



# DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Rapport scientifique  
Juin 2024

# DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

**Rapport scientifique**  
Juin 2024

## **ÉQUIPE DE RÉALISATION :**

### **OURANOS :**

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

### **FDC Consultants :**

François Delorme, Renaud Gignac, Florence Ouellet et Clarisse Thomas

### **Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) :**

Isabelle Falardeau et Louise Laigroz

### **Association des stations de ski du Québec (ASSQ) :**

Gabrielle Larose

## **MISE EN PAGE :**

Ouranos

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

**Numéro du projet Ouranos:** 709200

**Citation suggérée :** Champalle, C., Falardeau, I., Delorme, F., Gignac, R., Laigroz, L., Hachem, S., Chaumont, D., Boyer-Villemaire, U., Bresson, É., Bourgault, P., Dupuis, E., Logan, T., Leduc, M., Ouellet, F., Thomas, C., et Larose, G. (2024). *Rapport scientifique 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. 177 p. + annexes.

---

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

Table des matières.....	i
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations, sigles et acronymes.....	ix
Sommaire de gestion.....	1
Introduction.....	4
<b>1. Chapitre 1 : Cadre méthodologique.....</b>	<b>5</b>
1.1 Guidé par la norme ISO 14091:2021 .....	5
1.2 Paramètres du projet.....	1
1.2.1 Échelles spatiales du projet .....	1
1.2.2 Horizons temporels et scénarios de concentrations de GES.....	5
1.2.3 Paramètres économiques .....	6
1.2.4 Engagement des parties prenantes .....	7
1.3 Limites du projet .....	9
<b>2. Chapitre 2 : Établissement du contexte (Étape 1) .....</b>	<b>11</b>
2.1 Les aléas climatiques qui touchent le système ski alpin.....	11
2.1.1 Revue de littérature des aléas pertinents.....	11
2.1.2 Description des aléas climatiques pertinents pour la saison du ski (« hiver-ski » : novembre à mars).....	13
2.1.3 Descriptions des aléas climatiques pertinents pour les autres saisons : printemps, été et automne.....	17
2.1.4 Priorisation des aléas climatiques.....	20
2.1.5 Messages clés par indicateurs et par groupes climatiques.....	22
2.2 Portrait du système ski alpin .....	34
2.2.1 Perspective historique et sociologique .....	34
2.2.2 Les stations .....	34
2.2.3 Le secteur du ski : Une perspective économique .....	43
2.2.4 Le « système ski alpin » : Une perspective macroéconomique .....	50
<b>3. Chapitre 3 : identification et représentation des impacts des changements climatiques sur le système ski alpin québécois (étape 2).....</b>	<b>56</b>
3.1 Connaissances disponibles sur les changements climatiques dans les stations de ski : une perspective qualitative .....	56
3.1.1 Des études centrées sur les impacts .....	57
3.1.2 L'importance des comportements des skieurs .....	58
3.1.3 L'importance de la neige et la capacité d'enneigement.....	58
3.1.4 Stratégies d'adaptation des stations .....	59

3.1.5	Gestion des risques .....	60
3.2	Revue de littérature sur les impacts économiques, sociaux et environnementaux des changements climatiques sur le secteur et système ski alpin : une perspective quantitative .	60
3.2.1	Méthodologie .....	60
3.2.2	Impacts économiques.....	61
3.2.3	Impacts sociaux.....	67
3.2.4	Impacts environnementaux.....	68
3.3	Identification préalable des impacts par aléa.....	71
3.3.1	Méthodologie de la grille d'évaluation préalable des impacts .....	71
3.3.2	Résultats de l'évaluation préalable des impacts.....	71
3.3.3	Représentation des éléments exposés du système ski alpin par échelle spatiale	76
3.4	Analyse économique des impacts observés sur le secteur : analyse de régression ....	82
3.4.1	Méthodologie .....	82
3.4.2	Résultats.....	83
3.5	Impacts économiques projetés .....	85
3.5.1	Investissements .....	86
3.5.2	Jours d'exploitation .....	91
3.5.3	Nombre d'employés .....	95
3.5.4	Achalandage.....	99
3.5.5	Conclusions sur les impacts économiques projetés .....	103
3.6	Chaînes d'impacts .....	105
3.6.1	Démarche méthodologique des chaînes d'impacts .....	105
3.6.2	Synthèse des chaînes d'impacts.....	106
<b>4.</b>	<b>Chapitre 4 : Les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation du système ski alpin face aux aléas climatiques.....</b>	<b>111</b>
4.1	Les facteurs de sensibilité du système ski .....	111
4.1.1	Compétitivité régionale .....	111
4.1.2	Les relations avec les partenaires et fournisseurs.....	112
4.1.3	Modèles d'affaires.....	115
4.1.4	Caractéristiques biophysiques .....	117
4.1.5	Disponibilité en eau.....	118
4.1.6	Les caractéristiques des infrastructures et aménagements.....	119
4.2	Les facteurs de capacité d'adaptation du système ski.....	120
4.2.1	Organisationnelle.....	120
4.2.2	Technique.....	125
4.2.3	Financière.....	128
4.2.4	Écosystème .....	130

<b>5. Chapitre 5 : Portrait de la vulnérabilité du système ski alpin .....</b>	<b>132</b>
5.1 Méthodologie .....	132
5.1.1 Pourquoi diagnostiquer la vulnérabilité ?.....	132
5.1.2 Agrégation des données .....	133
5.2 Résultats.....	139
5.2.1 Portrait de la vulnérabilité à l'échelle des stations de ski alpin .....	139
5.2.2 Synthèse du portrait de la vulnérabilité .....	148
5.3 Description de l'outil pour les stations .....	150
<b>Conclusion .....</b>	<b>151</b>
Recommandations.....	152
<b>Références .....</b>	<b>154</b>

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Démarche du cadrage méthodologique .....	5
Figure 2 : Les différents pétales de la fleur du risque, selon le GIEC (2022) .....	6
Figure 3: Étapes du projet de diagnostic de vulnérabilité (en vert, les activités d'engagement des parties prenantes) .....	1
Figure 4 : Visualisation du système ski.....	1
Figure 5 : Carte des stations de ski au Québec, en bleu l'échantillon des 30 stations participantes au projet, en rouge les stations non participantes .....	2
Figure 6: Les 16 régions administratives à l'étude qui forment le "Québec ski" .....	3
Figure 7 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet.....	4
Figure 8 : Les périmètres d'interrelations d'un système (inspirés d'OCARA, GIFCC) .....	5
Figure 9 : Les cinq scénarios d'émissions climatiques globaux (Source: Adapté de GIEC, 2021 (AR6) – Résumé à l'intention des décideurs. In: Changement climatique 2021: Les bases scientifiques physiques. Figure RID. 8a) .....	6
Figure 10 : Étapes du projet et activités d'engagement des parties prenantes .....	9
Figure 11 : Démarche d'établissement du contexte. ....	11
Figure 12 : 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 du rapport synthèse pour plus de détails). ....	25
Figure 13 : 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 du rapport synthèse pour plus de détails) .....	27
Figure 14 : 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 du rapport synthèse pour plus de détails). ....	29
Figure 15 : 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 du rapport synthèse pour plus de détails).....	31
Figure 16 : Type de gouvernance des stations participantes (n=30) .....	35
Figure 17 : Catégorisation des stations participant à l'étude selon leur modèle d'affaires (n=30) .....	36
Figure 18 : Investissements des stations de ski du Québec, 1998-2021 (\$2022) (Source: Archambault, 2022) .....	38
Figure 19 : Répartition du chiffre d'affaires total selon les régions touristiques Québec et variation, en % (Source: Archambault, 2022.).....	46
Figure 20 : Variation annuelle des résidences de tourisme et des établissements hôteliers, régions touristiques et ensemble du Québec, 2021 à 2022 (Source: Institut de la statistique du Québec) .....	47
Figure 21 : Évolution de l'achalandage selon les régions touristiques du Québec, de 2017-18 à 2021-22, en milliers de jours-ski (Source: Archambault, 2022).....	52
Figure 22 : Valeur du dollar américain par rapport au dollar canadien (\$US pour 1 \$CAN) (Source: Statistique Canada) .....	53
Figure 23 : Revenu disponible par habitant par région administrative, 2021 (Source: Institut de la statistique du Québec.).....	54

Figure 24 : Démarche pour l'identification et représentation des impacts des changements climatiques .....	56
Figure 25 : Répartition des dépenses des visiteurs pour le ski alpin (Source : Archambault, 2015).....	65
Figure 26 : Revenus et achalandage des stations de ski québécoises, 2002-2021 (2002=100) (Source : Archambault et al., 2002 à 2021).....	66
Figure 27 : Évolution du prix des billets de ski, Québec, 2001-2002 à 2021-2022 (2002=100) (Sources : Archambault et al. (2002 à 2021) et Institut de la statistique du Québec) .....	66
Figure 28 : Projections d'utilisation d'électricité pour la fabrication de neige par province, Canada, 2050 (en bleu le Québec, en rouge, l'Ontario, en jaune l'Alberta, en vert, la Colombie Britannique) (Source : Knowles et al. 2023).....	70
Figure 29 : Fréquence des aléas climatiques aux impacts forts pour les stations participantes (source : auteurs, collecte de données, 2023) .....	72
Figure 30 : Éléments des stations de ski exposés aux changements climatiques, par catégorie.....	74
Figure 31 : Les éléments exposés selon les échelles interreliées des stations et du secteur qui composent le système ski alpin au Québec.....	77
Figure 32 : Éléments exposés des stations de ski alpin .....	78
Figure 33 : Éléments exposés à l'échelle sectorielle du ski alpin .....	80
Figure 34 : Répartition des investissements en immobilisations des stations de ski québécoises, 2021-2022 .....	86
Figure 35 : Projections d'investissements des stations de ski pour maintenir les activités hivernales actuelles, Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022) .....	87
Figure 36 : Investissements nécessaires pour maintenir les activités de ski, intervalles de confiance de 10 % et 90 %, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022).....	88
Figure 37 : Projections du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100.....	92
Figure 38 : Intervalles de confiance du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 .....	93
Figure 39 : Projections du nombre d'employés des stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 .....	96
Figure 40 : Intervalles de confiance du nombre d'employés des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 .....	97
Figure 41 : Projections de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski).....	100
Figure 42 : Intervalles de confiance de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski) .....	100
Figure 43 : Représentation conceptuelle des différentes composantes d'une chaîne d'impact (inspiré et traduit du Climate Risk Source Book, 2023) .....	105
Figure 44 : Impacts directs et indirects des quatre aléas hivernaux prioritaires sur les éléments exposés des stations .....	107
Figure 45 : Impacts indirects des quatre aléas hivernaux sur les éléments exposés du secteur et sur les enjeux du système ski alpin en général .....	110
Figure 46 : Réduire l'empreinte environnementale à l'échelle de la station (source : Auteur).....	123
Figure 47 : Exemple de réserve de neige sous une couche de paille (source : Auteur) ..	128
Figure 48 : Le continuum de la vulnérabilité, de très faible à très élevée .....	133
Figure 49 : Les deux échelles de travail qui composent le système ski alpin au Québec .....	134

<b>Figure 50 : Comment lire le tableau intégrateur .....</b>	<b>137</b>
<b>Figure 51 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments d'infrastructures et d'aménagements à l'échelle des stations de ski alpin .....</b>	<b>139</b>
<b>Figure 52 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments de comportement social et culturel à l'échelle des stations de ski alpin .....</b>	<b>142</b>
<b>Figure 53 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments économiques à l'échelle des stations de ski alpin.....</b>	<b>144</b>
<b>Figure 54 : Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur.....</b>	<b>146</b>

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des régions administratives visées par le projet par groupes climatiques .....	3
Tableau 2 : Sources des données économiques .....	6
Tableau 3 : Synthèse de la stratégie d'engagement des parties prenantes.....	8
Tableau 4 : Identification des aléas climatiques pertinents pour les stations de ski alpin selon les saisons .....	13
Tableau 5 : Les aléas climatiques identifiés sur les quatre saisons, ayant un impact sur le système ski alpin québécois (en vert, les aléas prioritaires).....	22
Tableau 6 : Liste des indicateurs climatiques sélectionnés pour les quatre aléas prioritaires .....	22
Tableau 7. 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.....	23
Tableau 8 : Types de gouvernance, modèles d'affaires, présence d'activités estivales et de fabrication de neige des stations de ski alpin participantes au projet, par région touristique .....	37
Tableau 9 : Principaux éléments des stations exposés aux changements climatiques, issus de la revue de littérature.....	41
Tableau 10 : Effets des changements climatiques sur les stations de ski du Nord-Est des États-Unis selon la méthode de l'analyse analogique (% de variation entre parenthèses) (Dawson et al. 2009).....	61
Tableau 11 : Effets des changements climatiques sur les stations de ski de l'Ontario selon la méthode de l'analyse analogique (% de variation entre parenthèses) (Rutty et al. 2017) .....	62
Tableau 12 : Relation statistique entre le nombre de billets de ski vendus dans trois stations du Québec et les variables climatiques selon Da Silva et al. (2019).....	62
Tableau 13 : Impacts des changements climatiques sur les stations québécoises d'ici 2050 d'après Scott et al. (2007) .....	63
Tableau 14 : Retombées économiques du secteur du ski, Québec et Colombie-Britannique.....	64
Tableau 15 : Nombre moyen d'employés dans les stations de ski, 2019-2020 et 2020-2021 .....	67
Tableau 16 : Intensité d'utilisation d'eau et d'énergie par visite de skieur au Québec d'ici 2050 d'après Knowles et al. (2023) (% de variation par rapport à la référence entre parenthèses) .....	70
Tableau 17 : Les 7 aléas les plus fréquemment cités comme ayant des impacts majeurs sur certains éléments exposés .....	75
Tableau 18 : Nombre de jours de gel-dégel.....	84
Tableau 19 : Précipitations liquides totales .....	84
Tableau 20 : Température moyenne .....	84
Tableau 21 : Résumé de l'analyse de l'interaction climat-économie.....	85
Tableau 22 : Données sur les investissements nécessaires pour maintenir les activités de ski, intervalles de confiance de 10 % et 90 %, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022) .....	88
Tableau 23 : Investissements annuels moyens des stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par région, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (milliers \$2022)...	90

Tableau 24 : Investissements annuels moyens par groupes de régions nécessaires pour maintenir les activités actuelles, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (milliers \$2022).....	91
Tableau 25 : Données pour les intervalles de confiance du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100.....	93
Tableau 26 : Jours d'exploitation des stations de ski, régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 .....	94
Tableau 27 : Jours d'exploitation des stations de ski, groupes régionaux, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 .....	95
Tableau 28 : Données des intervalles de confiance du nombre d'employés des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 .....	97
Tableau 29 : Employés de stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par région, SSP2-4.5 et SSP3-7.0.....	99
Tableau 30 : Données des intervalles de confiance de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski) .....	101
Tableau 31 : Projection de l'achalandage des stations de ski, régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (%).....	102
Tableau 32 : Projection de l'achalandage des stations de ski, groupes de régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (%).....	103
Tableau 33 : Tableau synthèse des résultats de l'analyse économétrique pour le Québec ski.....	103
Tableau 34 : Aléas climatiques prioritaires et leurs indicateurs correspondants .....	133
Tableau 35 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur la gestion des opérations et les revenus et ventes.....	145
Tableau 36 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur les employés .....	145

# LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

---

<b>ASSQ</b>	Association des stations de ski du Québec
<b>ACA</b>	Analyse coûts-avantages
<b>ATR</b>	Association touristique régionale
<b>ATS</b>	Association touristique sectorielle
<b>CC</b>	Changements climatiques
<b>DEC</b>	Développement économique Canada pour la région du Québec
<b>GIEC</b>	Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat
<b>MELCCFP</b>	Ministère de l'Environnement et de Lutte contre les changements climatiques de la Faune et des Parcs
<b>MRC</b>	Municipalité régionale de comté
<b>MTO</b>	Ministère du Tourisme
<b>PIB</b>	Produit intérieur brut
<b>OMT</b>	Organisation mondiale du tourisme
<b>TIC</b>	Technologies de l'information et de communication

# 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 agissent déjà depuis plusieurs décennies pour augmenter leur 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, 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 cinq jours puis sept 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 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). Cette hausse sera plus marquée au sud de la vallée du Saint-Laurent avec +13 jours en Estrie et +19 jours en plus 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 de 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 % 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 affectés de manière considérable 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 importante sur le plan statistique 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 1 200 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 chocs<sup>1</sup> (par ex.: pluies extrêmes au printemps) et des stress (par 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 du ski alpin devra renouveler ses modèles d'affaires et diversifier ses activités pour être moins dépendante des conditions météorologiques ; établir des partenariats entre les stations à l'échelle des régions, de la province, du pays ou à l'international; et 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.*

---

<sup>1</sup> 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)

# 1. CHAPITRE 1 : CADRE METHODOLOGIQUE

Ce chapitre établit le cadre méthodologique guidé par la norme internationale ISO14091:2021 - *Adaptation au changement climatique — Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques* (section 1.1), puis décrit les principaux paramètres du projet : les horizons temporels (section 1.2.1), les échelles spatiales (section 1.2.2), les paramètres économiques (section 1.2.3) et la démarche d'engagement des parties prenantes (section 1.2.4) (voir figure ci-dessous).

## Cadrage méthodologique

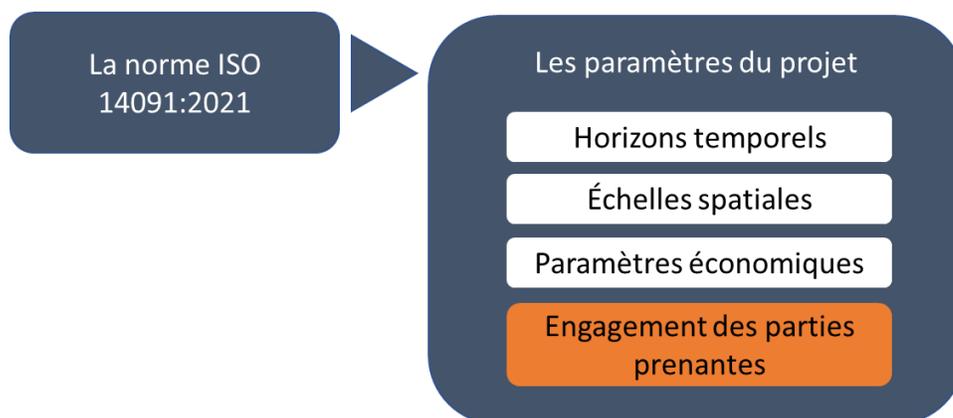


Figure 1 : Démarche du cadrage méthodologique

Note : En orange : toutes les étapes concernant l'engagement des parties prenantes.

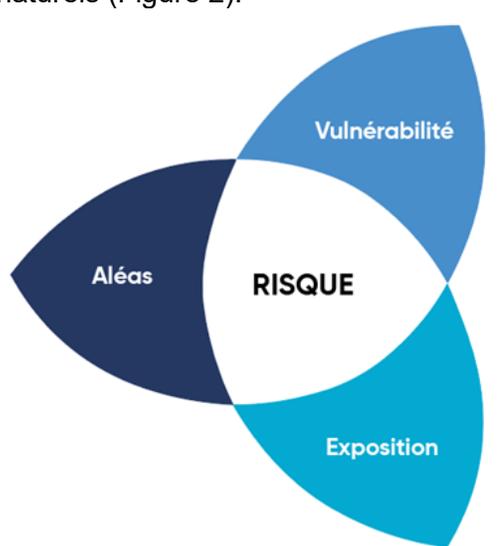
## 1.1 GUIDÉ PAR LA NORME ISO 14091:2021

La norme ISO14091:2021 *sur l'adaptation au changement climatique – Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques* fait partie de la série de norme traitant spécifiquement de la gestion environnementale et est issue de la série ISO14090:2019 qui est la première norme internationale spécifiquement sur l'adaptation aux changements climatiques. Elle vise à établir un cadre méthodologique pour évaluer les risques climatiques auxquels les organisations peuvent faire face. Dans le cadre de ce projet, cette norme servira essentiellement de guide pour comprendre la vulnérabilité du système ski face aux changements climatiques et identifier les risques et opportunités, sans aller jusqu'à l'analyse et l'évaluation des risques.

La **vulnérabilité** est définie par la norme ISO14091:2021 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 (Annexe I. Glossaire).

- ⇒ **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.

La vulnérabilité est aussi un des trois pétales du risque, tel que défini par le GIEC (2022). Le risque est le résultat de l'interaction entre les aléas climatiques, la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels (Figure 2).



**Figure 2 : Les différents pétales de la fleur du risque, selon le GIEC (2022)**

**Diagnostiquer la vulnérabilité** revient donc à comprendre les forces et les faiblesses d'un système et de ses composantes (exposition) et comment un système pourrait réagir face à certains **aléas climatiques**. Les objectifs spécifiques du projet sont guidés par la norme ISO14091:2021 et correspondent aux différentes étapes de la norme, tel qu'énoncé ci-dessous :

**Objectif 1** : Établir le contexte de l'étude en identifiant les aléas climatiques pertinents, les éléments exposés du système ski alpin face aux changements climatiques, ainsi que les parties prenantes à travers un plan de communication et d'engagement des parties prenantes (PP) pour faciliter le partage et la coconstruction du projet (étape 1).

**Objectif 2** : Étendre l'évaluation des impacts des aléas climatiques sur l'ensemble des activités de montagne (toutes saisons) et développer des chaînes d'impacts pour comprendre les relations de cause à effet (étape 2).

**Objectif 3a** : Identifier les indicateurs climatiques pertinents, notamment ceux liés aux aléas climatiques et intégrer les indicateurs de neige calculés dans le cadre du projet « **Portrait des indices de neige au sol (PINS)** » (P1) pour analyser le type et l'ampleur des conséquences sur le système ski alpin (étape 3).

**Objectif 3b** : Estimer et évaluer les effets des changements climatiques sur le système exposé en identifiant les indicateurs économiques, sociaux et environnementaux liés à la sensibilité aux changements climatiques et à la capacité d'adaptation et en acquérant des données quantitatives, semi-quantitatives ou qualitatives pour y parvenir.

**Objectif 4** : Visualiser le diagnostic de la vulnérabilité et l'identification des risques et des opportunités face aux changements climatiques du système ski alpin québécois dans un outil utile aux PP (étape 4).

Les étapes sont présentées dans la Figure 3 et sont accompagnées d'une approche participative et d'un processus d'engagement solide des parties prenantes, afin de renforcer les capacités des stations de ski en matière d'adaptation aux changements climatiques.

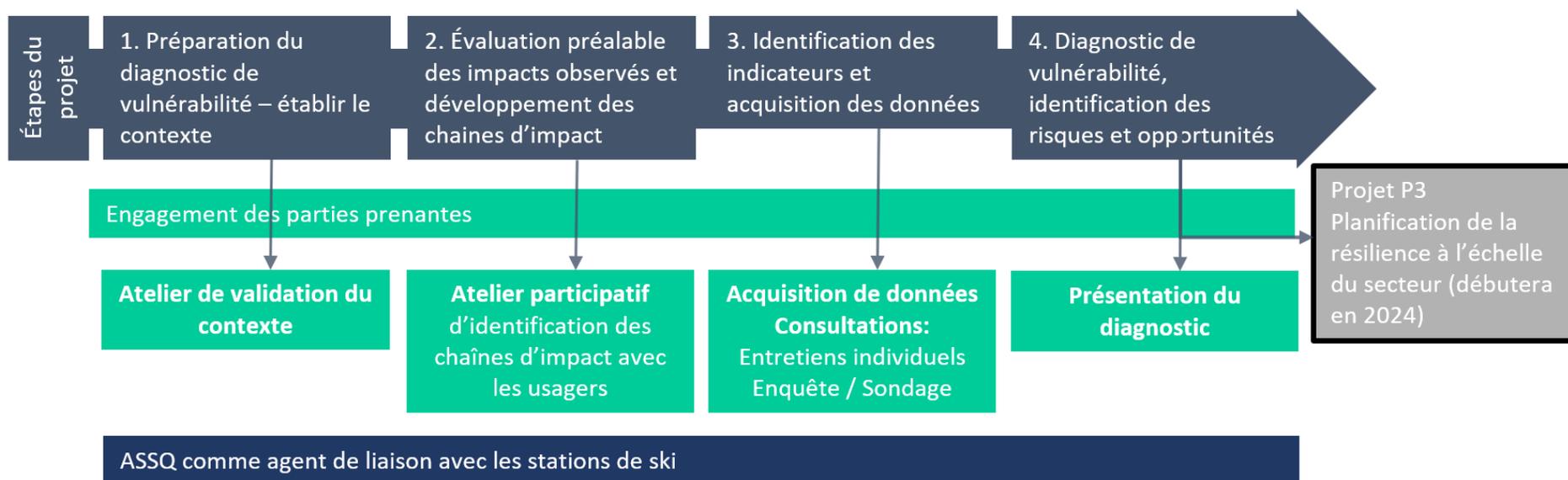


Figure 3: Étapes du projet de diagnostic de vulnérabilité (en vert, les activités d’engagement des parties prenantes)

## 1.2 PARAMÈTRES DU PROJET

Les paramètres du projet permettent de délimiter le projet et d'établir le cadre spatiotemporel, ainsi que le niveau de détails requis du diagnostic, les paramètres économiques et l'approche d'engagement des parties prenantes. Ces paramètres ont été définis de manière collaborative entre les différentes équipes et coordonnés par l'équipe d'analyse socio-économique d'Ouranos.

### 1.2.1 Échelles spatiales du projet

Selon la norme ISO14091:2021, 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 4) 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), opérationnalisés notamment par Carbone 4 (2023) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le projet se décline donc à deux échelles de travail (aussi appelées périmètres) à l'intérieur du système ski:

**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'affaire et d'impacts liés aux changements climatiques, dû à la localisation géographique (Figure 5).

- **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 sports, 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.

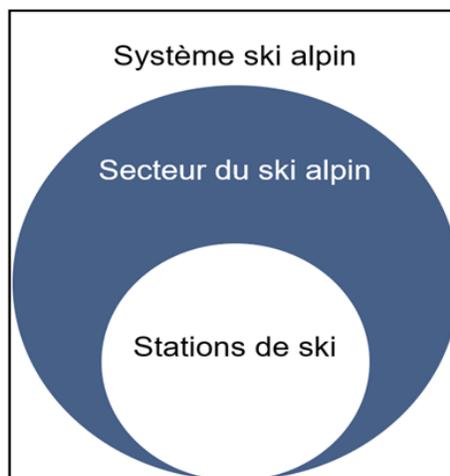
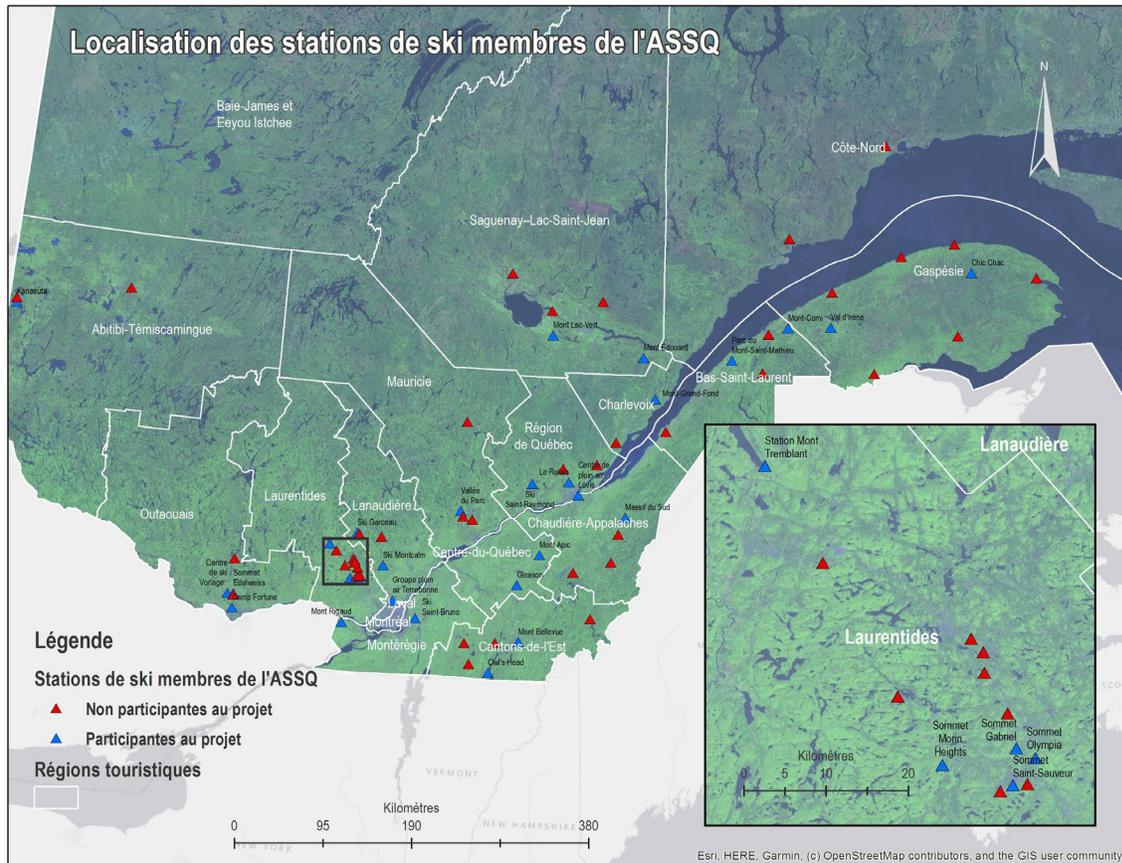


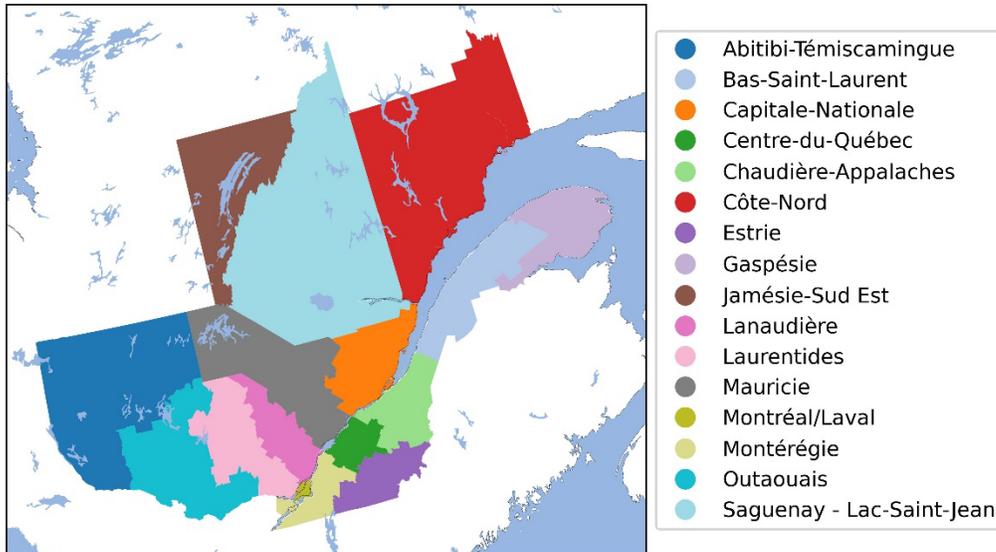
Figure 4 : Visualisation du système ski



**Figure 5 : Carte des stations de ski au Québec, en bleu l'échantillon des 30 stations participantes au projet, en rouge les stations non participantes**

Au niveau géographique :

- **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 6. (Annexe II. Liste des stations de ski du Québec).



**Figure 6: Les 16 régions administratives à l'étude qui forment le "Québec ski"**

- **La distribution régionale** : Au Québec, l'on compte une ou des stations de ski sur le territoire de 16 des 21 régions touristiques. Les 16 régions administratives visées par le projet ont été regroupées en quatre groupes climatiques (Tableau 1 et Figure 7). 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 par exemple.

**Tableau 1 : Répartition des régions administratives visées par le projet par groupes climatiques**

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

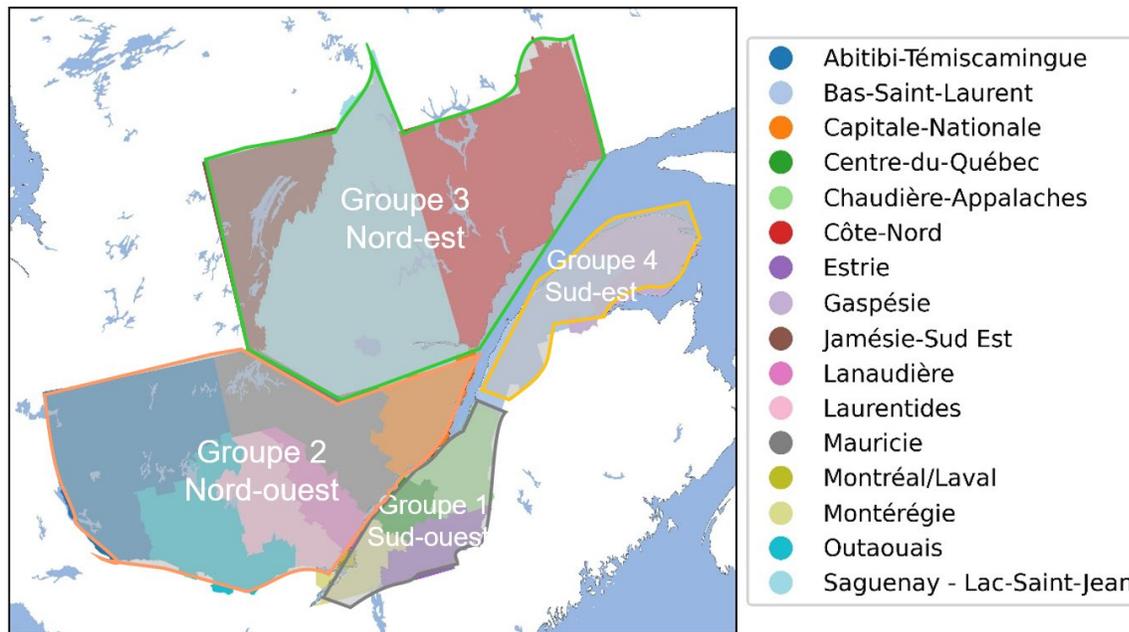


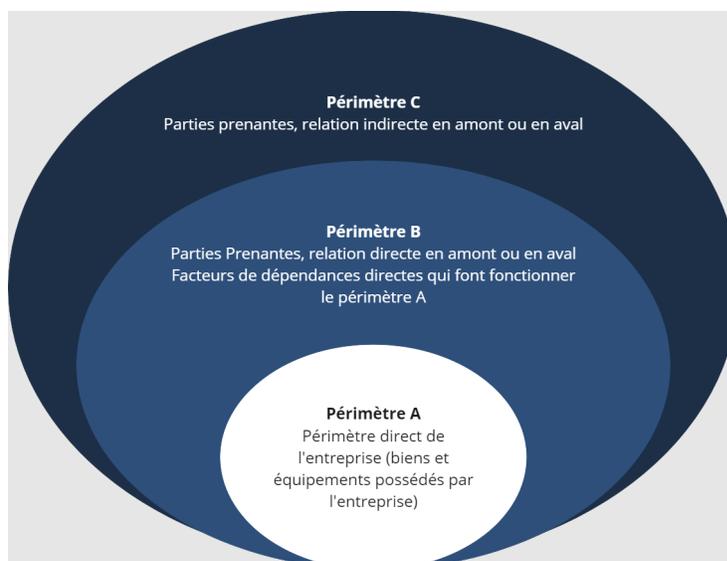
Figure 7 : Répartition des groupes climatiques visés par le projet

### 1.2.1.1 Note sur l'approche par périmètre d'interrelation :

Afin de tenir compte des différentes échelles associées au système ski alpin, le Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques (GIFCC) utilise une approche par périmètre d'interrelation (aussi appelé « scope »). Cette approche, initialement utilisée pour segmenter les différents types d'émissions de gaz à effet de serre<sup>2</sup>(OBI), est maintenant appliquée pour évaluer les risques physiques des changements climatiques auxquels une organisation peut faire face.

Cette approche a été adoptée en cours de projet, à partir de l'étape 2 afin de simplifier les éléments exposés aux changements climatiques aux deux échelles de travail initialement établies (secteur et stations) et de rendre compte des interrelations entre celles-ci au sein du système. La Figure 8 ci-dessous présente trois périmètres d'interrelations, inspirés du référentiel d'analyse de la résilience climatique des entreprises (guide méthodologique OCARA, Carbone 4, 2023). Le périmètre « A » représente le périmètre direct de l'entreprise, c'est-à-dire les biens et équipements possédés par l'entreprise (par exemple, les stations de ski). Le périmètre « B » compte les parties prenantes ou acteurs avec lesquels le périmètre A est en relation directe en amont ou en aval, c'est-à-dire les éléments dont le périmètre A dépend directement pour fonctionner correctement (par exemple, le secteur du ski alpin). Enfin, le périmètre « C » comprend les parties prenantes ou acteurs avec lesquels le périmètre A est en relation indirecte en amont ou en aval de ses processus (par exemple, le système ski alpin, qui englobe les enjeux et les deux périmètres ou échelles de travail dans le cas de ce projet).

<sup>2</sup> Périmètre ou Scope A : émissions directes de l'organisation, scope B : émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, chaleur et vapeur de l'entreprise, et scope C : autres émissions indirectes qui résultent des activités de l'organisation et qui ne figurent pas dans les scopes A et B)



**Figure 8 : Les périmètres d'interrelations d'un système (inspirés d'OCARA, GIFCC)**

## 1.2.2 Horizons temporels et scénarios de concentrations de GES

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.

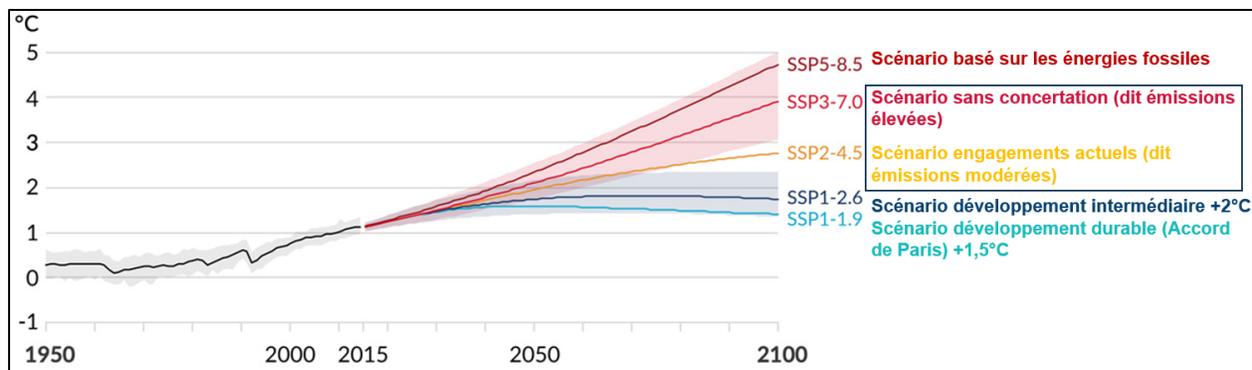
La meilleure compréhension des observations permettra de mieux anticiper les changements extraits des projections climatiques pour chacun des aléas climatiques pertinents. La sélection des horizons temporels futurs considère la durée de vie de quelques décennies des principaux systèmes techniques exposés (par. 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 moyens à long terme et incluront les projections climatiques pour les horizons suivants :

- Horizon 2021-2050,
- Horizon 2041-2070
- Horizon 2071-2100.

La Figure 9 présente les scénarios d'émissions climatiques globaux, c'est-à-dire les cinq évolutions plausibles de l'humanité basées sur des hypothèses de développement démographique, d'urbanisation, d'entente économique, de coopération internationale. Les cinq scénarios représentent l'évolution possible de réchauffement entre 1,5 et 5 °C à la fin du 21<sup>e</sup> siècle.

Le diagnostic est transposé aux trois horizons futurs et aux deux scénarios du milieu car ce sont les deux plus plausibles à l'heure actuelle, à savoir le scénario SSP3-7.0, à fortes émissions de GES et le scénario SSP2-4.5, dit émissions modérées.



**Figure 9 : Les cinq scénarios d'émissions climatiques globaux (Source: Adapté de GIEC, 2021 (AR6) – Résumé à l'intention des décideurs. In: Changement climatique 2021: Les bases scientifiques physiques. Figure RID. 8a)**

Le niveau d'informations climatiques requis (de base, intermédiaire, ou détaillée) varie selon la priorisation des aléas faite par les usagers et la maturité des connaissances dans les chapitres suivants. Pour les indicateurs détaillés, l'analyse s'aligne sur les bonnes pratiques qui consistent à considérer la médiane, ainsi que le 10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> centile à chaque horizon. 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 (10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup>) (Ouranos, 2024; Charron 2016). Les étapes de l'analyse sont brièvement présentées dans les sections suivantes, mais sont décrites en détail dans Charron (2016).

Dans ce projet, la période hivernale est définie selon l'«**hiver ski**», qui correspond à la période de novembre à mars.

### 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'École des sciences de la gestion (ESG) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), à partir de 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 (\$CA<sub>2022</sub>).

**Tableau 2 : Sources des données économiques**

Variables	Période	Sources	
		Base de données Archambault	Étude économique et financière des stations de ski du Québec (annuelle) (Archambault)
Investissements dameuses	1998-2021	✓	✓
Investissements remontées mécaniques			
Investissements enneigement			
Investissements pistes			

Investissements bâtiments et autres			
Investissements totaux	1998-2021		✓
Jours-ski	2001-2021	✓	✓
Jours d'exploitation	2005-2021	✓	
Revenus	2005-2021	✓	✓
Dépenses	2007-2021	✓	
Bénéfice d'exploitation	2007-2021		
Employés	2007-2021		

## 1.2.4 Engagement des parties prenantes

### 1.2.4.1 Approche participative de coconstruction du projet

Une approche mixte et participative est préconisée pour atteindre l'objectif général en cinq étapes de travail grâce à l'engagement des parties prenantes et le transfert des connaissances tout au long du processus. En effet, une démarche méthodologique inductive et itérative de coconstruction des savoirs est mobilisée et permet plusieurs cycles successifs de recherche dans la littérature scientifique et professionnelle suivis de consultation, validation et restitutions auprès des parties prenantes et experts du système ski alpin. Procéder de la sorte est également cohérent avec ce dont la littérature scientifique fait état. À titre d'exemple, Knowles (2019) s'est appuyée sur une technique Delphi<sup>3</sup> modifiée des entretiens auprès d'experts afin d'étudier la vulnérabilité aux changements climatiques de l'industrie du ski nord-américaine. L'implication des parties prenantes dès le début du projet favorise la prise de décisions ainsi que l'adoption des pratiques d'adaptation (Vlès, 2021). Le projet permet ainsi de combler un manque constaté dans les connaissances existantes concernant la perspective de l'industrie du ski alpin à l'échelle du Québec à plus long terme (Knowles, 2019).

À l'échelle des stations, il s'agit d'une approche principalement qualitative basée sur une revue de littérature et des entretiens semi-directifs avec les représentants des stations (p. ex. gestionnaires) pour comprendre les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation des stations face aux aléas climatiques. À l'échelle du secteur et du système, une approche quantitative basée sur une analyse économétrique et une analyse de régression afin d'identifier les possibles relations entre les aléas climatiques et les indicateurs économiques des stations de ski.

### 1.2.4.2 Cartographie des parties prenantes

Une cartographie des parties prenantes du projet a été effectuée pour définir les rôles et le niveau d'engagement de chacune d'entre elles (voir Plan de communication et d'engagement des PP pour plus de détails en Annexe III).

- 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.
- L'échantillon des 30 stations de ski participantes.
- Les 45 stations de ski non étudiées.

<sup>3</sup> La technique Delphi permet de créer un consensus sur les opinions d'un groupe d'experts. Cette méthode vise à collecter et rassembler des avis sur un sujet donné en s'appuyant sur une série de questionnaires séquentiels. (Source : norme ISO 31010 : Management du risque : technique d'appréciation du risque)

- Les collaborateurs d'intérêt incluent le ministère du Tourisme du Québec, 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.
- 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.

Le tableau suivant présente la synthèse de la stratégie d'engagement des parties prenantes.

**Tableau 3 : Synthèse de la stratégie d'engagement des parties prenantes**

Parties prenantes	Cartographie des parties prenantes	Approche	Phase du projet	Moyen	Fréquence
Équipe projet	Engager étroitement	Collaborer	Toutes	Rencontres de suivi de projet	Très fréquent (bimensuel)
Stations de ski participantes	Maintenir satisfait	Impliquer	Toutes	Ateliers Entretiens Sondage Infolettre Extranet	Fréquent (tous les mois)
Stations de ski non étudiées	Prendre en compte	Consulter	Début/mi/fin Et suite à un atelier	Courriel trimestriel Infolettre Congrès	Régulier
Collaborateurs d'intérêt	Maintenir informé	Informar	Début/mi/fin	Courriel Rencontre	Occasionnel
Comité de suivi du projet	Maintenir informé	Informar et consulter	Début/mi/fin	Courriel Rencontre	Régulier

#### 1.2.4.3 Chronologie des activités

Les étapes et activités du projet se sont échelonnées de début 2023 à juin 2024 et sont illustrées dans la Figure 10.

