

Diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques

Rapport synthèse final
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

RÉVISION LINGUISTIQUE :

Agence Oasis

MISE EN PAGE :

Agence Oasis

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

Numéro du projet Ouranos : 709 200

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). *Rapport synthèse du 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. 79 p. + annexe

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.

Ce projet a été rendu possible grâce à :



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

Sommaire de gestion	8
Introduction	12
Chapitre 1. Cadre méthodologique	13
1.1 Démarche générale	13
1.2 Paramètres du projet	14
1.2.1 Échelles spatiales	14
1.2.2 Horizons temporels	16
1.2.3 Paramètres économiques	17
1.2.4 Engagement des parties prenantes	18
1.3 Limites du projet	19
Chapitre 2. Établissement du contexte	21
2.1 Aléas climatiques pertinents pour le système ski alpin québécois	21
2.1.1 Identification des aléas climatiques sur les quatre saisons	21
2.1.2 Priorisation des aléas climatiques	22
2.1.2.1 Agrégation des régions en quatre groupes climatiques	22
2.1.2.2 Sélection d'indicateurs climatiques pour les aléas hivernaux	23
2.1.3 Messages clés par indicateurs et par groupes climatiques	24
2.1.3.1 Quatre aléas climatiques hivernaux prioritaires	25
2.1.3.1.1 Hausse des températures moyennes hivernales	25
2.1.3.1.2 Épisodes de gel-dégel	27
2.1.3.1.3 Jours sans couvert de neige naturelle au sol	28
2.1.3.1.4 Précipitations liquides	30
2.1.3.2 Autres aléas climatiques hivernaux	32
2.1.3.3 Aléas climatiques hors saison hivernale	33
2.1.3.4 Source des données climatiques	33
2.2 Portrait du système ski alpin	34
2.2.1 Les stations de ski : une perspective qualitative	34
2.2.2 Le secteur du ski alpin au Québec : une perspective économique	36
2.2.3 Le système ski alpin québécois : une perspective systémique	37
2.2.3.1 Éléments exposés des stations	38
2.2.3.2 Éléments exposés à l'échelle sectorielle	40
Chapitre 3. Impacts des changements climatiques sur le système ski alpin québécois	42
3.1 Ski alpin et changements climatiques	42
3.1.1 État des connaissances qualitatives et quantitatives	42
3.2 Impacts des aléas prioritaires sur le système ski québécois	43
3.2.1 Analyse économique des impacts observés sur le secteur : analyse de régression	43

3.2.2	Impacts économiques projetés	44
3.2.2.1	Investissements des stations	44
3.2.2.2	Jours d'exploitation	45
3.2.2.3	Nombre d'employés	46
3.2.2.4	Achalandage	47
3.2.3	Synthèse de l'analyse économique	48
3.2.4	Résultats des chaînes d'impacts climatiques	49
Chapitre 4. Facteurs de sensibilité des stations de ski au Québec		54
4.1	Facteurs de sensibilité des stations de ski au Québec	54
4.1.1	Compétitivité régionale	54
4.1.2	Relations avec les partenaires et fournisseurs	55
4.1.3	Modèles d'affaires	55
4.1.4	Caractéristiques biophysiques	55
4.1.5	Disponibilité en eau	56
4.1.6	Caractéristiques des infrastructures et aménagements	56
4.2	Facteurs de capacité d'adaptation des stations de ski au Québec	57
4.2.1	Capacité d'adaptation organisationnelle	57
4.2.2	Capacité d'adaptation technique	58
4.2.3	Capacité d'adaptation financière	58
4.2.4	Capacité d'adaptation sur la base de l'écosystème	58
Chapitre 5. Portrait de la vulnérabilité du système ski alpin		59
5.1	Pourquoi diagnostiquer la vulnérabilité ?	59
5.2	Rassemblement des données	60
5.3	Portrait de la vulnérabilité	62
5.3.1	Éléments d'infrastructures et d'aménagements et éléments géophysiques	62
5.3.2	Éléments de comportement social et culturel	64
5.3.3	Éléments économiques	65
5.3.4	Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur	67
5.3.5	Synthèse du portrait de la vulnérabilité	68
5.4	Outil d'autodiagnostic de vulnérabilité pour les stations	70
Conclusion		71
Recommandations		72
Références		73-79
Annexe 1. Cartographie des aléas climatiques		80

Liste des figures

Figure 1 : Étapes du diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques	13
Figure 2 : Visualisation du système ski alpin.....	14
Figure 3 : Carte des stations de ski au Québec, en bleu l'échantillon des 30 stations participantes au projet	15
Figure 4 : Les 16 régions administratives à l'étude qui forment le Québec ski	16
Figure 5 : Établissement du contexte : 1 ^{re} étape vers un diagnostic de vulnérabilité.....	21
Figure 6 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet	23
Figure 7 : Conditions simulées de la température moyenne (°C).....	25
Figure 8 : Conditions simulées des jours de gel-dégel	27
Figure 9 : Conditions simulées du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol.....	28
Figure 10 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes (en millimètres).....	30
Figure 11 : Éléments exposés selon les échelles interreliées des stations et du secteur au Québec.....	37
Figure 12 : Éléments exposés des stations de ski alpin.....	38
Figure 13 : Éléments exposés à l'échelle sectorielle du ski alpin.....	40
Figure 14 : Identification et représentation des impacts : 2 ^e étape vers un diagnostic de vulnérabilité	42
Figure 15 : Représentation conceptuelle des différentes composantes d'une chaîne d'impact	49
Figure 16 : Impacts directs et indirects des quatre aléas hivernaux prioritaires sur les éléments exposés des stations	50
Figure 17 : Impacts indirects des quatre aléas hivernaux sur les éléments exposés du secteur et sur les enjeux.....	52
Figure 18 : Identification des facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation	54
Figure 19 : Le continuum de la vulnérabilité, de très faible (résilient) à très élevée (vulnérable).....	59
Figure 20 : Comment lire le tableau intégrateur.....	61
Figure 21 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments géophysiques, d'infrastructures et d'aménagements	62
Figure 22 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments de comportement social et culturel	64
Figure 23 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments économiques à l'échelle des stations de ski alpin	65
Figure 24 : Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur	67

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sources des données économiques	17
Tableau 2 : Les aléas climatiques identifiés sur les quatre saisons ayant un impact sur le système.....	21
Tableau 3 : Répartition par groupes climatiques des régions administratives visées par le projet	22
Tableau 4 : Liste des indicateurs climatiques sélectionnés pour les 4 aléas prioritaires.....	23
Tableau 5 : Changements projetés selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.....	24
Tableau 6 : Variables économiques ayant un lien statistiquement significatif avec trois des quatre aléas prioritaires.....	43
Tableau 7 : Investissements annuels moyens des stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles	45
Tableau 8 : Jours d'exploitation des stations de ski, régions du Québec	45
Tableau 9 : Employés de stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles.....	46
Tableau 10 : Projection de l'achalandage des stations de ski, régions du Québec	47
Tableau 11 : Tableau synthèse des résultats de l'analyse économétrique pour le Québec ski	48
Tableau 12 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts	66
Tableau 13 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur les employés.....	66

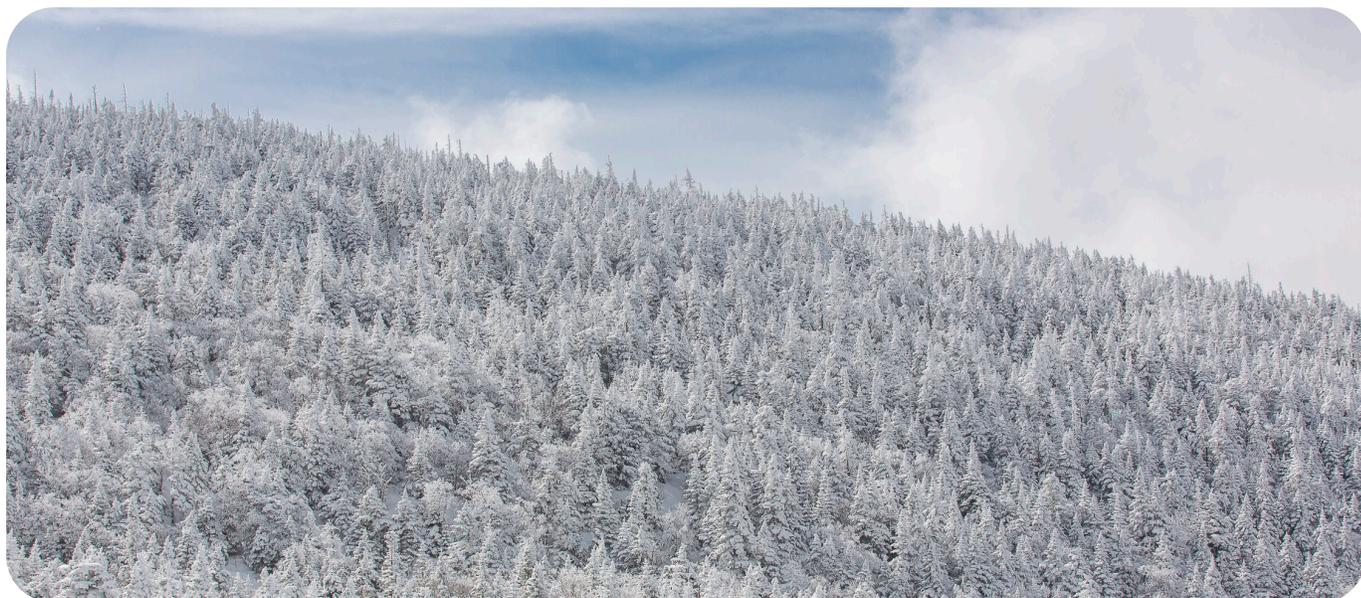


Sommaire de gestion

Dans un contexte global marqué par les changements climatiques et la hausse des températures, les impacts observés au Québec et sur le système ski alpin vont s'accroître, quelle que soit l'importance des émissions de GES au cours des prochaines années. D'autant plus que le réchauffement passé et futur au Canada est, en moyenne, environ **le double de l'ampleur du réchauffement mondial** (Bush et Lemmen, 2019). En effet, pour atteindre l'objectif de l'Accord de Paris, visant à limiter la hausse de la température mondiale nettement en dessous de 2 °C, et de préférence 1,5 °C, la hausse des températures dans le sud du Québec, notamment, devrait se stabiliser à 3 °C pour la période de 2050-2100. Cependant, les engagements mondiaux actuels en matière de réduction d'émissions de GES nous positionnent sur une trajectoire avec une hausse moyenne de 3 °C à l'échelle mondiale d'ici 2100, soit 5 °C pour le sud du Québec (GEA, 2024). Il est donc inévitable pour les stations de ski alpin, comme pour tous les secteurs de l'économie, de mieux comprendre les vulnérabilités et de s'adapter face aux changements climatiques.

Sentinelles de l'économie de montagne, les stations de ski alpin constituent une branche importante du tourisme au Québec, qui agit déjà depuis plusieurs décennies pour augmenter sa résilience face aux changements climatiques. Toutefois, peu d'études ont porté sur la compréhension avancée de la vulnérabilité d'un système, qui comprend la sensibilité et les capacités d'adaptation face aux changements climatiques. D'une part, la sensibilité représente les facteurs intrinsèques des stations et du secteur qui les rendent plus ou moins sensibles aux stress et chocs climatiques, qui peuvent se répercuter aux maillons supérieurs du système (p. ex. les fournisseurs et skieurs), et aux acteurs indirects (p. ex. les fabricants d'équipements de sport ou associations touristiques). D'autre part, les capacités d'adaptation représentent les différents leviers permettant de rebondir ou prévenir les impacts climatiques. Ce rapport synthèse présente les résultats du projet de diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques, ainsi qu'un outil d'autodiagnostic de la vulnérabilité destiné aux stations.

La démarche méthodologique du projet se base sur des **méthodes** mixtes (qualitatives et quantitatives, notamment économiques) et s'inspire de la norme ISO14091:2021, *Adaptation au changement climatique — Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques*. Les étapes suivies pour diagnostiquer la vulnérabilité sont l'identification des aléas climatiques prioritaires et des éléments et composantes exposés du système ski alpin, l'identification des impacts des aléas sur ces éléments, la compréhension des facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation des stations et du secteur, et enfin le regroupement de toutes ces données pour donner un portrait de la vulnérabilité du système. En filigrane, cette démarche est soutenue par une vision systémique, car c'est tout un écosystème d'affaires qui fait face aux pressions climatiques.





Le **portrait de la vulnérabilité** a porté sur les **aléas climatiques** prioritaires hivernaux qui touchent le plus les stations du Québec, à savoir :

- Hausse des températures hivernales. 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 d'émissions (modérées SSP2-4.5, élevées SSP3-7.0), alors qu'à l'horizon 2041-2070, l'augmentation sera de +2,3 °C selon le SSP2-4.5, et +3,1 °C, selon le SSP3-7.0.
- Hausse du nombre de jours de gel-dégel. 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. Cependant, il est important de regarder la distribution mensuelle pour mieux comprendre les changements : les projections montrent une hausse du nombre de jours de gel-dégel en décembre, janvier, février et mars ; 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.
- Hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol. Les **jours sans couvert de neige naturelle** augmenteront sur tout le Québec ski de 4 jours à l'horizon 2021-2050, puis +6 à +8 jours à l'horizon 2041-2070 selon les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5). Cette hausse sera plus marquée au sud de la vallée du Saint-Laurent avec +13 jours en Estrie et +19 jours en Montérégie.
- Hausse de la pluie hivernale. Les **précipitations liquides** augmenteront de 33 mm et 43 mm respectivement aux horizons 2021-2050 et 2041-2070 selon le SSP2-4.5 pour tout le Québec ski (28 mm et 48 mm selon SSP3-7.0), avec des tendances plus marquées au sud de la vallée du Saint-Laurent.
- Pour tous ces indicateurs, les hausses se poursuivent à l'horizon 2071-2100 et les différences entre les scénarios d'émissions de GES deviennent plus marquées.

À partir de la priorisation de quatre aléas climatiques et pour bien comprendre comment les impacts générés par ces aléas se propagent dans le système ski alpin, des **chaînes d'impacts** climatiques ont été élaborées pour chacun des quatre aléas prioritaires. Ces chaînes d'impacts ont permis de constater que les **impacts directs** sur les stations de ski alpin diffèrent selon chacun des quatre aléas hivernaux prioritaires, mais que les impacts indirects sur les éléments exposés des stations, du secteur et du système sont similaires (chapitre 3).

En plus de l'analyse qualitative des impacts grâce aux chaînes d'impacts, **une analyse économétrique** a permis d'identifier les possibles relations observées dans le passé entre les **aléas climatiques** et les **variables économiques** des stations de ski. Les changements climatiques semblent avoir déjà eu des répercussions sur l'économie des stations entre 1998 et 2021 :

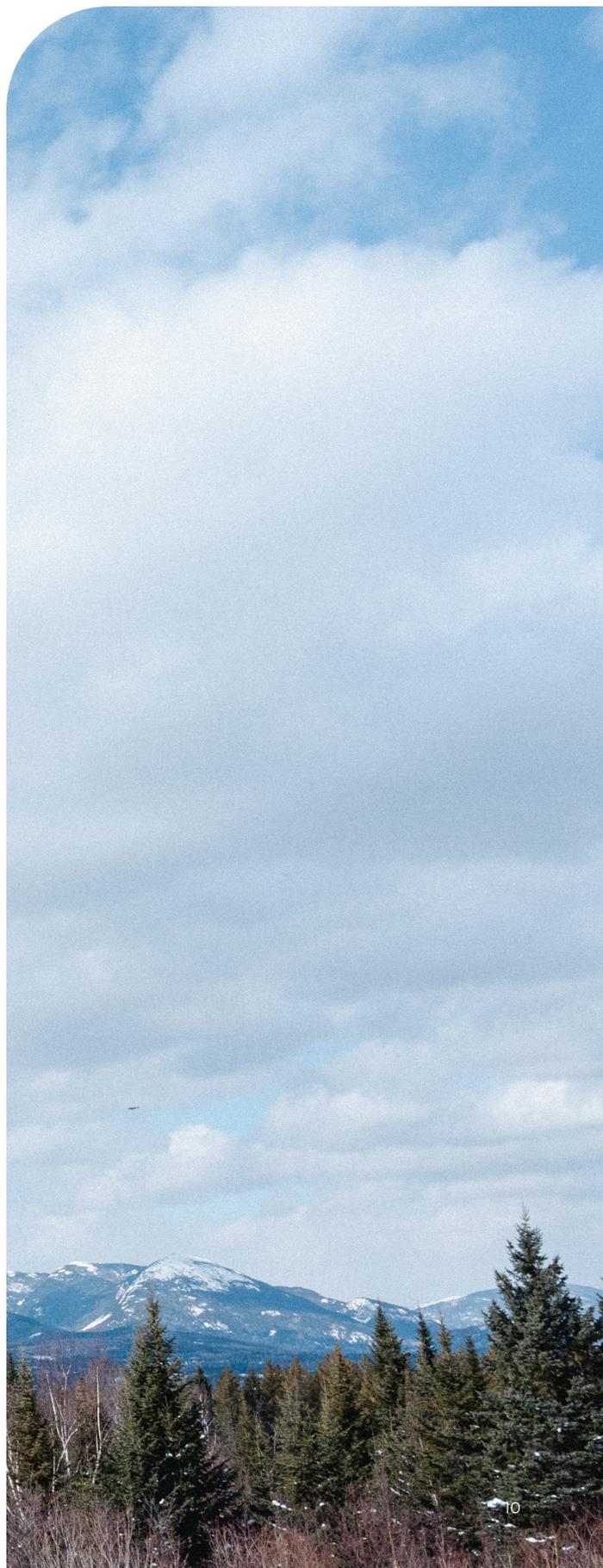
- La hausse des **investissements** affiche une corrélation avec la manifestation des aléas de gel-dégel et pluie hivernale, principalement dans les bâtiments (entre 2,5 et 5,1 % pour chaque point de pourcentage d'augmentation de l'aléa) et se reflète dans les investissements totaux (1,5 à 4,3 % pour chaque point de pourcentage d'augmentation de l'aléa).
- Les **jours d'exploitation** sont significativement affectés par les précipitations liquides, la température moyenne et les jours de gel-dégel, principalement une perte d'environ 8 % [4 % – 22 %] des jours-ski par point de pourcentage de réchauffement dans les régions du Québec étudiées.
- Enfin, une autre relation statistiquement significative a été trouvée entre les jours de gel-dégel et le **nombre d'employés**, indiquant que les conditions climatiques influencent directement les besoins en main-d'œuvre (+0,5 à 1,2 % par point de pourcentage d'augmentation d'épisodes de gel-dégel).



Les impacts économiques projetés :

- Pour maintenir leurs activités au niveau actuel sur l'horizon 2021-2050, les stations pourraient devoir **augmenter leurs investissements** de 18 % selon le scénario d'émissions modérées et de 23 % selon le scénario d'émissions élevées.
- Selon le scénario d'émissions modérées (SSP2-4.5), les **jours d'exploitation** des stations du Québec ski devraient passer de 99 à 98 d'ici 2050, et à 95 d'ici 2070. Dans le scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0), ils pourraient diminuer à 97 jours d'ici 2050 et à 94 jours d'ici 2070, indiquant une réduction inévitable de la durée des saisons de ski à mesure que les aléas climatiques s'intensifient.
- Avec l'augmentation prévue des jours de gel-dégel, les stations du Québec ski pourraient globalement devoir **augmenter leur personnel** de 300 à 700 employés d'ici 2050 et 2070 dans un scénario d'émissions modérées, et de 500 à 1200 employés dans un scénario d'émissions élevées.
- Dans un scénario d'émissions modérées, **l'achalandage** pour l'ensemble des régions du Québec ski pourrait diminuer de 2 % de 2021 à 2050 et de 6 % de 2041 à 2070. Dans un scénario d'émissions élevées, la baisse d'achalandage serait semblable d'ici 2070, mais atteindrait 15 % sur la période 2071-2100.

Les entretiens réalisés avec 25 stations de ski recoupés avec la littérature ont permis de saisir plusieurs catégories de facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation (chapitre 4). Les **facteurs de sensibilité** regroupent les catégories suivantes : la **compétitivité régionale**, les **relations avec les partenaires**, les **modèles d'affaires**, les **caractéristiques biophysiques**, la **disponibilité en eau** ainsi que les **caractéristiques des infrastructures et aménagements**. Les **facteurs de capacité d'adaptation** regroupent les capacités **organisationnelles, financières et techniques** ainsi que les **capacités des écosystèmes**.

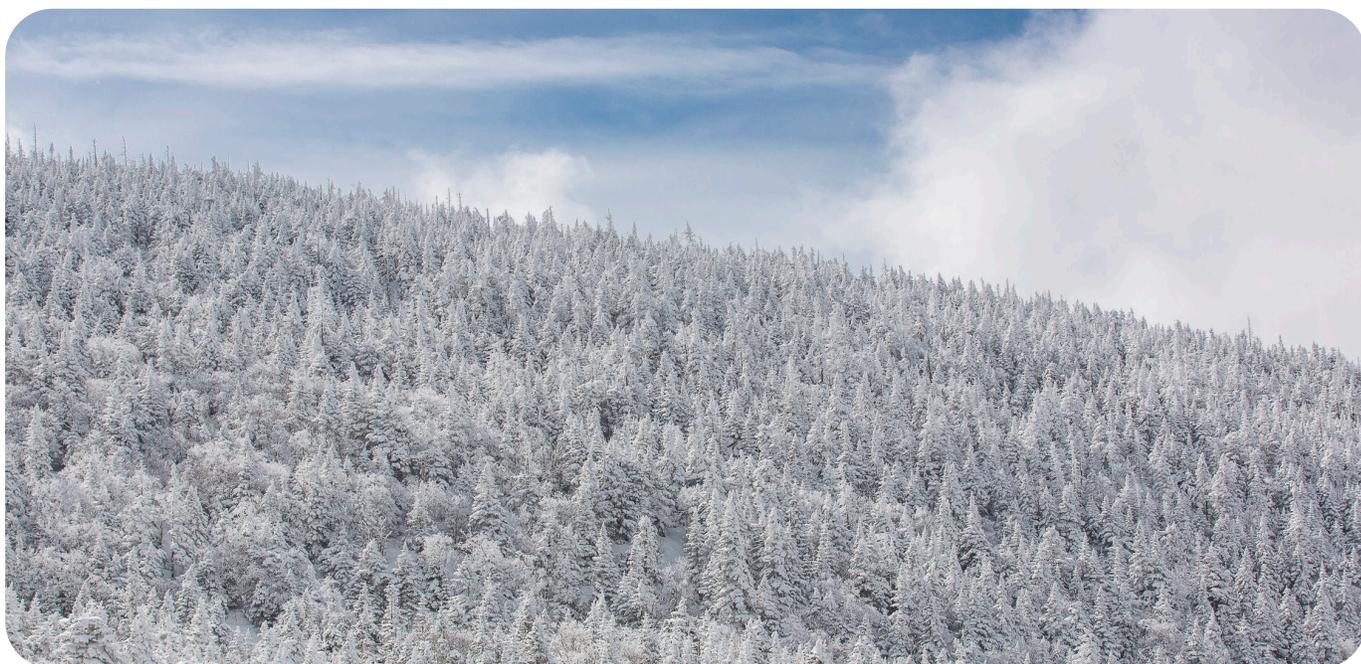




Les données des aléas climatiques, des impacts sur les éléments exposés et les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation ont été rassemblées pour diagnostiquer la vulnérabilité.

Cette multitude de facteurs démontre clairement à quel point la vulnérabilité est multifactorielle et qu'elle n'est pas seulement attribuable à l'évolution du climat, qui est hors du contrôle des stations. Pour déterminer la vulnérabilité des stations et savoir où agir pour s'adapter, il est nécessaire de comprendre ses deux **caractéristiques**, à savoir, les facteurs de sensibilité et les facteurs de capacité d'adaptation propres aux éléments exposés aux aléas climatiques, car ils pourraient aggraver ou réduire les impacts.

Dans le but **d'outiller les stations** pour s'adapter aux changements climatiques, un **outil de diagnostic de vulnérabilité face aux changements climatiques** a été bâti, basé sur les résultats du portrait général de la vulnérabilité du système ski alpin. Cet outil permettra aux stations de faire leur propre diagnostic et de comprendre leurs forces (capacité d'adaptation) et leurs faiblesses (sensibilité), qui peuvent diminuer ou aggraver les impacts des quatre aléas climatiques hivernaux. Cet outil permettra également de **mieux cibler les mesures d'adaptation** à mettre en œuvre à la station, tout en s'inspirant des pistes du plan de résilience sectoriel.





Introduction

L'industrie du ski alpin au Québec occupe une place majeure dans le développement régional et le tourisme et contribue de manière significative à l'économie des régions, avec 6,4 % du PIB touristique et 866 millions de dollars en retombées économiques pour l'année 2019 (Raymond Chabot & Grant Thornton, 2021). Toutefois, l'industrie du secteur du ski est et sera affectée à des rythmes inégaux parmi les stations et les régions par des chocs¹ (p. ex. pluies extrêmes au printemps) et des stress (p. ex. impacts de la hausse des températures et des précipitations liquides sur les opérations hivernales) liés aux changements climatiques à des degrés divers sur chacune des quatre saisons. En effet, toutes les régions du Québec se réchauffent, mais à des rythmes différents. Par exemple, l'augmentation des précipitations sera sous forme de neige dans les terres et en altitude alors qu'elle sera sous forme de pluie aux abords du Saint-Laurent et en basse altitude. Dans le sud du Québec, la baisse et la variabilité croissante des précipitations neigeuses couplées à la hausse des températures qui réduit les opportunités de fabrication de la neige engendrent déjà les impacts suivants : retard du début de saison, diminution de la durée de saison, diminution du domaine skiable disponible, et donc une marge bénéficiaire limitée pour réinvestir (Da Silva et al. 2019). C'est sans compter l'exacerbation probable d'autres risques physiques durant toutes les saisons, comme les mouvements de masse du sol et inondations qui ont des répercussions sur les actifs des stations (remontées mécaniques endommagées, sentiers de vélo défoncés, etc.) et les ressources humaines (manque de main-d'œuvre et besoin grandissant d'expertise et de formation).

Les recommandations émises par Da Silva et al. (2019) dans l'analyse économique des mesures d'adaptation aux changements climatiques (CC) appliquées au secteur du ski alpin au Québec ont montré que l'industrie devra renouveler ses modèles d'affaires et diversifier ses activités pour être moins dépendant des conditions météorologiques ; établir des partenariats entre les stations à l'échelle des régions, de la province, du pays ou à l'international ; participer à l'élaboration de politiques publiques vers une économie plus résiliente (Steiger et al. 2019 ; GIEC 2022 ; Da Silva et al. 2019).

Bien que certaines de ces stratégies d'adaptation soient déjà mises en œuvre ici et ailleurs, il reste un manque de connaissances locales pour orienter la résilience au niveau organisationnel, institutionnel et opérationnel du système ski alpin au Québec, notamment en termes de :

- diversité des impacts observés et de risques et opportunités futures pendant l'hiver, mais aussi pendant les trois autres saisons ;
- projections climatiques à des résolutions spatiales plus fines sur la variabilité des précipitations de neige et du couvert de neige naturelle ;
- données sur la vulnérabilité du secteur face aux changements climatiques au Québec.

C'est dans ce contexte que l'Association des stations de ski du Québec (ASSQ) a mandaté Ouranos pour réaliser un projet sur la vulnérabilité du système ski alpin visant ultimement un plan stratégique de résilience sectoriel. L'objectif général de ce projet est : *d'analyser la vulnérabilité aux changements climatiques du système ski alpin au Québec et d'identifier les risques et les opportunités à deux échelles, à savoir celle du secteur du ski et à l'échelle d'un échantillon de stations distribuées dans 14 des 21 régions touristiques du Québec, afin de proposer un plan d'adaptation à l'échelle du secteur et d'outiller les entreprises dans leur adaptation.*

Le rapport comprend les cinq chapitres suivants : le cadre méthodologique, l'établissement du contexte, l'identification et la représentation des impacts des changements climatiques, les facteurs de sensibilité et capacités d'adaptation, le portrait de la vulnérabilité et une conclusion.

¹ Un choc est un « événement soudain ayant une incidence sur la vulnérabilité d'un système et de ses composantes ». S'agissant des aléas à évolution lente, un événement est considéré comme un choc « lorsqu'il franchit un point de basculement et devient un événement extrême ». Un stress est une « tendance à long terme qui affaiblit le potentiel d'un système donné et accroît la vulnérabilité des acteurs de ce système ». (Source : Department for International Development (DFID), 2011. Defining Disaster Resilience)

Chapitre 1

Cadre méthodologique

1.1 Démarche générale

Ce projet propose une démarche pilote appuyée sur les connaissances les plus avancées pour évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques et identifier les risques. Elle utilise **des méthodes mixtes** (qualitatives et quantitatives, notamment économiques), avec l'intention d'être reproductible en s'inspirant de la norme ISO 14091:2021, *Adaptation au changement climatique – Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques*.

