

LE TEMPS EN ONTARIO ET AU QUÉBEC



PRÉVISION DE ZONE GRAPHIQUE 33 - ONTARIO-QUÉBEC



LE TEMPS EN ONTARIO ET AU QUÉBEC

PRÉVISION DE ZONE GRAPHIQUE 33 - ONTARIO-QUÉBEC

par
Ross Klock
Gilles Simard
John Mullock



Copyright

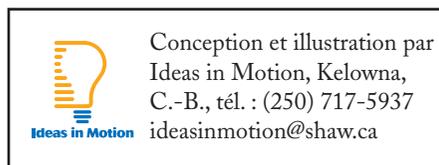
Copyright (c) 2001 NAV CANADA. Tous droits réservés. Ce document ne peut être reproduit en tout ou en partie sous quelques formes que ce soit, y compris la photocopie ou la transmission électronique vers un autre ordinateur, sans en avoir reçu auparavant le consentement écrit de NAV CANADA. L'information que renferme ce document est confidentielle; elle est la propriété de NAV CANADA et ne doit pas être utilisée ni divulguée sans une autorisation écrite expresse de NAV CANADA.

Marques de commerce

Les noms de produits mentionnés dans ce document peuvent être des marques de commerce ou des marques de commerce déposées de leurs compagnies respectives et sont par la présente reconnues.

Cartes de relief

Copyright (c) 2000. Gouvernement du Canada, avec la permission de Ressources naturelles Canada.



Le temps en Ontario et au Québec

Prévision de zone graphique 33 - Ontario-Québec

Préface

L'une des principales responsabilités des spécialistes de l'information de vol (FSS) de NAV CANADA est de fournir aux pilotes des exposés météorologiques pour les aider à naviguer à travers les fluctuations quotidiennes des conditions météorologiques. Certes, les produits météorologiques sont de plus en plus sophistiqués tout en étant de plus en plus faciles à interpréter, mais il demeure qu'une bonne compréhension des schémas climatologiques locaux et régionaux est essentielle pour assumer cette fonction adéquatement.

Le présent manuel de météorologie pour l'aviation est axé sur la connaissance des zones locales de l'Ontario et du Québec. Cette publication fait partie d'une série de six, préparées par le Service météorologique du Canada (SMC) pour le compte de NAV CANADA. Chacun des six manuels correspond à un domaine de prévisions de zones graphiques (GFA), à l'exception du manuel du Nunavut - Arctique qui couvre deux domaines de GFA. Ces manuels constituent une partie importante du programme de formation sur les connaissances météorologiques locales pour l'aviation utiles aux FSS travaillant dans la région ainsi qu'un outil efficace dont le FSS peut se servir quotidiennement dans le cadre de son travail.

À l'intérieur des domaines de GFA, les conditions du temps montrent des schémas climatologiques marqués, régis par les saisons et la topographie. Ce manuel décrit le domaine GFACN33 (Ontario - Québec). Cette région offre de vastes espaces propices au pilotage mais peut aussi présenter des conditions de vol difficiles. Comme la plupart des pilotes qui volent dans la région peuvent en témoigner, ces changements dans les conditions du temps peuvent se produire assez brusquement. Depuis les rivages froids de la baie d'Hudson jusqu'aux collines luxuriantes des Cantons-de-l'Est, la topographie locale joue un rôle déterminant tant dans la climatologie générale que dans les conditions de vol locales d'une région particulière.

Ce manuel fait un survol des effets et des configurations météorologiques qui caractérisent la région à l'étude. L'ouvrage n'a pas la prétention d'inculquer toutes les connaissances sur l'Ontario et le Québec que les FSS et les pilotes expérimentés ont acquises au fil des années, mais il présente de nombreux éléments de cette connaissance recueillis par le biais d'entrevues avec des pilotes, des répartiteurs, des spécialistes de l'information de vol et des employés du SMC de la région.

En comprenant bien les conditions du temps et les dangers particuliers à cette région, le FSS est mieux à même d'aider les pilotes à planifier leurs vols de façon sûre et efficace. Bien que ce soit là l'objectif premier du manuel, NAV CANADA reconnaît la valeur des connaissances acquises par les pilotes mêmes. Mais il reste que la sécurité de l'aviation se trouve favorisée quand les pilotes disposent de plus de renseignements pertinents. C'est pourquoi NAV CANADA met ces manuels à la disposition de ses usagers.

Remerciements

La production de ce manuel a été rendue possible grâce au financement accordé par le Bureau des projets du Centre d'information de vol de NAV CANADA.

NAV CANADA aimerait remercier le personnel du Service météorologique du Canada (SMC), tant ses membres de l'échelon national que de l'échelon régional, pour nous avoir aidé à rassembler l'information sur chaque domaine de prévision de zone graphique (GFA) et à la présenter d'une façon professionnelle et conviviale. Il convient de souligner, en particulier, l'apport des météorologistes Ross Klock et John Mullock, du Centre météorologique des montagnes à Kelowna et Gilles Simard, du Bureau de services météorologiques et environnementaux - Est, à Rimouski au Québec. L'expertise régionale de Ross et de Gilles a été déterminante dans la mise au point du document des GFA de l'Ontario et du Québec pendant que l'expérience et les efforts de John ont assuré la cohérence et la qualité du contenu, de l'Atlantique au Pacifique et à l'Arctique.

Tout ce travail n'aurait pu être couronné de succès sans la contribution de plusieurs personnes du secteur de l'aviation. Nous aimerions remercier tous les participants qui ont fourni de l'information durant les entrevues avec le SMC, y compris les spécialistes de l'information de vol, les pilotes, les répartiteurs, les météorologistes et d'autres groupes du secteur de l'aviation. Leur enthousiasme à partager leur expérience et leurs connaissances a grandement contribué au succès de l'entreprise.

Roger M. Brown
Janvier 2002

Les lecteurs sont invités à nous faire parvenir leurs commentaires à :

NAV CANADA
Centre de service à la clientèle
77, rue Metcalfe
Ottawa, Ontario
K1P 5L6

Service de renseignements sans frais : 1-800-876-4693-4
(en Amérique du Nord, ignorez le dernier chiffre)
Service de télécopie sans frais : 1-877-663-6656
Adresse électronique : service@navcanada.ca

PREFACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
INTRODUCTION	ix
CHAPITRE 1 - NOTIONS FONDAMENTALES DE MÉTÉOROLOGIE	1
Transmission de la chaleur et vapeur d'eau	1
Processus de soulèvement	2
Subsidence	3
Structure de la température de l'atmosphère	4
Stabilité	5
Vent	6
Masses d'air et fronts	7
CHAPITRE 2 - DANGERS MÉTÉOROLOGIQUES POUR L'AVIATION	9
Introduction	9
Givrage	9
Le processus de congélation	10
Types de givre sur les avions	10
Facteurs météorologiques liés au givrage	11
Facteurs aérodynamiques liés au givrage	15
Autres formes de givrage	15
Visibilité	17
Types de visibilité	17
Causes de réduction de la visibilité	17
Vent, cisaillement et turbulence	21
Stabilité et variations journalières du vent	21
Cisaillement du vent	21
Relation entre le cisaillement du vent et la turbulence	23
Courants-jets à basse altitude - frontaux	23
Courants-jets à basse altitude - nocturnes	24
Influence de la topographie sur le vent	24
Ondes orographiques	30
Formation des ondes orographiques	30
Caractéristiques des ondes orographiques	31
Nuages caractéristiques des ondes orographiques	32
Fronts	33
Temps frontal	34
Ondes frontales et occlusions	35
Orages	37
Cycle de vie d'un orage	38
Types d'orages	40
Orages forts	42
Dangers liés aux orages	43

Pilotage par temps froid	45
Cendre volcanique	47
Zone de déformation	48
CHAPITRE 3 - CONFIGURATIONS MÉTÉOROLOGIQUES	51
Introduction	51
Géographie de l'Ontario et du Québec	52
Circulation atmosphérique moyenne	62
Creux en altitude et crêtes en altitude	63
Caractéristiques de surface semi-permanentes	64
Systèmes migrants	65
Tempêtes hivernales	66
Tempêtes estivales	67
Dépressions de l'Alberta	67
Dépressions du Colorado	68
Dépressions des Grands Lacs	68
Dépressions de la baie d'Hudson	68
Dépressions polaires	68
Dépressions d'Hatteras	69
Anticyclones	69
Dépressions tropicales, tempêtes tropicales et ouragans	69
Dépressions froides	71
Oiseaux migrants saisonniers	72
CHAPITRE 4 - CONDITIONS RÉGIONALES ET EFFETS LOCAUX	75
Introduction	75
L'Ontario	76
Effets locaux	78
Côte et basses-terres de la baie d'Hudson de Fort Severn à Moosonee 78	
Fort Severn - cap Henrietta Maria	79
Cap Henrietta Maria - Moosonee	80
Nord-ouest de l'Ontario	82
Red Lake - Pickle Lake - Sandy Lake - Big Trout Lake	83
Kenora - Fort Frances - Dryden - Sioux Lookout - Thunder Bay .	85
Nord-est de l'Ontario	87
Kapusking - Timmins - Geraldton	88
North Bay - Sudbury - Sault Ste. Marie - Wawa - Marathon .	89
Sud de l'Ontario	92
Windsor - London - Hamilton - St. Catharines -	
Buttonville - Muskoka	93
Peterborough - Trenton - Kingston - Ottawa	95
Les Grands Lacs	98
Le lac Supérieur	100
Le lac Huron	101
Le lac Érié	103
Le lac Ontario	104

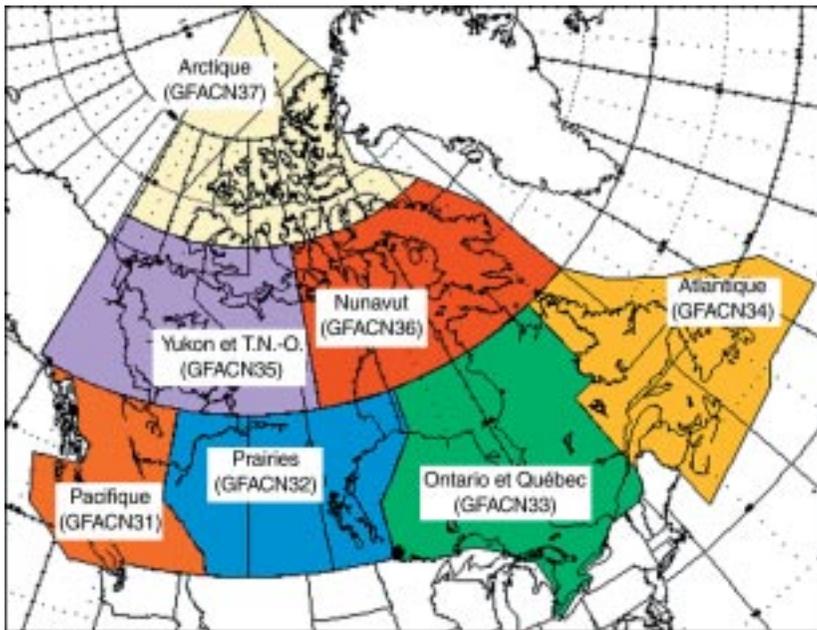
Le Québec	106
Le Nunavik	106
De Kangiqsualujjuaq à Kuujjuaq	110
Fosse du Labrador (aussi appelée fosse de Schefferville)	111
Rivière aux Feuilles	111
Région de Tasiujuaq	111
Région d'Aupaluk	112
Kangirsuk	113
Région de Quaqtàq à Salluit à Ivujivik	113
Akulivik et Puvirnituaq (partie nord de la côte est de la baie d'Hudson)	115
Inukjuak	115
Umiujaq	116
Région de la baie James	117
Effets locaux - La région côtière	119
Région des barrages	121
Nord-ouest du Québec	124
Région de Chibougamau Mistassini	125
Région de l'Abitibi	126
Régions des monts Otish et des montagnes Blanches	127
Le Saguenay, le lac Saint-Jean et le terrain montagneux environnant	128
Effets locaux - Vallée du Saguenay	129
Région du lac Saint-Jean	132
Réserve faunique des Laurentides	133
Massif du mont Valin	135
La vallée du Saint-Laurent et le terrain environnant	136
Effets locaux - Montréal métropolitain et Montérégie	137
Les Basses-Laurentides	141
Région de Québec - Trois-Rivières - Drummondville	142
Région du Québec métropolitain	142
Drummondville	143
Trois-Rivières	143
Région de l'estuaire moyen du Saint-Laurent	144
Région de la rive sud	144
Région de la rive nord	145
Cantons-de-l'Est et Beauce	146
Région des Cantons-de-l'Est	146
Région de la Beauce	147
CHAPTER 5 - CLIMATOLOGIE DES AÉROPORTS	151
GLOSSAIRE	213
TABLEAU DES SYMBOLES	219
APPENDICES	220
INDEX DES CARTES Cartes du chapitre 4 - verso de la page couverture	223

Introduction

La météorologie est la science de l'atmosphère, une mer d'air en état de mouvement perpétuel. Des tempêtes y prennent naissance et augmentent en intensité à mesure qu'elles traversent des sections du Globe pour ensuite se dissiper. Personne n'est à l'abri des fluctuations quotidiennes des conditions météorologiques, et surtout pas les pilotes, qui doivent voler dans l'atmosphère.

Traditionnellement, l'information météorologique destinée au secteur de l'aviation a principalement été fournie sous forme textuelle. L'un de ces produits, la prévision de zone (FA), donnait les conditions météorologiques prévues au cours des douze prochaines heures dans une zone géographique déterminée. Ces renseignements consistaient en une description du mouvement prévu des systèmes météorologiques importants ainsi que des nuages, des phénomènes atmosphériques et des visibilité associées.

C'est en avril 2000 que la prévision de zone graphique (GFA) a fait son apparition, remplaçant du même coup la prévision de zone. Un certain nombre de centres de prévision du SMC travaillent maintenant ensemble, en utilisant des progiciels graphiques pour produire une seule représentation nationale des systèmes météorologiques prévus et des conditions qui s'y rattachent. Cette carte nationale unique est ensuite découpée en domaines de GFA à l'intention des spécialistes de l'information de vol, des répartiteurs de vols et des pilotes.



Domaines de la GFA

Ce manuel de météorologie pour l'aviation porte sur la connaissance des zones locales de l'Ontario et du Québec et fait partie d'un groupe de six publications semblables. Celles-ci sont toutes produites par NAV CANADA en collaboration avec le SMC. Ces manuels sont conçus comme des guides à l'intention des spécialistes de l'information de vol et des pilotes, pour les aider à comprendre les caractéristiques météorologiques locales d'intérêt pour l'aviation. Chacun des six manuels correspond à un domaine des prévisions de zone graphiques (GFA), à l'exception du manuel sur le Nunavut qui couvre deux domaines de GFA. Les météorologistes du SMC affectés à l'aviation fournissent la majeure partie des renseignements sur les conditions et les systèmes météorologiques à grande échelle touchant les divers domaines. Cependant, ce sont les pilotes expérimentés travaillant quotidiennement dans ces régions ou à proximité qui comprennent le mieux la météorologie locale. C'est d'ailleurs par le biais d'entrevues avec des pilotes, des répartiteurs et des spécialistes de l'information de vol locaux que nous avons obtenu l'essentiel de l'information présentée dans le chapitre 4.

À l'intérieur d'un domaine donné, les conditions du temps montrent des schémas climatologiques marqués, déterminés par la saison et la topographie. Par exemple, il y a, en Colombie-Britannique, une différence très nette entre les régions côtières humides et l'intérieur sec à cause des montagnes. Les conditions dans l'Arctique varient beaucoup d'une saison à l'autre, des paysages gelés de l'hiver aux eaux libres de l'été. Il est important de comprendre comment ces changements influencent les conditions du temps, et chaque manuel cherchera à mettre en lumière ces différences climatologiques.

Le présent manuel décrit le temps dans la région GFACN33 (Ontario-Québec). Cette région offre souvent des conditions de vol agréables mais peut parfois présenter certaines des conditions de vol les plus difficiles du monde. Comme la plupart des pilotes qui volent dans la région peuvent en témoigner, ces variations dans les conditions de vol peuvent se produire très brusquement. Depuis le nord de l'Ontario jusqu'au Cantons-de-l'Est au Québec, la topographie locale joue un rôle déterminant tant dans la climatologie générale que dans les conditions de vol locales à un endroit particulier. Selon les statistiques, les conditions météorologiques ont quelque chose à voir avec environ 30 % des accidents d'avions et jusqu'à 75 % des retards.

Ce manuel renferme un « savoir instantané » sur les particularités météorologiques de cette région, mais ce n'est pas de l'« expérience ». L'information qui s'y trouve présentée n'est nullement exhaustive. La variabilité des conditions météorologiques qui intéressent l'aviation en Ontario et au Québec pourrait faire l'objet d'un ouvrage plusieurs fois plus volumineux que celui-ci. Néanmoins, en comprenant certaines des conditions et certains des dangers météorologiques particuliers à cet endroit, les pilotes pourront mieux relier les dangers à la topographie et aux systèmes météorologiques aux endroits qui ne sont pas explicitement décrits.

Chapitre 1

Notions fondamentales de météorologie

Pour bien comprendre la météorologie, il est primordial de comprendre certains des principes de base qui gouvernent la machine météorologique. Il existe de nombreux ouvrages sur le marché qui décrivent ces principes en détail avec un succès parfois mitigé. Cette section ne cherche pas à remplacer ces ouvrages; elle permet simplement de revoir diverses notions.

Transmission de la chaleur et vapeur d'eau

L'atmosphère est une « machine thermique » qui fonctionne en accord avec l'une des lois fondamentales de la physique : l'excès de chaleur dans une région (les tropiques) doit s'écouler vers des régions plus froides (les pôles). Il y a différents modes de transmission de la chaleur dans l'atmosphère mais celui qui utilise l'eau est particulièrement efficace.

Dans notre atmosphère, l'eau peut exister dans trois phases, selon son niveau d'énergie. Les passages d'une phase à une autre s'appellent changements de phase et ils se produisent couramment aux pressions et températures atmosphériques ordinaires. La chaleur retirée ou relâchée lors d'un changement de phase s'appelle chaleur latente.

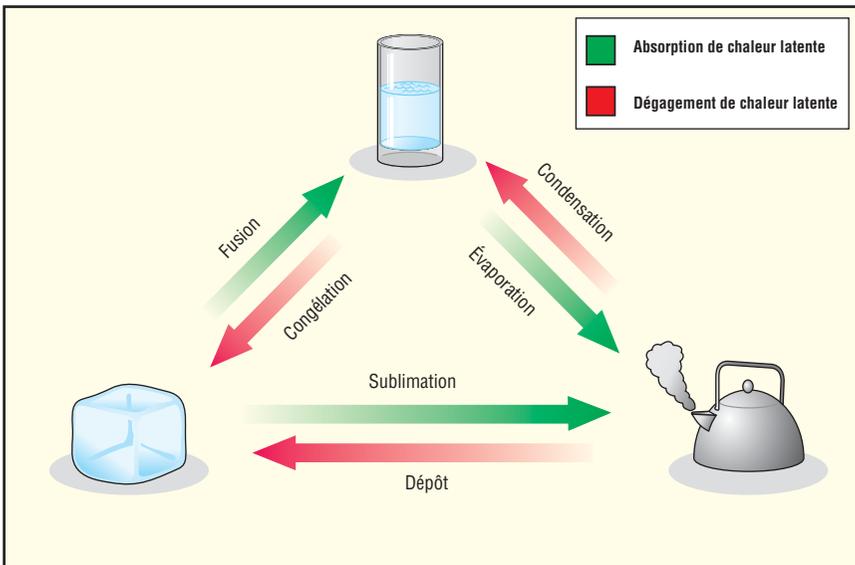


Fig. 1-1 - Transfert de chaleur et vapeur d'eau

La quantité d'eau que l'air peut contenir sous forme de vapeur dépend directement de sa température. Plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur d'eau. De l'air qui contient le maximum de vapeur d'eau à une température donnée est dit saturé. Le

point de rosée est une mesure du contenu de l'atmosphère en humidité. Plus le point de rosée est élevé (chaud), plus il y a de vapeur d'eau dans l'air.

La machine thermique planétaire fonctionne ainsi : le soleil évapore de l'eau à l'équateur (l'énergie est stockée), la vapeur est transportée par le vent vers les pôles où elle se recondense dans un état solide ou liquide (l'énergie est relâchée). Ce que l'on appelle les « conditions météorologiques », c'est-à-dire le vent, les nuages, le brouillard et les précipitations, découlent de ce mécanisme de conversion. L'intensité des conditions du temps est souvent fonction de la quantité de chaleur latente relâchée par le biais de ce mécanisme.

Processus de soulèvement

La façon la plus simple et la plus courante par laquelle la vapeur d'eau retourne à l'état liquide ou solide est le soulèvement. Quand l'air est soulevé, il se refroidit jusqu'à devenir éventuellement saturé. Tout soulèvement supplémentaire entraîne un refroidissement additionnel, ce qui réduit la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir. La vapeur d'eau en excès se condense sous forme de gouttelettes de nuage ou de cristaux de glace, ce qui pourra aboutir à des précipitations. Plusieurs processus peuvent entraîner le soulèvement d'une masse d'air, notamment la convection, le soulèvement orographique (circulation remontant un terrain en pente), le soulèvement frontal et la convergence dans une zone de basse pression.

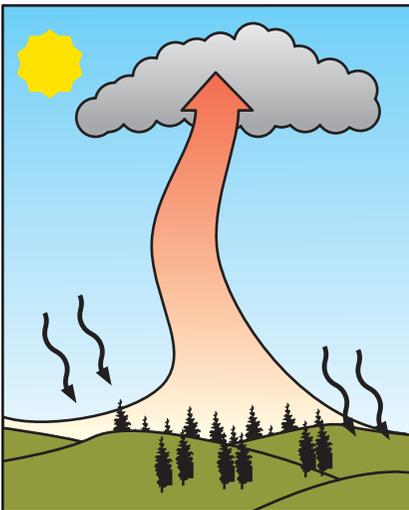


Fig. 1-2 - Convection due au réchauffement diurne

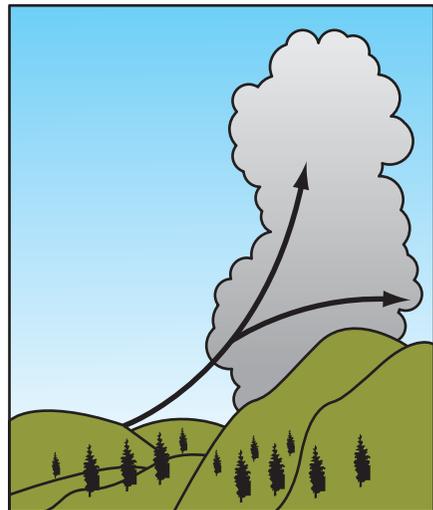


Fig. 1-3 - Soulèvement orographique

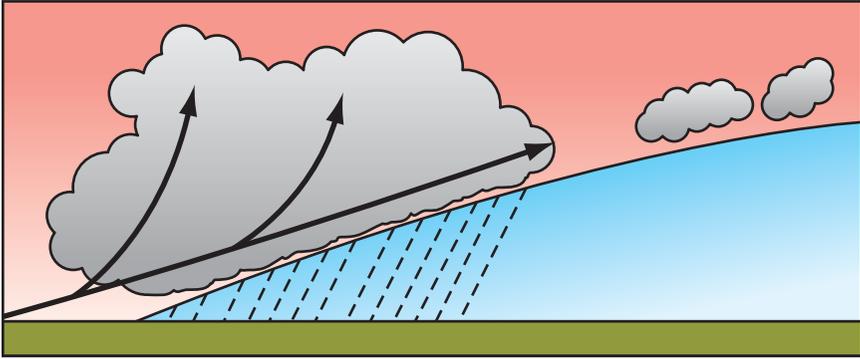


Fig. 1-4 - Air chaud montant sur l'air froid le long d'un front chaud

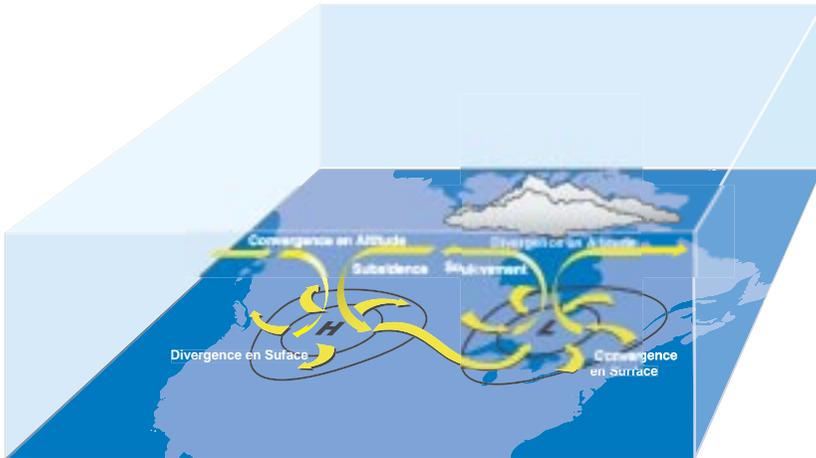


Fig. 1-5 - Divergence et convergence à la surface et en altitude dans un ensemble anticyclone dépression

Subsidence

La subsidence, en météorologie, désigne le mouvement descendant de l'air. Ce mouvement de subsidence se produit dans une zone de haute pression de même que du côté aval d'une chaîne de montagnes. À mesure que l'air descend, il est soumis à une pression atmosphérique croissante et par conséquent se comprime. Cette compression provoque une hausse de la température de l'air et, du même coup, une baisse de son humidité relative. Il en résulte que les régions où se produit de la subsidence non seulement reçoivent moins de précipitations (régions d'ombre pluviométrique) que les régions environnantes mais ont aussi une couverture nuageuse plus mince et plus morcelée.

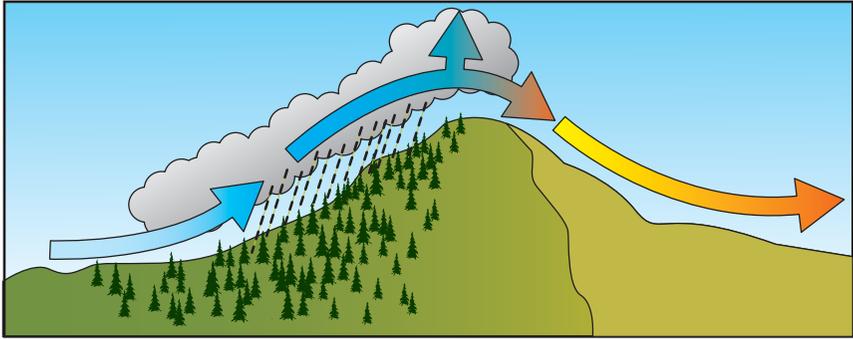


Fig. 1-6 - Air humide gravissant une montagne en perdant de son humidité puis redescendant dans une zone de subsidence sèche

Structure de la température de l'atmosphère

Le gradient thermique vertical atmosphérique désigne le changement de température qui survient avec un changement d'altitude. Normalement, la température diminue avec l'altitude dans la troposphère jusqu'à la tropopause puis devient plutôt constante dans la stratosphère.

Deux autres situations sont possibles : l'inversion, dans laquelle la température augmente avec l'altitude, et la couche isotherme, dans laquelle la température demeure constante avec l'altitude.

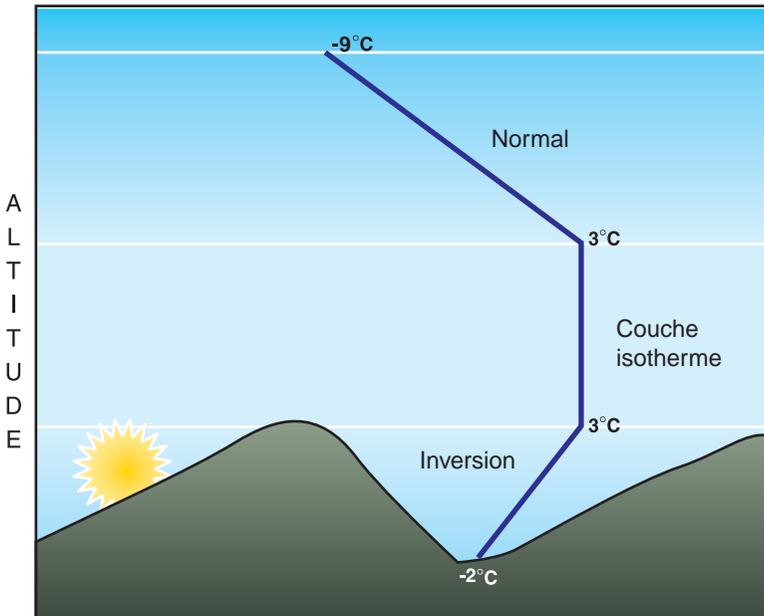


Fig. 1-7 - Différents gradients adiabatiques dans l'atmosphère

Le gradient thermique vertical de l'atmosphère est une mesure directe de la stabilité de l'atmosphère.

Stabilité

Il est impossible d'étudier la météorologie sans s'intéresser à la stabilité de l'air. La stabilité désigne l'aptitude d'une particule d'air à s'opposer au mouvement vertical. Si l'on déplace une particule d'air vers le haut et qu'on la relâche, on dit que l'air est instable si la particule continue à monter (la particule est devenue, dans ce cas, plus chaude que l'air environnant), stable si la particule retourne à son niveau de départ (la particule, dans ce cas, est devenue plus froide que l'air environnant) et neutre si la particule demeure au niveau où elle a été relâchée (la particule a, dans ce cas, la même température que l'air environnant).

La stabilité détermine le type des nuages et des précipitations. De l'air instable, lorsque soulevé, a tendance à produire des nuages convectifs et des précipitations en averses. L'air stable produira plutôt un épais nuage en couche et des précipitations continues sur une vaste région. Pour ce qui est de l'air neutre, il produira des conditions de type stable qui deviendront de type instable si le soulèvement se poursuit.

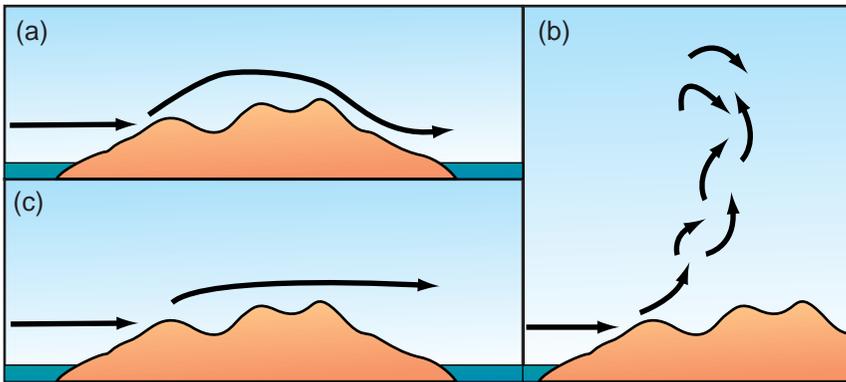


Fig. 1-8 - Stabilité de l'atmosphère - (a) Stable (b) Instable (c) Neutre

La stabilité d'une masse d'air peut changer. Une façon de rendre l'air instable est de le chauffer par en dessous, à peu près comme on chauffe de l'eau dans une bouilloire. Dans la nature, ceci se produit quand le soleil réchauffe le sol qui, à son tour, réchauffe l'air en contact avec lui ou quand de l'air froid passe au-dessus d'une surface plus chaude, comme de l'eau libre en automne ou en hiver. La situation inverse, quand l'air est refroidi par en dessous, augmente la stabilité de l'air. Les deux processus se produisent couramment.

Considérons un jour d'été typique au cours duquel l'air est rendu instable par le soleil, de telle sorte qu'il se forme de gros nuages convectifs donnant des averses ou des orages durant l'après-midi et en soirée. Après le coucher du soleil, le sol se refroidit-

it et la masse d'air se stabilise lentement; l'activité convective s'atténue et les nuages se dissipent.

Durant un jour quelconque, plusieurs processus peuvent agir simultanément pour augmenter ou réduire la stabilité de la masse d'air. Pour compliquer davantage la question, ces effets parfois opposés peuvent se produire sur une région aussi grande qu'un domaine de GFA entier ou aussi petite qu'un terrain de football. Quant à savoir quel effet prédominera, c'est le problème du météorologiste et ceci va bien au-delà de la portée de ce manuel.

Vent

Les différences de température dans l'horizontale engendrent des différences de pression dans l'horizontale. Ce sont ces variations horizontales dans la pression qui font que les vents soufflent : l'atmosphère cherche à équilibrer la pression en déplaçant de l'air des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Plus la différence de pression est grande, plus les vents sont forts et par conséquent, le vent, à un certain moment, peut n'être qu'une douce brise près d'un aéroport intérieur mais une forte tempête au-dessus de l'eau.

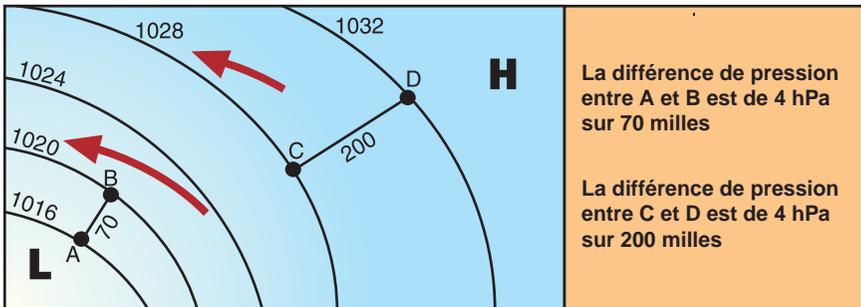


Fig. 1-9 - Plus le changement de la pression sur l'horizontale est important, plus les vents sont forts

Le vent est caractérisé par une vitesse et une direction, et plusieurs conventions ont été adoptées dans le domaine de l'aviation pour le décrire. Quand on parle de la direction du vent, on parle toujours de la direction à partir de laquelle il souffle. Quant à sa vitesse, c'est une moyenne de son régime stable établie sur une période donnée. Les variations de courte durée de la vitesse du vent sont signalées comme des rafales ou des grains, tout dépendant de leur durée.

En altitude, le vent a tendance à souffler de façon assez uniforme et ne change de direction ou de vitesse qu'en réaction à des changements de pression. Près de la surface, cependant, le vent subit l'influence du frottement et de la topographie. Le frottement ralentit le vent au-dessus des surfaces rugueuses alors que la topographie, le plus souvent, produit des changements localisés dans la direction et la vitesse.

Masses d'air et fronts

Masses d'air

Quand une section de la troposphère de quelques centaines de kilomètres de diamètre demeure stationnaire ou ne se déplace que lentement dans une région ayant une température et une humidité assez uniformes, l'air acquiert les caractéristiques de cette surface et devient ce que l'on appelle une masse d'air. Les régions où les masses d'air sont créées sont des « régions sources » et se sont soit les régions polaires couvertes de neige et de glace, les océans septentrionaux froids, les océans tropicaux ou les grands déserts.

Bien que les caractéristiques de température et d'humidité dans une masse d'air soient assez uniformes, les conditions du temps peuvent varier dans l'horizontale en raison des différents processus qui s'y déroulent. Il est tout à fait possible que le ciel soit clair dans une certaine partie de la masse d'air mais qu'il y ait des orages dans une autre.

Fronts

Quand une masse d'air se déplace en dehors de sa région source, elle entre en contact avec d'autres masses d'air. La zone de transition entre deux masses d'air différentes s'appelle zone frontale ou front. Dans cette zone frontale, la température, la teneur en humidité, la pression et le vent peuvent changer rapidement sur une courte distance.

Les principaux types de fronts sont :

<p>Front froid - L'air froid avance sous l'air chaud. La bordure antérieure de la zone d'air froid est le front froid.</p>		
<p>Front chaud - L'air froid recule et est remplacé par de l'air chaud. La bordure postérieure de la zone d'air froid est le front chaud.</p>		
<p>Front quasi stationnaire - L'air froid n'avance pas ni ne recule. On utilise souvent l'expression quasi stationnaires pour décrire ce type de fronts, même s'il y a un certain mouvement localisé à petite échelle.</p>		
<p>Trowal - Langue d'air chaud en altitude</p>		

Table 1-1

Chapitre 2

Dangers météorologiques pour l'aviation

Introduction

Tout au long de son histoire, l'aviation est restée intimement liée à la météorologie. Il y a eu des avancées technologiques de toutes sortes - de meilleurs avions, des systèmes de navigation aérienne plus perfectionnés et un programme de formation des pilotes systématisé - mais la météorologie continue d'être un élément de premier plan.

Dans le monde de l'aviation, les mots conditions météorologiques ne désignent pas seulement « ce qui est en train de se produire » mais aussi « ce qui va se produire durant le vol ». Tout dépendant de l'information qu'il reçoit, le pilote choisira d'entreprendre ou d'annuler son vol. Dans cette section, nous examinons des éléments météorologiques particuliers et l'influence qu'ils peuvent avoir sur un vol.

Givrage

L'une des suppositions les plus simples au sujet des nuages est que les gouttelettes des nuages sont sous forme liquide à des températures supérieures à 0 °C et qu'elles se transforment en cristaux de glace quand la température descend de quelques degrés sous zéro. En réalité, cependant, 0 °C est la température au-dessous de laquelle les gouttelettes d'eau deviennent surfondues et sont capables de geler. Bien que certaines des gouttelettes gèlent spontanément juste sous 0 °C, d'autres demeurent à l'état liquide à des températures beaucoup plus basses.

Un avion subit un givrage quand il entre en contact avec des gouttelettes d'eau surfondues et que sa température est inférieure à 0 °C. Le givrage peut avoir des conséquences très sérieuses sur un avion, entre autres:

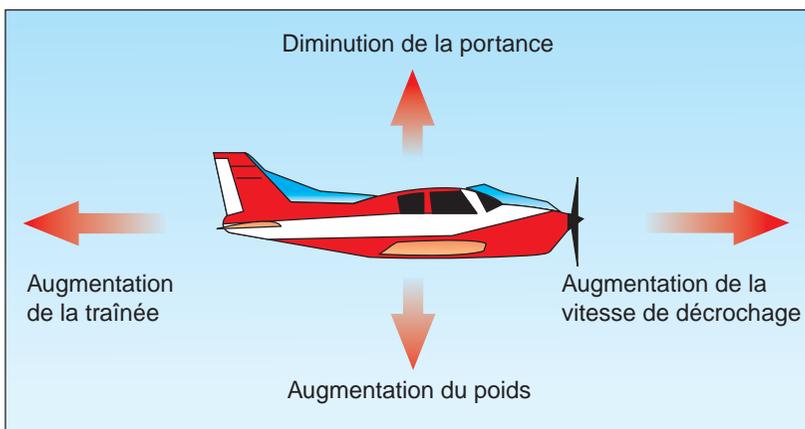


Fig. 2-1 - Effets du givrage

- rupture de l'écoulement laminaire autour des ailes, produisant une diminution de la portance et une augmentation de la vitesse de décrochage. Ce dernier effet est particulièrement dangereux. Un avion « givré » est, en fait, un avion expérimental dont la vitesse de décrochage est inconnue;
- augmentation du poids et de la traînée, et donc augmentation de la consommation de carburant;
- blocage partiel ou total des tubes de Pitot et des prises statiques, produisant des indications erronées des instruments;
- réduction de la visibilité causée par l'accumulation de givre sur le pare-brise.

Le processus de congélation

Quand une gouttelette d'eau surfondue frappe la surface d'un avion, elle commence à geler, ce qui relâche de la chaleur latente. Cette chaleur latente réchauffe le reste de la gouttelette jusqu'à près de 0 °C. C'est ainsi que la partie non gelée peut s'étendre vers l'arrière sur la surface jusqu'à ce que la congélation soit complète. Plus la température de l'air est basse, plus la surface de l'avion est froide et plus grande est la portion de la gouttelette qui gèle immédiatement à l'impact. D'autre part, plus la gouttelette est petite, plus grande est la portion de la gouttelette qui gèle immédiatement à l'impact. Enfin, plus les gouttelettes frappent la surface de l'avion fréquemment, plus grande est la quantité d'eau qui s'étend vers l'arrière sur la surface de l'avion. De façon générale, on peut s'attendre à un givrage important quand les gouttelettes sont grosses et la température juste au-dessous de 0 °C.

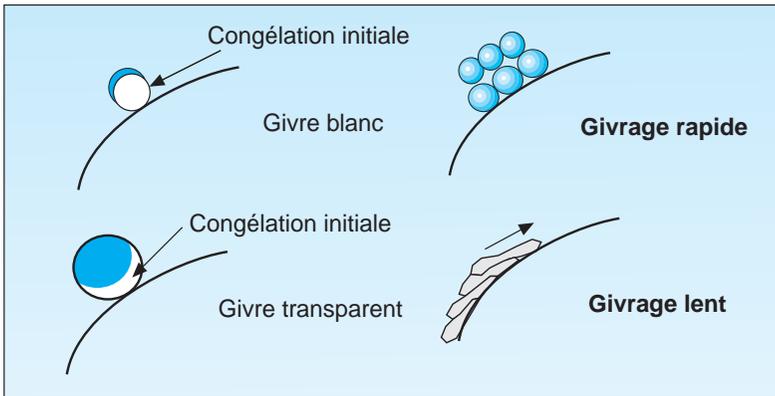


Fig. 2-2 - Congélation de gouttelettes en surfusion à l'impact

Types de givre sur les avions

Givre blanc

Le givre blanc est produit par de petites gouttelettes quand chaque gouttelette a le temps de geler complètement avant qu'une autre gouttelette frappe le même endroit. La glace qui se forme est opaque et cassante à cause de l'air emprisonné entre les gout-

telettes. Le givre blanc a tendance à se former sur les bords d'attaque des surfaces portantes, s'accumule vers l'avant dans l'écoulement d'air et possède de faibles propriétés adhérentes.

Givre transparent

Dans le cas où chaque grosse gouttelette n'a pas le temps de geler complètement avant que d'autres gouttelettes se déposent sur les premières, l'eau surfondue de chaque goutte fusionne et s'étend vers l'arrière sur les surfaces de l'avion avant de geler complètement pour former une glace ayant de fortes propriétés adhérentes. Le givre transparent peut, comme son nom le dit, être transparent mais peut aussi se présenter comme une couche opaque très dure. Il s'accumule vers l'arrière sur les surfaces de l'avion de même que vers l'avant dans l'écoulement d'air.

Givre mélangé

Quand la température et la taille des gouttelettes varient beaucoup, la glace qui se forme est un mélange de givre blanc et de givre transparent. Ce type de glace est habituellement plus adhérent que le givre blanc; il est opaque et rude et s'accumule plus rapidement vers l'avant dans l'écoulement d'air que vers l'arrière sur les surfaces de l'avion.

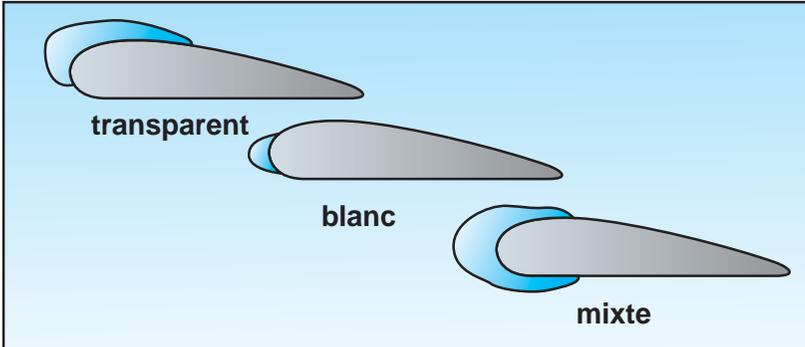


Fig. 2-3- Modes d'accumulation des différents types de givrage

Facteurs météorologiques liés au givrage

(a) Contenu en eau liquide du nuage

Le contenu en eau liquide du nuage dépend de la taille et du nombre des gouttelettes dans un volume d'air donné. Plus le contenu en eau liquide est élevé, plus le potentiel de givrage est élevé. Les nuages qui renferment de forts courants verticaux ont généralement un contenu en eau liquide plus élevé, car les courants ascendants empêchent les grosses gouttelettes de tomber.

Les courants ascendants les plus forts se retrouvent dans les nuages convectifs, les

nuages causés par un brusque soulèvement orographique et les nuages d'ondes orographiques. Les nuages stratiformes ne renferment habituellement que de faibles courants ascendants et sont plutôt composés de petites gouttelettes.

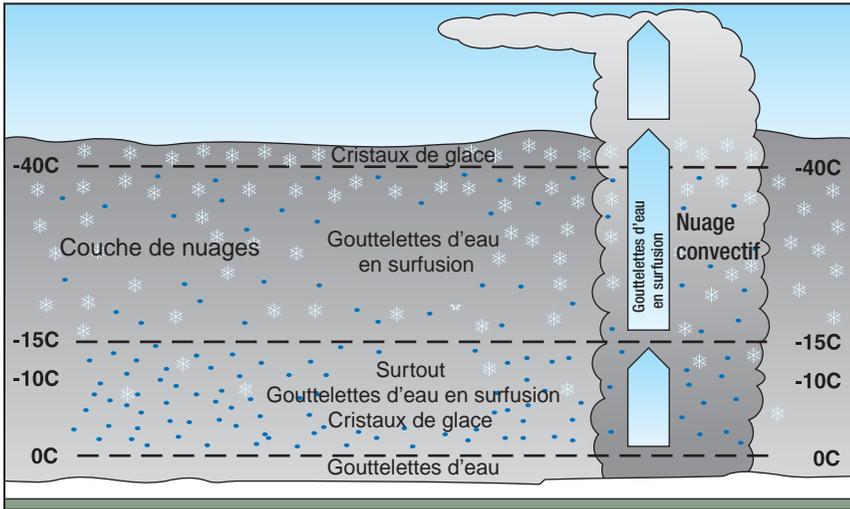


Fig. 2-4 - Distribution des gouttelettes d'eau et cristaux de glace dans un nuage

(b) Structure de la température dans un nuage

De l'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau que de l'air froid. Ainsi, les nuages qui se forment dans des masses d'air chaud ont un plus fort contenu en eau liquide que ceux qui se forment dans l'air froid.

La structure de la température dans un nuage a une influence importante sur la taille et le nombre des gouttelettes. Les grosses gouttelettes surfondues commencent à geler spontanément quand leur température est d'environ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et le taux de congélation des gouttelettes de toutes les tailles augmente rapidement quand la température passe en dessous de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vers $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, à peu près toutes les gouttelettes ont gelées. Il y a une exception, toutefois : les nuages où se produisent de forts courants verticaux, comme les cumulus bourgeonnants ou les cumulonimbus, peuvent transporter les gouttelettes d'eau liquide jusqu'à très haute altitude avant qu'elles ne gèlent.

Ces facteurs font que l'intensité du givrage peut changer rapidement avec le temps de sorte qu'il est possible que deux avions passant à quelques minutes d'intervalle dans une même région subissent des conditions de givrage tout à fait différentes. Néanmoins, certaines règles sont généralement admises :

(1) Dans les gros cumulus et les cumulonimbus :

- à des températures entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, du givre transparent fort est probable;
- à des températures entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, du givre blanc léger est probable;

faible possibilité de givre blanc ou mélangé modéré à fort dans les nuages récemment formés;

- à des températures inférieures à $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, peu de risque de givrage.

(2) Dans les nuages en couches :

- la couche dans laquelle un givrage appréciable peut se produire est généralement limitée par les températures $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- le givrage est habituellement moins fort que dans les nuages convectifs en raison des courants ascendants plus faibles et des gouttelettes plus petites;
- les couches de givrage ont tendance à être moins épaisses mais plus étendues.

(3) Situations dans lesquelles un givrage plus fort que prévu peut se produire :

- de l'air qui se déplace au-dessus de vastes lacs non gelés en automne ou en hiver accroît sa teneur en humidité et devient rapidement plus instable en se réchauffant par en dessous. Les nuages qui se forment dans ces conditions, bien qu'ayant l'aspect de nuages en couches, sont en fait des nuages convectifs surmontés d'une inversion et renfermant des courants ascendants assez forts et une grande quantité de gouttes surfondues;
- des nuages en couches épais, formés par une ascendance rapide à grande échelle, comme dans une dépression qui s'intensifie ou le long de flancs montagneux, contiendront également une quantité accrue de gouttelettes surfondues. De plus, un tel soulèvement rend souvent la masse d'air instable, ce qui donne naissance à des nuages convectifs encastrés dans la masse stratiforme qui, à leur tour, accroissent le potentiel de givrage;
- de très forts courants verticaux peuvent être présents dans les nuages lenticulaires. Le givrage peut y être fort et la taille des gouttelettes favorise le givre transparent.

Givrage dû à de grosses gouttes surfondues

Jusqu'à récemment, le givrage dû à des grosses gouttes surfondues (GGS) n'avait été associé qu'à la pluie verglaçante. Plusieurs accidents et cas de givrage fort ont révélé l'existence d'une forme dangereuse de givrage dû à des GGS dans des situations et des endroits non typiques. On a trouvé que de grosses gouttes de nuage, de la taille des gouttes de bruine verglaçante, pouvaient exister à l'intérieur de certaines couches de nuages stratiformes dont le sommet se situe habituellement à 10 000 pieds ou moins. La température de l'air à l'intérieur du nuage (et au-dessus) demeure inférieure à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ mais supérieure à $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ à travers la couche. Ces grosses gouttes d'eau liquide se forment près du sommet du nuage, en présence de turbulence mécanique faible à modérée, et se retrouvent dans toute l'épaisseur de la couche nuageuse. Le givrage dû à des GGS est habituellement fort et transparent. On a observé des taux d'accumulation de 2,5 cm ou plus en 15 minutes ou moins sur les surfaces de gouverne.

Quelques indices peuvent permettre de déceler le danger de givrage dû à des GGS à l'avance. Les nuages stratiformes qui produisent ce type de givrage se rencontrent souvent dans une masse d'air stable, dans une faible circulation remontant une pente, parfois en provenance d'un vaste plan d'eau. L'air au-dessus de la couche de nuages est toujours sec, sans couches de nuages importantes au-dessus. La présence de bruine verglaçante sous le nuage ou de bruine à la surface quand la température y est légèrement supérieure à 0 °C est une indication certaine de conditions de givrage dû à des GGS dans le nuage. On trouve aussi des régions propices au givrage par des GGS au sud-ouest d'un centre de basse pression et derrière un front froid, là où il y a beaucoup de stratocumulus à basse altitude (sommet des nuages en dessous de 13 000 pieds). Il faut porter une attention constante à ce phénomène quand on vole sur un circuit d'attente dans une couche de nuage en hiver.

Au Québec, les nuages produisant du givrage de GGS sont fréquents à l'est de la baie James et de la baie d'Hudson dans une circulation de l'ouest et au sud-est de la baie James dans une circulation du nord-ouest. On en observe aussi quand le vent vient du nord près des côtes du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava. En Ontario, les nuages produisant du givrage de GGS sont fréquents depuis la baie d'Hudson jusqu'à, et y compris, l'escarpement de Timmins-Hearst-Kapuskasing dans une circulation du nord. Il s'en produit aussi dans une circulation du sud ou du sud-ouest depuis le lac Supérieur, le lac Huron et la baie Georgienne, de Terrace Bay à Elliot Lake à Sudbury à North Bay. Ces nuages à basse altitude produisent souvent de la bruine ou de la bruine verglaçante.

La gloire : un signe avant-coureur de givrage d'avion



Photo 2-1 - Gloire entourant l'ombre d'un avion sur le dessus d'un nuage

source : Alister Ling

La gloire est l'une des formes de halo les plus courantes visibles dans le ciel. Pour le pilote, c'est le signe d'un danger de givrage parce qu'elle n'apparaît que lorsqu'il y a des gouttes d'eau liquide dans le nuage. Si la température de l'air au niveau d'un nuage

sur lequel se forme une gloire est inférieure au point de congélation, il se produira un givrage dans ce nuage.

Vous pouvez voir une gloire en regardant vers le bas l'ombre que votre avion projette sur le sommet des nuages. On peut aussi voir une gloire en regardant vers le haut en direction du soleil (ou de la lune) à travers un nuage composé de gouttelettes liquides.

Il est possible d'être assez loin au-dessus des nuages ou du brouillard pour que l'ombre de l'avion soit trop petite pour être discernable au centre de la gloire. Bien que les cristaux de glace produisent souvent d'autres phénomènes de halos et d'arcs, seules les gouttelettes d'eau forment des gloires.

Facteurs aérodynamiques liés au givrage

Divers facteurs aérodynamiques influencent l'efficacité du captage des surfaces d'un avion. On peut définir l'efficacité du captage comme la proportion des gouttelettes d'eau liquide situées sur la trajectoire de vol qui frappent effectivement l'avion.

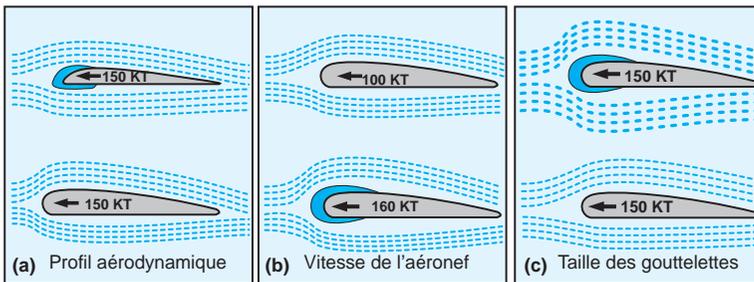


Fig. 2-5 - Variations de l'efficacité de captation

L'efficacité du captage dépend de trois facteurs :

- Le rayon de courbure de la partie de l'avion considérée. Les pièces de voilure qui ont un grand rayon de courbure perturbent l'écoulement de l'air (onde de choc amont), ce qui fait que les petites gouttelettes surfondues sont emportées autour de la voilure par l'air qui s'écoule. C'est pourquoi les gros composants (ailes épaisses, verrières) captent la glace moins efficacement que les composants minces (ailes minces, mats, antennes).
- La vitesse. Plus l'avion vole vite et moins les gouttelettes ont de chances d'être emportées autour de la voilure par l'écoulement de l'air.
- La taille des gouttelettes. Plus la gouttelette est grosse, moins l'écoulement de l'air la déplace.

Autres formes de givrage

(a) Pluie verglaçante et granules de glace

La pluie verglaçante se produit quand des gouttes d'eau liquide se trouvant au-

dessus du niveau de congélation tombent dans une couche d'air dont la température est inférieure à 0 °C et deviennent surfondues avant de frapper un objet. Le scénario le plus courant donnant lieu à de la pluie verglaçante dans l'ouest du Canada est le « glissement ascendant d'air chaud ». Dans ces situations, l'air chaud (au-dessus de 0 °C) est forcé vers le haut au-dessus de l'air froid à la surface. En pareil cas, la pluie qui tombe dans l'air froid devient surfondues, ce qui donne lieu à de la pluie verglaçante pouvant durer des heures, surtout si l'air froid continue d'être drainé dans la région depuis le terrain environnant. Quand la couche d'air froid est suffisamment profonde, les gouttes de pluie surfondues peuvent geler complètement avant d'atteindre la surface. Il tombe alors des granules de glace. Les pilotes doivent donc se rappeler que des granules de glace à la surface impliquent de la pluie verglaçante en altitude. Ces conditions sont assez fréquentes en hiver et ont tendance à durer un peu plus longtemps dans les vallées qu'au-dessus des terrains plats.

(b) Bruine verglaçante et neige en grains

La bruine verglaçante diffère de la pluie verglaçante par la plus petite taille de ses gouttelettes. Une autre différence importante est que la bruine verglaçante peut se former dans des masses d'air dont tout le profil de température se trouve sous le point de congélation. En d'autres mots, il peut se produire de la bruine verglaçante sans qu'il y ait une couche d'air chaud (au-dessus de 0 °C) en altitude. Dans ce cas, les zones favorables à la formation de bruine verglaçante se trouvent dans les masses d'air maritime humide, de préférence là où une circulation modérée à forte remonte une pente. La bruine verglaçante peut causer un givrage très nuisible pour l'aviation. Comme pour les granules de glace, la neige en grains implique la présence de bruine verglaçante en altitude.

(c) Neige

La neige sèche n'adhère pas à la surface d'un avion et normalement ne cause pas de problème de givrage. La neige mouillée, cependant, peut geler sur la surface d'un avion dont la température est inférieure à zéro et peut être extrêmement difficile à enlever. La présence de neige mouillée sur les surfaces portantes au moment où un avion cherche à décoller constitue une situation très dangereuse. Quand l'avion se met en mouvement, le refroidissement par évaporation fait geler la neige mouillée, ce qui cause une réduction radicale de la portance en même temps qu'une augmentation du poids et de la traînée. La neige mouillée peut aussi geler contre les pare-brise et réduire la visibilité jusqu'à cacher complètement la vue.

(d) Embruns verglaçants

Les embruns verglaçants se forment sur l'eau libre au moment d'une invasion d'air arctique. Quand la température de l'eau est proche de zéro, toute particule d'eau arrachée par le vent ou projetée contre un objet gèle rapidement, ce qui entraîne une rapide augmentation de poids et un déplacement du centre de gravité.

(e) Brouillard givrant

Le brouillard givrant se produit souvent en hiver. Le brouillard est simplement « un nuage qui touche le sol » et, comme son cousin en altitude, est formé d'une forte proportion de gouttelettes d'eau surfondues quand la température est juste sous le point de congélation (de 0 °C à -10 °C). Un avion qui atterrit, décolle ou roule au sol dans du brouillard givrant doit s'attendre à du givre blanc.

Visibilité

La réduction de la visibilité est le facteur météorologique qui affecte le plus les opérations aériennes. Les caractéristiques topographiques se ressemblent toutes à basse altitude, ce qui rend essentielle une bonne navigation de route. Ceci n'est réalisable que dans de bonnes conditions de visibilité.

Types de visibilité

On emploie plusieurs termes pour décrire les différents types de visibilité utilisés dans le domaine de l'aviation.

- (a) **Visibilité horizontale** - la plus grande distance à laquelle on peut voir, à l'horizontale, dans une direction donnée, mesurée par référence à des objets ou des sources lumineuses dont la distance est connue.
- (b) **Visibilité dominante** - la visibilité au niveau du sol qui est commune à la moitié ou plus de l'horizon.
- (c) **Visibilité verticale** - la plus grande distance à laquelle on peut voir en regardant vers le haut dans une couche dont la base est à la surface, comme le brouillard ou une chute de neige.
- (d) **Visibilité oblique** - visibilité obtenue en regardant vers l'avant et vers le bas depuis le poste de pilotage d'un avion.
- (e) **Visibilité en vol** - intervalle de visibilité moyen, à un moment quelconque, depuis le poste de pilotage d'un avion en vol.

Causes de réduction de la visibilité

(a) Lithométéores

Les lithométéores sont des particules sèches en suspension dans l'atmosphère et comprennent la fumée, la brume sèche, le sable et la poussière. Les deux premiers, soit la fumée et la brume sèche, sont ceux qui causent le plus de problèmes. Les feux de forêt sont la source la plus courante de fumée. La fumée d'une source éloignée ressemble à de la brume sèche mais à proximité d'un feu, la fumée peut réduire considérablement la visibilité.

(b) Précipitations

La pluie peut réduire la visibilité quoique rarement à moins d'un mille, sauf dans les grosses averses sous les cumulonimbus. La bruine réduit habituellement la visibilité davantage que la pluie à cause du plus grand nombre de gouttelettes dans un volume d'air équivalent, en particulier quand elle est accompagnée de brouillard.

La neige réduit la visibilité davantage que la pluie ou la bruine, facilement à moins d'un mille. La poudrière élevée est produite par des vents forts qui soulèvent des particules de neige dans les airs. La neige fraîchement tombée est facilement emportée et peut être soulevée à quelques centaines de pieds. Dans des conditions extrêmes, la visibilité depuis le poste de pilotage peut être excellente durant l'approche mais subir une brusque réduction au moment de l'arrondi.

(c) Brouillard

Le brouillard est l'obstacle à la vue le plus courant et le plus persistant en ce qui a trait à l'aviation. Nuage dont la base est au sol, le brouillard peut être formé de gouttelettes d'eau, de gouttelettes d'eau surfondue, de cristaux de glace ou d'un mélange de gouttelettes d'eau surfondue et de cristaux de glace.



Photo 2-2 - Brouillard de rayonnement dans une vallée source : Alister Ling

(i) Brouillard de rayonnement

Le brouillard de rayonnement commence à se former au-dessus de la terre habituellement sous un ciel clair et par vents légers, typiquement après minuit et plus particulièrement au petit matin. À mesure que le sol se refroidit en rayonnant sa chaleur dans l'espace, l'air qui se trouve au-dessus du sol se refroidit par contact et son aptitude à contenir de l'humidité se trouve réduite. S'il y a

une quantité suffisante de noyaux de condensation dans l'atmosphère, du brouillard peut se former avant que l'écart température-point de rosée ne devienne nul. Après le lever du soleil, le brouillard commence à se dissiper à partir de ses bords au-dessus de la terre, mais si du brouillard a dérivé au-dessus de l'eau, il mettra plus de temps à se dissiper.

(ii) Brouillard d'advection

Le brouillard d'advection se forme quand de l'air humide se déplace au-dessus d'une surface de neige, de glace ou d'eau froide.

(iii) Brouillard de précipitations ou préfrontal

Le brouillard de précipitations, ou brouillard frontal, se forme à l'avant des fronts chauds, quand les précipitations tombent dans une couche d'air frais près du sol. Les précipitations saturent l'air près de la surface, et le brouillard se forme. Les interruptions de précipitations produisent habituellement un épaississement du brouillard.

(iv) Fumée de mer (ou brouillard d'évaporation)

La fumée de mer se forme quand de l'air arctique très froid se déplace au-dessus d'une masse d'eau relativement chaude. Dans ce cas, c'est l'humidité provenant de l'évaporation de l'eau qui sature l'air. L'air extrêmement froid ne peut pas contenir toute l'humidité évaporée, de telle sorte que l'excès se condense et forme du brouillard. Le phénomène ressemble à de la vapeur ou de la fumée sortant de l'eau et n'a habituellement pas plus de 50 à 100 pieds d'épaisseur. La fumée de mer, aussi appelée fumée de mer arctique ou brouillard d'évaporation, peut produire des conditions de givrage non négligeables.

(v) Brouillard glacé

Du brouillard glacé se forme quand de la vapeur d'eau se sublime directement en cristaux de glace. Quand le vent est léger et que la température est inférieure à environ -30 °C, la vapeur d'eau de source artificielle ou de fissures dans la glace qui couvre les rivières peut former un brouillard glacé étendu et persistant. Le brouillard produit par des appareils de chauffage locaux ou même par des moteurs d'avion peut réduire la visibilité locale à près de zéro et forcer la fermeture d'un aéroport pendant quelques heures, voire quelques jours.

(d) Bourrasques de neige et courants de neige

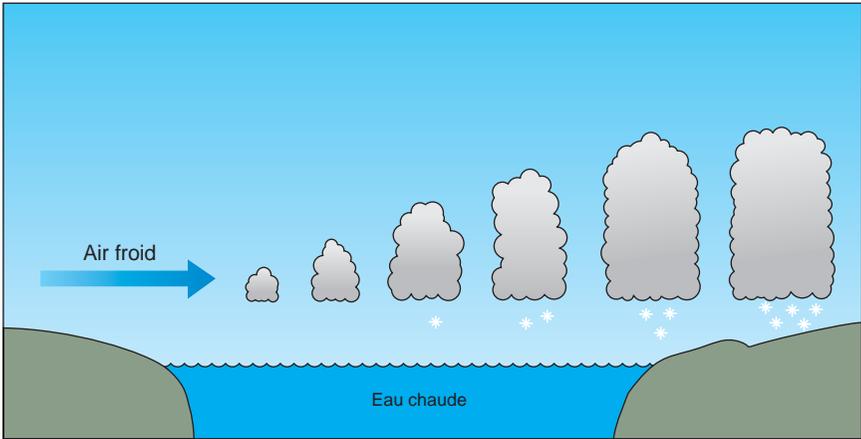


Fig. 2-6 - Développement de bourrasques de neige au-dessus de l'eau libre

Les bourrasques de neige sont des régions plutôt petites de fortes précipitations. Elles se forment quand de l'air arctique froid passe au-dessus d'une surface d'eau relativement chaude, comme les Grands Lacs avant la prise des glaces. L'injection de chaleur et d'humidité dans les bas niveaux de l'atmosphère qui s'ensuit rend la masse d'air instable. Si l'air devient suffisamment instable, des nuages convectifs commencent à se former et la neige se met à tomber peu de temps après. Les bourrasques de neige se structurent habituellement en bandes de nuages, ou courants de neige, parallèles à la direction de l'écoulement. Le mouvement de ces bourrasques de neige correspond généralement aux vents moyens entre 3000 et 5000 pieds. Non seulement les bourrasques de neige peuvent-elles réduire la visibilité à presque zéro mais, en raison de leur nature convective, il y a souvent de la turbulence et du givrage fort dans les nuages.

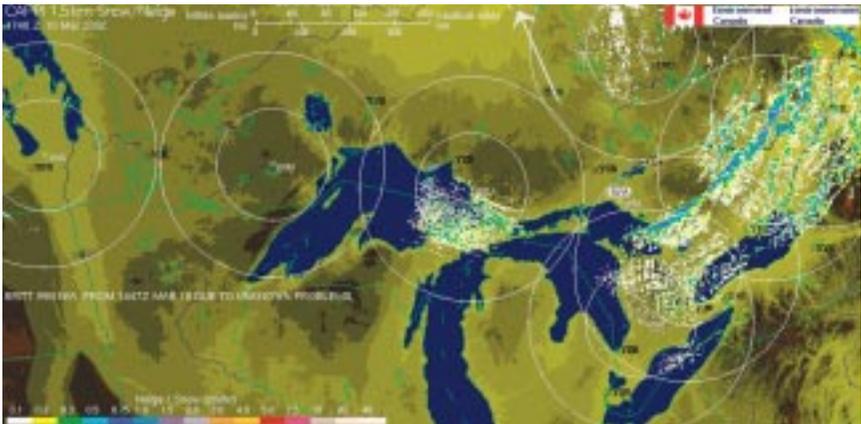


Photo 2-3 - Bourrasques de neige sur les Grands Lacs source : Nav Canada

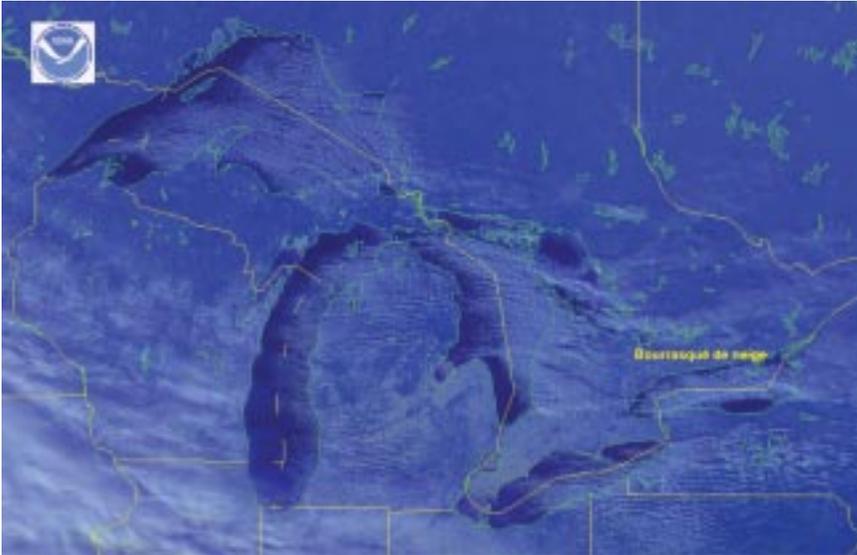


Photo 2-4 - Bourrasques de neige sur les Grands Lacs

source : NOAA

Vent, cisaillement et turbulence

On comprend assez bien ce qui cause le vent. Mais pour le météorologiste, c'est toujours un défi que de prévoir où le vent soufflera, avec quelle force et comment il variera durant la journée. Le problème se complique quand des effets locaux, comme ceux que créent les bras de mer côtiers ou des cols montagneux, se manifestent. De tels effets peuvent expliquer qu'un aéroport connaisse un vent uniformément léger mais qu'un autre subisse la nuit des épisodes de vents forts en rafales.

