notables dans les bassins situés au sud (MELCCFP, 2022). Par exemple, dans la région de la Montérégie, la crue pourrait passer du 4 avril actuel au 9 mars vers 2080. Les changements climatiques raccourciront la saison hivernale, provoquant une fonte de neige précoce due à des températures plus chaudes et des précipitations sous forme de pluie plus tôt au printemps. Cela augmentera les volumes de crues printanières dans le nord de la vallée du Saint-Laurent, mais diminuera les débits dans l'extrême sud (MELCCFP, 2022).

Durant les autres saisons, les pointes des crues estivales et automnales seront plus élevées sur une large portion du Québec méridional, de 5 à plus de 25%. En raison des changements climatiques, les événements de précipitations extrêmes sont appelés à s'aggraver en termes de fréquence et d'intensité durant la période été-automne (MELCCFP, 2022).

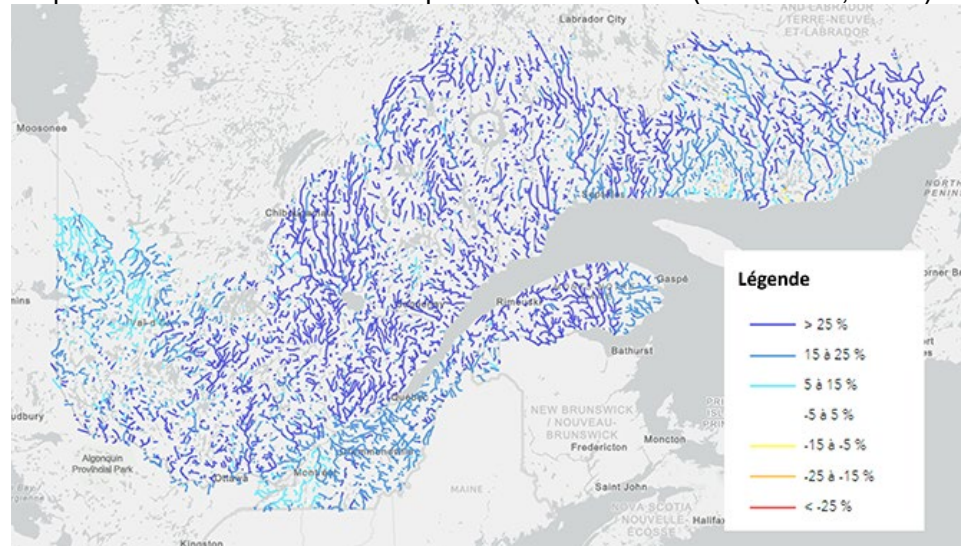


Figure 37 : Ampleur du changement relatif (%) du débit journalier maximal pour l'été-automne pour une crue de récurrence de 20 ans (Q1MAX20EA) – Horizons 2080, scénario RCP 8.5. par rapport à la période historique 1981-2010. Bleu : augmentation ; Rouge et orange : diminution ; Blanc : aucun changement. Source : (Gouvernement du Québec, s.d. - a)

3.2.2.2 Résultats pour l'aléa sécheresse

Pour cette étude, l'évolution de l'aléa climatique de sécheresse est évaluée en se basant sur deux indicateurs principaux : les périodes d'étiage et les indicateurs agrégés de disponibilité en eau par bassin versant.

Au cours du 21^e siècle, les changements climatiques devraient affecter la disponibilité de l'eau au Québec, impactant les lacs, les rivières, ainsi que des systèmes hydriques majeurs tels que les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent (Ouranos, s.d). *L'Atlas hydroclimatique du Québec méridional* prévoit une augmentation des périodes d'étiage pendant la saison estivale. En effet, les périodes où les niveaux d'eau sont habituellement bas pourraient durer plus longtemps et être encore plus sèches. Pour les Grands Lacs et le Saint-Laurent, une diminution des débits est également prévue vers la fin de l'été, bien que des incertitudes demeurent compte tenu de la complexité de ces systèmes.

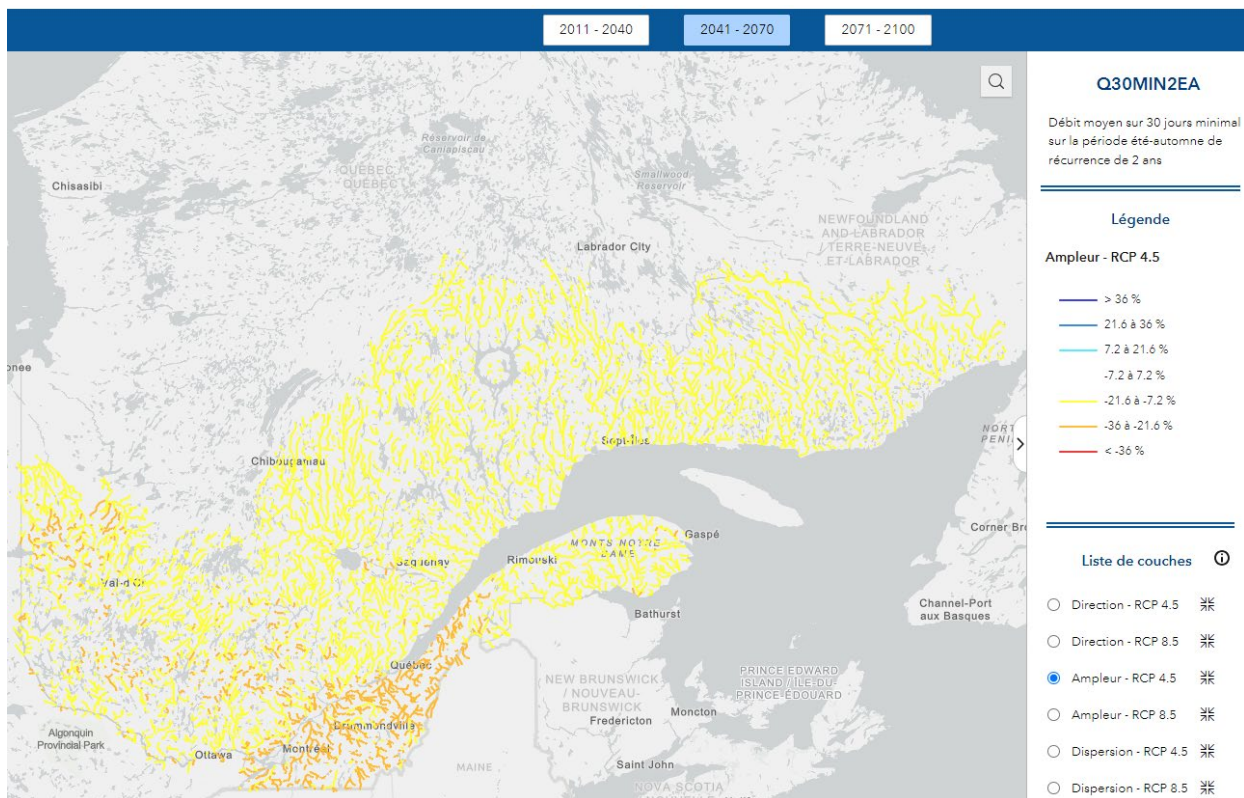


Figure 38 : Débit moyen sur 30 jours minimal pour l'été-automne (m³/s) pour un étiage de récurrence de 2 ans (Q7MIN2EA) – Horizons 2050, RCP 4.5. Tiré de *l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional*

En plus des effets climatiques, la pression sur la disponibilité de l'eau est exacerbée par l'augmentation des activités de prélèvements, accentuant potentiellement les périodes de faible débit. Cette réalité pourrait impacter les écosystèmes, les activités récréatives, la production hydroélectrique, l'agriculture, l'industrie, la pêche, la navigation, l'approvisionnement en eau

potable et la valeur des propriétés riveraines (INSPQ, s.d.). Sur le site de l'Atlas de l'eau, le MELCCFP rend disponible un jeu de données thématique portant sur des indicateurs de disponibilité de l'eau de surface estivale et hivernale en climat actuel, ainsi que sur quatre horizons climatiques et pour deux scénarios d'émissions de GES. Il combine un sous-indicateur de pression des prélèvements d'eau sur l'eau de surface, et un sous-indicateur d'état de sévérité des étiages issu des travaux de modélisation pour l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional.

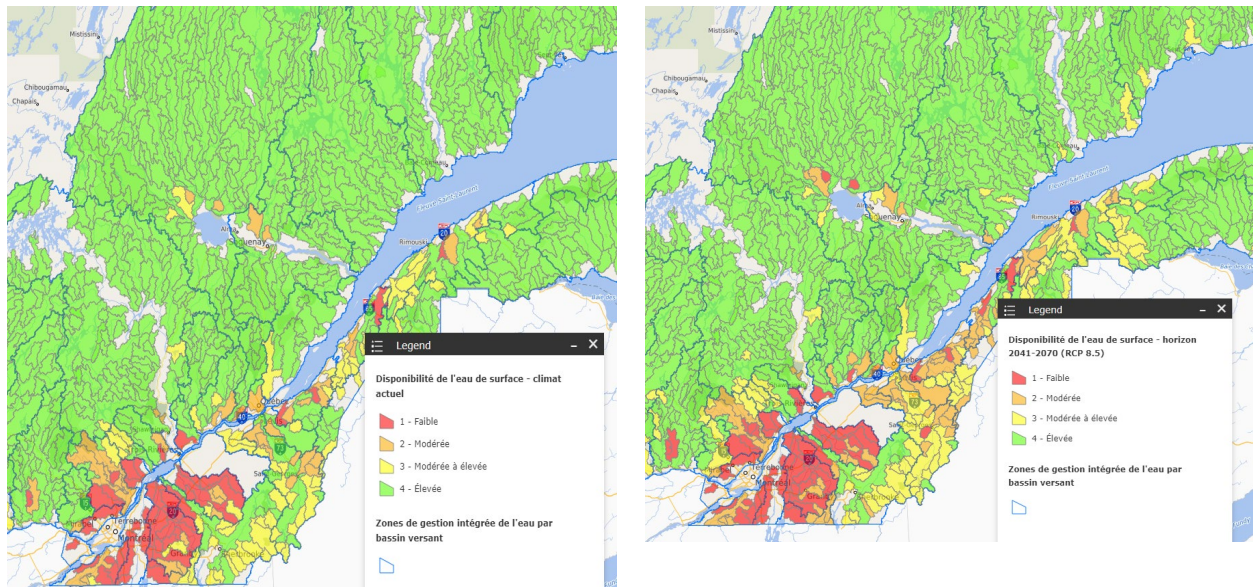


Figure 39 : Comparaison de l'indice de disponibilité en eau de surface (annuelle) pour le climat de référence vs RCP 8.5 à l'horizon 2050 (Tiré de l'outil en ligne de l'Atlas de l'eau)

En croisant l'emplacement des stations de ski participantes à l'étude et les différentes couches d'informations contenant les indices de disponibilité en eau de surface, il est possible d'estimer l'évolution de l'exposition de stations à ces indicateurs. L'analyse révèle que les stations des régions du Groupe 1 Sud-ouest et celles situées dans le sud du Groupe 2 Nord-ouest sont à l'intérieur des limites d'un bassin versant dont l'indice de disponibilité en eau de surface pour la période été-automne est soit « faible » ou « modéré », soit la période critique pour le risque d'étiage. Même hors saison, les prélèvements d'eau des stations peuvent affecter le bilan annuel hydrique d'un bassin versant, en réduisant la vitesse de renouvellement de l'eau lors des périodes où les apports en eau sont plus abondants. Ce constat est observable autant pour la période de référence que pour les différents scénarios d'émission de GES à l'horizon 2050. Selon les données disponibles, les stations de ski participantes seront donc exposées à des contraintes similaires de ressources en eau de surface à l'horizon 2050.

3.2.2.3 Résultats pour l'aléa glissement de terrain

Les tendances futures des glissements de terrain au Québec sont difficiles à prévoir en raison du manque de données disponibles et de la nature soudaine et très locale de ces événements. Cependant, l'impact des changements climatiques sur certains facteurs contribuant à ces glissements peut être estimé.