La **vulnérabilité** est définie par la norme ISO 14091:2021 par la propension ou prédisposition à subir des dommages. La notion de vulnérabilité englobe divers concepts et éléments, tels que la sensibilité ou la fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter :

- **Sensibilité** : mesure dans laquelle un système ou une espèce est affecté, de façon préjudiciable ou bénéfique, par la variabilité ou le changement du climat.
- **Capacité d'adaptation** : capacité d'ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et d'autres organismes leur permettant de se prémunir contre d'éventuels dommages, de tirer parti des possibilités ou de réagir aux conséquences.

Les étapes suivies pour diagnostiquer la vulnérabilité sont les suivantes et sont présentées visuellement dans la **figure 1** :

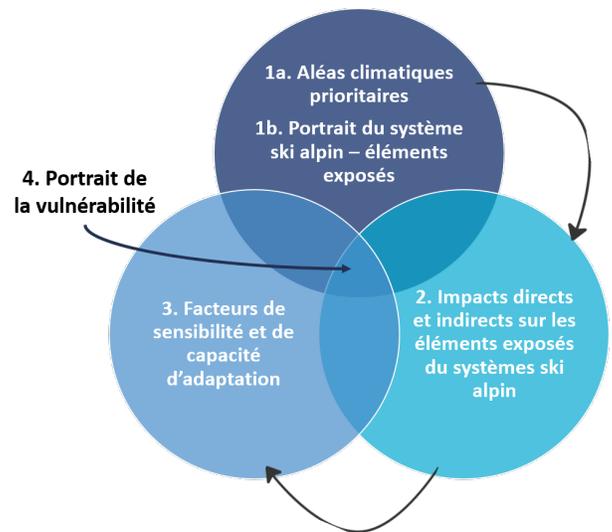


Figure 1 : Étapes du diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques

1. Établissement du contexte (**chapitre 2**)
 - A. Identification des aléas climatiques prioritaires
 - B. Portrait du système ski alpin
 - › Éléments et composantes susceptibles de subir des dommages face aux aléas (à l'échelle des stations et du secteur)
2. Identification et représentation des impacts des aléas sur les éléments exposés (**chapitre 3**).
 - A. Impacts économiques observés et projetés
 - B. Chaînes d'impacts climatiques
3. Identification des facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation des éléments exposés (**chapitre 4**).
4. Portrait de la vulnérabilité regroupant les aléas, les impacts sur les éléments exposés ainsi que les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui peuvent aggraver les impacts (**chapitre 5**).

1.2 Paramètres du projet

1.2.1 Échelles spatiales

Selon la norme ISO 14091:2021, un système est défini comme un « ensemble d'éléments corrélés ou en interaction » (ISO, 2021). Dans le cadre de ce projet, le système ski alpin québécois (voir figure 2) désigne l'industrie du ski alpin dans son ensemble et se construit sur une conception du système économique en périmètres d'interrelations ou échelles, comme proposé par le Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques (GIFCC), opérationnalisé notamment par Carbone 4 (2023) (figure 2). Le projet se décline donc à deux échelles de travail, aussi appelé périmètres :

Le système ski alpin représente l'industrie du ski dans son ensemble et englobe ces deux échelles ainsi que les enjeux de plus haut niveau, macroéconomiques et de relations indirectes avec des partenaires.

L'échelle des stations de ski regroupe le réseau des stations de ski alpin, les exploitants et gestionnaires de stations et est représentée dans ce projet par un échantillon de 30 stations de ski, le plus représentatif possible de la variété de tailles, modèles d'affaires et d'impacts liés aux changements climatiques, dus à la localisation géographique (figure 3).

L'échelle sectorielle englobe le secteur économique et touristique du ski alpin dont les stations dépendent pour fonctionner (fournisseurs d'équipement d'exploitation des domaines skiables et manufacturiers d'équipements de sport, les services associés au ski alpin, tel que l'hôtellerie et la restauration, les entreprises touristiques environnantes, ainsi que les services essentiels, tels qu'Hydro-Québec ou les services de technologies de l'information et de communication (TIC), la mobilité et les services de transport domestique et international). Cette échelle sectorielle permet de comprendre le positionnement au Canada et dans le Nord-Est américain du système ski alpin québécois, mais aussi le poids du secteur dans chaque région touristique du Québec.

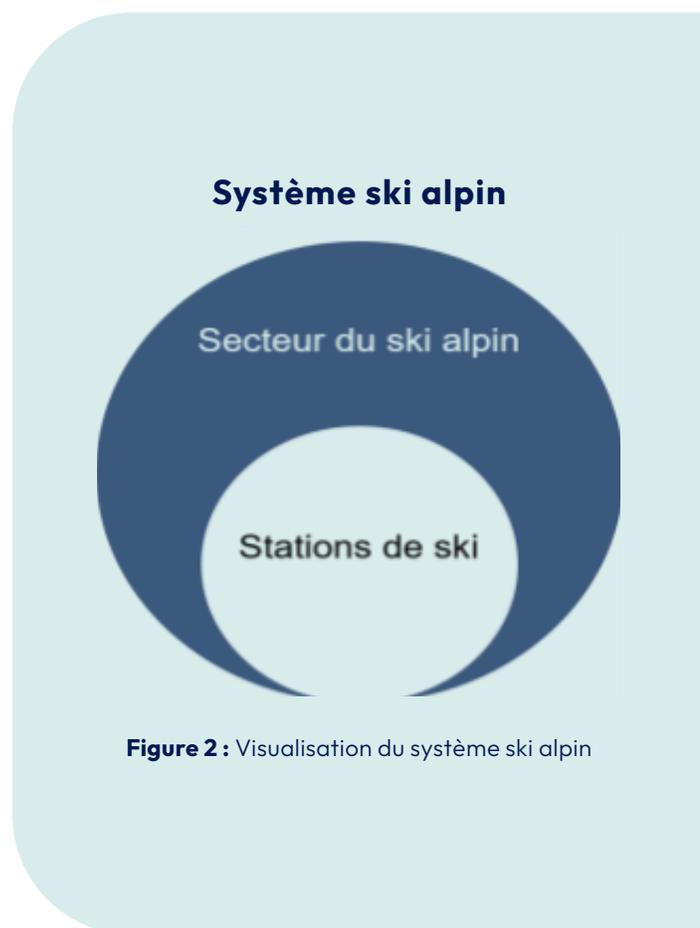


Figure 2 : Visualisation du système ski alpin

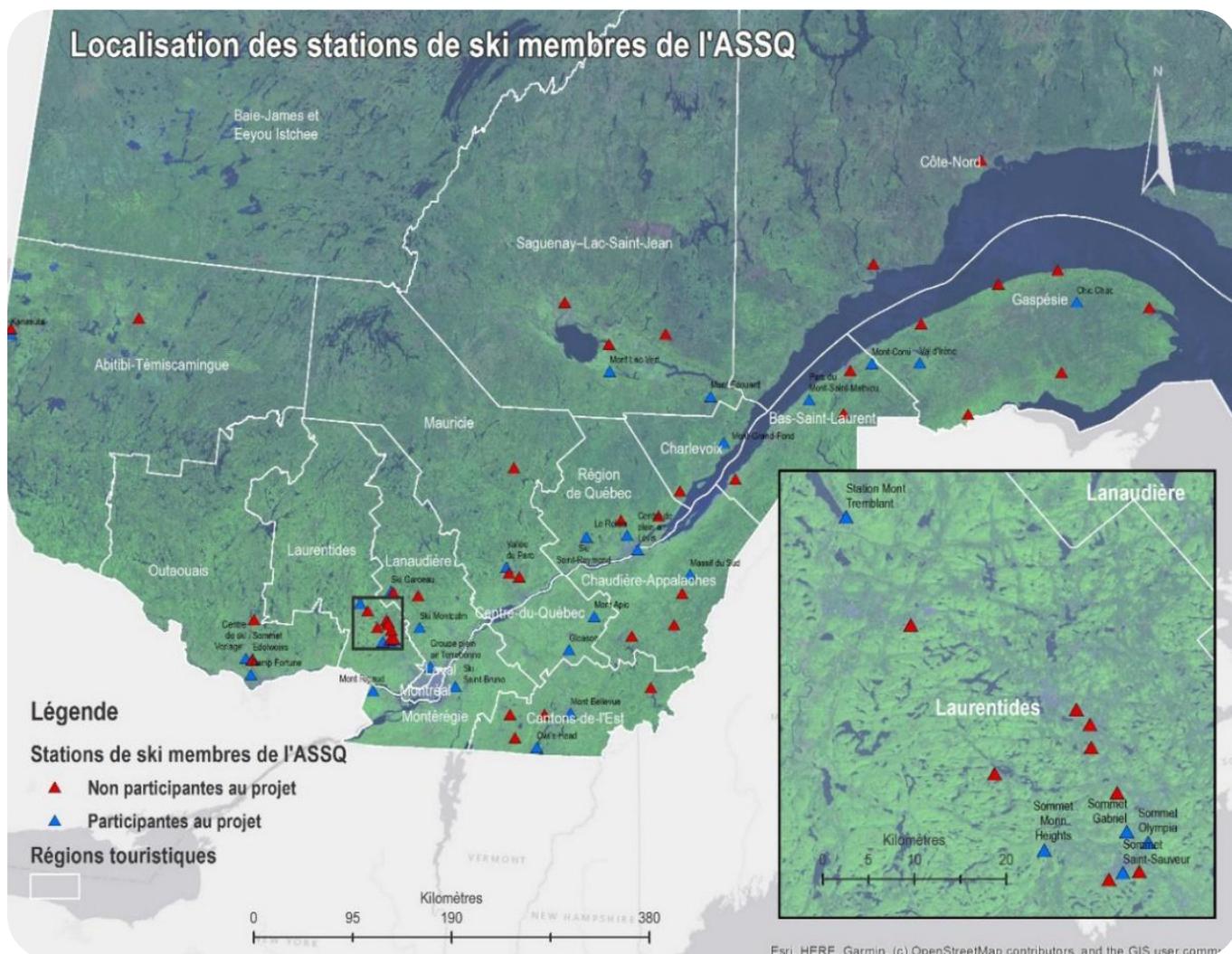


Figure 3 : Carte des stations de ski au Québec, en bleu l'échantillon des 30 stations participantes au projet, en rouge les stations non participantes

Les zones étudiées : 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 16 régions forment ici ce qui a été nommé le Québec ski, représenté sur la carte de la figure 4.

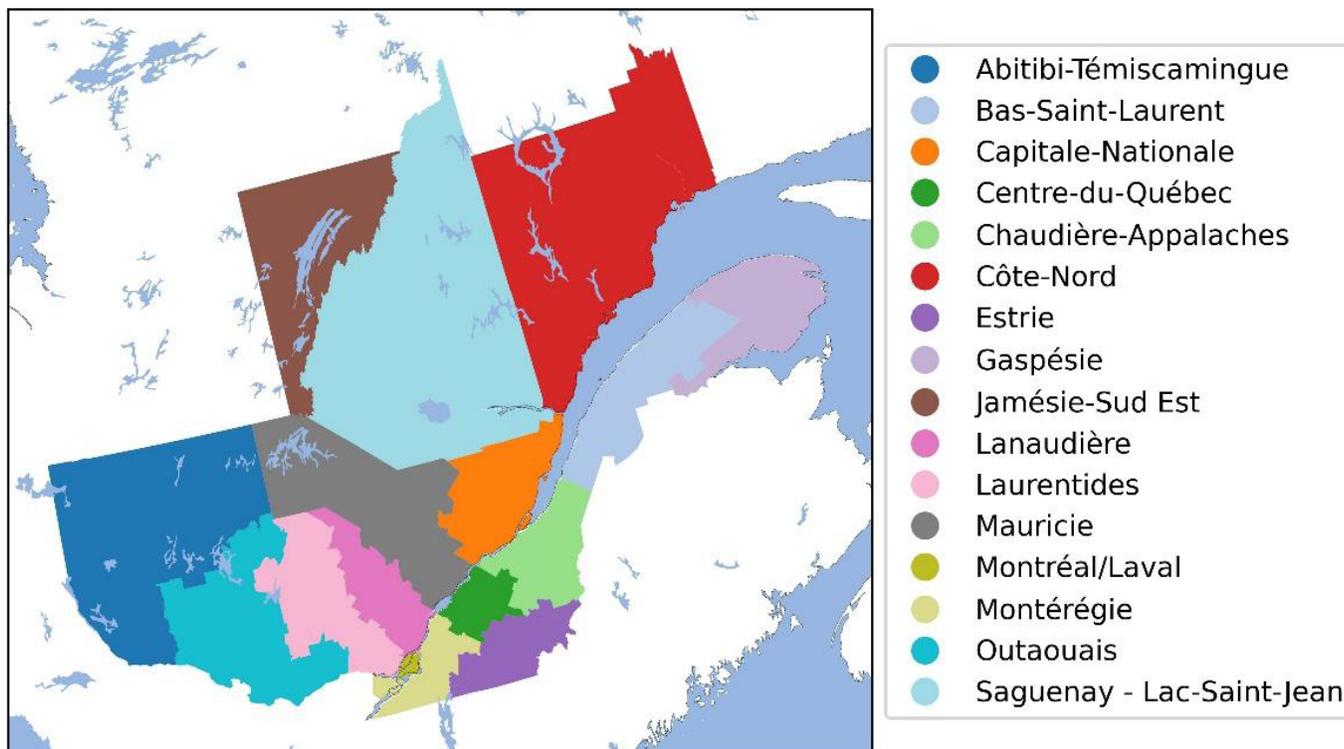


Figure 4 : Les 16 régions administratives à l'étude qui forment le Québec ski

1.2.2 Horizons temporels

Afin de comprendre la vulnérabilité actuelle du système ski alpin, il est d'abord essentiel de se baser sur les observations, c'est-à-dire les impacts que le système ski alpin a déjà subis dans les dernières années, dite période de référence ou basée sur l'historique. La période de référence en termes de données climatiques est de 30 ans, c'est-à-dire de 1991 à 2020.

La meilleure compréhension des observations permet de mieux anticiper les changements extraits des projections climatiques pour chacun des aléas climatiques pertinents. La sélection des horizons temporels futurs considère la durée de vie de quelques décennies des principales infrastructures stratégiques (p. ex. 30-40 ans pour les remontées mécaniques et 15-20 ans pour les systèmes de fabrication de neige ; ASSQ, 2024, Comm. Pers.) et de la disponibilité des données climatiques.

Dans ce cas-ci, les horizons pertinents pour les membres de l'ASSQ varient de moyen à long terme et incluent les projections climatiques pour les horizons suivants :

- horizon 2021-2050 ;
- horizon 2041-2070 ;
- horizon 2071-2100 (inclus dans le **rapport scientifique**).



1.2.3 Paramètres économiques

Les données économiques sur les stations de ski québécoises proviennent d'une base de données du professeur émérite Michel Archambault de l'ESG UQAM, données qu'il a récoltées auprès des stations de ski depuis plus de 30 ans. La base de données, qui couvre les années 2005 à 2021, a été complétée par les données contenues dans les publications annuelles « Étude économique et financière des stations de ski » pour les années 1998 à 2004 (Archambault, 2022). Toutes les données économiques de l'étude sont rapportées en dollars canadiens constants de 2022 (\$ CA₂₀₂₂).

Tableau 1 : Sources des données économiques

Variables	Période	Sources	
		Base de données Archambault	Étude économique et financière des stations de ski du Québec (annuelle) (Archambault, 2023)
Investissements dameuses	1998 - 2021	X	X
Investissements remontées mécaniques			
Investissements enneigement			
Investissements pistes			
Investissements bâtiments et autres			
Investissements totaux	1998 - 2021		X
Jours-ski	2001 - 2021	X	X
Jours d'exploitation	2005 - 2021	X	
Revenus	2005 - 2021	X	X
Dépenses	2007 - 2021	X	
Bénéfice d'exploitation	2007 - 2021		
Employés	2007 - 2021		



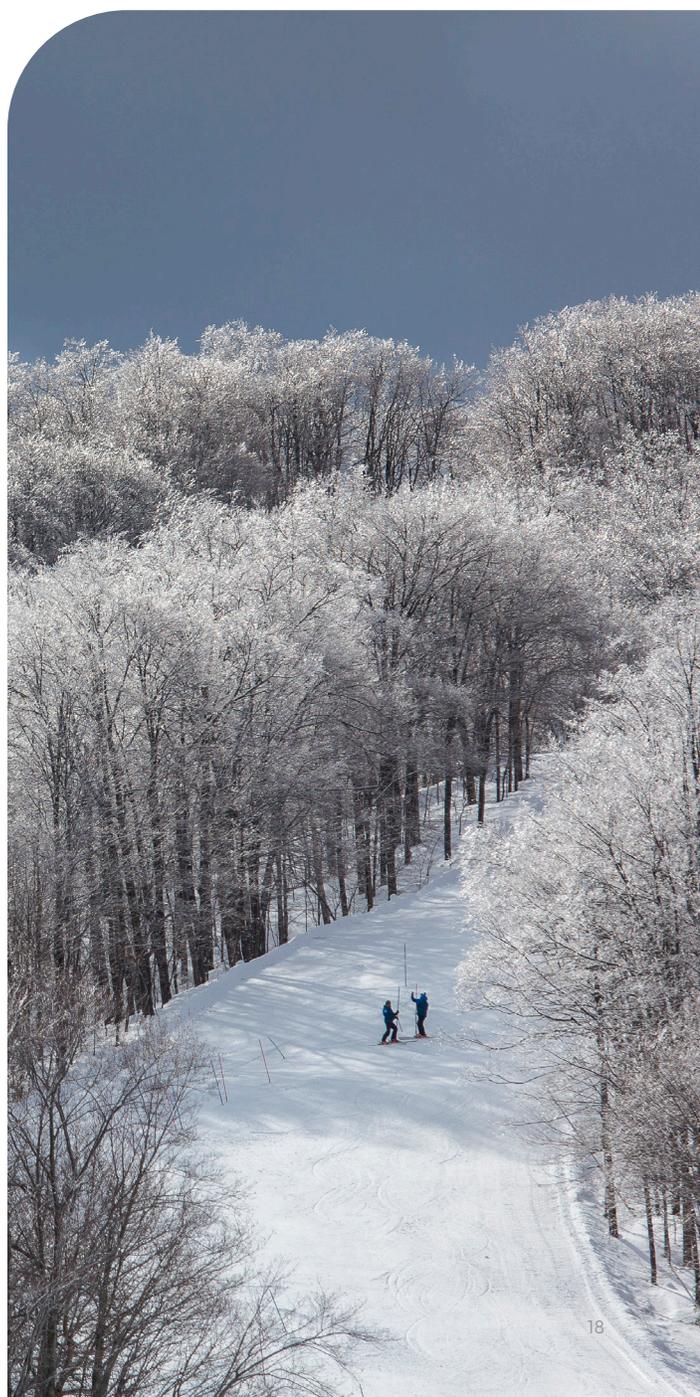
1.2.4 Engagement des parties prenantes

Afin de renforcer les capacités des stations de ski en adaptation aux changements climatiques, ce projet comprend un solide processus d'engagement des parties prenantes, incluant des experts multidisciplinaires, l'ASSQ et la participation active de 30 stations volontaires (sur 75). Cet échantillon présente une diversité de localisations géographiques, régions touristiques et administratives, de types de gouvernance, de modèles d'affaires et d'activités quatre saisons (**figure 3**).

Le processus d'engagement suit une démarche méthodologique itérative de coconstruction des savoirs qui s'est constitué de plusieurs cycles successifs de recherche dans la littérature scientifique et professionnelle suivis de consultations, validations et restitutions auprès des parties prenantes et experts du système ski alpin.

Au préalable du processus d'engagement, la mise en place de la cartographie des parties prenantes au projet a été effectuée. Elle a permis de définir les rôles et le niveau d'engagement de chacune d'entre elles (voir rapport scientifique pour plus de détails).

- L'équipe projet inclut les équipes d'Ouranos, les équipes de chercheurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) et de François Delorme Consultation Inc. (FDC), ainsi que l'ASSQ (niveau d'engagement : collaborer).
- L'échantillon des 30 stations de ski participantes (niveau d'engagement : impliquer).
- Les 45 stations de ski non étudiées (niveau d'engagement : consulter).
- Les collaborateurs d'intérêt incluent le ministère du Tourisme, les associations touristiques régionales, notamment celles qui réalisent des plans montagne, des chercheurs (projet Inter-créneau, projet MTO-Ouranos), les acteurs entourant le secteur du ski (hôteliers, restaurateurs, fournisseurs d'équipement, etc.), ainsi que tout autre collaborateur jugé pertinent en cours de la réalisation du projet (niveau d'engagement : informer).
- Un comité de suivi du projet, composé d'experts du secteur ainsi que de chercheurs en économie de l'environnement et en résilience aux changements climatiques (niveau d'engagement : informer et consulter).





1.3 Limites du projet

Ce projet de recherche multidisciplinaire a rencontré les limites suivantes :

- La diversité des échelles de travail, entre l'échelle des stations de ski, et celle plus large du secteur, toutes deux englobées dans le système ski alpin a rendu l'analyse complexe. En effet, le diagnostic de vulnérabilité d'un système entier nécessite de bien définir le niveau de détails requis à chaque échelle.
- Chaque station a une réalité différente et ce projet ne visait pas à évaluer la vulnérabilité de chacune des 75 stations de ski québécoises, mais plutôt à mieux comprendre les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui composent la vulnérabilité du système.
- Le manque de données à l'échelle sectorielle sur ces facteurs s'avère être une limite, car souvent ces données offrent seulement une vue d'ensemble. À l'inverse, les données spécifiques à chaque station sont très détaillées et deviennent trop spécifiques pour réaliser un diagnostic à l'échelle d'un système.
- Étant donné que la littérature scientifique sur le système ski alpin et les changements climatiques est plus abondante en Europe, il existe moins de résultats sur les impacts des changements climatiques et l'adaptation en Amérique du Nord.
- Le projet fournit donc un portrait général de la vulnérabilité du système ski alpin, soulignant les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation à l'échelle des stations et à l'échelle sectorielle sans pouvoir distinguer ces facteurs selon les groupes climatiques de région, à part pour les impacts économiques par région climatique.
- Ce projet vise principalement à comprendre les facteurs qui composent la vulnérabilité et à identifier les risques et non à apprécier les risques (c'est-à-dire à les quantifier conformément à la méthode d'appréciation des risques).



Limites inhérentes aux projections économiques

Les projections présentées au chapitre 3 fournissent un aperçu des impacts à prévoir dans le système ski alpin, dans l'optique où les tendances actuelles observées se poursuivent. Des changements majeurs dans le système tels que des changements culturels ou technologiques ou encore des changements dans l'intensité et la fréquence des impacts climatiques pourraient influencer sur les impacts anticipés autant à la hausse ou à la baisse. Les résultats présentés ici ne peuvent intégrer ces éléments inconnus à l'heure actuelle.

Deuxièmement, l'analyse de régression suppose la linéarité de la relation entre les aléas climatiques et les variables économiques. Or, il est possible que certaines relations présentent des dynamiques de non linéarité. Par exemple, si une station atteint un seuil de non rentabilité, le nombre de jours d'exploitation pourrait chuter drastiquement plutôt que de poursuivre une variation proportionnelle à celle des aléas climatiques dans le futur.

Troisièmement, l'analyse effectuée prend en compte les impacts économiques des changements climatiques dans les stations directement (revenus, coûts, etc.); elle ne documente pas l'impact socioéconomique dans l'écosystème touristique et l'économie régionale.

Finalement, l'analyse de régression s'est appuyée sur des données climatiques régionales, découpées par régions administratives. Ainsi, l'analyse ne capte pas les spécificités géographiques à l'intérieur d'une même région. L'analyse de Pons et al. (2015) dans la région des Pyrénées révèle que des facteurs intrarégionaux comme l'altitude, l'orientation des versants skiables et la proximité de cours d'eau peuvent déterminer la viabilité d'une station de ski, par rapport à une autre station située à quelques kilomètres seulement.

Chapitre 2

Établissement du contexte

Ce chapitre fait état des connaissances sur les aléas climatiques touchant le système ski alpin et présente le portrait du système ski alpin, validé avec les stations participantes, afin de confirmer les préoccupations vécues sur le terrain.

2.1 Aléas climatiques pertinents pour le système ski alpin québécois

2.1.1 Identification des aléas climatiques sur les quatre saisons

Depuis une trentaine d’années, la recherche scientifique documente les aléas liés aux changements climatiques englobant les phénomènes climatiques à évolution lente (dits « stress » climatique) et les phénomènes météorologiques se produisant sur une échelle de temps plus courte (dits « chocs » climatiques). **Quatorze aléas climatiques** ayant des répercussions sur le système ski alpin et pouvant se manifester à travers les **quatre saisons** ont été sélectionnés dans la littérature (tableau 2).

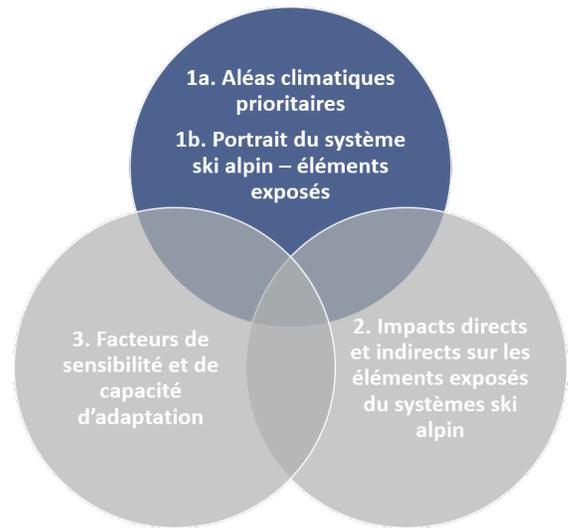


Figure 5 : Établissement du contexte : 1^{re} étape vers un diagnostic de vulnérabilité

Tableau 2 : Les aléas climatiques identifiés sur les quatre saisons, ayant un impact sur le système ski alpin québécois (**en gras**, les aléas prioritaires)

Aléas climatiques hivernaux	Aléas climatiques autres saisons (printemps, été, automne)
<p>Stress :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hausse des températures moyennes hivernales • Diminution des précipitations neigeuses • Hausse des pluies hivernales • Hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle <p>Chocs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redoux hivernaux • Hausse des épisodes de gel/dégel • Verglas • Vents violents 	<p>Stress :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sécheresses <p>Chocs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vents violents • Fortes pluies et inondations • Canicules • Orages et événements convectifs • Incendies de forêt • Mouvements de masse



2.1.2 Priorisation des aléas climatiques

Étant donné le nombre élevé d'aléas climatiques (14), une priorisation des aléas hivernaux a été effectuée avec les stations participantes lors de l'identification des impacts préalables. Cette priorisation a permis de sélectionner quatre aléas hivernaux (**en gras** dans le tableau 2 - page 21) : hausse des températures moyennes hivernales, hausse du nombre de jours de gel-dégel, hausse de la pluie hivernale et hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle.

Les aléas climatiques sur les autres saisons n'ont pas été traités dans le portrait de la vulnérabilité, car jugés moins prioritaires que les aléas hivernaux par les stations de ski participantes. Cependant, certains indicateurs climatiques ont été calculés pour les aléas dont les données sont disponibles (redoux hivernaux, fortes pluies, canicules) et sont présentés dans la cartographie des aléas à l'annexe 1 de ce rapport. Pour les aléas dont les données ne sont pas disponibles (sécheresse, vents violents, verglas, orages et événements convectifs, incendies de forêt, mouvements de masse), une analyse qualitative a été menée et se retrouve dans le rapport scientifique.

2.1.2.1 Agrégation des régions en quatre groupes climatiques

Les 16 régions administratives visées par le projet ont été regroupées en quatre groupes de régions (tableau 3 et figure 6). Le regroupement découle des similarités des projections climatiques entre les régions administratives révélées lors de l'analyse de la cartographie des quatre aléas prioritaires, en climat récent et futur.

Deux des groupes obtenus se trouvent sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent (Groupe 1 — Sud-Ouest et Groupe 4 — Sud-Est), alors que les deux autres se trouvent sur la rive nord (Groupe 2 — Nord-Ouest et Groupe 3 — Nord-Est). Ce découpage est assez bien défini avec toutefois des nuances à apporter entre les parties sud et nord de certains groupes de régions aux territoires très vastes, comme dans le Groupe 2. Ces nuances sont expliquées dans les messages clés de la prochaine section.