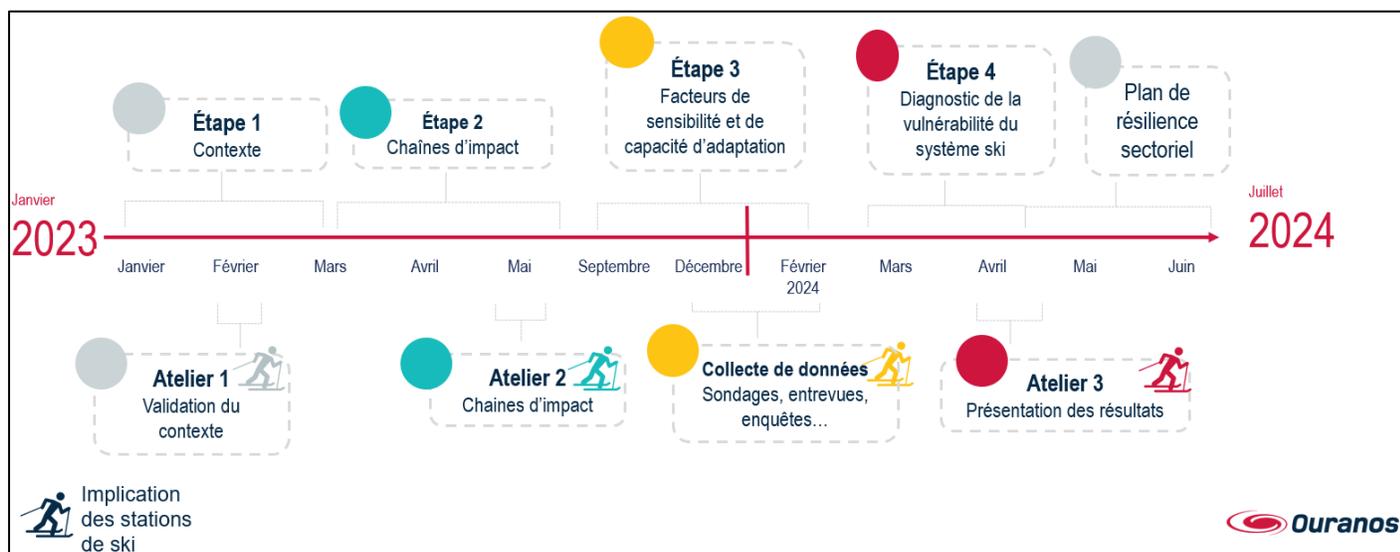


Figure 10 : Étapes du projet et activités d'engagement des parties prenantes

### 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 socio-économique 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.

## 2. CHAPITRE 2 : ÉTABLISSEMENT DU CONTEXTE (ÉTAPE 1)

Ce chapitre dresse un portrait du système en croisant le portrait des aléas (section 2.1), avec celui des stations (perspective qualitative) (section 2.2.2), du secteur (perspective économique) (section 2.2.3) et du système (perspective macroéconomique) (section 2.2.4). Il a ensuite été validé avec les usagers (section 2.3) (Figure 11).

### Établissement du contexte

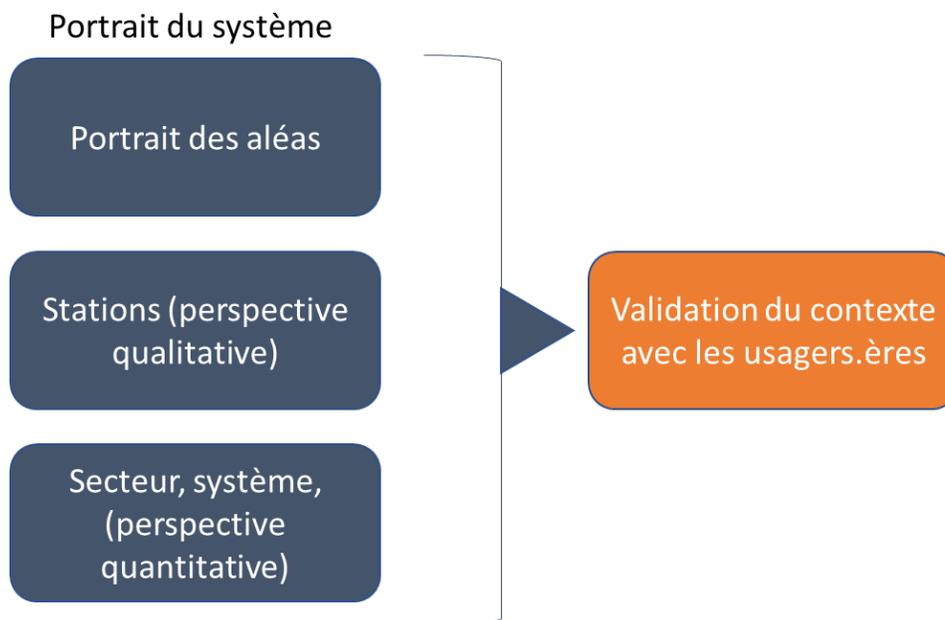


Figure 11 : Démarche d'établissement du contexte.

## 2.1 LES ALÉAS CLIMATIQUES QUI TOUCHENT LE SYSTÈME SKI ALPIN

### 2.1.1 Revue de littérature des aléas pertinents

L'identification des aléas climatiques affectant les stations de ski au Québec a été effectuée à partir des connaissances contenues dans la littérature scientifique (IV. Méthodologie de l'identification des aléas). La littérature a été examinée à l'échelle du Québec, du Canada, mais aussi à l'échelle internationale afin de comprendre quels aléas climatiques sur les quatre saisons, sont à considérer dans le diagnostic de vulnérabilité des stations de ski face aux changements climatiques. Le Tableau 4 présente 14 aléas climatiques ayant des répercussions sur les stations de ski au Québec selon les quatre saisons et selon le niveau de maturité des connaissances liées à l'aléa (avancée en vert et intermédiaire en jaune).

Les aléas climatiques identifiés ont d'abord été classés en deux catégories pour faire la distinction entre les différents impacts qu'ils peuvent engendrer pour les stations de ski. D'abord, on retrouve les aléas de type « stress » qui sont directement associés à des tendances climatiques et qui s'évaluent sur le long terme, comme la hausse des températures moyennes ou la diminution de précipitations neigeuses. Ces aléas ont comme effet d'affaiblir

graduellement les capacités du système ski alpin et d'accroître la vulnérabilité sur le long terme (Singh et al., 2009; Da Silva et al., 2019; Ruttly et al., 2016; Scott et al., 2020). La deuxième catégorie est celle des aléas climatiques régis par des paramètres météorologiques se produisant de manière plus soudaine, comme les vents violents et les redoux, dits « chocs ». Il est important de reconnaître que ces chocs, même s'ils sont séparés des aléas à évolution lente, sont influencés par les grandes tendances climatiques quant à leur fréquence et intensité. Parmi les aléas identifiés comme étant des chocs, certains sont moins directement liés aux phénomènes climatiques, mais apparaissent tout de même d'importance pour l'économie de montagne face aux changements climatiques, comme les glissements de terrain ou les incendies de forêt.

Les aléas sont présentés dans le Tableau 4 selon leur saisonnalité dans le but de montrer les aléas climatiques et leurs impacts potentiels sur le système ski alpin mais aussi sur l'ensemble des saisons pour la gestion de montagne. Les sections suivantes abordent, dans un premier temps, les aléas climatiques pertinents pour la saison de ski, pour ensuite s'intéresser aux aléas climatiques se produisant sur les autres saisons.

**Tableau 4 : Identification des aléas climatiques pertinents pour les stations de ski alpin selon les saisons**

TABLEAU D'IDENTIFICATION DES ALÉAS CLIMATIQUES							
Aléas climatiques		Saisons				Références	
Nom	Définition	Hiver	Printemps	Été	Automne		
Stress	<b>Hausse des températures</b>	Tendance observée de l'augmentation progressive des températures moyennes au cours des dernières décennies.	X	X		X	(DaSilva et al., 2019; Bleau et al., 2012; Paque et al., 2018; Ouranos, 2015).
	<b>Diminution des précipitations neigeuses</b>	Tendance observée de réduction de la quantité de précipitations solides qui tombe dans une région donnée au cours de l'hiver	X	X		X	(Bleau et al., 2012; Singh et al., 2009; McBoyle et Minogue, 2007a; Rutty, et al., 2016)
	<b>Augmentation des précipitations pluvieuses hivernales</b>	Tendance observée dans certaines régions à des hivers plus doux et plus humides, avec des chutes de pluie de plus en plus fréquentes en période hivernale	X	X		X	(DaSilva et al., 2019; Singh et Bryant, 2006; Ouranos, 2015)
	<b>Variabilité du couvert neigeux</b>	Changements dans la quantité, la distribution spatiale et la durée de la couverture de neige dans une région donnée.					Da Silva et al., 2019; Morin et al., 2021
Chocs	<b>Forte pluie et inondation</b>	Précipitations considérablement plus élevées que la moyenne observée sur une période de temps donnée dans une région spécifique.	X	X	X	X	(Bleau et al., 2012; Ouranos, 2015)
	<b>Canicule</b>	Période de chaleur extrême et prolongée.		X	X	X	(Bleau et al., 2012)
	<b>Redoux hivernaux</b>	Phénomène météorologique où la température augmente au-dessus de la moyenne saisonnière pendant une période donnée (généralement plusieurs jours)	X	X			(Bleau et al., 2012; Dasilva, 2019)
	<b>Épisode de gel/dégel</b>	Journée où la température moyenne quotidienne oscille sous et au-dessus de 0°C en 24 heures	X	X			(DaSilva, 2019; Goupil, 2018; Shinder, 2018).
	<b>Sécheresse</b>	période prolongée de temps anormalement sec			X		(Bleau et al., 2012; Knowles, 2019).
	<b>Vent violent</b>	Vents anormalement intenses, accompagnés de rafales	X	X	X	X	(Scott et al., 2020; Ouranos, 2015; Bleau et al., 2012; Dae II et Sushama, 2019)
	<b>Verglas</b>	Accumulation de glace sur les surfaces exposées. Se forme lorsque l'eau fondue entre en contact avec les surfaces froides et gèle instantanément, créant une couche de glace lisse et glissante.	X			X	(Bleau et al., 2012; Ouranos, 2015; McCray et al., 2022)
	<b>Orage</b>	Événement météorologique violent qui résulte de l'interaction entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid		X	X	X	(Bleau et al., 2012; Environnement et changement climatiques Canada, s.d)
	<b>Incendie de forêt</b>	Propagation du feu dans une forêt, une brousse ou une zone boisée		X	X	X	(Knowles, 2019; Bonnin et Vaillancourt, 2021; Flannigan, 2009)
	<b>Mouvement de masse (glissement de terrain et avalanche)</b>	Phénomène qui se produit lorsque des masses de sol, de roche ou de neige glissent ou tombent en pente	X	X	X	X	(Singh et al., 2009; Reynard, 2020; Héту et al., 2011; Locat et Leroueil, 2019; Cantin, 2022)

<b>Légende</b>
<b>Maturité des connaissances -</b>
Intermédiaire
Avancée

### 2.1.2 Description des aléas climatiques pertinents pour la saison du ski (« hiver-ski » : novembre à mars)

Pour chacun des aléas climatiques identifiés dans la revue de littérature, une courte définition est fournie et le niveau de maturité des connaissances associée est qualifié sur une échelle faible, intermédiaire, avancée.

### 2.1.2.1 Hausse des températures

La hausse des températures moyennes fait référence à l'augmentation progressive des températures moyennes annuelles, observée au cours des dernières décennies (Ouranos, 2015). Au Sud du Québec et dans la région du golfe du Saint-Laurent, les températures annuelles projetées avec un scénario de rivalités régionales (SSP3 7.0) augmentent d'environ 2 à 4 degrés pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 degrés pour la période 2071-2100 (Ouranos, 2023).

La hausse des températures est un aléa climatique englobant pour les stations de ski, car elle peut entraîner une variété de sous-aléas qui affectent toutes les saisons (Bleau et al., 2012; Da Silva et al., 2019). La hausse des températures moyennes sur l'horizon temporel de l'étude (2041-2070) peut entraîner la réduction de l'enneigement, retarder l'arrivée de l'hiver, diminuer la fréquence et la durée des fenêtres de froid, précipiter la fin de l'hiver, etc. Selon les projections climatiques pour le Québec et pour les deux scénarios d'émissions de GES (SSP2-4.5 et SSP3-7.0), toutes les régions du Québec sont exposées à une hausse des températures moyennes annuelles et hivernales (Ouranos, 2023).

#### **Maturité des connaissances : Avancée**

Le phénomène de la hausse des températures moyennes au Québec est bien compris et documenté en science climatique. Les tendances historiques sont bien documentées et il existe plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer les tendances à la hausse au Québec. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos). De plus, plusieurs études abordent les impacts de la hausse des températures sur l'industrie du ski au Québec.

### 2.1.2.2 Diminution des précipitations neigeuses

La diminution des précipitations neigeuses fait référence à une tendance observée de réduction de la quantité moyenne de précipitations solides qui tombe dans une région donnée au cours de l'hiver (Ouranos, 2015). Cet écart de précipitations est lié de près à l'évolution des températures et se définit aussi comme un stress climatique, puisqu'on observe sa tendance et sa variabilité sur un ensemble d'années.

La diminution des précipitations neigeuses est un aléa climatique prépondérant dans la littérature scientifique pour la vitalité du système ski alpin, puisqu'elle influence fortement le couvert neigeux (Da Silva et al., 2019; Bleau et al., 2012; Paque et al., 2018). Pour les stations de ski, la diminution des précipitations neigeuses amoindrit les conditions de glisse et accroît la dépendance à la fabrication de neige, augmentant ainsi la pression sur l'efficacité des systèmes d'enneigement et sur le contrôle des coûts de préparation. Selon les projections climatiques associées à l'indicateur de précipitations solides totales pour l'hiver, on observe un patron de diminution dans le sud du Québec et le long du fleuve Saint-Laurent (Ouranos, 2015).

#### **Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer les tendances de variabilité des précipitations neigeuses au Québec. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos). De plus, plusieurs études abordent les impacts de la diminution des précipitations neigeuses sur l'industrie du ski au Québec.

### 2.1.2.3 Augmentation des précipitations pluvieuses hivernales

L'augmentation des précipitations pluvieuses hivernales fait référence à une tendance observée dans certaines régions à des hivers plus doux et plus humides, avec des chutes de pluie de plus en plus fréquentes en période hivernale. Partout au Québec, les modèles climatiques s'accordent sur des hausses hivernales et printanières des cumuls de précipitations. (Ouranos, 2015). Selon les régions et les scénarios SSP, celles-ci varient d'une augmentation de 2 % à 27 % pour la période 2041-2070.

Pour le secteur du ski alpin, l'augmentation des précipitations pluvieuses hivernales peut avoir un impact significatif sur l'opération des stations (Da Silva et al., 2019). Notamment, la pluie peut accélérer la fonte de la neige existante, ce qui peut rendre les pistes glissantes et dangereuses pour les skieurs, en plus d'engendrer des défis importants pour réhabiliter les pistes. La pluie peut également rendre difficile la production de neige artificielle, qui est souvent utilisée pour compenser le manque de neige naturelle.

#### **Maturité des connaissances : Avancée**

Les tendances historiques associées aux précipitations pluvieuses hivernales au Québec sont bien documentées. Il existe aussi plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer les tendances de variabilité des précipitations pluvieuses hivernales au Québec. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos). De plus, plusieurs études abordent les impacts de l'augmentation des précipitations pluvieuses sur l'industrie du ski au Québec.

### 2.1.2.4 Variabilité du couvert neigeux

Dans les régions où opèrent les stations de ski de l'ASSQ, le couvert neigeux connaît une réduction de sa durée en raison d'une apparition plus tardive des premières précipitations neigeuses et d'une fonte plus hâtive au printemps. Les projections tendent vers une diminution de la surface du couvert neigeux ainsi que de sa durée pour le futur. La perte de neige pourrait se stabiliser ou continuer de décroître dépendamment des projections de GES. Pour l'industrie du ski, l'absence de couvert neigeux peut être palliée par l'utilisation de canon à neige, si les conditions de température et d'humidité relative sont propices à leur usage.

#### **Maturité des connaissances : Avancée/Intermédiaire**

Les observations satellitaires ont permis une grande avancée sur le couvert de neige, néanmoins les observations de surface sont rares et ne permettent pas toujours d'avoir un portrait complet du couvert de neige au sol, en particulier pour les quantités d'eau disponible. Quant aux projections de couvert de neige et d'équivalent en eau de la neige, les informations disponibles actuellement correspondent à des différences entre les périodes historiques et futures, et non pas à des séries temporelles post-traitées.

Puisqu'il s'agit d'un déterminant majeur dans le diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin, le projet de « **Portrait des indices de neige au sol (PINS)** », qui fait partie de l'étude globale sur le système ski alpin face aux changements climatiques, vise à fournir un portrait climatique futur de la neige au sol et de ses indicateurs sur l'ensemble de la province du Québec. Les indicateurs sont élaborés afin de répondre aux besoins du secteur du ski, mais aussi d'autres domaines. Par exemple, la durée du couvert de neige naturelle au sol ou le

nombre de jours de pluie sur neige font partie des indicateurs étudiés (plus de détails dans le [rapport PINS](#)).

#### 2.1.2.5 Redoux hivernaux

Un épisode de redoux en hiver est un phénomène météorologique où la température augmente au-dessus de la moyenne saisonnière pendant une période donnée, généralement plusieurs jours (Ouranos, s.d). Les épisodes de redoux peuvent avoir des effets importants sur l'environnement hivernal, en particulier sur les activités de ski et de tourisme hivernal, car ils peuvent entraîner la fonte de la neige, la formation de glace et la détérioration des pistes (Da Silva et al., 2019). Dans la littérature, les redoux sont surtout identifiés comme une source potentielle de dommage pour les mois de mars et novembre (Paque, 2018).

##### **Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe plusieurs indicateurs de températures en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer les tendances génératrices de redoux. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos).

#### 2.1.2.6 Épisodes de gel/dégel

Un épisode de gel/dégel se définit comme une journée où la température moyenne quotidienne oscille sous et au-dessus de 0 °C en 24 heures. Un événement est observé quand la température minimale de la journée est inférieure à 0 °C et quand la température maximale est supérieure à 0 °C (Ouranos, 2015). On définit donc cet aléa climatique comme un choc.

Cette alternance de températures peut causer la fonte partielle de la neige pendant la journée en raison de la chaleur du soleil et de la remontée d'humidité dans la neige, puis le gel nocturne peut durcir la neige, la rendant plus dure et plus glissante. Ce cycle de gel/dégel peut également causer la formation de givre sur les pistes de ski. Pour les stations de ski, ces épisodes représentent un aléa, car ils peuvent avoir un impact sur la qualité des pistes et occasionner des bris d'équipements.

##### **Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer la tendance des épisodes de gel-dégel. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos).

#### 2.1.2.7 Verglas

Le verglas est un type de choc climatique qui se caractérise par une accumulation de glace sur les surfaces exposées, telles que les arbres, les routes et les équipements. Le verglas se forme lorsque de l'eau fondue entre en contact avec des surfaces froides et gèle instantanément, créant une couche de glace lisse et glissante.

Au Québec, le verglas peut avoir un impact significatif sur le secteur du ski. Tout d'abord, les pistes de ski peuvent être recouvertes de glace, ce qui peut rendre la descente de ski dangereuse et difficile pour les skieurs. Les skieurs peuvent perdre le contrôle en raison de la

surface glissante, ce qui peut entraîner des accidents et des blessures. De plus, les remontées mécaniques et les télécabines peuvent être recouvertes de glace, ce qui peut entraîner des bris, des retards ou des fermetures temporaires, perturbant les opérations de la station.

En outre, le verglas peut également avoir un impact sur les déplacements des skieurs et des visiteurs dans les régions montagneuses. Les routes peuvent être recouvertes de glace, ce qui peut rendre les déplacements difficiles et dangereux. Les aéroports peuvent également être touchés par le verglas, entraînant des retards et des annulations de vols, affectant ainsi la fréquentation des stations de ski. Enfin, le verglas peut aussi provoquer d'importantes pannes d'électricité qui peuvent mener à la fermeture des stations.

#### **Maturité des connaissances : Intermédiaire**

La compréhension des conditions météorologiques propices à la formation du verglas a beaucoup progressé, mais il persiste encore beaucoup d'incertitude quant au signal de changement sur la fréquence, la durée et l'intensité des épisodes de verglas dans le sud Québec pour les décennies à venir (Ouranos, 2015, McCray et al., 2022).

### 2.1.2.8 Vents violents

Les vents violents sont un type de choc climatique qui se caractérise par des vents anormalement intenses, accompagnés de rafales. Ces vents peuvent être causés par des systèmes météorologiques extrêmes tels que des tempêtes ou des fronts froids.

Au Québec, les vents violents peuvent avoir un impact significatif sur le secteur du ski. Tout d'abord, les vents violents peuvent endommager les remontées mécaniques et entraîner leur fermeture, empêchant les skieurs d'accéder aux pistes. De plus, les vents violents peuvent rendre les conditions de ski difficiles ou dangereuses pour les skieurs.

Les vents violents peuvent également causer des chutes d'arbres et des dommages aux bâtiments et aux équipements, et ce pendant les quatre saisons, entraînant des coûts de réparation et des pertes de revenus pour les stations de ski (Ouranos, 2015).

#### **Maturité des connaissances : Intermédiaire**

Il n'est pas encore possible d'établir si la fréquence et l'intensité des cyclones post-tropicaux (« restes d'ouragan ») qui causent des épisodes de vents violents au Québec changeront dans les prochaines décennies.

## 2.1.3 Descriptions des aléas climatiques pertinents pour les autres saisons : printemps, été et automne

### 2.1.3.1 Sécheresses

Les sécheresses font référence à une période prolongée de temps anormalement sec qui épuise les ressources en eau nécessaires à l'humain et à l'environnement (Mon climat, ma santé, s.d.). Les changements climatiques modifieront grandement les quantités de précipitations moyennes et extrêmes ainsi que leur fréquence. Ceci aura inévitablement des répercussions sur l'ampleur et la fréquence des sécheresses (Ouranos, 2015).

À l'échelle des stations de ski du Québec, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses peut entraîner une pénurie d'eau à l'automne, ce qui peut être un problème pour les stations de ski qui dépendent de l'enneigement mécanique à ce moment. Les stations de ski utilisent de grandes quantités d'eau pour faire de la neige, et à mesure que les températures augmentent, il peut y avoir moins d'eau disponible. Les sécheresses peuvent également

détériorer la végétation présente sur le territoire des stations de ski au courant de la période estivale.

**Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe certains indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques nous permettant d'estimer la tendance liée aux épisodes de sécheresses. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Données climatiques).

### 2.1.3.2 Fortes pluies et inondations

En raison des changements climatiques, plusieurs régions du Québec peuvent s'attendre à une augmentation de la fréquence des pluies abondantes. On peut constater que les quantités de précipitations des jours les plus pluvieux présentent une tendance à la hausse. La quantité maximale de précipitations lors d'un épisode de cinq jours consécutifs est un indice particulièrement important pour les risques d'inondation.

Les fortes pluies et les inondations peuvent constituer des aléas climatiques pour les stations de ski, car elles peuvent endommager les infrastructures telles que les remontées mécaniques, les pistes de ski, les sentiers et les bâtiments. De plus, de fortes pluies peuvent entraîner la fonte rapide de la neige, entraînant des inondations et des glissements de terrain. Les inondations peuvent également perturber les transports et les infrastructures électriques, rendant difficile l'accès des skieurs et des touristes aux stations.

**Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques pour estimer les tendances de pluies abondantes au Québec pour les prochaines décennies. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada et Portraits climatiques d'Ouranos). De plus, l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional peut fournir des indicateurs hydrologiques pertinents pour l'évolution des débits sur près de 10 000 tronçons de rivières.

### 2.1.3.3 Canicule

Une canicule est une période de chaleur extrême et prolongée qui peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, l'environnement et l'économie. Au Québec, les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes et intenses en raison des changements climatiques (Ouranos, 2015). Un épisode de canicule peut notamment augmenter les risques de déshydratation en contexte de pratique d'activités sportives en plein air. Du point de vue météorologique et de santé publique, une canicule se produit lorsque la température atteint 30°C pendant trois jours consécutifs ou plus, avec des températures minimales nocturnes de 20°C ou plus (Paque, 2018). Les canicules sont aussi souvent associées à une humidité accrue et à un manque de vent.

**Maturité des connaissances : Avancée**

Il existe plusieurs indicateurs en climat futur disponibles sur des plateformes climatiques publiques nous permettant d'estimer la tendance liée aux vagues de chaleur et chaleurs extrêmes. Ces projections sont disponibles pour le Québec à une bonne résolution spatiale (Atlas climatique du Canada, Données climatiques et Portraits climatiques d'Ouranos).

#### 2.1.3.4 Orage et événements convectifs

Un orage est un événement météorologique violent qui résulte de l'interaction entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid. Cette perturbation atmosphérique entraîne la formation de nuages convectifs (cumulonimbus), qui peuvent causer des précipitations intenses, des vents violents, ainsi que des phénomènes électriques tels que la foudre et le tonnerre (OMM, s.d.). Dans des cas exceptionnels, une tornade peut également se produire (Environnement et changements climatiques Canada, s.d). Ce choc climatique peut représenter une variété de dommages potentiels pour les stations de ski du Québec, notamment des dommages aux infrastructures (p. ex. : infrastructure électrique et remontée mécanique) en période estivale. En effet, bien que les lignes d'orages puissent traverser successivement plusieurs zones et se manifester à n'importe quelle heure du jour, toute l'année, ils sont exceptionnellement rares en hiver.

##### **Maturité des connaissances : Intermédiaire**

Quelques études préliminaires laissent entrevoir une hausse de la fréquence et de l'intensité des orages au fur et à mesure que l'on s'approche de l'année 2100 sans toutefois pouvoir établir un niveau de confiance dans ces projections (Ouranos, 2015, Warren et Lemmen, 2014). Ces études sont basées sur de petits nombres de modèles ou de projections climatiques, ce qui ne permet pas pour l'instant d'établir un niveau de confiance pour l'augmentation des orages.

#### 2.1.3.5 Incendie de forêt

Les incendies (ou feux) de forêt sont un type de choc climatique qui se produit lorsqu'un feu se propage dans une forêt, une brousse ou une zone boisée. Les incendies de forêt surviennent en raison d'une combinaison de divers éléments naturels, incluant la topographie, les conditions météorologiques et climatiques, ainsi que la disponibilité et le type de matériau inflammable (Ouranos, s.d).

Au Canada, on estime que les conditions climatiques extrêmes, comme la sécheresse et les températures élevées, ont rendu les forêts plus vulnérables aux incendies, nécessitant ainsi des modèles de prévision des feux de forêt pour mieux comprendre et anticiper les risques (Bonnin et Vaillancourt, 2021). Les stations de ski sont souvent situées dans des zones boisées et, à mesure que les températures augmentent, le risque de feu de forêt augmente. Ces incendies peuvent être dangereux pour les clients et le personnel et peuvent également endommager les infrastructures.

On estime que les risques d'incendie de forêt augmenteront au Canada en raison des changements climatiques, car ils aggraveront les trois principaux facteurs qui influencent les incendies de forêt : la disponibilité de combustible sec à brûler, des éclairs fréquents qui déclenchent des incendies et un temps sec et venteux qui attise les flammes (Flannigan, 2009).

##### **Maturité des connaissances : Intermédiaire**

La compréhension des relations entre les divers aspects liés aux incendies et les facteurs clés (interactions climat-combustibles-personnes) propices au déclenchement d'incendie de forêt a beaucoup progressé, mais il persiste encore beaucoup d'incertitude quant au signal de changement sur la fréquence, la durée et l'intensité des incendies de forêt dans le sud Québec pour les décennies à venir.

### 2.1.3.6 Mouvement de masse - glissement de terrain, avalanche

Les mouvements de masse sont des phénomènes naturels qui se produisent lorsque des masses de sols, de roche ou de neige glissent ou tombent en pente. Le risque de mouvement de masse est influencé par plusieurs facteurs, notamment la pente du terrain, le type de sol, la présence de végétation ou de revêtements de sol, la présence de cours d'eau, le climat et les activités humaines. Les activités humaines peuvent augmenter le risque en modifiant le paysage, en réduisant la végétation, en construisant des infrastructures ou en perturbant l'équilibre naturel des écosystèmes. Ce groupe de facteurs en fait un aléa qui n'est donc pas uniquement climatique, mais influencé par certaines variables climatiques comme les précipitations abondantes et les variations de température (Locat et al., 2019). Bien que le risque de mouvement de masse soit multifactoriel, il est important de considérer cet aléa dans le cadre de l'étude, puisqu'il provoque des dommages considérables lorsqu'il survient sur le territoire des stations de ski au Québec, en plus de marquer les esprits (Cantin, 2022).

Au Québec, les conséquences des changements climatiques sur la fréquence et l'intensité des mouvements de masse sont variables en fonction du type de phénomène. En effet, il est prévu que les effets soient minimales pour les grands glissements, mais plus significatifs pour les coulées superficielles et les avalanches de neige mouillée. Toutefois, dans de nombreux cas, l'impact du climat actuel sur ces phénomènes est déjà complexe et implique l'interaction de plusieurs facteurs. Par conséquent, une analyse approfondie et une intégration plus poussée des données seront nécessaires pour mieux comprendre l'ensemble de ces facteurs (Locat et al., 2019).

#### **Maturité des connaissances : Intermédiaire/Avancée**

Il existe quelques jeux de données en accès libre qui permettent d'apprécier le risque lié aux glissements de terrain et plusieurs études en géotechniques ont permis de bien connaître les différents phénomènes de mouvements de masse. Quelques études ont également considéré l'impact potentiel des scénarios de changements climatiques sur les mouvements de masse, mais ces projections ne permettent pas encore de quantifier la probabilité future et la résolution spatiale des modèles est encore assez basse.

### 2.1.4 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 vert dans le

Tableau 5) : 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 du rapport synthèse](#). Pour les aléas dont les données ne sont pas disponibles (sécheresse, vents violents, verglas, orages et événements convectifs, incendie de forêt, mouvements de masse), une analyse qualitative a été menée et se retrouve aussi dans l'Annexe 1 du rapport synthèse – Cartographie des aléas climatiques.

**Tableau 5 : Les aléas climatiques identifiés sur les quatre saisons, ayant un impact sur le système ski alpin québécois (en vert, les aléas prioritaires)**

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

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 6).

**Tableau 6 : 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)

### 2.1.5 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 aléas. Pour plus de détails, veuillez-vous référer à la Cartographie des aléas à l'Annexe 1 du rapport synthèse.

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 modérés 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 7. 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.**

<i>Région</i>	<i>Indicateurs climatiques</i>	<i>Horizon Scénario</i>	<i>1991-2020 Référence</i>	<i>2021-2050</i>	<i>2041-2070</i>
<b>Québec ski</b>	<b>Température moyenne (°C)</b>	SSP2-4.5	-9.9	+1.7	+2.3
		SSP3-7.0	-9.9	+1.7	+3.1
	<b>Nombre de jours de gel-dégel (jours)</b>	SSP2-4.5	36	+5	+7
		SSP3-7.0	36	+4	+7
	<b>Jours sans couvert de neige naturelle</b>	RCP 4.5*	10	+4	+6
		RCP 8.5	10	+4	+8
	<b>Précipitations liquides moyennes (mm)</b>	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 7):

- À l'horizon 2021-2050, les **températures moyennes hivernales** pour le Québec ski augmenteront de +1.7 °C par rapport à la période historique (1991-2020), selon les deux scénarios, alors qu'à l'horizon 2041-2070, l'augmentation sera de +2.3 °C (+3.1 °C, selon le SSP3-7.0).
- À l'horizon le plus proche, le nombre de **jours de gel-dégel** augmentera de cinq jours puis sept jours d'ici 2041-2070 selon les deux scénarios.
- Les **précipitations liquides** augmenteront de 33 mm et 43 mm respectivement aux horizons 2021-2050 et 2041-2070 selon le SSP2-4.5 (28 mm et 48 mm selon SSP3-7.0).
- Les **jours sans couvert de neige naturelle** 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).

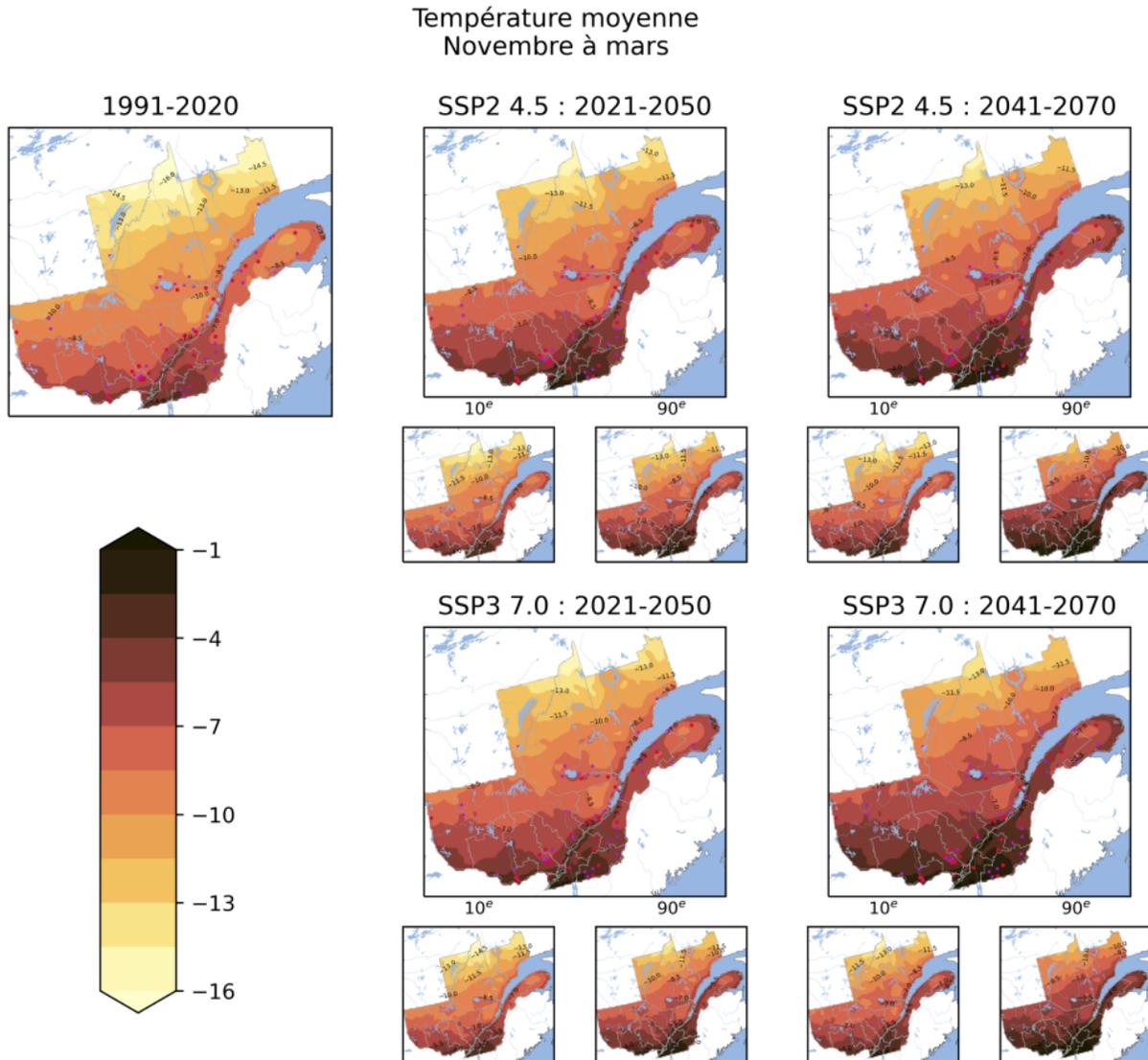
### 2.1.5.1 Quatre aléas hivernaux prioritaires

Les cartes de conditions projetées des quatre aléas prioritaires ont toutes le même format, telle la Figure 12. 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 50e centile) tandis que les panneaux en bas à gauche et en bas à droite présentent le 10e et 90e centiles respectivement<sup>4</sup>. Les résultats sur l'horizon 2071-2100 ne sont pas présentés sous forme de cartes pour éviter de surcharger le graphisme.

---

<sup>4</sup> 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).

### 2.1.5.1.1 Hausse des températures moyennes hivernales



**Figure 12 : 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 du rapport synthèse pour plus de détails).**

Voici les messages clés à retenir des cartes de la Figure 12 :

- 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.
- 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.

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  $-1\text{ °C}$ . Dans les secteurs nord, soit en Chaudière-Appalaches, les valeurs les plus froides 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 pourraient atteindre près de  $-6\text{ °C}$  (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  $-10\text{ °C}$  (période actuelle) à  $-7\text{ °C}$  (horizon 2041-2070 ; SSP3-7.0).

### 2.1.5.1.2 Épisodes de gel-dégel

Nombre de jours de gel-dégel  
Novembre à mars

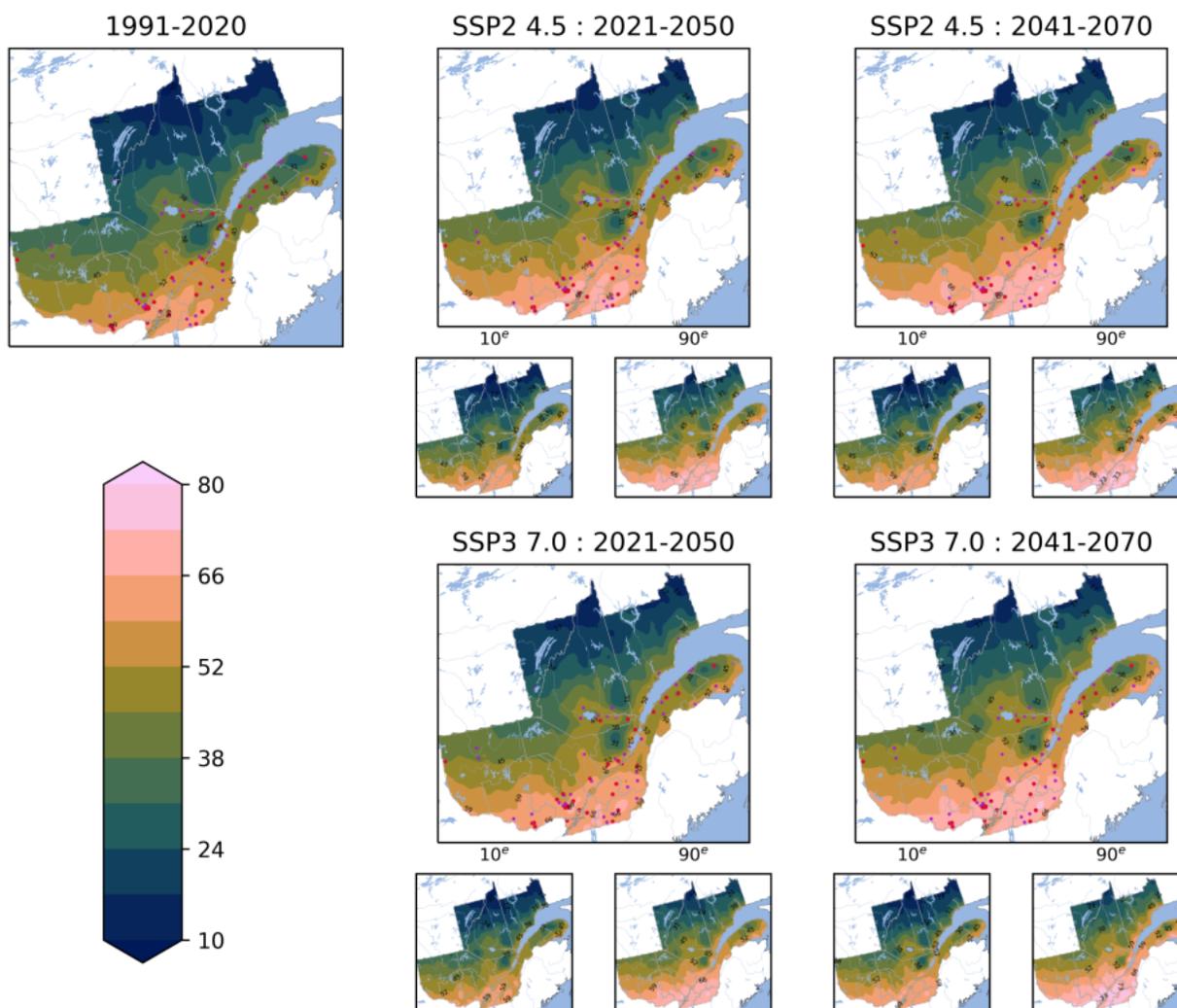


Figure 13 : Conditions simulées des jours de gel-dégel de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070. (voir annexe 1 du rapport synthèse pour plus de détails)

Voici les messages clés à retenir des cartes des épisodes de gel-dégel (Figure 7):

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 du nombre 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 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.

2.1.5.1.3 Jours sans couvert de neige naturelle au sol

Jours sans couvert neigeux naturel  
Novembre à mars

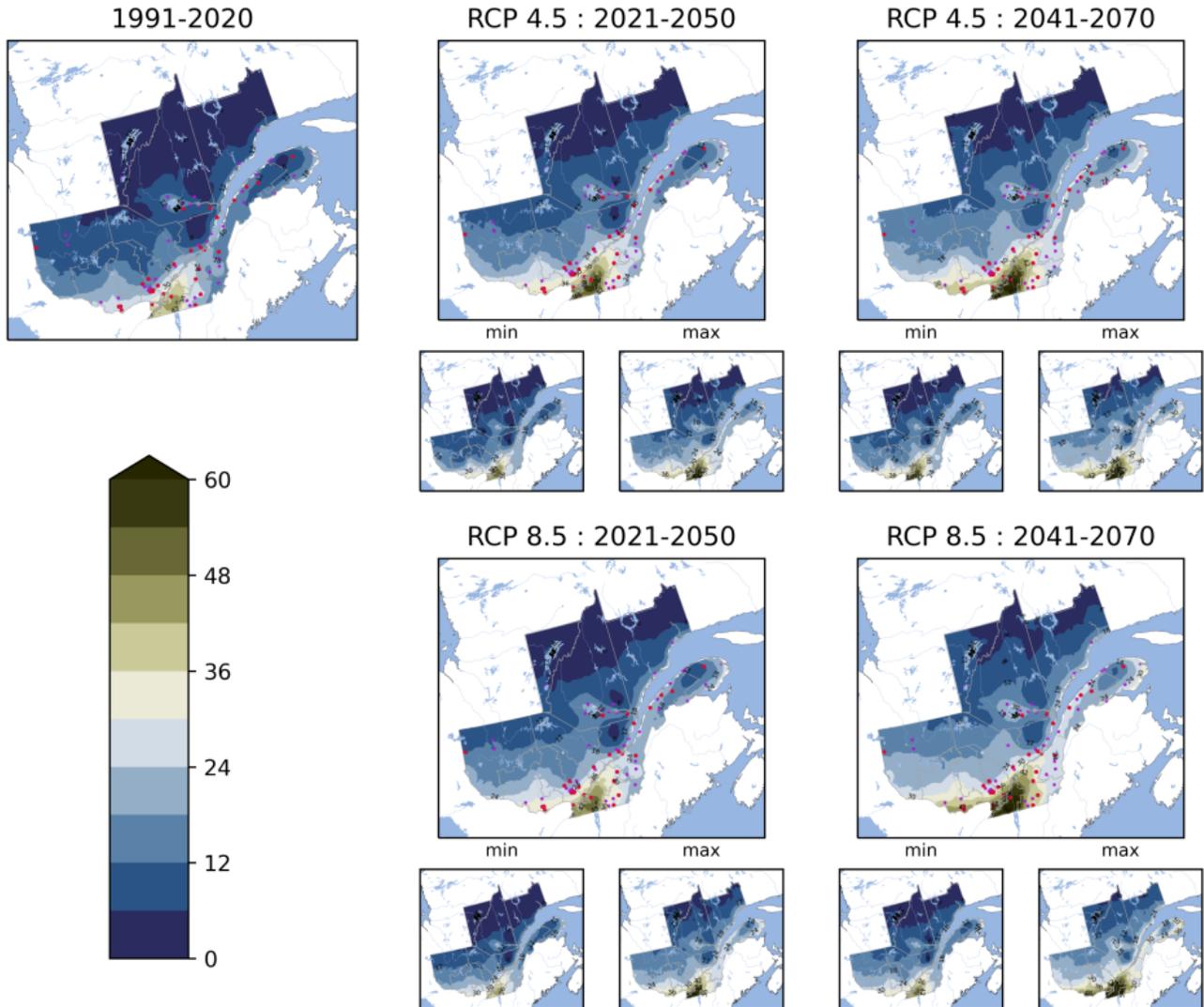


Figure 14 : Conditions simulées du nombre de jours sans couvert de neige naturelle au sol de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 du rapport synthèse pour plus de détails).

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

- 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, RCP8.5).

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 des régions 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 à 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 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 (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.