Les projections climatiques indiquent une augmentation prévue des précipitations extrêmes et des tempêtes en été et en automne, susceptibles d'accroître l'instabilité du sol. Dans la Vallée du Saint-Laurent, où le sol est principalement argileux, une saturation rapide en cas de fortes pluies rendrait le sol plus vulnérable à perdre sa cohésion, augmentant ainsi le risque de glissements de terrain (Gouvernement du Québec, 2017). En hiver et au printemps, les températures plus élevées pourraient modifier la forme des précipitations, favorisant davantage la pluie que la neige. Cette saturation supplémentaire des sols, surtout dans les zones argileuses, augmenterait le risque de glissements de terrain (Bernatchez, 2014).

En croisant l'emplacement des stations de ski participantes à l'étude et la couche des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain, l'analyse révèle qu'une seule station de ski intersecte les limites d'une zone d'argile sensible. Rappelons que cette information spatialisée produite par le MSP n'est pas projetée en climat futur et ne permet pas d'y apprécier informatiquement l'effet des changements climatiques. Il est à retenir qu'il s'agit d'un enjeu isolé à l'échelle du système, même s'il peut s'avérer très important pour l'organisation concernée ; c'est pourquoi il est recommandé de vérifier les informations disponibles publiquement au Gouvernement et dans les schémas d'aménagement.

Toutefois, les stations participantes ont rapporté des dommages et une hausse des coûts d'opération et une préoccupation liée à la perte de sol (ex. Sentiers de randonnée ou VTT endommagé après un coup d'eau), un mécanisme de plus petite envergure et apparenté aux glissements de terrain. Il n'existe malheureusement pas d'indicateurs rapidement accessibles et le contexte local est déterminant dans cet aléa. Une analyse exploratoire (développement méthodologique) a ainsi été élaborée.

Méthode

Afin d'estimer l'évolution de ces dommages dans un contexte climatique futur, une analyse géomatique approfondie a été menée pour caractériser le potentiel de perte de sol à une échelle fine sur le territoire d'une station de ski de l'ASSQ. Dans cet exercice, la prémisse est que le processus érosif représente un des mécanismes de pente qui participe à la création de zones potentiellement exposées aux glissements de terrain. L'hypothèse est donc qu'en quantifiant et cartographiant le potentiel d'érosion à l'aide d'une formule qui inclut une variable sensible au climat, il est possible de développer un indicateur pertinent pour apprécier l'effet des changements climatiques futurs sur le potentiel de perte de sol et dans une moindre grande mesure, les glissements de terrain (Figure 40). Le potentiel d'érosion a été évalué en utilisant une adaptation géomatique de l'équation universelle de perte de sol RUSLE de Wischmeier et Smith (1978), dans sa version modifiée. Le potentiel de perte de sol dépend de quatre facteurs principaux, soit les précipitations, l'utilisation du territoire, la topographie et les types de sols.

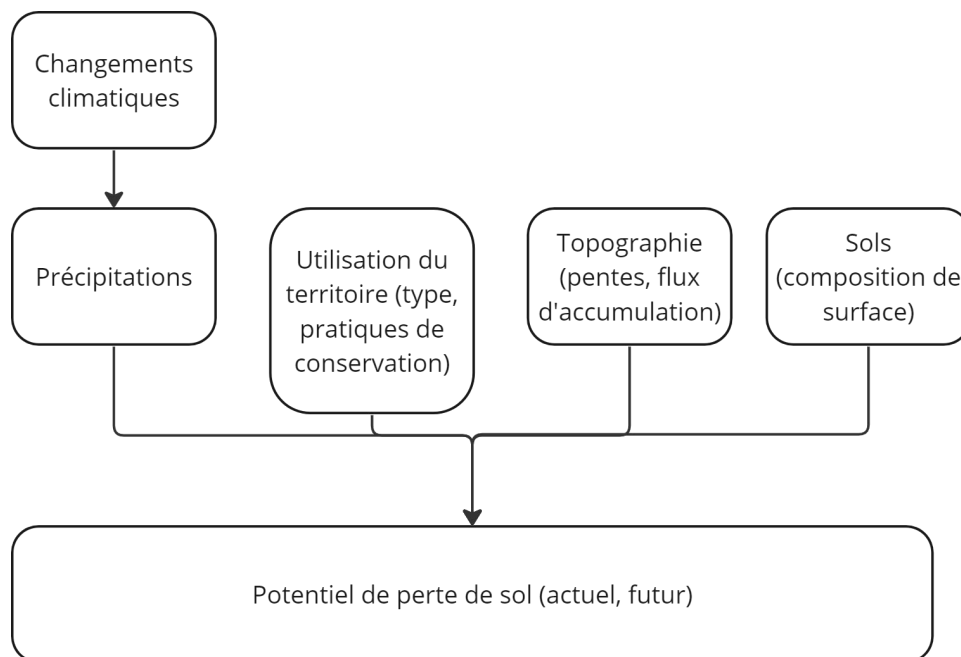


Figure 40 : Facteurs contribuant à la perte de sol et lien avec les changements climatiques

Résultats

Les résultats préliminaires démontrent que plus les degrés de pentes sont élevés sur le territoire d'une station de ski, plus particulièrement dans les pentes de ski dénudées de végétation forestière, plus le potentiel d'érosion augmente dans un climat davantage pluvieux à l'horizon 2050. En effet, le type d'utilisation du territoire qui caractérise la catégorie de « piste de ski » est particulièrement sensible aux facteurs d'érosivité (R), d'érodabilité (K) et de couverture du sol (C). Les couvertures de sol qui sont davantage végétalisées démontrent leur résistance aux dynamiques de perte de sol, phénomène biophysique largement reconnu. La Figure 41 de la cartographie du RUSLE calculé à la station de ski Montcalm met en évidence ces observations.

L'analyse met également en lumière une augmentation homogénéisée du potentiel de perte de sol, allant de 12 à 17 % dans un climat futur par rapport à la période de référence actuelle. Les observations révèlent un allongement des zones de perte de sol existantes, une intensification du flux à des points spécifiques, notamment en haut de pente. En considérant le total de potentiel de perte de sol par année pour cette zone d'étude, la comparaison entre les horizons futurs et la période de référence témoigne également de l'augmentation de l'érosion causée par l'intensification des régimes de précipitation. Pour la période de référence, le total de perte de sol s'élève à 206 tonnes/année, tandis qu'à l'horizon 2030 on obtient 226 tonnes/an et 237 tonnes/an en 2050.

Cette approche exploratoire souligne le potentiel de développement et de généralisation de cette analyse. Cela nécessite des compétences de base en géomatique pour sa réalisation. Pour aller plus loin et consulter les différentes limites et pistes d'amélioration, voir Annexe X.

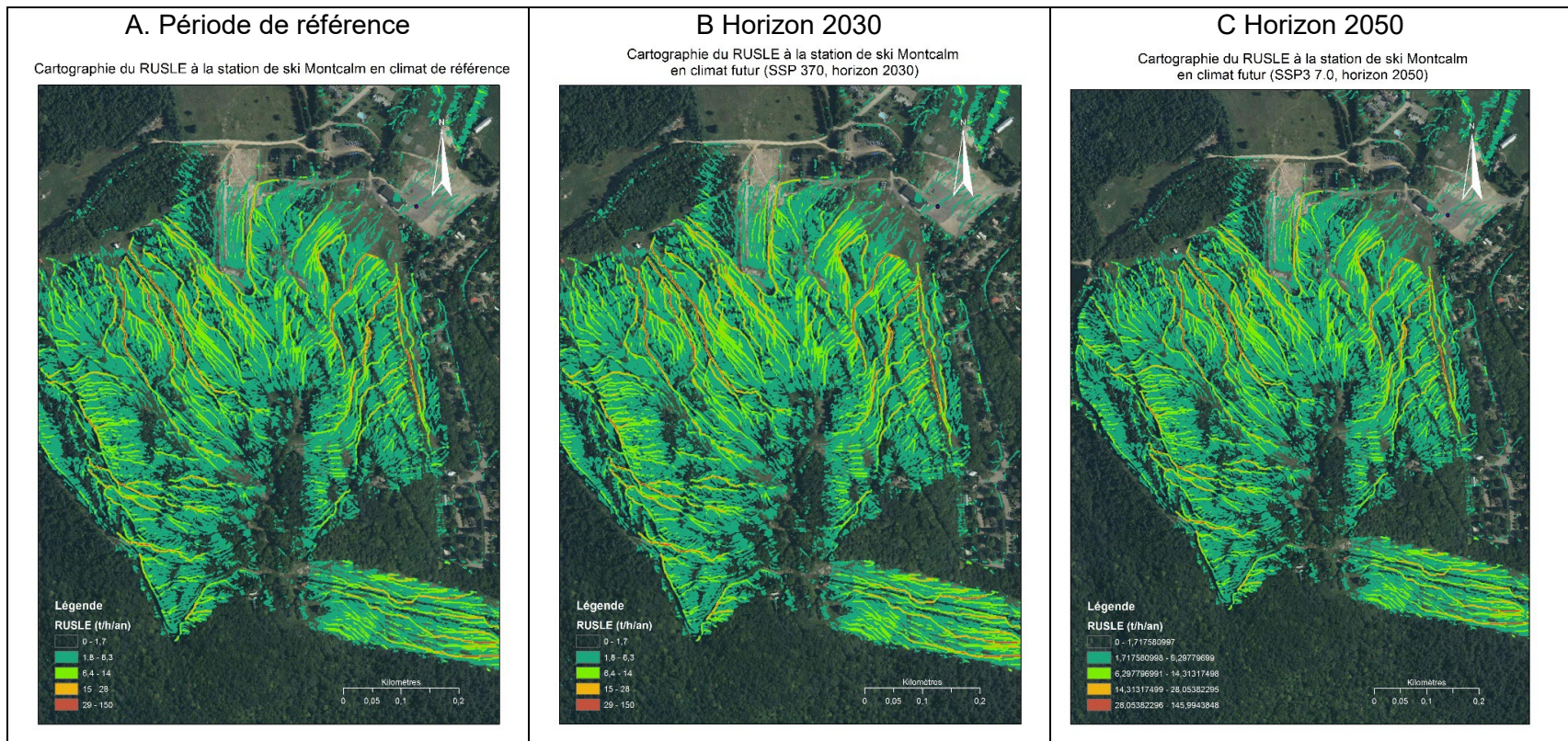


Figure 41 : Exemple de cartographie d'un indicateur de perte de sol (R) pour la période de référence (A) et en climat futur aux horizons 2030 B et 2050 (C) (SSP3-7.0) pour la région de la station de ski de Montcalm.

3.2.2.4 Résultats pour l'aléa feu de forêt

Les facteurs influençant les incendies de forêt comprennent les conditions climatiques, les activités humaines et l'accumulation de matières combustibles. Les températures élevées et les périodes prolongées sans pluie augmentent le risque d'incendie, tandis que les vents forts propagent les flammes et fournissent de l'oxygène pour la combustion (Flannigan et al., 2005). Les peuplements de conifères, moins humides que les peuplements feuillus, sont également plus susceptibles de propager rapidement les incendies. De plus, la présence croissante d'infrastructures humaines près des zones boisées accroît le risque (Ouranos. S.d.)

Les changements climatiques augmentent déjà l'impact des incendies de forêt au Québec et les projections indiquent une intensification future. On prévoit une augmentation de 50 à 100% de la fréquence des incendies d'ici la fin du siècle par rapport à la période de référence de 1961-1999 (RNCAN, 2020).

Les zones touchées devraient s'accroître à cause de la sécheresse croissante, même avec une légère hausse des précipitations. Les incendies de grande ampleur (plus de 200 hectares) devraient également augmenter, particulièrement dans le nord et l'ouest du Québec (Figure 42). De plus, la saison des incendies pourrait s'allonger de trois semaines à un mois d'ici 2100, avec jusqu'à 200% d'augmentation des jours favorables aux incendies (Boulanger et al., 2017). Ces prévisions soulignent les défis croissants auxquels le Québec sera confronté en matière de gestion des incendies de forêt en raison des changements climatiques.

