

L'ADAPTATION DES STATIONS DE SKI FACE AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Par
William Gagnon

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Alexandre Langlois

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

MAI 2018

SOMMAIRE

Mots-clés : Changements climatiques, neige, réanalyse, station de ski, développement durable, adaptation, climat hivernal, écotourisme, contexte québécois

L'objectif est de quantifier les changements climatiques hivernaux du Mont Sutton, du Mont Orford, du Massif de Charlevoix et du Mont-Vidéo, quatre stations de ski québécoises. De par le fait même, évaluer les impacts sur ces stations et tenter de prévoir leurs conditions dans un avenir rapproché. C'est notamment en réponse à ces objectifs qu'il importe de comprendre l'adaptation des stations de ski face aux changements climatiques. Pour ce faire, la situation précaire des stations de ski du Québec et d'ailleurs a été démontrée. Il apparaît clair que celle-ci ne fait que s'envenimer. En effet, les données provenant du *North American Regional Reanalysis* ont été analysées de manière à étudier la situation des quatre stations. En plus de cela, des questionnaires ont permis de rendre compte de la réalité sur le terrain de deux de ces stations. Les températures augmentent, les précipitations augmentent et les vents changent. De manière générale, c'est le Mont-Vidéo, en Abitibi-Témiscamingue, qui est le plus assujéti aux changements climatiques. Le Massif de Charlevoix écope moins des effets de ces derniers alors que les deux stations du sud du Québec sont pourtant celles où les conditions de ski changent le plus drastiquement. Si les tendances observées se maintiennent, l'état de la situation des stations de ski pourrait devenir catastrophique.

Afin de remédier à la situation et de s'y adapter, les stations de ski ont accès à de nombreuses solutions. Dans une optique de développement durable, il est toutefois possible qu'advienne une restructuration du rôle premier de la station de ski, plutôt vers une station de villégiature multi saisons. Il existe donc des méthodes d'adaptation intéressantes, notamment par l'incorporation de l'évènementiel, l'augmentation et la diversification d'installations sportives ainsi que des services. Il est aussi envisageable de mitiger les effets des changements climatiques, par de nouvelles techniques ou l'amélioration des systèmes d'enneigements artificiels actuels par exemple, ou en offrant des passes de saisons multi stations. Enfin, dans une optique de constante amélioration, les stations de ski peuvent réduire leurs empreintes écologiques et devenir plus durables.

Il est certain que les changements climatiques affectent les stations de ski, et ce, tant au Québec qu'ailleurs dans le monde, notamment dans le reste de l'Amérique du Nord, en Bolivie, en Europe et en Océanie. Les gouvernements, les entreprises énergétiques, ainsi que les stations de ski, devront agir à l'unisson. D'importantes démarches doivent être prises afin que les stations de ski s'adaptent à ces changements.

SUMMARY

Keywords: Climate change, snow, reanalysis, ski station, sustainable development, adaptation, winter climate, ecotourism, Quebec context

The objective is to quantify winter climate changes of Mont Sutton, Mont Orford, the Massif de Charlevoix and Mont-Vidéo, four ski resorts in Quebec. By doing so, evaluate the impacts on these stations and try to predict the conditions in the near future. It is vastly in response to these objectives that it is important to understand the adaptation of ski resorts to climate change. To do this, the precarious situation of ski resorts in Quebec and elsewhere has been demonstrated. It is clear that it is only getting worse. In fact, data from the North American Regional Reanalysis were analyzed to study the situation of the four stations. In addition to this, questionnaires were used to reflect the reality on the ground of two of these stations. Temperatures increase, precipitations increase and winds change. In general, Mont-Vidéo, in Abitibi-Timiskaming, is the most subject to climate change. The Massif de Charlevoix is less affected than the latter while the two resorts in southern Quebec are those where ski conditions change the most drastically. If the observed trends continue, the state of the ski resorts could become catastrophic.

In order to remedy the situation and adapt to it, ski resorts have access to numerous solutions. However, in the context of sustainable development, it is possible that the primary role of the ski resort will be restructured, rather to a multi-season resort. There are therefore interesting adaptation methods, including the incorporation of events, the increase and diversification of sports facilities and services. It is also possible to mitigate the effects of climate change, by new techniques or the improvement of current artificial snowmaking systems for example, or by offering multi-station season passes. Finally, in a constant improvement mentality, ski resorts can reduce their ecological footprints and become more sustainable.

It is certain that climate change is affecting ski resorts, both in Quebec and elsewhere in the world, in the rest of North America, in Bolivia, in Europe and in Oceania among others. Governments, energy companies and ski resorts will have to act in unison. Important steps must be taken to ensure that ski resorts adapt to these many changes.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ceux et celles qui m'ont accompagné de près ou de loin dans la rédaction de cet essai. Ça n'a pas toujours été facile.

Merci d'abord et avant tout à Alexandre Langlois, pour ton aide, ton écoute, ta compréhension, ta rapidité d'exécution, ton encadrement, ta disponibilité et le partage de tes connaissances. Cet essai est aussi le tien.

Merci à mes parents, de m'avoir écouté, de m'avoir enduré, de m'avoir encouragé, de m'avoir permis de réfléchir davantage et de m'avoir appuyé pendant la rédaction de cet essai. Non pas juste durant la rédaction de cet essai, mais au cours des 24 dernières années, vous avez toujours été là pour moi et j'en suis plus que reconnaissant. Cet essai est aussi le vôtre.

Merci à mes amis d'avoir été là, de m'avoir fait rire, de m'avoir vous aussi, endurer, de m'avoir fait procrastiner, ou non, pendant ces nombreux mois à rédiger ce grand travail. Merci particulièrement à Raphaël, Alex, Étienne, Sophie et Renaud pour votre écoute, votre aide et votre contribution, quelle qu'elle soit, à la rédaction de ce dernier travail universitaire (probablement...). Cet essai est aussi le vôtre.

Merci à tous ceux et celles qui m'ont appris à persévérer dans la vie. À ceux et celles qui m'ont appris à réfléchir, à poser des questions, à m'intéresser, à être plus heureux malgré mon cynisme, à développer des compétences et à m'avoir permis de faire des erreurs. Sans les nombreuses personnes que j'ai croisées au fil des ans, qui m'ont marqué un peu, beaucoup, passionnément, c'est aussi grâce à vous que je suis ici aujourd'hui. Cet amalgame de circonstances, d'heureux ou de tristes hasards, d'incongruités et de paroles échangées, m'a permis d'atteindre quelque chose de grandiose. Cet essai est à vous tous.

Merci aussi à Monsieur Jean-Michel Ryan et au Mont Sutton, et à Monsieur Simon Blouin et au Mont Orford, d'avoir pris le temps de répondre à mes questions. Votre aide m'a été précieuse.

Finalement, un grand merci à ceux et celles qui liront cet essai. Même si vous ne lisez qu'une seule phrase, un seul mot, sachez que c'est de moi. Pour terminer en beauté, je vais faire jouer du Jack Johnson, me faire dorer par les chauds rayons du Soleil et en boire une à la vôtre!

Merci.

William Gagnon, M. Env.

TABLES DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. CADRE THÉORIQUE.....	6
1.1 Ski en période de changements climatiques.....	6
1.2 Situation des stations de ski	7
1.3 Sites d'études	8
1.4 Questions de recherche et hypothèses	11
2. MÉTHODOLOGIE	12
2.1 Collecte et analyse de données climatiques	12
2.1.1 Données de réanalyse.....	12
2.2 Questionnaire.....	13
3. RÉSULTATS DES TENDANCES CLIMATIQUES.....	15
3.1 Résultats.....	16
3.1.1 Janvier.....	16
3.1.2 Février.....	22
3.1.3 Mars.....	28
3.2 Analyse.....	34
3.2.1 Janvier.....	34
3.2.2 Février.....	35
3.2.3 Mars.....	36
3.3 Discussion	37
3.4 Projections futures	41
3.5 Limites méthodologiques	43
4. ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	45
4.1 Méthodes d'adaptation	45
4.1.1 Évènementiel.....	47

4.1.2	Installations sportives.....	48
4.1.3	Augmentation des services	50
4.2	Méthodes de mitigation	52
4.3	Méthodes de durabilité	55
CONCLUSION.....		59
RÉFÉRENCES.....		62
ANNEXE 1 RÉPONSES DU MONT SUTTON AU QUESTIONNAIRE.....		70
ANNEXE 2 RÉPONSES DU MONT SUTTON AU QUESTIONNAIRE.....		73

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.2	Vue modélisée en 3D du Mont Sutton	8
Figure 1.3	Vue modélisée en 3D du Mont Orford	9
Figure 1.4	Vue modélisée en 3D du Massif de Charlevoix.....	10
Figure 1.5	Vue modélisée en 3D du Mont-Vidéo	10
Figure 3.1	Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de janvier.....	16
Figure 3.2	Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de janvier.....	19
Figure 3.3	Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de janvier..	21
Figure 3.4	Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de février	23
Figure 3.5	Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de février	25
Figure 3.6	Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de février ..	27
Figure 3.7	Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de mars.....	29
Figure 3.8	Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de mars.....	30
Figure 3.9	Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de mars.....	32
Tableau 3.1	Variation des tendances météorologiques pour les années 2050, 2075 et 2010	42
Tableau 4.1	Type d'installations sportives et exemples	48

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ASSQ	Association des stations de ski du Québec
CIO	Comité international olympique
FIS	Fédération internationale de ski
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
MDDELCC	Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques
NARR	<i>North American Regional Reanalysis</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NCEI	<i>National Centers for Environmental Information</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Program</i>
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
WTO	<i>United Nations World Tourism Organization</i>

INTRODUCTION

Les changements climatiques sont devenus l'un des thèmes les plus discutés de notre époque. Que ce soit d'entendre qu'ils n'existent pas, ou encore qu'ils causent tous les maux de la Terre, il va s'en dire qu'ils ne laissent personne indifférent. Reste-t-il que les changements climatiques existent bel et bien et que les activités anthropiques expliquent en partie le réchauffement actuellement observé (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2013). En effet, environ 97 % des scientifiques témoignent de l'existence des changements climatiques, et s'entendent sur le fait que ceux-ci sont créés, ou du moins accentués par l'activité humaine (National Aeronautics and Space Administration [NASA], s. d.). Cependant, il est important de comprendre que le climat est différent de la variabilité météorologique. En effet, la causalité entre un hiver comme celui vécu au Québec en 2018 et les changements climatiques est une assomption dangereuse à effectuer. Le climat se définit comme étant l'« [e]nsemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné » (*Le Dictionnaire Larousse*, s. d.a). L'accent sur le terme *ensemble* est primordial. Alors que la météorologie, science qui étudie la météo, s'intéresse aux « [...] phénomènes affectant la partie la plus basse de l'atmosphère terrestre (ou troposphère) » (*Le Dictionnaire Larousse*, s. d.b) et sont habituellement de plus courte durée.

De manière générale, les changements climatiques liés à l'activité humaine sont principalement causés par les gaz à effets de serre, ou GES. Ces gaz sont présents à l'état naturel dans l'atmosphère, mais leur concentration est accentuée par l'activité humaine, notamment par le transport et l'agriculture. Selon le Protocole de Kyoto, il y aurait plusieurs gaz qui seraient principalement mis en cause, dont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), etc. (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2014). Ces changements causent aussi un nombre important de problèmes environnementaux, sociétaux et économiques tels l'augmentation de l'occurrence de désastres naturels, l'érosion côtière, la présence d'espèces exotiques envahissantes ou encore, la fonte des calottes polaires. Bien entendu, des acteurs tentent de trouver des moyens de mitigations et d'adaptations aux effets néfastes des changements climatiques. En effet, plusieurs entreprises et gouvernements tentent de plus en plus de revoir leurs fonctionnements afin de diminuer leurs participations à ces changements. Qu'est-ce que cela veut donc dire au Canada et plus particulièrement au Québec?

Comme sur l'ensemble de la planète, il faut penser que les changements climatiques ont un impact global. Au Québec, ces répercussions sont nombreuses et les phénomènes extrêmes de perturbations naturelles ont un coût économique réel très important. Par exemple, la tempête du verglas de 1999 a coûté plusieurs milliards de dollars (Ressources naturelles Canada, 2015). Cette perspective est peu encourageante lorsqu'il est admis que les températures au Canada augmenteront près de deux fois plus rapidement que la moyenne mondiale. En effet une augmentation mondiale de 2 °C représentera une augmentation de 3 à 4 °C au Canada (Gouvernement du Canada, 2017). Par conséquent, il est attendu que le Canada connaîtra davantage de feux de forêts, de perte de pergélisol, d'intensification de ses tempêtes, de vagues de chaleurs, de bris d'infrastructures, etc. (Gouvernement du Canada, 2017). De plus, ces changements auront des effets sur la biodiversité et sur la santé des Canadiens. Certaines espèces animales se déplaceront de plus en plus vers le Nord (Berteaux, Casajus et De Blois, 2015), et la présence d'espèces exotiques envahissantes augmentera en raison de leur meilleure adaptabilité aux variations de température (Hellmann, Byers, Bierwagen et Dukes, 2008). Les îlots de chaleur urbains seront plus grands et plus néfastes pour la santé des citoyens, surtout durant les périodes de chaleurs extrêmes (Institut national de santé publique du Québec, 2010). Ce sont quelques exemples des impacts négatifs des changements climatiques ici au Canada qui sont, malheureusement, semblables à plusieurs endroits.

Dans le cadre de cet essai, ce sont toutefois les changements climatiques hivernaux qui seront mis de l'avant. La fonte des glaciers, la perte de glace de mer, les aérosols de carbone noir sont tous des éléments qui accentuent les changements climatiques via une boucle de rétroaction positive sur l'albédo de la surface (notamment sur la neige). Par exemple, une réduction de glace de mer entraînera une réduction de l'albédo favorisant ainsi l'absorption d'énergie solaire par la surface (i.e. réchauffement). L'albédo étant selon *Le Dictionnaire Larousse* (s. d.c): « Fraction de l'énergie de rayonnement incidente qui est réfléchi ou diffusée par un corps, une surface ou un milieu ». L'eau réchauffée par cette rétroaction entraînera une création de glace de mer tardive et ainsi une glace plus mince, comme la période de croissance devient réduite. Les aérosols de carbone noir quant à eux, entraînent aussi une rétroaction positive en absorbant l'énergie solaire et accélérant la fonte du couvert nival (Serreze et Barry, 2011). Il est indéniable de lier la précarité de certaines espèces telles l'ours polaire, les caribous, le bœuf musqué et autres animaux dont l'habitat dépend des conditions hivernales aux changements climatiques (Post et al., 2013).

Ceci étant dit, la neige demeure la variable d'état la plus affectée par le réchauffement climatique actuel. En effet, la formation de cristaux de neige, ainsi que leur taux de précipitations et accumulation dépendent fortement des températures, des vents et de la pression atmosphérique (Libbrecht, 2005). Combinée aux

fluctuations atmosphériques, la qualité de la neige peut grandement varier spatialement et temporellement. Au Québec, cette situation peut avoir de nombreuses répercussions sur l'écotourisme, et le tourisme d'aventure. L'écotourisme se définit comme étant l'« [e]nsemble des activités touristiques pratiquées en milieu naturel dans le respect de l'environnement, et contribuant au développement de l'économie locale » (*Le Dictionnaire Larousse*, s. d. d), ce qui implique qu'un souci est accordé à la pérennité des activités pratiquées. Durant l'hiver, nous pouvons penser aux chiens de traîneaux, à la motoneige, au ski de fond, au patinage sur glace, au ski alpin et ainsi de suite (Tourisme Québec, 2002). Comme le chante Gilles Vigneault dans sa chanson *Mon Pays*, « Mon pays ce n'est pas un pays, c'est l'hiver » (Genius, 2018). Gilles Vigneault faisant ici référence au Québec comme étant un pays. Reste-t-il que dans l'imaginaire collectif, le Québec est un lieu de froid, de neige et de sports d'hiver.

Plus particulièrement chez nous, il est clair que les changements climatiques auront un impact majeur sur les stations de ski du Québec (Dawson et Scott, 2013; Scott, Dawson et Jones, 2008; Scott et McBoyle, 2007; Scott, McBoyle et Minogue, 2007; Steiger et Mayer, 2008). Déjà en 1980, certains chercheurs s'étaient intéressés à la question. Les prévisions n'étaient pas très encourageantes où il a été chiffré que la durée de la saison de ski pourrait diminuer de 42 % à 87 % (Lamothe et Périard Consultants, 1988), bien que cette étude ne considérait pas l'enneigement artificiel. Une étude menée aux États-Unis démontre même que si les changements climatiques continuent de s'accroître au même rythme, seulement 10 % des stations de ski aux États-Unis ouvriront pour la période des Fêtes en 2090 (Wobus et al., 2017). Les prédictions de saisons de ski désastreuses ne s'appliquent pas seulement en Amérique du Nord, mais aussi en Europe (Elsasser et Brki, 2002), en Océanie (Hendrikx, Zammit, Hreinsson et Becken, 2013) et en Amérique du Sud (Kaenzig, Rebetez, et Serquet, 2016). L'industrie du ski alpin au Québec représente plus de 800 millions de dollars canadiens, et génère près de 33 000 emplois (Association des stations de ski du Québec [ASSQ], 2017a). Ce sont des chiffres significatifs, toutefois, plusieurs stations éprouvent déjà des difficultés financières et certaines devront probablement fermer si la tendance se maintient (Fragasso-Marquis, 2017, 27 novembre). Bien que cela soit vrai, il y a un manque de connaissances par rapport aux résultats précis de certaines stations. Certes, les médias exposent les problèmes des stations de ski de manière générale, mais est-ce la même chose partout au Québec? C'est dans cette optique que cet essai s'inscrit.

Cet essai analysera les données météorologiques de différentes stations de ski au Québec, soit : le Mont Sutton, le Mont Orford, le Massif de Charlevoix ainsi que le Mont-Vidéo. Ces dernières doivent travailler continuellement pour être en mesure de survivre au réchauffement et se renouveler en diversifiant leurs

activités. Chaque hiver est différent, et cette année est un exemple des variations de température qui seront sans doute de plus en plus fréquentes dans les prochaines années. Cette résilience des stations de ski est donc le thème de cet essai : l'adaptation des stations de ski face aux changements climatiques. Ce sujet s'inscrit dans une vision optimiste de l'avenir de l'écotourisme hivernal. Surtout concentré sur l'analyse de stations de ski québécoises, mais prenant des exemples d'ailleurs, l'essai permettra de rendre compte des changements de conditions de neige de 1979 à 2016 sur quatre stations du Québec. L'objectif principal de cet essai est donc de quantifier les changements climatiques hivernaux pour quatre stations de ski québécoises. Deux objectifs spécifiques en découlent. Premièrement, il s'agit d'évaluer quels sont les impacts de ces changements sur les stations de ski et deuxièmement, de tenter de prévoir les conditions dans un avenir rapproché.

D'un point de vue méthodologique, la première étape de cet essai consistait à extraire les données météorologiques du *North American Regional Reanalysis* (NARR) (Mesinger et al., 2006) des quatre stations à l'étude, de 1979 à 2016. Ces données vont être étudiées, discutées et comparées aux réponses d'un questionnaire de dix questions livré à chacune des stations. Enfin, par une recherche documentaire, il a été possible de mieux comprendre comment les stations de ski pouvaient, ou pourront, s'adapter aux changements climatiques. Les données recueillies provenaient principalement de données météorologiques et d'articles divers. Dans le processus de sélection de ces documents, certains critères ont été utilisés afin d'obtenir les sources adéquates. En ce sens, l'année de publication, la portée géographique de l'étude ainsi que le sujet ont été évalués. Les documents publiés après 2005 ont été privilégiés, les documents datant d'avant n'ont toutefois pas été écartés pour autant. Compte tenu des sections où les sources ont été utilisées, la portée géographique était différente. En effet, certaines couvraient l'Amérique latine pour rendre compte de leur modèle d'adaptation, alors que d'autres s'intéressaient au Québec. Le sujet était pertinent à la recherche, et évalué subjectivement. Enfin, les textes ont été sélectionnés en français ou en anglais. Les documents ont été explorés et parcourus au départ, et les sections importantes, observées plus en profondeur. Un questionnaire a été confectionné et envoyé à des employés de stations de ski.

L'essai sera principalement divisé en quatre grandes sections, le cadre théorique, la méthodologie, les résultats de l'analyse climatique ainsi que l'adaptation aux changements climatiques. Comme son nom l'indique, le cadre théorique explorera la théorie derrière le sujet en question, en présentant d'abord le ski alpin en période de changements climatiques. Cette section traitera aussi de la situation des stations de ski du Québec et d'ailleurs. Par la suite, il sera important de présenter dans leur ensemble les quatre

stations de ski étudiées. Enfin, les questions de recherche et leurs hypothèses serviront de clôture à cette section. Le titre de la seconde section parle de lui-même, la méthodologie. Il sera là question de la technique utilisée pour réaliser l'analyse sur laquelle porte cet essai. En premier lieu, la méthodologie traitera de la collecte et de l'analyse des données climatiques. Pour ce faire, ce sont les données de réanalyse NARR qui seront utilisées, et qui seront expliquées plus en profondeur. La présentation et l'explication du questionnaire conçu spécialement pour cet essai seront présentées dans cette section. La troisième section portera sur l'analyse climatique. Elle présentera d'abord les résultats obtenus pour les mois de janvier, février et mars. Suite à cela, ces résultats seront analysés en fonction des trois mois énoncés. Cette analyse laissera place à une discussion de la situation au Québec, ce qui permettra de prendre conscience d'un quatrième élément, soit les projections futures. Afin d'apprécier et nuancer les résultats obtenus dans cette analyse, les limites méthodologiques de cette dernière seront expliquées. Enfin, la quatrième section de cet essai traitera de l'adaptation aux changements climatiques. Cette section, plus qualitative et basée sur des notions de développement durable et d'urbanisme, proposera des méthodes d'adaptation, concernant l'évènementiel, l'ajout d'installations sportives et l'augmentation des services, mais aussi des méthodes de mitigation et de durabilité.

1. CADRE THÉORIQUE

Le cadre théorique permettra de rendre compte de la théorie nécessaire à la compréhension de cet essai. En ce sens, il sera d'abord question du ski alpin en période de changements climatiques, le lien entre le ski et ces changements, ainsi que de la signification de ces effets sur la qualité de la neige et des stations de ski. La seconde partie du cadre théorique s'intéressera à la situation des stations de ski d'ici et d'ailleurs. Les sites d'études seront par la suite décrits dans leur ensemble et finalement, les questions de recherches et leurs hypothèses seront présentées.

1.1 Ski en période de changements climatiques

Le ski alpin est un sport de glisse qui existe depuis fort longtemps. En effet, selon le Comité international olympique (CIO), des traces de ce sport remontent à environ 7500 ans av. J.-C. Toutefois, la naissance du ski alpin dit moderne s'inscrit plutôt en 1850 (CIO, 2018). Il va s'en dire que depuis les tout débuts, le ski alpin a beaucoup changé. Il s'est adapté aux technologies, aux gens qui le pratiquent, ainsi qu'à diverses disciplines, que ce soit en saut, en course, en *freestyle*, en *freeride*, etc. Toutefois, depuis 1850, les conditions hivernales ont beaucoup changé. Selon la *United Nations World Tourism Organization* (WTO) et le *United Nations Environment Program* (UNEP), le ski alpin est l'un des secteurs touristiques les plus vulnérables aux changements climatiques (2008). Pour Bicknell et McManus (2006), le ski alpin se compare au canari dans les mines, ce petit oiseau qui permettait aux mineurs de détecter la présence d'émanation de gaz toxiques (Histoires oubliées, s. d.). En effet, le ski alpin est selon eux, le premier indicateur des changements climatiques qui affectent le tourisme.

En période de changements climatiques, la WTO et l'UNEP estiment que la diminution du couvert de neige ainsi que la diminution des glaciers annoncent plusieurs impacts négatifs : le manque de neige aux destinations, l'augmentation des coûts de fabrication de neige, la diminution des saisons d'activités ainsi que sur l'esthétique des paysages (2008). La hausse des précipitations liquides (pluie-sur-neige) est aussi un problème dans plusieurs régions. En augmentant la quantité d'eau dans la neige, celle-ci se réchauffe plus facilement et perd ses propriétés d'isolation. Aussi, lorsque les températures diminuent, pendant la nuit par exemple, cette neige mouillée gèle plus rapidement ayant un impact négatif sur la qualité du ski. Les impacts sont aussi très dommageables pour les écosystèmes, puisque les animaux n'ont plus accès aux sols en raison des couches de glace plus épaisses (Dolant et al., sous presse; Langlois et al., 2017). Les modifications de la neige causées par les changements climatiques augmentent aussi le nombre d'avalanches, puisque les couches ont plus de difficultés à se superposer solidement. (Bellaire, Jamieson

et Statham, 2013). Les effets des changements climatiques qui affectent le ski alpin sont donc des plus inquiétants pour l'industrie. Rappelons qu'au Québec, elle représente plus de 800 millions de dollars canadiens, et génère près de 33 000 emplois directs (ASSQ, 2017a).

1.2 Situation des stations de ski

Au Québec comme ailleurs, les stations de ski vivent plusieurs difficultés. Bien que l'ASSQ enregistre une hausse de 15,6 % de l'achalandage pour l'année 2016-2017 comparée à l'année 2015-2016 (2017 b), la tendance globale tend vers une diminution. En effet, comme le montre le graphique suivant (Figure 1.1), démontrant l'achalandage en milliers de jours-ski, malgré un regain de popularité au début des années 2000, la clientèle se fait moins présente depuis 2007. Les hivers sont plus variables, ce qui est probablement une conséquence à court terme directe.