#### 2.1.5.1.4 Précipitations liquides

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

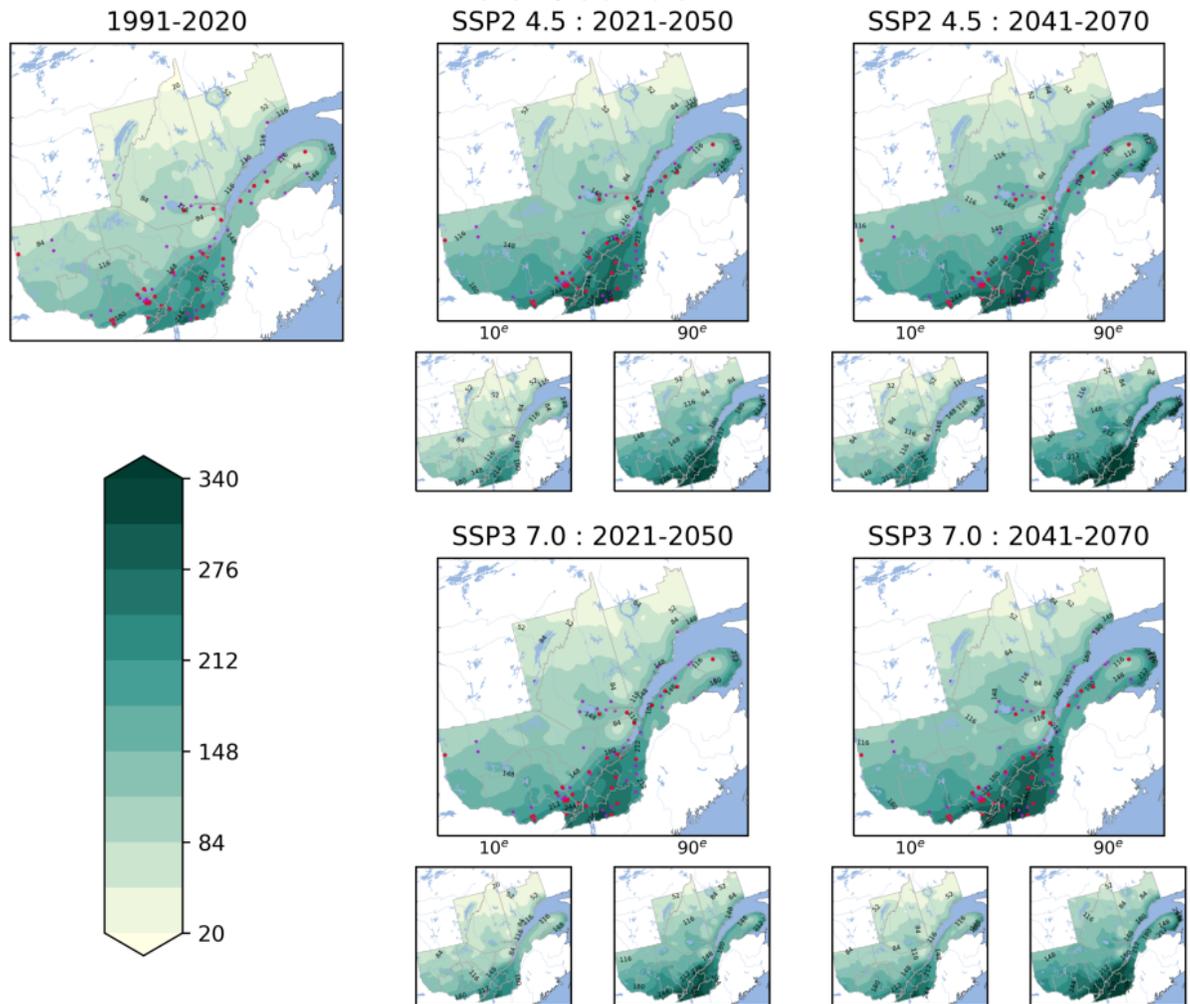


Figure 15 : Conditions simulées des précipitations liquides moyennes (en millimètres) de novembre à mars, pour la période de référence 1991-2020 ainsi que les horizons 2021-2050 et 2041-2070 (voir annexe 1 du rapport synthèse pour plus de détails).

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).

### 2.1.5.2 Autres aléas 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 du Rapport Synthèse) :

- 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 la neige ( $T_{max} < -5 \text{ °C}$ )

- nombre de jours sous la température marginale pour la fabrication de la 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  $0 \text{ °C}$ ).

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 10mm d'équivalent en eau de la neige (EEN) en 24h;
- 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.

### 2.1.5.3 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 une  $T_{max} > 30 \text{ °C}$  ;
- fortes pluies : maximum de précipitations sur cinq jours (en mm).

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.

## 2.2 PORTRAIT DU SYSTÈME SKI ALPIN

### 2.2.1 Perspective historique et sociologique

La pratique du ski, icône contemporaine de l'hivernité québécoise (Hamelin, 1999), fait partie du paysage récréotouristique du Québec depuis bientôt 150 ans. La pratique et le développement du ski ont évolué au Québec au fil des années à travers plusieurs grandes périodes. Le ski a été introduit au Québec par des Norvégiens autour de 1879 (Soucy, 2009). Le ski de fond et le saut à ski sont d'abord principalement pratiqués (Soucy, 2013). Le ski sera révolutionné par l'invention des remontées mécaniques vers la fin des années 1920 (Soucy, 2013) dans la région des Laurentides. Bien que celle-ci deviendra le centre de rayonnement du ski alpin en Amérique du Nord, le sport gagne presque tout le Québec, connaissant même un boom dans les deux décennies suivant la Seconde Guerre mondiale (Soucy, 2009). Dans certains cas, le développement des stations de ski engendre même la constitution de nouveaux villages (p. ex. Mont-Tremblant Lodge et la municipalité du même nom) (Huart, 1991). L'essor de ce qui est désormais devenu « l'industrie du ski » se poursuit entre 1967 et 1979, période marquée par des bouleversements sociaux (p. ex.: apparition de la contre-culture) qui contaminent joyeusement la pratique du ski (Soucy, 2009).

Au seuil des années 1980, l'industrie du ski arrive à une croisée des chemins (Soucy, 2009). Les exigences des skieurs accrues en termes d'infrastructures, combinées à un contexte économique difficile (récessions, consolidations de la propriété des stations) et des conditions de neiges défavorables (notamment à l'hiver 1979), créent une tempête parfaite. Les problèmes financiers, et idéologiques entraînent de profonds changements dans les années 1980-1990 (Archambault et Audet, 1997; Soucy, 2009) découlant sur une rationalisation majeure de l'industrie (Da Silva et al., 2019). Le nombre de stations en activité au Québec a notamment connu un recul important, passant par exemple de plus de 110 à 94 entre 1980 et 1995 (Archambault et Audet, 1997; Soucy, 2009). Sur les sites de certaines stations désormais fermées persiste parfois une vocation récréotouristique (p. ex. Le Mont Castor devenu Maximise), alors que plusieurs sont désormais des lieux privés (résidence unique ou développement immobilier) ou des friches où la nature a repris ses droits (Poulin, 2019-2023). Les stations qui ont continué à opérer ont pour la plupart dû transformer leurs opérations et leur modèle d'affaires (Da Silva et al., 2019). On assiste également à certaines embellies. Parmi celles-ci, les principales sont l'augmentation importante du nombre d'adeptes dans les années 1980, l'émergence de créneaux régionaux diversifiés (Le Massif dans Charlevoix, stations du Saguenay-Lac-Saint-Jean), la diversification (offre et services, saisonnière) des activités des stations, de nouvelles glisses (ski acrobatique, planche à neige) (Soucy, 2009).

Voir aussi l'Annexe V sur la démarche méthodologique de cette section.

### 2.2.2 Les stations<sup>5</sup> : Une perspective qualitative

Parmi les 75 stations de ski du Québec, un échantillon de 30 stations participantes, sur une base volontaire, caractérise l'échelle locale des stations de cette étude. Les stations présentent une variété de localisation géographique, région touristique, modèle d'affaires et activités estivales. Si nous ne cherchions pas ici la représentativité, l'objectif était néanmoins de couvrir une large diversité de situations.

<sup>5</sup> Le contenu de cette section a fait l'objet d'une publication précédente (voir Falardeau et Laigroz, à paraître).

Au Québec en 2023, la vaste majorité des stations de ski sont membres de l'ASSQ (à l'exception du Massif de Charlevoix). La liste des 75 stations est disponible à l'Annexe II. Pour les fins du projet, un échantillon de 30 stations de ski est mobilisé. L'échantillon vise à prendre en compte la variété de tailles, de modèles d'affaires et de localisation géographique dans les régions touristiques des différentes stations. Une représentativité stricte (ou statistique) n'est pas visée, notamment parce que les objectifs et la méthodologie de l'étude ne le justifient pas. L'échantillon est par ailleurs basé sur la participation volontaire des stations. Les stations participantes sont présentées au Tableau 8.

### 2.2.2.1 La gouvernance des stations

Différentes catégorisations peuvent être utilisées pour refléter le modèle d'affaires ou le type de gouvernance des stations. L'ASSQ se réfère à quatre modèles de gouvernance : entreprises privées, organismes à but non lucratif, coop 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). La Figure 16 illustre cette distribution selon le type de gouvernance des stations participant au projet.

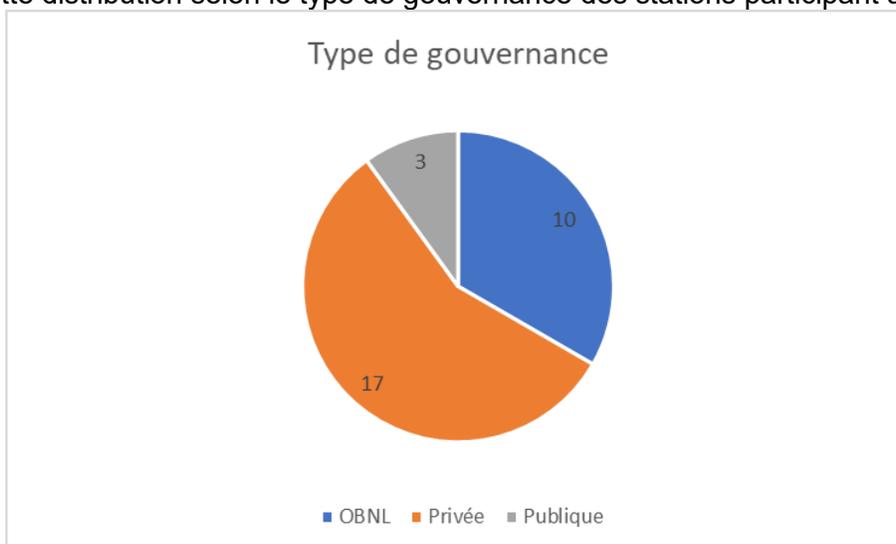
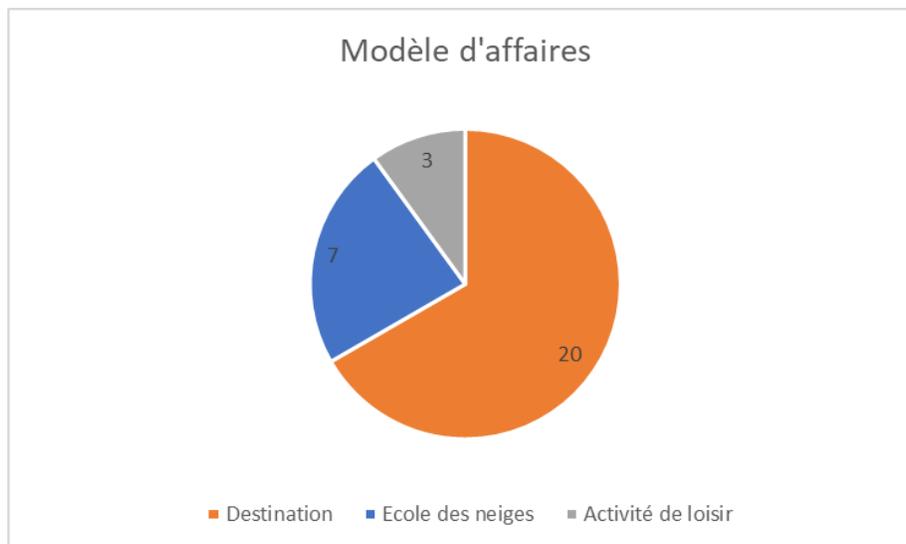


Figure 16 : Type de gouvernance des stations participantes (n=30)

### 2.2.2.2 Les modèles d'affaires des stations

Les stations peuvent également être catégorisées en fonction de leur modèle d'affaires. Cette catégorisation peut prendre en compte leur capacité et le type de clientèle principale (Audet, de Grandpré et Botti, 2019). L'ASSQ catégorise les stations selon le revenu de billetterie et la capacité de remontée (basée sur les mètres verticaux par heure ou MVPH) : Petite, Intermédiaire, Grande et Majeure (Archambault et al., 2022). Dans les écrits scientifiques, une catégorisation par modèle d'affaires se décline comme suit. 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) (Audet, de Grandpré et Botti, 2019). 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 (Audet, de Grandpré et Botti, 2019). 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 (Audet, de Grandpré et Botti, 2019). C'est cette catégorisation basée sur le modèle d'affaires qui est retenue ici. Parmi les stations participantes au projet, 7 sont des destinations, 20 sont des écoles des neiges et 3 sont du modèle des activités de loisirs<sup>6</sup>. La répartition des stations participant à l'étude en fonction de leur modèle d'affaires est illustrée à la Figure 17.



**Figure 17 : Catégorisation des stations participant à l'étude selon leur modèle d'affaires (n=30)**

### 2.2.2.3 Une offre d'activités complémentaires

L'offre d'activités lors de la saison estivale est une des caractéristiques des stations à considérer dans l'adaptation aux changements climatiques. 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; 60 %, en 2022) des stations membres de l'ASSQ. L'échantillon de stations prenant part au présent projet de recherche compte 20 stations sur 30 (67 %) proposant au moins une activité estivale. Parmi les stations qui n'en offraient pas au moment de la collecte d'information, plusieurs tablent sur des projets à courte échéance. Les principales activités sont la randonnée pédestre et le vélo de montagne (avec ou sans remontée mécanique), de l'hébergement (camping, hébergements insolites ou autres), du golf, des activités ludo-sportives (p. ex. tyrolienne ou parcours aériens) ou événementielles.

### 2.2.2.4 Le recours, presque essentiel, à la fabrication de neige

Enfin, le recours à la fabrication de neige mérite également d'être caractérisé. Seize (16) stations ne fabriquent pas de neige (Archambault, 2023), alors que ce sont 4 stations au sein de l'échantillon participant au projet qui ne recouraient qu'à la neige naturelle au moment où l'information a été recueillie (2022). Certaines de ces stations mettent de l'avant cette caractéristique comme facteur distinctif (p. ex. dans leur slogan ou sur le site internet) (Singh et al., 2009). Il convient de préciser qu'au moins deux des stations dont l'enneigement était jusqu'alors « entièrement naturel » prévoyaient recourir à l'enneigement mécanisé aussitôt qu'à la saison 2023-2024.

<sup>6</sup> Cette distribution a fait l'objet de vérification auprès de l'ASSQ et des stations participantes.

**Tableau 8 : Types de gouvernance, modèles d'affaires, présence d'activités estivales et de fabrication de neige des stations de ski alpin participantes au projet, par région touristique**

Station	Région touristique	Gouvernance	Modèle d'affaires	Activités estivales	Fabrication de neige*
Centre plein air Kanasuta	Abitibi-Témiscamingue	OBNL	École des neiges	Non	Oui
Parc du Mont-Saint-Mathieu	Bas-Saint-Laurent	OBNL	École des neiges	Oui	Oui
Mont Comi	Bas-Saint-Laurent	Privé	École des neiges	Oui	Oui
Owl's Head	Cantons-de-l'Est	Privée	Destination	Oui	Oui
Mont-Bellevue	Cantons-de-l'Est	Municipale	Activités de loisir	Oui	Oui
Gleason	Centre-du-Québec	OBNL	École des neiges	Oui	Oui
Mont Apic	Centre-du-Québec	OBNL	École des neiges	Oui	Non*
Centre de plein air Lévis	Chaudières-Appalaches	Municipale	Activités de loisir	Non	Oui
Station touristique Massif du Sud	Chaudières-Appalaches	Privée	Destination	Oui	Oui
Mont Grand-Fonds	Charlevoix	OBNL	École des neiges	Oui	Oui
Chic Chac	Gaspésie	OBNL	Destination	Oui	Non*
Parc régional de Val d'Irène	Gaspésie	OBNL	École des neiges	Oui	Non
Groupe plein air Terrebonne	Lanaudière	OBNL	École des neiges	Oui	Oui
Ski Garceau	Lanaudière	Privée	École des neiges	Non	Oui
Ski Montcalm	Lanaudière	Privée	École des neiges	Oui	Oui
Station Mont Tremblant	Laurentides	Privée	Destination	Oui	Oui
Sommet Saint-Sauveur	Laurentides	Privée	Destination	Oui	Oui
Sommet Olympia	Laurentides	Privée	École des neiges	Non	Oui
Sommet Gabriel	Laurentides	Privée	École des neiges	Non	Oui
Sommet Morin-Heights	Laurentides	Privée	École des neiges	Oui	Oui
Vallée du Parc	Mauricie	Privée	École des neiges	Non	Oui
Mont Rigaud	Montérégie	Privée	École des neiges	Oui	Oui
Ski Saint-Bruno	Montérégie	Privée	École des neiges	Non	Oui
Centre Vorlage	Outaouais	Privée	École des neiges	Non	Oui
Sommet Edelweiss	Outaouais	Privée	École des neiges	Non	Oui
Camp Fortune	Outaouais	Privée	École des neiges	Oui	Oui
Ski Saint-Raymond	Québec	Municipale	Activités de loisir	Non	Non
Le Relais	Québec	Privée	Destination	Oui	Oui
Mont-Édouard	Saguenay-Lac-Saint-Jean	OBNL	Destination	Oui	Oui
Mont Lac-Vert	Saguenay-Lac-Saint-Jean	OBNL	École des neiges	Oui	Oui

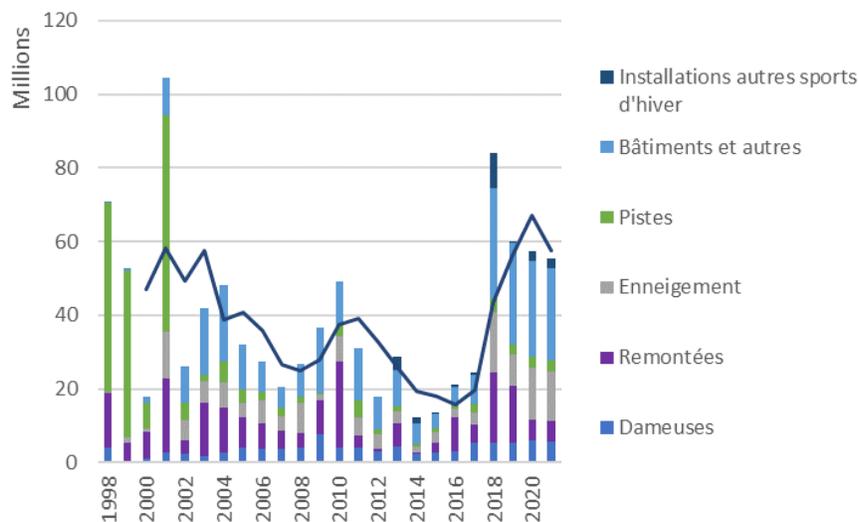
\*Nouveau ou en cours d'implantation lors de la saison 2023-2024

### 2.2.2.5 Coûts d'exploitation et investissements en croissance

Le poids de la hausse des coûts d'exploitation se fait de plus en plus lourd pour les stations. Il s'agit principalement de coûts d'électricité, d'entretien, de réparation et en salaires. Les coûts d'électricité représentent de 20 à 60 % des coûts d'exploitation des stations de ski du Québec. Ces coûts ont continué d'augmenter au fil des dernières saisons (Archambault, 2022;2023). Dans la conjoncture actuelle, on peut s'attendre à ce que la pression sur ces frais d'exploitation demeure importante. Les investissements dans les systèmes de fabrication de neige pèsent également lourd dans le bilan de plusieurs stations.

Selon des données fournies par l'ASSQ, le coût d'une remontée mécanique quadruple fixe a connu une hausse de 40 % entre 2021 et 2022, alors que l'augmentation annuelle du prix des canons à neige a été de 5,2 % entre 2015 et 2023 (ASSQ, 2024).

Quant aux investissements engagés par les stations de ski du Québec, après un pic historique en 2001, ceux-ci ont connu une augmentation de 110 % entre 2002 et 2021, passant de 26 M\$ à 55 M\$ en dollars de 2022 (Archambault, 2022 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La fin des années 1990 et le début des années 2000 ont été caractérisés par des investissements majeurs dans certaines stations, dont à Mont-Tremblant (ouverture de 15 nouvelles pistes du versant soleil), à Bromont (ouverture de 18 nouvelles pistes du versant du lac) et au Massif de Charlevoix (ouverture de 16 nouvelles pistes).



**Figure 18** : Investissements des stations de ski du Québec, 1998-2021 (\$2022) (Source: Archambault, 2022)

Face à l'augmentation importante des coûts, certaines stations n'ont eu d'autre choix que de se convertir à un modèle privatisé et onéreux où des propriétés à flanc de montagne sont vendues avec un accès exclusif à certains secteurs de la montagne, comme à Powder Mountain en Utah (Snow Brains, 2023).

Au-delà des investissements décrits ci-dessus, les stations de ski ont de plus en plus recours à de nouvelles technologies, notamment pour mieux gérer les flux de skieurs dans les stations mais aussi pour mieux gérer la billetterie.

### 2.2.2.6 Gestion des ressources humaines (employés)

Un autre élément exposé des stations face aux changements climatiques est la précarité des emplois. En effet, 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 prévue lorsque, par exemple, l'ouverture d'une station est retardée. 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.

Les stations procèdent au recrutement de leurs équipes de saisonniers en affichant une date d'embauche correspondant à la date d'ouverture de la station prévue. Cependant, dans le cas où les conditions météorologiques ne le permettent pas, les stations se voient dans l'obligation de modifier ou de reporter les contrats d'embauche et risquer un désistement de la main-d'œuvre lors de l'ouverture effective des pistes. C'est ce qui s'est passé en 2021-2022 où, selon Archambault (2022), 60 % des stations n'ont pu exploiter leur domaine à la date prévue (contre 71 % l'année précédente) pointant vers l'impact des changements climatiques pour les deux saisons. La situation a également été constatée pour la saison 2022-2023 alors que plusieurs stations se sont retrouvées dans l'obligation de reporter des contrats de travail, étant affectées par de mauvaises conditions météorologiques au moment de la date d'ouverture prévue. En effet, 60% des stations ont commencé leurs opérations après la date prévue en 2022-2023 (Archambault 2023).

### 2.2.2.7 Les stations et les changements climatiques

L'exposition aux changements climatiques 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, 2021). Quatre catégories d'éléments exposés sont proposées par la norme ISO 14091:2021, les éléments géophysiques, les éléments du comportement social et culturel, les éléments de gestions et biens économiques ainsi que les éléments d'aménagements et d'infrastructure. Ces catégories sont directement dérivées de la définition d'exposition utilisée par la norme ISO 14091:2021, qui se base sur celle du GIEC (2014), ainsi que sur l'inventaire des éléments exposés au sein des stations de ski.

La démarche détaillée empruntée, reposant sur une revue de littérature et un processus de validation auprès des stations, est présentée à l'Annexe V et l'Annexe VI.

#### ***Croisement des résultats de la revue de littérature avec les stations participantes (Atelier 1) :***

En complément à une revue de la littérature scientifique et professionnelle visant à inventorier les éléments des stations de ski aux changements climatiques, il y a eu validation auprès des participants représentant les stations de ski lors d'un atelier participatif (atelier 1, voir l'Annexe VI). Certains éléments qui n'avaient pas été recensés dans les écrits ont pu être identifiés.

- Les employés des stations ont été ciblés comme exposés aux changements climatiques (p. ex. leurs conditions de travail, leur santé physique et mentale, leur rétention, etc.). En tant que partie prenante importante des stations de ski et à risque de subir les impacts des changements climatiques, ils représentent un groupe qui mérite d'être mieux pris en compte.
- Autre élément mis de l'avant par les représentants des stations: les opérations (le damage, l'enneigement, les remontées mécaniques) lors d'épisodes météorologiques défavorables, rendu plus ardu en raison de la variabilité des conditions marginales, etc..

L'impact des changements climatiques sur les opérations s'avère en effet de plus en plus large, mais surtout, ces dernières comportent des interrelations complexes.

À l'issue de la mise en commun des éléments exposés cités dans la littérature avec ceux identifiés par les représentants des stations participantes, les principaux éléments exposés à retenir pour le processus de diagnostic de la vulnérabilité climatique ont émergé. Les éléments exposés retenus sont présentés et décrits au Tableau 9 en détaillant les différentes formes que ceux-ci ont pu prendre dans les écrits scientifiques ou tels qu'identifiées par les représentants de stations participantes. Ceux-ci ont été utilisés pour produire une grille d'évaluation préalable (à l'étape 2 du projet) afin de prioriser les impacts pour lesquels les stations subissent davantage les effets des changements climatiques.

En résumé, le portrait des stations présente 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'infrastructures et d'aménagements.

Les effets des aléas climatiques sur le système ski alpin ont principalement été documentés à l'échelle des stations : sur les comportements des skieurs et la perte de revenus à certaines stations, l'importance de la variabilité de la neige naturelle et de la capacité d'enneigement et les mesures de gestion des risques.

**Tableau 9 : Principaux éléments des stations exposés aux changements climatiques, issus de la revue de littérature**

<p><b>Les éléments géophysiques</b> font écho aux espèces et écosystèmes, aux ressources naturelles et services environnementaux, aux lieux physiques qui sont intrinsèques à l'offre des stations.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Couvert neigeux</b> : Le couvert neigeux fait référence à la neige au sol, sa quantité, l'épaisseur de son couvert ou son taux de couverture, sa variabilité ou sa réduction, des périodes de déficit neigeux, il s'agit de neige naturelle, mais également de neige fabriquée.</li> <li>2. <b>Conditions de ski (surface, précipitations, température)</b> : Les conditions de ski regroupent des éléments associés aux conditions et la qualité de la neige sous les skis, aux précipitations sous diverses formes (pluie, neige) et à la température favorable ou défavorable à la pratique (froid, variabilité, extrêmes), mais également aux opérations.</li> <li>3. <b>Disponibilité en eau</b> : La disponibilité en eau concerne les volumes d'eau disponibles et autorisés pour prélèvement, à sa consommation, ainsi qu'aux périodes d'étéage ou de pénurie.</li> <li>4. <b>Territoire/ environnement paysager</b> : 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.</li> </ol>	<p><b>Les éléments de comportement social &amp; culturel</b> sont ceux associés aux personnes impliquées au sein des stations (employés, skieurs) et dans les communautés, ainsi qu'au contexte social et culturel dans lequel les stations évoluent.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Imaginaire et perception du ski</b> : L'imaginaire et la perception du ski 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.</li> <li>2. <b>Confort des skieurs</b> : Le confort des skieurs est évoqué en lien avec la perception de ce que sont des conditions de ski agréables, à la qualité de l'expérience de ski.</li> <li>3. <b>Valorisation et acceptabilité du ski</b> : La valorisation et l'acceptabilité du ski incluent l'acceptation de la nécessité d'adaptation des stations, l'évolution de l'identité « montagnarde », l'image non vertueuse du ski, la contribution du tourisme et du ski aux changements climatiques ou à l'inverse au changement social.</li> <li>4. <b>Composition de la clientèle</b> : La composition de la clientèle fait référence aux skieurs et autres visiteurs des stations de ski, l'évolution des segments qui la composent, et comprend le changement démographique et générationnel.</li> <li>5. <b>Comportement d'achat/de pratique (p. ex. recherche vacances respectueuses environnement)</b> : Le comportement d'achat et de pratique décrit les habitudes des skieurs dans leur fréquentation et leur consommation de l'offre des stations notamment quant à l'effet des tendances sur le loisir et le tourisme, l'influence de phénomènes sociétaux, par exemple la recherche de vacances respectueuses environnement.</li> <li>6. <b>Accessibilité économique</b> : L'accessibilité économique concerne les éléments tels que l'acceptabilité des tarifs en augmentation, l'influence sur l'accessibilité à un large bassin de population, voire l'élitisme de la pratique.</li> </ol>
--	--

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

1. **Durée de la saison (début, fin, périodes critiques)** : La durée de la saison fait état du nombre de jours skiables, déterminé par le début, la fin, de son raccourcissement, de l'ouverture ou non lors des périodes critiques de congés ou de forte fréquentation.
2. **Opérations (des remontées, damage, enneigement, etc.)** : Les opérations font référence aux activités mises en place à la station, c'est-à-dire faire fonctionner des remontées mécaniques, la fabrication de neige, procéder au damage, etc.
3. **Revenus, coûts et rentabilité** : Les revenus, les coûts et la rentabilité comprennent l'équilibre coût/bénéfices ou l'équilibre budgétaire, la viabilité économique, l'augmentation de plusieurs postes de dépenses, par exemple pour la production de neige artificielle, les assurances, l'énergie, les coûts de préparation du domaine skiable, mais également aux fluctuations de revenus.
4. **Employés (condition de travail, sécurité, recrutement et rétention)** : Les références aux employés touchent leurs conditions de travail, leur sécurité, le recrutement et la rétention.
5. **Demande (nombre de skieurs, durée séjours, etc.)** : La demande est incarnée par les skieurs et les autres clients, leur fréquentation des stations, leur nombre, la durée de leurs séjours.
6. **Offre de services et expérience des skieurs** : L'offre de services et l'expérience des skieurs font référence à la prestation de services offerts aux clients, à la spécialisation ou encore à la diversification de ceux-ci, l'école de ski en est un exemple.
7. **Compétitivité (entre stations, concurrence indirecte)** : La compétitivité est associée aux rivalités et à la coopération entre stations, à la compétitivité des stations elles-mêmes, ainsi qu'à la concurrence économique, spatiale ou indirecte.
8. **Positionnement et attractivité** : Le positionnement et l'attractivité concernent le rayonnement, la renommée ou la réputation des stations, certaines « gagnantes », d'autres « perdantes ».
9. **Poids dans l'économie locale et emplois locaux** : Le poids dans l'économie locale et les emplois locaux concerne la part de l'économie des sports d'hiver dans le territoire, qu'elle soit structurante, ou sous forme de dépendance à ce secteur, notamment en ce qui concerne les recettes fiscales et les emplois locaux.
10. **Gouvernance et partage des usages et ressources** : La gouvernance et le partage des usages et des ressources regroupent la conciliation entre les acteurs de la collectivité, les instruments et modes de gouvernance et les conflits d'usage.

**Les éléments d'aménagements et infrastructures** font référence au bâti nécessaire aux opérations et à la pratique des activités, notamment le domaine skiable.

1. **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 et les bassins de rétention d'eau.
2. **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.
3. **Remontées mécaniques** : les remontées mécaniques incluent les télésièges et autres équipements aériens ou terrestres.
4. **Domaine skiable** (p. ex. pistes, pistes spécialisées) : Le domaine skiable est composé des pistes de ski aménagées ou plus naturelles (sous-bois), de pistes spécialisées telles que les parcs à neige, leur ampleur et leur capacité.
5. **Véhicules** : Les véhicules sont ceux utilisés aux fins des opérations sur la montagne, principalement les dameuses et motoneiges.
6. **Réseaux d'alimentation (électricité, eau, sanitaires, communications)** : Les réseaux d'alimentation sont ceux distribuant l'électricité et l'eau, ainsi que les conduites sanitaires et les communications.

### 2.2.3 Le secteur du ski : Une perspective économique

Cette section présente une revue de la littérature et une analyse régionale du secteur du ski (voir encadré ci-dessous).

#### Encadré 1 : Qu'est-ce qu'un secteur économique ?

En termes généraux, un "secteur" économique est composé d'une multitude d'entreprises commerciales, de fabrications ou de services qui ont comme déterminant commun leur activité principale. Un secteur économique peut également désigner un segment de l'économie dans lequel les entreprises partagent les mêmes produits ou services ou des produits ou services apparentés.

L'économie est généralement divisée en plusieurs secteurs afin de faciliter l'analyse et les stratégies d'investissement. Les quatre principaux types de secteurs économiques sont les suivants :

1. Le secteur primaire : Il s'agit de l'extraction et de la production de matières premières telles que l'exploitation minière, la pêche et l'agriculture.
2. Le secteur secondaire : Il englobe les activités de fabrication et de traitement qui transforment les matières premières en produits finis.
3. Le secteur tertiaire : Il s'agit de la prestation de services, y compris les soins de santé, l'éducation et les services financiers.

Au Canada, les secteurs économiques sont classés selon la nomenclature du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Ce dernier est un système de classification des entreprises mis au point dans le cadre d'un partenariat entre les États-Unis, le Canada et le Mexique. Ce système de classification facilite la comparaison des statistiques de toutes les activités commerciales en Amérique du Nord. Les entreprises sont classées et séparées en industries qui sont définies par des processus de production identiques ou similaires.

La nomenclature SCIAN utilise un système de codage hiérarchique à six chiffres, classant l'ensemble de l'activité économique en 20 secteurs industriels différents. Cinq de ces secteurs sont principalement des secteurs de production de biens, tandis que les 15 secteurs restants fournissent un certain type de service.

Source: Statistique Canada

#### 2.2.3.1 Revue de la littérature et validation des enjeux pour un secteur économique

Pour broser un portrait sectoriel de l'industrie du ski, une revue de littérature a d'abord été effectuée afin d'identifier les caractéristiques globales du secteur et le portrait régional des stations de ski. Ces constats ont été complétés et bonifiés par les discussions lors de l'Atelier 1 avec les représentants des stations (Annexe VI).

Un certain nombre de variables permettent ainsi de broser un portrait socio-économique du secteur, comprenant l'achalandage, le chiffre d'affaires, la hausse des coûts d'exploitation et d'investissement, le revenu disponible par habitant, l'hébergement touristique et le taux de change entre le Canada et les États-Unis.

### *Analyse régionale complémentaire*

Ensuite, même si aucun secteur n'est circonscrit par des barrières géographiques, certaines régions possèdent toutefois des prédispositions physiques à certaines dynamiques. Ainsi, une analyse régionale bonifie la description du secteur lorsque les données le permettent.

D'une part, les caractéristiques géographiques des massifs, des montagnes et des parcs sont fondamentales. D'autre part, les caractéristiques économiques et sociales renforcent l'hétérogénéité entre les différentes régions du Québec. En effet, chaque région possède ses caractéristiques propres, importantes à prendre en considération dans l'élaboration d'un portrait sectoriel. En conséquence, certaines pressions pourraient se faire davantage ressentir dans certaines régions plus que d'autres.

Les paragraphes présentent les variables économiques les plus pertinentes qui conditionnent en arrière-plan le secteur ski. Il est toutefois important de garder en tête que les trois plus grands marchés du ski au Québec demeurent la région des Laurentides, des Cantons-de-l'Est et de Québec-Charlevoix, qui totalisent 82 % du marché total en 2022 (Archambault, 2023).

#### 2.2.3.2 Le secteur du ski au Québec en chiffres

Les stations de ski du Québec représentent un moteur économique significatif pour l'économie du Québec, et plus particulièrement pour l'industrie touristique en saison hivernale. Au-delà de l'industrie comme telle, les activités de ski soutiennent tout un écosystème régional de même que plusieurs secteurs périphériques par le biais de retombées économiques indirectes. Cela est particulièrement important de par le fait que les activités afférentes au ski se déroulent à l'extérieur des grands centres urbains de la province et soutiennent donc, de façon importante, toute une région.

Le secteur à l'étude est celui de l'industrie touristique du ski et des activités de montagne. Ce secteur peut être qualifié d'une sous-branche du secteur plus global du tourisme (SCIAN 713920). Notons que l'ensemble des codes SCIAN pertinents pour l'industrie du ski et de la neige sont les suivants: SCIAN 713920 : Installations de ski (sans hébergement); SCIAN 721110 : Hôtels (sauf hôtels-casinos) et motels; SIC 7011 : Hôtels et motels (qui comprend les chalets et les centres de ski); SCIAN 459110 : Détaillants d'articles de sport; SCIAN 5941 : Magasins d'articles de sport et magasins de vélos; SCIAN 339920 : Fabrication d'articles de sport et d'athlétisme; SCIAN 3949 : Articles de sport et d'athlétisme.

Le secteur du tourisme fait référence à l'ensemble des activités à caractère social, culturel et économique relatives aux voyages et aux séjours d'agrément mettant en relation des visiteurs et des communautés d'accueil (Gouvernement du Québec, 2023).

Le secteur touristique du ski québécois a généré des retombées annuelles de près de 866 millions de dollars (Raymond Chabot & Grant Thornton, 2021), avec une moyenne annuelle de 6 millions de visites et 1,6 million d'adhérents de 16 ans et plus aux sports de montagne (Ipsos, 2023).

Brosser un portrait sectoriel est donc primordial afin d'identifier les différents enjeux liés à la complexité des impacts des changements climatiques. Le secteur touristique regroupe également plusieurs niveaux de gouvernance, allant des municipalités au gouvernement fédéral, en passant par les niveaux provincial et régional.

Les différentes parties prenantes ont toutes un rôle particulier à jouer dans le succès de l'adaptation du secteur aux changements climatiques et à la prospérité de celui-ci.

- Le transport de personnes : comprenant le transport aérien, les services de location de voitures, les transports en commun, la voiture personnelle, etc.
- Hébergement : location de chalets, hôtels, auberges, plateformes collaboratives etc.
- Restauration: restauration minute, cafés et bars, restaurants, etc.
- Boutiques et commerces de détail : marchés d'alimentation, achat de matériel, souvenirs, équipements, vêtements, etc.
- Divertissements : guides et visites touristiques, informations touristiques, etc.
- Secteurs annexes : secteur financier, assurances, agences de voyage, éducatif et professionnel, marché de l'immobilier, etc.

Le secteur du tourisme est caractérisé par de profondes ramifications inter-industrielles. Il est donc tributaire du niveau d'activité et de la qualité au sein des secteurs de l'hébergement, de la restauration, des divertissements et des commerces de détail.

L'industrie du tourisme est donc liée aux déplacements entre différents lieux, basés non seulement sur des motivations liées aux loisirs, mais également sur des voyages liés aux affaires ainsi que d'autres facteurs de motivation.

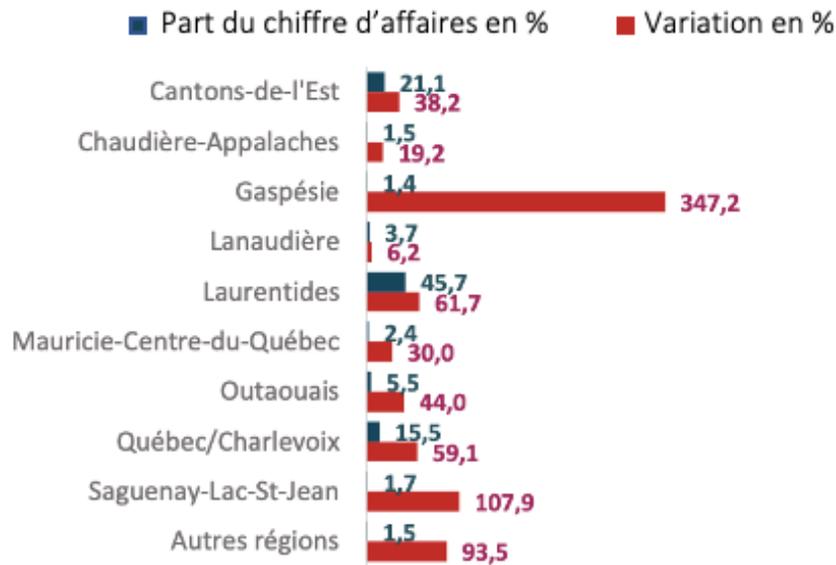
L'enchevêtrement de l'industrie touristique du ski avec les secteurs périphériques fait qu'une perturbation dans un de ces secteurs secondaires pourrait avoir des répercussions indirectes importantes sur le secteur ski. Cet aspect sera discuté plus loin (Chapitre 3) lorsque sont présentées les retombées économiques et les effets multiplicateurs sur l'emploi.

### ***Chiffre d'affaires et revenus***

Le chiffre d'affaires par région touristique constitue une autre variable pertinente pour cerner l'évolution récente du secteur. Ces données sont présentées à la Figure 19.

Au cours de l'année 2022, les régions suivantes ont présenté certaines caractéristiques spécifiques. La Gaspésie a vu une augmentation de son chiffre d'affaires de 347 % (Archambault, 2022). On note également une hausse de chiffre d'affaires de près de 108 % pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Archambault, 2022). Cela est sans contredit le symptôme d'un effet rebond. En effet, durant les dernières saisons pandémiques, plusieurs services ont été fermés et les déplacements entre régions limités, ce qui a fortement réduit les revenus des stations.

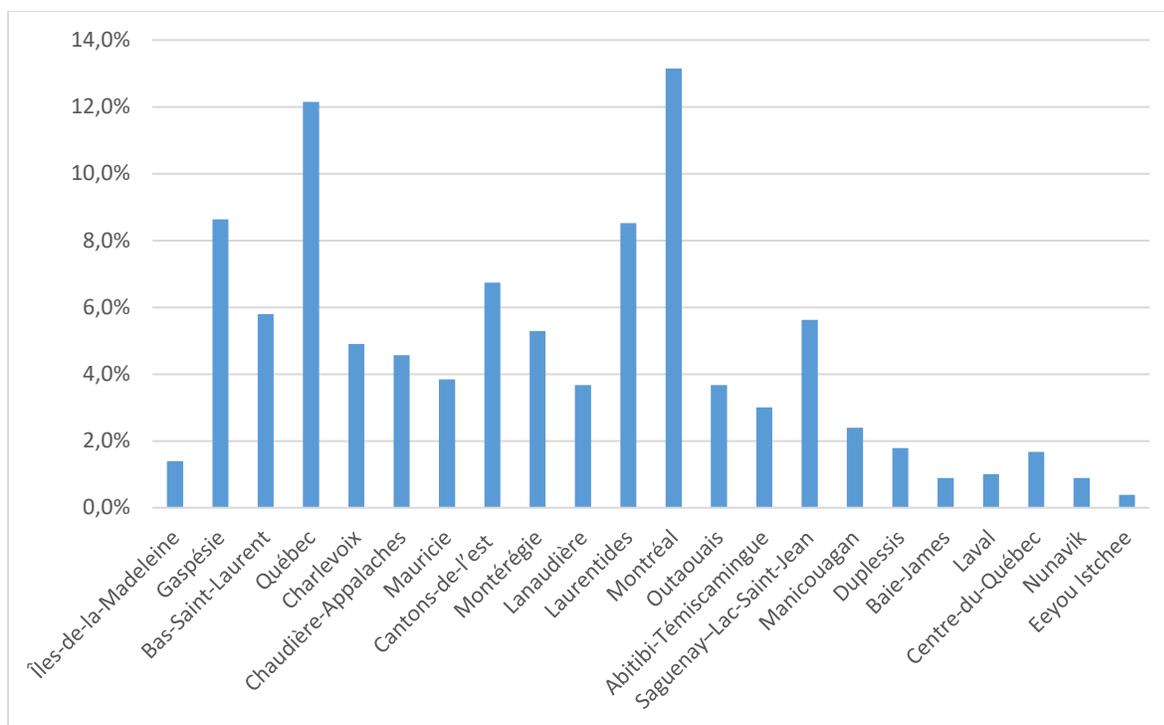
La région des Laurentides, qui représente à elle seule près de la moitié du marché du ski, a enregistré un gain de 61 % de son chiffre d'affaires. La Mauricie–Centre-du-Québec a affiché une augmentation de 30 %. Les régions de Chaudière-Appalaches et Lanaudière ont vu leurs chiffres d'affaires augmenter également, mais dans une moindre mesure, avec des augmentations respectives de 19 % et de 6 %. (Archambault, 2022).



**Figure 19 : Répartition du chiffre d'affaires total selon les régions touristiques Québec et variation, en % (Source: Archambault, 2022.)**

#### 2.2.3.2.1 Écosystème touristique (hébergement, restauration, etc.)

L'écosystème touristique comprend l'hébergement touristique, la restauration et tout ce qui inclut les activités touristiques autres que le ski et qui contribue à l'attractivité d'un lieu. Bien que le nombre total d'établissements ait légèrement baissé en 2022 par rapport à l'année précédente (-1,5 %), la répartition régionale quant à elle a peu changé à part une baisse notable dans les Cantons-de-Est (moins dix établissements), baisse compensée par une hausse de dix établissements dans la région de Québec (Institut de la statistique du Québec, 2023). La Figure 20 montre la variation en pourcentages de 2021 à 2022.



**Figure 20 : Variation annuelle des résidences de tourisme et des établissements hôteliers, régions touristiques et ensemble du Québec, 2021 à 2022 (Source: Institut de la statistique du Québec)**

#### 2.2.3.2.2 *Changement des comportements de la clientèle et diversification*

La clientèle des stations de ski montre de nombreux changements de comportements depuis quelques années tant au niveau de la demande qu'au niveau des attentes quant à l'expérience.

Dans un premier temps, on constate une hausse de la demande d'activités à sensations fortes, en expériences sportives uniques et hors du commun. La pratique du ski hors-piste et la création de nouvelles disciplines comme l'hélicski en Gaspésie ou dans Charlevoix en sont des exemples.

En parallèle, les festivals, après-ski et compétitions sportives, viennent animer les journées et soirées en stations dont la clientèle semble très éprise. Les stations doivent aussi développer une offre destinée à satisfaire le comportement des familles qui préfèrent occuper leurs journées en profitant de plusieurs activités différentes.

En conséquence, l'offre de multiactivités hivernales se développe toujours plus (randonnée alpine, ski de fond, raquettes, etc.) (Tourisme Québec, s.d.).

#### 2.2.3.2.3 *Programmes d'aide financière gouvernementaux*

Afin de soutenir les investissements des stations de ski, le gouvernement du Québec a déployé au fil des années d'importants programmes d'aide financière, dont le Programme de soutien aux stratégies de développement touristique du ministère du Tourisme (PSSDT). Suite à l'annonce du programme en 2018, 400 millions de dollars d'investissements privés et 76 millions de dollars d'investissements publics ont été engagés dans 19 stations de ski du Québec, selon des données fournies par l'ASSQ (ASSQ, 2024). Ces investissements ont permis d'accroître la capacité de fabrication de neige, d'améliorer les infrastructures d'accueil, d'apporter des changements aux

remontées mécaniques et d'améliorer les domaines skiables. L'accès à de tels programmes d'aide financière est un déterminant important de l'attractivité et la viabilité du système ski alpin.