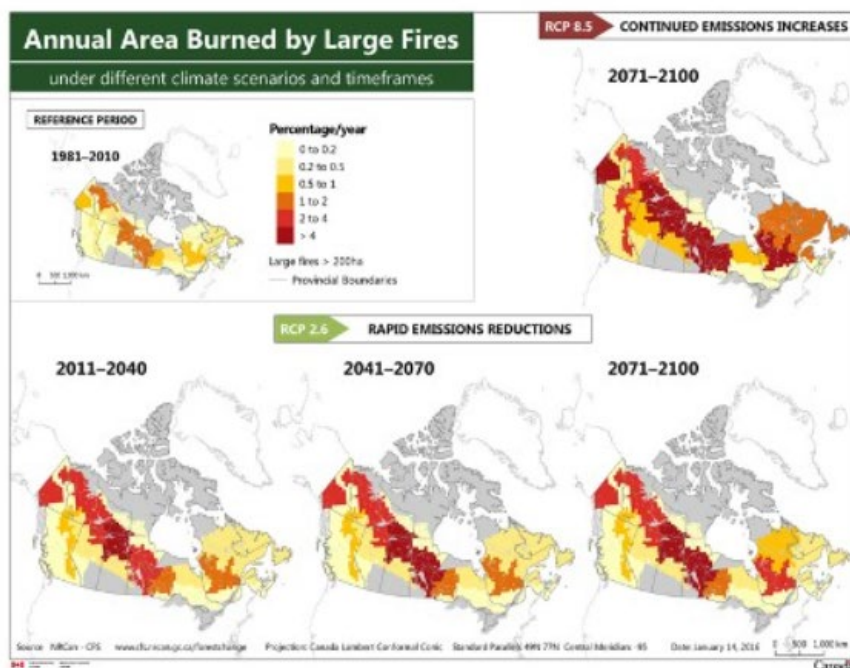


Figure 42 : Projection de l'augmentation des zones annuelles brûlées par de grands feux selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5 (Tiré de RNCAN, 2020)

L'information disponible sur la projection des feux de forêt en climat futur n'a cependant pas permis de faire un croisement avec l'emplacement des stations de ski participantes au projet. L'analyse n'est pas possible à l'échelle unitaire, mais il est globalement attendu que l'exposition aux feux de forêt augmente graduellement et plus ou moins rapidement, selon le scénario d'émission de GES considéré et les plans d'aménagement futurs du territoire.

3.2.2.5 Résultats pour l'aléa vent violent

Au Québec, établir des tendances historiques ou prévoir l'évolution des vents forts et des tempêtes est difficile. Bien qu'ils puissent engendrer des dégâts considérables sur les infrastructures et les écosystèmes et générer d'importants enjeux de sécurité pour la population (voire mettre des vies en péril), ils représentent un phénomène climatique complexe. En effet, ces phénomènes sont soumis à l'influence de plusieurs variables, notamment les fluctuations du régime océan-atmosphère et de l'oscillation nord-atlantique. Ces facteurs peuvent changer mensuellement, voire annuellement, compliquant ainsi la création de tendances claires sur plusieurs années.

Malgré les progrès réalisés au fil du temps, les modèles climatiques actuels continuent de sous-estimer la vitesse des vents violents ainsi que l'intensité des divers types de tempêtes qui touchent le Québec. Dans cette optique, aucune projection fiable ne peut être établie pour les évolutions attendues des vents, des systèmes dépressionnaires, des tempêtes et des tornades dans la région. Les résultats obtenus se révèlent souvent contradictoires ou manquent de significativité, limitant ainsi grandement le degré de confiance accordé à ces prévisions (Ouranos, 2015, INSPQ, s.d.)

Actuellement, les études convergent uniquement sur l'augmentation prévue des précipitations dues aux divers types de tempêtes dans la province. Cependant, les données récentes ne fournissent pas de preuves soutenant une augmentation de la vitesse des vents associés à ces tempêtes (Ouranos, s.d.).

3.2.3 Synthèse des résultats pour les aléas climatiques sur les autres saisons

En résumé, hors saison hivernale, les connaissances sont moins matures, mais les tendances générales selon les meilleures connaissances disponibles pour le Québec sont les suivantes :

- **Inondations** : augmentation des volumes de crues printanières dans le nord de la vallée du Saint-Laurent, mais diminution des débits dans l'extrême sud
- **Sécheresse** : augmentation des périodes d'étiage pendant la saison estivale, et contrainte importante d'accès à la ressource en eau pour les régions du Groupe 1 – Sud-ouest et celles situées dans le sud du Groupe 2 Nord-ouest.
- **Glissements de terrain** : ils présentent des défis de projection en climat futur, mais les glissements majeurs constituent un enjeu marginal du secteur, par contre la perte de sol et processus érosif affectant les sentiers et pentes suivront la tendance des précipitations
- **Feu de forêt** : de manière générale, une augmentation de 50 à 100% de la fréquence des incendies d'ici la fin du siècle par rapport à la période de référence de 1961-1999
- **Vents violents** : ils représentent un phénomène climatique complexe et il n'existe pas de preuves permettant d'anticiper un changement significatif

4. TABLEAUX DE DONNÉES DES AUTRES ALÉAS HIVERNAUX

Les données climatiques présentées dans ce tableau sont les données correspondant aux indicateurs des autres aléas ou conditions d'intérêt pendant l'hiver et ceux sur les autres saisons, pour lesquels les projections climatiques sont disponibles (Portraits climatiques, Ouranos, 2024), à savoir :

- Redoux : Nombre de jours chauds en hiver ($T_{min} > 0^{\circ}\text{C}$)
- Journées de grands froids : Nombre de jours avec ($T_{min} < -30$)
- Journées froides : Nombre de jours avec ($T_{min} < -20$)
- Journées froides : Nombre de jours avec ($T_{max} < -20$)
- Fenêtre de fabrication de neige :
 - Nombre de jours sous la température pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7$)
 - Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -5$)
 - Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -2$) - (équipement ultra moderne)
 - Nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > -15^{\circ}\text{C}$)
 - Plus longue période avec des températures négatives
- Précipitations solides moyennes (Estimée comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en dessous de 0°C)

Tableau 12 : Changements projetés pour les autres aléas par région administrative du Québec ski selon deux scénarios d'émissions de GES.

Les valeurs représentent le 50^e centile des moyennes régionales des diverses simulations et l'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e centiles (entre parenthèses).

			Horizons	Valeurs			
				1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
01-regQCski	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	9.4	4.9 (3.2 - 6.6)	2.8 (1.8 - 5.7)	1.5 (0.9 - 3.7)
			SSP3-7.0	9.4	5.0 (3.2 - 7.5)	2.7 (1.3 - 4.4)	0.6 (0.2 - 1.2)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	6.3	3.3 (2.1 - 4.0)	2.1 (0.8 - 3.3)	1.1 (0.3 - 1.9)
			SSP3-7.0	6.3	3.3 (1.9 - 4.7)	1.6 (0.9 - 2.4)	0.4 (0.1 - 0.6)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	44.4	34.3 (29.1 - 38.0)	28.1 (19.7 - 34.1)	20.2 (13.3 - 26.2)
			SSP3-7.0	44.4	34.1 (27.0 - 37.8)	24.9 (18.0 - 30.7)	13.5 (7.7 - 15.2)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	79	75 (71 - 77)	73 (65 - 75)	68 (54 - 71)
			SSP3-7.0	79	75 (70 - 76)	70 (62 - 73)	58 (48 - 63)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	6	9 (6 - 11)	10 (6 - 15)	12 (9 - 20)
			SSP3-7.0	6	9 (6 - 11)	11 (7 - 14)	17 (12 - 23)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	92	83 (79 - 87)	79 (67 - 86)	73 (58 - 80)
			SSP3-7.0	92	83 (77 - 88)	76 (67 - 84)	63 (49 - 71)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	70	60 (56 - 63)	56 (44 - 60)	48 (35 - 53)
			SSP3-7.0	70	61 (55 - 62)	52 (43 - 58)	40 (27 - 45)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la	NDJFM	SSP2-4.5	57	47 (43 - 49)	43 (31 - 47)	35 (23 - 39)
			SSP3-7.0	57	47 (42 - 49)	39 (31 - 45)	27 (17 - 32)

	fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)						
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	282	287 (259 - 303)	290 (251 - 304)	277 (229 - 301)
			SSP3-7.0	282	287 (268 - 302)	287 (256 - 306)	263 (244 - 301)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Abitibi-Témiscamingue	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	6.9	2.9 (1.6 - 4.8)	1.5 (0.9 - 3.3)	0.6 (0.3 - 2.3)
			SSP3-7.0	6.9	3.0 (1.3 - 4.9)	1.4 (0.5 - 2.6)	0.2 (0.0 - 0.6)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.7	1.7 (0.9 - 2.0)	0.9 (0.4 - 1.5)	0.4 (0.0 - 0.7)
			SSP3-7.0	3.7	1.9 (1.0 - 2.7)	0.8 (0.2 - 1.3)	0.1 (0.0 - 0.2)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	39.6	28.7 (23.2 - 32.3)	23.1 (15.3 - 28.9)	15.2 (8.7 - 21.5)
			SSP3-7.0	39.6	28.8 (21.1 - 32.4)	19.7 (13.6 - 25.5)	9.2 (5.2 - 11.2)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	79	74 (69 - 77)	71 (60 - 74)	65 (47 - 69)
			SSP3-7.0				
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	8	10 (7 - 13)	12 (8 - 18)	15 (11 - 22)
			SSP3-7.0	8	11 (7 - 13)	13 (8 - 18)	21 (14 - 27)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	86	77 (71 - 80)	72 (59 - 77)	63 (50 - 71)
			SSP3-7.0				
Nombre de jours sous la température marginale pour la	NDJFM	SSP2-4.5	86	76 (72 - 79)	68 (60 - 76)	53 (42 - 62)	
		SSP3-7.0	64	53 (48 - 56)	49 (35 - 51)	40 (26 - 46)	
			SSP3-7.0	64	53 (48 - 55)	43 (35 - 51)	30 (19 - 36)

	fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)						
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	50	40 (35 - 43)	36 (22 - 39)	27 (15 - 33)
			SSP3-7.0	50	40 (34 - 42)	31 (22 - 37)	19 (11 - 24)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	246	252 (224 - 264)	246 (208 - 261)	238 (192 - 264)
			SSP3-7.0	246	245 (230 - 262)	247 (221 - 268)	230 (194 - 251)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Bas-Saint-Laurent	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.1	1.0 (0.6 - 2.2)	0.5 (0.2 - 1.5)	0.2 (0.0 - 0.6)
			SSP3-7.0	3.1	1.0 (0.6 - 2.8)	0.4 (0.1 - 1.2)	0.0 (0.0 - 0.1)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.8	0.6 (0.2 - 0.8)	0.2 (0.0 - 0.6)	0.0 (0.0 - 0.2)
			SSP3-7.0	1.8	0.6 (0.2 - 1.1)	0.1 (0.0 - 0.5)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	33.3	22.5 (17.0 - 27.9)	16.8 (11.2 - 22.3)	10.3 (6.7 - 15.0)
			SSP3-7.0	33.3	22.4 (16.7 - 27.0)	14.8 (9.6 - 19.5)	5.2 (3.2 - 7.1)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	81	73 (71 - 76)	71 (57 - 73)	62 (44 - 67)
			SSP3-7.0	81	74 (69 - 75)	67 (57 - 69)	50 (36 - 55)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	7	10 (6 - 13)	11 (7 - 17)	13 (10 - 24)
			SSP3-7.0	7	10 (7 - 13)	12 (8 - 16)	19 (13 - 27)
Nombre de jours sous la température marginale pour la	NDJFM	SSP2-4.5	84	73 (69 - 78)	69 (55 - 77)	63 (45 - 72)	
		SSP3-7.0	84	74 (66 - 80)	65 (54 - 75)	51 (31 - 63)	

	fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)						
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	60	48 (43 - 52)	43 (29 - 49)	33 (20 - 40)
			SSP3-7.0				
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	45	34 (29 - 37)	29 (17 - 34)	20 (10 - 26)
			SSP3-7.0	45	34 (29 - 36)	26 (17 - 32)	14 (6 - 18)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	303	308 (262 - 346)	312 (251 - 336)	288 (235 - 332)
			SSP3-7.0	303	312 (273 - 342)	312 (268 - 343)	267 (235 - 337)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Capitale-Nationale	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	6.6	2.6 (1.8 - 4.6)	1.6 (0.8 - 3.8)	0.7 (0.4 - 1.6)
			SSP3-7.0	6.6	2.8 (1.8 - 5.6)	1.2 (0.5 - 2.6)	0.2 (0.0 - 0.5)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.1	1.2 (0.5 - 1.5)	0.5 (0.3 - 1.2)	0.2 (0.0 - 0.6)
			SSP3-7.0	3.1	1.2 (0.5 - 2.1)	0.4 (0.2 - 0.8)	0.0 (0.0 - 0.1)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	41.4	29.7 (24.0 - 33.8)	23.8 (16.1 - 30.8)	16.6 (10.1 - 22.3)
			SSP3-7.0	41.4	30.9 (22.6 - 34.1)	20.3 (14.8 - 27.0)	9.9 (6.0 - 13.0)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	85	80 (75 - 83)	77 (64 - 80)	72 (52 - 75)
			SSP3-7.0				
	NDJFM	SSP2-4.5	85	80 (74 - 81)	74 (65 - 77)	58 (45 - 67)	
	NDJFM	SSP2-4.5	5	8 (4 - 9)	9 (5 - 13)	11 (8 - 17)	