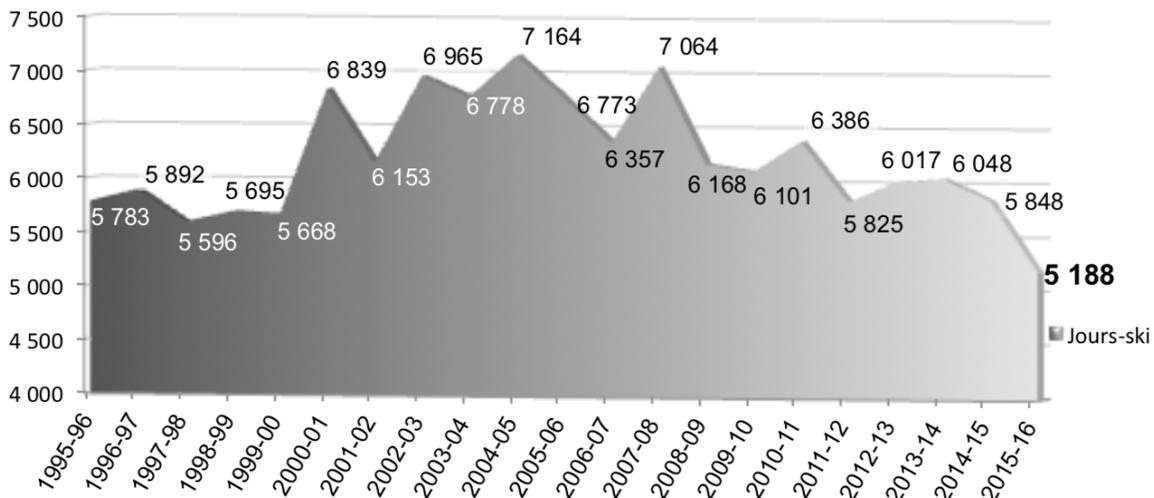


Figure 1.1 Achalandage en milliers de jours-ski au Québec (Tiré de Archambault, Nguyen, Morin et ASSQ, 2016, p. 4.)

Ce qui est certain : les stations de ski au Québec souffrent (Hébert, 2018, 14 mars; Turmel, 2018, 23 février). De sorte qu'en 2017, la ministre du Tourisme a investi plus de 86 millions de dollars supplémentaires, permettant à plusieurs stations de ski d'obtenir une aide de 15 millions (ASSQ, 2017a). La neige artificielle est devenue une nécessité pour les stations de ski, malgré le fait qu'elle engendre des dépenses substantielles en termes d'énergie. En 2007, 60 % des stations de ski du Sud du Québec

utilisaient l'enneigement artificiel pour couvrir de 50 à 90 % de leur territoire (Scott, McBoyle et Minogue, 2007).

Ailleurs, en Suisse par exemple, on estime que seulement 44 % des stations pourront survivre seulement par l'enneigement naturel. En effet, le niveau couvert de neige naturelle passera de 1 200 à 1 800 mètres selon les estimations (Elsasser et Brki, 2002). Aussi, la station de ski de Chacaltaya en Bolivie, la plus haute station du monde, n'existe déjà plus. Située à 5 375 mètres, le glacier sur lequel était située la station n'était plus qu'un petit amoncèlement de neige, et la station a dû mettre fin à ses activités en 2009 (Snow-Forecast.com, 2017). En Océanie, d'ici 2090, on annonce que la neige diminuera de manière significative (Hendrikx, Zammit, Hreinsson et Becken, 2013).

1.3 Sites d'études

Quatre domaines skiables seront utilisés aux fins de cet essai : le Mont Sutton, le Mont Orford, le Massif de Charlevoix ainsi que le Mont-Vidéo. Ces quatre stations se situent dans différents environnements, et seront présentées dans leur ensemble au niveau géophysique, géographique et du domaine skiable.



Figure 1.2 Vue modélisée en 3D du Mont Sutton (Inspiré de Google Maps, 2017a)

Le Mont Sutton (Figure 1.2), est une station de ski située dans le sud-est du Québec, non loin de la frontière américaine. Une montagne estrienne située dans les Appalaches. Précisément, ses coordonnées géographiques sont 45°6'17'' Nord et 72°33'42'' Ouest (coordonnees-gps.fr, s. d.). Le Mont Sutton compte 60 pistes de ski et 10 remontées mécaniques. Il fait 860 mètres d'altitude et offre un dénivelé de 460 m. (Mont Sutton, 2018a). Historiquement, la moyenne hivernale c'est-à-dire des mois de janvier, février et mars est de -6 °C (Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC], 2018; Mont Sutton, 2018a).

La station de ski du Mont Orford (Figure 1.3) quant à elle est aussi située en Estrie, donc dans les Appalaches. Sa position géographique est 45°19'3'' Nord et 72°13'16'' Ouest (coordonnees-gps.fr, s. d.). Ce centre de ski compte 62 pistes et 8 remontées mécaniques. La montagne a une altitude de 850 mètres et un dénivelé de 589 mètres. En moyenne, les températures hivernales sont de -9,6 °C en janvier, -8,2 °C en février et de -2,9 °C en mars (Mesinger et al., 2006; Ski Mont Orford, 2018a).

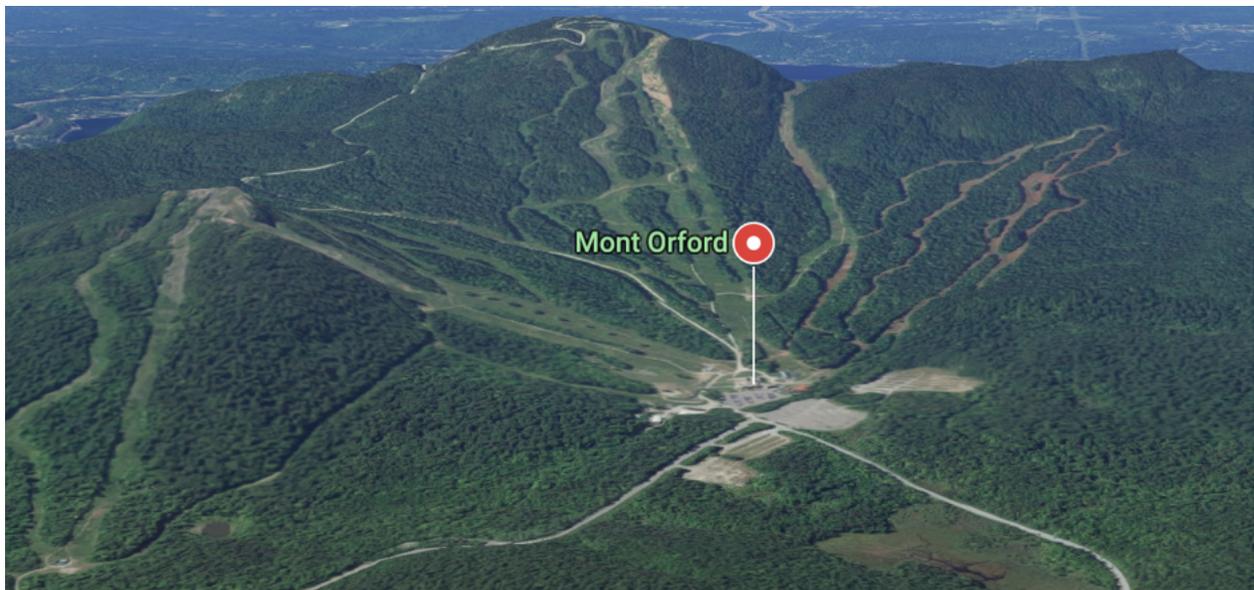


Figure 1.3 Vue modélisée en 3D du Mont Orford (Inspiré de Google Maps, 2017b)

Le Massif de Charlevoix (Figure 1.4) est situé dans la région de Charlevoix. C'est le plus haut dénivelé à l'est des Rocheuses canadiennes avec 770 mètres, son sommet se trouvant à 806 mètres. Le Massif compte 52 pistes et 7 remontées mécaniques. Il se situe très exactement aux coordonnées suivantes : 47°16'45'' Nord et 70°36'32'' Ouest. Le Massif est localisé près de la capitale nationale et offre une vue spectaculaire sur

le fleuve du Saint-Laurent. La température hivernale moyenne se trouve à être aux alentours de $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
(Le Massif de Charlevoix, s. d.)



Figure 1.4 Vue modélisée en 3D du Massif de Charlevoix (Inspiré de Google Maps, 2017c)



Figure 1.5 Vue modélisée en 3D du Mont-Vidéo (Inspiré de Google Maps, 2017d)

Le Mont-Vidéo (Figure 1.5) est une station de l'Abitibi-Témiscamingue, dans l'ouest du Québec. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : 48°24'55" Nord et 77°46'53" Ouest. C'est un mont plus petit, avec seulement 20 pistes, 3 remontées mécaniques et un dénivelé de 107 mètres. Non loin de la ville de Val d'Or, la température moyenne hivernale moyenne est d'environ -15,2 °C en janvier, -13,7 °C en février et de -7,9 °C en mars. (Corporation Mont-Vidéo, 2015 ; Mesinger et al., 2006).

1.4 Questions de recherche et hypothèses

Évidemment, bien que le thème de cet essai porte sur l'adaptation des stations de ski face aux changements climatiques, plusieurs hypothèses doivent surgir de ce dernier afin d'obtenir des réponses plus concrètes à la réalité de la situation. Pour ce faire, trois questions sont posées ainsi que leurs trois hypothèses. Au cours de cet essai, il sera donc nécessaire de tenter de répondre aux trois questions suivantes :

1. Quelle a été l'évolution des conditions hivernales au Québec depuis 1979 dans les quatre stations à l'étude? À cela, l'hypothèse est comme suit : sous la pression des changements climatiques, les hivers se sont réchauffés, ce qui aura mené à une réduction de la durée d'enneigement naturel.
2. Est-ce que les changements climatiques ont eu un impact sur le ski alpin comme activité récréotouristique? L'hypothèse étant la suivante : les stations de ski ont des situations économiques de plus en plus précaires.
3. Est-ce que la situation est généralisée au Québec? La réponse à cette question pour l'instant veut que les stations plus au nord soient moins affectées que celles situées plus au sud.

2. MÉTHODOLOGIE

La présente section portera donc sur les étapes de la méthodologie employée aux fins de cet essai. Il sera question de la collecte ainsi que de l'analyse des données climatiques, présentant donc les données de réanalyse NARR. Enfin, le questionnaire envoyé aux stations sera présenté.

2.1 Collecte et analyse de données climatiques

La première étape de cet essai a été d'effectuer la collecte des données climatiques NARR, des quatre stations de ski à l'étude pour la période 1979 à 2016. Une fois ces données extraites et compilées, elles ont été analysées de manière à considérer la variabilité climatique depuis 1979 des quatre stations. De plus, cette analyse fera la lumière sur les différents impacts qu'a le réchauffement sur les activités de ski, tout en permettant de prévoir l'évolution des conditions dans un avenir rapproché.

2.1.1 Données de réanalyse

NARR est un produit de données météorologiques qui provient de données de simulations corrigées avec des observations de surface (i.e. stations météorologiques). Les données du NARR incluent de nombreuses variables météorologiques disponibles pour plusieurs altitudes isobariques depuis 1979. Les résultats sont comptabilisés aux trois heures et sur une superficie de 32 x 32 km (1024 km²) (Mesinger et al., 2006).

Le traitement des données s'est effectué comme suit. Elles ont d'abord été extraites du site du *National Centers for Environmental Information* (NCEI) selon les coordonnées géographiques des stations de ski à l'étude. Les trois paramètres qui nous intéressaient étaient :

- la température de l'air à 2 m en kelvin ;
- les précipitations cumulées en millimètres ;
- la vitesse du vent en mètres par seconde.

Par la suite, une fois sur le logiciel *Microsoft Excel*, les données ont été classifiées par saison de manière à ne couvrir que les mois d'hiver, soit janvier, février et mars, de 1979 à 2016. La moyenne de la température pour chaque mois de chaque année a été effectuée pour les quatre stations. Afin de rendre l'information plus accessible, la température moyenne obtenue a été convertie en degrés Celsius avec la formule :

$$C^{\circ} = \text{deg } K - 273,5$$

En ce qui concerne les précipitations, la moyenne de chaque mois, pour chaque année et chaque station a dû être établie. De sorte que les huit créneaux, puisque pris aux trois heures, ont été additionnés. Enfin, le résultat a été divisé par un facteur de dix, pour obtenir le résultat final en centimètres, ce qui est plus courant lorsque l'on se penche sur les précipitations de neige dans les centres de ski. Finalement, pour ce qui est de la vitesse du vent, une moyenne mensuelle, par année, par station, a aussi dû être calculée. À partir de ces résultats, il a été possible de créer les graphiques appropriés pour illustrer l'évolution temporelle des variables à l'étude. Ces graphiques ont été la base de l'analyse.

2.2 Questionnaire

En deuxième lieu, en plus des données NARR, un questionnaire de dix questions a été envoyé par courriel à des employés des quatre stations de ski étudiées. Le questionnaire envoyé au Mont Sutton a été retourné par courriel, rempli par M. Jean-Michel Ryan, alors que celui du Mont Orford a été rempli avec la personne-ressource, M. Simon Blouin, sur son lieu de travail (Annexes 1 et 2). Les résultats du Massif de Charlevoix ainsi que du Mont-Vidéo n'ont pas pu être recueillis. L'analyse a donc été conduite par rapport aux réponses des deux stations aux dix questions suivantes :

1. Quel est votre nom et votre rôle dans l'entreprise?
2. Utilisez-vous l'enneigement artificiel sur la montagne? Si oui, combien avez-vous de canons à neige?
3. Avez-vous changé ou ajouté des canons à neige sur la montagne dans les dernières années? Si oui, combien et pourquoi?
4. Vous estimez que les frais d'enneigement artificiels représentent quel pourcentage de vos coûts opérationnels annuels?
5. Est-ce que ce pourcentage est en augmentation depuis les 15 dernières années? Si oui, pourquoi?
6. La période nécessitant l'enneigement artificiel s'est-elle allongée depuis les 15 dernières années? Elle s'étend de quelle date à quelle date?
7. Avez-vous une politique de développement durable, ou à défaut, est-ce que la composante environnementale est considérée dans les prises de décisions de la station?
8. Vous sentez-vous affecté par les changements climatiques? Si oui, sous quelle(s) forme(s) ou dans quelle(s) mesure(s)?
9. Avez-vous un budget dédié à l'adaptation aux changements climatiques?

10. Croyez-vous que l'ajout d'activités autres que le ski alpin est un moyen intéressant de s'adapter aux changements climatiques?

Les réponses obtenues (Annexes 1 et 2) auront permis de rendre compte de la situation des deux stations de ski, telle qu'observée par des individus. En ce sens, selon la construction de certaines questions, des opinions étaient attendues, de sorte que la subjectivité des répondants est importante à prendre en considération. Les données tangibles obtenues par ces questionnaires ont permis de comparer les informations provenant de NARR pour une période plus récente.

3. RÉSULTATS DES TENDANCES CLIMATIQUES

Cette section, comme son nom l'indique, portera sur l'analyse des tendances climatiques observées sur les quatre stations de ski québécoises à l'étude. Ces quatre stations sont les suivantes : le Mont Sutton, le Mont Orford, le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo. Deux de ces quatre stations, soit le Mont Sutton et le Mont Orford, se trouvent au sud du Québec, dans une zone climatique dite modérée selon le MDDELCC. Le Massif de Charlevoix quant à lui se situe plus à l'est, à proximité du fleuve Saint-Laurent. Toujours selon le ministère, la zone climatique dans laquelle se situe le Massif est classifiée comme étant subpolaire. Enfin, le Mont-Vidéo, plus à l'ouest, en Abitibi-Témiscamingue, se trouve lui aussi dans une zone subpolaire (MDDELCC, 2001).

Ces stations ont été sélectionnées pour différentes raisons. Le Mont Sutton, en raison de la réputation de son microclimat (Mont Sutton, 2018b). Le Mont Orford, a été choisi en raison de sa proximité du Mont Sutton, mais ne possédant pas de microclimat, il offre donc une comparaison intéressante. Le Massif de Charlevoix quant à lui, a été sélectionné pour son dénivelé le plus élevé à l'est des Rocheuses, pour son microclimat ainsi que pour sa proximité avec une très grande étendue d'eau, soit le fleuve Saint-Laurent (Le Massif de Charlevoix, s. d. ; Ski Québec City + Charlevoix, s. d.). Le Mont-Vidéo a finalement été sélectionné parce qu'il est plus au nord, dans une région où les températures sont généralement plus froides pour ainsi voir si, malgré tout, une station à plus faible élévation pouvait se comparer aux trois autres.

Tel qu'énoncé précédemment, les trois variables observées pour mener l'étude sont la température atmosphérique, les précipitations ainsi que la vitesse du vent. À partir de ces trois variables, des graphiques ont été conceptualisés de manière à mieux les analyser. Les résultats seront séparés en trois sections distinctes, soit en fonction des trois mois à l'étude : janvier, février et mars. Les graphiques présenteront donc les données réanalysées du NARR de 1979 à 2016 (Mesinger et al., 2006), offrant un échantillonnage de taille. Rappelons que les données sont recueillies à intervalle régulier de trois heures. Suite à la description des graphiques, il sera question de l'analyse de ces données. C'est notamment dans cette section qu'il sera utile d'établir des liens avec le questionnaire conçu spécifiquement pour cet essai, rappelons que ces résultats proviennent du Mont Sutton et du Mont Orford uniquement. Afin d'offrir un aperçu du futur des changements climatiques, un autre point portera sur les projections pouvant être tirées. Finalement, les limites méthodologiques de l'analyse graphique seront présentées.

3.1 Résultats

Il sera question ici de présenter les résultats, sous forme de tableau, des variables de températures, de précipitations et de la vitesse du vent en fonction des mois de janvier, février et mars de 1979 à 2016. Pour l'ensemble des résultats, ils seront arrondis au dixième près.

3.1.1 Janvier

Le premier graphique courbe (Figure 3.1) concerne la variation des températures en degrés Celsius des quatre stations de ski pour les mois de janvier sur la période de 1979 à 2016. Ces données présentent les moyennes pour chaque mois, de chaque année.

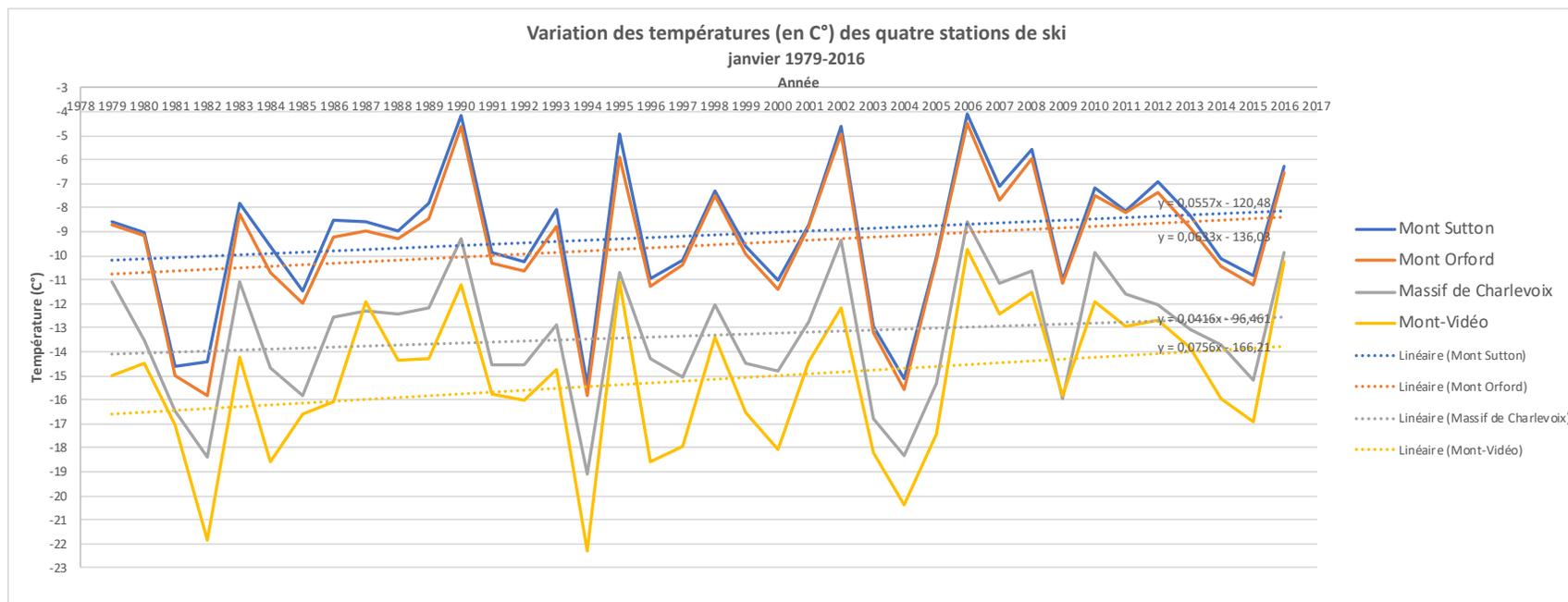


Figure 3.1 Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de janvier (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Tel qu'illustré, la courbe du Mont Sutton est en bleue, celle du Mont Orford en orangé, le Massif de Charlevoix est présenté en gris et finalement, le Mont-Vidéo est identifié par la couleur jaune. Les courbes pleines représentent les températures, alors que les pointillées présentent les tendances. À la droite des courbes de tendances, il est possible de distinguer des formules mathématiques, elles correspondent aux tendances. Ces dernières seront principalement utilisées lors des projections futures.

À notre point de départ en 1979, les températures moyennes des quatre stations sont les suivantes : -8,6 °C pour le Mont Sutton, -8,7 °C pour le Mont Orford, -11,1 °C pour le Massif de Charlevoix et -15 °C pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces températures sont plutôt de -6,2 °C, -6,6 °C, -9,9 °C et -10,3 °C. L'on voit donc une augmentation généralisée sur l'ensemble des stations étudiées, sur une période de 35 ans. Pour chacune des stations toutefois, les maximums et minimums sont différents. Pour le Mont Sutton, le minimum de températures pour le mois de janvier est de -15,4 °C en 1994 et le maximum de -4,1 °C en 2006. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à -9,2 °C et la médiane à -8,8 °C. Le Mont Orford, quant à lui a son minimum à -15,8 °C en 1994 et son maximum en 2006, de -4,5 °C. Sur 35 ans, la moyenne de ses températures est de -9,6 °C et la médiane se trouve à -9,2 °C. Le Massif de Charlevoix a un minimum de -19,1 °C en 1994, et un maximum de -8,6 °C pour l'année 2006. Sa moyenne est de -13,3 °C et sa médiane se trouve à -13 °C. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de -22,3 °C en 1994 alors que son maximum est de -9,7 °C en 2006. La moyenne des températures du mois de janvier pour cette station est de -15,2 °C et sa médiane est de -14,9 °C. L'on réalise à partir de ces données que pour les quatre stations de ski à l'étude, l'année 1994 fût la plus froide, alors que l'année 2006 a été la plus chaude.

Les monts Sutton et Orford suivent pratiquement la même courbe, à l'exception du Mont Sutton qui est presque continuellement un peu plus chaud. Le seul écart notable est une hausse de la température en 1982 pour le Mont Sutton, alors que la température du Mont Orford est en baisse. L'on remarque que le Massif de Charlevoix est toujours plus froid que les deux Stations plus au sud, et que le Mont-Vidéo l'est encore plus. La seule année où les températures du Mont-Vidéo dépassent celle d'une autre station, c'est en 1987, alors que l'on voit plutôt une quasi-stabilisation des températures pour les trois autres stations pour la période 1986 à 1989. Pour l'ensemble des stations, il y a une baisse de température sur la période de 1980 à 1982, excepté pour le Mont Sutton qui connaît une baisse seulement jusqu'à 1981. Il y a ensuite une grande augmentation des températures en 1983. Il est possible d'observer quelques variations jusqu'en 1990, où un sommet de hautes températures est observable pour les quatre stations. Il y a ensuite l'année la plus froide en 1994, et une hausse rapide l'année suivante pour l'ensemble des sites

étudiés. Les températures restent relativement élevées, ne s'approchant pas vraiment des maximums de 1987 jusqu'à atteindre un réchauffement globalisé marqué en 2002. Il y a ensuite une forte baisse durant les deux prochaines années, pour atteindre de très faibles températures en 2004. Une extrême hausse se fait sentir jusqu'en 2006, où les quatre stations atteignent leurs maximums sur cette période de 35 ans. Il y a ensuite une variabilité avec quelques températures moyennes plus froides, soit en 2009 et en 2015 qui est généralisée. Il y a toutefois une hausse en 2010, et le graphique se termine aussi dans une tendance à la hausse pour l'année 2016. En général, les quatre stations de ski suivent les mêmes variations de température. Dans l'ordre de températures de plus chaudes à plus froides, il y a le Mont Sutton, le Mont Orford, le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo.

Il y a six occurrences où certaines stations voient des anomalies comparativement aux trois autres. En 1980, il y a une hausse des températures en 1980 au Mont-Vidéo, alors que les trois autres enregistrent des températures à la baisse. En 1982, la température moyenne du Mont Sutton est en hausse, ce qui s'oppose à la variation des autres. En 1985 et en 1987, le Mont-Vidéo obtient des moyennes en augmentations alors que les autres stations se refroidissent. Ensuite en 1997, le Massif de Charlevoix enregistre des températures à la baisse, ainsi qu'en 2012.

Le second graphique courbe (Figure 3.2) concerne la variation des précipitations en centimètres des quatre stations de ski pour les mois de janvier sur la période de 1979 à 2016. Ces données sont le résultat d'une addition des journées de chaque mois, de chaque année. Les couleurs utilisées pour le premier graphique sont conservées. Le Mont Sutton est en bleu, le Mont Orford est orangé, le Massif de Charlevoix est présenté en gris et finalement, le Mont-Vidéo est identifié par la couleur jaune. Les courbes pleines représentent les précipitations, alors que les pointillées présentent les tendances.