#### 2.2.3.2.4 *Protection de l'environnement*

La littérature recensée nous rappelle que, sur le plan écologique, le système ski alpin figure parmi les espaces les plus menacés, l'essor de ses propres activités récréatives en étant la principale menace. De fait, le principal obstacle au développement du secteur touristique des activités de ski est lié aux problèmes environnementaux dérivés de la forte concentration humaine et de l'usage intensif des ressources naturelles par les touristes (Clarimont et al., 2008).

La dégradation des milieux découle, entre autres, de la déforestation, d'une altération des modes d'utilisation des sols aux fins d'exploitation touristique (la construction de systèmes de rétention d'eau, de routes, de remontées mécaniques, de pistes de ski, de canons à neige, etc.) et d'un développement excessif de l'offre d'hébergement (Marcelpoil et al., 2010)

Au cours des années 90, s'est ajoutée la problématique des changements climatiques, qui se sont manifestés avec plus d'acuité ces dernières années. En outre, en touchant souvent les régions de façon différenciée, les changements climatiques viennent affecter les stations en altérant les paramètres concurrentiels de l'ensemble du secteur.

Pour certaines stations, il existe également une pression environnementale autour de l'approvisionnement en eau, d'une part, et de la consommation électrique lors des pics hivernaux. D'ailleurs, Archambault (2023) souligne que près de 15 % des stations ont rencontré des problèmes d'approvisionnement en eau lors de la saison 2022-2023.

#### 2.2.3.2.5 *Tourisme responsable et durable*

Le concept du tourisme durable a gagné du terrain ces dernières décennies et a été adopté par les institutions internationales. L'élaboration en 1995 par l'Organisation des Nations Unies (ONU) de la Charte mondiale du tourisme durable, et l'adoption en 1999 par l'Organisation mondiale du tourisme (OMT) du Code d'éthique du tourisme a contribué à en établir les principes de façon formelle.

Dérior et Bachimon (2009) en proposaient la définition suivante quant à la notion de développement touristique durable :

*« Il s'agit de trouver les voies d'un développement touristique et d'une gestion des activités qui concilient l'exigence environnementale première avec les intérêts des résidents, dont la qualité de vie ne doit pas pâtir, des visiteurs, auxquels il faut offrir une "expérience de haute qualité", et des opérateurs économiques, tout particulièrement à l'échelle locale, qui doivent en retirer des bénéfices ».*

Plus récemment, la Déclaration de Glasgow sur l'action climatique dans le tourisme vise à mettre des mesures afin de réduire l'empreinte carbone de cette industrie de moitié d'ici 2030 et d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 (UNWTO, n.d.).

Plus près de nous, au Québec, le Plan d'action pour un tourisme responsable et durable 2020-2025 du ministère du Tourisme prévoit « des incitatifs afin que les forfaitistes et les agences de voyages proposent une offre touristique à faible empreinte carbone » (ministère du Tourisme, 2021). En effet, dans le cadre de ce Plan d'action, le gouvernement du Québec a annoncé en 2022, un investissement de 22 millions de dollars pour la mise en place de nouvelles mesures, concrètes et efficaces, qui appuieront la transition vers un tourisme plus responsable et durable

dont 11 millions de dollars pour renforcer la vitalité du tourisme de montagne (plans montagne) (Gouvernement du Québec, 2022).

Selon plusieurs sondages, dont celui de Booking.com sur le développement durable, la clientèle manifeste une préoccupation croissante envers le tourisme durable et dit se tourner de plus en plus vers des destinations intégrant des principes d'écoresponsabilité dans leurs stratégies d'opérations (Hinton, 2022). Au niveau du secteur ski, cela pourrait se traduire dans le choix des destinations et de l'accessibilité de la station en fonction du temps de trajet et de l'empreinte carbone engendrée. Il est cependant à noter qu'il existe un écart entre les intentions déclarées dans le cadre d'un sondage et les comportements observés.

#### *2.2.3.2.6 Technologies de l'information*

Une autre des tendances importantes soulignée dans la littérature touche au marketing numérique et son influence sur l'achalandage.

L'émergence des nouvelles technologies en général et d'internet en particulier a influencé la manière dont les entreprises dans le secteur du tourisme sont gérées et sont compétitives, le tourisme étant le secteur dans lequel le processus d'adoption a été le plus étendu (Dijkmans et al. 2015).

L'un des aspects touchés par les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) est la manière dont les entreprises touristiques distribuent leurs produits sur le marché (Buhalis, 2000).

Par conséquent, les consommateurs utilisent de plus en plus internet comme source d'information sur les produits et services touristiques, tels que les réservations d'hôtel, les locations de voiture, les vols, les forfaits touristiques, etc. La part de l'hébergement et des voyages achetés en ligne est également en augmentation. On s'attend par ailleurs à ce que la taille du marché mondial de l'industrie du voyage en ligne passe de 400 à 1 009 milliards de \$US de 2020 à 2050 (Statista, 2024).

En ce qui concerne le comportement des utilisateurs de services touristiques, les technologies de l'information, internet de même que les réseaux sociaux et les applications mobiles ont également influencé les habitudes d'achat et de consommation des individus. En effet, ces médiums permettent aux consommateurs d'être plus exigeants et mieux informés et, par conséquent, de gérer de plus en plus eux-mêmes l'organisation de leurs voyages.

Ces nouvelles réalités font que les stations de ski doivent dorénavant porter une attention particulière à la convivialité de leurs sites internet de même qu'animer une communauté sur les réseaux sociaux. Il est dorénavant nécessaire pour ces organisations d'aller au-delà d'une simple présence internet traditionnelle et de favoriser l'interaction et la collaboration en ligne, la connectivité et la possibilité de permettre aux utilisateurs de générer et de partager des contenus et des connaissances grâce aux techniques du Web 2.0 (Cristobal-Fransi et al., 2017).

Le Web mobile est aussi devenu une option prépondérante de la part des consommateurs. Les téléphones intelligents d'aujourd'hui sont aujourd'hui dotés d'une multitude d'applications essentielles et faciles à utiliser qui favorisent les voyages. Les cartes papier sont dorénavant reléguées au second plan. Les voyageurs d'aujourd'hui sont plus enclins à utiliser des appareils mobiles dotés de fonctions GPS, qui facilitent une navigation précise. Réserver une voiture, un voyage ou un hôtel est désormais simple et pratique, car les téléphones intelligents permettent aux utilisateurs de naviguer rapidement et facilement parmi toutes les informations disponibles.

Dans les stations, des nouvelles applications ont vu le jour ces dernières années permettant d'améliorer l'expérience des visiteurs. Entre autres innovations, des applications offrent maintenant des fenêtres d'arrivée pour la location d'équipement, permettant de décongestionner les heures de pointe, des systèmes de réservation de cours à l'école de ski simplifiés, ou encore des commandes de nourriture et de breuvages en ligne à ramasser au comptoir (Smith, 2023).

Selon les dernières données de Future Market Insights, les recettes du marché des voyages par téléphone intelligent devraient atteindre 343,3 millions de dollars d'ici à la fin de 2023 et 1 486,7 millions de dollars d'ici à 2033, une hausse annuelle de près de 16%. (Future Markets, 2023).

Les TIC sont donc considérées comme un service essentiel pour le fonctionnement du système.

- En résumé, le portrait sectoriel a permis 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 et défis.
- Le secteur touristique du ski et des activités de montagne 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 (RCGT, 2021), avec près de 6 millions de visites et 1,6 million d'adhérents de 16 ans et plus aux sports de montagne (Ipsos, 2023).
- 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.
- Les stations doivent composer avec une hausse des coûts d'exploitation (électricité, entretien, réparation, salaires) et d'investissements (p. ex. +40% sur 2 ans pour les remontées mécaniques de type quadruple fixe), portant à une hausse sectorielle des investissements de 110%.
- L'hébergement touristique par région est relativement stable dans les dernières années, avec une variation inférieure à dix établissements entre 2021 et 2022.

## 2.2.4 Le « système ski alpin » : Une perspective macroéconomique

Alors que la section précédente traitait des facteurs affectant le secteur du ski et sur lesquels le secteur peut avoir une influence, cette section présente les enjeux qui caractérisent les activités de ski au Québec depuis quelques années. Ce sont des défis qui affectent les stations à l'échelle du système économique.

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. En outre, elles subissent une pression de plus en plus aiguë des stations du Nord-Est américain qui ne cessent d'investir afin d'améliorer leurs installations. En contrepartie, les changements climatiques pourraient modifier l'équilibre de la concurrence entre les différentes régions de ski nord-américaines, avec la migration potentielle d'une partie de la clientèle de l'Ontario et de la Nouvelle-Angleterre vers des séjours de ski au Québec. Enfin, la dynamique d'une population vieillissante et qui devient de plus en plus sédentaire continuera de représenter un enjeu pour la clientèle à moyen terme (sans parler des défis de main-d'œuvre).

### 2.2.4.1 Concurrence (substitution spatiale et temporelle)

Une concurrence de plus en plus vive s'observe dans l'industrie du ski avec l'émergence de nouveaux compétiteurs. L'organisation mondiale du tourisme (OMT) prévoit une croissance annuelle de 3,1 % du nombre de touristes internationaux d'ici 2027 (Market Data Forecast, 2023). En outre, selon le même organisme, le tourisme international est revenu en 2023 à 87 % de son niveau pré-pandémique et l'on s'attend à une récupération complète d'ici 2025 (UNWTO World Tourism Barometer and Statistical Annex, 2023).

Par ailleurs, la compétitivité est en croissance entre différentes industries du secteur du tourisme. Avec une hausse des coûts d'exploitation des stations, la poursuite des hausses du coût des billets journaliers et des forfaits, dont on a été témoin ces dernières années, apparaît inévitable à la survie du secteur. Cependant, d'autres industries ne ressentent pas forcément cette pression financière à la même échelle, ce qui pourrait mener le consommateur à substituer ses choix d'activités en délaissant le ski, perçu comme onéreux.

La concurrence se ressent également au sein même de l'industrie du ski. Chaque station propose une offre de service propre à ses installations. Un écart se crée donc à ce niveau entre les stations de type « destinations » de vacances et les autres stations. Par exemple, les stations proches des métropoles québécoises peuvent accueillir des visiteurs excursionnistes pour de plus courtes périodes. Les stations « destinations », quant à elles, reposent davantage sur des séjours de la clientèle, sur leur hébergement ainsi que sur leur consommation au sein même de la station.

La concurrence peut être un stimulant de l'industrie quand on compare notamment le positionnement favorable du Québec avec l'Ontario et le marché Nord-Est américain (Knowles, 2019). Elle peut cependant également être une source de pression pour les petites stations des régions plus isolées du Québec.

### 2.2.4.2 Dynamiques d'achalandage intra et interrégionales

Des données sur l'achalandage<sup>7</sup> au sein des différentes stations sont présentées à la Figure 21. Ces données sont exprimées en milliers de jours-ski, soit le nombre de skieurs ayant visité les stations pour l'équivalent d'une journée de ski. On constate à partir des données de 2021-2022 une hausse significative de l'achalandage dans les dernières années pour les Cantons-de-l'Est et pour les Laurentides.

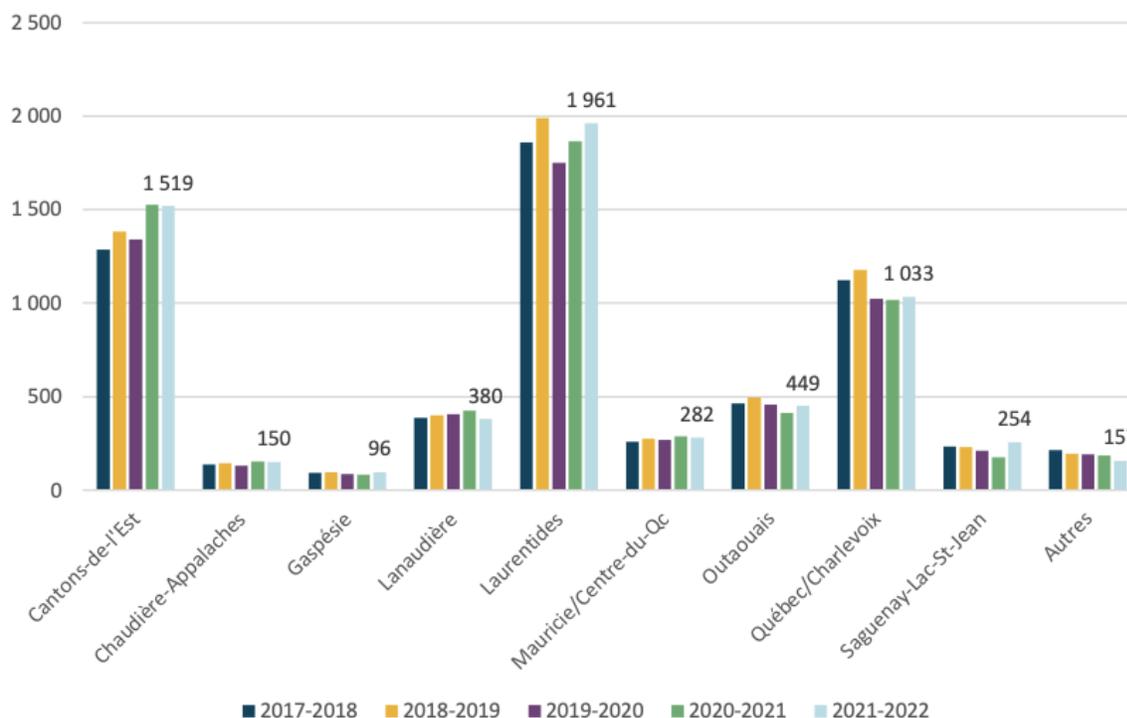
En outre, les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de la Gaspésie, ont pu profiter d'un important couvert neigeux en 2021-2022 et ont conséquemment enregistré des augmentations d'achalandage importantes (46 % et 18,5 %, respectivement) lors de la dernière saison. L'Outaouais a par ailleurs connu une augmentation de sa fréquentation en 2021-2022 après deux années de diminution.

Les régions de l'Abitibi-Témiscamingue, du Bas-Saint-Laurent et de la Côte-Nord, regroupées dans la catégorie « Autres », ont vu leur achalandage baisser au cours des cinq dernières années. Quant à la région de la Mauricie-Centre-du-Québec, elle a enregistré une légère diminution pour

---

<sup>7</sup> Il est important de noter que la fermeture des frontières en contexte pandémique a certainement influencé les niveaux et la progression de l'achalandage, notamment d'une année à l'autre et a favorisé un achalandage en hausse dans les stations de ski du Québec.

la saison 2021-2022, tout comme la région de Lanaudière qui, après quatre années de hausses de l'achalandage, a subi une baisse importante (plus de 10 %) en 2021-2022.



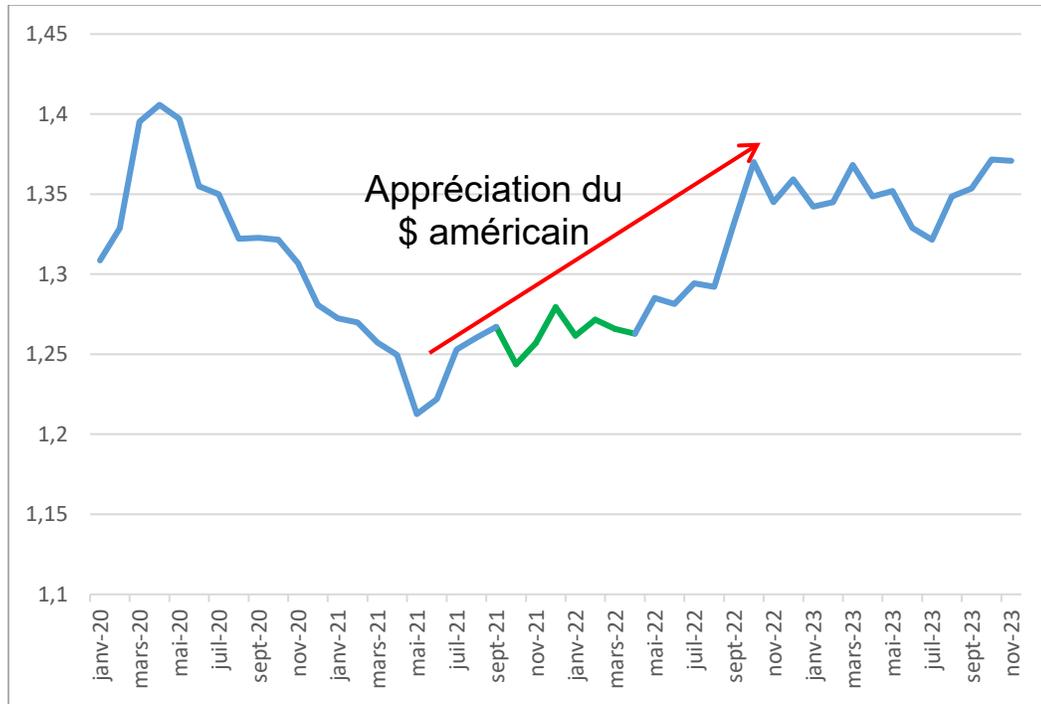
**Figure 21** : Évolution de l'achalandage selon les régions touristiques du Québec, de 2017-18 à 2021-22, en milliers de jours-ski (Source: Archambault, 2022).

### 2.2.4.3 Dynamiques d'achalandage hors Québec et le taux de change entre le Canada et les États-Unis

Bien que la principale juridiction de provenance des skieurs hors Québec dans les stations québécoises soit l'Ontario, avec 16% des jours-ski, les Américains constituaient en 2022-2023 plus de 4% de l'ensemble des jours-ski, soit près de 160,000 visites sur les pistes du Québec (Archambault, 2023). Il est donc évident que la valeur du dollar américain joue un rôle prépondérant dans la décision des skieurs américains de traverser la frontière. La Figure 22 présente la variation du taux de change canado-américain pendant la période 2020-2023.

On y constate une corrélation positive entre l'augmentation de la valeur du dollar américain par rapport au dollar canadien et le nombre de visites en provenance des États-Unis pour la saison 2022-23. Une partie de la hausse de l'achalandage provenant des États-Unis s'explique aussi par la réouverture des frontières suivant la pandémie de COVID-19.

Pour trois-quarts d'entre eux, les visiteurs américains ont privilégié les stations de ski des Laurentides tandis qu'environ 15 % se sont dirigés vers les stations de Québec et Charlevoix et environ 5 % ont choisi les Cantons-de-l'Est. Pour les stations des Laurentides, la valeur du dollar américain face au dollar canadien semble une variable particulièrement critique.

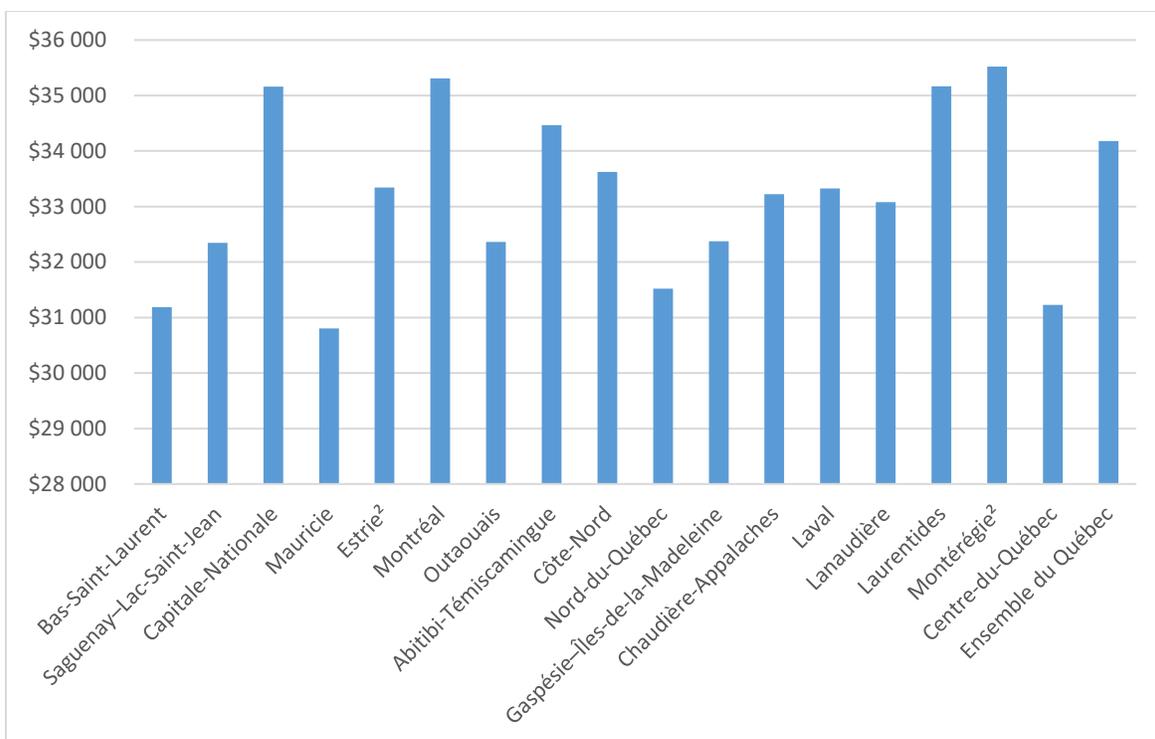


**Figure 22** : Valeur du dollar américain par rapport au dollar canadien (\$US pour 1 \$CAN) (Source: Statistique Canada)

#### 2.2.4.4 Revenu disponible par habitant

Le poids économique relatif des différentes régions est également un facteur important à prendre en compte, à commencer par le revenu disponible par habitant par région administrative. Celui-ci correspond au revenu après impôt et transferts, donc le revenu disponible à la consommation. Un revenu par habitant plus élevé est habituellement synonyme d'un niveau de vie plus élevé et traduit généralement une plus grande capacité à soutenir économiquement une région.

La Figure 23 montre que le revenu disponible moyen par habitant pour l'ensemble du Québec se chiffrait à 34 180 \$ en 2021. La Montérégie, Montréal, la région de Capitale-Nationale et les Laurentides constituaient les régions au-dessus de cette moyenne provinciale pour l'année 2021. Toutes les autres régions se situaient en deçà de la moyenne avec la Mauricie en queue de peloton.



**Figure 23 : Revenu disponible par habitant par région administrative, 2021 (Source: Institut de la statistique du Québec.)**

#### 2.2.4.5 Vieillesse de la population et pénurie de main-d'œuvre

Le vieillissement de la population contribue fortement à la pénurie de main-d'œuvre dans le secteur du tourisme. En effet, 40 % des stations ont dû ajuster leurs opérations et 27 % des écoles de ski seraient en pénurie de moniteurs à cause de la pénurie de main-d'œuvre en 2022 (Archambault, 2022).

Cela a évidemment des répercussions sur la clientèle : des temps d'attente possiblement plus longs, de même que la modification des horaires d'ouverture des pistes et des services de restauration, font partie des vicissitudes auxquelles doivent faire face de nombreuses stations.

Face à une clientèle exigeante et en quête d'un bon rapport qualité-prix, la pénurie de main-d'œuvre est une menace importante qui plane sur l'industrie.

La pénurie de main-d'œuvre, de même que la multiplication des activités sportives en hiver évoqué précédemment, ne sont pas les seuls défis que doit relever le système ski alpin. Le vieillissement de la population, et donc une baisse tendancielle du bassin potentiel de skieurs (p. ex. temps et revenu disponibles, loisirs actifs versus sédentarité, etc.) au cours des prochaines décennies feront également partie des défis à moyen terme.

En résumé, au cœur du système, les stations de ski font face à une vive concurrence, les skieurs ayant l'embarras du choix lorsque vient le temps de pratiquer des activités pendant les mois d'hiver. En outre, elles subissent une pression de plus en plus aiguë des stations du Nord-Est américain qui ne cessent d'investir afin d'améliorer leurs installations. En contrepartie, les changements climatiques pourraient modifier l'équilibre de la concurrence entre les différentes régions de ski nord-américaines, à la faveur du Québec dont l'achalandage transfrontalier des États-Unis compte déjà pour 4% des jours-ski, dont les  $\frac{3}{4}$  bénéficient aux stations des Laurentides.

D'autre part, les stations subissent des frais d'exploitation croissants au fil des ans. Enfin, la dynamique d'une population vieillissante impliquera une raréfaction de la clientèle à moyen terme (sans parler des défis de main-d'œuvre).

# 3. CHAPITRE 3 : IDENTIFICATION ET REPRÉSENTATION DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE SYSTÈME SKI ALPIN QUÉBÉCOIS (ÉTAPE 2)

Ce chapitre se divise en cinq sections : les deux premières sections font état des connaissances disponibles sur les impacts des changements climatiques sur le système ski alpin, d'abord à l'échelle des stations (3.1) et ensuite à l'échelle du secteur et plus largement du système (3.2) (voir Figure 24). La troisième section de ce chapitre présente les résultats de l'identification préalable des impacts par aléa réalisée avec les 30 stations participants au projet (3.3). La quatrième section présente une analyse économique des impacts observés et projetés sur le secteur (3.4). Enfin, la dernière section (3.5) présente les chaînes d'impact pour les cinq aléas hivernaux prioritaires, résultant de l'identification préalable des impacts.

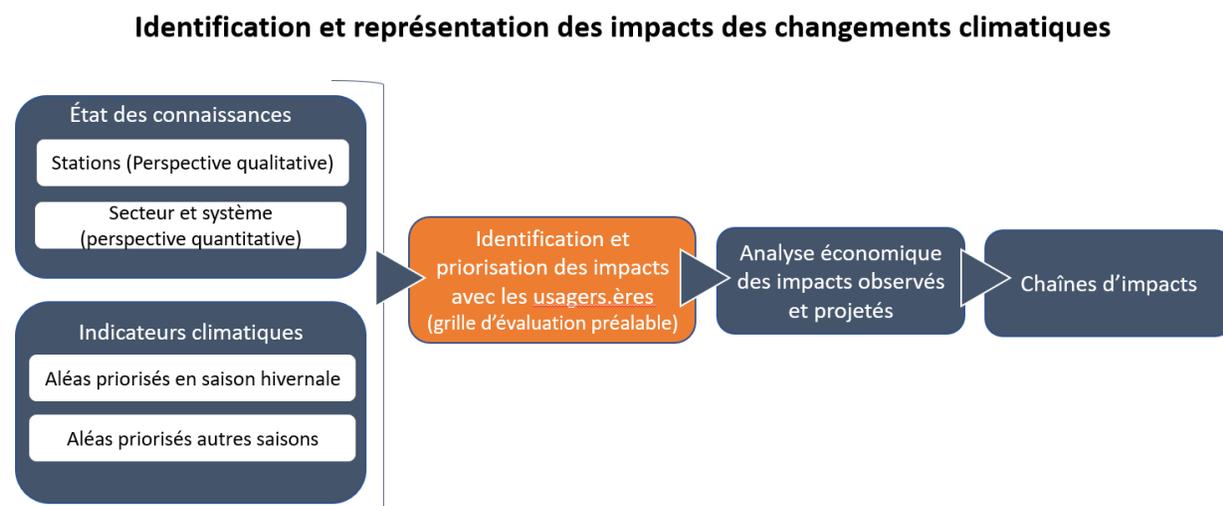


Figure 24 : Démarche pour l'identification et représentation des impacts des changements climatiques

## 3.1 CONNAISSANCES DISPONIBLES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES STATIONS DE SKI<sup>8</sup> : UNE PERSPECTIVE QUALITATIVE

La recherche scientifique œuvre depuis une trentaine d'années à documenter au plus près la réalité des changements climatiques. Les connaissances scientifiques se sont accumulées sur le sujet selon différents paramètres géophysiques et/ou économiques, tels que le comportement des skieurs, l'importance de la neige et la capacité d'enneigement. Les

<sup>8</sup> Cette sous-section est également valorisée dans un article soumis au numéro spécial de la revue Téoros sur l'adaptation du tourisme aux changements climatiques, en processus d'évaluation au moment d'écrire ces lignes.

stratégies d'adaptation ont également été renseignées. Enfin, la littérature a également mis en avant les mesures de gestion de risque à l'échelle des stations.

Le tourisme de montagne fait partie des formes de tourisme les plus sensibles aux conditions météorologiques et climatiques (Singh et al., 2009; Steiger et al., 2022). Les stations de ski en sont dépendantes du climat et de la météo puisqu'ils déterminent à la fois l'offre qu'il est possible de déployer (p. ex. domaine skiable) et sa qualité, mais influencent également la fréquentation, les skieurs y étant sensibles (Steiger et al., 2022). Par exemple, l'évolution et la variation de la fréquentation (p. ex. nombre de billets journaliers vendus annuellement) peuvent être mises en relation avec les conditions météorologiques qui caractérisent de manière générale les saisons de ski (Archambault et al., 2022). Des conditions favorables (p. ex. saison enneigée) sont associées à des niveaux et des variations de fréquentation positifs, alors que des conditions défavorables (p. ex. saison trop douce, pluvieuse ou au contraire très froide) le sont à une fréquentation ou des variations de fréquentation négatives (Archambault et al., 2022). Ainsi, l'industrie du ski au Québec est et continuera d'être affectée par le changement et la variabilité climatique (Singh et al., 2009). Si la réalité des changements climatiques est associée, avec un niveau de certitude assez élevé, à un réchauffement planétaire, les changements climatiques à l'échelle locale sont plus difficilement prévisibles (Singh et al., 2009).

### 3.1.1 Des études centrées sur les impacts

La recherche scientifique œuvre depuis les débuts du XXI<sup>e</sup> siècle à documenter les impacts des changements climatiques à l'échelle locale, à l'aide d'études géographiquement spécifiques. Les travaux scientifiques s'intéressent donc à des territoires aux caractéristiques géophysiques variées (altitude, orientation des vallées, végétation, disponibilité en eau, etc.) afin de documenter au plus près la réalité des changements climatiques. En outre, les réalités géographiques de certains territoires peuvent s'apparenter à des projections pour d'autres territoires : il est probable que la situation actuelle dans les Pyrénées françaises et espagnoles (Vlès, 2021) permette d'appréhender la réalité future d'autres territoires, par exemple le Québec. Documenter au plus près la réalité des changements climatiques à l'échelle locale demeure un défi.

Concrètement, les études visent à accroître les connaissances sur les changements climatiques selon différents paramètres :

- Augmentation des températures (Singh et al., 2009; Steiger et al., 2019; Scott et al., 2021);
- Diminution des précipitations neigeuses (Rutty et al., 2015; Sauri et Llurdès, 2020);
- Augmentation des précipitations pluvieuses; retard de la date des premières chutes de neige; augmentation d'espèces invasives (Knowles, 2019) et modification de l'écosystème (végétal et animal) (Reynard, 2020);
- Réduction de l'enneigement et du couvert neigeux naturel (Rutty et al., 2015; Bachimon, 2019; Steiger et al., 2019; Vlès, 2021).

Tous ces paramètres sont utilisés soit de manière individuelle soit en les croisant (utilisation de plusieurs paramètres) dans des études mobilisant différents modèles, dont certains qui tiennent compte des particularités du milieu comme l'orientation des vallées (Sauri et Llurdès, 2020), la topographie (Travos et Davoudi, 2014; Reynard, 2020) ou encore l'altitude (Pickering, 2011; Steiger et al., 2019; Havas, 2023).

Ainsi, les travaux montrent comment l'industrie du ski est et sera affectée à des rythmes inégaux entre stations et régions par des chocs (p. ex. pluies extrêmes au printemps) et des stress (p. ex., hausse des températures et des précipitations liquides) liés aux changements climatiques à des degrés divers sur chacune des quatre saisons (Singh et al., 2009; Da Silva et al., 2019). En effet, au Québec, toutes les régions se réchauffent, mais à des rythmes différents (Ouranos, 2015). 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 (Ouranos, 2015). Il en va de même pour la comparaison entre le Québec et ses régions voisines ou compétitrices au Canada et en Amérique du Nord. À cette échelle, le Québec pourrait subir des impacts comparativement moins adverses que l'Ontario et le Nord-Est des États-Unis par exemple (Knowles et al., 2023).

### **3.1.2 L'importance des comportements des skieurs**

Au-delà de l'accumulation de connaissances sur les changements climatiques selon différents paramètres (géophysiques, économiques, sociaux), l'objectif de ces travaux est également de s'intéresser de manière concrète aux impacts de celui-ci au niveau des stations de ski. Outre les aspects géophysiques, il existe d'autres paramètres pris en compte. En effet, le comportement des skieurs en ce qui a trait à la fréquentation des stations de ski est influencé à la fois par les changements climatiques, mais intrinsèquement relié à d'autres facteurs (p. ex. évolutions sociales et démographiques) (Da Silva et al., 2019). Par exemple, des études ont montré comment les changements de mentalité de la part de touristes peuvent avoir un impact sur le fonctionnement des stations. Ce changement peut se manifester par une baisse de fréquentation de la part de touristes qui sont à la recherche de lieux de vacances comportant moins d'impacts environnementaux (Beyazit et Koc, 2010; Viès, 2021), associant une valeur esthétique à la montagne plus affirmée qu'auparavant (Sauri et Llurdés, 2020; Knowles, 2019) et une sensibilité aux enjeux environnementaux (p. ex. : les pénuries d'eau qui affectent les montagnes en particulier européennes, (Havas, 2023)). Plusieurs études scientifiques indiquent que les changements climatiques auront des impacts importants sur l'économie diversifiée des stations et destinations en montagnes aux niveaux systémique et organisationnel tant au Québec qu'ailleurs dans le monde (Singh et al., 2009; IPCC-CTP 2018; Da Silva et al., 2019; Steiger et al., 2019). Les impacts des changements et de la variabilité climatiques varient selon les régions géographiques, par exemple, elles sont projetées comme plus considérables dans le sud du Québec (Singh et al., 2009). Chaque région représente un environnement (social, d'affaires, climatique) particulier (Da Silva et al., 2019). Peindre ce contexte propre, dans lequel évoluent les différentes stations de ski du Québec permettra d'orienter les pistes d'adaptation aux changements climatiques en fonction des conditions régionales et locales spécifiques (Da Silva et al., 2019).

### **3.1.3 L'importance de la neige et la capacité d'enneigement**

Parmi les éléments découlant des changements et de la variabilité climatique actuels et à venir, la neige (p. ex. le couvert neigeux, ambiance hivernale) ressort clairement comme l'élément le plus influent en lien avec la fréquentation (p. ex. durée des séjours, concentration de l'achalandage sur une plus courte période, fréquentation en baisse lorsqu'il n'y a pas de couvert de neige en ville, annulation d'événements) (Tang et Jang, 2011; Havas, 2023; Steiger et al., 2022). Autrement dit, la neige est un élément qui influence de manière importante la rentabilité de la station. Une baisse des précipitations neigeuses, un retard des fenêtres de froid et une

variabilité croissante engendrent déjà les impacts, par exemple les suivants: retard du début de saison, diminution de la durée de saison, diminution du domaine skiable disponible, diminution ou concentration de l'achalandage, changements dans les billets ou abonnements vendus et marge bénéficiaire limitée pour réinvestir (Singh et al., 2009; Da Silva et al., 2019). La modification dans les régimes de précipitations (plus de précipitations pluvieuses, des précipitations neigeuses plus tardives et plus en altitude) va donc influencer directement le fonctionnement des stations et leur rentabilité économique. Les stations rencontrent ainsi des difficultés à amortir le coût de l'équipement et des infrastructures (Singh et al., 2009; Vlès, 2021), voire un déficit de trésorerie avec des coûts d'exploitation non couverts (Vlès, 2021). Cet équilibre budgétaire dépendant de l'enneigement, y compris au niveau des emplois locaux, représente un des risques les plus documentés dans la littérature (Evette et al., 2011; Tranos et Davoudi, 2014; Rutty et al., 2015; Scott et al., 2021; Vlès, 2021).

Un autre impact lié à la réduction de l'enneigement est celui de la baisse ou de la concentration de la fréquentation (Pickering, 2011; Scott et al., 2020), notamment relié à un découragement de certains skieurs occasionnels (Elsasser et Messerli, 2001; Rutty et al., 2015) ainsi qu'à un certain élitisme dans la pratique (Havas, 2023). La littérature a également mis en avant des phénomènes de substitution de la part des skieurs induits par les changements climatiques, substitution qui peut être temporelle, spatiale ou en termes d'activités (Scott et al., 2008; Rutty et al., 2017, Steiger et al., 2019). En effet, face à des périodes de neige plus courtes et plus incertaines, les skieurs peuvent adopter différentes stratégies :

- se rendre dans d'autres stations (augmentant alors la concurrence entre les stations) où les conditions sont généralement plus favorables (altitude, orientation de la vallée, etc.) (Behringer et al., 2001; Elsasser et Messerli, 2001; Pickering, 2011; Steiger et al., 2019);
- réserver des séjours plus courts ou à des moments de l'année différents (Behringer et al., 2001; Gonseth, 2013; Rutty et al., 2015; Steiger et al., 2019) ou encore,
- changer d'activité (Behringer et al., 2001; Elsasser et Messerli, 2001; Dawson et al., 2009; Steiger et al., 2019).

### 3.1.4 Stratégies d'adaptation des stations

Deux stratégies principales sont adoptées par les stations de ski :

- La première consiste à **réduire la vulnérabilité face à la diminution des précipitations neigeuses naturelles par l'utilisation de canons à neige** (Dawson et Scott, 2009). Elles s'assurent ainsi suffisamment de neige ce qui favorise des revenus stables et des heures d'ouverture régulières (Pons et al., 2015). En revanche, plusieurs études mettent en avant le caractère problématique de cette adaptation en raison de l'énergie utilisée (Moen et Fredman, 2007; Rutty et al., 2017) et de l'eau nécessaire pour la fabrication. En effet, l'enneigement mécanique nécessite de grands volumes d'eau, puisés des réservoirs artificiels et cours d'eau, mais parfois à même les sources d'eau douce, voire même potables par exemple dans certaines stations urbaines (Magnier, 2016; Léouzon, 2022). Ceci peut être source de conflits dans certaines régions, et ce, puisque la pression sur les écosystèmes peut être présente même en hiver (George et al., 2019; ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec, s.d.). Certains vont même jusqu'à questionner les canons à neige comme une potentielle « maladaptation » en raison de l'utilisation de ressources et des émissions de gaz à effet de serre associées (Sauri et Llurdés, 2020). Celles-ci peuvent être plus ou moins conséquentes selon la source d'énergie utilisée (énergies fossiles versus renouvelables) (Scott et al., 2020). La « maladaptation » désigne les stratégies d'adaptation qui malgré les gains à court terme peuvent au contraire augmenter la

vulnérabilité et l'exposition au changement climatique à long terme (Scott et al., 2020; Havas, 2023). À cet égard, l'implantation d'innovations technologiques telles que le remplacement des canons d'ancienne génération par de nouveaux modèles moins énergivores, fait également partie des adaptations en cours de la part des stations de ski.

- Le second type d'adaptation vastement mobilisé par les stations de ski consiste à proposer une **diversification des activités** afin de réduire la dépendance envers l'activité ski comme source de revenus (Tranos et Davoudi, 2014). Puisque la durée de la saison de ski a tendance à raccourcir, certaines stations tendent vers le développement d'offres plus diversifiées en hiver et sur quatre saisons (Da Silva et al., 2019). Il s'agit de promouvoir des activités qui sont moins dépendantes de la neige ; la randonnée, les activités d'intérieur, le tourisme d'affaires, etc. Certaines de ces activités demeurent dépendantes de la météo et donc potentiellement vulnérables aux changements climatiques (Tranos et Davoudi, 2014). Certaines stations nécessitent un accompagnement dans la spécification de cette offre touristique nouvelle (George et al., 2019).

### 3.1.5 Gestion des risques

Les stations mettent également en place des processus et mesures de gestion de risque (ASSQ, 2023, Comm. Pers.). Ceux-ci prennent la forme d'audits ou d'inspections, de sensibilisation (p. ex. la promotion de la prévention en contrôle de l'eau) et de formation (Aubin, 9 janvier 2023). Les assurances visent en effet à couvrir les risques induits par les comportements des skieurs et les équipements et infrastructures de glisse. Elles couvrent essentiellement les risques individuels (blessures des clients) ainsi que matériels (infrastructures) (Soulé, 2002; Corneloup et Soulé, 2007; Aubin, 9 janvier 2023). Ainsi, la gestion des risques plus directement associés aux changements climatiques repose sur des stratégies et des actions entreprises principalement à l'échelle des stations. Elles sont peu susceptibles d'être prises en charge par les assurances.

## 3.2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES IMPACTS ÉCONOMIQUES, SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR ET SYSTÈME SKI ALPIN : UNE PERSPECTIVE QUANTITATIVE

### 3.2.1 Méthodologie

Afin de compléter l'analyse empirique réalisée dans le cadre du projet Système ski alpin québécois face aux changements climatiques mené par Ouranos, une revue de littérature a été réalisée. Les études économétriques établissant un lien entre des variables climatiques et des variables économiques du secteur ski ont été ciblées. Les études de retombées économiques du secteur ski, incluant les retombées indirectes et induites, ont également été révisées. Pour localiser les études pertinentes, les articles suggérés par l'équipe de travail multidisciplinaire ont été analysés. Une recherche par bibliographies croisées et une recherche par mots-clés dans la banque de données Google Scholar ont finalement été réalisées.

### 3.2.2 Impacts économiques

Les impacts économiques des changements climatiques sur les stations de ski ont fait l'objet de plusieurs études, dont au Canada (Da Silva et al. 2019, Scott et al. 2007, Singh et al. 2009), aux États-Unis (Dawson et al. 2009) et en Europe (Berard-Chenu et al. 2021, Damm et al. 2014, Gonseth, 2023). Les études recensées se déclinent en cinq familles que nous présentons ci-dessous : les études analogiques, les études économétriques, les analyses de retombées économiques, les analyses de chaînes d'impacts et les autres études.

#### 3.2.2.1 Études analogiques

Les études analogiques utilisent une comparaison entre la moyenne des températures observées et la température d'une année exceptionnellement chaude, correspondant à un scénario de réchauffement climatique. Ainsi, les impacts liés à une année exceptionnellement chaude sont utilisés comme analogie des impacts que l'on pourrait observer dans un climat plus chaud.

Deux études, l'une réalisée dans le Nord-Est des États-Unis (Dawson et al. 2009) et l'autre, plus récente, réalisée en Ontario (Rutty et al. 2017), utilisent l'analyse analogique pour évaluer les conséquences probables des changements climatiques sur les stations de ski. L'hiver 2001-2002, représentant un record de chaleur dans le Nord-Est des États-Unis, a été utilisé dans Dawson et al. (2009) pour représenter un scénario d'émissions élevées à l'horizon 2040-2069, alors que l'hiver 1998-1999 représente un scénario d'émissions moyennes. Les auteurs en concluent à une réduction de la durée de la saison de ski et une diminution de l'achalandage. L'impact sur les profits des stations est fortement négatif pour l'hiver 2001-2002 (émissions élevées), alors qu'il est légèrement positif pour l'hiver 1998-1999 (émissions moyennes). Les principaux résultats sont résumés dans le Tableau 10.

**Tableau 10 : Effets des changements climatiques sur les stations de ski du Nord-Est des États-Unis selon la méthode de l'analyse analogique (% de variation entre parenthèses) (Dawson et al. 2009)**

	Normal	1998-1999 Émissions moyennes	2001-2002 Émissions élevées
Précipitations neigeuses naturelles (cm)	447	274 (-38,6)	272 (-39,2)
Durée des saisons (jours)	132,5	128 (-3,4)	118 (-10,9)
Achalandage (x10 <sup>6</sup> )	13,8	12,3 (-10,8)	12,2 (-11,6)
Profit (%)	13	13,1 (+2,4)	8,6 (-32,6)

De façon similaire, Rutty et al. (2017) ont comparé les conditions moyennes sur la période 1981-2010 avec la saison 2010-2011, qui fut particulièrement chaude et analogue à un scénario d'émissions élevées à l'horizon 2050. Les conclusions sont à l'effet d'une baisse des précipitations neigeuses naturelles (compensée par une augmentation de la fabrication de neige), une diminution de la durée des saisons, et une diminution de l'achalandage.

**Tableau 11** : Effets des changements climatiques sur les stations de ski de l'Ontario selon la méthode de l'analyse analogique (% de variation entre parenthèses) (Rutty et al. 2017)

	Normal	2011-2012 Émissions élevées
Précipitations neigeuses naturelles (cm?)	n.d.	n.d. (-20)
Durée des saisons (jours)	99	83 (-17)
Achalandage (x10 <sup>6</sup> )	3,362	3,028 (-10)

### 3.2.2.2 Études économétriques

La principale étude économétrique ayant analysé les implications économiques des mesures d'adaptation aux changements climatiques de trois stations de ski dans le contexte du sud du Québec est celle de Da Silva et al. (2019). Pour prédire l'évolution des ventes de billets, les auteurs ont développé un modèle dans lequel les conditions climatiques et les conditions de neige déterminent la demande des skieurs (voir la structure du modèle présenté en Annexe VII). Les résultats de régression sont présentés dans le Tableau 12.

**Tableau 12** : Relation statistique entre le nombre de billets de ski vendus dans trois stations du Québec et les variables climatiques selon Da Silva et al. (2019)

	Bromont	Orford	Sutton
Précipitations de neige le jour même (racine cubique)	0,302***	0,003	n.d.
Précipitations de neige la veille	0,012***	0,007*	0,005**
Pluie (racine cubique)	-0,455***	-0,073*	-0,781***
Pluie la semaine précédente	-0,023***	-0,024***	n.d.
Température	4,138***	2,053***	1,644***
Température (carré)	-0,008***	-0,004***	-0,003***

Note : le nombre de billets vendus est exprimé en racine cubique. \*p<0,10,\*\*p<0,05,\*\*\*p<0,01.