Tableau 3 : Répartition des régions administratives visées par le projet par groupe climatique

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

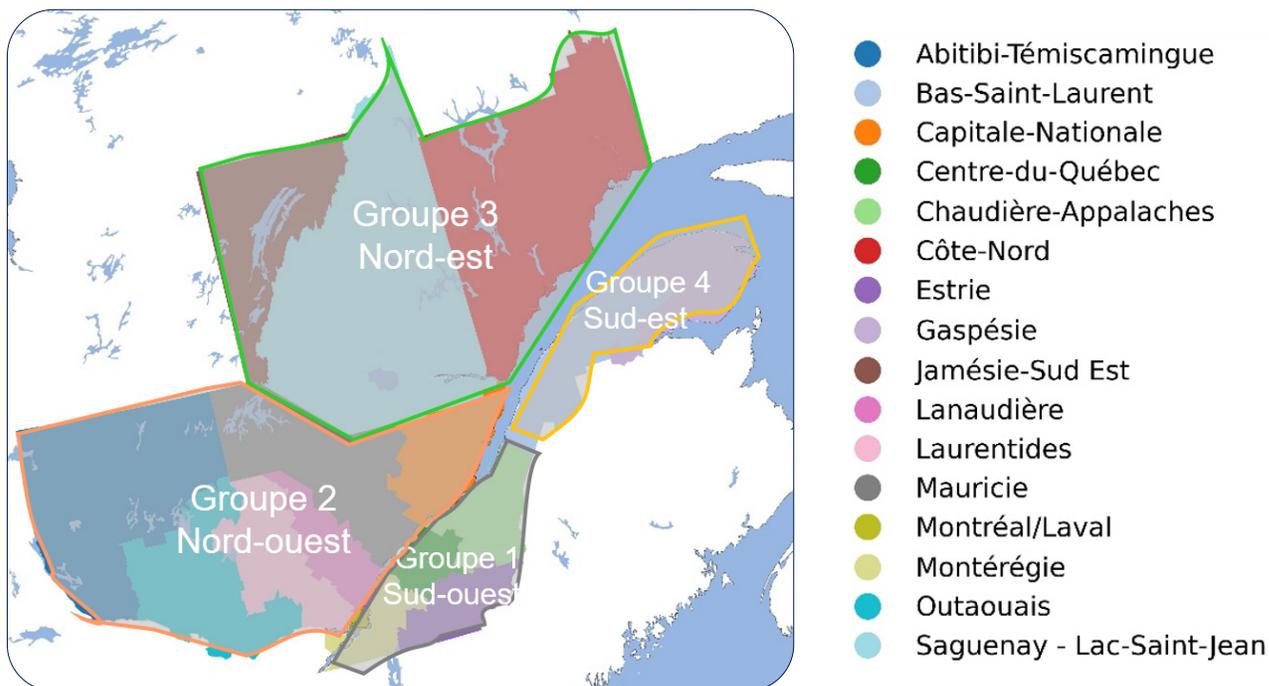


Figure 6 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet

2.1.2.2 Sélection d'indicateurs climatiques pour les aléas hivernaux

Les indicateurs climatiques suivants ont été retenus pour les quatre aléas hivernaux sur l'étendue du Québec ski et par groupe de régions climatiques pour la saison hivernale de **novembre à mars** (tableau 4).

Tableau 4 : Liste des indicateurs climatiques sélectionnés pour les quatre aléas prioritaires

Aléas hivernaux	Indicateurs climatiques
Hausse des températures hivernales	Température moyenne
Hausse du nombre de jours de gel-dégel	Jours de gel-dégel
Hausse de la pluie hivernale	Quantité de précipitations liquides
Hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle	Jours sans couvert de neige naturelle (équivalent en eau)



2.1.3 Messages clés par indicateurs et par groupes climatiques

Cette section présente les messages clés pour les aléas climatiques hivernaux prioritaires, ainsi que les indicateurs calculés pour les autres indicateurs. Pour plus de détails, veuillez vous référer à la cartographie des aléas en annexe 1.

Le tableau ci-dessous présente les changements projetés pour le Québec ski, sur les mois de novembre à mars, selon les deux scénarios d'émissions (un scénario d'émissions modérées SSP2-4.5 et un scénario d'émissions élevées SSP3-7.0) et sur les deux horizons étudiés les plus proches (l'horizon 2071-2100 est présenté dans le [rapport scientifique](#)).

Tableau 5 : Changements projetés pour la région du Québec ski selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre SSP2-4.5 et SSP3-7.0.

Région	Indicateurs climatiques	Horizon Scénario	1991-2020 Référence	2021-2050	2041-2070
Québec ski	Température moyenne (°C)	SSP2-4.5	-9,9	+1,7	+2,3
		SSP3-7.0	-9,9	+1,7	+3,1
	Nombre de jours de gel-dégel (jours)	SSP2-4.5	36	+5	+7
		SSP3-7.0	36	+4	+7
	Jours sans couvert de neige naturelle	RCP 4.5*	10	+4	+6
		RCP 8.5	10	+4	+8
	Précipitations liquides moyennes (mm)	SSP2-4.5	100	+33	+43
		SSP3-7.0	100	+28	+48

* 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 (d'où la différence dans les scénarios : RCP4.5 et RCP8.5). 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.

Messages clés sur les quatre indicateurs prioritaires à l'échelle du Québec ski (tableau 5) :

- 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 selon le SSP2-4.5 et de +3,1 °C, selon le SSP3-7.0.
- À l'horizon le plus proche, le nombre de **jours de gel-dégel** augmentera de cinq jours puis sept jours d'ici 2041-2070 selon les deux scénarios.
- Les **jours sans couvert de neige naturelle** augmenteront sur tout le Québec ski de quatre jours à l'horizon 2021-2050, puis de six à huit jours à l'horizon 2041-2070 selon les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5).
- 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).

2.1.3.1 Quatre aléas climatiques hivernaux prioritaires

Les cartes de conditions projetées des quatre aléas prioritaires ont toutes le même format, telle la figure 7. Le panneau 1991-2020 représente la médiane de la période de référence. Pour chaque combinaison de scénario SSP et horizon futur, on trouve ensuite un regroupement de trois panneaux avec des cartes pour présenter la fourchette d'incertitude, où le panneau du haut présente la médiane (le 50^e centile), tandis que les panneaux en bas à gauche et en bas à droite présentent les 10^e et 90^e centiles respectivement². Les résultats sur l'horizon 2071-2100 ne sont pas présentés sous forme de cartes pour éviter de surcharger le graphisme.

2.1.3.1.1 Hausse des températures moyennes hivernales

Voici les messages clés à retenir des cartes de la figure 7 :

- La température moyenne de novembre à mars augmente sur tout le territoire du Québec ski.
- 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 (SSP3-7.0).
- Les secteurs les plus au sud passent de -4,6 °C à -1,7 °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 °C à -10,6 °C sur les mêmes périodes et même scénario de GES. C'est le cas en Jamésie-Sud-Est.

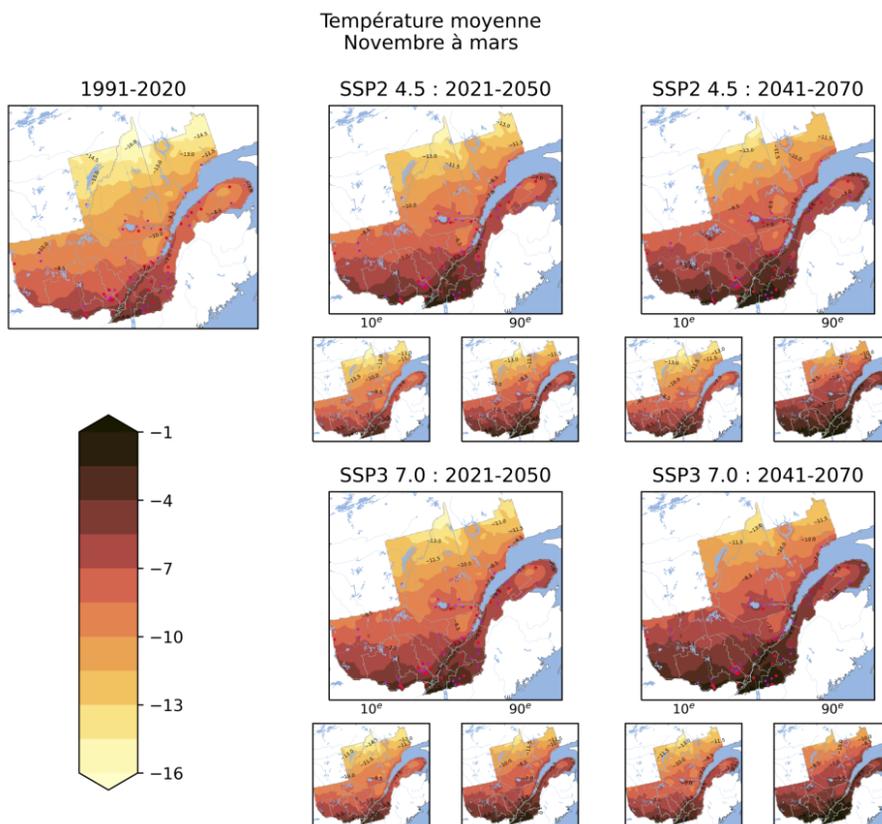


Figure 7 : Conditions simulées de la température moyenne (°C) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 pour plus de détails).

² Les centiles sont des valeurs correspondant à un rang dans un échantillon ou une distribution statistique et permettent de considérer des conditions rares et parfois à forts impacts (10e et 90e) (Ouranos, 2024; Charron 2016).



Par groupes climatiques :

- Le **Groupe 1 Sud-Ouest** regroupe des régions situées au sud du fleuve Saint-Laurent, les régions les plus au sud du groupe, soit la Montérégie et l'Estrie, maintiendront une température moyenne autour de $-2,0\text{ °C}$ 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 basses se maintiennent sous $-5,5\text{ °C}$ (horizon 2041-2070 ; SSP3-7.0 pour toutes les valeurs mentionnées).
- Le Groupe 2 **Nord-Ouest** 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 (d'environ $-7,5\text{ °C}$ à $-3,9\text{ °C}$ pour les régions de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière), par rapport au nord de ces mêmes régions, davantage situées dans les terres. En effet, les températures passeront de $-8,9\text{ °C}$ à $-5,7\text{ °C}$ en Abitibi-Témiscamingue, de $-8,9\text{ °C}$ à $-5,8\text{ °C}$ en Mauricie et de $-9,2\text{ °C}$ à $-6,2\text{ °C}$ pour la Capitale-Nationale (horizon 2041-2070 ; SSP3-7.0 pour toutes les valeurs mentionnées).
- Le **Groupe 3 Nord-Est** 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 $-13,7\text{ °C}$ à $-10,6\text{ °C}$. La grande région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, quant à elle, passera d'une moyenne de $-11,8\text{ °C}$ à $-8,7\text{ °C}$, 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).
- Le **Groupe 4 Sud-Est** 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).



2.1.3.1.2 Épisodes de gel-dégel

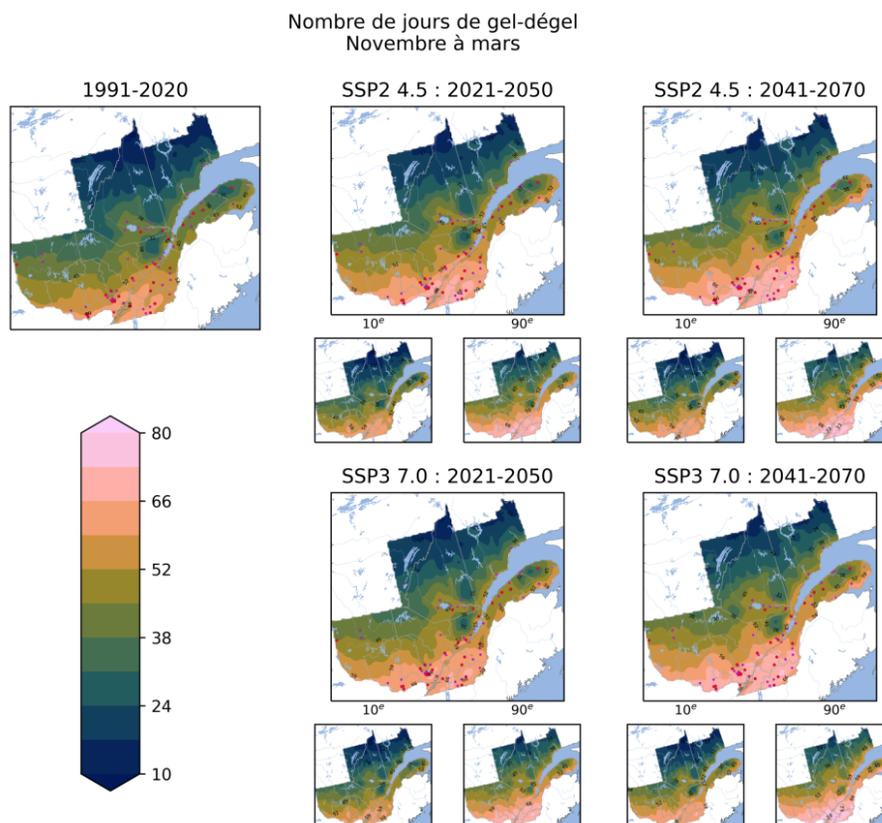


Figure 8 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à mars pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 pour plus de détails).

Voici les messages clés à retenir des cartes des épisodes de gel-dégel (figure 8).

Un événement quotidien de gel-dégel survient quand, dans une période de 24 heures, la température minimale est inférieure à 0 °C et la température maximale est supérieure à 0 °C (Ouranos, 2024).

On constate que 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. Par 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. 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, ce qui sous-entend la diminution des périodes à température minimale inférieure à 0 °C pour ce mois. Toutes les régions du Québec ski montrent une augmentation générale du nombre total d'épisodes de gel-dégel de novembre à mars.

Voici les messages clés par groupes climatiques :

- Le nombre total de jours de gel-dégel augmentera de manière générale de novembre à mars dans les régions du **Groupe 1 Sud-Ouest**. En climat récent (1991-2020), c'est en Chaudière-Appalaches que le nombre de jours est le 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).
- 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).
- 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).
- Le nombre de jours de gel-dégel de novembre à mars du **Groupe 4 Sud-Est** est fortement contrôlé par la proximité de l'eau et la topographie de la région. La moyenne 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.

2.1.3.1.3 Jours sans couvert de neige naturelle au sol

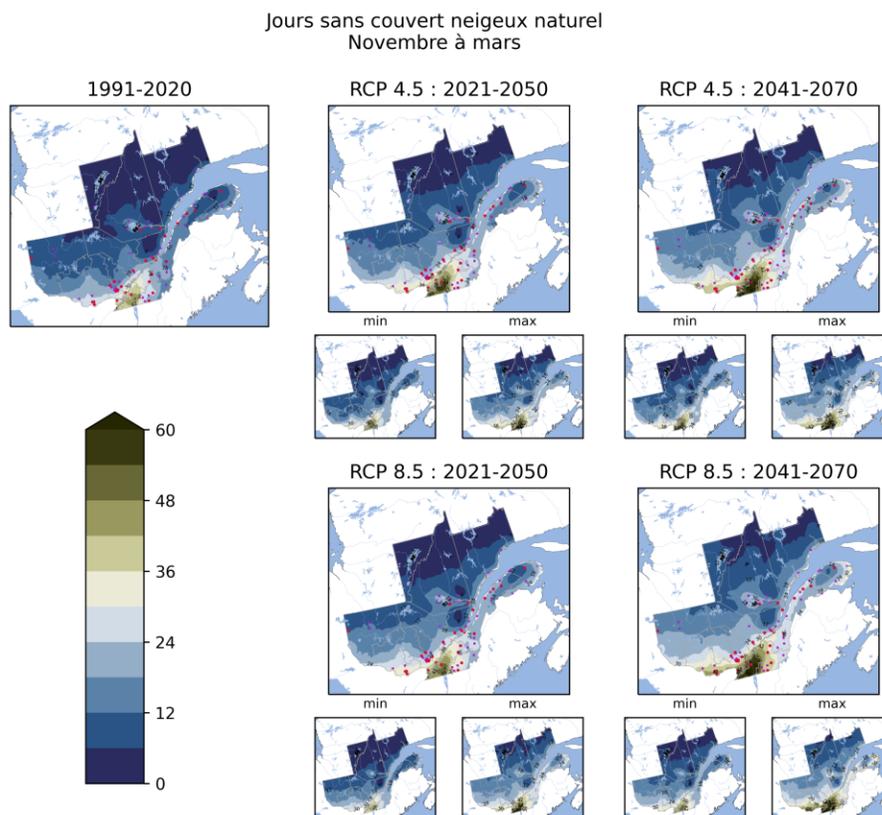


Figure 9 : Conditions simulées du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 pour plus de détails).



Voici les messages clés par groupes climatiques :

- **Groupe 1 Sud-Ouest** : Le nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol 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 dans le nord-est ne dépassent pas 16 jours. 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.
- **Groupe 2 Nord-Ouest** : Un fort gradient nord-sud est noté dans le nombre de jours sans couvert de neige naturel au sol du groupe 2. Sur la période de référence, il y a 35 jours sans couvert de neige 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. 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 sur l'historique 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 scénario RCP8.5.
- **Groupe 3 Nord-Est** : Parmi tous les groupes de régions, il s'agit de 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.
- **Groupe 4 Sud-Est** : Le nombre de jours sans couvert de neige naturelle augmente de 8 jours au Bas-Saint-Laurent et de 10 jours en Gaspésie (périodes 1991-2020 contre 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 période de référence 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.

Voici les messages clés à retenir des cartes des jours sans couvert de neige naturelle au sol :

- L'indicateur de jours sans couvert de neige naturelle au sol comprend 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 cinq jours en Jamésie-Sud-Est et Saguenay-Lac-Saint-Jean, six jours en Côte-Nord à l'horizon 2041-2070 pour le RCP8.5).

2.1.3.1.4 Précipitations liquides

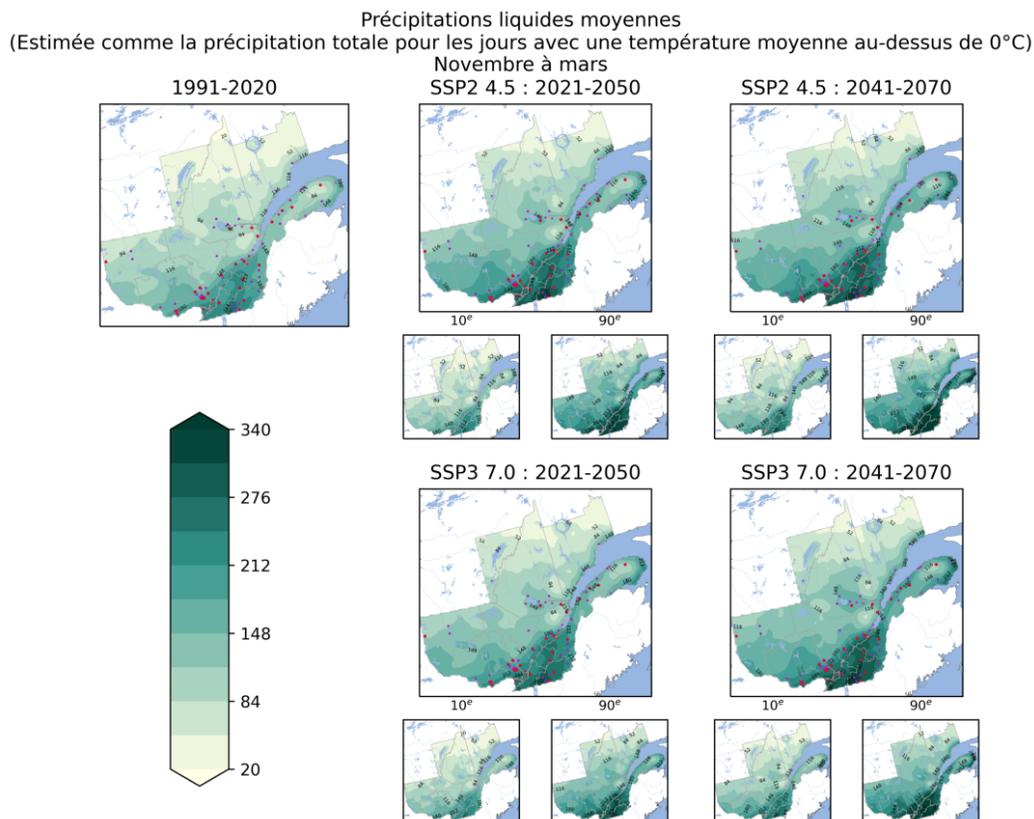


Figure 10 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes (en millimètres) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 pour plus de détails).

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.
- La variabilité interannuelle demeure très importante même en situation de changements climatiques. Il est important de ne pas confondre le signal de cette variabilité (une saison atypique) avec une tendance de fond à plus long terme.



La hausse des précipitations liquides se présente dans l'ensemble des régions de chaque groupe.

Voici les messages clés par groupes climatiques :

- 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.
- 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).
- La hausse des précipitations liquides se présente dans l'ensemble des régions du **Groupe 3 Nord-Est**. En valeur absolue, elle est plus prononcée au Saguenay-Lac-Saint-Jean comparativement aux autres régions.
- 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).



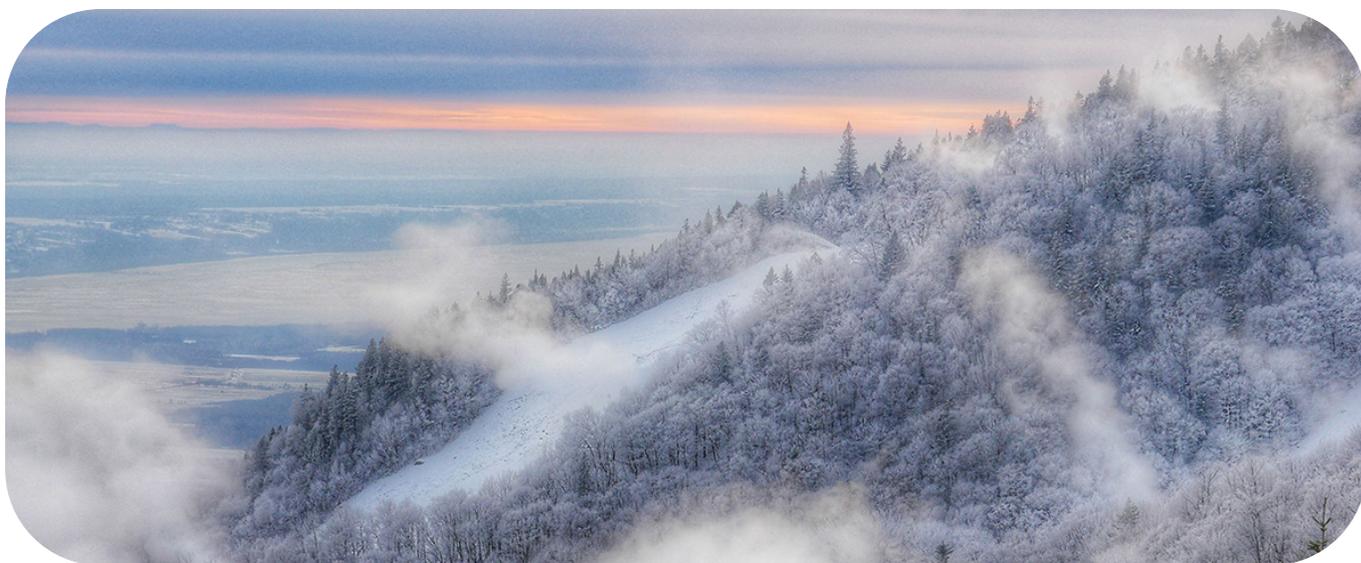
2.1.3.2 Autres aléas climatiques hivernaux

Les indicateurs suivants reliés à des conditions ou seuils critiques de température pour la fabrication de neige ont aussi été cartographiés pour le Québec ski (voir annexe 1) :

- redoux : nombre de jours chauds en hiver ($T_{min} > 0\text{ °C}$) ;
- journées de grands froids : nombre de jours avec une $T_{min} < -30\text{ °C}$;
- journées froides : nombre de jours avec une $T_{min} < -20\text{ °C}$;
- journées froides : nombre de jours avec une $T_{max} < -20\text{ °C}$;
- fenêtre de fabrication de neige :
 - › nombre de jours sous la température pour la fabrication de la neige ($T_{max} < -7\text{ °C}$) ;
 - › nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de neige ($T_{max} < -5\text{ °C}$) ;
 - › nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de neige ($T_{max} < -2\text{ °C}$) – équipement ultra moderne ;
 - › nombre de jours avec des conditions idéales de fabrication de neige ($T_{min} < -10\text{ °C}$ et $T_{max} > -15\text{ °C}$) ;
 - › plus longue période avec des températures négatives ;
- précipitations solides moyennes (estimées comme la précipitation totale pour les jours avec une température moyenne en dessous de 0 °C).

Les indicateurs suivants ont été calculés dans le cadre du projet Portrait des indices de neige au sol, et peuvent être consultés dans le [rapport PINS](#) :

- début du couvert continu de neige naturelle au sol ;
- fin du couvert continu de neige naturelle au sol ;
- durée du couvert continu de neige naturelle au sol ;
- nombre de jours de tempête 10 mm d'équivalent en eau de la neige (EEN) en 24 h ;
- nombre de jours avec un couvert de neige naturelle au sol pendant le congé des Fêtes ;
- nombre de jours avec un couvert de neige naturelle au sol pendant le congé de la relâche ;
- maximum EEN sur l'année.





2.1.3.3 Aléas climatiques hors saison hivernale

Hors saison hivernale, les indicateurs suivants ont été calculés pour les aléas de canicule et de fortes pluies :

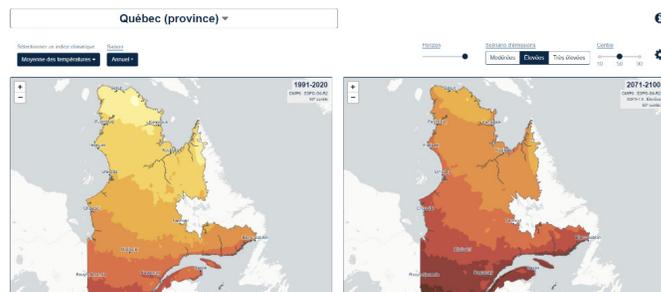
- canicules : nombre annuel de jours avec Tmax > 30 °C ;
- fortes pluies : maximum de précipitations sur 5 jours (en millimètres).

Cependant, pour les aléas suivants, les connaissances scientifiques sont moins matures, des recherches ont donc été effectuées pour présenter les tendances générales selon les meilleures connaissances disponibles pour le Québec :

- **Inondations** : une augmentation des volumes de crues printanières dans le nord de la vallée du Saint-Laurent, mais une diminution des débits dans l'extrême sud.
- **Sécheresse** : une augmentation des périodes d'étiage pendant la saison estivale, et contrainte importante d'accès à la ressource en eau pour les régions du groupe climatique 1 et celles situées dans le sud du groupe climatique 2 ;
- **Glissements de terrain** : ils présentent des défis de projection en climat futur, mais les glissements majeurs constituent un enjeu marginal du secteur, cependant la perte de sol et les processus érosifs touchant les sentiers et pentes suivront la tendance des précipitations.
- **Feux de forêt** : de manière générale, une augmentation de 50 à 100 % de la fréquence des incendies est attendue 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 preuve permettant d'anticiper un changement significatif.

2.1.3.4 Source des données 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 l'ajout de nouvelles données selon l'évaluation des modèles et simulations.



Visitez le site des Portraits climatiques – Ouranos

Portrait 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)



2.2 Portrait du système ski alpin

Le portrait du système ski alpin permet de décortiquer l'« exposition » aux changements climatiques, qui est définie comme la « présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, de ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou un contexte susceptible de subir des dommages » (ISO, 2019). Les 26 éléments exposés inventoriés à l'échelle des stations ont été classés en quatre catégories d'éléments, à savoir les éléments géophysiques, les éléments du comportement social et culturel, les éléments de gestion et biens économiques et les éléments d'infrastructure et d'aménagements.

2.2.1 Les stations de ski : une perspective qualitative

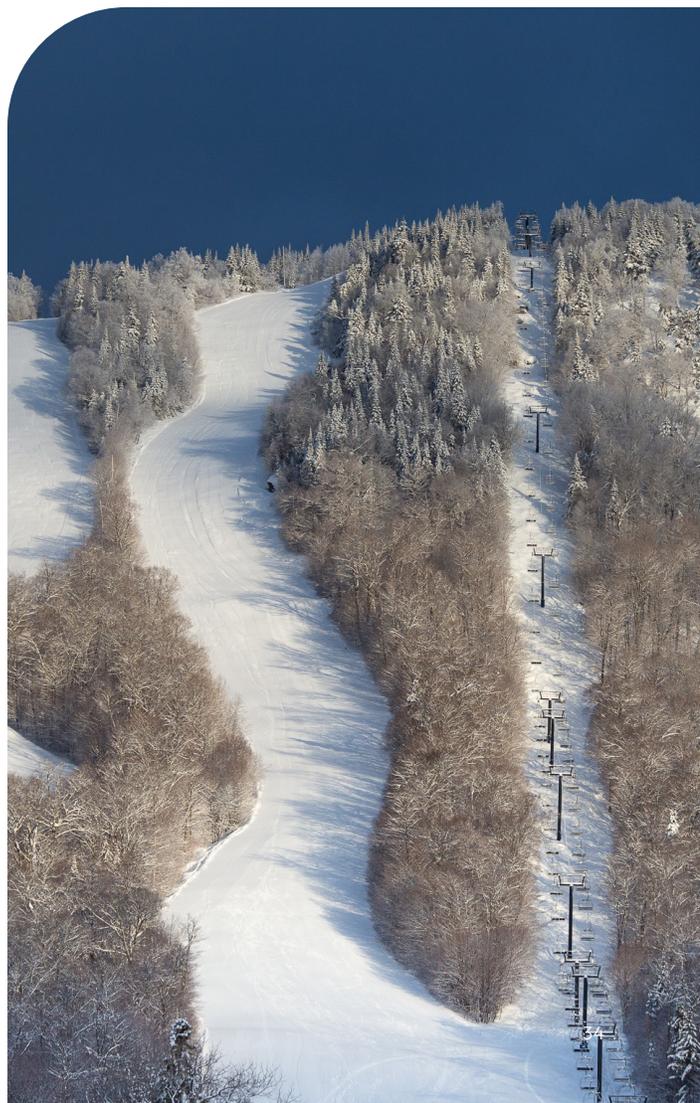
Une diversité de modèles d'affaires

Différentes catégorisations peuvent être utilisées pour refléter le **type de gouvernance** des stations. L'ASSQ se réfère à quatre modèles de gouvernance : entreprises privées, organismes à but non lucratif, coopératives et de responsabilité municipale. Parmi les stations qui forment l'échantillon du projet, 17 sont des entreprises privées, 10 sont des organismes à but non lucratif (OBNL) et 3 sont de responsabilité publique (des organismes municipaux).