	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)		SSP3-7.0	5	8 (5 - 10)	9 (6 - 12)	15 (10 - 20)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < - 2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	88	79 (72 - 83)	74 (60 - 81)	67 (52 - 76)
			SSP3-7.0	88	79 (71 - 84)	71 (60 - 80)	56 (39 - 68)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < - 5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	64	53 (47 - 56)	49 (34 - 53)	40 (26 - 46)
			SSP3-7.0	64	54 (46 - 56)	43 (33 - 53)	30 (20 - 38)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < - 7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	49	39 (33 - 41)	34 (21 - 38)	26 (15 - 31)
			SSP3-7.0	49	39 (32 - 41)	30 (21 - 38)	18 (11 - 24)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	338	341 (301 - 369)	343 (292 - 369)	334 (280 - 352)
			SSP3-7.0	338	349 (311 - 362)	343 (297 - 371)	308 (294 - 358)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Centre-du-Québec	Nombre de jours avec (Tmin < - 30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	2.0	0.5 (0.2 - 1.2)	0.2 (0.0 - 0.8)	0.1 (0.0 - 0.3)
			SSP3-7.0	2.0	0.6 (0.3 - 1.6)	0.2 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmax < - 20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	0.8	0.2 (0.0 - 0.3)	0.0 (0.0 - 0.2)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	0.8	0.2 (0.0 - 0.5)	0.0 (0.0 - 0.1)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < - 20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	23.5	13.6 (9.2 - 17.7)	9.7 (5.7 - 16.0)	5.6 (3.1 - 9.8)
			SSP3-7.0	23.5	14.8 (9.5 - 18.5)	8.6 (4.7 - 12.2)	2.7 (1.2 - 3.7)
	NDJFM	SSP2-4.5	69	57 (53 - 61)	53 (38 - 57)	45 (27 - 49)	

	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)		SSP3-7.0	69	59 (52 - 60)	48 (40 - 54)	30 (23 - 39)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	16	21 (14 - 27)	23 (16 - 34)	27 (20 - 39)
			SSP3-7.0	16	21 (15 - 28)	25 (18 - 34)	35 (25 - 49)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	59	47 (41 - 53)	44 (30 - 48)	35 (22 - 45)
			SSP3-7.0	59	49 (40 - 54)	38 (28 - 50)	24 (18 - 35)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	38	28 (23 - 31)	24 (14 - 28)	18 (9 - 22)
			SSP3-7.0	38	29 (22 - 31)	20 (14 - 28)	11 (7 - 16)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	27	18 (14 - 21)	16 (8 - 19)	10 (4 - 14)
			SSP3-7.0	27	19 (14 - 21)	13 (8 - 18)	6 (3 - 8)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	265	254 (215 - 293)	246 (184 - 286)	232 (179 - 258)
			SSP3-7.0	265	263 (223 - 288)	247 (201 - 276)	197 (171 - 242)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Chaudière-Appalaches	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	2.2	0.7 (0.3 - 1.4)	0.3 (0.1 - 1.0)	0.1 (0.0 - 0.3)
			SSP3-7.0	2.2	0.7 (0.4 - 1.8)	0.2 (0.0 - 0.7)	0.0 (0.0 - 0.1)
		NDJFM	SSP2-4.5	1.1	0.3 (0.1 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.3)	0.0 (0.0 - 0.1)

Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)		SSP3-7.0	1.1	0.3 (0.1 - 0.7)	0.0 (0.0 - 0.2)	0.0 (0.0 - 0.0)
Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	26.8	16.1 (11.4 - 20.6)	11.5 (7.1 - 18.4)	6.9 (4.2 - 11.2)
		SSP3-7.0	26.8	17.5 (10.9 - 20.9)	10.0 (6.1 - 14.8)	3.8 (2.0 - 4.8)
Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	74	64 (61 - 67)	60 (45 - 63)	52 (32 - 56)
		SSP3-7.0	74	65 (59 - 66)	55 (47 - 60)	37 (26 - 46)
Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	11	15 (9 - 19)	16 (10 - 25)	19 (14 - 29)
		SSP3-7.0	11	14 (10 - 19)	17 (12 - 23)	26 (18 - 36)
Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	69	58 (51 - 62)	54 (39 - 60)	44 (31 - 55)
		SSP3-7.0	69	59 (50 - 64)	48 (38 - 60)	34 (23 - 45)
Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	46	35 (29 - 38)	31 (18 - 35)	23 (12 - 28)
		SSP3-7.0	46	36 (29 - 38)	26 (19 - 35)	15 (9 - 21)
Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	33	23 (18 - 27)	20 (10 - 24)	13 (6 - 18)
		SSP3-7.0	33	24 (18 - 26)	17 (10 - 24)	9 (4 - 12)
Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	314	303 (253 - 352)	306 (230 - 347)	283 (232 - 314)
		SSP3-7.0	314	314 (268 - 342)	309 (254 - 339)	252 (224 - 314)
				Valeurs		
		Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100

Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Côte-Nord	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	13.7	7.6 (5.6 - 10.4)	4.5 (2.9 - 8.5)	2.6 (1.1 - 5.2)
			SSP3-7.0	13.7	7.4 (5.5 - 11.1)	3.4 (2.5 - 7.0)	0.9 (0.4 - 1.7)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	9.6	5.1 (3.1 - 6.6)	3.3 (1.1 - 5.3)	1.6 (0.4 - 2.8)
			SSP3-7.0	9.6	4.9 (2.8 - 7.4)	2.5 (1.2 - 4.1)	0.5 (0.1 - 0.9)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	57.7	47.3 (42.1 - 50.9)	39.8 (29.3 - 46.3)	30.7 (20.4 - 36.6)
			SSP3-7.0	57.7	46.1 (39.3 - 50.5)	35.6 (27.3 - 42.5)	21.2 (12.5 - 24.2)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	84	83 (79 - 85)	82 (79 - 86)	81 (71 - 84)
			SSP3-7.0	84	84 (76 - 85)	82 (74 - 84)	75 (64 - 78)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	2	4 (2 - 5)	4 (2 - 7)	5 (4 - 11)
			SSP3-7.0	2	4 (2 - 5)	5 (3 - 7)	8 (6 - 11)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	109	102 (98 - 106)	99 (89 - 106)	95 (77 - 99)
			SSP3-7.0	109	101 (95 - 105)	97 (85 - 103)	85 (70 - 93)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	89	79 (76 - 82)	74 (64 - 81)	68 (50 - 73)
			SSP3-7.0	89	79 (72 - 81)	73 (60 - 75)	57 (42 - 63)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	75	64 (61 - 67)	59 (47 - 65)	52 (36 - 57)
			SSP3-7.0	75	64 (58 - 67)	58 (46 - 61)	41 (28 - 47)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	304	317 (290 - 331)	319 (299 - 340)	313 (275 - 340)
			SSP3-7.0	304	316 (304 - 328)	317 (293 - 337)	308 (282 - 345)

			Horizons	Valeurs			
				1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Estrie	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.3	0.2 (0.1 - 0.8)	0.1 (0.0 - 0.6)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	1.3	0.4 (0.1 - 0.9)	0.1 (0.0 - 0.3)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	0.7	0.2 (0.0 - 0.3)	0.0 (0.0 - 0.2)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	0.7	0.2 (0.0 - 0.5)	0.0 (0.0 - 0.1)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	19.7	10.7 (6.5 - 13.7)	7.4 (3.9 - 12.7)	4.0 (1.9 - 7.3)
			SSP3-7.0	19.7	11.4 (7.1 - 15.3)	6.7 (3.3 - 9.7)	1.8 (0.6 - 2.7)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	65	53 (48 - 56)	49 (34 - 52)	39 (23 - 44)
			SSP3-7.0	65	54 (46 - 55)	42 (35 - 49)	25 (20 - 34)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	16	22 (15 - 28)	23 (16 - 34)	28 (21 - 38)
			SSP3-7.0	16	21 (16 - 28)	25 (18 - 35)	36 (27 - 50)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	57	45 (38 - 50)	41 (29 - 45)	32 (22 - 42)
			SSP3-7.0	57	46 (37 - 51)	36 (27 - 48)	23 (16 - 33)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	35	25 (20 - 29)	22 (13 - 26)	16 (8 - 20)
			SSP3-7.0	35	26 (20 - 29)	19 (13 - 26)	10 (7 - 15)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	25	16 (12 - 20)	14 (7 - 17)	8 (4 - 12)
			SSP3-7.0	25	17 (12 - 19)	11 (7 - 17)	5 (3 - 7)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	258	243 (204 - 284)	234 (182 - 277)	216 (183 - 255)
			SSP3-7.0	258	252 (206 - 285)	239 (187 - 273)	189 (152 - 238)

				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Gaspésie	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.3	0.9 (0.3 - 2.4)	0.3 (0.1 - 1.8)	0.1 (0.0 - 0.5)
			SSP3-7.0	3.3	0.8 (0.4 - 2.9)	0.3 (0.1 - 1.4)	0.0 (0.0 - 0.1)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.4	0.4 (0.1 - 0.5)	0.1 (0.0 - 0.5)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	1.4	0.3 (0.1 - 0.9)	0.1 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	35.6	22.4 (18.7 - 29.6)	16.2 (11.0 - 23.9)	9.5 (5.7 - 16.6)
			SSP3-7.0	35.6	23.8 (17.9 - 28.4)	13.2 (10.0 - 21.9)	4.7 (2.3 - 7.3)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	87	80 (78 - 83)	75 (65 - 80)	66 (50 - 73)
			SSP3-7.0	87	79 (75 - 82)	73 (63 - 76)	55 (41 - 62)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	5	7 (5 - 9)	8 (5 - 12)	10 (8 - 17)
			SSP3-7.0	5	7 (4 - 10)	9 (6 - 12)	15 (10 - 18)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	86	76 (73 - 82)	70 (59 - 81)	64 (48 - 75)
			SSP3-7.0	86	76 (70 - 82)	69 (57 - 78)	54 (36 - 66)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	61	49 (45 - 54)	45 (31 - 51)	36 (22 - 42)
			SSP3-7.0	61	49 (44 - 53)	41 (31 - 47)	27 (13 - 33)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	46	35 (30 - 38)	30 (18 - 35)	20 (11 - 26)
			SSP3-7.0	46	34 (29 - 37)	26 (18 - 31)	15 (6 - 18)