En utilisant les coefficients trouvés et en projetant ces relations dans le futur compte tenu de l'évolution prévue du climat, les auteurs concluent à une baisse d'achalandage tout de même modeste de 10 % à l'horizon 2050, en l'absence de mesure d'adaptation. Ils estiment par ailleurs qu'en l'absence de mesures d'adaptation, le début de saison devrait accuser un retard de 7 à 10 jours à l'horizon 2050, que la durée de la saison devrait diminuer de 10 à 20 jours (sans toutefois tomber sous le seuil minimum des 100 jours) et que le domaine skiable diminuerait de 20% à 30% pour les trois stations. Ceci ne compromettrait toutefois pas l'ouverture des stations pour la période des Fêtes.

Alors que ces résultats militent en faveur de la mise en place de mesures d'adaptation comme les canons à neige, Da Silva et al. 2019 concluent également que les investissements nécessaires en équipements de fabrication de neige seront trop importants pour être supportés par les stations de ski à elles seules tout en demeurant rentables :

« [...]Le coût de ces investissements [en équipements de fabrication de neige] est tellement pénalisant que la baisse des dépenses attendue en consommation d'énergie et la hausse des revenus de billetterie découlant de l'attractivité de la montagne ne sont pas suffisantes pour récupérer les montants consentis pour l'infrastructure. » (Da Silva et al. 2019)

Damm et al. (2014) ont quant à eux utilisé un modèle de prévision de la neige pour modéliser les impacts des changements sur la rentabilité des stations en Autriche. En raison de la hausse des coûts liés aux canons à neige et de la baisse d'achalandage prévue, les auteurs en concluent que les stations devront augmenter le prix des billets de 3,3 à 5,1 % chaque année pour demeurer viables.

Un certain nombre de chercheurs a également démontré que la relation entre la température et l'achalandage n'était pas linéaire. Selon une modélisation de la demande de ski alpin en Norvège, Malasevska et al. (2017) concluent que sous le seuil de -9,5 °C, une augmentation de la température est associée à une augmentation du nombre de skieurs, alors qu'au-delà de ce seuil, une augmentation de la température est plutôt associée à une diminution de l'achalandage (Malasevska et al. 2017, cité dans Shinder 2017).

Dans le contexte québécois, Scott et al. (2007) utilisent un modèle d'enneigement couplé à un module de fabrication de neige et à des scénarios climatiques pour conclure que dans les trois régions étudiées<sup>9</sup>, les jours d'opération sont appelés à diminuer d'ici 2050, peu importe le scénario climatique (Tableau 13). Toutefois, les auteurs précisent que les périodes de forte affluence, soit la période des Fêtes, la mi-saison et la relâche scolaire, où 89 % de l'achalandage annuel est enregistré, ne devraient pas être compromises sauf dans les scénarios de plus fort réchauffement.

**Tableau 13 : Impacts des changements climatiques sur les stations québécoises d'ici 2050 d'après Scott et al. (2007)**

	Scénario de faible réchauffement (+1,5 °C au Québec)	Scénario de grand réchauffement (+7,6 °C au Québec)
Jours d'opération	-4% à -7%	-30%
Investissements en enneigement	n.d.	+100%
Coûts d'enneigement	n.d.	+6% à +8%

À l'aide d'un modèle de régression, Berard-Chenu et al. (2020) ont tenté de mieux comprendre les investissements en canons à neige dans 100 stations de ski des Alpes françaises. Les résultats suggèrent que les investissements en canons à neige sont fortement corrélés négativement avec les conditions de neige de l'année précédente. En d'autres mots, des conditions de neige défavorables à l'année t sont associées à davantage d'investissements en canons à neige à l'année t+1. Ce résultat n'est statistiquement significatif que pour les petites et moyennes stations, ce qui pourrait s'expliquer en raison du fait que les grandes stations planifient leurs investissements sur plusieurs années et sont moins influencées par les conditions d'enneigement d'une année donnée.

En ce qui concerne les comparaisons du Québec avec d'autres juridictions, Scott et al. (2020) estiment que les stations de ski du Québec seront plus résilientes que celles de l'Ontario d'ici la fin du siècle, nécessitant moins de fabrication de neige pour maintenir un couvert neigeux adéquat. Ainsi, la durée de la saison de ski, qui est de 137 jours au Québec, de 121 jours dans le Nord-Est américain et de 117 jours en Ontario en moyenne, est appelée à être réduite

<sup>9</sup> Québec, Sherbrooke et Sainte-Agathe-des-Monts.

d'avantage dans le Nord-Est des États-Unis et en Ontario qu'au Québec, à l'exception du Vermont où les changements anticipés demeurent comparables à ceux du Québec.

### 3.2.2.3 Analyse de retombées économiques

Trois études de retombées économiques ont été recensées dans le contexte canadien ; deux d'entre elles ont été réalisées au Québec (Archambault, 2015 et RCGT, 2021) alors qu'une autre a été réalisée en Colombie-Britannique (Destination BC, 2014). Les trois études utilisent une approche ressources-emplois, (intersectoriel ou *input-output*), dans laquelle des « chocs de dépenses » ou des « chocs d'investissements » sont simulés sur l'économie via des multiplicateurs calculés par Statistique Canada pour le secteur du tourisme de chaque région. Dans le cas du Québec, le modèle utilisé est le modèle intersectoriel de l'Institut de la statistique du Québec. Le modèle utilisé par Destination BC (2014) est similaire au modèle intersectoriel. Les résultats des trois études sont résumés dans le Tableau 14 ci-dessous.

**Tableau 14** : Retombées économiques du secteur du ski, Québec et Colombie-Britannique

	Juridiction	Dépenses et investissements simulés	Produit intérieur brut (Multiplicateur)	Emplois (multiplicateur)	Recettes fiscales
Raymond Chabot Grant Thornton (2021)	QC	1 703 M\$	867 M\$ (0,51)	14 402 (8,46)	305 M\$
Stations	QC	655 M\$	314 M\$ (0,48)	5 286 (8,07)	60 M\$
Touristes	QC	1 048 M\$	552 M\$ (0,53)	9 116 (8,70)	245 M\$
Archambault (2015)	QC	833 M\$	800 M\$ (0,96)	11 847 (14,22)	137 M\$
Destination BC (2014)	CB	1 426 M\$	972 M\$ (0,68)	18 824 (13,20)	187 M\$

Note: les multiplicateurs d'emplois sont exprimés en emplois créés par 1M\$ de dépenses et d'investissements.

Les retombées incluent autant l'impact des investissements et achats des stations, que celui des visiteurs à l'intérieur et à l'extérieur des stations (hébergement, restauration et bars, épicerie, dépanneurs, etc.). Voir la Figure 25.

L'inclusion des dépenses des visiteurs à l'extérieur des stations, tout comme les investissements et achats des stations via leurs fournisseurs, est utile pour circonscrire les impacts sur l'ensemble du secteur ski. En effet, les retombées des activités de ski s'étendent bien au-delà des ventes de billets de ski et au-delà du périmètre des stations.



**Figure 25 : Répartition des dépenses des visiteurs pour le ski alpin (Source : Archambault, 2015)**

### 3.2.2.4 Analyses de chaînes d'impacts

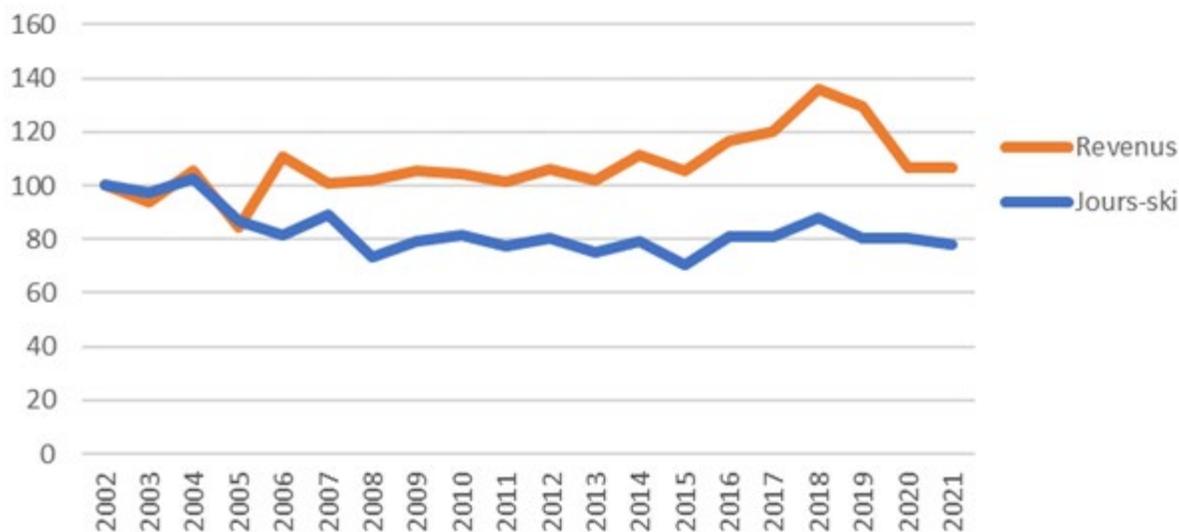
François et al. (2023), dans une étude publiée dans *Nature* et réalisée dans le contexte européen, présentent un cadre conceptuel de la chaîne d'impacts des hausses de température et du déclin du couvert neigeux sur le système ski. On y illustre comment les aléas climatiques (température, déclin du couvert neigeux) influent sur la fabrication de neige, alors que les opérations de stations, lesquelles dépendent d'investissements et entraînent des coûts, peuvent répondre en partie aux vulnérabilités, au prix toutefois d'externalités telles des émissions de GES liées à l'électricité consommée et une plus grande consommation d'eau.

Le schéma global développé par François et al. (2023) est utilisé pour soutenir l'analyse économétrique développée à propos des impacts environnementaux des activités ski, dont les résultats sont présentés à la section 3.4 ci-dessous.

### 3.2.2.5 Autres études

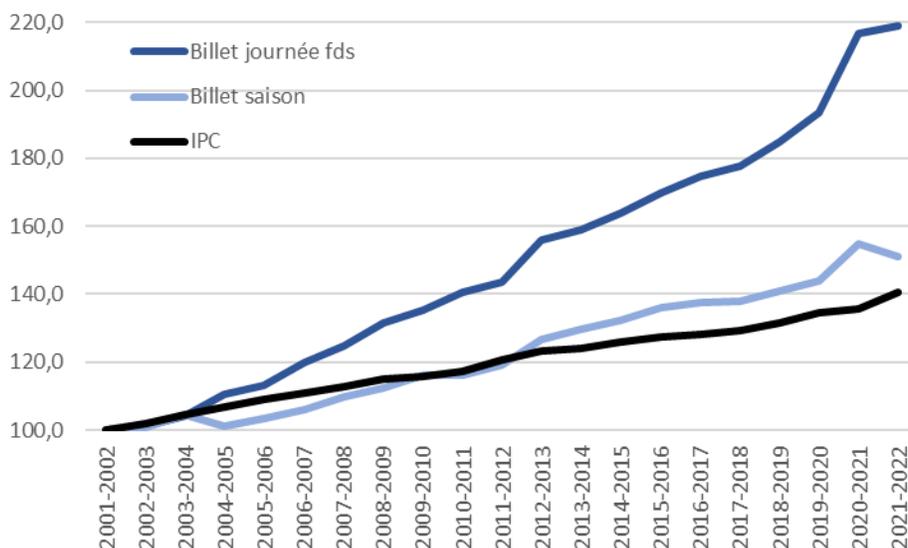
Les rapports annuels *Étude économique et financière des stations de ski du Québec*, produits pour l'Association des stations de ski du Québec et réalisés par l'équipe du professeur Michel Archambault de l'UQAM, fournissent, depuis les années 1990, une mine de statistiques descriptives telles que le volume d'affaires, l'achalandage, la période d'exploitation, les investissements, la rentabilité et l'emploi (Archambault et al. 2022).

Les données contenues dans ces rapports annuels permettent entre autres de montrer qu'il y a eu une baisse d'achalandage depuis le début des années 2000 dans les stations de ski, mais celle-ci ne s'est pas traduite en baisse de revenus hivernaux (Figure 26).



**Figure 26 : Revenus et achalandage des stations de ski québécoises, 2002-2021 (2002=100) (Source : Archambault et al., 2002 à 2021)**

En effet, de 2001-2002 à 2021-2022, la baisse du nombre de visiteurs a été notamment compensée par une augmentation du prix des billets, en particulier les billets quotidiens. De 2001-2002 à 2021-2022, les billets de journée de fin de semaine ont connu une augmentation de 119% et les abonnements de saison de 51%, alors que l'indice des prix à la consommation a progressé de 41% sur la même période (Figure 27). Ces tendances mettent en lumière la stratégie de fidélisation de clientèle déployée par plusieurs stations de ski.



**Figure 27 : Évolution du prix des billets de ski, Québec, 2001-2002 à 2021-2022 (2002=100) (Sources : Archambault et al. (2002 à 2021) et Institut de la statistique du Québec)**

### 3.2.3 Impacts sociaux

Au-delà des variables économiques telles que l'achalandage des stations de ski, les coûts d'exploitation et la durée des saisons, les changements climatiques sont susceptibles d'entraîner des perturbations dans des régions qui dépendent depuis des décennies des stations de ski pour assurer leur vitalité hivernale.

Les stations de ski de taille intermédiaire à majeure emploient en moyenne de 170 à 1 050 personnes selon leur taille. Ceci inclut les employés assignés à la billetterie, aux remontées, à la fabrication de neige, à la patrouille, à la restauration, à la boutique, à l'école de ski et dans l'administration (Tableau 15).

**Tableau 15 : Nombre moyen d'employés dans les stations de ski, 2019-2020 et 2020-2021**

Stations de ski, par taille	Emplois saisonniers		Emplois réguliers		Emplois totaux	
	19-20	20-21	19-20	20-21	19-20	20-21
Majeure	797	712	253	157	1 050	869
Grande	357	222	16	11	373	233
Intermédiaire	165	148	6	8	171	156

Source : Étude économique et financière (Archambault et al., 2021)

Au-delà de ces emplois sur le site même des stations de ski, ou emplois directs, des milliers de personnes bénéficient de l'activité économique générée par le ski. D'après des études de retombées économiques réalisées grâce au modèle intersectoriel du Québec (MISQ), pour chaque tranche de 100 emplois directs maintenus dans les stations de ski, 49 emplois indirects sont également maintenus dans les secteurs périphériques (RCGT, 2021). Ceci inclut les secteurs de l'hôtellerie hors-station, les restaurants et bars hors-station, les fournisseurs de nourriture, les fournisseurs équipementiers, les attractions, etc.

Ainsi, les changements climatiques, dans la mesure où ceux-ci menacent la viabilité de certaines stations de ski, sont susceptibles d'affecter les conditions de vie d'un grand nombre d'employés gravitant autour de cette activité.

Des chercheurs ont recensé les bénéfices au plan social du tourisme pour les communautés d'accueil. Par exemple, Zaei et Zaei (2013) identifient les bénéfices suivants :

- « Les communautés locales peuvent côtoyer des personnes d'origines diverses ayant des modes de vie différents, ce qui, par "effet de démonstration", peut conduire au développement de **modes de vie et de pratiques améliorées** à partir des exemples donnés par les touristes.
- La vie locale peut être améliorée grâce à de **meilleurs équipements et infrastructures locaux** (développés pour soutenir le tourisme), ce qui peut conduire à une amélioration au niveau de l'éducation, des soins de santé, des possibilités d'emploi et des revenus.
- **Davantage d'événements culturels et sociaux** sont disponibles pour la population locale, tels que des divertissements, des expositions, etc.
- Des **installations sportives et de loisirs améliorées** sont créées pour les touristes et peuvent être utilisées par la population locale, en particulier en dehors de la saison touristique.
- **Conservation du patrimoine culturel local** d'une région et renaissance de son artisanat, de ses traditions architecturales et de son patrimoine ancestral.

- Les zones urbaines qui peuvent être en déclin peuvent être revitalisées et le **mouvement des personnes des zones rurales vers les zones urbaines pour l'emploi peut être inversé**, car des emplois seront disponibles dans l'industrie du tourisme. »

Les impacts sociaux du tourisme ne sont pas que positifs, comme en font foi les travaux de Tsunoda et Mendlinger (2009), à partir d'une enquête réalisée au New Hampshire, aux États-Unis. Parmi les impacts négatifs du tourisme recensés par les habitants de la ville de Peterborough, notons la perception d'une augmentation du prix des restaurants et des loyers et les conflits entre touristes et locaux. Toutefois, les chercheurs concluent que les avantages perçus par la population locale dépassent les inconvénients.

### 3.2.4 Impacts environnementaux

Les deux principaux impacts environnementaux liés aux changements climatiques documentés dans la littérature sont les prélèvements additionnels d'eau requis pour alimenter les canons à neige nécessaires au maintien du couvert neigeux, et l'énergie additionnelle requise pour alimenter ces mêmes canons. Dans les juridictions où la production électrique s'appuie sur les combustibles fossiles, un recours accru aux canons à neige s'accompagne d'une augmentation des émissions de GES. Toutefois, comme la production d'électricité du Québec est presque entièrement de source renouvelable, cette préoccupation est peu présente dans le contexte québécois.

Plusieurs études ont tenté de prédire l'évolution des besoins en eau et en électricité des stations de ski au Québec. Scott et al. (2007), pour leur part, d'après un modèle de simulation d'enneigement, estiment que sous un scénario de réchauffement élevé, les besoins en eau pour alimenter les canons à neige pourraient doubler d'ici 2050 au Québec.

François et al. (2023), pour leur part, projettent une augmentation de 8 % à 42 % des besoins en eau dans les stations de ski européennes, et une augmentation de 18 % à 24 % des besoins énergétiques, selon que le climat se réchauffe de 2°C ou 4°C au cours du 21<sup>e</sup> siècle.

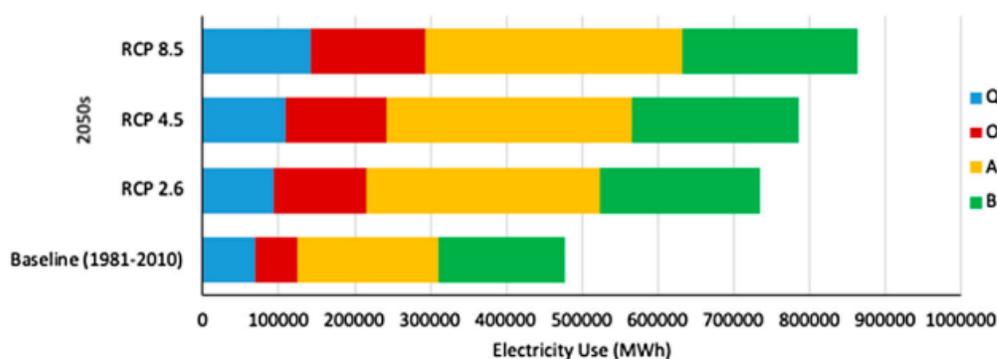
Une étude de Knowles et al. (2023) a estimé la fabrication de neige au Canada à 42 millions de m<sup>3</sup> chaque année, utilisant 478 mégawatts-heures d'électricité et 43,4 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Selon les scénarios climatiques, les auteurs anticipent que la fabrication de neige est appelée à augmenter de 55% à 97% d'ici 2050, avec une hausse proportionnelle de besoins en électricité et en eau. Dans cette même étude, les auteurs utilisent le modèle d'enneigement prédictif SkiSim2.0 qui estime la quantité de neige fabriquée qu'il sera nécessaire de produire dans le futur selon différents scénarios climatiques, afin de maintenir une saison de ski continue du 15 décembre au 31 mars en Ontario et au Québec. On y conclut que les besoins en eau seront de 40 % à 120 % supérieurs au Québec d'ici 2050 selon les scénarios, et que la hausse prévue des besoins en énergie sera de 35 % à 108 % plus élevée (

Tableau 16). Les auteurs indiquent que ces résultats, qui s'appuient sur l'efficacité actuelle des canons à neige, pourraient être influencés par plusieurs autres facteurs, notamment l'amélioration de la technologie d'enneigement et l'augmentation des superficies couvertes par l'enneigement.

**Tableau 16 :** Intensité d'utilisation d'eau et d'énergie par visite de skieur au Québec d'ici 2050 d'après Knowles et al. (2023) (% de variation par rapport à la référence entre parenthèses)

	Référence	Faibles émissions RCP 2.6	Émissions moyennes RCP 4.5	Émissions élevées RCP 8.5
Eau (m3)	1,0	1,4 (+40 %)	1,7 (+70 %)	2,2 (+120 %)
Énergie (kWh)	11,5	15,5 (+35 %)	18,2 (+58 %)	23,9 (+108 %)

Le Figure 28 ci-dessous, tirée de Knowles et al. (2023), présente la projection de besoins en électricité pour la fabrication de neige par province. Les stations de ski du Québec utilisent actuellement 68,8 MWh pour l'alimentation de leurs canons à neige, une consommation qui est appelée à croître au-delà de 100 MWh d'ici 2050 dans les scénarios d'émissions moyennes (RCP 4.5) et d'émissions élevées (RCP 8.5).



**Figure 4.** Regional electricity use (MWh) from snowmaking – central estimate.

**Figure 28 : Projections d'utilisation d'électricité pour la fabrication de neige par province, Canada, 2050 (en bleu le Québec, en rouge, l'Ontario, en jaune l'Alberta, en vert, la Colombie Britannique) (Source : Knowles et al. 2023)**

Les estimations de besoins en énergie présentés par Knowles et al. (2023) représentent une estimation plus élevée que celles développées par le passé par Dawson et al. (2009) dans une analyse analogique réalisée dans le Nord-Est des États-Unis. Ces derniers auteurs avaient plutôt estimé l'augmentation des besoins en énergie de 31% à 37%, selon le scénario climatique. Ceci correspond au scénario de faibles émissions de Knowles et al. (2023).

Toujours selon Knowles et al. (2023), le remplacement des canons à neige actuels par des canons à haute performance énergétique aurait toutefois le potentiel de limiter grandement l'augmentation des besoins en énergie, de -16 % à + 9 % selon les scénarios climatiques. Le coût de cette mise à niveau n'est cependant pas précisé par les auteurs.

Concernant les besoins en eau, Knowles et al. (2023) s'appuient sur un rapport de 2018 de Ressources naturelles Canada pour conclure que le Québec est riche en ressources hydriques, le risque lié à l'approvisionnement en eau ne serait pas significatif. Toutefois, alors que la consommation d'eau par les canons à neige est appelée à augmenter de 35 % à 108 % d'ici 2050, des signes de stress hydrique apparaissent depuis quelques années dans le sud du Québec (Duhamel, 2022; ICI Radio-Canada, 2021; Laflamme, 2021), appelant à une analyse plus approfondie de la question (problèmes d'approvisionnement en eau dans certaines villes, et

pour l'agriculture causés par des niveaux de nappes phréatiques de plus en bas dans le sud du Québec, dus aux changements climatiques et au développement urbain).

## **3.3 IDENTIFICATION PRÉALABLE DES IMPACTS PAR ALÉA**

### **3.3.1 Méthodologie de la grille d'évaluation préalable des impacts**

Pour faire suite à la tenue d'un premier atelier, les participants ont évalué de manière plus précise les impacts des aléas à l'échelle de leur station grâce à un questionnaire réalisé en ligne. Le questionnaire se déroulait en deux temps. Dans un premier temps, l'ensemble des participants a rempli un tableau, pouvant s'apparenter à une « autoévaluation » des impacts déjà ressentis à l'échelle de leur station. Il était demandé aux participants d'indiquer, parmi les 14 aléas les plus fréquemment cités dans la littérature, lesquels avaient un impact très important pour leur station. Les participants ont répondu sur la base des aléas suivants : hausse des températures moyennes, diminution des précipitations neigeuses, augmentation des précipitations pluvieuses hivernales, variabilité du couvert neigeux, forte pluie et inondation, canicule, redoux hivernal, épisodes de gel/dégel, vent violent, sécheresse, verglas, orages, incendie de forêt et mouvement de masse. Les représentants des stations ont identifié les aléas qui ont déjà eu des répercussions dans le passé selon l'échelle « oui, fortement », « oui, un peu » et « non, pas du tout ».

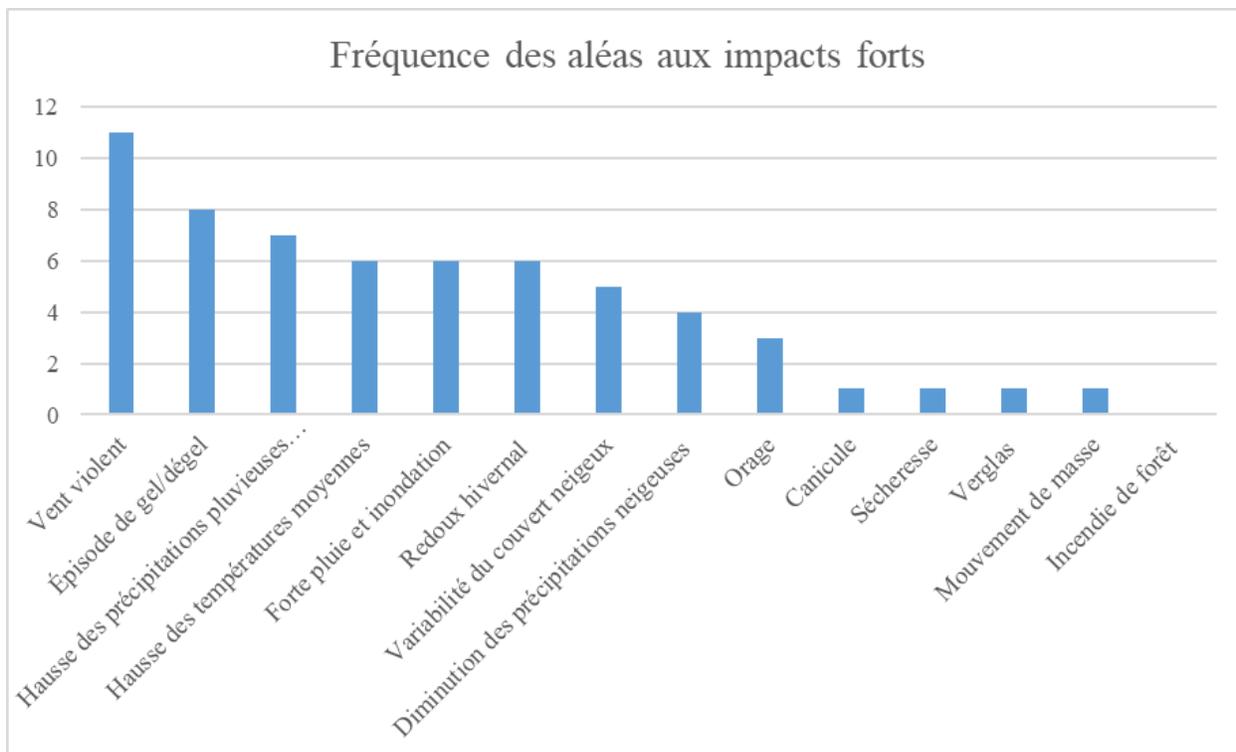
Dans un deuxième temps, pour chacun des aléas qui avaient été identifiés comme ayant un impact fort selon chaque station, les participants étaient invités à préciser les éléments exposés, par catégorie de la norme ISO14091:2021 (éléments géophysiques, comportement social, gestion et biens économiques, aménagement et infrastructures). Autrement dit, pour chacun des aléas jugés comme ayant un impact fort, il s'agissait de faire ressortir les éléments les plus exposés à l'aléa en question.

### **3.3.2 Résultats de l'évaluation préalable des impacts**

#### **3.3.2.1 Priorisation des aléas pour la saison du ski (augmentation des précipitations pluviales hivernales, vent violent, gel-dégel et hausse des températures hivernales)**

Comme le montre la Figure 2Figure 299 ci-dessous, parmi les 14 aléas proposés, l'aléa « vent violent » est celui le plus fréquemment cité par les stations pour son fort impact. Il convient de mettre en perspective ce résultat, puisque lors de l'administration du questionnaire au printemps 2023, plusieurs épisodes de vents violents avaient frappé le Québec. Ces épisodes ayant affecté durement certaines stations de ski peu de temps avant la collecte de données, ceci peut expliquer la surreprésentation de cet aléa. Une deuxième précision doit être faite par rapport à la fréquence des aléas aux impacts forts les plus fréquemment cités : la diminution des précipitations neigeuses, pourtant un élément fondamental pour la création d'un couvert neigeux nécessaire au ski, n'apparaît qu'en septième position. Ceci est à mettre en lien avec le recours dans la quasi-totalité des stations de l'échantillon aux canons à neige, réduisant ainsi la dépendance aux précipitations neigeuses naturelles pour opérer le domaine skiable.

Voir aussi Annexe VIII. Résultats de la grille d'évaluation préalable des impacts.



**Figure 29 : Fréquence des aléas climatiques aux impacts forts pour les stations participantes (source : auteurs, collecte de données, 2023)**

### 3.3.2.2 Identification des impacts majeurs (interactions climat / éléments les plus exposés)

Une analyse selon deux axes d'interaction est présentée pour donner du sens aux réponses des participants lors de l'exercice de priorisation dont fait l'objet la grille d'évaluation préalable des impacts. Les résultats par catégorie d'exposition aux changements climatiques sont d'abord présentés, puis les éléments les plus fortement affectés (impact majeur) en fonction de chaque aléa sont mis en lumière.

#### 3.3.2.2.1 Analyse par catégorie

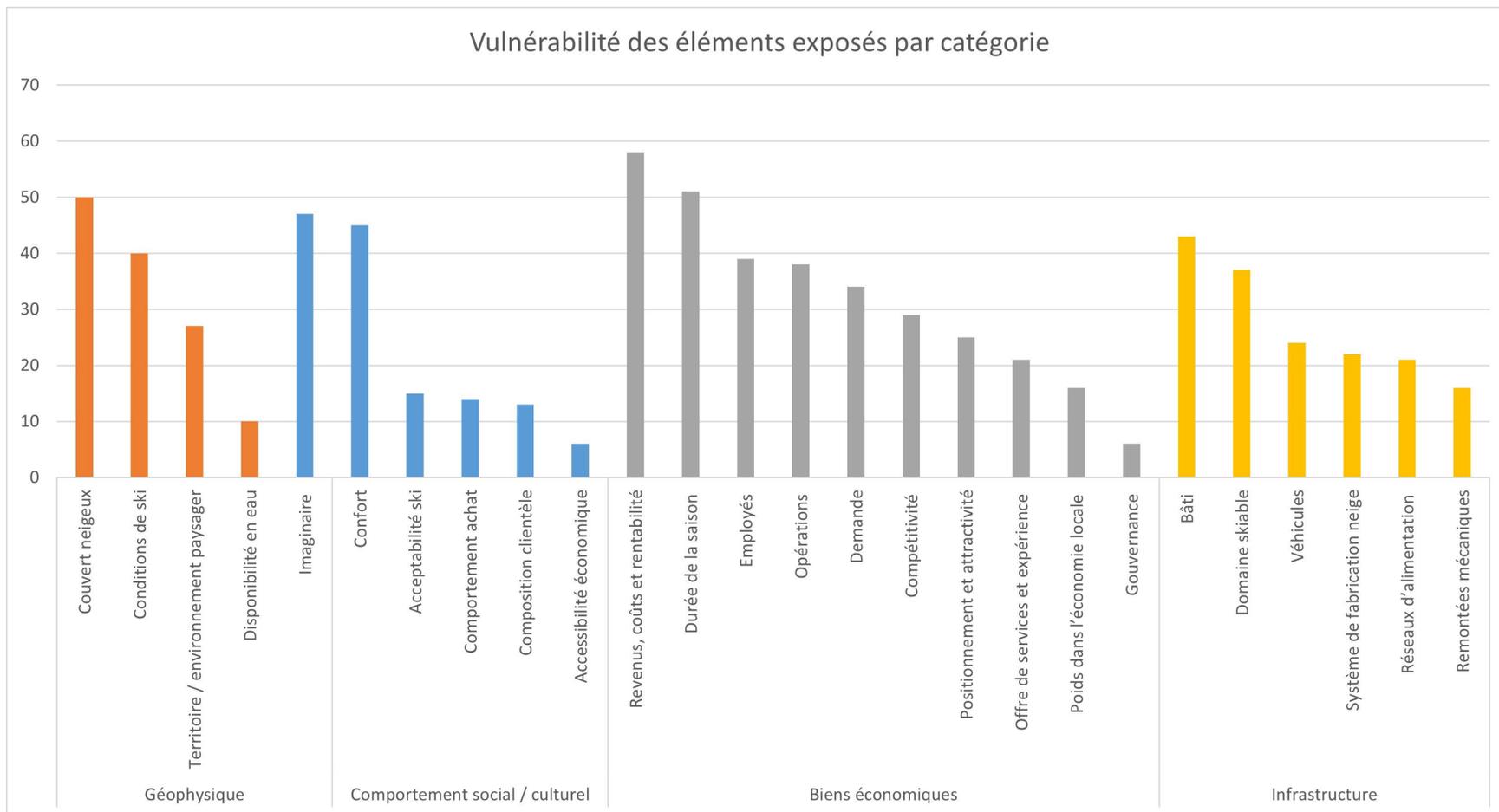
L'analyse qui suit évoque les impacts des différents aléas climatiques par catégorie d'éléments exposés, soit les éléments géophysiques, les éléments de gestion et biens économiques, les éléments de comportement social et culturel et enfin les éléments d'aménagements et d'infrastructures.

Parmi les éléments géophysiques, c'est le couvert neigeux qui est le plus exposé aux aléas, alors même que la diminution des précipitations neigeuses n'est pas perçue comme un aléa ayant un impact fort. Ceci va dans le sens d'une déconnexion entre les précipitations neigeuses et la présence d'un couvert neigeux au sol, puisque celui-ci est créé par les stations de manière mécanique par le recours aux canons à neige. Les conditions de ski ainsi que le territoire et l'environnement paysager ressortent parmi les plus exposés. La disponibilité en eau arrive en dernière position dans cette catégorie.

En ce qui concerne les éléments de comportement social ou culturel, c'est l'imaginaire qui est perçu comme l'élément le plus exposé face aux aléas climatiques. En effet, la pratique du ski est associée à un certain nombre de facteurs comme la présence d'une atmosphère hivernale et d'un ensemble de croyances, de représentations et de pratiques qui teintent « l'imaginaire » du ski. Le deuxième élément le plus cité dans cette catégorie, soit l'élément qui est le plus affecté par les changements climatiques, est celui du confort. En effet, les skieurs pratiquent leur sport dans des conditions météorologiques précises, où la plupart des aléas cités (pluie, vent violent, gel/dégel, etc.) nuisent à leur expérience. L'acceptabilité sociale du ski, le comportement d'achat et de pratique, la composition de la clientèle et l'accessibilité économique sont également ressortis comme exposés aux changements climatiques, quoique dans une moindre mesure.

Quant aux éléments qui touchent aux biens économiques et de gestion, il s'agit de la catégorie pour laquelle les participants ont fait ressortir le plus d'éléments exposés aux changements climatiques au sein de leurs stations. Ce sont les revenus, les coûts et la rentabilité des stations qui subissent davantage l'exposition aux aléas climatiques. Les revenus sont d'ailleurs les éléments exposés les plus cités, toutes catégories confondues. Comme ont pu le faire remarquer les participants, la durée de la saison, les employés, les opérations, la demande, la compétitivité, le positionnement et l'attractivité, l'offre de service, le poids dans l'économie locale et la gouvernance subissent tous les effets des changements climatiques.

Finalement, la dernière catégorie d'exposition concerne les infrastructures et aménagements. Ici, c'est le bâti qui est le plus fréquemment cité comme subissant des impacts issus d'aléas climatiques, juste devant le domaine skiable. Les véhicules, le système de fabrication de neige, les réseaux d'alimentation et les remontées mécaniques ont également été identifiés. Une représentation imagée de ces résultats est présentée à la Figure 30 qui suit.



**Figure 30 : Éléments des stations de ski exposés aux changements climatiques, par catégorie**

### 3.3.2.2 Impact des aléas sur des éléments en particulier

Les résultats de la grille d'évaluation préalable remplie par les participants mettent également en lumière l'impact des aléas sur des éléments en particulier. Autrement dit, en faisant ressortir pour chaque aléa les éléments qui subissent les impacts les plus conséquents, une priorisation préliminaire des effets des changements climatiques a pu être effectuée. Cette analyse se trouve illustrée au Tableau 17. Ainsi, l'aléa « hausse des températures moyennes », a surtout eu un impact sur la durée de la saison et sur les opérations, alors que l'augmentation des précipitations pluvieuses a un effet plus marqué sur les conditions de ski et les revenus de la station. L'impact « vent violent », qui a été le plus cité parmi tous les impacts, a surtout des conséquences sur les opérations.

L'aléa « fortes pluies et inondations » est celui qui montre le plus grand nombre d'impacts sur des éléments différents : autant du côté des éléments géophysiques (couvert neigeux, conditions de ski et territoire / environnement paysager); des éléments de comportement social / culturel (imaginaire; confort); des biens économiques (la durée de la saison, les opérations, les employés, la demande et enfin les revenus, les coûts et la rentabilité) que des infrastructures (bâti, réseaux d'alimentation). Autrement dit, les fortes pluies et inondations peuvent être associées à de multiples impacts au niveau de la station de ski. Le deuxième aléa qui a une diversité d'impact et celui du redoux hivernal. Les participants ont noté que celui-ci pouvait agir tant au niveau des conditions de ski (éléments géophysiques), de l'imaginaire (éléments de comportement social / culturel), des revenus, de la durée de la saison, des opérations et du positionnement vis-à-vis de la concurrence (biens économiques) et du système de fabrication de la neige (infrastructures).

D'autres aléas ont au contraire des impacts plus spécifiques. Certains aléas peuvent par exemple toucher majoritairement le personnel travaillant dans les stations. C'est le cas des vents violents, qui ont surtout un impact sur les opérations.

Finalement, l'augmentation des précipitations pluvieuses et les épisodes de gel/dégel ont des impacts sur les deux mêmes éléments à savoir les conditions de ski et les opérations. Ces deux aléas climatiques peuvent se combiner, puisqu'une augmentation des précipitations pluvieuses peut aboutir à des épisodes de gel/dégel de par la pluie qui s'écoule sur certaines portions du domaine skiable. Le Tableau 17 qui suit résume les impacts majeurs des aléas sur des éléments particuliers.

**Tableau 17 : Les 7 aléas les plus fréquemment cités comme ayant des impacts majeurs sur certains éléments exposés**

Aléa	Impact majeur
Hausse des températures moyennes	Durée de la saison
	Opérations
Augmentation des précipitations pluvieuses	Conditions de ski
	Revenus
Variabilité du couvert neigeux	Domaine skiable
	Durée de la saison
Fortes pluies et inondations	Couvert neigeux
	Conditions de ski
	Territoire / environnement paysager
	Imaginaire
	Confort
	Durée de la saison

	Opérations
	Revenus, coûts et rentabilité
	Employés
	Demande
	Bâti
	Réseaux d'alimentation
Redoux hivernal	Conditions de ski
	Imaginaire
	Durée de la saison
	Opérations
	Revenus
	Positionnement
	Système de fabrication de neige
Épisodes de gel/dégel	Conditions de ski
	Opérations
Vents violents	Opérations
<b>Légende</b>	
Orange : Éléments géophysiques	Jaune : Infrastructures
Bleu : Comportement social et culturel	Gris : Biens économiques

*Note : les stations ont identifié les aléas qui les ont affectés dans le passé selon l'échelle « oui, fortement » = impact majeur dans ce tableau; les « oui, un peu » et « non, pas du tout » ne sont pas inclus ici.*

Néanmoins, il semble important de rappeler que les éléments exposés ne sont pas compris de manière isolée et fonctionnent de manière interreliée. Autrement dit, si l'augmentation des précipitations pluvieuses hivernales a un impact sur les conditions de ski, ceci entraîne des effets sur les revenus, les coûts d'exploitation et la rentabilité de la station, ainsi que sur la compétitivité de la station. Cette démarche permet d'identifier les impacts les plus forts afin d'ensuite les décortiquer dans des chaînes d'impacts pour comprendre comment les changements climatiques se propagent à travers le système ski alpin québécois.

### 3.3.3 Représentation des éléments exposés du système ski alpin par échelle spatiale

La grille d'évaluation préalable des impacts a montré une grande quantité d'éléments du système économique exposés aux changements climatiques regroupés en 4 catégories de biens : géophysiques, infrastructures, économiques, comportement social et culturel. Pour rassembler cette complexité en un tout cohérent, le tri des éléments exposés du système ski alpin a été représenté en s'appuyant sur le cadre conceptuel des périmètres d'interrelations proposés par le GIFCC et opérationnalisés par Carbone 4 (voir section 1.2.1 Échelles spatiales du projet).

### 3.3.3.1 Le système ski alpin québécois

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 des relations indirectes avec des partenaires. Le système ski représente donc les éléments sur lesquels les stations et le secteur ont peu de contrôle (Figure 31). 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'embarras 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).
- Enfin, la dynamique d'une **population vieillissante** impliquera une raréfaction de la clientèle à moyen terme, sans parler des défis de main-d'œuvre.

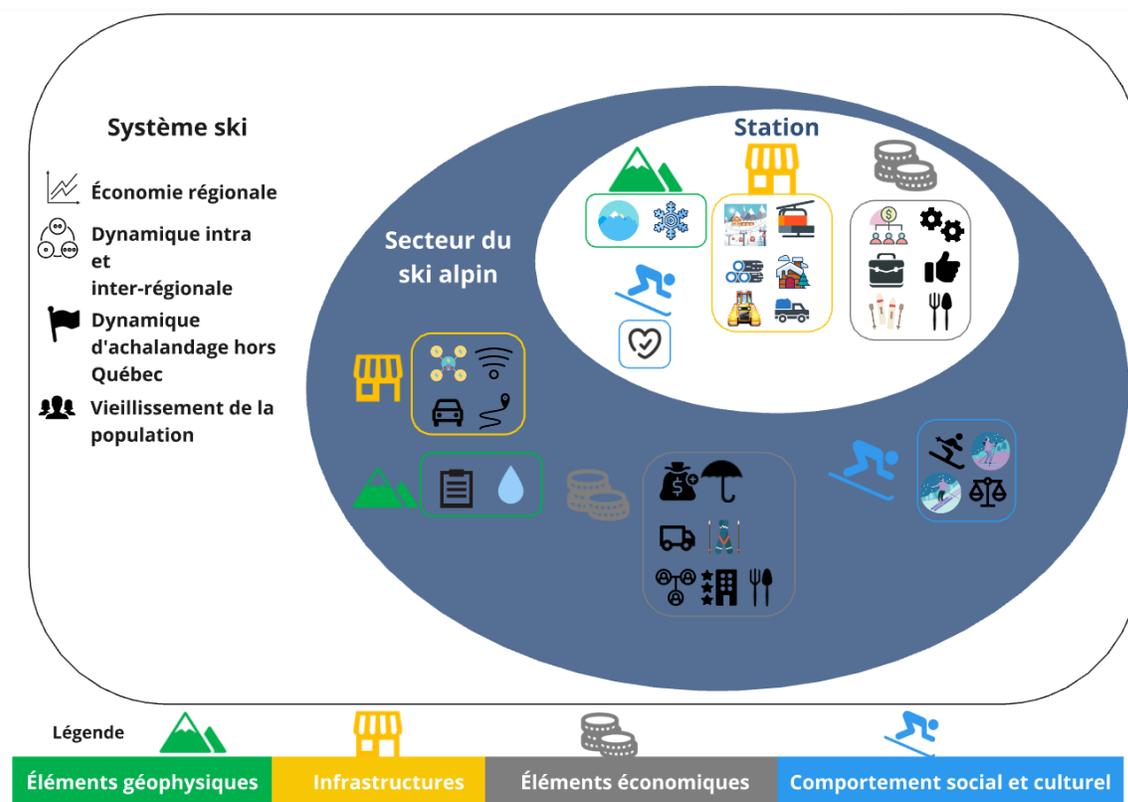


Figure 31 : Les éléments exposés selon les échelles interreliées des stations et du secteur qui composent le système ski alpin au Québec

La Figure 31 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.

### 3.3.3.2 Éléments exposés des stations

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 définitions qui suivent rappellent le contenu du Tableau 9. 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.

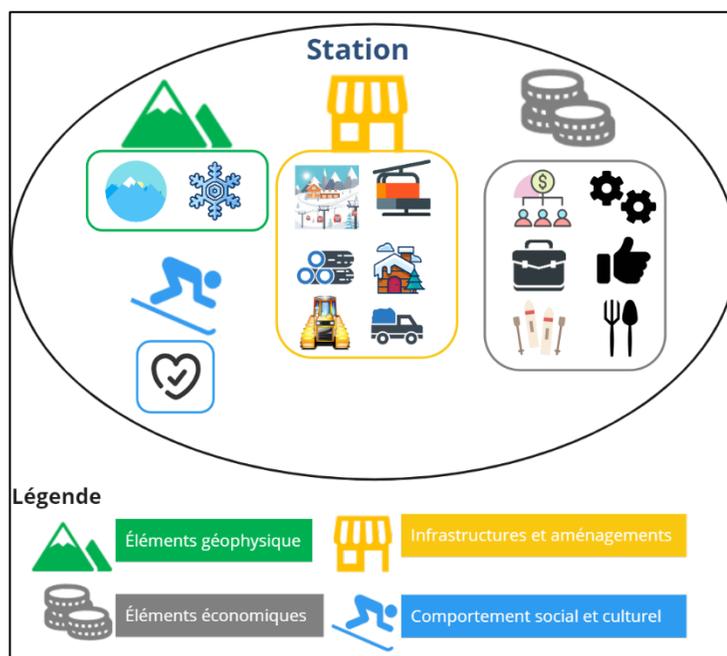


Figure 32 : Éléments exposés des stations de ski alpin

- **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 et naturelle).
- **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 véhicules tout-terrain.