Les stations peuvent également être catégorisées en fonction de leur **modèle d'affaires, reflétant le type de clientèle, la taille et la gouvernance** (voir Audet, de Grandpré et Botti, 2019) :

- Le modèle « destination de ski », inspirée de ce que Flagestad et Hope, 2001, nommaient *corporate model* est privilégié par l'entreprise privée et comporte la plus forte proportion de touristes (séjour d'une nuitée ou plus, déplacements sur de longues distances).
- Le modèle « école des neiges » compte des entreprises privées et des organismes à but non lucratif (OBNL) et est fréquenté principalement par des clientèles locales ou régionales qui effectuent le déplacement dans la même journée, souvent dans une visée d'apprentissage.
- Le modèle « activités de loisirs » fait référence à des stations sous responsabilité de municipalités, dont l'offre est avant tout à l'intention des citoyens.

Parmi les stations participantes au projet, 7 sont considérées des destinations, 20 des écoles des neiges et 3 du modèle des activités de loisirs.





Des coûts d'exploitation et des investissements en croissance

Les stations subissent des **frais d'exploitation croissants** au fil des ans, notamment les coûts d'électricité qui représentent 20 % à 60 % des coûts d'exploitation des stations de ski au Québec et qui vont continuer d'augmenter (Archambault, 2022). Les investissements en infrastructures pèsent également lourd dans le bilan de plusieurs stations, les coûts ayant bondi au cours des années post-pandémique, notamment ceux liés aux remontées mécaniques, à l'ouverture de nouvelles pistes et à la fabrication de neige.

Des emplois saisonniers

La nature saisonnière de nombreux **emplois** dans le système ski alpin, de même que l'incertitude quant aux dates d'ouverture et de fermeture des saisons, font que l'embauche peut s'avérer plus difficile que prévu. Par exemple, lorsque l'ouverture d'une station est retardée à cause des conditions météorologiques, celle-ci se voit dans l'obligation de modifier ou de reporter les contrats d'embauche et risque de se retrouver en pénurie de main-d'œuvre lors de l'ouverture effective des pistes. De plus, la main-d'œuvre nécessaire à l'exploitation d'un domaine skiable varie également en fonction du nombre de pistes en service et du niveau d'achalandage anticipé.

La diversification des activités de montagne

Un inventaire des activités estivales indique que la majorité des stations de ski du Québec propose une ou des activités pendant l'été, c'est-à-dire 45 sur 75 des stations du Québec (soit 60 %) et 20 stations sur les 30 participantes à l'étude (soit 67 %). Les principales activités recensées sont la randonnée pédestre et le vélo de montagne (avec ou sans remontée mécanique), de l'hébergement (camping, hébergements insolites ou autres), du golf et des activités ludosportives (p. ex. tyrolienne ou parcours aériens).



Le recours, presque essentiel, à la neige fabriquée

Enfin, sur toutes les stations membres de l'ASSQ, 16 stations ne recourent pas à la fabrication de neige (Archambault, 2023), dont 4 stations au sein de l'échantillon participant au projet qui recourent seulement à la neige naturelle (au moment où l'information a été recueillie).



Impacts observés des changements climatiques sur les stations

Les impacts des aléas climatiques sur le système ski alpin sont principalement documentés à l'échelle des stations et portent sur :

- la variabilité de la neige naturelle et de la capacité d'enneigement ;
- les comportements des skieurs ;
- la fluctuation des revenus ;
- les mesures de gestion des risques ;
- les stratégies d'adaptation.



2.2.2 Le secteur du ski alpin au Québec : une perspective économique

Le portrait sectoriel permet de faire ressortir les caractéristiques économiques et sociales des différentes régions du Québec et les tendances globales qui dynamisent le secteur du ski, mais qui représentent également des enjeux.

- Le **secteur touristique du ski** et des activités de montagne québécois est une sous-branche du secteur plus global du tourisme et a généré des retombées annuelles de près de 866 millions de dollars en 2019 (Raymond Chabot & Grant Thornton, 2021), avec une moyenne de 6 millions de visites et 1,6 million d'adhérents de 16 ans et plus aux sports de montagne (Ipsos, 2023).
- L'**hébergement touristique** par région est relativement stable dans les dernières années, avec une variation inférieure à dix établissements entre 2021 et 2022 (Institut de la statistique du Québec, 2023).
- Le **comportement de la clientèle** des stations de ski évolue, manifestant une demande croissante pour des activités à sensations fortes et des expériences uniques, tout en cherchant une variété d'activités pour occuper leurs journées, avec une importance particulière accordée aux festivals et événements après-ski entre autres. En conséquence, l'offre de multiactivités hivernales se développe toujours plus (randonnée alpine, ski de fond, raquettes, etc.).
- Le **gouvernement du Québec a soutenu les investissements** dans les stations de ski à travers des programmes d'aide financière, notamment le Programme de soutien aux stratégies de développement touristique. Depuis l'annonce du programme en 2018, des investissements importants ont été réalisés pour améliorer diverses infrastructures des stations de ski, ce qui est crucial pour la viabilité du ski alpin au Québec.
- Le ski alpin est affecté sur le **plan écologique** par ses propres activités récréatives, notamment la déforestation et l'intensification de l'usage des ressources naturelles. Les changements climatiques aggravent ces impacts, ayant différentes répercussions sur les stations et créant des défis tels que l'approvisionnement en eau et la consommation d'électricité avec 15 % des stations ayant rencontré des problèmes d'eau en 2022-2023.
- En réponse, le concept de **tourisme durable** a gagné en importance, avec des initiatives internationales et locales visant à réduire l'empreinte carbone. Les clients montrent un intérêt croissant pour le tourisme écoresponsable, bien qu'il existe un écart entre les intentions et les comportements réels.
- Les **nouvelles technologies**, comme internet et les applications mobiles, ont révolutionné le tourisme. Les consommateurs se tournent de plus en plus vers le numérique pour organiser leurs voyages, poussant les stations de ski à améliorer leur présence en ligne et à offrir des services numériques pratiques. Le marché des voyages par téléphone intelligent est en pleine expansion, rendant les TIC essentielles pour la compétitivité et l'efficacité du secteur touristique.

2.2.3 Le système ski alpin québécois : une perspective systémique

Le système ski alpin québécois englobe les échelles du secteur et des stations de ski ainsi que les enjeux de plus haut niveau, macroéconomiques et de relations indirectes avec des partenaires. Le système ski représente donc les éléments sur lesquels les stations et le secteur ont peu de contrôle (figure 11). Ces enjeux comprennent les dynamiques intra et interrégionales, les dynamiques d'achalandage hors Québec, le vieillissement de la population, l'immigration et plus généralement l'économie régionale. Les stations de ski font face à une vive concurrence, les skieurs ayant l'embaras du choix lorsque vient le temps de pratiquer des activités pendant les mois d'hiver.

- Les **trois plus grands marchés** concernant le ski au **Québec** demeurent les Laurentides, les Cantons-de-l'Est et Québec-Charlevoix, qui totalisent 82 % du marché total en 2022 (Archambault, 2023).
- **L'achalandage transfrontalier des États-Unis** compte pour 4 % des jours-ski, dont les $\frac{3}{4}$ bénéficient aux stations des Laurentides (Archambault, 2023).
- Les Québécois comptent un **revenu disponible** pour tout type de consommation autour de 34 000 \$, avec certaines régions favorisées (les bassins de Montréal et Québec, et certaines régions limitrophes), et d'autres sous la moyenne telle que la Mauricie (Institut de la statistique du Québec, 2021).
- La dynamique d'une **population vieillissante** impliquera une inévitable raréfaction de la clientèle à moyen terme, sans parler des défis de main-d'œuvre.

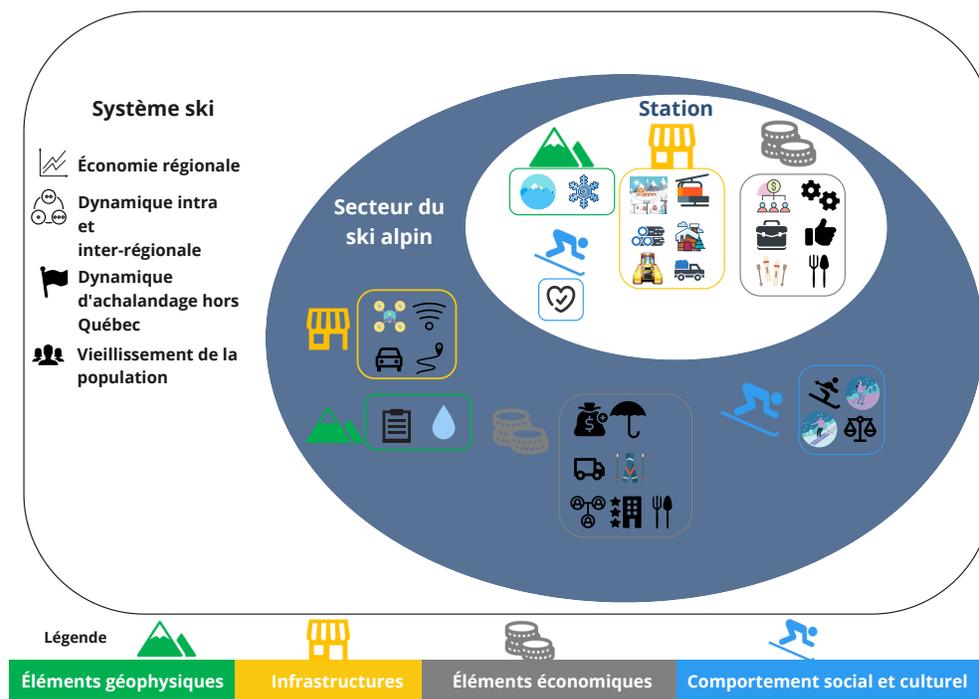


Figure 11 : Les éléments exposés selon les échelles interreliées des stations et du secteur qui composent le système ski alpin au Québec

La figure 11 représente le système ski alpin, englobant le secteur et les stations de ski. Les sections suivantes présentent les éléments exposés ou composantes des deux échelles (station et secteur) qui sont susceptibles de subir des dommages face aux aléas climatiques. Ces éléments exposés ou composantes seront utilisés dans le reste du diagnostic de vulnérabilité pour comprendre comment les changements climatiques se propagent dans le système ski alpin.

2.2.3.1 Éléments exposés des stations

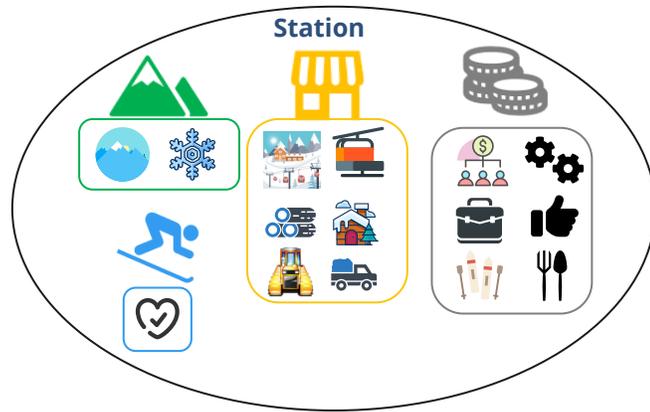


Figure 12 : Éléments exposés des stations de ski alpin

Légende



Les éléments ou composantes qui caractérisent les stations de ski peuvent être **exposés** aux changements climatiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent subir des dommages. Les **éléments exposés** à l'échelle des stations ont été classés en quatre catégories d'éléments, à savoir les éléments géophysiques, les éléments de comportement social et culturel, les éléments de gestion et biens économiques (éléments économiques) et les éléments d'infrastructures et d'aménagements, conformément à ce qui est proposé par la norme ISO 14091:2021.





Les **éléments géophysiques** font écho aux espèces et écosystèmes, aux ressources naturelles et services environnementaux, aux lieux physiques qui sont intrinsèques à l'offre des stations :

- **Couvert neigeux et conditions de ski** : les conditions de ski regroupent des éléments associés aux conditions et à la qualité de la neige sous les skis (qui exclut la neige fabriquée).
- **Territoire/environnement paysager** : le territoire et l'environnement paysager font référence à l'écosystème incluant des espèces animales non humaines et végétales, mais également à la montagne elle-même et aux paysages.

Les **éléments d'aménagements et infrastructures** font référence au bâti nécessaire aux opérations et à la pratique des activités :

- **Domaine skiable** : le domaine skiable est composé des pistes de ski aménagées ou plus naturelles (sous-bois), de pistes spécialisées telles que les parcs à neige.
- **Système de fabrication de neige** : le système de fabrication de neige comprend les infrastructures et équipements nécessaires à sa production dont principalement les canons à neiges, la tuyauterie, les pompes, les compresseurs et les bassins de rétention d'eau.
- **Bâti** (immeubles, aménagements) : le bâti inclut les immeubles et aménagements retrouvés sur le terrain des stations, parmi ceux-ci, les chalets d'accueil, les édifices de services, d'hébergement ou autres installations touristiques, les stationnements.
- **Remontées mécaniques** : les remontées mécaniques incluent les télésièges, les câbles, les tours et autres équipements aériens ou terrestres.
- **Véhicules** : les véhicules sont ceux utilisés aux fins des opérations sur la montagne, principalement les dameuses, les motoneiges et les VTT.

Les **éléments de gestion et biens économiques** touchent aux moyens de subsistance, à la gestion et aux biens et fonctions économiques des stations, c'est-à-dire ce qui a trait au fonctionnement et aux affaires :

- **Opérations (remontées, damage, enneigement, etc.)** : elles font référence aux activités pour faire fonctionner les stations, soit les remontées mécaniques, la fabrication de neige, les procédures de damage, etc.

- **Revenus, coûts et rentabilité** : ils comprennent l'équilibre coût/bénéfices ou l'équilibre budgétaire, la viabilité économique. Ils incluent, par exemple, l'augmentation de plusieurs postes de dépenses, telles que la production de neige, les assurances, l'énergie, les coûts de préparation du domaine skiable, mais également les fluctuations de revenus comme la fluctuation de l'achalandage.
- **Employés (condition de travail, sécurité, recrutement et rétention)** : les références aux employés touchent leurs conditions de travail, leur sécurité, le recrutement et la rétention.
- **Services** : ils comprennent la restauration, la location d'équipements et l'école de ski.
- **Réputation, positionnement et attractivité** : ces éléments concernent le rayonnement, la renommée ou la réputation des stations.

Les **éléments de comportement social et culturel** sont associés aux employés et aux skieurs au sein des stations, aux personnes des communautés, ainsi qu'au contexte social et culturel dans lequel les stations évoluent. À l'échelle de la station, c'est la santé et la sécurité des travailleurs et de la clientèle qui est l'élément potentiellement exposé.

2.2.3.2 Éléments exposés à l'échelle sectorielle

Les éléments exposés à l'échelle sectorielle sont importants pour les stations dans la mesure où elles en sont dépendantes pour fonctionner. Ces éléments exposés s'inscrivent dans les mêmes quatre catégories d'éléments qu'à l'échelle des stations.

Éléments géophysiques :

- **Services écosystémiques**, par exemple la disponibilité en eau concerne les volumes d'eau disponibles et autorisés pour prélèvement pour la consommation des stations autant en hiver que pendant les périodes d'étiage ou de pénurie d'eau.
- **Règles de transparence** sur les pratiques écologiques en tourisme durable.

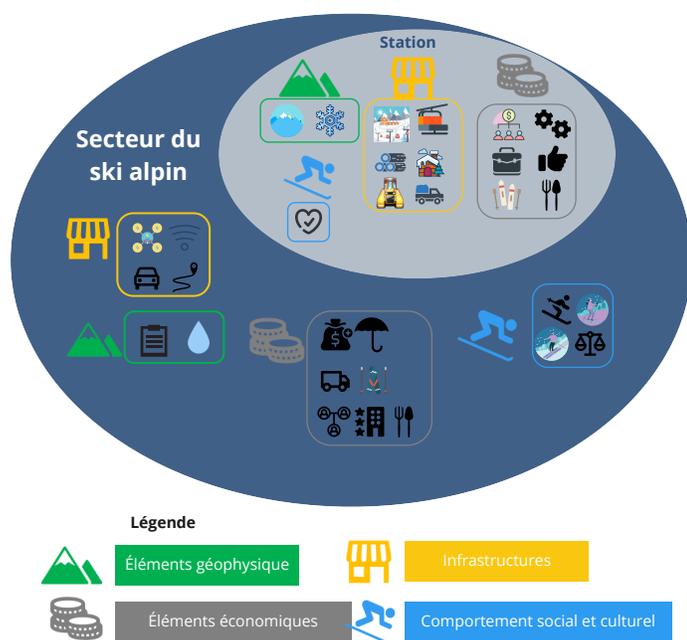


Figure 13 : Éléments exposés à l'échelle sectorielle du ski alpin

Éléments d'infrastructures et d'aménagements :

- **Réseaux d'alimentation (électricité, eau, sanitaires, communications)** distribuant l'électricité et l'eau, ainsi que les conduites sanitaires et les communications ;
- **Infrastructures de transport** permettant l'accès à la station.

Éléments de comportement social et culturel :

- **Imaginaire/perception (valorisation et acceptabilité) du ski** : ils font écho aux représentations de l'hiver et de la montagne, à l'intérêt pour le paysage ou la valeur esthétique associée à la montagne. La valorisation et l'acceptabilité du ski incluent l'adhésion de la clientèle et du public à la nécessité d'adaptation des stations, à l'évolution de l'identité montagnarde, à l'image vertueuse ou non du ski, et à la contribution du tourisme et du ski aux changements climatiques et donc au changement social.
- **Confort des skieurs** : il est en lien avec la perception de ce que sont des conditions de ski agréables qui déterminent la qualité de l'expérience de ski.



- **Clientèle (demande, composition et comportement d'achat)** : la **demande** est incarnée par les skieurs et les autres clients, leur fréquentation des stations, leur nombre et la durée de leurs séjours. La **composition** de la clientèle fait référence aux différents types de skieurs et autres visiteurs des stations de ski et à leurs évolutions. Elle comprend le changement démographique et générationnel. Le **comportement d'achat** et de pratique décrit les habitudes des skieurs (leur fréquentation et leur consommation de l'offre des stations). Il peut être influencé par des phénomènes sociétaux, des changements dans ce que le client souhaite consommer, par exemple la recherche de vacances respectueuses de l'environnement ou encore la quête de saines habitudes de vie.
- **Accès aux sports de glisse** : il concerne l'accessibilité économique aux sports de glisse, l'acceptabilité des tarifs qui sont en augmentation, l'influence de l'accessibilité à un large bassin de population, qui va à l'encontre de la perception élitiste de la pratique de ces sports.

Éléments économiques :

- **Financement** public/privé et **crédit** pour les bâtiments, pistes, matériel, etc.
- Accès au partage de risques : assurances.
- **Gouvernance et relations avec les ATR, ATS, MTO, MRC, DEC et autres acteurs** : Elle regroupe la conciliation entre les acteurs de la collectivité, les instruments et modes de gouvernance et les conflits d'usage.
- **Écosystème touristique** : restauration, hôtellerie, etc.
- **Fournisseurs équipementiers** : dameuse, remontées, canons, etc.
- Producteurs/**fournisseurs d'équipement de ski**.





Chapitre 3

Impacts des changements climatiques sur le système ski alpin québécois

Ce chapitre aborde les connaissances disponibles sur les impacts des changements climatiques sur le ski alpin en général, présente une analyse économétrique des impacts observés dans la période historique et des impacts projetés selon les deux scénarios d'émissions, et conclut avec une description de la propagation des impacts dans le système ski québécois sous forme de chaînes d'impacts (figure 14).

3.1 Ski alpin et changements climatiques

3.1.1 État des connaissances qualitatives et quantitatives

Les connaissances disponibles portent principalement sur la pression que causent les aléas climatiques, comme la hausse des températures, la diminution des précipitations neigeuses, l'augmentation des précipitations pluvieuses et la réduction du couvert neigeux naturel qui, ultimement, ont une incidence sur le domaine skiable. Ces aléas ont des répercussions sur la durée des saisons d'exploitation, tout comme le comportement des skieurs, ayant à leur tour des répercussions sur l'achalandage et les revenus. L'impact des aléas climatiques sur la capacité d'enneigement, ainsi que sur les pratiques de gestion des opérations et des risques est souligné dans le rapport scientifique ([voir le rapport scientifique pour plus de détails](#)).

Ultimement, les aléas climatiques affectent les profits des stations et du secteur (impacts économiques). Ils ont également une incidence sur l'emploi et l'écosystème touristique (hébergement, restauration, etc.), ainsi que sur les communautés d'accueil (impacts sociaux). Enfin, ils affectent l'approvisionnement en énergie et en eau (impacts environnementaux).

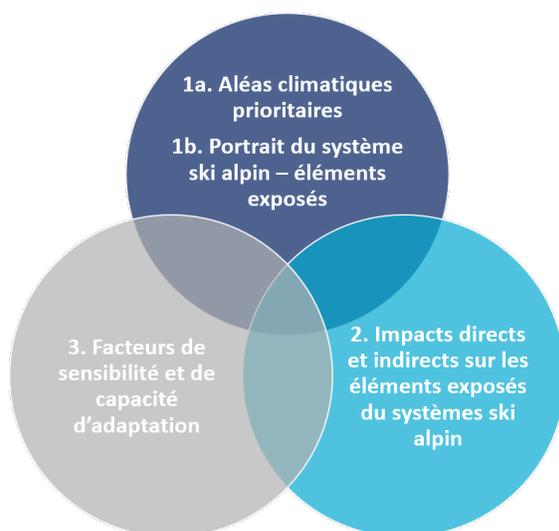


Figure 14 : Identification et représentation des impacts : 2^e étape vers un diagnostic de vulnérabilité

Les sujets **moins documentés** sont les effets des changements climatiques sur :

- la santé et la sécurité des employés et de la clientèle ;
- les services de transport ;
- les chaînes d'approvisionnement des fournisseurs des stations ;
- les exigences réglementaires de divulgation de la nature et des risques climatiques ;
- la gentrification de cette industrie ([voir le rapport scientifique pour plus de détails](#)).



3.2 Impacts des aléas prioritaires sur le système ski québécois

3.2.1 Analyse économique des impacts observés sur le secteur : analyse de régression

Une analyse de régression a été réalisée afin d'identifier les possibles relations entre les aléas climatiques et les indicateurs économiques des stations de ski. Les variables économiques ont été ajustées pour tenir compte de l'inflation (voir le [rapport scientifique](#) pour plus de détails méthodologiques). À partir des données historiques de Archambault, cette analyse des interactions climat-économie a permis d'identifier des relations statistiquement significatives à l'échelle du système ski alpin pour chacun des aléas climatiques prioritaires, selon les relations présentées dans le tableau 6³.

Tableau 6 : Variables économiques des stations ayant un lien statistiquement significatif avec trois des quatre aléas prioritaires entre 1998 et 2021

Aléas (nov.-mars)	Variables économiques statistiquement significatives selon l'aléa durant la période de 1998-2021 (durée pour laquelle les bilans économiques sont disponibles)		
	Revenus	Investissements	Employés
Hausse des températures moyennes hivernales	(-) jours d'exploitation		
Hausse du nombre de jours de gel-dégel en hiver	(-) jours d'exploitation	(+) investissements dans les bâtiments (+) investissements totaux	(+) nombre d'employés
Hausse de la pluie hivernale	(-) nombre de jours-ski (-) jours d'exploitation	(+) investissements en bâtiments (+) investissements totaux	

Ainsi, les changements climatiques semblent avoir déjà eu les répercussions suivantes sur l'économie des stations entre 1998 et 2021 :

- l'impact négatif des trois aléas sur les revenus via la baisse du nombre de jours-ski et des jours d'exploitation, principalement une perte d'environ 8 % [4 % – 22 %] des jours-ski par point de pourcentage de réchauffement dans les régions du Québec étudiées ;
- la hausse des investissements avec la manifestation des aléas de gel-dégel et pluie hivernale, principalement dans les bâtiments (entre 2,5 et 5,1 % pour chaque point de pourcentage d'augmentation de l'aléa) et se reflétant dans les investissements totaux (1,5 à 4,3 % pour chaque point de pourcentage d'augmentation de l'aléa) ;
- le besoin d'employer davantage de personnel (+0,5 à 1,2 % par point de pourcentage d'augmentation d'épisodes de gel-dégel).

³ L'aléa climatique « hausse du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol » n'a pas été inclus dans cette analyse, car les données pour l'indicateur de cet aléa n'étaient pas disponibles au moment de l'analyse.



3.2.2 Impacts économiques projetés

Suivant la méthodologie de l'analyse de régression décrite dans le rapport scientifique, les impacts économiques projetés des changements climatiques sur le secteur québécois du ski alpin au cours du 21^e siècle ont été calculés pour les quatre variables économiques : les investissements des stations, les jours d'exploitation, le nombre d'employés et l'achalandage. Notons que ces variables sont touchées par un ou plusieurs aléas climatiques prioritaires.

Ces variables économiques ont à leur tour des impacts sur les **éléments économiques**, une des quatre **catégories d'éléments exposés** à l'échelle des stations, celle-ci inclut : gestion des opérations, revenus et ventes (incluant la location d'équipement et les services de restauration), employés, réputation, positionnement et attractivité. Et à l'échelle sectorielle, les éléments économiques incluent l'accès au financement public/privé, l'accès au partage du risque et l'assurance, les producteurs et fournisseurs, l'écosystème touristique (restauration et hôtellerie, etc.), la gouvernance et les relations avec les ATR, ATS, MTO, DEC, MRC et autres ministères (voir section 2.2.3).

3.2.2.1 Investissements des stations

En moyenne, les stations de ski du Québec investissent collectivement 49,8 millions de dollars par année en immobilisations (Archambault, 2022). Elles allouent la majeure partie de ce montant aux bâtiments (45 %) et à l'enneigement (25 %). Les autres investissements en immobilisations regroupent les remontées mécaniques, les équipements de damage et les pistes.

L'analyse économétrique révèle une relation statistiquement significative entre les investissements des stations et les précipitations liquides et les épisodes de gel-dégel. Cela signifie que l'augmentation des précipitations liquides et des épisodes de gel-dégel provoque l'augmentation des investissements en immobilisations des stations. **Pour maintenir leurs activités au niveau actuel sur l'horizon 2021-2050, les stations pourraient devoir augmenter leurs investissements de 18 % selon le scénario d'émissions modérées et de 23 % selon le scénario d'émissions élevées.** Sur l'horizon 2041-2071, les augmentations requises pour maintenir le niveau d'activité actuel sont de 48 % selon le scénario d'émissions modérées et de 72 % selon le scénario d'émissions élevées. Considérant la hausse constante du prix des billets de ski au-delà de l'inflation depuis

le milieu des années 2000 au Québec, autant pour les billets journaliers que pour les abonnements annuels, les défis de financement pour maintenir les activités des stations pourraient s'accroître (calculs des auteurs d'après les données d'Archambault et l'IPC selon l'ISQ).

L'Estrie et les Laurentides sont les deux régions qui devront investir le plus pour maintenir leurs activités, avec des investissements supplémentaires variant de 2 millions de dollars à 9 millions de dollars par année pour l'Estrie et de 1,4 million de dollars à 6,8 millions de dollars par année pour les Laurentides, selon les périodes et les scénarios (tableau 7)⁴.

Ce sont aussi les deux régions qui comptent le plus de stations de ski et qui engagent le plus d'investissements à l'heure actuelle dans leurs infrastructures. **Cependant, dans les régions ayant récemment investi massivement en adaptation, les besoins futurs en investissement pourraient être inférieurs à ce qui est projeté ici, tandis que dans les régions ayant connu un sous-investissement les besoins pourraient être au contraire plus élevés.**

Il est à noter que par souci de protection de la confidentialité, seuls les résultats pour les régions comptant au moins trois stations sont présentés.