	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	351	354 (306 - 391)	346 (299 - 376)	328 (271 - 364)
			SSP3-7.0	351	359 (313 - 393)	349 (302 - 400)	303 (270 - 374)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Jamésie-Sud Est	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	22.8	13.2 (8.8 - 18.0)	8.2 (4.7 - 15.3)	4.3 (2.4 - 11.0)
			SSP3-7.0	22.8	12.9 (8.3 - 17.5)	8.1 (3.8 - 11.5)	2.0 (0.8 - 4.5)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	17.2	10.0 (6.9 - 12.8)	7.0 (2.6 - 10.3)	4.0 (1.1 - 6.8)
			SSP3-7.0	17.2	9.9 (6.2 - 13.3)	5.3 (2.5 - 7.5)	1.4 (0.4 - 2.3)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	66.8	56.8 (51.4 - 59.5)	49.6 (36.4 - 54.4)	41.2 (26.1 - 47.3)
			SSP3-7.0	66.8	54.8 (47.7 - 59.8)	43.8 (34.5 - 51.5)	28.2 (16.5 - 34.1)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	73	75 (70 - 79)	77 (71 - 80)	77 (70 - 80)
			SSP3-7.0	73	76 (71 - 80)	77 (70 - 81)	73 (69 - 78)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	2	4 (2 - 5)	4 (3 - 7)	5 (4 - 10)
			SSP3-7.0	2	3 (2 - 5)	5 (3 - 7)	9 (6 - 11)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	116	110 (107 - 115)	107 (99 - 114)	103 (88 - 109)
			SSP3-7.0	116	109 (106 - 114)	105 (99 - 112)	94 (85 - 101)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	97	89 (87 - 92)	84 (76 - 88)	79 (63 - 83)
			SSP3-7.0	97	89 (84 - 91)	83 (74 - 86)	70 (58 - 74)

	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	84	75 (73 - 77)	71 (61 - 74)	66 (47 - 69)
SSP3-7.0			84	75 (71 - 78)	69 (60 - 72)	54 (42 - 59)	
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	289	301 (294 - 319)	312 (297 - 326)	310 (280 - 330)
			SSP3-7.0	289	306 (291 - 318)	308 (295 - 325)	323 (293 - 336)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Lanaudière	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.9	1.4 (0.7 - 2.7)	0.7 (0.3 - 1.9)	0.3 (0.1 - 0.9)
			SSP3-7.0	3.9	1.4 (0.8 - 3.7)	0.6 (0.1 - 1.3)	0.0 (0.0 - 0.2)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.7	0.5 (0.3 - 0.7)	0.2 (0.1 - 0.5)	0.1 (0.0 - 0.2)
			SSP3-7.0	1.7	0.6 (0.3 - 1.1)	0.2 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	32.9	21.6 (16.1 - 25.9)	16.8 (11.0 - 23.3)	10.4 (6.2 - 15.7)
			SSP3-7.0	32.9	23.3 (15.6 - 26.4)	13.6 (9.2 - 20.0)	5.8 (3.3 - 7.6)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	79	71 (66 - 74)	67 (52 - 70)	60 (40 - 65)
			SSP3-7.0	79	71 (66 - 73)	63 (53 - 68)	45 (33 - 54)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	8	12 (8 - 15)	14 (9 - 19)	16 (12 - 23)
			SSP3-7.0	8	12 (8 - 15)	15 (10 - 19)	22 (15 - 30)
Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	75	64 (57 - 69)	60 (47 - 66)	50 (39 - 60)	
		SSP3-7.0	75	66 (57 - 70)	55 (45 - 66)	40 (29 - 52)	

	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	52	41 (35 - 44)	37 (24 - 41)	29 (17 - 35)
SSP3-7.0							
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	39	29 (23 - 32)	25 (14 - 29)	17 (9 - 23)
			SSP3-7.0	39	30 (23 - 32)	21 (14 - 29)	11 (6 - 16)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	271	265 (238 - 295)	261 (218 - 293)	253 (202 - 276)
			SSP3-7.0	271	270 (242 - 289)	265 (222 - 291)	220 (205 - 267)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Laurentides	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	4.1	1.6 (0.8 - 3.0)	0.9 (0.3 - 1.9)	0.3 (0.1 - 1.0)
			SSP3-7.0	4.1	1.6 (0.7 - 3.8)	0.7 (0.1 - 1.4)	0.1 (0.0 - 0.2)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.8	0.5 (0.3 - 0.8)	0.2 (0.1 - 0.5)	0.1 (0.0 - 0.2)
			SSP3-7.0	1.8	0.7 (0.3 - 1.1)	0.2 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	33.5	22.3 (16.7 - 25.8)	17.5 (11.3 - 23.5)	10.8 (6.2 - 15.8)
			SSP3-7.0	33.5	23.5 (15.8 - 26.9)	13.9 (9.4 - 20.9)	6.0 (3.0 - 7.7)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	79	71 (66 - 74)	67 (52 - 69)	59 (40 - 65)
			SSP3-7.0	79	70 (66 - 73)	63 (53 - 68)	44 (34 - 53)
Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	9	13 (8 - 16)	15 (9 - 21)	17 (12 - 24)	
		SSP3-7.0	9	12 (8 - 16)	15 (9 - 21)	23 (15 - 32)	

	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	73	62 (56 - 67)	58 (45 - 63)	48 (37 - 58)
SSP3-7.0							
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	73	63 (55 - 68)	53 (43 - 64)	38 (27 - 49)
			SSP3-7.0	50	39 (34 - 43)	36 (23 - 39)	27 (16 - 33)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	50	40 (33 - 43)	30 (22 - 39)	19 (12 - 25)
			SSP3-7.0	37	27 (22 - 30)	24 (13 - 27)	16 (8 - 21)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	37	28 (22 - 30)	20 (13 - 27)	10 (6 - 15)
			SSP3-7.0	280	276 (243 - 303)	273 (225 - 301)	264 (207 - 280)
			SSP3-7.0	280	278 (251 - 296)	274 (229 - 297)	227 (210 - 273)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Mauricie	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	6.2	2.6 (1.6 - 4.1)	1.6 (0.7 - 3.3)	0.7 (0.3 - 1.8)
			SSP3-7.0	6.2	2.7 (1.3 - 5.2)	1.2 (0.4 - 2.6)	0.2 (0.0 - 0.4)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.4	1.4 (0.7 - 1.6)	0.7 (0.3 - 1.3)	0.3 (0.0 - 0.6)
			SSP3-7.0	3.4	1.5 (0.7 - 2.3)	0.6 (0.2 - 1.0)	0.1 (0.0 - 0.1)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	39.5	28.3 (22.3 - 32.5)	22.5 (15.1 - 29.4)	15.2 (9.7 - 21.7)
			SSP3-7.0	39.5	29.4 (21.2 - 32.6)	19.1 (13.5 - 26.1)	9.6 (4.9 - 11.2)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de	NDJFM	SSP2-4.5	80	75 (70 - 78)	72 (61 - 75)	67 (49 - 71)
			SSP3-7.0	80	75 (70 - 76)	70 (59 - 72)	54 (43 - 61)

	neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)						
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	7	10 (6 - 12)	12 (7 - 17)	13 (10 - 21)
			SSP3-7.0	7	10 (6 - 13)	12 (8 - 16)	19 (13 - 25)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	86	77 (71 - 81)	72 (60 - 78)	65 (51 - 73)
			SSP3-7.0	86	77 (71 - 80)	69 (60 - 77)	53 (40 - 64)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	63	52 (48 - 56)	49 (35 - 52)	40 (27 - 46)
			SSP3-7.0	63	54 (47 - 55)	44 (34 - 52)	30 (21 - 38)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	50	39 (34 - 42)	35 (22 - 39)	27 (16 - 33)
			SSP3-7.0	50	40 (33 - 41)	31 (22 - 39)	19 (12 - 25)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	260	263 (237 - 284)	261 (220 - 285)	254 (200 - 273)
			SSP3-7.0	260	266 (242 - 272)	266 (231 - 280)	241 (214 - 272)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Montréal/Laval	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.0	0.2 (0.0 - 0.6)	0.1 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	1.0	0.3 (0.1 - 1.0)	0.0 (0.0 - 0.2)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	0.4	0.0 (0.0 - 0.1)	0.0 (0.0 - 0.1)	0.0 (0.0 - 0.0)
			SSP3-7.0	0.4	0.1 (0.0 - 0.2)	0.0 (0.0 - 0.0)	0.0 (0.0 - 0.0)
	NDJFM	SSP2-4.5	16.6	8.5 (5.2 - 11.5)	5.9 (3.2 - 10.6)	2.9 (1.4 - 5.8)	

	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)		SSP3-7.0	16.6	9.8 (5.7 - 12.2)	4.8 (2.5 - 7.6)	1.3 (0.4 - 2.3)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	59	46 (42 - 51)	42 (29 - 46)	34 (19 - 39)
			SSP3-7.0	59	48 (41 - 50)	36 (30 - 46)	20 (17 - 29)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	22	29 (22 - 37)	32 (23 - 44)	37 (29 - 49)
			SSP3-7.0	22	29 (22 - 38)	34 (26 - 47)	48 (35 - 65)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	52	40 (34 - 45)	37 (26 - 41)	28 (18 - 37)
			SSP3-7.0	52	42 (34 - 47)	32 (23 - 43)	19 (14 - 29)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	32	23 (18 - 26)	19 (11 - 23)	13 (6 - 17)
			SSP3-7.0	32	24 (18 - 27)	16 (11 - 23)	8 (5 - 12)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	22	14 (10 - 17)	12 (6 - 15)	7 (3 - 10)
			SSP3-7.0	22	15 (11 - 17)	10 (6 - 14)	3 (2 - 6)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	215	195 (167 - 233)	191 (138 - 226)	170 (128 - 199)
			SSP3-7.0	215	207 (168 - 234)	188 (146 - 214)	144 (112 - 179)
				Valeurs			
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Montérégie		NDJFM	SSP2-4.5	1.7	0.5 (0.1 - 1.2)	0.2 (0.1 - 0.8)	0.1 (0.0 - 0.3)

			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Outaouais	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	3.0	1.1 (0.5 - 2.1)	0.5 (0.2 - 1.3)	0.2 (0.1 - 0.8)
			SSP3-7.0	3.0	1.1 (0.4 - 2.4)	0.5 (0.1 - 1.0)	0.0 (0.0 - 0.1)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	1.5	0.4 (0.2 - 0.7)	0.2 (0.1 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.1)
			SSP3-7.0	1.5	0.6 (0.3 - 0.9)	0.2 (0.0 - 0.4)	0.0 (0.0 - 0.0)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	28.9	18.4 (13.4 - 21.8)	14.3 (8.8 - 19.5)	8.3 (4.6 - 12.7)
			SSP3-7.0	28.9	19.4 (12.1 - 22.3)	11.2 (6.8 - 16.5)	4.4 (1.9 - 5.4)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	75	66 (62 - 69)	62 (47 - 64)	53 (35 - 59)
			SSP3-7.0	75	65 (62 - 68)	57 (48 - 62)	39 (29 - 46)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	10	15 (10 - 19)	17 (11 - 24)	20 (14 - 28)
			SSP3-7.0	10	15 (10 - 19)	18 (11 - 25)	27 (18 - 37)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	71	60 (53 - 65)	56 (43 - 60)	46 (35 - 55)
			SSP3-7.0	71	60 (53 - 65)	51 (41 - 62)	36 (25 - 47)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	48	37 (32 - 41)	34 (22 - 37)	25 (15 - 31)
			SSP3-7.0	48	38 (32 - 40)	28 (21 - 36)	17 (11 - 22)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	35	26 (21 - 28)	23 (12 - 25)	15 (7 - 19)
			SSP3-7.0	35	26 (20 - 28)	18 (12 - 24)	9 (5 - 13)
	Précipitations solides moyennes (mm)	NDJFM	SSP2-4.5	237	231 (200 - 254)	226 (182 - 249)	222 (172 - 231)
			SSP3-7.0	237	233 (207 - 249)	230 (189 - 243)	188 (168 - 224)