Stabilité et variations journalières du vent

Dans une situation météorologique d'air stable, les vents sont généralement plus forts et soufflent davantage en rafales le jour que la nuit. Le jour, le réchauffement par le soleil provoque un brassage convectif qui transporte les vents forts en altitude vers la surface et les mélange avec les vents de surface plus faibles. Il s'ensuit que le vent près de la surface augmente de vitesse et souffle en rafales alors que le vent en altitude dans la couche de mélange voit sa vitesse réduite.

Après le coucher du soleil, le sol se refroidit, ce qui refroidit l'air près de la surface et fait apparaître une inversion de température. Cette inversion s'épaissit à mesure que le refroidissement se poursuit, ce qui éventuellement met fin au brassage convectif et ralentit le vent de surface.

Cisaillement du vent

Le cisaillement du vent n'est rien d'autre qu'un changement de direction ou de vitesse du vent avec la distance entre deux points. Si les points sont alignés verticale-

ment, on parle de cisaillement vertical; s'ils sont alignés horizontalement, il s'agit plutôt de cisaillement horizontal.

Dans le monde de l'aviation, on s'intéresse surtout au caractère abrupt du changement. S'il est graduel, un changement de direction ou de vitesse n'occasionnera qu'un changement mineur de la vitesse sol. Si le changement est abrupt, cependant, il y aura un changement rapide de la vitesse propre ou de la trajectoire. Tout dépendant du type d'avion, le temps requis pour corriger la situation peut être assez long pour mettre l'avion en danger, en particulier au moment du décollage ou de l'atterrissage.

Un cisaillement important peut se produire quand un vent de surface soufflant le long d'une vallée diffère de beaucoup du vent qui souffle au-dessus de la vallée. Des changements de direction de 90° et des changements de vitesse de 25 nœuds sont assez courants en terrain montagneux.

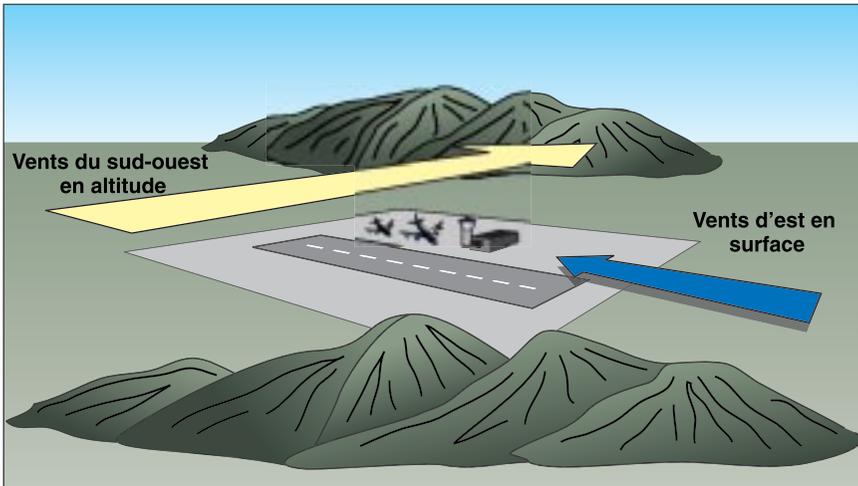


Fig. 2-7 - Cisaillement du vent près du sommet d'une vallée

Les courants ascendants et les courants descendants produisent aussi un cisaillement. Un brusque courant descendant a pour effet de réduire brièvement l'angle d'attaque de l'aile, ce qui diminue la portance. Un courant ascendant augmente l'angle d'attaque de l'aile et, du même coup, la portance, mais il y a alors un risque que l'angle d'attaque dépasse l'angle de décrochage.

Il peut aussi y avoir un cisaillement le long des fronts. Les zones frontales sont généralement assez épaisses pour que le changement soit graduel, mais on a déjà mesuré des zones frontales froides n'ayant pas plus de 200 pieds d'épaisseur. On a aussi observé des cisaillements de direction importants à travers un front chaud, de l'ordre de 90° sur quelques centaines de pieds. Les pilotes qui décollent ou qui sont en approche pour l'atterrissage et qui traversent une surface frontale à proximité du sol devraient être sur leurs gardes.

La turbulence mécanique est une forme de cisaillement qui apparaît quand une surface rugueuse perturbe un écoulement uniforme. L'intensité du cisaillement et l'épaisseur de la couche de cisaillement dépendent de la vitesse du vent, de la rugosité de l'obstacle et de la stabilité de l'air.

Relation entre le cisaillement du vent et la turbulence

La turbulence est le résultat direct du cisaillement du vent. Plus il y a de cisaillement, plus l'écoulement laminaire de l'air a tendance à se briser en tourbillons et à devenir turbulent. Cependant, les zones de cisaillement ne sont pas toutes turbulentes, de sorte que l'absence de turbulence n'implique pas l'absence de cisaillement.

Courants-jets à basse altitude - frontaux

Dans les systèmes de basse pression en formation, une bande étroite de vents très forts apparaît souvent juste en avant du front froid et au-dessus de la zone frontale chaude. Les météorologistes appellent ces bandes de vents forts des « courants-jets à basse altitude ». Ils se trouvent typiquement entre 500 et 5000 pieds et peuvent avoir plusieurs centaines de pieds de largeur. La vitesse du vent dans ces courants-jets à basse altitude peut atteindre 100 nœuds dans le cas des dépressions intenses. Le principal problème lié à ces phénomènes est qu'ils peuvent produire une forte turbulence ou, à tout le moins, faire varier la vitesse propre de façon prononcée. La période critique de cisaillement du vent ou de turbulence avec ces phénomènes va de une heure à trois heures avant le passage du front froid. Ces conditions sont d'autant plus sérieuses qu'elles se produisent dans les bas niveaux de l'atmosphère et perturbent les avions durant les phases les plus critiques du vol - l'atterrissage et le décollage.

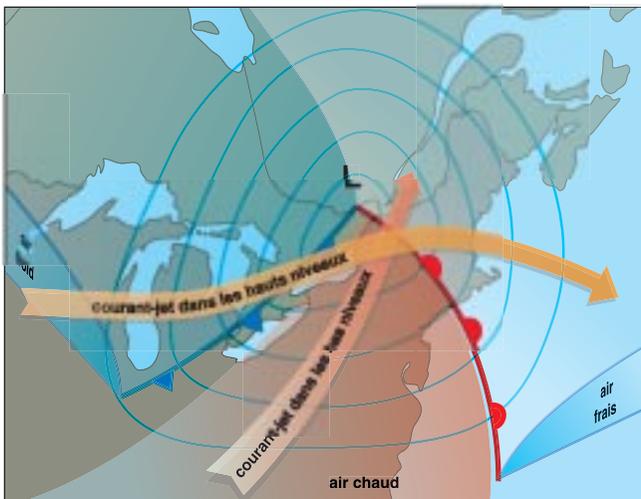


Fig. 2-8 - Dépression et système frontal idéalisés montrant l'emplacement des courants-jets dans les hauts et bas niveaux



Fig. 2-9 - Des vents complexes autour d'un courant-jet dans les bas niveaux peuvent entraîner beaucoup de cisaillement du vent et de turbulence

Courants-jets à basse altitude - nocturnes

Il y a un autre type de courants-jets à basse altitude connu sous le nom de « courant-jet nocturne à basse altitude ». Ce courant-jet est une bande de vent de vitesse élevée typiquement centré à une altitude entre 700 pieds et 2000 pieds au-dessus du sol (juste en dessous du sommet de l'inversion nocturne) mais se rencontre à l'occasion jusqu'à 3000 pieds. La vitesse du vent varie habituellement entre 20 et 40 noeuds, mais peut atteindre 60 noeuds.

Les courants-jets nocturnes à basse altitude ont tendance à se former au-dessus de terrains plutôt plats et constituent une sorte de ruban de vent ayant des milliers de milles de longueur, quelques centaines de pieds d'épaisseur et jusqu'à quelques centaines de milles de largeur. On a observé des courants-jets nocturnes à basse altitude en régions montagneuses mais, dans ce cas, ils sont généralement plus localisés.

Les courants-jets nocturnes à basse altitude se forment surtout en été par nuit claire (pour qu'une inversion soit présente). Le vent juste sous le sommet de l'inversion commence à augmenter tout de suite après le coucher du soleil, atteint une vitesse maximale environ deux heures après minuit et se dissipe au matin, quand la chaleur du soleil détruit l'inversion.

Influence de la topographie sur le vent

(a) Effets sous le vent

Quand la circulation rencontre une falaise abrupte ou passe sur un terrain

rugueux, le vent devient turbulent et en rafales. Il se forme souvent des tourbillons sous le vent des collines, ce qui crée des zones stationnaires de vent fort et de vent faible. Ces zones de vent fort sont assez prévisibles et persistent généralement aussi longtemps que la direction du vent et la stabilité de la masse d'air demeurent inchangées. Les vents plus faibles, qui se produisent dans des régions dites abritées, peuvent varier en vitesse et en direction, en particulier sous le vent des collines les plus hautes. Sous le vent des collines, le vent souffle habituellement en rafales et sa direction est souvent complètement à l'opposé de celle du vent qui souffle au sommet des collines. Il peut aussi y avoir de petits tourbillons inverses près des collines.

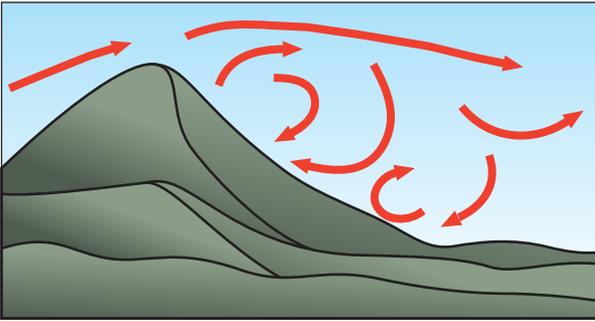


Fig. 2-10 - Effets orographiques

(b) Effets du frottement

Les vents qui soufflent loin au-dessus de la surface de la terre ne sont pas beaucoup influencés par la présence de la terre elle-même. Plus près de la surface, cependant, le frottement a pour effet de diminuer la vitesse de déplacement de l'air et de faire reculer sa direction vers les basses pressions. Par exemple, dans l'hémisphère Nord, un vent du sud soufflera davantage du sud-est en passant au-dessus d'un terrain plus accidenté. La vitesse d'un vent qui souffle au-dessus d'un terrain raboteux peut être considérablement réduite par rapport à celle du vent produite par le même gradient de pression au-dessus d'une prairie unie.

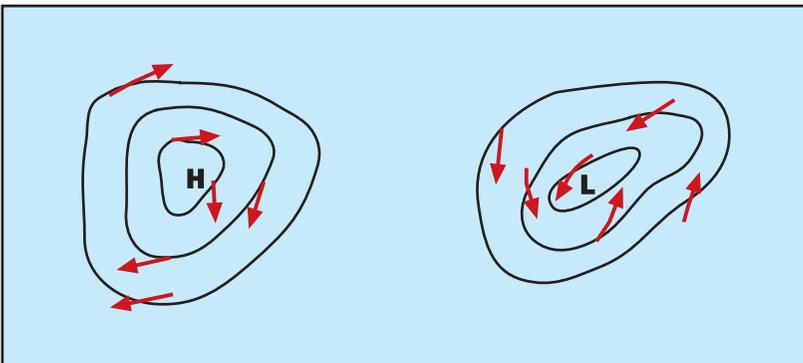


Fig. 2-11 - Effets du frottement

(c) Vents convergents

Quand deux vents (ou plus) convergent, le vent résultant est plus fort. Cet effet peut se produire quand deux vallées (ou plus) se rencontrent. Il se manifeste aussi le long d'une côte quand les vents de surface soufflent à des angles différents au-dessus de la mer et au-dessus de la terre, et convergent. Cette convergence crée une bande de vent environ 25 pour cent plus fort que celui qui souffle à quelques milles du rivage.

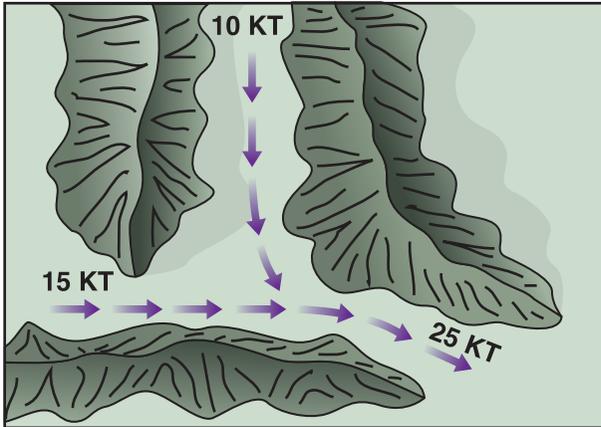


Fig. 2-12 - Vents convergents

(d) Vents divergents

Une divergence se produit quand un courant d'air simple se divise en deux courants ou plus. Chacun aura une vitesse plus faible que le courant d'air d'origine.

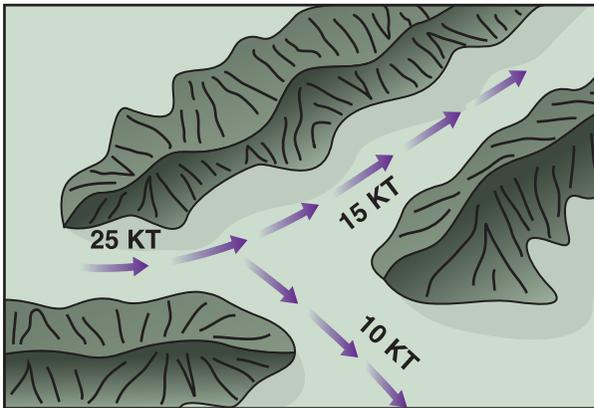


Fig. 2-13 - Vents divergents

(e) Vents de coin

Quand le vent principal rencontre un cap, il a tendance à s'incurver autour du cap.

Si ce changement de direction est brusque, il peut engendrer une turbulence extrême.

(f) Effet d'entonnoir et vent de jet

Quand des vents sont forcés d'entrer dans une ouverture ou un corridor étroit, comme un bras de mer ou une section étroite d'un passage, leur vitesse augmente et peut même doubler. Cet effet s'appelle effet d'entonnoir et les vents résultants sont des vents de jets. C'est un effet analogue à celui qui se produit quand on pince un tuyau d'arrosage. Ce phénomène peut se produire dans la vallée du Saint-Laurent.

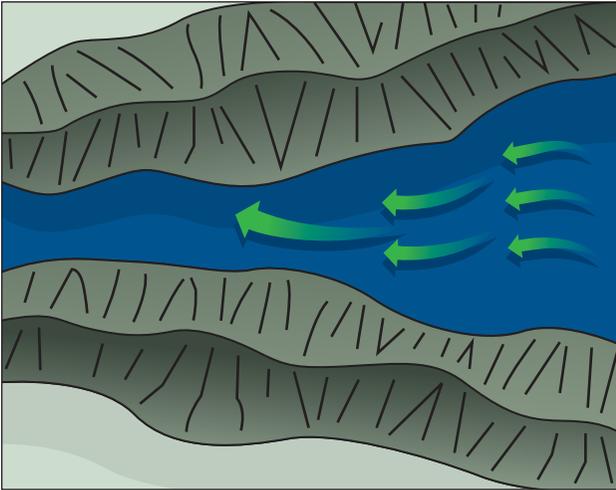


Fig. 2-14 - Effet d'entonnoir

(g) Vents canalisés

La topographie peut aussi changer la direction du vent en le forçant à suivre un col montagneux ou une vallée. Une situation de ce genre s'appelle un effet de canal et les vents ainsi produits sont des vents canalisés.

(h) Brises de mer et brises de terre

Les brises de mer et de terre ne s'observent que dans des conditions de vents légers et elles dépendent de la différence de température entre des régions adjacentes.

Une brise de mer se produit quand l'air au-dessus de la terre est réchauffé plus rapidement que l'air au-dessus de la masse d'eau adjacente. Il s'ensuit que l'air réchauffé s'élève et est remplacé par de l'air plus froid en provenance de l'eau. À la fin de l'après-midi, au moment où le réchauffement est maximum, la circulation de brise de mer peut avoir une profondeur de 1500 à 3000 pieds; elle peut avoir produit des vents de 10 à 15 noeuds et s'étendre jusqu'à 50 milles marins dans les terres.

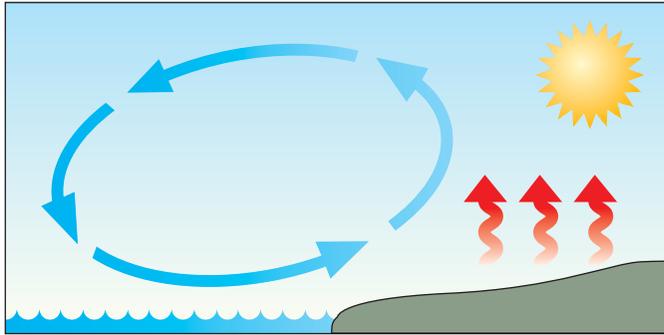


Fig. 2-15 - Brises de mer

Durant la soirée, la brise de mer s'estompe. Au cours de la nuit, quand la terre se refroidit, il se forme une brise de terre dans la direction opposée, c'est-à-dire soufflant de la terre vers la mer. Elle n'est généralement pas aussi forte que la brise de mer mais peut parfois souffler en rafales.

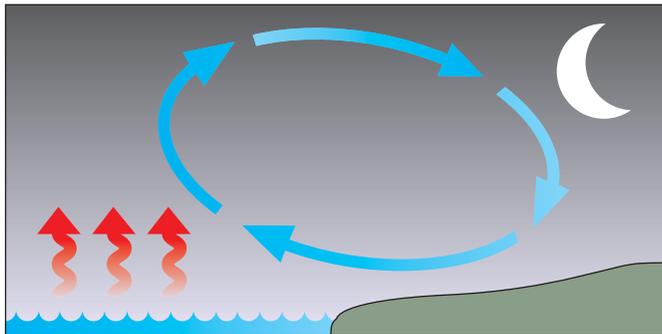


Fig. 2-16 - Brises de terre

Les brises de terre et de mer peuvent toutes deux subir des effets de canal et des effets d'entonnoir, ce qui fait apparaître des conditions quasi frontales, avec des sautes de vent soudaines et des vents en rafales pouvant atteindre 50 noeuds.

(i) Vents anabatiques et catabatiques

Le jour, les côtés des vallées deviennent plus chauds que le fond, parce qu'ils sont mieux exposés au soleil. Il en résulte que le vent remonte les flancs. Ces vents ascendants diurnes s'appellent des vents anabatiques. Les côtés des vallées aux pentes douces, spécialement celles qui font face au sud, sont chauffés plus efficacement que ceux des vallées étroites aux pentes raides. C'est ce qui fait que les brises de vallées sont plus fortes dans les vallées plus larges. Un vent anabatique peut produire des nuages s'il s'étend jusqu'à une hauteur suffisante. En outre, un tel vent peut augmenter la portance des avions et des planeurs.

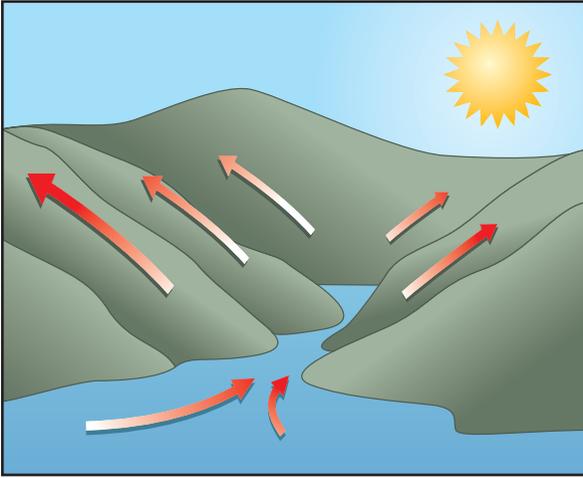


Fig. 2-17 - Vents anabatiques

La nuit, l'air se refroidit au-dessus des pentes des montagnes et descend vers le fond des vallées. Si le fond de la vallée est incliné, le vent suit la vallée vers le bas. Les vents des nuits froides sont appelés vents de drainage ou vents catabatiques. Ils soufflent souvent en rafales et sont habituellement plus forts que les vents anabatiques. Certains aéroports situés dans des vallées ont des manches à vent placés à divers endroits le long de leurs pistes pour montrer les conditions changeantes causées par les vents catabatiques.

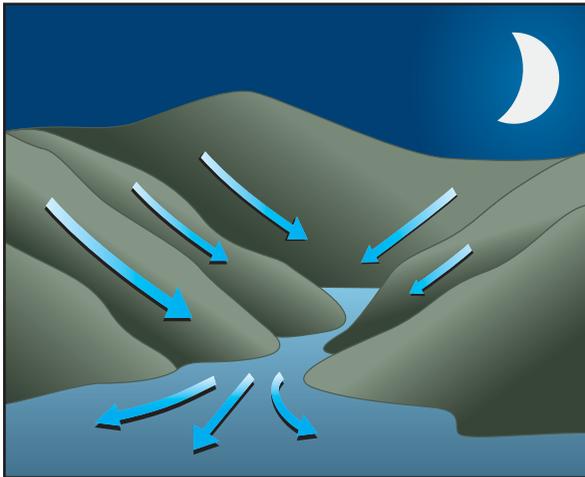


Fig. 2-18 - Vents catabatiques

(j) Vents de glaciers

Dans des conditions de refroidissement extrême, comme à la surface d'un glacier, les vents catabatiques peuvent atteindre une vitesse destructive. En raison

du refroidissement causé par la glace, une mince couche de vents de 80 noeuds ou plus peut se former près de la surface et persister le jour et la nuit. Les vents catabatiques subissent fréquemment des effets d'entonnoir, avec comme résultat des directions et des forces inattendues dans des cols étroits.

Ondes orographiques

Quand de l'air rencontre une montagne, il est perturbé de la même façon que de l'eau qui rencontre une roche. L'air est initialement déplacé vers le haut par la montagne, redescend brusquement du côté sous le vent puis remonte et redescend en formant une série d'ondes en aval. Ces ondes sont appelées ondes orographiques ou ondes sous le vent et sont des zones particulièrement favorables à la turbulence. Il s'en forme souvent du côté sous le vent des montagnes Rocheuses.

Formation des ondes orographiques

Plusieurs conditions doivent être réunies pour que des ondes orographiques se forment :

- (a) la direction du vent doit être à moins de 30 degrés de la perpendiculaire à la montagne ou la colline. Plus la montagne est élevée et plus la pente est escarpée du côté sous le vent, plus les oscillations produites seront étendues.
- (b) la vitesse du vent devrait dépasser 15 noeuds pour les petites collines et 30 noeuds pour les crêtes montagneuses. Un courant-jet avec les vents forts qui l'accompagnent sous l'axe du jet représente une situation idéale.

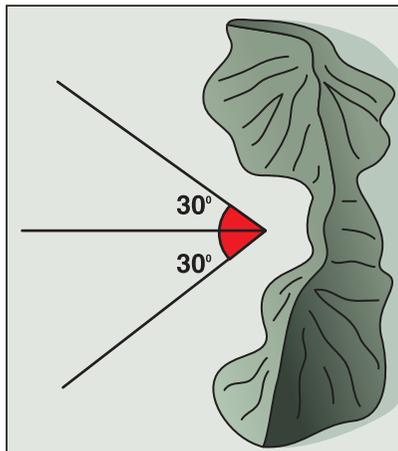


Fig. 2-19 - Angles de formation des ondes orographiques

- (c) la direction du vent devrait être constante mais sa vitesse devrait augmenter avec l'altitude dans toute l'épaisseur de la troposphère.
- (d) l'air devrait être stable au niveau des cimes des montagnes mais moins stable en

dessous. La couche instable favorise l'ascension de l'air et la couche stable favorise la formation d'une configuration d'ondes en aval.

Bien que toutes ces conditions puissent être rassemblées à n'importe quel moment de l'année, les vents sont généralement plus forts en hiver et produisent des ondes orographiques plus dangereuses.

Caractéristiques des ondes orographiques

Une fois qu'une configuration d'ondes orographiques s'est formée, elle obéit à quelques règles de base :

- plus le vent est fort, plus la longueur d'onde est grande. La longueur d'onde typique est d'environ 6 milles mais elle peut varier entre 3 et 15 milles;
- la position des crêtes d'ondes demeure presque stationnaire et le vent passe à travers elles tant que sa vitesse moyenne reste à peu près constante;
- l'amplitude des ondes individuelles peut dépasser 3000 pieds;
- la couche d'ondes orographiques s'étend souvent d'un niveau situé juste sous le sommet des montagnes jusqu'à 4000 ou 6000 pieds au-dessus des sommets, et parfois plus haut;
- les courants verticaux produits dans les ondes peuvent atteindre des vitesses de 4500 pieds par minute;
- la vitesse du vent est plus élevée dans les crêtes et plus faible dans les creux;
- les ondes les plus proches de l'obstacle sont les plus fortes et les autres en aval sont progressivement plus faibles;
- un gros tourbillon appelé tourbillon d'aval peut se former en dessous de chaque crête d'onde;
- les chaînes de montagnes en aval peuvent amplifier ou détruire une configuration d'onde établie;
- il se produit souvent des courants descendants du côté sous le vent de l'obstacle. Ces courants atteignent typiquement des vitesses de 2000 pieds par minute mais on en a observé jusqu'à 5000 pieds par minute. Le courant descendant le plus fort se produit habituellement à une hauteur proche de celle du sommet et peut précipiter un avion jusqu'au sol.

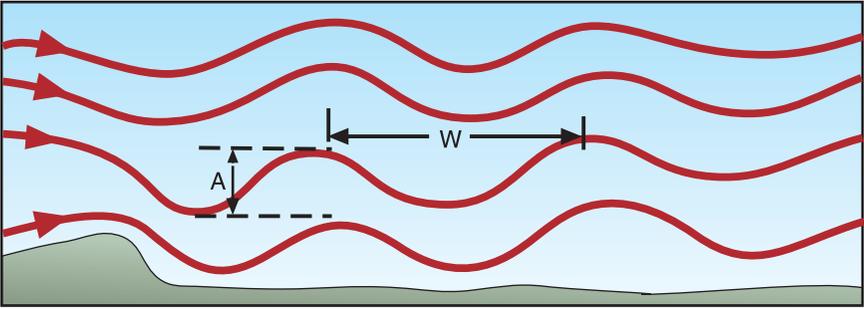


Fig. 2-20 - Amplitude (A) et longueur d'onde (W) des ondes orographiques

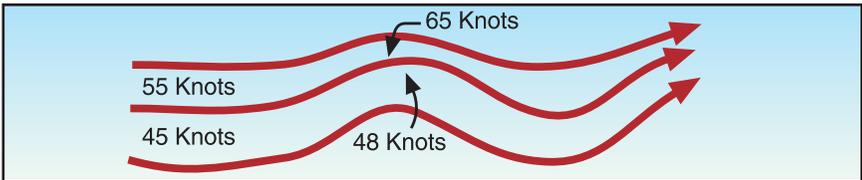


Fig. 2-21- Les vents sont plus forts sur les crêtes des ondes orographiques

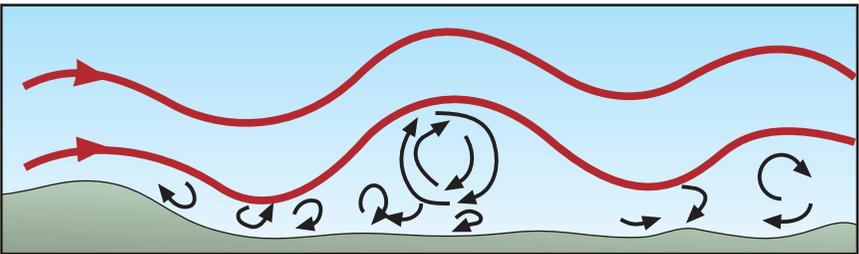


Fig. 2-22 - Un rotor peut se former sous les crêtes des ondes orographiques

Nuages caractéristiques des ondes orographiques

Les ondes orographiques impliquent un soulèvement et si l'air est suffisamment humide, des nuages caractéristiques se forment. Cette formation nuageuse peut être absente, cependant, quand l'air est trop sec ou que les nuages sont imbriqués dans une autre couche de nuages et ne sont pas visibles. Il est donc essentiel de savoir que l'absence de nuages d'ondes orographiques ne signifie pas qu'il n'y a pas d'ondes orographiques.

(a) Nuages en capuchon

Il se forme souvent des nuages sur les sommets d'une chaîne de montagnes et demeurent stationnaires. Dans bien des cas, leur aspect rappelle celui d'une « chute d'eau » du côté sous le vent des montagnes. Cet effet est produit par la subsidence et on peut en déduire la présence d'un fort courant descendant du côté sous le vent du sommet.

(b) Nuages lenticulaires

Un nuage en forme de lentille peut apparaître dans la crête d'une onde. Ces nuages peuvent être verticalement séparés de plusieurs milliers de pieds ou peuvent se former très près l'un de l'autre et avoir l'aspect d'une pile d'assiettes. Dans la crête, l'écoulement de l'air est souvent laminaire, ce qui donne un aspect lisse au nuage. À l'occasion, quand le cisaillement crée de la turbulence, les nuages lenticulaires deviennent effilochés et déchirés.

(c) Nuages de tourbillon d'aval

Un nuage peut se former dans un tourbillon d'aval. Il prend la forme d'une longue ligne de stratocumulus, à quelques milles en aval de la chaîne de montagnes et parallèle à celle-ci. Sa base se situe normalement plus bas que les sommets de la chaîne mais son sommet peut se trouver plus haut. On doit s'attendre à une forte turbulence à l'intérieur et à proximité d'un nuage de tourbillon d'aval.

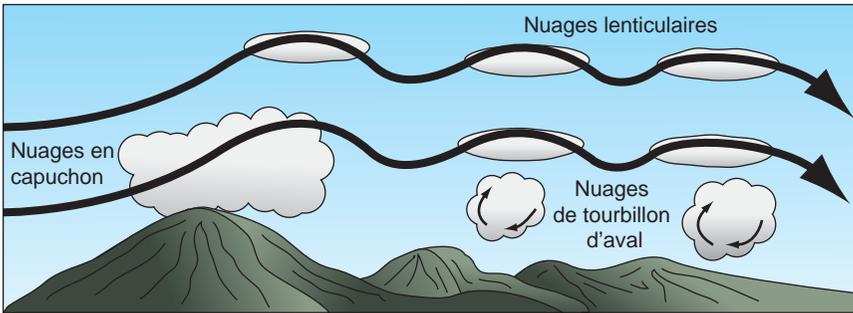


Fig. 2-23 - Nuages caractéristiques des ondes orographiques

Fronts

Un front est la zone de transition ou de mélange entre deux masses d'air. Même si les cartes météorologiques ne montrent que les fronts à la surface, il est important de réaliser qu'une masse d'air possède trois dimensions et a un peu la forme d'un coin. Si la masse d'air froid avance, le bord d'attaque de la zone de transition est décrit comme un front froid. Si la masse d'air froid se retire, le bord arrière de la zone de transition est décrit comme un front chaud.

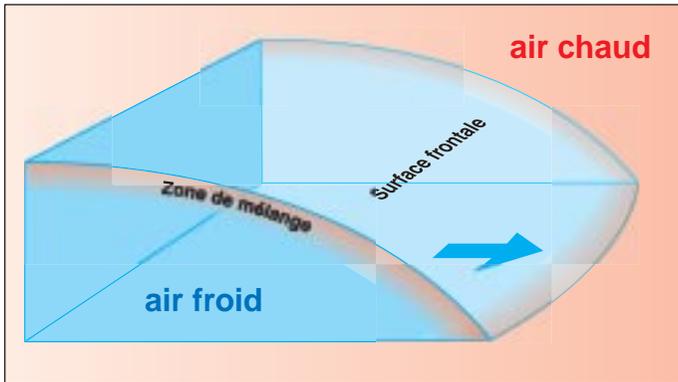


Fig. 2-24 - Coupe d'un front froid

Le mouvement d'un front dépend de la composante perpendiculaire au front du mouvement de l'air froid, tant à la surface qu'en altitude. Quand le vent souffle perpendiculairement au front, celui-ci se déplace avec le vent. Quand le vent souffle parallèlement au front, le front se déplace lentement ou devient quasi stationnaire. Le mouvement de l'air chaud n'influence pas le mouvement du front.

Sur les cartes de surface, les fronts sont généralement représentés comme des lignes assez droites. Dans les faits, c'est rarement le cas. L'air froid s'écoule sur la surface comme de l'eau. En avançant, il glisse facilement sur un terrain plat mais il est retenu par un terrain montagneux jusqu'à ce qu'il trouve un passage ou qu'il s'épaississe jusqu'à pouvoir s'écouler au-dessus de la barrière. De plus, l'air froid accélère promptement sur une pente descendante et peut atteindre de grandes vitesses dans les vallées. Quand il se retire, l'air froid se déplace lentement et laisse des mares d'air froid dans les dépressions de terrain qui mettent du temps à « disparaître ».

Temps frontal

Quand deux masses d'air se rencontrent à un front, l'air le plus froid, qui est plus dense, soulève l'air plus chaud. Les conditions du temps associées à un front peuvent varier d'un ciel clair à des nuages étendus et de la pluie avec des orages encastrés. Les facteurs qui déterminent le temps associé à un front sont :

(a) la quantité d'humidité disponible

Il faut qu'il y ait suffisamment d'humidité pour que des nuages se forment.

Dans le cas contraire, le front est « sec » ou « inactif » et peut ne se manifester que par un changement dans la température, la pression et le vent. Un front inactif peut rapidement devenir actif s'il rencontre une zone d'humidité.

(b) la stabilité de l'air soulevé

Le degré de stabilité influence le type de nuages qui se forment. Si l'air est instable, il se formera des nuages cumuliformes accompagnés d'averses et les

conditions seront plus turbulentes. Si l'air est stable, il y aura plutôt des nuages stratiformes donnant lieu à des précipitations continues et peu ou pas de turbulence.

(c) la pente du front

Une surface frontale très inclinée, comme celle d'un front chaud, produit des nuages étendus et des précipitations continues. De telles régions sont favorables à la formation de stratus bas et de brouillard et peuvent renfermer une zone de précipitations verglaçantes. Le passage d'un front de ce type est généralement marqué par la fin des précipitations continues, suivi d'une réduction de la couverture nuageuse. Une surface frontale montrant une pente raide, comme celle des fronts froids, produit plutôt une bande étroite de temps convectif. Quoique plus intense, la période de mauvais temps dure moins longtemps et les conditions s'améliorent plus vite derrière le front.

(d) la vitesse du front

Un front froid qui se déplace rapidement provoque un fort mouvement vertical le long du front, ce qui accroît l'instabilité. Il en résulte du temps convectif plus rigoureux et une possibilité de ligne de grains et de temps violent.

Ondes frontales et occlusions

Des changements à petite échelle dans la pression le long d'un front peuvent créer des fluctuations au niveau des vents avec comme résultat une déformation du front. Cette déformation prend la forme d'une onde, une partie du front se mettant à bouger comme un front chaud et une autre, comme un front froid. Une telle structure est appelée onde frontale. Il y a deux types d'ondes frontales :

(a) Ondes stables

L'onde frontale se déplace le long du front mais ne se développe pas. Ces ondes, que l'on appelle ondes stables, ont tendance à se déplacer rapidement (25 à 60 noeuds) le long du front et augmentent sur leur passage les nuages et les précipitations. La stabilité de la masse d'air autour de l'onde détermine le type des nuages et des précipitations. Comme l'onde se déplace rapidement, les conditions du temps qui l'accompagnent ne durent pas longtemps.

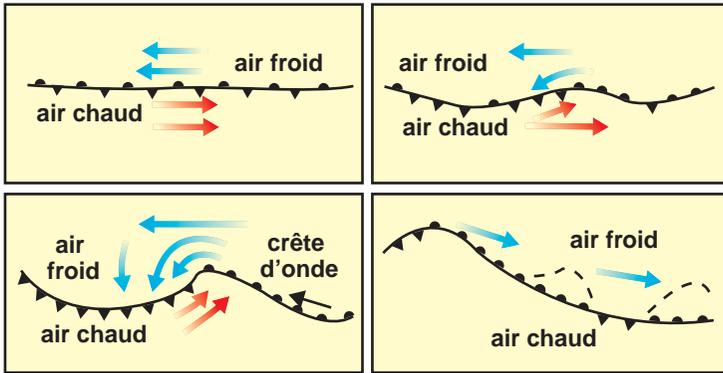


Fig. 2-25 - Onde stable

(b) Ondes instables (ondes d'occlusion)

En raison d'un support supplémentaire pour le développement, comme un creux en altitude, la pression à la surface continue de s'abaisser près de l'onde frontale, ce qui donne naissance à un centre de basse pression qui renforce les vents. Le vent derrière le front froid augmente, ce qui accélère le front froid et commence à le faire tourner autour de la dépression. Éventuellement, il rattrape le front chaud et les deux fronts forment une occlusion (ils se referment). À ce moment, l'intensité de la dépression est maximum.

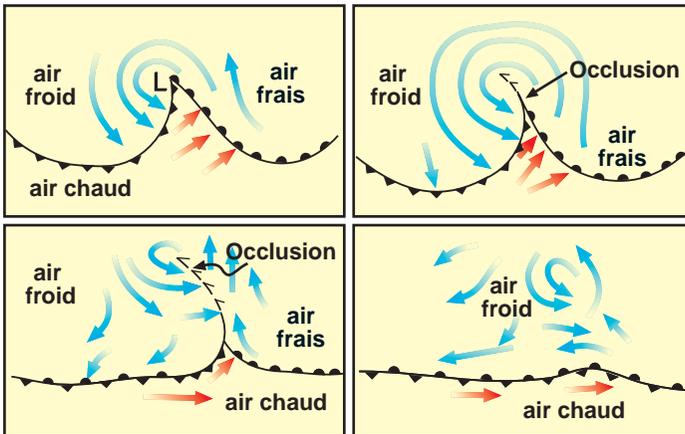


Fig. 2-26 - Formation d'une occlusion

Les occlusions se produisent parce que l'air derrière le front froid est plus froid et plus dense que celui de la masse d'air frais en avant du front chaud. Ainsi, il s'insinue non seulement sous l'air du secteur chaud de l'onde originale mais aussi sous le front chaud, forçant ces deux éléments à se soulever. À mesure que le secteur chaud est soulevé, la partie en contact avec le sol devient de plus en plus petite. Le long de l'occlusion, les conditions du temps sont une combinaison de celles d'un front chaud et d'un front froid, c'est-à-dire un mélange de nuages en couches donnant des précipi-

tations continues et des nuages convectifs encastrés donnant des précipitations en averses amplifiées. On ne devrait s'approcher d'une telle masse nuageuse qu'avec prudence, car on peut y rencontrer des conditions de givrage et de turbulence assez variables. Éventuellement, l'onde frontale et l'occlusion s'éloignent de la dépression, ne laissant qu'une bande frontale en altitude qui s'incurve vers l'arrière en direction de la dépression. Cette structure en altitude continue à s'affaiblir de mesure qu'elle s'éloigne de la dépression qui lui a donné naissance.

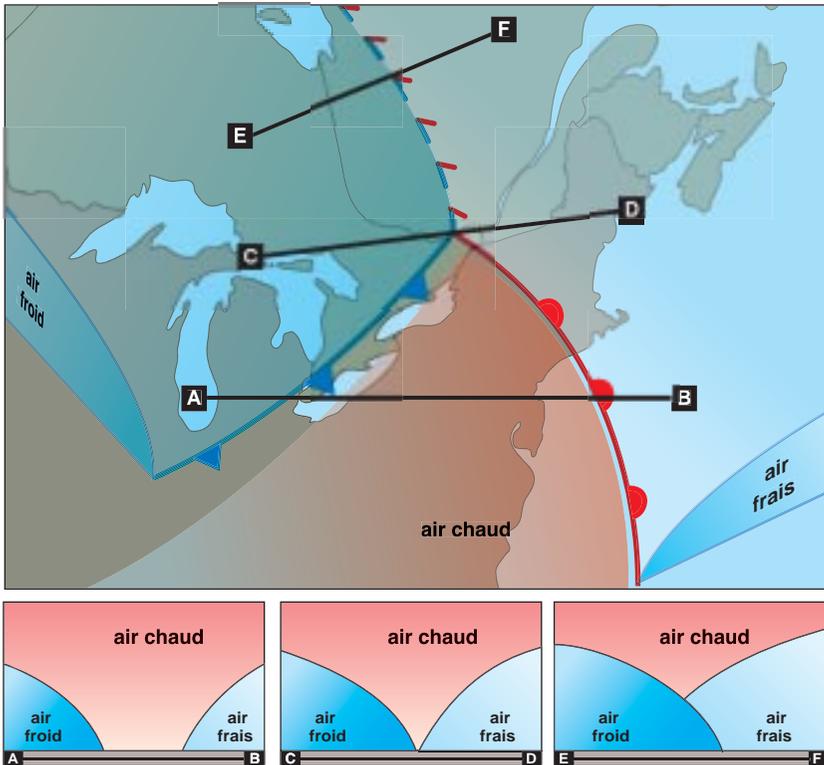


Fig. 2-27 - Coupes de fronts

Orages

Les orages sont les phénomènes du temps les plus violents et les plus menaçants qu'un pilote puisse rencontrer. Les orages sont la cause de plusieurs phénomènes dangereux pour l'aviation et, puisqu'ils sont très courants au-dessus des prairies en été, il est important que les pilotes en comprennent la nature et sachent comment se comporter en leur présence. Pour qu'un orage se forme, plusieurs conditions doivent être réunies. Parmi celles-ci :

- une masse d'air instable;
- de l'humidité dans les bas niveaux;

- un élément déclencheur, p. ex. le réchauffement diurne, un refroidissement en altitude;
- pour un orage fort, un cisaillement du vent.

Cycle de vie d'un orage

Un orage, qui peut avoir 5 milles de diamètre ou, dans les cas extrêmes, 50 milles de diamètre, consiste généralement en deux cellules ou plus à des stades différents de leur cycle de vie. Le cycle de vie des cellules comprend les stades suivants :

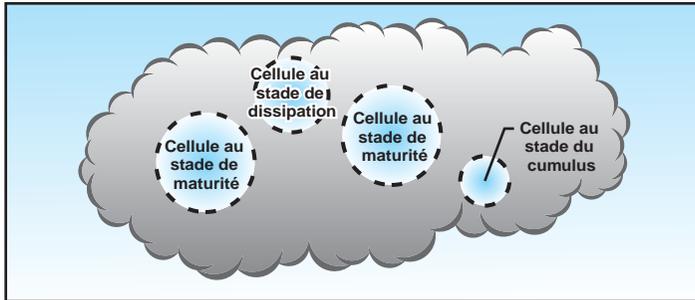


Fig. 2-28 - Vue en plan d'une famille d'orages composée de cellules à différents stades de développement

(a) Stade du cumulus

Au stade du cumulus, il n'y a que des courants ascendants. Ces courants peuvent atteindre une vitesse de 3000 pieds à la minute. Le nuage se bâtit donc rapidement dans la verticale et les courants ascendants transportent des gouttelettes d'eau surfondues bien au-dessus du niveau de congélation. Vers la fin de ce stade, le nuage peut très bien avoir une base de plus de 5 milles de diamètre et une extension verticale de 20 000 pieds. La durée moyenne de ce stade est d'environ 20 minutes.

(b) Stade de maturité

L'apparition de précipitations sous la base de la cellule et la formation de courants descendants marquent le début du stade de maturité. Les courants descendants sont causés par les gouttes d'eau qui, devenues trop pesantes pour être supportées par les courants ascendants, commencent à tomber. Au même moment, les gouttes commencent à s'évaporer au contact de l'air sec qu'elles aspirent par les côtés du nuage puis tombent dans de l'air plus sec au-dessous de la base du nuage. Cette évaporation refroidit l'air qui devient plus dense et qui se met à accélérer vers le bas. Une vitesse de vent de 2500 pieds à la minute est typique de ces courants descendants.

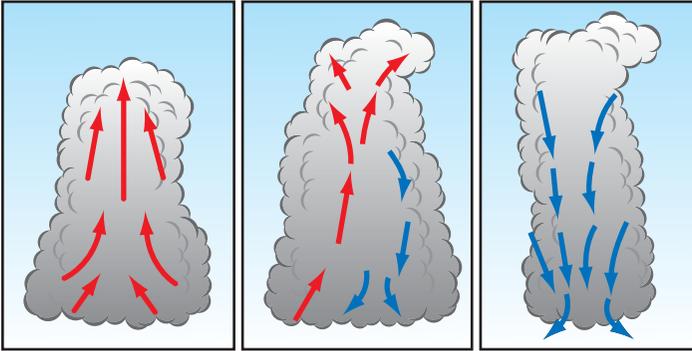


Fig. 2-29
Stade du cumulus

Fig. 2-30
Stade de maturité

Fig. 2-31
Stade de dissipation

Lorsque le courant descendant touche le sol, il s'évase dans toutes les directions mais avec une plus grande vitesse dans la direction du mouvement de l'orage. Le bord d'attaque de cet air froid s'appelle « front de rafales », lequel peut progresser jusqu'à 10 ou 15 milles de l'orage, parfois plus quand il est canalisé dans une vallée de montagnes à l'avant de l'orage. Une baisse rapide de température et une brusque hausse de la pression caractérisent cet écoulement horizontal de vents en rafales à la surface.

En même temps, les courants ascendants continuent de se renforcer et leur vitesse maximale peut dépasser 6000 pieds à la minute. Le nuage atteint la tropopause qui bloque les courants ascendants et force l'air à s'étendre horizontalement. Des vents forts en altitude au niveau de la tropopause favorisent l'étalement de ces courants en aval, ce qui produit le sommet en enclume typique. On a affaire alors à un cumulonimbus (CB).

L'orage peut avoir une base d'un diamètre de 5 à 15 milles, ou même plus, et un sommet situé entre 20 000 et 50 000 pieds, parfois plus haut. Le stade de maturité est le plus violent du cycle de vie d'un orage et dure habituellement entre 20 et 30 minutes.

Vers la fin du stade de maturité, la taille des courants descendants est telle que les courants ascendants sont presque étouffés. Le développement de la cellule s'en trouve stoppé. Cependant, il arrive que les vents en altitude augmentent assez fortement pour que la cellule soit inclinée. En pareil cas, les précipitations tombent à travers une partie seulement de la cellule, ce qui permet aux courants ascendants de persister et d'atteindre des vitesses de 10 000 pieds à la minute. On dit que ces cellules sont des « orages en régime permanent »; elles peuvent durer plusieurs heures et produire du très mauvais temps, y compris des tornades.

(c) Stade de dissipation

Le stade de dissipation d'une cellule est caractérisé par la présence de courants descendants uniquement. Sans un apport additionnel d'humidité dans le nuage

par les courants ascendants, la pluie cesse graduellement et les courants descendants s'affaiblissent. La cellule peut mettre de 15 à 30 minutes pour se dissiper complètement, laissant le ciel clair ou des couches de nuages disloquées. À ce stade, l'enclume, qui est presque exclusivement formée de cristaux de glace, se détache souvent et dérive en aval.

Types d'orages

(a) Orages de masse d'air

Ces orages se forment à l'intérieur d'une masse d'air chaud et humide et ne sont pas rattachés à un front. Ils sont habituellement causés par le réchauffement diurne, sont plutôt isolés, atteignent leur force maximale en fin d'après-midi, sont rarement violents et généralement se dissipent rapidement après le coucher du soleil. Il y a aussi une deuxième forme d'orages de masse d'air qui sont causés par une advection d'air froid. Dans ce cas, de l'air froid se déplace au-dessus d'une surface (terre ou eau) chaude et devient instable. Le plus souvent, c'est un déplacement d'air froid au-dessus d'une masse d'eau chaude qui cause ce type d'orages. Comme la source de chaleur est permanente, ces orages peuvent se manifester à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit.

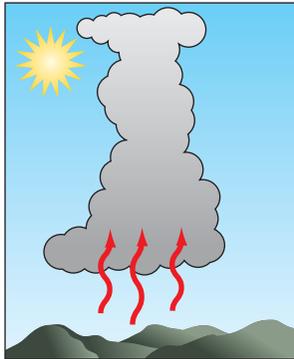


Fig. 2-32 - Air réchauffé par le sol chaud

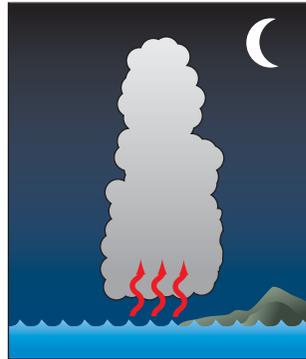


Fig. 2-33 - Air froid réchauffé par des eaux chaudes

(b) Orages frontaux

Ces orages se forment quand une surface frontale soulève soit une masse d'air instable, soit une masse stable qui devient instable à cause du soulèvement. Il peut se produire des orages frontaux le long des fronts froids, des fronts chauds et des creux d'air chaud en altitude. Ces orages sont habituellement nombreux dans la région, se forment souvent en lignes, sont fréquemment encadrés dans d'autres couches de nuages et ont tendance à se produire en après-midi et jusqu'à tard en soirée. Les orages de fronts froids sont normalement plus forts que ceux de fronts chauds.

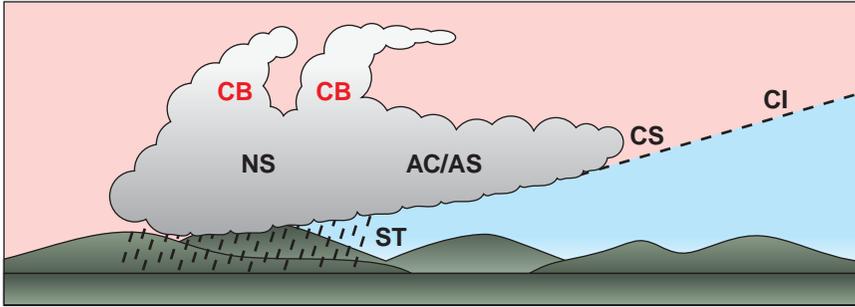


Fig. 2-34 - Orages de front chaud

(c) Orages de lignes de grains

Une ligne de grains est une ligne d'orages. Les lignes de grains peuvent mesurer plusieurs centaines de milles de longueur et avoir des bases plus basses et des sommets plus élevés qu'un orage moyen. Les vents forts, la grêle, la pluie et les éclairs qu'ils produisent font d'eux un danger extrême non seulement pour les avions en vol mais aussi pour les avions stationnés au sol et non protégés. Les orages de lignes de grains se produisent le plus souvent de 50 à 300 milles en avant d'un front froid qui se déplace rapidement, mais on en observe aussi dans les creux de basse pression, dans les zones de convergence, le long des chaînes de montagnes et même le long d'un front de brise de mer.

(d) Orages orographiques

Les orages orographiques se forment quand de l'air humide et instable est forcé de remonter le flanc d'une montagne. Ils sont fréquents dans les contreforts des Rocheuses où, au cours d'une journée d'été typique, ils se forment sous l'effet de la combinaison d'une circulation ascendante et d'un réchauffement diurne. Quand ils s'élèvent suffisamment, les vents dominants de l'ouest-sud-ouest en altitude les emportent vers l'est. Si les conditions sont favorables, ils peuvent durer plusieurs heures; sinon, ils se dissipent rapidement. Généralement, ils commencent à se former au milieu de la matinée et peuvent continuer à se développer jusque tard en après-midi.

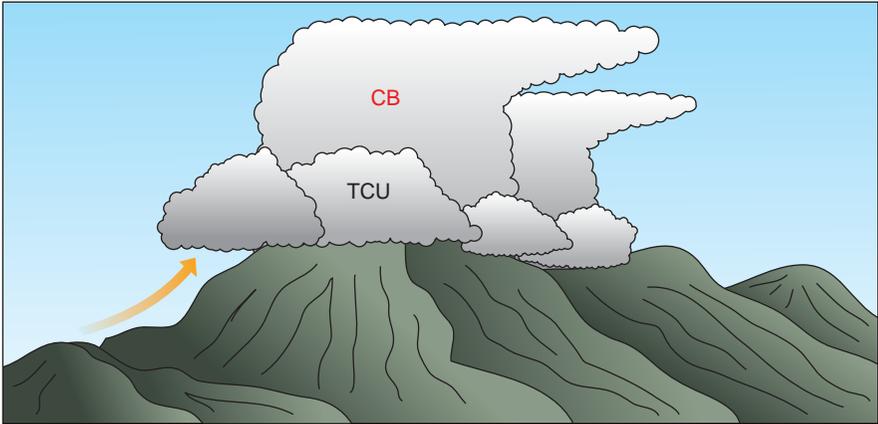


Fig. 2-35 - Orages orographiques

(e) Orages nocturnes

Les orages nocturnes sont ceux qui se forment ou qui persistent durant la nuit. Ils sont généralement rattachés à une caractéristique météorologique de haute altitude qui traverse la région, sont souvent isolés et ont tendance à produire beaucoup d'éclairs.

Orages forts

La discussion que nous avons faite du cycle de vie d'un orage ne dit rien sur les orages qui semblent persister pendant de longues périodes et qui sont « les meilleurs » à produire des tornades et de la grosse grêle. La supercellule est un cas particulier d'orage fort.

Une supercellule d'orage commence typiquement comme un orage multicellulaire. Cependant, comme les vents en altitude augmentent rapidement avec la hauteur, la cellule commence à s'incliner. Les précipitations ne descendent donc qu'à travers une partie de la cellule, et les courants ascendants persistent.

Le deuxième stade du cycle de vie d'une supercellule est nettement déterminé par les conditions météorologiques. C'est à ce stade que l'on observe la plus grosse chute de grêle et, le cas échéant, un nuage en entonnoir.

Le troisième stade d'évolution de la supercellule est celui de la dissipation. Les courants descendants augmentent d'intensité et s'étendent horizontalement alors que les courants ascendants diminuent. C'est à ce moment que les plus grosses tornades et les vents rectilignes les plus forts se produisent.

Les supercellules se produisent dans le sud des Prairies, dans le sud de l'Ontario et dans le sud-ouest du Québec mais sont rares ailleurs au Canada.

Dangers liés aux orages

Il peut être très dangereux pour un avion de s'aventurer à l'intérieur ou à proximité d'un orage. En plus des risques habituels, comme une forte turbulence, un givrage intense, de gros grêlons, de fortes précipitations, une visibilité réduite et des décharges électriques à l'intérieur et autour de la cellule, d'autres dangers peuvent être présents dans le milieu environnant.

(a) Le front de rafales

Le front de rafales est le bord d'attaque d'une rafale descendante; il peut s'avancer sur une distance de plusieurs milles en avant d'un orage. Il peut se produire sous un ciel assez clair et représente donc un danger sournois pour un pilote insouciant. Un avion qui décolle, atterrit ou vole à basse altitude peut se trouver dans un champ de vent qui varie brusquement et qui peut très vite menacer la capacité de l'avion à se maintenir en l'air. En quelques secondes, la direction du vent peut changer de 180° et sa vitesse, à ce moment, peut être de l'ordre de 100 noeuds dans les rafales. De très fortes rafales, parfois appelées « dérécho », peuvent causer des dommages considérables au sol. Dans une telle situation, il y a lieu de s'attendre à une forte turbulence mécanique et à un cisaillement important à travers la surface frontale jusqu'à 6500 pieds au-dessus du sol.

(b) Rafale descendante, macrorafale et microrafale

Une rafale descendante est un courant descendant concentré et fort qui accompagne les précipitations tombant sous la cellule. Quand elle atteint le sol, elle produit une vague horizontale de vents destructeurs. Il y a deux types de rafales descendantes : les macrorafales et les microrafales.

Une macrorafale est un courant d'air descendant ayant un diamètre de 2,2 milles marins ou plus et produisant des vents destructeurs pouvant durer de 5 à 20 minutes. Les macrorafales sont fréquentes en été mais touchent rarement les villes ou les aéroports.

À l'occasion, incorporée dans la macrorafale, se trouve une violente colonne d'air descendant appelée microrafale. Les microrafales ont un diamètre inférieur à 2,2 milles marins et produisent des pointes de vent d'une durée de 2 à 5 minutes. De tels vents peuvent littéralement projeter un avion au sol.

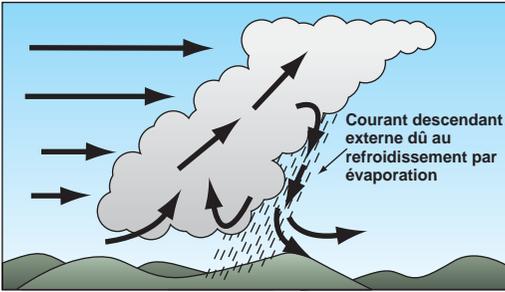


Fig. 2-36 - Orage incliné stable

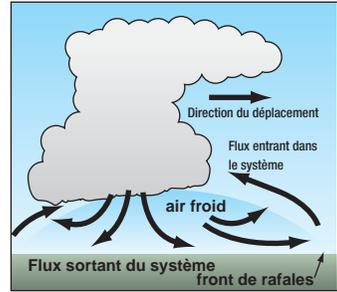


Fig. 2-37 - Front de rafales

(c) Nuage en entonnoir, tornade et trombe marine

Les orages les plus forts aspirent l'air par leur base avec beaucoup de force. L'air qui entre a tendance à adopter un certain mouvement de rotation et, s'il devient concentré dans une petite région, forme dans la base du nuage un tourbillon où la vitesse du vent peut dépasser 200 noeuds. Si le tourbillon devient assez fort, il commence à s'étendre vers le bas à partir de la base en produisant un nuage en forme d'entonnoir. Si ce nuage n'atteint pas le sol, on l'appelle nuage en entonnoir. S'il atteint le sol, c'est une tornade et s'il touche l'eau, c'est une trombe marine.

Il faut rester à bonne distance de tout orage fort car ils sont extrêmement dangereux pour les avions.



Photo 2-5 - Orage fort

source : Alister Ling

Valeur sur l'échelle Fujita	intensité	Vitesse du vent	Type de dommages
F0	faible Tornado	35-62	Dommages à des cheminées; branches arrachées; arbres à faible structure racinaire arrachés; panneaux d'affichage endommagés
F1	modérée Tornado	63-97	La valeur basse correspond au moment où les vents deviennent de force ouragan; toitures soulevées; maisons mobiles déplacées ou renversées; automobiles poussées hors des routes; abris d'autos détruits.
F2	forte Tornado	98-136	Dommages considérables. Toits de maisons arrachés; maisons mobiles détruites; wagons renversés; gros arbres endommagés ou déracinés; objets légers transformés en projectiles
F3	violente Tornado	137-179	Toits et certains murs arrachés de maisons solidement bâties; wagons de train renversés; arbres déracinés dans une forêt.
F4	dévastatrice Tornado	180-226	Maisons solidement construites rasées; structures avec faibles fondations projetées à une certaine distance; automobiles et gros objets projetés
F5	incroyable Tornado	227-285	Maisons solidement construites soulevées et transportées sur une certaine distance puis se désintégrant; automobiles projetées à plus de 100 mètres; arbres écorcés; structures en béton armé très endommagées

Table 2-1- Échelle Fujita

Des trombes marines peuvent se produire au-dessus des grands lacs, quoique rarement. Le premier signe de formation d'une trombe marine est un abaissement d'une certaine région du nuage. Si cette déformation s'accroît vers le bas jusqu'à la surface de la mer, en formant un tourbillon, de l'eau peut être emportée jusqu'à une altitude de 60 ou 100 pieds. C'est au-dessus des Grands Lacs qu'on observe les trombes marines le plus souvent.

Pilotage par temps froid

Toute une série de problèmes peuvent survenir quand on pilote un avion dans des conditions météorologiques extrêmement froides.

Inversions de température et invasions d'air froid

Les inversions à basse altitude sont courantes dans la plupart des régions en automne et en hiver, à cause des poussées d'air très froid et du fort refroidissement par rayonnement. Quand de l'air froid se déplace au-dessus d'une surface d'eau libre, il devient très instable. Les nuages se forment un peu comme si la surface de l'eau « bouillait » pour former des volutes qui s'élèvent en tourbillonnant. Ces conditions peuvent être très turbulentes et occasionner un fort givrage. En outre, la convection renforce les chutes de neige, ce qui peut donner lieu à de très mauvaises visibilité.

Émergence

Un autre phénomène intéressant dans l'air froid est la réfraction des rayons lumineux qui traversent une inversion avec un angle peu prononcé. Cette réfraction

créé un effet nommé émergence, une sorte de mirage qui fait que les objets normalement situés sous l'horizon apparaissent au-dessus de l'horizon.

Brouillard glacé et cristaux de glace

Il se forme du brouillard glacé quand la vapeur d'eau se sublime directement en cristaux de glace. Dans des conditions de vent faible et de température inférieure à -30 °C ou à peu près, comme celles qui règnent parfois à Cold Lake, la vapeur d'eau provenant d'activités humaines peut former des cristaux de glace, ou du brouillard glacé, étendus et persistants. Par vents légers, la visibilité dans le brouillard glacé peut être presque nulle et forcer la fermeture d'un aéroport durant plusieurs heures.

Poudrerie élevée

De la poudrerie élevée peut se produire presque partout où le vent peut emporter de la neige sèche qui repose sur le sol, mais le problème est plus marqué loin des régions forestières des Prairies. À mesure que le vent augmente, la poudrerie peut, dans des conditions extrêmes, réduire à moins de 100 pieds la visibilité horizontale au niveau de la piste.

Voile blanc

Le voile blanc (ou whiteout) est un phénomène qui peut se produire quand un nuage stratiforme d'épaisseur uniforme se trouve au-dessus d'une surface couverte de neige ou de glace, comme un lac gelé. Les rayons de lumière sont diffusés quand ils passent à travers la couche nuageuse de telle sorte qu'ils frappent la surface de tous les angles. Cette lumière se réfléchit ensuite entre la surface et le nuage, ce qui élimine toutes les ombres. Il en résulte une perte de perception de la profondeur, l'horizon devenant impossible à discerner, et les objets sombres semblent flotter sur un voile blanc. De telles conditions sont à l'origine de graves accidents; des avions ont heurté la surface parce que leurs pilotes ne se rendaient pas compte qu'ils descendaient, croyant qu'ils pouvaient voir le sol.

Erreurs d'altimétrie

L'altimètre barométrique de base dans un avion suppose une variation « normale » de la température avec l'altitude dans l'atmosphère et, d'après ce profil thermique, fait correspondre une certaine valeur de pression indiquée par l'altimètre à une certaine altitude. Par exemple, un altimètre calé à 30,00 po indiquerait une altitude de 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer quand il détecte une pression extérieure de 20,00 po.

L'air froid est plus dense que la valeur supposée pour l'atmosphère type de l'OACI. C'est pourquoi un avion qui vole sur une surface à pression constante descend, en fait, s'il vole vers une région où l'air est plus froid, même si l'altitude indiquée demeure inchangée. Assez curieusement, un nouveau calage altimétrique fourni par une station

située dans l'air froid ne corrigera pas nécessairement ce problème et peut même accroître l'erreur.

Examinez la situation suivante :

Un pilote obtient un calage de 29,85 po et prévoit maintenir un niveau de vol de 10 000 pieds sur sa route. Quand l'avion entre dans une région où il y a une forte inversion à basse altitude et de très basses températures à la surface, il descend graduellement le long de la surface isobare correspondant à l'altitude indiquée de 10 000 pieds. Le pilote obtient un nouveau calage altimétrique, disons 30,85 po, de l'aéroport local situé au fond d'une vallée dans l'air froid. Ce nouveau calage est plus élevé que le calage original et, après le réglage, l'altimètre montrera une altitude plus élevée (dans cet exemple, le changement est de 1 pouce et la valeur indiquée par l'altimètre passera de 10 000 à 11 000 pieds). Sans se rendre compte de ce qui se passe, le pilote descend encore plus pour atteindre l'altitude planifiée pour sa route, ajoutant à l'erreur d'altitude.

Si l'avion vole dans une région où les montagnes sont masquées par des nuages, la situation peut être très dangereuse. Il n'y a pas de solution simple à ce problème autre que d'en être conscient et de prévoir une marge supplémentaire pour franchir les obstacles.

Cendre volcanique

La cendre volcanique est un problème sérieux, mais heureusement rare, pour l'aviation. Quand un volcan entre en éruption, une grande quantité de roches est réduite en poussière et soufflée dans l'atmosphère. C'est la force de l'éruption qui détermine l'altitude atteinte par la cendre et, parfois, le panache s'élève jusque dans la stratosphère. Les vents en altitude entraînent ensuite cette cendre en aval dans la troposphère et la stratosphère. La poussière dans la troposphère se dépose assez rapidement et peut réduire la visibilité dans une vaste région. Par exemple, lors de l'éruption du mont St. Helen, la cendre, en retombant, a réduit la visibilité dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan.

La cendre volcanique qui est aspirée dans les moteurs des avions en vol représente toutefois une plus grande source d'inquiétude. Les moteurs à pistons peuvent étouffer quand la cendre bouche les filtres à air et les moteurs à turbine peuvent s'enflammer.

La poussière volcanique contient aussi beaucoup de poudre de pierre ponce. Les bords d'attaque, comme les ailes, les mâts et les aubes de turbine, peuvent subir une abrasion assez sérieuse pour exiger le remplacement de la pièce. Des pare-brise ont subi une abrasion jusqu'à devenir opaques.

Zone de déformation

Une zone de déformation est une région de l'atmosphère où les vents convergent le long d'un axe et divergent le long d'un autre. Les zones de déformation (ou axes de déformation comme on les nomme aussi) peuvent produire des nuages et des précipitations. Plus simplement dit, c'est une région de l'atmosphère dans laquelle les vents se rencontrent (convergent) ou se séparent (divergent). Dans ces régions, un volume donné d'air subit un étirement le long d'un axe et une contraction le long d'un autre axe. Du point de vue météorologique, c'est une zone dans laquelle beaucoup de nuages, de précipitations, de givrage et de turbulence peuvent se produire dans les courants verticaux engendrés.

Pour les météorologistes, la forme la plus courante de zone de déformation est celle que produisent les dépressions en altitude. Au nord-est d'une dépression en altitude, on trouve habituellement une zone de déformation dans laquelle l'air subit une ascendance. Dans cette zone, il peut se former d'épaisses couches de nuages donnant des précipitations étendues. Tout dépendant des températures en altitude, ces nuages peuvent aussi contenir beaucoup d'eau surfondue. Durant l'été, il se forme souvent des orages à la périphérie de cette zone de nuages en après-midi. Si la zone se déplace lentement ou qu'elle subit l'influence du terrain, alors les régions en pentes ascendantes peuvent recevoir des précipitations pendant des périodes prolongées. Le cisaillement du vent dans l'air ascendant donnera souvent de la turbulence dans les niveaux moyens ou plus élevés.

Une deuxième zone de déformation existe à l'ouest et au nord-ouest de ces dépressions. Dans cette zone, l'air descend, de sorte que les nuages élevés et étendus qu'on y trouve ne sont que ceux qui enveloppent la dépression. Les précipitations sont plutôt intermittentes ou en averses. Le cisaillement du vent peut aussi produire de la turbulence, mais celle-ci se trouve le plus souvent confinée dans les bas niveaux.

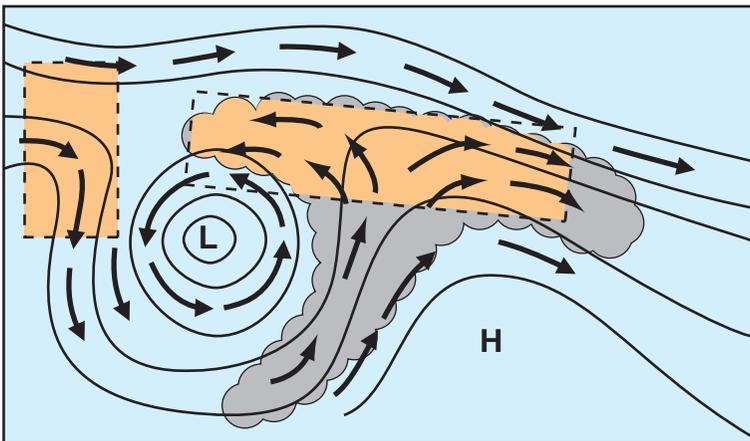


Fig. 2-38 - Zones de déformation

Chapitre 3

Configurations météorologiques en Ontario et au Québec

Introduction

« Le temps est ce qu'il fait; le climat est ce qu'il serait censé faire. » - (anon.)