⁴ Il est à noter que les résultats de la région de la Capitale-Nationale, laquelle inclut les régions touristiques de Québec et de Charlevoix, ne comprennent pas le Massif de Charlevoix.

**Tableau 7 :** Investissements annuels moyens des stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par régions, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (en milliers \$ 2022)

		Estrie	Laurentides	Saguenay- Lac- St-Jean	Lanaudière	Mauricie- Centre- du Qc	Capitale- Nationale	Chaudière- Appalaches	Outaouais	Gaspésie- IdIM
Référence		22 100	13 300	3 300	4 000	3 300	1 500	1 600	1 200	600
2021- 2050	SSP2-4.5	+2 000	+1 400	+400	+400	+300	+200	+200	+100	+85
	SSP3-7.0	+3 800	+2 900	+900	+800	+600	+300	+300	+200	+200
2041- 2070	SSP2-4.5	+4 800	+3 300	+1 000	+1 000	+800	+400	+400	+300	+200
	SSP3-7.0	+9 000	+6 800	+2 000	+2 000	+1 400	+800	+700	+600	+400

Légende: ■ ≥ 2 000 ; 2 000 > ■ ≥ 500 ; ■ < 500

3.2.2.2 Jours d'exploitation

Au Québec, les stations de ski opèrent en moyenne 99 jours par saison, bien que cette durée varie selon les régions. Par exemple, l'Outaouais enregistre en moyenne 105 jours d'exploitation, tandis que la Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine ne compte que 48 jours. L'analyse de régression a montré que les jours d'exploitation sont significativement touchés par les précipitations liquides, la température moyenne et les jours de gel-dégel.

Selon le scénario d'émissions modérées (SSP2-4.5), les jours d'exploitation des stations du Québec ski devraient passer de 99 à 98 d'ici 2050, et à 95 d'ici 2070. Dans le scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0), ils pourraient diminuer à 97 jours d'ici 2050 et à 94 jours d'ici 2070, indiquant une réduction inévitable de la durée des saisons de ski à mesure que les aléas climatiques s'intensifient.

La longueur des saisons de ski présente des disparités importantes entre les différentes régions du Québec, mais la réduction des jours d'exploitation est dans l'ensemble proportionnelle aux jours d'exploitation de référence. Les régions de l'Outaouais, de la Capitale-Nationale, de l'Estrie et des Laurentides demeurent au-dessus des 100 jours d'ici 2021-2050, peu importe le scénario d'émissions, mais elles tombent sous les 100 jours à la période 2041-2070 dans le scénario d'émissions élevées (tableau 8).

Tableau 8 : Jours d'exploitation des stations de ski, régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0

		Outaouais	Capitale- Nationale	Estrie	Laurentides	Lanaudière	Mauricie- Centre- du Qc	Saguenay- Lac- St-Jean	Chaudière- Appalaches	Gaspésie- IdIM
Référence		105	104	104	104	96	80	71	56	48
2021- 2050	SSP2-4.5	103	102	102	102	94	79	70	55	47
	SSP3-7.0	102	101	101	101	93	78	69	55	46
2041- 2070	SSP2-4.5	101	100	100	100	92	77	68	54	46
	SSP3-7.0	98	96	97	97	89	75	66	52	44

Légende: ■ ≥ 100 ; 100 > ■ ≥ 80 ; 80 > ■ ≥ 60 ; ■ < 60



Les projections climatiques et économiques pour les États-Unis

À titre indicatif, un récent rapport de Scott et Steiger (2024) se penche sur les impacts économiques qui résulteraient des différents scénarios d'émissions de GES projetés pour les États-Unis.

Les auteurs constatent que d'ici 2050, même avec une technologie d'enneigement de pointe, les saisons de ski dans le Nord-Est américain pourraient être réduites de 15 jours dans le scénario de faibles émissions à 22 jours dans le scénario à fortes émissions.

L'estimation des pertes économiques pour l'ensemble de l'industrie du ski américaine atteindrait 657 millions de dollars dans le scénario d'émissions faibles, ou 1,4 milliard de dollars dans le scénario d'émissions élevées. Ces estimations tiennent uniquement compte des pertes de recettes directes pour l'industrie du ski, liées à la baisse de l'achalandage dans les stations et l'augmentation des coûts d'exploitation liés à la production de neige. Ces estimations ne tiennent pas compte de l'impact sur les biens immobiliers dans les destinations de ski les plus touchées. C'est donc dire que ces estimations sont relativement conservatrices. Elles représentent uniquement les pertes économiques directes pour l'industrie du ski, excluant les impacts indirects sur l'économie des destinations et communautés qui entourent les stations (diminution des dépenses dans les hôtels, restaurants, commerces de détail et autres dépenses liées au tourisme).

Notons que les différences dans les résultats entre le Québec et les États-Unis sont à prendre avec précaution, car les modèles utilisés pour projeter les impacts sont différents.

(Scott & Steiger, 2024)

3.2.2.3 Nombre d'employés

Les stations de ski québécoises emploient en moyenne 9 000 salariés en équivalent temps plein, avec 4 000 employés dans les Laurentides et 2 500 en Estrie (Archambault, 2023). La grande variabilité climatique complique l'entretien des pistes, nécessitant davantage de personnel pour maintenir des conditions de ski acceptables. Une relation statistiquement significative a été trouvée entre les jours de gel-dégel et le nombre d'employés, indiquant que les conditions climatiques influencent directement les besoins en main-d'œuvre.

Avec l'augmentation prévue des jours de gel-dégel, globalement, les stations du Québec ski pourraient devoir augmenter leur personnel de 300 à 700 employés d'ici 2050 et 2070 dans un scénario d'émissions modérées et de 500 à 1200 employés dans un scénario d'émissions élevées. L'incertitude des projections climatiques (voir le rapport scientifique pour les données d'incertitude) montre que, dans le meilleur des cas, le nombre d'employés nécessaires pourrait diminuer de 15 % d'ici 2041-2070, mais pourrait aussi augmenter de 3 000 à 3 500 employés dans le pire des cas, représentant une augmentation de près de 40 % de la main-d'œuvre.

Ce sont les régions de l'Estrie et des Laurentides qui devront le plus augmenter leur force de travail pour maintenir leurs activités, nécessitant entre 70 et 510 employés supplémentaires selon les périodes et les scénarios (tableau 9). Ces prévisions soulignent l'importance de la planification stratégique pour répondre aux défis futurs liés à la main-d'œuvre dans le contexte des changements climatiques.

Tableau 9 : Employés de stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par régions, SSP2-4.5 et SSP3-7.0

		Laurentides	Estrie	Capitale-Nationale	Outaouais	Lanaudière	Bas-Saint-Laurent	Chaudière-Appalaches
1998 - 2021		4 030	2 530	1 270	870	410	60	60
2021-2050	SSP2-4.5	+160	+70	+50	+30	+15	+2	+2
	SSP3-7.0	+210	+90	+80	+40	+25	+4	+3
2041-2070	SSP2-4.5	+380	+160	+110	+70	+40	+6	+5
	SSP3-7.0	+510	+200	+190	+90	+55	+9	+7

Légende: ■ ≥ 200 ; 200 > ■ ≥ 50 ; ■ < 50



3.2.2.4 Achalandage

L'achalandage des stations de ski du Québec atteint 6 millions de jours-ski en moyenne par an, après avoir culminé à plus de 7,2 millions au milieu des années 2000 (record de neige naturelle), puis chuté à 5,2 millions dix ans plus tard (année El Niño) avant de se stabiliser (Archambault, 2023). Les changements climatiques ont des répercussions complexes sur l'achalandage : les conditions défavorables diminuent directement les jours-ski, mais le Québec pourrait bénéficier d'un afflux accru de skieurs des régions voisines comme la Nouvelle-Angleterre et l'Ontario, où les effets du réchauffement climatique sont plus prononcés (Knowles et al, 2023).

Malgré cette dynamique, l'analyse de régression indique une relation négative entre l'augmentation des précipitations liquides et le nombre de jours-ski, c'est-à-dire que l'augmentation des précipitations liquides influence à la baisse l'achalandage des stations. **Dans un scénario d'émissions modérées, l'achalandage pour l'ensemble des régions du Québec ski pourrait diminuer de 2 % entre 2021-2050 et de 6 % entre 2041-2070. Dans un scénario d'émissions élevées, la baisse d'achalandage serait similaire d'ici 2070, mais atteindrait 15 % sur la période 2071-2100.** Ces projections **supposent des investissements continus pour maintenir les activités à leur niveau actuel.**

L'incertitude (voir le rapport scientifique pour les données d'incertitude) entourant ces projections montre que l'achalandage pourrait, dans le meilleur des cas, rester stable d'ici la fin du siècle, mais pourrait également chuter de plus de 25 % sur la même période.

Toutes proportions gardées, c'est en Gaspésie et au Saguenay-Lac-Saint-Jean, deux régions qui devraient subir la plus grande augmentation de précipitations liquides hivernales par rapport à ce qu'elles reçoivent actuellement, où la baisse de l'achalandage sera la plus importante, avec des baisses pouvant aller jusqu'à 7,5 % d'ici 2041-2070 dans le scénario d'émissions modérées.

Dans les trois régions où l'achalandage est le plus important, soit les Laurentides, l'Estrie et la Capitale-Nationale, on peut s'attendre à des baisses d'achalandage de l'ordre de 4 à 5 % d'ici 2021-2050 et de 9 à 12 % d'ici 2041-2070 dans le scénario d'émissions modérées (tableau 10).

Tableau 10 : Projection de l'achalandage des stations de ski, régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (%)

		Gaspésie-IdM	Saguenay-Lac-St-Jean	Laurentides	Capitale-Nationale	Outaouais	Lanaudière	Chaudière-Appalaches	Mauricie-Centre-du Qc	Estrie
Référence (milliers jours-ski)		66	182	1 874	1 013	420	371	130	268	1 407
2021-2050	SSP2-4.5	-3,2 %	-2,8 %	-2,4 %	-2,4 %	-2,4 %	-2,4 %	-2,3 %	-2,2 %	-2,0 %
	SSP3-7.0	-6,3 %	-5,9 %	-4,9 %	-4,8 %	-4,7 %	-4,6 %	-4,4 %	-4,1 %	-3,9 %
2041-2070	SSP2-4.5	-7,5 %	-6,7 %	-5,6 %	-5,5 %	-5,7 %	-5,7 %	-5,3 %	-5,3 %	-4,8 %
	SSP3-7.0	-15,0 %	-13,9 %	-11,6 %	-11,4 %	-11,1 %	-11,0 %	-10,6 %	-9,8 %	-9,2 %

Légende: ■ ≤ -10% ; ■ -10% < ≤ -5% ; ■ > -5%



3.2.3 Synthèse de l'analyse économique

Tableau 11 : Tableau synthèse des résultats de l'analyse économétrique pour le Québec ski

Variable économique	Variables climatiques (relations statistiquement significatives)	Scénario d'émissions	Variations selon l'horizon temporel		Messages clé
			2021 - 2050	2041- 2070	
Investissements des stations	<ul style="list-style-type: none"> • Précipitations liquides • Épisodes de gel-dégel 	Modérées (SSP2-4.5)	↑ 18 %	↑ 48 %	Possible accroissement des défis de financement des stations pour maintenir leurs activités actuelles.
		Élevées (SSP3-7.0)	↑ 23 %	↑ 72 %	
Jours d'exploitation (intervalle de confiance entre parenthèses)	<ul style="list-style-type: none"> • Précipitations liquides • Températures moyennes • Épisodes de gel-dégel 	Modérées (SSP2-4.5)	↓ 1 jour (de -9 à +7 jours)	↓ 4 jours (de -12 à +6 jours)	Le nombre de jours d'exploitation est un indicateur clé de la rentabilité des stations. Les conditions météorologiques favorables lors des congés et des longues fins de semaine ont une incidence sur leur succès économique.
		Élevées (SSP3-7.0)	↓ 2 jours (de -10 à +8 jours)	↓ 5 jours (de -13 à +4 jours)	
Nombre d'employés	<ul style="list-style-type: none"> • Épisodes de gel-dégel 	Modérées (SSP2-4.5)	↑ 300	↑ 700	Répondre aux défis de main-d'oeuvre dans le contexte des changements climatiques nécessitera des efforts de planification stratégique importants.
		Élevées (SSP3-7.0)	↑ 500	↑ 1200	
Achalandage	<ul style="list-style-type: none"> • Précipitations liquides 	Modérées (SSP2-4.5)	↓ 2 %	↓ 6 %	La diminution de l'achalandage varie beaucoup entre régions. Une diminution plus importante à l'échelle du système ski québécois pourrait atteindre 15% d'ici 2100.
		Élevées (SSP3-7.0)	↓ 2 %	↓ 7 %	

Cette analyse fait l'objet de plusieurs limites, lesquelles sont présentées au chapitre 1.

Quant aux résultats observés, autant le scénario d'émissions modérées que le scénario d'émissions élevées laissent entrevoir des impacts économiques significatifs au niveau des stations de ski. Ceci est corroboré par la littérature scientifique (Scott et al., 2020, Steiger et al, 2022, Knowles et al, 2023), de même que par l'observation de la réalité des stations de ski en Europe et ailleurs dans le monde.

Bien que la présente analyse montre une certaine variabilité parmi les régions en termes d'impacts, une modélisation plus fine des aléas climatiques couvrant la géographie spécifique à chaque station, appuyée de projections du couvert neigeux réalisées dans le cadre du projet PINS ([voir rapport PINS](#)), permettrait de mieux anticiper les impacts dans les différentes régions et stations, tels les travaux effectués par Pons et al, 2015.

Les impacts économiques projetés montrent que les stations devront déployer des stratégies d'adaptation novatrices pour faire face aux défis qui s'annoncent et poursuivre leur rôle de moteur socioéconomique et touristique en région.

Le statu quo n'est donc pas une option.

3.2.4 Résultats des chaînes d'impacts climatiques

À partir de la priorisation de quatre aléas climatiques et pour bien comprendre et représenter les relations entre le climat et les différents niveaux d'impacts sur le système ski alpin, des chaînes d'impacts climatiques ont été élaborées pour chacun des quatre aléas prioritaires. Cette compréhension avancée s'appuie notamment sur des ateliers de travail avec les stations de ski participantes sur les aléas prioritaires et permet de comprendre comment les impacts générés par ces aléas se propagent dans le système ski alpin (voir figure 15).

Selon la norme ISO14091:2021 (p. 4), une chaîne d'impact est une « approche analytique permettant de comprendre comment des aléas donnés engendrent des impacts directs ou indirects qui se propagent dans un système à risque ». En effet, le développement de chaînes d'impact permet de **visualiser les relations de cause à effet** entre les changements climatiques et les impacts directs et indirects que ceux-ci provoquent sur le système. Cette visualisation des impacts en cascade permet aux parties prenantes de mieux saisir comment les changements climatiques se propagent à travers leur système.

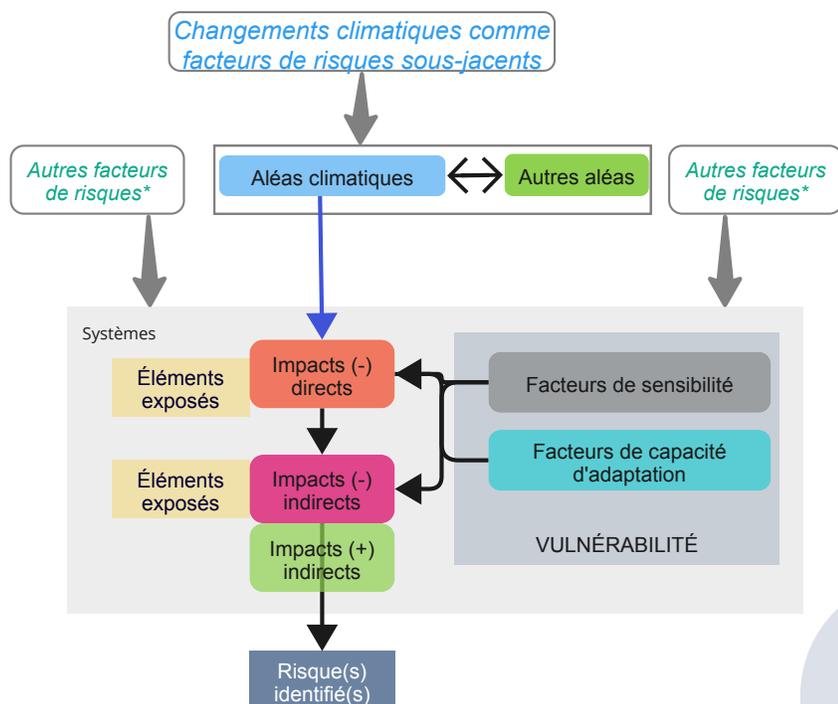


Figure 15 : Représentation conceptuelle des différentes composantes d'une chaîne d'impact (inspiré et traduit du *Climate Risk Source Book*, 2023)

*Autres facteurs de risques : conditions structurelles, contexte socio-économique, politique, culturel

La figure 15 présente les composantes d'une chaîne d'impacts simple :

- l'aléa climatique ;
- les impacts directs et indirects ;
- les éléments exposés (composantes) du système qui sont touchés par ces impacts ;
- les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui rendent les éléments exposés vulnérables ou résilients ;
- les autres facteurs de risques tels que le contexte socioéconomique, politique, culturel, etc.



Les chaînes d'impacts sont présentées en annexe du **rapport scientifique**. L'élaboration des chaînes d'impacts a permis de constater que les **impacts directs** sur les stations de ski alpin diffèrent selon chacun des quatre aléas hivernaux prioritaires, mais que les impacts indirects sur les éléments exposés des stations, du secteur et du système sont similaires.

Les **figure 16** et **figure 17** résument les impacts directs et indirects sur les éléments exposés des stations de ski alpin et du secteur selon les quatre aléas hivernaux.

	Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts en bleu et en gras sont les impacts directs , les autres sont indirects. ** Les impacts en mauve sont des impacts positifs	Aléas climatiques			
			Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales
Éléments géophysiques	Infrastructures & aménagements	- Détérioration des pistes et conditions de glisse + réduction du nombre de pistes ouvertes du domaine skiable	●	●	●	●
		- Augmentation du besoin en neige fabriquée - Réduction des plages optimales de températures pour fabriquer de la neige ou interruption de la fabrication	●	●	●	●
		- Domages causés au bâti, remontées mécaniques, réseaux d'alimentation Hydro-Québec, autres infrastructures; et sur l'accès vers la station		●		●
		- Vieillesse accélérée des infrastructures et équipements	●	●		●
	Comportement social et culturel	- Risque de blessure / accident pour les travailleurs et de la clientèle ; Hausse des dommages sur les équipements des skieurs ; Confort des skieurs diminué	●	●	●	●
		- Effet "cour arrière" pour la clientèle et l'imaginaire du ski (composition et comportement d'achat)	●		●	●
		- Hausse de la substitution spatiale / temporelle / activités (+) de la clientèle	●	●	●	●
	Éléments économiques	Augmentation des journées douces ; Moins de journées de grand froid pour le confort de la clientèle		●		
		Possible hausse des revenus de billetterie et autres (école de ski / Services de restauration) pour les mois réputés les plus froids (janvier, février)		●		
		- Augmentation des coûts d'opérations et d'entretien / Augmentation des investissements et des réclamations d'assurance			●	●
- Diminution / variabilité de la durée de la saison (jours d'exploitation) - Perte de revenus (achalandage : billetterie / autres) - Réduction de la rentabilité			●	●	●	
- Augmentation du besoin en main-d'oeuvre; Travail "d'urgence"; Pertes d'employés; Congés forcés; Augmentation de l'incertitude et de la précarité			●	●	●	
		- Augmentation de la pression sur les ventes & besoin de services marketing (Réputation, positionnement, attractivité)	●	●	●	●

Figure 16 : Impacts directs et indirects des quatre aléas hivernaux prioritaires sur les éléments exposés des stations



Les **éléments de la catégorie d'infrastructures et d'aménagements** et les **éléments géophysiques** des stations sont touchés par les quatre aléas prioritaires, soit la hausse des températures moyennes, la hausse des épisodes de gel-dégel, la hausse des jours sans couvert de neige naturelle et la hausse des précipitations liquides hivernales.

Les **impacts directs** (en gras dans la figure) sont la détérioration des pistes et conditions de glisse (éléments géophysiques), ainsi que les dommages causés par l'eau sur le bâti et les équipements de la station (gel-dégel et pluie hivernale seulement).

Les **impacts indirects** incluent la réduction du nombre de pistes ouvertes du domaine skiable, l'augmentation du besoin en neige fabriquée couplée à la réduction des plages optimales de températures pour fabriquer de la neige, le vieillissement accéléré des infrastructures et équipements, dû à la présence d'eau dans les équipements et l'utilisation croissante du système de fabrication de neige.

Les **éléments de comportement social et culturel** à l'échelle des stations sont touchés par les quatre aléas prioritaires. L'effet dit « cour arrière » ou « pelouse brune » représente un **impact direct** sur la clientèle (demande, composition et comportement d'achat), qui choisit par ricochet soit d'aller vers une autre station (substitution spatiale), de déplacer son activité à une autre date (substitution temporelle) ou de faire une autre activité (substitution de l'activité). Cela peut modifier l'achalandage, voire réduire les revenus et la rentabilité (voir éléments économiques plus bas), tandis que les impacts indirects qui découlent des mauvaises conditions de glisse augmentent les risques de blessures pour les travailleurs et pour les skieurs, elles diminuent aussi le confort des skieurs, ainsi que les risques de dommages aux équipements des skieurs (p. ex. gel-dégel).

À l'inverse, la hausse des températures moyennes en hiver aura comme **impact positif** (opportunité) de diminuer le nombre de journées de grands froids, ce qui est favorable pour la clientèle et donc peut générer une possible hausse de l'achalandage, des besoins en main-d'œuvre et des revenus pendant les mois considérés les plus froids (janvier et février).





Les **éléments économiques** (opérations, revenus et employés, réputation) à l'échelle des stations sont aussi affectés par les quatre aléas prioritaires. En effet, les impacts sur les éléments **d'infrastructures et d'aménagements** et sur la clientèle bousculent la gestion des opérations, notamment en augmentant **les coûts d'exploitation** et d'entretien et donc les **investissements** pour le maintien des infrastructures (voir section 3.2.2 sur les impacts économiques). Les aléas climatiques causent également une variabilité et/ou une **diminution de la durée de la saison** et donc des **jours d'exploitation**, qui engendrent une **réduction de l'achalandage** à travers le phénomène de **substitutions** de la clientèle (détaillé ci-dessus) et donc une **perte de revenus** (billetterie/autres) quantifiés dans la section 3.2.2 sur les impacts économiques projetés. Cette augmentation des coûts et la diminution des revenus ont pour effet de **réduire la rentabilité** des stations et d'augmenter la **pression sur les ventes** et le besoin en **services de marketing** pour assurer une bonne réputation, un positionnement clair et une attractivité auprès de la clientèle.

En plus de provoquer des impacts indirects sur la rentabilité des stations, la détérioration et la variabilité des conditions de glisse, notamment dues aux épisodes de gel-dégel, augmentent le **besoin de main-d'œuvre** (voir section 3.2.2 sur les impacts économiques). De plus, la variabilité des conditions apporte d'autres défis à la main-d'œuvre tels que le besoin de travailler en urgence pour entretenir des pistes touchées par de la pluie hivernale, ou les « congés forcés » lorsque les stations doivent être fermées pour cause de mauvaises conditions. Ces défis augmentent la pénibilité et l'incertitude pour les employés qui décident parfois de se tourner vers des emplois plus stables, ce qui ajoute des enjeux de rétention d'employés et parfois des départs d'employés au sein des stations.

Catégories d'éléments exposés	Impacts indirects sur le secteur et le système	Aléas climatiques			
	* Les impacts en mauve et bleu peuvent être aussi bien positifs que négatifs selon les régions	Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales
Éléments géophysiques	- Augmentation de la demande d'eau pour fabriquer de la neige; Risque d'épuisement des réserves régionales (seuil critique); Conflits d'usage; Santé & sécurité des populations; Sécurité hydrique.	●	●	●	●
	- Augmentation, à terme, des exigences réglementaires en tourisme durable	●	●	●	●
Infrastructures	- Augmentation de la pression sur les systèmes Hydro-Québec	●	●	●	●
Éléments économiques	- Augmentation de la concurrence entre régions au Québec	●	●	●	●
	- Augmentation de la concurrence avec les stations hors-Québec (avantage comparatif des stations québécoises face aux autres stations nord-américaines) *	●	●	●	●
	- Retombées sur l'écosystème touristique (restauration, hôtellerie, développement d'activités complémentaires - moins dépendantes de la météo) *	●	●	●	●
Comportement social et culturel	- Augmentation des tarifs ; Réduction de l'accès aux sports de glisse;	●	●	●	●

* Les aléas notés avec des points mauve et noir peuvent aussi bien apporter des impacts positifs que négatifs selon les régions

Figure 17 : Impacts indirects des quatre aléas hivernaux sur les éléments exposés du secteur et sur les enjeux du système ski alpin en général

⁵ L'effet « cour arrière » ou « pelouse brune » fait référence à « une perception parfois dissonante entre les conditions dans les milieux de vie des skieurs (majoritairement urbains) et les conditions en montagne » (Falardeau et Laigroz, soumis), les jours de pluie en ville sont des jours boudés par les skieurs car ils s'imaginent que les conditions sont les mêmes en stations de ski alpin.



À l'inverse, comme il est mentionné dans les éléments de **comportement social et culturel**, la hausse des températures moyennes en hiver pourrait avoir comme impact indirect, une possible **concentration de l'achalandage** et donc une **hausse des revenus** pendant les mois considérés les plus froids (janvier et février).

Les **éléments exposés à l'échelle du secteur** (figure 17) sont également touchés par les quatre aléas prioritaires. En effet, les impacts indirects sur les éléments géophysiques touchent les services écosystémiques, notamment la disponibilité en eau, et sont attribuables à l'augmentation de la demande en eau pour fabriquer de la neige. Cette augmentation du prélèvement de l'eau pourrait engendrer plusieurs risques tels que :

- la diminution ou l'épuisement des réserves régionales ;
- des conflits d'usage ;
- la baisse de la sécurité hydrique (quantité et qualité) ;
- une incidence négative sur la santé et la sécurité de la population.

Ces impacts indirects engendrent une augmentation des incitatifs ou des initiatives volontaires en tourisme durable pour préserver les écosystèmes en général et la ressource en eau en particulier, et pourraient mener à terme à des exigences réglementaires.

En plus d'augmenter les prélèvements en eau, la fabrication de neige demeure énergivore et contribue à une plus grande pression sur les infrastructures d'Hydro-Québec.

Tous ces impacts directs et indirects sur les stations et le secteur provoquent une augmentation de la concurrence parmi les régions au Québec au sein de l'écosystème touristique (hôtellerie, restauration, etc.), les fournisseurs équipementiers et manufacturiers d'équipement de ski et parmi les stations elles-mêmes. Cette concurrence accrue combinée à une réduction de la rentabilité pousse les stations à augmenter les tarifs, ce qui réduit l'accès aux sports de glisse pour un segment de clientèle généralement moins bien nantie.

Impacts nuancés selon les régions

Certains impacts peuvent être positifs comme négatifs selon les régions, notamment :

- l'augmentation de la concurrence avec les stations hors Québec. Les stations québécoises présentent un avantage comparatif face aux autres stations du Nord-Est américain, déjà plus touchées par les aléas climatiques (à nuancer selon les régions : au nord versus au sud du fleuve Saint-Laurent) ;
- les bénéfices pour l'écosystème touristique dans la catégorie de stations « destination » même quand la neige n'est pas au rendez-vous, car les skieurs qui y réservent un voyage ont plus tendance à faire autre chose sur place s'ils ne skient pas.





Chapitre 4

Facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation

Les résultats présentés dans ce chapitre concernant l'identification des facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation reposent principalement sur des entretiens individuels réalisés auprès de 25 stations de ski.

4.1 Facteurs de sensibilité des stations de ski au Québec

La sensibilité est la mesure dans laquelle un système ou une espèce est touché par les changements climatiques, plus précisément les caractéristiques intrinsèques d'une organisation ou d'un système (ISO 14091:2021). La sensibilité se décline en cinq principales catégories de facteurs, aucune n'étant absolument discriminante de manière isolée, mais agissant en interrelation et dans le contexte précis de chaque région ou station.