			Valeurs				
			Horizons	1991-2020	2021-2050	2041-2070	2071-2100
Région administrative	Indicateurs climatiques	Saison	Scénarios				
Saguenay - Lac-Saint-Jean	Nombre de jours avec (Tmin < -30°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	14.5	8.0 (5.4 - 10.5)	5.0 (3.1 - 9.4)	2.7 (1.8 - 6.6)
			SSP3-7.0	14.5	8.1 (5.3 - 11.3)	4.7 (2.4 - 7.1)	1.2 (0.4 - 2.3)
	Nombre de jours avec (Tmax < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	10.6	5.9 (3.9 - 7.3)	4.0 (1.5 - 6.0)	2.2 (0.6 - 3.7)
			SSP3-7.0	10.6	5.7 (3.6 - 8.1)	3.1 (1.7 - 4.5)	0.8 (0.2 - 1.2)
	Nombre de jours avec (Tmin < -20°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	54.9	44.8 (39.4 - 48.4)	38.0 (27.0 - 44.4)	29.3 (19.2 - 35.8)
			SSP3-7.0	54.9	44.0 (36.0 - 47.8)	33.8 (25.2 - 40.4)	19.6 (11.9 - 23.1)
	Nombre de jours avec des conditions de fabrication de neige (Tmax > -15 °C et Tmin < -10°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	78	78 (72 - 81)	77 (73 - 80)	75 (65 - 78)
			SSP3-7.0	78	78 (71 - 80)	75 (68 - 79)	68 (60 - 73)
	Nombre de jours chauds (Tmin > 0°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	4	6 (4 - 7)	6 (4 - 10)	8 (6 - 14)
			SSP3-7.0	4	6 (3 - 7)	7 (4 - 10)	12 (8 - 16)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -2°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	105	98 (95 - 103)	94 (85 - 101)	89 (75 - 96)
			SSP3-7.0	105	97 (93 - 102)	92 (84 - 99)	81 (68 - 87)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -5°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	85	76 (73 - 79)	71 (61 - 75)	66 (50 - 69)
			SSP3-7.0	85	76 (71 - 78)	69 (59 - 73)	55 (42 - 60)
	Nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la neige (Tmax < -7°C) (jours)	NDJFM	SSP2-4.5	72	62 (59 - 65)	58 (46 - 62)	51 (35 - 54)
			SSP3-7.0	72	62 (57 - 64)	55 (45 - 60)	39 (28 - 46)
	NDJFM	SSP2-4.5	282	299 (271 - 314)	299 (279 - 314)	297 (254 - 315)	

	Précipitations solides moyennes (mm)		SSP3-7.0	282	290 (283 - 305)	294 (279 - 317)	292 (263 - 316)
--	---	--	-----------------	-----	-----------------	-----------------	-----------------

5. SOURCES DES DONNÉES DE PROJECTIONS CLIMATIQUES

Les données climatiques présentées ici proviennent des Portraits Climatiques d'Ouranos, un portail d'informations climatiques libre d'accès. Ce portail évolue constamment avec de nouvelles données selon l'évolution des modèles et simulations.

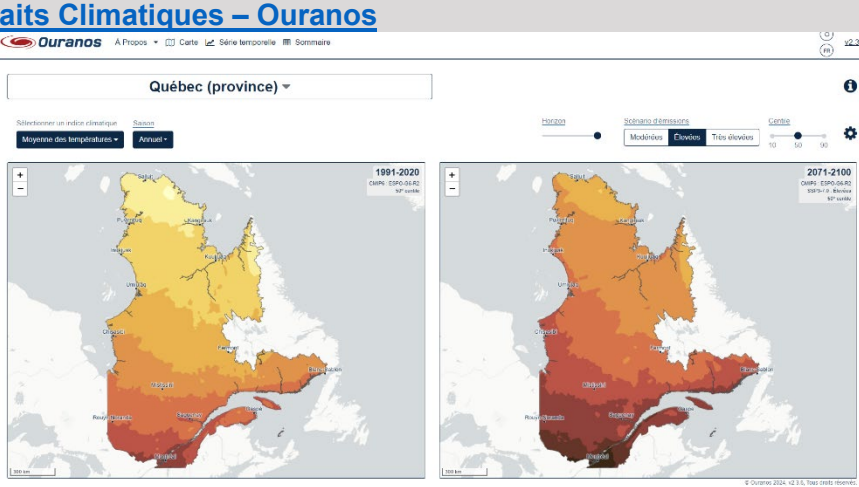
Visitez le site des [Portraits Climatiques – Ouranos](https://portraits.ouranos.ca)

Portraits climatiques est un portail d'informations climatiques conçu par Ouranos offrant une information spatialisée sur le territoire québécois. Il permet de visualiser les normales climatiques, les données historiques observées et les changements projetés à l'aide de modèles climatiques. Plusieurs formats de visualisation conviviaux sont offerts, tels que des cartes, des séries temporelles ou des tableaux synthèses. Il est également possible de télécharger les données et les figures générées.

La plateforme permet de:

- Sélectionner une région administrative du Québec pour laquelle les scénarios climatiques seront affichés;
- Sélectionner un (des) indice(s) climatique(s) d'intérêt à partir d'une liste prédéfinie;
- Sélectionner la saison d'intérêt (annuel, été, hiver, automne et printemps);
- Sélectionner un horizon de temps spécifique;
- Sélectionner un scénario climatique parmi les 3 suivants : SSP2-4.5; SSP3-7.0 et SSP5-8.5
- Sélectionner un format d'affichage des scénarios climatiques selon trois formats prédéfinis : un tableau sommaire, une carte des changements projetés ou l'évolution des valeurs futures dans le temps;
- Comparer les changements projetés entre différents horizons futurs et différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre;
- Télécharger l'information dans un format usuel.

Source : portraits.ouranos.ca (Juin 2024)



6. LIEN AVEC LE PROJET PORTRAIT DES INDICES DE NEIGE AU SOL (PINS)

6.1 LE BESOIN DE CONNAISSANCES

À l'heure actuelle, aucun indicateur climatique projeté pour la neige au sol n'est disponible publiquement pour le Québec. Les seuls indicateurs climatiques de neige projetés disponibles publiquement pour le Québec sont les précipitations solides (donneesclimatiques.ca, ouranos.ca/portraits-climatiques/). Se baser uniquement sur les précipitations solides post-traitées donne de l'information sur les chutes de neige et non pas sur l'évolution du manteau neigeux. Or, des indicateurs climatiques spécifiques et basés sur la neige au sol sont nécessaires pour aider à la gestion à long terme entre autres des activités touristiques des sports d'hiver (ski, raquettes, vélo à pneus surdimensionnés, luge...) (Lemmen et al., 2021). On parle ici d'indicateurs tels que les dates de début et de fin du couvert nival (Abegg et al., 2021; Morin et al., 2021).

6.2 LE CHOIX DES MODÈLES DE NEIGE AU SOL

Les modèles de neige qui tiennent en compte de manière réaliste un grand nombre de processus physiques à la surface et au sein du manteau neigeux (sublimation, maturation, densification, métamorphose...) permettent de suivre l'évolution spatiale et temporelle des caractéristiques associées, telles que l'épaisseur ou l'équivalent en eau de la neige (ÉEN). Deux méthodologies distinctes permettent l'utilisation de ces modèles de neige. Une première les utilise directement au sein des modèles de climat tandis que la deuxième les utilise de manière externalisée à la modélisation atmosphérique. Les deux méthodologies comportent des avantages et des inconvénients. La première approche permet une pleine interaction du cycle thermodynamique et hydrique entre le sol, la végétation, la neige et l'atmosphère, tandis que la deuxième méthode fait évoluer le manteau neigeux en forçant de manière unidirectionnelle le modèle de neige à partir de variables atmosphériques précalculées par un modèle ou à partir d'observations des conditions atmosphériques. Deux études récentes en lien avec le secteur touristique du ski ont utilisé un modèle de neige de manière externalisée (Da Silva et al., 2019; Morin et al., 2021). L'utilisation d'un modèle de neige externalisé permet de prendre en compte toutes les spécificités hydro-climato à l'échelle d'une station et destination ski. Ce type de modèle a permis de faire des avancées substantielles pour travailler avec des modèles d'impacts économiques et il est adapté aux processus de planification et de gestion des stations et destinations ski à travers le monde. Néanmoins, l'utilisation d'un modèle de neige externe au modèle de climat, malgré la qualité des données générées et sa grande efficacité pour les stations de ski, entraîne certains inconvénients quant à la mise à jour des indicateurs, leur spatialisation et leur accessibilité pour un éventail plus large d'utilisateurs. L'évaluation de modèles de climat ayant des schémas de surface permettant de simuler la neige au sol a montré leur compétence à produire des simulations historiques dans l'enveloppe des observations (par ex., Bresson & Biner, 2021; McCrary et al., 2022). Ces modèles bénéficient d'une résolution spatiale plus qu'intéressante qui permet une bonne représentation des processus physiques atmosphériques hivernaux tout en représentant de manière réaliste les diverses caractéristiques de la topographie québécoise.

6.3 L'IMPORTANCE DE L'ÉQUIVALENT EN EAU DE LA NEIGE (ÉEN)

La neige au sol est une variable complexe qui est mesurée d'après différentes caractéristiques (épaisseur de neige, équivalent en eau de la neige (ÉEN), couvert nival, ...) et simulée dans les modèles de climat avec différents schémas. L'ÉEN est fréquemment considérée dans les études, car il ne dépend pas de la densité de la neige, valeur variant selon la nature de la neige (Mekis & Vincent, 2011). L'ÉEN renseigne aussi sur les quantités d'eau disponibles dans le manteau neigeux, qui jouent un rôle dans le cycle hydrologique de la région (inondations, sécheresses, eau disponible pour l'hydro-électricité, qualité des sports de glisse...). Au-delà de la complexité de la variable en tant que telle, l'accès à des données de qualité et en quantité suffisante sur l'ensemble du territoire peut être complexe.

L'ÉEN est une variable avec une saisonnalité et qui est fortement influencée par la température et par les précipitations (par ex., Sospedra-Alfonso & Merryfield, 2017). Des biais dans les modèles peuvent avoir des effets sur la présence ou non de neige au sol et par conséquent sur le nombre de jours avec un couvert nival et les dates de début et de fin du couvert nival continu. Pour calculer des indicateurs de neige au sol projetés, un ajustement de biais adapté est donc indispensable. Néanmoins peu de littérature réfère à l'utilisation d'une méthode d'ajustement de biais univarié ou multivarié de l'ÉEN. Par exemple, McCrary et al. (2022) s'intéressent aux changements par rapport à la période de référence; Morin et al. (2021) et Scott et al. (2020) utilisent un ajustement de biais univarié sur les variables entrant dans un modèle de neige. Zahmatkesh et al. (2019) ont travaillé avec la méthode des fonctions de répartition pour corriger le biais du produit SNODAS, mais il s'agit là d'un ajustement spatial et non temporel puisque ce sont des données historiques. Évaluer différentes méthodes d'ajustement de biais (univariées, et éventuellement multivariées) est donc nécessaire pour faire ressortir la plus adaptée. Dans leurs travaux, Matiu & Hanzer (2022) ont évalué plusieurs méthodes d'ajustement de biais sur la fraction de couvert nival. Cette variable présente des similarités avec l'ÉEN et cette étude présente des méthodes d'intérêt à investiguer pour l'ÉEN. Il est important de noter que les méthodes multivariées sont encore peu utilisées en opérationnel et que de nombreux défis existent encore. Ce projet se place comme une première étape dans l'évaluation des méthodes d'ajustement de biais pour la neige au sol.

6.4 STRATÉGIES POUR DÉPASSER LA FAIBLE QUALITÉ DES DONNÉES

Les mesures d'ÉEN en station présentent une disparité spatiale avec des données plus éparées dans le nord du Québec (Bresson & Biner, 2021; McCrary et al., 2017; Vionnet et al., 2021). Il existe des produits sur grille d'ÉEN pour pallier cette disparité des données. Ils peuvent être construits selon différentes techniques et présentent des différences dans les portraits climatiques de la neige au sol dans certaines régions en particulier dues à l'influence des méthodes utilisées pour compléter les données dans les régions pauvres en observation (Bresson & Biner, 2021; Mortimer et al., 2020). L'utilisation d'une base de données sur grille est néanmoins nécessaire pour ajuster le biais des simulations climatiques afin d'avoir un portrait de la neige au sol le plus cohérent et rigoureux possible. Il est donc nécessaire de sélectionner la base de données qui répond le mieux aux besoins de l'étude. La résolution fait partie des critères de sélection de bases de données sur grille à considérer (par ex., résolution fine dans ce projet, de l'ordre de 1° de résolution horizontale). L'évaluation d'indicateurs calculés à partir des bases

de données sur grille par rapport à ceux à partir des observations aux stations permettra de sélectionner la base de données de référence.