Si l'on vous demande de décrire une localité particulière, vous direz probablement, entre autres choses, qu'il s'agit d'un endroit chaud ou froid, nuageux et pluvieux ou sec et ensoleillé ou, peut-être, venteux ou calme. On a tendance à associer le nord au froid, le sud au chaud, les régions côtières aux nuages et à la pluie et les plaines intérieures au temps sec et ensoleillé. Dans un certain sens, on fait alors de la climatologie, car on se base sur les valeurs de températures, de quantités de précipitations et de nébulosité observées dans le passé, en reconnaissant que ces valeurs varient en fonction du lieu géographique considéré.

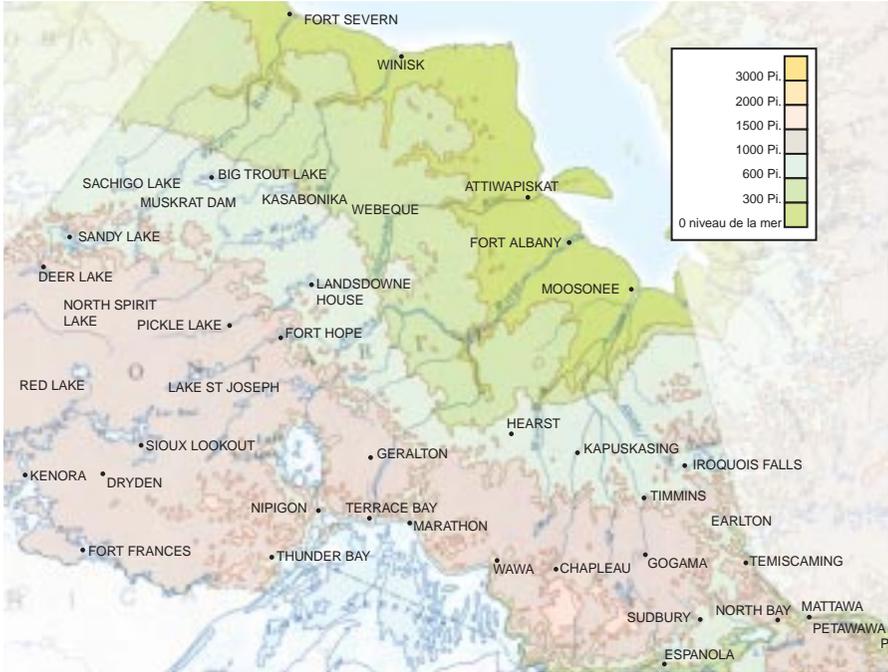
La climatologie ne peut pas nous dire s'il pleut à Toronto, s'il neige à Timmins ou s'il y a du brouillard à Montréal. Le temps est, par nature, dynamique et ses configurations, transitoires. Les météorologistes doivent combiner leur connaissance du climat et leur compréhension des conditions atmosphériques pour prévoir le temps qu'il fera demain. Et l'exercice se complique sérieusement quand il faut tenir compte des grandes masses d'eau et des terrains élevés.



Carte 3-1 - Topographie du domaine GFCN33

Géographie de l'Ontario et du Québec

Nord de l'Ontario



Carte 3-2 - Nord de l'Ontario

Le nord de l'Ontario est limité par les rivages du sud de la baie d'Hudson du côté ouest et de la baie James du côté est. Ces baies forment une mer peu profonde parsemée d'îles, dont la superficie est plus de trois fois supérieure à celle des Grands Lacs réunis. La baie James contient plusieurs îles; Akimiski, la plus grande, a 53 milles marins de long. Les baies sont principalement libres de glace de la mi-juillet à la mi-octobre. Après cette période, la glace commence à se former près des bords. La glace se forme depuis le rivage vers le centre et se déplace souvent sous l'action du vent, jusqu'à ce qu'il ne reste presque plus d'eau libre, après la mi-décembre. Ces masses d'eau exercent une grande influence sur les conditions de vol dans la région en raison de leur température plutôt froide l'été et plutôt chaude l'hiver.

S'élevant doucement depuis la baie d'Hudson et la baie James, les terres dans le nord de l'Ontario constituent un vaste bassin de drainage que l'on appelle les basses-terres de la baie d'Hudson. Les rivières Severn et Winisk coulent vers le nord-est à travers les basses-terres jusqu'à la baie d'Hudson, alors que les rivières Ekwan, Attawapiskat, Albany, Missinaibi et Abitibi se jettent dans la baie James. Le terrain, presque plat, présente peu de variation d'élévation dans cette région. Une étroite bande de toundra dépourvue d'arbres ceinture les basses-terres au nord depuis la baie

d'Hudson et cède le pas, plus au sud, à des terrains marécageux ou des fondrières parsemées de conifères rabougris qui deviennent progressivement plus grands et plus nombreux à mesure qu'on avance vers le sud. Les basses-terres s'étendent grossièrement jusqu'à 100 ou 200 milles des côtes et se fondent graduellement dans le Bouclier canadien, formé de terrains plus accidentés et plus élevés.

Le Bouclier canadien, un énorme affleurement de roches précambriennes exposées, forme un arc qui s'étend à travers la majeure partie du nord de l'Ontario, depuis le nord-ouest au sud des basses-terres de la baie d'Hudson, puis autour des Grands Lacs et ensuite vers l'est pour former les Laurentides dans le sud du Québec. Cette région de hautes-terres comporte d'innombrables lacs et est couverte d'une forêt de conifères dont les arbres deviennent graduellement plus grands vers le sud, là où l'on retrouve aussi un plus grand nombre d'espèces de feuillus.

D'élévation plutôt faible dans le nord-ouest de l'Ontario près de la frontière du Manitoba, le Bouclier canadien s'élève en direction du sud-est pour atteindre une altitude d'un peu plus de 2200 pieds au-dessus du niveau de la mer près de la frontière du Wisconsin, à l'ouest de Thunder Bay. Ce terrain élevé et raboteux, qui partage les eaux, ondule et s'incurve en s'étendant au nord du lac Supérieur, du lac Huron et de la baie Georgienne. À environ 50 milles marins au nord de la ville de Sudbury, dans le parc provincial Lady Evelyn-Smoothwater, il atteint son point culminant, qui est aussi l'élévation maximum en Ontario, à 2275 pieds au-dessus du niveau de la mer, puis redescend en direction de l'est, vers la vallée de l'Outaouais.

La vallée de l'Outaouais, qui s'étire vers le sud-est depuis le lac Témiscamingue et qui traverse la ville d'Ottawa, constitue une profonde échancrure dans le Bouclier canadien et marque la frontière politique entre l'Ontario et le Québec. À l'ouest de la vallée de l'Outaouais, le terrain élevé du Bouclier s'abaisse lentement vers le sud-est jusqu'à la rivière Mattawa, puis s'élève de nouveau pour former un grand affleurement à peu près triangulaire, texturé de crêtes et de lacs, jusqu'à l'est de la baie Georgienne et au nord du lac Ontario. Les géologues nomment cette section du Bouclier canadien l'axe de Frontenac. Il sépare les basses-terres du Saint-Laurent, au sud-est de la rivière des Outaouais, des basses-terres des Grands Lacs, au sud-ouest. Le parc Algonquin se trouve dans la partie nord de cette région.

Sud de l'Ontario



Carte 3-3 - Sud de l'Ontario

Au sud d'Ottawa, la vallée de l'Outaouais cède graduellement la place à un terrain de basses collines qui s'adoucit davantage en atteignant les pentes plus douces et plus vastes des basse-terres de la vallée du haut Saint-Laurent dans le sud-est de l'Ontario. La rive sud du Saint-Laurent constitue la limite de l'État de New York; plus au sud, au-delà de la vallée, le terrain s'élève jusqu'aux Appalaches. Près de Kingston, à l'extrémité est du lac Ontario, le fleuve s'élargit et traverse une partie basse du Bouclier canadien où se trouve un groupe d'affleurements connu sous le nom des Milles-Îles. Une série irrégulière d'éléments de terrains bas, de baies et de détroits définissent la rive nord du lac Ontario, entre Kingston et Trenton. La ligne de rivage devient ensuite plus régulière et les terres s'élèvent lentement à travers de douces collines de moraine glacière. Les plus élevées de ces collines, appelées la moraine d'Oak Ridges, s'étendent grossièrement d'un point au nord-ouest de Trenton jusqu'à la ville de Caledon, au nord-ouest de Toronto. Au-delà de la crête de l'extrémité ouest de la moraine d'Oak Ridges, le terrain s'abaisse plus doucement en direction du lac Simcoe puis forme une plaine ondulée au nord de Barrie et jusqu'à la rive sud de la baie Georgienne.

L'escarpement de Niagara est un accident de relief plus prononcé dans les basses-terres des Grands-Lacs. Une ligne de falaises de calcaire qui forme le bord de l'escarpement s'étire des chutes Niagara, juste à l'ouest de St. Catharines et d'Hamilton, en direction nord à travers la péninsule Bruce et jusqu'à l'île Manitoulin dans le lac Huron. Le tiers sud de la région de l'escarpement forme une plaine légère-

ment ondulée qui descend en direction sud et sud-ouest vers le lac Érié et le lac Sainte-Claire. La partie nord de l'escarpement, de façon générale, descend en direction ouest jusqu'au lac Huron.

Québec

Nunavik

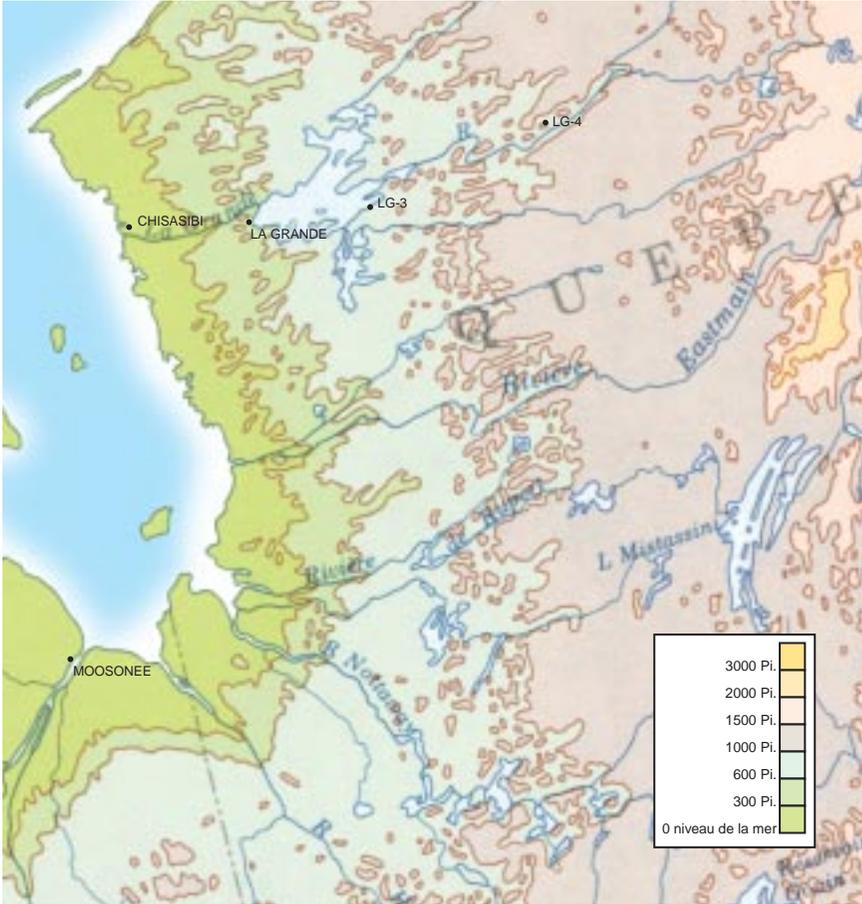


Carte 3-4 - Nunavik

Le vaste territoire du nord du Québec porte maintenant le nom de Nunavik. Il couvre une superficie de plus de 217 000 milles carrés et s'étend de la côte est de la baie d'Hudson, y compris les îles Belcher, à l'ouest jusqu'à la frontière entre le Québec et le Labrador à l'est, et de 55°N environ, au sud, jusqu'au détroit d'Hudson, au nord. Ce territoire est formé de plaines parsemées de lacs et des régions montagneuses. Ces dernières sont surtout situées dans la péninsule d'Ungava, le long de grandes rivières, le long de la baie d'Ungava et dans la chaîne des Torngat. Les villages, dispersés le long de la côte, sont en moyenne séparés de 60 milles marins. La ligne des arbres con-

stipule une autre caractéristique remarquable; elle va de la pointe Flat (environ 50°N 69°O) jusqu'à la rive nord du Lac-à-l'Eau-Claire, puis à la rive sud du lac Guillaume-Delisle.

Région de la baie James et de Matagami - Mistassini



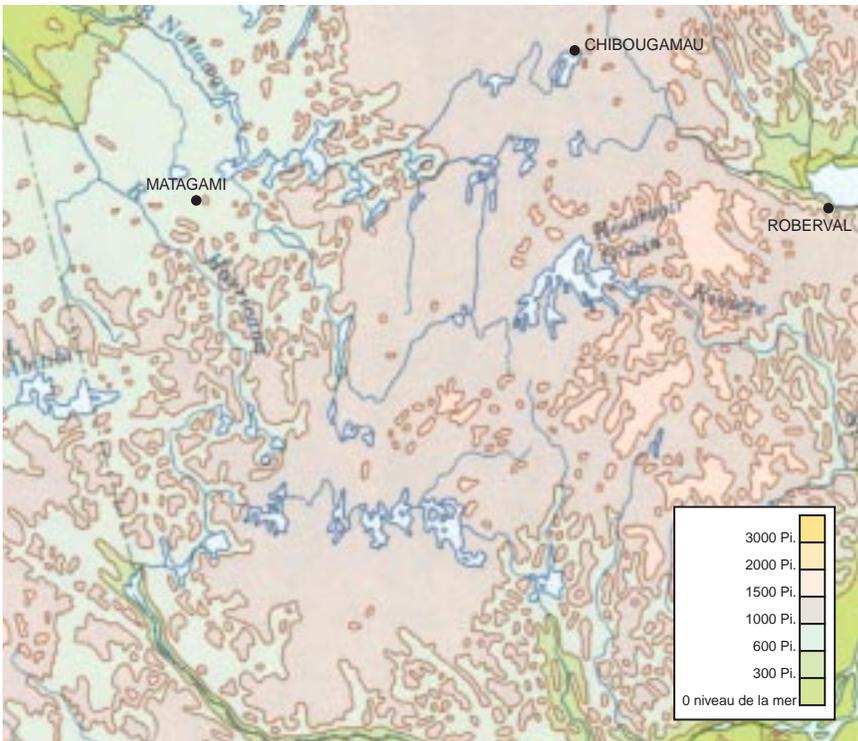
Carte 3-5 - Région de la baie James et de Matagami - Mistassini

La région de la baie James inclut, d'une part, la côte est de la baie James et, d'autre part, les terrains plats à l'est, où l'on retrouve de vastes réservoirs hydroélectriques et de grands barrages le long de deux des plus grosses rivières, la rivière La Grande et la rivière Eastmain. Juste à l'ouest de l'aéroport de La Grande, la topographie s'abaisse soudainement jusqu'à des hauteurs entre 500 et 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer. À l'est de l'aéroport de La Grande, le terrain s'élève lentement et graduellement. Au sud de la rivière Eastmain, près de sa source, se trouve une petite chaîne de montagnes appelée les monts Otish. Cette chaîne s'étend du sud-ouest au nord-est et son point culminant se trouve à 3725 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Des marais s'étendent au sud de la baie James. Le terrain s'élève lentement vers le sud et l'est. Près du lac Matagami, qui se jette dans la rivière Nottaway, se trouve le village et l'aéroport de Matagami, juste au sud-ouest du lac. Plus loin à l'est, il y a une série de lacs au milieu desquels est construit l'aéroport de Chibougamau. L'un des plus grands lacs du Québec, le lac Mistassini, se trouve au nord-est de Chibougamau. Autour de Chibougamau, quelques collines parsèment le terrain assez plat mais l'aéroport est entouré de plusieurs collines dont la plus élevée culmine à 1950 pieds. Le terrain devient plutôt rugueux et désolé à l'est du lac Mistassini et de Chibougamau, creusé par des rivières qui coulent au fond de canyons en direction du lac Saint-Jean.

À l'embouchure du lac Péribonca se trouvent un barrage hydroélectrique et un aéroport privé appelé Chute-des-Passes. Au nord-est, les montagnes Blanches s'élèvent jusqu'à 3400 pieds au-dessus du niveau de la mer. Les montagnes Blanches sont entourées par la rivière des Montagnes Blanches à l'ouest, la rivière Manouanis au sud, la rivière aux Outardes à l'est, le lac Pletipi au nord-est et le Lac aux Deux Décharges au nord. Cette région est accidentée et comporte des vallées fluviales très étroites.

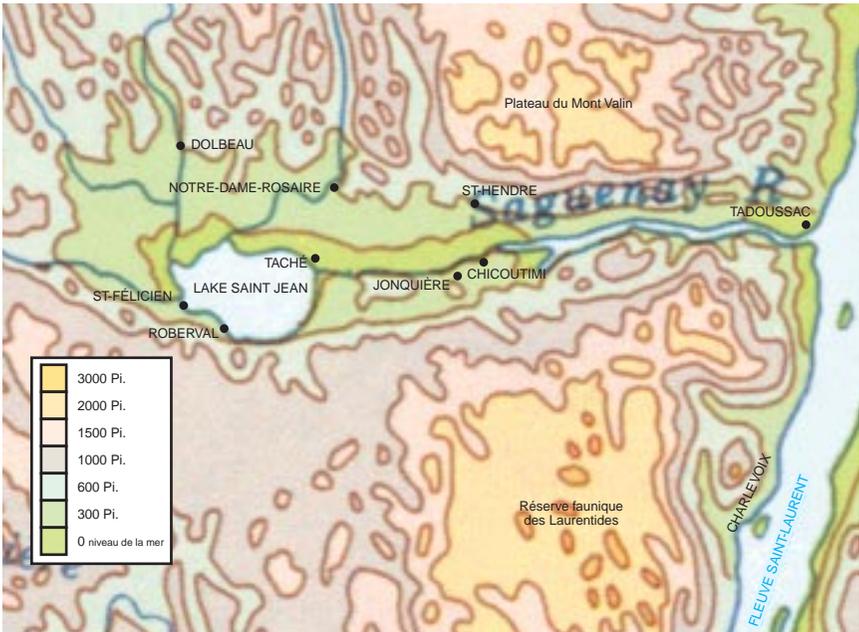
Nord-ouest du Québec



Carte 3-6 - Nord-ouest du Québec

Cette vaste région s'étend de la frontière de l'Ontario jusqu'à l'ouest du bassin du lac Saint-Jean. Elle comprend les régions de l'Abitibi, du Témiscaninge, des Hautes-Laurentides, de la Mauricie et du réservoir Gouin. La région fait majoritairement partie du Bouclier canadien et présente l'aspect d'une crête. Ailleurs, le terrain montagneux s'étend jusqu'à Gatineau et atteint presque Montréal. Il est couvert de lacs, de rivières et d'étroites vallées. Les hauteurs vont généralement de 1000 à 2000 pieds, le point culminant se trouvant à 3175 pieds dans la région de Saint-Jovite.

Vallée du Saguenay, lac Saint-Jean, Réserve faunique des Laurentides et massif du mont Valin



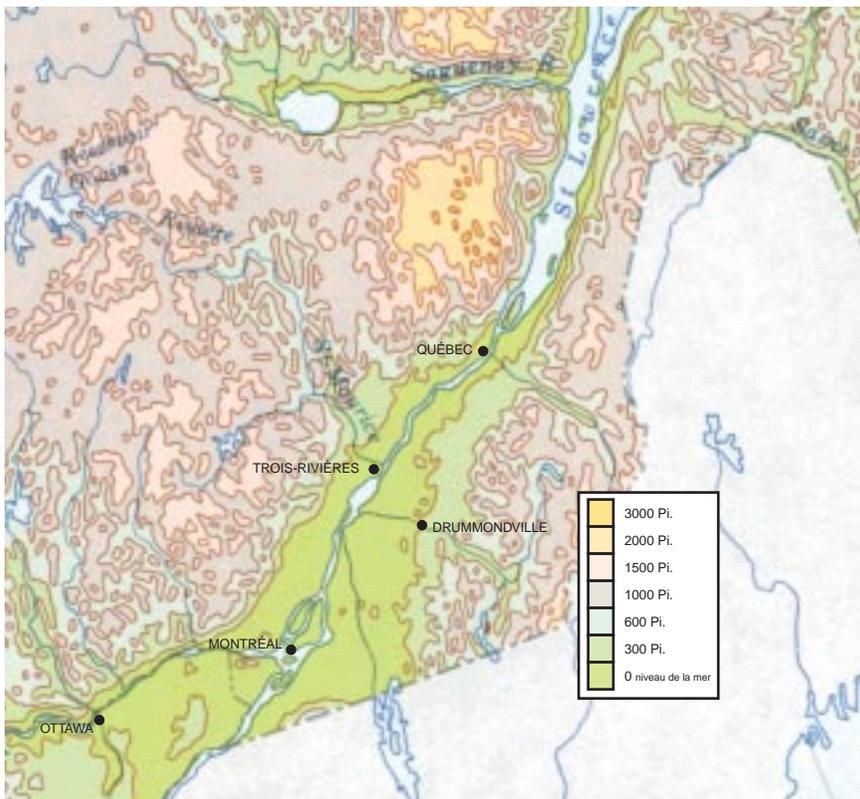
Carte 3-7 - Vallée du Saguenay, lac Saint-Jean, Réserve faunique des Laurentides et massif du mont Valin.

Le lac Saint-Jean et la partie supérieure du Saguenay sont entourés de terres agricoles dans une vallée imbriquée dans le Bouclier canadien. Cette région compte environ 300 000 habitants. Le lac Saint-Jean est un vaste lac (26 milles marins de long par 17 de large) dans lequel se jettent plusieurs affluents provenant des montagnes environnantes. Le lac est peu profond, toutefois, et gèle habituellement au début de décembre. Les vallées forment un entonnoir asymétrique orienté en sens ouest-sud-ouest - est-nord-est. À l'est de Chicoutimi, la rivière s'élargie et devient plus profonde en même temps que la vallée devient rapidement plus étroite. Le tiers inférieur du Saguenay est encastré dans un canyon aux bords escarpés, sculpté dans le Bouclier canadien. La géographie de cette portion de la rivière s'apparente beaucoup aux fjords de Scandinavie, et c'est pourquoi on appelle habituellement le tiers inférieur du Saguenay le « fjord du Saguenay ».

La section du Bouclier canadien qui s'étend entre le Saguenay et la ville de Québec est appelée la Réserve faunique des Laurentides. On l'appelait aussi le parc des Laurentides. La région est accidentée et comprend des pics montagneux qui s'élèvent jusqu'à 3825 pieds au-dessus du niveau de la mer, des rivières et une multitude de lacs. Les sommets de montagnes se sont arrondis suite à l'érosion et, dans plusieurs sections de la Réserve, les forêts ont été exploitées et la roche granitique se trouve exposée. La partie du Bouclier qui forme la rive nord du Saint-Laurent entre Beaupré et l'embouchure du Saguenay porte le nom de « Charlevoix ».

La section du Bouclier canadien qui se trouve au nord du Saguenay s'appelle le massif du mont Valin. Le mont Valin, qui donne son nom à la région, est le sommet le plus élevé, à 3548 pieds au-dessus du niveau de la mer et se trouve près de l'aéroport de Saint-Honoré, le long du côté sud-ouest de ce territoire montagneux. La topographie du massif du mont Valin est très semblable à celle de la Réserve faunique des Laurentides. Les terres les plus accidentées se trouvent vers le nord-ouest, jusqu'à la rivière Nestaocono, bien que l'élévation moyenne diminue.

Vallée du Saint-Laurent

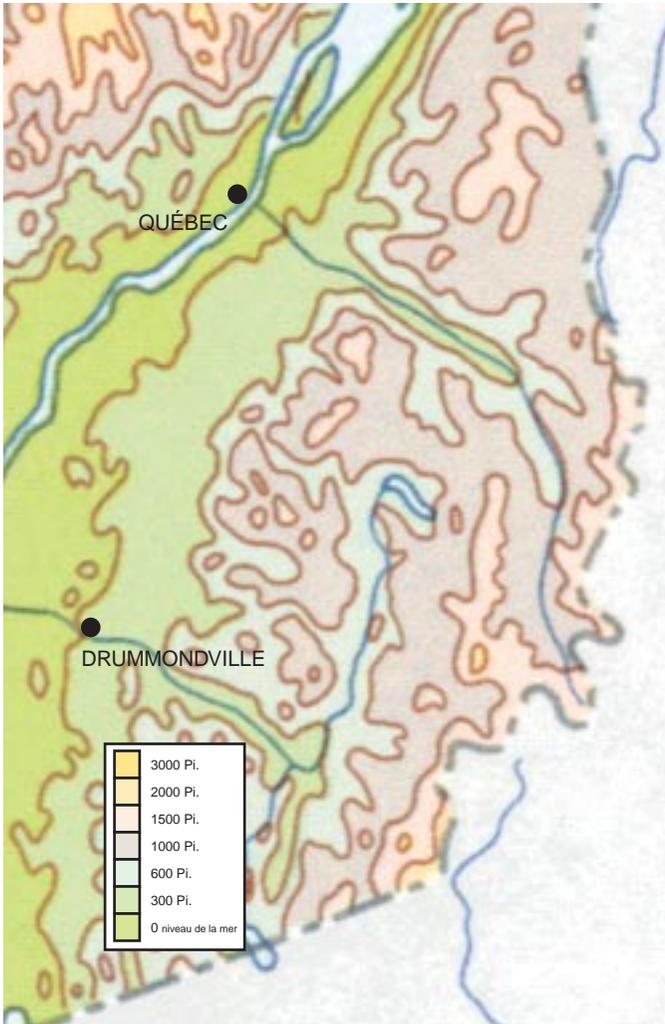


Carte 3-8 - Vallée du Saint-Laurent

Le fleuve Saint-Laurent coule du sud-ouest vers le nord-est depuis le lac Ontario et jusqu'au golfe du Saint-Laurent. La vallée est large près de la frontière entre le Québec et l'Ontario et se rétrécit vers Québec. Plus loin à l'est, la largeur de la vallée demeure presque constante, bien que le fleuve même s'élargisse graduellement vers l'aval. La section du Saint-Laurent entre l'île d'Orléans et Tadoussac est souvent appelée « l'estuaire moyen » et celle entre Tadoussac et Pointe-des-Monts, « l'estuaire maritime ». Ces deux sections forment ensemble « l'estuaire du Saint-Laurent », l'un des plus longs (215 milles marins) et des plus profonds (d'environ 160 pieds près de l'île d'Orléans à 300 pieds juste à l'ouest du Saguenay, et à 1150 pieds à partir de là) du monde. Sa largeur passe de 1 mille marin, à l'ouest, à 27 milles à proximité du Golfe. Exposé aux vents du nord-est, qui sont parmi les vents dominants, l'estuaire agit comme un entonnoir et, quand les conditions s'y prêtent, on peut observer des vents accélérés de 60 nœuds. En raison de sa profondeur, de sa salinité élevée et de la fréquence des vents forts, l'estuaire met beaucoup de temps à geler complètement. Il faut habituellement une invasion d'air arctique très froid qui dure au moins une semaine. Une période de temps doux et des vents forts du sud-ouest suffisent souvent à libérer l'estuaire d'une bonne partie de sa glace.

Le Bouclier canadien forme la limite de la vallée du Saint-Laurent au nord. Dans la région de Montréal, le terrain s'élève rapidement, mais graduellement, vers le Bouclier. Cette région est généralement appelée les hautes-terres des Basses-Laurentides. À la hauteur de Québec, le Bouclier canadien s'approche tout près de la rive nord du fleuve, puis s'y accole plus loin vers l'est. Au sud du fleuve, cependant, le terrain demeure plat sur une bonne distance, puis s'élève graduellement jusqu'aux contreforts des Appalaches, où la vallée s'arrête et où la pente du terrain devient nettement plus prononcée. Quoique la pente soit plus douce sur la rive sud, certaines rivières, comme la Chaudière, coulent dans des gorges profondes et étroites. Le Richelieu, qui coule du sud vers le nord, la Yamaska, le Saint-Maurice et la Chaudière sont quelques-uns des affluents importants du Saint-Laurent.

Cantons-de-l'Est et Beauce



Carte 3-9 - Cantons-de-l'Est et Beauce

Les régions des Cantons-de-l'Est et de la Beauce sont situées au sud de la vallée du Saint-Laurent, près de la frontière entre le Canada et les États-Unis. Ces deux régions limitrophes chevauchent les Appalaches. Le point le plus élevé, le mont Mégantic, culmine à 3640 pieds au-dessus du niveau de la mer. Les plus grands lacs et les plus importantes rivières sont profondément encaissés par les montagnes. De plus, comme les rivières dans ces deux régions coulent vers le nord, il s'y forme facilement des embâcles qui produisent des inondations au printemps.

Circulation atmosphérique moyenne

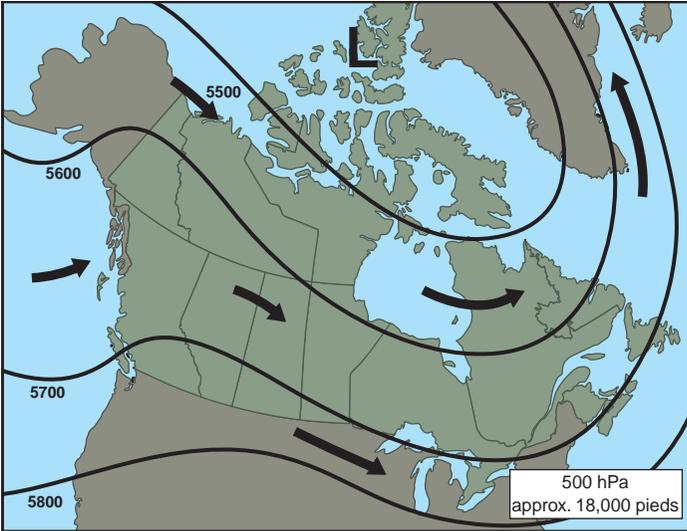


Fig. 3-1 - Vents moyens en altitude l'été

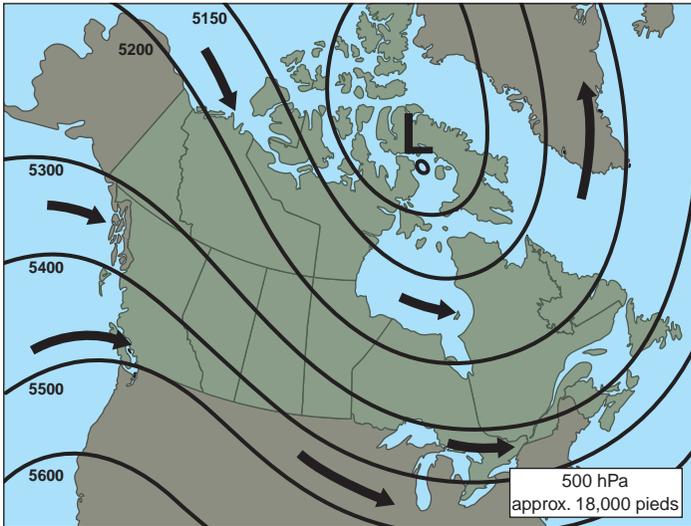


Fig. 3-2 - Vents moyens en altitude l'hiver

La circulation atmosphérique moyenne en Ontario et au Québec se fait d'ouest en est, mais montre un décalage saisonnier notable. Le courant-jet, un corridor de vent de vitesse élevée noyé dans la circulation générale et engendré par la différence de température entre la masse d'air polaire et la masse d'air tropical, est un bon indicateur de ce décalage. Durant les mois d'été, quand l'air polaire commence à retraire, le courant-jet s'affaiblit et migre vers le nord, oscillant entre 45°N et 60°N. La position moyenne du courant-jet est parallèle à la configuration moyenne de la circulation en

été et s'incurve légèrement vers le nord en allant du Pacifique aux Prairies, puis vers le sud à travers l'Ontario et le Québec.

En hiver, la masse d'air polaire s'épaissit, le gradient de température entre l'air polaire et l'air tropical augmente et le courant-jet migre vers le sud tout en se renforçant. Les vents en altitude en hiver peuvent souffler jusqu'à 60 pour cent plus fort que durant les mois d'été. Le courant-jet s'incurve nettement vers le nord au-dessus de la côte ouest, puis vers le sud au-dessus des Prairies et de l'Est du Canada, en s'aventurant parfois jusqu'en Floride. Le creux à grande échelle qui se forme dans l'écoulement moyen dans l'Est du Canada durant les mois d'hiver contribue à la formation de systèmes de pression à la surface qui traversent l'Ontario et le Québec.

Creux en altitude et crêtes en altitude

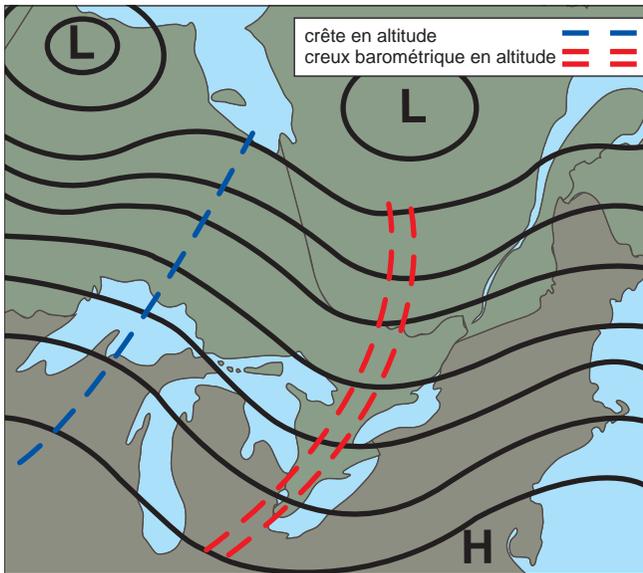


Fig. 3-3 - Configuration typique en hiver montrant une crête et des creux barométriques en altitude

Les caractéristiques les plus communément observées dans la circulation en altitude sont les creux en altitude et les crêtes en altitude. Les crêtes en altitude correspondent habituellement à du beau temps ou à des conditions qui s'améliorent, alors qu'on associe les creux en altitude à du mauvais temps ou du temps qui se détériore.

Ceci dit, la position d'une crête en altitude détermine dans une grande mesure son influence sur les conditions du temps. Quand une crête en altitude se trouve sur la trajectoire d'une dépression, elle peut forcer le système qui s'approche à dévier vers le nord ou vers le sud. La masse d'air sous la crête peut devenir stagnante et les vents légers à tous les niveaux peuvent favoriser l'accumulation de polluants atmosphériques et donc l'apparition de brume sèche. Les crêtes en altitude apportent souvent des péri-

odes de temps sec, ce qui donne des jours ensoleillés et chauds en été ou des jours ensoleillés et des nuits froides en hiver.

Caractéristiques de surface semi-permanentes

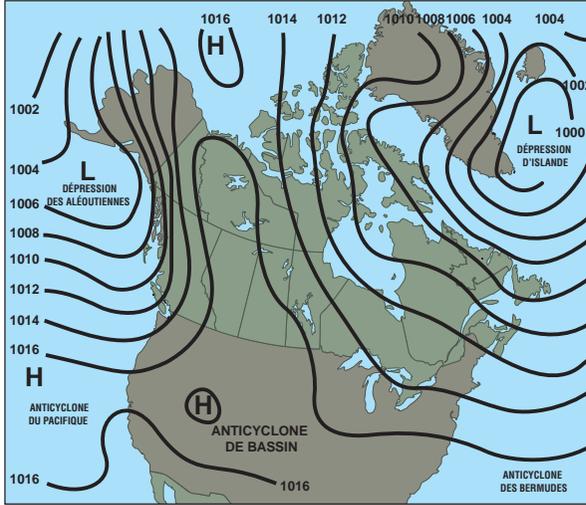


Fig. 3-4 - Configuration de la pression moyenne au niveau moyen de la mer en janvier

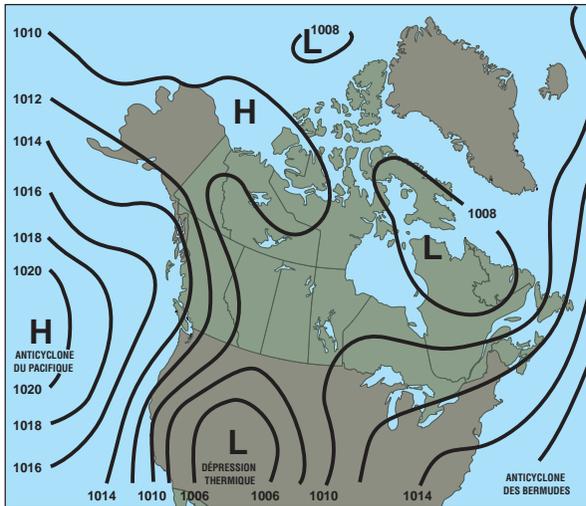


Fig. 3-5 - Configuration de la pression moyenne au niveau moyen de la mer à la surface en juillet

En examinant la distribution moyenne de la pression au niveau de la mer sur une période de plusieurs années, on constate qu'il existe certaines constantes dans les configurations de pression en hiver et en été. L'une d'elle est la dépression d'Islande, située tout près de l'Islande ou un peu à l'ouest. Elle est souvent accompagnée d'un

creux s'étendant vers le sud-ouest, depuis la Scandinavie jusqu'au détroit de Davis. Quand les systèmes de basse pression migrateurs se creusent et se déplacent vers le nord-est dans l'Atlantique Nord, ils deviennent éventuellement occlus et décèlent fortement; certains même demeurent presque stationnaires pendant une période prolongée. C'est ce qui explique l'existence de la dépression d'Islande, une zone de basse pression semi-permanente, qui est plus étendue et beaucoup plus profonde en hiver qu'en été.

L'anticyclone des Bermudes (ou anticyclone des Açores), d'autre part, est une zone de haute pression semi-permanente qui s'étire le long d'un axe est-ouest près de 35°N. Durant l'hiver, il s'affaiblit et dérive vers l'est jusqu'aux environs des Açores. À l'approche de l'été, il revient vers l'ouest jusqu'aux environs des Bahamas et devient plus marqué. Il exerce alors une influence importante sur les conditions en dirigeant occasionnellement de l'air chaud au-delà du littoral de l'Atlantique jusque dans le sud de l'Ontario et du Québec.

Systèmes migrants

Les caractéristiques semi-permanentes que l'on observe dans les configurations de surface moyennes sont des entités statistiques découlant du fréquent passage des dépressions et des anticyclones dans la région. Les systèmes de basse pression sont classifiés comme extratropicaux (systèmes formés dans les latitudes moyennes) ou tropicaux (systèmes formés près des tropiques). Ce sont les systèmes extratropicaux qui touchent le plus souvent la région GFACN33 et qui y exercent la plus grande influence. La majorité de ces dépressions se forment dans des régions bien à l'ouest ou au sud-ouest et, en suivant la configuration de la circulation en altitude, se dirigent vers l'est ou le nord-est jusqu'en Ontario et au Québec. Les tempêtes qui arrivent du sud-est après s'être formées au-dessus de l'Atlantique sont moins fréquentes et habituellement moins fortes, car elles perdent une bonne partie de leur humidité et de leur énergie en passant au-dessus des terres.

En passant au-dessus des Grands Lacs ou de la baie d'Hudson, les systèmes migrants peuvent regagner un peu d'énergie, mais ralentissent ensuite et continuent à s'occlure. Il arrive même, à l'occasion, que ces systèmes se mettent à « rétrograder » (se déplacer lentement vers l'ouest).

Tempêtes hivernales

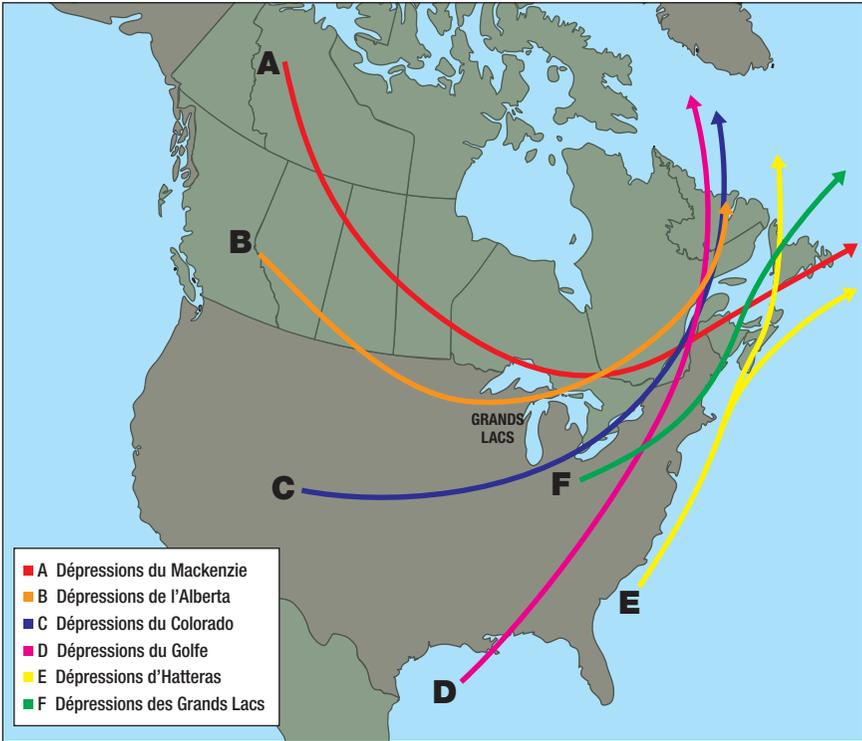


Fig. 3-6 - Trajectoires des tempêtes hivernales

Plus fréquentes et habituellement plus intenses que leurs contreparties estivales, les tempêtes hivernales, en raison du fort gradient de température du nord au sud en hiver, ont des endroits préférés pour se former. En se déplaçant sur certaines trajectoires communes, ces systèmes produisent souvent de vastes régions de nuages, de précipitations - parfois verglaçantes - et de vents forts. Les tempêtes d'hiver produisent certaines des plus mauvaises conditions de vol dans la région GFACN33.

Tempêtes estivales

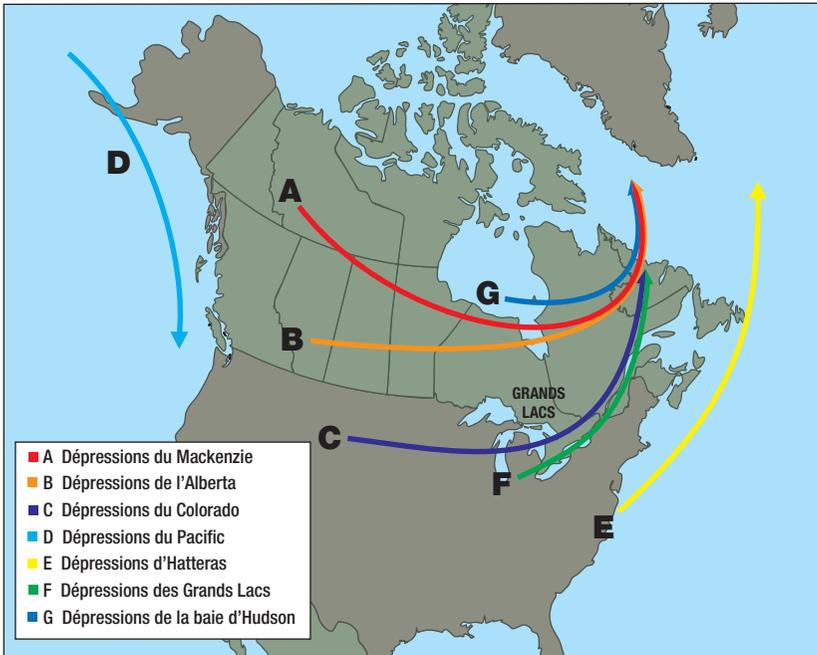


Fig. 3-7 - Trajectoires des tempêtes estivales

À l'approche de l'été, la masse d'air polaire s'amincit et commence à retraiter vers le nord. Conséquemment, l'intensité et la fréquence des tempêtes extratropicales diminuent.

Dépressions de l'Alberta

Les dépressions de l'Alberta se forment sous le vent des Rocheuses en Alberta. En se déplaçant initialement vers le sud-est, ces dépressions descendent fréquemment dans les plaines du nord des États-Unis au cours des mois d'hiver puis se déplacent vers l'est pour atteindre les Grands Lacs, le sud de l'Ontario, le Québec et l'Atlantique Nord. Durant les mois d'été, la trajectoire de ces tempêtes se trouve plus au nord. Les dépressions se forment toujours sous le vent des Rocheuses en Alberta, mais elles ont tendance à se déplacer vers l'est à travers les Prairies, le nord de l'Ontario et le nord du Québec.

Les dépressions de l'Alberta ne produisent généralement pas de grandes quantités de précipitations mais elles sont parfois revigorées par un afflux d'air relativement chaud et humide qui remonte la côte atlantique. Dans de telles conditions, ces tempêtes peuvent rapidement s'intensifier et occasionner des chutes de neige importantes dans le sud de l'Ontario et du Québec.

Dépressions du Colorado

Ces dépressions se forment sous le vent des Rocheuses, souvent dans le sud du Colorado en hiver et plus au nord en été. Elles se dirigent généralement vers le nord-est et s'intensifient au-dessus des Grands Lacs pour ensuite produire de grosses chutes de neige et des vents forts en poursuivant leur route vers l'est à travers le sud de l'Ontario et du Québec. Les dépressions du Colorado peuvent aussi se diriger vers l'est à travers les États-Unis; leur intensité diminue durant le trajet mais elles se redéveloppent en atteignant les eaux chaudes du Gulf Stream. Elles deviennent alors des dépressions d'Hatteras et se dirigent vers les Maritimes au nord-est.

Dépressions des Grands Lacs

Les Grands Lacs sont un autre endroit propice à la formation des systèmes de basse pression. Les lacs, qui agissent comme un réservoir, injectent de la chaleur et de l'humidité dans les niveaux inférieurs de l'atmosphère. Quand les conditions sont favorables, il se forme un creux thermique ou une dépression thermique qui peut durer des jours, sous l'effet de l'air froid au-dessus de l'eau chaude. Ceci peut suffire à amorcer la formation d'une nouvelle dépression ou peut intensifier un système au passage. Les dépressions qui se forment au-dessus des Grands Lacs sont habituellement moins fortes que leur congénères de l'Atlantique, mais peuvent quand même produire beaucoup de nuages, de précipitations et de vents forts. Quand elles se forment, les dépressions des Grands Lacs suivent généralement l'une ou l'autre de deux routes : elles vont vers le nord-est, à travers l'est de l'Ontario, le Québec et le Labrador, ou prennent une direction plus franchement vers l'est jusqu'à l'Atlantique, où elles peuvent se redévelopper au large de la côte Est des États-Unis.

Dépressions de la baie d'Hudson

Les dépressions qui se forment ou se reforment au-dessus de la baie d'Hudson se déplacent fréquemment vers l'est à travers le Québec et le Labrador. Elles sont généralement moins intenses que les dépressions des Grands Lacs, touchent principalement les régions du nord et peuvent se produire en été et en hiver. En hiver, les masses d'air dans lesquelles ces systèmes se forment sont habituellement très froides et très sèches et, en général, les conditions de plafond et de visibilité s'améliorent rapidement dans leur sillage. Cependant, beaucoup d'humidité se trouve injectée dans les bas niveaux durant l'été, ce qui fait que les nuages bas et les averses sont davantage généralisés, même assez longtemps après que la dépression ait quitté la région.

Dépressions polaires

Par définition, une dépression polaire est un cyclone maritime à petite échelle, mais souvent intense, ayant de 60 à 600 milles marins de diamètre et produisant des vents de surface de plus de 30 nœuds. Ces dépressions se forment au-dessus des eaux côtières durant les invasions d'air très froid, quand la différence de température entre

l'air et la mer est d'au moins 20 degrés. Plus souvent observées dans la mer du Labrador mais aussi dans la baie d'Hudson, les dépressions polaires à maturité peuvent produire de fortes averses de neige qui réduisent la visibilité, des vents de direction changeante, des éclairs occasionnels et un danger de fort givrage pour les avions. Étant donné qu'elles se forment rapidement au-dessus de l'eau libre et qu'elles se dissipent tout aussi rapidement par la suite en passant au-dessus de la glace ou de la terre, les dépressions polaires, qui souvent durent moins de 24 heures, sont difficiles à prévoir.

Dépressions d'Hatteras (ou les « bombes » de la côte Est)

Les dépressions d'Hatteras se forment juste au large du cap Hatteras, en Caroline du Nord. Le Gulf Stream, un courant d'eau chaude qui longe la côte jusqu'à ce point, se met ici à s'éloigner de la côte en obliquant vers le nord-est pour éventuellement atteindre les îles Shetland au large de l'Écosse. En hiver, quand de l'air arctique très froid coule jusque dans les États du sud-est américain, un fort gradient de température s'établit au large de la Caroline, ce qui donne rapidement naissance à des systèmes météorologiques. Ces dépressions d'Hatteras remontent très vite la côte atlantique et, à cause de leur creusement rapide, on les nomme des « bombes ». Elles suivent typiquement deux trajectoires : elles peuvent passer sur la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve ou bien traverser la Nouvelle-Angleterre et les Cantons-de-l'Est au Québec et se diriger vers la baie d'Ungava. Tout comme les dépressions polaires, ces tempêtes sont difficiles à prévoir.

Anticyclones

Durant les mois d'hiver, des dômes d'air polaire froid forment des zones de haute pression, ou anticyclones, dans les régions continentales septentrionales. De temps à autres, cette masse d'air arctique très froid s'écoule vers le sud-est à travers l'Ontario et le Québec, apportant des ciels clairs et des températures glaciales dans le sillage des systèmes de basse pression transitoires. Bifurquant graduellement vers le sud, ces anticyclones froids ont tendance à persister avec une plus grande fréquence au Québec au milieu de l'hiver, une époque où l'anticyclone semi-permanent des Bermudes, si dominant en été, s'est retiré près de l'équateur. Durant les mois d'été, l'anticyclone des Bermudes migre vers le sud-ouest pour s'arrêter au-dessus de l'île qui lui donne son nom et se bâtit en direction de la Caroline du Nord. Les masses d'air polaire se retirent graduellement de l'Ontario et du Québec, remplacées par de l'air plus chaud en provenance du sud-ouest et, parfois, par de l'air tropical très chaud et humide en provenance du golfe du Mexique. La trajectoire des anticyclones en Ontario et au Québec subit un décalage vers le nord correspondant durant les mois d'été.

Dépressions tropicales, tempêtes tropicales et ouragans

À la fin de l'été et au début de l'automne, les cyclones tropicaux, ainsi nommés

d'après leur lieu d'origine, migrent vers l'ouest avec les alizés, accélèrent en décrivant un arc vers le nord au large de la côte est de l'Amérique du Nord et s'affaiblissent en rencontrant les eaux froides de l'Atlantique Nord. Ces systèmes de l'océan Atlantique, collectivement appelés cyclones tropicaux, portent le nom de « dépressions tropicales » quand ils produisent des vents soutenus de 20 à 33 nœuds, « tempêtes tropicales » quand les vents atteignent de 34 à 63 nœuds et « ouragan » quand ils dépassent 63 nœuds. Lorsqu'un cyclone atteint la force d'un ouragan, on le classe selon l'échelle de Saffir-Simpson (voir le glossaire).

Les statistiques montrent qu'en moyenne, une tempête tropicale touche le Québec tous les 6,6 ans et l'Ontario tous les 11,1 ans. Ces petites valeurs s'expliquent par le fait que la plupart des cyclones tropicaux amorcent graduellement la phase de décroissance de leur cycle de vie en se déplaçant vers le nord, laissant derrière eux les eaux tropicales chaudes (au moins 26 °C) de leur lieu d'origine. En arrivant au-dessus du continent, la perturbation perd sa source d'énergie et s'affaiblit encore davantage à cause du frottement contre la surface terrestre. Souvent, même si on ne la voit plus sur une carte météorologique, l'énergie d'une tempête dissipée peut continuer de se déplacer dans l'atmosphère. L'air tropical très humide peut donner lieu à des pluies intenses et, en altitude, de forts vents peuvent persister. Les tempêtes tropicales et les ouragans font l'objet d'un intérêt scientifique soutenu et de nombreuses recherches. À cette fin, on planifie et exécute avec soin des vols de collecte de données. Cependant, comme à peu près tous les types de phénomènes météorologiques dangereux sont présents dans ces tempêtes, ça n'est certainement pas la place des avions commerciaux ou de plaisance. Il faut aussi protéger adéquatement les avions au sol contre les vents forts et les précipitations à l'approche de ces tempêtes.

Dépressions froides

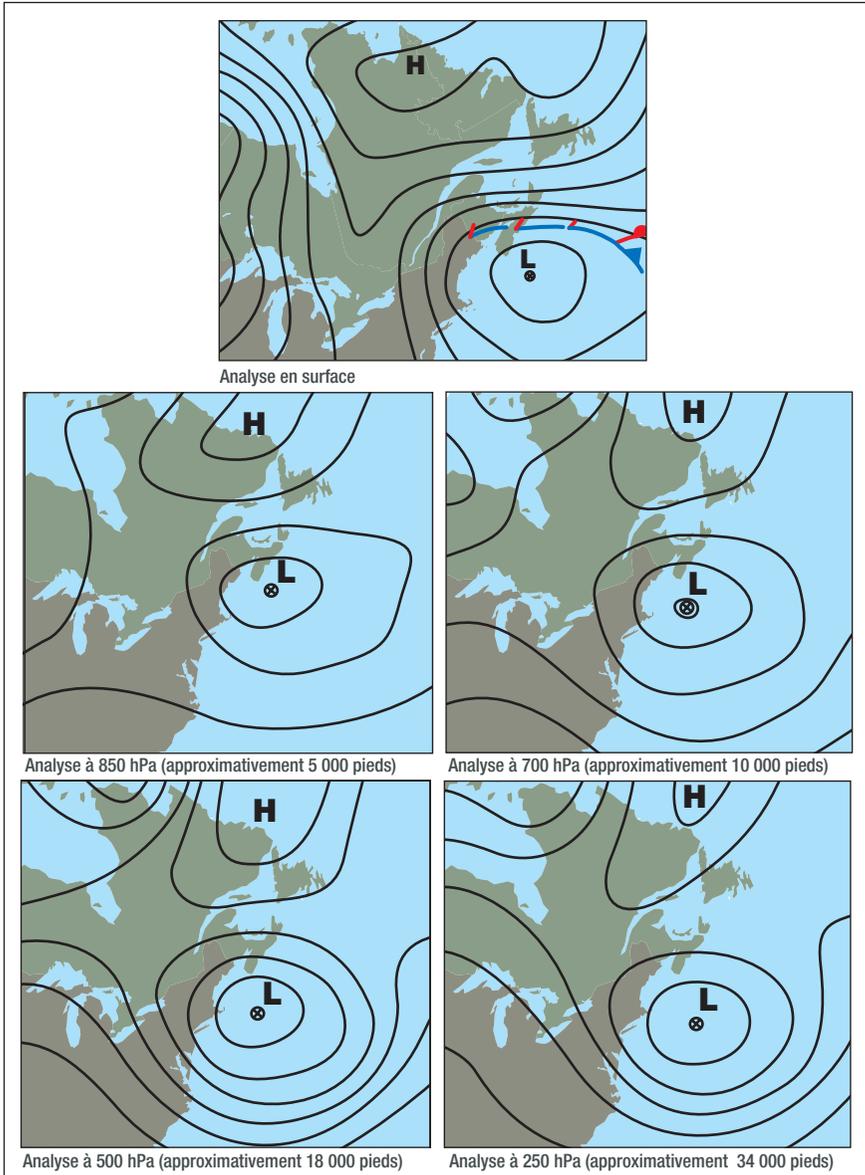


Fig. 3-8 - Configuration typique de la pression au NMM et en altitude dans une dépression froide

Le terme dépression froide, ou « dépression coupée », désigne le stade de formation final du cycle de vie d'un système de basse pression, mais ce stade n'est pas atteint dans tous les cas. Les dépressions froides peuvent se produire à n'importe quel moment de l'année mais on en observe plus fréquemment durant l'été dans les latitudes septen-

trionales et au printemps dans les latitudes méridionales. Elles sont souvent difficiles à prévoir et s'approchent typiquement le long de la trajectoire de tempêtes communes depuis le sud-ouest. Elles ressemblent à n'importe quelle autre dépression, jusqu'à ce qu'elles deviennent coupées de la circulation dominante en altitude.

Les dépressions froides peuvent ou non produire un centre de basse pression reconnaissable à la surface. C'est pourquoi il est plus facile de les repérer sur les cartes en altitude, où elles présentent un aspect circulaire. Elles consistent en une colonne dans l'atmosphère à l'intérieur de laquelle les températures s'abaissent en allant vers le centre. Une fois formée, les dépressions froides ont tendance à être persistantes; elles se déplacent lentement ou stagnent au même endroit durant de longues périodes. La masse d'air froid et instable dans laquelle elles se trouvent produit souvent de larges bandes de nuages pouvant cacher de la convection et des précipitations, parfois sous forme d'orages. C'est pourquoi les dépressions froides sont des endroits qui présentent un risque de givrage pour les avions, en particulier dans le cadran nord-est de la dépression, où le soulèvement accru épaissit habituellement la couverture nuageuse et donne lieu à des précipitations continues généralisées.

Oiseaux migrateurs saisonniers

Phénomène indirectement lié aux changements saisonniers des conditions du temps, de grands groupes d'oiseaux migrateurs traversent la région GFACN33. Les collisions avec les oiseaux peuvent présenter un danger sérieux pour l'aviation. Un oiseau de quatre livres qui frappe un avion volant à 130 nœuds exerce une force localisée de plus de deux tonnes. Pour un avion qui vole à 260 nœuds et qui frappe un oiseau de la même taille, la force localisée est de neuf tonnes.

Printemps

Normalement, les oiseaux migrateurs quittent leur aire de rassemblement entre la brunante et minuit et pendant les trois premières heures qui suivent l'aube. Ils peuvent cependant partir à toute heure du jour ou de la nuit, surtout après une période prolongée de mauvais temps. Ils ne quitteront pas leur aire de rassemblement s'ils doivent affronter des vents contraires à la surface de plus de 10 nœuds. Les grands mouvements, qui impliquent des centaines de milliers d'oiseaux, se produisent souvent après le passage d'une crête ou d'un système de haute pression.

Automne

Les oies, les cygnes et les grues voyagent normalement vers le sud quand les vents sont favorables. Ils partent de leur aire de rassemblement de 12 à 24 heures après le passage d'un front froid, surtout s'il se produit un dégagement rapide et qu'il y a des vents forts du nord derrière le front. Les oiseaux décollent de leur aire de rassemblement vers la fin de l'après-midi pour voler la nuit. Occasionnellement, toutefois, ils peuvent voler le jour aussi.

Table 3: Symboles utilisés dans ce livre

	<p>Symbole brouillard (3 lignes horizontales) Ce symbole standard pour le brouillard indique des zones où on observe fréquemment du brouillard.</p>
	<p>Zones de nuages et bords des nuages Les lignes en dents de scie indiquent où les nuages bas (empêchant le vol VFR) se forment fréquemment. Souvent, on ne peut déceler ce danger à aucun des aéroports environnants.</p>
	<p>Symbole givrage (2 lignes verticales passant à travers d'un demi-cercle) Ce symbole standard pour le givrage indique des zones où du givrage significatif est souvent observé.</p>
	<p>Symbole eaux agitées (symbole avec deux points en forme de vague) Pour les hydravions, ce symbole est utilisé pour indiquer des zones où des vents et des vagues significatives peuvent rendre les amerrissages et les décollages dangereux ou impossibles</p>
	<p>Symbole turbulence Ce symbole standard pour la turbulence est utilisé pour indiquer des zones reconnues pour des cisaillements significatifs du vent ainsi que pour des courants descendants qui sont potentiellement dangereux.</p>
	<p>Symbole vent fort (flèche droite) Cette flèche est utilisée pour indiquer des zones favorables aux vents forts et indique aussi la direction typique de ces vents. Où ces vents rencontrent une topographie changeante (collines, coudes dans des vallées, côtes, îles), de la turbulence, même si pas toujours indiquée, est possible.</p>
	<p>Symbole canalisation (flèche qui s'amincit) Ce symbole est semblable au symbole vent fort sauf que les vents sont contraints ou canalisés par la topographie. Dans ce cas, les vents dans la partie étroite pourraient être très fort alors que les endroits environnants auront des vents beaucoup plus légers.</p>
	<p>Symbole neige (astérisque) Ce symbole standard pour la neige indique des zones prédisposées à de très fortes chutes de neige.</p>
	<p>Symbole orage (demi-cercle avec sommet en forme d'enclume) Ce symbole standard pour le nuage cumulonimbus (CB) est utilisé pour indiquer des zones prédisposées à l'activité orageuse.</p>
	<p>Symbole usine (cheminée) Ce symbole indique des zones où l'activité industrielle importante peut avoir un impact sur les conditions météorologiques affectant l'aviation. L'activité industrielle normalement résulte en nuages bas et du brouillard qui se produisent plus fréquemment.</p>
	<p>Symbole passe de montagne (arcs côte à côte) Ce symbole est utilisé sur les cartes à l'aviation pour indiquer les passes de montagnes, le point le plus haut le long d'une route. Quoique ce ne soit pas un phénomène météorologique, plusieurs passes sont indiquées car elles sont souvent prédisposées à des conditions météorologiques qui sont dangereuses pour l'aviation.</p>

Chapitre 4

Conditions régionales et effets locaux

Introduction

Le présent chapitre traite en détail des dangers météorologiques et des effets locaux couramment observés dans la zone de responsabilité GFACN33. Il dresse la liste des dangers météorologiques les plus courants et les plus vérifiables qu'on a pu établir suite à de longues discussions avec des prévisionnistes, des spécialistes de l'information de vol, des pilotes et des répartiteurs.

La plupart des dangers météorologiques sont décrits simplement en traçant les symboles appropriés sur les cartes d'accompagnement et en fournissant ensuite un bref texte explicatif, mais certains des phénomènes météorologiques les plus complexes sont décrits plus en détail. Le tableau 3 fournit la légende des divers symboles utilisés dans ce chapitre.



Carte 4-1 - Vue d'ensemble de la topographie du domaine GFACN33

L'Ontario

(a) Été

L'été offre certaines des meilleures conditions de vol car, en cette saison, il y a moins de tempêtes qui sévissent dans le domaine GFACN33 et elles sont moins intenses. La force des vents en altitude diminue, les masses d'air ont tendance à s'attarder et le temps en général devient plus persistant. Les masses d'air tropical touchent régulièrement le sud de l'Ontario durant l'été. Elles amènent souvent des températures élevées, une forte humidité et des orages durant l'après-midi.

Il se produit davantage d'orages dans le sud, où l'on dénombre en moyenne 25 journées avec orage par année. Ces orages sont souvent déclenchés par le passage d'un front froid au printemps ou à l'été. Le total annuel de jours avec orage passe à 35 dans le corridor reliant Windsor à London, dans le sud-ouest ontarien. Certains des pires orages, surtout ceux qui se produisent dans le sud-ouest, peuvent être accompagnés de tornades. Le nombre d'orages diminue vers le nord, tombant à 5 jours ou moins par année le long de la baie d'Hudson.

Les vents dominants sont plutôt légers en été et soufflent généralement du sud-ouest. Les brises de lac et de terre sont fréquentes sur les rives des Grands Lacs, soufflant vers la terre le jour et vers l'eau la nuit.

La brume sèche, qui est formée de concentrations élevées d'aérosols et de polluants sous forme particulaire, est un problème chronique en été. Quand la masse d'air est refroidie par en dessous par les Grands Lacs, il se forme une inversion qui piège la brume sèche. Cette couche de brume sèche peut s'élever jusqu'à une hauteur de 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer et réduire la visibilité entre 2 et 3 milles terrestres.

Dans le nord de l'Ontario, le brouillard est plus fréquent en été alors que dans le sud, on l'observe plus souvent en automne et en hiver. Le brouillard a tendance à se former au petit matin quand les vents sont légers et que la terre a subi un refroidissement nocturne. Plus tard dans la saison, il peut se former du brouillard d'évaporation au-dessus des lacs dans de l'air froid et sec.

À l'approche de l'automne, l'une des principales trajectoires de tempêtes d'Amérique du Nord passe dans cette région, ce qui fait que le nombre et la vigueur des dépressions migratrices augmentent. À cette époque de l'année, il n'est pas rare que les restes d'un ouragan tropical remontent vers le nord-est le long de la côte atlantique et viennent produire des vents forts et des périodes de pluie modérée ou forte dans le sud et le centre de l'Ontario. Dans le nord, où les étés sont plus courts, l'automne apporte des températures plus froides et éventuellement les premières accumulations de neige.

(b) Hiver

Quand l'hiver s'installe, les vents dominant commencent à virer au nord-ouest. La trajectoire de tempêtes se déplace vers le sud pour passer au-dessus des Grands Lacs et tant la fréquence que l'intensité des tempêtes continuent d'augmenter. Au même moment, de l'air arctique froid et sec envahit la partie nord du domaine et fait périodiquement irruption dans la partie sud, où il se trouve modifié en passant au-dessus des eaux plus chaudes des Grands Lacs.

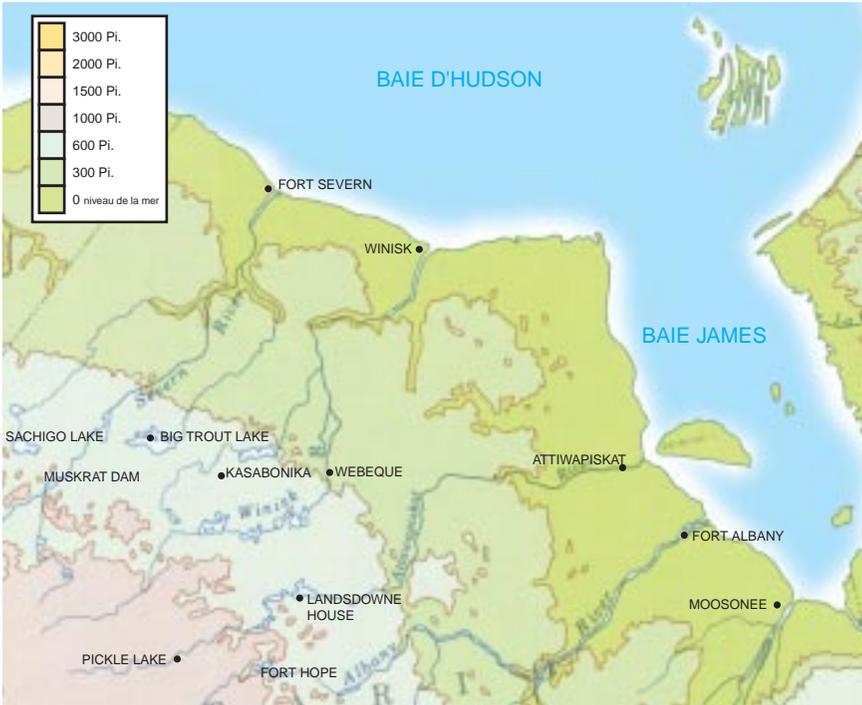
Le brouillard est plus fréquent dans le centre de l'Ontario en automne et en hiver que dans le nord ou dans le sud. Sudbury et North Bay connaissent respectivement 69 et 63 jours avec du brouillard annuellement. Des endroits comme Red Lake et Pickle Lake dans le nord-ouest ont des moyennes proches de 15 jours alors que dans le sud, on en observe typiquement 35 jours par année. Au printemps, il se forme parfois du brouillard au-dessus des lacs quand de l'air chaud et humide se trouve refroidi par leurs eaux froides. Ce type de brouillard peut encore se former plus tard dans la saison, quand il y a remontée d'eau froide provenant des profondeurs.

Les premières chutes de neige surviennent habituellement dans la région des rivières Winisk et Severn dans le nord-ouest de l'Ontario, vers la fin d'octobre ou au début de novembre, et s'étendent à travers le lac Supérieur et vers l'est jusqu'à Sudbury vers le milieu du mois. La neige n'affecte la majeure partie du sud de l'Ontario, de London à Kingston, qu'au début de décembre, et l'extrême sud-ouest, vers Noël. D'épaisses ceintures de neige se forment sur les flancs du Bouclier canadien qui font face au lac Huron, à la baie Georgienne et au lac Supérieur, là où l'air froid, après avoir recueilli de la chaleur et de l'humidité pendant sa longue course au-dessus de l'eau libre est forcé à s'élever. Ces ceintures de neige, qui sont un effet de lac, se produisent aussi à proximité de Parry Sound, au sud d'Owen Sound, au nord-est de Sault Ste. Marie, près de London et le long du Saint Laurent.