4.1.1 Compétitivité régionale

La catégorie de facteurs de sensibilité liés à la **compétitivité régionale** concerne le poids (l'importance) des stations à l'échelle locale au niveau de la vie sociale, économique et touristique et est variable selon les contextes. Les dynamiques présentes entre les stations et les régions, ainsi qu'au sein du milieu touristique, sont propres à la réalité de chaque région. Les facteurs de sensibilité qui pourraient aggraver les impacts des changements climatiques sur les stations de ski incluent :

- la proximité/distance des centres urbains ;
- le positionnement géographique/touristique de la station ;
- le poids de la station dans le tissu régional du ski ;
- le poids du tourisme dans la région ;
- le poids du ski dans le tourisme régional ;
- la concurrence intrarégionale qui fait écho à l'imbrication dans le tissu régional du ski : à la fois complémentaire à l'action des autres stations de la région et en concurrence, mais en comptant sur une certaine solidarité régionale ;
- la concurrence interrégionale qui, en termes de dynamiques interrégionales, voit les stations d'une région se jauger par rapport à celles des autres régions. La compétitivité de la région est fréquemment abordée en lien avec le sentiment d'être soi-même protégé « on est mieux adaptés ».

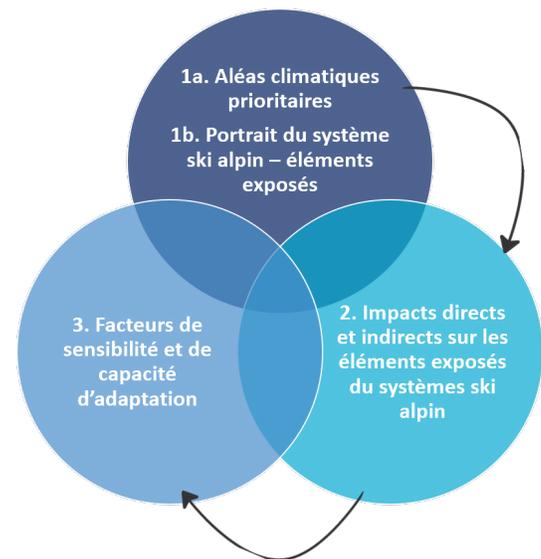


Figure 18 : Identification des facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation : 3^e étape vers un diagnostic de vulnérabilité

À l'échelle sectorielle, les facteurs suivants sont susceptibles d'aggraver les impacts des changements climatiques sur le système ski alpin :

- les investissements dans les territoires concurrents ;
- le poids des stations dans le tissu régional du ski ;
- le poids du tourisme dans la région ;
- le poids du ski dans le tourisme régional ;
- la concurrence intrarégionale ;
- la concurrence interrégionale.



4.1.2 Relations avec les partenaires et fournisseurs

La sensibilité associée aux relations avec les partenaires et fournisseurs du point de vue des **stations** inclut les facteurs suivants.

Approvisionnement par les fournisseurs

(équipements, restauration, etc.).

Face à leurs fournisseurs (p. ex. dameuses, remontées), les stations font face à des difficultés diverses liées indirectement aux changements climatiques, notamment la disponibilité de pièces ou d'équipements, mais principalement à la structure et l'évolution de ces industries (p. ex. la taille limitée du marché québécois pour les fabricants de remontées limite le nombre de fournisseurs).

Relations avec les institutions financières et partenaires financiers

Les stations peuvent représenter une clientèle risquée pour les institutions financières, ce qui pourrait motiver une demande pour un soutien gouvernemental plus important.

Relations avec les organismes de développement touristique (ATS, ATR)

L'ASSQ est souvent mentionnée par les stations comme l'un de leurs principaux, voire le seul partenaire pour le développement de stratégies d'adaptation qui dépassent l'échelle de la station.

Les partenaires territoriaux ou sectoriels comme les ATR et les MRC sont utiles, mais les collaborations avec les stations ont peu à faire avec les changements climatiques.

Ententes de service avec Hydro-Québec

Hydro-Québec est un partenaire crucial des stations. La sensibilité est peu ressentie quant à l'approvisionnement, à l'exception de certaines régions où l'âge du réseau crée des problèmes (pannes fréquentes). En revanche, le coût et les contraintes temporelles imposées aux stations se révèlent problématiques.

Accès et services de transport vers la station

La mise en place de transports collectifs, de navettes ou de solutions de remplacement à la voiture individuelle est souhaitée, mais difficile à mettre en place.

Il existe également des facteurs de sensibilité à **l'échelle du secteur**. En effet, **les relations avec les partenaires** sont également une catégorie de facteur de sensibilité qui peut venir amplifier les impacts des changements climatiques subis à l'échelle du système ski alpin, notamment :

- les priorités gouvernementales ;
- la collaboration à l'échelle sectorielle du ski avec Hydro-Québec ;
- la perception de l'hiver par les médias.

4.1.3 Modèles d'affaires

La plupart des stations jugent que leur modèle d'affaires (destination, école de ski, services de loisir) est adapté, y trouvant un bon dosage d'avantage et d'inconvénients.

Les nombreuses nuances concernant le modèle d'affaires, la gouvernance et la taille de la station illustrent que cette catégorie de facteurs n'apparaît pas comme déterminante en soi et doit plutôt être considérée en combinaison avec les autres caractéristiques spécifiques de chaque station :

- la taille de l'organisation ;
- le type de gouvernance (publique/privée) ;
- la catégorie de station de ski (destination, école des neiges, activités de loisir).

4.1.4 Caractéristiques biophysiques

Une part de la sensibilité est associée aux caractéristiques biophysiques des montagnes et des stations de ski, notamment sur la base des indicateurs suivants :

- la proximité de la ville (îlots de chaleur) ;
- la proximité d'un plan d'eau (inondations, date de gelée tardive, etc.) ;
- le type de sol (présence de végétation, changement dans l'utilisation, etc.) ;
- la proximité de la forêt ;
- la topographie et inclinaison ;
- l'altitude ;
- la latitude.



4.1.5 Disponibilité en eau

Les recherches sur le sujet de l'approvisionnement en eau suggèrent que cette dernière est un facteur de sensibilité présent actuellement, voire qui sera accentué dans le futur, mais auquel les stations ne font pas encore forcément face de manière aigüe.

Les facteurs de sensibilité concernant la disponibilité en eau sont :

- le mode d'approvisionnement en eau (système, accès source, etc.);
- les contraintes (réglementaires) de prélèvement ;
- le partage avec d'autres usagers.

L'anticipation d'une moindre acceptabilité sociale en lien avec les prélèvements d'eau, dans un contexte où il y aurait des enjeux en termes de disponibilité d'eau et de conflits d'usages, est identifiée comme étant une préoccupation émergente.

À l'échelle sectorielle, l'acceptabilité sociale des prélèvements et la capacité des barrages hydroélectriques sont deux facteurs qui seraient susceptibles de venir aggraver les impacts des changements climatiques sur le système ski alpin.

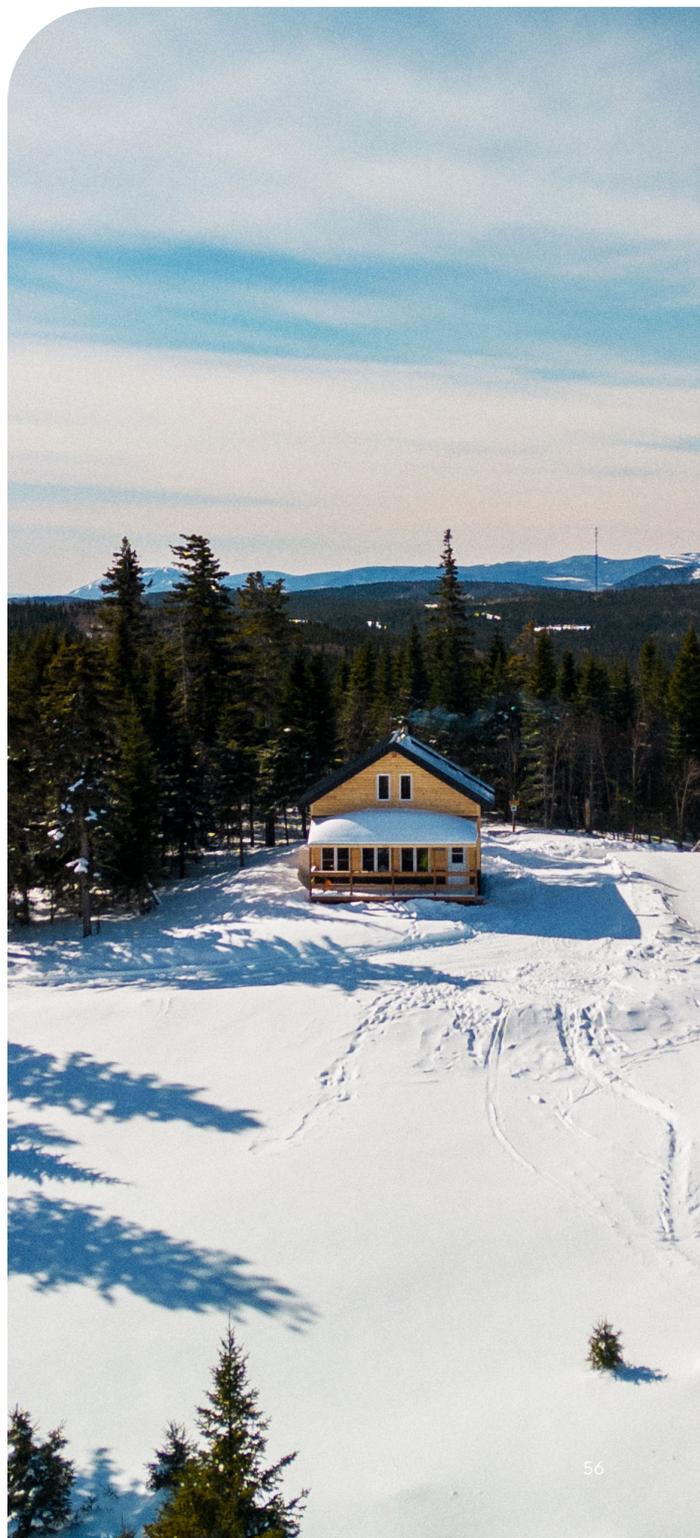
4.1.6 Caractéristiques des infrastructures et aménagements

Certaines caractéristiques des aménagements et infrastructures, tels que l'état, l'âge, le design et les matériaux, peuvent amplifier les impacts des aléas climatiques subis par les stations et représentent par conséquent des facteurs de sensibilité potentiels.

Les facteurs suivants composent la sensibilité de cette catégorie :

- l'âge, la conception et les matériaux des infrastructures, et l'état et la quantité des équipements (bâtiments, remontées, canons, système de drainage, réseaux d'alimentation, etc.);
- la taille du domaine skiable ;
- l'orientation du domaine skiable (ensoleillement sur les pistes, disposition des infrastructures stratégiques face aux vents dominants, etc.)

L'orientation cardinale de la station ou des versants et pistes, ou la taille du domaine skiable peuvent amplifier, par exemple, les besoins en entretien continu qui doivent être effectués.





4.2 Facteurs de capacité d'adaptation des stations de ski au Québec

La capacité d'adaptation est l'ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et d'autres organismes leur permettant de se prémunir contre d'éventuels dommages, de tirer parti des possibilités ou de réagir aux conséquences (ISO 14091:2021). La capacité d'adaptation se décline en quatre catégories de facteurs.

4.2.1 Capacité d'adaptation organisationnelle

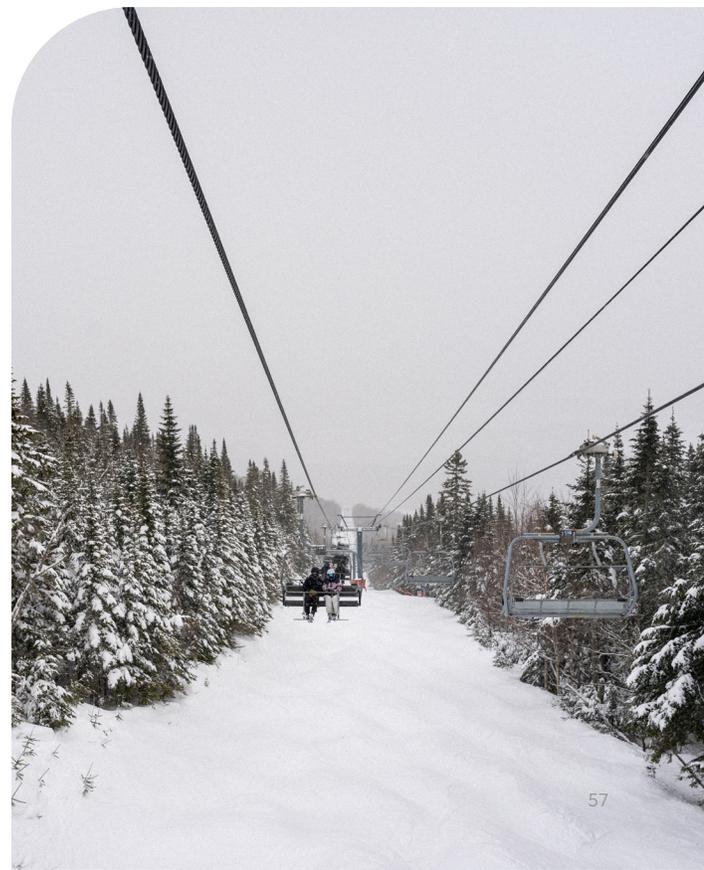
La capacité d'adaptation organisationnelle fait écho à l'intégration dans un organisme de « l'adaptation au changement climatique à ses processus de prise de décision, identifier et apporter des réponses qui ont du sens et les suivre, mettre à jour et améliorer ces réponses au fil du temps » (ISO 14091 : 2021).

Pour les stations de ski, celle-ci est basée sur différents facteurs tels que :

- La capacité à diversifier les activités : la présence d'activités complémentaires au ski en hiver, ou offertes au cours des autres saisons, est une stratégie largement adoptée avec des résultats jusqu'ici mitigés. Toutes les activités hors ski alpin ne se valent pas et représentent « beaucoup d'énergie pour pas beaucoup de revenus ».
- La capacité à modifier les sources de revenus du ski (augmentation des prix/forfaits, services connexes, diversifier les services de restauration, etc.).
- La capacité à collaborer avec les stations concurrentes (coopétition) : la « coopétition » est une pratique courante et appréciée par les stations, qui consiste à agir à la fois comme compétiteur et collaborateur. Ce type de relation n'est pas nécessairement en lien avec l'adaptation aux changements climatiques, mais plutôt une pratique « normale » dans l'industrie (prêt de matériel, échange d'expertise, collaboration, etc.).
- La capacité à communiquer avec la clientèle sur l'état des pistes et sur les actions d'adaptation en cours (marketing compris). Le lien avec la clientèle se décline sur plusieurs plans, par exemple adapter l'offre de produits, communiquer sur l'état des pistes, mobiliser l'adaptation aux changements climatiques en termes marketing, faire preuve de flexibilité et être stratégique dans les politiques d'annulation.
- La capacité à former son personnel en adaptation, résilience, développement durable, et services écosystémiques. Les employés sont en première ligne des impacts des changements climatiques.

Les stations doivent pouvoir compter sur des employés qualifiés et préparés. Certaines stations évoquent la difficulté de recruter le personnel requis.

- La capacité à mobiliser les ressources humaines (bénévoles inclus, au sein des opérations, recherche de partenariats, conseil d'administration).
- La capacité à faire preuve d'agilité opérationnelle (processus quotidiens, mode solution, cellule de crise, gestion des imprévus ou d'événements indésirables). Les stations doivent faire preuve d'une planification minutieuse et d'agilité organisationnelle pour anticiper les besoins en fabrication de neige, rétablir le domaine skiable et réagir aux événements climatiques.
- La capacité des procédures et politiques de la station à faciliter les actions d'adaptation : la planification active de l'adaptation (p. ex. plans).





4.2.2 Capacité d'adaptation technique

La capacité technique est la « mesure dans laquelle les technologies existantes ou les nouvelles technologies peuvent contribuer à améliorer l'adaptation au changement climatique à l'avenir » (ISO 14091 : 2021). Ses indicateurs pour les stations de ski sont les suivants :

- La capacité technique d'enneigement : la principale mesure d'adaptation implantée est sans conteste de fabriquer de la neige, stratégie adoptée depuis de nombreuses années par la vaste majorité des stations de ski. Les stations sont engagées dans un processus continu de renouvellement des équipements et infrastructures d'enneigement.
- La capacité à anticiper les variations de la météo : les variations de température et les fluctuations de la météo demandent une grande agilité de la part des stations. Certaines stations notent la nécessité de compter du personnel qualifié à l'interne en termes de météorologie pour être capable d'anticiper les événements. Une part réside dans la veille constante des prévisions météorologiques en vue de planifier les bonnes opérations de la montagne.
- D'autres capacités d'adaptation, plus sporadiques, incluent la capacité à conserver des réserves de neige, la capacité technique d'entretien (p. ex. améliorations technologiques, procédures, opérations) ou encore la mise en place d'outils technologiques pour la tarification dynamique.

4.2.3 Capacité d'adaptation financière

La capacité financière de s'adapter aux changements climatiques est « la mesure dans laquelle des ressources financières peuvent être mobilisées afin de veiller à ce que les actions d'adaptation puissent être identifiées, mises en œuvre et mises à jour » (ISO 14091 : 2021), basée sur les indicateurs suivants :

- la capacité à mobiliser les fonds pour de l'innovation et à faire preuve de créativité budgétaire ;
- la disponibilité des fonds pour s'adapter aux CC (capital disponible pour l'adaptation) ;
- l'accès au financement (type, coût, etc.) ;
- l'accès aux subventions ;
- l'accès aux assurances (augmentation des coûts des assurances voire risque de ne plus être assurables pour certains impacts causés par certains aléas, tel qu'un derecho)

Certaines stations notent la nécessité d'être créatif pour aller chercher des sources de revenus ou de financement diverses. Ainsi, certaines stations soulignent l'intérêt de créer des budgets spécifiques à l'adaptation. Le contexte politique dans la capacité d'adaptation financière se fait sentir dans les sources de financement public disponibles. L'appui est vécu de manière moins fluide ou efficace selon les contextes et les stations. Le soutien public ne se limite pas au financement, il concerne plus largement le contexte politique et les décisions publiques, incluant ce qui a trait au rôle des stations dans le tissu socioéconomique et la qualité de vie des citoyens.

4.2.4 Capacité d'adaptation sur la base de l'écosystème

La capacité des écosystèmes est « l'aptitude des écosystèmes naturels et gérés à s'adapter aux impacts du changement climatique » (ISO 14091:2021).

Pour les stations de ski : l'adaptation sur la base de l'écosystème mobilise les services rendus par la nature (p. ex. disponibilité en eau dans le bassin versant pour la fabrication de neige ou l'effet anti-érosion de la végétation). Ce sont en revanche parmi les capacités d'adaptation les moins connues et pratiquées.

Chapitre 5

Portrait de la vulnérabilité du système ski alpin

5.1 Pourquoi diagnostiquer la vulnérabilité ?

Un **diagnostic de vulnérabilité** permet de comprendre les forces et les faiblesses d'un système qui peuvent contribuer à rendre ce système et ses éléments exposés plus ou moins vulnérables face aux impacts des changements climatiques. Les « forces » d'un système ou d'un élément exposé sont représentées par des facteurs de capacité d'adaptation à faire face à un aléa climatique, tandis que les « faiblesses » sont représentées par des facteurs de sensibilité qui peuvent empirer les impacts des changements climatiques.

Par exemple, le système de fabrication de neige (élément exposé) est touché par le nombre de jours croissants sans couvert de neige naturelle (aléa climatique), car le système va devoir fabriquer plus de neige. Les « faiblesses » du système de fabrication de neige (facteurs de sensibilité) pourraient être l'âge, l'état ou la quantité des équipements, ou encore le mode d'approvisionnement en eau, les contraintes de prélèvement ou la disponibilité en eau. Alors que les « forces » (facteur de capacité d'adaptation) pourraient être la capacité financière par l'accès au financement, ou bien d'avoir des fonds dédiés pour s'adapter aux changements climatiques, la capacité à mobiliser les ressources humaines ou encore la capacité technique d'enneigement.

La vulnérabilité est fonction des facteurs de sensibilité et de la capacité d'adaptation qu'un système ou élément exposé peut présenter face aux impacts d'un aléa climatique (figure 19).

- Un élément exposé est très vulnérable quand il est à la fois très sensible, c'est-à-dire que les facteurs de sensibilité intrinsèques de l'élément exacerbent les impacts, et qu'il présente peu de capacité d'adaptation. Par exemple, un petit domaine skiable pourrait être considéré comme vulnérable :
 - › s'il est orienté de façon à ce que les vents poussent la neige à l'extérieur du domaine ou encore que son altitude ou sa taille lui confèrent une sensibilité élevée ;
 - › si la capacité d'adaptation est faible parce qu'il n'est pas possible d'agrandir le domaine ou de changer son orientation cardinale.
- Un élément exposé est peu vulnérable quand le niveau de sensibilité est faible et la capacité d'adaptation à faire face est élevée. Par exemple, les équipements des stations (véhicules, dameuses, etc.) sont peu vulnérables :
 - › s'ils sont conçus avec des matériaux durables, ou encore les relations avec les fournisseurs permettent de bien entretenir et prévenir les dommages (sensibilité faible) ;
 - › si la capacité d'adaptation organisationnelle, technique et financière est élevée pour permettre un entretien préventif et régulier.



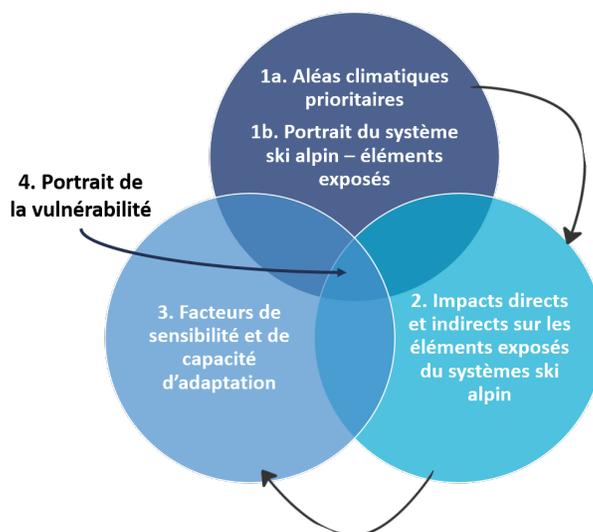
Figure 19 : Le continuum de la vulnérabilité, de très faible (résilient) à très élevée (vulnérable)

5.2 Rassemblement des données

Pour diagnostiquer la vulnérabilité globale du système ski alpin face aux changements climatiques, il faut donc rassembler les données recueillies tout au long du projet, notamment :

1. **a.** les données climatiques (historiques et projetées) des quatre aléas prioritaires hivernaux (chapitre 1) ;
b. les données sur les éléments exposés (chapitre 2) ;
2. les impacts directs et indirects sur les éléments exposés (chapitre 3) ;
3. les données sur la sensibilité et la capacité d'adaptation (chapitre 4), soit les données qualitatives recueillies lors des entretiens et les données quantitatives issues de l'analyse économique.

Étapes du diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin face aux changements climatiques



Lecture du portrait de la vulnérabilité

Le portrait de la vulnérabilité est rassemblé dans un tableau intégrateur, utilisé pour simplifier la présentation des résultats. Ce tableau présente les impacts directs et indirects des quatre aléas prioritaires, ainsi que les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui pourraient exacerber ou venir réduire les impacts en question.

Le tableau intégrateur permet de comprendre les relations entre les aléas climatiques vécus, la façon dont ils impactent les stations et permet aussi d'identifier les facteurs qui peuvent contribuer à améliorer ou aggraver ces impacts.

De gauche à droite (figure 20) :

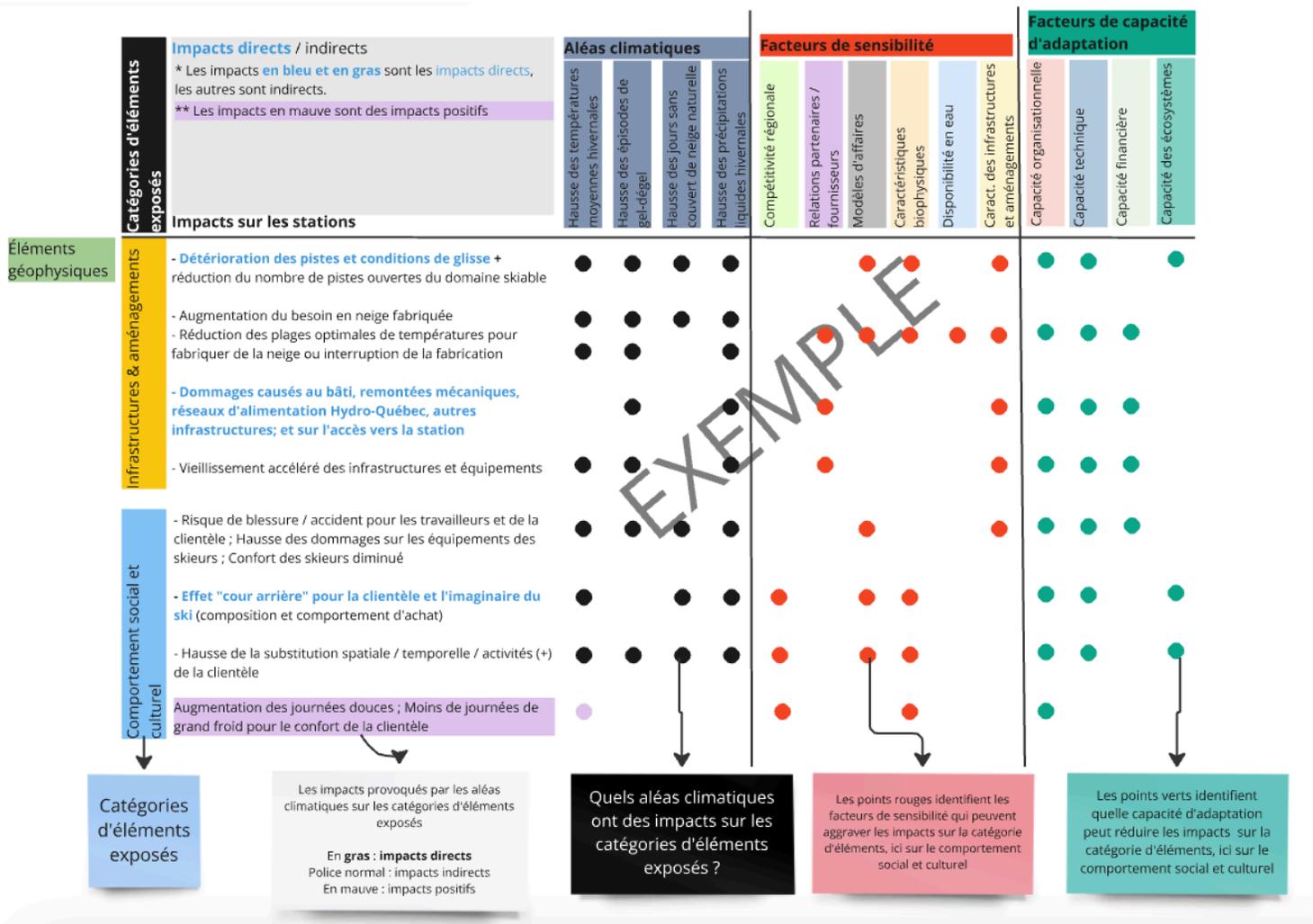
- La première colonne montre les catégories d'éléments exposés à chaque échelle : station, secteur et système (vu à la section 2.2.3).
- La deuxième colonne présente les impacts directs et indirects des aléas climatiques sur les éléments exposés (vu à la section 3.2.4).
- Les aléas climatiques qui provoquent ces impacts sont montrés par un point noir (impact négatif) ou un point mauve (impact positif ou opportunité) dans chacun des quatre aléas priorités par le projet⁶.
- Les deux groupes de colonnes suivantes regroupent les catégories de facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation⁷ (vu à la section 4) :
 - › Les **points rouges** représentent les facteurs de sensibilité qui peuvent exacerber les impacts directs et indirects sur les éléments exposés en question.
 - › Les **points verts** représentent les facteurs de capacité d'adaptation qui peuvent diminuer les impacts directs et indirects sur les éléments exposés en question.

⁶ Ces informations proviennent des chapitres 1 à 3 du projet, c'est-à-dire de l'établissement du contexte, de l'évaluation préalable des impacts et des chaînes d'impacts.

⁷ Les catégories de facteurs sont issues de l'analyse des discussions de l'atelier 2 du projet ainsi que des entretiens menés avec les stations.



Figure 20 : Comment lire le tableau intégrateur



Mise en garde sur les résultats

Les résultats présentés ci-dessous fournissent un portrait de la vulnérabilité en faisant état des aspects suivants :

- des impacts connus aujourd'hui à l'échelle des stations, qui se répercutent à l'échelle du secteur et plus largement sur le système ski ;
- des facteurs de sensibilité ressentis actuellement sur le terrain ;
- des capacités d'adaptation actuelles des stations à faire face aux impacts.

Le niveau de vulnérabilité des éléments exposés à l'échelle des stations peut être déterminé par un autodiagnostic. Un outil sur Excel qui recense tous les facteurs présentés précédemment est fourni aux stations. Chaque station pourra ainsi évaluer ses niveaux de sensibilité et de capacité d'adaptation (faible, modéré, élevé) par rapport aux facteurs pertinents pour son contexte. L'outil d'autodiagnostic dédié aux stations est décrit à la section 5.5.