6.5 UNE BASE POUR DES ÉTUDES PLUS COMPLEXES D'AUTRES STRESS ET CHOCS CLIMATIQUES

En utilisant la neige au sol ainsi que les autres variables simulées dans les modèles (températures et précipitations), il sera également possible de répondre par la suite au besoin grandissant de regarder du côté des événements combinés, pour prendre en compte tous les paramètres pouvant avoir un effet sur les stations de ski au Québec, et potentiellement d'autres secteurs d'activité. Ainsi, travailler sur les indicateurs de neige au sol va permettre de développer une bonne base de connaissances pour étudier des événements tels que la pluie sur neige.

7. MÉTHODOLOGIE DE DÉVELOPPEMENT POUR L'INDICATEUR DE PERTE DE SOL

Le modèle de perte de sol de Wischmeier et Smith, communément appelé l'Équation révisée universelle de perte de sol (RUSLE), a été sélectionné pour estimer le potentiel de risque de perte de sol actuelle et documenter la tendance pour ce risque en climat futur. Il est important de noter que bien que les mécanismes des glissements de terrain et de l'érosion des sols soient différents, le modèle RUSLE a été utilisé comme indicateur de processus érosif, en raison de sa simplicité, de sa polyvalence et de sa flexibilité dans les systèmes d'information géographique. Entre autres, le modèle d'érosion inclut des variables d'inclinaison de la pente, de propriétés pédologiques et d'érosivité, qui sont tous des paramètres déterminant dans la dynamique des glissements de terrain (Gouvernement du Québec, 2017).

Le modèle est également de plus en plus utilisé pour mesurer le taux d'érosion dans une variété de contextes. Une étude menée par Pendey et al. (2021) a analysé 160 recherches sur l'évaluation de la vulnérabilité à l'érosion des sols dans le monde, révélant que 42% d'entre elles ont employé le modèle RUSLE. Ce modèle est largement accepté pour estimer la perte de sol moyenne annuelle dans un bassin versant avec différentes couvertures de sol et différentes topographies.

La perte de sol moyenne annuelle estimée a été quantifiée en utilisant l'équation :

Où « A » représente la perte de sol moyenne annuelle par unité de surface (t/ha/an), « R » est l'indice d'érosivité des précipitations ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$), « K » est le facteur d'érodibilité du sol ($\text{ha h MJ}^{-1} \text{ mm}$), « L » est le facteur de longueur de la pente, « S » est le facteur de raideur de la pente (sans dimension), « C » est le facteur de gestion de la couverture (sans dimension), et « P » est le facteur de support et de pratiques de conservation (sans dimension). Le Tableau 13 indique la source de donnée utilisée pour chacun des paramètres du RUSLE.

Tableau 13 : Source de donnée utilisée pour chacun des paramètres du RUSLE

Variable	Données	Source
R	Global Rainfall Erosivity dataset (European soil data center)	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-rainfall-erosivity#tabs-0-description=0
K	Carte pédologique numérique mondiale (Digital soil map of the World (FAO)) + cartes pédologiques de l'IRDA	FAO: https://data.apps.fao.org/map/catalog/static/api/records/446ed430-8383-11db-b9b2-000d939bc5d8 IRDA: https://www.irda.qc.ca/fr/services/protection-ressources/sante-sols/information-sols/etudes-pedologiques/
LS	Modèle numérique d'élévation, Produits dérivés du LiDAR (Données Québec)	https://donneesquebec.ca/recherche/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar
C	Tableau des valeurs de couverture (Yang et al., 2003; Chuenchum, Xu et Tang, 2020)	Chuenchum, Xu et Tang, 2020: https://www.mdpi.com/2073-4441/12/1/135 Yang et al., 2003 https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.1441

P	Tableau des valeurs de support et pratiques de conservation (Yang et al., 2003; Chuenchum, Xu et Tang, 2020)	Chuenchum, Xu et Tang, 2020: https://www.mdpi.com/2073-4441/12/1/135 Yang et al., 2003 https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.1441
---	--	--

Facteur R

L'indice de l'érosivité des précipitations (R) est le facteur d'érosion des sols le plus dominant dans un bassin versant. Pour les besoins de l'étude, la base de données mondiale sur l'érosivité des précipitations (GloREDA), qui comprend des données de 3 625 stations de précipitations réparties dans 63 pays du monde, avec des résolutions temporelles allant de 1 à 60 minutes a été utilisée. Les valeurs du facteur R calculées à partir de données de précipitations de différentes résolutions temporelles ont été normalisées aux valeurs avec une résolution temporelle de 30 minutes à l'aide de fonctions de régression linéaire. Les séries temporelles de précipitations variaient d'un minimum de 5 ans à un maximum de 52 ans, avec une durée moyenne par station de précipitations d'environ 16,8 ans, dont la plupart comprenaient des données de la première décennie du 21e siècle.

La méthodologie sous-jacente au calcul du facteur R est expliquée dans la publication scientifique (Panagos et al., 2017) qui accompagne le jeu de données.

Le facteur d'érosivité des précipitations prend en compte l'effet combiné de la durée, de l'ampleur et de l'intensité des précipitations. De plus, il est également nécessaire de tenir compte de la fréquence des événements érosifs sur une période de temps plus longue. Dans cette étude, le facteur R original issu de l'Équation Révisée Universelle de Perte de Sol (RUSLE) a été utilisé pour la grande majorité (>97,7%) des stations de pluie incluses dans GloREDA. En conséquence, le calcul de l'érosivité des précipitations (EI₃₀) pour un événement unique était basé sur l'équation suivante :

$$EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^k e_r v_r \right) I_{30}$$

(1)

où e_r représente l'énergie unitaire des précipitations ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) et v_r le volume des précipitations (mm) pendant le r -ème intervalle de temps d'un événement pluvieux divisé en k parties. I_{30} est l'intensité maximale des précipitations sur 30 minutes (mm h^{-1}). L'énergie unitaire des précipitations (e_r) est calculée pour chaque intervalle de temps comme suit :

$$e_r = 0.29[1 - 0.72e^{(-0.05i_r)}]$$

(2)

où i_r est l'intensité des précipitations pendant l'intervalle de temps (mm h^{-1}).

R est le facteur d'érosivité annuel moyen des précipitations ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{an}^{-1}$) :

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k}{n}$$

(3)

où n est le nombre d'années enregistrées, m j est le nombre d'événements érosifs au cours d'une année donnée j et k est l'indice d'un événement unique avec son érosivité correspondante EI30.

L'équation (2) a été développée par Brown et Foster dans le cadre de l'Équation Universelle Révisée de Perte de Sol (RUSLE, Renard et al.), remplaçant ainsi l'équation originale de Wischmeier et Smith utilisée dans l'Équation Universelle de Perte de Sol (USLE). L'équation (2) a été modifiée ultérieurement dans le cadre de RUSLE2, mais son utilisation est restée principalement limitée aux États-Unis. Cependant, en dehors des États-Unis, l'équation RUSLE est encore la plus couramment utilisée, c'est pourquoi nous l'avons appliquée à nos calculs d'érosivité. Une comparaison des deux équations révèle des valeurs d'érosivité légèrement plus élevées pour l'équation RUSLE2. Une étude récente a montré que les relations empiriques entre l'énergie cinétique des précipitations étaient en accord avec les mesures lorsque des événements complets étaient pris en compte ($R^2 > 0,90$). Néanmoins, des recherches futures exploreront comment les résultats actuels de GloREDA se comparent à des fonctions alternatives pour l'énergie des précipitations.

Selon le manuel RUSLE, les événements de précipitations érosives ont été calculés selon les critères suivants : (i) le cumul des précipitations d'un événement est supérieur à 12,7 mm, (ii) l'événement présente au moins un pic de plus de 6,35 mm pendant une période de 15 minutes (ou 12,7 mm pendant une période de 30 minutes), et (iii) une accumulation de précipitations de moins de 1,27 mm pendant une période de six heures divise une période de tempête plus longue en deux tempêtes. Les équations du facteur d'érosivité et les critères mentionnés ci-dessus ont été développés à partir de plus de 10 000 années d'expérimentation en parcelles. Le facteur R pour chaque station dans GloREDA a été calculé à l'aide du logiciel de résumé de l'intensité des précipitations (RIST) développé par le Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA).

Le facteur R est le seul paramètre du RUSLE qui est peut capter et représenter l'effet des changements climatiques sur le potentiel d'érosion pour les zones d'études, puisqu'il est possible d'observer les changements projetés dans les dynamiques de précipitations. Pour générer un facteur R en climat futur, nous avons calculé la différence en pourcentage entre les précipitations actuelles et futures, à partir des Portrait Climatiques d'Ouranos.

Facteur K d'érodabilité

K mesure la susceptibilité à l'érosion du sol et la relie au taux auquel différents sols s'érodent. Ce facteur est noté sur une échelle de 0 à 0,7, où zéro indique la vulnérabilité la moins élevée et 0,7 représente les sols les plus vulnérables à l'érosion. La valeur de K peut également être déterminée selon différentes méthodes telles que des équations reconnues en science des sols ou des valeurs préétablies provenant de la littérature. L'équation de base pour déterminer K, à savoir $100K = 2,1 * 10^{-4} * M^{1,14} * (12-a) + 3,25 * (b-2) + 2,5 * (c-3)$, a été formulée par Wischmeier et Smith (1978).

Pour créer la couche raster du facteur K, les données pédologiques de la FAO, combinées à celles de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) ont permis d'attribuer des valeurs K pour certains types de sol présent sur le territoire des stations de ski de l'ASSQ.

Facteur LS

La topographie du relief joue un rôle significatif dans la perte de sol, car elle change plus rapidement avec la raideur de la pente et la longueur. Le facteur topographique est le produit de la longueur de la pente (L) et de la raideur (S). Il influence l'érosion du sol et est pris en compte

par le modèle RUSLE pour estimer la perte de sol moyenne annuelle. Le facteur combiné LS a été quantifié en utilisant l'équation proposée par Moore et Burche :

$$LS = \left(\text{flow accumulation} \times \frac{\text{Cell size}}{22.13} \right)^{0.4} \times \left(\frac{\text{Sin slope}}{0.0896} \right)^{1.3}$$

L'accumulation d'écoulement est la zone contributive cumulée en amont pour une cellule donnée, la taille de la cellule représente la superficie couverte par chaque grille ; la pente Sin est la valeur Sin du degré de pente. L'accumulation d'écoulement et la carte de pente de la zone d'étude ont été générées à partir du modèle numérique de terrain Lidar de 1m en utilisant les extensions hydrologiques et de surface dans la plateforme ArcGIS. Le facteur combiné LS a été calculé à l'aide de l'équation (3) en utilisant le calculateur de grille de l'extension d'analyse spatiale d'ArcGIS.

Un script python (plus bas) a permis d'itérer le calcul pour les différentes zones et appliquer la formule sur les rasters entre dossiers. Le résultat est une couche matricielle de résolution 1m qui présente les valeurs pour le facteur LS.