Des précipitations verglaçantes peuvent se produire tout l'hiver mais elles sont plus fréquentes au début de la saison. Se formant habituellement à l'avant d'un front chaud qui s'approche, les précipitations verglaçantes peuvent présenter certaines des conditions de givrage les plus dangereuses. On en observe de 5 à 10 jours par année dans le nord et jusqu'à 20 jours par année dans le sud.

Effets locaux

Côte et basses-terres de la baie d'Hudson de Fort Severn à Moosonee



Carte 4-2 - Côte et basses-terres de la baie d'Hudson de Fort Severn à Moosonee

Cette vaste portion du domaine GFACN33 est l'une des régions les plus isolées et les plus désolées du Canada. La côte nord de l'Ontario s'étire de la frontière du Manitoba vers le sud-est jusqu'au cap Henrietta Maria, vers le sud jusqu'à l'embouchure de la rivière Attawapiskat près de l'île Akimiski, puis à nouveau vers le sud-est jusqu'à la frontière du Québec sur la presqu'île Ministikawatin. Une poignée de petites communautés largement dispersées ponctuent la ligne de côte près de l'embouchure des rivières principales, qui portent leur nom : Fort Severn, Winisk, Attawapiskat, Fort Albany, Moosonee et Moose Factory.

Fort Severn - cap Henrietta Maria



Carte 4-3 - Fort Severn - cap Henrietta Maria

Cette partie de la côte de même que les terres basses adjacentes s'étendent vers le sud-est à partir de la frontière du Manitoba. Bien drainées, les plages soulevées et les zones intertidales couvertes d'herbes définissent en grande partie la côte, de laquelle les arbres sont presque absents sur une distance de 5 à 10 milles à partir de la baie. Plus loin dans les terres, le paysage assez plat est formé de régions de toundra et de marais ou de tourbières mal drainées où poussent quelques arbres. La région abrite deux petites communautés situées sur les berges des rivières Severn et Winisk, à proximité de la côte. Les vents dominants dans cette région sont généralement du nord-ouest.

Durant l'été, quand la baie d'Hudson est libre de glace, il y a fréquemment des bancs de brouillard et des stratus bas au-dessus de l'eau froide. Des vents du nord amènent parfois ces conditions sur la côte, ce qui occasionne des plafonds bas et des visibilité réduites. Le brouillard ainsi amené sur la côte persistera parfois toute la journée mais les stratus qui s'avancent davantage dans les terres auront plutôt tendance à se fragmenter durant l'après-midi sous l'effet du réchauffement diurne.

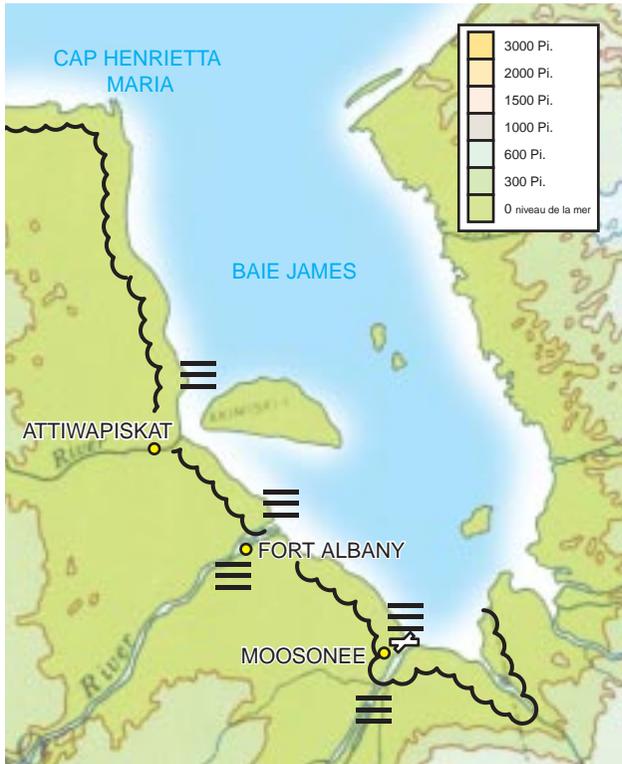
Les bourrasques de neige sont communes en automne et apparaissent souvent quand de l'air froid (-8°C ou moins) circule au-dessus des eaux libres et relativement chaudes de la baie d'Hudson. Par moments, les plafonds et la visibilité peuvent être localement réduits à près de zéro dans les bourrasques de neige, mais ces conditions ne durent habituellement pas très longtemps.

Durant l'hiver, de grandes portions de la baie d'Hudson se couvrent de glace et les conditions de vol s'améliorent en général, notamment en janvier et en février. Le temps, ici, peut changer rapidement, toutefois. Le passage de systèmes frontaux peut amener des périodes de neige, de vents forts et, parfois, des conditions de blizzard ou de voile blanc (whiteout).

Quand les vents sont calmes ou légers et que l'air est froid, du brouillard glacé peut se former et être persistant près des communautés et des pistes d'atterrissage, sa formation étant déclenchée par les gaz d'échappement des moteurs d'avion ou des cheminées de la localité.

Avec le retour des jours plus longs et plus chauds au printemps et en été, la quantité de glace diminue graduellement dans la baie d'Hudson pour disparaître complètement, en général, vers la fin de juin ou au début de juillet.

Cap Henrietta Maria - Moosonee



Carte 4-4 - Cap Henrietta Maria - Moosonee

Cette région borde la partie ouest de la baie James. Le littoral s'élève pour aller rejoindre des plaines basses plus à l'intérieur, où l'on retrouve des arbres dispersés entre 1 et 5 milles de la côte. Plus loin à l'intérieur, le paysage devient plus arboré et parsemé de marais et de fondrières. Plusieurs petites communautés sont établies près de l'embouchure des rivières principales de la région, dont Attawapiskat, Kashechewan, Fort Albany et Moosonee.

La baie James devient libre de glace entre la mi-juin et le début de juillet. Les étés sont courts et la glace commence à réapparaître habituellement entre la mi-décembre

et le début de janvier. Les vents dominants dans cette région sont généralement du nord-ouest.

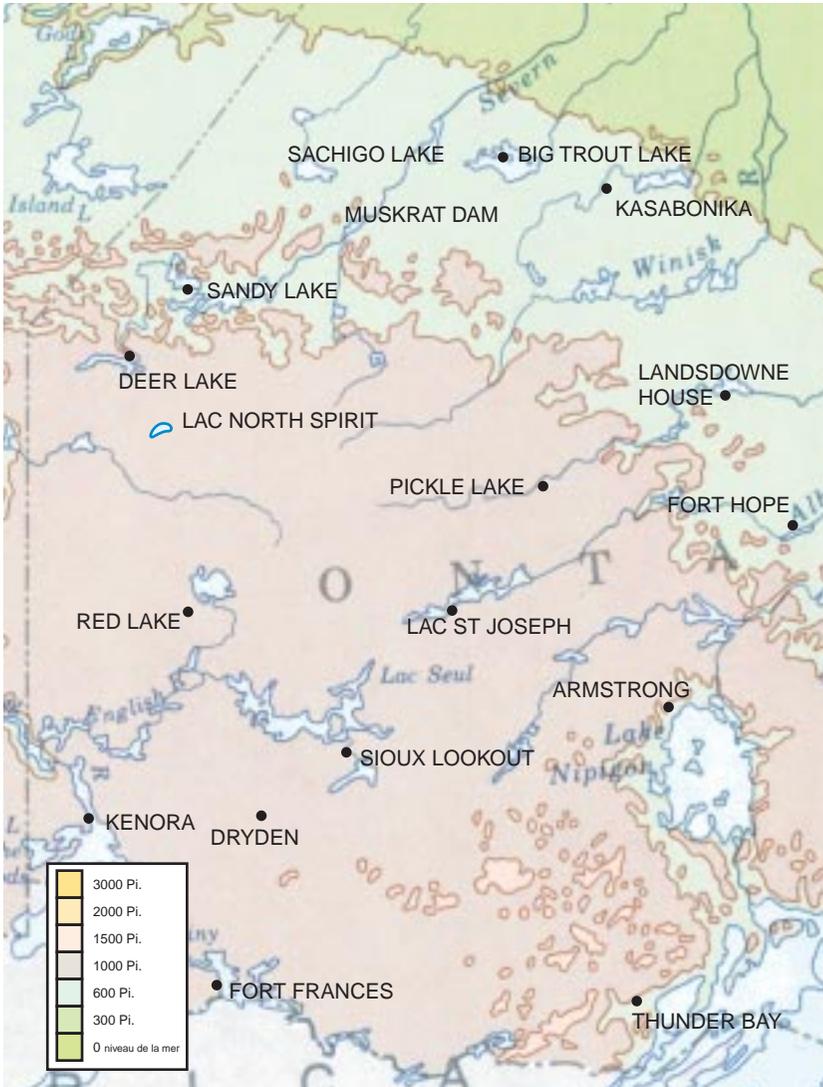
Il y a souvent du brouillard et des stratus bas au-dessus des eaux froides de la baie James durant l'été. Des vents du nord-est amèneront parfois ces conditions sur la côte, ce qui occasionnera des plafonds bas et des visibilités réduites. Le brouillard ainsi amené sur la côte persistera parfois toute la journée mais les stratus qui s'avanceront davantage dans les terres auront plutôt tendance à se fragmenter durant l'après-midi sous l'effet du réchauffement diurne.

Des bourrasques de neige se produisent assez souvent en automne quand une circulation du nord ou du nord-est amène de l'air froid au-dessus des eaux relativement chaudes de la baie James. Ces bourrasques peuvent réduire les plafonds et la visibilité par endroits, mais elles durent rarement plus de quelques heures.

Vers le milieu de l'hiver (janvier et février), la glace couvre la majeure partie de la baie James et, en l'absence d'eau libre, les conditions de vol s'améliorent souvent. Du brouillard glacé peut se former par endroits de temps à autres et, le cas échéant, il peut être persistant. Le brouillard glacé apparaît souvent près des communautés et des pistes d'atterrissage, là où les gaz d'échappement des moteurs d'avion et l'humidité des systèmes de chauffage domestiques peuvent déclencher sa formation.

En hiver, le temps peut changer rapidement dans cette région, habituellement avec le passage de systèmes frontaux, lesquels peuvent amener des périodes de neige, de vents forts et, parfois, des conditions de blizzard ou de voile blanc.

Nord-ouest de l'Ontario



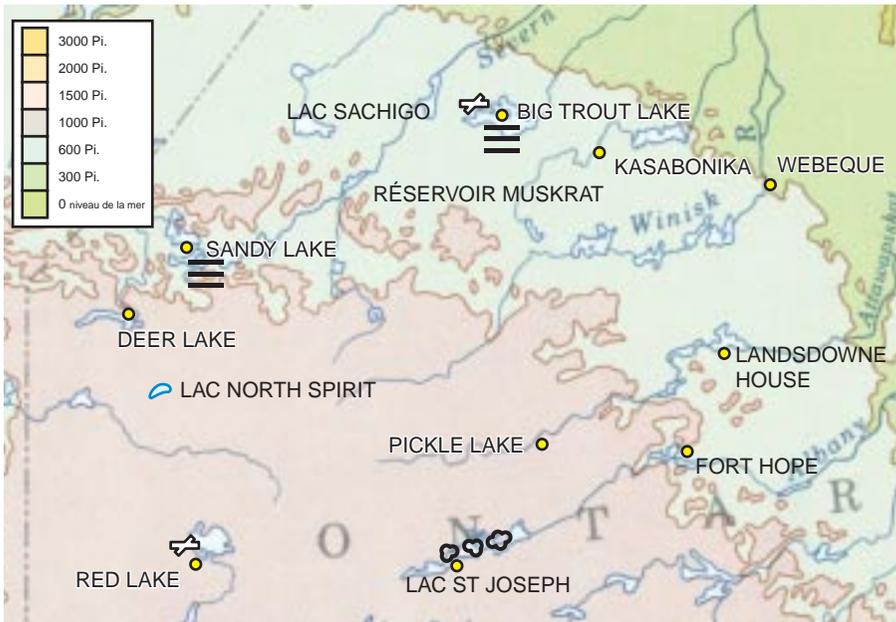
Carte 4-5 - Nord-ouest de l'Ontario

Le nord-ouest de l'Ontario est une vaste région, dont la majeure partie est formée du terrain légèrement incliné, rocheux et arboré du Bouclier canadien. Une multitude de lacs couvrent la région et les pilotes qui la survolent pour la première fois se sentent souvent désorientés et disent qu'après un certain temps « tout se ressemble ». De grandes sections du Bouclier sont aussi favorables à la formation de nuages quand la circulation remonte la pente et, même si le terrain est principalement bas, les nuages peuvent envelopper les lignes électriques et les tours de télécommunications perchées au sommet des plus hautes collines et les rendre difficiles à voir.

On observe couramment des nuages convectifs en été et au début de l'hiver, spécialement durant l'après-midi. Certains pilotes allèguent que c'est « l'une des régions où le vol durant une journée de convection est le plus cahoteux » et que « la bousculade prolongée peut être épuisante ».

La convection à ce moment de l'année est en partie causée par le fort réchauffement diurne et par l'humidité que les lacs et les rivières laissent volontiers s'échapper. La fréquence des orages est généralement plus faible dans le nord de l'Ontario que dans le sud.

Red Lake - Pickle Lake - Sandy Lake - Big Trout Lake



Carte 4-6 - Red Lake - Pickle Lake - Sandy Lake - Big Trout Lake

Dans une grande partie de cette région, une circulation du nord ou du nord-ouest remonte la pente et, à Pickle Lake, ceci est vrai aussi pour des vents de l'ouest. Les vents de ces directions ont tendance à produire des couvertures nuageuses fragmentées en l'absence de systèmes météorologiques à grande échelle. Ceci se produit souvent tard en été ou tôt en hiver, quand les vents dominants se mettent à favoriser les directions ouest et nord-ouest et que les eaux libres fournissent encore beaucoup d'humidité. De plus, à cause de sa pente ascendante, cette région met souvent plus de temps à se dégager après le passage d'un système frontal quand la circulation est de l'ouest ou du nord-ouest.

La convection et les précipitations d'effet de lac sont communes sous le vent de certains des plus grands lacs, quand la direction du vent favorise une longue course de

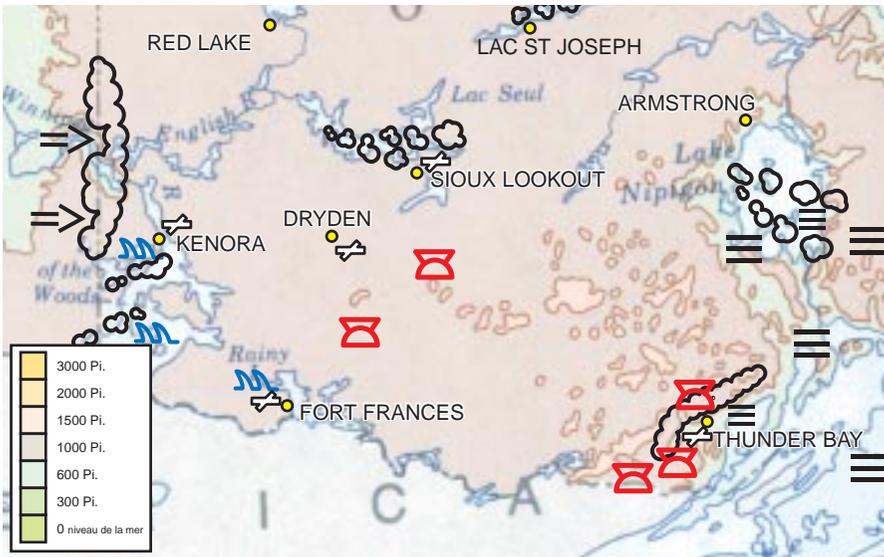
l'air au-dessus de l'eau libre. Cet effet est plus prononcé à la fin de l'été et au début de l'hiver. La convection d'effet de lac peut occasionner localement une réduction marquée des plafonds et de la visibilité, à cause des averses. Les pilotes signalent assez souvent des visibilités d'un demi-mille à un quart de mille dans des averses de neige d'effet de lac et ces conditions peuvent persister quelques heures.

Les orages se produisent, en moyenne, de 15 à 20 fois par saison. On en observe souvent durant l'été, leur fréquence est maximale en juillet et ils se produisent rarement en dehors de la période de mai à septembre. Les orages de masse d'air largement dispersés sont fréquents, bien que des lignes d'activité orageuse mieux organisées accompagnent souvent le passage de fronts froids.

Il peut se former du brouillard mais celui-ci ne réduit la visibilité à moins d'un demi-mille que 2 ou 3 fois par mois. On observe du brouillard plus souvent vers la fin de l'été et au début de l'hiver, quand les lacs et les rivières sont encore libres, et beaucoup moins souvent après la prise des glaces. Le brouillard de rayonnement est le plus commun; il donne souvent de mauvaises visibilités quelques heures avant le lever du soleil mais persiste rarement jusqu'à l'après-midi. De temps à autres, du brouillard glacé peut se former près de ces communautés en hiver, quand l'humidité contenue dans la fumée provenant des cheminées se transforme en cristaux de glace dans des conditions froides et calmes. Les gaz d'échappement des moteurs d'avion peuvent rapidement aussi provoquer la formation de brouillard glacé, ce qui réduit temporairement la visibilité à l'aéroport, jusqu'à ce que les cristaux de glace se déposent.

La poudrerie n'est pas fréquente mais elle se manifeste plus souvent à certains des endroits les plus exposés, comme Big Trout Lake.

Kenora - Fort Frances - Dryden - Sioux Lookout - Thunder Bay



Carte 4-7 - Kenora - Fort Frances - Dryden - Sioux Lookout - Thunder Bay

Le Bouclier canadien s'élève graduellement pour former une bordure, qui constitue en fait une ligne de partage des eaux, autour de la rive nord du lac Supérieur. C'est donc dans cette partie du nord-ouest de l'Ontario que l'on retrouve les terrains les plus élevés et les plus accidentés, avec des sommets jusqu'à 2225 pieds au-dessus du niveau de la mer à environ 30 milles marins à l'ouest de Thunder Bay. De façon générale, les vents du sud-ouest remontent les pentes mais, en raison de l'orientation du terrain, ils soufflent plutôt vers le bas à Thunder Bay et aux autres localités autour de la rive nord-ouest du lac Supérieur.

Des vents qui soufflent en remontant les pentes peuvent souvent produire une couverture nuageuse fragmentée et masquer les terrains élevés, même en l'absence de systèmes météorologiques à grande échelle. En outre, ils peuvent occasionner un délai dans l'amélioration des conditions de vol à l'ouest du lac Supérieur après le passage d'un système frontal. Par contre, dans une circulation qui redescend les pentes, comme c'est le cas à Thunder Bay quand les vents sont du nord-ouest, les couches de nuages fragmentées et le brouillard ont tendance à se dissiper plus rapidement et le retour à des conditions de vol acceptables se fait plus vite.

La convection et les précipitations d'effet de lac sont communes sous le vent des lacs les plus grands, y compris le Lake of the Woods et le lac Rainy, en particulier là où la direction du vent favorise une longue course de l'air au-dessus de l'eau libre. L'effet est plus prononcé vers la fin de l'été et au début de l'hiver, quand la température de l'air commence à tomber mais que l'eau des lacs demeure relativement chaude.

La convection d'effet de lac peut occasionner localement une réduction marquée des plafonds et de la visibilité, en raison des averses. Les pilotes de la région signalent assez souvent des visibilités d'un demi-mille à un quart de mille dans des averses de neiges d'effet de lac.

Il y a, en moyenne, de 25 à 30 orages par année dans cette région. On en observe tout l'été mais leur fréquence est maximale en juillet et en août et ils se produisent rarement en dehors de la période d'avril à octobre. Les orages de masse d'air largement dispersés sont les plus fréquents, bien que des lignes d'activité orageuse mieux organisées accompagnent souvent le passage de fronts froids. Durant l'été, quand la masse d'air est suffisamment instable, des brises de lac de l'est peuvent engendrer des orages le long des terrains ascendants au nord-ouest du lac Supérieur. C'est ce qui explique que les orages soient fréquents au nord-ouest de Thunder Bay. L'activité orageuse la plus intense dans cette région se produit souvent dans le corridor de terrain ascendant qui s'étend de Fort Frances jusqu'au sud-est de Sioux Lookout.

Au nord du lac Supérieur, le brouillard, en moyenne, réduit la visibilité à moins d'un demi-mille de 2 à 4 fois par mois. La fréquence du brouillard est plus élevée vers la fin de l'été et au début de l'hiver, quand les lacs et les rivières sont encore libres, et diminue beaucoup après la prise des glaces. Le brouillard se produit plus souvent à Thunder Bay et le long de la côte nord du lac Supérieur où, en moyenne, on en observe de 2 à 6 fois par mois, avec une fréquence maximale en été.

Nord-est de l'Ontario



Carte 4-8 - Nord-est de l'Ontario

Le nord-est de l'Ontario, tout comme une grande partie du nord-ouest, est un vaste territoire peu peuplé qui s'élève lentement depuis les basses-terres de la baie d'Hudson jusqu'aux terrains plus élevés du Bouclier canadien au sud. Le terrain au nord est généralement plat, couvert d'une forêt de broussailles, parsemé de lacs peu profonds et de fondrières et drainé par de nombreuses rivières ramifiées. Plus loin au sud, le paysage devient davantage arboré et marqué de collines douces et d'affleurements rocheux, mais présente toujours des lacs et des rivières ainsi que des marais dispersés. Selon certains pilotes, « quelques lignes électriques et les voies ferrées du nord de l'Ontario reliant les communautés de Moosonee et de Timmins sont parfois les seuls ouvrages linéaires de fabrication humaine reconnaissables du haut des airs. » La plus grande partie de cette région, bien que faiblement inclinée, se couvre facilement de nuages quand la circulation remonte les pentes, même en l'absence de systèmes

météorologiques à grande échelle. Certains pilotes ont signalé qu'il y a danger de ne pas faire suffisamment attention quand on vole vers le sud après un long trajet au-dessus des terres basses et sans obstacles au nord. En allant vers le sud, le terrain s'élève et les nuages peuvent envelopper les lignes électriques et les tours de télécommunications placées au sommet des collines les plus hautes au sud, et les rendre difficiles à voir.

Kapuskasing - Timmins - Geralton



Carte 4-9 - Kapuskasing - Timmins - Geralton

Les vents du nord ou du nord-ouest suivent habituellement des pentes ascendantes dans le nord-est de l'Ontario et produisent souvent des zones de nuages fragmentés, même en l'absence de systèmes météorologiques à grande échelle. C'est fréquemment le cas à la fin de l'été et au début de l'hiver, quand les vents dominants se mettent à souffler du nord-ouest et que les eaux libres fournissent encore beaucoup d'humidité. C'est pourquoi la région peut être lente à se dégager après le passage d'un système frontal quand la circulation est du nord-ouest.

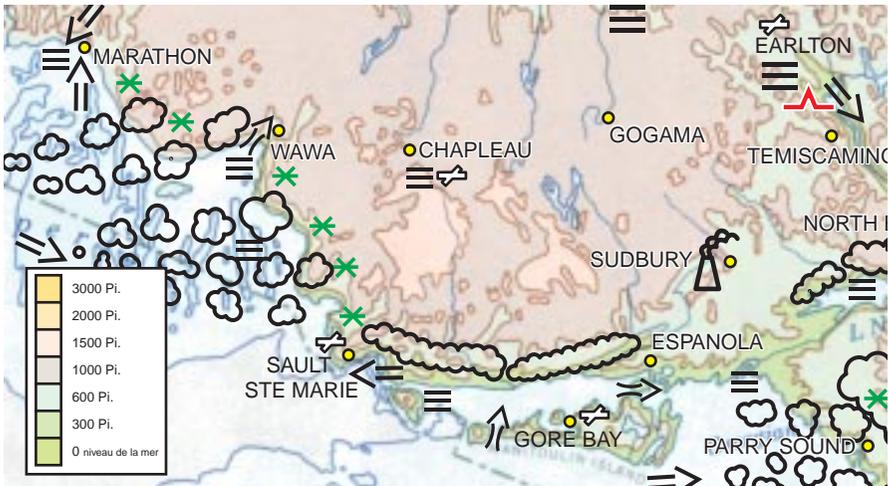
La convection et les précipitations d'effet de lac sont communes sous le vent de certains des lacs les plus grands, là où la direction du vent favorise une longue course de l'air au-dessus de l'eau libre. Le phénomène est particulièrement notable dans la région qui entoure le lac Nipigon à l'ouest de Geralton et, dans une moindre mesure, dans la région autour du lac Abitibi à l'est-nord-est de Timmins. La convection et les précipitations d'effet de lac sont plus prononcées à la fin de l'été et au début de l'hiver, quand les lacs sont encore libres et que leurs eaux sont chaudes par rapport à l'air devenu plus froid. La convection d'effet de lac peut réduire localement, et de façon importante, les plafonds et la visibilité, à cause des averses. On signale souvent des vis-

ibilités réduites par endroits à un demi-mille ou un quart de mille dans les averses de neige et ces conditions peuvent persister durant quelques heures.

Il se produit, en moyenne, de 16 à 20 orages par saisons. On en observe souvent durant l'été, leur fréquence est maximale en juillet et ils se produisent rarement en dehors de la période allant de mai à septembre. Les orages de masse d'air largement dispersés sont fréquents, bien que des lignes d'activité orageuse mieux organisées accompagnent souvent le passage de fronts froids.

Deux ou trois fois par mois en moyenne, il se forme du brouillard qui réduit la visibilité à moins d'un demi-mille. On observe du brouillard plus souvent vers la fin de l'été et au début de l'hiver, quand les lacs et les rivières sont encore libres, et beaucoup moins souvent après la prise des glaces. Le brouillard de rayonnement est le plus commun mais de temps à autres, il se forme aussi du brouillard glacé près de ces localités en hiver, quand les conditions sont froides et calmes. Les gaz d'échappement des moteurs d'avion peuvent rapidement provoquer la formation de brouillard glacé, et la visibilité à l'aéroport s'en trouve temporairement réduite.

North Bay - Sudbury - Sault Ste. Marie - Wawa - Marathon



Carte 4-10 - North Bay - Sudbury - Sault Ste. Marie - Wawa - Marathon

Le Bouclier canadien s'élève progressivement dans le sud pour former une bordure, ou une ligne de partage des eaux, autour des rives nord des lacs Supérieur, Huron et Nipissing. Ce terrain accidenté et plus élevé s'étend vers l'est en direction de la frontière du Québec, où il se trouve profondément entaillé par la vallée de l'Outaouais. Le plus haut sommet en Ontario, 2275 pieds au-dessus du niveau de la mer, se trouve à environ 45 milles au nord de Sudbury.

De façon générale, le vent provenant du quadrant nord remonte la pente au nord

de la ligne de partage des eaux, alors que le vent provenant du quadrant sud remonte la pente au sud de cette même ligne. Les circulations ascendantes produisent souvent une couverture nuageuse fragmentée au-dessus de ce terrain plus élevé. La subsidence du côté sous le vent est plus prononcée au sud de la ligne de partage dans une circulation du nord, ce qui entraîne souvent la dissipation des nuages et du brouillard dans un corridor allant d'un point au sud de North Bay à Sudbury et à Sault Ste. Marie. Les effets de la subsidence sont beaucoup moins prononcés à Marathon et à Wawa, où l'on observe plus souvent des nuages bas et du brouillard durant des périodes prolongées.

Les vents dominants soufflent généralement de l'ouest ou du sud-ouest durant l'été et virent au nord-ouest en hiver, alors que les vents de l'est sont les moins fréquents et les moins forts. Une exception remarquable à cette règle se produit à Sault Ste. Marie, où les vents sont canalisés entre le terrain qui s'élève au nord-ouest de l'aéroport et la rivière St. Mary's au sud. Il en résulte que les vents ont une vitesse plus élevée et une direction dominante de l'est.

Un autre cas notable de canalisation du vent survient dans la vallée qui va en se rétrécissant autour du lac Témiscamingue. Quand le vent souffle du nord-ouest à 10 ou 15 nœuds à Earlton, les pilotes signalent des vents de 25 nœuds ou plus et de la turbulence modérée occasionnelle près de l'extrémité sud du lac, là où il se rétrécit pour former la rivière des Outaouais.

La convection et les précipitations d'effet de lac peuvent être très intenses sous le vent des Grands Lacs, en particulier quand la direction du vent favorise une longue course de l'air au-dessus de l'eau libre. Cette eau libre peut produire une dépression thermique ou un creux thermique à un endroit où la convergence aide à produire des averses de neige qui durent longtemps. C'est le cas le long de la côte nord-est du lac Supérieur, au nord de Sault Ste. Marie (qui reçoit plus de 300 centimètres de neige annuellement) et au-dessus du terrain qui s'élève à l'est de la baie Georgienne. Dans une moindre mesure, la convection et les précipitations d'effet de lac se produisent le long des rives nord des lacs Huron et Nipissing quand la circulation est du sud ou du sud-ouest. Ces conditions occasionneront souvent des plafonds bas et des visibilité réduites de North Bay à Sault Ste. Marie et de nombreux comptes-rendus de pilotes signalant une visibilité d'un demi-mille à un quart de mille dans les averses ou les averses de neige.

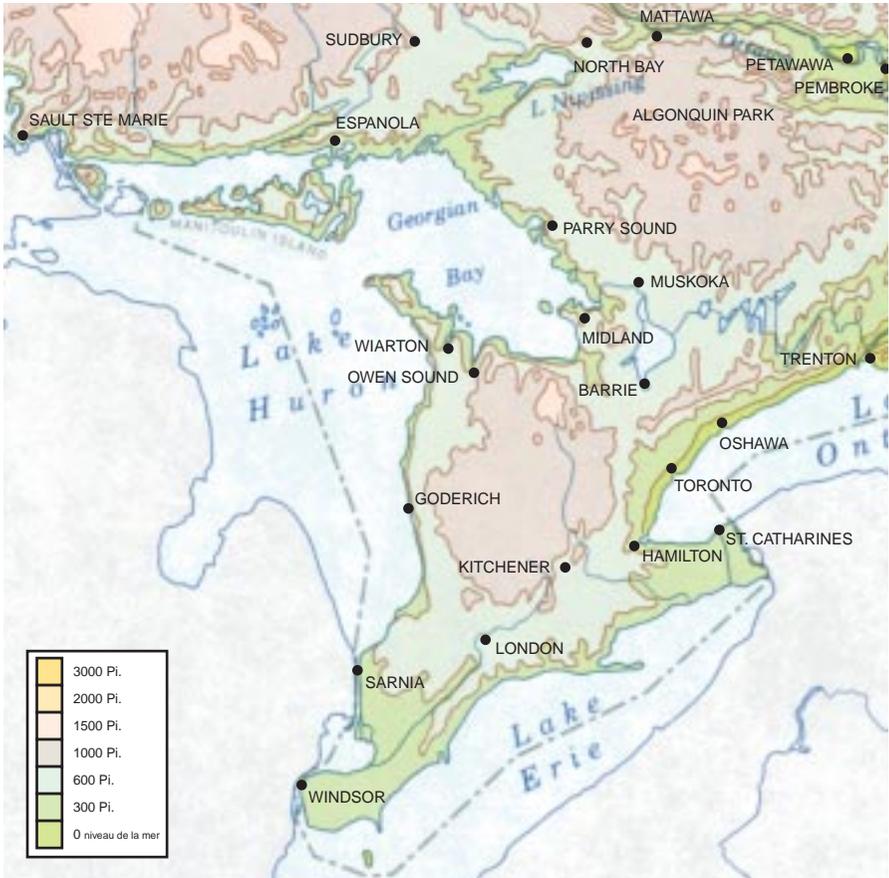
Les orages sont plus fréquents ici que dans les régions plus au nord et se produisent, en moyenne, 25 fois par saison. On en observe tout l'été, mais leur fréquence est maximale en juillet et en août et ils se produisent rarement en dehors de la période d'avril à octobre. Durant l'été, quand la masse d'air est suffisamment instable, des brises de lac engendrent souvent des nuages convectifs sur la péninsule Upper Michigan près de Sault Ste. Marie et le long des terrains en pente au nord des lacs Huron et

Nipissing, de même qu'à l'est de la baie Georgienne. Les orages, dans ces régions, se produisent le plus souvent en après-midi et tôt en soirée mais se dissipent généralement au coucher du soleil. Il se forme des orages de masse d'air largement dispersés dans la partie nord de la région suite au réchauffement diurne et des lignes organisées d'activité orageuse accompagnent souvent le passage de fronts froids.

La région qui entoure les rives nord et est des lacs Supérieur et Huron, de même que les terrains en pente adjacents, connaît souvent des périodes de stratus bas et de brouillard. En moyenne, le brouillard réduit la visibilité à moins d'un demi-mille de 4 à 8 fois par mois à Marathon et à Wawa. C'est vers la fin de l'été et au début de l'hiver que sa fréquence est la plus élevée et il peut être persistant. Du brouillard se forme typiquement sur le lac Supérieur quand la température de l'air se met à descendre en hiver. Les brises de lac ont tendance à repousser le brouillard le long des rives et des terrains inclinés à l'intérieur des terres. C'est souvent le cas à Marathon et Wawa, où une visibilité de moins d'un mille et des plafonds inférieurs à 500 pieds peuvent persister toute la journée, alors que tant les prévisionnistes que les pilotes s'attendaient à un dégagement. Les vents catabatiques froids et secs descendant les pentes ou sortant des vallées au cours de la nuit ont tendance à éroder les zones de brouillard dans les terres, mais peuvent aussi provoquer son épaissement et le pousser le long des rives, mais seulement pour qu'il soit ramené dans les terres par la brise de lac le lendemain.

La partie est de la région allant de North Bay à Mattawa est souvent touchée par des précipitations verglaçantes. Typiquement, quand il y a de la pluie verglaçante, de l'air polaire froid (température inférieure à 0 °C), en provenance d'une zone de haute pression centrée sur le sud du Québec, a préalablement envahit les vallées de l'Outaouais et de la Mattawa, et s'y trouve fermement encaissé et maintenu par les vents de surface. Alors, quand un front chaud pousse de l'air chaud au-dessus de l'air froid, il peut se former, à l'avant et le long du front, de la pluie verglaçante pendant un période de quelques heures.

Sud de l'Ontario

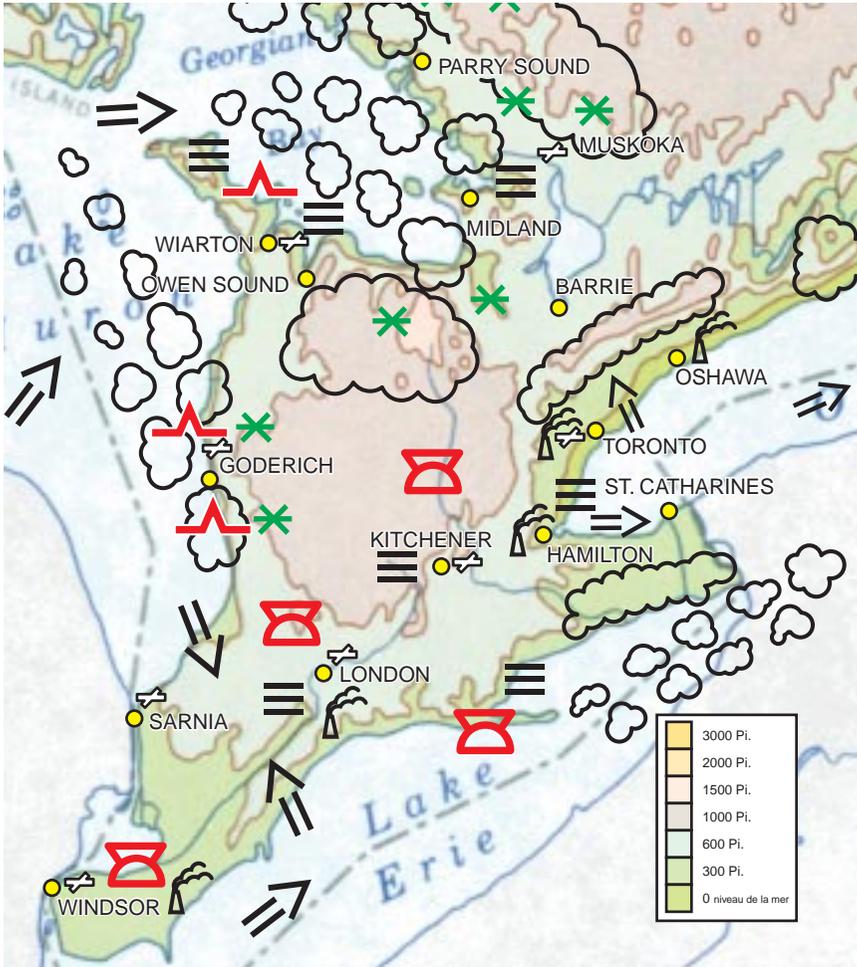


Carte 4-11 - Sud de l'Ontario

Le sud de l'Ontario présente un relief qui ressemble peu à celui du Bouclier canadien au nord-est et au nord-ouest du lac Supérieur. La majeure partie de la région du sud est presque plate ou est formée de terrains ondulés de faible élévation. En fait, seules deux régions de hautes terres atteignent des élévations de plus de 1400 pieds. Ce sont les Ontario Highlands juste à l'est du lac Huron (élévations jusqu'à 1790 pieds au-dessus du niveau de la mer), qui comprennent les collines de ski près de Collingwood, et une section du Bouclier canadien à l'est de la baie Georgienne, qui renferme le parc Algonquin (élévations jusqu'à 1925 pieds au-dessus du niveau de la mer). Alors que le sud, assez densément peuplé et fortement industrialisé, offre aux pilotes de nombreux repères terrestres, la région du Bouclier canadien à proximité du parc Algonquin renferme des sections accidentées et sauvages où il n'y a que peu de routes ou de communautés. Des pilotes ont mentionné que l'une des caractéristiques les plus faciles à voir et à reconnaître, autant du sol que des airs, dans le sud de l'Ontario est l'escarpement de Niagara. Ses flancs sont parallèles à la rive sud du lac

Ontario jusqu'à Hamilton, puis vont vers le nord jusqu'à Collingwood, vers l'ouest jusqu'à Owen Sound et enfin vers le nord le long de la péninsule Bruce jusqu'à l'île Manitoulin. L'élément qui exerce la plus grande influence sur les conditions du temps dans la région est la présence des Grands Lacs.

Windsor - London - Hamilton - St. Catharines - Buttonville - Muskoka



Carte 4-12 - Windsor - London - Hamilton - St. Catharines - Buttonville - Muskoka

Durant l'hiver, il se forment fréquemment de la convection et des précipitations d'effet de lac le long des terrains en pente au sud-est du lac Huron et de la baie Georgienne. Quand la circulation est du nord-ouest, avant que les lacs ne gèlent, ces régions peuvent recevoir de fortes chutes de neige et connaissent souvent plus de 75 jours de neige annuellement. Des aéroports comme ceux de Muskoka et de Barrie se trouvent dans cette ceinture de neige et les pilotes signalent souvent des visibilitées

inférieures à un demi-mille dans ces conditions. Les régions sous le vent des lacs mais du côté descendant des terrains élevés, comme la partie est du parc Algonquin vers Pembroke, Toronto et Hamilton, subissent parfois des chutes de neige d'effet de lac quand prévaut une forte circulation du nord-ouest. Ceci est beaucoup moins fréquent, cependant, et ces régions en pente descendante reçoivent en général moins de la moitié de la neige qui tombe à Muskoka et à Barrie. C'est aussi le cas pour St. Catharines qui, bien que située à seulement 30 milles de Buffalo, reçoit beaucoup moins de neige.

Il se forme souvent des plafonds de stratus bas dans une circulation ascendante au nord et à l'est de London. Les pilotes qui volent entre London et Toronto rencontrent fréquemment des plafonds plus bas que prévus à mesure que l'élévation augmente, alors même qu'à Toronto et à London, les conditions de plafond et de visibilité sont bonnes.

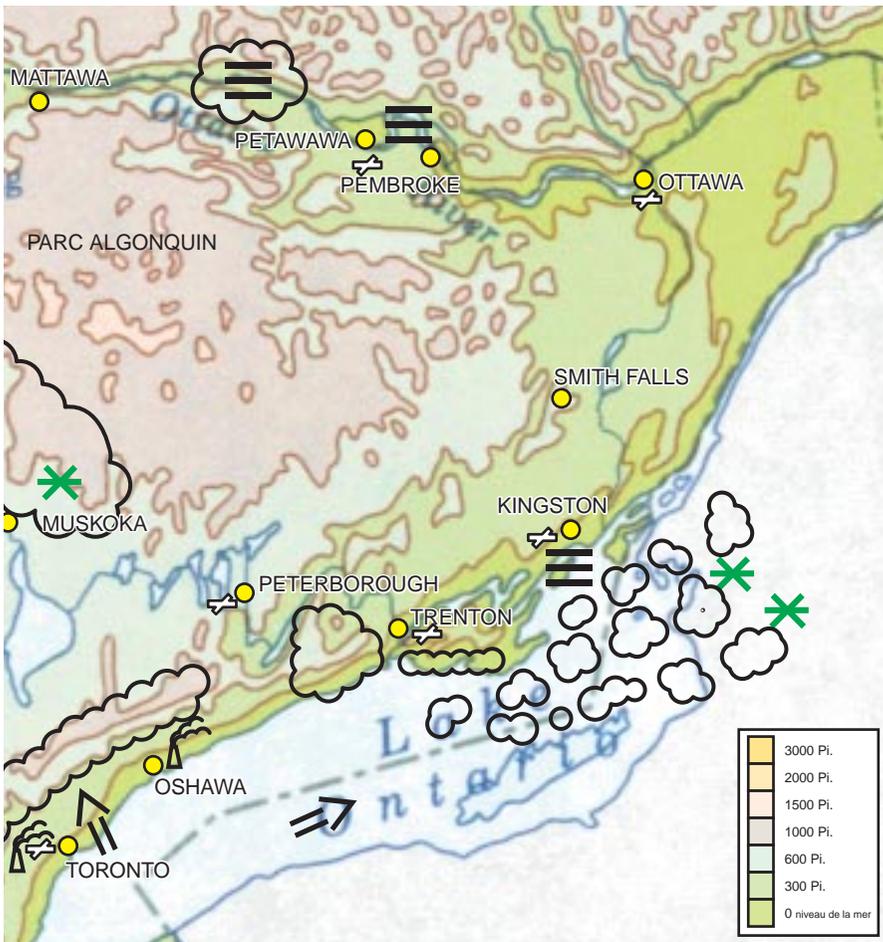
Les orages se produisent plus souvent dans le sud-ouest de l'Ontario que n'importe où ailleurs dans la région; on en dénombre, en moyenne, de 25 à 30 par saison, et 35 dans un corridor allant de Windsor à London et jusqu'à l'ouest de Toronto. Les orages se forment souvent le long des fronts de brise de lac, quand l'air froid du lac s'avance vers l'intérieur des terres et soulève l'air chaud qui se trouve au-dessus de la terre. Il est fréquent que des fronts de brises de lac qui arrivent du lac Érié au sud et du lac Huron au nord convergent dans le sud-ouest ontarien, ce qui rend compte du nombre élevé et parfois du caractère violent des orages dans cette région. Il s'en produit tout l'été, avec une fréquence plus élevée en juin et en juillet, mais il s'en produit rarement pendant le reste de l'année. Au cœur de la saison de convection, des orages forts accompagnés de tornades se produisent ici plus fréquemment que n'importe où ailleurs au Canada. Il se produit aussi des trombes marines, en particulier sur le lac Érié, et elles sont plus fréquentes à la fin d'août et en septembre qu'à d'autres temps de l'année. En fait, on n'en observe presque jamais en juillet.

La brume sèche est chose courante dans cette région en été et elle réduit fréquemment la visibilité à moins de 5 milles. Il s'en forme souvent sous une crête de haute pression persistante, quand une faible circulation dans la masse d'air permet l'accumulation d'aérosols et de particules provenant des industries et des véhicules moteur dans l'air stable qui couvre les eaux froides du lac Ontario et du lac Érié. Les brises de lac transportent la brume sèche à l'intérieur des terres, ce qui peut réduire la visibilité; la nuit, par contre, les brises de terre améliorent généralement la situation. Les pires conditions de brume sèche se produisent habituellement après une période prolongée de haute pression et ces conditions s'améliorent considérablement, en général, après le passage d'un système frontal. Un bon exemple du danger que peut présenter la brume sèche nous a été rapporté par un pilote qui, en volant le long de la rive nord du lac Érié dans les pires conditions de brume sèche, avait suivi la rive de Long Point (au sud de London) jusque vers le centre du lac, où il a perdu le contact avec la sur-

face. Ce « voile blanc » se produit quand l'eau et le ciel deviennent indiscernables et qu'on perd l'horizon.

C'est à la fin de l'été et au début de l'hiver que le brouillard est le plus mauvais, accompagnant souvent des précipitations frontales ou se formant suite à un refroidissement par rayonnement. En moyenne, le brouillard réduit la visibilité à moins d'un demi-mille aux aéroports de la région de 2 à 5 fois par mois. Du brouillard d'évaporation se forme souvent au-dessus des lacs avec l'arrivée des masses d'air froid et sec de l'hiver. De plus, du brouillard apparaît parfois sur les lacs au printemps quand de l'air chaud et humide se refroidit au contact de l'eau froide des lacs.

Peterborough - Trenton - Kingston - Ottawa



Carte 4-13 - Peterborough - Trenton - Kingston - Ottawa

L'hiver peut être exécrable dans cette partie de l'Ontario. La pluie verglaçante n'est

pas très fréquente dans la région des Grands Lacs et il s'en forme surtout durant la période de décembre à mars. On en observe rarement en dehors de la période de novembre à avril. Presque la moitié de tous les événements de pluie verglaçante ont une intensité faible, touchent une assez grande région, ne durent qu'une heure ou deux et sont liés au passage d'un front chaud. Cependant, le danger de givrage d'avion peut être sérieux. En Ontario, c'est dans un corridor partant de la vallée du Saint-Laurent et allant vers le sud-ouest jusqu'aux environs de Windsor que la pluie verglaçante se produit le plus fréquemment. À l'intérieur de ce corridor, c'est la section est, allant d'Ottawa à Kingston, qui revendique la palme de la fréquence la plus élevée de pluie verglaçante et du plus grand nombre d'événements de pluie verglaçante prolongés.

Plusieurs scénarios différents peuvent mener à de la pluie verglaçante dans la région mais le plus commun implique l'établissement préalable d'air froid près de la surface en provenance d'une zone de haute pression centrée dans le sud du Québec. Dans ce cas, les vents de surface soufflent habituellement de l'est ou du sud-est et répandent de l'air froid dans les vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais alors qu'au sud de la région, les vents sont du sud ou du sud-ouest. La prochaine étape du scénario met en jeu un front chaud accompagnant un système de basse pression migrateur qui s'approche par le sud-ouest sur la trajectoire des tempêtes hivernales. Quand un front se déplace vers le nord-est à l'avant d'un système de basse pression migrateur, il se forme habituellement de la pluie verglaçante à proximité et au nord de la surface frontale chaude.

Plusieurs facteurs contribuent à la plus grande fréquence et la plus grande durée des événements de pluie verglaçante dans le sud-est de l'Ontario, comparativement aux autres régions. Tout d'abord, il y a souvent moins d'humidité disponible pour former des précipitations étendues dans l'ouest, car la source d'humidité à bas niveau pour les dépressions qui s'approchent du sud-ouest est le lointain golfe du Mexique. Deuxièmement, les dépressions qui arrivent au-dessus des Grands Lacs ralentissent souvent, ce qui leur permet de soutirer de la chaleur et de l'humidité dans les bas niveaux aux eaux libres des Lacs ou à la côte atlantique. Cette humidité se trouve alors injectée dans la masse d'air du front chaud et s'élève au-dessus de l'air froid confiné dans les vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais, ce qui prolonge les périodes de pluie verglaçante. Finalement, les vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent, de même que les Appalaches qui s'élèvent au sud, ont tendance à bloquer et à canaliser l'air polaire et à maintenir à l'est du lac Ontario la couche de surface de température inférieure à zéro dans laquelle la pluie verglaçante se forme.

La convection et les précipitations d'effet de lac peuvent être très prononcées à l'est du lac Ontario, quand la circulation est de l'ouest ou du sud-ouest. Dans ces conditions, le terrain en pente ascendante entre Cobourg et Trenton ainsi que dans la plus grande partie du comté Prince Edward au sud-est de Trenton connaîtront souvent des plafonds plus bas et de plus faibles visibilitées à cause des averses de neige. C'est aussi

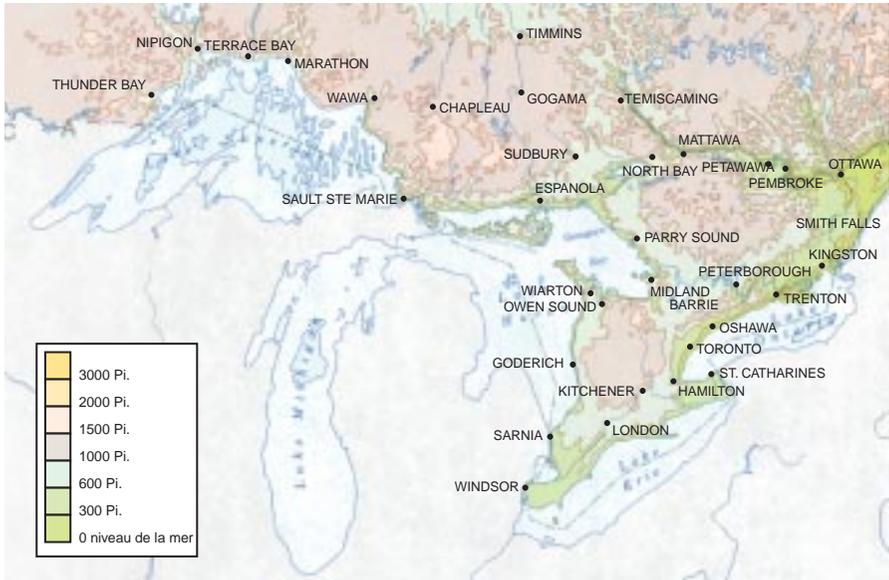
le cas pour les terrains inclinés au nord-est de Trenton ainsi qu'au nord et au nord-ouest de Kingston. Les régions où la neige d'effet de lac produit les plus fortes accumulations et pose les plus sérieux problèmes à l'aviation, en ce qui a trait aux plafonds bas et aux mauvaises visibilités, se trouvent cependant au sud de la frontière canadienne, près de Syracuse et de Watertown dans l'État de New York.

Avec l'été reviennent les orages, qui se produisent en moyenne de 24 à 30 fois par saison dans le sud-est de l'Ontario. De façon générale, c'est en juillet et en août que l'on observe le plus grand nombre d'orages et ils sont beaucoup plus rares d'octobre à avril. Durant l'été, les brises de lac amorcent fréquemment un écoulement ascendant le long de la rive nord du lac Ontario, ce qui entraîne la formation de nuages convectifs durant l'après-midi. Quand la masse d'air est suffisamment humide et instable, il se forme, l'après-midi, des orages le long de la moraine d'Oak Ridges et du terrain ascendant au nord-ouest de Trenton jusqu'à Smith Falls. Les vents de l'ouest entraînent généralement les cellules vers l'est durant l'après-midi. Les orages se dissipent habituellement quelques heures après le coucher du soleil. Les orages nocturnes sont normalement liés au passage d'un front froid au cours de la nuit. Selon certains pilotes, un corridor assez dégagé durant les jours de convection demeure généralement ouvert aux vols est-ouest le long de la rive du lac Ontario, alors que plus au nord, il faut contourner plus souvent les CB.

De la brume sèche couvre fréquemment cette région en été, mais les pires conditions s'observent habituellement près des centres industriels le long du Saint-Laurent et de la rive nord du lac Ontario. La brume sèche réduit occasionnellement la visibilité à moins de cinq milles et, plus rarement, à moins de trois milles. Elle se forme habituellement sous une crête de haute pression persistante, quand une faible circulation dans la masse d'air permet l'accumulation d'aérosols et de particules provenant des industries et des véhicules moteur dans l'air stable qui couvre les eaux froides du lac Ontario ou qui se trouve confiné dans la vallée du Saint-Laurent. Les brises de lac transportent la brume sèche à l'intérieur des terres durant l'après-midi, ce qui peut réduire considérablement la visibilité. La nuit, par contre, les brises de terre améliorent généralement la situation. Les pires conditions de brume sèche se produisent habituellement après une période prolongée de haute pression et ces conditions s'améliorent considérablement, en général, après le passage d'un système frontal.

C'est à la fin de l'été et au début de l'hiver que le brouillard est le plus mauvais, accompagnant souvent des précipitations frontales ou se formant suite à un refroidissement par rayonnement. En moyenne, le brouillard réduit la visibilité à moins d'un demi-mille aux aéroports de la région de 2 à 5 fois par mois. Du brouillard d'évaporation se forme souvent au-dessus des lacs avec l'arrivée des masses d'air froid et sec de l'hiver. De plus, du brouillard apparaît parfois sur les lacs au printemps quand de l'air chaud et humide se refroidit au contact de l'eau froide des lacs.

Les Grands Lacs



Carte 4-14 - Les Grands Lacs

Comme nous l'avons mentionné au chapitre 3, le bassin des Grands Lacs est l'un des endroits les plus fréquentés par les systèmes de basse pression migrateurs, et donc les Grands Lacs et les terrains adjacents sont souvent touchés par les conditions qui accompagnent ces systèmes. Les vents les plus forts dans la région des Grands Lacs surviennent en avril et en mai puis, plus tard, de septembre à novembre, quand de profondes dépressions s'approchent par le sud-ouest, se creusent au-dessus des lacs et produisent des gradients de pression très marqués et des fronts très actifs.

C'est dans la région inférieure des Grands Lacs que les systèmes frontaux sont les plus actifs au printemps et dans la région supérieure à l'automne. Les dépressions printanières actives qui passent au-dessus du lac Huron en entraînant des fronts chauds et des fronts froids engendrent souvent de forts vents du sud en s'approchant, et les conditions de plafond et de visibilité se détériorent rapidement dans les averses et la brume. Une brusque saute du vent qui se met à souffler du sud-ouest ainsi qu'une amélioration des plafonds et de la visibilité marquent typiquement le passage du front chaud. Il peut s'écouler plusieurs heures avant que des lignes de grains avec des orages et de forts vents en rafales n'annoncent l'arrivée d'un front froid actif à l'arrière. Le front froid, d'autre part, apporte habituellement d'autres nuages convectifs, des averses et des vents forts qui se mettent subitement à souffler du nord-ouest. Le passage d'un front froid au-dessus des lacs peut ne pas entraîner l'amélioration des conditions de vol à laquelle on s'attend souvent après le passage d'un front froid au-dessus de la terre. Lorsqu'une intense tempête se produit en automne, de fortes poussées d'air

polaire froid derrière un front froid peuvent amener certains des plus forts vents de la tempête. De plus, une convection intense apparaît souvent quand de l'air froid balaie une grande étendue d'eau libre et relativement chaude. Ceci peut produire une forte turbulence, des plafonds bas et des visibilités réduites dans les chutes de neige d'effet de lac qui s'étendent souvent sur plusieurs milles à l'intérieur des terres sous le vent des lacs.

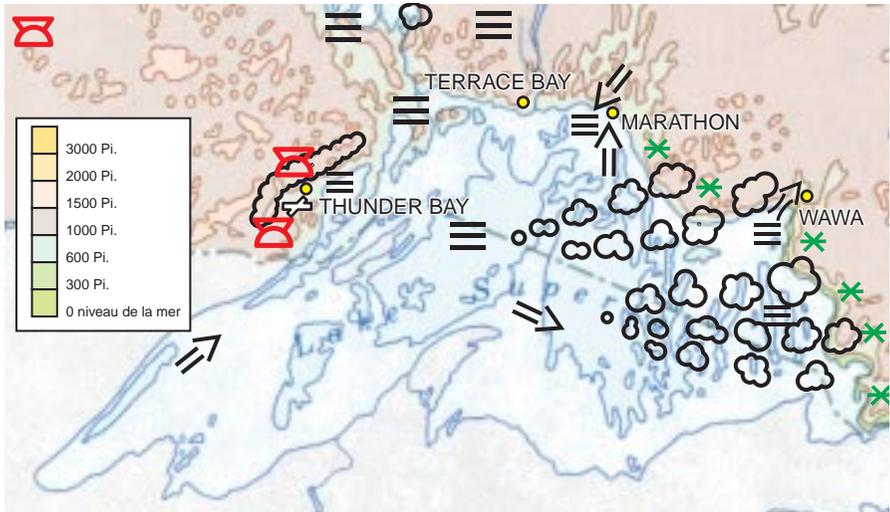
Le phénomène météorologique qui a la réputation de nuire le plus souvent aux opérations aériennes dans la région des Grands Lacs est le brouillard. D'avril à novembre, le bassin des Grands Lacs est touché par du brouillard qui peut se former de différentes façons. Le brouillard marin, ou brouillard d'advection, est le plus fréquent et se forme quand l'humidité présente dans de l'air chaud se condense au-dessus d'une surface d'eau froide. Ce type de brouillard s'observe souvent sur les lacs Supérieur et Huron, qui sont profonds et dont les eaux demeurent froides tout l'été sous l'effet de remontées d'eau. De gros bancs de brouillard d'advection ont tendance à se former autour du lac Supérieur, même quand l'été est bien entamé. Des vents de l'ouest ou du sud-ouest poussent souvent ces bancs de brouillard sur les rives nord et est, ce qui crée des difficultés à des endroits comme Terrace Bay, Marathon et Wawa. Le brouillard d'advection peut persister plusieurs jours, même quand les vents sont modérés, mais s'élève habituellement après le passage d'un front froid.

Le brouillard frontal se forme dans les masses d'air humide emprisonnées sous une inversion de front chaud. Il est souvent pire au-dessus des lacs qu'au-dessus du terrain environnant. Les pilotes de l'endroit recommandent la prudence quand il faut traverser les lacs depuis les aéroports situés à proximité dans des conditions de visibilité minimale. Le brouillard frontal se dissipe souvent durant les heures qui suivent le passage du front chaud.

Durant l'hiver, habituellement de la mi-décembre jusqu'en février, de la fumée de mer accompagne fréquemment l'air arctique très froid qui passe au-dessus de l'eau libre. La fumée de mer, aussi appelée fumée de mer arctique, peut s'élever jusqu'à plusieurs centaines de pieds au-dessus de la surface de l'eau.

Des pilotes ont indiqué que, la plupart du temps, la fumée de mer rase la surface et peut être évitée mais, si l'on est forcé de voler dedans par des plafonds bas, elle peut rapidement produire un givrage notable.

Le lac Supérieur



Carte 4-15 - Le lac Supérieur

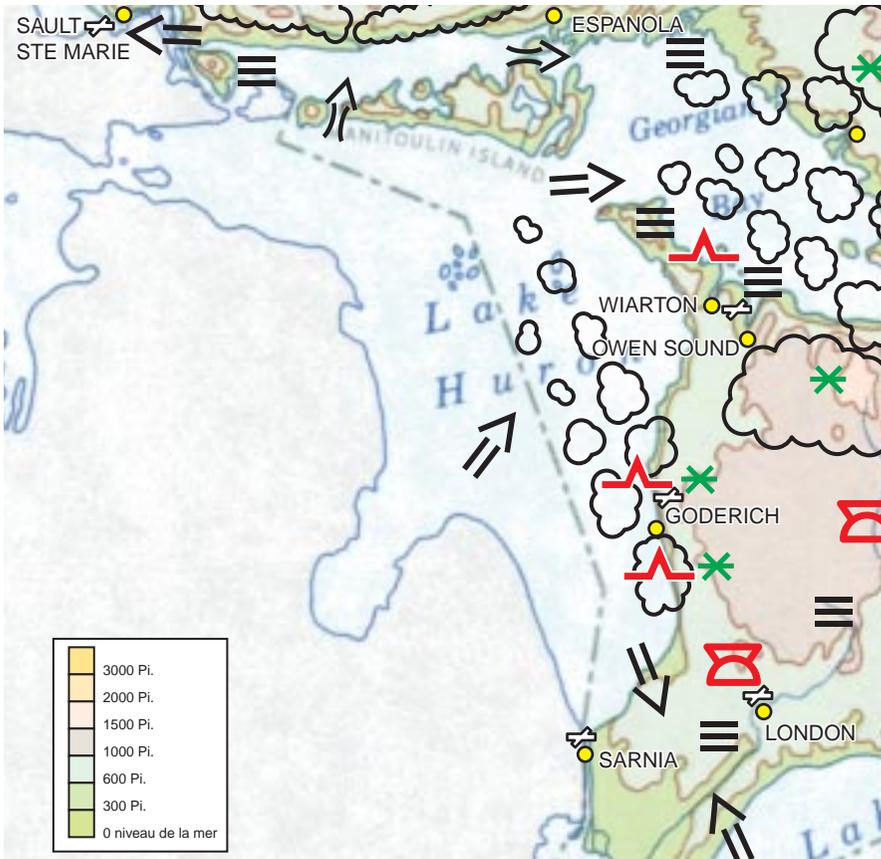
Le lac Supérieur, avec une superficie de plus de 82 000 kilomètres carrés, est le plus grand et le plus profond des Grands Lacs. Dans la partie ouest du lac, d'Isle Royale à Deluth, les vents dominants sont du nord-est ou du sud-ouest. Dans le centre du lac et dans sa partie est, de Thunder Bay à la baie Whitefish, les vents dominants sont du nord-ouest. Le lac Supérieur est le plus froid des Grands Lacs, ses eaux ne se réchauffant qu'entre 10 et 14 °C. Le brouillard est fréquent au-dessus de la surface froide du lac tout l'été et dérive souvent à l'intérieur des terres sous l'effet des brises de lac pour créer des ennuis aux aéroports situés à proximité. Juin est le pire moment pour le brouillard; les bancs de brouillard deviennent une caractéristique presque permanente près du lac, de Thunder Bay à Sault Ste. Marie.

En automne et en hiver, les vents autour du lac sont souvent de 10 à 15 nœuds plus forts qu'au-dessus de la terre, stimulés par la convection qui se forme au-dessus de la surface comparativement chaude du lac.

En interagissant avec le terrain raboteux du Bouclier canadien qui borde le rivage, des vents modérés à forts produiront souvent des zones de turbulence mécanique à basse altitude.

Bien que les orages ne soient pas rares dans le lac Supérieur, ils se produisent généralement au passage d'un front froid. Les orages qui se sont formés au-dessus de la terre chaude ont tendance à perdre de leur force ou à s'éteindre complètement quand ils s'aventurent au-dessus des eaux froides du lac. La convection le long des fronts froids, qui balayent typiquement le lac d'ouest en est, est normalement beaucoup plus faible lorsqu'elle atteint la rive est.

Le lac Huron



Carte 4-16 - Le lac Huron

Le lac Huron a une superficie de plus de 59 000 kilomètres carrés. Sa rive orientale, le long de la baie Georgienne, est parsemée de petites localités alors qu'à l'intérieur des terres s'étend la campagne de Muskoka. Les vents dominants dans la baie Georgienne sont du nord-ouest mais, en raison du grand nombre d'îles, de détroits et d'affluents à proximité de la ligne de rivage, les vents locaux sont remarquablement variables. La vitesse des vents dans les Thirty Thousand Islands dépasse souvent celle des vents qui soufflent au-dessus des eaux libres, à cause des effets d'entonnoir et de canal entre les îles.

De forts vents de l'ouest soufflent souvent à l'entrée de la baie Georgienne, entre l'île Manitoulin et Tobermory, où ils subissent un effet d'entonnoir à travers le détroit. Les eaux froides de la profonde section centrale donnent souvent naissance à du brouillard dans cette région au printemps et en été.

Des falaises abruptes définissent le côté est de la péninsule Bruce jusqu'à Wiarton

et Owen Sound, qui se trouvent au fond de baies escarpées. De forts vents du sud-ouest peuvent rendre un vol assez cahoteux dans cette région sous l'effet de la turbulence mécanique.

En hiver, les terrains en pente ascendante au sud de la baie Georgienne entre Meaford et Collingwood jusqu'à Midland et Parry Sound sont souvent le lieu d'intenses chutes de neige d'effet de lac, de plafonds bas et de visibilités réduites quand la circulation est du nord-ouest.

C'est généralement au passage d'un front froid que les orages se produisent dans la baie Georgienne. Les invasions d'air froid, entre août et octobre, peuvent aussi entraîner la formation de trombes marines.

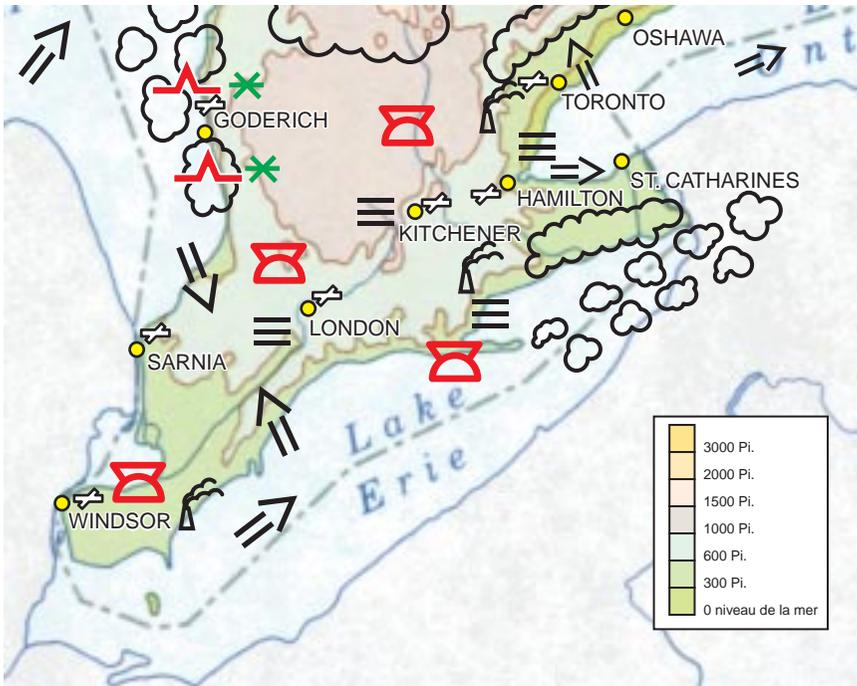
Les vents dominants dans le sud du lac Huron sont du sud ou du sud-ouest. La rive, de Sarnia à Goderich, Port Elgin et vers le nord, est exposée à des vents qui ont fait une longue course sur le lac. En été, leur vitesse moyenne est de 15 nœuds mais en hiver ils peuvent atteindre 50 nœuds lors des plus fortes tempêtes. Quand les vents sont forts le long de la côte, la turbulence mécanique peut rendre un vol assez chahuté.

Les orages sont plus fréquents dans la région du sud du lac Huron et, à cause de la température plus élevée de l'eau, ont tendance à davantage conserver leur intensité. Les trombes marines sont courantes entre le mois d'août et la fin d'octobre, accompagnant habituellement la convection lors des invasions d'air froid.

Les eaux froides du lac Huron donnent lieu à un autre effet remarquable. Il existe, sur une distance de 20 milles dans les terres à partir de la rive est du lac, à la fin du printemps et au début de l'été, une « zone d'ombre » du lac dans laquelle se forment de petits cumulus, à cause du dôme d'air froid qui dérive à cet endroit depuis le lac. Les cumulus commencent à se former le long du côté est de ce dôme et souvent les régions à l'est de cette ligne sont couvertes de nuages fragmentés alors que les régions à l'ouest ont seulement des nuages épars ou un ciel clair. De même, les précipitations sont moindres dans l'ombre du lac en mai et en juin, mais c'est l'inverse qui est vrai à l'automne.

Le North Channel et l'île Manitoulin sont exposés à des vents dominant de l'ouest. Le vent, qui subit un effet d'entonnoir entre les îles et la terre ferme, augmente nettement d'intensité dans la région d'Espanola. C'est aussi le cas dans les détroits Mississagi et Detour de l'île Manitoulin, des régions bordées par des côtes élevées. Le brouillard est moins répandu dans le North Channel que dans le nord du lac Huron au printemps et en été, à cause de la température plus élevée de l'eau. Si ces eaux plus chaudes nuisent au brouillard, elles favorisent en retour une convection plus intense, ce qui fait que les orages sont plus nombreux à cet endroit qu'au-dessus des eaux froides de la partie centrale du lac.