5.3 Portrait de la vulnérabilité

5.3.1 Éléments d'infrastructures et d'aménagements et éléments géophysiques

Figure 21 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments géophysiques et des éléments d'infrastructures et d'aménagements à l'échelle des stations de ski alpin

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts en bleu et en gras sont les impacts directs , les autres sont indirects. ** Les impacts en mauve sont des impacts positifs	Aléas climatiques				Facteurs de sensibilité					Facteurs de capacité d'adaptation				
		Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales	Compétitivité régionale	Relations partenariales / fournisseurs	Modèles d'affaires	Caractéristiques biophysiques	Disponibilité en eau	Caract. des infrastructures et aménagements	Capacité organisationnelle	Capacité technique	Capacité financière	Capacité des écosystèmes
Éléments géophysiques	- Détérioration des pistes et conditions de glisse + réduction du nombre de pistes ouvertes du domaine skiable	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●
		- Augmentation du besoin en neige fabriquée	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●
Infrastructures & aménagements	- Réduction des plages optimales de températures pour fabriquer de la neige ou interruption de la fabrication	●	●		●				●	●	●	●	●	●	
	- Dommages causés au bâti, remontées mécaniques, réseaux d'alimentation Hydro-Québec, autres infrastructures; et sur l'accès vers la station		●		●				●	●	●	●	●	●	
	- Vieillesse accélérée des infrastructures et équipements	●	●		●				●	●	●	●	●	●	

Les impacts sur les éléments géophysiques et les éléments d'infrastructures et d'aménagements à l'échelle des stations décrits dans la section 3.2, peuvent être aggravés par les **facteurs de sensibilité** représentés par les **points rouges** dans la figure 21.

En effet, les impacts des quatre aléas sur les **éléments géophysiques** que sont le couvert neigeux et les conditions de ski pourraient être amplifiés par les **facteurs de sensibilité** suivants :

- le modèle d'affaires : taille de l'organisation, disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée pour remédier aux impacts sur le couvert neigeux ;
- les caractéristiques biophysiques/disponibilité en eau : topographie et inclinaison, caractéristiques du couvert forestier (p. ex. plus il est diversifié, moins le risque de maladie est élevé), proximité d'un plan d'eau (pour la fabrication de la neige), partage de l'eau avec d'autres usages/exploitation du territoire par divers usagers, type de sol.

D'autre part, les impacts sur les **infrastructures et les aménagements** des stations pourraient être aggravés par les **facteurs de sensibilité** suivants :

- la taille et l'orientation du domaine skiable ;
- l'âge, le design et les matériaux du bâti et l'état et la quantité des équipements ;
- la taille et le type de station de ski ;
- le mode d'approvisionnement en eau pour la fabrication de neige ;
- les contraintes de prélèvement d'eau ;
- le partage avec d'autres usages ;
- l'altitude ;
- la latitude ;
- la proximité à un plan d'eau (risque d'inondation).



Enfin, l'approvisionnement par les fournisseurs pour l'entretien des équipements, par exemple les ententes de services avec Hydro-Québec ainsi que le poids économique de la station dans le tissu régional du ski, représente également un facteur de sensibilité pouvant aggraver les impacts sur les infrastructures.

Face à ces facteurs de sensibilité, il existe des **facteurs de capacité d'adaptation** pour gérer ces impacts directs et indirects, et diminuer les facteurs de sensibilité présents. Les facteurs de capacité d'adaptation auxquels les stations font appel pour adapter leurs éléments **géophysiques** et d'**infrastructures** et d'**aménagement** concernent les quatre catégories de capacité d'adaptation : **financière, organisationnelle, technique et des écosystèmes**.

Pour atténuer les impacts sur le **domaine skiable**, les stations font appel à leur agilité opérationnelle (processus quotidiens, mode solution, cellule de crise, gestion des imprévus ou d'événements indésirables), à des capacités techniques, telles que la conservation de réserves de neige, l'automatisation des systèmes, ou encore une meilleure anticipation des variations de la météo. Enfin, certaines stations entretiennent de manière préventive le territoire et les aménagements paysagers, par exemple à travers la gestion sylvicole ou en utilisant des haies brise-vent.

Pour réduire les impacts sur **le bâti et les autres équipements** (remontées mécaniques, véhicules), les stations font appel aux assurances (financière), à la mobilisation des ressources humaines (organisationnelle) et à la capacité technique, par exemple par des améliorations technologiques, ou encore la création de procédures et le maintien des opérations.

Pour atténuer les impacts sur le **système de fabrication de neige**, les stations vont chercher divers types de financement et subventions gouvernementales pour soutenir leurs investissements dans la fabrication de neige (équipements plus performants, automatisation). Elles peuvent également reconditionner des équipements d'enneigement pour améliorer leur performance à température marginale. Dans la gestion des opérations, les gestionnaires mobilisent et forment les ressources humaines pour augmenter leur capacité technique d'enneigement.



5.3.2 Éléments de comportement social et culturel

Figure 22 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments de comportement social et culturel à l'échelle des stations de ski alpin

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts en bleu et en gras sont les impacts directs, les autres sont indirects. ** Les impacts en mauve sont des impacts positifs	Aléas climatiques				Facteurs de sensibilité					Facteurs de capacité d'adaptation			
		Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales	Compétitivité régionale	Relations partenariales / fournisseurs	Modèles d'affaires	Caractéristiques biophysiques	Disponibilité en eau	Caract. des infrastructures et aménagements	Capacité organisationnelle	Capacité technique	Capacité financière
Comportement social et culturel	- Risque de blessure / accident pour les travailleurs et de la clientèle ; Hausse des dommages sur les équipements des skieurs ; Confort des skieurs diminué	●	●	●	●					●	●	●	●	
	- Effet "cour arrière" pour la clientèle et l'imaginaire du ski (composition et comportement d'achat)	●		●	●	●		●	●		●	●		●
	- Hausse de la substitution spatiale / temporelle / activités (+) de la clientèle	●	●	●	●	●		●	●		●	●		●
	Augmentation des journées douces ; Moins de journées de grand froid pour le confort de la clientèle	●				●			●		●			

Les impacts des quatre aléas climatiques sur les éléments **de comportement social et culturel** à l'échelle des stations peuvent être aggravés par les **facteurs de sensibilité** suivants (figure 22).

Les facteurs de sensibilité qui pourraient aggraver les impacts sur la **santé et la sécurité des travailleurs et des employés** sont liés à l'état des infrastructures, au type de gouvernance et à la catégorie de station. Ces deux derniers facteurs sont liés au **modèle d'affaires** et ont une influence sur la gestion de l'entretien des infrastructures d'une station.

Les impacts des quatre aléas sur la composition et le comportement d'achat de la clientèle pourraient être aggravés par les facteurs de sensibilité tels que la **catégorie de station** ou le **type de gouvernance (publique/privée)**, ou encore **l'altitude et la latitude** de la station en question. Le **positionnement géographique et touristique** des stations, le **ponds des stations dans le tissu régional du ski, la concurrence intra et interrégionale** représentent également des facteurs de sensibilité pouvant exacerber les impacts sur la clientèle.

Face à ces facteurs de sensibilité, il existe des **facteurs de capacité d'adaptation** pour gérer ces impacts directs et indirects, et diminuer les facteurs de sensibilité présents. Dans le cas des impacts sur les éléments de comportement social et culturel, ce sont principalement des **capacités organisationnelles et techniques** qui sont mises en place par les stations. Pour diminuer les impacts sur la clientèle, les stations font appel à leur :

- capacité à faire preuve **d'agilité opérationnelle** (processus quotidiens, mode solution, cellule de crise, gestion des imprévus ou d'événements indésirables) ;
- capacité de **communication avec la clientèle** sur l'état des pistes et sur les actions d'adaptation en cours (marketing compris) ;
- capacité technique d'entretien des pistes, de fabrication de neige, etc. pour présenter un produit de qualité aux clients et se démarquer ;
- créativité en développant de nouveaux produits et services, afin d'attirer la clientèle et la conserver sur place plus longtemps et ainsi augmenter potentiellement leurs revenus.

Enfin, pour faire face aux impacts des aléas hivernaux et assurer le minimum d'impacts sur la santé et la sécurité des travailleurs et des employés, les gestionnaires de stations font appel à leur **capacité organisationnelle à mobiliser les ressources humaines**.

5.3.3 Éléments économiques

Les impacts sur les éléments **économiques** à l'échelle des stations peuvent être exacerbés par les facteurs de sensibilité et/ou allégés par les facteurs de capacité d'adaptation présentés dans la figure 23.

Figure 23 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments économiques à l'échelle des stations de ski alpin

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts en bleu et en gras sont les impacts directs , les autres sont indirects. ** Les impacts en mauve sont des impacts positifs	Aléas climatiques				Facteurs de sensibilité					Facteurs de capacité d'adaptation			
		Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales	Compétitivité régionale	Relations partenaires / fournisseurs	Modèles d'affaires	Caractéristiques biophysiques	Disponibilité en eau	Caract. des infrastructures et aménagements	Capacité organisationnelle	Capacité technique	Capacité financière
Impacts sur les stations	Possible hausse des revenus de billetterie et autres (école de ski / Services de restauration) pour les mois réputés les plus froids (janvier, février)	●				●		●			●			●
	- Augmentation des coûts d'opérations et d'entretien / Augmentation des investissements et des réclamations d'assurance		●	●	●	●	●	●		●	●			●
	- Diminution / variabilité de la durée de la saison (jours d'exploitation)	●	●	●	●	●	●	●	●		●			●
	- Perte de revenus (achalandage : billetterie / autres)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●
	- Réduction de la rentabilité		●	●	●	●	●	●	●	●	●			●
Éléments économiques	- Augmentation du besoin en main-d'oeuvre; Travail "d'urgence"; Pertes d'employés; Congés forcés; Augmentation de l'incertitude et de la précarité	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
	- Augmentation de la pression sur les ventes & besoin de services marketing (Réputation, positionnement, attractivité)	●	●	●	●	●		●			●	●	●	●

Les impacts des quatre aléas sur les éléments économiques des stations pourraient être aggravés par les **facteurs de sensibilité** tels que la **taille de l'organisation**, la **catégorie de station** ou le **type de gouvernance** (publique/privée). D'autres facteurs liés à l'**état des infrastructures** et des **aménagements**, ou encore l'**altitude et la latitude** de la station en question. Le **positionnement géographique et touristique** des stations, et le **poids des stations dans le tissu régional du ski** représentent également des facteurs de sensibilité pouvant exacerber les impacts sur les éléments économiques d'une station (opérations, revenus, employés). La distance (**proximité ou éloignement**) des **centres urbains** pourrait aggraver la difficulté à trouver et retenir de la **main-d'œuvre et attirer la clientèle**.

Face à ces facteurs de sensibilité, il existe des facteurs de **capacité d'adaptation** pour gérer ces impacts directs et indirects, et diminuer les facteurs de sensibilité présents.

Dans le cas des impacts sur les éléments économiques, ce sont principalement des **capacités organisationnelles et financières** qui sont mises en place par les stations, notamment par rapport aux éléments exposés de **gestion des opérations ainsi que les revenus et ventes (voir les tableaux 12 et 13)** :



Tableau 12 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur la gestion des opérations et les revenus et ventes

Capacité financière	Capacité organisationnelle
<ul style="list-style-type: none"> • Accès au financement • Accès aux subventions • Accès aux assurances • Capacité à mobiliser les fonds pour de l'innovation (créativité budgétaire) : créer de nouveaux produits, nouveaux services, optimiser les ressources, réparer plutôt que remplacer, etc. • Capital disponible pour l'adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité à faire preuve d'agilité opérationnelle (processus quotidiens, mode solution, cellule de crise, gestion des imprévus ou d'événements indésirables) • Capacité à diversifier les activités • Planification active de l'adaptation (ex. plans) : capacité des procédures et politiques de la station à faciliter (ou non) les actions d'adaptation • En plus de ces capacités, les stations tentent de collaborer entre stations concurrentes (coopétition) pour diminuer les impacts sur les revenus et les ventes.

Pour atténuer les impacts sur les **employés**, les stations démontrent une certaine **capacité financière et organisationnelle**, détaillée dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur les employés

Capacité financière	Capacité organisationnelle
<ul style="list-style-type: none"> • Accès au financement • Accès aux subventions • Capacité à mobiliser les fonds pour de l'innovation (créativité budgétaire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité à mobiliser les ressources humaines (bénévoles inclus, au sein des opérations, recherche de partenariats, conseil d'administration) • Capacité à former son personnel en adaptation, résilience, développement durable, et services écosystémiques

Enfin, pour améliorer leurs **réputation, positionnement et attractivité**, les stations tentent de **communiquer** avec la clientèle sur l'état des pistes, la présence de neige en montagne contrairement à la ville, et sur les actions d'adaptation en cours (marketing compris) (**organisationnelle**).

5.3.4 Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur

Figure 24 : Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur

Catégories d'éléments exposés	Impacts indirects sur le secteur et le système * Les impacts en mauve et bleu peuvent être aussi bien positifs que négatifs selon les régions	Aléas climatiques				Facteurs de sensibilité			Facteurs de capacité d'adaptation			
		Hausse des températures moyennes hivernales	Hausse des épisodes de gel-dégel	Hausse des jours sans couvert de neige naturelle	Hausse des précipitations liquides hivernales	Compétitivité régionale	Relations partenariales	Disponibilité en eau	Capacité organisationnelle	Capacité technique	Capacité financière	Capacité des écosystèmes
Éléments géophysiques	- Augmentation de la demande d'eau pour fabriquer de la neige; Risque d'épuisement des réserves régionales (seuil critique); Conflits d'usage; Santé & sécurité des populations; Sécurité hydrique.	●	●	●	●	●		●				●
	- Augmentation, à terme, des exigences réglementaires en tourisme durable	●	●	●	●		●	●	●			●
Infrastructures	- Augmentation de la pression sur les systèmes Hydro-Québec	●	●	●	●		●	●	●	●	●	
Éléments économiques	- Augmentation de la concurrence entre régions au Québec	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	- Augmentation de la concurrence avec les stations hors-Québec (avantage comparatif des stations québécoises face aux autres stations nord-américaines) *	○	○	○	○	●		●	●	●	●	
	- Retombées sur l'écosystème touristique (restauration, hôtellerie, développement d'activités complémentaires - moins dépendantes de la météo) *	○	○	○	○	●	●		●			●
Comportement social et culturel	- Augmentation des tarifs ; Réduction de l'accès aux sports de glisse;	●	●	●	●	●	●					

* Les aléas notés avec des points mauve et noir peuvent aussi bien apporter des impacts positifs que négatifs selon les régions

Les impacts sur les éléments à l'échelle du secteur peuvent être aggravés par les **facteurs de sensibilité** suivants :

- Les impacts sur les éléments géophysiques, comme l'augmentation de la demande d'eau pour fabriquer de la neige, pourraient être exacerbés par un **manque d'acceptabilité sociale des prélèvements en eau** pour la fabrication de neige, ou encore par un déficit de capacité des barrages hydroélectriques des infrastructures d'Hydro-Québec. L'acceptabilité sociale des prélèvements en eau pourrait également susciter de nouvelles exigences réglementaires en tourisme durable. Dans le même sens, l'augmentation de la pression sur les systèmes Hydro-Québec pourrait venir modifier les ententes contractuelles entre les stations de ski et Hydro-Québec (p. ex. augmentation des tarifs de pointe).
- Enfin, le **financement (public/privé)** auquel les stations ont accès pourrait être touché, selon la catégorie de station de ski (destination, école des neiges ou activités de loisirs), ou encore le type de gouvernance, les priorités gouvernementales et les investissements prévus dans les territoires concurrents.
- Les **relations entre les stations et les fournisseurs équipementiers**/équipements de ski alpin pourraient être affectées selon le poids des stations dans le tissu régional du ski alpin (si certaines stations trop touchées par les aléas climatiques hivernaux subissent une baisse d'achalandage qui rend potentiellement le service à ces stations moins prioritaires aux yeux des fournisseurs).



- Les impacts et/ou retombées positives sur **l'écosystème touristique** (hôtellerie, restauration, etc.) pourraient être accentués selon l'importance du tourisme dans la région, le poids des stations dans le tissu régional du ski, ainsi que les investissements dans les territoires concurrents et les priorités gouvernementales. Ceci étant dit, étant donné que les impacts des changements climatiques varieront d'une région à l'autre, tant au Québec qu'en Amérique du Nord, il est parfois avancé que certaines stations québécoises situées dans des régions où ces impacts seront les moins intenses pourront bénéficier d'un achalandage supplémentaire en provenance des régions les plus touchées, comme le Nord-Est des États-Unis ou l'Ontario (Singh et al., 2009).
- Enfin, les impacts des aléas hivernaux, notamment l'augmentation des tarifs et la réduction de l'accès aux sports de glisse sur la **composition et le comportement d'achat de la clientèle** pourraient être aggravée par le poids des stations dans le tissu régional du ski, le poids du tourisme dans la région, ainsi que la concurrence intra et interrégionale.
- Face à ces facteurs de sensibilité, il existe quelques facteurs de **capacité d'adaptation** à l'échelle du secteur, mais ils sont peu connus ou encore à développer. Les facteurs de capacité d'adaptation connus font principalement partie des **capacités organisationnelles**, notamment :
 - › la communication pour valoriser l'hiver en montagne pour faire face à la perception et l'imaginaire du ski ;
 - › la planification active de l'adaptation effectuée par l'ASSQ à travers ce projet, qui a donné lieu à un **plan de résilience sectoriel** ;
 - › les initiatives de développement pour les nouveaux skieurs réalisées à l'échelle du secteur par l'intermédiaire de l'ASSQ et qui permettent de rendre accessibles les sports de glisse pour les novices. En effet, au Québec, les programmes scolaires sont très populaires et les initiatives comme « Ma première fois », « Iniski/Inisurf » à l'école, « Expérience maneige » permettent l'initiation de dizaines de milliers de jeunes chaque année (ASSQ, 2024). Ces efforts pour renouveler la clientèle en multipliant les occasions d'intégrer la pratique du ski chez les enfants et les immigrants comprennent la diversification de l'offre des écoles de ski, davantage de partenariats avec les établissements scolaires, les Unités régionales de loisir et de sport (URLS), etc.

5.3.5 Synthèse du portrait de la vulnérabilité

Les quatre catégories d'éléments exposés à l'échelle des stations subissent des impacts négatifs des quatre aléas prioritaires hivernaux. Les éléments économiques sont ceux qui ressortent avec le plus de facteurs de sensibilité pouvant potentiellement aggraver les impacts déjà connus et présenter une vulnérabilité élevée. En effet, **l'analyse des impacts économiques projetés** montre que les impacts des aléas prioritaires sur les investissements, les jours d'exploitation, l'achalandage et le nombre d'employés augmenteront d'ici 2041-2070. Des nuances sont à apporter selon les groupes climatiques et à l'échelle de chaque région étant donné que l'évolution des aléas climatiques diffère pour chaque groupe climatique, mais également à l'intérieur d'une même région, par exemple selon la proximité par rapport au fleuve Saint-Laurent (voir les messages clés par aléas climatiques — section 2.1.3 et la synthèse de l'analyse économétrique — section 3.2.3).

Toutes les stations du système ski alpin québécois vivent, dans leurs opérations quotidiennes, les impacts des changements climatiques. Les changements climatiques sont d'ailleurs rendus en haut de la liste des préoccupations des stations depuis les deux dernières années. Ce sont surtout les stations situées dans le sud du Groupe 1 Sud-Ouest (Montréal, Estrie, Montréal) et du Groupe 2 Nord-Ouest (sud de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière), celles situées proche du Lac-Saint-Jean et au bord du fleuve sur la Côte-Nord dans le Groupe 3 Nord-Est, ainsi que celles du Groupe 4 Sud-Est au bord du fleuve qui voient déjà le plus d'impacts et qui continueront de vivre des impacts des changements climatiques. Le reste des stations situées davantage dans les terres subissent également des impacts, mais de façon plus modeste.



Les quatre catégories d'éléments (géophysiques, infrastructures et aménagements, économiques, comportement social et culturel) aux deux échelles sont exposées aux quatre aléas climatiques prioritaires. Plus particulièrement, les **éléments géophysiques** subissent les impacts directs et présentent des facteurs de sensibilité (disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée, disponibilité en eau, le partage de l'eau avec d'autres usagers, etc.) qui peuvent être des facteurs limitants pour s'adapter à la diminution de jours sans couvert de neige naturelle, si la capacité pour fabriquer de la neige est contrainte par ces facteurs.

Les trois autres catégories d'éléments subissent surtout les impacts indirects. Les éléments **d'infrastructures et d'aménagements** sont non seulement sensibles par rapport aux relations avec les fournisseurs et à la disponibilité des pièces dans la chaîne d'approvisionnement pour l'entretien des infrastructures, mais aussi par rapport au mode d'approvisionnement en eau pour la fabrication de neige, ou par exemple les contraintes de prélèvement d'eau. Les impacts sur les éléments de **comportement social et culturel**, soit les clients qui font vivre l'industrie sont accentués par l'effet « cour arrière » ou « pelouse brune », qui crée un écart entre la réalité hivernale des clients en ville et celle des stations et montagnes enneigées. Les **éléments économiques** des stations et du secteur arrivent en bout de chaîne d'impacts et présentent le plus de facteurs de sensibilité aux deux échelles, ce qui démontre une certaine vulnérabilité, à nuancer selon les régions. Des exemples de facteurs de sensibilité incluent la taille et le modèle d'affaires de l'organisation, le positionnement géographique, la proximité des centres urbains ou encore l'état des infrastructures.

Pour atténuer ces impacts et ces facteurs de sensibilité qui les accentuent, les stations ont de nombreuses capacités d'adaptation qui leur permettent de faire face, telles que les capacités organisationnelles (p. ex. : l'agilité opérationnelle dans l'entretien et la gestion des ressources humaines, la communication avec la clientèle), technique (p. ex. : la conservation des réserves de neige), financières et enfin la capacité des écosystèmes (p.ex. : l'entretien préventif du paysage à travers la gestion sylvicole).

À l'échelle du secteur, les **éléments géophysiques**, notamment les services écosystémiques (disponibilité en eau pour la fabrication de neige), et les **éléments économiques** liés à l'écosystème touristique, le financement public/privé sont ceux qui ressortent avec le plus de facteurs de sensibilité, ayant potentiellement plus d'impacts sur la vulnérabilité du secteur, car encore peu de capacité d'adaptation à l'échelle sectorielle.

La multitude de facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation recensés dans le cadre de ce portrait de la vulnérabilité montre clairement que la vulnérabilité n'est pas seulement attribuable à l'évolution du climat, qui est hors du contrôle des stations, mais qu'elle est **multifactorielle**. La compréhension de ces facteurs permet de mettre en place des mesures pour s'adapter à l'évolution du climat et devenir des stations plus résilientes. Le fait qu'aucun facteur de sensibilité ne se démarque comme facteur déterminant de la vulnérabilité des stations accentue la nécessité de comprendre les **deux caractéristiques de la vulnérabilité**, à savoir les **facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation** propres aux éléments exposés aux aléas climatiques qui pourraient aggraver ou réduire les impacts, pour savoir où agir pour s'adapter.



5.4 Outil d'autodiagnostic de vulnérabilité pour les stations

Dans le but d'outiller les stations pour s'adapter aux changements climatiques, un outil d'autodiagnostic de vulnérabilité face aux changements climatiques a été bâti pour les stations, basé sur les résultats du portrait général de la vulnérabilité du système ski alpin. Cet outil permettra aux stations de faire leur propre diagnostic et de comprendre leurs forces (capacité d'adaptation) et leurs faiblesses (sensibilité) pouvant diminuer ou aggraver les impacts des quatre aléas climatiques hivernaux, pour pouvoir mieux cibler les mesures d'adaptation à mettre en œuvre à leur échelle, tout en s'inspirant des pistes du plan de résilience sectoriel.

Cet outil se décompose en trois grandes étapes :

- 1. Étape 1 :** prendre connaissance des descriptifs des aléas, des éléments, des impacts et des facteurs de sensibilité (faiblesse) et de capacité d'adaptation (forces) qui peuvent aggraver ou diminuer les impacts des aléas climatiques hivernaux d'une station de ski.
- 2. Étape 2 :** effectuer une analyse d'exposition en répondant à la question suivante : Quels sont les éléments (composantes) de votre station qui sont exposés aux aléas climatiques (hausse des températures, pluie hivernale, gel-dégel, jours sans couvert de neige) ?
- 3. Étape 3 :** mener un diagnostic de vulnérabilité des éléments exposés en :
 - a.** identifiant les faiblesses (facteurs de sensibilité) connues des éléments exposés qui seraient susceptibles d'empirer les impacts des aléas climatiques hivernaux.
 - b.** qualifiant à quel point ces faiblesses (facteurs de sensibilité) pourraient venir empirer les impacts des aléas climatiques hivernaux (faible = peu ; modéré = assez ; élevé = beaucoup) ;
 - c.** identifiant les forces (facteurs de capacité d'adaptation) connues des éléments exposés, qui seraient susceptibles de diminuer les impacts des aléas climatiques hivernaux ;
 - d.** qualifiant à quel point ces forces (facteurs de capacité d'adaptation) pourraient venir diminuer les impacts des aléas climatiques hivernaux (faible = peu ; modéré = assez ; élevé = beaucoup) ;
 - e.** constatant les résultats du diagnostic de vulnérabilité, soit les éléments exposés qui sont le plus vulnérables à votre station ;
 - f.** en identifiant des mesures d'adaptation face à ces vulnérabilités : les mesures d'adaptation à mettre en place pour atténuer les faiblesses (facteurs de sensibilité) et/ou pour renforcer les forces (facteurs de capacité d'adaptation) ; consulter le [plan de résilience sectoriel](#).



Conclusion

Le **système ski alpin** fait face à des enjeux économiques, sociaux, démographiques et environnementaux qui seront amplifiés avec les changements climatiques dans le futur, comme le montrent les projections des quatre aléas climatiques prioritaires. On peut anticiper que les autres aléas hivernaux et les aléas sur les autres saisons apporteront également leur lot de défis.

Ce rapport synthèse présente le diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin. Les aléas climatiques priorités par les stations participantes comme étant les plus problématiques pour mener leurs opérations sont : l'augmentation des températures moyennes hivernales, le nombre de jours de gel-dégel, le nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol et les précipitations liquides¹. Le portrait du système ski alpin a révélé des éléments exposés face aux quatre aléas prioritaires à l'échelle des stations et à l'échelle du secteur (chapitre 2). L'établissement de ce contexte a permis d'identifier et de représenter les impacts des quatre aléas climatiques sur les éléments exposés, à travers une analyse économétrique, ainsi que des chaînes d'impacts climatiques. L'analyse économétrique démontre que les variables économiques des stations (revenus, investissements, nombre d'employés et achalandage) sont et seront touchées par les aléas climatiques prioritaires. Les chaînes d'impacts permettent de visualiser comment les impacts se propagent dans le système ski alpin (chapitre 3).

Des entretiens menés avec les stations participantes sur les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation ont consolidé la compréhension du système ski (chapitre 4) et permis de dresser un portrait de la vulnérabilité à l'échelle des stations et du secteur. C'est en regroupant les aléas, les impacts sur les éléments exposés ainsi que les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui peuvent les aggraver (chapitre 5) que les conclusions suivantes ont pu être émises :

- Les quatre catégories d'éléments aux **deux échelles** de travail (station et secteur) sont exposées aux quatre aléas climatiques prioritaires : hausse des températures moyennes hivernales, hausse des épisodes de gel-dégel, hausse des jours sans couvert de neige naturelle au sol, hausse des précipitations liquides (pluie hivernale).
- La multitude de facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation recensés dans le cadre de ce portrait de la vulnérabilité montre clairement que la vulnérabilité n'est pas seulement attribuable à l'évolution du climat qui est hors du contrôle des stations, mais qu'elle est **multifactorielle**. La compréhension de ces facteurs permet de mettre en place des mesures pour s'adapter à l'évolution du climat et devenir des stations plus résilientes. Le fait qu'aucun facteur de sensibilité ne se démarque comme facteur déterminant de la vulnérabilité des stations accentue la nécessité de comprendre les **deux caractéristiques de la vulnérabilité**, à savoir les **facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation** propres aux éléments exposés aux aléas climatiques qui pourraient aggraver ou réduire les impacts vécus à la station, pour savoir où agir en priorité pour s'adapter.

¹ En plus des quatre aléas prioritaires, dix autres aléas climatiques ayant des impacts sur les stations de ski et le système ski alpin dans son ensemble ont été identifiés sur les quatre saisons, à savoir : diminution des précipitations neigeuses, redoux hivernaux, verglas, vents violents, sécheresses, fortes pluies et inondations, canicules, orages et événements convectifs, incendies de forêt, et mouvement de masse. Les données climatiques disponibles pour certains des 10 autres aléas sont présentés dans l'Annexe 1 ainsi que dans le rapport scientifique.