Au départ, en 1979, les précipitations totales des quatre stations sont les suivantes : 5,3 cm pour le Mont Sutton, 1,5 cm pour le Mont Orford, 2,2 cm pour le Massif de Charlevoix et 0,2 cm pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces précipitations sont plutôt de 2,3 cm, 0,9 cm, 8 cm et 8,6 cm. Il est primordial de comprendre que ces précipitations ne sont pas en neige, mais bien en eau. De manière générale, il y a donc une augmentation généralisée sur l'ensemble des stations pour cette période de 35 ans. Les maximums et minimums divergent toutefois pour chacune des stations étudiées. Pour le Mont Sutton, le minimum des précipitations pour le mois de janvier est de 0,7 cm en 2013 et le maximum de

11,7 cm en 2006. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à 3,7 cm et la médiane à 3,4 cm. Le Mont Orford, quant à lui a son minimum à 0,1 cm en 2013 et son maximum en 2006, de 9,6 cm. Sur 35 ans, la moyenne de ses précipitations est de 2,6 cm et la médiane se trouve à 1,6 cm. Le Massif de Charlevoix a un minimum de 0,1 cm en 1987, et un maximum de 11,9 cm pour l'année 2006. Sa moyenne est de 3,9 cm et sa médiane se trouve à 3,1 cm. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 0,2 cm en 1979 alors que son maximum est de 11,1 cm en 1997. La moyenne des précipitations du mois de janvier pour cette station est de 3,8 cm et sa médiane est de 3,5 cm. L'on réalise à partir de ces données pour les stations Sutton et Orford, que l'année avec le moins de précipitations en janvier est celle 2013, alors qu'elle est en 1987 pour le Massif de Charlevoix et en 1979 au Mont-Vidéo. Les monts Orford, Sutton et le Massif de Charlevoix ont la même année maximum, soit 2006, alors que le Mont-Vidéo atteint son maximum de précipitations en janvier 2013.

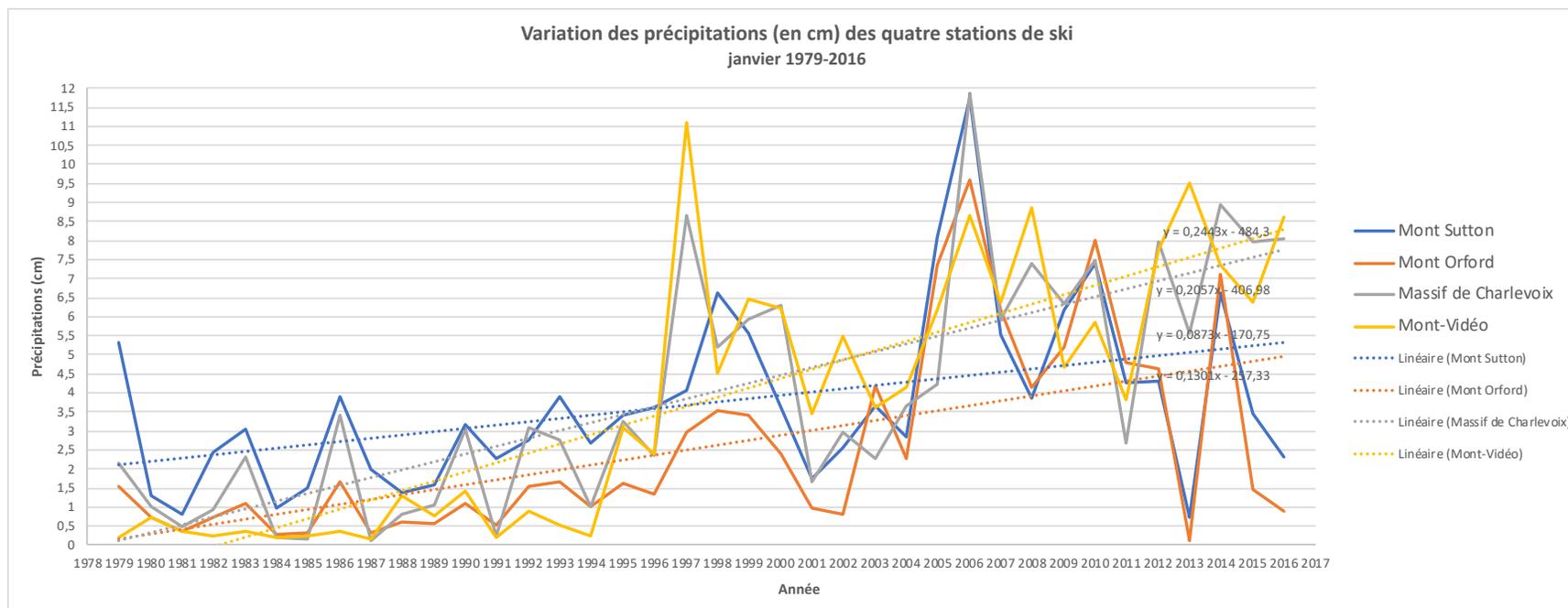


Figure 3.2 Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de janvier (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Contrairement au graphique portant sur les températures, celui-ci présente beaucoup plus de différences entre les stations. Bien qu'il y ait une tendance vers l'augmentation des précipitations, plusieurs années présentent des résultats de précipitations fort différents. Jusqu'en 1996, la station ayant reçu le plus de centimètres d'eau a été le Mont Sutton, à l'exception du Massif de Charlevoix qui la dépasse de peu en 1992. Par la suite, le Massif de Charlevoix ainsi que le Mont-Vidéo la dépassent presque constamment. Le Mont Sutton dépasse toutefois l'une des deux stations, ou les deux, en 1998, en 2002 et 2003 ainsi qu'en 2010. Jusqu'en 1994, les monts Orford et Vidéo se partagent le dernier rang. Le Mont-Vidéo prend le devant à partir de là, et se retrouve dépassé par le Mont Orford seulement en 2003, entre 2005 et 2007 ainsi qu'en 2010. Bien que dans le courant des 25 premières années, les données concernant les stations d'Orford et de Sutton sont plutôt différentes ; à partir de 2003 elles se ressemblent beaucoup plus. Le Mont-Vidéo à partir de 1995 reçoit très souvent plus de précipitations que les trois autres sites d'études, son augmentation est plus constante.

Les divergences sont plus notables en ce qui a trait aux précipitations. En effet, alors que l'année 1980 connaît une baisse de précipitations pour la majorité des stations, le Mont-Vidéo enregistre une légère augmentation. En 2002, le Mont Orford est la seule station qui connaît une diminution de ses précipitations comparativement à l'année précédente. Les années 2011 et 2012 présentent une augmentation pour le Mont-Vidéo et le Massif de Charlevoix, alors qu'il y a une diminution pour les stations Sutton et Orford. 2013 est une année de faibles précipitations pour ces dernières, et de diminution pour le Massif de Charlevoix, alors que le Mont-Vidéo connaît encore une hausse. C'est toutefois l'inverse en 2014. Enfin en 2016, les monts Sutton et Orford enregistrent des précipitations moins abondantes qu'auparavant alors que, pour les deux autres, elles vont en augmentant.

Finalement, le troisième graphique courbe (Figure 3.3) concerne la variation de la vitesse du vent en mètres par seconde des quatre stations de ski pour les mois de janvier pour la période de 1979 à 2016. Ces données sont des moyennes de chaque mois, de chaque année. Les couleurs utilisées sont encore les mêmes, soit bleu pour le Mont Sutton, orange pour le Mont Orford, le Massif de Charlevoix est présenté en gris et finalement, le Mont-Vidéo est en jaune. Les courbes pleines représentent la vitesse du vent, alors que les pointillées présentent les tendances.

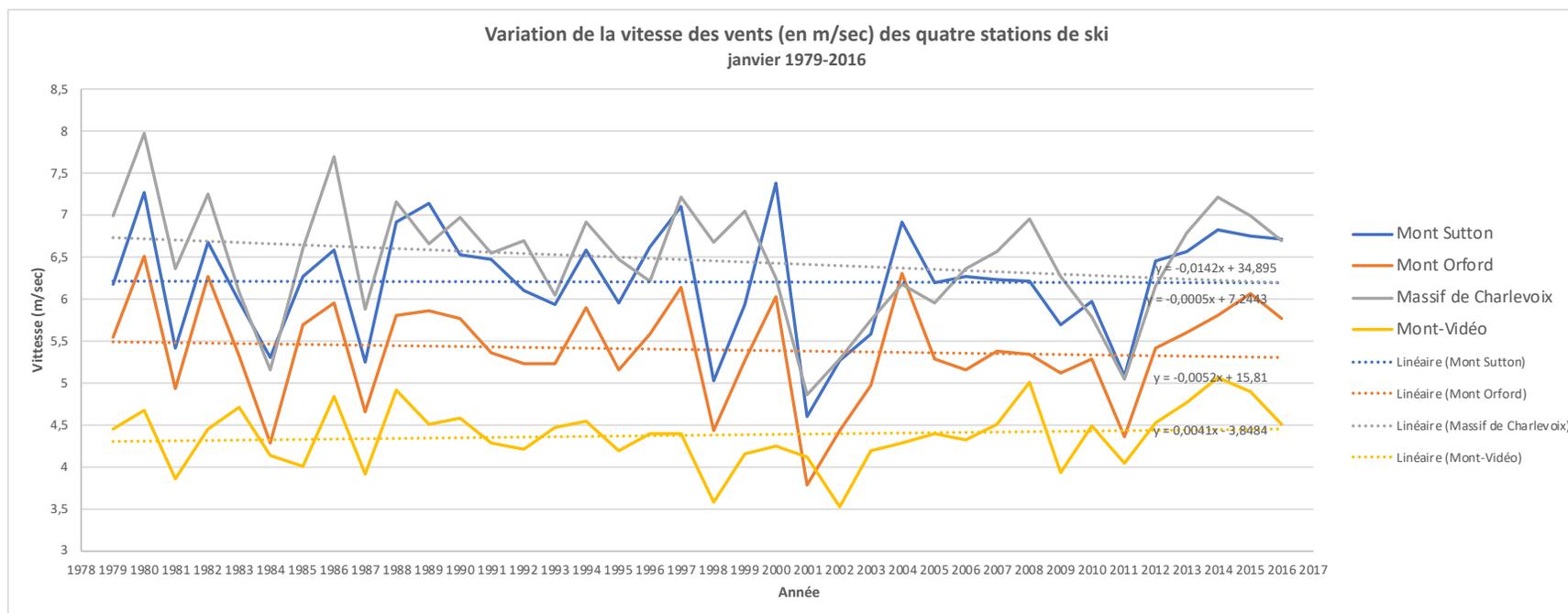


Figure 3.3 Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de janvier (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Au départ, en 1979, les vitesses des vents des quatre stations sont les suivantes : 6,2 m/sec pour le Mont Sutton, 5,5 m/sec pour le Mont Orford, 7 m/sec pour le Massif de Charlevoix et 4,5 m/sec pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces vitesses sont plutôt de 6,7 m/sec, 5,8 m/sec, 6,7 m/sec et 4,5 m/sec. Il est plus difficile de parler d'une augmentation en ce qui concerne la vitesse des vents. En effet, il y a une augmentation pour les monts Sutton et Orford, une diminution pour le Massif de Charlevoix, et la vitesse du vent est la même pour les extrémités à l'étude pour le Mont-Vidéo.

Les maximums et minimums divergent toutefois pour chacune des stations étudiées. Pour le Mont Sutton, le minimum de la vitesse du vent pour le mois de janvier est de 4,6 m/sec en 2001 et le maximum de 7,4 m/sec en 2000. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à 6,2 m/sec de même que la médiane. Le Mont Orford quant à lui a son minimum à 4,3 m/sec en 1983, et son maximum en 1980, de 6,5 m/sec. Sur 35 ans, la moyenne de la vitesse du vent ainsi que la médiane, se trouve à 5,4 m/sec. Le Massif de Charlevoix a un minimum de 4,9 m/sec en 2001 et un maximum de 8 m/sec pour l'année 1980. Sa moyenne est de 6,5 m/sec et sa médiane se trouve à 6,6 m/sec. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 3,5 m/sec en 2002 alors que son maximum est de 5,1 m/sec en 2014. La moyenne de la vitesse du vent du mois de janvier pour cette station est de 4,4 m/sec et sa médiane est aussi de 4,4 m/sec. À l'exception de l'année 2001, où les minimums sont atteints pour le Mont Sutton et le Massif de Charlevoix, il n'y a pas d'autres ressemblances aux extrêmes.

Généralement, c'est le Massif de Charlevoix qui enregistre les vents les plus rapides, suivi du Mont Sutton, du Mont Orford, et finalement du Mont-Vidéo. Contrairement aux deux autres graphiques utilisés pour le mois de janvier, les courbes ici sont beaucoup plus similaires. À quelques années près, soit 2006, 2007 et 2015, les courbes du Mont Sutton et du Mont Orford bougent selon les mêmes augmentations et diminutions. Les deux autres stations suivent relativement les mêmes paramètres. La vitesse du vent au Mont-Vidéo ne dépasse qu'à une seule reprise la vitesse du vent d'une autre station, soit en 2001, où elle est plus grande que celle du Mont Orford. La vitesse des vents de cette dernière ne dépasse jamais celle du Mont Sutton, et qu'une fois la vitesse des vents du Massif de Charlevoix en 2004. Les vents du Massif de Charlevoix, sont plus lents que ceux du Mont Sutton pour les années suivantes : 1983, 1984, 1989, 1990, 1995 à 1997, 2000 et 2001, 2003 à 2006, 2010 à 2013 et finalement en 2016. Ceci représente approximativement la moitié des années étudiées, alors que les vents du Massif de Charlevoix sont plus élevés pour l'autre moitié. Sinon, les années de grands vents sont sensiblement les mêmes, telles que celles des vents plus au ralenti.

3.1.2 Février

Le graphique courbe (Figure 3.4) concerne la variation des températures en degrés Celsius des quatre stations de ski pour les mois de février sur la période de 1979 à 2016. Ces données sont les moyennes pour de mois, de chaque année. Les courbes associées à leurs couleurs sont présentées dans la légende, donc bleues pour le Mont Sutton, Orange pour le Mont Orford, gris pour le Massif de Charlevoix et enfin jaune pour le Mont-Vidéo.

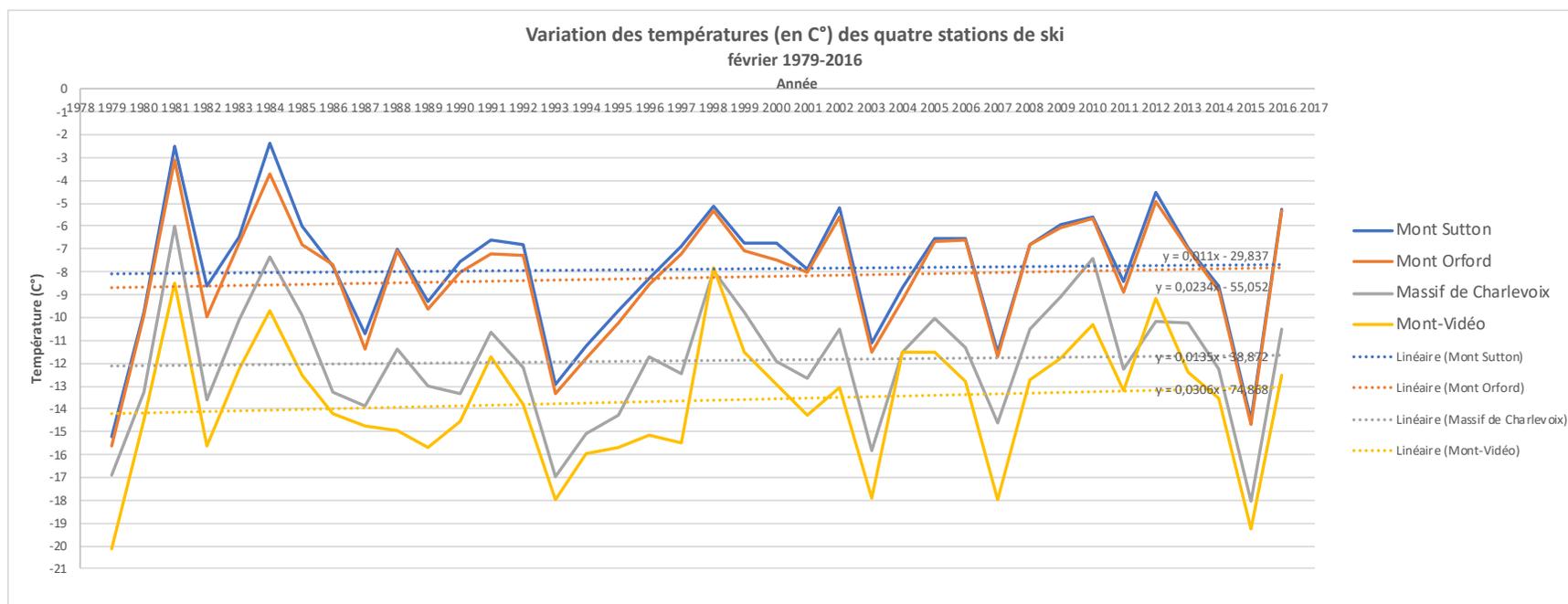


Figure 3.4 Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de février (inspiré de Mesinger et al. 2006)

À notre point de départ en 1979, les températures moyennes des quatre stations sont les suivantes : -15,2 °C pour le Mont Sutton, -15,6 °C pour le Mont Orford, -16,9 °C pour le Massif de Charlevoix et -20,1 °C pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces températures sont plutôt de -5,2 °C, -5,3 °C, -10,5 °C et -12,5 °C. L'on voit donc une augmentation généralisée sur l'ensemble des stations étudiées, sur une période de 35 ans. Pour chacune des stations toutefois, les maximums et minimums sont différents. Pour le Mont Sutton, le minimum de températures pour le mois de février est de -15,2 °C en 1979 et le maximum de -2,3 °C en 1984. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à -7,9 °C et la médiane à -7 °C. Le Mont Orford quant à lui a son minimum à -15,8 °C en 1979, et son maximum en 1981, de -3,1 °C. Sur 35 ans, la moyenne de ses températures est de -8,2 °C et la médiane se trouve à -7,4 °C. Le Massif de Charlevoix, lui, a un minimum de -18,1 °C en 2015, et un maximum de -6 °C pour l'année 1981. Sa moyenne est de -11,9 °C et sa médiane se trouve à -11,8 °C. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum

est de -20,1 °C en 1979 alors que son maximum est de -7,8 °C en 1998. La moyenne des températures du mois de février pour cette station est de -13,7 °C et sa médiane est de -13,4 °C. De manière générale, en observant les courbes de tendance, les températures se sont réchauffées, et ce, pour les quatre sites à l'étude.

Pour le mois de février, les stations de Sutton et d'Orford partagent pratiquement la même courbe. Il fait un peu plus chaud à Orford, mais de manière subtile en général. Le seul écart s'inscrit en 2000, où le Mont Orford connaît un refroidissement sur trois années consécutives, alors que le Mont Sutton lui, connaît une légère hausse. Le Massif de Charlevoix quant à lui, suit relativement les moyennes des deux stations mentionnées ci-haut, somme toute, en étant plus froid. Finalement, le Mont-Vidéo se trouve au dernier rang, ayant donc les températures les plus froides pour les mois de février. Seulement une année fait exception à la règle, soit en 2012, où ses températures sont plus élevées qu'au Massif de Charlevoix.

Il y a d'abord une forte hausse des températures sur la période 1979 à 1981 qui se généralise sur l'ensemble des stations. En 1982, une diminution importante au thermomètre est répertoriée, suivie d'une grande augmentation jusqu'en 1984. Pour les monts Sutton, Orford et le Massif de Charlevoix, les températures sur 35 ne seront jamais aussi hautes qu'elles l'étaient au début des années 1980. Alors que les monts Sutton et Orford enregistrent une augmentation constante et rapide de 1993 à 1998, le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo ont un répit en 1997, qui se termine par une augmentation flagrante des températures au Mont-Vidéo en 1998. Il y a plusieurs grands froids, soit en 1993, en 2003, en 2007 ainsi qu'en 2015. Quelques années se distinguent particulièrement pour certaines stations. Alors qu'il y a un réchauffement partout, le Mont-Vidéo voit ses températures diminuer en 1988. Entre 2004 et 2006, alors que les températures semblent se stabiliser pour les monts Sutton et Orford, voire diminuer au Mont-Vidéo, le Massif de Charlevoix est tout de même affecté par un réchauffement. Entre 2012 et 2013, la moyenne de février du Massif de Charlevoix diminue de manière quasi imperceptible alors que son augmentation est beaucoup plus rapide pour les trois autres stations.

Le second graphique courbe (Figure 3.5) concerne la variation des précipitations en centimètres des quatre stations de ski pour les mois de février de 1979 à 2016. Ces données sont le résultat de l'addition des journées de chaque mois, de chaque année. Les couleurs utilisées pour les précédents graphiques sont conservées. Les courbes pleines représentent les précipitations, alors que les pointillées présentent les tendances.

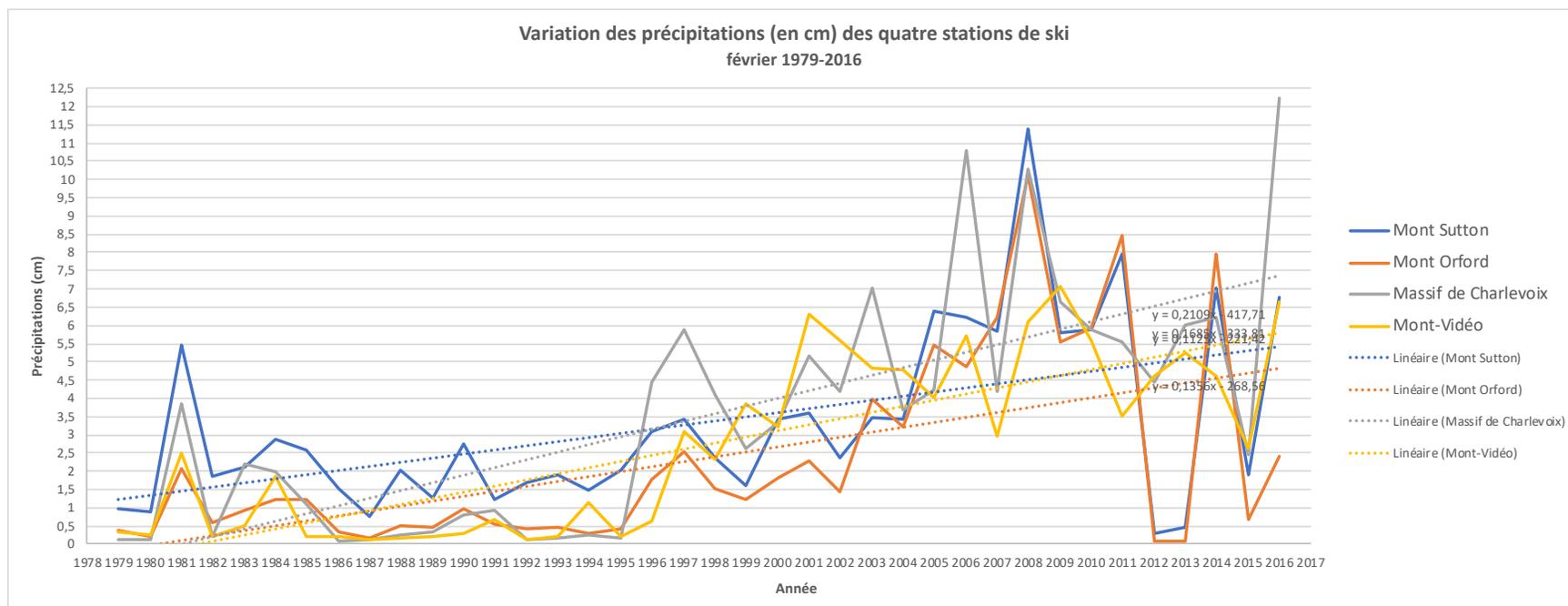


Figure 3.5 Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de février (inspiré de Mesinger et al. 2006)

En 1979, les précipitations totales des quatre stations sont les suivantes : 1 cm pour le Mont Sutton, 0,4 cm pour le Mont Orford, 0,1 cm pour le Massif de Charlevoix et 0,3 cm pour le Mont-Vidéo. Les dernières données, soit celles de 2016, dans le même ordre, sont plutôt de 6,8 cm, 2,4 cm, 12,2 cm et 6,7 cm. Il est primordial de comprendre que ces précipitations ne sont pas en neige, mais bien en eau. De manière générale, il y a une forte augmentation des précipitations généralisée sur l'ensemble des stations pour cette période de 35 ans. Il est aussi intéressant d'observer les minimums, maximums, moyennes et médiane des résultats, pour mieux comprendre la réalité des stations. Pour le Mont Sutton, le minimum de précipitations pour le mois de février est de 0,3 cm en 2012 et le maximum de 11,4 cm en 2008. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à 3,3 cm et la médiane à 2,5 cm. Le Mont Orford quant à lui a son minimum à 0,1 cm en 2013 et son maximum en 2008, de 10,1 cm. Sur 35 ans, la moyenne de ses précipitations est de 2,3 cm et la médiane se trouve à 1,2 cm. Le Massif de Charlevoix a un minimum de 0,1 cm en

1986, et un maximum de 12,2 cm pour l'année 2016. Sa moyenne est de 3,5 cm, sa médiane l'est aussi. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 0,1 cm en 1992 alors que son maximum est de 7,1 cm en 2009. La moyenne des précipitations du mois de février pour cette station est de 2,7 cm et sa médiane est de 2,6 cm.

En 1981, il y a une hausse importante des précipitations pour les quatre sites à l'étude. Il y a ensuite quelques écarts de précipitations, augmentations, diminutions et quasi-stagnations pour certaines stations. De 1981 à 1995, le Mont Sutton reçoit presque toujours plus de précipitations au mois de février. Les trois autres, se partagent la dernière place de temps à autre, sans jamais vraiment atteindre de résultats intéressants. Par contre à partir de 1995, les précipitations augmentent, et ce, de manière conséquente au Massif de Charlevoix. C'est aussi à partir de ce moment que l'ensemble des stations commencent réellement à recevoir plus de précipitations, puisque les mois de février suivants n'atteignent plus les bas des années 80 au milieu des années 90. Il y a toutefois les années 2012 et 2013, qui rompent avec cette observation, pour les stations du Mont Sutton et du Mont Orford, où ils s'approchent du 0 cm. À partir de 2007, les courbes de ces deux stations sont très similaires, à l'exception de 2015 et 2016, où le Mont Sutton reçoit un peu plus de précipitations. Pour ce qui est du Massif de Charlevoix, ses précipitations sont nettement supérieures en 1997 ainsi qu'en 2016.