Le lac Érié

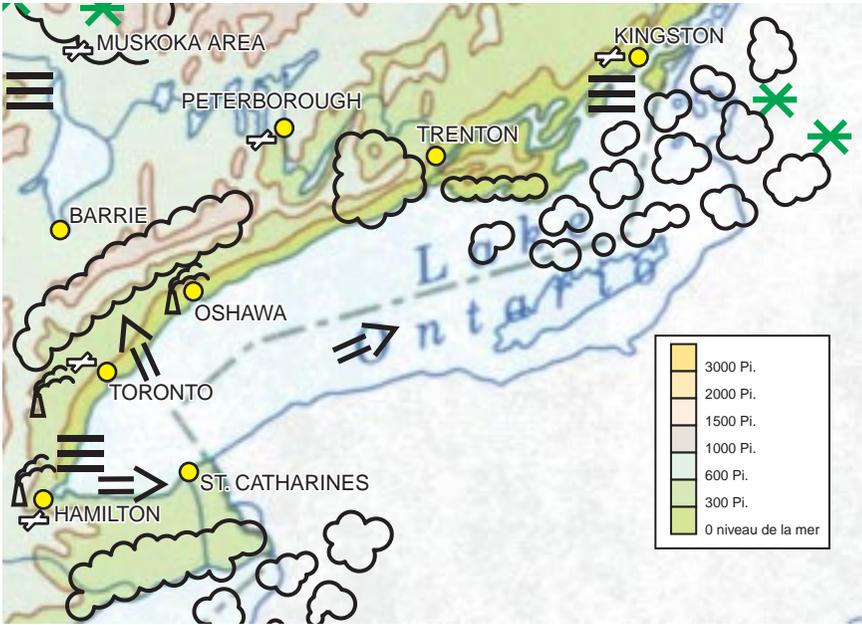


Carte 4-17 - Le lac Érié

Le lac Érié est légèrement plus grand que le lac Ontario mais il est beaucoup moins profond et beaucoup plus chaud. La température de l'eau près de l'extrémité ouest du lac Érié peut dépasser les 24 °C. Le terrain en pente douce de chaque côté du lac canalise jusqu'à un certain point les vents dans le sens de sa longueur, c'est-à-dire de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est. Il en résulte que les vents dominants sont du sud-ouest. La vitesse moyenne des vents durant l'année est de 10 à 15 nœuds, bien qu'un effet d'entonnoir produise des vents plus forts à l'extrémité est du lac. La convergence le long des rives fait aussi que les vents de l'est le long de la rive nord et les vents de l'ouest le long de la rive sud sont plus forts que les vents dominants.

Le temps violent est plus commun sur le lac Érié que sur n'importe quel autre des Grands Lacs. On observe des orages forts de 8 à 10 jours chaque été et des trombes marines, de 4 à 6 jours annuellement entre la fin-juillet et octobre, surtout près de l'extrémité sud-ouest du lac. Du côté positif, étant donné qu'il se réchauffe rapidement, le lac Érié occasionne moins de brouillard que les autres lacs et on n'en observe que rarement durant l'été après le mois de juin. La région qui entoure Long Point et la baie Inner est la plus fréquemment touchée par les orages et les trombes marines.

Le lac Ontario



Carte 4-18 - Le lac Ontario

Avec une superficie de près de 19 000 kilomètres carrés, le lac Ontario est le plus petit des Grands Lacs. Il ne gèle pas complètement en hiver et les grandes surfaces d'eau libre qu'il continue de présenter donnent souvent lieu à des chutes de neige d'effet de lac sous le vent du lac à Syracuse et Watertown. Des brises de lac bien senties se forment le long des rives du lac Ontario, en particulier dans la région de Toronto, où d'importantes différences de température s'établissent entre l'îlot de chaleur urbain et les eaux froides du lac.

Dans des conditions stables, comme sous une forte crête de haute pression ou lorsque arrive de d'air tropical en provenance du golfe du Mexique, les polluants peuvent s'accumuler dans l'air stagnant devenu plus frais et plus humide au-dessus du lac et réduire la visibilité. Durant les nuits claires et calmes, le drainage de l'air froid fait naître une légère circulation du nord à l'est de l'escarpement de Niagara.

L'extrémité ouest du lac Ontario abrite les centres urbains et industriels d'Hamilton, Burlington et St. Catharines. Les vents de l'ouest sont souvent canalisés par la rive sud du lac. Ils remontent aussi les pentes le long des terres inclinées et des versants abrupts de l'escarpement de Niagara, de Burlington à Beamsville. Durant l'été, des orages se forment souvent dans cette région et dérivent au-dessus du lac.

Dans la vallée Dundas, près d'Hamilton, les vents dominants de l'ouest l'automne et de l'est au printemps subissent souvent un effet d'entonnoir et peuvent souffler près

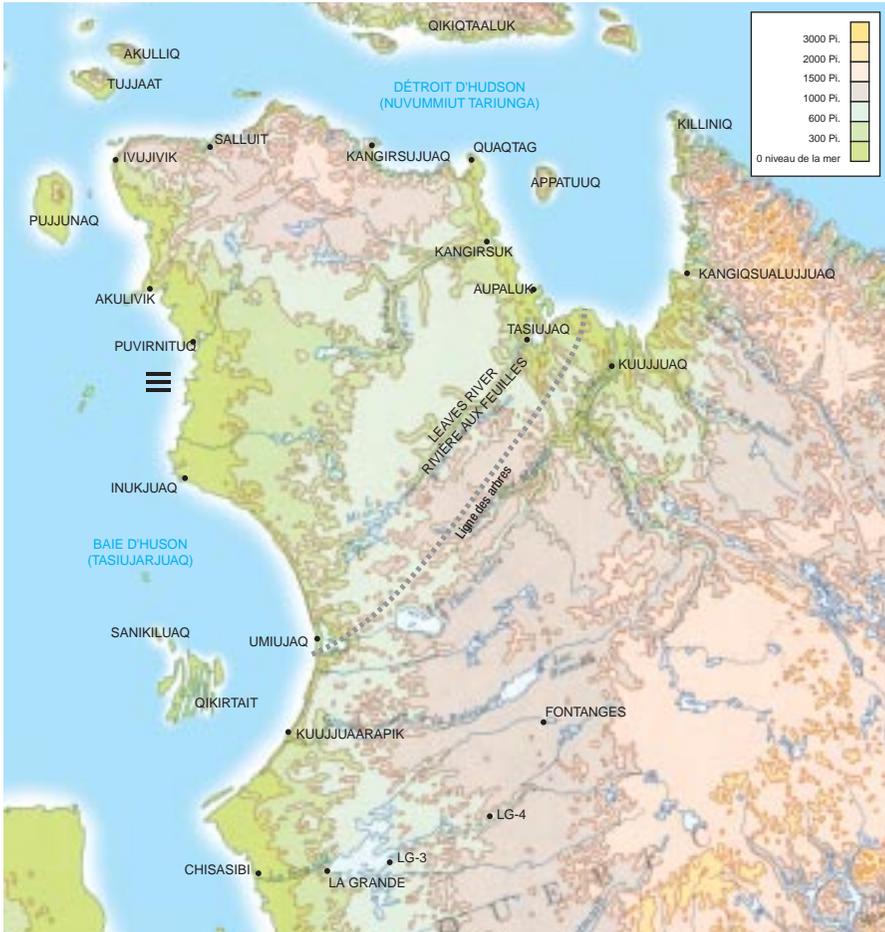
d'Hamilton à une vitesse de 50 pour cent plus élevée que dans les régions avoisinantes. La brume sèche réduit fréquemment la visibilité dans la région, souvent à moins de 5 milles dans la région d'Hamilton.

Durant l'hiver, un vent d'est en provenance du lac Ontario peut produire des chutes de neige importantes dans les régions sous le vent du lac. Au printemps, ces mêmes vents d'est peuvent produire de mauvaises visibilités dans le brouillard à l'extrémité ouest du lac durant des périodes prolongées.

L'extrémité est du lac Ontario, là où le Saint-Laurent prend naissance, est parsemée d'îles. L'effet local le plus remarquable est la canalisation des vents vers le sud-ouest ou le nord-est le long de la vallée du Saint-Laurent. Le brouillard est fréquent au printemps et réduit souvent la visibilité. Les brises de lac sont chose courante en été et elles amorcent souvent le courant ascendant qui, en conjonction avec le réchauffement diurne, produira des averses l'après-midi au-dessus des pentes réchauffées autour du lac. Les vents de coin et les vents tourbillonnants sont communs à travers les Mille-Îles, de Brockville à Kingston.

Le Québec

Le Nunavik



Carte 4-19 - Le Nunavik

Les conditions du temps dans le Nunavik sont fortement influencées par les grandes masses d'eau salée que sont la baie d'Ungava, la baie d'Hudson et le détroit d'Hudson de même que par les montagnes et les vallées fluviales. Généralement, la baie d'Ungava se couvre de glace vers la fin d'octobre ou au début de novembre et demeure englacée jusqu'à ce que la banquise s'en aille à la fin de juillet. De 1997 à 2000, cependant, la prise des glaces a été plus tardive et pendant l'hiver 2001, la baie ne s'est jamais complètement englacée. Durant cette même période, la banquise a disparu au début de juillet et le reste (petits floes, morceaux de glace échoués) vers la mi-juillet, un mois à l'avance. La prise des glaces dans la baie d'Hudson survient beaucoup plus tard, habituellement vers la fin de décembre, mais la baie ne se couvre

jamais totalement de glace, car celle-ci dérive continuellement sous l'action du vent. Près des côtes, toutefois, la glace fond en général vers la fin de juin ou au début de juillet et le reste de la glace disparaît beaucoup plus tard au cours de l'été. Quant au détroit d'Hudson, la glace commence à se former habituellement vers la fin de novembre et perdure jusqu'à ce que la banquise s'en aille à la mi-juillet, en laissant derrière elle quelques petits floes et fragments d'icebergs qui finalement disparaissent du détroit vers la fin de juillet.

(a) Saison des glaces

Si loin au nord, il vaut mieux parler de la saison des glaces, de la saison sans glace et des périodes de transition pour décrire les conditions de vol que de parler des saisons traditionnelles. Une fois que la banquise est bien établie, les conditions de vol sont généralement plus favorables, tant en ce qui concerne les plafonds que les visibilités, notamment durant les mois de février, mars et avril. Typiquement, durant cette période de l'année, un système de haute pression localisé s'établit au-dessus de la baie d'Ungava pour donner des ciels clairs et de bonnes visibilités. Ceci ne s'est pas produit en 2001, cependant. La région est encore exposée aux systèmes météorologiques synoptiques qui passent généralement d'ouest en est ou du sud-ouest vers le nord-est. En pareil cas, les conditions météorologiques qui touchent la côte est de la baie d'Hudson atteignent habituellement la baie d'Ungava 24 heures plus tard.

Des conditions de voile blanc (whiteout) peuvent se former sans réchauffement et durer pendant des jours. Les voiles blancs sont fréquents au nord de la ligne des arbres, puisqu'il y a peu de repères visibles et que l'horizon se perd facilement. Les conditions de voile blanc se généralisent dès que la terre se couvre de stratus bas. Elles ne sont nulle part aussi fréquentes qu'au-dessus du plateau Raglan, à 1900 pieds au-dessus du niveau de la mer.

En raison des vents habituellement plus forts en cette période de l'année, la turbulence devient plus fréquente au-dessus et sous le vent des terrains montagneux. Sur le plateau Raglan, on observe souvent des nuages lenticulaires (SCSL ou ACSL) à des altitudes de 6000 à 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer, ce qui est indicateur de forte turbulence d'ondes orographiques. De la turbulence mécanique modérée à forte est courante dans les vents du nord-ouest de 30 nœuds ou plus qui soufflent après le passage d'un front froid. Elle est fréquente aussi dans la péninsule d'Ungava quand les vents à 3000 pieds sont de 30 nœuds ou plus. Plus loin au sud, de la turbulence mécanique forte produite par un courant-jet à bas niveau de 40 ou 45 nœuds est souvent signalée, jusqu'à 58°N et parfois 60°N.

Le givrage peut poser problème, car la plupart des vols sont de courts relais entre des villages voisins et s'effectuent à des altitudes inférieures à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer. De bonnes quantités de givre peuvent alors s'accumuler sur les surfaces d'un avion pendant de longues périodes. Du brouillard, produisant un givrage

appréciable et pouvant réduire à zéro les plafonds et les visibilitées, se forme au-dessus de toute surface d'eau libre et dérive sur la terre ferme, poussé par le vent, durant les mois les plus froids. Du brouillard glacé peut aussi se former dans les villages, dès que les vents deviennent trop faibles pour mélanger l'air, à cause de l'humidité contenue dans la fumée émanant des maisons et des édifices.

Durant les jours très froids et dégagés, il y a fréquemment de la poudrierie basse ou élevée. Les conditions peuvent rapidement changer et constituer un voile blanc quand la visibilité diminue drastiquement dans les cristaux de glace dans les 1000 premiers pieds au-dessus de la surface. Les Inuits appellent ce phénomène « natarluk » (le « r » se prononce comme un « k »).

(b) Fin du printemps et début de l'été

L'arrivée d'air plus chaud au-dessus des surfaces couvertes de glace ou de neige provoque la formation d'épais bancs de brouillard ou de stratus bas. Des plafonds bas, des visibilitées réduites et du givre blanc ou mélangé léger à modéré sont alors fréquents. Les conditions s'améliorent quand la neige fond et que la banquise s'éloigne. Le sommet de la couche de brouillard peut se trouver à 500 pieds au-dessus du sol. Il reste généralement au-dessus de l'eau le jour mais peut dériver sur la terre ferme quand la température du sol et de l'air s'élève. Par exemple, il est courant de voir le brouillard se déplacer au-dessus de la terre le long de la rive sud de la baie d'Ungava vers 17 heures au début de mai et vers 19 heures au début de juin.

(c) Saison libre de glace

Le brouillard est l'élément prédominant du temps une fois que la glace a complètement disparu et que l'eau commence à se réchauffer. C'est du brouillard d'advection, qui occasionne des plafonds et des visibilitées pratiquement nuls. Il est habituellement si dense que les pilotes peuvent ne plus voir l'hélice de leur avion. Les mois de juillet et d'août sont généralement les pires. On observe du brouillard d'advection tout le long de la ligne de côte, de Killinik à Kuujjuaq, à Ivujivik et jusqu'à Kuujjuarapik.

Quand il pleut, c'est généralement au passage d'un système frontal. Les orages, par contre, sont rares dans le nord du Nunavik. Quand on en observe, ils sont habituellement associés à une vallée d'air chaud en altitude traversant la baie d'Hudson depuis l'ouest et ils se produisent à des altitudes plus élevées, encastrés dans des nimbostratus.

De forts vents du sud (20 à 30 nœuds) prévalent souvent pendant les mois d'été, apportant des masses d'air plus chaud. On observe fréquemment de la turbulence d'ondes sous le vent et des nuages lenticulaires sur la péninsule d'Ungava, spécialement au-dessus du plateau Raglan, à ce moment.

(d) Transition automnale, de la mi-septembre à la mi-novembre

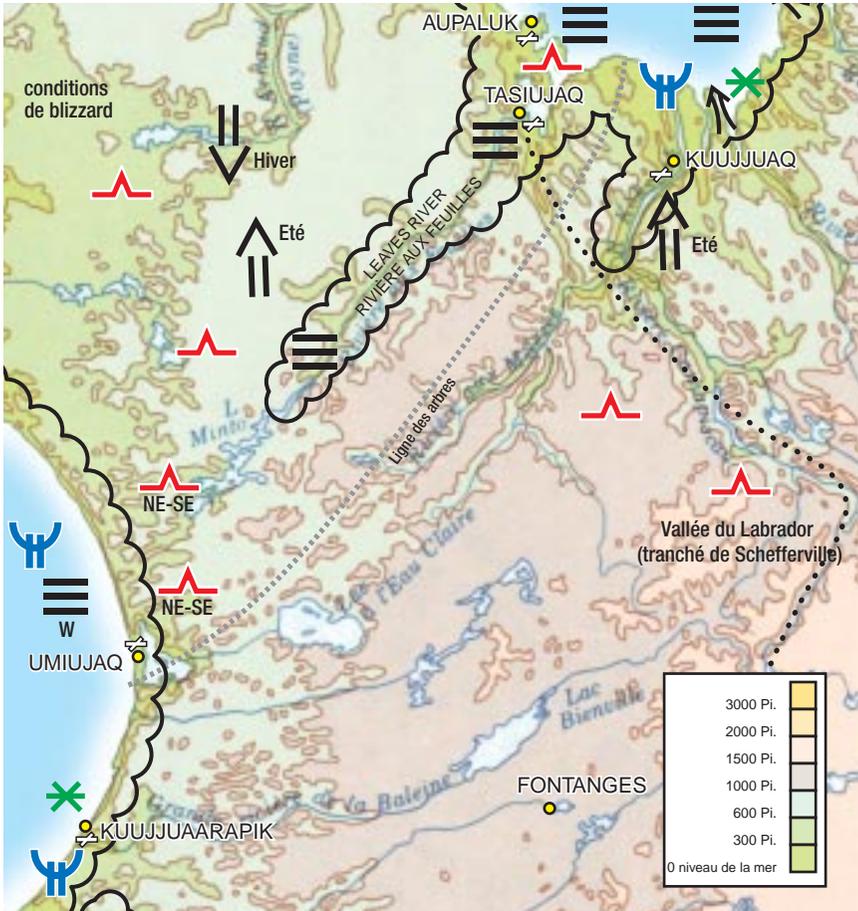
Le brouillard devient moins prédominant quand la terre se refroidit. D'autre part, le sol froid favorise la formation de bruine verglaçante, selon les systèmes météorologiques. La bruine verglaçante a tendance, alors, à se former dans les vents du large qui remontent les pentes. Le givrage est courant au-dessus de l'eau et le long de la côte. Les conditions s'améliorent plus loin dans les terres.



Photo 4-1 - Brouillard d'advection et plafond de stratus à 500 pieds près du Passage aux Feuilles

source : Peter Duncan, Inc.
Nunavik Rotors

De Kangiqsualujjuaq à Kuujjuaq

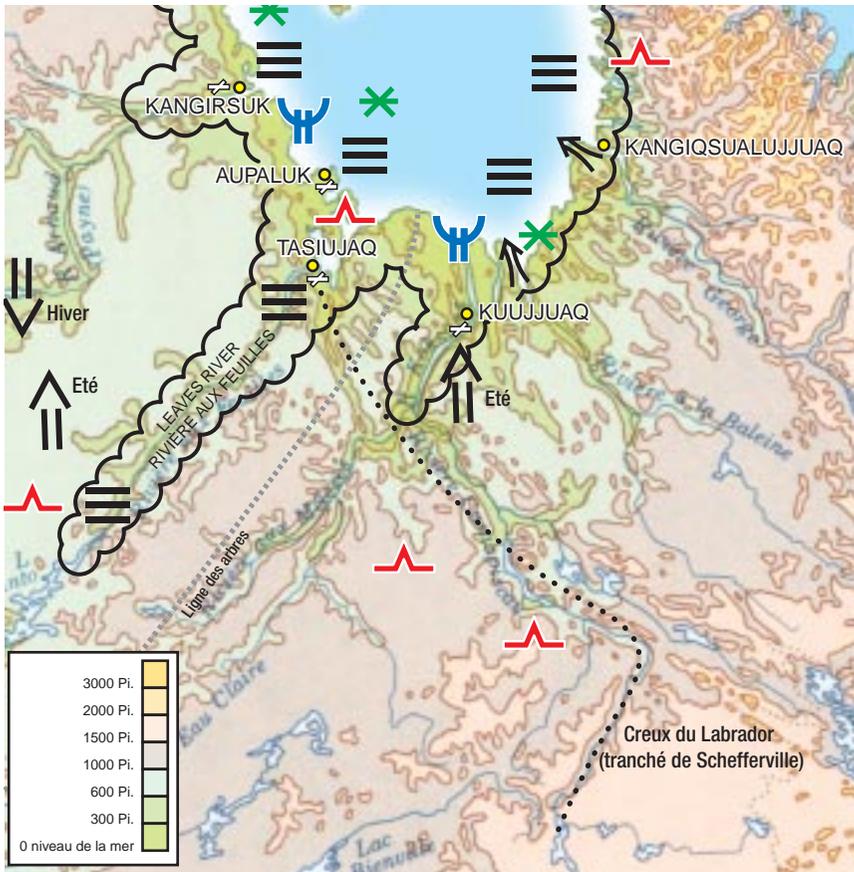


Carte 4-20 - De Kangiqsualujjuaq à Kuujjuaq

Durant la saison chaude, les vents du large produisent des plafonds et des visibilitées nuls dans du brouillard d'advection persistant. Piégé en dessous d'une inversion, ce brouillard ne se dissipe pas, quelle que soit l'intensité du soleil. Les pires conditions s'observent généralement entre la côte et le banc de la rivière George.

Durant la saison froide, il faut aussi s'attendre à un givrage dans le brouillard. Pendant les mois les plus froids, de fréquentes bourrasques de neige se forment au-dessus de la baie et se déplacent sur la côte, poussées par les vents dominants du nord-ouest. Ces bourrasques occasionnent beaucoup de givrage et de turbulence, de même que des voiles blancs. On doit s'attendre à de la turbulence forte quand les vents soufflent en travers des fjords. L'écoulement sera plus doux quand des vents forts, mais réguliers et stables, soufflent dans l'axe des fjords. De plus, de forts vents catabatiques, pouvant à l'occasion atteindre 80 nœuds, se forment parfois dans certains fjords la nuit.

Fosse du Labrador (aussi appelée fossé de Schefferville)



Carte 4-21 - Fosse du Labrador (aussi appelée fossé de Schefferville)

La fosse du Labrador part de Tasiujaq, passe par la rivière Koksoak, puis suit la rivière Caniapiscau et continue vers Schefferville. La fosse mesure environ 45 milles marins de largeur. Il se produit souvent de la turbulence mécanique modérée au-dessus de ce terrain montagneux tout au long de l'année.

Rivière aux Feuilles

La Rivière aux Feuilles, c'est-à-dire la région qui se trouve de 20 à 30 milles marins de chaque côté de la rivière, est habituellement enveloppée de brouillard ou de stratus à très basse altitude. La couverture nuageuse se forme occasionnellement en été mais est plus généralisée et persistante au printemps et à l'automne.

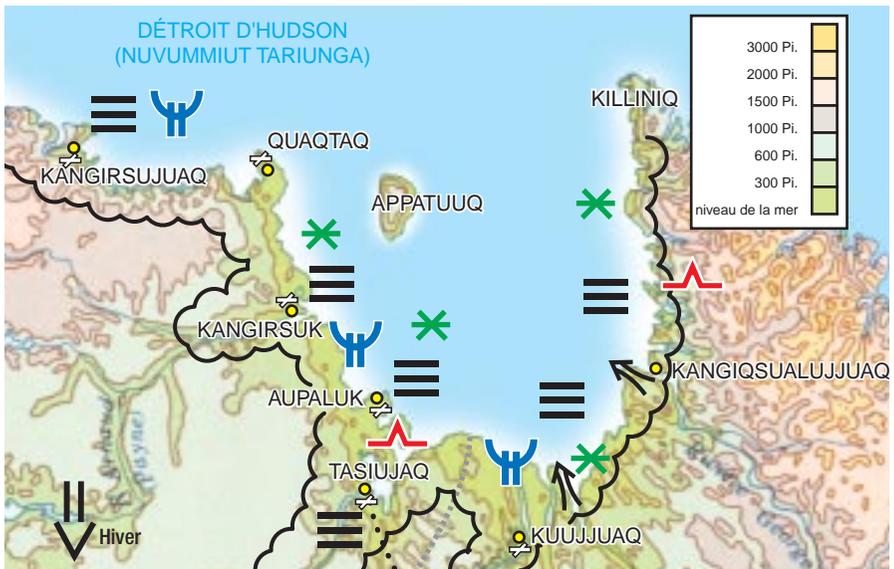
Région de Tasiujaq

Tasiujaq est situé au fond d'une très grande baie entourée de montagnes. À cause

de sa géographie, cette région connaît certaines des marées les plus fortes au Canada. À marée basse, l'eau se retire presque complètement des baies Dry et Whales. Alors que les baies gèlent au cours de l'hiver, le Passage aux Feuilles ne gèle jamais. Il s'ensuit que les vents du nord-est produisent beaucoup de brouillard d'advection dans lequel le plafond et la visibilité sont presque nuls, ou encore des nuages stratiformes très bas.

En hiver, le passage d'un front froid amène de la fumée de mer arctique et du brouillard glacé. De plus, de forts vents du nord-ouest peuvent créer de la turbulence mécanique modérée près de la surface.

Région d'Aupaluk



Carte 4-22 - Région d'Aupaluk

Aupaluk est bien exposé aux eaux de la baie d'Ungava. Le terrain qui entoure l'aérodrome est formé de marais bas et, par conséquent, tout vent provenant du nord-ouest, du nord ou du nord-est amène du brouillard d'advection ou des stratus très bas. Le brouillard et les stratus sont généralement étendus et persistants, surtout au printemps et à l'automne. Même des vents du sud-est peuvent pousser du brouillard et des stratus des basses-terres vers l'aérodrome.

Cette région de la baie gèle habituellement tard en janvier, quoique cela se soit produit plus tard au cours des dernières années. Du givre blanc ou mélangé, léger à modéré, est fréquent dans le brouillard et les nuages stratiformes durant les mois frais, en particulier pendant les deux périodes de transition. Il tombe plus de neige durant les mois frais, et cette neige peut réduire considérablement la visibilité quand la circula-

tion vient de la baie. Comme à Tasiujuaq, les fronts froids amènent souvent des vents du nord-ouest de 20 à 30 nœuds. Ces vents sont perpendiculaires à l'axe de la piste et compliquent les atterrissages et les décollages.

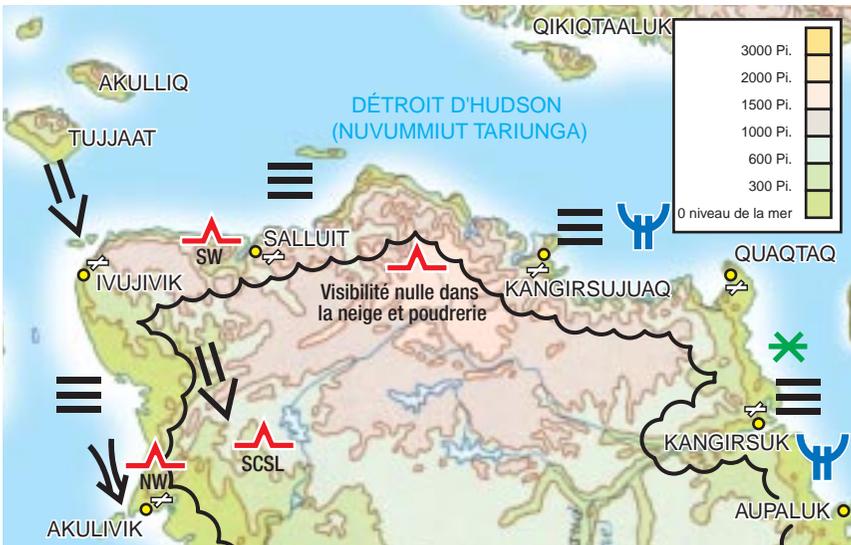
Kangirsuk

Kangirsuk est situé près de l'embouchure de la rivière Payne (ou rivière Arnaud), sur sa rive nord. La piste se trouve à une altitude de 383 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Alors que la rivière finit par geler, la baie Payne ne gèle pas et la limite des glaces se trouve seulement à quelques milles de l'aérodrome. Des vents de l'est ou du nord-est apportent continuellement de l'humidité et des nuages stratiformes avec des bases à 200 ou 300 pieds au-dessus du sol. Ceci fait que la piste se retrouve dans les nuages mêmes, étant donné son élévation, avec une visibilité nulle.

Tard au printemps, l'arrivée d'air chaud, au moment où la glace n'a pas encore quitté la région de la côte de la baie d'Ungava, donne lieu à de mauvaises conditions de plafond et de visibilité, à cause du refroidissement local.

Région de Quaqtak à Salluit à Ivujivik



Carte 4-23 - Région de Quaqtak à Salluit à Ivujivik

Il existe quatre aéroports le long de la côte du détroit d'Hudson. Ce sont Quaqtak (élévation de 95 pieds au-dessus du niveau de la mer), Kangirsuk (511 pieds), Salluit (742 pieds) et Ivujivik (137 pieds).

Au nord de 60°N, les forts vents côtiers sont communs. Au cœur de l'hiver, des vents violents du sud-est, pouvant dépasser 50 nœuds, accompagnent les intenses systèmes de basse pression qui vont de la baie d'Hudson vers le nord de l'île de Baffin. Après le passage d'un front froid, on observe souvent des vents du nord-ouest de 50 à 60 nœuds, principalement la nuit. De tels vents produisent habituellement une turbulence mécanique marquée le long de la côte, en particulier à Kangiqsujuak et à Salluit, à cause de l'altitude élevée de leur piste respective.

Quaqtaq est situé à l'extrémité nord-ouest de la pointe du cap Hopes. L'endroit est principalement entouré par les eaux du détroit d'Hudson. Par conséquent, Quaqtaq est touché par des bancs de brouillard étendus et des stratus bas (plafonds à 400 ou 500 pieds au-dessus du sol) durant la saison libre de glace, saison pendant laquelle l'écart entre la température et le point de rosée n'est que d'un degré durant de longues périodes. Une inversion a tendance à persister sur la région à cause de la basse température de la terre et de l'eau, de telle sorte que Quaqtaq peut rester englouti sous le brouillard, même par grands vents.

Le printemps est très tardif, ne se montrant que dans la deuxième moitié de juin, quelques semaines plus tard qu'aux localités environnantes. Des icebergs s'échouent parfois entre Quaqtaq et l'île Hearn ou dans la baie Diana. Du côté positif, la turbulence est chose très rare à Quaqtaq.

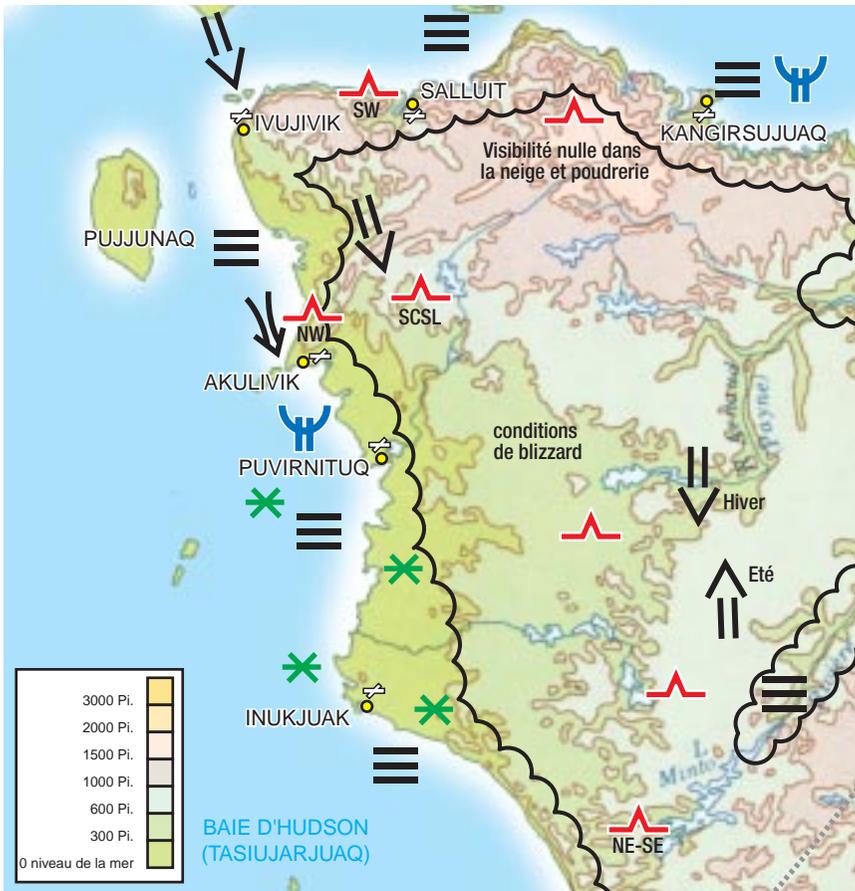
L'aéroport de Salluit est situé au sommet d'une falaise, à environ 740 pieds au-dessus du village, du côté est du passage Sugluk. Les vents dominants sont du nord-ouest et donc perpendiculaires au passage et à la piste. Les vents du nord-est, pour leur part, sont rares et leur vitesse habituellement ne dépasse pas 2 nœuds. À Salluit, la turbulence engendrée, l'été ou l'automne, par des vents de 20 nœuds ou plus d'une direction variant du sud-ouest à l'ouest est souvent trop forte pour permettre des vols avec des passagers.

Quand les vents sont du nord-ouest, le village connaît souvent des plafonds de stratus à 500 pieds alors que la piste est couverte de brouillard. Une telle situation peut durer trois ou quatre jours, jusqu'à ce que la direction du vent change. Ceci se produit toute l'année.

À Ivujivik, l'aérodrome est entouré d'un terrain plat au sud et à l'est, et d'eau au nord et à l'ouest. Le brouillard est fréquent durant la saison libre de glace.

Vers la fin de janvier, une banquise continue s'est formée le long de la côte. Durant les mois qui suivent (de février à mai), les conditions de vol sont excellentes, en particulier en avril, et la température de l'air se situe dans l'intervalle de -30 °C à -35 °C. De très forts vents du nord-ouest peuvent souffler sur Ivujivik, spécialement derrière un front froid. Il faut environ trois heures pour que les conditions qui règnent à Ivujivik atteignent Salluit (avec un front se déplaçant à 20 nœuds).

Akulivik et Puvirnituk (partie nord de la côte est de la baie d'Hudson)



Carte 4-24 - Akulivik et Puvirnituk

Akulivik et Puvirnituk sont à une distance d'environ 54 milles marins l'un de l'autre et connaissent donc des conditions météorologiques assez semblables. Akulivik est situé sur la pointe Chanjon, à l'extrémité ouest des monts d'Youville. Puvirnituk, d'autre part, est entouré de terrains plats à l'est et de la baie Povungnituk à l'ouest. Dans cette région, les eaux de la baie d'Hudson gèlent sur une bonne distance vers l'ouest.

Les vents dominants sont du nord-ouest et les stratus bas (plafonds entre 500 et 600 pieds) sont fréquents. En outre, des vents du nord ou du nord-ouest produisent habituellement de la turbulence mécanique modérée à Akulivik à cause d'une montagne au nord et de l'axe de la piste (NE-SO).

Inukjuak

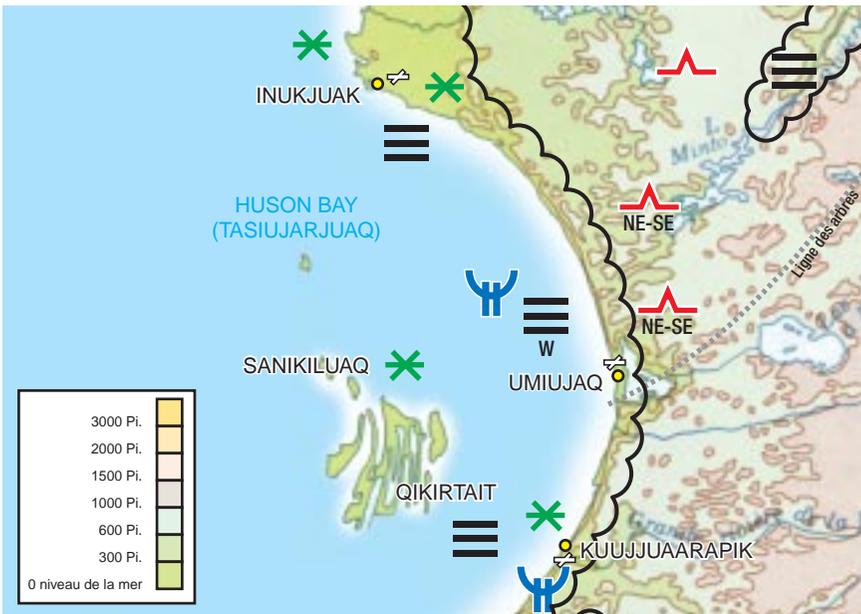
Durant la saison libre de glace, les bancs de brouillard et les stratus sont fréquents

dès que le vent se met à souffler d'une direction entre le sud et l'ouest. Les plafonds et visibilité sont alors souvent presque nuls.

À l'automne, quand de l'air arctique (air ayant une température de -8°C ou moins) s'avance sur les eaux encore chaudes, il se forme fréquemment des bourrasques de neige donnant des plafonds et des visibilité presque nuls, de même que de la turbulence et du givrage modérés.

Une fois que la partie est de la baie d'Hudson s'est complètement couverte de glace, les conditions de vol deviennent favorables quand le vent tombe, spécialement en janvier et en février. Dès que le vent se lève, il faut s'attendre à des conditions de blizzard et à des voiles blancs. La glace est habituellement présente dans l'est de la baie d'Hudson jusqu'à la mi-juillet. Tant qu'il y a de la glace, le brouillard qui envahit la région depuis la baie d'Hudson ne se rend habituellement qu'à environ 10 milles à l'intérieur des terres.

Umiujaq



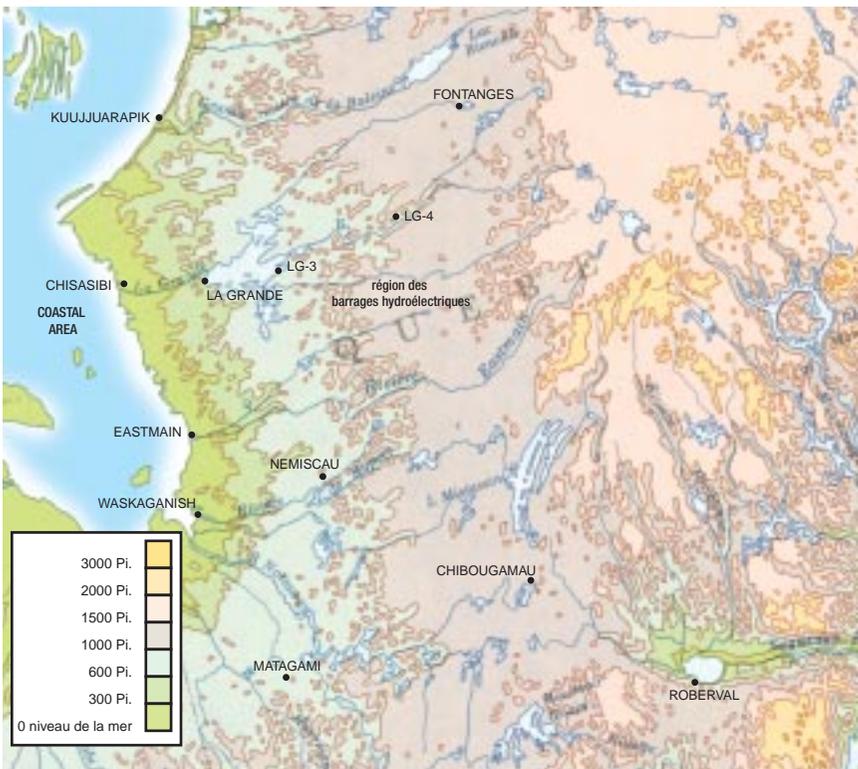
Carte 4-25 - Umiujaq

Umiujaq est situé sur la côte de la baie d'Hudson et appuyé contre une étroite chaîne de collines orientée nord-sud à l'est de l'aérodrome. Le sommet le plus élevé de ces collines culmine à 1415 pieds au-dessus du niveau de la mer dans le voisinage immédiat de l'aérodrome. Un groupe d'îles basses, les îles Nastapoka, s'étend parallèlement à la côte dont il est séparé par un passage étroit.

L'orographie produit des effets météorologiques particuliers qui nuisent aux opérations aériennes. Des vents provenant d'une direction entre le nord-est et le sud-est au-dessus des collines produisent de la turbulence mécanique au-dessus de la piste. Durant la saison libre de glace et la période de transition de l'automne, les vents d'ouest qui arrivent de la baie et qui remontent les pentes donnent naissance à des stratus très bas et des plafonds de 200 à 300 pieds, et la visibilité est réduite à moins d'un mille dans la bruine et la brume (ou le brouillard). Quand la température de l'air se situe juste au-dessous du point de congélation, la bruine est verglaçante et peut causer un givrage important.

Un peu plus tard, quand la glace reprend possession de la baie, les plafonds de stratus ont tendance à s'élever jusqu'à 500 pieds et la visibilité s'améliore. Comme on se trouve au nord de la ligne des arbres, il n'y a pas de bons repères de visibilité au-delà de la piste pour un avion en approche finale en hiver et au début du printemps. Comme pour les aérodromes plus loin au nord, Umiujaq peut être touché par des bourrasques de neige à l'automne.

Région de la baie James



Carte 4-26 - Région de la baie James

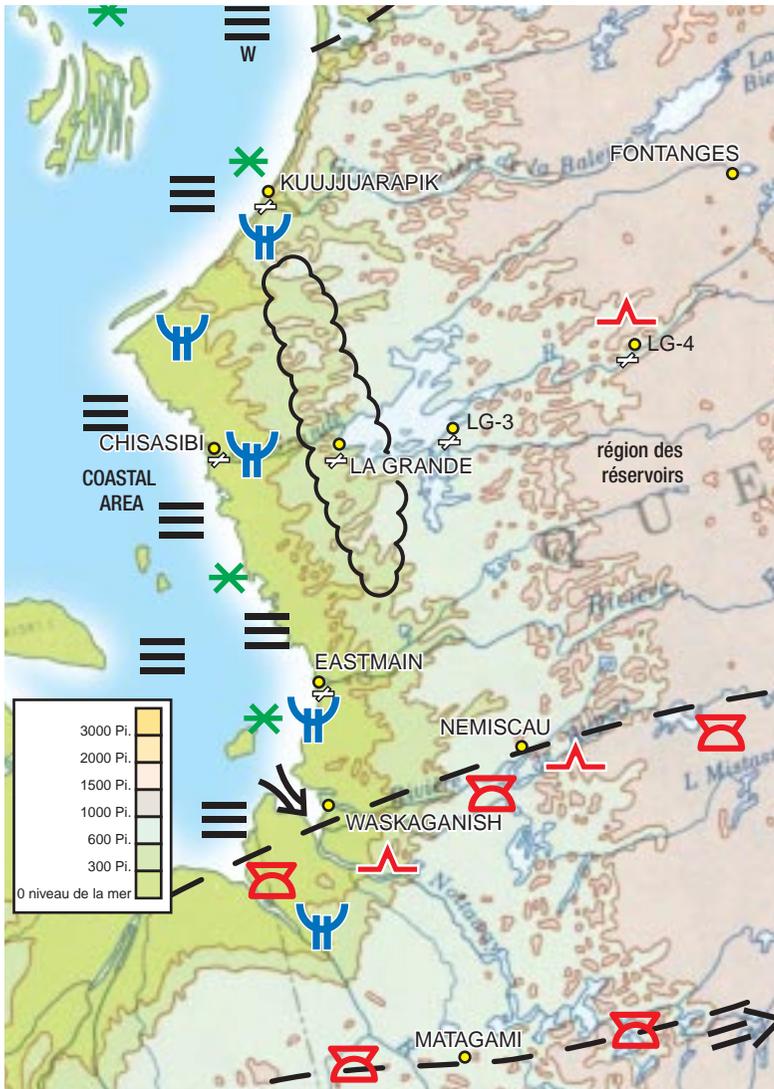
La baie James, que son eau de mer soit gelée ou libre, est l'élément qui a l'influence la plus marquée sur les conditions du temps dans cette région. Quand elle est libre de glace, de juin à décembre, la baie James est une source importante de nuages bas, de brouillard et de givre. Gelée durant le reste de l'année, la région ressemble à un désert de glace. Les grands réservoirs des barrages d'Hydro-Québec, les grosses rivières et une multitude de lacs produisent tous aussi leurs effets sur les conditions météorologiques locales, ce qui peut compliquer les choses.

Les conditions hivernales dans cette région sont typiques de cette latitude. De longues périodes de temps froid et clair surviennent quand de l'air glacial couvre la région. Le temps le plus maussade se produit surtout durant les saisons de transition, le printemps et l'automne, quand de plus grands systèmes météorologiques traversent la région.

L'été est un temps de convection. Il est rare qu'il se produise de la turbulence assez forte pour chahuter un vol avec passagers et, quand il y en a, c'est habituellement dans des conditions d'activité orageuse. De façon générale, la convection la plus marquée se produit au sud d'une ligne allant de Moosonee à Waskaganish à Nemiscau, bien qu'on observe parfois des cellules individuelles au nord de cette frontière. Au sud de la frontière, les orages voyagent habituellement en bandes, d'ouest en est. Les vols d'Hydro-Québec, qui partent de n'importe quel aéroport de la région de la baie James en direction de Montréal, Québec ou Bagotville, rencontrent des lignes d'activité orageuse vers 15 ou 16 heures durant l'été. Ces cumulonimbus voyagent sur la même trajectoire de jour en jour. Cette trajectoire, une ligne à peu près en sens est-ouest, passe approximativement à 7 milles marins au sud de Matagami, à 13 milles marins au sud du NDB de Chibougamau, à 23 milles marins au sud du NDB de Chute-des-Passes puis continue vers l'est.

Effets locaux

La région côtière



Carte 4-27 - La région côtière

(a) Hiver et printemps

Les conditions de vol sont généralement bonnes le long de la côte en hiver et tôt au printemps. Chaque fois qu'il fait froid l'hiver (jour ou nuit), les cristaux de glace peuvent rapidement réduire la visibilité à 1/2 mille ou 3/4 mille. Chisasibi, tout comme Kuujjuarapik, est particulièrement touché par ce phénomène.

La turbulence est peu fréquente à cette époque de l'année et quand il y en a, elle est généralement localisée et liée à la topographie de l'endroit. Quant au givrage, on n'en observe que très rarement une fois que la baie James est gelée. Il s'en produit, néanmoins, pendant une période de deux semaines quand l'air commence à se réchauffer et que la glace est toujours présente, habituellement en mai. Il se produit quelquefois de la bruine verglaçante et un givrage de grosses gouttes surfondues (GGS), causés par des stratus bas en phase liquide, le long de la côte tard au printemps. C'est un problème moins fréquent à l'automne, car la température de l'air près de la surface est généralement au-dessus du point de congélation. Vers la fin du printemps, le brouillard commence à se former au-dessus de la glace. Il a tendance à rester sur place mais l'aéroport d'Eastmain, étant situé sur un terrain qui s'avance dans la baie, est plus souvent plongé dans le brouillard, avec des visibilitées entre 1/2 et 1 mille.

(b) Été

Les conditions de vol sont généralement favorables. Des vents faibles de l'ouest et du nord-ouest peuvent apporter du brouillard de la baie, mais il ne reste pas longtemps le jour. Le brouillard arrive au petit matin et se dissipe généralement entre 9 heures et 10 heures. Il peut aussi toucher la côte vers la fin de l'après-midi, habituellement entre 17 heures et 18 heures, et y demeure pendant la soirée pour se dissiper après minuit. Il arrive que la visibilité soit réduite dans de la fumée provenant de feux de forêt. Le long de la côte, Waskaganish est l'aéroport le plus affecté par la fumée.

(c) Automne

Comme au Nunavik, les conditions de vol sont plus difficiles durant la période de transition de l'automne. Les conditions de givrage les plus dangereuses sont liées aux nuages stratiformes à basse altitude qui se forment quand la circulation provient du large et remonte les faibles pentes. Ces nuages sont principalement formés de grosses gouttelettes produisant de la bruine verglaçante et un fort givrage. Le sommet de ces nuages se trouve habituellement entre 4000 et 5000 pieds, et c'est là que le givrage est le plus intense. Le problème se trouve accentué quand la température de l'air à la surface se situe entre 0 et 5 °C. Plusieurs transporteurs aériens locaux offrent des cours spéciaux à leurs pilotes pour les aider à faire face à ces conditions.

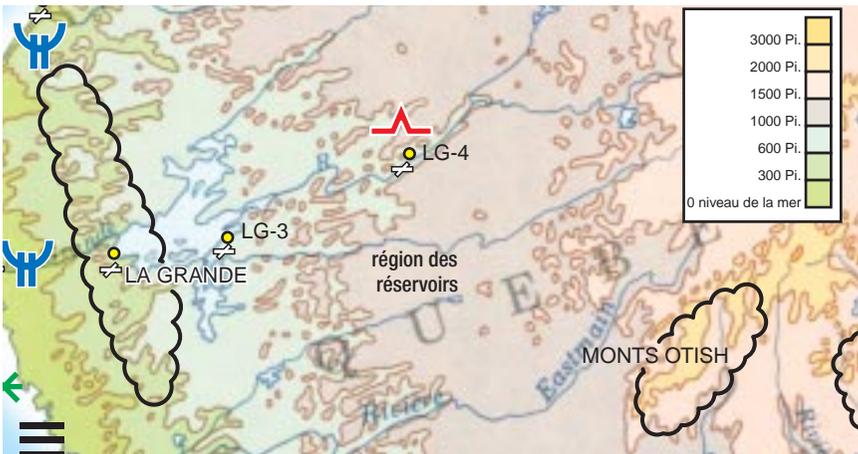
Même si la turbulence forte se manifeste rarement en automne, c'est durant cette saison qu'elle est la plus fréquente. Chaque automne, 3 ou 4 vols réguliers doivent être annulés en raison de la dangereuse turbulence associée aux forts vents le long de la côte.

Les nuages à bas niveaux sont chose courante toute l'année. Ils forment des plafonds habituellement au-dessus de 1000 pieds. Les précipitations se produisent plus souvent l'après-midi qu'à d'autres moments de la journée. Elles réduisent fréquemment la visibilité à un demi-mille, qu'il s'agisse de neige ou de pluie. Ces visibilitées réduites survi-

ennent généralement quand les vents sont de l'ouest ou du nord-ouest. Les vents du sud en été n'ont pas un effet aussi marqué.

Il est très rare que l'on observe des couches de cisaillement du vent dans la région de la baie James, quelle que soit la période de l'année. Waskaganish constitue une exception à cette règle, car les vents du nord-ouest y soufflent plus fort que n'importe où ailleurs. Typiquement, les vents sont de 30 nœuds à Waskaganish quand ils sont de 20 nœuds ailleurs. Cela est probablement dû à la situation de l'aéroport, au fond de la baie Rupert, cette dernière produisant un effet d'entonnoir. Ce phénomène est moins commun en été, à cause de la fréquence plus élevée des vents du sud. On a observé des vitesses allant jusqu'à 50 nœuds, cependant, avec des vents du nord-ouest en été, quand la température de l'air était de 28 à 30 °C. C'est probablement le résultat d'un effet d'entonnoir et du fort contraste de température entre la terre chaude et l'eau froide de la baie.

Région des barrages



Carte 4-28 - Région des barrages

Hydro-Québec a construit une série d'aéroports pour desservir ses barrages. Les plus connus sont ceux qui longent la rivière nommée « La Grande Rivière » : La Grande 2, La Grande 3 et La Grande 4. Nemiscau, Fontanges et Chute-des-Passes sont d'autres aéroports du Nord régulièrement visités. Hydro-Québec a passé des contrats de services pour des vols réguliers quotidiens entre ces barrages et les villes de Montréal, Québec et Bagotville au sud.

Au cours d'une année normale, les changements de saisons, de l'hiver à l'été et vice versa, se produisent généralement sur une courte période de deux semaines. Par exemple, la transition de l'automne se produit généralement vers l'Halloween, le 31 octobre. Ceci s'explique par le gel rapide des rivières et des lacs durant les nuits très froides.

Au cours de l'année, la turbulence et le cisaillement du vent à bas niveau sont très rares en raison du caractère plat du paysage. Il peut toutefois y en avoir à certains aéroports à cause de rugosités locales du terrain. Par exemple, une circulation du sud ou du sud-ouest produit des vents latéraux à La Grande 4, à cause du terrain raboteux au sud de l'aéroport et de l'orientation est-ouest de la piste. Les vents du nord-ouest à Nemiscau (élévation 800 pieds) peuvent aussi causer des problèmes, du fait de la présence d'une montagne de 1800 pieds juste au nord de l'aéroport ayant un versant sud très abrupt, qui occasionne de forts courants descendants et de la turbulence mécanique modérée ou plus forte. Heureusement, cette condition à Nemiscau est rare, étant donné que les vents dominants sont du sud ou du sud-ouest.

(a) Hiver et printemps

Une fois que la glace s'est formée sur les lacs, les réservoirs et les rivières, la visibilité n'est plus limitée que par l'horizon et le ciel est généralement sans nuages. Ces excellentes conditions de vol ne sont interrompues que lorsque des systèmes météorologiques à grande échelle traversent la région. Il en résulte que seulement 30 pour cent des vols d'Hydro-Québec nécessitent une approche aux instruments. Durant les journées extrêmement froides (p. ex., -45 °C la nuit et -35 °C le jour quand il fait soleil), il peut se produire du brouillard glacé mais le phénomène est assez rare et nuit rarement aux vols. De même, les traînées de condensation qui s'échappent des moteurs des avions à hélice pendant le décollage se dissipent habituellement entre 200 et 300 pieds en arrière de l'avion. Ces conditions claires durent habituellement jusqu'à la fin de mai. Durant la période de transition du printemps, les approches aux instruments deviennent plus fréquentes et la boue devient un problème à certains aéroports. Des systèmes de basse pression traversent la région à ce moment, accompagnés de nuages et de précipitations. Les vents soufflent alors de l'est, ce qui annonce des conditions météorologiques de front chaud : nimbostratus et stratus à basse altitude, pluie, bruine et brume réduisant les plafonds et les visibilitées. Ces réductions sont généralement moins prononcées que celles que l'on observe à l'automne.

(b) Été

L'été, les conditions de vol ne sont habituellement pas difficiles. On rencontre généralement dans la région des cumulus ou des stratocumulus épars ou fragmentés dont la base est à 3000 pieds au-dessus du sol. Les nuages peuvent être plus bas quand un front chaud ou un front froid traverse la région. Des orages isolés peuvent se former par temps humide et instable. La turbulence est rare, sauf la turbulence de convection produite par les cumulonimbus ou les cumulus bourgeonnants. L'aéroport de La Grande 3 subit une turbulence localisée près du terrain d'aviation durant les journées d'été chaudes et ensoleillées. Il y a une carrière de sable à un quart de mille de l'extrémité est de la piste immédiatement suivie d'une petite dépression de terrain. Durant ces journées, les aéronefs à voilure fixe peuvent subir une soudaine perte d'altitude, d'approximativement 50 pieds, quand l'avion se déplace au-dessus de la

dépression de terrain après avoir traversé la carrière. Ce phénomène est dû au réchauffement différentiel des deux types de surface par le soleil.

(c) Automne

Durant la période de transition d'automne, jusqu'à 70 pour cent des vols requièrent une approche aux instruments. Les vents de l'est deviennent plus fréquents, car durant cette période les systèmes de basse pression se mettent à traverser la région à la file indienne, apportant avec eux des conditions atmosphériques de front chaud. Le sol qui se refroidit et les journées qui raccourcissent contribuent à la formation de brume et de brouillard dans la pluie, ce qui réduit encore plus la visibilité. La neige se change souvent en pluie, et vice versa. Il y a aussi, parfois, des précipitations verglaçantes.

Des vents de l'ouest provenant de la baie James peuvent transporter des stratus bas, de la brume, du brouillard et parfois de la bruine verglaçante dans la circulation ascendante le long des plus grosses rivières, jusqu'à 60 milles marins dans les terres. La Grande 3, qui n'est pas loin, est immunisée contre ces mauvaises conditions de plafond et de visibilité en provenance de l'ouest. Il peut se produire du givre blanc léger ou une trace de givre dans les nuages des systèmes de basse pression entre 10 000 et 18 000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Un bref passage dans les stratus bas en phase liquide provenant de la baie d'Hudson (à l'approche ou au décollage) ne semble pas causer de problèmes aux plus gros avions (Bombardier Dash-8 ou Convair 580). Cependant, le givrage de GGS et la bruine verglaçante occasionnés par ces nuages à bas niveaux peut présenter un danger pour les petits avions, qui volent habituellement à ces altitudes.

Nord-ouest du Québec

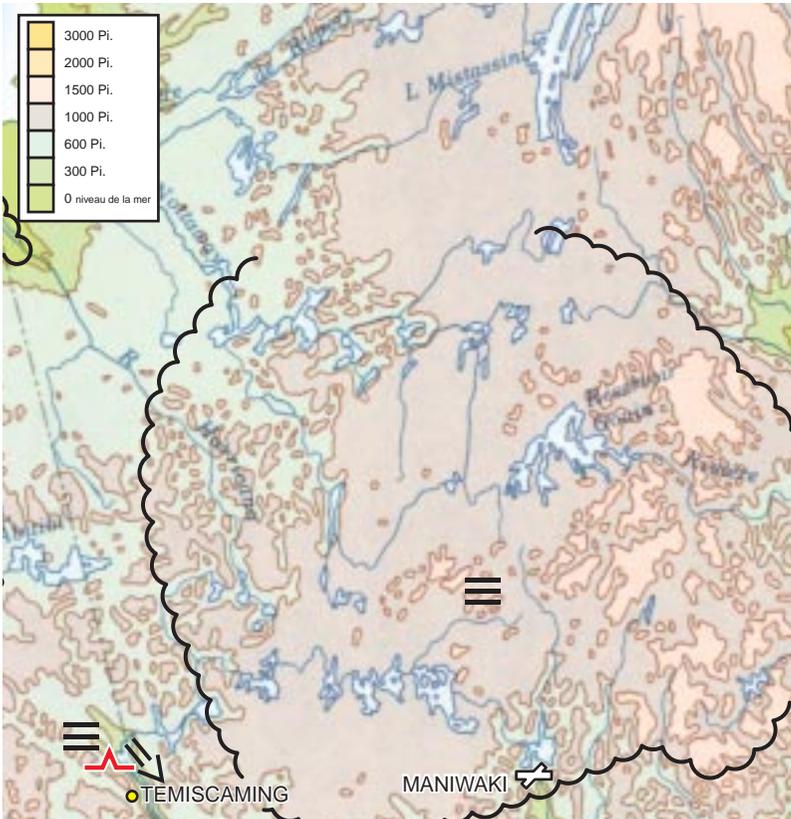


Carte 4-29 - Nord-ouest du Québec

Dans le nord-ouest du Québec, c'est-à-dire dans la région au sud-est de la baie James, il y a essentiellement deux saisons par année. En hiver, le régime continental d'air arctique froid qui prévaut produit d'excellentes conditions de vol, mais les températures glaciales de l'air ont des effets indésirables sur les opérations au sol et les pistons des moteurs. En outre, les gaz d'échappement des réacteurs, riches en humidité, ont tendance à former du brouillard glacé.

L'été est la saison de la convection. Avec les températures plus élevées, l'activité orageuse est ce qui marque le plus le temps.

Région de Chibougamau Mistassini



Carte 4-30 - Région de Chibougamau Mistassini

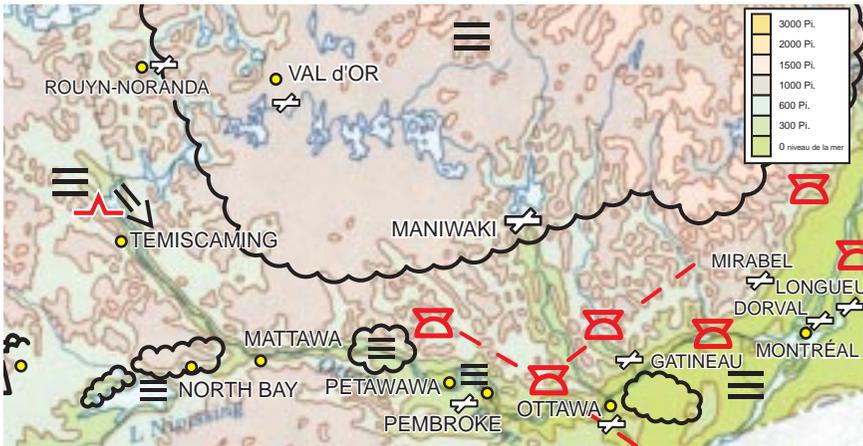
Le terrain autour de Matagami est plutôt plat; on trouve des marais au nord-ouest et un grand lac au nord-est. Il y a une colline au nord-est de l'aéroport qui peut produire une turbulence assez forte quand le vent vient de cette direction. À l'automne, des vents du nord-est peuvent apporter du brouillard sur l'aéroport à l'automne. Mis à part ces épisodes, les conditions de vol sont généralement bonnes à Matagami.

À Chibougamau, la situation est bien différente. Le terrain est beaucoup plus élevé qu'à Matagami. Il y a des lacs dans toutes les directions à partir de l'aéroport, dont un très gros, le lac Mistassini, plus loin au nord-est. Il y a aussi des montagnes plus élevées au nord-nord-est et à l'est. Par conséquent, le vent qui provient de l'une ou l'autre de ces directions peut produire de la turbulence modérée ou plus forte. Selon certains pilotes, les nuages ont tendance à s'approcher plus vite qu'ailleurs, ce qui réduit les plafonds et la visibilité très rapidement. Il en résulte que les conditions de vol se détériorent beaucoup plus vite et plus tôt dans la région de Chibougamau que n'importe où ailleurs quand un grand système de basse pression arrive par l'ouest ou

le sud-ouest. On observe fréquemment des stratus bas, avec des bases entre 400 et 500 pieds au-dessus du sol, parfois plus bas. Il arrive souvent que des vols soient redirigés à un aéroport voisin, où les conditions sont nettement meilleures.

Durant les mois d'été, habituellement en juillet et août, une ligne de cumulonimbus quasi permanente produisant des orages passe au sud de Matagami et de Chibougamau et se prolonge vers l'ouest et vers l'est de ces points respectivement. Ces orages atteignent normalement leur pleine maturité entre 15 heures et 16 heures.

Région de l'Abitibi



Carte 4-31 - Région de l'Abitibi

La plupart des complications météorologiques dans cette région se produisent en été ou en automne. Durant l'hiver, le régime continental qui prédomine produit généralement d'excellentes conditions de vol. De forts vents du sud-ouest peuvent parfois apporter jusqu'à Val d'Or des courants d'effét de lac formés au-dessus du lac Huron et de la baie Georgienne. Les précipitations verglaçantes sont très rares dans cette région. Les spécialistes des services météorologiques locaux ne peuvent se rappeler que deux cas de pluie verglaçante au début de l'hiver en neuf ans.

Les conditions du temps dans la partie ouest de la région semblent un peu plus difficiles que plus loin à l'est. Cet état de choses est probablement attribuable à la présence du lac Abitibi au nord-ouest et à un meilleur alignement avec la baie James quand les vents soufflent du nord et remontent les pentes.

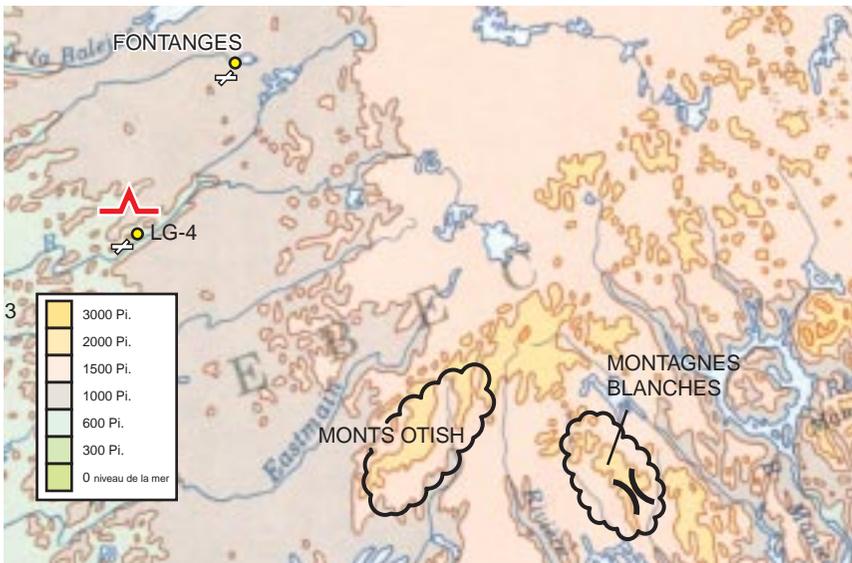
L'été, la convection peut rendre les conditions de vol plus difficiles. La nature du terrain et de la végétation se combine à des conditions météorologiques propices pour produire de gros et fréquents orages avec de la grêle, de petites tornades (F0) et des « chablis », en particulier dans le parc La Vérendrye, situé au sud-est de Val d'Or. Certaines des régions touchées sont assez fréquentées, car il s'y trouve de nombreux lacs poissonneux.

Un « chablis » est une zone de forêt dans laquelle presque tous les arbres ont été couchés par le vent dans une configuration soit en ligne, soit en étoile, soit en spirale. La ligne indique habituellement un très fort front de rafales. La configuration en étoile est en général le résultat d'une rafale descendante ou d'une microrafale alors qu'une configuration en spirale est normalement produite par une tornade. À d'autres moments durant l'été, on observe couramment des cumulus bourgeonnants dont la base est élevée (souvent à 10 000 pieds). Il est prudent de rechercher les signes de forts vents rabattants pouvant causer des rafales descendantes ou des microrafales et une forte turbulence. Ces signes peuvent être un tourbillon de poussière à la surface sous le nuage ou la présence de virga. L'évaporation complète de la pluie en altitude produit un refroidissement adiabatique qui occasionne une importante accélération vers le bas de l'air (vents rabattants) et qui accroît la turbulence en conséquence.

Les fronts froids sont souvent très actifs et accélèrent quand ils traversent l'Abitibi au mois d'août, en l'automne et en hiver. Des baisses de température marquées et brusques se produisent souvent au passage du front. Derrière le front, les vents du nord-ouest produisent fréquemment des stratocumulus de 1000 pieds d'épaisseur dont la base est à 3000 pieds au-dessus du sol, jusqu'à ce que le lac se couvre de glace à l'automne.

Dans toute la région de l'Abitibi, les nuages bas semblent mettre un peu plus de temps à s'en aller après que la circulation soit devenue du nord-ouest à l'automne et au printemps par rapport aux autres moments de l'année.

Région des monts Otish et des montagnes Blanches



Carte 4-32 - Région des monts Otish et des montagnes Blanches

Les monts Otish sont orientés du sud-ouest au nord-est et culminent à 3725 pieds au-dessus du niveau de la mer. Les nuages bas ont tendance à s'attarder le long des monts Otish, en produisant des plafonds très bas et de mauvaises visibilitées et en n'offrant que bien peu de percées par où passer. Les plafonds et les visibilitées s'améliorent quelque peu quand les vents sont très forts; par contre, les avions doivent alors composer avec une forte turbulence orographique.

Les montagnes Blanches, avec des sommets jusqu'à 3400 pieds au-dessus du niveau de la mer, sont entourés par la Rivière des Montagnes Blanches à l'ouest, la rivière Manouanis au sud, la rivière aux Outardes à l'est, le lac Pletipi au nord-est et le Lac aux Deux Décharges au nord. La région est accidentée et parcourue par de très étroites vallées fluviales. Quand les conditions météorologiques sont mauvaises, les pilotes n'ont nulle part où aller.