**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 ceux associés à 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'équipement de sport et l'école de ski, etc.
- **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.

### 3.3.3.3 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 et sont issus des de la littérature et des discussions avec les stations de ski.

#### 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'été ou de pénurie d'eau.
- **Règles de transparence** sur les pratiques écologiques en tourisme durable.

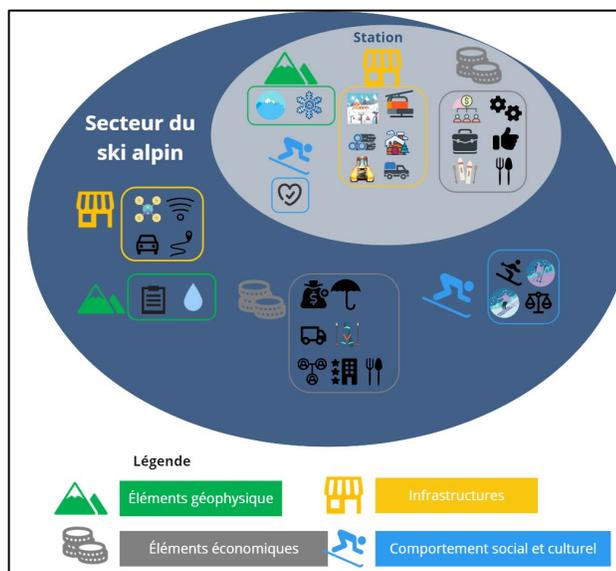


Figure 33 : Éléments exposés à l'échelle sectorielle du ski alpin

#### 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.**

En résumé des sections 3.1, 3.2 et 3.3, les connaissances disponibles portent sur les impacts de pressions climatiques comme la hausse des températures, la diminution des précipitations neigeuses, l'augmentation des précipitations pluvieuses hivernales 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 l'imaginaire du ski et la variabilité du comportement des skieurs, ayant à leur tour des répercussions sur l'achalandage et les revenus. Le rôle déterminant de la capacité d'enneigement, ainsi que les pratiques de gestion des opérations et des risques et imprévus des stations face aux changements climatiques sont soulignés. Ultimement, les aléas climatiques nuisent à la rentabilité des stations et du secteur au point de vue économique. Au niveau des impacts sociaux, les effets des fluctuations climatiques sur l'emploi et les secteurs connexes (hébergement, restauration), ainsi que sur les communautés d'accueil sont soulignés. Au niveau environnemental, les enjeux principaux d'énergie et d'approvisionnement en eau sont identifiés.

Les sujets moins documentés portaient sur les effets des changements climatiques sur la santé et sécurité des employés et de la clientèle, les effets sur les services de transport, les chaînes d'approvisionnement des fournisseurs des stations, les exigences réglementaires de divulgation des biens et services écosystémiques en tourisme durable, et les effets des changements climatiques sur l'accès aux sports de glisse.

## **3.4 ANALYSE ÉCONOMIQUE DES IMPACTS OBSERVÉS SUR LE SECTEUR : ANALYSE DE RÉGRESSION**

### **3.4.1 Méthodologie**

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. Ainsi, douze variables économiques ont fait l'objet d'une régression linéaire univariée sur trois variables climatiques et douze régions. Les données climatiques sont des moyennes spatiales des régions administratives, alors que les données économiques représentent l'agrégation des stations dans les régions touristiques. Une correction appropriée a été apportée pour la région Montérégie-Cantons-de-L'Est étant donné l'agrégation des données financières. Les relations statistiques entre les variables économiques et les variables climatiques ont été testées à l'échelle de chaque région. La formulation générale s'exprime ainsi :

$$Y = \beta X + \epsilon, \forall \rho$$

Où :

$Y$  = variables économiques (12)

$X$  = variables climatiques (3)

$\rho$  = régions administratives (12)

L'échantillon des données climatiques et économiques s'étend de 1998 à 2021.

Ouranos a fourni les indicateurs climatiques calculés à partir de la série de données ERA5-Land. Les trois variables climatiques sélectionnées, pour lesquelles des données sont disponibles, sont :

1. Nombre annuel de jours de gel-dégel pour les saisons de ski
2. Total hivernal des précipitations liquides (mm)
3. Moyenne annuelle des températures pour les saisons de ski

Les saisons de ski sont définies de manière temporelle pour les mois de novembre à mars. Il est à noter que la variance des températures est captée par le nombre d'événements gel-dégel.

Tel qu'indiquées à la section 1.2.2 Paramètres économiques, les données économiques sur les stations de ski québécoises proviennent d'une base de données du professeur émérite en tourisme, Michel Archambault de l'ESG UQAM (2005-2021), laquelle a été complétée par les rapports annuels « Étude économique et financière des stations de ski du Québec » pour les années 1998-2004.

Les variables économiques ont été ajustées pour tenir compte de l'inflation. Les variables climatiques de même que les variables économiques ont été log-linéarisées afin de réduire leur variance aux fins de l'analyse de régression. Ainsi, ce sont les variations en pourcentage (%) de chaque variable qui ont été régressées, et non les variables en valeur absolue. Ceci permet de comparer des régions qui connaissent une forte activité de ski avec des régions qui comptent peu de stations.

Pour les investissements, les relations avec les variables climatiques ont été testées pour l'année en cours ainsi que pour les investissements réalisés l'année suivant l'observation des aléas climatiques.

### 3.4.2 Résultats

Une relation entre une variable climatique et une variable économique a été considérée statistiquement significative lorsque :

1. elle présente une statistique supérieure à 1,3 en valeur absolue, dans au moins 25 % des régions étudiées;
2. le signe des relations statistiques dont la statistique est supérieure à 1,3 en valeur absolue est cohérent avec le signe attendu d'après la littérature.

Les résultats des régressions pour les dix relations statistiquement significatives trouvées sont présentés dans les tableaux suivants. Pour le nombre de jours de gel-dégel, des relations statistiquement significatives ont été trouvées avec les investissements dans les bâtiments, les investissements totaux, les jours d'exploitation et le nombre d'employés.es.

Des relations similaires ont été trouvées pour les précipitations liquides totales. Les investissements en bâtiments, les investissements totaux et les jours d'exploitation sont liés statistiquement aux précipitations liquides totales, de même que le nombre de jours-ski.

Quant à la température moyenne, une relation statistiquement significative a été trouvée avec les jours d'exploitation.

**Tableau 18 : Nombre de jours de gel-dégel**

Régions administratives	Nombre de jours de gel-dégel													
	Qc	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	14	15	
Investissements bâtiments	x		x	x	2,8610* (1,36)	x	2,4620* (1,53)	x		4,58* (1,69)	x	x	x	
Investissements totaux	x		2,4886** (1,86)	x	4,2876*** (2,22)	x	x	x		2,8882* (1,63)	x	x	x	
Jours d'exploitation	-0,1758** (-2,05)	x	x	-0,1400* (-1,61)	-0,2758* (-1,34)	-0,3481*** (-2,73)	-0,2954*** (-3,06)	-0,3317* (-1,71)	-0,4373*** (-3,22)	x	x	x	-0,2141*** (-2,64)	
Employés	x			0,4567* (1,42)		1,0263* (1,40)	1,2267* (1,44)				x	0,8944* (1,63)	x	

**Tableau 19 : Précipitations liquides totales**

Régions administratives	Précipitations liquides totales													
	Qc	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	14	15	
Investissements bâtiments	x		x	x	2,7213* (1,51)	3,9776*** (3,22)	x	x		x	5,0862*** (2,49)	x	x	
Investissements totaux	x		2,8350** (1,88)	x	3,6334*** (2,30)	1,5900** (1,78)	1,5098** (2,01)	x		x	2,7022** (2,15)	x	x	
Jours d'exploitation	-0,1691** (-1,85)	x	-0,1987* (-1,49)	-0,1785** (-1,94)	-0,3829*** (-2,59)	-0,1315* (-1,49)	0,2335*** (-3,68)	x	-0,3219** (-1,97)	x	x	-0,1107* (-1,41)	0,1639*** (-2,70)	
Jours-ski	-0,1522** (-2,04)	-0,4265* (-1,55)	-0,3863** (-1,82)	-0,1469* (-1,31)	x	-0,1606* (-1,60)	x	x	-0,5321* (-1,70)	x	-0,3646* (-1,50)	x	-0,1154* (-1,63)	

**Tableau 20 : Température moyenne**

Régions administratives	Température moyenne													
	Qc	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	14	15	
Jours d'exploitation	-8,7909*** (-2,97)	-9,5714** (-2,13)	-10,0541* (-1,66)	-9,2343*** (-3,08)	-15,7421*** (-2,95)	-12,4127*** (-4,54)	-9,9068*** (-3,88)	-11,4291** (-1,84)	-22,9351*** (-3,28)	x	x	-5,4920* (-1,54)	-4,8342* (-1,61)	

\*\*\* :  $t \geq |2,2|$ ; \*\* :  $|1,8| \leq t < |2,2|$ ; \* :  $|1,3| \leq t < |1,8|$ ; x :  $t < |1,3|$ . Statistique-t entre parenthèses.

## Discussion

La relation positive trouvée entre les deux premiers aléas climatiques (jours de gel-dégel, précipitations liquides) et les investissements correspond à l'état des connaissances tel que représenté dans la littérature. En effet, selon Berard-Chenu et al. (2020), les investissements faits dans les canons à neige par les stations des Alpes françaises sont fortement liés négativement aux conditions de neige de l'année précédente. En d'autres termes, les investissements dans les canons à neige sont liés positivement aux aléas climatiques qui dégradent les conditions de neige.

Concernant les jours d'exploitation, la relation négative établie avec les jours de gel-dégel et les précipitations liquides fait écho aux travaux de Dawson et al. (2009) ainsi que de Rutty et al. (2017). Dawson et al. (2009) ont évalué à 3,4% la réduction de la saison de ski dans un scénario d'émissions moyennes, et à 11% dans un scénario d'émissions élevées. Rutty et al. (2017), pour leur part, ont évalué cette réduction à 17% dans le scénario d'émissions élevées (les résultats pour le scénario d'émissions moyennes ne sont pas disponibles).

Il faut cependant rappeler que dans le cas de la relation trouvée entre la température moyenne et les jours d'exploitation, celle-ci doit être interprétée avec circonspection. En effet, Malasevska

et al. (2017) a montré que la relation entre température et achalandage n'est pas linéaire ; sous les -9,5 °C environ, cette relation est positive, alors qu'au-delà de -9,5 °C, elle devient plutôt négative. Il est logique de penser que cette non-linéarité s'applique aussi aux jours d'exploitation.

Dawson et al. (2009) et Scott et al. (2007) ont identifié une réduction de l'achalandage allant de 4% à 11% dans un scénario d'émissions moyennes, ce qui correspond à la relation négative trouvée entre les jours-ski et les précipitations liquides.

L'extrapolation des coefficients de régression trouvés aux périodes temporelles futures selon des scénarios climatiques différenciés est présentée au chapitre 5. Une comparaison entre les coefficients trouvés et ceux présentés dans la littérature est présentée à ce chapitre.

En résumé, à partir des données historiques de Archambault, cette analyse de l'interaction climat-économie a permis d'identifier des relations statistiquement significatives à l'échelle du système ski alpin pour chacun des aléas selon les relations suivantes (Tableau 21)

**Tableau 21 : Résumé de l'analyse de l'interaction climat-économie**

Aléas (nov-mars)	Variables économiques statistiquement significatives selon l'aléa durant la période de référence (historique)		
	Revenus	Investissements	Employés
Température moyenne	(-) jours d'exploitation		
Nombre de jours gel-dégel	(-) jours d'exploitation	(+) investissements dans les bâtiments (+) investissements totaux	(+) nombre d'employés.e s
Précipitations liquides totales (nov-mars)	(-) nombre de jours-ski (-) jours d'exploitation	(+) investissements en bâtiments (+) investissements totaux	

Ainsi, durant la période historique, les changements climatiques semblent avoir déjà eu les répercussions suivantes sur l'économie des stations :

- 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).

### 3.5 IMPACTS ÉCONOMIQUES PROJETÉS

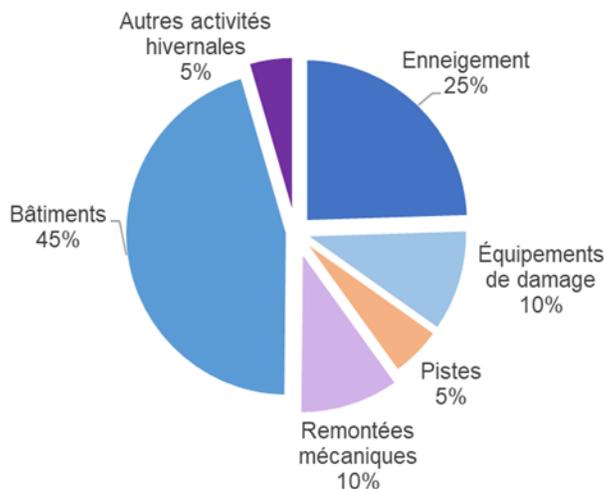
Suivant la méthodologie de l'analyse de régression décrite dans la section 3.4, cette section présente les impacts projetés des changements climatiques sur le secteur québécois du ski alpin au cours du 21<sup>e</sup> siècle. En particulier, les quatre variables évaluées sont les investissements des

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 des composantes de la **catégorie d'éléments exposés « économiques »** à l'échelle des stations, celle-ci inclut : la 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 (p. Ex. restauration, hôtellerie, etc.), la gouvernance et les relations avec les ATR, ATS, MTO, MRC, DEC et autres ministères.

### 3.5.1 Investissements

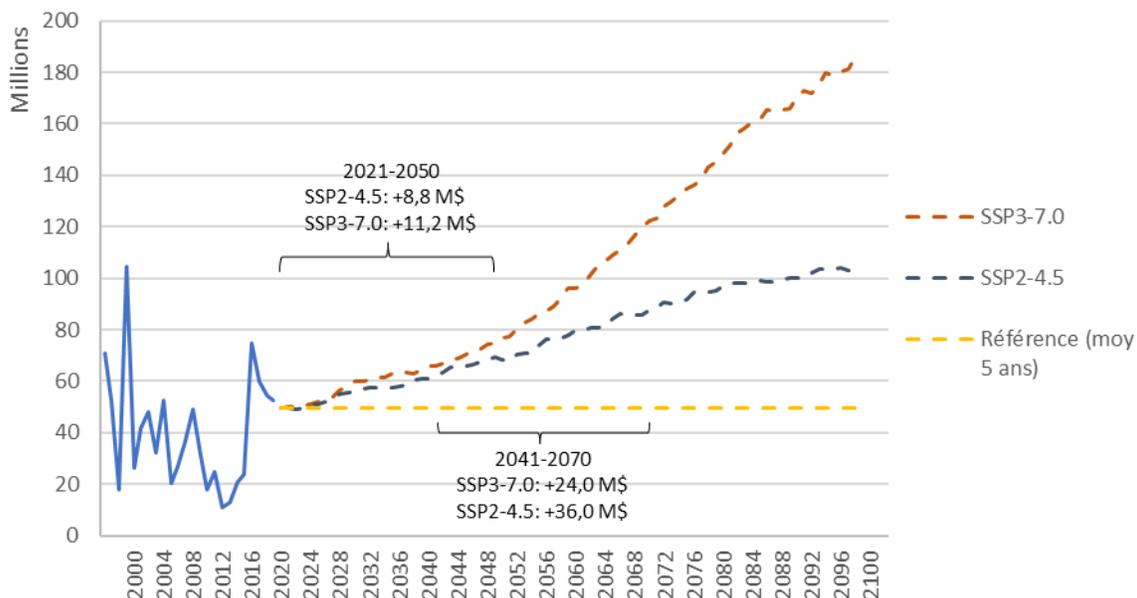
D'après les données récoltées par le professeur Michel Archambault de l'UQAM, les stations de ski québécoises investissent collectivement en moyenne 49,8 millions de dollars par année en immobilisations (Archambault, 2022). Ceci comprend les investissements en bâtiments, en équipement d'enneigement, en équipements de damage, en aménagement des pistes et en installations pour la pratique d'autres activités hivernales (Figure 34). Il est à noter que certaines de ces infrastructures, notamment les bâtiments et les remontées mécaniques, peuvent aussi servir aux activités estivales.



**Figure 34 : Répartition des investissements en immobilisations des stations de ski québécoises, 2021-2022**

Tel que discuté précédemment dans ce chapitre, l'analyse économétrique effectuée sur les années 1998 à 2021 a révélé des liens statistiques entre les investissements des stations et deux des trois indicateurs climatiques à l'étude, soit la quantité de précipitations liquides hivernales et le nombre de jours de gel-dégel. En d'autres mots, depuis 1998, soit le début de la série de données disponibles, les stations de ski ont augmenté leur niveau d'investissement de façon proportionnelle à l'augmentation des quantités de précipitations liquides hivernales et des jours de gel-dégel.

En appliquant les coefficients estimés aux projections de ces aléas climatiques dans le futur, nous obtenons une estimation de la trajectoire d'investissements probables d'ici la fin du siècle, **en posant l'hypothèse d'un maintien des tendances actuelles d'investissements**. La trajectoire d'investissements estimée représente donc ce qu'il en coûterait pour maintenir les activités hivernales actuelles (Figure 35).



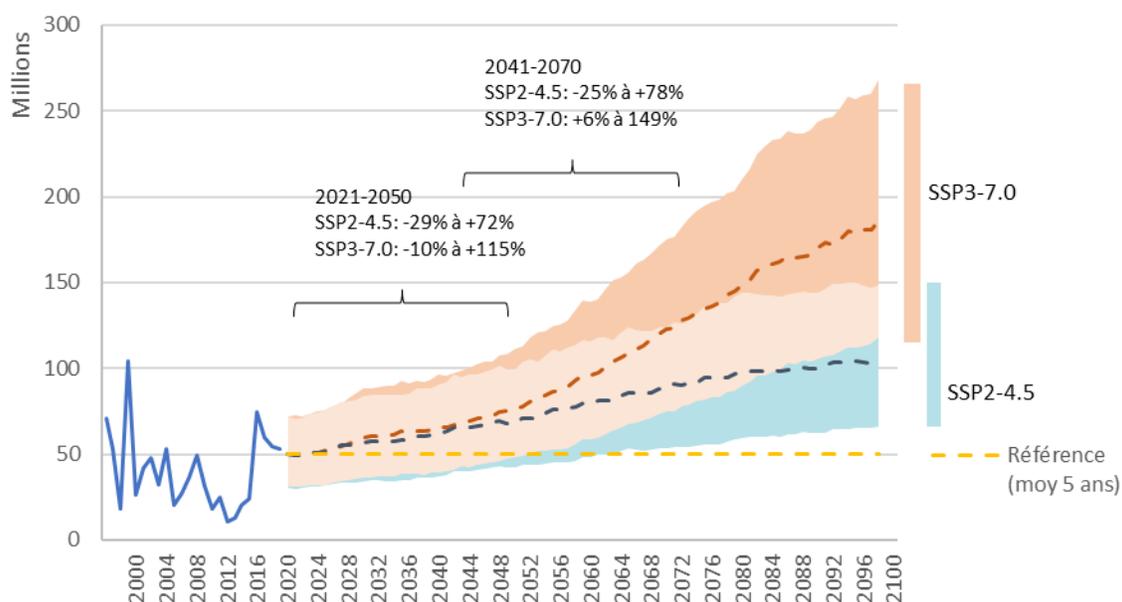
**Figure 35 : Projections d'investissements des stations de ski pour maintenir les activités hivernales actuelles, Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022)**

Considérant l'augmentation prévue des quantités de précipitations liquides et des jours de gel-dégel d'ici la fin du siècle, une augmentation des investissements en immobilisations est à prévoir par rapport au scénario de référence, soit la moyenne des cinq dernières années (2018-2021).

Comme l'illustre la Figure 35, selon le scénario d'émissions moyennes (SSP2-4.5), pour maintenir leurs activités telles quelles et compte tenu des mesures d'adaptation actuelles, les stations devront investir collectivement 8,8 M\$ de plus par année en moyenne sur la période 2021-2050, et 24,0 M\$ de plus par année sur la période 2041-2070, des augmentations respectives de 18 % et 48 %.

Dans le scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0), les investissements nécessaires pourraient augmenter de 11,2 M\$ par année sur la période 2021-2050, et de 36,0 M\$ par année sur la période 2041-2070, soit des augmentations de 23 % et 72 %. D'ici 2050, le scénario SSP3-7.0 et SSP2-4.5 sont peu différenciés au niveau des paramètres climatiques, c'est pour cette raison que les investissements suivent une trajectoire similaire.

Pour chaque aléa climatique, les modèles climatiques développés par Ouranos présentent des intervalles de confiance de 10% et 90%. En appliquant ces intervalles de confiance aux investissements, on trouve que ces derniers pourraient varier, d'ici 2041-2070, de -25 % (-12,4 M\$) à +78 % (+39,1 M\$) par année dans le scénario d'émissions modérées, et de +6 % (+2,8 M\$) à +149 % (+74,2 M\$) par année dans le scénario d'émissions élevées (Figure 36).



**Figure 36 : Investissements nécessaires pour maintenir les activités de ski, intervalles de confiance de 10 % et 90 %, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022)**

**Tableau 22 : Données sur les investissements nécessaires pour maintenir les activités de ski, intervalles de confiance de 10 % et 90 %, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (\$2022)**

		Référence	2021-2050			2041-2070		
			P10	P50	P90	P10	P50	P90
SSP2-4.5	M\$	49,8	35,5	58,6	85,5	37,4	61,0	88,9
	% réf.	-	-29%	+18%	+72%	-25%	+23%	+78%
SSP3-7.0	M\$	49,8	45,0	73,8	107,2	52,6	85,8	124,0
	% réf.	-	-10%	+48%	+115%	+6%	+72%	+149%

L'Estrie et les Laurentides sont les deux régions qui devront investir le plus pour maintenir leurs activités, avec des investissements supplémentaires variant de 2,0 millions de dollars à 9,0 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 23).<sup>10</sup> 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.

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.

---

<sup>10</sup> 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 23 : Investissements annuels moyens des stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par région, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (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.

En observant les résultats par groupes climatiques (Tableau 24), les groupes 1 et 2, qui comprennent l'Estrie (Groupe 1) et les Laurentides (Groupe 2) sont ceux où l'on envisage les investissements les plus importants.<sup>11</sup> Il est à noter que dans les régions qui ont engagé des investissements importants dans les dernières années, ces estimations de besoins en investissements pourraient être surévaluées, alors qu'à l'inverse, les régions où l'on a connu un sous-investissement, les besoins pourraient être sous-évalués.

**Tableau 24 : Investissements annuels moyens par groupes de régions nécessaires pour maintenir les activités actuelles, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (milliers \$2022)**

		Groupe 1 Sud- Ouest	Groupe 2 Nord- Ouest	Groupe 3 Nord-Est	Groupe 4 Sud-Est
Référence		21 900	25 000	3 500	600
2021- 2050	SSP2-4.5	+2 300	+2 300	+400	+100
	SSP3-7.0	+4 600	+4 400	+900	+200
2041- 2070	SSP2-4.5	+5 400	+5 400	+1 000	+200
	SSP3-7.0	+10 900	+10 400	+2 100	+400

Légende :  ≥ 5 000 ;  5 000 > ;  ≥ 1 000 ;  < 1 000.

Les résultats actualisés selon des taux d'actualisation de 1,5 %, 2 % et 2,5 % sont présentés à l'Annexe XIII.

Les augmentations prévues des investissements indiquent que les stations de ski devront absorber des coûts grandissants pour maintenir leurs activités. 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 selon les données colligées par le professeur Michel Archambault (2022), il est à prévoir que les défis de diversification de revenus pour maintenir les activités des stations iront en s'accroissant.

### 3.5.2 Jours d'exploitation

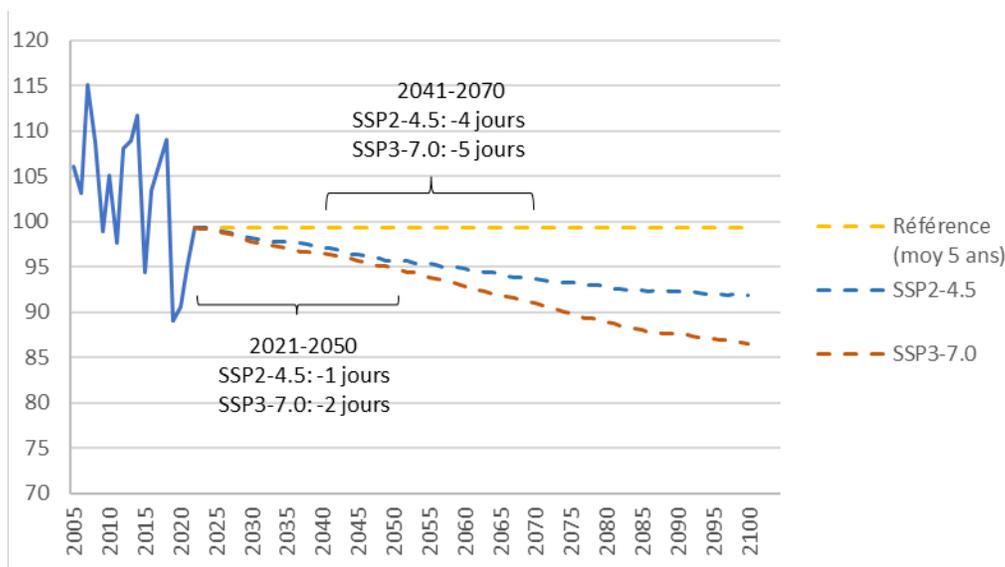
Le nombre de jours d'exploitation des stations de ski est un indicateur clé de rentabilité, en particulier lorsqu'il est question de l'ouverture pendant la période des Fêtes et la relâche scolaire (Scott et al. 2007). La littérature identifie un seuil de 100 jours d'exploitation en-deçà duquel la rentabilité des stations de ski pourrait être compromise (Da Silva et al. 2019, Knowles et al. 2023, Pons et al. 2015). Il est à noter que le seuil des 100 jours établi dans la littérature n'est pas toujours vérifié, car certaines stations ont développé des modèles d'affaires leur permettant de maintenir leur rentabilité même avec une saison en deçà de ce seuil, comme on peut le voir au Québec. D'après Abegg et al. (2021), la règle des 100 jours ne saurait constituer un indicateur économique robuste, puisque le succès économique dépend avant tout d'un couvert neigeux suffisant aux moments clé, et de météo clémente les fins de semaine, notamment. En dépit de ces critiques, cet indicateur demeure régulièrement utilisé dans la littérature.

<sup>11</sup> Groupe 1 : Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Montérégie, Montréal, Laval; Groupe 2 : Capitale-Nationale, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Mauricie; Groupe 3 : Jamésie-Sud Est, Saguenay-Lac-Saint-Jean, Côte-Nord, Abitibi-Témiscamingue; Groupe 4 : Bas-Saint-Laurent, Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine.

Au Québec, les stations de ski opèrent en moyenne 99 jours par saison d'après les données fournies par le professeur Michel Archambault. Certaines régions connaissent des saisons plus longues, avec l'Outaouais en tête de lice à 105 jours, suivie de la Capitale-Nationale, de l'Estrie et des Laurentides à 104 jours chacune. À l'opposé, c'est en Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine que l'on observe la saison la plus courte, à 48 jours d'exploitation par année.

L'analyse de régression a montré des relations statistiquement significatives entre le nombre de jours d'exploitation et les trois aléas climatiques analysés, soit les quantités de précipitations liquides, la température moyenne et les jours de gel-dégel. En tenant compte de l'intensification prévue de ces trois aléas climatiques, dans les deux scénarios d'émissions, une réduction à venir de la durée des saisons de ski paraît inévitable.

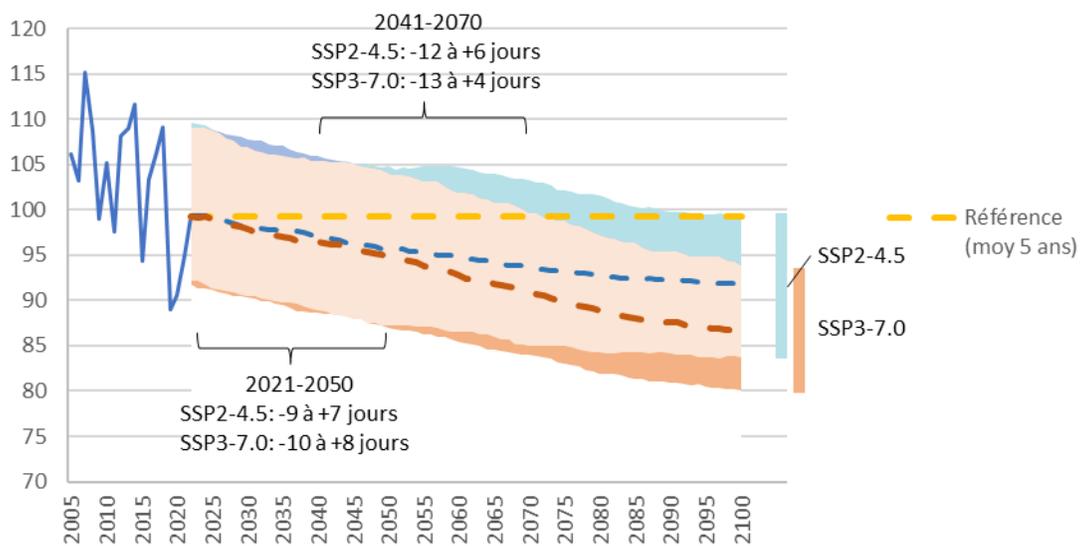
Selon le scénario d'émissions moyennes (SSP2-4.5), il est prévu que les jours d'exploitation passent de 99 en moyenne à 98 sur la période 2021-2050 et à 95 sur la période 2041-2070. Dans le scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0), les jours d'exploitation diminuent à 97 sur la période 2021-2050 et à 94 sur la période 2041-2070 (Figure 37). Comme c'est le cas pour les investissements, les impacts continuent de s'accroître d'ici la fin du siècle.



**Figure 37 : Projections du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

Bien que ces diminutions prévues puissent sembler faibles, des changements somme toute mineurs pourraient faire passer le bilan financier de certaines stations en territoire déficitaire, alors que les jours d'exploitation continuent de diminuer.

En tenant compte de l'incertitude inhérente aux projections climatiques, les jours d'exploitation pourraient, dans le scénario d'émissions modérées et selon l'échelle la plus favorable de l'intervalle de confiance de 90 %, demeurer stables ou même augmenter légèrement à l'horizon 2071-2100. Toutefois, les saisons de ski pourraient aussi diminuer à 82 jours en moyenne dans le scénario d'émissions élevées et l'intervalle de confiance le plus défavorable (Figure 38 et Tableau 25).



**Figure 38 : Intervalles de confiance du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

**Tableau 25 : Données pour les intervalles de confiance du nombre de jours d'exploitation des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

		Référénc e	2021-2050			2041-2070		
			P10	P50	P90	P10	P50	P90
SSP2-4.5	Jours	99	106	98	90	105	95	87
	% réf.	-	7%	-2%	-10%	5%	-4%	-12%
SSP3-7.0	Jours	99	107	97	89	103	94	86
	% réf.	-	7%	-2%	-10%	4%	-6%	-13%

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 26).

Tableau 26 : 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-IdlM
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

Du côté des quatre groupes régionaux, le Groupe 2, qui inclut l'Outaouais, la Capitale-Nationale, les Laurentides, Lanaudière et la Mauricie, s'en tire le mieux avec au moins 100 jours d'exploitation d'ici 2021-2050, mais uniquement dans le scénario d'émissions modérées. Les autres groupes sont tous déjà sous les 100 jours dans la référence, et perdront d'autres jours d'exploitation au cours des prochaines décennies (Tableau 27). Il est à noter que les moyennes de jours d'exploitation des groupes régionaux sont pondérées en fonction de l'achalandage, donnant plus de poids aux régions comportant une forte activité de ski.

**Tableau 27 : Jours d'exploitation des stations de ski, groupes régionaux, SSP2-4.5 et SSP3-7.0**

		Groupe 1 Sud-Ouest	Groupe 2 Nord-Ouest	Groupe 3 Nord-Est	Groupe 4 Sud-Est
Référence		98	102	70	66
2021-2050	SSP2-4.5	97	101	69	64
	SSP3-7.0	96	99	68	63
2041-2070	SSP2-4.5	95	98	67	63
	SSP3-7.0	92	95	64	60

Légende :  ≥ 100 ; 100 >  ≥ 80 ; 80 >  ≥ 60.

**Les projections climatiques et économiques pour les États-Unis** (Scott & Steiger, 2024)

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 réduite 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'industrie du ski atteindraient 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 le Nord-Est américain sont à prendre avec précaution, car les modèles utilisés pour projeter les impacts sont différents.

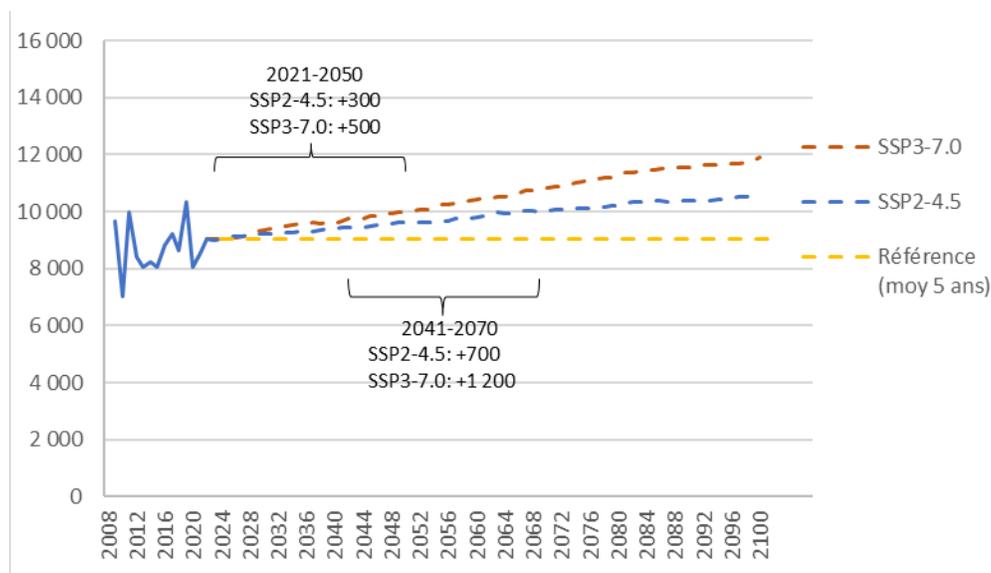
### 3.5.3 Nombre d'employés

Autre variable d'importance pour les stations de ski, en particulier dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre : le nombre d'employés. Les stations de ski québécoises peuvent compter sur

9 000 salariés en moyenne en équivalent temps plein pour assurer leurs opérations, dont 4 000 travaillent dans les stations de ski des Laurentides et 2 500 en Estrie.<sup>12</sup>

Une grande variabilité climatique complique la tâche d'entretien des pistes et nécessite davantage d'employés-es pour maintenir les conditions de ski à un niveau acceptable. Ceci est corroboré par une relation statistiquement significative trouvée entre les jours de gel-dégel qu'ont connu les stations de ski au cours des années antérieures et le nombre d'employés-es.

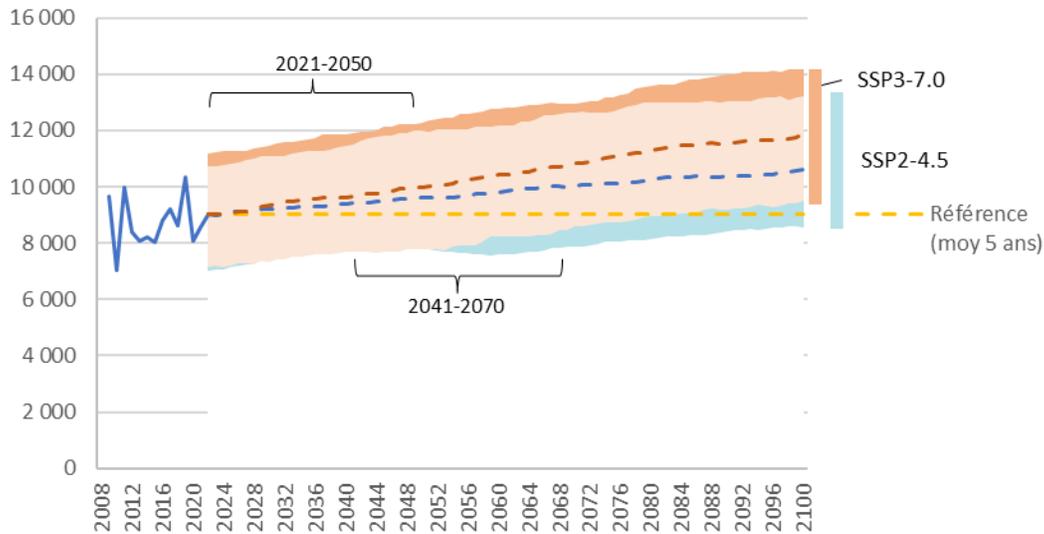
Cette relation permet d'estimer que, compte tenu de l'augmentation prévue des jours de gel-dégel, le nombre d'employés des stations pourrait augmenter de 300 à l'horizon 2021-2050 et de 700 à l'horizon 2041-2070 dans le scénario d'émissions modérées. Dans le scénario d'émissions élevées, l'augmentation prévue est de l'ordre de 500 sur la période 2021-2050 et de 1 200 d'ici 2041-2070 (Figure 39).



**Figure 39 : Projections du nombre d'employés des stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

La prise en compte de l'incertitude montre que le nombre d'employés nécessaires pourrait, dans le meilleur des cas, selon un intervalle de confiance de 90%, diminuer de 15 % à l'horizon 2041-2070. À l'inverse, l'augmentation pourrait s'élever à 3 000 ou même 3 500 employés additionnels dans le pire des cas, une augmentation de près de 40 % de la main-d'œuvre (Figure 40).

<sup>12</sup> Un autre rapport préparé par la firme Raymond Chabot Grant Thornton pour le compte de l'Association des stations de ski du Québec évalue à un peu plus de 9 600 le nombre d'emplois directs générés par les investissements des stations et les dépenses des touristes (RCGT, 2021). Cette différence mineure s'explique par une méthodologie différente. Alors que les données brutes d'emplois ont été recueillies par sondage auprès des stations, les données d'emplois présentées par RCGT sont des estimations générées par un modèle d'impact économique à partir des sommes investies et dépensées.



**Figure 40 : Intervalles de confiance du nombre d'employés des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

**Tableau 28 : Données des intervalles de confiance du nombre d'employés des stations de ski du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100**

		Référénc e	2021-2050			2041-2070		
			P10	P50	P90	P10	P50	P90
SSP2-4.5	Employé- es	9 000	7 500	9 300	11 300	7 700	9 700	12 100
	% réf.	-	-17%	3%	26%	-15%	8%	34%
SSP3-7.0	Employé- es	9 000	7 400	9 500	11 700	8 000	10 200	12 500
	% réf.	-	-18%	6%	30%	-12%	13%	39%

L'Estrie et les Laurentides sont les deux régions qui devront augmenter le plus leur force de travail si elles veulent maintenir leurs activités, avec entre 70 et 510 employés supplémentaires selon les périodes et les scénarios (

Tableau 29).

**Tableau 29 : Employés de stations de ski nécessaires pour maintenir les activités actuelles, par région, SSP2-4.5 et SSP3-7.0**

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

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

Les données disponibles ne couvrent pas suffisamment de régions pour permettre la présentation de résultats par groupes de régions.

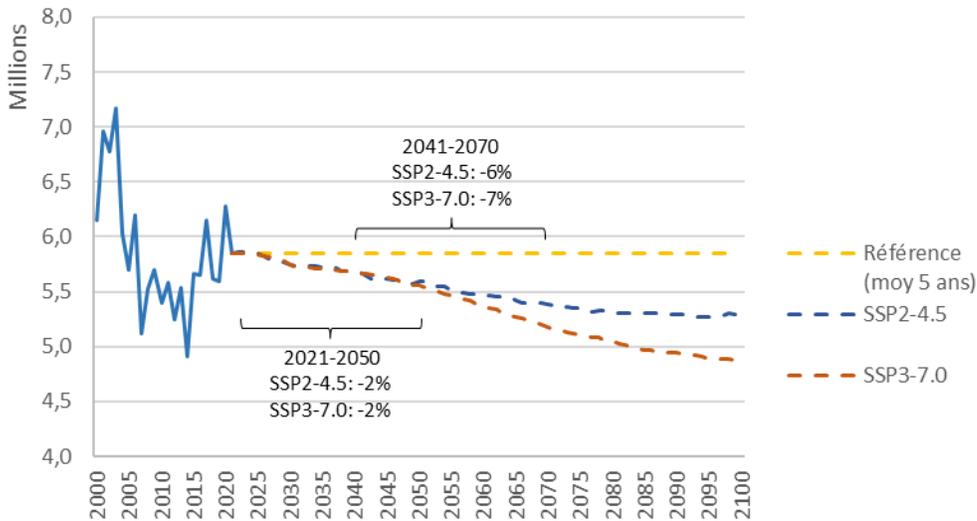
### 3.5.4 Achalandage

L'achalandage des stations de ski du Québec s'élève à 6 millions de jours-ski par année, soit le nombre de d'entrées dans les stations de ski, peu importe le type de billet. Depuis un pic à plus de 7,2 millions de jours-ski observé au milieu des années 2000 (record de neige naturelle), l'achalandage des stations de ski a chuté dix ans plus tard jusqu'à 5,2 millions (année El Niño), avant de se stabiliser au niveau que l'on connaît aujourd'hui.

Les changements climatiques ont des répercussions complexes sur l'achalandage. D'une part, les aléas climatiques défavorables entraînent un impact direct négatif sur le nombre de jours-ski. Or, dans une perspective interprovinciale et internationale, il est de plus en plus documenté que certaines régions de ski voisines comme la Nouvelle-Angleterre et l'Ontario subiront davantage les effets des changements climatiques que le Québec. Ainsi, l'augmentation des températures peut avoir un impact indirect positif, les stations québécoises tirant profit d'un achalandage accru provenant des régions limitrophes (Knowles et al. 2023).

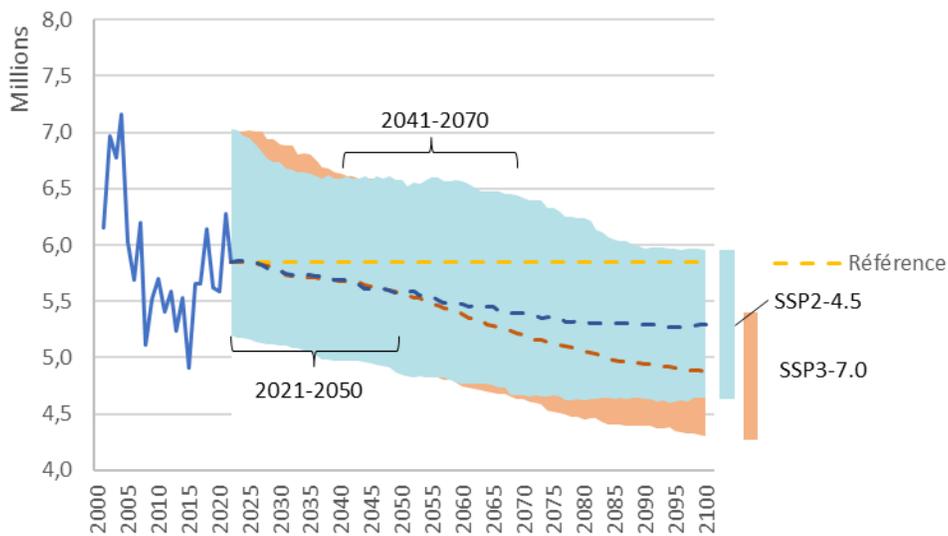
L'effet combiné de ces deux phénomènes n'est toutefois pas à somme nulle, comme en témoigne l'analyse de régression effectuée, qui suggère une relation ultimement négative entre l'augmentation des quantités de précipitations liquides et le nombre de jours-ski depuis 1998.

Ainsi, dans le scénario d'émissions moyennes, l'achalandage pourrait diminuer de 2 % entre 2021 et 2050 et de 6 % entre 2041 et 2070. Dans le scénario d'émissions élevées, la baisse d'achalandage serait similaire d'ici 2070, mais pourrait atteindre 15 % d'ici la fin du siècle (Figure 41). Ces baisses d'achalandage, somme toute modestes, supposent que les stations engagent effectivement les investissements nécessaires, qui iront en augmentant, pour maintenir leurs activités à un niveau comparable à celui offert actuellement.



**Figure 41 : Projections de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski)**

En tenant compte de l'incertitude, l'achalandage pourrait, dans le meilleur des cas (limite supérieure de l'intervalle de confiance à 90 %), demeurer stable d'ici la fin du siècle mais pourrait également connaître une baisse de plus 25 %, malgré les investissements additionnels engagés (Figure 42 et Tableau 30).



**Figure 42 : Intervalles de confiance de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski)**

**Tableau 30 : Données des intervalles de confiance de l'achalandage dans les stations de ski du Québec, scénarios climatiques SSP2-4.5 et SSP3-7.0, 1998-2100 (jours-ski)**

		Référé nce	2021-2050			2041-2070		
			P10	P50	P90	P10	P50	P90
SSP2- 4.5	Jours-ski (M)	5,8	6,7	5,7	4,9	6,5	5,5	4,8
	% réf.	-	14%	-2%	-15%	12%	-6%	-18%
SSP3- 7.0	Jours-ski (M)	5,8	6,8	5,7	5,0	6,4	5,5	4,8
	% réf.	-	16%	-2%	-14%	9%	-7%	-18%

Toutes proportions gardées, c'est en Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine 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 31).