Autrement, il y a une augmentation des précipitations en février 1999 au Mont-Vidéo, alors que les autres stations en reçoivent moins pour la même année. La même chose se produit inversement en 2005. En 2009, seules les précipitations du Mont-Vidéo sont à la hausse comparativement à l'année précédente, alors qu'en 2011, les précipitations des stations du Massif de Charlevoix et du Mont-Vidéo sont en décroissance, alors que le Mont Sutton et le Mont Orford enregistrent une forte hausse. Finalement, en 2014, seules les précipitations du Mont-Vidéo sont en baisses.

Le troisième graphique courbe pour le mois de février (Figure 3.6) concerne la variation de la vitesse du vent en mètres par secondes des quatre sites de 1979 à 2016. Ces données sont des moyennes de chaque mois, de chaque année. Les couleurs des courbes sont conservées et la différence entre les courbes pleines et pointillées l'est aussi. Les données enregistrées en 1979 par le NARR sont les suivantes : 6,3 m/sec pour le Mont Sutton, 5,8 m/sec pour le Mont Orford, 7,2 m/sec pour le Massif de Charlevoix et 4,5 m/sec pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces vitesses sont plutôt de 6,6 m/sec, 6 m/sec, 6,4 m/sec et 4,7 m/sec. Sur les 35 années étudiées, la variation générale est plutôt négligeable.

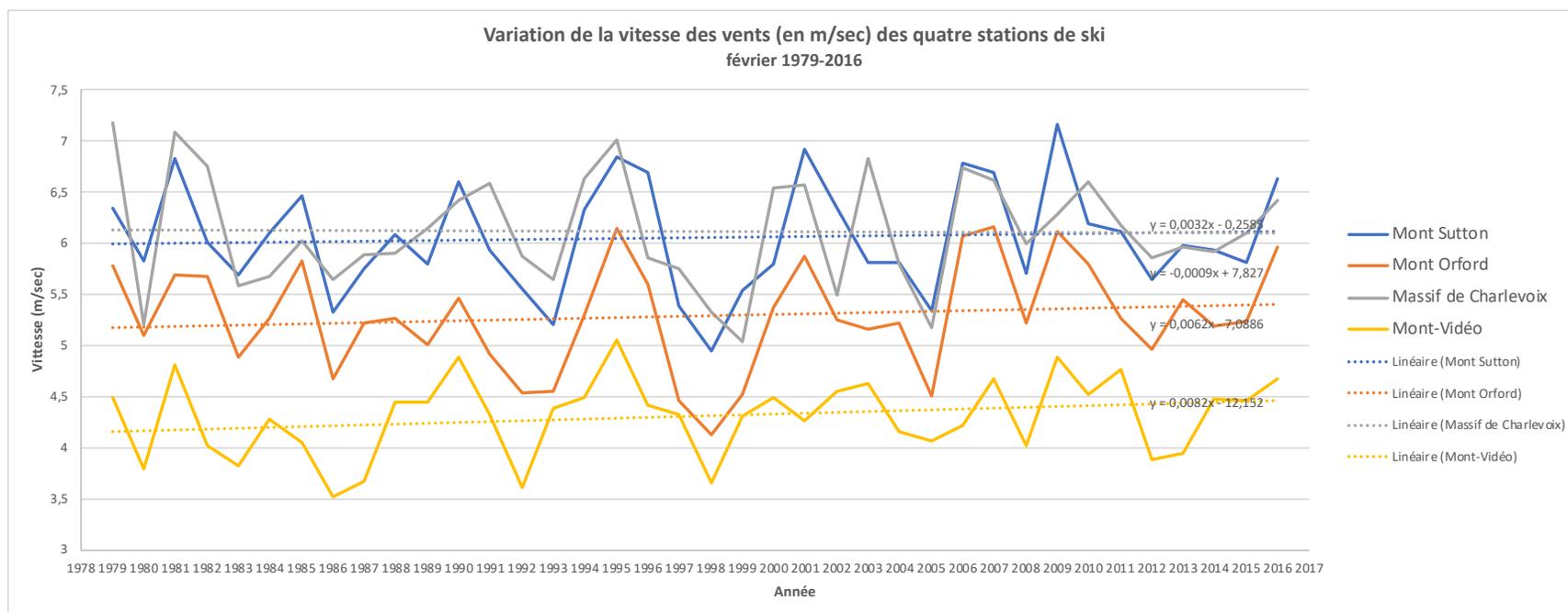


Figure 3.6 Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de février (inspiré de Mesinger et al. 2006)

En ce qui a trait aux maximums et minimums, il est toutefois intéressant d'observer ces données. Pour le Mont Sutton, le minimum de la vitesse du vent pour le mois de février est de 5 m/sec en 1998, et le maximum de 7,2 m/sec en 2009. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à 6 m/sec, de même que la médiane. Le Mont Orford atteint son minimum à 4,1 m/sec en 1998, et son maximum est atteint en 2007, soit 6,2 m/sec. Sur 35 ans, la moyenne de la vitesse du vent ainsi que la médiane, se trouve à 5,3 m/sec. Le Massif de Charlevoix quant à lui, a un minimum de 5 m/sec en 1999 et un maximum de 7,2 m/sec pour l'année 1980. Sa moyenne est de 6,1 m/sec et sa médiane se trouve à 6 m/sec. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 3,5 m/sec en 1986, alors que son maximum est de 5 m/sec en 1995. La moyenne de la vitesse du vent du mois de février pour cette station est de 4,3 m/sec et sa médiane est de 4,4 m/sec. À l'exception de l'année 98, où les minimums sont

atteints pour le Mont Sutton et le Mont Orford, il n'y a pas d'autres ressemblances aux extrêmes.

Tel que pour le mois de janvier, les stations du Mont Sutton et du Massif de Charlevoix se partagent les plus hauts vents, suivies du Mont Orford et du Mont-Vidéo. La variation des vents des monts Sutton et Orford suivent en majorité la même courbe, à l'exception de 1993, de 2005, de 2007 et de 2015, où les vitesses des vents augmentent entre ces années et la précédente au Mont Orford, alors qu'elles ralentissent au Mont Sutton. Sur l'ensemble des stations, la vitesse des vents atteint de hauts niveaux en 1990, en 1995 ainsi qu'en 2009. Inversement, la vitesse est plutôt basse partout en 1986, en 1992, en 1998 en 2008 et en 2012. Il est intéressant de constater que la vitesse des vents du Mont-Vidéo dépasse uniquement à une seule reprise la globalité des données du Mont Sutton, soit en 1995 comparativement à 1998, et qu'elle ne s'approche jamais des plus faibles vents du Massif de Charlevoix. Autrement, en 1985, le Mont-Vidéo connaît une diminution de la vitesse de ses vents alors qu'il y a pourtant une accélération ailleurs. En 1989, seul le Massif de Charlevoix enregistre une pente ascendante depuis 1986, qui se poursuit jusqu'en 1991. Il y a ensuite une accélération des vents simultanée pour les monts Sutton et Vidéo en 1993, qui diminue pourtant ailleurs. En 1999, le Massif de Charlevoix atteint un sommet de faibles vitesses, alors que les vents des trois autres stations sont à la hausse. En 2001, les vitesses des vents du Mont-Vidéo sont les seules qui diminuent comparativement à l'année 2000. Les vents de l'année 2002 sont en légère baisse pour le Mont Orford et en forte baisse pour le Massif de Charlevoix. En 2010, cette même station connaît une accélération de ses vents, alors qu'ils ralentissent ailleurs. En 2011, le Mont-Vidéo sera la seule station avec des vents qui s'accélèrent. Finalement, en 2015, alors que le Massif de Charlevoix, le Mont Orford et le Mont-Vidéo ont une hausse de la vitesse des vents, celle u Mont Sutton diminuent.

3.1.3 Mars

Le graphique courbe (Figure 3.7) concerne la variation des températures en degrés Celsius des quatre stations de ski pour les mois de mars sur la période de 1979 à 2016. Ces données présentent les moyennes pour chaque mois, de chaque année. Les courbes associées à leurs couleurs sont présentées dans la légende. Pour l'année 1979, la moyenne des températures des stations de ski sont les suivantes : -1,7 °C pour le Mont Sutton, -1,7 °C pour le Mont Orford, -3,8 °C pour le Massif de Charlevoix et -7,2 °C pour le Mont-Vidéo. En 2016, soit à la fin de l'étude, dans le même ordre, ces températures sont plutôt de -0,6 °C, -0,8 °C, -6,5 °C et -6,6 °C. L'on voit donc une augmentation sur l'ensemble des stations sur 35 ans, excepté pour le Massif de Charlevoix.

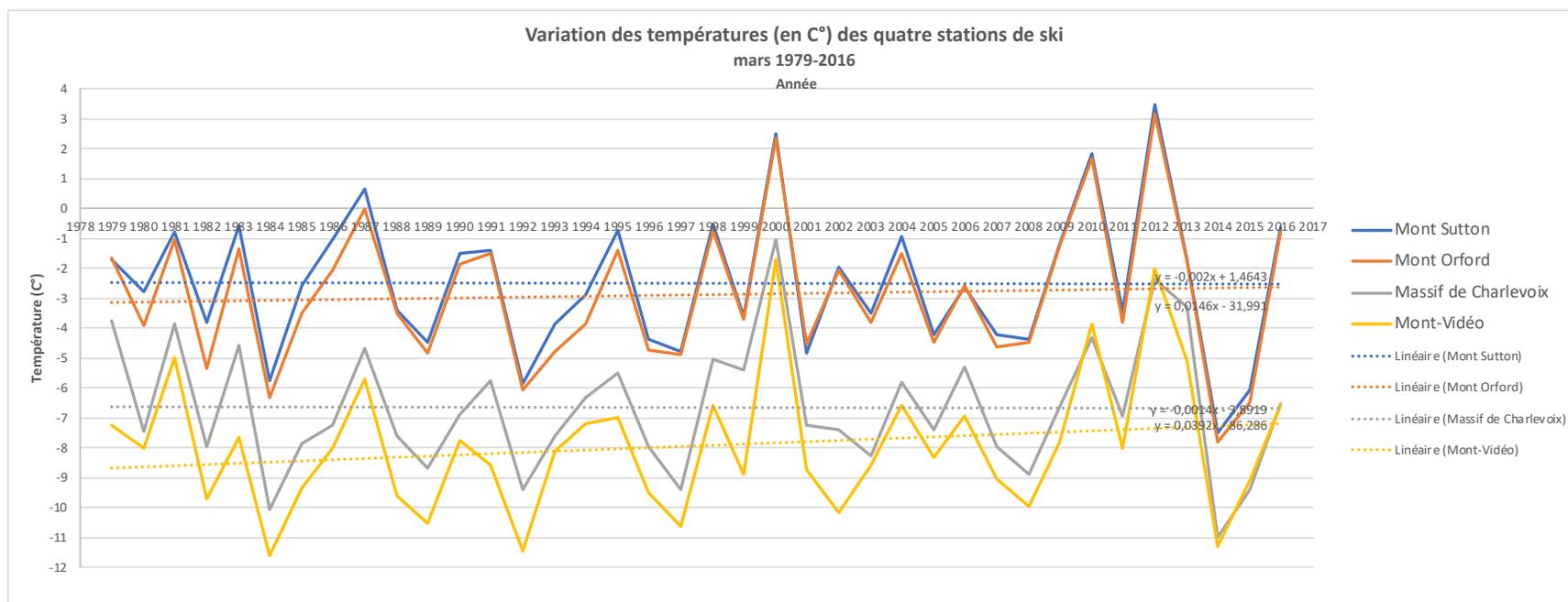


Figure 3.7 Graphique courbe de la variation des températures pour les mois de mars (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Les stations présentent aussi des minimums et des maximums importants à noter. Pour le Mont Sutton, le minimum des températures moyennes pour le mois de mars est de $-7,5\text{ °C}$ en 2014 et le maximum de $3,5\text{ °C}$ en 2012. Pour l'ensemble des années, la moyenne de mars se situe à $-2,5\text{ °C}$ et la médiane à $-2,7\text{ °C}$. Le Mont Orford quant à lui a son minimum à $-7,8\text{ °C}$ en 2014 et son maximum en 2012, de $3,2\text{ °C}$. Sur 35 ans, la moyenne de ses températures est de $-2,9\text{ °C}$ et la médiane se trouve à $-3,5\text{ °C}$. Le Massif de Charlevoix a un minimum de -11 °C en 2014, et un maximum de -1 °C pour l'année 2000. Sa moyenne est de $-6,6\text{ °C}$ et sa médiane se trouve à $-7,1\text{ °C}$. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de $-11,6\text{ °C}$ en 1984 alors que son maximum est de $-1,7\text{ °C}$ en 2000. La moyenne des températures du mois de mars pour cette station est de -8 °C et sa médiane est de $-8,1\text{ °C}$. De manière générale, en observant les courbes de tendance, les températures se sont réchauffées, et ce, pour les quatre sites à l'étude.

De manière générale, les courbes des monts Sutton et Orford sont très similaires, voire quasi indissociables à certains endroits. Le Massif de Charlevoix, plus froid, suit globalement la même courbe, excepté en 2002, où il y a un refroidissement alors que les températures des deux stations ci-haut augmentent. Pour la même année, le Mont-Vidéo enregistre aussi une diminution de ses températures. L'année 1991 est aussi la seule qui marque un refroidissement uniquement pour le Mont-Vidéo. En général, les quatre courbes de variations pour les mois de mars sont relativement similaires. Seulement à deux reprises, le Mont-Vidéo est plus chaud qu'une autre station, soit le Massif de Charlevoix, en 2010 et en 2012.

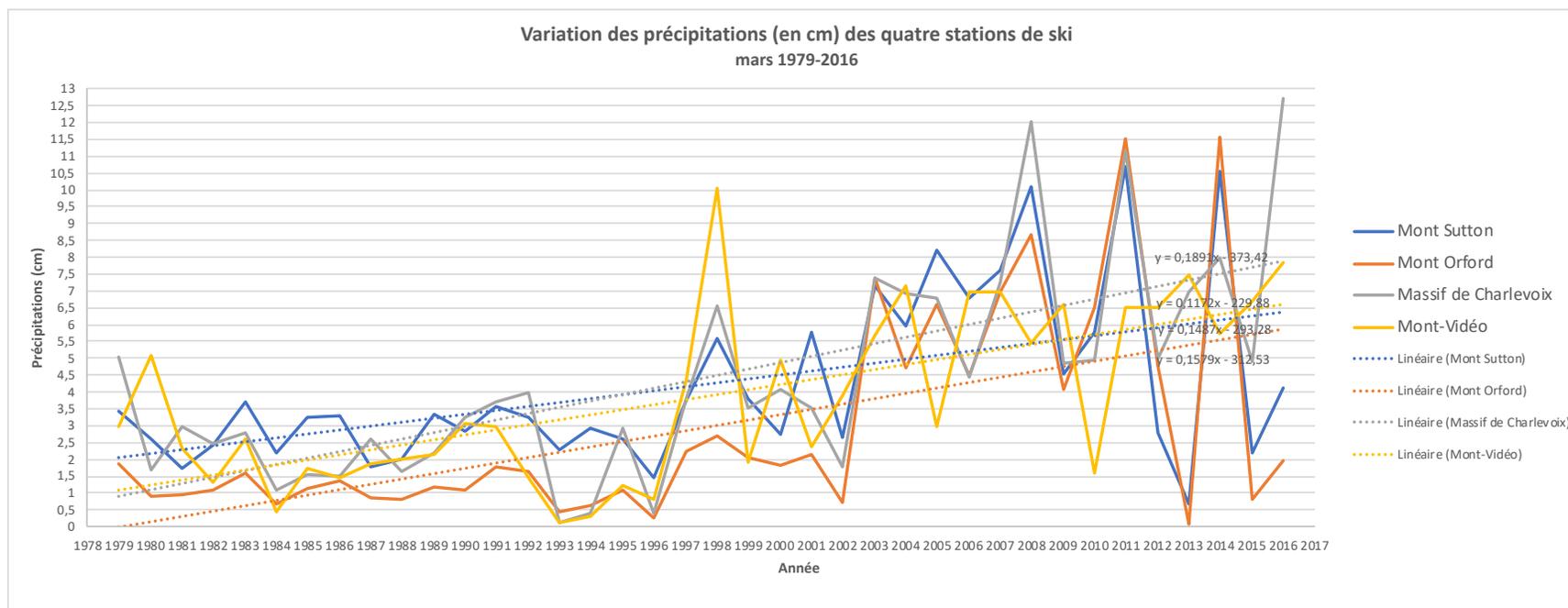


Figure 3.8 Graphique courbe de la variation des précipitations pour les mois de mars (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Le second graphique courbe de mars (Figure 3.8) concerne la variation des précipitations en centimètres des quatre stations de ski de 1979 à 2016. Ces données sont le résultat de l'addition des journées de chaque mois, de chaque année. Les couleurs utilisées pour le premier graphique sont conservées. Les courbes pleines représentent les précipitations, alors que les pointillées présentent les tendances.

En 1979, les précipitations totales des quatre stations sont les suivantes : 3,4 cm pour le Mont Sutton, 1,9 cm pour le Mont Orford, 5 cm pour le Massif de Charlevoix et 3 cm pour le Mont-Vidéo. Les dernières données, soit celles de 2016, dans le même ordre, sont plutôt de 4,1 cm, 2 cm, 12,7 cm et 7,9 cm. Rappelons que ces précipitations sont calculées en centimètre d'eau, et non de neige. De manière générale, il y a une forte augmentation des précipitations généralisée sur l'ensemble des stations pour cette période de 35 ans.

Il est aussi important d'observer les minimums, maximums, moyennes et médiane des résultats, pour mieux comprendre la réalité des stations. Pour le Mont Sutton, le minimum de précipitations pour le mois de mars est de 0,7 cm en 2013 et le maximum de 10,7 cm en 2011. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situe à 4,2 cm et la médiane à 3,3 cm. Le Mont Orford quant à lui à son minimum à 0,1 cm en 2013 et son maximum en 2014, de 11,6 cm. Sur 35 ans, la moyenne de ses précipitations est de 2,9 cm et la médiane se trouve à 1,7 cm. Le Massif de Charlevoix a un minimum de 0,1 cm en 1993, et un maximum de 12,6 cm pour l'année 2016. Sa moyenne est de 4,4 cm, sa médiane de 3,8 cm. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 0,1 cm en 1993 alors que son maximum était de 10 cm en 1998. La moyenne des précipitations du mois de mars pour cette station est de 3,8 cm alors que la médiane est de 3 cm.

Le graphique des précipitations du mois de mars nécessite beaucoup d'attention. Les variations de précipitations sont nombreuses, mais relativement concentrées autour des mêmes valeurs. C'est à partir de la fin des années 90 que les courbes deviennent plus chaotiques. Les stations des monts Sutton et Orford ont des courbes similaires, atteignant des variabilités de précipitations extrêmes en peu de temps. Il y a, entre 1996 et 1998, une hausse marquée des précipitations de toutes les stations, particulièrement au Mont-Vidéo. Les précipitations chutent l'année suivante, et malgré quelques fluctuations, celles du Mont-Vidéo restent toujours à la hausse, les pointes vers les basses précipitations étant toujours plus élevées, excepté en 2010. Les précipitations du Massif de Charlevoix augmentent elles aussi de manière significative. Particulièrement en 2008, en 2011 et en 2016. La courbe grise montre des précipitations plus basses post-1990, mais qui, somme toute, demeurent relativement élevées. Sur les courbes des monts Sutton et Orford, il est possible d'observer de très grandes variations dans la dernière décennie. Bien qu'ayant une tendance à la hausse, il y a en 2013

et en 2015, des précipitations totales très basses, alors qu'elles atteignent de très hauts niveaux en 2011 et en 2014. Il y a trop de variations importantes pour parler d'irrégularités. En effet, les précipitations, bien qu'en augmentation, fluctuent énormément pour les quatre stations. Peut-être de manière moins flagrante pour le Massif de Charlevoix, à l'exception de sommets importants en 2008, 2011 et 2016. Les diminutions de précipitations du Massif de Charlevoix ne sont pas remarquables, n'atteignant jamais celles des monts Sutton, Orford et Vidéo suivant l'année 2002.

Le troisième graphique courbe pour le mois de mars (Figure 3.9) concerne la variation de la vitesse du vent en mètres par secondes pour la période s'étalant de 1979 à 2016 pour les stations de ski observées. Ces données sont les moyennes pour chaque mois, de chaque année. Les couleurs des courbes sont conservées et la différence entre les courbes pleines et pointillées l'est aussi.

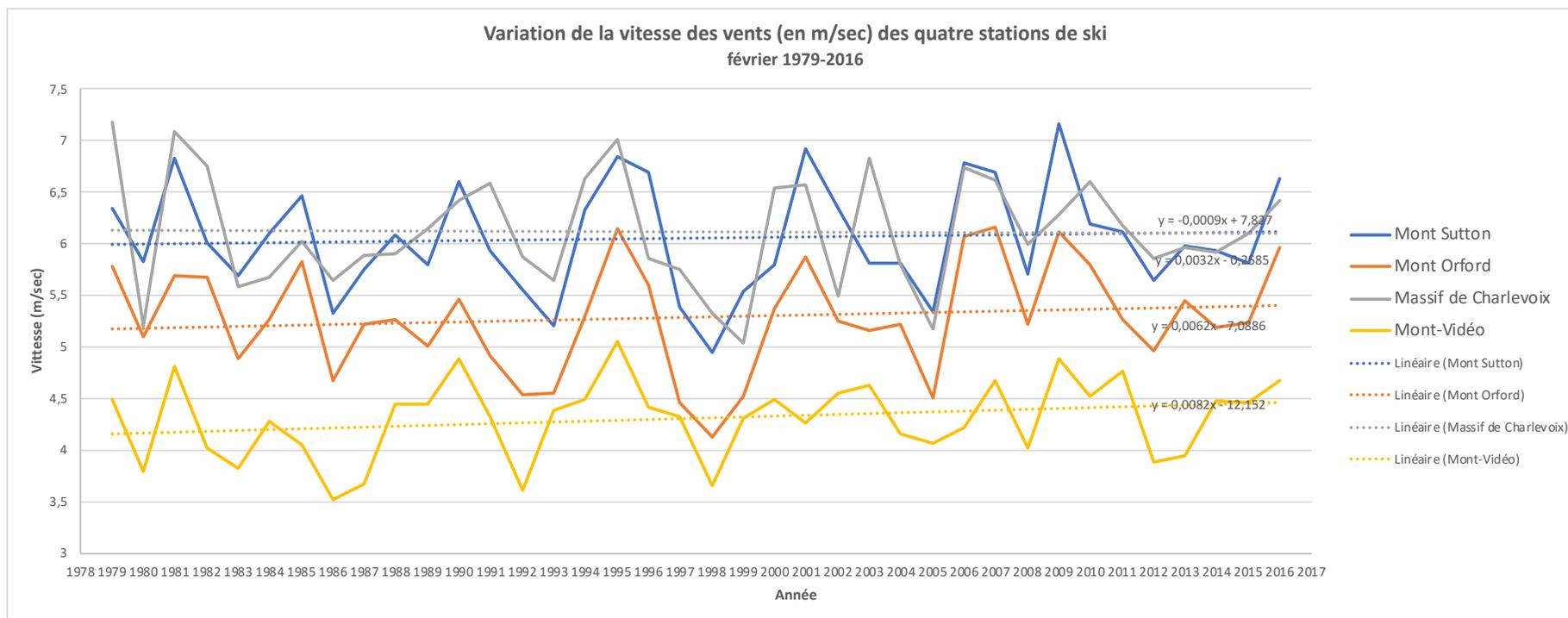


Figure 3.9 Graphique courbe de la variation de la vitesse des vents pour les mois de mars (inspiré de Mesinger et al. 2006)

Les données enregistrées en 1979 par le NARR sont les suivantes : 6,3 m/sec pour le Mont Sutton, 5,2 m/sec pour le Mont Orford, 6 m/sec pour le Massif de Charlevoix et 4,3 m/sec pour le Mont-Vidéo. En 2016, dans le même ordre, ces vitesses sont plutôt de 6,2 m/sec, 5,2 m/sec, 5,8 m/sec et 4,4 m/sec. Sur les 35 années étudiées, la variation générale est plutôt négligeable.

En plus de ces points de départ et d'arrivée de l'étude, les minimums, maximums, moyennes et médianes sont aussi étudiés. Pour le Mont Sutton, le minimum de la vitesse du vent pour le mois de mars est de 5,1 m/sec en 1998 et le maximum de 7,2 m/sec en 1985. Pour l'ensemble des années, la moyenne se situait à 6,2 m/sec, la même valeur que la médiane. Le Mont Orford quant à lui a son minimum à 4,5 m/sec en 1995 et son maximum est atteint en 1985, soit 6,2 m/sec. Sur 35 ans, la moyenne de la vitesse du vent est de 5,4 m/sec alors que la médiane se trouve à 5,3 m/sec. Le Massif de Charlevoix a un minimum de 4,3 m/sec en 1995 et atteint son maximum de 7,4 m/sec en 2002. Sa moyenne et sa médiane sont de 6 m/sec. Finalement, concernant le Mont-Vidéo, sa valeur minimum est de 3,6 m/sec en 2001, alors que son maximum est de 5,1 m/sec en 2015. La moyenne et la médiane de la vitesse du vent du mois de mars pour cette station est de 4,4 m/sec.