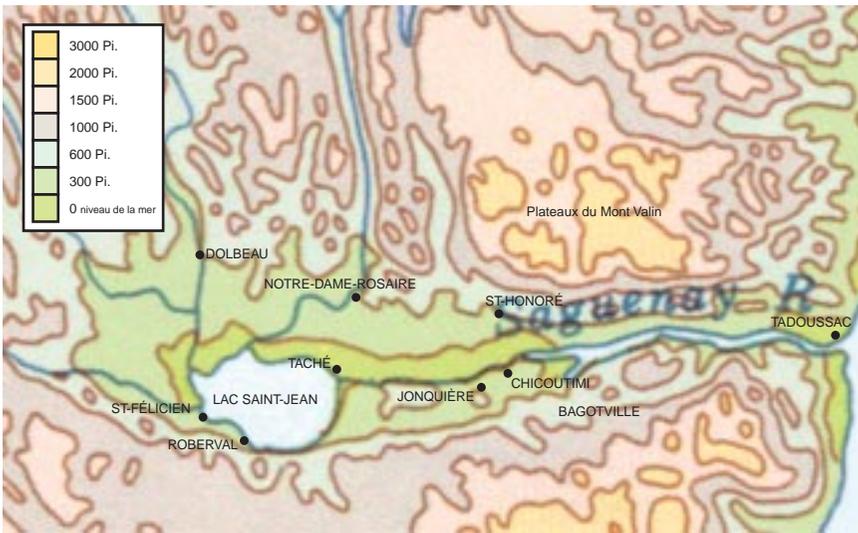
Le Saguenay, le lac Saint-Jean et le terrain montagneux environnant

Les conditions du temps dans la vallée du Saguenay et dans la région environnante sont fortement influencées par le lac Saint-Jean même et les montagnes qui entourent la vallée. En tant que source d'humidité, le lac Saint-Jean se tarit lorsqu'il gèle, habituellement tôt en décembre, et sa glace fond au début de mai.

Quand un système de basse pression passe au nord de la vallée du Saguenay, il s'accompagne de vents du sud-ouest dans la région (excepté dans la vallée même). La plus grande partie des précipitations tombent dans la Réserve faunique des Laurentides et seule une petite partie tombe dans la vallée. Par contre, si la trajectoire du système se trouve au sud de la vallée, les vents dominants seront de l'est et une grande partie de la région sera touchée par d'abondantes précipitations et par des plafonds bas et des visibilitées réduites. Quand la circulation générale est du nord-est, le massif du mont Valin agit comme une barrière qui protège la région, et celle-ci ne reçoit que peu de précipitations.

Effets locaux

Vallée du Saguenay



Carte 4-33 - Vallée du Saguenay

Toute l'année, les vents ont tendance à s'aligner avec la vallée. Les vents de l'est sont généralement associés à des conditions qui se détériorent alors que les vents de l'ouest sont annonciateurs de beau temps ou d'un dégagement. Les mauvaises conditions météorologiques liées aux systèmes de basse pression à l'échelle synoptique atteignent l'aéroport de Saint-Honoré de trois à quatre heures après avoir atteint Roberval.

Les vents en altitude, toutefois, sont fréquemment du sud-ouest. Il est rare d'observer un cisaillement du vent à bas niveaux dans la vallée supérieure du Saguenay. Quand il s'en produit, c'est habituellement dans la région de Saint-Honoré, entre 1500 et 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer. L'altitude et la force du cisaillement dépendent généralement de l'intensité et de la hauteur de l'inversion de température.

Les pilotes évitent habituellement de voler dans la vallée inférieure du Saguenay (aussi appelée fjord du Saguenay), parce qu'elle est étroite, que sa topographie s'apparente à celle d'un canyon profond et que des lignes de transmission électrique à haute tension traversent la rivière. On ne dispose donc que de peu d'information sur le fjord. Des pilotes expérimentés qui ont occasionnellement emprunté cette route ont rencontré, à l'occasion, de la turbulence mécanique modérée à forte de L'Anse-Saint-Jean à Tadoussac, puis le long de la rive nord du Saint-Laurent vers Charlevoix.

Il y a souvent de la turbulence mécanique modérée à bas niveaux dans une région s'étendant depuis la partie ouest du lac Kénogami jusqu'à la rive nord du Saguenay, inclusivement.

En raison de la forme de la vallée, les vents du nord-ouest s’y trouvent fortement amplifiés, et on observe fréquemment des vents de l’ouest à 40 nœuds ou plus au-dessus de la rivière. Des navires de la Garde côtière ont signalé, à l’occasion, des vents de 70 nœuds dans le fjord.

(a) Printemps

Les conditions de vol sont habituellement bonnes dans la vallée. Quand des nuages sont présents, les pilotes de la région signalent des bases typiquement situées entre 3000 et 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Au nord du Saguenay, juste à l’est du lac Saint-Jean, quand le vent est du sud ou du sud-ouest, on observe parfois du brouillard en avril ou en mai. Ce brouillard perdure souvent toute la journée. Tôt au printemps, on peut rencontrer du givre blanc léger dans les nuages entre 5 000 et 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

(b) Été

Les conditions de vol sont généralement favorables dans la vallée. L’activité orageuse a tendance à demeurer au-dessus des terrains montagneux le jour et à dériver vers la vallée vers la fin de l’après-midi. La plupart des orages suivent l’un ou l’autre des côtés de la vallée. La trajectoire qui passe au sud du Saguenay commence au sud du lac Saint-Jean et continue vers l’est en passant au sud de la Base des Forces canadiennes de Bagotville. La trajectoire qui se trouve au nord part de Dolbeau et suit le côté sud du massif du mont Valin. Certains des plus gros orages, qui donnent de la grêle, se produisent le long de cette trajectoire nord, entre le lac Labrecque et le lac Sébastien. La visibilité s’abaisse facilement à 5 milles dans la pluie, parfois à 3 milles. Les pilotes indiquent que des nuages convectifs ont généralement tendance à se former entre Alma et Bagotville, avec des bases entre 3000 et 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Durant ces journées, il faut s’attendre à de la turbulence de convection faible ou modérée au-dessus de la majeure partie du terrain plat de la vallée. C’est fréquent en juin, juillet et août.

(c) Automne

En octobre, on observe fréquemment du brouillard juste au nord du lac Kénogami. Durant ce même mois, il se forme souvent du brouillard sur le Saguenay juste après le lever du soleil et, quand des vents légers soufflent du sud-ouest, il se rend juste au sud de l’aéroport de Saint-Honoré, persiste toute la matinée et se dissipe vers midi. Quand le vent augmente, le banc de brouillard peut s’étendre sur la moitié sud de cet aéroport. Du milieu de novembre à la fin de décembre, on rencontre souvent des stratus bas (formant des plafonds à environ 1500 pieds au-dessus du sol), des virga et de la neige (pouvant réduire la visibilité jusqu’à un mille et demi) dans une région s’étendant vers le nord depuis le Saguenay jusqu’aux montagnes et limitée par Taché, Notre-Dame-du-Rosaire, Saint-David-de-Falardeau et Saint-Honoré. Plus loin à

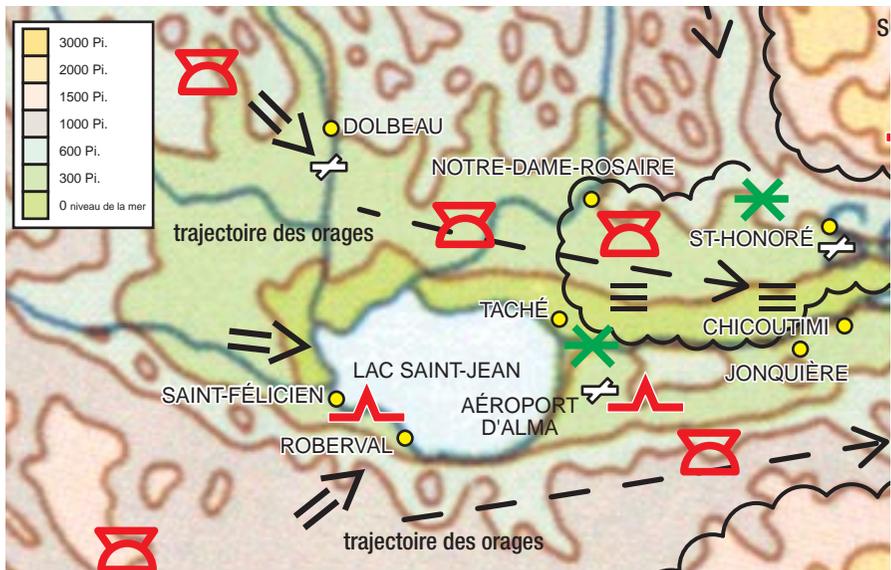
l'est jusqu'aux contreforts, les plafonds nuageux s'abaissent à 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer. De la fin d'octobre à la mi-décembre, il y a toujours des nuages dont les bases se situent entre 1500 et 2000 pieds. Les chutes de neige viennent par vagues. Elles se produisent habituellement quand de l'air arctique passe au-dessus des eaux encore chaudes du lac Saint-Jean. L'air peut ainsi accumuler de l'humidité et de l'énergie et produire une intense convection. Les grosses averses de neige peuvent réduire la visibilité à 1/8 mille.

Les précipitations verglaçantes sont rares dans la vallée. Quand il y en a, c'est généralement sous forme de bruine verglaçante. Elles se forment quand la température de l'air dans la vallée reste entre zéro et -2°C malgré que de l'air chaud, et la pluie qui l'accompagne, peuvent atteindre le terrain au nord de la vallée. Le vent dans la vallée souffle habituellement de l'est dans ce cas.

(d) Hiver

Les conditions de vol sont en général excellentes dans la vallée une fois que la glace s'est formée sur le lac Saint-Jean, sauf lorsque tombent des chutes de neige occasionnelles au passage des systèmes de basse pression. Les conditions du temps deviennent de type continental avec des températures très basses. Il n'y a alors que ces températures glaciales qui peuvent entraver les vols, car le ciel est habituellement clair et la visibilité illimitée. Quand le vent souffle de l'ouest-nord-ouest à la fin de l'automne et en hiver, il y a une région entre Larouche et Jonquière où les averses de neige ont tendance à durer plus longtemps qu'ailleurs. Une visibilité de 3 milles est courante dans la neige. Durant les journées très froides, on observe souvent de la brume ou du brouillard glacé dans la région de Chicoutimi à cause de la présence d'eau libre dans le Saguenay jusqu'au barrage hydroélectrique de Shipshaw et de la fumée chargée d'humidité provenant des alumineries et des usines à papier de la région.

Région du lac Saint-Jean



Carte 4-34 - Région du lac Saint-Jean

En général durant l'année, les conditions météorologiques sont favorables aux vols à basse altitude. Les vents dominants ont une direction entre le sud-ouest et le nord-ouest. Pendant l'été, la plupart des orages se forment au-dessus des collines qui entourent le lac et y demeurent. Les autres, qui se forment au nord et au sud du lac se déplacent vers l'est en direction de la vallée du Saguenay.

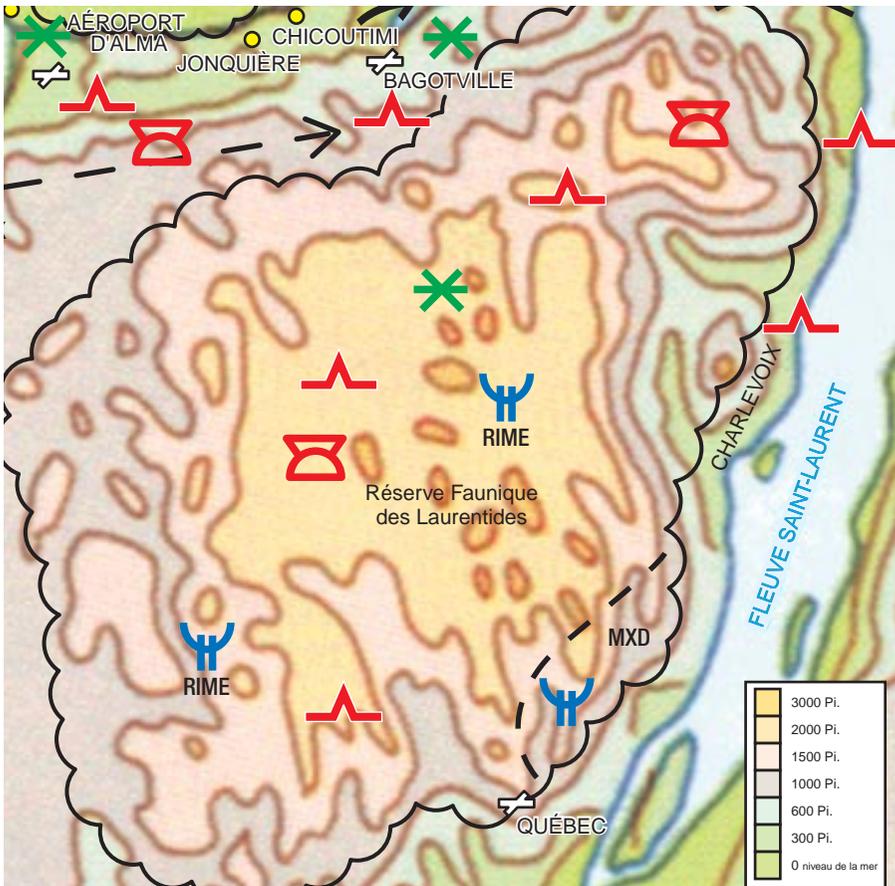
Du brouillard se forme volontiers sur le lac en mai, quand des masses d'air plus chaud se mettent à passer au-dessus des eaux du lac encore encombré de glace. Le brouillard se trouve alors emporté à l'intérieur des terres par l'écoulement du sud-ouest qui prévaut dans ces conditions.

Il y a trois aéroports autour du lac (Alma à l'est, Roberval au sud-ouest et Dolbeau au nord-ouest) et trois hydrobases (Saint-Félicien à l'ouest, Roberval au sud-ouest et Alma à l'est). Ces installations sont bien situées puisque les vents dominants proviennent de la terre plutôt que du lac. Ceci est particulièrement vrai à Alma, où le terrain d'aviation est suffisamment au sud pour ne pas se trouver sur la trajectoire principale des chutes de neige d'effet de lac l'automne. La piste à Dolbeau est bien alignée avec les vents dominants, ce qui réduit la fréquence de la turbulence mécanique. À Alma, les vents latéraux sont fréquents mais la forêt à proximité agit comme un écran et les vents sont plus faibles au niveau de la piste. Il peut y avoir de la turbulence mécanique à l'approche, toutefois, il peut aussi y avoir de la turbulence de convection au-dessus du lac à l'automne, mais les pilotes préfèrent en général suivre la côte plutôt que traverser directement le lac.

Les pilotes indiquent que les plafonds nuageux sont habituellement à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer et que la visibilité est de plus de 6 milles autour du lac. Ils mentionnent aussi la présence d'un système de haute pression très localisé autour du lac en été, vraisemblablement dû à l'eau froide.

La turbulence mécanique et le cisaillement du vent constituent rarement un problème autour du lac. Il y a cependant une petite section de la rive au sud-ouest du lac où le terrain montagneux s'approche de la ligne de côte. Cette proximité des montagnes donne lieu à de la turbulence mécanique modérée sur une distance d'environ 10 milles marins et, occasionnellement, à un cisaillement du vent à basse altitude. Cette turbulence se manifeste plus souvent l'été que l'hiver.

Réserve faunique des Laurentides



Carte 4-35 - Réserve faunique des Laurentides

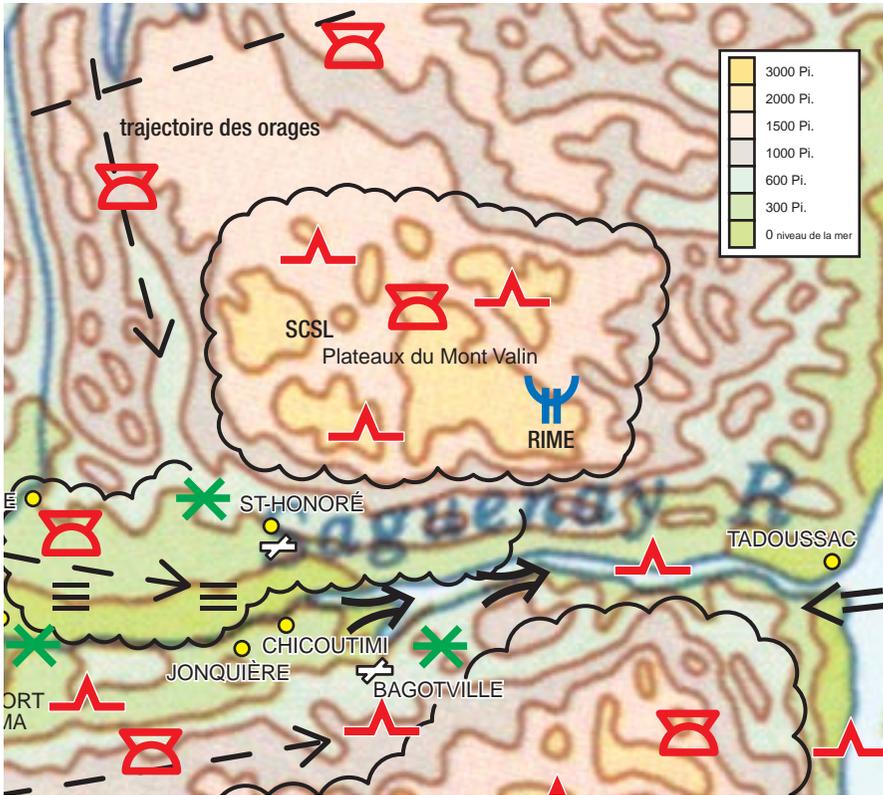
Les nuages bas sont communs dans la Réserve faunique des Laurentides, que l'on appelait auparavant le parc des Laurentides. La Réserve est formée de vastes hautes-

terres ondulées qui font partie du Bouclier canadien et qui culminent à 3825 pieds au-dessus du niveau de la mer. Il y a une circulation ascendante quelle que soit la direction du vent. De plus, la nature du terrain favorise l'activité convective. Par conséquent, la Réserve faunique des Laurentides est ennuagée la plus grande partie de l'année. Les pilotes disent qu'il n'y a pas plus de 6 ou 7 jours par année au cours desquels on peut voir un ciel clair. La base des nuages se trouve généralement au-dessus de 1000 pieds, ce qui signifie que ces nuages masquent souvent le sommet des montagnes. La base peut être à moins de 1000 pieds si la masse d'air est très instable. Sous les nuages, la visibilité est souvent réduite par la brume ou les précipitations. Les plus mauvaises conditions de plafond et de visibilité se produisent généralement en automne et en hiver. Les pilotes de l'endroit ont remarqué que le sommet des nuages dans la réserve faunique se trouve généralement entre 6000 et 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer. La première neige tombe normalement à la mi-septembre.

Les pilotes ont aussi signalé la présence d'une zone permanente de turbulence mécanique modérée et de cisaillement du vent en deçà de 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer le long des contreforts, s'étendant vers l'est-sud-est depuis l'extrémité est du lac Kénogami sur une distance d'au moins 20 milles marins. On l'observe habituellement quand le vent vient du sud ou du sud-ouest. Les pilotes de petits avions volant à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer signalent parfois, en s'approchant de l'aéroport de Bagotville, de la turbulence mécanique modérée à forte quand ils traversent cette zone étroite. Un instructeur de vol aguerri prévient que si vous oubliez de boucler votre ceinture, c'est votre tête qui va en prendre un coup. Même avec leur ceinture attachée, les passagers peuvent se sentir soulevés de leur siège pendant quelques secondes. Cela ne se produit que lorsqu'il n'y a pas de neige au sol. Ailleurs dans la réserve faunique, il y a souvent de la turbulence mécanique ou de la turbulence de convection faible à modérée, le type dépendant de la situation météorologique.

On peut s'attendre à du givre blanc léger à modéré près du sommet des nuages, habituellement autour de 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Les pilotes signalent que le givre devient mélangé et modéré près du sommet des nuages quand ils atteignent les montagnes du côté sud de la Réserve faunique des Laurentides.

Massif du mont Valin



Carte 4-36 - Massif du mont Valin

Les conditions météorologiques dans le massif du mont Valin sont très semblables à celles que l'on trouve dans la Réserve faunique des Laurentides. Ceci dit, certaines situations peuvent produire des conditions de vol encore plus dangereuses. Par exemple, de la turbulence orographique modérée à forte, produisant des stratocumulus stationnaires lenticulaires (SCSL), est fréquente au-dessus du massif du mont Valin et peut s'étendre plus loin à l'est ou au sud-est si les vents en altitude le permettent. On observe souvent ces nuages et la turbulence orographique à des altitudes allant jusqu'à 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et parfois plus haut. Ces bandes de nuages lenticulaires à l'aspect ondulé sont souvent visibles sur les images des satellites météorologiques, quand il n'y a pas d'autres nuages au-dessus.

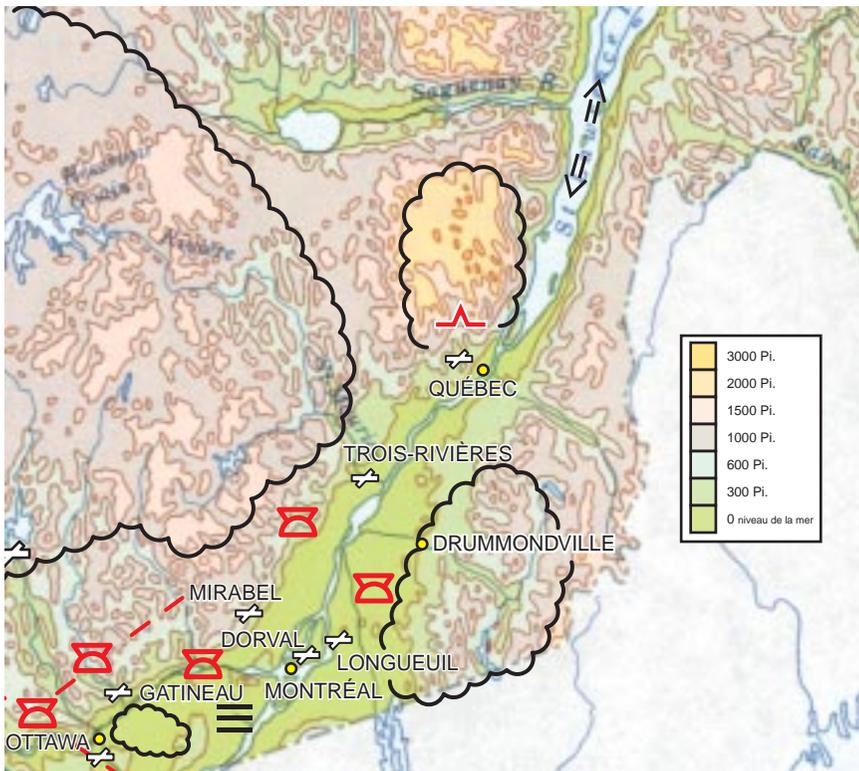
(a) Été

Les orages sont fréquents dans la région en été. Des cumulonimbus isolés se forment parfois au-dessus du massif et se déplacent vers le sud le long de la rivière Shipshaw, vers la fin de la matinée ou durant l'après-midi.

(b) Automne et hiver

Les conditions météorologiques dans le massif du mont Valin produisent fréquemment du givre blanc léger à modéré entre 5000 et 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer, en automne et en hiver. Les pilotes signalent souvent aussi, dans la région, des plafonds de 500 pieds obscurcis et des visibilitées d'un demi-mille dans le brouillard ou les précipitations.

La vallée du Saint-Laurent et le terrain environnant



Carte 4-37 - La vallée du Saint-Laurent et le terrain environnant

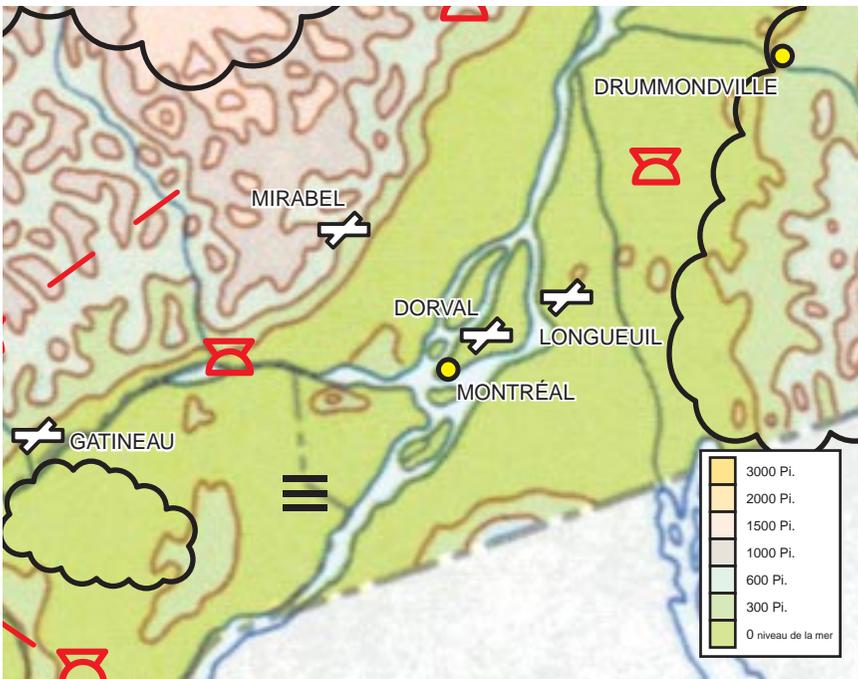
L'orientation du sud-ouest au nord-est du fleuve Saint-Laurent exerce une influence importante sur les conditions du temps. En outre, l'étendue latitudinale de la vallée fait qu'on y observe des variations climatiques importantes, notamment dans les régimes saisonniers et les périodes de prise et de fonte des glaces.

La plupart du temps, les grands systèmes météorologiques arrivent par l'ouest (dépressions de l'Alberta ou dépressions des Grands Lacs) ou du sud-ouest (dépressions du Colorado). Il est possible cependant, comme dans le cas des bombes d'Hatteras ou des dépressions froides, que les nuages et les précipitations arrivent par le sud, l'est ou le nord.

L'un des principaux problèmes auxquels les prévisionnistes doivent faire face dans cette région est lié au redéveloppement des systèmes du côté est des Appalaches. Une dépression des Grands Lacs qui se déplace droit vers l'est s'affaiblit souvent en atteignant le côté ouest des Appalaches. Une nouvelle dépression se forme du côté est et se déplace vers le nord ou le nord-est, entraînant les précipitations dans son sillage. Dans une telle situation, la partie ouest de la vallée reçoit des précipitations qui diminuent quand la dépression initiale se dissipe. À mesure que la dépression se reforme, et si sa trajectoire est suffisamment vers le nord, les précipitations vont alors s'étendre dans le reste de la vallée et peuvent même encercler la dépression, touchant la section ouest encore une fois, mais d'une autre direction.

Effets locaux

Montréal métropolitain et Montérégie



Carte 4-38 - Montréal métropolitain et Montérégie

Le territoire situé au sud de Montréal, communément appelé la Montérégie, est principalement consacré à l'agriculture. Le terrain généralement plat est ponctué de quelques collines dispersées. Ces collines sont de dimensions modestes mais les pilotes signalent occasionnellement de la turbulence sous le vent des monts Rougemont, Yamaska, Saint-Hilaire et Shefford.

Quand il y a du mauvais temps, les plafonds les plus bas s'observent plus souvent

au nord de Montréal qu'au sud. Il faut habituellement environ deux heures au mauvais temps pour franchir la distance qui sépare l'aéroport international de Mirabel de l'aéroport de Saint-Hubert sur la rive sud. Les stratus bas sont plutôt rares à l'aéroport de Saint-Hubert, excepté quand un nimbostratus produit des précipitations continues. En pareil cas, les précipitations peuvent s'associer à la brume et au smog pour réduire la visibilité à environ 3 milles.

Quand la circulation est du secteur sud à la fois près de la surface et en altitude, les précipitations que produisent les dépressions qui s'approchent par l'ouest souvent atteignent l'aéroport de Mirabel mais se dissipent avant d'atteindre l'aéroport de Dorval.

Tout dépendant de leur direction, les vents diffèrent souvent entre Dorval et Mirabel. Les vents du sud-ouest ont tendance à être plus forts à Dorval qu'à Mirabel. Dorval signale typiquement des vents de 15 noeuds avec des rafales à 25 noeuds pendant qu'à Mirabel les vents sont de seulement 5 noeuds. Dans une faible circulation du sud à l'avant d'un grand système de basse pression, Dorval peut enregistrer un vent du sud-est entre 5 et 10 noeuds, alors qu'à Mirabel le vent est du nord-est entre 5 et 10 noeuds. De façon générale, les vents du nord-ouest sont légèrement plus faibles à Mirabel qu'à Dorval.

Le brouillard est un autre phénomène qui peut se produire à n'importe quel moment de l'année. Le brouillard donnant des visibilités de 5/8 mille ou moins est beaucoup plus fréquent à l'aéroport de Mirabel qu'à l'aéroport de Dorval. Il est aussi plus fréquent à l'aéroport de Saint-Hubert qu'à l'aéroport de Dorval. Dans le premier cas, la plus grande fréquence de ces cas de brouillard est probablement due au drainage de l'air froid des montagnes au nord de l'aéroport de Mirabel. Cette même raison explique que le brouillard a tendance à y être plus persistant et à ne se dissiper qu'à la fin de la matinée. Quant à l'aéroport de Saint-Hubert, le brouillard reste le plus souvent localisé dans la partie nord-est du complexe des pistes. La couche de brouillard est habituellement mince; elle a typiquement entre 15 et 30 pieds d'épaisseur. Il se forme fréquemment au cours de la soirée et dure une grande partie de la nuit. Le brouillard peut, à l'occasion, se reformer rapidement aux petites heures du matin mais il se dissipe peu de temps après. La cause la plus probable de ce brouillard est un léger vent de drainage provenant de la zone bâtie environnante, qui apporte de l'humidité de la ville et du terrain local. L'aéroport de Dorval est abrité de cet effet, mais les conditions de plafond et de visibilité ont tendance à être moins bonnes quand les vents sont de l'est en raison de l'humidité et de la pollution qu'ils apportent du centre-ville de Montréal et des raffineries plus loin à l'est.

Les basses-terres au nord du Saint-Laurent entre Mascouche et le lac Saint-Pierre forment une région plus sèche dans laquelle on observe rarement des plafonds bas et des visibilités réduites. Ailleurs, la situation géographique est telle que les vents pro-

duisent souvent un cisaillement et de la turbulence à bas niveaux. Les pilotes qui atterrissent au terrain d'aviation de Sorel rencontrent fréquemment de la turbulence modérée en approche finale quand les vents dépassent 15 noeuds. Le vent et la turbulence cessent soudainement quand l'avion atterrit, probablement à cause de la forêt qui entoure la piste. À Saint-Mathieu-de-Beloeil, il y a couramment de la turbulence modérée au décollage et à l'atterrissage quand les vents soufflent à 15 noeuds ou plus, sans doute à cause de tourbillons que produisent les quelques bâtisses qui longent la piste.

(a) Printemps

Des plafonds de stratus à basse altitude, autour de 1200 pieds, sont assez fréquents en Montérégie lorsque les vents sont du nord-ouest. Au-dessus de l'archipel de Montréal et au nord, jusqu'à l'aéroport de Mirabel, les nuages sont le plus souvent épars, avec des bases à environ 2000 pieds. Plus loin au nord, la base des nuages a tendance à s'abaisser.

(b) Été

L'activité orageuse est le principal problème durant l'été. Tout dépendant du degré d'instabilité atmosphérique, des orages épars (cumulonimbus) et des cumulus bourgeonnants (TCU) produisant des averses peuvent rapidement se former. Typiquement, les averses commencent à tomber au début de l'après-midi alors que les orages apparaissent plus tard, vers 16 heures. Ces orages peuvent aussi se présenter en lignes organisées. Ils sont alors plus forts et de façon générale pourront suivre trois trajectoires, selon la direction des vents en altitude. L'une des trajectoires, celle du nord, suit les contreforts des Basses-Laurentides pour passer au-dessus de l'aéroport de Mirabel dans une direction nord-est. Une autre part d'Alexandria, dans l'Est de l'Ontario, passe près de Valleyfield pour ensuite se diriger vers le lac Champlain. La troisième trajectoire longe principalement la rive Sud, juste au sud de l'île de Montréal, en direction de Victoriaville puis continue vers le nord-est.

Les pilotes sont d'avis que les orages de la trajectoire du nord ont tendance à être plus forts, surtout dans les régions de Saint-Jérôme et Joliette. Au-dessus du Saint-Laurent, et plus spécialement près de Valleyfield, il se forme souvent des cumulonimbus dont la base est à environ 1500 pieds et qui produisent des nuages en entonnoir, quand l'air est humide et instable. Les orages ont tendance à se dissiper au-dessus de l'île de Montréal pour se reformer sur la rive sud.

Il y a peu d'événements de brouillard à l'aéroport de Dorval en été. Il y a cependant une région au sud du Saint-Laurent, bordée par l'aéroport de Saint-Hubert, Iberville, Farnham, Bromont, Granby et Saint-Mathias, où la brume (visibilité supérieure à 5/8 mille mais inférieure à 6 milles) s'attarde assez souvent.

La brume sèche peut constituer un problème dans le Grand-Montréal, davantage

qu'ailleurs dans le sud-ouest du Québec. La brume sèche est produite par des taux élevés de polluants et d'humidité dans les basses couches de l'atmosphère. Bien qu'elle ne constitue pas un danger pressant, la brume sèche réduit la visibilité, estompe les détails et rend la navigation plus difficile quand on fait face à un soleil couchant ou un soleil levant.

Les pilotes qui volent au sud de Montréal le soir rencontrent souvent un cisaillement du vent et de la turbulence modérés. Cela se produit habituellement entre 2000 et 3000 pieds au-dessus du sol, en présence d'un front chaud et d'un courant-jet à basse altitude. Ces conditions peuvent faire dévier un vol de 45°.

(c) Automne

Dans la Montérégie, les vents du nord-ouest donnent souvent naissance à une nappe de nuages qui place le plafond à 1100 ou 1200 pieds au-dessus du sol. Au nord du Saint-Laurent, cependant, ces vents produisent habituellement des conditions bien meilleures, comme à Mascouche ou à Joliette.

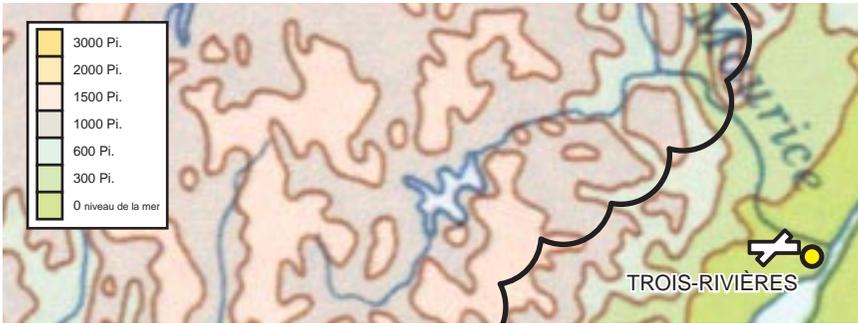
Il est souvent difficile de prévoir le type des précipitations en automne. Il n'est pas rare d'observer de la pluie dans la vallée et de la neige dans les montagnes. L'aéroport de Dorval signale de la pluie faible au moment où des granules de glace ou de la pluie verglaçante tombent à Mirabel. À l'occasion, l'aéroport de Saint-Hubert demeure dans le secteur chaud, au sud du front chaud (p. ex., +10 °C), alors que la température de l'air à Dorval reste sous le point de congélation. De même, quand la température s'élève au-dessus du point de congélation à Dorval, elle reste habituellement sous le point de congélation plus longtemps à Mirabel.

(d) Hiver

Comme en automne, les fronts chauds ont tendance à s'attarder entre les aéroports de Dorval et de Saint-Hubert le long du fleuve du Saint-Laurent. Le brouillard glacé est aussi un phénomène fréquent à l'aéroport de Saint-Hubert, mais il est plus rare à Dorval.

Les vents du sud peuvent causer des problèmes en hiver à l'aéroport de Saint-Hubert. Comme la piste 28 n'est pas gardée ouverte en hiver, ces vents soufflent latéralement sur les autres pistes.

Les Basses-Laurentides

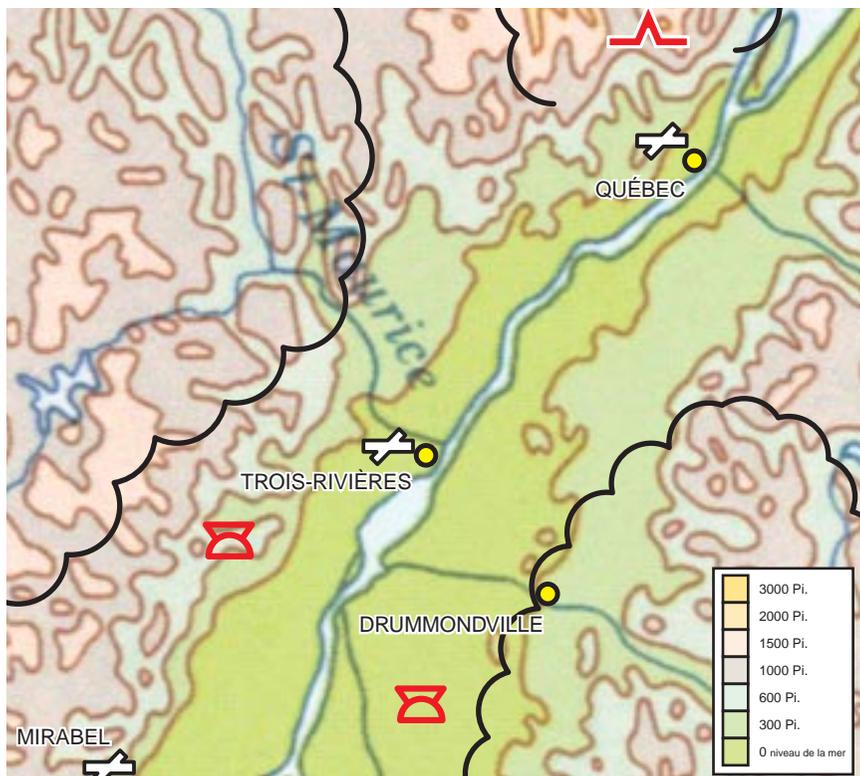


Carte 4-39 - Les Basses-Laurentides

Dans les terrains montagneux des Basses-Laurentides, les pilotes aperçoivent fréquemment des stratus ayant leur base à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et ces stratus peuvent masquer certains sommets. Du brouillard ou de la brume accompagnent souvent ces nuages. Les nuages ont tendance à se fragmenter durant l'après-midi et se dissipent parfois complètement vers la fin de l'après-midi. Plus loin au nord, les bases des nuages sont habituellement plus basses, surtout quand le vent souffle du nord-ouest. Les nuages et le brouillard ont tendance à se généraliser durant les mois d'été.

Les orages sont courants en été dans les Basses-Laurentides, en particulier au sud d'une ligne s'étendant de Fort-Coulonge, sur la frontière entre le Québec et l'Ontario, à Saint-Jovite et à Saint-Gabriel, près du lac Saint-Pierre.

Région de Québec - Trois-Rivières - Drummondville



Carte 4-40 - Région de Québec - Trois-Rivières - Drummondville

Région du Québec métropolitain

La région au sud du Saint-Laurent mais au nord des contreforts des Appalaches offre les meilleures conditions de vol. À l'est de la rivière Chaudière, la visibilité est habituellement bonne et, lorsqu'il y a des nuages, leur base se trouve en général entre 4000 et 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer. À l'ouest de la Chaudière, la base des nuages est souvent un peu plus basse, habituellement autour de 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Durant l'été, les nuages convectifs sont courants et la base des cumulus se trouve souvent à 2000 pieds le long de la rive sud du Saint-Laurent. Durant les jours chauds et humides, quand la température atteint ou dépasse 28 °C, la brume sèche devient généralisée et peut réduire la visibilité à 5 milles. Quand il pleut, la visibilité demeure généralement supérieure à 5 milles et la base des nuages varie entre 1500 et 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Si de la brume se forme dans la pluie, la base des nuages s'abaisse davantage, jusqu'en deçà de 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Les nuages sont présents la majorité du temps dans la région entre le Saint-Laurent

et les contreforts des Laurentides, surtout au nord de Québec. C'est dans cette région qu'est située la base des Forces canadiennes de Valcartier, avec son hélicoptère dont l'élévation est de 550 pieds. Durant les mois d'été, il se forme des orages sur les contreforts des Laurentides et le mont Bélair; ces orages se déplacent vers le sud-est en direction de la ville vers la fin de la journée. Durant le reste de l'année, depuis le moment où la neige fond au printemps jusqu'à ce que les lacs et rivières gèlent à l'automne, le brouillard peut causer des problèmes.

Drummondville

Les pilotes signalent un effet de microclimat intéressant autour de Drummondville, un effet qui semble délimiter le mauvais temps. Quand des plafonds bas et des visibilités réduites sont signalés, par exemple dans la neige, à l'est de Drummondville, les conditions sont en général beaucoup meilleures à l'ouest de Drummondville. Quand les mauvais plafonds et visibilités sont signalés à l'ouest de Drummondville, les conditions sont beaucoup meilleures à l'est de la ville.

Le temps est fréquemment meilleur à Drummondville qu'à Montréal ou à Québec. Par exemple, la base des nuages peut être à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer dans un rayon de 20 milles marins de Drummondville, alors que des plafonds beaucoup plus bas et de moins bonnes visibilités entravent les opérations aériennes tant dans la région de Québec que de Montréal.

Trois-Rivières

Quand un gros système de basse pression s'approche de Montréal, l'aéroport de Trois-Rivières garde généralement plus longtemps de meilleures conditions de plafond et de visibilité que les aéroports de Montréal et de Québec.

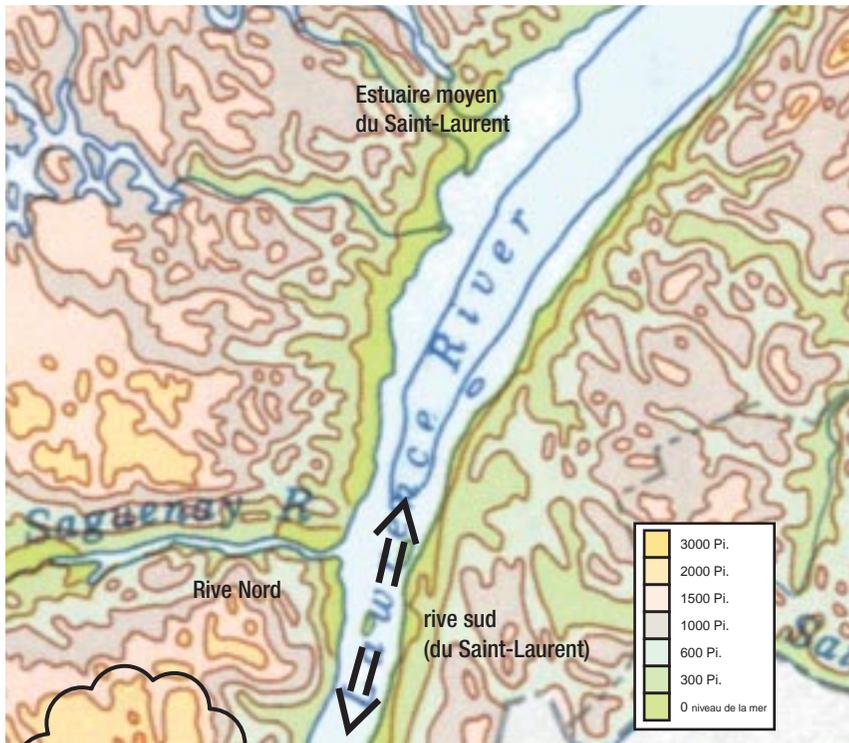
L'aéroport de Trois-Rivières est rarement affecté par des brises de lac en provenance du lac Saint-Pierre. Par contre, les vents latéraux et la turbulence à basse altitude qu'ils produisent sont fréquents lorsque les vents soufflent du sud-est ou du nord-ouest. Il est rare cependant qu'on observe un cisaillement du vent à Trois-Rivières.

Durant l'automne, les bases des nuages se trouvent généralement entre 5000 et 6000 pieds au-dessus du sol dans la région de Trois-Rivières, avec une couche fragmentée plus basse, à 400 ou 500 pieds au-dessus du sol, à l'aéroport même. Ces nuages plus bas ont tendance à se dissiper vers 11 heures. À l'est de l'aéroport, en direction de Québec, on observe souvent une couche de nuages dont la base est à 1500 pieds au-dessus du sol.

Le régime du brouillard à l'aéroport de Trois-Rivières est semblable à celui qui prévaut à l'aéroport de Saint-Hubert, spécialement en été et en automne. Le brouillard est en général localisé et mince. Il se forme souvent pendant la soirée et persiste durant la plus grande partie de la nuit. À l'occasion, du brouillard peut se former au petit matin, mais il se dissipe rapidement.

Région de l'estuaire moyen du Saint-Laurent

Région de la rive sud



Carte 4-41 - Région de la rive sud

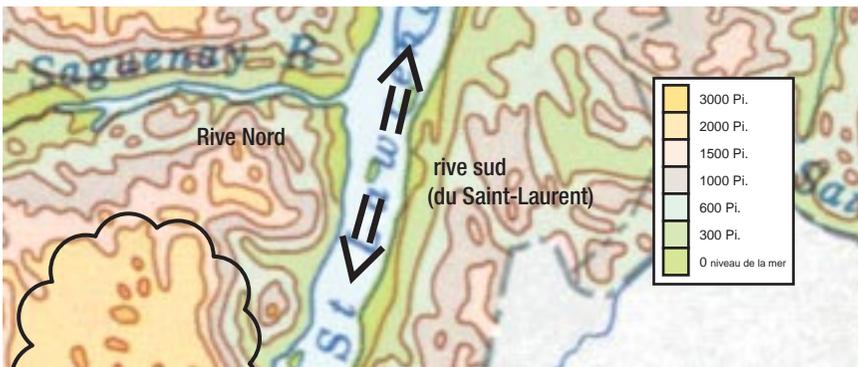
Les plus mauvaises conditions météorologiques sont généralement liées à des vents du nord-est, en particulier à l'avant des systèmes de basse pression qui s'approchent. À cause de l'effet d'entonnoir que produit la vallée entre l'embouchure du Saguenay et l'île d'Orléans, les vents du nord-est ont tendance à être très forts, avec des rafales dépassant parfois les 50 noeuds. Les eaux froides du Saint-Laurent gardent l'air froid et favorisent la formation de brouillard. À la fin de l'automne et au début de l'hiver, les vents du nord-est qui passent au-dessus des eaux libres produisent de très mauvaises conditions de plafond et de visibilité dans de fortes averses de neige. Les pilotes signalent fréquemment du givrage modéré dans les nuages en dessous de 6000 pieds lorsqu'ils volent au-dessus de la rive sud, et ces conditions s'étendent souvent jusqu'à la chaîne de montagnes. Au cours de l'hiver, la région qui entoure Montmagny reçoit généralement deux fois plus de neige que Québec.

Plus loin dans les terres, au-dessus des montagnes et vers la frontière du Maine, la base des nuages se trouve habituellement entre 3000 et 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Les vents de l'ouest ou du sud-ouest produisent des conditions de vol normalement meilleures, avec des nuages épars à fragmentés. Il y a toutefois une exception. L'arrivée d'air arctique très froid au passage d'un front froid particulièrement intense peut produire de fortes bourrasques de neige donnant des visibilitées d'un quart de mille ou moins et des plafonds obscurcis ou inférieurs à 200 pieds. Ce phénomène ne dure habituellement qu'une heure ou deux à un endroit particulier mais il accompagne le front à mesure que celui-ci balaie la province. Une brusque réduction des plafonds et des visibilitées, des vents très forts du nord-ouest, de la turbulence modérée ou plus forte et une baisse rapide de la température de l'air accompagnent habituellement ces bourrasques frontales. L'amélioration des conditions derrière le front peut aussi être soudaine.

C'est quand les vents soufflent d'une direction entre le sud et le sud-ouest que les conditions sont les meilleures. Les températures ont alors tendance à s'élever et les jours sont principalement ensoleillés.

Région de la rive nord



Carte 4-42 - Région de la rive nord

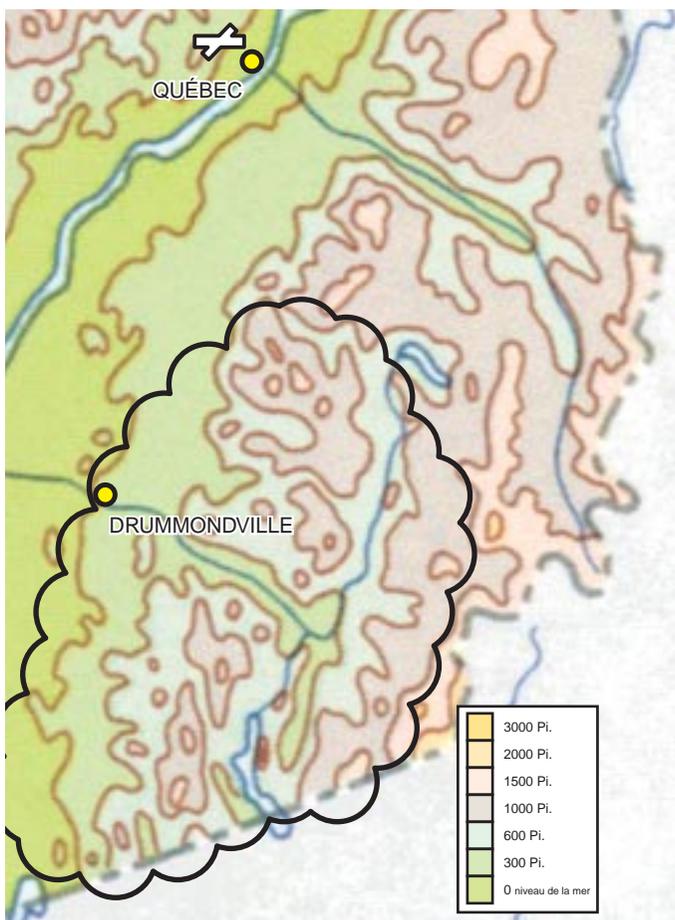
Le long de la rive nord, ce sont les vents du nord-est et du sud-ouest qui prédominent. Les vents du nord-est préfigurent habituellement de mauvaises conditions de vol, c'est-à-dire des nuages très bas, des couches de nuages épaisses et des visibilitées réduites dans les précipitations. Ceci est particulièrement vrai quand il y a de forts vents du sud ou du sud-ouest en altitude poussant de l'air chaud et humide sur la région, alors que près de la surface, l'air demeure beaucoup plus frais sous l'influence des eaux froides du Saint-Laurent.

Les vents du nord et du nord-ouest produisent habituellement d'excellentes conditions de plafond et de visibilité, car l'air subit une subsidence le long du flanc des montagnes. Ces forts vents catabatiques, toutefois, produisent généralement de la turbulence modérée ou forte, en particulier dans la région entre Baie-Saint-Paul et l'embouchure du Saguenay.

Cantons-de-l'Est et Beauce

Le caractère montagneux du terrain est à l'origine de diverses difficultés relative-ment aux opérations aériennes. Les plus mauvaises conditions s'observent souvent quand la circulation est du nord ou du nord-ouest, car alors l'air doit remonter le terrain. Une dépression peut aussi amener de mauvaises conditions. Autrement, la base des nuages se trouve habituellement entre 3000 et 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer et les visibilitées sont excellentes au nord des contreforts.

Région des Cantons-de-l'Est



Carte 4-43 - Région des Cantons-de-l'Est

Il faut s'attendre à des nuages bas et des visibilitées réduites, de même qu'à des sommets de montagnes masqués, à tout moment de l'année. En outre, à cause de la plus grande élévation du terrain, la neige arrive plus tôt et s'attarde plus longtemps que n'importe où ailleurs dans la région. Les vallées étroites et les lacs profondément encastrés exercent aussi une influence sur les nuages et les précipitations. L'automne,

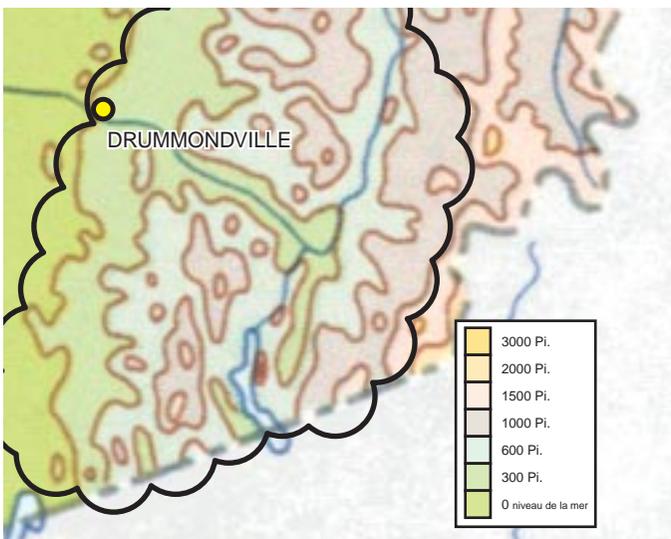
le début de l'hiver et le printemps sont des moments de l'année où le type des précipitations change rapidement, de neige à pluie verglaçante à pluie, ou vice versa, sur de courtes distances ou pour de petits changements d'altitude.

Les terrains montagneux font en sorte que l'air froid s'accumule dans les vallées fluviales et au-dessus des lacs durant la nuit, lorsque s'établit une circulation catabatique nocturne. Le brouillard se forme souvent à ces endroits durant la soirée ou la nuit. Ce brouillard peut lentement se transformer en une mince couche de stratus libérant tout juste les sommets de la vallée.

Le cisaillement du vent est chose fréquente puisque le vent près de la surface a tendance à suivre les vallées et les lacs allongés, alors qu'en altitude le vent demeure mieux aligné avec la circulation atmosphérique générale. Par conséquent, les vents signalés à certains aéroports des Cantons-de-l'Est peuvent être plus faibles qu'ailleurs dans la région.

Le problème le plus sérieux selon certains pilotes qui voyagent vers le sud à basse altitude depuis Saint-Hubert jusqu'en Nouvelle-Angleterre est la fréquence élevée de la turbulence modérée ou plus forte au-dessus des montagnes des Cantons-de-l'Est. On voit fréquemment des stratocumulus stationnaires lenticulaires (SCSL) dès qu'il y a une forte circulation du nord-ouest et même, à l'occasion, des nuages de tourbillon d'aval. L'intensité de la turbulence augmente généralement à mesure qu'on approche de la frontière américaine et plus loin au sud. Les images satellite sont très utiles pour repérer ces régions.

Région de la Beauce



Carte 4-44 - Région de la Beauce

Semblables à celles des Cantons-de-l'Est, les montagnes de cette région exercent également une grande influence sur les conditions météorologiques locales. Les vents qui remontent les pentes produisent des nuages bas, en particulier au-dessus des hautes-terres de la Beauce en hiver.

Les pilotes ont aussi remarqué une région dans les contreforts, limitée à l'est par la Chaudière et à l'ouest par Coleraine et Invernes, dans laquelle la base des nuages est habituellement plus basse. Par contre, une région plus proche de la frontière américaine, depuis Saint-Georges à l'est, offre plus souvent des bases de nuages autour de 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer et d'excellentes visibilitées.

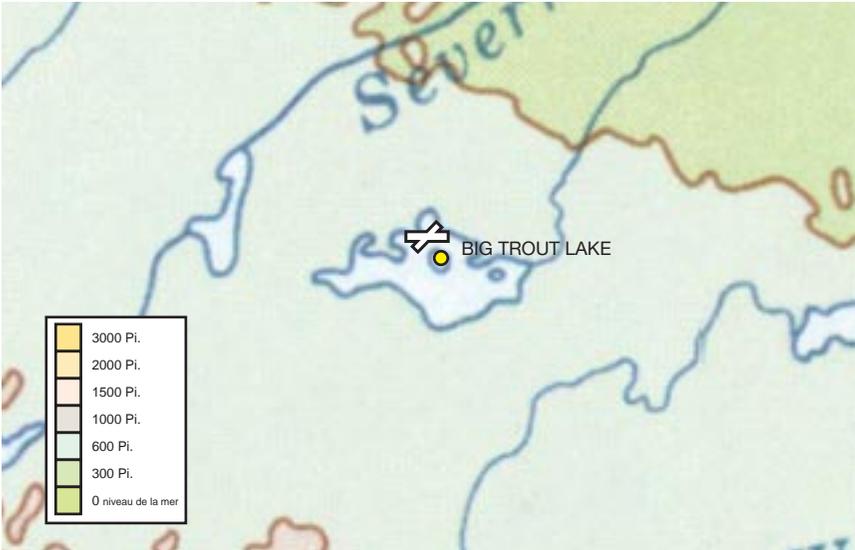
Il y a une chaîne de montagnes plus élevée, avec des sommets à 3040 pieds au-dessus du niveau de la mer, qui s'étend de Saint-Philémon à Buckland. Il y a souvent des nuages bas le long de cette chaîne.

Chapitre 5

Climatologie des aéroports

Ontario et Québec

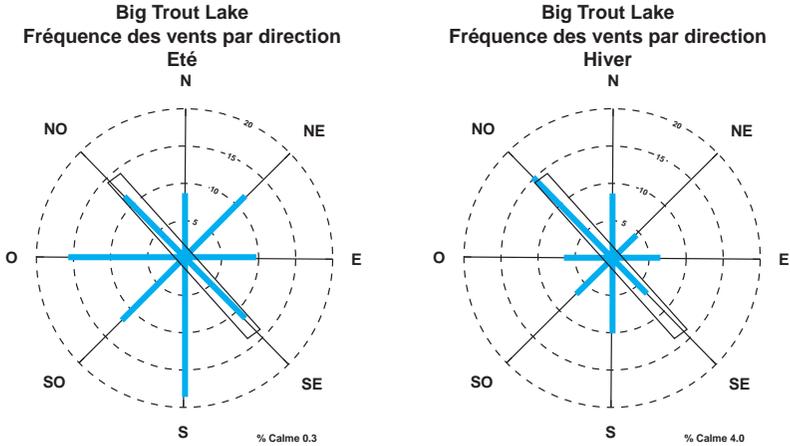
(a) Big Trout Lake



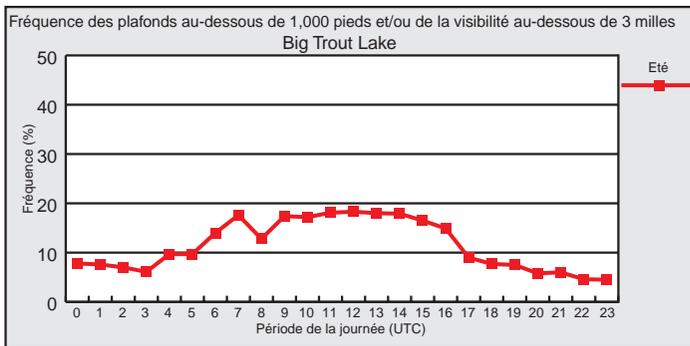
Big Trout Lake, l'un des plus gros aéroports dans le nord-ouest de l'Ontario, se trouve entouré d'un grand nombre de petits lacs, marais et rivières. La rivière Severn coule à 30 milles au nord-ouest et draine la majeure partie de la région en serpentant vers le nord-est jusqu'à la baie d'Hudson. La localité et l'aéroport de Big Trout Lake sont situés sur l'île Post, dans le nord-est du lac. L'île est rattachée à la rive par une route construite sur un étroit pont de terre. Le paysage de l'île Post et de la région qui entoure le lac Big Trout est principalement plat, boisé et parsemé de marais. À plus grande échelle, le terrain au nord et au nord-est s'incline doucement vers la baie d'Hudson, alors que le Bouclier canadien s'élève, doucement aussi, vers le sud et le sud-ouest.

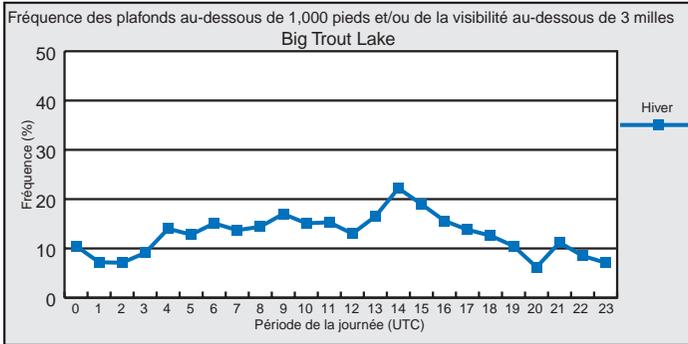
Durant les mois d'hiver, les vents de l'ouest et du nord-ouest prédominent, tant en direction qu'en force, alors que les vents de l'est et du nord-est sont rares et beaucoup plus faibles.

La configuration du vent en été est plus diversifiée. Les vents soufflent d'une direction entre le nord-ouest et le sud environ 15 % du temps et sont plus forts, alors que les vents du sud-est au nord-est ont une fréquence d'environ 10 % et sont moins forts.



L'été offre de fréquentes périodes de beau temps dans le nord-ouest de l'Ontario et, en général, les conditions IFR se produisent moins souvent. Ceci est valable pour Big Trout Lake; cependant, des conditions IFR apparaissent de temps à autres, en particulier au début et à la fin de la saison. Le brouillard en est l'un des principaux responsables. Il se forme aux petites heures du matin, se dissipe durant la première moitié de la journée et réduit entre-temps la visibilité. Un deuxième facteur pouvant occasionner des conditions IFR est un écoulement le long des pentes ascendantes. Les vents du nord ou du nord-ouest soufflent en remontant les pentes dans cette section du Bouclier canadien, ce qui fait apparaître des zones de nuages bas. Finalement, les nuages convectifs et les averses contribuent aussi aux conditions IFR durant les mois d'été. Ils se forment habituellement durant l'après-midi et se dissipent en soirée.





Les causes des conditions IFR en hiver sont de même nature que celles de l'été. Le brouillard est encore une fois le principal coupable; il se forme plus fréquemment au début et à la fin de la saison, quand il y a encore de l'eau libre dans la région pour fournir de l'humidité. Comme en été, il se forme le plus souvent tôt le matin, mais il a tendance à mettre plus de temps à se dissiper. Quand les températures plongent en dessous de zéro, du brouillard glacé peut se former et être assez persistant, surtout par vent calme ou faible. Le brouillard glacé se forme rapidement parfois, sous l'effet des gaz d'échappement des avions ou de la fumée des cheminées de la localité voisine. La neige, ou la poudrière, est une autre cause fréquente de conditions IFR en hiver. Par ailleurs, un système de basse pression peut apporter des plafonds bas et des visibilités réduites, mais ces conditions s'améliorent assez rapidement après son passage. Il arrive toutefois que des dépressions s'attardent quelque peu sur la région. Dans ce cas, les mauvaises conditions de plafond et de visibilité peuvent persister plus longtemps.

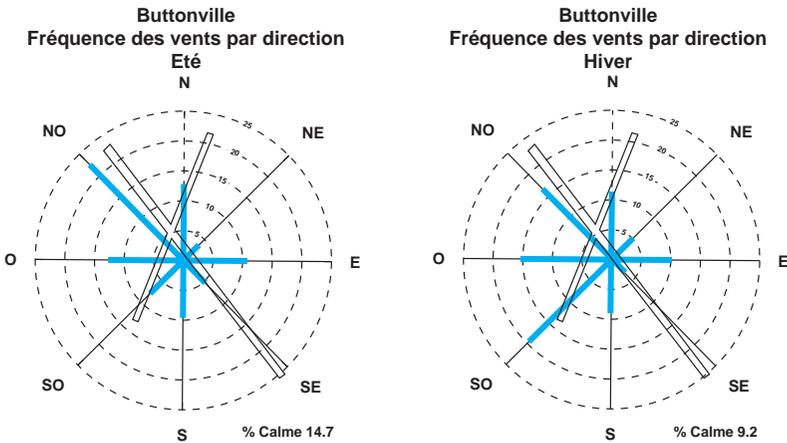
(b) Buttonville



L'aéroport de Buttonville est situé dans une zone habitée, au milieu d'un territoire ondulé, à 16 milles au nord-nord-ouest du centre-ville de Toronto. L'aéroport a une

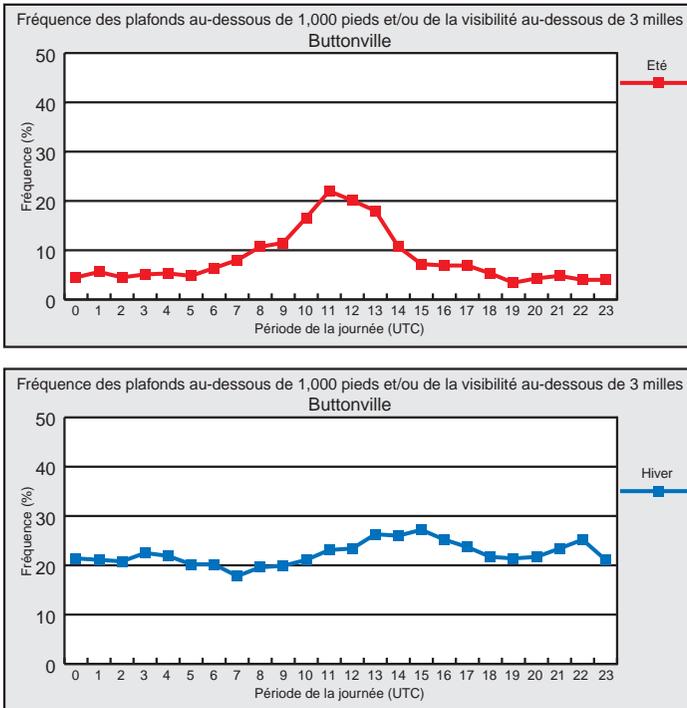
élévation de 650 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le terrain au sud de l'aéroport s'incline doucement vers la rive du lac Ontario. Au nord, le terrain s'élève le long des flancs de la Moraine d'Oak Ridges, pour atteindre une élévation de 1330 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Les vents dominants à Buttonville sont du sud-ouest et du nord-ouest. Les vents du nord-ouest subissent une subsidence, étant donné qu'ils descendent la face sud de la Moraine d'Oak Ridges en direction de l'aéroport de Buttonville. Les vents du sud-ouest, qui passent au-dessus des lacs Érié et Ontario, ont tendance à suivre le terrain le long de la rive nord-ouest. Les vents de l'est et du sud-est remontent les pentes et, bien qu'ils soient moins fréquents, apportent certaines des pires conditions de plafond et de visibilité que connaît Buttonville.

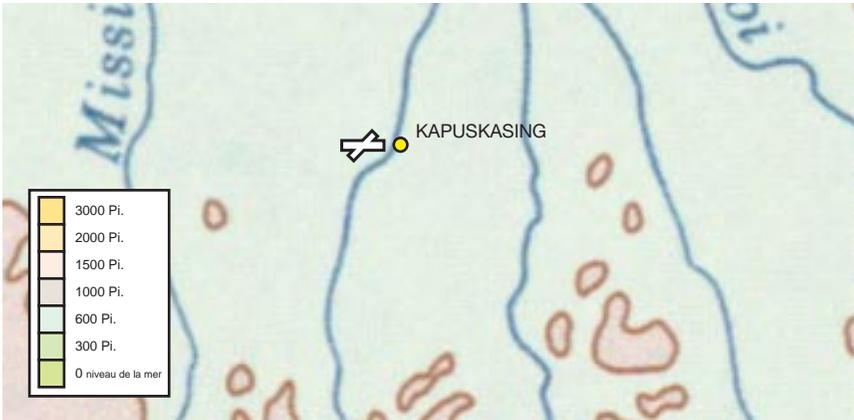


On peut s'attendre à de bonnes conditions de vol pendant la plus grande partie de l'été. Le terrain en pente qui entoure l'aéroport permet un assez bon drainage de l'air et, en moyenne, il se forme du brouillard seulement 2 ou 3 fois, surtout vers la fin de l'été et au début de l'hiver. Le brouillard de rayonnement, qui se forme aux petites heures du matin, se dissipe habituellement au milieu de la matinée et perdure rarement jusqu'en après-midi. En été, la brume sèche est un autre obstacle à la vue courant. Elle se forme souvent dans une masse d'air stagnante en dessous d'une crête de haute pression et est aggravée dans des conditions d'humidité élevée. La brume sèche peut, à l'occasion, réduire la visibilité à environ 5 milles, mais rarement à moins de 3 milles.

Les brises de lac que produit le lac Ontario déclenchent souvent la formation de nuages convectifs le long du terrain incliné environnant durant les après-midi d'été et, si la masse d'air est suffisamment instable, donnent lieu à des orages. L'activité convective se manifeste surtout le long des terrains élevés au nord de l'aéroport. Il y a en moyenne 25 orages par saison.