Recommandations

Les résultats de ce projet de recherche ont mis en évidence plusieurs limites (section 1.3), suggérant la nécessité de recherches supplémentaires. En effet, pour approfondir la compréhension de la vulnérabilité du système ski face aux changements climatiques, l'équipe de recherche préconise de :

- Réaliser des diagnostics de vulnérabilité et des appréciations de risques à l'échelle des stations de ski, par les questionnaires de stations de ski eux-mêmes, dans le but de capturer les subtilités et la réalité de chaque station, mais aussi d'**internaliser les compétences en adaptation** aux changements climatiques. En effet, la complexité liée à la diversité des échelles comprises dans ce projet a démontré qu'un diagnostic de vulnérabilité est à réaliser à l'**échelle individuelle** des stations, pour pouvoir ensuite agréger ces données à l'échelle du secteur et par région touristique et combler le manque de **données sectorielles**.
- De la même manière, considérant que le projet a pu prendre en compte les impacts économiques des changements climatiques sur les stations seulement (revenus, coûts, etc.), pour capter l'**impact socio-économique plus globale**, il est recommandé d'étudier comment les impacts économiques des changements climatiques sur les stations de ski se répercutent non seulement dans l'**écosystème touristique**, mais aussi sur les **collectivités de montagne**.
- Étudier le **comportement des consommateurs** dans un contexte de pratique d'activité hivernale ou de plein air face aux impacts des changements climatiques pour mieux comprendre les **effets de substitution** aussi bien spatiale que temporelle mais aussi de substitution d'activité, dans le but de mieux anticiper et d'adapter les pratiques des stations pour les rendre plus agiles dans leur gestion des opérations.
- Approfondir l'analyse de la **vulnérabilité** des stations de ski face aux **aléas climatiques** sur les **trois autres saisons**, pour lesquels les données en **climat futur** ne sont pas systématiquement disponibles en science du climat, tel que les vents violents, les mouvements de masse et les incendies de forêt.

Plus spécifiquement pour l'ASSQ et ses membres, à l'**échelle sectorielle**, un plan de résilience sectoriel découle directement de ce portrait de la vulnérabilité et sera mis en œuvre par l'Association des stations de ski du Québec, en collaboration avec les parties prenantes du système, notamment les stations membres, les partenaires touristiques (p. ex., associations touristiques régionales et sectorielles), les fournisseurs, etc.

À l'**échelle des stations**, les questionnaires de stations de ski pourront utiliser le portrait général de la vulnérabilité comme point de départ pour affiner leur compréhension de la situation et identifier les recommandations adaptées à leur propre échelle. En effet, l'utilisation de l'**outil d'autodiagnostic de vulnérabilité**, fourni dans le cadre du projet, permettra aux questionnaires de stations de mener à bien leur propre diagnostic et, par la suite, d'analyser et de quantifier les risques identifiés pour mieux prioriser les mesures d'adaptation à mettre en place. Celles-ci pourront être inspirées du plan de résilience sectoriel, et adaptées au contexte de chaque station. Une fois les mesures d'adaptation identifiées, les stations pourront élaborer un plan d'adaptation et le mettre à jour aux cinq ans selon les avancées de leur adaptation et l'évolution des vulnérabilités identifiées.



Références

- Abegg, B., Morin, S., Demiroglu, O. C., François, H., Rothleitner, M., Strasser, U. (2021). Overloaded! Critical revision and a new conceptual approach for snow indicators in ski tourism. *International Journal of Biometeorology*, 65(5), 691–701. DOI:10.1007/s00484-020-01867-3
- Alliance de l'industrie touristique du Québec. (2020). L'industrie touristique en chiffres. https://allianceturistique.com/lindustrie-touristique-en-chiffres/#2_ftn1
- Archambault, M. (2015). Les retombées économiques de l'industrie du ski alpin au Québec, Rapport rédigé pour l'Association des stations de ski du Québec, 18 p.
- Archambault, M. (2022). Étude économique et financière des stations de ski du Québec.
- Archambault, M. (2023).
- Archambault, M. et Audet, S. (1997). À la recherche des skieurs alpins : la situation dans les Cantons-de-l'Est. *Téoros*, 16(1), 28–31.
- Archambault, M., Morin, J., Chung, C. et ASSQ (2022). Étude économique et financière des stations de ski du Québec 21-22.
- ASSQ. (2020). Une nouvelle politique du ski associée à la nouvelle stratégie de croissance de l'industrie touristique. Préparé dans le cadre des consultations budgétaires 2020 – 2021, présenté au ministère des Finances du Québec [en ligne, 2024-01-18] [Document finances 10 janvier FINAL \(gouv.qc.ca\)](#)
- ASSQ. (2021). Rapport annuel 2021-2022 https://issuu.com/assq_maneige/docs/assq_ra_montage_webversionfinal9juin
- ASSQ. (2024). Communication personnelle. 15 janvier 2024.
- Atlas climatique du Canada. (s.d.). Les incendies de forêt et le changement climatique. <https://atlasclimatique.ca/les-incendies-de-foret-et-le-changement-climatique>
- Audet, S., de Grandpré, F. et L. Botti (2019). La propriété et le modèle d'affaires des stations de l'Est du Canada dans Nicolas Peypoch et Jacques Spindler (dir.), *Le tourisme hivernal. Clé du succès et de développement pour les collectivités de montagne ?*, 113-132, Harmattan.
- Bachimon, P. (2019). « Apocalypse Snow ». Enrichissement des stations de montagne et syndrome (de la bulle) climatique, *Revue de géographie alpine*. DOI : [10.4000/rga.5425](https://doi.org/10.4000/rga.5425)
- Beayzit, F. M. et Koc, E. (2010), An analysis of snow options for ski resort establishments, *Tourism Management*, 676–683.
- Behringer, J., Buerki, R. et Fuhrer, J. (2001). Participatory integrated assessment of adaptation to climate change in Alpine tourism and mountain agriculture, *Integrated Assessment*, 1, 331–338. DOI:[10.1023/A:1018940901744](https://doi.org/10.1023/A:1018940901744)
- Berard-Chenu, L., Cognard, J., François, H. et al. (2021). Do changes in snow conditions have an impact on snowmaking investments in French Alps ski resorts? *Int J Biometeorol*, 65, 659–675.
- Bleau, S., Germain, K., Archambault, M., et Matte, D. (2012). Analyse socioéconomique des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques de l'industrie touristique québécoise. Rapport final pour Ouranos, 197 pages.
- Bonnin, M., et Vaillancourt, G. (2021). Les incendies de forêt et le changement climatique. Atlas climatique. Récupéré le 23 février 2023, à partir de <https://atlasclimatique.ca/les-incendies-de-foret-et-le-changement-climatique>
- Boulanger, Y., Taylor, A.R., Price, D. T. et al. (2017). Climate change impacts on forest landscapes along the Canadian southern boreal forest transition zone. *Landscape Ecology*, 32, 1415–1431.
- Bresson, É., et Biner, S. (2021). Évaluation de la neige au sol simulée par le MRCC5 pour la base de données de CROQ.
- Buhalis, D. (2000), Tourism and Information technologies: Past, present and future, *Tourism Recreation Research*, 25(1), 41–58.



Références

- Bush, E. et D.S Lemmen, éditeurs. (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada, 446.
- Cantin, A. (2022, 15 décembre). Un an après sa fermeture, la station de ski Gallix rouvre ses portes. *TVA Nouvelles*. <https://www.tvanouvelles.ca/2022/12/15/un-an-apres-sa-fermeture-la-station-de-ski-gallix-rouvre-ses-portes-1>
- Carbon 4. (2023). Guide méthodologique OCARA : Référentiel d'analyse de la résilience climatique des entreprises. <https://www.carbone4.com/guide-methodologique-ocara>
- Chuenchum P, Xu M, Tang W. (2020) Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield in the Lancang–Mekong River Using the Modified Revised Universal Soil Loss Equation and GIS Techniques. *Water*. 12(1), 135. DOI:[10.3390/w12010135](https://doi.org/10.3390/w12010135)
- Clarimont, S. et Vlès, V. (2008), *Tourisme durable en montagne – Entre discours et pratiques*. Éditions Afnor.
- Corneloup, J. et Soulé, B. (2007). La gestion des risques dans les stations de sports d'hiver françaises : prise en compte de la demande sociale pour la mise en place d'une gouvernance sécuritaire. *Espaces et sociétés*, 1 et 2(128-129), 135-150.
- Cristobal-Fransi, E., Daries-Ramon N., Mariné-Roig, E. Martin-Fuentes, E. (2017), Implementation of Web 2.0 in the snow tourism industry: Analysis of the online presence and e-commerce of ski resorts. *Spanish Journal of Marketing – ESIC*, 21(2), 117-.
- Da Silva, L., Desrochers, F. -A., Pineault, K., Gosselin, C. – A., Grenier, P., & Larose, G. (2019). Analyse économique des mesures d'adaptation aux changements climatiques appliquée au secteur du ski alpin au Québec. Ouranos, Montréal, 119 pages.
- Dae Il, J., Sushama, L.. (2019) Projected Changes to Mean and Extreme Surface Wind Speeds for North America Based on Regional Climate Model Simulations. *Atmosphere*, 10(9), 497. <https://doi.org/10.3390/atmos10090497>
- Damm, A., Köberl, J. et Prettenhaler, F. (2014). Does artificial snow production pay under future climate conditions? A case study for a vulnerable ski area in Austria, *Tourism Management* 43, 8-12.
- Dawson, J., Scott, D., & McBoyle, G. (2009). Climate change analogue analysis of ski tourism in the northeastern USA. *Climate Research*, 39(1), 1-9. <http://www.jstor.org/stable/24870418>
- Dério, P. & Bachimon, P. (2009). Le tourisme montagnard au crible de la durabilité. *Revue de géographie alpine*, 97(3).
- Destination BC (2014). The value of ski areas to the British Columbia economy, Phase 2: All alpine ski areas.
- Dijkmans, C., Kerkhof, P. & Beukeboom, C. J., (2015), A stage to engage: Social media use and corporate reputation, *Tourism Management*, 47©, 58-67. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:touman:v:47:y:2015:i:c:p:58-67>.
- Duhamel, F.-X. (2022, 30 mai). Le sud du Québec manque d'eau. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2022-05-30/le-sud-du-quebec-manque-d-eau.php#:~:text=Un%20deuxi%C3%A8me%20puits%20est%20creus%C3%A9,climatique%20et%20le%20d%C3%A9veloppement%20urbain>.
- Egorova, K. (2014). Changements climatiques et stations de ski : pistes possibles d'adaptation et modèles de gestion pour un avenir durable. Université du Québec à Montréal. <https://archipel.uqam.ca/6748/1/M13580.pdf>
- Elsasser, H. & Messerli, P. (2001). The Vulnerability of the Snow Industry in the Swiss Alps, *Mountain Research and Development*, 21, 335-339. DOI:10.1659/0276-4741(2001)021
- Environnement et changements climatiques Canada (s.d.)
- Evette, A., Peyras, L., François H. et Gaucherand, S. (2011). Risques et impacts environnementaux des retenues d'altitude pour la production de neige de culture dans un contexte de changement climatique, *Revue de géographie alpine*, 99(4). DOI:[10.4000/rga.1471](https://doi.org/10.4000/rga.1471)
- Falardeau, I. et Laigroz, L., 2023. Stations de ski et changements climatiques. Où s'en va-t-on avec nos skis ? *Bulletin pour Observatoire québécois du loisir*.



Références

Flannigan Mike D., Krawchuk Meg A., de Groot William J., Wotton B. Mike, Gowman Lynn M. (2009) Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 483–507.

Flannigan, M.D., Amiro, B.D., Logan, K.A., Stocks, B. J., & Wotton, B.M. (2005). Forest fires and climate change in the 21st century. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 847–859. DOI: 10.1007/s11027-005-9020-7.

François, H., Samacoïts, R., Bird, D. N., Köberl, J., Prettenthaler, F., Morin, S. (2023). Climate change exacerbates snow-water-energy challenges for European ski tourism, *Nature Climate Change*, 13, 935–942.

Future Markets (2023), Mobile Travel Market Outlook, <https://www.futuremarketinsights.com/reports/mobile-travel-landscape-outlook#:~:text=As%20per%20the%20latest%20findings,US%24%201%2C486.7%20Million%20in%202033.&text=Customize%20your%20report%20by%20selecting%20specific%20countries%20or%20regions%20and%20save%2030%25!>

GEA — Groupe d'experts en adaptation, 2024, Recommandations du groupe d'experts en adaptation aux changements climatiques — **Agir dès aujourd'hui pour que le Québec s'adapte à la réalité des changements climatiques qui s'accélèrent, Rapport_Groupe_experts_adaptation_changements_climatiques_GEA.pdf** (ouranos.ca)

George, E., Achin, E., François H., Spandre, P., Morin, S., Verfaillie, D. (2019). Changement climatique et stations de montagne alpines : impacts et stratégies d'adaptation, *Sciences Eaux & Territoires*, 28(2), 44–51, DOI:10.3917/set.028.0044.

Gonseth, C. (2013). Impact of snow variability on the Swiss winter tourism sector: implications in an era of climate change, *Climate Change*, 307–320. DOI 10.1007/s10584-013-0718-3

Goupil, A., Marcotte, P. (dir.). (2018). La saisonnalité des produits touristiques hivernaux de plein air de la région de Charlevoix [mémoire de maîtrise, Université Laval], 127. **DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE** (ulaval.ca)

Gouvernement du Québec (2021). Les revues narratives : fondements scientifiques pour soutenir l'établissement de repères institutionnels. Institut National de santé publique du Québec. Direction de la valorisation scientifique et qualité.

Gouvernement du Québec (s.d.) Faits saillants de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional. **Atlas hydroclimatique du Québec méridional** (gouv.qc.ca)

Gouvernement du Québec. (s.d.). Portrait de l'industrie touristique. Gouvernement Du Québec. <https://www.quebec.ca/tourisme-et-loisirs/services-industrie-touristique/etudes-statistiques/portrait-industrie-touristique>

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). Cinquième rapport d'évaluation : « Changements climatiques 2014 ». https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_fr-1.pdf

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2021). Sixième rapport d'évaluation : « Résumé pour les décideurs » (anglais) https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

Hamelin, L.-E. (1999). Espaces touristiques en pays froids. *Téoros*, 18(2), 4–9. <https://doi.org/10.7202/1072058ar>

Havas, C. (2023). Le ski, c'est fini ? Comment les stations françaises s'entêtent... ou se réinventent. *Outside*. <https://www.outside.fr/le-ski-cest-fini-comment-les-stations-francaises-sentetent-ou-se-reinventent/>

Hinton, T. (2022). Les consommateurs veulent voyager de manière plus durable, Statista, <https://fr.statista.com/infographie/27995/les-consommateurs-veulent-voyager-de-maniere-plus-durable/>

Huart, F. (1991). Le Mont-Tremblant a 50 ans : quand le ski engendre un village. *Cap-aux-Diamants* (24), 67–69.

ICI Radio-Canada (2021). La demande pour remplir les puits de surface explose en Estrie, 2 septembre 2021.

Institut de la statistique du Québec (2023), « Panorama des régions 2022 »



Références

Ipsos (2023) Segmentation skieurs : les skieurs canadiens sous la loupe. Rapport pour ASSQ et Conseil canadien du ski, s.l., 71.

ISO (2019). ISO 14090:2019 Adaptation au changement climatique — Principes, exigences et lignes directrices.

<https://www.iso.org/fr/standard/68507.html>

ISO. (2021). ISO 14091:2021 — Adaptation au changement climatique — Évaluation de la vulnérabilité au changement climatique.

<https://www.iso.org/fr/standard/72322.html>

ISQ ajouter les autres, 2021 je crois

Jeong, D. I., & Sushama, L. (2019). Projected changes to mean and extreme surface wind speeds for North America based on regional climate model simulations. *Atmosphere*, 10(9), 497.

Knowles, N. (2019). Can the North American ski industry attain climate resiliency? A modified Delphi survey on transformations towards sustainable tourism, *Journal of Sustainable Tourism*, 27(3). DOI:[10.1080/09669582.2019.1585440](https://doi.org/10.1080/09669582.2019.1585440)

Knowles, N., Scott, D. et Steiger, R. (À paraître). Sustainability of snowmaking as climate change (mal)adaptation: current and future water-energy-emissions associated with the Canadian ski industry, *Current Issues in Tourism*.

Laflamme, C. (2021, 8 octobre). Puits à sec : « C'est du jamais-vu ». *La Tribune*. <https://www.latribune.ca/2021/10/08/puits-a-sec--cest-du-jamais-vu-video-eeac9fa911c6729aeac490a54327b67a/>

<https://www.latribune.ca/2021/10/08/puits-a-sec--cest-du-jamais-vu-video-eeac9fa911c6729aeac490a54327b67a/>

Lemmen, D., Lafleur, C., Chabot, D., Hewitt, J., Braun, M., Bussière, B., Kulcsar, I., Scott, D., & Thistlethwaite, J. (2021). Chapter 7: Sector Impacts and Adaptation. In F. J. W. and N. Lulham (Ed.), *Canada in a Changing Climate: National Issues Report*. Government of Canada.

Léouzon, R. (2022, 19 décembre). Le prix de l'enneigement sur les montagnes de ski. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/environnement/775138/le-prix-de-l-enneigement-sur-les-montagnes-de-ski>

<https://www.ledevoir.com/environnement/775138/le-prix-de-l-enneigement-sur-les-montagnes-de-ski>

Locat, J., & Leroueil, S. (2019). Considérations sur l'impact des changements climatiques sur les mouvements de masse au Québec [mémoire de maîtrise inédit]. École nationale d'administration publique pour l'obtention du grade de maîtrise en administration publique.

Magnier, E. (2016). Les impacts hydrologiques de la production de neige dans un domaine de moyenne montagne, *Vertigo — la revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(1). DOI:[10.4000/vertigo.17183](https://doi.org/10.4000/vertigo.17183)

Marcelpoil, E., Langlois, L. (2010). Protection de l'environnement et développement touristique en station : du conflit à l'organisation des proximités, *Développement durable et territoires*. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.2660>

Market Data Forecast (2023), International Tourism Market, <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/international-tourism-market>

Matiu, M., Hanzer, F. (2022). Bias adjustment and downscaling of snow cover fraction projections from regional climate models using remote sensing for the European Alps. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(12), 3037–3054.

McCrary, R. R., McGinnis, S., Mearns, L. O. (2017). Evaluation of Snow Water Equivalent in NARCCAP Simulations, Including Measures of Observational Uncertainty. *Journal of Hydrometeorology*. DOI:[10.1175/jhm-d-16-0264.1](https://doi.org/10.1175/jhm-d-16-0264.1)

McCrary, R. R., Mearns, L. O., Hughes, M., Biner, S., Bukovsky, M. S. (2022a). Projections of North American snow from NA-CORDEX and their uncertainties, with a focus on model resolution. *Climatic Change*, 170(3), 1–25.

McCray, C. D., Paquin, D., Thériault, J. M., Bresson, É. (2022b). A multi-algorithm analysis of projected changes to freezing rain over North America in an ensemble of regional climate model simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2022JD036935.



Références

Mekis, É., Vincent, L. A. (2011). An overview of the second generation adjusted daily precipitation dataset for trend analysis in Canada. *Atmosphere - Ocean*. <https://doi.org/10.1080/07055900.2011.583910>

ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec (MELCCFP). (2022). Guide l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional. Québec. URL : <https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/guide-atlas-hydroclimatique-2022.pdf>

ministère du Tourisme (2021). « Plan d'action pour un tourisme responsable et durable 2020-2025 », Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/tourisme/publications-adm/plan-action/PI-plan-action-tourisme-responsable-durable.pdf>

Moen, J. et Fredman, P. (2007). Effects of Climate Change on Alpine Skiing in Sweden, *Journal of Sustainable Tourism*, 15(4), 418–437. DOI:10.2167/jost624.0

Morin, S., Samacoïts, R., François, H., Carmagnola, C. M., Abegg, B., Demiroglu, O. C., Pons, M., Soubeyroux, J. M., Lafaysse, M., Franklin, S., Griffiths, G., Kite, D., Hoppler, A. A., George, E., Buontempo, C., Almond, S., Dubois, G., Cauchy, A. (2021). Pan-European meteorological and snow indicators of climate change impact on ski tourism. *Climate Services*, 22(April). DOI:10.1016/j.cliser.2021.100215

Mortimer, C., Mudryk, L. R., Derksen, C., Luoju, K., Brown, R. D., Kelly, R., & Tedesco, M. (2020). Evaluation of long-term Northern Hemisphere snow water equivalent products. *The Cryosphere*, 14(5), 1579–1594.

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

Ouranos (2023). Les portraits climatiques d'Ouranos pour le Québec. <https://portraits.ouranos.ca/fr>

Ouranos (2024). Guide de recommandations scientifiques visant à faciliter l'utilisation de projections climatiques (version 1.0 2024-01-15)

Ouranos, 2024, Portraits climatiques. https://portraits.ouranos.ca/fr/spatial?a=0&c=0&discrete=1&e=CMIP6&i=tg_mean&p=50&r=0&s=annual&scen=ssp370&w=0&yr=2071

Paque, G., Bleau, S., Lebon, C., Germain, K., Vachon, M.-A. (2018). Diagnostic des risques et des opportunités liés aux changements climatiques pour le secteur touristique des régions de Québec et Charlevoix. Rapport présenté à Ouranos, 125 p.

Pickering, C. (2011). Changes in demand for tourism with climate change: a case study of visitation patterns to six ski resorts in Australia, *Journal of Sustainable Tourism*, 6(19), 767–781, DOI: 10.1080/09669582.2010.544741

Pons, M., Lopez-Moreno, J. I., Rosas-Casals, M. et Jover, E. (2015), The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate-induced changes in the snowpack, *Climate Change*, 13(4), 591–605, DOI:10.1007/s10584-015-1400-8.

Poulin, J. (2019–2023). Les anciennes stations de ski du Québec. Zone Ski. <https://zone.ski/category/series/anciennesstations/>

Raymond Chabot Grant Thornton (2021). Étude des retombées économiques des stations de ski du Québec, présentée à l'Association des stations de ski du Québec, 50 p.

Reynard, E. (2020). Mountain Tourism and Water and Snow Management in Climate Change Context, *Revue de géographie alpine*, 108(1). DOI:10.4000/rga.6816

Rutty, M., Scott, D., Johnson, P., Jover, E., Pons, M., Steiger, R. (2015). Behavioural adaptation of skiers to climatic variability and change in Ontario, Canada. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* (11), 13–21.

Rutty, M., Scott, D., Johnson, P., Pons, M., Steiger, R., Viletta, M. (2017). Using ski industry response to climatic variability to assess climate change risk: An analogue study in Eastern Canada. *Tourism Management*, 58 (2017), 196–204. Doi.org/10.1016/j.tourman.2016.10.020



Références

- Sauri, D., Llurdés, J. C. (2020). Climate Change and Adaptation Strategies of Spanish Catalan Alpine Ski Resorts, *Revue de géographie alpine*, 108(1). DOI:[10.4000/rga.6796](https://doi.org/10.4000/rga.6796)
- Scott, D., Dawson, J., Jones, B. (2008). Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation-tourism sector, *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 13, 577-596.
- Scott, D., McBoyle, G., Minogue, A. (2007). Climate change and Québec's Ski Industry. *Global Environmental Change*, 17(2), 181-190.
- Scott, D., Steiger, R., Knowles, N., Fang, Y. (2020). Regional ski tourism risk to climate change: An inter-comparison of Eastern Canada and US Northeast markets, *Journal of Sustainable Tourism*, 28(4), 568-586, DOI: 10.1080/09669582.2019.1684932.
- Scott, D., Steiger, R., Ruddy, M., Knowles, N., Rushton, B. (2021). Future climate change risk in the US Midwestern ski industry; *Tourism Management Perspectives*, 40(2). DOI:10.1016/j.tmp.2021.100875
- Shinder, E. (2018). L'impact des changements climatiques sur l'industrie du ski alpin au Québec : une analyse économique de la variation de bien-être des skieurs, Mémoire HEC Montréal en Sciences de la gestion, option économie appliquée, 113 p.
- Singh, B., Savoie, M., Bryant, C., Granjon, D., Pécheux, I. (2009). Impacts et adaptations aux changements climatiques pour les activités de ski et le tourisme dans le sud du Québec. *Tourisme et territoires*, 1, 175-201.
- Smith, E. (2023, mai). What's next in ski area technology? *SAM – Ski Area Management*.
<https://www.saminfo.com/archives/2020-2029/2023/may-2023/what-s-next-in-ski-area-technology>
- SnowBrains. (2023). Power Mountain, UT, Owner Reed Hastings Reveals \$20M in Changes and Semi-Private Model Coming to Ski Area Next Summer. <https://snowbrains.com/powder-mountain-ut-owner-reed-hastings-reveals-20m-in-changes-and-semi-private-model-coming-to-ski-area-next-summer/>
- Sospedra-Alfonso, R., & Merryfield, W. J. (2017). Influences of Temperature and Precipitation on Historical and Future Snowpack Variability over the Northern Hemisphere in the Second Generation Canadian Earth System Model. *Journal of Climate*, 30(12), 4633-4656. DOI:10.1175/JCLI-D-16-0612.1
- Soucy, D. (2009). Des traces dans la neige. Cent ans de ski au Québec. Éditions La Presse.
- Soucy, D. (2013). Le mont Sainte-Anne : une histoire en deux temps. *Cap-aux-Diamants* (113), 34-38.
- Soulé, B. (2002). Les risques en station de ski alpin : d'une explication monocausale à une perspective d'analyse systémique. *Annales des Ponts et Chaussées*, 104, 65-74.
- Statista (2024). Online travel market size worldwide from 2020 to 2022, with a forecast for 2023 and 2030 . <https://www.statista.com/statistics/1179020/online-travel-agent-market-size-worldwide/>
- Statistique Canada. (2022). Le Quotidien — Statistiques de l'énergie, septembre 2022. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/221208/dq221208d-fra.htm>
- Statistique Canada. (2023). Le Quotidien — Indice des prix à la consommation : revue annuelle, 2022. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/230117/dq230117b-fra.htm>
- Steiger, R., Knowles, N., Pöll, K. & Ruddy, M. (2022). Impacts of climate change on mountain tourism: a review, *Journal of Sustainable Tourism*, 1-34. DOI:10.1080/09669582.2022.2112204.
- Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M. et Aall, C. (2019). A critical review of climate change risk for ski tourism, *Current Issues in Tourism*, 22(11). DOI:[10.1080/13683500.2017.1410110](https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110)



Références

- Tang, Chung-Hung et Jang, SooCheong (Shawn), (2011). Weather risk management in ski resorts: Financial hedging and geographical diversification. *International Journal of Hospitality Management*, 301–311.
- Tourisme Québec. (s.d.). État des lieux — Tourisme hivernal 2014–2020. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/tourisme/publications-adm/etudes-statistiques/etat-des-lieux-Hiver.pdf>
- Tranos, Emmanouil et Davoudi, Simin (2014). The Regional Impact of Climate Change on Winter Tourism in Europe, *Tourism Planning and Development*, 11(2), 163–178 DOI:10.1080/21568316.2013.864992
- Tremblay-Pecec, O. Marcotte, P. et Bourdeau, L. (2018). Attributs fonctionnels et psychologiques de l'image touristique de la montagne au Québec : analyse de sites internet. Dans Aquilina, M., Mahéo, C., Pugnère-Saavedra F., Marcotte, P., & Bourdeau, L. (dir.) *La communication touristique. Vers de nouvelles interfaces ?* 211–234. Presses de l'Université Laval.
- UNWTO (n.d.). <https://www.unwto.org/fr/declaration-de-glasgow-sur-l-action-climatique-dans-le-tourisme>
- UNWTO World Tourism Barometer and Statistical Annex, November 2023
- Vionnet, V., Mortimer, C., Brady, M., Arnal, L., & Brown, R. (2021). Canadian historical Snow Water Equivalent dataset (CanSWE, 1928–2020). *Earth System Science Data*, 13(9), 4603–4619. DOI:10.5194/essd-13-4603-2021
- Vlès, V. (2021). Anticiper le changement climatique dans les stations de ski : la science, le déni, l'autorité. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 51, 127–139. DOI:10.4000/soe.7778
- Warren, F. J. et D.S Lemmen (éd.). (2014). Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation, gouvernement du Canada, 286.
- Yang, D., Kanae, S., Oki, T., Koike, T., & Musiak, K. (2003). Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrological Processes*, 17(15), 2913–2928. DOI:10.1002/hyp.1441
- Zahmatkesh, Z., Tapsoba, D., Leach, J., & Coulibaly, P. (2019). Evaluation and bias correction of SNODAS snow water equivalent (SWE) for streamflow simulation in eastern Canadian basins. *Hydrological Sciences Journal*, 64(13), 1541–1555. DOI:10.1080/02626667.2019.1660780
- Zebisch, M. et al. (2023). *Climate Risk Sourcebook*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn



Cartographie des aléas climatiques

ANNEXE 1





550, rue Sherbrooke Ouest, Tour Ouest, 19^e étage
Montréal (Québec) H3A 1B9

T. 514 282-6464
@ info@ouranos.ca