Entre 1979 et 2016, la variation de la vitesse des vents des monts Sutton et Orford est plutôt similaire. Ceux du Mont Sutton étant toutefois légèrement plus rapides sur la période. Il y a bien certainement certaines divergences, mais elles sont peu nombreuses et non substantielles. Par exemple, la vitesse sur la période 79-80 est en augmentation pour le Mont Orford, mais ralentit quelque peu au Mont Sutton. En 1983, la vitesse des vents du Mont Orford diminue par rapport à l'année précédente, mais augmente au Mont Sutton. La variation pour les années 1999 et 2000 se fait à la hausse au Mont Orford, et elle ralentit au Mont Sutton. La même chose se produit entre 2003 et 2004, 2009 et 2010 ainsi qu'entre 2012 et 2013. Le Massif de Charlevoix a des vents plutôt différents que le scénario établi des deux autres stations. Ses vents sont parfois plus rapides, que ceux du Mont Sutton, mais rarement plus lents comparativement au Mont Orford, à l'exception des années 1995, 2000 et 2006. Plusieurs sommets sont atteints aux mêmes années que pour les monts Sutton et Orford. En ce qui concerne le Mont-Vidéo, les vents atteignent des vitesses supérieures que d'autres stations, à deux reprises seulement, soit en 1995 et en 1996. Pour la même période, le Mont-Vidéo est la seule station qui enregistre une augmentation de la vitesse de ses vents, alors que les trois autres ont considérablement diminué, particulièrement au Massif de Charlevoix en 1995. Outre cela, le Mont-Vidéo ne connaît pas une augmentation aussi rapide que les autres stations en 2003. L'on y voit aussi une augmentation prématurée en 2004, et une baisse en 2005, alors que les trois autres sites enregistrent des vents plus rapides que l'année précédente. Entre 2009 et 2014, les tendances sont inverses aux monts Sutton et Orford, mais similaires à celles du Massif de Charlevoix. La description des graphiques étant complétée,

il importe d'analyser les résultats observés. Cette analyse conservera le même format, soit des sections séparées selon les trois mois sélectionnés.

3.2 Analyse

Afin de comprendre les répercussions des changements climatiques sur les stations du ski du Québec, les résultats des graphiques utilisés dans la section précédente seront analysés en fonction des mois de janvier, février et mars.

3.2.1 Janvier

Les mois de janvier depuis 1979, sont très intéressants. Vraisemblablement, selon les résultats, l'année 2006 a été la plus chaude, et ce, pour les quatre stations. En effet, les maximums sont tous atteints en 2006. Ce qui est particulier, c'est que l'année 2006 est aussi une période où trois des quatre stations atteignent leurs maximums de précipitations. Seul le Mont-Vidéo atteint un maximum de précipitations en 1997, alors que sa température pour la même année est inférieure à sa courbe de tendances. Au niveau des vents, l'année 2006 enregistre des vents plus lents que la tendance pour les monts Orford et Vidéos, légèrement plus élevés pour le Mont Sutton et sur la tendance pour le Massif de Charlevoix. Les quatre stations atteignent aussi leurs minimums de température la même année, soit en 1994. Ce n'est pourtant pas une année notable en termes de précipitations. Par contre, c'est à partir de 1994 que les précipitations augmentent, la ligne qui marque la fin des faibles précipitations de janvier. À ce sujet, le Mont-Vidéo atteint son maximum en 1997, qui est une année relativement froide si l'on observe la courbe de tendance de cette montagne.

De manière générale, les stations du sud du Québec, donc celles du Mont Sutton et du Mont Orford, ont des courbes qui se ressemblent énormément, surtout au niveau des températures atmosphériques. En termes de précipitations, un peu moins dans les premières années, mais la distance entre les courbes rétrécit à partir de 2007 environ. Les vents, quoique toujours plus élevés au Mont Sutton, suivent tout de même approximativement la même forme. Les deux courbent sont à chaque année, à des températures plus élevées que le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo. Le Massif de Charlevoix, étant à son tour plus chaud que le Mont-Vidéo, à l'exception de l'année 2009, ce qui va de pair avec la nordicité de ces deux stations, plus elles sont au Nord, plus leur température est faible. Toutefois, c'est le Mont-Vidéo qui subit le plus grand réchauffement général, avec une augmentation de 0,0756 degré Celsius par année selon la courbe de tendance, suivi du Mont Orford, du Mont Sutton et finalement du Massif de Charlevoix. Est-ce possible que sa proximité au fleuve Saint-Laurent lui permette de se réchauffer plus lentement? Reste-t-il que les quatre stations ont des températures globales pour janvier, à la hausse.

En ce qui concerne les précipitations, c'est aussi le Mont-Vidéo qui connaît la hausse la plus rapide, avec une augmentation de 0,2443 centimètre par année, suivi du Massif de Charlevoix, du Mont Orford et celui le moins touché étant le Mont Sutton, avec une augmentation de 0,0873 centimètre par année. N'oublions pas que ce sont des centimètres d'eau. Au niveau des vents finalement, ces derniers sont plutôt stables, il y a une légère diminution de la vitesse des vents pour les stations du Massif de Charlevoix, du Mont Sutton et du Mont Orford, et une très petite augmentation au Mont-Vidéo. L'on remarque donc qu'en janvier, c'est la station du Mont-Vidéo qui subit les plus grandes transformations climatiques. C'est la station qui enregistre la hausse la plus marquée des températures, celle où la variation des précipitations est la plus élevée sur 35 ans et aussi, la seule où il y a une augmentation de la vitesse des vents.

3.2.2 Février

Le mois de février s'avère plus difficile à analyser. Au niveau des températures, l'on remarque qu'elles ont été plus chaudes au début des années 1980 qu'aujourd'hui. La variabilité est moins grande qu'elle ne l'était pour le mois de janvier. Bien qu'il y ait une augmentation des températures pour les mois de février, elle est beaucoup moins importante qu'en janvier. Le Mont-Vidéo, sur 35 ans, connaît toutefois une hausse de température plus importante que les autres stations. En effet, comparativement aux monts Sutton et Orford, où la température augmente de 0,011 °C et 0,0234 °C respectivement, et au Massif de Charlevoix, où cette hausse est de 0,0135 °C par année, la courbe du Mont-Vidéo affiche plutôt une hausse de 0,0306 degré Celsius par année. Par contre, trois des quatre stations atteignent leurs températures les plus froides en 1979 alors que le Massif de Charlevoix l'atteint seulement en 2015. Aussi, trois des quatre stations enregistrent les moyennes de février ayant les températures les plus élevées dans la première moitié des années 1980. Seul le Mont-Vidéo l'atteint en 1998. Les températures plus chaudes de 1981 correspondent tout de même à un sommet qui ne sera pas dépassé avant 1997 en ce qui a trait aux précipitations. Les monts Sutton et Orford ont des courbes presque indissociables pour les températures des mois de février. La courbe du Massif de Charlevoix et celle du Mont-Vidéo, plus froides, sont plutôt similaires à ces deux dernières.

En ce qui concerne les précipitations, elles ont toutefois beaucoup évolué. Si elles sont relativement basses au début de la période analysée, par exemple le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo atteignent leurs minimums en 1986 et 1991, elles augmentent considérablement à partir de 1995. C'est à cette année que la rupture débute. Les faibles précipitations pré-1995 sont plutôt rares. Le 21e siècle correspond aux années ayant reçu les précipitations les plus élevées pour les quatre sites étudiés, en 2008, pour les monts Sutton et Orford, en 2009 pour le Mont-Vidéo, et en 2016 pour le Massif de Charlevoix. Inversement, les minimums des monts Sutton et Orford sont aussi dans cette

période, soit en 2012 et en 2013 respectivement, deux années avec de très faibles précipitations en février pour les deux montagnes. Si l'on observe les courbes de tendances, c'est au Massif de Charlevoix qu'elles ont le plus augmenté en février, suivi du Mont-Vidéo, du Mont Sutton et du Mont Orford. L'augmentation est tout de même généralisée sur 35 mois de février. Force est de constater que les maximums de précipitations des quatre sites sont atteints lors d'années sur la courbe de tendance pour les monts Sutton et Orford, soit en 2008. Le Mont-Vidéo l'atteint en 2009, où ses températures sont plus élevées qu'à l'habitude et que la température du mois de février 2016 n'est pas beaucoup plus chaude que la courbe de tendance considérant les précipitations importantes du Massif de Charlevoix.

Au niveau des vents, il est intéressant de constater que trois des quatre minimums sont atteints entre 1998 et 1999. En matière de températures, il s'agissait d'années plutôt chaudes où les précipitations n'avaient rien d'exceptionnel. Les vents les plus rapides au Massif de Charlevoix, en 1981, correspondent aussi à son maximum de températures.

3.2.3 Mars

Le mois de mars est le plus chaud. Ce qui est normal, de par le fait que le printemps débute au mois de mars. Ici encore, les courbes des monts Sutton et Orford sont presque identiques. L'on remarque que les moyennes de mars pour ces stations ont dépassé le 0 °C en 1987, en 2002, en 2010 ainsi qu'en 2012. Toutefois, les températures se rapprochent du 0 °C, soit positivement ou négativement, 11 fois sur 35 ans, près d'une année sur trois. Les périodes les plus froides ont été de 1988 à 1998, de 2001 à 2008 et les années 2013-2014. Il est particulièrement intéressant de constater que la courbe de tendances du Mont Sutton indique une baisse des températures. Tout comme celle du Massif de Charlevoix d'ailleurs. Celle du Mont Orford augmente d'un maigre 0,0146 °C alors que celle du Mont-Vidéo, de 0,0392 °C. Deux des trois stations enregistrent donc des diminutions de températures sur le long terme, alors que le Mont-Vidéo voit ses températures augmenter plus significativement. L'année 2006, a été la plus chaude pour les stations plus au nord, alors que 2012 l'était au sud. L'année 2016 a été la plus froide pour toutes les stations à l'exception du Mont-Vidéo, qui atteint son plus froid au milieu des années 80.

En ce qui concerne les précipitations, il y a une sorte de stabilité jusqu'en 1996, malgré des minimums pour le Massif de Charlevoix et le Mont-Vidéo en 1993. 1998 est une année de très fortes précipitations, particulièrement pour le Mont-Vidéo qui atteint son plus haut sommet. Malgré quelques années où les averses sont plutôt rares, notamment en 2002 pour le Mont Orford, en 2010 pour le Mont-Vidéo, en 2013, les minimums des monts Sutton et Orford, et en 2015 pour ces mêmes

montagnes, les précipitations sont nettement plus élevées qu'avant le début des années 90. C'est le Massif qui enregistre la plus grande augmentation sur 35 ans, soit de 0,1891 centimètre d'augmentation par année, et ce, malgré la diminution des températures sur 35 ans de cette même montagne. La période 2010 à 2016 est assez complexe pour les monts Sutton et Orford, l'on atteint tous les maximums et minimums en très peu de temps, et les variations sont extrêmes.

Finalement, en ce qui a trait aux vents, ceux du Mont Orford et du Massif de Charlevoix diminuent selon la tendance de 1979 à 2016, alors que le Mont Sutton et le Mont-Vidéo ont des vents qui s'accroissent de manière très faible. Cette fois encore, la courbe du Mont Orford adopte la forme de la courbe du Mont Sutton, en enregistrant simplement des vents moins rapides. Les maximums et minimums sont plutôt étalés sur la période de 35 ans, quoiqu'un peu condensés entre 1995 et 2002.

3.3 Discussion

L'analyse de ces résultats est très intéressante. L'on remarque notamment que les stations du sud du Québec, soit les monts Sutton et Orford, ont beaucoup de similitudes. Pour les trois mois analysés sur 35 ans, donc un total de 105 mois, la moyenne des températures est pratiquement toujours la même pour les deux stations. En janvier, ces deux stations présentent des tendances à la hausse plutôt importantes. L'on parle d'une augmentation théorique de 1,9 °C sur 35 ans pour le Mont Sutton et de 2,2 °C pour le Mont Orford. Pourtant, si l'on observe les données pour mars, à l'opposé de l'étude, le Mont Sutton voit ses températures diminuer, de manière négligeable certes, soit de 0,007 °C sur 35 ans, ce qui est tout de même une diminution. C'est donc dire qu'à cette station, le mois de janvier se réchauffe, alors que le mois de mars lui, se refroidit. Autrement dit, que la période de froid est retardée et dure relativement plus longtemps. Dans le cas du Mont Sutton, il est aussi intéressant de constater que c'est la station où la courbe de tendance des températures pour février est celle avec le taux d'évolution le plus bas des quatre stations. En février, l'on parle plutôt d'une augmentation de 0,4 °C pour le Mont Sutton et de 0,8 °C pour le Mont Orford. C'est donc le Mont Orford qui se réchauffe le plus rapidement au sud du Québec, où même en mars, ses températures ont augmenté de 0,5 °C sur 35 ans. Il semblerait donc que le microclimat du Mont Sutton soit peut-être un facteur favorable quant au réchauffement climatique, moins rapide, voire négatif en mars, que pour le Mont Orford.

En ce qui concerne le Massif de Charlevoix, pour les 105 mois analysés c'est quelque peu différent. L'on parle plutôt d'une augmentation de 1,5 °C pour janvier, d'une augmentation de 0,5 °C en février, mais cette fois, d'une diminution de 0,05 °C pour le mois de mars. Cette montagne se réchauffe moins rapidement que le Mont Sutton et le Mont Orford en janvier ainsi qu'en février. Elle se refroidit toutefois plus rapidement que les stations du sud du Québec en mars. Il semblerait donc qu'à propos

des températures, l'augmentation moins significative en janvier et février, et la diminution en mars témoignent d'un impact moins grand des changements climatiques. Il apparaît tout de même que la saison hivernale étudiée soit aussi en train de retarder son arrivée au Massif de Charlevoix.

Pour ce qui est de la station la plus au nord de cette étude, le Mont-Vidéo, celle-ci présente des résultats inquiétants. En janvier, février et mars, c'est la station qui se réchauffe de manière la plus significative. L'on parle d'une augmentation de 2,6 °C en janvier, 1,1 °C en février, et 1,4 °C en mars. C'est un réchauffement très important. Alors que l'on discute couramment d'une augmentation de 1,5 à 2 °C à l'échelle de la planète comme étant catastrophique (Silberg, 2016, 29 juin) l'étude démontre qu'en 35 ans, le Mont-Vidéo a déjà dépassé cela en janvier et s'en approche dangereusement en mars. Cela peut paraître comme un cas isolé, alors que pourtant, les monts Sutton et Orford aussi ont dépassé cet intervalle en janvier. Évidemment, il est important de se rappeler que cet essai ne traite que de quatre stations, pour amener de telles conclusions, il faudrait se pencher sur la question de manière beaucoup plus complète.

Par ailleurs, en observant attentivement les graphiques présentés dans cette analyse, l'on réalise qu'il y a beaucoup de fluctuations sur les 35 années. Certes, la température augmente globalement, mais en février par exemple, trois des quatre stations ont atteint leurs plus hautes moyennes de températures avant 1990. Somme toute, le mois de février reste le plus stable dans son ensemble, alors que le mois de janvier a toujours subi de grands bouleversements sur la période analysée. En mars par contre, malgré des températures souvent élevées dans le passé, c'est depuis 2000 que les choses sont plus graves, particulièrement depuis 2010.

En ce qui concerne la variation des précipitations en centimètre d'eau, il faut faire un peu plus attention. L'on remarque une cassure de la normalité observable dans les premières années. En effet, à partir de 1994, la forme des courbes change drastiquement pour les mois de janvier. Le même phénomène s'observe à partir de 1995 en février, et en 1996 en mars. Les courbes changent-elles en 1997 pour avril? C'est une question qui mériterait que l'on s'y attarde.

Pour les stations du sud du Québec, les courbes des précipitations sont beaucoup plus distinctes qu'elles ne l'étaient pour les températures. Elles suivent tout de même le même genre de forme, avec d'importants sommets souvent aux mêmes années. Toutefois, malgré de plus faibles précipitations au Mont Orford, probablement en raison du microclimat du Mont Sutton, c'est la courbe de tendance du Mont Orford qui augmente le plus rapidement. En effet, l'on parle de 4,8 cm de différence en janvier, 5,5 cm en février, et 5,6 cm en mars de plus, comparativement à 3,9 cm, 5,2 cm et 3,1 cm à la station du Mont Sutton pour les mêmes mois. L'on observe donc une corrélation entre l'augmentation des

températures générales, plus élevées au Mont Orford, et l'augmentation des niveaux de précipitations. Toutefois, il est particulier d'observer que malgré la variation des températures plus stables en février pour les deux stations, c'est pourtant le mois où les précipitations se sont les plus accentuées en 35 ans.

Le Massif de Charlevoix quant à lui, reçoit de plus en plus de précipitations de manière apparente. Pour le mois de janvier, l'on parle d'une augmentation 7,2 cm d'eau, de 7,4 en février et de 6,6 en mars. Ici aussi, c'est le mois de février où la variabilité sur 35 ans est la plus importante. En février 2016 ainsi qu'en mars 2016, le Massif de Charlevoix atteignait ses maximums de précipitations, alors qu'en janvier la courbe était considérablement à la baisse. Bien que le Massif de Charlevoix était le plus stable en ce qui concerne l'évolution de ses températures, l'augmentation des précipitations est considérable, bien plus importante que pour les stations du sud. Cela pourrait être dû au microclimat de cette montagne si près du fleuve.

La station du Mont-Vidéo toutefois, enregistre la plus grande augmentation sur 35 ans au mois de janvier, comparativement aux autres stations. En effet, il est question d'une hausse de 8,6 cm d'eau sur cette période. En février, c'est plutôt de 5,6 cm et 4,1 cm en mars. Malgré une tendance de hausse des températures plus importante au Mont-Vidéo, il n'y a que le mois de janvier qui correspond à cette tendance en matière de précipitations. Si en janvier et février les stations plus au nord ont la modification la plus importante quant aux précipitations, ce sont les stations du sud qui l'obtiennent en mars.

Au sujet de la variation de la vitesse des vents, les chiffres sont moins éloquentes. L'on remarque un ralentissement des vents au mois de janvier pour le Massif de Charlevoix, le Mont Sutton ainsi que le Mont Orford, alors que la station plus au nord augmente de quelque peu. En février, c'est aussi le Mont-Vidéo qui enregistre l'augmentation le plus rapidement, comparativement aux monts Sutton et Orford, alors qu'il y a une diminution au Massif de Charlevoix. En mars finalement, la hausse la plus rapide des vents est aussi au Mont-Vidéo, et cette fois la diminution se fait au Mont Orford. Or, pour les 105 mois analysés, la tendance à la hausse de la vitesse des vents est la plus élevée au Mont-Vidéo.

Si l'on se penche sur les grandes conclusions tirées de ces informations, le Mont-Vidéo est la montagne qui a subi les changements climatiques de la manière la plus significative. Au niveau des températures, en janvier, février et mars, ses courbes de tendances sont les plus abruptes. C'est exactement la même chose quant à l'augmentation de la vitesse des vents. En janvier, le Mont-Vidéo a aussi la courbe de tendance qui augmente le plus rapidement, puis février et mars pour le Massif de Charlevoix. Pour ce qui est des températures, la deuxième station s'étant le plus réchauffée est sans équivoque le Mont

Orford, suivie du Mont Sutton alors que la moins touchée par la variabilité des températures est celle du Massif de Charlevoix. Les conclusions sont plus difficiles à tirer pour les précipitations et la vitesse des vents. Est-il question d'une augmentation des précipitations en neige, ou en pluie? Évidemment, si les températures se réchauffent, il est probable que ce soit de la pluie, donc en mars, pour les stations du sud du Québec. Autrement, si les températures restent sous le zéro, en principe, les précipitations devraient se faire en neige. Toutefois, la composition de cette neige, la quantité d'eau ainsi que sa morphologie pourront affecter les conditions de glisse, ainsi que sa rapidité de fonte. Avec la rapidité du déplacement des zones climatiques vers le sud, causé par les changements climatiques, il semblerait que le Massif de Charlevoix soit un peu plus épargné.

À la lumière de ces informations, particulièrement en ce qui concerne les stations du Québec, se référer aux questionnaires devient une nécessité. En effet, les deux questionnaires complétés sont ceux du Mont Sutton et du Mont Orford (Annexes 1 et 2). C'est le Président Directeur Général, M. Jean-Michel Ryan qui a répondu pour le Mont Sutton, et le Directeur Général Adjoint, M. Simon Blouin, pour le Mont Orford. Dans les deux cas, les stations utilisent l'enneigement artificiel pour mieux débiter la saison. Le système du Mont Sutton compte environ 250 canons, capable de couvrir 60 % du domaine skiable, au Mont Orford, l'on parle plutôt de 90 canons, avec une capacité d'en faire fonctionner 60 en même temps, il y a un désir d'augmenter cela. Dans les dernières années, les deux stations ont ajouté ou remplacé leurs canons à neige, principalement pour être plus efficaces et moins énergivore vu le coût élevé de l'électricité nécessaire. M. Ryan estime les coûts opérationnels de l'enneigement artificiel à environ 20 % du budget, et plutôt de 10 % au Mont Orford. Cette dernière station n'a pas vraiment remarqué une augmentation de ce budget dans les 15 dernières années, alors qu'au Mont Sutton l'on parle d'une variation de plus ou moins 3 % dans les 5 dernières années. Au niveau de la variation de la période qui nécessite l'enneigement artificiel, M. Ryan nous dit que cela change d'une année à l'autre, mais généralement de la mi-novembre à la mi-février. M. Blouin ne remarque pas de grandes variations, mais dit qu'il est possible que la période dure un peu plus longtemps; l'on parle plutôt de la mi-novembre à la fin-janvier au Mont Orford. À cette station, il n'y a pas de politique de développement durable en tant que telle, bien qu'il y ait une volonté de le faire puisque le Mont Orford travaillait à l'hiver 2018 avec des étudiants de la maîtrise en Environnement de l'Université de Sherbrooke pour réaliser un plan d'action. Aussi, en raison de son appartenance au parc National du Mont Orford, la station a une mission à respecter. Au Mont Sutton par contre, il y a un code de conscience qui existe et qui apporte une approche de développement durable, non pas une politique à proprement parlé. Dans les deux cas, les répondants stipulent être affectés par les changements climatiques. Ils constatent une plus grande fluctuation des températures, et ce, de manière plus fréquente. M. Blouin mentionne par contre que ces impacts atteignent davantage les clients que les

opérations, puisqu'ils ont la mémoire plus courte. Dans le cas du Mont Sutton, M. Ryan dit plutôt que les opérations sont affectées, l'entretien des pistes est plus rigoureux et les changements climatiques affecteraient le nombre de pistes ouvertes ou fermées. Par ailleurs, les deux stations ont un budget alloué à l'amélioration du système d'enneigement ainsi qu'à la diversité des activités. Ce qui témoigne de leur position selon laquelle le multi saison est un moyen intéressant de s'adapter, afin de minimiser l'impact de mauvaises saisons hivernales et d'optimiser l'utilisation des équipements et des infrastructures. La station du Mont Orford a notamment mentionné se diriger de plus en plus vers une augmentation de l'offre événementielle.

Si l'on regarde ces résultats, il apparaît clair que les changements climatiques observés sur les 35 dernières années ont de réelles répercussions sur les stations du ski du Québec. Si M. Blouin parlait d'un possible allongement de la période nécessitant l'enneigement artificiel, c'est parce qu'effectivement, les températures se réchauffent de manière significative dans cette région, et ce, tant en janvier, février qu'en mars. Les deux stations parlent aussi d'une plus grande fluctuation des précipitations, ce que l'on remarque très clairement dans les graphiques 2, 5 et 8. Toutefois, au niveau des températures, peut-être que le microclimat du Mont Sutton joue un rôle important sur l'augmentation moins rapide de ses températures comparativement à la station du Mont Orford alors que pourtant, le Mont Sutton est encore plus au Sud que le Mont Orford. Reste-t-il qu'il est évident que ces stations sont affectées par les changements climatiques, tant par les observations obtenues par rapport aux résultats de NARR, que par les observations personnelles de M. Ryan et M. Blouin. L'on remarque aussi une forte volonté de s'adapter à ces changements, par l'intérêt du multi saison et l'amélioration constante de leurs systèmes d'enneigement. Ce sont notamment des solutions qui seront plus détaillées.

3.4 Projections futures

Afin de rendre compte des projections futures, il est intéressant de dresser un tableau de la situation. Le tableau suivant (Tableau 3.1) présente donc ces projections pour les années 2050, 2075 et 2100. Bien certainement, ce ne sont que des projections, basées sur les courbes de tendances obtenues. Il est toutefois intéressant de concevoir que la saison hivernale froide semble se déplacer, arrivant plus tardivement en janvier et durant plus longtemps en mars dans certains cas. Les chiffres en gras correspondent aux maximums des mois de chaque variable. Par exemple, le 9 est en gras pour janvier 2100, en ce qui concerne la variation des températures au Mont-Vidéo.