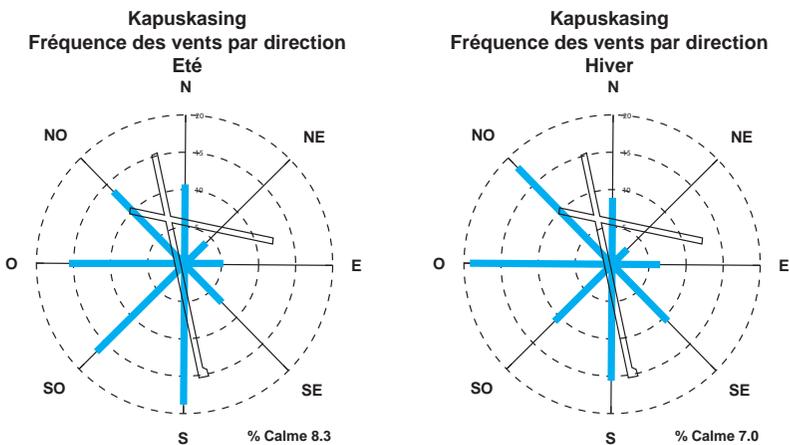


Durant les mois d'hiver, les vents dominants sont du sud-ouest. Des systèmes de basse pression migrateurs se mettent à traverser les Grands Lacs en plus grand nombre et les causes principales des conditions IFR en hiver deviennent les plafonds bas et les visibilités réduites dans la neige. Lorsque passe un système de basse pression, les terrains en pente ascendante et les crêtes montagneuses au nord connaissent souvent de plus mauvaises conditions de plafond et de visibilité dans la neige que ce que l'on observe à l'aéroport. Dans une forte circulation du nord-ouest, des nuages d'effet de lac peuvent produire d'importantes chutes de neige et des conditions IFR le long des pentes au nord de ces crêtes, alors que les conditions à l'aéroport de Buttonville, du côté descendant de ce terrain, seront nettement meilleures.

(c) Kapuskasing

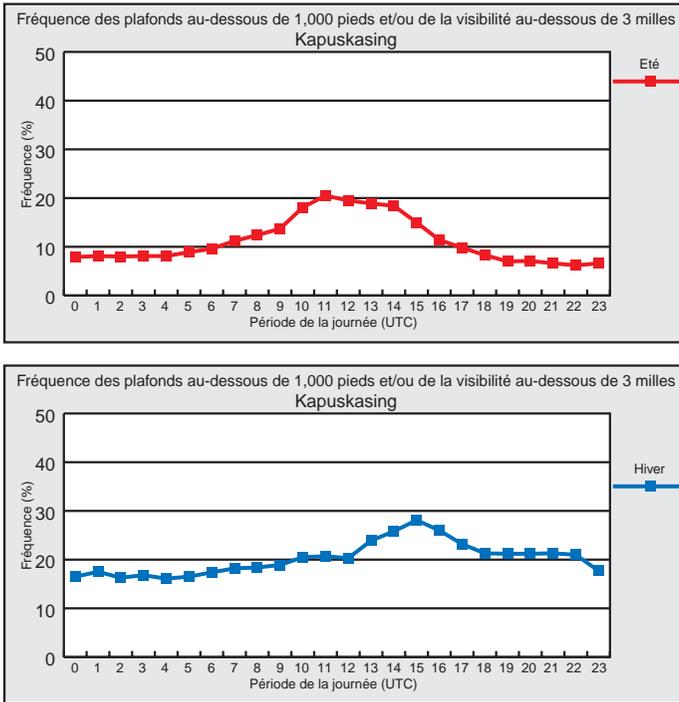
L'aéroport de Kapuskasing dans le nord-est ontarien se trouve à un mille à l'ouest du centre-ville et à un demi-mille au sud de la route transcanadienne. Plusieurs plus petites localités sont situées dans la région environnante, y compris Kitigan, à environ 7 milles marins à l'est-sud-est; Lepage, à 6 milles à l'ouest-nord-ouest; Harty, à 11 milles à l'ouest-nord-ouest; et Val Rita, à 4 milles au nord-ouest.

Le terrain environnant est ondulé et boisé. Les plus hautes collines, à 12 milles au sud-ouest, s'élèvent à 735 pieds au-dessus du niveau de la mer. La rivière Kapuskasing passe à tout juste un peu plus d'un mille au nord-est de l'aéroport. Elle forme des méandres à travers la région et coule vers le nord le long du terrain faiblement incliné jusqu'aux basses-terres de la baie d'Hudson.



L'hiver amène des vents dominants de l'ouest ou du nord-ouest à Kapuskasing. Les vents du sud et du sud-ouest deviennent moins fréquents et moins forts durant l'hiver et les vents du nord-est sont rares.

Durant l'été, les vents dominants ont une direction du sud ou du sud-ouest. Les vents du nord-ouest deviennent deux fois moins fréquents et leur force diminue, alors que les vents des quadrants est sont rares.



Des conditions IFR prévalent de 15 à 25 pour cent du temps en hiver et sont dues à de mauvaises visibilités dans le brouillard ou la neige. Le brouillard se forme plus souvent au début de la saison et à la fin, avant que les sources d'humidité locales ne gèlent. Le brouillard a tendance à se former vers la fin de la nuit; il atteint un maximum juste après le lever du soleil et se dissipe lentement. Plus tard dans la saison, quand les températures plongent sous le point de congélation, du brouillard glacé peut se former et être persistant, surtout par vent calme ou faible. Le brouillard glacé se forme rapidement parfois, sous l'effet des gaz d'échappement des avions ou de la fumée des cheminées d'une localité voisine.

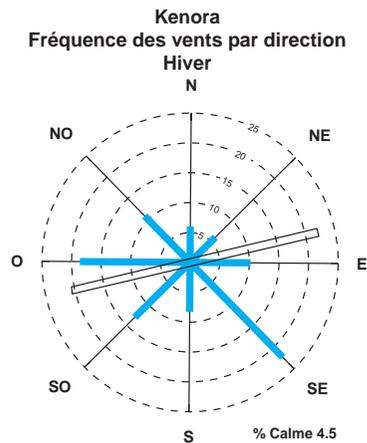
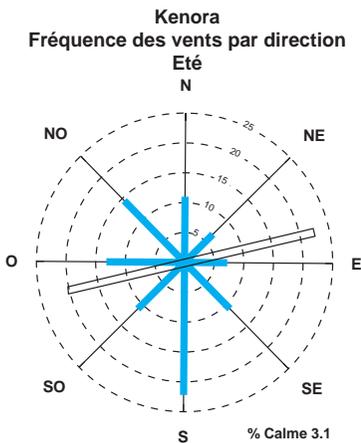
Les nuages, la neige et la poudrierie qu'apportent les systèmes sont d'autres causes courantes de conditions IFR en hiver. Ce type de conditions commence et se termine pour des raisons qui ne sont pas liées à l'heure du jour. Par conséquent, il y a peu de variation journalière dans la fréquence des conditions IFR en hiver. Les vents du nord-ouest, qui remontent les pentes vers Kapuskasing, apportent avec eux certaines des plus mauvaises conditions de vol. Les conditions IFR sont plus de deux fois plus probables quand la circulation vient du nord-ouest que lorsqu'elle vient de n'importe quelle autre direction.

Kapuskasing connaît généralement de bonnes conditions de vol tout l'été. Cependant, des conditions IFR apparaissent de temps en temps, en particulier au début et à la fin de la saison. Le brouillard en est encore la cause la plus courante. Il se forme vers la fin de la nuit, se dissipe durant la partie initiale de la journée et réduit entre-temps la visibilité. Les plafonds bas sont moins fréquents et sont généralement dus à un écoulement ascendant du nord-ouest. Les nuages convectifs et les averses produisent aussi des conditions IFR durant les mois d'été. Ils se forment habituellement durant l'après-midi et se dissipent en soirée. Les orages, peu fréquents, affichent un maximum en juillet, se produisant, en moyenne, six fois au cours de ce mois.

(d) Kenora

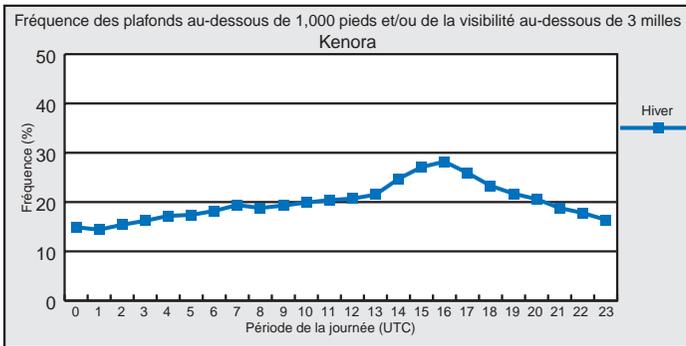
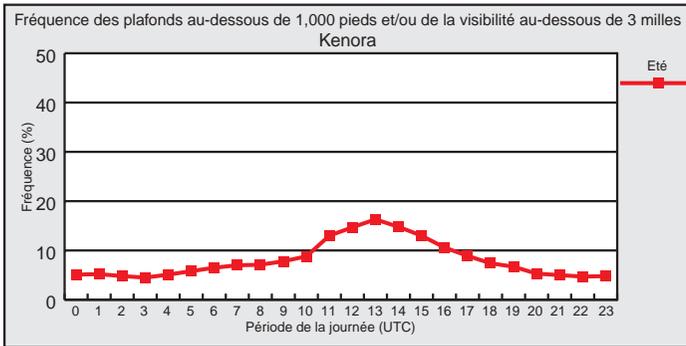


Kenora se trouve dans le nord-ouest de l'Ontario, le long de la rive nord du lac des Bois. L'aéroport est situé à 5 milles à l'est-nord-est de la ville. De nombreux plus petits lacs parsèment le paysage rocheux, boisé et ondulé de la région. En général, le terrain s'élève vers l'est et les élévations diminuent vers l'ouest.



Durant l'été, les vents dominants sont du sud et se produisent environ 22 % du temps. Les vents d'une direction entre le nord-ouest et le sud-ouest sont moins fréquents et ceux de l'est sont plus rares.

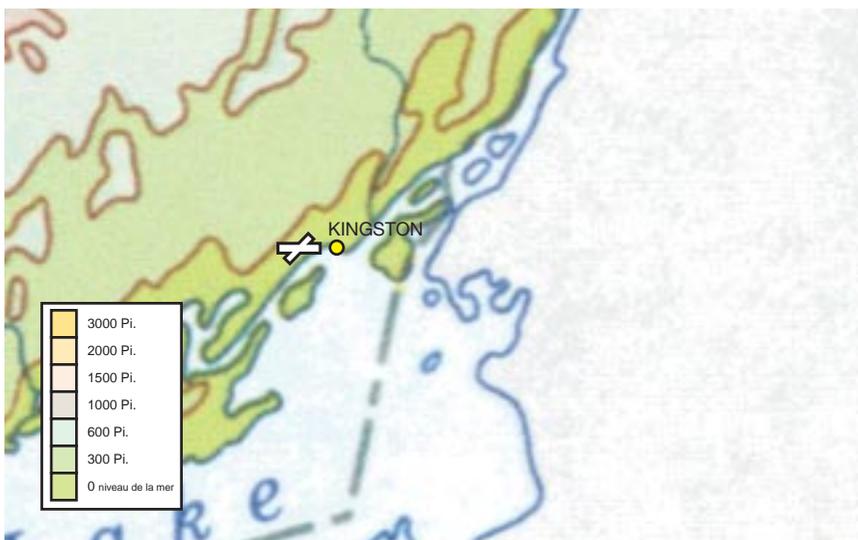
La configuration des vents à l'aéroport de Kenora montre que les directions du nord-ouest et du sud sont les plus fréquentes. Les vents de l'est ainsi que ceux du sud-est ont une fréquence deux fois moins élevée et sont en général plus faibles. Les vents de l'est ou du nord-est sont beaucoup plus rares.



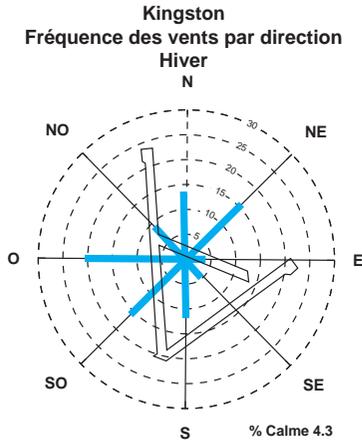
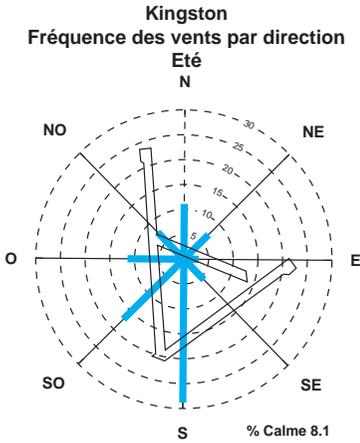
L'été amène généralement de bonnes conditions de vol dans la région de Kenora. Les conditions IFR ne sont pas coutumières, mais elles se produisent plus souvent au début et à la fin de la saison. Il se forme typiquement du brouillard de deux à trois fois par mois, habituellement durant les premières heures du matin, à partir de l'humidité abondamment fournie par les nombreux lacs environnants. Le brouillard se dissipe habituellement durant la partie initiale de la journée et ne persiste rarement plus tard que midi. Les plafonds bas ne constituent pas souvent un problème mais se forment plus souvent quand l'écoulement est du sud-ouest et provient du lac des Bois. Les nuages convectifs et les averses apportent une petite contribution aux conditions IFR durant les mois d'été. Ils se forment habituellement durant l'après-midi et se dissipent en soirée. Il se forme des orages plusieurs fois par mois durant l'été, leur fréquence étant maximale en juillet, alors qu'on en compte sept, en moyenne.

L'hiver, la fréquence des conditions IFR augmente, en même temps qu'augmente le nombre de dépressions migratrices qui traversent la région. Le brouillard n'est généralement pas un problème pour les opérations aériennes, mais il se forme plus souvent le matin, au début et à la fin de la saison, avant la prise des glaces et durant la fonte printanière. Les nuages bas et la neige se mettent de la partie plus fréquemment en décembre et en janvier. Lorsque de mauvaises conditions de plafond et de visibilité surviennent, elles durent rarement longtemps puisque la plupart des systèmes migrateurs passent en moins de 24 heures et le dégagement, derrière eux, se fait souvent assez rapidement.

(e) Kingston

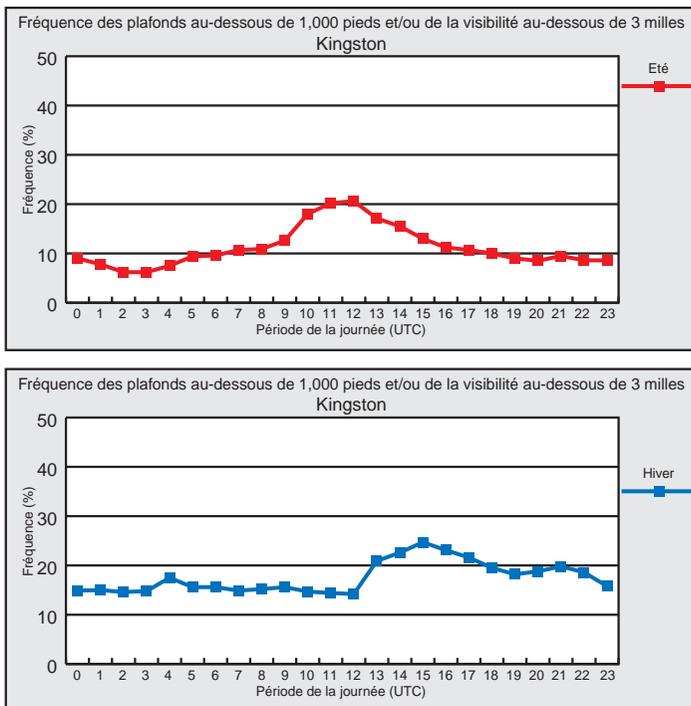


L'aéroport est situé près de l'extrémité est du lac Ontario, sur la rive nord, à 4 milles marins à l'ouest de la ville de Kingston. Un paysage assez plat entoure l'aéroport, dont l'élévation est de 60 pieds au-dessus de celle du lac. Des terres agricoles ondulées et assez peu boisées s'élèvent doucement dans des directions allant du nord-ouest au nord-est et sont parsemées de nombreux petits lacs et rivières. Vers le sud-ouest se trouvent les eaux libres du lac Ontario et vers l'est, celles du cours supérieur du Saint-Laurent et la région des Mille-Îles.



Au cours de l'été, les vents du sud et du sud-ouest depuis le lac Ontario dominant à Kingston. Les vents du quadrant nord ont une fréquence inférieure à la moitié de celle des précédents, alors que ceux du sud-est et tout spécialement ceux de l'est sont rares.

Durant l'hiver, les vents de l'ouest sont un peu plus fréquents que ceux du sud-ouest et du nord-ouest. Comme en été, on observe assez rarement des vents de l'est ou du sud-est.

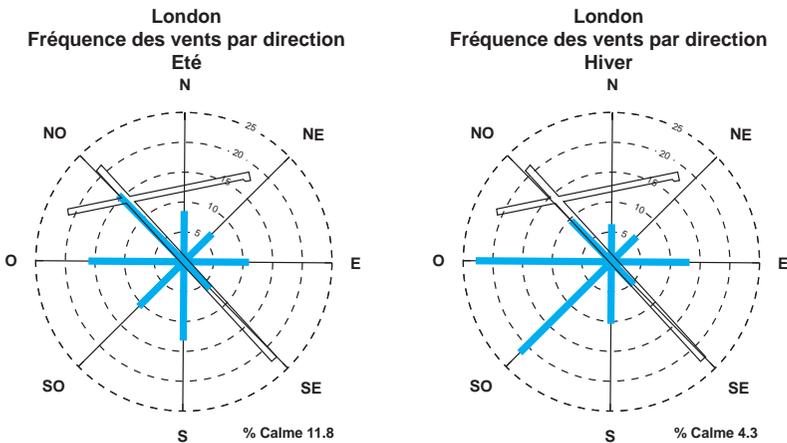


Les conditions IFR ne sont pas coutumières à l'aéroport de Kingston en été. Du brouillard de rayonnement peut parfois se former aux petites heures du matin, mais il se dissipe habituellement quelques heures plus tard. Les plafonds bas et les visibilités réduites sont généralement le fait des systèmes de pression migrateurs et des vents du sud, qui remontent les pentes en apportant de l'humidité du lac Ontario. L'été, des nuages convectifs apparaissent assez souvent le long des flancs exposés au soleil et du terrain en pente ascendante au nord de l'aéroport et produisent à l'occasion des lignes d'orages. Les eaux froides du lac Ontario atténuent la convection; par conséquent, peu d'orages se forment ou passent dans le voisinage immédiat de l'aéroport.

En hiver, les systèmes de basse pression migrateurs se mettent à traverser les Grands Lacs en plus grand nombre et la fréquence des conditions IFR augmente. Les nuages et les visibilités réduites dans la neige, la pluie et le brouillard sont les principales causes des conditions IFR plus fréquentes à Kingston. En l'absence de système météorologique synoptique, un écoulement du sud ou du sud-ouest au-dessus des eaux libres du lac Ontario peut soumettre l'aéroport à des nuages bas et des visibilités réduites dans les chutes de neige d'effet de lac. Kingston connaît aussi une moyenne de 2 à 3 événements de pluie verglaçante par mois durant l'hiver, quand la masse d'air chaud d'un front chaud s'approche par l'ouest ou le sud-ouest rencontre et s'élève au-dessus de l'air arctique froid qui déborde de la vallée de l'Outaouais et du Saint-Laurent.

(f) London

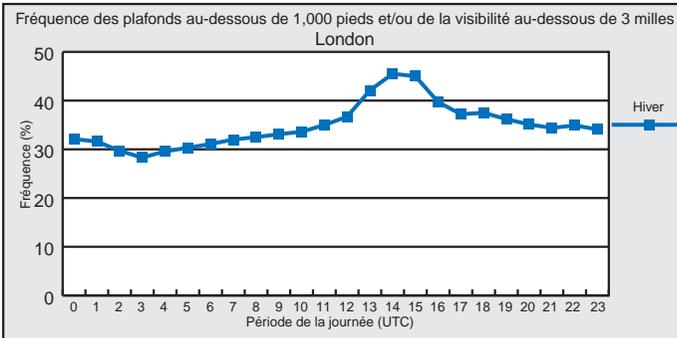
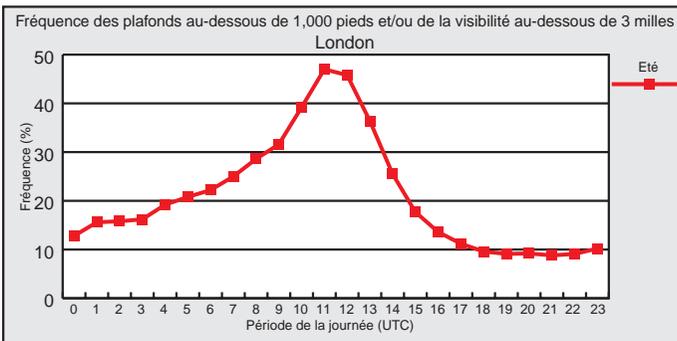
L'aéroport de London se trouve dans une plaine légèrement ondulée qui descend lentement vers la rive du lac Érié, à 23 milles marins au sud, et celle du lac Huron, à 32 milles marins au nord-ouest. Au nord-est, le terrain s'élève sur une distance de 7 milles pour atteindre une élévation de 1200 pieds au-dessus du niveau de la mer. Une branche nord de la rivière Thames serpente à travers la région et passe à un mille et demi de l'aéroport, où un barrage a été construit pour former le lac Fanshawe. La branche sud de la rivière Thames passe à 4 milles au sud de l'aéroport et rejoint la branche nord en un point situé à 6 milles au sud-ouest.



La climatologie de l'aéroport subit, jusqu'à un certain point, les effets de la topographie locale, mais ressent davantage l'influence des Grands Lacs, qui entourent en grande partie le sud-ouest de l'Ontario. Par ordre de fréquence, ce sont les vents de l'ouest et du sud-ouest que l'on observe le plus souvent en hiver, puis les vents de l'est.

L'été, la direction du vent montre une plus grande variabilité, les vents de l'ouest et du nord-ouest devenant un peu plus fréquents que ceux du sud.

Les conditions de vol sont généralement assez bonnes à London durant l'été, ce qui ne signifie pas que les conditions IFR soient inexistantes. En moyenne, le brouillard se forme trois fois par mois au début de l'été et six fois par mois en août et en septembre. Habituellement causé par un refroidissement par rayonnement quand le ciel est clair, le brouillard a tendance à se former dans l'air calme du matin, quelques heures avant le lever du soleil, puis se dissipe pour disparaître, normalement, avant le milieu de la matinée. La brume sèche, par ailleurs, est un autre obstacle à la vue courant en été et résulte d'une accumulation d'aérosols et de particules dans l'atmosphère. Elle se forme souvent dans une masse d'air stagnante en dessous d'une crête de haute pression et est aggravée dans des conditions d'humidité élevée. La brume sèche peut être plus persistante et il est arrivé qu'elle réduise la visibilité à moins de 3 milles à l'aéroport de London. Des plafonds bas et des visibilités réduites accompagnent aussi les systèmes de basse pression migrants, en particulier de concert avec une circulation du sud ou du sud-ouest qui remonte les pentes. London se trouve dans une région où le réchauffement diurne et la convergence de brise de lac près des rives du lac Érié, au sud, et Huron, au nord, favorisent la convection, ce qui lui vaut une moyenne de sept orages par mois durant l'été. On observe couramment des trombes marines au-dessus du lac Érié, tout près, et la forte convection produit occasionnellement des tornades au-dessus de la terre.



Il y a du brouillard en moyenne 3 ou 4 fois par mois en hiver, brouillard qui se dissipe habituellement assez tard dans la journée. Cependant, en hiver, ce sont les systèmes de basse pression migrateurs, avec leurs nuages et leur neige, qui causent la majorité des conditions IFR. En l'absence de systèmes synoptiques, une forte circulation provenant d'une direction entre le nord-ouest et le nord au-dessus des eaux libres du lac Huron peut apporter des nuages et des chutes de neige d'effet de lac à London. Comme l'extrémité sud du lac Huron est peu profonde et gèle plus rapidement, les nuages et les chutes de neige d'effet de lac diminuent normalement en janvier et février.

(g) Moosonee

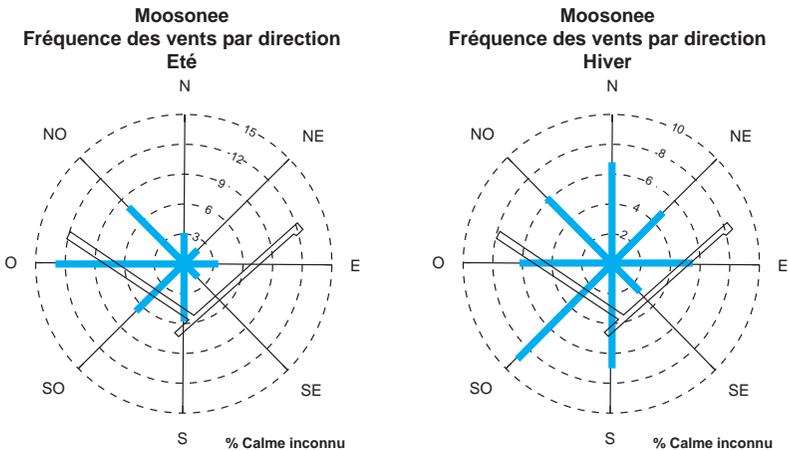


L'aéroport de Moosonee est situé sur la rive nord de la rivière Moose, à 10 milles marins de l'endroit où la rivière se déverse dans la baie James. L'aéroport possède une élévation de 30 pieds au-dessus du niveau de la mer et est entouré d'un terrain presque plat formé de fondrières mal drainées, entrecoupées de buttes sablonneuses de faible hauteur couvertes d'épinettes, de peupliers, de saules et d'aulnes. L'agglomération de Moosonee se trouve à moins d'un mille au sud-ouest de l'aéroport. Les eaux de la rivière Moose sont douces dans ce secteur, avec des courants forts en été et des marées de près de 6 pieds. Dans la rivière même, à un mille et demi au sud-est, se trouve le village de Moose Factory, construit sur l'île Factory, qui est l'une des quelques îles qui jonchent la rivière Moose là où elle s'élargit à environ 3 milles avant de se jeter dans la baie James. La rivière gèle durant les mois d'hiver, ce qui met un pont de glace à la disposition des habitants de l'endroit. Durant les périodes de prise et de fonte des glaces, un hélicoptère fournit un service de transport entre ces deux communautés.

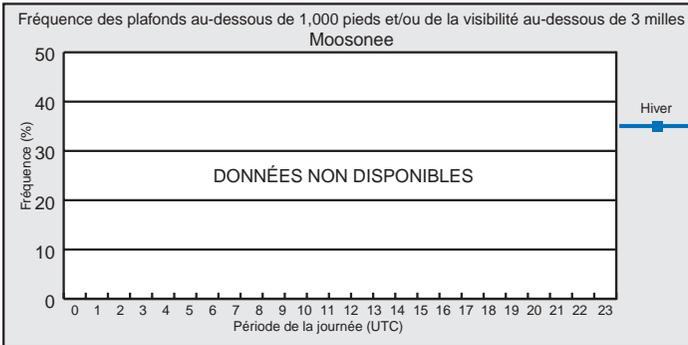
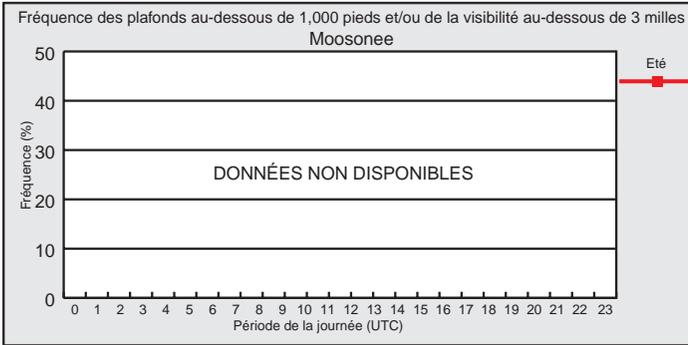


Photo 5-1 - Aéroport de Moosonee

Source : inconnue



Durant les mois d'été, ce sont les vents du sud-ouest qui prédominent à l'aéroport de Moosonee alors que durant les mois d'hiver, ce sont les vents de l'ouest. Les vents des autres directions sont beaucoup moins fréquents et sont généralement liés au passage de systèmes de basse pression dans la région. Les vitesses moyennes du vent ainsi que les rafales maximales ne montrent que de petites variations saisonnières.

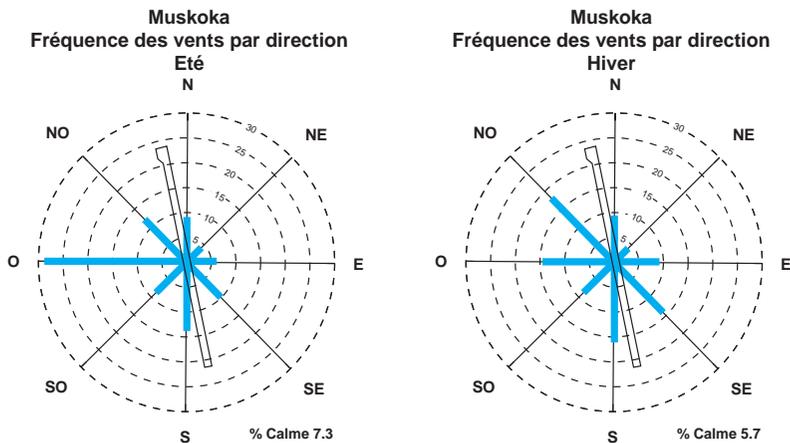


(h) Muskoka



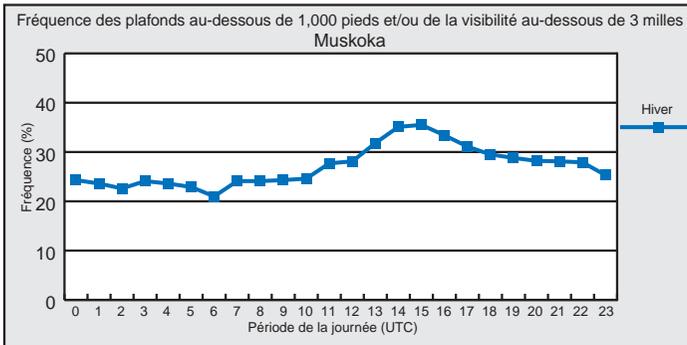
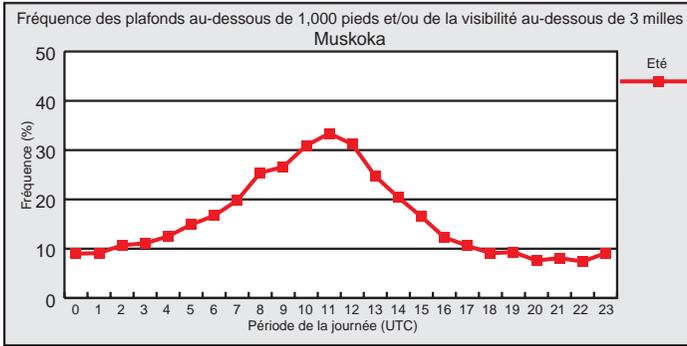
L'aéroport de Muskoka est situé dans l'Ontario central, à 3 milles marins à l'est du lac Muskoka et à mi-chemin entre les villes de Gravenhurst, à 5 milles au sud-ouest, et Bracebridge, au nord. La plus petite communauté de Muskoka Falls se trouve à 2 milles au nord. C'est une région de chalets et de villégiature parsemée de nombreux

lacs, dont le lac Muskoka est le plus grand. Le terrain qui entoure l'aéroport est varié et consiste en zones assez plates entremêlées avec les zones ondulées couvertes de forêts et de broussailles, laissant voir çà et là des affleurements rocheux. Le Bouclier canadien s'élève progressivement vers le nord-est alors que les eaux de la baie Georgienne s'ouvrent à 30 milles à l'ouest.



Les vents de l'ouest sont dominants durant les mois d'été à Muskoka, bien que des vents du sud soient plus fréquents pendant certaines périodes, tout dépendant de la configuration de la pression. Durant l'hiver, quand la trajectoire des tempêtes glisse vers le nord et que la fréquence des systèmes de basse pression augmente, la variabilité des vents devient plus grande, la fréquence des vents du nord-ouest n'étant que légèrement supérieure à celle des vents du sud ou du sud-est.

Les mauvaises conditions de plafond et de visibilité sont assez rares à Muskoka au cours de l'été et se produisent surtout au début et à la fin de la saison. Lorsqu'il y a des conditions IFR, elles sont souvent dues à la brume, au brouillard ou aux stratus bas qui se forment tôt le matin, en raison de l'humidité provenant des nombreux lacs et rivières de la région et se dissipent avant le milieu de la journée.



Durant l'hiver, les conditions IFR sont généralement liées aux chutes de neige. Les tempêtes de neige peuvent être dues à un effet de lac, se formant lorsqu'une circulation du nord-ouest transporte l'humidité de la baie Georgienne à l'intérieur des terres, ou à des systèmes de basse pression migrateurs qui injectent de l'humidité dans la région depuis le sud ou le sud-ouest. Dans un cas comme dans l'autre, les plafonds et visibilités peuvent être mauvais dans les précipitations.

À Muskoka, de façon générale, c'est en hiver que les conditions de vol sont les plus mauvaises et en été qu'elles sont les meilleures, mais c'est au printemps et à l'automne, tôt le matin, que les conditions IFR sont les plus fréquentes.

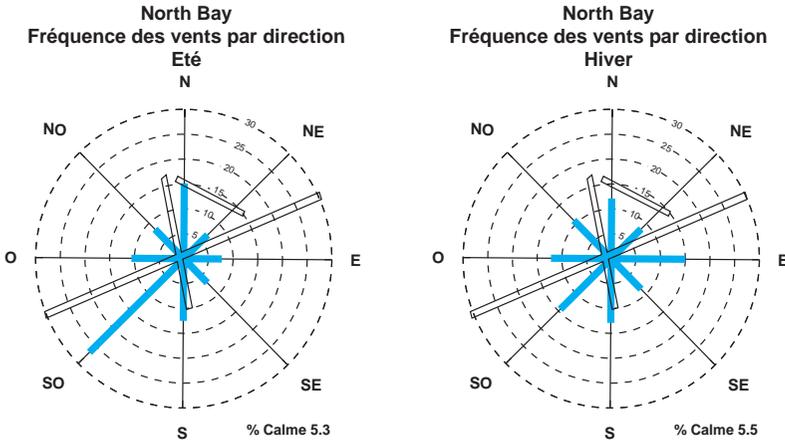
(i) Aéroport de North Bay

L'aéroport de North Bay est situé à un peu plus de 4 milles marins au nord-est et à environ 500 pieds au-dessus du lac Nipissing, sur un plateau granitique du Bouclier canadien. Au nord-est de l'aéroport, le terrain continue à s'élever doucement en formant des rangées de basses collines sur lesquelles poussent des bouleaux, des peupliers et des érables. Au sud, le plateau descend abruptement vers un terrain sur lequel la ville de North Bay s'étend jusqu'à la rive du lac.



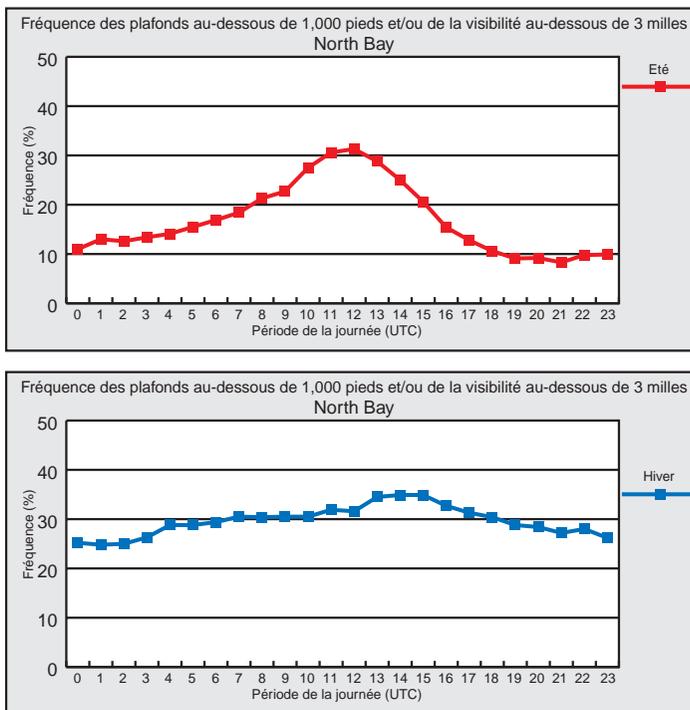
Photo 5-2 - Aéroport de North Bay

Source : inconnue



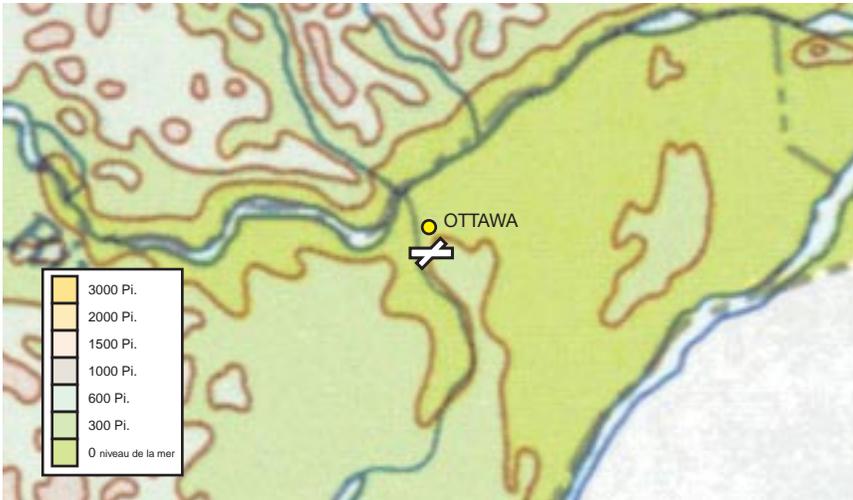
Le vent dominant à North Bay durant les mois d'été vient du sud-ouest, depuis le lac Nipissing. Il vient du nord deux fois moins souvent et est habituellement plus léger que lorsqu'il souffle du sud-ouest. Les vents des autres directions sont souvent plus faibles et encore moins fréquents.

Le régime des vents devient beaucoup plus diversifié en hiver, sous l'effet du plus grand nombre de systèmes de basse pression qui passe dans la région en suivant la trajectoire hivernale des tempêtes. Les vents dominants sont encore du sud-ouest mais les vents du nord ou de l'est sont presque aussi fréquents.



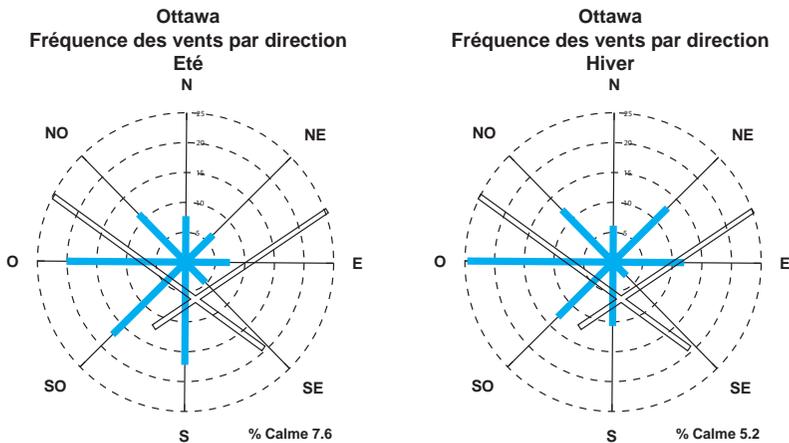
Les conditions IFR, qui enregistrent un minimum en été, se produisent surtout au début et à la fin de la saison et principalement quand les vents soufflent du sud-ouest. À North Bay, les vents qui ont une direction entre le sud-ouest et le sud-est remontent les pentes et ce sont ces vents qui produisent les plus mauvaises conditions de vol. Les vents du sud-ouest, qui prédominent en été, transportent l'humidité du lac Nipissing et, plus loin, de la baie Georgienne et contribuent, avec le réchauffement diurne, à la formation de nuages et d'averses le long des pentes ascendantes du Bouclier canadien. Ceci se voit bien sur le diagramme d'été présenté, qui montre un maximum de conditions IFR au moment où les nuages se forment à la fin de la matinée et au début de l'après-midi. Les conditions IFR diminuent ensuite vers la fin de l'après-midi et durant la soirée, quand les nuages commencent à se dissiper. L'aéroport de North Bay n'est pas particulièrement touché par le brouillard de rayonnement d'été.

Durant les mois d'hiver, les conditions IFR sont plus fréquentes et beaucoup mieux distribuées entre les heures du jour et de la nuit. Ceci est dû au fait que les conditions IFR en hiver sont souvent le résultat d'une combinaison de la neige, de la poudrière, du brouillard et des nuages bas qui accompagnent les systèmes de basse pression migrants, dont le nombre augmente en hiver. Il est à remarquer qu'au cours de l'hiver, les conditions IFR sont beaucoup plus fréquentes quand les vents soufflent des quadrants sud-ouest et sud-est, ce qui met en lumière l'influence importante des pentes ascendantes.

(j) Ottawa

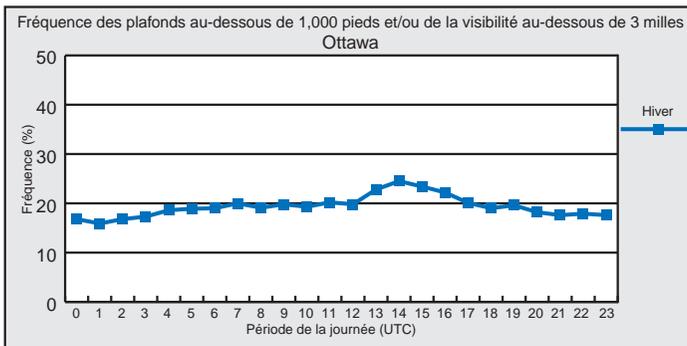
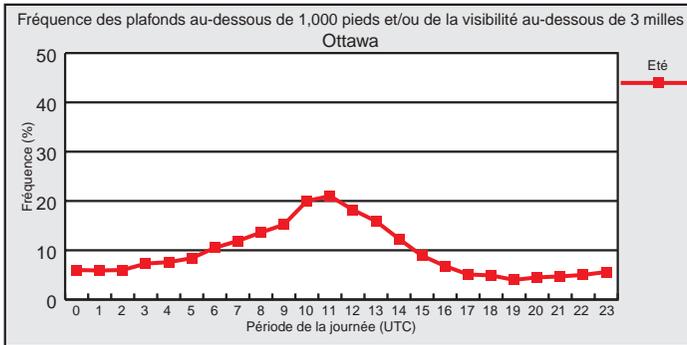
L'aéroport d'Ottawa se trouve à 90 milles marins de la rive nord-est du lac Ontario, près de la jonction des vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent. Il est construit sur une plaine de terres agricoles ondulée à environ 6 milles au sud de la ville. La rivière Rideau, à un peu plus d'un mille à l'ouest, coule vers le nord et passe dans la ville pour aller rejoindre la rivière des Outaouais à environ 6 milles au nord. L'aéroport a une élévation de 375 pieds au-dessus du niveau de la mer et de 240 pieds au-dessus de la rivière des Outaouais. Le terrain environnant s'élève vers le nord le long d'une partie du Bouclier canadien connue sous le nom des collines de la Gatineau, dont les sommets atteignent 1300 pieds à une quinzaine de milles de l'aéroport.

Les vents à Ottawa ont tendance à être canalisés par les vallées fluviales environnantes. Durant l'été, ce sont les vents du quadrant sud-ouest qui prédominent, tant en force qu'en direction. Les vents soufflent moins fréquemment du nord-ouest et plutôt rarement des quadrants est.



Durant l'hiver, les vents de l'ouest en provenance de la vallée de l'Outaouais prédominent tant en direction qu'en vitesse et les vents de l'est-nord-est et du sud-ouest, qui sont canalisés le long de la vallée du Saint-Laurent, sont aussi assez fréquents. Les vents du nord et du sud-est sont assez rares, étant bloqués par les monts Gatineau dans le premier cas et par les Appalaches, situées au sud de la vallée du Saint-Laurent, dans le second.

L'été apporte généralement de bonnes conditions de vol à Ottawa, les plafonds bas et les visibilités réduites étant inhabituels. Le brouillard de rayonnement est l'une des causes les plus courantes des conditions IFR, se formant tôt le matin quand les vents sont calmes ou légers. Le brouillard de rayonnement se dissipe habituellement dans les quelques heures qui suivent le lever du soleil et dure rarement jusqu'en après-midi. En moyenne, le brouillard réduit la visibilité à moins d'un demi-mille de 2 à 4 fois par mois, en particulier à la fin de l'été et au début de l'hiver. De mauvaises conditions de plafond et de visibilité se produisent aussi au passage de systèmes de basse pression migrants mais, encore ici, ces conditions persistent rarement longtemps. Ottawa est touché, en moyenne, par 24 orages par saison, en particulier pendant les mois de juillet et août et rarement en dehors de la période d'avril à octobre.



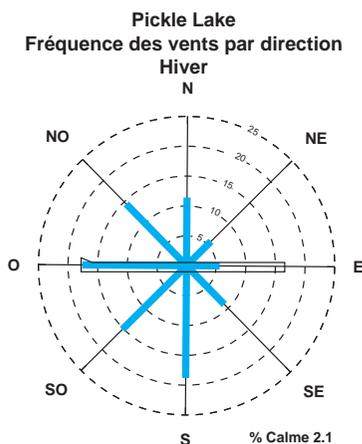
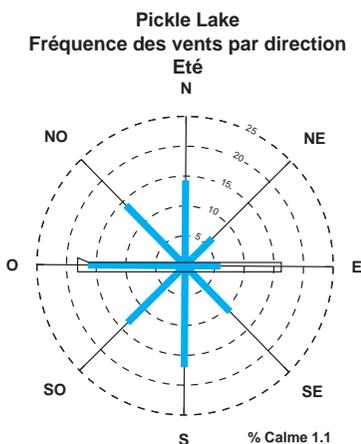
Les systèmes de basse pression migrateurs traversent le sud de l'Ontario en plus grand nombre l'hiver et la fréquence des conditions IFR augmente puisqu'il y a plus souvent des plafonds bas et des visibilités réduites dans la neige.

Le principal danger pour l'aviation dans la région d'Ottawa est sans doute la pluie verglaçante. Il s'en produit de 3 à 5 fois par mois entre novembre et avril. Les épisodes de pluie verglaçante durent typiquement une heure ou moins, mais peuvent parfois persister plusieurs heures. L'une des plus longues périodes de pluie verglaçante jamais enregistrées au Canada s'est produite du 5 au 10 janvier 1998, alors qu'il en est tombé 85 mm dans la région d'Ottawa.

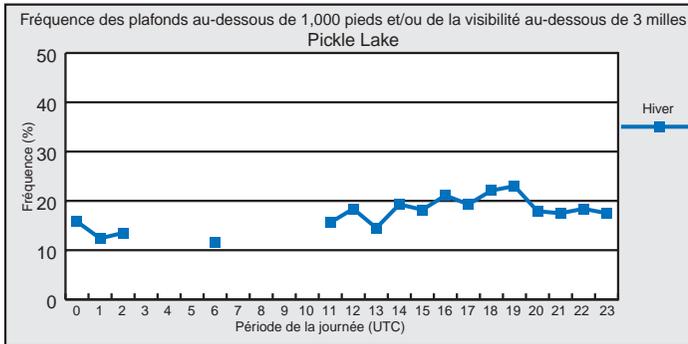
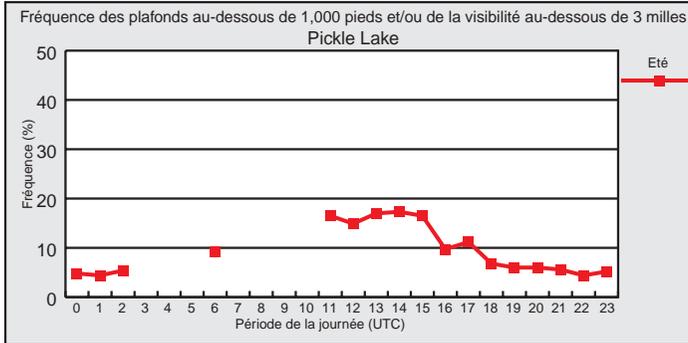
(k) Pickle Lake

L'aéroport de Pickle Lake est situé dans le nord-ouest ontarien, près de la rive sud du lac Pickle. La communauté locale, qui porte aussi le nom du lac, se trouve à environ 2 milles marins au nord-est. L'aéroport est passablement exposé et le terrain environnant est formé de basses collines boisées au travers desquelles les affleurements rocheux alternent avec les nombreux petits lacs.

Durant l'hiver, les vents de l'ouest sont les plus fréquents et les plus forts; cependant, les vents du nord-ouest, du sud-ouest et du sud sont presque aussi fréquents. En été, la direction dominante des vents devient du sud ou du sud-ouest, même si les vents du nord-ouest soufflent presque aussi souvent. Les directions du vent les moins favorisées tout au long de l'année sont l'est et le nord-est.



L'été apporte habituellement de bonnes conditions de vol à Pickle Lake et dans le nord-ouest de l'Ontario en général, quoique des conditions IFR s'y produisent parfois. L'une des causes les plus communes de ces conditions est le brouillard de rayonnement, qui se produit plus souvent durant la seconde partie de la saison. Dans une moindre mesure, la convection et les orages peuvent aussi être à l'origine de mauvaises conditions de plafond et de visibilité, à cause des averses. C'est souvent le cas au passage d'un front froid mais cela peut se produire, à l'occasion, quand le réchauffement diurne produit de gros orages.

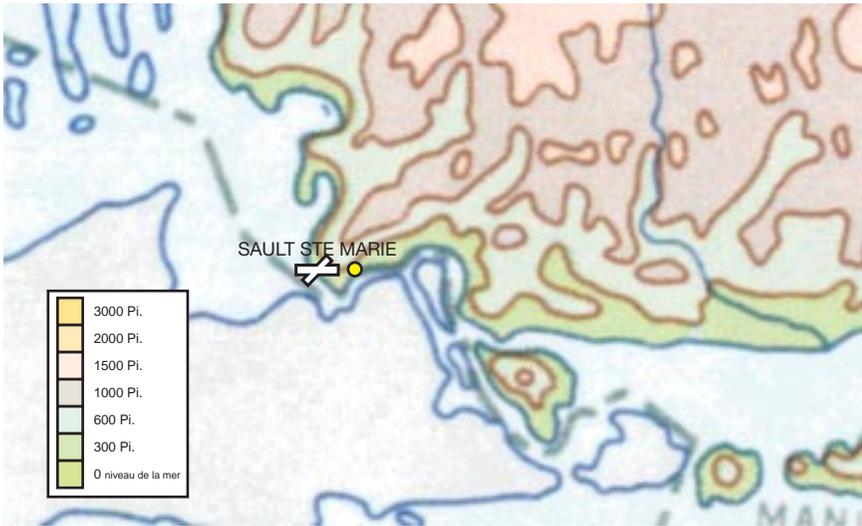


Note: Les données manquantes sont dues aux heures de fermeture de la station

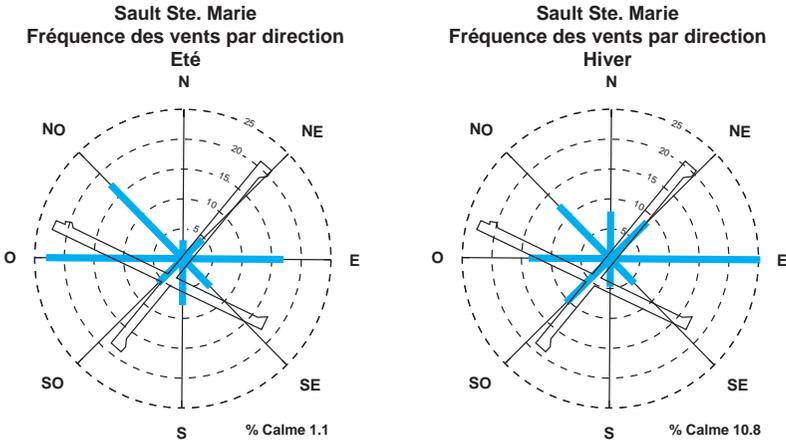
Les mauvaises conditions de plafond et de visibilité sont plus courantes l'hiver, surtout au début de la saison, quand il y a encore de l'eau libre. Durant cette période de l'année, il y a davantage de brouillard, surtout le matin, et il perdure souvent durant une bonne partie de la journée. La convection peut aussi continuer à causer des problèmes jusqu'à la prise des glaces, car les eaux chaudes des lacs environnants produisent des chutes de neige d'effet de lac qui peuvent parfois réduire la visibilité entre un quart de mille et un demi-mille pendant plusieurs heures. Quand les lacs de la région gèlent, les conditions de vol s'améliorent habituellement, bien qu'en hiver les dépressions soient plus nombreuses et plus intenses. Ces perturbations donnent souvent lieu à des plafonds bas et des visibilités réduites dans la neige ou la poudrière. La plupart des centres de basse pression ou des systèmes frontaux traversent la région en moins de 24 heures et le dégagement se fait assez rapidement après leur passage. Des dépres-

sions peuvent toutefois s'arrêter au-dessus de la région et produire de plus longues périodes de mauvaises conditions de plafond et de visibilité.

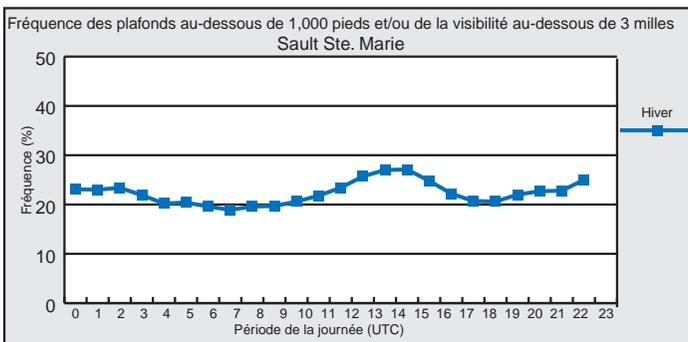
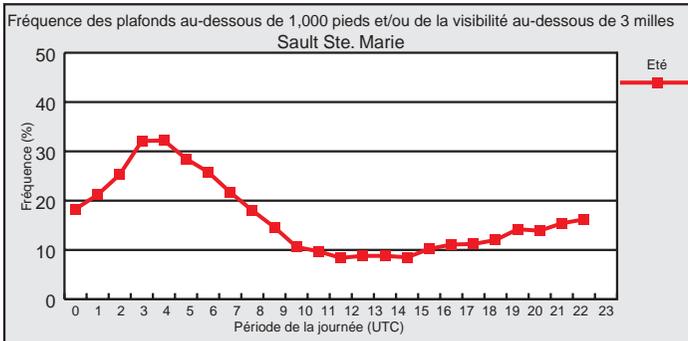
(I) Sault Ste. Marie



L'aéroport de Sault Ste. Marie est situé sur une vaste péninsule assez plate à l'extrémité sud-est du lac Supérieur. Avec une élévation de 672 pieds au-dessus du niveau de la mer, soit juste un peu plus que celle des eaux de la baie Whitefish à l'ouest et de la rivière St. Marys à l'est, la péninsule donne sur le Bouclier canadien à environ 3 milles marins au nord de l'aéroport. À cet endroit, le terrain s'élève brusquement jusqu'à une hauteur de 899 pieds. Le Bouclier continue alors à s'élever lentement vers le nord en formant une série de petites crêtes couvertes d'une forêt clairsemée et de vallées profondes plus densément boisées. La ville de Sault Ste. Marie se trouve à 8 milles à l'est-nord-est de l'aéroport, sur les berges de la rivière St. Marys. De l'autre côté de la rivière, le paysage presque plat de l'État du Michigan s'étend sur 40 kilomètres au sud des rives du lac Huron et sur 42 kilomètres en direction sud-ouest vers les rives du lac Michigan.



Sur l'année entière, les directions dominantes du vent à Sault Ste. Marie sont le nord-ouest, l'ouest et l'est. D'autre part, les vents du sud et du nord-est sont rares. Dans une bonne mesure, cette distribution des vents est due à la topographie. L'aéroport est exposé aux vents du lac Supérieur et de la baie Whitefish, ainsi qu'aux vents canalisés de la rivière Ste. Marys, mais se trouve abrité par les pentes ascendantes du Bouclier canadien au nord du lac Huron.

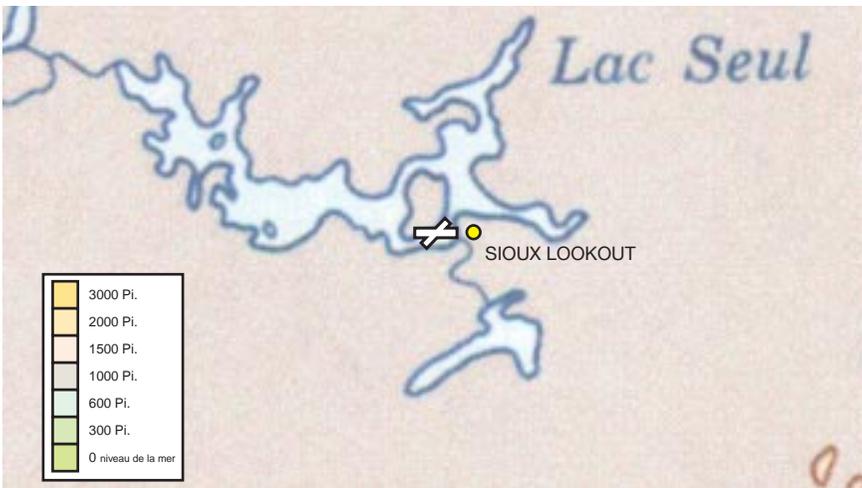


Durant les mois d'hiver, les vents sont le plus souvent de l'est. Ils soufflent alors en remontant la pente à Sault Ste. Marie et occasionnent généralement les plus mauvaises conditions IFR, entre 20 et 25 pour cent du temps. Les tempêtes de neige produites par les systèmes de basse pression migrateurs sont la cause de bon nombre de conditions IFR mais le plus souvent, elles sont attribuables à des courants de neige d'effet de lac. Ces courants peuvent se produire quand la circulation est du sud-est en provenance du lac Huron, mais sont plus souvent le fait d'une forte circulation du nord-ouest en provenance du lac Supérieur. Les chutes de neige d'effet de lac sont généralement beaucoup plus fortes au-dessus des pentes abruptes du Bouclier canadien, au nord et à l'est de Sault Ste. Marie. Comme le début et la fin de ce type de conditions sont pour une bonne part indépendants de l'heure du jour, il y a peu de variations journalières dans la fréquence des conditions IFR en hiver.

Durant les mois d'été, ce sont les vents de l'ouest et du nord-ouest qui prédominent, en force et en direction, amplifiés par les effets du réchauffement diurne et des brises de lac. Les vents de l'est et du sud-est sont moins fréquents et habituellement plus légers; ils se manifestent plus souvent qu'autrement sous la forme d'une brise de lac.

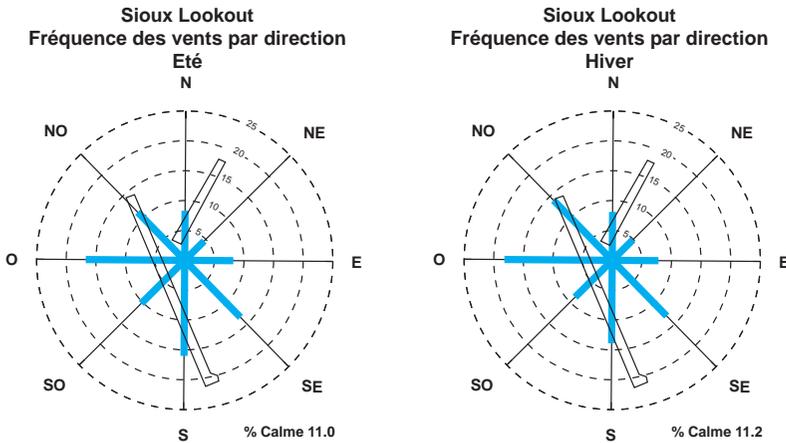
L'été est la meilleure saison pour ce qui est des conditions de vol. Il se forme, à l'occasion, du brouillard et des stratus bas aux petites heures du matin, mais ils se dissipent généralement quelques heures plus tard et, vers le milieu de la matinée, on observe des conditions IFR moins de 10 pour cent du temps. Les orages ne sont pas rares mais ils se forment habituellement sur la péninsule supérieure du Michigan et voyagent vers le nord-est et le sud-est jusqu'à l'aéroport de Sault Ste. Marie.

(m) Sioux Lookout



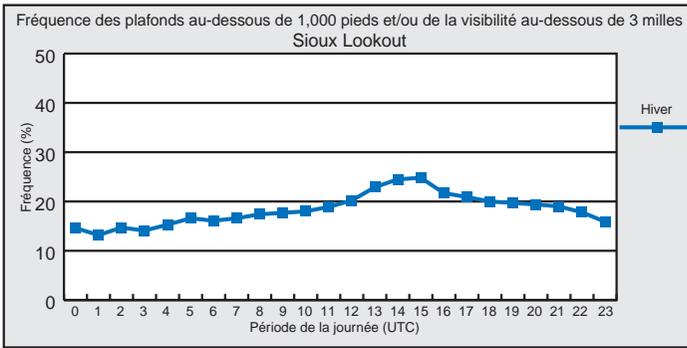
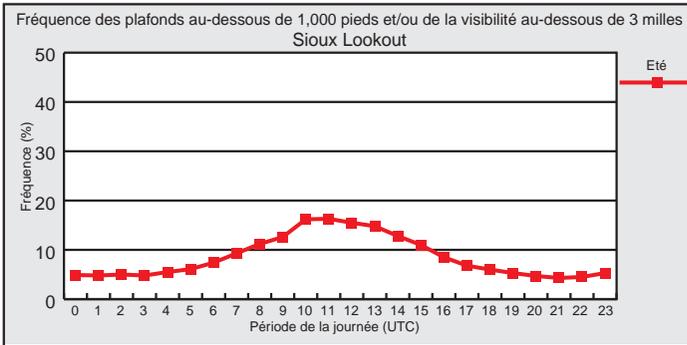
Sioux Lookout est situé sur la rive du lac Pelican dans le nord-ouest de l'Ontario. L'aéroport se trouve juste au nord-est du centre de la ville. C'est une région qui com-

porte de nombreux lacs dont le plus grand, le lac Seul, a une superficie de près de 640 milles carrés. Sa ligne de rivage est à 15 milles marins au nord-ouest de l'aéroport. Le terrain environnant est caractéristique du Bouclier canadien septentrional : des terres ondulées couvertes d'arbres et des affleurements rocheux qui alternent avec des terrains plats et des marais.



La rose des vents à Sioux Lookout est à peu près la même en été et en hiver. Bien que les vents aient une préférence pour les directions sud et ouest, toutes les autres directions ont une fréquence assez élevée, excepté les vents du nord, du nord-est et l'est qui sont peu fréquents et légers.

Le nord-ouest de l'Ontario offre habituellement de bonnes conditions de vol durant l'été. Sioux Lookout ne fait pas exception et ne connaît que de rares épisodes de brouillard persistant, de fortes précipitations ou de nuages bas encombrants. Ceci dit, on observe, de temps à autre, des conditions IFR, en particulier au début et à la fin de la saison. Leur cause la plus commune est le brouillard de rayonnement, qui a tendance à se former à l'aube et à se dissiper quelques heures après le lever du soleil. Dans une moindre mesure, les conditions IFR sont aussi attribuables aux nuages convectifs et aux averses qui se forment l'après-midi avec le réchauffement diurne et qui se dissipent en soirée. Ce schéma se reflète dans le graphique d'accompagnement, qui montre un maximum pour la fréquence des conditions IFR durant la matinée et des valeurs minimales plus tard dans la journée.

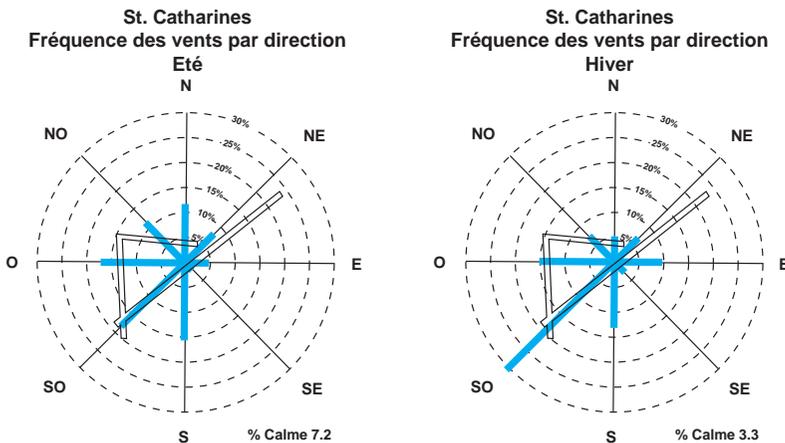


Il se produit des conditions IFR beaucoup plus souvent en hiver à Sioux Lookout. Plusieurs raisons expliquent ce fait. Avant la prise des glaces à la fin de novembre ou tôt en décembre et pendant la fonte en mars et en avril, l'eau libre fournit l'humidité nécessaire à la formation du brouillard. Jusqu'à ce que les lacs environnants gèlent, le brouillard se forme et a tendance à s'attarder durant la journée. Après la prise des glaces, la masse d'air devient plus sèche et la fréquence du brouillard diminue. En hiver aussi, le nombre de systèmes de basse pression migrateurs qui passent dans la région augmente. Ces perturbations apportent souvent des plafonds bas et des périodes de visibilité réduite dans la neige ou la poudrerie. La plupart des centres de basse pression et des systèmes frontaux traversent la région en moins de 24 heures et le dégagement est assez rapide après leur passage. Des dépressions peuvent toutefois s'arrêter au-dessus de la région et produire de plus longues périodes de mauvaises conditions de plafond et de visibilité.

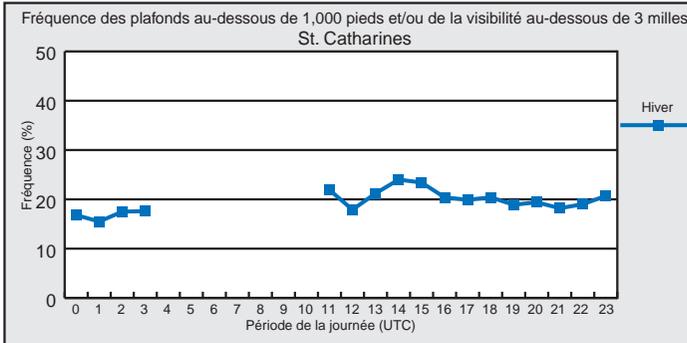
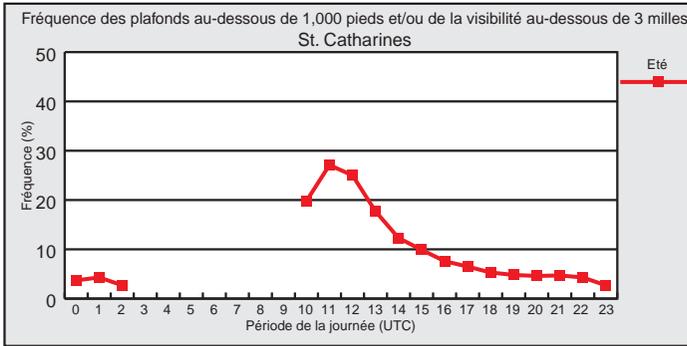
En l'absence de brouillard ou de système de basse pression migrant, Sioux Lookout peut parfois connaître des conditions IFR causées par les nuages et les averses d'effet de lac en provenance du lac Seul situé tout près. Cet effet se produit plus rarement durant l'automne et seulement jusqu'à ce que le lac gèle, puisqu'il requiert que l'air circule sur une grande distance depuis le nord-ouest entre Ear Falls et Sioux Lookout.

(n) St. Catharines

L'aéroport de St. Catharines est situé près de l'extrémité ouest du lac Ontario, à environ 4 milles marins de la rive sud du lac. Il se trouve dans les plaines ondulées juste au pied de l'escarpement de Niagara qui s'étend parallèlement à la rive du lac Ontario, d'est en ouest. Le terrain environnant s'élève brusquement vers le sud et s'abaisse lentement vers le nord. La rivière Niagara coule à environ 6 milles vers l'est et le canal Welland, qui sépare l'aéroport de la ville de St. Catharines, se trouve à environ 2 milles à l'ouest.