Tableau 31 : Projection de l'achalandage des stations de ski, régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (%)

		Gaspésie-Idim	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%.

C'est dans le groupe 3, qui inclut la Côte-Nord, et dans le groupe 4, qui inclut la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, que l'on observe les baisses d'achalandage les plus marquées, toutes proportions gardées. Cependant, en valeurs absolues, c'est dans le groupe 2, qui comprend notamment les Laurentides et la Capitale-Nationale, où l'on anticipe la plus grande baisse, avec 92 000 jours-ski de moins par année d'ici 2021-2050 et 214 000 jours-ski de moins d'ici 2041-2070 dans le scénario d'émissions modérées (Tableau 32).

**Tableau 32 : Projection de l'achalandage des stations de ski, groupes de régions du Québec, SSP2-4.5 et SSP3-7.0 (%)**

		Groupe 3 Nord-Est	Groupe 4 Sud-Est	Groupe 2 Nord- Ouest	Groupe 1 Sud-Ouest
Référence (milliers jours-ski)		250	139	3 819	1 663
2021-2050	SSP2-4.5	-2,9 %	-2,7 %	-2,4 %	-2,1 %
	SSP3-7.0	-5,9 %	-5,9 %	-4,8 %	-3,9 %
2041-2070	SSP2-4.5	-6,8 %	-6,8 %	-5,6 %	-4,9 %
	SSP3-7.0	-14,0 %	-13,9 %	-11,4 %	-9,3 %

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

Malgré cela, les grandes stations ont accès à davantage de ressources pour pouvoir s'adapter à ces variations, incluant des efforts marketing pour capter l'achalandage en déclin dans les provinces et États américains limitrophes, ce qui pourrait placer les stations de petite taille dans une situation de plus grande vulnérabilité.

### 3.5.5 Conclusions sur les impacts économiques projetés

**Tableau 33 : 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	- 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) de	- 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	- Épisodes de gel-dégel	Modérées (SSP2-4.5)	↑ 300	↑ 700	Répondre aux défis de main-d'œuvre dans le contexte des changements climatiques nécessitera des efforts de planification stratégique importants.
		Élevées (SSP3-7.0)	↑ 500	↑1 200	

Achalandage	- 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 laisse 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 socio-économique et touristique en région. Le statu quo n'est donc pas une option.

## 3.6 CHAINES D'IMPACTS

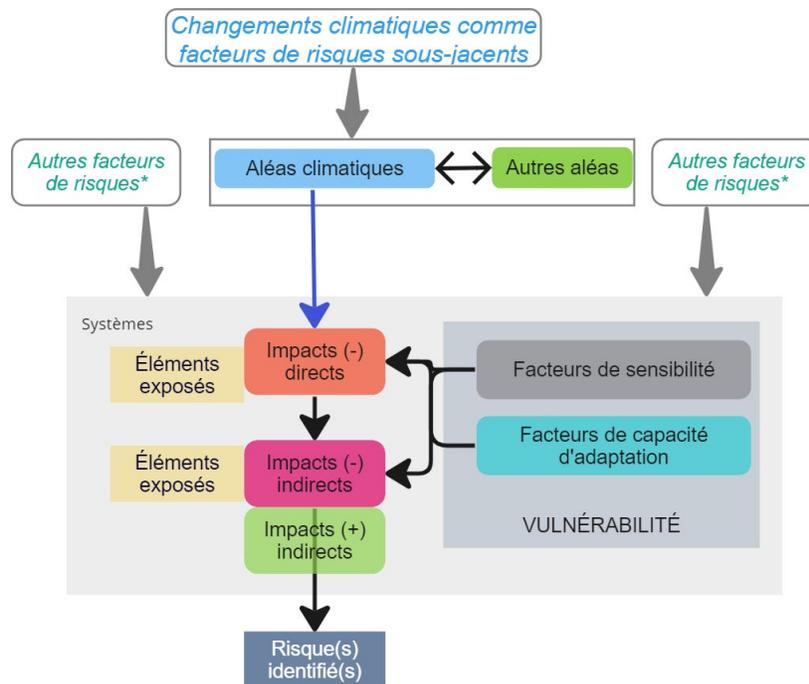
### 3.6.1 Démarche méthodologique des chaînes d'impacts

Selon la norme ISO14091:2021, 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 » (ISO, 2021, p.4). 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.

Le développement de chaînes d'impact se veut un exercice itératif pour refléter au mieux les connaissances et les données disponibles dans un contexte spécifique, et est de préférence élaboré ou validé avec les parties prenantes et des experts en adaptation aux changements climatiques (Estoque et al., 2022).

La Figure 43 présente les composantes d'une chaîne d'impacts simple :

- l'aléa climatique ;
- les impacts directs et indirects de l'aléa climatique ;
- les éléments exposés 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.



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

**Figure 43 : Représentation conceptuelle des différentes composantes d'une chaîne d'impact (inspiré et traduit du Climate Risk Source Book, 2023)**

La démarche méthodologique détaillée ainsi que les chaînes d'impacts sont présentées en annexe à ce rapport (Annexes XI et XII).

### **Limites des chaînes d'impacts**

Les chaînes d'impacts présentent l'éventail des impacts en cascade et les interrelations entre les différentes échelles du système ski alpin pour chaque aléa et permettent d'avoir une vision d'ensemble de comment les changements climatiques se propagent sur le système ski alpin. Cependant, cet exercice présente un certain nombre de limites :

- Les chaînes d'impacts ont été développées selon les connaissances disponibles dans la littérature et à partir des échanges avec les stations et sont générales pour le système ski alpin, sans distinguer les impacts par région ou par taille / modèle d'affaires des stations. Cet exercice se veut un moyen de visualiser les relations de cause à effet et les facteurs de sensibilité potentiels face à chaque aléa afin que les stations se posent ensuite les bonnes questions.
- La représentation est faite par aléa individuellement et ne montre pas comment les aléas, s'ils étaient cumulés, pourraient engendrer des risques complexes.
- La question de temporalité dans la saison de ski (novembre à mars) n'est pas prise en compte dans les chaînes d'impacts : certains de ces aléas sont déterminants à certains moments clés de la saison. Par exemple, si les températures sont plus chaudes à l'automne, elles ne permettent pas de fabriquer de la neige pour préparer la saison. Si en plus, la neige naturelle tarde à tomber à l'automne, le début de saison et la période de Noël, période clé pour les stations, risquent d'être compromis.
- Enfin, il faut reconnaître les défis d'appropriation rencontrés lors de la réflexion et schématisation des chaînes d'impacts, conformément à ce qui est documenté dans les écrits scientifiques (Estoque et al., 2022). D'un côté, le concept de sensibilité s'est avéré difficile à rendre tangible pour les usagers, qui ont plus de facilité et de motivation à parler de capacité et solutions d'adaptation. D'un autre côté, le nombre de dimensions à considérer et la complexité des chaînes d'impacts rendent une forme de représentation visuelle à laquelle n'adhèrent pas facilement tous les types d'apprenants.

## **3.6.2 Synthèse des chaînes d'impacts**

Les chaînes d'impacts sont présentées en Annexes XI et XII de ce rapport. 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 44** et **Figure 45** 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 <b>en bleu et en gras</b> 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	Impacts sur les stations					
	Infrastructures & aménagements	- <b>Détérioration des pistes et conditions de glisse</b> + 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	●	●	●	●
	Comportement social et culturel	- <b>Dommages causés au bâti, remontées mécaniques, réseaux d'alimentation Hydro-Québec, autres infrastructures; et sur l'accès vers la station</b>	●	●	●	●
		- Vieillesse accélérée des infrastructures et équipements	●	●	●	●
- Risque de blessure / accident pour les travailleurs et de la clientèle ; Hausse des dommages sur les équipements des skieurs ; Confort des skieurs diminué		●	●	●	●	
- <b>Effet "cour arrière" pour la clientèle et l'imaginaire du ski</b> (composition et comportement d'achat)		●	●	●	●	
Éléments économiques	- 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	●	●	●	●	
	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 44 : 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 (Figure 52). L'effet dit « cour arrière » ou « pelouse brune »<sup>13</sup> 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 concentration ou 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

---

<sup>13</sup> 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.

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.

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).

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

Les **éléments exposés à l'échelle du secteur** 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 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 nanti.

#### **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 touchés 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 réservent un voyage à l'avance et auront plus tendance à faire autre chose sur place s'ils ne skient pas.

En résumé, à partir de la priorisation des préoccupations par les stations participantes 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 aléas. Elles se basent sur les impacts directs et indirects des quatre catégories principales d'éléments exposés, et expriment les impacts aux différentes échelles du système, soit les stations et le secteur. Cette compréhension avancée reste théorique, mais s'appuie notamment sur des discussions avec les stations pour les aléas prioritaires (Atelier 2 – Annexe IX), et permet de formuler la diversité des risques auxquels le système ski alpin fait face. Ultimement, ces chaînes constituent le squelette pour le prochain chapitre, qui visera à nommer les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation qui contribuent à la vulnérabilité du système, afin de dégager les besoins de renforcement de la résilience.

# 4. CHAPITRE 4 : LES FACTEURS DE SENSIBILITÉ ET DE CAPACITÉ D'ADAPTATION DU SYSTÈME SKI ALPIN FACE AUX ALÉAS CLIMATIQUES

Les résultats présentés dans ce chapitre concernent les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation et reposent principalement sur des entretiens individuels réalisés auprès de représentants des stations de ski. Le corpus regroupe la contribution de 27 participant-es représentant 25 stations au cours de 21 entretiens d'une durée comprise entre 34 minutes et 98 minutes, pour une moyenne de 62 minutes par entretien. Les entretiens ont pour la plupart eu lieu virtuellement, une seule a eu lieu sur le terrain, à la station. Ils ont été tenus entre le mois de décembre 2023 et le mois de février 2024.

Les verbatims des enregistrements des entretiens ont été transcrits, puis codés et analysés à l'aide du logiciel NVivo. Une analyse thématique (Paillé et Muchielli, 2021) a permis de faire ressortir les principaux facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation des stations de ski face aux changements climatiques. Ceux-ci ont été analysés sur la base d'un tableau d'indicateurs de sensibilité et de capacité d'adaptation (voir Annexe XIV), tableau développé conformément aux recommandations de la norme ISO 14091:2021. Afin de réduire l'emphase sur les cas individuels, les stations sont anonymisées et cotées selon un code à lettres.

## 4.1 LES FACTEURS DE SENSIBILITÉ DU SYSTÈME SKI

La sensibilité est définie comme la mesure par laquelle un système ou une espèce est touché par les changements climatiques. La sensibilité fait référence « aux caractéristiques intrinsèques d'une entreprise qui affectent le degré des conséquences subies en raison des changements climatiques » (ISO 14091 : 2021). La sensibilité est un peu le contrepoint ou le revers de la médaille de la capacité d'adaptation. Sur la base des entretiens réalisés auprès des stations de ski participantes, la sensibilité se décline en cinq principaux facteurs, aucune n'étant absolument discriminante de manière isolée, mais agissant en interrelation et dans le contexte précis de chaque région ou station. Dans les paragraphes suivants, les facteurs de sensibilité sont expliqués et illustrés à partir d'extraits des entretiens réalisés.

### 4.1.1 Compétitivité régionale

La compétitivité régionale est abordée à l'échelle interrégionale et au sein même des régions (touristiques). Les stations se déclarent un peu en concurrence, que ce soit au sein de la région ou plus largement. Cela dit, les stations conçoivent généralement leur imbrication dans le tissu régional du ski comme complémentaire à l'action des autres stations de la région. Elles se situent également en termes de dynamique interrégionales, les unes par rapport aux autres. La compétitivité de la région est fréquemment abordée en lien avec le sentiment d'être soi-même protégé « on est dans un microclimat », « on reçoit plus de neige », « on est mieux adaptés », etc. En revanche, les stations situées dans les régions plus au sud indiquent se percevoir comme désavantagées et plusieurs stations citent les stations situées au sud comme plus exposées aux changements climatiques qu'elles-mêmes.

*On est une des meilleures stations au Québec au niveau de l'enneigement naturel, ce qui fait en sorte que l'hiver passé par exemple, j'ai été à Montréal, il avait beaucoup neigé en Estrie, mais le lendemain, il pleuvait. Ou, il n'a pas beaucoup neigé dans les Laurentides, mais il y avait beaucoup de variations de température. Fait que la fenêtre où tu avais des belles conditions de ski était très rétrécie, tandis qu'ici c'est presque une garantie assurée que tu vas avoir des belles conditions de ski – Station S.*

*On essaie de ne pas se nuire l'un autre, même si on est compétiteur, on tente d'entretenir de bonnes relations – Station T.*

Le poids des stations à l'échelle locale se fait sentir au niveau de la vie sociale, économique et touristique. Celui-ci est variable selon les contextes, et chaque station semble en prendre bonne mesure en fonction de sa propre réalité, notamment en fonction du poids du tourisme dans la région, et de l'importance du ski dans le tourisme régional. Pour les stations où le phénomène touristique est moins présent, il peut être plus difficile de faire valoir leur contribution, mais l'impact d'une baisse d'achalandage entraîne des répercussions potentiellement moins conséquentes pour la région. L'inverse s'applique pour les stations dont le poids dans le tourisme régional est plus important.

*La station ferme, je pense que la région ferme – Station L.*

*la dynamique dans laquelle nous sommes présentement et s'ils n'interviennent pas, nous risquons de perdre plusieurs belles stations, plusieurs endroits où les gens peuvent se rassembler souvent. C'est en région, en plus, souvent, c'est très éloigné et c'est ce qui permet aux gens de faire du sport et de s'amuser ou même d'amener des touristes, d'amener un certain apport économique – Station F*

## **4.1.2 Les relations avec les partenaires et fournisseurs**

### **4.1.2.1 Les fournisseurs**

La disponibilité des fournisseurs (p. ex. dameuses, remontées, pièces, services, etc.), en lien avec le bris de machinerie par exemple, n'est pas spécifiquement reliée aux changements climatiques, mais plutôt à la répartition actuelle du marché et aux impacts engendrés par la pandémie sur les chaînes d'approvisionnement.

La sensibilité existe néanmoins, et les stations font face à des difficultés diverses. Les fabricants de remontées mécaniques sont de moins en moins nombreux, ce qui accroît la vulnérabilité des stations puisque le choix quant aux fournisseurs devient plus limité. Ceci peut être lié indirectement aux changements climatiques, mais principalement à la structure et l'évolution de ces industries (p. ex. taille limitée du marché québécois pour attirer des fabricants de remontées).

*Au niveau des remontées mécaniques, il reste quatre groupes en Amérique du Nord qui fabriquent des remontées, quand va venir le temps de remplacer la remontée... On a moins de choix qu'on en avait. Est-ce que ça se répercute par une hausse des coûts ? Bien pas nécessairement, je pense que les fournisseurs sont quand même honnêtes sur le prix qu'ils chargent, mais on n'est pas à l'abri d'un abus... On est vulnérable maintenant – Station U.*

*C'est vraiment (...) main dans la main avec nos fournisseurs, mais c'est dur la disponibilité des produits puis le temps est long avant de les recevoir. On n'a jamais vu ça. Il y a 2 ans, on a fermé une remontée mécanique pendant toute la saison pour une pièce électronique manquante qu'il n'y avait (...) nulle part – Station M.*

Au niveau des prix et des tarifs, les stations font valoir des coûts élevés de la part de certains partenaires, entravant leur bon fonctionnement. Il peut s'agir des services de recyclage et de compost (station Q) ou de la nourriture (station N) par exemple. Au niveau de l'approvisionnement, les stations n'ont pas fait ressortir de difficulté.

#### 4.1.2.2 Institutions financières et sources de financement

Concernant les institutions financières, la plupart des stations n'ont pas fait état de sensibilité particulière avec celles-ci, à quelques exceptions près, notamment en cas de changement de positionnement ou dans le mode d'organisation, ou encore en ce qui concerne les coûts d'emprunt.

*On a un prêt justement là pour un investissement dans l'enneigement qu'on a fait il y a 5 ans. Et tu sais, j'avais un taux d'intérêt à 3%. Là je viens de jumper à 10 % c'est une grosse différence, c'est sûr que là bien c'est le système économique – Station A.*

Enfin, certaines stations font ressortir des difficultés d'emprunt auprès des banques pour qui elles peuvent représenter des clientèles atypiques risquées.

*Admettons que j'essaie d'avoir 2 millions de dollars d'une banque pour investir dans mon système d'enneigement, personne ne va me le prêter, on est trop à risque – Station A.*

Néanmoins, les stations affirment être capables d'aller chercher du financement auprès de différents partenaires, notamment le gouvernement et les institutions publiques (municipalités, MRC, etc.), y compris pour financer l'innovation.

*Oui il y a des appuis financiers à toutes sortes de niveaux pour aider le développement touristique. Indirectement, ça va de soi. Pourquoi ils aident ? C'est parce qu'il y a une difficulté parce que les variations climatiques augmentent les coûts. On est moins ouvert, ça va moins bien dans le tourisme, donc automatiquement, ils mettent de l'argent. C'est tout relié à la situation climatique par défaut – Station P.*

Certaines stations avancent néanmoins que les fonds disponibles ne sont pas suffisants, parfois lié au fait que les pouvoirs locaux n'apprécient pas l'importance des stations à leur juste valeur (notamment au niveau des retombées sur l'économie locale). Plusieurs stations expriment ainsi faire partie « des meubles » (station I), ou être « tenues pour acquises » (station Q), etc.

*Il n'en reste plus gros. Si le gouvernement ne fait rien, c'est sûr et certain que...s'il n'appuie pas les petites stations, on n'en aura plus [...] [sans] sous du gouvernement, je dirais que...on n'ira pas bien loin tu sais, mais en tout cas nous, notre santé financière va bien, mais il ne faut pas que ça se dégrade plus que ça parce qu'on ne supportera pas – Station A.*

#### 4.1.2.3 MRC et ATR : des partenaires utiles, mais peu en lien avec les changements climatiques

Pour la plupart des stations, les municipalités régionales de comté (MRC, un palier de gouvernement de proximité) et les associations touristiques régionales (ATR) sont utiles (relai d'informations, mise en avant de la station, envoi de demandes de subventions, etc.) (station J, Station S, station C, station G, station H, station D, etc.) - bien que pas toujours ancrées dans la réalité des stations, ni en lien direct avec les changements climatiques. Pour d'autres, le travail avec celles-ci est à développer (station I, station Q, station F, station T etc.). Enfin, certaines stations se sentent loin des préoccupations des ATR, car elles constatent que les ATR ne les considèrent pas comme faisant partie du phénomène touristique (station E).

#### 4.1.2.4 Un partenaire mitigé: Hydro-Québec

Finalement, un grand contraste est exposé au niveau d'Hydro-Québec. D'une part, de nombreuses stations n'ont aucun problème d'approvisionnement, ni de préoccupations sur les coûts imposés par Hydro-Québec, c'est-à-dire qu'aucun enjeu n'est décelé (station D, station Q, station E, station J, station O). Pour d'autres, les « augmentations annuelles » d'Hydro-Québec (station H) sont problématiques pour le fonctionnement de la station, de même que l'approvisionnement (station F, station M, station L). D'autre part, plusieurs stations ont évoqué le fait qu'avec le décalage saisonnier (automne tardif), les stations ne peuvent plus enneiger en totalité avant le 31 décembre (date butoir qui, si elle est dépassée, entraîne un renchérissement du régime de tarification, pénalisant ainsi les stations). Les tarifs du mois de janvier étant plus élevés que ceux du mois de décembre, des stations avancent subir d'importantes augmentations de leurs coûts d'exploitation (station N, station S, station U, station P, station T, station K, station A) avec l'allongement de la saison de fabrication de neige attribuable au manque de couvert neigeux naturel et à la hausse des températures moyennes, qui ne permet pas toujours de fabriquer la quantité de neige requise au 31 décembre.

*Et puis, c'est là que l'importance pour nous de finir avant le 31 décembre ou pour le 31 décembre, parce qu'on a un avantage avec Hydro-Québec. On a des avantages tarifaires à ce niveau-là, mais il faut que la température soit là, même si on veut finir le travail le 31 décembre cette année, ça n'a pas été possible. On a subi des impacts financiers, définitivement – Station N.*

#### 4.1.2.5 L'ASSQ : un partenaire unique

L'ASSQ est presque unanimement identifié comme un partenaire engagé et utile qui permet le partage de connaissances « à livres ouverts » (Station M), sinon le seul partenaire qui contribue à élaborer des stratégies collectives en termes d'adaptation aux changements climatiques pour le système ski québécois.

*Je dirais qu'avec l'Association des stations de ski, on parle beaucoup (des changements climatiques). Puis on parle beaucoup (...) que ce sont les stations de ski qui vont être affectées, on parle que c'est l'hiver (qu'on) va vivre les plus gros changements. Fait que c'est sûr que l'Association prend ça très à cœur.*

### 4.1.3 Modèles d'affaires

La plupart des stations jugent que leur modèle d'affaires est adapté et s'en accommodent fort bien.

#### 4.1.3.1 Catégorie de modèle d'affaires

La catégorie de modèle d'affaires des stations de ski offre une lecture éclairante pour comprendre leur sensibilité aux changements climatiques. Les stations peuvent être classées selon trois catégories (Audet et al., 2019), ces dernières étant établies en combinant la taille, le type de clientèle et la capacité des stations avec leur gouvernance : stations de destinations, écoles des neiges et services de loisirs.

La station de destination, modèle privilégié par l'entreprise privée, comprend la plus forte proportion de touristes (séjour d'une nuitée ou plus, déplacements sur de longues distances). Les stations de destination semblent, à certains égards, moins affectées du fait des ressources qu'elles peuvent engager dans leur démarche d'adaptation, ainsi que par la composition et les habitudes de fréquentation de leur clientèle.

*Depuis que (le propriétaire actuel) a racheté et qu'eux ont développé des valeurs à ce niveau-là et qu'ils nous donnent non seulement des objectifs, mais ils nous donnent des moyens aussi – Station L.*

*On a différents types de clients, les clients qui viennent pour un séjour et qui réservent très longtemps d'avance. Ceux-là, les changements climatiques n'ont pas d'influence pour le séjour qui est prévu parce qu'ils ont réservé et peu importe – Station L.*

L'école des neiges, qui peut être soit une entreprise privée soit un organisme à but non lucratif (OBNL), est fréquentée principalement par des clientèles locales ou régionales qui effectuent majoritairement le déplacement dans la même journée, souvent motivées dans un but d'apprentissage. Les plus nombreuses parmi les trois catégories, les stations de type école des neiges représentent une vaste gamme en termes de sensibilité aux changements climatiques.

*Quand on monte les dossiers plus on a une clientèle touristique qui provient de 40 km pour se rendre ici, c'est sûr que c'est bénéfique pour nous dans le sens qu'on est considéré plus touristique, ça nous donne accès à plus de subventions (...), mais je pense qu'on est en bonne posture du fait qu'on est OBNL puis par notre type de clientèle – Station D.*

*On est un peu comme une pouponnière. Nous on forme les nouveaux skieurs, puis après on les envoie dans les grandes stations – Station O.*

Les stations d'activités de loisir sont les stations sous responsabilité de municipalités, dont l'offre est avant tout à l'intention des citoyens locaux. Leur réalité les place dans une position où ils doivent assumer les responsabilités de saine gestion des institutions publiques. En d'autres mots, ils font à la fois face à des défis quant aux ressources nécessaires pour s'adapter, mais bénéficient également du rôle de leadership que les instances publiques assument en matière d'adaptation climatique.

*On a vraiment beaucoup de partenariats avec les organismes locaux comme plein air multiculturel, plein d'organismes de la région qui nous permettent d'avoir des bons acquis à long terme, avec la population, pour avoir une continuité. C'est un bel atout positif pour nous sur le développement durable parce que les gens le voient, donc ils*

*veulent qu'on fasse les bonnes actions pour préserver la montagne dans le futur –  
Station C.*

*Moi, comme directeur du service des loisirs, j'utilise toujours mon budget en pensant d'abord et avant tout que ce sont des contribuables qui vont payer. Ce n'est pas, du privé. (...) Fait que la question c'est de savoir si c'est un avantage d'être municipal ou pas par rapport aux changements climatiques. J'aurais le goût de te dire que ce n'est pas un avantage en tout cas.*

*C'est un service à population. C'est comme un aréna, c'est un service à population.*

*[Chercheuse]*

*Oui, exactement. Il y a une contribution financière publique aux loisirs.*

*[Station R]*

*Exactement. Ça fait partie du budget des loisirs – Station R*

#### 4.1.3.2 Gouvernance

En ce qui concerne le type de gouvernance, on constate des avantages et des inconvénients dans chaque modèle. Ce sont d'une part, l'accès à des financements publics pour les stations qui sont des OBNL ou de responsabilité municipale ou publique (station D, station H, station C, station A) et d'autre part, l'agilité et la rapidité des décisions pour les stations de propriété privée (station N, station U, station J, station O) qui sont perçus comme des atouts. Les stations privées considèrent tout de même le manque d'accès aux financements publics comme le seul inconvénient de leur modèle (station F, station P). D'un autre côté, certaines stations publiques déplorent néanmoins le manque de ressources.

*Ça fait longtemps qu'on leur demande d'avoir un meilleur support. Puis ça fait longtemps que les élus travaillent là-dessus aussi. Mais à chaque 4 ans, c'est un peu à recommencer. Depuis les dernières élections, ça se parle. Ils voulaient mieux nous supporter, ça vient d'être annoncé – Station E.*

Second avantage des stations tributaires d'instances publiques, l'adéquation avec des impératifs d'ordre supérieur tels que ceux de la durabilité, quoique certaines stations privées soient tout autant engagées dans des démarches de durabilité (ex. la station L).

*Premièrement, avec notre statut d'OBNL, ça change notre approche face à l'utilisation de la montagne. Donc je pense qu'on y va plus d'une façon durable. [...] Je veux dire que vu qu'on est en mode OBNL, on est forcé à aller un petit peu plus vers ça –  
Station C.*

Une difficulté rencontrée principalement par les stations qui sont des OBNL ou de responsabilité municipale réside dans les contraintes salariales limitant la possibilité de recruter du personnel qualifié, quoique le phénomène n'épargne pas non plus les stations privées :

*Notre potentiel de rémunération est un frein là à la qualité des employés, ça c'est certain. On a besoin de gens qui se débrouillent bien, qui ont des connaissances assez pointues, bien que ça ne demande pas d'études, qui ont des bonnes connaissances dans le milieu forestier ou dans le milieu du chantier. Ces gens-là ils ont un prix parce...dans bien d'autres domaines, ils font des sous. Puis nous en étant un OBNL, on a quand même de la misère à offrir des salaires décentes – Station H.*

La capacité d'innover apparait de manière équivoque en lien avec le mode de gouvernance. L'innovation est décrite à la fois comme l'apanage du modèle privé, plus agile, mais pas nécessairement une priorité dans tous les cas, notamment par rapport à l'obligation de dégager des profits (Station U, station Q).

*C'est un peu plus difficile parce que c'est une entreprise privée. Puis on n'est pas vraiment mandaté à ce moment de faire des changements. Donc si nous étions publics ou sans but lucratif, peut-être qu'on serait plus sensibilisés à faire des changements– Station Q.*

#### 4.1.3.3 Taille des stations

Outre le type de gouvernance, la taille des stations influence non seulement les opérations et le fonctionnement, mais également l'adaptation aux changements climatiques des plus petites et des plus grandes. La taille de l'organisation peut notamment se révéler un frein par rapport aux ressources à mettre en place :

*On est une petite entreprise, dans le sens que c'est une entreprise familiale, qu'on n'a pas des gros budgets pour, par exemple, avoir une ressource en place pour nous aider avec ces plans-là. (...) C'est sûr que la capacité n'est pas là pour être plus proactif justement, pour se faire un bon plan de match, c'est pour ça qu'on engage des firmes de l'externe – Station K.*

La taille des stations peut aussi offrir des opportunités, par exemple en jouant sur l'ouverture et la fermeture de remontées, de versants ou de sommets distincts pour rediriger les skieurs lors d'épisodes de choc climatiques :

*Il y a des économies d'échelle, puis il y a des opportunités énormes par rapport à (la taille), par exemple, si on a des gros coups d'eau, des mauvaises températures ou des grosses fluctuations, c'est super facile pour nous de restreindre nos opérations sans que la clientèle (...) à aucun moment dans l'année ne puisse dire : je ne peux pas skier aujourd'hui – Station M.*

Ainsi, les nombreuses nuances concernant le modèle d'affaires, la gouvernance et la taille de la station illustrent le fait que ce facteur n'apparait pas comme un facteur de sensibilité discriminant en soi et doit être considéré en combinaison avec les autres caractéristiques spécifiques de chaque station. La diversité des modèles d'affaires dans le système ski apparait comme une opportunité en termes de sensibilité.

#### 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 :

- Proximité de la ville (îlots de chaleur)
- Proximité d'un plan d'eau (p. ex. inondations, date de gelée tardive)
- Type de sol (présence de végétation, changement dans l'utilisation, etc.)
- Proximité de la forêt
- Topographie et inclinaison
- Latitude
- Altitude

#### 4.1.4.1 L'altitude

L'altitude est un facteur qui permet aux stations d'être moins affectées par les changements climatiques, puisque les précipitations liquides tombent alors davantage en neige avec l'augmentation de l'altitude, même si « cela devient de moins de moins significatif » (station B). En effet, l'augmentation des températures est telle dans certaines situations, qu'elles deviennent positives plus souvent et jusqu'au sommet de la montagne.

*Je pense qu'on est bien positionné, on est un peu plus haut que certaines stations, ça nous aide un peu. Mais maintenant, quand il y a un changement, on n'est jamais autour de 0, 1 ou +1 degré. On est à +6, +7, +8 degrés, ça devient moins significatif – Station B.*

#### 4.1.5 Disponibilité en eau

##### 4.1.5.1 Approvisionnement et étiage

Les recherches sur le sujet de l'approvisionnement en eau (voir chapitre 2) montrent que c'est un facteur de sensibilité actuel, voire qui sera accentué dans le futur, mais auquel les stations ne font pas encore forcément face. La plupart des stations ne semblent pas évaluer l'approvisionnement en eau comme un facteur de sensibilité important à court ou moyen terme. Le manque d'eau peut toutefois être lié à la fabrication de neige, mais également au fonctionnement du bâtiment et des besoins la clientèle (station A, station D) :

*L'année passée, c'est arrivé plusieurs fois, que je fasse venir les pompiers qui viennent remplir mes réservoirs donc on tombe en eau non potable parce que je n'ai pas assez d'eau dans mon puits pour fournir la bâtisse. [...] il a fallu qu'on fasse creuser un nouveau puits pour pouvoir répondre à cette demande-là puis d'arrêter d'être en eau non potable (...), mais là, on est encore en attente du CA, de l'environnement. Ça fait un an, pour pouvoir l'utiliser. Encore des délais gouvernementaux que je fais face – Station A.*

Si quelques stations ont eu des difficultés d'approvisionnement en eau à l'hiver 2024, cet évènement était perçu comme isolé.

*[Station U].*

*Il y a le lac qui est en bas ici, puis on est limité par notre infrastructure pour la sortir du lac, plus que par la quantité d'eau dans le lac.*

*[Chercheuse].*

*Sauf cette année.*

*[Station U].*

*Sauf cette année. Bien, c'est notre capacité à sortir l'eau du lac qui est mal adaptée.*

##### 4.1.5.2 Acceptabilité sociale des prélèvements

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.

Concernant l'acceptabilité sociale liée aux prélèvements, la plupart des stations affirment ne pas être confrontées actuellement et/ou n'anticipent pas de problèmes à ce niveau. La majorité des stations ne perçoivent pas non plus de problèmes environnementaux liés aux prélèvements.

*Ce qu'on consomme, ça ne change même pas le niveau de l'eau. Il n'y a personne qui s'en aperçoit, ça ne fait même pas une différence au niveau de de l'eau de la rivière. Il n'y a personne qui peut se plaindre de ça – Station O.*

On devine tout de même un changement qui se dessine, l'anticipation d'une possibilité de contestation 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 potentiels, tel qu'observé ailleurs dans le monde, en France notamment.

*C'est sûr que la journée où l'eau potable se fait plus rare... C'est sûr que l'acceptabilité sociale risque de prendre le bord – Station C.*

*C'est sûr qu'on va être encore plus (sous les projecteurs) sur ces questions de l'acceptabilité sociale. C'est sûr que les gens vont nous regarder plus – Station N.*

#### 4.1.6 Les caractéristiques des infrastructures et aménagements

*Certaines caractéristiques en termes d'emplacement, d'aménagements et d'infrastructures amplifient les impacts des aléas climatiques subis par les stations et représentent par conséquent des facteurs de sensibilité potentiels.*

##### 4.1.6.1 Entretien des infrastructures nécessaires en continu

L'âge, la conception et les matériaux des infrastructures ainsi que l'état et la quantité des équipements (bâtiments, remontées, canons, système de drainage, réseaux d'alimentation (électricité, aqueduc...) sont déterminants dans l'entretien des infrastructures.

Certaines stations établissent des liens directs entre changements climatiques et l'entretien des infrastructures (station B, station H, station P). Le constat partagé est que l'entretien en continu est nécessaire, qu'il y a des besoins en personnel pour faire un entretien des infrastructures en continu et concernant une incertitude sur la disponibilité des pièces de rechange des fournisseurs. Les équipements et infrastructures requièrent beaucoup d'entretien, sont donc coûteuses à opérer, coûts qui sont conséquemment exacerbés par l'effet des changements climatiques :

*Maintenant, les volumes d'eau sont plus grands, ça si le drain n'est pas propre, on n'évacuera peut-être pas l'eau adéquatement. Il faut mettre des plans d'entretien qui sont beaucoup plus rigoureux qu'on avait avant – Station P.*

##### 4.1.6.2 La taille du domaine skiable

La taille du domaine skiable de la station, c'est-à-dire la superficie et le nombre de pistes aménagées, représente un autre facteur qui peut avoir à la fois des effets positifs et négatifs. D'une part, un grand domaine skiable permet de se positionner comme « un leader dans [la] région » (station Q), et ainsi d'attirer des clients, bien que cela comporte « des coûts d'exploitation et d'installation extrêmement coûteux » (station H). Une grande taille de domaine permet

également d'avoir une marge de manœuvre pour s'adapter aux conditions changeantes, par exemple sur le nombre de pistes fermées (station H). D'autre part, les stations plus petites déclarent qu'elles peuvent « surfacer l'ensemble des pistes quand même rapidement » (station D). Finalement, face à un grand domaine, les clients ont de plus grandes attentes :

*Maintenant parce que l'enneigement est en retard d'à peu près 8 jours [on a] des clients qui disent « ça ce n'est pas correct. Moi j'ai acheté une passe pour avoir accès à toute la montagne » – Station Q.*

#### 4.1.6.3 Orientation cardinale

Parmi les facteurs de sensibilité mis de l'avant, l'orientation du domaine skiable est revenue à quelques reprises, que ce soit parce que les montagnes ou versants orientés vers le sud sont plus sujets à la fonte des neiges que ceux orientés vers le nord qui sont davantage préservés, mais conservent des conditions de surface plus « dures » (gel de la surface). L'ensoleillement est donc à double tranchant puisque d'un côté il accélère la fonte de la neige, de l'autre, c'est un facteur attractif pour la clientèle (lorsqu'il fait beau, les stations sont plus achalandées). Par ailleurs, la majorité des stations se sentent plutôt privilégiées par rapport à l'orientation du domaine. L'effet de fonte est parfois accentué par la présence de vent (p. ex. du sud, plus chaud pour la station P).

## 4.2 LES FACTEURS DE CAPACITÉ D'ADAPTATION DU SYSTÈME SKI

La capacité d'adaptation est définie comme « la 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 » (ISO 14091:2021). Sur la base des entretiens réalisés auprès des stations de ski participantes et des catégories de capacité d'adaptation de la norme ISO 14091:2021, la capacité d'adaptation se décline en quatre catégories de facteurs: organisationnelle, technique, financière et sur la base de l'écosystème

### 4.2.1 Organisationnelle

#### 4.2.1.1 Se diversifier : offre d'activités, sources de revenus et créativité à la billetterie

On compte 157 citations sur ce sujet dans les transcriptions des entretiens, soit le plus grand nombre de citations toutes catégories confondues. La diversification fait référence tant à l'offre d'activités, qu'aux sources de revenus et à la créativité à la billetterie.

Pour commencer, la remarque émise par la station D est particulièrement révélatrice de l'analyse de cette stratégie de diversification des activités: « c'est beaucoup d'énergie pour pas beaucoup de revenus ». Ceci indique une vision commune de la lucrativité du ski qui est difficile à compenser, donc à remplacer.

Au sein de la saison hivernale, la diversification des activités s'effectue par « petites touches » que ce soit en termes de volet culturel (station G) ou d'activités complémentaires au ski alpin (la raquette, le ski de fond, le *fatbike*, le ski hors-piste, etc.). Deuxièmement, outre la présence

d'activités complémentaires au ski en hiver, ou offertes sur les autres saisons que l'hiver, c'est leur performance mitigée qu'il importe de faire ressortir. À ce titre, les stations soulignent que toutes les activités hors ski ne se valent pas (p. ex. : les glissades sur tubes étaient une offre qui a été mise de côté par la station I, tout comme les parcours d'arbre en arbre de la station O). D'autre part, même pour certaines activités qui ont un faible coût d'exploitation et qui sont gratuites, les stations établissent une réflexion pour instaurer un tarif en contrepartie. Ceci a pour objectif d'équilibrer les frais fixes de l'activité du ski (p. ex.: station H avec la raquette).

Pour l'été, le vélo de montagne est populaire parmi les stations même si, de nouveau, et comme l'indiquent plusieurs stations, il n'est pas possible de comparer en termes de revenus apportés comparativement au ski alpin. En outre, certaines stations peuvent se sentir un peu dépassées par l'organisation, la logistique et les coûts pour cette activité à la fois nouvelle et hors saison. Elles nomment un besoin de relève ou d'accompagnement ainsi que de partenaires engagés pour l'été (station F, station M). Un autre frein pour le développement de l'offre estivale est le fait que les équipements et infrastructures existantes ne soient pas toujours facilement adaptables (vitesse des télésièges non adéquate par exemple, station U).

Rares sont les stations qui n'ont aucune autre activité que le ski alpin (soit l'été, soit au sein de la saison hivernale), même s'il y a quelques exemples parmi l'échantillon de stations interrogées. Pour certaines, on s'accroche aux revenus enviables de l'activité ski qui demeurent à ce jour suffisants, tout en envisageant que le passage aux activités hors ski deviendra inévitable et représentera un grand changement à apporter :

*Ça oui, l'estival doit avoir lieu. Nous autres on ne s'empresse pas de le faire, même s'il faudrait le faire, parce qu'on réussit à avoir un certain équilibre encore – Station P.*

Pour les stations de ski, se diversifier dépasse l'offre des activités pour inclure un recours à des sources de revenus additionnels, notamment dans les services aux skieurs Ceci passe par exemple par l'offre de restauration (p. ex. station J, station M, station Q), l'événementiel (p. ex. station A, station D, station F, station G, station H, station J, station M), des services éducatifs (station B, station M), les pistes ou camps spécialisés (p. ex. station G, station S) ou même l'hébergement (station A, station H, station J, station M, station S) et l'immobilier (station B, station D, station F).

La diversification s'effectue également par le biais d'une certaine créativité dans les produits de billetterie et les types d'abonnements.

*il y a une adaptation dans l'optique que les billets journaliers versus ceux avec leur passe... si la météo est mauvaise, bien les gens (journaliers) ne viendront pas - Station C.*

*il y a les abonnements illimités, les billets de jour qui sont bons tant de jour que de soir qui sont vraiment pour l'ensemble de la journée d'opération. Puis il y a les billets de soir seulement. On a aussi, les billets (de blocs) d'heures qui sont très populaire aussi. Les billets de 1h, 2h et 4h - Station O.*

#### 4.2.1.2 Pratiquer la coopération

La coopération peut être vue comme une pratique organisationnelle pour lutter contre l'impact des changements climatiques. C'est une pratique courante et appréciée par les stations, d'être à la fois concurrentes et collaboratrices. L'importance du travail en collaboration avec les autres stations, est mis de l'avant comme une forme de coopération où une forme de solidarité régionale

est mobilisée. En revanche ce type de relation n'est pas majoritairement en lien avec l'adaptation aux changements climatiques, mais plutôt une pratique « normale » dans l'industrie (prêt de matériel, échange d'expertise, collaboration, etc.). À ce titre, les stations soulignent le travail accompli par l'ASSQ, organisation largement appréciée et reconnue pour l'aide fournie. L'ASSQ est souvent mentionnée par les stations comme l'un de leurs principaux, voire le seul, partenaire pour des stratégies d'adaptation qui dépassent l'échelle de la station.

*On met surtout en place un programme inter-échange de nos clientèles. Donc durant tout le mois de janvier, les clients de saison de [l'autre station] peuvent venir [à la station T] gratuitement et vice-versa – Station T.*

#### **Zoom sur des bonnes pratiques :**

« Échange de clients » à la station G : les clients des stations plus basses en altitude peuvent skier à la station G en début de saison ; et pendant la haute saison, lorsque les pistes sont surutilisées, la station envoie des clients vers ces stations.

#### **4.2.1.3 Adopter une planification intégrée des mesures d'adaptation**

Les stations font remonter plusieurs initiatives de planification de l'adaptation aux changements climatiques. Cela passe par exemple par la formulation d'un plan estival, l'intégration et l'adaptation dans les plans quinquennaux ou encore par de l'aide par de extérieures (consultation) pour créer ces plans. Cependant, il est à noter que la majorité des stations ne sont pas dotées de démarche ou de documentation de planification structurée d'adaptation aux changements climatiques, alors même qu'elles identifient le besoin d'avoir des procédures plus strictes. Pour certaines, c'est un travail qui débute.

*Mais il faut dédier quelqu'un qui va avoir une partie de sa tâche là-dessus, qui va pouvoir être plus aux aguets de ce qui se passe. Parce que là on réagit plus qu'on prévoit – Station N.*

*On a des plans de stratégie d'un point de vue business, on a de la gestion de risque par rapport à la clientèle, d'un point de vue d'assurance puis de responsabilité civile, mais d'un point de vue réchauffement climatique, non – Station C.*

*On est plus dans la réflexion présentement, elle n'est pas papier, mais elle va faire partie de notre plan – Station B.*

Néanmoins, même si la planification débute seulement pour certaines stations, elles peuvent s'inscrire dans cette démarche sans forcément le formaliser comme tel, par exemple en suivant les évolutions au fil des années. En effet, en procédant ainsi, les stations établissent un diagnostic et des réponses adaptées aux situations déjà rencontrées par le passé.

*[Chercheuse]. Vous tenez des statistiques pour les journées d'ouverture ?*

*[Station R]. Absolument. Dans les rapports annuels. Puis on s'est fait un tableau pour savoir on ouvre telle date, on ferme telle date, et ça donne combien de journées.*

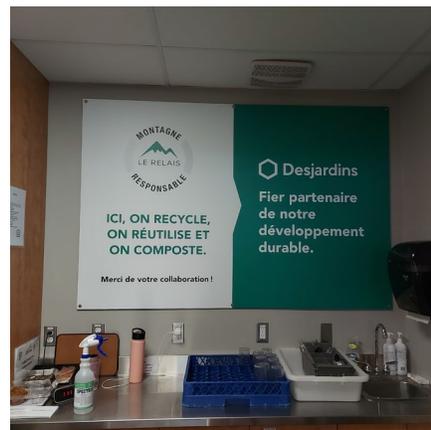
*L'intention dans les prochaines semaines, ça va être d'avoir un genre de quartier général, où est-ce qu'on va mettre sur nos murs et bien visible à toute l'équipe, les tableaux indicateurs – Station F.*

#### 4.2.1.4 Réduire l’empreinte environnementale à l’échelle de la station

Le sujet des changements climatiques a amené certaines stations à nous parler, non seulement de l’impact des changements climatiques à l’échelle de leur station, mais également de leur contribution à réduire leurs émissions de GES et leur empreinte environnementale. Les actions portent sur la création de plans de développement durable<sup>14</sup>, l’amélioration de l’efficacité dans la fabrication de neige, le renouvellement de la flotte de véhicules pour des modèles moins énergivores, la vaisselle dans les cafétérias, le recyclage et le compost (Figure 46) ou encore les stratégies de certification.

*Nous, ça fait longtemps qu’on a des plans d’action au développement durable. C’est notre plus poussé, c’est celui qui va le plus loin. C’est le fun parce que c’est un autre objectif stratégique. On est en train de finaliser notre plan d’action, on commence une démarche pour un nouveau plan directeur, mais tout le développement durable en fait partie – Station D.*

*On est en début de processus, on est vraiment à la base. On a fait un inventaire de gaz à effet de serre, on est sur la cafétéria durable, sur la gestion de nos matières résiduelles – Station P.*



**Figure 46 : Réduire l’empreinte environnementale à l’échelle de la station (source : Auteur)**

#### **Zoom sur des bonnes pratiques :**

- Comité de voisinage de la station B mobilisé pour prendre le pouls concernant les actions et le développement de la station, dans le but de conserver des relations harmonieuses avec les résidents.
- Emploi d’une personne à temps plein sur la sensibilisation à l’environnement à la station C.

#### 4.2.1.5 Le lien avec la clientèle : une stratégie à plusieurs niveaux

##### 4.2.1.5.1 Savoir bien communiquer sur l’état des pistes

À la fois stratégie et défi, l’enjeu de communiquer aux clients les conditions de ski<sup>15</sup> à la montagne ressort. À plusieurs reprises, les stations ont parlé de l’importance d’« éduquer » les clients (station F, station U), de les « informer » (station C), « d’adapter [leur] message » (station N), de « travailler au niveau de la clientèle » (station D), de « sensibiliser les gens » ou encore de fournir « des efforts de *marketing* sur les conditions de ski » dans les stations (station H) (après des épisodes de pluie en ville, au printemps, etc.). Cependant, les stations n’ont pas détaillé de stratégies explicites, mais ont plutôt posé le constat de la nécessité d’agir en ce sens, sans nécessairement préciser les supports de communication ou le contenu. La station P évoque une

<sup>14</sup> La firme Ellio accompagne au moins deux stations (station K et station D) dans l’élaboration de ces plans.