Tableau 3.1 Variation des tendances météorologiques pour les années 2050, 2075 et 2100
(inspiré de Mesinger et al., 2006)

	Janvier			Février			Mars		
	2050	2075	2100	2050	2075	2100	2050	2075	2100
Variation des températures en °C									
Mont Sutton	3,8	5,2	6,6	0,8	1	1,3	0	0	0
Mont Orford	4,4	6	7,5	1,6	2,2	2,8	1	1,4	1,7
Massif de Charlevoix	2,9	3,9	5	0,9	1,3	1,6	0,1	0,1	0,2
Mont-Vidéo	5,2	7,1	9	2,1	2,9	3,6	2,7	3,7	4,7
Variation des précipitations en cm									
Mont Sutton	6	8,2	10,4	7,8	10,6	13,4	10,3	14	17,7
Mont Orford	9	12,2	15,5	9,4	12,7	16,1	10,9	14,8	18,8
Massif de Charlevoix	14,2	19,3	24,5	14,6	19,8	25,1	13	17,8	22,5
Mont-Vidéo	16,9	23	29,1	11,1	15,1	19,1	8,1	11	13,9
Variation de la vitesse des vents en m/sec									
Mont Sutton	0	-0,1	-0,1	0,2	0,3	0,4	0	0,1	0,1
Mont Orford	-0,4	-0,5	-0,6	0,4	0,6	0,7	-0,1	-0,2	-0,2
Massif de Charlevoix	-1	-1,3	-1,7	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,2
Mont-Vidéo	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,7

Si les tendances se maintiennent, il est évident que la situation deviendra critique. Toutefois, il y a un nombre de facteurs pratiquement infini à prendre en considération avant d’y arriver, notamment des facteurs d’origine anthropiques. Ceux-ci pourraient causer une accélération ou une diminution de ces tendances. Il est donc difficile de se positionner exactement par rapport aux données présentées ci-haut, la seule conclusion qui peut en être retirée porte sur l’état critique de la situation dans le futur plus ou moins rapproché, s’il y a une continuation pareille à cette période de 35 ans. Ce qui est inquiétant, c’est de penser que si cela arrive pour quatre stations de ski du Québec, étalées sur un grand territoire, qu’advierait-il du reste des stations, du Québec, du Canada et même à l’échelle planétaire? Bien que les résultats présentés à la section précédente semblent démontrer que la saison hivernale se déplace chronologiquement, reste-t-il que les températures sont en augmentation chaque mois. Or, même si la saison se déplace, les températures hivernales augmentent tout de même, voulant dire que le réchauffement est plus global.

3.5 Limites méthodologiques

Suite aux résultats présentés et obtenus au fil de cette section, il y a tout de même plusieurs limites méthodologiques applicables. Sans nul doute, la plus grande incertitude relève des précipitations. De par le fait que les précipitations sont recueillies en eau, il s'avère difficile de voir si l'on parle de neige ou de pluie. Évidemment, une augmentation de 5,2 cm d'eau en avril pour la station du Mont Orford est considérable. Elle est toutefois très positive pour la survie d'une station de ski si cela est en neige, vu la conversion d'un centimètre d'eau en centimètre de neige, alors que très négative si l'on parle réellement de 5,2 centimètres de pluie. À ce niveau, une analyse plus poussée, étudiant chaque journée, de chaque mois, pour vérifier si la température favorisait la chute de neige ou de pluie aurait dû être effectuée. Malgré cela, Mesinger et al. mentionnent dans leur article que peu de données de précipitations sont recueillies au Canada. Ce qui implique que la réanalyse est plus difficile et que les résultats ne correspondent peut-être pas exactement à la réalité observée sur le terrain. En ce sens, l'incertitude par rapport aux précipitations obtenues de NARR est donc plutôt élevée. Toujours à ce sujet, il aurait été intéressant de pousser l'étude davantage, en observant les résultats comptabilisés par chacune des stations météo. Par contre, les données étaient souvent rares, et la station météo la plus rapprochée de la station de ski n'était pas toujours à une distance intéressante, laissant donc de côté notamment les microclimats possibles et la variabilité obtenue par l'altitude. Cela s'avère aussi vrai avec les données NARR, puisque les résultats sont comptabilisés sur une superficie de 1024 km², ce qui est une limite pour l'ensemble des données recueillies, donc pour les températures et la vitesse des vents aussi. (2006)

Outre les limites directement reliées à cela, il est important de mentionner qu'une période de 35 ans est très courte pour parler du climat, qui s'évalue sur plusieurs centaines, voire milliers d'années. Bien que nous sachions que la température mondiale augmente, le rythme effréné auquel cela s'observe aux quatre stations étudiées est à prendre en considération. En ce sens, les projections futures sont très difficilement quantifiables et il serait dangereux de prendre ces observations comme étant un scénario réaliste et assuré. Aussi, bien qu'éloignées, les quatre stations ne sont pas étalées géographiquement sur un territoire immense. Les résultats obtenus permettent de rendre compte de la réalité de quatre secteurs, mais pas de l'ensemble du Québec, et encore moins de l'Amérique du Nord.

Le faible taux de réponse du questionnaire est aussi une limite méthodologique. Heureusement, il permet de rendre compte de la réalité des stations de ski du sud du Québec, mais limite l'analyse par rapport à celles plus au nord. Aussi, après coup, le niveau de profondeur des questions n'était peut-

être pas suffisant. Il aurait été intéressant d'envoyer les résultats aux répondants préalablement à l'envoi des questionnaires, afin que ceux-ci puissent mieux réagir par rapport à l'information obtenue.

4. ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

À la lumière des données analysées précédemment, il est évident que les stations de ski du Québec font face à d'importants défis liés au réchauffement hivernal constaté. Dans cette dernière section, il sera donc question de ce que les stations peuvent, et veulent, faire à cet égard. Pour alimenter cette section de l'essai, nous considérons les stations de ski au sens large, c'est-à-dire, les stations de ski et leurs villages, plus ou moins distancés et ne se limitant pas aux quatre stations étudiées jusqu'ici. Les idées purement théoriques, recommandations et méthodes existantes seront divisées en trois principales sous-sections : l'adaptation, la mitigation ainsi que la durabilité. Ces termes seront expliqués dans leurs sections respectives. De manière générale, les stations de ski devraient au moins se doter d'un plan d'adaptation et de mitigation aux changements climatiques, ainsi que d'une politique de développement durable.

Cette section n'est pas une analyse économique ni de faisabilité. Plusieurs mesures sont purement théoriques, d'autres nécessiteraient des études plus approfondies et évidemment, la mise en place de ces stratagèmes devrait se faire au cas par cas des stations. Aussi, l'élément le plus important est la nature paradoxale de plusieurs des solutions qui seront exposées quant à leurs participations aux changements climatiques à grande échelle. De ce fait même, il est nécessaire de garder un esprit critique de manière à comprendre le but premier des stations de ski, soit d'assurer leur rentabilité tout en permettant l'activité récréotouristique qu'est le ski le plus longtemps possible. Finalement, il est nécessaire de prendre en considération que la taille des stations, incluant leurs villages, varie énormément et est une limite à plusieurs des actions qui seront présentées.

4.1 Méthodes d'adaptation

L'adaptation aux changements climatiques est donc une matière d'agir en tenant compte d'une nouvelle réalité. Plus spécifiquement, *Le Dictionnaire Larousse* définit le fait d'adapter comme étant de « [m]odifier la pensée, le comportement [...] pour le mettre en accord avec une situation nouvelle [...] » (*Le Dictionnaire Larousse*, s. d.e). En ce sens, cette section traite des changements en cours, et futurs, auxquels les stations vont faire face. Ces derniers incluent, mais ne se limitent pas à, la diminution de la durée des saisons hivernales, la réduction du couvert de neige en espace et en épaisseur, l'augmentation des températures ainsi que le nombre de skieurs en diminution (Archambault, Nguyen, Morin et ASSQ, 2016; WTO et UNEP, 2008). En fait, pour s'adapter, les stations de ski devront notamment modifier l'offre d'activités pour ne pas se limiter aux sports de glisse.

L'une des principales méthodes d'adaptation est de rendre sa station active sur l'ensemble des saisons, autrement dit, le multi saison. Pour chacune des saisons, des actions peuvent ou pourront être

implantées de manière à assurer un avenir à certaines stations. Cette façon de faire n'est pas nouvelle, en fait, la revue *The Economist* avait parlé de la *Disneyfication* des centres de ski en 1999 (*The Economist*, 1998, 29 janvier). La *Disneyfication* étant donc la diversification des activités à une très grande échelle afin de devenir un méga centre touristique pour tout âge, ou encore un parc thématique. Évidemment, certaines stations ne pourront assurément pas réaliser ces formes d'adaptation, mais cet essai veut présenter les opportunités, et non se limiter aux différentes réalités.

Le printemps, du 20 mars au 20 juin, est probablement la saison la plus difficile à exploiter différemment sur l'ensemble des domaines skiables de l'Hémisphère Nord. Tout dépendamment des moyens des stations, et des précipitations de neige sur une année donnée, certaines stations de ski peuvent rester en activités jusqu'à la fin mai (Quebecvacances.com, 2018). Il ne reste donc que quelques semaines pour préparer les possibles installations de l'été. Aussi, les conditions de glisse sont de moins en moins intéressantes et les skieurs sont moins nombreux pendant les périodes où les conditions de surfaces sont mouillées et gelées. C'est une saison qui annonce la fin de la saison de ski, et la transition vers l'été. Les suggestions sont donc moins nombreuses ici.

En ce qui concerne l'été, s'étendant officiellement du 21 juin au 22 septembre, plusieurs éléments sont à considérer. Les températures plus chaudes, l'environnement naturel des stations, la non-utilisation du territoire en période estivale, la proximité des grands centres urbains, ou non, sont notamment des facteurs d'influence. L'automne est déjà une saison souvent utilisée par les stations de ski. En effet, du 23 septembre au 20 décembre, l'environnement change énormément. Tout comme l'été, l'environnement naturel et la proximité des centres urbains sont à exploiter. La variation de température limite toutefois certaines activités, et très souvent, les stations de ski débutent déjà l'enneigement artificiel au mois de décembre. L'hiver, du 21 décembre au 19 mars est la saison par excellence des stations de ski. Il va sans dire que c'est à ce moment qu'elles sont les plus actives. Il existe tout de même une possibilité d'améliorer son offre d'activités durant l'hiver, afin de s'adapter aux changements climatiques, mais aussi pour attirer d'autres amateurs de sports d'hiver (raquettes, ski nordique, ski de haute route, etc.), ces utilisations seront présentées sous forme de tableau (Tableau 4.1).

À ce sujet, trois sphères d'adaptation sont proposées : l'évènementiel, les installations sportives, et l'augmentation des services.

4.1.1 Évènementiel

L'évènementiel permet d'attirer une clientèle mixte sur plusieurs saisons. Très souvent, les différents événements sont organisés avec les installations déjà existantes. Dans d'autres cas, ce sont les organisations d'évènements qui viennent avec leur matériel.

Le premier domaine d'intérêt évènementiel est l'organisation et la tenue d'évènements culturels. Il existe un grand nombre d'opportunités de tenue d'évènements culturels pour les centres de ski, et ce, à chacune des saisons, quelques exemples seront illustrés. Le Mont Tremblant, dans les Laurentides, tient le Festival international de blues chaque année (Festival international de blues de Tremblant, 2018) durant l'été. Ils offrent aussi un spectacle d'oiseaux de proie jusqu'au mois de septembre, organisé en collaboration avec Services Environnementaux Faucon (Tremblant, 2018a). La station de Vail, au Colorado, organise un festival de jazz durant l'été (Vail, 2018) et *Sun Peaks Resort*, en Colombie-Britannique, a un festival annuel hivernal de vins de la vallée de l'Okanagan (Sun Peaks Resort, 2018). Au printemps plusieurs stations ont des événements de fin de saison, dont de grands événements musicaux extérieurs comme le *Zermatt Unplugged* en Suisse (Zermatt Unplugged, s. d.) pour ne nommer que celui-ci. À l'automne des festivals de couleurs sont organisés un peu partout en plus de festivals de bières comme La Grande Coulée, tenue au Mont Orford (La Grande Coulée, 2018). Certaines stations ont aussi des salles de spectacle intérieures, notamment le *Walk Festival Hall* à *Jackson Hole* dans le Wyoming (Grand Teton Music Festival, s. d.). Ce type d'évènements attire une clientèle parfois désintéressée des sports de glisse hivernaux, mais qui peut représenter une opportunité économique intéressante pour les stations. La culture étant aussi un moteur régional pour le tourisme. L'organisation et la tenue d'évènements culturels peuvent donc servir aux quatre saisons.

Le deuxième domaine d'intérêt correspondant à la sphère de l'évènementiel est celle de l'organisation et de la tenue d'évènements sportifs. L'attrait de ces événements en stations de ski va de soi. Les événements sportifs attirent de nombreux athlètes, tant amateurs que professionnels, ainsi que des spectateurs et curieux. L'on peut évidemment penser aux compétitions sportives d'envergures, comme les *X-Games* ou les courses du circuit international de la Fédération internationale de ski (FIS). Les *X-Games* sont notamment présents à la station d'*Aspen Snowmass* au Colorado (Aspen Snowmass, s. d.a). La Coupe du Monde de ski se tient sur plusieurs stations à travers le monde, dont Courchevel en France et *Lake Louise* au Canada (FIS, s. d.). Mais il y a aussi des événements sportifs au printemps, comme les traversées annuelles d'étang, au Sommet Morin Heights, dans les Laurentides, par exemple (Morin Heights, 2018). L'été, plusieurs courses à pied, compétitions de vélo de montagne, etc. sont organisées, comme l'*IRONMAN Subaru* du Mont Tremblant, (Ironman, 2018) ou la Coupe du monde

de vélo de Montagne du Mont Sainte-Anne à Québec (Vélirium, 2018). De manière générale, les compétitions sportives peuvent se tenir tant le printemps, l'été, l'automne que l'hiver.

Finalement, un autre moyen intéressant de transformer sa station de ski en station multi saison est d'organiser et de tenir des évènements éducatifs ou de formation. Ce type d'activités nécessite souvent peu de moyens et assure une présence des participants sur le territoire. En ce sens, même si organisés par une tierce-partie, les individus participants aux formations ou évènements éducatifs deviennent des consommateurs potentiels des différents services offerts. Durant l'hiver, des formations professionnelles pour les patrouilleurs, les moniteurs de ski, en recherche et sauvetage et ainsi de suite, sont offertes dans plusieurs centres de ski. Au fil des saisons, il pourrait aussi y avoir des séances offertes pour la reconnaissance d'espèces animales et végétales. Il serait aussi possible d'organiser des visites des installations, par exemple de voir le fonctionnement des télésièges, des canons à neige, afin d'éduquer les clients à propos de la montagne. Il existe un nombre très important de formations et d'opportunités éducatives pour les stations de ski. Leur localisation dans des paysages montagneux favorise les apprentissages sur les milieux naturels. Il est donc possible d'organiser de tels évènements au printemps, à l'été, à l'automne ainsi qu'à l'hiver.

4.1.2 Installations sportives

La deuxième grande sphère d'adaptation pour la mise en place d'une station multi saison est l'augmentation et la diversification d'installations sportives. En fait, de s'éloigner du ski alpin et du snowboard comme étant les seuls sports praticables à la montagne. En ce sens, la tableau suivant (Tableau 4.1) présentera les différentes installations sportives à maintenir et à exploiter qui peuvent aider à l'adaptation, avec des exemples à l'appui.

Tableau 4.1 Type d'installations sportives et exemples

Type d'installation	Exemples	Saison(s) d'exploitation
Pistes de vélo de montagne	Le Parc de vélo MSS situé au Sommet Saint-Sauveur dans les Laurentides (Les Sommets, s. d.a).	Printemps Été Automne
Glissades d'eau et autres installations aquatiques intérieures ou extérieures	Le parc aquatique extérieur du Sommet Saint-Sauveur dans les Laurentides (Les Sommets, s. d.b).	Printemps (intérieur) Été (intérieur et extérieur)

Tableau 4.1 Type d'installations sportives et exemples

Type d'installation	Exemples	Saison(s) d'exploitation
	Le parc aquatique intérieur du <i>Jay Peak Resort</i> dans l'État du Vermont (Jay Peak Resort, 2017).	Automne (intérieur) Hiver (intérieur)
<i>Skatepark</i>	Le <i>skatepark</i> multiusage du Village de Whistler en Colombie-Britannique (Resort Municipality of Whistler, 2016).	Printemps Été Automne
Sentiers de randonnée et d'escalade	Les sentiers de randonnée pédestre au Mont Tremblant dans les Laurentides (Tremblant, 2018b). Les sites d'escalade de Chamonix-Mont-Blanc dans les Alpes françaises (Chamonix-Mont-Blanc, 2018).	Printemps Été Automne Hiver
Sentiers de ski de fond et de raquette	Les sentiers de ski de fond au <i>Grand Targhee Resort</i> dans l'État du Wyoming (Grand Targhee Resort, s. d.a) Les pistes de raquette au Sommet Morin Heights dans les Laurentides (Les Laurentides, s. d.)	Hiver
Sentiers de ski de randonnée alpine	Les sentiers de randonnée alpine au Mont Orford en Estrie (Ski Mon Orford, 2018b)	Hiver
Sentiers de <i>Fatbike</i>	Les sentiers de <i>Fatbike</i> au <i>Grand Targhee Resort</i> dans l'État du Wyoming (Grand Targhee Resort, s. d.b).	Hiver
Terrains de golf	Les terrains de golf d' <i>Aspen Snowmass</i> dans l'État du Colorado (Aspen Snowmass, s. d.b)	Printemps Été Automne
Pistes de luge alpine et tyrolienne	Le Dragon et le Viking au Sommet Saint-Sauveur dans les Laurentides (Les Sommets, s. d.c ; Les Sommets, s. d.d)	Printemps Été Automne Hiver
Installations pour sports nautiques	Le club de plage du Mont Tremblant dans les Laurentides (Tremblant, 2018 c)	Été
Patinoires	La patinoire du <i>Whistler Olympic Plaza</i> à Whistler en Colombie-Britannique (Tourism Whistler, 2018a)	Hiver

Tableau 4.1 Type d’installations sportives et exemples

Type d’installation	Exemples	Saison(s) d’exploitation
Pistes de glissades sur tube	Les pistes de glissades sur tube au Sommet Saint-Sauveur dans les Laurentides (Les Sommets, s. d.e)	Hiver
Sentiers de motoneige	Les sentiers de motoneige du <i>Big White Ski Resort</i> en Colombie-Britannique (Big White Ski Resort, 2018)	Hiver
Autre	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cat skiing</i> (Grand Targhee Resort, s. d.c) - Ski d’hélicoptère (Whistler Blackcomb, 2018). - Traineau à chien (Tremblant, 2018d) - Sentiers d’équitation (Boulder Mountain Ranch at Deer Valley, 2018) - etc. 	S.O.

4.1.3 Augmentation des services

Finalement, la troisième méthode d’adaptation vers le multi saison se trouve être l’augmentation des services au sein de la station de ski. En ce sens, le développement de cette dernière devrait se faire de manière à offrir les services nécessaires au bon fonctionnement de n’importe quelle ville. La station de ski, pourrait devenir un village à part entière, ce qui lui permettrait de devenir une attraction autre que touristique, ou du moins, qui donnerait envie d’y être pour plus que simplement pratiquer un sport durant l’ensemble du séjour. Autrement dit, faire de la station un endroit qui offre un séjour des plus divertissants durant les quatre saisons.

L’augmentation de l’offre commerciale est donc à prioriser. C’est-à-dire d’offrir aux clients plusieurs magasins de vêtements, d’articles divers, de souvenirs, et ainsi de suite. Certainement, une diversification de l’offre des magasins devrait pouvoir répondre aux différents budgets des individus. Lorsque l’on pense à l’offre commerciale, les services de proximité aussi en font partie. Donc, les pharmacies, épicerie, dépanneurs, devraient être en nombre suffisant pour répondre aux besoins de la population permanente et temporaire de la station. Des spas de qualités attirent généralement une clientèle différente, voulant profiter du séjour sportif aussi pour ses vacances.

Évidemment, pour accueillir les gens dans une station multi saison, il doit y avoir suffisamment d’établissements hôteliers ou locatifs pour tous, et ce, à tous les budgets. Les hôtels, auberges, condos locatifs, *bed and breakfast* ont leurs places dans les centres de ski et permettent des séjours de plus

longues durées. Il devrait aussi y avoir des sites permettant le camping ou l'autorisation de rester dans les stationnements pour y dormir, pour les vrais amateurs.

Au niveau de la restauration, il est évident que l'offre doit augmenter. Des restaurants de toutes sortes, de haute gastronomie comme de restauration rapide, des cafés et même des cafétérias contribuent à l'attractivité d'une station de ski. Les gens voulant bien manger doivent pouvoir y trouver leur compte, autant que ceux qui souhaitent manger sur le pouce et retourner à leurs activités plus rapidement. Au Québec, il pourrait aussi y avoir des cabanes à sucre pour attirer le plus de gens possible durant le printemps, qui est manifestement la saison la plus difficile à garder active.

En plus des événements culturels mentionnés à la section 4.1.1, il doit y avoir une offre culturelle intéressante pour que d'autres types de touristes s'intéressent à la station, en plus d'offrir une diversité d'activités à ceux qui y séjournent pour le ski. En ce sens, des musées, galeries d'art, cinémas, scènes intérieures et extérieures, des parcs d'amusement (Les Sommets, s. d.f) ou même des sentiers illuminés artistiquement en montagne comme *Tonga Lumina* au Mont Tremblant (Tonga Lumina, 2018) sont des services intéressants. En offrant ainsi ce type d'installations, le village devient aussi un joyau culturel pour la région et attire des résidents de villages avoisinants tout au long de l'année. Puisqu'en effet, pour bien s'adapter, il est important de ne pas seulement attirer des touristes venant de loin, mais aussi de renforcer les liens avec les communautés.

Enfin pour continuer dans cette lignée, le territoire des stations de ski devrait servir pour des camps de jour ou de vacance. Les grands terrains en nature sont des endroits parfaits pour les jeunes enfants. Par exemple, le Mont Habitant dans les Laurentides tient le camp de jour de la municipalité (Municipalité de Piedmont, 2018). Des garderies devraient aussi se trouver dans les stations de ski.

En fait, il paraît évident que l'adaptation doit passer par la création d'une communauté intrinsèquement reliée à la station de ski. Dans le futur péri-changements climatiques, les centres de ski devront se réinventer en pôle extraski afin d'assurer leur pérennité. La mentalité des gens à l'égard des stations de ski doit changer. Elle ne doit plus être uniquement pour le ski, et les gens plus fortunés, elle doit devenir plus attrayante pour les gens qui y vivent et qui y séjournent. En d'autres mots, s'éloigner d'un but unique et désormais faire partie de la vie sociale des gens.

Aussi, la durabilité d'une ville ou d'un village dépend de plusieurs autres aspects humains et urbanistiques. Une ville durable est une ville vivante et diversifiée. À cet égard, Jane Jacobs considère qu'il existe quatre conditions nécessaires pour obtenir cette diversité. Dans son livre, elle parle principalement des grandes villes urbaines, mais il y a tout de même un parallèle à faire avec les stations de ski, puisque leur survie dépendra éventuellement de leur adaptabilité. Comme il a été

observé, cette adaptabilité proviendra en grande partie de nouvelles installations hors ski alpin. En ce sens, la vitalité des centres de ski doit aussi attirer les saisonniers et de nouveaux citoyens. Les quatre conditions sont donc les suivantes : il doit y avoir une mixité de fonctions, les rues doivent être nombreuses et courtes, l'architecture et les bâtiments doivent être mixtes et finalement, la densité doit y être importante (Jacobs, 1961, p. 155). Au niveau de la mixité des fonctions, il va sans dire que le ski alpin ne doit plus être la fonction primaire du centre, les services de toutes sortes sont essentiels à la prospérité et la durabilité des villages et villes qui y sont associés. Les nombreuses et petites rues sont une façon d'encourager le déplacement des individus, de manière à ce qu'ils puissent se déplacer sans trop de contraintes dans l'espace bâti et contribuer à la vie des centres. En termes de diversité architecturale, plusieurs centres de ski, notamment en Europe, profitent déjà de cet aspect, mélangeant avec goût de nouveaux bâtiments ainsi que des bâtiments beaucoup plus anciens, typiques et possédant beaucoup de charme. Cet aspect est important pour l'esthétisme des centres de ski, ce qui augmentera le nombre de visiteurs et améliorera la qualité de vie des citoyens. Enfin, en termes de densité, plus une ville est dense, plus les commerces de proximité sont nombreux et utilisés, plus les gens se côtoient et moins la voiture devient nécessaire. Ce qui signifie qu'une fois sur place, les touristes n'ont plus besoin d'utiliser leur voiture pendant le séjour, ou du moins, ils ne sont pas handicapés par le manque d'alternatives. Le village, très piétonnier de Whistler en Colombie-Britannique en est un bon exemple (Tourism Whistler, 2018b), malgré son manque de diversité architecturale, ou encore celui de Courchevel en France, souvent considéré comme l'un des plus beaux villages de ski au monde (Condé Nast Traveller, 2017, 24 octobre).

4.2 Méthodes de mitigation

Toutefois, il existe des moyens de mitiger, à court ou à long terme, les effets des changements climatiques. L'action de mitiger, signifie plutôt de réduire les effets de quelque chose. Pour donner un exemple concret, il est possible de mitiger les effets d'une déforestation, en s'assurant de planter le même nombre d'arbres abattus, mais ailleurs. Ainsi, à grande échelle, l'on vient corriger certains aspects négatifs de quelque chose. Dans le domaine des changements climatiques, un nombre important d'actions de mitigation existent. En ce qui concerne les changements climatiques hivernaux en milieux de ski alpin, les principaux effets ont déjà été énoncés dans de précédentes sections. Afin de parvenir à diminuer les effets de ces changements, les stations de ski au sens large, sont en mesure de poser plusieurs actions, ou bien d'avoir recours à plusieurs techniques et technologies intéressantes pour y parvenir. Dans cette section, ces méthodes seront explorées.