SCRIPT POUR FACTEUR LS

```
import arcpy
... from arcpy.sa import *
... import os
...
... # Spécifier les chemins vers les rasters
... dossier_FAC = "H:\Raphael\Arc_GIS_ASSQ\Portraits\RUSLE\LS\Lidar\Flow
Accumulation"
... dossier_SL = "H:\Raphael\Arc_GIS_ASSQ\Portraits\RUSLE\LS\Lidar\Slope"
... # Liste des noms de fichiers raster
... noms_rasters = ["MNT_3110SO.tif", "MNT_3110NO.tif",
"MNT_31104SO.tif", "MNT_31H12NE.tif", "MNT_31H11SO.tif", "MNT_31H01SO.tif",
"MNT_31G16SE.tif", "MNT_31G16NO.tif",
"MNT_31G16NE.tif", "MNT_31G12SO.tif", "MNT_31G12NO.tif",
"MNT_31G08NO.tif", "MNT_22D05SE.tif",
"MNT_22D01NO.tif", "MNT_22C08NE.tif", "MNT_22C03NE.tif",
"MNT_22C02NO.tif", "MNT_22B05NE.tif", "MNT_22A14NO.tif",
"MNT_21M16SE.tif", "MNT_21L14SE.tif", "MNT_21L14NO.tif",
"MNT_21L13NO.tif", "MNT_21L09SO.tif", "MNT_21L04NE.tif",
"MNT_21E13NO.tif", "MNT_21E05NO.tif"]
...
... # Boucle sur les noms des rasters
... for nom_raster in noms_rasters:
... # Construire le chemin complet vers les rasters dans les deux dossiers
... raster1 = Raster(os.path.join(dossier_FAC, nom_raster))
... raster2 = Raster(os.path.join(dossier_SL, nom_raster))
...
... # Appliquer la formule
... resultat = Power((raster1 * 1/22.1), 0.5) * Power((Sin(raster2 * 0.00745/0.0896)), 1.3)
...
... # Spécifier l'emplacement de sortie pour les résultats
... Dossier_LS = "H:\Raphael\Arc_GIS_ASSQ\Portraits\RUSLE\LS\Lidar\LS" + nom_raster
... # Enregistrer le résultat
... resultat.save(Dossier_LS)
... # Afficher un message une fois que le traitement est terminé
```

```
... arcpy.AddMessage("Le traitement est terminé. Les résultats sont enregistrés dans le dossier de sortie.")
```

Facteur C

Le facteur de gestion de couverture (C) représente le rapport entre la perte de sol sous une culture donnée et celle du sol de base. La carte d'utilisation des terres de 2020 du MELCC a été utilisée pour analyser la valeur de C. La carte raster d'utilisation des terres/couverture des terres a été convertie en format vectoriel, et une valeur de C correspondante a été attribuée à chaque classe d'utilisation des terres en fonction des valeurs de couverture utilisées dans une étude menée par Ouranos en 2021 (Boyer-Villemaire et al., 2021). Enfin, en utilisant la reclassification et la reconversion matricielle, la carte d'utilisation des terres/couverture des terres a été convertie en une carte de facteur C. Les valeurs du facteur C de gestion des cultures dans le bassin d'étude variaient de 0,001 pour les terres forestières denses à 0,40 pour les zones dénudées et dévégétalisées.

Facteur P

La valeur P, qui représente la pratique de gestion de l'érosion, est un facteur essentiel pour déterminer le taux d'érosion du sol. La valeur P varie de 0 à 1, en fonction des pratiques spécifiques de gestion du sol employées dans une parcelle de terrain donnée. Ces pratiques dépendent fortement de la pente de la région, mais concernent uniquement les utilisations agricoles du territoire. Les pratiques de gestion de l'érosion visent à réduire la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement et la tendance de ces eaux à s'écouler directement en aval, réduisant ainsi le facteur P.

Dans la zone d'étude, principalement montagneuse, seules de petites zones agricoles, situées à l'extérieur des pistes de ski ont été qualifiées. Les valeurs de P utilisées pour qualifier les UT pertinentes sont celles utilisées dans une étude menée par Ouranos en 2021 (Boyer-Villemaire et al., 2021). Les terres agricoles sont classées en cinq catégories de pente et se voient attribuer des valeurs de P, tandis que toutes les terres non agricoles se voient attribuer une valeur de P de 1,00. La valeur P maximale est de 1, ce qui s'applique à tous les types d'utilisation des terres, sauf les terres cultivées.

Limites et pistes d'amélioration pour l'application du RUSLE à estimer le risque d'érosion en climat futur et en région montagneuse

En tentant de reproduire les dynamiques hydrologiques de ruissellement et de transport de sédiments, il apparaît évident que la précision et la qualité des données sont de mise pour fidèlement représenter la réalité sur le terrain. Les premières tentatives de production cartographiques du RUSLE se sont butées à une résolution trop grossière des modèles numériques de terrain (MNT), produisant de chemins d'écoulement imprécis et linéaires. L'intégration des MNT basées sur le lidar a significativement amélioré la reproduction des dynamiques d'écoulement. Le niveau de précision offert par la technologie lidar n'a cependant pas pu être égalé pour les autres jeux de données spatialisées qui alimentent les autres variables de l'équation du RUSLE. Notamment, la résolution des données d'utilisation du territoire et d'érodabilité n'ont pas permis de représenter fidèlement les propriétés pédologiques des différentes zones sur le territoire des stations de ski. Une piste d'amélioration en ce sens consisterait à caractériser à fine échelle le type de sol en place et développer une catégorie d'utilisation du territoire « piste de ski » mieux documentée. De plus, il serait pertinent d'intégrer le tracé des chemins forestiers dans les couches matricielles lorsque ces données deviennent disponibles. En bref, plus les données sont exhaustives, précises et documentées par l'expertise,

plus le produit du RUSLE est fidèle aux dynamiques étudiées (à noter que plus la chaîne de traitement de l'information s'alourdit par la même logique).

L'intérêt principal de l'application du RUSLE dans cette étude était de paramétrer le facteur R pour illustrer l'effet anticipé des changements climatiques futurs sur le potentiel d'érosion. Une limite considérable a été de ne pas pouvoir se servir des données projetées du GloREDA, car elles étaient basées sur CIMP5 RCP 8.5 et pour un futur trop lointain. Les données de précipitations en climat futur et disponibles sur les portraits climatiques d'Ouranos ont été utilisées pour mesurer le pourcentage de variation entre la période de référence et le scénario climatique futur d'intérêt. C'est ce pourcentage qui a été appliqué au facteur R de référence produit par le GloREDA. Une piste d'amélioration en ce sens viserait à produire localement un facteur R avec les données de précipitations issues de CIMP6 et avec les formules présentées plus haut (1), (2) et (3).

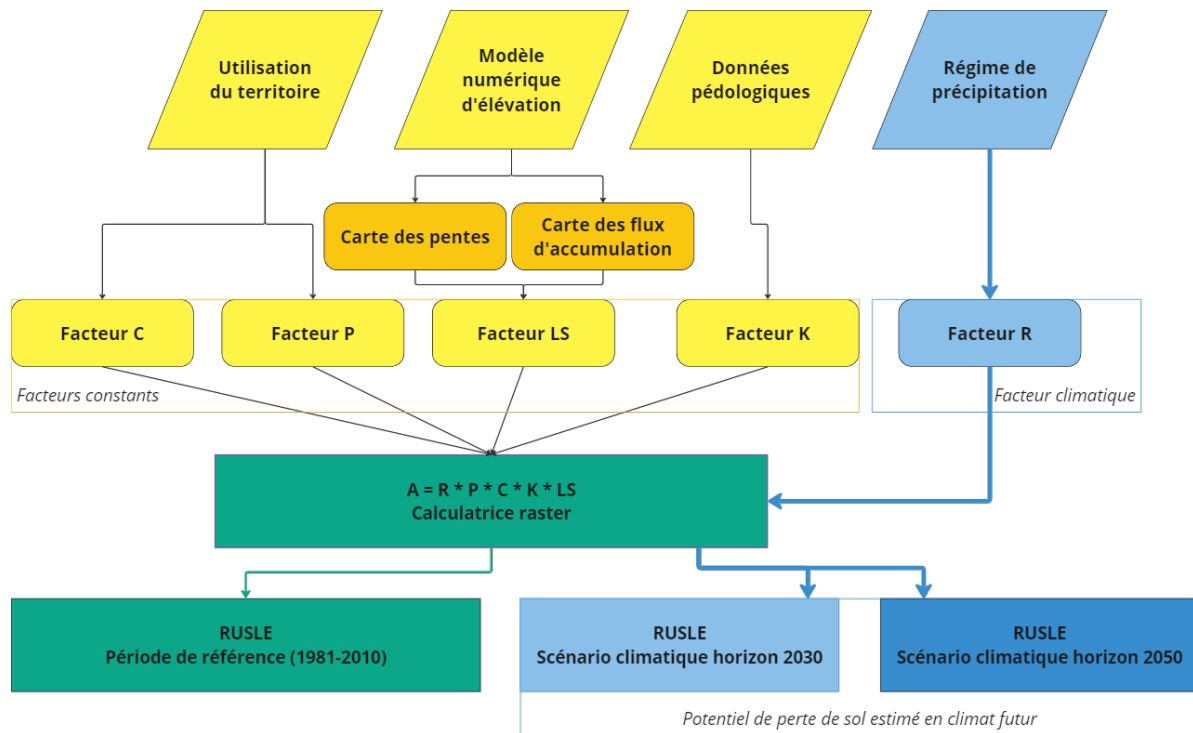


Figure 43 : Schéma opérationnel du processus méthodologique d'estimation du RUSLE en climat futur

Où « A » représente la perte de sol moyenne annuelle par unité de surface (t/ha/an), « R » est l'indice d'érosivité des précipitations ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ an^{-1}$), « K » est le facteur d'érodibilité du sol ($ha\ h\ MJ^{-1}\ mm$), « L » est le facteur de longueur de la pente, « S » est le facteur de raideur de la pente (sans dimension), « C » est le facteur de gestion de la couverture (sans dimension), et « P » est le facteur de support et de pratiques de conservation (sans dimension). Les boîtes en jaunes représentent les facteurs constants et les boîtes bleues représentent la variabilité induite par les changements climatiques.

RÉFÉRENCES

- Aschauer, J., Michel, A., Jonas, T., and Marty, C. (2023). An empirical model to calculate snow depth from daily snow water equivalent: SWE2HS 1.0, *Geosci. Model Dev.*, 16, 4063–4081, <https://doi.org/10.5194/gmd-16-4063-2023>
- Bourgault, P. et al., (2023). xclim: xarray-based climate data analytics. *Journal of Open Source Software*, 8(85), 5415, <https://doi.org/10.21105/joss.05415>
- Bresson, É., Bourgault, P., Dupuis, E. (2024). PINS – Portraits des indices de neige au sol. Rapport Ouranos, Montréal, 44p.
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G.A., Senior, C.A., Stevens, B., Stouffer, R.J., and Taylor, K.E. (2016) Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, *Geosci. Model Dev.*, 9, 1937–1958, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>.
- Gasset, N., Fortin, V., Dimitrijevic, M., Carrera, M., Bilodeau, B., Muncaster, R., Gaborit, É., Roy, G., Pentcheva, N., Bulat, M., Wang, X., Pavlovic, R., Lespinas, F., Khedhaouiria, D., and Mai, J. (2021): A 10km North American precipitation and land-surface reanalysis based on the GEM atmospheric model, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 4917–4945, <https://doi.org/10.5194/hess-25-4917-2021>.
- Hausfather, Zeke, Kate Marvel, Gavin A. Schmidt, John W. Nielsen-Gammon, and Mark Zelinka. (2022). Climate Simulations: Recognize the “Hot Model” Problem. *Nature* 605 (7908): 26–29. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01192-2>.
- Lavoie, J., Bourgault, P., Smith, T.J. et al. (2024) An ensemble of bias-adjusted CMIP6 climate simulations based on a high-resolution North American reanalysis. *Sci Data* 11, 64. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z>
- Michel, A., Aschauer, J., Jonas, T., Gubler, S., Kotlarski, S., and Marty, C. (2023) SnowQM 1.0: A fast *R* Package for bias-correcting spatial fields of snow water equivalent using quantile mapping, *Geosci. Model Dev. Discuss.* <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-298>.



550 SHERBROOKE OUEST, TOUR OUEST, 19^e ÉTAGE, MONTRÉAL, QC, CANADA, H3A 1B9 | TÉLÉPHONE 514 282.6464 | TÉLÉCOPIEUR 514 282.7131 | WWW.OURANOS.CA