<sup>15</sup> Sur la vulnérabilité des stations sur l’effet des conditions climatiques sur les client·es, voir plus bas

stratégie précise, qui passe par les *webcams* permettant de montrer en direct la neige, considérée comme un « produit d'appel », motivant le déplacement des skieurs qui en sont avides.

*Ce sont les webcams qui sont extraordinaires [...] On a des appuis financiers au niveau de la technologie pour médiatiser, communiquer les images de neige. C'est très fort parce que, (les gens) n'arrivent même pas à concevoir qu'il y a de la neige en montagne– Station P.*

L'objectif de communication est également de mieux communiquer sur le travail fourni par les stations pour s'adapter, préparer les pistes, notamment vis-à-vis des clients déçus du « faible » nombre de pistes ouvertes. Pour communiquer sur ce sujet et éviter les « reproches », certaines stations ont choisi de passer par une stratégie d'humour :

*Au niveau des communications, on essaie d'y aller un peu plus dans l'humour quand on ferme, maintenant pour dédramatiser la situation. On essaie de trouver des trucs un peu funky, drôles, comme la mascotte avec un parapluie dehors, ça génère d'autres genres de réactions que de « Ah c'est (nul) » – Station P.*

#### **4.2.1.5.2 Flexibilité des politiques d'annulation**

Les stations ont également soulevé l'enjeu de responsabiliser la clientèle. En effet, les clients utilisent une stratégie de substitution qui consiste à décaler les séjours en temps de mauvaise météo. Ceci a un impact sur le fonctionnement des stations. Ainsi, certaines stations ont décidé d'adapter leurs politiques d'annulation.

*On a changé un petit peu nos politiques d'annulation, parce qu'on était très permissifs [...] on voulait que les gens puissent vivre une belle expérience, peu importe quand ils viennent. Mais là on se rapproche plus des politiques standards des stations internationales, tu achètes à l'avance et tu n'as pas de remboursement. On n'est pas rendu là, on offre avec un supplément la possibilité de déplacer leur séjour– Station G.*

#### **4.2.1.5.3 Adapter l'offre de billets, abonnements et packages**

Certaines stations ont également pu adapter leurs offres de billets (voir également section ci-haut sur la diversification).

*On n'est pas les seuls, tout le monde a des « packages » aujourd'hui, mais il y a beaucoup de travail qui est fait au niveau de la fidélisation. Chaque client qui vient de chez nous reçoit la journée même, en temps réel, un sondage sur leur expérience. Tout est automatisé– Station M.*

*Avant ça, on avait des abonnements de saison. Là, on n'en a plus [...] Parce qu'on n'est pas en mesure de certifier hors de tout doute qu'ils vont rentrer dans leur argent. Ça ne nous tente pas d'arriver au mois de mars puis d'avoir 75 appels qui nous disent « Votre station n'a pas été ouverte ». Maintenant ce qu'on fait c'est l'inverse, c'est un programme de fidélité. Donc à l'époque, pour rentrer dans ton billet de saison, fallait que tu viennes 13 fois à la station [...] Là ce qu'on fait à l'inverse, c'est que quand tu es rendu à 13 fois le reste de l'année, c'est gratuit – Station R.*

*[à propos de faire des billets communs à plusieurs stations] ça ne vient pas nous aider à avoir plus de journées enneigées ou plus. Par contre, nous, on va en bénéficier parce que leur clientèle elle va venir chez nous, puis avec le partenariat, on fait un petit peu plus de revenus. C'est une stratégie qui ne nous permet pas de nous adapter, mais nous permet d'aller chercher des revenus en tout cas – Station G.*

#### 4.2.1.6 Compter sur des employés qualifiés

Les employés sont en première ligne des impacts des changements climatiques et doivent s'y adapter. Ces changements affectent leurs conditions de travail (contrat, horaires, emploi du temps, etc.) (station I, station Q). Leurs connaissances, leurs compétences, leur expérience sont d'ailleurs essentielles à la démarche d'adaptation des stations.

*Souvent l'équipe de 2 personnes gèrent tous les canons du système de perche. Leur job à eux, c'est de partir le système, après ça, d'aller dans la montagne, puis de déplacer les canons pour être sûr d'enneiger vraiment bien la piste. [...] sur le Ski-Doo à -20 degrés en train de déplacer les canons à neige avec des hoses qui pètent, c'est un métier qui est très difficile – Station S.*

*On a une grande capacité d'adaptation dans les équipes, dans le sens qu'on innove tout le temps. On est tout le temps en train d'innover, que ce soit pour les changements climatiques ou pour d'autres choses – Station G.*

Certaines stations évoquent la difficulté de recruter le personnel requis, notamment parce que certains emplois, bien que techniquement spécialisés sont peu rémunérés (station I, station G). Ceci peut entraîner des défis dans la bonne gestion des opérations.

*On a les employés réguliers qui reviennent toutes les années. C'est une base qui est très solide. C'est une force de l'entreprise, là où les gens ont une expertise très spécifique à la montagne, à nos infrastructures, au fonctionnement interne. Puis on a comme l'autre moitié des employés... Des employés plus saisonniers, qu'on remplace à chaque année ou presque. On finit de les former, puis c'est le temps qu'on ferme – Station U.*

Certaines pièces de machinerie de meilleure qualité, certains équipements ou certaines technologies permettent de pallier les difficultés à recruter des personnes qualifiées, et, plus généralement, de faciliter le travail des employés.

*On a des nouvelles dameuses quand même assez récentes, une de 2022 puis une 2023. Ce sont des machines plus performantes et qui ramènent des conditions après une période de gel dégel, des plus belles conditions que la technologie d'il y a encore 10 ou 15 ans. Ça prenait encore plus de travail – Station D.*

La disponibilité de ressources humaines qualifiées et disponibles est également mentionnée précisément en ce qui concerne l'action directe en adaptation aux changements climatiques.

*On a carrément 3 employés en fait qui sont dédiés à l'environnement au sein de notre organisation... je pense que ça nous donne un « edge » de compétences et de connaissances intéressantes – Station C.*

*On a toujours besoin d'une personne des ressources humaines, mais on n'a pas nécessairement eu besoin jusqu'à aujourd'hui d'une personne qui est plus spécialisée dans les ressources climatiques – Station N.*

## 4.2.2 Technique

### 4.2.2.1 Principale mesure d'adaptation : fabriquer de la neige

Le recours à la fabrication de neige est une mesure d'adaptation aux changements climatiques adoptée depuis de nombreuses années, voire décennies, par les stations de ski. Tant et si bien

que peu de stations continuent d'opérer sans capacité d'enneigement technique. Celles qui demeurent dépendantes de la neige naturelle sont pour la plupart en voie d'ajouter une capacité de fabrication de neige ou en réflexion à ce sujet :

*Tu sais, on veut s'assurer que les gens puissent venir, donc d'avoir au minimum le centre de ski qui fonctionne fait que à cause de ça bien on s'est procuré des canons à neige l'an dernier – Station G.*

*Présentement, on est 100% naturels, sans l'enneigement. Ça fait longtemps qu'on pense qu'on va devoir passer par là si on veut assurer notre survie à long terme – Station E.*

L'adaptation passe également par le recours à des canons et/ou des perches de nouvelle génération capables de créer de la neige à des températures les plus « chaudes » possibles (jusqu'à -2 degré si le taux d'humidité le permet) et rapides d'utilisation (p. ex. automatisation). Il s'agit d'un processus continu de renouvellement des équipements et infrastructures. Globalement, les stations qui travaillent avec du matériel de qualité, renouvelé, reconditionné, notamment pour produire de la neige à des températures marginales, investissent d'importants montants à ce poste de dépense. Être à l'affût des programmes de financement applicables pour l'achat de canons à neige (p. ex. station S), fait partie intégrante du processus.

*C'est dans notre plan de match aussi de continuer à investir annuellement de ce côté-là pour s'adapter puis être en mesure d'avoir une force de frappe plus rapide – Station D.*

Le processus de fabrication de neige est associé à une planification minutieuse et une somme de travail grandissante, par exemple pour saisir chacune des fenêtres de température assez froide. Si les opérations d'enneigement sont reconnues pour exiger un labeur important, l'augmentation de la durée de la période d'enneigement au-delà de la préparation en début de saison (p. ex. pendant les Fêtes, épisodes de retouches en hiver, etc.) apparaît comme relativement nouvelle, plusieurs stations évoquant que jusqu'à récemment, les canons à neige n'étaient sortis qu'en début de saison.

*Mais on investit aussi beaucoup en fabrication de neige parce qu'évidemment (le but) ce n'est pas d'en faire plus, c'est de la faire plus rapidement parce que on peut voir que nos fenêtres de froid sont de plus en plus courtes. Puis quand on a une fenêtre de froid, il faut être en mesure d'enneiger un certain nombre de pistes rapidement parce qu'on ne sait jamais la prochaine fois qu'on va refaire de la neige – Station B.*

#### 4.2.2.2 Anticiper les variations 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 (station G, station N, station T) pour être capable d'anticiper les événements et d'informer adéquatement les employés et la clientèle. Une part réside dans la veille constante des prévisions météorologiques en vue de planifier les bonnes opérations de la montagne :

*[C'est une] adaptation d'avoir un météorologue à l'interne. Il voit venir les choses aussi [...], la météo. Il n'est pas météorologue de formation, mais à force de travailler, ça fait une grande différence [...] on regarde 4 ou 5 schémas météo à tous les jours (...) puis il combine avec toute l'expérience des 15 dernières années – Station G.*

Autre exemple, plusieurs stations tendent à rendre les installations d'enneigement permanentes ou tentent de réduire les manipulations manuelles requises pour éviter d'avoir à les installer plusieurs fois en fonction des variations de température (station I). Cela demande également une certaine agilité auprès de et de la part des employés, qui doivent être mobilisés rapidement en fonction des fenêtres de fabrication de neige qui sont « plus petites, moins fiables » (station Q). Il s'agit pour les stations de gagner en rapidité dans la fabrication de neige, ce qui n'est pas sans épuisement pour les stations en termes d'organisation et de logistique (station P). Les équipements fixes permettent un gain de temps important au moment du déploiement et de l'arrêt des systèmes de fabrication; ils sont également plus sécuritaires pour les employés et occasionnent moins de perte d'eau. À noter que l'agilité opérationnelle n'a pas trait qu'à la fabrication de neige. Elle peut s'opérer par rapport aux activités qu'on offre ou qu'on annule (p. ex. station G) ou le domaine skiable à fermer et les remontées qui doivent être mises à l'arrêt (Station L), les opérations de damage préventif lors d'épisodes de chocs climatiques (Station M) jusqu'aux actions marketing pour le faire savoir (Station K). Toutefois, c'est l'agilité requise lors de la fabrication de neige qui a été davantage abordée lors des entretiens.

#### 4.2.2.3 Les transports collectifs : une mesure plébiscitée, mais difficile à mettre en place

Finalement, et à une échelle plus collective, la mise en place de transports collectifs, de navettes ou d'alternatives à la voiture individuelle pour le déplacement des skieurs est une démarche plébiscitée par plusieurs stations (station Q, station G, station E, station S, station P). Certaines stations essaient de mettre en place des systèmes de transport public, comme c'est le cas de la station T à l'hiver 2024. Après une tentative non fructueuse de faire la tournée des hôtels (les clients préférant utiliser leur propre véhicule), la station a mis en place, en collaboration avec la MRC, un autobus qui se rend dans les maisons des jeunes afin de les amener à la station. La station A a également tenté, de manière non fructueuse, de mettre en place un système de navette. La station souhaiterait désormais réfléchir à du covoiturage. Cette idée de covoiturage fait l'objet d'un partenariat en cours pour la station O.

*Il y a un nouveau partenariat aussi avec (l'ATR) pour faire du covoiturage qui commence cette année. Parce que le numéro un polluant des stations, c'est le transport des employés et clients – Station K.*

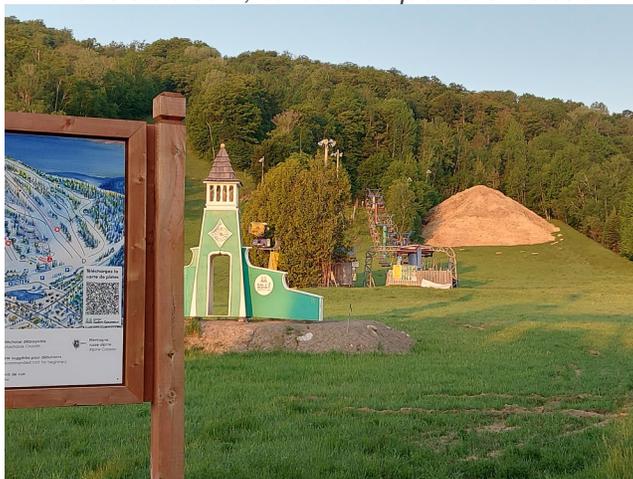
*Il y a déjà eu du transport en commun, un autobus qui partait de (la ville) pour venir ici, mais honnêtement, pour avoir évalué le gain financier et la perte financière parce que tu sais, c'est comme un service qu'on offrait...c'était négatif pour nous autres en bout de ligne. On a donc mis ça un peu sur la glace – Station A.*

#### 4.2.2.4 Autres pratiques

Enfin, nous citons quelques pratiques plus sporadiques, effectuées ou en cours de planification par quelques stations, telle la conservation de réserves de neige (Figure 47), qu'elle soit naturelle ou de culture (station C, station S) ou la mise en place d'outils technologiques pour gérer la tarification dynamique (station H).

*le plan c'est d'aller faire des gros tas de neige si on veut dans le haut des pistes à la fin de l'année. Ça prend, c'est une couche de brin de scie. Ça tombe bien parce qu'on a une scierie ici à 25 km, donc c'est des extrants pour eux autres, pour nous, ça serait une ressource, donc c'est brin de scie, géotextile, tu piles ta neige là-dedans, tu mets un géotextile, puis tu remets une toile isolée par-dessus- Station S.*

*Donc je travaille fort aussi dans les prochaines années à amener un gros effort de tarification dynamique, puis de justement là d'avoir des outils pour gérer ça parce qu'actuellement ou par le passé, faire de la tarification dynamique c'est extrêmement difficile. C'était lourd, bureaucratiquement – Station H.*



**Figure 47 : Exemple de réserve de neige sous une couche de paille (source : Auteur)**

## 4.2.3 Financière

### 4.2.3.1 Créer des budgets pour s'adapter... ou juste fonctionner

Les stations développent des stratégies financières et budgétaires. Certaines stations notent la nécessité d'être créatif pour aller chercher des sources de revenu ou de financement diverses. Ainsi, certaines stations soulignent l'intérêt de créer des budgets spécifiques à l'adaptation. Il s'agit pour elles d'opérer un changement de logique de comptabilité.

*On est saisonniers, alors des revenus l'été, à partir de la fin de la saison jusqu'à l'ouverture, on n'en a pas. C'est (une étape) à penser puis à mettre dans nos budgets, ce qu'on ne faisait pas les autres années – Station N.*

*Depuis plusieurs années, je vous dirais peut-être depuis les 10 dernières années, annuellement on investit un bon montant au niveau du renouvellement de nos infrastructures en enneigement – Station D.*

Si cette pratique peut être efficace, elle n'est pas répandue parmi les stations. En effet, ces sources de revenus diverses ne sont pas toujours dédiées ensuite à l'adaptation, plutôt au fonctionnement ou au développement de la station.

*Il y a une dizaine d'années, on avait fait un développement domiciliaire dans la montagne. Et tous nos terrains sont vendus, c'était une section de notre terrain où on n'avait pas de potentiel de développement, ça a été vraiment une bonne source de revenus qui nous a permis de réaliser différents projets pour développer la station – Station D.*

*Mon temps de directrice générale à 50% quasiment c'est de cogner à des portes pour avoir des sous, c'est la moitié de mon salaire qui est là-dedans – Station A.*

### **Zoom sur une bonne pratique :**

La station E a fait une levée de fonds auprès de la communauté qui lui a permis d'aller chercher 100 000\$, tant pour l'adaptation climatique que pour le fonctionnement « normal » de la station.

#### 4.2.3.2 Avoir une planification stratégique financière

Ainsi, si avoir un plan défini est une pratique rapportée par certaines stations, il ne s'agit pas de la réalité de la majorité des stations.

*Ça a été du financement directement à partir d'un montant qui était pris sur les revenus cumulés de l'entreprise avec des demandes de financement, de subventions. On a aussi continué une planification stratégique et un plan d'affaire dont une grande part était de s'adapter à cette nouvelle réalité (climatique) – Station T.*

*En fait, on a une subvention avec le plan montagne dans le volet 1 ou 2 qui était justement pour le plan d'affaires, la planification stratégique et le plan directeur. Donc on commence ça justement en janvier pour nous positionner, puis pour avoir un petit plan de match par rapport à nos projets de développement – Station E.*

Ceci illustre les liens indissociables, pour les stations de ski, entre l'adaptation aux changements climatiques, les opérations régulières et le développement des affaires. Les stations doivent faire un arbitrage entre adaptation et fonctionnement régulier des opérations.

*On vient juste de terminer un investissement de 1 000 000 de dollars dans notre système d'enneigement. Donc maintenant, qu'est-ce dont on a besoin pour le futur ? On a besoin maintenant des remontées mécaniques, donc ça c'est un immense coût, donc on va laisser tomber pour les 2 prochaines saisons l'investissement additionnel dans la fabrication de neige – Station Q.*

#### 4.2.3.3 Le rôle du contexte politique dans l'adaptation financière

Pour les stations de type OBNL, le soutien public est primordial. L'accès aux sources de financements publiques (au niveau de la municipalité, de la MRC, de la région ou du gouvernement) est d'ailleurs l'argument majeur cité par les stations publiques de rester dans ce type de fonctionnement.

*Pas de sous du gouvernement, je dirais que...on n'ira pas bien loin tu sais, mais en tout cas nous, notre santé financière va bien, mais faut pas que ça se dégrade plus que ça parce que on ne supportera pas – Station A.*

Cette importance des sources de financement publiques rend certaines stations tributaires du contexte politique. Ainsi, le rôle des municipalités qui est à géométrie variable selon les réalités de chaque station. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une source de financement au fonctionnement en lien avec la fonction sociale d'un centre de ski offrant des services de loisir aux citoyens. Pour certaines stations, l'appui est vécu de manière moins fluide ou efficace :

*Les programmes de subvention sont complètement désaxés de la réalité, sont déphasés totalement de la réalité parce que tu sais, j'en ai besoin maintenant fait que faut que je commence à travailler sur les soumissions, maintenant les plans et devis, mais là je ne peux pas engager des frais de 30 000\$ pour les plans et devis parce que mon projet faut que ce soit déposé puis faut que je dépense après que le programme de subvention est déposé, fait que là tout est un peu retardé – Station I.*

*On prend une station qui est aussi une autre station municipale, mais qui n'est pas trop loin d'ici, (...). Mais, eux autres viennent d'avoir un investissement de 4 000 000\$ de la (ville), donc on n'est pas dans les mêmes ligues. Nous autres, on a une subvention municipale de 150 000\$ par année – Station S.*

Le soutien public ne se limite pas au financement, il concerne plus largement le contexte politique et les décisions publiques, incluant dans leur rôle, le tissu socio-économique, le dynamisme régional et la qualité de vie des citoyens.

*La ville met aussi en place beaucoup d'éléments qui viennent guider le développement socio-économique et nous, par la bande, (...) on est influencé là-dedans donc on suit vraiment le leadership de la ville face à ça – Station C.*

*Il y a un impact socio-économique majeur dans nos régions parce que les stations de ski sont rendues un gros moteur de recrutement de professionnels. Alors, les professionnels, que ce soit du côté de la santé ou de l'éducation, c'est souvent des gens qui font du ski, qui jouent au golf, qui profitent du vélo de montagne, des gens actifs...une station de ski, c'est important de la garder debout parce que c'est un gros moteur de recrutement et de rétention de main d'œuvre régionale – Station H*

*Ça reste un endroit où on peut développer nous, une culture montagnarde, une culture d'hiver, une culture de se retrouver en forêt, de se retrouver en plein air avec des amis. On va passer du bon temps, de socialiser, donc tout ça dans une société, c'est très important – Station T*

La citation ci-dessous résume l'analyse du levier financier principal, analyse partagée par une vaste majorité des stations de tous types de gouvernance et de tailles.

*Le nerf de la guerre, la conclusion, c'est vraiment donnez-nous de l'argent, on va s'acheter des canons plus performants, puis on va être capable de sauver les stations de ski. – Station A.*

#### 4.2.4 Écosystème

L'adaptation basée sur l'écosystème fait référence aux mesures qui mobilisent les services écosystémiques, c'est-à-dire 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 mesures d'adaptations les moins pratiquées. De manière générale, il n'y a pas d'adaptations globales ou partagées entre plusieurs stations en termes d'écosystème, mais plutôt au cas par cas en fonction des spécificités particulières des stations (ex : taille du sous-bois, présence d'érosion, etc.). Ce n'est pas toujours possible de s'adapter sur la base de l'écosystème lorsque les stations dépendent de territoires protégés (exemple de la station Q : lorsque des arbres tombent, ce n'est pas toujours possible de les enlever puisque le territoire est protégé). En revanche, la proximité de la forêt représente en soi une opportunité en termes d'adaptation aux changements climatiques (p. ex. pour l'ombre qu'elle procure). Plusieurs mesures adoptées concernent l'aménagement du milieu naturel environnant.

*Avant d'envisager l'enneigement, on travaille sur un projet de reboisement du parc. Ça fait longtemps qu'il n'y a pas eu de l'entretien de fait. Les forêts vieillissent, c'est important de rafraîchir la forêt sur ton terrain justement pour bloquer le vent, conserver mieux la neige aussi – Station H.*

Elles mettent tout de même en pratique des mesures telles que de l'entretien préventif comme le « damage d'été » pour préparer les pistes (station Q), l'entretien du sous-bois (station H), la gestion des réseaux de ruissellement (station B) ou la plantation d'arbres pour briser le vent (station P, station H). Enfin, les stations tirent parti des services écosystémiques, mais ce n'est pas toujours de manière consciente ou directement en lien avec les opérations de ski.

*On est en montagne, je pense que les citoyens reconnaissent l'importance des espaces verts, donc je pense que c'est un aspect positif du point de vue géographique et politique, il va déjà y avoir une volonté de préservation des milieux naturels du changement climatique – Station C.*

# 5. CHAPITRE 5 : PORTRAIT DE LA VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME SKI ALPIN

## 5.1 MÉTHODOLOGIE

### 5.1.1 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 ces 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 les matériaux du système, 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 à des subventions, ou bien avoir les fonds disponibles 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 48).

- 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 développer des versants protégés et moins exposés aux aléas climatiques.
- 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.

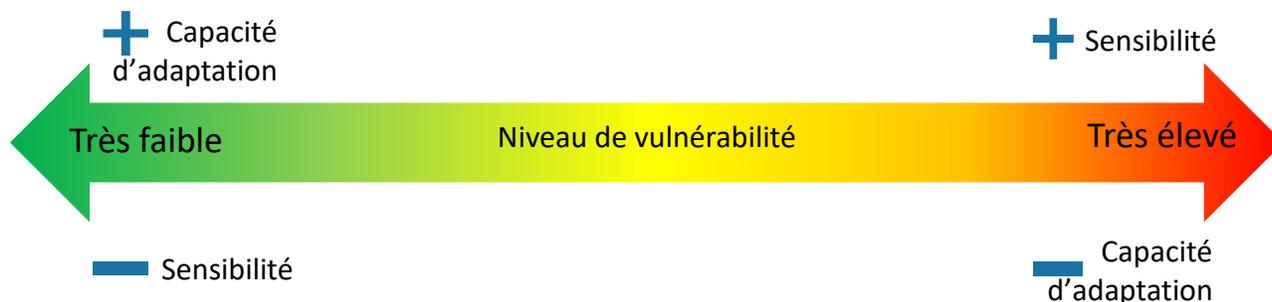


Figure 48 : Le continuum de la vulnérabilité, de très faible à très élevée

### 5.1.2 Agrégation des données

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

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

#### 5.1.2.1 Les données climatiques

Les données climatiques (historiques et projetées) pour les quatre aléas prioritaires hivernaux sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 34 : Aléas climatiques prioritaires et leurs indicateurs correspondants

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

#### 5.1.2.2 Les éléments exposés

Tel que décrit dans le chapitre 3, le système ski alpin est organisé autour de deux échelles interreliées (Figure 49). Au cœur, l'échelle des stations de ski, entouré les acteurs du secteur qui permettent aux stations de fonctionner, le tout englobé dans le système-ski, plus large qui est composé des enjeux et dynamiques macroéconomiques qui influencent les opérations des deux échelles.

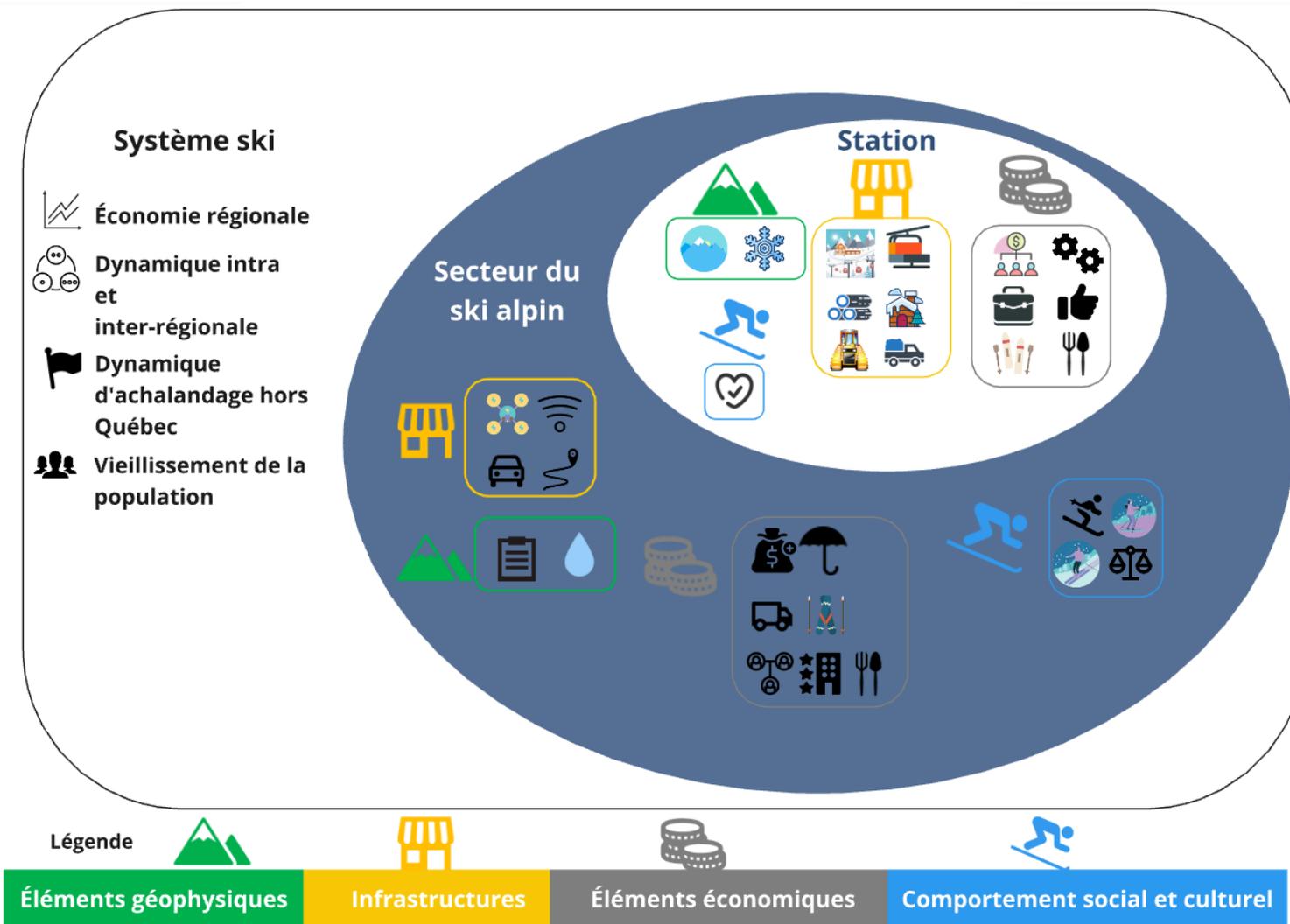


Figure 49 : Les deux échelles de travail qui composent le système ski alpin au Québec

### 5.1.2.3 Les impacts directs et indirects

Les impacts directs et indirects sur les éléments exposés proviennent des sources suivantes et sont décrits en détails dans le chapitre 3 :

- l'évaluation préalable des impacts, menée avec les stations à travers une grille d'évaluation, remplie sous forme de sondage, à l'hiver 2023 par les 30 stations participantes ;
- de cette évaluation préalable des impacts, ont découlé les chaînes d'impacts pour les quatre aléas prioritaires hivernaux, développées par l'équipe projet ;
- ces chaînes d'impacts ont ensuite été validées par les stations lors d'un atelier participatif, tenu en mai 2023, avec les stations participantes.

### 5.1.2.4 Les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation

Les facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation proviennent de la littérature et des entretiens réalisés dans le cadre du projet avec les stations de ski et sont décrits plus en détails dans le chapitre 4.

Pour faciliter l'analyse de la vulnérabilité, les facteurs de sensibilité ont été regroupés en six catégories :

- compétitivité régionale,
- relations avec les partenaires et fournisseurs,
- modèle d'affaires,
- caractéristiques biophysiques,
- disponibilité en eau,
- caractéristiques des infrastructures et aménagements.

Quant à eux, les facteurs de capacité d'adaptation ont été regroupés selon les quatre catégories suggérées par la norme ISO:14091-2021 :

- capacité organisationnelle,
- capacité technique,
- capacité financière,
- capacité des écosystèmes.

### 5.1.2.5 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 alléger 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 :

- La première colonne montre les catégories d'éléments exposés à chaque échelle (station, secteur et système).

- La deuxième colonne présente les impacts directs et indirects des aléas climatiques sur les éléments exposés.
- 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 projet<sup>16</sup>.
- Les deux groupes de colonnes suivantes regroupent les catégories de facteurs de sensibilité et de capacité d'adaptation<sup>17</sup>.
  - o Les **points rouges** représentent les facteurs de sensibilité qui peuvent exacerber les impacts directs et indirects sur les éléments exposés en question.
  - o Les **points verts** représentent les facteurs de capacité d'adaptation qui peuvent diminuer les impacts directs et indirects sur les éléments exposés en question.

---

<sup>16</sup> 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.

<sup>17</sup> 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 (Annexe IX).

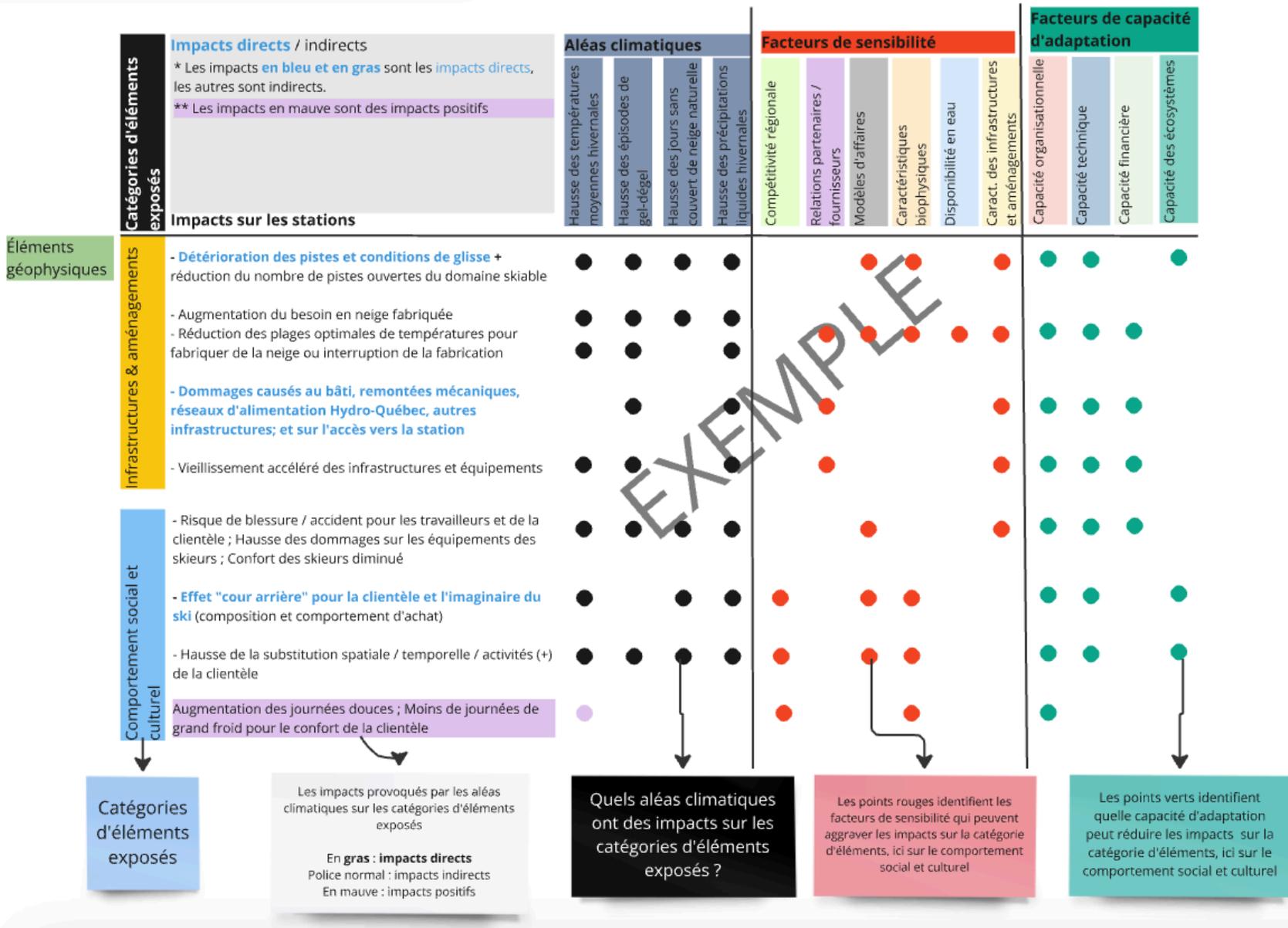


Figure 50 : Comment lire le tableau intégrateur

**Mise en garde sur les résultats :**

Les résultats présentés ci-dessous ne fournissent pas de « diagnostic » de la vulnérabilité mais plutôt un portrait de celle-ci 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.

Déterminer le niveau de vulnérabilité des éléments exposés à l'échelle des stations fera l'objet d'un autodiagnostic par chaque station, grâce à un outil sur Excel qui recense tous ces facteurs. Chaque station pourra ainsi évaluer les 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 5.3.

## 5.2 RÉSULTATS

### 5.2.1 Portrait de la vulnérabilité à l'échelle des stations de ski alpin

#### 5.2.1.1 Éléments d'infrastructures et d'aménagements et éléments géophysiques

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts <b>en bleu et en gras</b> 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															
Infrastructures & aménagements	- <b>Détérioration des pistes et conditions de glisse</b> + 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	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	
	- <b>Dommages causés au bâti, remontées mécaniques, réseaux d'alimentation Hydro-Québec, autres infrastructures; et sur l'accès vers la station</b>				●		●				●	●	●		
	- Vieillessement accéléré des infrastructures et équipements	●	●		●					●	●	●			

Figure 51 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments d'infrastructures et d'aménagements à l'échelle des stations de ski alpin

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 51.

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 :

- Modèle d'affaires, taille de l'organisation, disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée pour remédier aux impacts sur le couvert neigeux
- Caractéristiques biophysiques/disponibilité en eau :
  - o topographie et inclinaison,
  - o caractéristiques du couvert forestier (plus il est diversifié, moins le risque de maladie est élevé par exemple),
  - o proximité d'un plan d'eau (pour la fabrication de la neige),
  - o partage de l'eau avec d'autres usages / exploitation du territoire par divers usagers,
  - o 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, la conception 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, représentent également des facteurs de sensibilité pouvant aggraver les impacts sur les infrastructures.

Face à ces facteurs de sensibilité, il existe des **facteurs de capacité d'adaptation** pour faire face à 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 4 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 par exemple, 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.

### 5.2.1.2 Éléments de comportement social et culturel

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts <b>en bleu et en gras</b> 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
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	●				●			●			●			

Figure 52 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments de comportement social et culturel à l'échelle des stations de ski alpin

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 52).

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 modèle d'affaire 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 **poids 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**.

### 5.2.1.3 Éléments économiques

Catégories d'éléments exposés	Impacts directs / indirects * Les impacts <b>en bleu et en gras</b> sont les <b>impacts directs</b> , 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	Capacité des écosystèmes
Éléments économiques	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 53 : Portrait des facteurs de vulnérabilité des éléments économiques à l'échelle des stations de ski alpin

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 **aménagement**s, ou encore **l'altitude et la latitude** de la station en question. Le **positionnement géographique et touristique** des stations, et le **poinds 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. Les facteurs de capacité d'adaptation comprennent la capacité financière, organisationnelle, technique et des écosystèmes à déployer des mesures d'adaptation face aux aléas climatiques.

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** :

**Tableau 35 : 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"> <li>- Accès au financement</li> <li>- Accès aux subventions</li> <li>- Accès aux assurances</li> <li>- 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.</li> <li>- Capital disponible pour l'adaptation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à faire preuve d'agilité opérationnelle (processus quotidiens, mode solution, cellule de crise, gestion des imprévus ou d'événements indésirables)</li> <li>- Capacité à diversifier les activités</li> <li>- Planification active de l'adaptation (p. ex. plans) : capacité des procédures et politiques de la station à faciliter (ou non) les actions d'adaptation</li> <li>- En plus de ces capacités, les stations tentent de collaborer entre stations concurrentes (coopétition) pour diminuer les impacts sur les revenus et les ventes.</li> </ul>

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

**Tableau 36 : Exemple de capacité d'adaptation pour diminuer les impacts sur les employés**

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

Enfin, pour améliorer leur **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**).

### 5.2.1.4 Éléments exposés 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 partenaires	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 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 - weather-proof) *	●	●	●	●	●	●		●		●	
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 54 : Portrait de la vulnérabilité à l'échelle du secteur

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) 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;
- 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 sport (URLS), etc.

- la planification active de l'adaptation effectuée par l'ASSQ à travers ce projet, qui a donné lieu à un plan de résilience sectoriel.

## 5.2.2 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 2.1.5 et la synthèse de l'analyse économétrique – sections 3.4 et 3.5).

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 (Montérégie, 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, comportement social et culturel et économiques) 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 (p. ex. créativité budgétaire) et enfin la capacité des écosystèmes (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.

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.

## 5.3 DESCRIPTION DE L'OUTIL 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.<sup>18</sup> 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 (faiblesses) 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](#).<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Cet outil sera accessible par les stations de ski et l'ASSQ seulement.

<sup>19</sup> Le plan de résilience sectoriel est destiné à l'ASSQ et reste donc un document interne et non public.

## 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 scientifique présente le diagnostic de vulnérabilité du système ski alpin. Les aléas climatiques prioritaires 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 liquides hivernales.<sup>20</sup> 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 réalisées :

- 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, pour savoir où agir pour s'adapter.

---

<sup>20</sup> 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 gestionnaires 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 global**, 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), etc.

À **l'échelle des stations**, les gestionnaires 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 gestionnaires 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://alliancetouristique.com/lindustrie-touristique-en-chiffres/#2\\_ftn1](https://alliancetouristique.com/lindustrie-touristique-en-chiffres/#2_ftn1)
- Archambault, M. (2022). Étude économique et financière des stations de ski du Québec.
- 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. et Audet, S. (1997). À la recherche des skieurs alpins : la situation dans les Cantons-de-l'Est. *Téoros*, Vol. 16, no 1, printemps 1997, p. 28-31.
- Archambault, M., Morin, J., Chung, C. et ASSQ (2022). Étude économique et financière des stations de ski du Québec 21-22.
- Archambault, M. (2023).
- 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 \(gouv.qc.ca\)](https://www.quebec.ca/gouv/gc/assq/assq-ra-montage-webversionfinal9juin)
- ASSQ. (2021). Rapport annuel 2021-2022 [https://issuu.com/assq\\_maneige/docs/assq\\_ra\\_montage\\_webversionfinal9juin](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>
- ASSQ, Communication personnelle, Aubin, M. (9 janvier 2023). *Présentation sur la gestion de risque des stations de ski du Québec*. [virtuelle].
- 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
- 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>

- Bresson, É., et Biner, S. (2021). Évaluation de la neige au sol simulée par le MRCC5 pour la base de données de CROQ.
- 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.
- Buhalis, D. (2000), « Tourism and Information technologies: Past, present and future », *Tourism Recreation Research*, 25 (1), pp. 41-58.
- 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). OCARA Référentiel d'analyse de la résilience climatique des entreprises Guide méthodologique. <https://www.carbone4.com/guide-methodologique-ocara>
- Clarimont, S. et Vlès, V. (2008), *Tourisme durable en montagne -Entre discours et pratiques*, France : Éditions Afnor.
- Chuenchum P, Xu M, Tang W. Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield in the Lancang–Mekong River Using the Modified Revised Universal Soil Loss Equation and GIS Techniques. *Water*. 2020; 12(1):135. DOI:[10.3390/w12010135](https://doi.org/10.3390/w12010135)
- 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*, Volume 21, Issue 2, September 2017, Pages 117-130.
- Dae II, 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>
- 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.
- 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>
- Dérior, 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, issue C, p. 58-67, <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:touman:v:47:y:2015:i:c:p:58-67>.
- Duhamel, F.-X. (2022). Le sud du Québec manque d'eau. La Presse, 30 mai 2022.
- 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

Estoque, R. C., Ooba, M., Togawa, T., Yoshioka, A., Gomi, K., Nakamura, S., Tsuji, T., Hijioka, Y., Watanabe, M. et Kitahashi, M. (2022). Climate impact chains for envisaging climate risks, vulnerabilities, and adaptation issues. *Regional Environmental Change*, 22(4), 133. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01982-4>

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*.

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!>

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. (2018). La saisonnalité des produits touristiques hivernaux de plein air de la région de Charlevoix. Mémoire de maîtrise sous la direction de Pascale Marcotte. Université Laval, 127 p. [DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE \(ulaval.ca\)](https://www.gre.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. - a) Faits saillants de l'Atlas hydroclimatiques du Québec méridional. [Atlas hydroclimatique du Québec méridional \(gouv.qc.ca\)](https://www.gouv.qc.ca/)

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

Gouvernement du Québec. (2022) Appui de 22 M\$ pour la mise en place de nouvelles mesures appuyant la transition vers un tourisme plus responsable et durable. <https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/appui-de-22-m-pour-la-mise-en-place-de-nouvelles-mesures-appuyant-la-transition-vers-un-tourisme-plus-responsable-et-durable-39821>

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/WGIAR5-IntegrationBrochure\\_fr-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIAR5-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](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 »
- Ipsos (2023) Segmentation skieurs : les skieurs canadiens sous la loupe. Rapport pour ASSQ et Conseil canadien du ski, s.l., 71 p.
- 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>
- Institut de la statistique du Québec (2023), « Panorama des régions 2022 »
- 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. (2023). Sustainability of snowmaking as climate change (mal)adaptation: current and future water-energy-emissions associated with the Canadian ski industry. *Current Issues in Tourism*, 27(10). 1613–1630. <https://doi.org/10.1080/13683500.2023.2214358>
- Laflamme, C. (2021). Puits à sec: « C'est du jamais-vu ». *La Tribune*, 8 octobre 2021.
- 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). Le prix de l'enneigement sur les montagnes de ski. *Le Devoir*, 19 décembre. <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 présenté à la Direction des études de l'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*,
- 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
- 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.
- McCrary, 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.
- Mekis, É., Vincent, L. A. (2011). An overview of the second generation adjusted daily precipitation dataset for trend analysis in Canada. In *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 hydroclimatiques 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/PL-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 (2024). Guide de recommandations scientifiques visant à faciliter l'utilisation de projections climatiques (Version 1.0 2024-01-15)
- Ouranos (2023). Les portraits climatiques d'Ouranos pour le Québec. <https://portraits.ouranos.ca/fr>
- Ouranos (2015). Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos. 415 p.
- 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.
- 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*, (19) 6, 767-781, DOI: 10.1080/09669582.2010.544741
- 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
- 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*, 577-596.
- Scott, D., McBoyle, G., Minogue, A. (2007). Climate change and Québec's Ski Industry. *Global Environmental Change*, 17, 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., Rutty, 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). What's next in ski area technology? SAM – Ski Area Management, May 2023.
- SnowBrains. (2023). Powder 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. & Rutty, M. (2022). Impacts of climate change on mountain tourism: a review, *Journal of Sustainable Tourism*, 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)
- 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-Peček, 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., Pugnière-Saavedra F., Marcotte, P., & Bourdeau, L. (Dir.) *La communication touristique. Vers de nouvelles interfaces ?* Pp. 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 Syst. Sci. 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](https://doi.org/10.4000/soe.7778)
- Warren, F.J. et D.S Lemmen (éd.) *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatifs aux impacts et à l'adaptation*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2014, 286p.
- Yang, D., Kanae, S., Oki, T., Koike, T., & Musiaké, 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





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