Évidemment, le premier effet qui nous vient à l'esprit est la diminution du couvert de neige. Pour pallier ce problème, les stations de ski utilisent déjà depuis plusieurs années des canons à neige de

plus en plus sophistiqués. Ces derniers sont efficaces, jusqu'à un certain point. Selon Monsieur Simon Blouin, du Mont Orford (S. Blouin, rencontre, 23 mars 2018), le coût économique d'utilisation, et d'ajout de canons à neige, est très élevé. De ce fait, il est donc important de bien comprendre quand leur utilisation est optimale, de se doter des plus avancés technologiquement, ainsi que de savoir où les placer. Félix-Antoine Desrochers, de l'Université de Sherbrooke, a notamment mené une étude à la station de ski Bromont à cet effet (Desrochers, 2017). Ce type de pratique devrait être réalisé par chacune des stations de ski, de sorte à s'assurer de rentabiliser et d'utiliser les canons à neige disponible à leur plus grande performance. Ceci est une option réaliste pour plusieurs centres de ski de plus petite envergure. À la lumière des résultats obtenus dans cet essai, les températures deviennent plus froides plus tardivement durant la saison. Ce qui signifie que l'utilisation des canons à neige en décembre est plus risquée, et plus coûteuse. Puisqu'en effet, de manière générale, les températures atmosphériques plus basses sont favorables à l'utilisation des canons à neige. Les températures sous le point de congélation étaient avant nécessaires, ou presque, à leur utilisation. Toutefois, les technologies en matière de canons à neige sont de plus en plus intéressantes. Par exemple, les Industries Samson, une entreprise d'ici, ont développé un procédé permettant de produire de la neige artificielle à des températures pouvant s'élever à 15, voir à 25 °C (Jolicoeur, 2017, 7 juin). Les prix de ces machines varient entre 300 000 \$ et 500 000 \$. Pour Monsieur Simon Blouin, ces engins serviront probablement plus à des événements de *slopestyle* dans des centres urbains, ou pour des studios de production cinématographique ou télévisuelle (S. Blouin, rencontre, 23 mars 2018). Toutefois, le président de l'entreprise, Monsieur Guy Pelchat, nous rappelle que des millions de dollars sont déjà investis aux États-Unis et au Canada dans les centres de ski et les villages à proximité, et que sans neige, c'est l'économie de la région qui en souffre (Jolicoeur, 2017, 7 juin). Par contre, cette technologie est un exemple idéal du paradoxe mentionné précédemment. Les stations de ski, pour continuer d'être, malgré les changements climatiques, devront possiblement se tourner vers de telles technologies. Auront-elles les moyens financiers de pouvoir survivre?

Ce qui nous amène donc à discuter d'une pratique de plus en plus courante dans le monde du ski alpin, les passes de ski multi stations ou encore, l'achat de plusieurs stations de ski. Celle qui nous concerne le plus est la toute nouvelle *IKON Pass* (2018a) qui inclut le Mont Tremblant, mais il en existe d'autre comme la *PEAK Pass* (2018) qui permet de skier dans sept stations du Nord-Est américain ou encore la *EPIC Pass* (2018) détenue par le groupe de *Vail Resorts*, il y a même des pourparlers entre certaines stations de l'Estrie quant à la possibilité de créer une telle passe (S. Blouin, rencontre, 23 mars 2018). Sans entrer dans les détails, ces différentes passes permettent aux acheteurs d'accéder à plusieurs stations de ski en Amérique et ailleurs dans le monde, pour le même prix. Il existe parfois des restrictions en termes de date ou de jours skiés, mais le principe reste le même. En ce sens, c'est une

manière d'inciter les skieurs à voyager ailleurs pour skier si les conditions ne sont pas convenables. Ou simplement, de voyager à moindre cout. Pour les consommateurs, c'est une excellente nouvelle. Par ailleurs, pour les stations, cela permet de redistribuer les profits à l'ensemble des stations. C'est-à-dire que si une station de l'Est ne reçoit que très peu de neige une année, alors qu'une dans l'Ouest Canadien, en reçoit énormément, les deux recevront au final, autant d'argent pour l'achat de cette passe. En matière de changements climatiques, cela permet de mitiger les effets néfastes sur certaines stations, tout en s'assurant qu'elles feront un profit malgré tout. Ceci est encore plus vrai pour les grands regroupements qui ont fait l'acquisition de plusieurs stations, des profits records dans une station peuvent en aider une autre à investir davantage pour, soit mitiger, ou s'adapter aux changements climatiques. C'est le cas, à grande échelle, pour des groupes comme *Alterra Mountain Company* qui détiennent le Mont Tremblant (IKON Pass, 2018b) ou à plus petite échelle comme Les Sommets Saint-Sauveur dans les Laurentides (Les Sommets, s. d.g). Ces pratiques permettent donc aux stations de ski d'augmenter leurs chances de bien fonctionner, d'être rentable pour ainsi investir vers l'avenir de manière à s'adapter aux changements climatiques.

Afin d'utiliser moins les canons à neige, il serait aussi intéressant de considérer une nouvelle façon d'utiliser les dameuses. Les dameuses sont les véhicules à chenilles permettant de niveler la neige, de la bouger afin de créer les sauts et demi-lunes et d'entretenir les conditions de glisse des pistes. Ces véhicules polluants pourraient éventuellement être sans chauffeurs, afin de diminuer les frais d'utilisation. Aussi, les parcours seraient maximisés selon des algorithmes étudiés et prédéfinis. Il est certain qu'une utilisation plus judicieuse des dameuses serait favorable. Dans le même ordre d'idée, pour diminuer les émissions et l'impact de ces dernières sur l'ensemble des stations, la conception de dameuses électriques serait intéressante. Déjà, un modèle hybride (diesel-électrique) existe sur le marché (PistenBully, s. d.).

Toujours en ce qui concerne l'enneigement artificiel et ce que l'on fait de cette neige fabriquée, les structures de parcs à neige pourraient être pensées autrement. En effet, en effectuant une recherche en ligne, il est difficile de dire exactement pourquoi ces structures doivent être construites de neige uniquement. Pourquoi ne pas plutôt créer ces structures durant l'automne en bois, ou simplement les créer à même le sol des pistes de ski en terre, et simplement les recouvrir de neige à l'hiver? La quantité de neige nécessaire à la fabrication d'un saut de style *big-air* est très importante. Ce sont des couts qui pourraient être de beaucoup allégés si les structures étaient déjà assemblées, c'est du moins une technique qui devrait être évaluée et étudiée par les centres de ski.

Aussi, afin de mitiger les effets des changements climatiques, il est important de s'assurer que l'achalandage des montagnes ne se dégrade pas. Par le fait même, il serait intéressant pour l'ensemble

des stations de ski, d'adopter une tarification différente pour les résidents de la région du domaine skiable. Ainsi, ces derniers seront tentés de skier plus près de leur domicile, polluant moins durant les déplacements. Par exemple, le centre de ski du Mont Bellevue dans la Ville de Sherbrooke offre un tel tarif. Le billet journalier d'un adulte résident lui coûte près de 22 % moins que celui d'un non-résident soit 16 \$ comparativement à 19,50 \$ (Ville de Sherbrooke, 2018). Ce moyen encouragerait peut-être certains skieurs à s'aventurer moins loin, ou encore, à aller skier malgré des conditions non idéales en raison de la proximité de la station et de son avantage en termes de prix. Aussi, par rapport au transport, les skieurs se rendant à la montagne par des navettes, des services d'autobus, le covoiturage, ou des voitures électriques devraient avoir un certain incitatif octroyé par les stations de ski. Encourage les gens à venir skier à plusieurs, ou de manière moins polluante serait aussi un moyen de mitiger les effets des changements climatiques. Non pas directement, mais de manière à possiblement augmenter l'achalandage malgré les variations des conditions de glisse. Ce serait plutôt une manière de s'assurer d'une clientèle, plus consciente de ses effets sur l'environnement. À cet égard, les stationnements devraient tous être payants. Les profits allant directement dans un fonds relié à la mitigation des effets des changements climatiques, ou pour compenser les émissions des clients.

4.3 Méthodes de durabilité

Bien sûr, les stations de ski peuvent s'adapter aux changements climatiques, ainsi que mitiger les effets de ceux-ci sur leurs centres. Toutefois, afin de prospérer et d'assurer leur pérennité, mais d'aussi avoir l'appui du public à grande échelle, ils se doivent de devenir des modèles de durabilité. Les centres de ski sont avant tout, des milieux naturels, où les avalanches, les arbres, les espèces animales de tout genre sont présents. L'être humain a modifié ces espaces afin d'y pratiquer divers sports alpins. Leur connexion à la nature est toutefois indéniable, tout comme l'est leur connexion à la communauté environnante. C'est pourquoi les réductions de leurs émissions de GES (dioxyde de carbone [CO₂], le méthane [CH₄], l'oxyde nitreux [N₂O], les hydrofluorocarbures [HFC], etc.) ainsi que les pratiques de durabilité sont importantes pour les centres de ski.

À ce niveau, l'urbanisme est un élément majeur à considérer pour les centres au sens large. En effet, les villes de montagnes souffrent des impacts des changements climatiques, que ce soit en raison de l'augmentation des feux de forêt ou de la fonte de la couverture de neige plus hâtive. Ceci implique une nouvelle réorganisation spatiale de l'espace, considérant aussi la mise en place des éléments présentés dans la section portant sur l'adaptation. Les centres et leurs villes ou villages devront trouver un moyen de réduire les impacts des changements climatiques et de s'adapter. En ce sens, les systèmes d'eau de pluie, le transport en commun, les nouveaux espaces publics sont des éléments auxquels ces

centres devront penser. En 2014, certaines communautés de montagnes étaient questionnées par rapport à la planification actuelle d'adaptation de leurs villes au niveau local (Archie, 2014). La majorité des communautés interrogées n'avait pas encore de plan. Comme n'importe quelle ville ou village, les installations, le verdissement, la minéralité et ainsi de suite sont à considérer. Construire une ville plus dense, permet de réduire la distance des déplacements, donc des transports et de diminuer l'émission des GES à l'échelle du milieu bâti. Les autobus, tramway et tout autre service de transports actif ou en commun, devraient être privilégiés. Ces derniers devraient aussi être sélectionnés en vertu de leur propension à polluer, des modèles électriques, à hydrogènes ou toute autre technologie moins polluante serait à prioriser.

Un centre de ski consomme énormément d'énergie. Tellement qu'en période de grands froids, il arrive que les producteurs d'énergie demandent aux stations de ski de ralentir. C'est ce qui est arrivé durant le temps des fêtes de 2017 au Québec, alors que la société d'État Hydro-Québec a demandé au Mont-Sainte-Anne de réduire ses activités pour consommer moins d'énergie (Rocheport, 2017, 29 décembre). Ceci illustre l'importante consommation des centres de ski. Ce qui mène à parler de la provenance et de l'utilisation de cette dernière comme moyen de durabilité. Évidemment, selon les réalités propres à chacune des stations, certains moyens ne sont pas économiquement réalistes ou encore, la faisabilité n'existe pas. Par contre, la fabrication de l'électricité peut se faire de manière plus durable. Les centres de ski sont en altitude, ce qui signifie en général que les vents sont plus élevés. Vu leurs tailles, il y a généralement au moins un versant exposé au Soleil. Certains centres sont situés non loin d'étendues d'eau importantes, voire même d'océans. Ces constatations permettent donc de produire leur électricité par différents procédés, comme l'énergie éolienne, l'énergie solaire, géothermique ou hydrologique. Ainsi, créer leur propre énergie à partir d'énergies renouvelables serait une manière de diminuer considérablement l'impact des centres de ski sur la production énergétique mondiale, tout en limitant les émissions de GES. Un centre de ski pourrait-il devenir autosuffisant? Possiblement. Il est certain que les stations de ski pourraient s'intéresser à ce type de pratique.

Bien que les canons à neige représentent à eux seuls une part très importante de l'énergie utilisée par les stations de ski, d'autres installations pourraient aussi être améliorées. L'efficacité énergétique des différents bâtiments, chalets, locaux administratifs, hôtels, restaurants, etc. mériterait d'être optimale. Ainsi, les rénovations ou nouvelles constructions devraient miser sur cet aspect. En plus de venir réduire l'empreinte écologique des stations de ski, ces installations plus écoresponsables deviendraient aussi un élément marketing prisé par les individus. Évidemment, pour que ces constructions soient privilégiées, les gouvernements devraient aussi offrir des incitatifs ou subventions

aux stations de ski, comme étant des moteurs écotouristiques importants. Des crédits d'impôt comme RénoVert pour les particuliers pourraient être implantés pour les stations de ski (Revenu Québec, 2018) par exemple. Hydro-Québec a notamment commencé à allouer des subventions à l'achat de canons à neige plus efficaces, 15 cents du kilo wattheure économisés par les nouveaux équipements (Tremblay, 2017, 14 décembre). Toutefois, ce que les stations de ski ici au Québec veulent, c'est un tarif préférentiel, puisque la concurrence avec l'Est américain est féroce. En 2013, Yves Juneau, président-directeur général de l'ASSQ disait dans un article du *Soleil* que les stations de ski du Nord-Est américain payaient moins cher leur électricité malgré le fait qu'elle provenait aussi du Québec (Parent, 2013, 22 décembre). Il y a aussi un volet complet à évaluer par rapport à la pluie, que faire lorsqu'il pleut? Actuellement, les stations prennent parfois la décision de fermer pour une journée, afin de préserver les conditions de glisses. À d'autres occasions, les stations restent ouvertes, et le travail des dameuses est des plus imposants en raison du refroidissement nocturne de cette neige engorgée d'eau. Des études plus sérieuses devraient être menées pour avoir une réponse à cette question, mais il paraît apparent que la pluie a un impact important sur les stations, à court et à long terme.

En ce qui a trait à l'énergie, une autre composante très importante à considérer est la consommation d'eau. Les canons à neige utilisent une quantité d'eau astronomique, en plus de l'eau utilisée pour les installations sanitaires, les cuisines, et ainsi de suite dans les stations. En ce sens, elles auraient intérêt à utiliser le moins d'eau potable possible, ou du moins la réutiliser. Par exemple, trouver une manière de recycler l'eau de fonte, tant dans les différents établissements, que la renvoyer directement dans les réservoirs utilisés pour les canons à neige. La neige de fonte peut aussi être créée artificiellement, dans la mesure où le sol du village de ski est chauffant, l'eau qui s'y retrouve devrait au moins pouvoir intégrer le sol par des matériaux poreux, ou être acheminée vers ces réservoirs. Puisque l'eau potable se fait une denrée de plus en plus rare, il serait intéressant pour les stations de ski, pour leur image et leur appartenance à la communauté, qu'ils tentent de trouver une manière efficace de la conserver.

Aussi, il existe plusieurs méthodes afin de mieux gérer les produits offerts aux consommateurs, de manière à diminuer leurs impacts environnementaux. Par exemple, une gestion des matières résiduelles très stricte peut contribuer à diminuer grandement les effets d'une station sur l'environnement. Le recyclage et le compostage sont des moyens simples de donner une seconde vie aux produits utilisés dans les activités des centres de ski. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant pour l'ensemble des stations de ski de se doter d'une politique d'approvisionnement responsable. Cette dernière pourrait être utilisée tant pour la nourriture, que pour les uniformes des employés, l'emballage, la papeterie, etc. Les billets de ski, ou autre, ne devraient jamais être à usage

unique, ainsi, les billets rechargeables devraient devenir la norme. Les restaurants et cafétérias devraient promouvoir une alimentation plus saine, dans le choix de ses aliments du moins. Offrir des repas végétariens et frais serait un pas vers la conscience environnementale que les stations de ski devraient démontrer aux communautés environnantes. La nourriture biologique et/ou locale devrait être encouragée, de manière à stimuler l'économie de la région et accroître les liens sociaux entre les différentes institutions.

Finalement, en plus des différentes activités proposées dans la section traitant de l'adaptation, il y en existe un dernier qui vient compléter nos méthodes de durabilité. Les technologies dans l'univers du ski alpin et du *snowboard* changent souvent. Aussi, dans l'esprit collectif, les gens qui pratiquent ces sports divers sont la plupart du temps des personnes dont les moyens financiers sont relativement élevés. Les individus ainsi que les stations de ski changent leur équipement. Lorsqu'une flotte de ski en location pour une station change pour offrir de nouveaux skis aux clients, qu'advient-il de ces derniers? Qu'advient-il des paires de skis changées aux deux ans, des casques et des lunettes plus à la mode et ainsi de suite? Les centres de ski devraient fréquemment organiser des événements où les gens peuvent vendre et acheter ce matériel changé. De cette manière, l'on réduirait la consommation des produits de ces sports d'hiver à la source.

Afin de devenir plus durables, les stations de ski doivent se réinventer dans une certaine mesure. Le respect du principe de base de la gestion des matières résiduelles est le 3RVE, qui signifie de réduire, réutiliser, recycler, valoriser et bien éliminer nos déchets, est primordial (EBI, 2018). Il ne s'applique pas seulement aux matières résiduelles, il peut être interprété pour plusieurs autres pratiques. En d'autres termes, l'usage de l'énergie et de l'eau peut aussi être géré selon ce principe. Il existe aussi un nombre faramineux de certifications environnementales et en développement durable, le Flocon Vert (Flocon Vert, 2015) étant notamment le plus rigoureux pour les destinations touristiques de montagnes. Il est toutefois seulement décerné en France pour le moment. Les centres de ski voulant améliorer leur image pourraient envisager d'en obtenir certaines. D'autant plus que lors d'un sondage mené par *Sustainable Destination Norway*, 62 % des répondants disaient être probablement plus intéressés à visiter des destinations consciencieuses de l'environnement (Birch, 2015, 16 février).

CONCLUSION

L'objectif général de cet essai était de quantifier les changements climatiques hivernaux de quatre stations de ski du Québec. Par le fait même, il était question de l'adaptation des stations de ski envers ces changements. Découlant de cet objectif, il semblait nécessaire d'évaluer quels étaient les impacts de ceux-ci et, enfin, de tenter de prévoir les conditions possibles dans un avenir rapproché. À la lumière des informations recueillies, il apparaît clair que le climat des stations de ski étudiées a grandement évolué au court du laps de temps sélectionné, soit de 1979 à 2016.

Cet essai aura donc présenté le ski en période de changements climatiques, qui a beaucoup changé et qui changera énormément au cours des prochaines années. Ensuite, c'est la situation des stations de ski d'ici et d'ailleurs qui a été présentée, montrant des difficultés à toutes les échelles.

À ce sujet, trois hypothèses avaient été formulées pour répondre à trois questions distinctes. C'est à l'aide de l'analyse climatique qu'il aura été possible d'accomplir cette tâche. La première hypothèse voulait que les hivers se soient réchauffés au Québec, et que la durée d'enneigement naturel ait donc diminué. Par rapport aux informations analysées, il est clair que les températures hivernales ont augmenté (Mesinger et al., 2006). Toutefois, par rapport à la durée d'enneigement naturel, les résultats ne sont pas convaincants. En effet, il y a une augmentation des précipitations certes, mais en raison de la méthode employée, il est impossible de savoir exactement si celles-ci en sont en neige, en pluie, en verglas, etc. Il semblerait néanmoins que la variabilité des précipitations soit beaucoup plus élevée aujourd'hui qu'elle ne l'était dans le passé.

Ensuite, il était question de savoir si les changements climatiques ont eu réellement un impact sur le ski alpin comme activité touristique. À cela, l'hypothèse voulait que les stations de ski ont fait face à une situation financière de plus en plus difficile. Il est donc possible de confirmer cette hypothèse de manière nuancée. En effet, tel que présenté, il y a eu une diminution assez importante de l'achalandage dans les stations de ski du Québec (Archambault, Nguyen, Morin et ASSQ, 2016) et les stations de ski du Québec en souffrent (Hébert, 2018, 14 mars ; Turmel, 2018, 23 février). Certaines stations ont aussi dû bénéficier de financement du gouvernement (ASSQ, 2017a), certaines ont dû fermer durant quelques semaines en raison des coûts trop élevés de l'électricité. En réponse à cela, Hydro-Québec a récemment commencé à allouer des subventions aux stations pour le remplacement de leur équipement afin qu'elles deviennent moins énergivores (Tremblay, 2017, 14 décembre). Il faut dire qu'Hydro-Québec agit de la sorte pour son bénéfice personnel aussi, puisqu'il est parfois difficile de fournir suffisamment d'énergie à certaines régions sans le ralentissement des activités de stations de ski (Rochefort, 2017, 29 décembre). Aussi, tel que M. Simon Blouin l'indiquait (Annexe 2), les clients

sont les plus affectés par les changements climatiques, et non pas les opérations de la montagne. Évidemment aussi, les coûts d'adaptation sont importants, ce qui rend la situation de plusieurs stations dans un avenir rapproché très difficile (Fragasso-Marquis, 2017, 27 novembre). Ces difficultés ne sont pas seulement observables au Québec, elles le sont aussi ailleurs dans le monde, notamment en Bolivie (Snow-Forecast.com, 2017), en Suisse (Elsasser et Brki, 2002), aux États-Unis (Wobus et al., 2017) ainsi qu'en Océanie (Hendrikx, Zammit, Hreinsson et Becken, 2013).

La troisième hypothèse proposée s'intéressait à la généralisation de la situation au Québec. Elle stipulait que les stations du Nord seraient moins affectées par les changements climatiques que celles situées au Sud. Il est assez difficile d'affirmer ou d'infirmer cette dernière. Il est clair, à la lumière des quatre sites étudiés, que la situation est généralisée. Par contre, il semblerait que la station la plus au Nord, le Mont-Vidéo, ne soit pas du tout épargnée par les changements climatiques. En effet, tel que les résultats le démontrent, c'est la station qui connaît la hausse la plus importante et la plus rapide de ses températures. Il est toutefois nécessaire de nuancer certains éléments, la hausse des températures étant plus élevée, reste-t-il qu'elles sont tout de même relativement froides, l'on parle d'une augmentation de 2,6 °C en janvier, 1,1 °C en février, et 1,4 °C en mars. Les précipitations ne sont probablement pas sous forme liquide. Le Massif de Charlevoix, au nord comparativement aux monts Sutton et Orford, est le plus épargné. Seules ses précipitations ont beaucoup augmenté, et les températures relativement froides de la station très peu, ce qui est un bon signe pour la précipitation de neige. Toutefois, une nuance importante doit être apportée concernant le sud du Québec. Les températures du Mont Orford ont aussi augmenté de manière significative sur 35 ans, et la variabilité des précipitations au sud du Québec est plus importante depuis les dernières années qu'elle ne l'était. Bien qu'il soit vrai que les stations du nord soient affectées plus positivement, puisque des centres de ski alpin qui nécessitent donc plus de neige, ils ne sont tout de même pas exempts d'impacts. Plus au sud par contre, les changements climatiques sont plus importants par rapport aux conditions de ski alpin.

Par rapport aux changements démontrés, il est important de penser au futur. Si les tendances se maintiennent, la situation deviendra critique. Il faut tout de même concevoir que les centres de ski sont des entreprises, qui cherchent continuellement à faire du profit. En ce sens, tel qu'il l'a été démontré, il existe un nombre considérable d'actions pouvant être appliquées afin de s'adapter aux changements climatiques. Le multi saison est probablement la solution la plus avantageuse. Il y a tout de même des solutions envisageables pour s'adapter, soit par l'évènementiel, l'ajout et la diversification d'installations sportives et l'augmentation des services. Il existe aussi plusieurs manières de mitiger les impacts des changements climatiques, par différentes techniques ou procédés qui

permettront aux stations de ski de conserver leur activité principale, soit d'être une destination de ski alpin. Enfin, il est aussi possible de réduire son empreinte écologique et de devenir plus durable.

Ce qui est certain : les changements climatiques affectent les stations de ski du Québec de manière significative. Des décisions qui devront être prises rapidement scelleront le sort de plusieurs. Il y a quand même, pour les stations, des opportunités à saisir pour leur pérennité, ce qui n'est peut-être pas le cas pour les skieurs québécois, bien que les passes multi stations pourront servir à certains. La réalité de l'Est de l'Amérique du Nord est tout de même bien différente de celles des Rocheuses, ou encore des Alpes européennes. Si les tendances se maintiennent, il n'y aura probablement plus beaucoup de ski alpin au Québec. Il est donc temps d'agir à l'échelle globale, afin de s'assurer de la survie de cette industrie, qui rappelons-le, génère plus de 800 millions de dollars canadiens, et emploie près de 33 000 personnes (Association des stations de ski du Québec [ASSQ], 2017a).

RÉFÉRENCES

- Archambault, M., Nguyen, D., Morin, J. et l'Association des stations de ski du Québec (ASSQ). (2016). *Étude économique et financière des stations de ski du Québec*. Repéré à http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/374/DocPrj/R-3972-2016-C-ASSQ-0008-Preuve-Dec-2017_01_18.pdf
- Archie, K. M. (2014). Mountain communities and climate change adaptation: barriers to planning and hurdles to implementation in the Southern Rocky Mountain Region of North America. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(5), 569-589. Repéré à <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11027-013-9449-z>
- Aspen Snowmass. (s. d.a). X-Games Aspen. Repéré à <https://www.aspensnowmass.com/while-you-are-here/events/x-games-aspen-2018>
- Aspen Snowmass. (s. d.b). Golf. Repéré à <https://www.aspensnowmass.com/plan-your-stay/the-summer-experience/golf>
- Association des stations de ski du Québec (ASSQ). (2017a). *Mise en œuvre du programme de soutien aux stratégies de développement touristique : Un appui de taille pour les stations de ski*. Repéré à https://d1hfgq026ex0j1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2016/09/cp_annonce-investissement_assq-final.pdf
- Association des stations de ski du Québec (ASSQ). (2017 b). *Présentation de l'Étude économique et financière des stations de ski du Québec : Bilan de la saison de ski 2016-2017 : Des résultats en forte hausse*. Repéré à https://d1hfgq026ex0j1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2016/09/cp_etude_economique_financiere_2016-17-general.pdf
- Bellaire, S., Jamieson, B. et Statham, G. (2013). *Does climate change affect avalanche activity? : a study at Rogers Pass, Canada*. Actes de la conférence au International Snow Science Workshop, Grenoble, France. Repéré à http://schulich.ucalgary.ca/asarc/files/asarc/Issw2013_ClimateChangeAvalanches_Bellaire.pdf
- Berteaux, D., Casajus, N. et De Blois, S. (2015). *Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel*. Repéré à <http://www.puq.ca/catalogue/livres/changements-climatiques-biodiversite-quebec-2258.html>
- Bicknell, S. et McManus, P. (2006). The canary in the coal mine: Australian ski resorts and their response to climate change. *Geographical Research*, 44(4), 386-400. Repéré à <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-5871.2006.00409.x>
- Big White Ski Resort. (2018). Snowmobile Tours. Repéré à <https://www.bigwhite.com/events-activities/adventure-activities/snowmobile-tours>
- Birch, S. (2015, 16 février). Alpine ski resorts gain boost from going green. *The Guardian*. Repéré à <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/feb/16/green-tourism-label-protect-alpine-environments>
- Boulder Mountain Ranch at Deer Valley. (2018). Repéré à <https://parkcityhorseback.com/>

- Chamonix-Mont-Blanc. (2018). Escalade Chamonix. Repéré à <http://www.chamonix.com/montagne/escalade-chamonix.html>
- Comité international olympique (CIO). (2018). Ski alpin : équipements et histoire. Repéré à <https://www.olympic.org/fr/ski-alpin-equipement-et-histoire>
- Condé Nast Traveller. (2017, 24 octobre). The Best Ski Resorts in the World 2017. *Condé Nast Traveller*. Repéré à <http://www.cntraveller.com/gallery/best-ski-resorts-in-the-world>.
- coordonnées-gps.fr. (s. d.) Coordonnées GPS et Google Map. Repéré à <https://www.coordonnees-gps.fr/>
- Corporation Mont-Viédo. (2015). Carte des pistes. Repéré à <https://www.montvideo.ca/carte-des-pistes>
- Dawson, J. et Scott, D. (2013). Managing for climate change in the alpine ski sector. *Tourism Management*, 35, 244-254. Repéré à <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517712001367>
- Desrochers, F.-A. (2017). *Évaluation expérimentale et théorique de l'efficacité de canons à neige et modélisation 1D du couvert de neige d'une piste de ski*. (Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à <https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/10494>
- Dolant, C., Montpetit, B., Langlois, A., Brucker, L., Zolina, O., Johnson, C.A., Royer, A. et Smith, P. (sous presse). Assessment of the Barren Ground caribou die-off during winter 2015-2016 using passive microwave observations. *Geophysical Research Letters* (Acceptée en janvier 2018).
- EBI. (2018). Gestion intégrée des matières résiduelles. Repéré à <https://www.ebiqc.com/services/gestion-integree-des-matieres-residuelles/>
- Elsasser, H. et Brki, R. (2002). Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research*, 20(3), 253-257. Repéré à <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v20/n3/p253-257/>
- EPIC Pass. (2018). Home. Repéré à <https://www.epicpass.com/>
- Fédération internationale de ski (FIS). (s. d.). Alpine Skiing World Cup – Venues. Repéré à <http://www.fis-ski.com/alpine-skiing/events-and-places/venues/>
- Festival international du blues de Tremblant. (2018). À propos. Repéré à <https://blues.tremblant.ca/a-propos/>
- Flocon Vert. (2015). Le label. Repéré à <http://www.flocon-vert.org/le-label/>
- Fragasso-Marquis, V. (2017, 27 novembre). Les stations de ski à l'ère des changements climatiques. *leSoleil*. Repéré à <https://www.lesoleil.com/affaires/les-stations-de-ski-a-lere-des-changements-climatiques-7841d502112847f44c4a60cc84ecd3f4>
- Genius. (2018). Mon Pays : Gilles Vigneault. Repéré à <https://genius.com/Gilles-vigneault-mon-pays-lyrics>
- Google Maps. (2017a). Mont Sutton. Repéré à <https://www.google.ca/maps/place/Mont+Sutton/@45.1370683,-72.5563476,1414a,35y,->

179.72h,78.18t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x4cb61952b4c090bd:0x1c097fb3940220fc!8m2!3d45.1047281!4d-72.5618649

Google Maps. (2017b). Mont Orford. Repéré à <https://www.google.ca/maps/search/mont+orford/@45.3248691,-72.1866268,782a,35y,258.19h,78.46t/data=!3m1!1e3>

Google Maps. (2017c). Massif de Charlevoix. Repéré à <https://www.google.ca/maps/place/Le+Massif+de+Charlevoix/@47.2820924,-70.54148,988a,35y,275.91h,78.5t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x4cbf3b697b2ab9cd:0x2eb1d6e86c9a9c51!8m2!3d47.2792691!4d-70.6089431>

Google Maps. (2017d). Mont-Vidéo. Repéré à <https://www.google.ca/maps/place/Mont-Vid%C3%A9o/@48.428114,-77.7735489,394a,35y,201.66h,78.66t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x178b8fe1566e8705!8m2!3d48.413037!4d-77.778289>.

Gouvernement du Canada. (2017). Science des changements climatiques. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/science.html>

Grand Targhee Resort. (s. d.a). Nordic Skiing. Repéré à <https://www.grandtarghee.com/activities-events/winter-activities/nordic-ski-area/>

Grand Targhee Resort. (s. d.b). Fat Biking. Repéré à <https://www.grandtarghee.com/activities-events/winter-activities/fat-biking/>

Grand Targhee Resort. (s. d.c). Grand Targhee Cat Skiing. Repéré à <https://www.grandtarghee.com/activities-events/winter-activities/snowcat-skiing-boarding/>

Grand Teton Music Festival. (s. d.). About. Repéré à <http://gtmf.org/about/>

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2013). *Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques*. Repéré à https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf

Hébert, C. (2018, 14 mars). Les stations de ski de Bromont et Sutton sollicitent l'appui du monde municipal. *Journal Le Guide*. Repéré à <https://www.journalleguide.com/les-stations-de-ski-de-bromont-et-sutton-sollicitent-lappui-du-monde-municipal/>

Hellmann, J., Byers, J., Bierwagen, B. et Dukes, J. (2008). Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conservation Biology*, 22(3), 534-543. Repéré à <http://www.jstor.org/stable/pdf/20183419.pdf>

Hendrikx, J., Zammit, C., Hreinsson, E. Ö. et Becken, S. (2013). A comparative assessment of the potential impact of climate change on the ski industry in New Zealand and Australia. *Climatic Change*, 119(3-4), 965-978. Repéré à <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0741-4?no-access=true>

Histoires oubliées. (s. d.). Les canaris dans les mines de charbon. Repéré à <http://www.histoiresoubliees.ca/article/la-mine-federale/les-canaris-dans-les-mines-de-charbon>

IKON Pass. (2018a). Home. Repéré à <https://www.ikonpass.com/en>

- IKON Pass. (2018 b). Frequently Asked Questions. Repéré à <https://www.ikonpass.com/en/faq>
- Institut national de santé publique du Québec. (2010). Îlot de chaleur : qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain? Repéré à <http://www.monclimatmasante.qc.ca/%C3%AElots-de-chaleur.aspx>
- Ironman. (2018). Subaru Ironman Mont-Tremblant. Repéré à <http://eu.ironman.com/fr-ca/triathlon/events/americas/ironman/mont-tremblant.aspx#/axzz5CwoRhEJM>
- Jacobs, J. (1961). *Déclin et survie des grandes villes américaines*. Liège, Belgique : Pierre Mardaga éditeur. Repéré à https://chisineu.files.wordpress.com/2012/08/biblioteca_jacobs_dc3a9clin_survie.pdf
- Jay Peak Resort. (2017). Pump House Indoor Waterpark. Repéré à <https://jaypeakresort.com/waterpark/waterpark>
- Jolicoeur, M. (2017, 3 juin). Ce canon à neige québécois veut sauver les stations de ski. *Les affaires*. Repéré à <http://www.lesaffaires.com/strategie-d-entreprise/pme/du-ski-meme-en-ete/595237>
- Kaenzig, R., Rebetez, M. et Serquet, G. (2016). Climate change adaptation of the tourism sector in the Bolivian Andes. *Tourism Geographies*, 18 (2), 111-128. Repéré à <http://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/14616688.2016.1144642?scroll=top>
- La Grande Coulée. (2018). Accueil. Repéré à <http://grandecoulee.com/>
- Lamothe and Périard Consultants. (1988). Implications of Climate Change for Downhill Skiing in Quebec. Dans Environnement Canada, *Climate Change Digest* (88-03, p. 5-10). Ottawa, Ontario : Environnement Canada. Repéré à http://agrienvarchive.ca/land_use/download/climate_change_digest-1988.pdf
- Langlois, A., Johnson, C.-A., Montpetit, B., Royer, A., Blukacz-Richards, E.A., Neave, E., Dolant, C., Roy, A., Arhonditsis, G., Kim, D.-K.F, Kaluskar, S. et Brucker, L. (2017). Detection of rain-on-snow (ROS) events and ice layer formation using passive microwave radiometry: A context for the Peary caribou habitat in the Canadian arctic. *Remote Sensing of Environment*, 189, 84-95. Repéré à <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716304370>
- Le Dictionnaire Larousse. (s. d.a). Climat. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/climat/16534?q=climat#16399>
- Le Dictionnaire Larousse. (s. d.b). Météorologie. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/m%C3%A9t%C3%A9orologie/50941#Sahhk68LD4yPy1Ue.99>
- Le Dictionnaire Larousse. (s. d.c). Albédo. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/alb%C3%A9do/2045#VVIB1VbPXOGduWP4.99>
- Le Dictionnaire Larousse. (s. d.d). Écotourisme. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9cotourisme/10909956#rUGxCm7PHcTctLRS.99>
- Le Dictionnaire Larousse. (s. d.e). Adapter. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/adapter/1004#rjclfwdcQBVWoSSI.99>

- Le Massif de Charlevoix. (s. d.). Fiche technique. Repéré à <https://www.lemassif.com/fr/fiche-technique/>
- Les Laurentides. (s. d.). Réseau de ski de fond et de raquette de Morin-Heights et corridor aérobique. Repéré à <https://www.laurentides.com/fr/membres/reseau-de-ski-de-fond-de-morin-heights-et-corridor-aerobique>
- Les Sommets. (s. d.a). Parc de vélo MSS. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/velo-montagne/>
- Les Sommets. (s. d.b). Parc aquatique. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/parc-aquatique-saint-sauveur/>
- Les Sommets. (s. d.c). Le Dragon. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/parc-amusement/tyrolienne/>
- Les Sommets. (s. d.d). Le Viking. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/parc-amusement/montagne-russe/>
- Les Sommets. (s. d.e). Glissades sur tube. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/glissades-tube/>
- Les Sommets. (s. d.f). Parc F.U.N. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/parc-amusement/>
- Les Sommets. (s. d.g). Nos Sommets. Repéré à <https://www.sommets.com/fr/montagne-de-ski/>
- Libbrecht, K. G. (2005) The physics of snow crystals. *Reports on Progress in Physics*, 68(4), 855-895. Repéré à <http://resolver.caltech.edu/CaltechAUTHORS:LIBrpp05>
- Mesinger, F., DiMego, G., Kalnay, E., Mitchell, K., Shafran, P. C., Ebisuzaki, W., Jovic, D., Woolen, J., Rogers, E., Berbery, E. H., Ek, M. B., Fan, Y., Grumbine, R., Higgins, W., Li, H., Lin, Y., Manikin, G., Parrish, D et Shi, W. (2006). North American regional reanalysis: Bulletin of the American Meteorological Society. *American Meteorological Society*, 87(3), 343-360. Repéré à <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-87-3-343>
- Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2001). *Une classification climatique du Québec à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : vers une définition des bioclimats du Québec*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/classification/model-clima.pdf>
- Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2018). Normales climatiques du Québec 1981-2010. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/normales/>
- Mont Sutton. (2018a). Fiche technique. Repéré à <http://montsutton.com/la-montagne/fiche-technique/>
- Mont Sutton. (2018 b). Purement Sutton. Repéré à <http://montsutton.com/purement-sutton/>
- Moring Heights. (2018). Traditionnelle traversée de l'étang à Ski Morin Heights. Repéré à <http://www.morinheights.com/Traditionnelle-traversee-de-l>
- Municipalité de Piedmont. (2018). Campuces. Repéré à <http://www.piedmont.ca/activites-et-loisirs/campuces.html>

- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (s. d.). Climate change: How do we know. Repéré à <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- Parent, O. (2013, 22 décembre). Stations de ski : pas de tarifs réduits, tranche Hydro-Québec. *leSoleil*. Repéré à <https://www.lesoleil.com/affaires/stations-de-ski-pas-de-tarifs-reduits-tranche-hydro-quebec-fcbc6bf06f2c8b7d8b3f0cb1dd1e0094>
- PEAK Pass. (2018). Pass Overview. Repéré à <https://www.peakpass.com/#pass-overview>
- PistenBully. (s. d.). Pistenbully 600 E+. Repéré à <https://www.pistenbully.com/usa/fr/vehicules/alpin/600-e.html>
- Post, E., Bhatt, U. S., Bitz, C. M., Brodie, J. F., Fulton, T. L., Hebblewhite, M., Kerby, J., Kutz, S. J., Stirling, I. et Walker, D. A. (2013). Ecological Consequences of Sea-Ice Decline. *Science*, 341(6145), 519-524. Repéré à <http://science.sciencemag.org/content/341/6145/519>
- Quebecvacances.com. (2018). Ski alpin au Québec. Repéré à <https://www.quebecvacances.com/ski-alpin>
- Resort Municipality of Whistler. (2016). Multi Use Skate Park. Repéré à <https://www.whistler.ca/culture-recreation/parks-trails/skate-park>
- Ressources naturelles Canada. (2015). Aperçu du changement climatique au Canada. Repéré à <http://www.rncan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/rapports/evaluations/2008/ch2/10322>
- Revenu Québec. (2018). Crédit d'impôt RénoVert. Repéré à <https://www.revenuquebec.ca/fr/citoyens/credits-dimpot/credit-dimpot-renoverv/>
- Rochefort, A. (2017, 29 décembre). Les stations de ski au ralenti à la demande d'Hydro-Québec. *Radio-Canada*. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1075577/stations-ski-ralenti-demande-hydro-quebec-vague-froid-consommation-electricite>
- Scott, D., Dawson, J. et Jones, B. (2008). Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation–tourism sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(5-6), 577-596. Repéré à <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-007-9136-z>
- Scott, D., McBoyle, G. et Minogue, A. (2007). Climate change and Quebec's ski industry. *Global Environmental Change*, 17(2), 181-190. Repéré à <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000549>
- Scott, D., McBoyle, G. (2007). Climate change adaptation in the ski industry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(8), 1411-1431. Repéré à <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-006-9071-4>
- Serreze, M. C. et Barry, R. G. (2011). Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis. *Global and Planetary Change*, 77, 85-96. Repéré à https://www.colorado.edu/geography/class_homepages/geog_4271_f13/readings/reading_9_serreze_barry_arctic_amp.pdf
- Silberg, B. (2016, 29 juin). Why a half-degree temperature rise is a big deal. *National Aeronautics and Space Administration (NASA)–Global Climate Change Features*. Repéré à <https://climate.nasa.gov/news/2458/why-a-half-degree-temperature-rise-is-a-big-deal/>

- Ski Mont Orford. (2018a). Statistiques. Repéré à <http://www.orford.com/ski/statistiques/>
- Ski Mont Orford. (2018 b). Randonnée alpine. Repéré à <http://www.orford.com/ski/randonnee-alpine/>
- Ski Québec City + Charlevoix. (s. d.). Le Massif de Charlevoix. Repéré à <https://skiquebeccharlevoix.com/Massif-En/>
- Snow-Forecast.com. (2017). The History of Chacaltaya, Bolivia: The World's Highest Ski Resort That Disappeared Because of Climate Change. Repéré à <http://www.snow-forecast.com/whiteroom/chacaltaya-bolivia-worlds-highest-ski-resort/>
- Steiger, R. et Mayer, M. (2008). Snowmaking and Climate Change. *Mountain Research and Development*, 28(3-4), 292-298. Repéré à <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1659/mrd.0978>
- Sun Peaks Resort. (s. d.). 21st Annual Sun Peaks Winter Okanagan Wine Festival. Repéré à <https://www.sunpeaksresort.com/events-things-to-do/events/21st-annual-sun-peaks-winter-okanagan-wine-festival>
- The Economist. (1998, 29 janvier). The ski business—Winter wonderlands. *The Economist*. Repéré à <https://www.economist.com/node/111928>
- Tonga Lumina. (2018). Accueil. Repéré à <https://www.tongalumina.ca/>
- Tourisme Québec. (2002). *Nature et tourisme : l'écotourisme*. Repéré à https://www.tourisme.gouv.qc.ca/publications/media/document/etudes-statistiques/eco_QC02.pdf
- Tourism Whistler. (2018a). Ice Skating in Whistler. Repéré à <https://www.whistler.com/activities/ice-skating/>
- Tourism Whistler. (2018 b). Whistler Village. Repéré à <https://www.whistler.com/village/>
- Tremblant. (2018a). Spectacle d'oiseaux de proie. Repéré à <https://www.tremblant.ca/fr/quoi-faire/activites/spectacle-oiseaux-de-proie>
- Tremblant. (2018 b). Randonnée pédestre. Repéré à <https://www.tremblant.ca/fr/quoi-faire/activites/randonnee-pedestre>
- Tremblant. (2018c). Club Plage et Tennis. Repéré à <https://www.tremblant.ca/fr/quoi-faire/activites/club-plage-tennis>
- Tremblant. (2019d). Traîneau à chiens. Repéré à <https://www.tremblant.ca/fr/quoi-faire/activites/traineau-chiens>
- Tremblay, D. (2017, 14 décembre). Tarifs d'Hydro-Québec : un pas dans la bonne direction pour les stations de ski. *Le Journal de Montréal*. Repéré à <http://www.journaldemontreal.com/2017/12/14/tarifs-dhydro-quebec-un-pas-dans-la-bonne-direction-pour-les-stations-de-ski>
- Turmel, G. (2018, 23 février). Avenir plus incertain que jamais pour la station de ski Val-Neigette à Rimouski. *Le Journal de Québec*. Repéré à <http://www.journaldequebec.com/2018/02/23/avenir-plus-incertain-que-jamais-pour-la-station-de-ski-val-neigette-a-rimouski>

- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2014). Kyoto Protocol. Repéré à http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php
- United Nations World Tourism Organization (WTO) et United Nations Environment Program (UNEP). 2008. Climate change and tourism: Responding to global challenges. Repéré à <http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/climate2008.pdf>
- Vail. (2018). Vail Jazz Festival. Repéré à <https://www.vail.com/explore-the-resort/activities-and-events/event-details.aspx?id=%7b213a0a04-9d2b-486d-ba1b-b3b3a4ccf8de%7d>
- Vélirium. (2018). Coupe du monde UCI de descente. Repéré à <http://www.velirium.com/competition/coupe-du-monde-uci-de-descente/>
- Ville de Sherbrooke. (2018). Mont Bellevue – Billet journalier. Repéré à <https://www.ville.sherbrooke.qc.ca/sous-site/station-de-ski-du-mont-bellevue/tarifs/billet-journalier/>
- Whistler Blackcomb. (2018). Whistler Heli-Skiing. Repéré à <https://www.whistlerblackcomb.com/explore-the-resort/activities-and-events/whistler-heli-skiing/whistler-heli-skiing.aspx?page=viewall>
- Wobus, C., Small, E. E., Hosterman, H., Mills, D., Stein, J., Rissing, M., Jones, R., Duckworth, M., Hall, R., Kolian, M., Creason, J. et Martinich, J. (2017). Projected climate change impacts on skiing and snowmobiling: A case study of the United States. *Global Environmental Change*, 45, 1-14. Repéré à <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016305556>
- Zermatt Unplugged. (s. d.). Accueil. Repéré à <https://zermatt-unplugged.ch/fr/>

ANNEXE 1 RÉPONSES DU MONT SUTTON AU QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE SUR L'ÉVOLUTION DES STRATÉGIES DE LA STATION FACE AUX HIVERS PLUS CHAUDS AU QUÉBEC

QUESTION 1 : QUEL EST VOTRE NOM ET VOTRE RÔLE DANS L'ENTREPRISE ?

Jean-Michel Pica PDC

QUESTION 2 : UTILISEZ-VOUS L'ENNEIGEMENT ARTIFICIEL SUR LA MONTAGNE ? SI OUI, COMBIEN AVEZ-VOUS DE CANONS À NEIGE ?

Nous avons un système de fabrication qui peut couvrir jusqu'à 60% du domaine skiable. Nous ne fabriquons pas de neige dans les sous-bois. Nous avons ± 250 canons distribués dans la montagne.

QUESTION 3 : AVEZ-VOUS CHANGÉ OU AJOUTÉ DES CANONS À NEIGE SUR LA MONTAGNE DANS LES DERNIÈRES ANNÉES ? SI OUI, COMBIEN ET POURQUOI ?

Nous avons remplacé un certain nombre de canons par des canons plus performants avec technologie moins énergivore. Nous avons également ajouté des canons au cours des dernières années. Plus efficace et meilleure qualité. Plus de capacité par enneiger plus rapidement. Canons fixes, moins de déplacement d'équipement donc gain de temps.

QUESTION 4 : VOUS ESTIMEZ QUE LES FRAIS D'ENNEIGEMENT ARTIFICIELS REPRÉSENTENT QUEL POURCENTAGE DE VOS COÛTS OPÉRATIONNELS ANNUELS ?

Incluant l'électricité, main d'œuvre et entretien. Ces frais représentent 20% des frais d'opération montagne.

Q5 → Ces % varient selon l'année, 3% +/- dans les 5 dernières années

1

QUESTION 5 : EST-CE QUE CE POURCENTAGE EST EN AUGMENTATION DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES ? SI OUI, POURQUOI ?

QUESTION 6 : LA PÉRIODE NÉCESSITANT L'ENNEIGEMENT ARTIFICIEL S'EST-ELLE ALLONGÉE DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES ? ELLE S'ÉTEND DE QUELLE DATE À QUELLE DATE ?

Cela varie d'une année à l'autre.
Généralement nous parlons de la mi-novembre à la mi-février.

QUESTION 7 : AVEZ-VOUS UNE POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, OU À DÉFAUT, EST-CE QUE LA COMPOSANTE ENVIRONNEMENTALE EST CONSIDÉRÉE DANS LES PRISES DE DÉCISIONS DE LA STATION ?

Nous n'avons pas de politique formelle, mais nous avons une approche de développement durable.
Réf. Code conscience Sottas.

QUESTION 8: VOUS SENTEZ-VOUS AFFECTÉ PAR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES? SI OUI, SOUS QUELLE(S) FORME(S) OU DANS QUELLE(S) MESURE(S)?

Oui. Plus grande fluctuations de température et plus fréquentes. Chaud, pluie, gel.
Bordée de neige suivies de température plus chaude ou de pluie.
Plus d'impact sur l'entretien des pistes et le nombre de pistes ouvertes/fermées.

QUESTION 9: AVEZ-VOUS UN BUDGET DÉDIÉ À L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES?

Nous investissons dans l'amélioration du système d'enneigement et la diversification d'activités.
Budget par projet.

QUESTION 10: CROYEZ-VOUS QUE L'AJOUT D'ACTIVITÉS AUTRES QUE LE SKI ALPIN EST UN MOYEN INTÉRESSANT DE S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES?

Cela permet de minimiser les impacts d'une mauvaise saison d'hiver. Optimiser l'utilisation des équipements et infrastructures.

ANNEXE 2 RÉPONSES DU MONT SUTTON AU QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE SUR L'ÉVOLUTION DES STRATÉGIES DE LA STATION FACE
AUX HIVERS PLUS CHAUDS AU QUÉBEC

QUESTION 1 : QUEL EST VOTRE NOM ET VOTRE RÔLE DANS L'ENTREPRISE ?

Simon Boivin, DG adjoint.

QUESTION 2 : UTILISEZ-VOUS L'ENNEIGEMENT ARTIFICIEL SUR LA
MONTAGNE ? SI OUI, COMBIEN AVEZ-VOUS DE CANONS À NEIGE ?

Oui, 90 canons. Mais 60 qui opèrent en ce
temps. 2 K gallons/minute, voir augmente 2,5.

QUESTION 3 : AVEZ-VOUS CHANGÉ OU AJOUTÉ DES CANONS À NEIGE SUR LA
MONTAGNE DANS LES DERNIÈRES ANNÉES ? SI OUI, COMBIEN ET POURQUOI ?

Pas vraiment plus un peu d'ajout. Pour être plus efficace
Niveau électricité car voir coûte de à pousser.

QUESTION 4 : VOUS ESTIMEZ QUE LES FRAIS D'ENNEIGEMENT ARTIFICIELS
REPRÉSENTENT QUEL POURCENTAGE DE VOS COÛTS OPÉRATIONNELS
ANNUELS ?

≈ 10%.

QUESTION 5 : EST-CE QUE CE POURCENTAGE EST EN AUGMENTATION DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES ? SI OUI, POURQUOI ?

Relativement stable mais le budget est resté le même.

Electricité pour la neige = 400K \$.

Frais de base = 3000 \$/jours.

QUESTION 6 : LA PÉRIODE NÉCESSITANT L'ENNEIGEMENT ARTIFICIEL S'EST-ELLE ALLONGÉE DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES ? ELLE S'ÉTEND DE QUELLE DATE À QUELLE DATE ?

Pas vraiment.
Pas plus tôt, ^{non.} un peu plus tard.

Mi-novembre à fin-janvier, en général.

QUESTION 7 : AVEZ-VOUS UNE POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, OU À DÉFAUT, EST-CE QUE LA COMPOSANTE ENVIRONNEMENTALE EST CONSIDÉRÉE DANS LES PRISES DE DÉCISIONS DE LA STATION ?

Non pas en DD. Travail avec les étudiants,
environnement

Mission, car dans le Parc.

QUESTION 8 : VOUS SENTEZ-VOUS AFFECTÉ PAR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ? SI OUI, SOUS QUELLE(S) FORME(S) OU DANS QUELLE(S) MESURE(S) ?

Oui.

Variabilité plus accrue. Plus d'impact sur les clients que sur les opérations.
Les clients ont une mémoire moins longue.

QUESTION 9 : AVEZ-VOUS UN BUDGET DÉDIÉ À L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

Mettre de l'argent pour diversifier les activités.
Revenir en 4 saisons et enneigement.

QUESTION 10 : CROYEZ-VOUS QUE L'AJOUT D'ACTIVITÉS AUTRES QUE LE SKI ALPIN EST UN MOYEN INTÉRESSANT DE S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

Oui. De + en + vers l'événementiel.
Festival de bière,