Les vents qui passent au-dessus du lac Érié et qui traversent la péninsule de Niagara depuis le sud-ouest sont toute l'année les plus fréquents à St. Catharines. Les vents des autres directions sont généralement plus faibles et, en raison du terrain en pente, proviennent rarement du sud-est.



Note: Les données manquantes sont dues aux heures de fermeture de la station

Il y a peu de conditions IFR à St. Catharines durant l'été. Lorsqu'il y en a, elles sont généralement produites par du brouillard de rayonnement ou du stratus bas, le plus souvent au début ou à la fin de la saison. Le brouillard de rayonnement se forme surtout au petit matin, quand le vent est faible et que l'air humide peut se refroidir durant la nuit sous un ciel clair. Le brouillard se dissipe souvent, à St. Catharines, quelques heures après le lever du soleil et persiste rarement au-delà du milieu de la matinée. Des plafonds bas accompagnent souvent les systèmes de basse pression migrants et les vents du sud-ouest qui apportent de l'humidité du lac Érié. Des plafonds de stratus bas peuvent aussi se former quand des vents du nord-est apportent de l'humidité du lac Ontario et soufflent en remontant l'escarpement du Niagara.

La région de St. Catharines n'est pas connue pour ses orages forts durant l'été, bien qu'on y observe souvent des trombes marines, qui se forment sur le lac Érié et, en vue de l'aéroport, sur le lac Ontario.

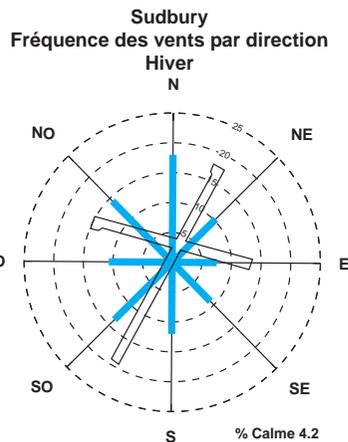
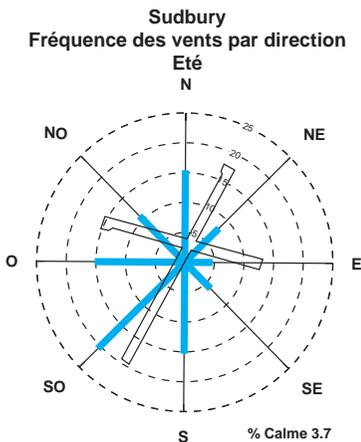
Durant les mois d'hiver, les systèmes de basse pression migrants se mettent à traverser les Grands Lacs en plus grand nombre et la fréquence des conditions IFR augmente. Les nuages et les visibilités réduites dans la neige expliquent la plus grande partie de cette augmentation. Comme le début et la fin de ce type de conditions sont pour une bonne part indépendants de l'heure du jour, il y a remarquablement peu de variations journalières dans la fréquence des conditions IFR en hiver. Même en l'ab-

sence d'un système météorologique synoptique, un forte circulation du sud-ouest au-dessus du lac Érié ou du nord-est au-dessus du lac Ontario peut produire des nuages et des chutes de neige d'effet de lac.

(o) Sudbury

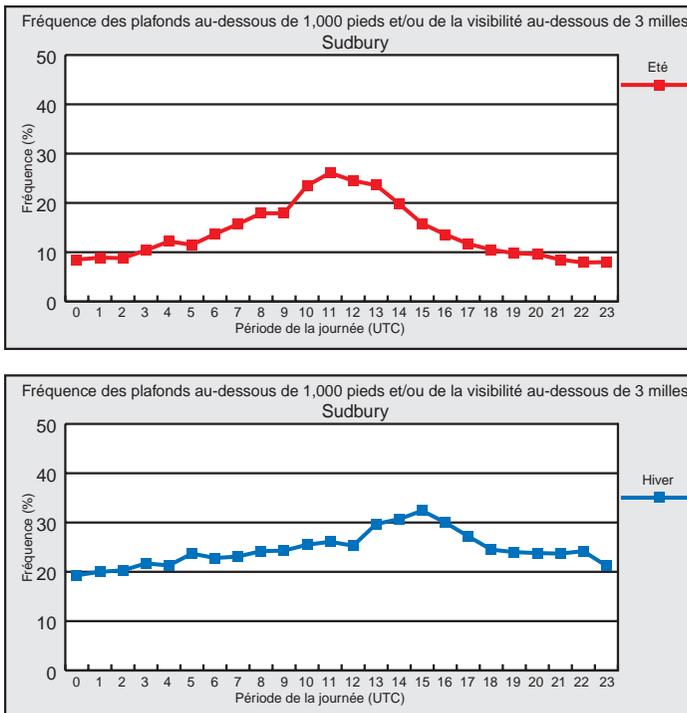


L'aéroport de Sudbury est situé dans le nord de l'Ontario, sur un petit plateau, à environ 11 milles marins au nord-est de la ville. Le paysage qui entoure l'aéroport est formé de collines basses et rocheuses, couvertes d'une forêt éparse et qui s'abaissent, de façon générale, vers le sud. À 16 milles au nord, le terrain atteint une élévation de 1600 pieds au-dessus du niveau de la mer. Trois grosses cheminées industrielles, atteignant entre 1280 et 1550 pieds de hauteur, se dressent à environ 3 milles au sud de l'aéroport. Finalement, à 9 milles au nord, se trouve le lac Wanapitei, qui se déverse vers le sud dans les rivières Wanapitei et French jusqu'à la baie Georgienne, à 50 milles au sud.



La direction dominante du vent à Sudbury pendant l'été est le sud-ouest. Toutefois, les vents du nord-ouest, de l'ouest et du sud ont une fréquence de seulement quelques points de pourcentage inférieure à celle des vents du sud-ouest. Les vents du nord-est, de l'est et du sud-est sont souvent plus faibles et se produisent beaucoup moins fréquemment.

La configuration des vents en hiver montre une plus grande variabilité, ce qui reflète l'influence des systèmes de basse pression plus nombreux qui passent dans la région en suivant leur trajectoire hivernale. Les vents du sud-ouest dominent toujours mais la fréquence des vents du nord-ouest et du nord-est est presque aussi élevée.

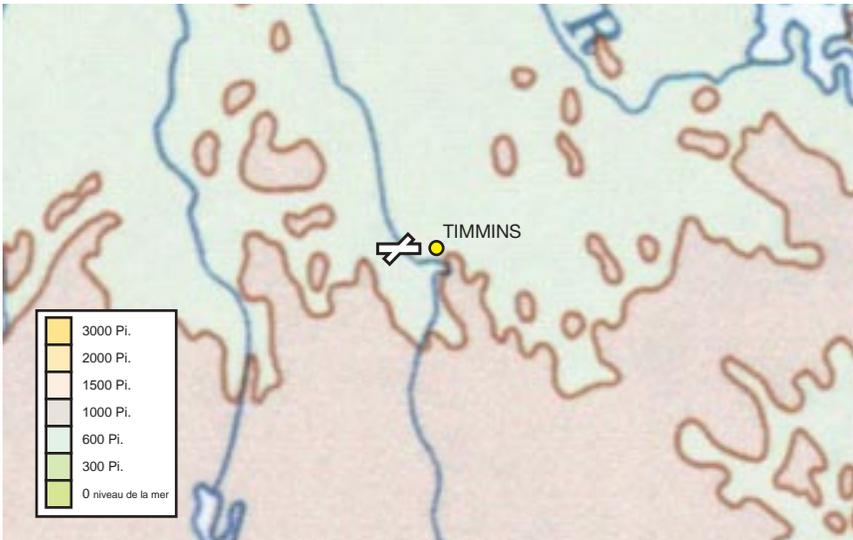


Les conditions de vol sont généralement bonnes à Sudbury en été. Plusieurs facteurs, toutefois, peuvent contribuer à faire apparaître de mauvaises visibilités et des plafonds bas. Du brouillard se forme, en moyenne, de 5 à 6 fois par mois au milieu de l'été et de 7 à 8 fois par mois plus tard dans la saison. Le brouillard de rayonnement qui se forme au cours de la nuit se dissipe normalement quelques heures après le lever du soleil et nuit rarement aux opérations après le milieu de la matinée. D'autre part, les systèmes de basse pression migrateurs produisent couramment des plafonds bas et des visibilités réduites dans les précipitations et ces conditions sont souvent plus persistantes. En outre, elles sont souvent plus mauvaises quand la circulation est du sud-ouest et qu'elle remonte les pentes. Des conditions IFR peuvent aussi résulter de

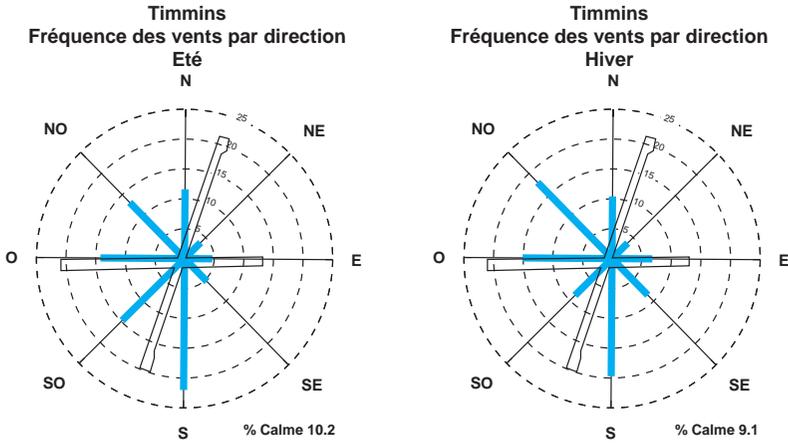
nuages convectifs et d'averses. En moyenne, il y a 4 ou 5 orages par mois à Sudbury durant l'été.

Durant les mois d'hiver, la fréquence des conditions IFR augmente et leur probabilité se répartit également entre le jour et la nuit. Ceci est probablement dû au fait que les conditions IFR en hiver sont souvent le résultat d'une combinaison de neige, de poudrerie, de brouillard et de nuages bas qui accompagnent les systèmes de basse pression migrateurs, dont le nombre augmente en hiver. Il est à remarquer qu'au cours de l'hiver, les conditions IFR sont beaucoup plus fréquentes quand les vents soufflent des quadrants sud-ouest et sud-est, ce qui met en lumière l'influence importante des pentes ascendantes.

(p) Timmins

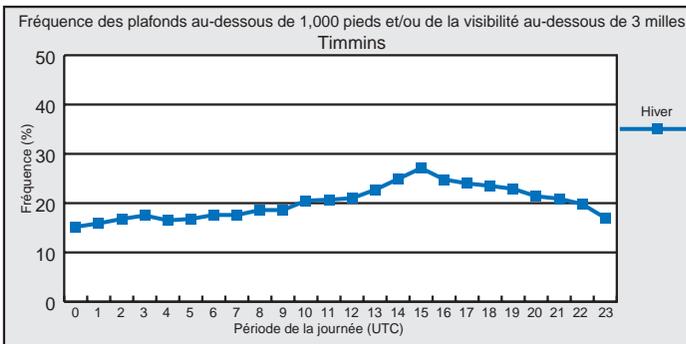
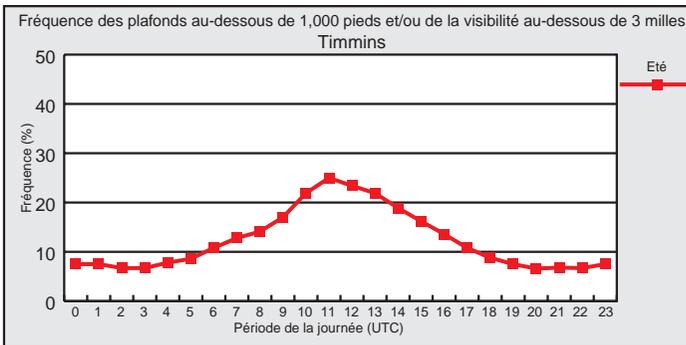


L'aéroport de Timmins est situé à environ 6 milles marins au nord-nord-ouest de la ville. Le paysage qui entoure l'aéroport s'élève doucement vers le sud et est formé d'un terrain assez plat couvert d'arbres et parsemé de marais ouverts. La rivière Mattagami qui serpente à travers la région longe le côté ouest de la ville puis tourne vers l'ouest pour se rendre en un point situé à 3 milles au sud de l'aéroport, où elle tourne encore pour couler vers le nord jusqu'à la rivière Moose, dans laquelle elle se jette à 55 milles au sud-ouest de Moosonee.



En hiver, les vents du nord-ouest, de l'ouest et du sud ont une fréquence et une force assez comparables. Les vents du sud-est sont moins fréquents et beaucoup moins forts à Timmins et les vents du nord-est sont rares.

Durant l'été, les vents dominants sont du sud. Les vents du sud-ouest, de l'ouest et du nord-ouest suivent de près tandis que les vents du quadrant est sont rares.



Il y a des conditions IFR de 15 à 20 pour cent du temps en hiver, qui sont souvent causées par les mauvaises visibilité dans le brouillard ou la neige. Le brouillard se produit plus souvent au début et à la fin de la saison, quand les eaux libres fournissent suffisamment d'humidité. Tout comme en été, le brouillard a tendance à se former au petit matin mais en hiver, il persiste plus longtemps durant la journée. Quand les températures plongent en dessous de zéro, du brouillard glacé peut se former et être assez persistant, surtout par vent calme ou faible. Le brouillard glacé se forme rapidement parfois, sous l'effet des gaz d'échappement des avions ou de la fumée des cheminées de la localité voisine.

Les nuages, la neige et la poudrière qu'apportent les systèmes sont d'autres causes courantes de conditions IFR en hiver. Ce type de conditions commence et se termine pour des raisons qui ne sont pas liées à l'heure du jour. Par conséquent, il y a fort peu de variation journalière dans la fréquence des conditions IFR en hiver.

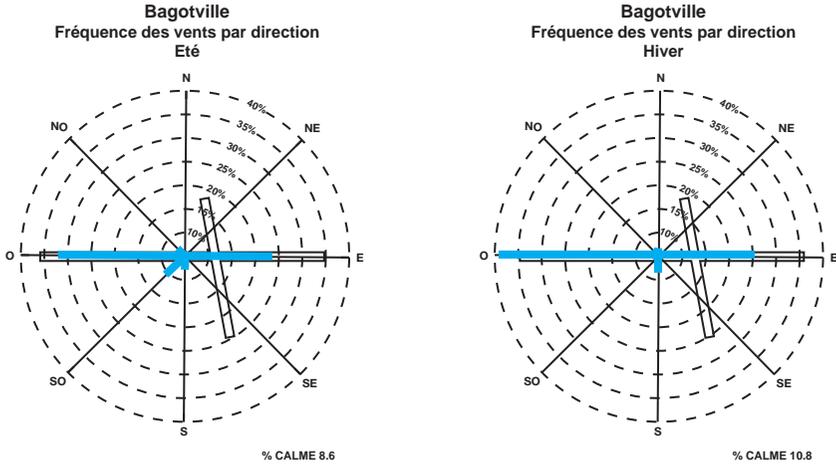
Timmins connaît généralement de bonnes conditions de vol au cours de l'été. Cependant, il se produit des conditions IFR de temps en temps, en particulier au début et à la fin de la saison. Le brouillard en est la cause la plus courante. Il se forme aux petites heures du matin, se dissipe durant la partie initiale de la journée et réduit entre-temps la visibilité. Les plafonds bas sont moins fréquents; ils sont généralement dus à un écoulement du nord ou du nord-ouest, qui remonte les pentes dans cette section du Bouclier canadien. Finalement, les nuages convectifs et les averses produisent aussi des conditions IFR durant les mois d'été. Ils se forment habituellement durant l'après-midi et se dissipent en soirée.

Climatologie des aéroports - Québec

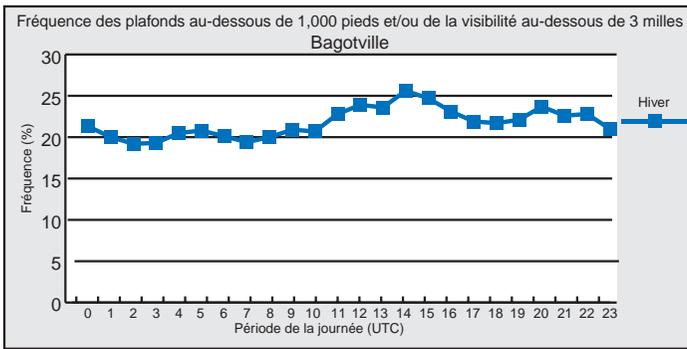
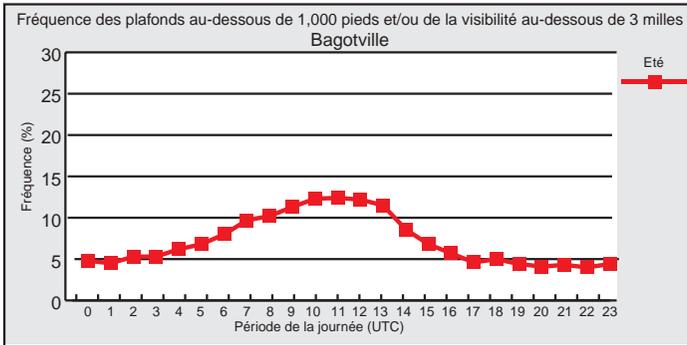
(a) Bagotville



L'aéroport de Bagotville est situé près de la rivière Saguenay, à environ 6 milles de la ville de Bagotville. L'élévation de la piste est de 522 pieds au-dessus du niveau de la mer. La plupart des bâtisses sont situées au nord-est du point de jonction des pistes 11-29 et 18-36.



La vallée du Saguenay, qui s'étend d'ouest en est dans la région, a une influence marquée sur les vents locaux. Durant les mois d'été, le vent a tendance à souffler de l'est (24 pour cent du temps) ou de l'ouest (32 pour cent du temps). Les autres directions sont peu fréquentes (moins de 10 pour cent du temps) et les vents sont calmes 6 pour cent du temps. L'hiver change peu de choses à ce schéma des vents. On observe des vents de l'est près de 26 pour cent du temps et des vents de l'ouest 39 pour cent du temps. Les autres directions ont une fréquence négligeable et les vents sont calmes presque 11 pour cent du temps.

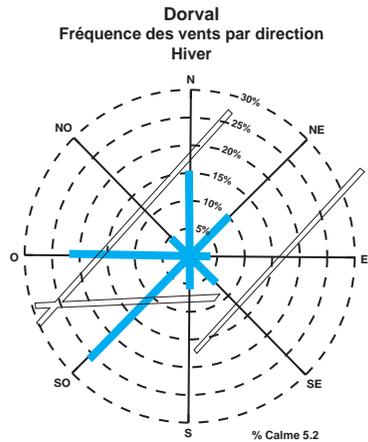
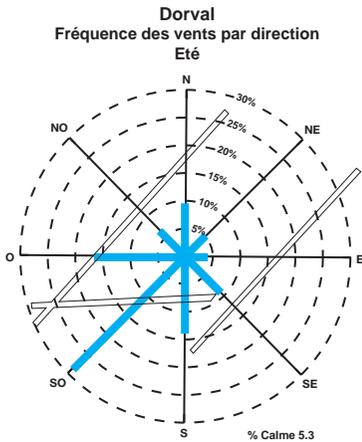


Les conditions de vol durant les mois d'été sont généralement bonnes. Des orages passent le long de la vallée et produisent de brèves périodes de plafonds bas et de mauvaises visibilité. De plus, la rivière et les petits lacs qui parsèment la région donnent lieu à des périodes de nuages bas et de brouillard. Ces conditions commencent généralement à se former durant la nuit, atteignent un maximum vers 11 UTC puis se dissipent rapidement entre 15 et 17 UTC.

Les choses se passent différemment en hiver. La vallée emprisonne souvent de l'air froid et de l'humidité à bas niveaux. Ceci fait qu'il se produit des nuages bas et des visibilité réduites de 20 à 25 pour cent du temps, à toute heure du jour. En même temps, des périodes de neige ou de précipitations verglaçantes peuvent rendre les opérations aériennes dangereuses dans la région.

(b) Aéroport international

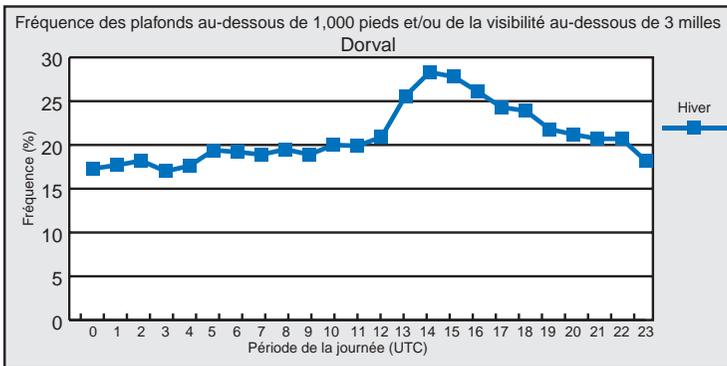
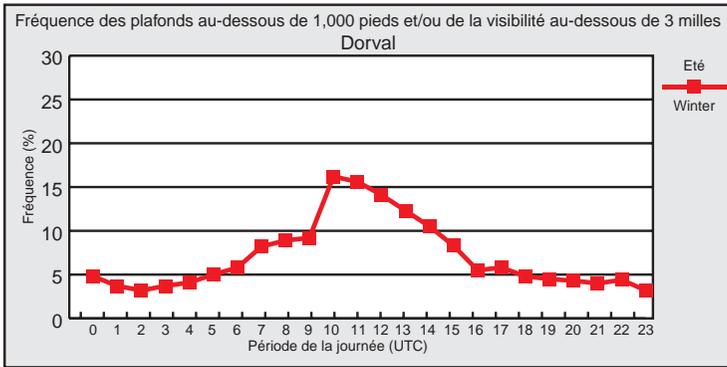
L'aéroport international de Dorval est situé sur la partie ouest de l'île de Montréal, au cœur de la ville. L'élévation des pistes est de 117 pieds au-dessus du niveau de la mer. La région qui entoure l'aéroport comporte un parc industriel, des bungalows et très peu d'édifices élevés.



Les vents du sud-ouest sont de loin les plus fréquents durant l'année. Pendant l'hiver, la deuxième direction en fréquence est l'ouest, suivie du nord en troisième lieu. Durant l'été, les vents de l'ouest sont légèrement plus fréquents que ceux du nord-est. Au cours de cette même période, les vents de l'ouest et du sud ont une fréquence deux fois moins élevée que ceux du sud-ouest. Quant aux autres directions, chacune se produit moins de 10 pour cent du temps, que ce soit l'hiver ou l'été.

On observe souvent des vents forts, un cisaillement du vent et de la turbulence

modérée à l'approche de la piste est-ouest, par exemple des rafales à 30 noeuds derrière un front froid quand la piste 28 est en service.



Les plus mauvaises conditions de plafond et de visibilité se produisent habituellement quand les vents sont de l'est ou du nord-est. D'autre part, les plafonds et visibilités sont de beaucoup meilleurs, en général, avec des vents d'ouest, sauf s'il y a des averses de pluie ou de neige, lesquelles ne durent habituellement pas longtemps. L'aéroport international de Dorval se trouve mieux protégé du brouillard que les autres aéroports de la région quand un vent léger souffle du sud-ouest ou du nord-ouest. La visibilité a tendance à se dégrader, cependant, quand un vent léger vient de l'est. De façon générale, les visibilités de moins de 3 milles et les plafonds en dessous de 1000 pieds s'observent juste après le lever du soleil; le brouillard en est le plus souvent la cause et les conditions s'améliorent rapidement par la suite. La fréquence de ces conditions est assez faible en été, de 15 pour cent ou moins.

À la fin de l'automne ou en hiver, les fronts chauds ont tendance à s'attarder au-dessus du Saint-Laurent, entre les aéroports de Dorval et de Saint-Hubert sur la rive sud, et on observe alors une bonne différence de température entre les deux aéroports. On peut donc s'attendre à de la pluie verglaçante quand il y a suffisamment d'air chaud en altitude mais qu'un drainage d'air froid du nord-est maintient les tempéra-

tures juste au-dessous du point de congélation. Le brouillard glacé est chose rare à l'aéroport international de Dorval. En hiver, les plafonds inférieurs à 1000 pieds et les visibilités de moins de 3 milles se produisent plus souvent le matin qu'à tout autre moment de la journée.

Les précipitations qui s'approchent par l'ouest ou qui se sont formées au-dessus du lac Ontario se dissipent souvent avant d'atteindre l'aéroport international de Dorval quand les vents à la surface sont du sud, quelle que soit l'époque de l'année.

(c) Kuujuaq



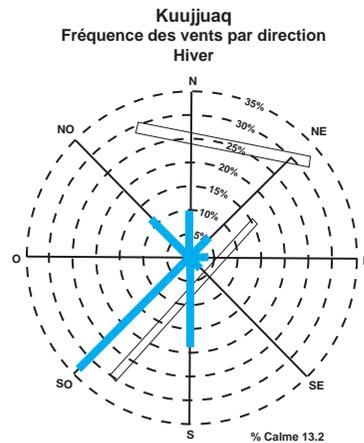
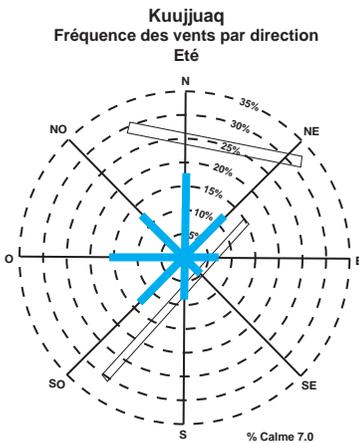
L'aéroport de Kuujuaq est situé sur la rive ouest de la rivière Koksoak, à 52 milles marins de son embouchure. L'élévation de la piste est de 196 pieds au-dessus du niveau de la mer et le terrain avoisinant s'élève lentement vers l'ouest.



Photo 5-3 - Kuujuaq et la rivière Koksoak, Source: Gilles Simard, SMC
vus depuis le nord-est

Les vents du sud-ouest dominant à Kuujuaq durant la saison sans glace. Ce sont les vents du nord-est, toutefois, qui causent le plus de problèmes, car ils apportent de mauvaises conditions météorologiques de la baie d'Ungava. De telles conditions ne durent jamais très longtemps, cependant. Il est plutôt rare que les plafonds et visibilités s'abaissent en dessous de 200 pieds et un demi-mille respectivement (10 jours par année, en moyenne). D'autre part, quand les vents se mettent à souffler du nord-ouest, les conditions s'améliorent en général.

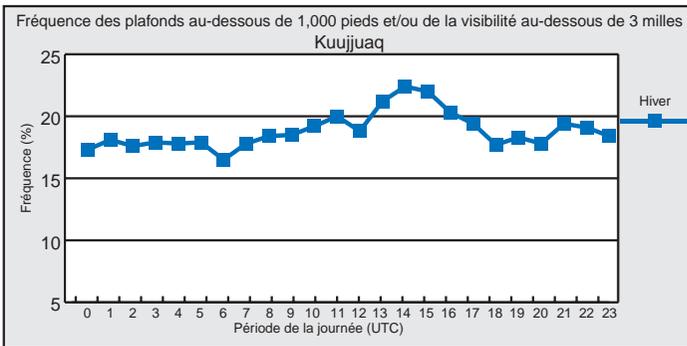
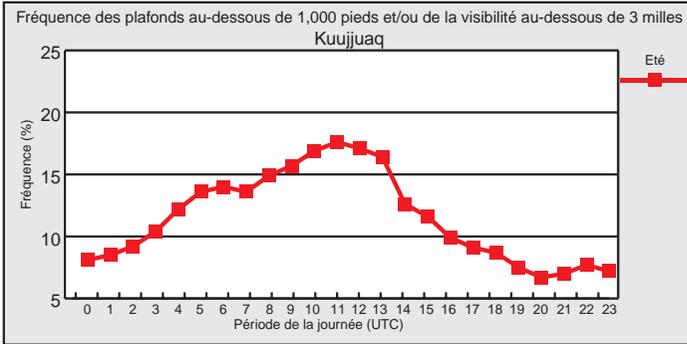
Le brouillard épais n'est jamais très loin. Tard au printemps, il reste habituellement au nord, au-dessus de la baie, le jour et dérive en direction de l'aérodrome au début de la soirée, poussé par la brise de mer (typiquement entre 17 heures et 18 heures au début de mai et vers 19 heures au début de juin). Le brouillard a tendance à se retirer lorsque la brise de mer s'arrête durant la soirée. Au cours des mois d'été, il faut une bonne partie de la journée pour que la brise de mer s'établisse. En juillet, par exemple, des vents légers de l'ouest se mettront typiquement à souffler du nord-est avec plus de force vers 15 heures. On observe aussi de courts épisodes de brouillard tôt le matin. Les vents du sud ou du sud-ouest produisent habituellement du beau temps et des températures douces.



L'automne est généralement la pire saison, notamment quand de l'air chaud circule au-dessus d'un sol froid, comme dans le secteur chaud d'un système de basse pression synoptique, ce qui donne souvent lieu à de la pluie, de la pluie verglaçante ou de la neige mouillée. Quand les vents se mettent à souffler de l'est, on peut s'attendre à des précipitations. Les vents du nord-est font habituellement apparaître des nuages bas et de la bruine verglaçante qui se change plus tard en neige. Les vents du nord ou du nord-ouest ont en général une vitesse entre 10 et 20 noeuds. Il peut y avoir un cisaillement du vent à la fin de l'été ou à l'automne avec de forts vents de l'ouest.

En hiver, une fois que la baie d'Ungava s'est englacée, le ciel et l'horizon sont

généralement clairs et on observe souvent du brouillard glacé au-dessus de la rivière. Les chutes de neige produisent fréquemment des conditions de voile blanc et, durant les journées très froides, la poudrierie et les cristaux de glace peuvent se combiner pour en produire aussi.

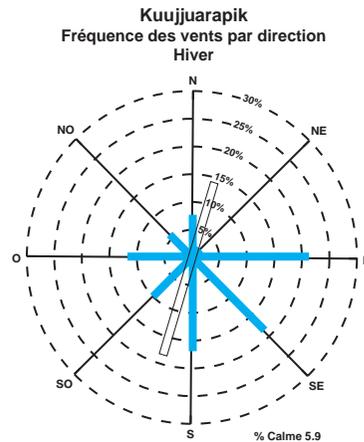
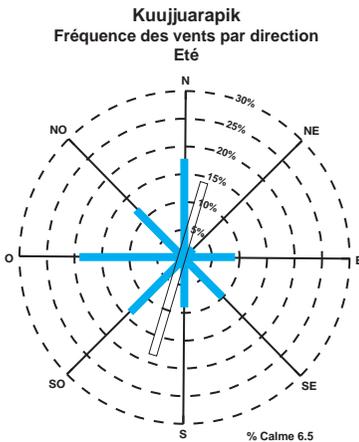


Les conditions de vol sont habituellement excellentes au printemps. À l'occasion, on observe du brouillard matinal, formé à partir de l'humidité s'élevant de la neige fondante ou des lacs. Les nuages bas, plutôt rares, sont en général associés aux précipitations produites par un système météorologique bien organisé.

(d) Kuujjuarapik



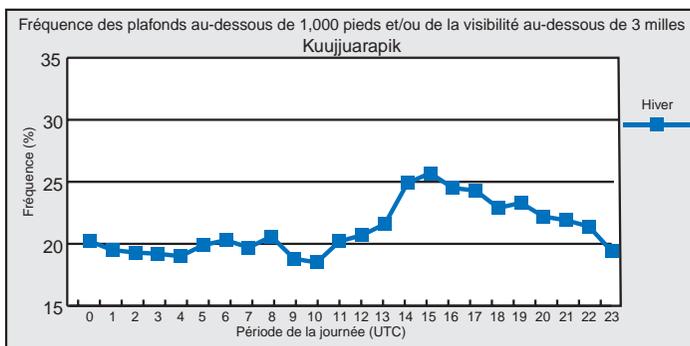
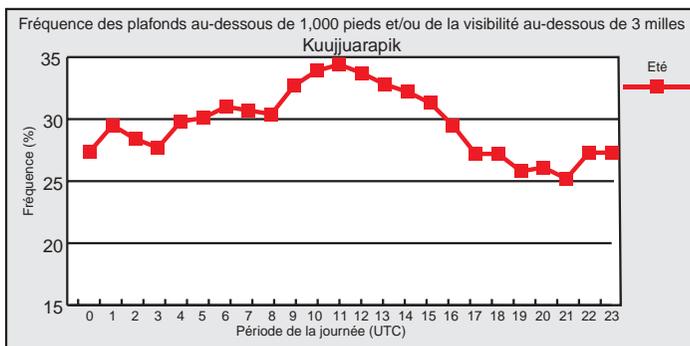
L'aéroport de Kuujjuarapik est situé sur la pointe Sable, entre la rive de la baie d'Hudson et l'embouchure de la Grande rivière de la Baleine. Une seule colline, de 1231 pieds, à environ trois milles au nord-est de l'aérodrome, vient rompre la monotonie du terrain généralement plat dans la région.



Durant la saison libre de glace, le brouillard et les stratus bas envahissent la côte dès que le vent se met à souffler d'une direction entre le sud-ouest et le nord. Les plus mauvaises conditions de plafond et de visibilité surviennent quand les vents sont de l'ouest ou du nord-ouest. Les mois de juillet et d'août sont les pires pour ce qui est des plafonds en dessous de 500 pieds et des visibilités de moins d'un mille. Ces conditions persistent habituellement jusqu'à ce que le vent change de direction. On observe parfois du brouillard épais avec de forts vents du nord-ouest atteignant parfois 40 noeuds. Il y a déjà eu une période de 22 jours au cours de laquelle aucun avion

n'a pu atterrir à Kuujjuarapik en raison des mauvaises conditions de plafond et de visibilité causées par le brouillard. Cela s'est produit en juillet, quand les vents étaient généralement de l'ouest ou du nord-ouest à 6 noeuds ou moins.

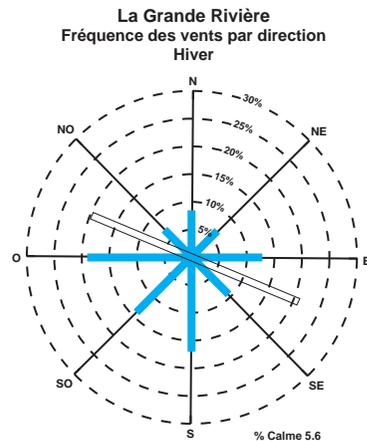
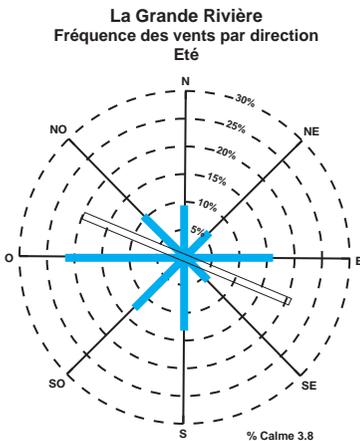
En automne, les vents de l'ouest ou du nord-ouest amènent habituellement de la bruine verglaçante et des stratus bas. En outre, l'arrivée d'air arctique froid produit habituellement des plafonds et des visibilités de près de zéro dans les bourrasques de neige.



En hiver, quand la banquise est bien établie, les conditions de vol sont généralement plus favorables. Il peut se former du brouillard glacé quand la banquise dérive sous l'action de forts vents de l'est et expose de l'eau libre. Tout au cours de l'année, les vents du nord ou du nord-est s'accompagnent normalement de conditions de vol favorables. Étant donné l'orientation de la piste, les forts vents du nord-ouest peuvent rendre les atterrissages périlleux.

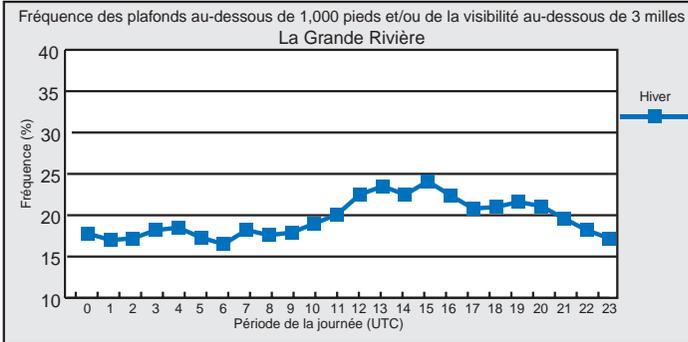
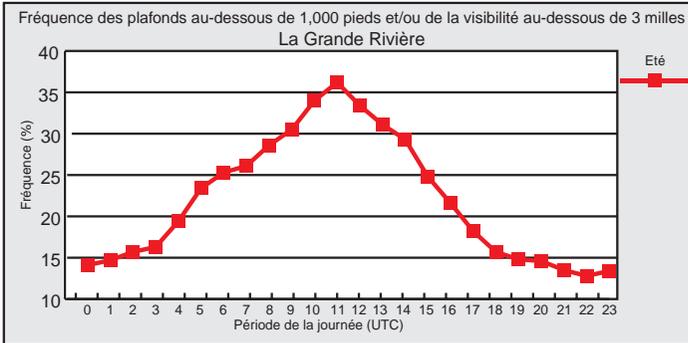
(e) La Grande Rivière

L'aéroport de La Grande Rivière est l'un d'une série d'aéroports qu'Hydro-Québec a construits pour desservir ses barrages. Il est situé au milieu d'un groupe de lignes électriques qui amènent l'énergie vers le sud. La piste est orientée de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est et a une élévation de 639 pieds au-dessus du niveau de la mer. À l'exception d'une butte près de l'extrémité sud-est de la piste, le terrain est entièrement formé de petites collines et de lacs. Le sol est en grande partie constitué de gravier et couvert de petits arbres et de lichens. À l'est de l'aéroport se trouve une vaste étendue de terrain inondé, qui s'est formée derrière le barrage. La baie James est à 90 milles marins à l'ouest.



Le vent durant l'été peut être assez variable mais montre une préférence pour les quadrants ouest. Ce sont les vents d'ouest que l'on observe le plus fréquemment, soit 22 pour cent du temps. Pour leur part, les vents du sud et du sud-ouest se produisent environ 13 pour cent du temps, et presque 10 pour cent du temps pour les vents du

nord-ouest et du nord. Les vents des autres directions sont rares, sauf les vents de l'est qui soufflent 16 pour cent du temps. Finalement, le vent n'est calme que 4 pour cent du temps. Durant l'hiver, c'est le quadrant sud-ouest que les vents favorisent (ouest - 19 pour cent; sud-ouest - 14 pour cent; sud - 17 pour cent) et l'est (13 pour cent). Les autres directions sont peu fréquentes et le vent est calme 6 pour cent du temps. Il est à noter que durant toute l'année, la turbulence et les cisaillements du vent à basse altitude sont très rares en raison de l'uniformité du terrain.

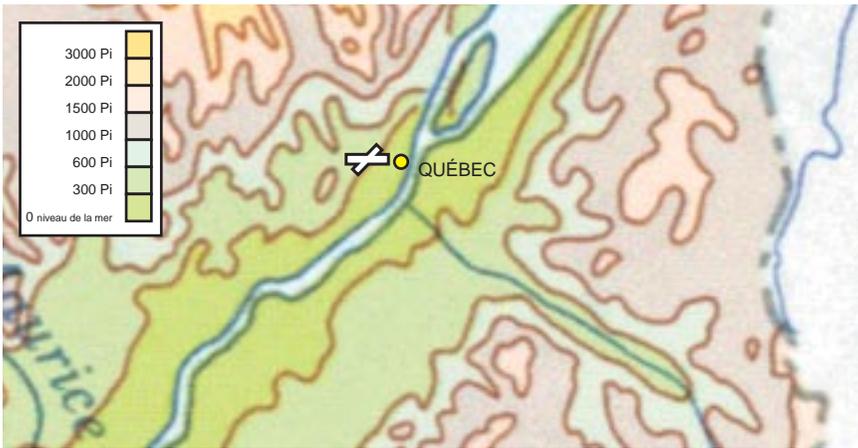


Les conditions de vol, l'été, sont habituellement assez bonnes. Les nuages, dans cette région, sont souvent des cumulus ou des stratocumulus épars ou fragmentés. Des plafonds bas peuvent accompagner un front chaud ou un front froid qui traverse la région. Un orage isolé se forme à l'occasion quand l'air est humide et instable. Ceci dit, la présence de tant d'eau dans la région crée des problèmes de nuages bas et de brouillard, en particulier à l'automne. Le plus souvent, ces conditions se forment la nuit, atteignent un maximum vers 11 ou 12 UTC, puis se dissipent graduellement entre 12 et 18 UTC, à mesure que le temps se réchauffe.

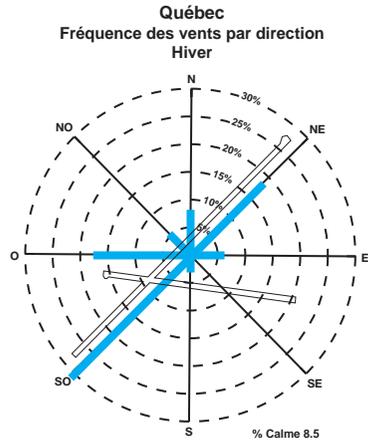
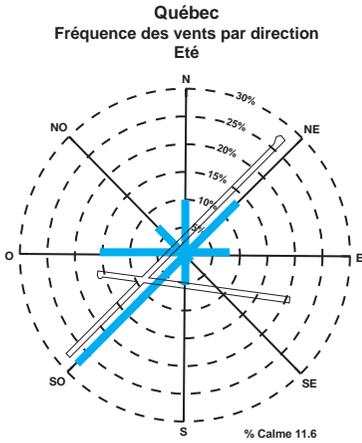
La transition de l'été à l'hiver est assez brusque; elle se fait généralement sur une période de deux semaines. Ceci s'explique par la prise rapide des glaces sur les rivières et les lacs durant les nuits très froides. Une fois que la glace s'est formée sur les lacs, les réservoirs et les rivières, la visibilité n'est plus limitée que par l'horizon et le ciel est

généralement sans nuages. Ces excellentes conditions de vol ne sont interrompues que lorsqu'un grand système météorologique passe dans la région ou quand du brouillard se forme avant la prise des glaces ou durant la fonte printanière. Les vents de l'ouest peuvent apporter de la baie James des stratus bas, de la brume, du brouillard et parfois de la bruine verglaçante dans la circulation ascendante le long des grosses rivières jusqu'à 60 milles marins dans les terres. Les conditions de plafonds et de visibilité sont mauvaises environ 18 pour cent du temps et montrent un faible maximum de 25 pour cent à l'aube.

(f) Québec

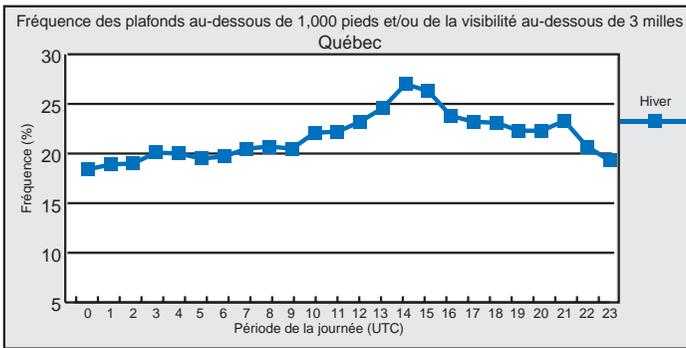
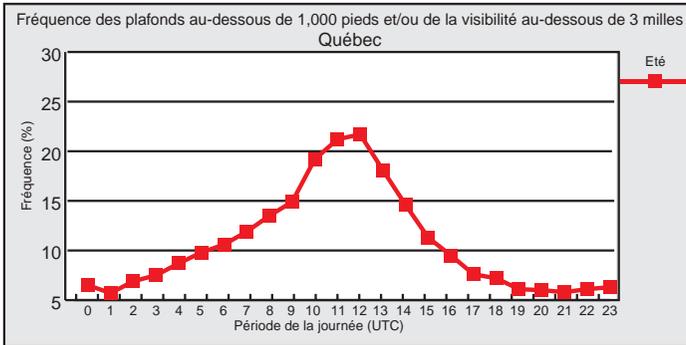


L'aéroport international Jean-Lesage est situé sur un petit plateau juste au nord-ouest de la ville. L'élévation de la piste est de 244 pieds au-dessus du niveau de la mer. La plupart des bâtiments aéroportuaires se trouvent au sud de la piste principale, qui est orientée du nord-est au sud-ouest, et à l'est de la piste secondaire, qui est plus courte et orientée du sud-est au nord-ouest. Il y a aussi des zones boisées parallèles aux deux pistes et des zones bâties entourant le terrain de l'aéroport. Le terrain s'abaisse rapidement juste au sud de l'aéroport avant de s'élever à nouveau pour former le plateau de Sainte-Foy. Vers le nord, le terrain s'étend jusqu'aux contreforts des Laurentides. La montagne au nord-ouest de l'aéroport est le mont Bélair.



Les vents du sud-ouest prédominent, et de loin, toute l'année. La deuxième direction en fréquence est le nord-est en hiver, suivie de près de l'ouest. En été, les vents de l'ouest soufflent un peu plus souvent que ceux du nord-est. Pour ce qui est des autres directions, elles se produisent moins de 10 pour cent du temps, en été comme en hiver. Les vents du sud-est sont même trop rares pour apparaître sur la rose des vents.

Selon un instructeur de vol expérimenté, il y a occasionnellement de la turbulence mécanique à l'atterrissage quand le vent vient de 110° ou 120° . La vitesse du vent peut varier grandement entre le seuil de la piste 24, celui de la piste 30 et la tour à vent officielle. Par exemple, à une occasion un certain jour d'octobre, le vent était de 11010G15, 11015G20 et 11020G30 selon l'endroit où l'on se trouvait dans le complexe de pistes. On observe souvent un cisaillement du vent important entre la surface et 500 pieds au-dessus du sol en approche finale de la piste 06 et de la turbulence mécanique modérée près de la piste 30 quand un gros système météorologique passe dans la région. Dans ces cas, la direction générale du vent peut être de 120° mais différer par 30° à la surface.



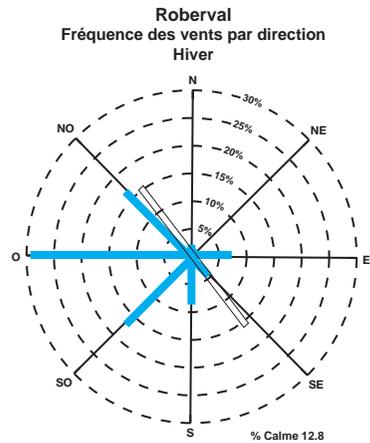
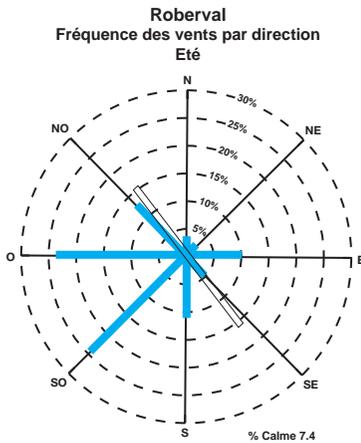
Les conditions de vol sont généralement bonnes en hiver, excepté tôt le matin alors que souvent le brouillard réduit la visibilité à moins de 3 milles et que la base des nuages passe en dessous de 1000 pieds. De l'avis de pilotes chevronnés, le brouillard a tendance à se former rapidement juste après le lever du soleil, quand l'air chargé d'humidité commence à remuer. Il peut réduire la visibilité à un quart de mille et commence ensuite à se dissiper pour disparaître entre 10 heures et 11 heures. Au printemps et à l'automne, cependant, le brouillard s'attarde souvent jusqu'à midi. Le sommet de cette couche de brouillard se trouve habituellement à 200 ou 300 pieds au-dessus du sol. Il est fréquent de voir un banc de brouillard couvrir les pistes alors que le ciel est clair ailleurs. Cette couche de brouillard localisée apparaît au moment de la fonte printanière et perdure tout l'été. Sa fréquence diminue à l'automne.

De la brume sèche réduisant la visibilité à 6 milles le matin est courante en juillet et en août quand la température au cours de la journée atteint ou dépasse 28 °C. La brume sèche force souvent les pilotes à faire une approche aux instruments, surtout quand ils doivent atterrir en faisant face au soleil. Quand il pleut, la visibilité peut s'abaisser à 5 milles et les plafonds à 1500 ou 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer en l'absence de brume, ou même en dessous de 1000 pieds s'il se forme de la brume dans la pluie.

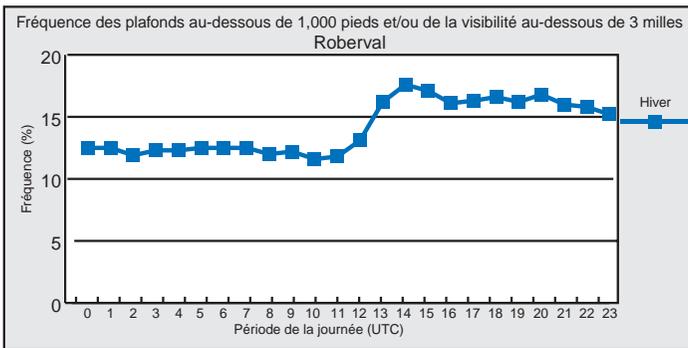
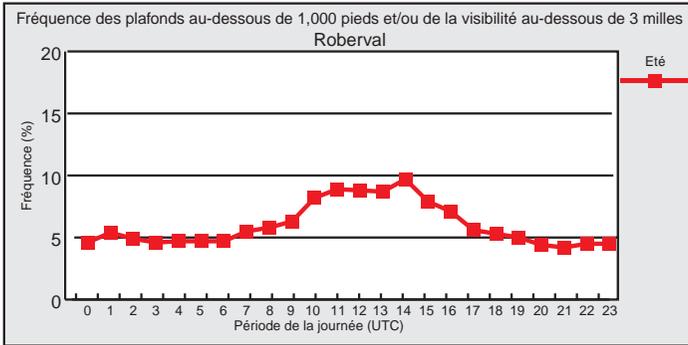
Durant l'été, les orages qui touchent l'aéroport arrivent habituellement du mont Bélair au nord-ouest, vers la fin de l'après-midi.

(g) Roberval

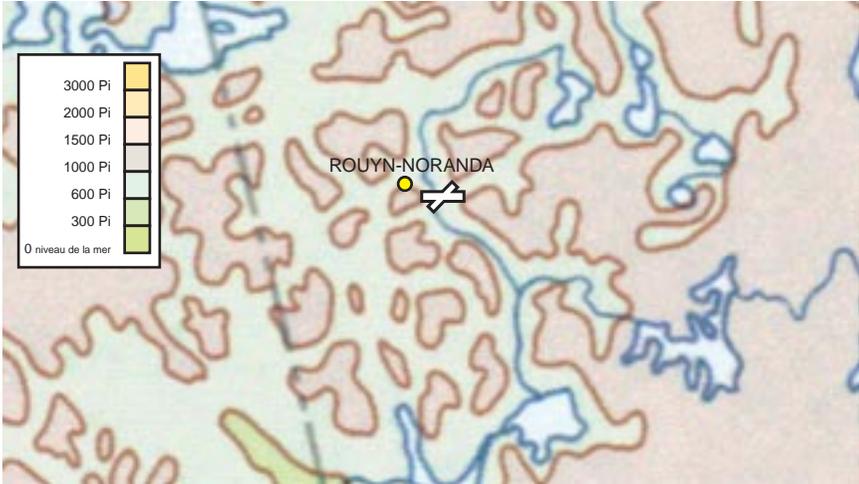
L'aéroport de Roberval est situé sur un petit plateau, dans une région qui en compte plusieurs, coïncé entre les montagnes immédiatement à l'ouest et le lac Saint-Jean à l'est. Le terrain qui entoure l'aéroport est plutôt plat et marécageux. La piste a une élévation de 586 pieds au-dessus du niveau de la mer et est orientée du nord-nord-ouest au sud-sud-est, parallèlement à la chaîne de montagnes à l'ouest.



Les vents du sud-ouest et de l'ouest prédominent en été. En hiver, se sont les vents de l'ouest qui sont les plus fréquents, suivis de près par les vents du nord-ouest et du sud-ouest. Ces vents dominants du sud-ouest et de l'ouest sont perpendiculaires à la piste. C'est pourquoi les avions en approche finale subissent souvent un cisaillement du vent et de la turbulence mécanique, en particulier de la fin du printemps à la fin de l'automne. Les vents sont habituellement plus forts en automne, alors qu'on observe parfois des vitesses de 25 à 30 noeuds. Les vents en provenance du lac amènent souvent des nuages bas et des visibilités réduites, mais ces vents ne sont pas très fréquents.

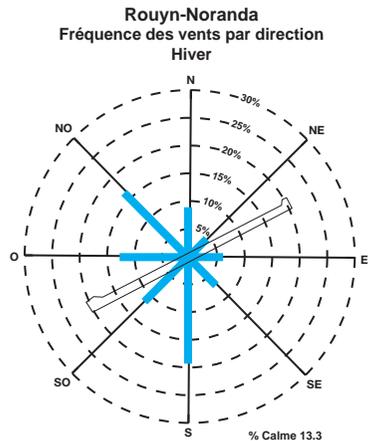
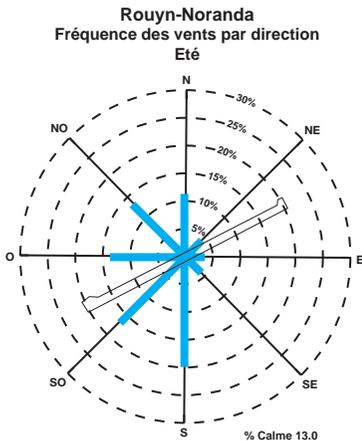


Les conditions de vol sont habituellement bonnes toute l'année, quoique les petites heures du matin en hiver soient les mois propices. En hiver, les conditions sont en général excellentes, sauf quand une tempête de neige touche la région. En été, les plafonds descendent rarement à moins de 1500 pieds au-dessus du sol. Il y a fréquemment de l'activité orageuse dans la région de l'aéroport en juillet.

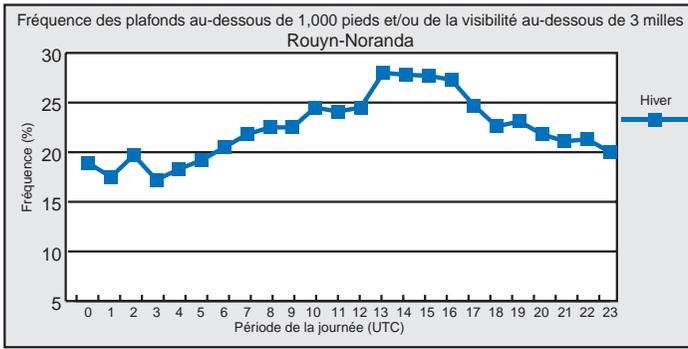
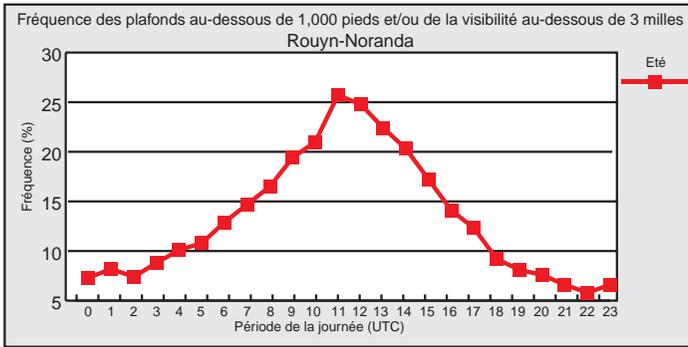
(h) Rouyn-Noranda

L'aéroport de Rouyn-Noranda est situé dans une région boisée et sa piste en sens est-ouest a une élévation de 988 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le terrain qui entoure l'aéroport est d'une hauteur variable.

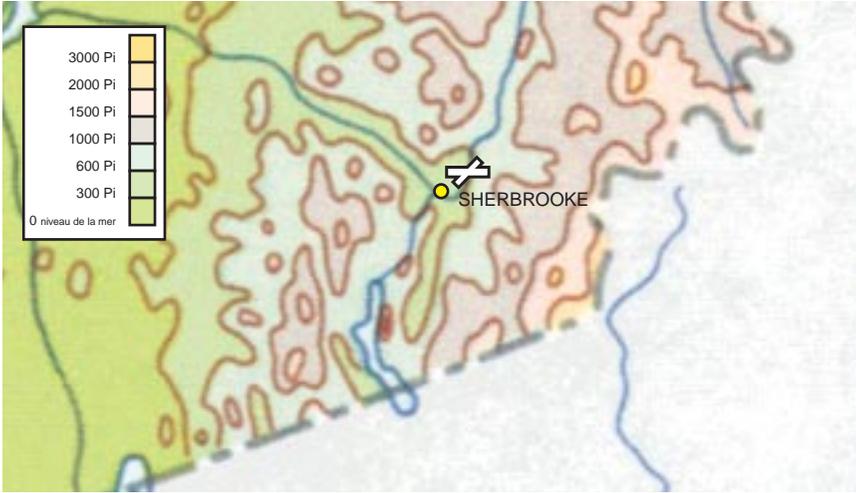
Les vents dominants sont les vents du sud durant l'année entière. Comme à Val d'Or, viennent ensuite les vents du sud-ouest, du nord-ouest et de l'ouest, les deux premiers s'échangeant le titre de « deuxième plus fréquent » de l'hiver à l'été.



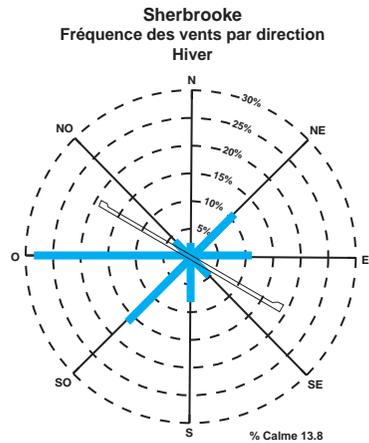
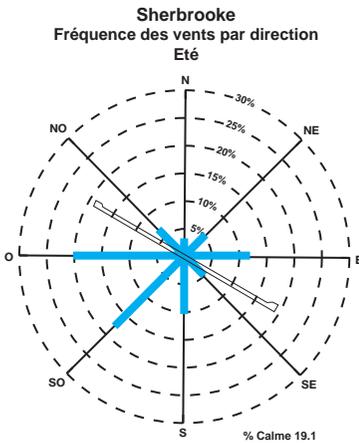
De différentes sources, on sait qu'il existe de la turbulence mécanique modérée dans les bas niveaux au-dessus de la piste et dans son voisinage immédiat quand les vents sont du nord ou du nord-ouest. De plus, il se produit un cisaillement du vent près de la piste 08 quand les vents sont du nord-est, à cause des inégalités du terrain.



De façon générale, la fréquence des mauvaises conditions météorologiques est très semblable à ce que l'on observe à Val d'Or. Les pilotes, toutefois, disent que la brume, le brouillard et les visibilités réduites se produisent plus souvent à Rouyn-Noranda qu'à Val d'Or en été. Ils disent aussi que les précipitations ont tendance à durer plus longtemps à Rouyn-Noranda qu'à Val d'Or.

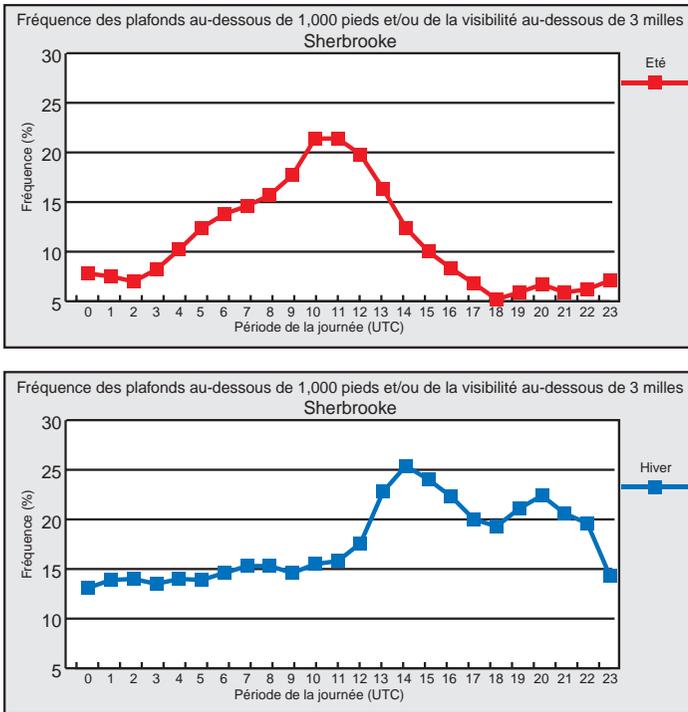
(i) Sherbrooke

L'aéroport de Sherbrooke se trouve à l'est de la ville du même nom, de l'autre côté de la rivière Saint-François, dans une vallée qui s'étend du nord-est au sud-ouest. La piste est orientée du nord-ouest au sud-est, approximativement, et a une élévation de 792 pieds au-dessus du niveau de la mer. Au nord de l'aéroport, de l'autre côté de la rivière Saint-François, s'élèvent une série de collines dont les sommets vont de 1500 pieds à 2200 pieds au-dessus du niveau de la mer. À l'est et au sud de l'aéroport, le terrain est montagneux et couvert d'arbres et il s'élève rapidement jusqu'à 2000 pieds. Plus loin au sud-est, il atteint une élévation de 3000 pieds.



Durant les mois d'été, les vents dominants soufflent de l'ouest ou du sud-ouest 37 pour cent du temps. Ils soufflent aussi du sud 10 pour cent du temps et de l'est 12 pour cent du temps. Les vents sont calmes 19 pour cent du temps. En hiver, cette dis-

tribution ne change pas beaucoup; on observe des vents de l'ouest ou du sud-ouest 44 pour cent du temps et des vents calmes 14 pour cent du temps.

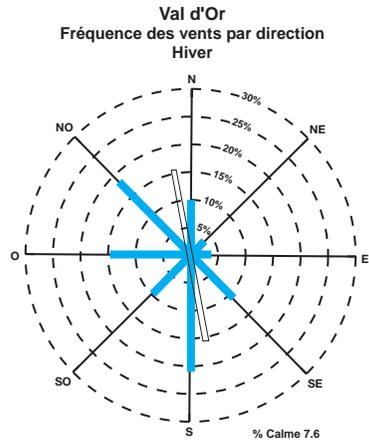
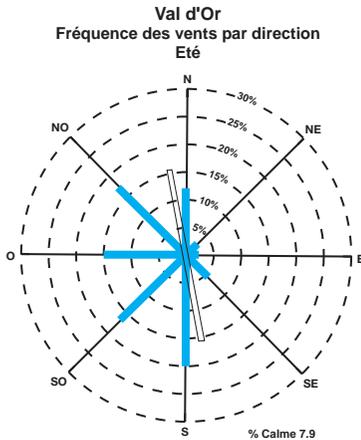


On peut s'attendre à des nuages bas et des visibilités réduites ainsi qu'à des conditions obscurcies en terrains élevés n'importe quand dans l'année. En outre, le terrain montagneux favorise le drainage d'air froid dans les vallées fluviales la nuit. Étant donné l'humidité qui s'y trouve, du brouillard se forme souvent dans ces régions, en soirée ou tôt le matin. Ce brouillard peut lentement se transformer en un stratus mince qui couvrira les sommets de la vallée. Ce schéma se reflète dans le graphique de l'été, qui montre une probabilité croissante de plafonds bas ou de mauvaises visibilités après 02 UTC, avec un maximum d'un peu plus de 20 pour cent à 11 UTC. La probabilité diminue ensuite durant la matinée, jusqu'à devenir nulle vers 18 UTC.

L'hiver est de loin le pire moment de l'année pour ce qui est des conditions de plafond et de visibilité, lesquelles s'avèrent mauvaises de 15 à 25 pour cent du temps pendant une journée. La raison en est fort simple : tous les paramètres favorisant les plafonds bas et les mauvaises visibilités sont toujours en place et, au même moment, le soleil, plus faible, se lève plus tard, ce qui réduit toute tendance diurne à l'amélioration. L'automne, le début de l'hiver et le printemps sont des périodes de l'année au cours desquelles le type des précipitations peut changer rapidement, de neige à pluie verglaçante à pluie, ou vice versa, sur de courtes distances ou pour de petits changements d'altitude.

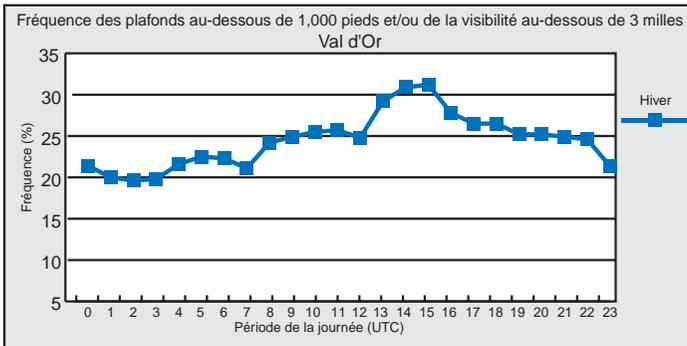
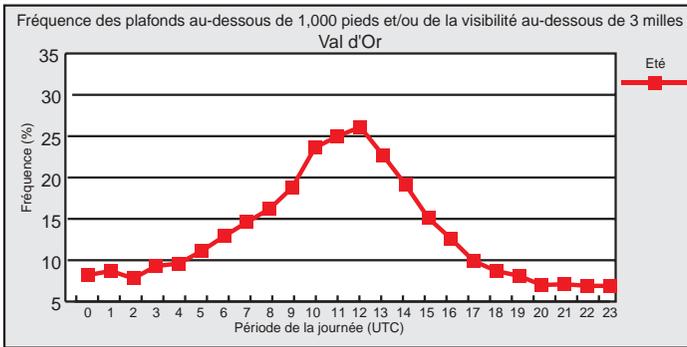
(j) Val d'Or

L'aéroport de Val d'Or est situé sur un petit plateau, juste au sud-ouest de la ville. La piste a une élévation de 1107 pieds au-dessus du niveau de la mer. La plupart des bâtiments aéroportuaires se trouvent près de l'extrémité nord et la piste orientée nord-sud. La région qui entoure l'aéroport est plutôt plate et marécageuse.



Les vents du sud sont nettement prédominants toute l'année. En été, les vents du nord-ouest et du sud-ouest luttent pour le deuxième rang et les vents de l'ouest ne sont pas loin derrière. En hiver, les vents du nord-ouest et de l'ouest demeurent aussi fréquents qu'en été, mais les vents du sud-ouest soufflent deux fois moins souvent et ceux du sud-est deviennent plus fréquents. Les vitesses de vent élevées sont plutôt rares à Val d'Or. Il est assez rare aussi d'observer un cisaillement du vent ou de la turbulence à proximité de l'aéroport de Val d'Or, sauf durant les chaudes journées où il y a de la convection.

En juillet, on observe souvent une activité orageuse dans la région de l'aéroport.



Les conditions de vol sont généralement bonnes toute l'année, quoiqu'il y ait une tendance au mauvais temps aux petites heures du matin, l'hiver. Il y a aussi les épisodes classiques de brouillard ou de brume aux premières heures du matin durant l'été et au début de l'automne, mais ce brouillard commence à se dissiper dès 8 h 30. Dans bien des cas, le brouillard envahit la moitié sud de la piste depuis un lac situé à proximité. Quand l'hiver s'installe et que les lacs s'englacent, ce sont des conditions continentales (air arctique froid et sec) qui prédominent habituellement, sauf lorsque, de temps à autres, des systèmes de basse pression apportent de la neige. La pluie verglaçante est rare à Val d'Or mais on observe, à l'occasion, de la bruine verglaçante en automne.

Glossaire de termes météorologiques

- advection** - le transport horizontal de l'air ou des propriétés de l'atmosphère.
- albédo** - le rapport de la quantité de rayonnement électromagnétique réfléchi par un corps à la quantité incidente, communément exprimé comme un pourcentage.
- anticyclone** - une zone de haute pression atmosphérique possédant une circulation fermée, qui est anticyclonique (en sens horaire) dans l'hémisphère Nord.
- averse** - précipitations provenant d'un nuage cumuliforme; caractérisées par un début et une fin soudains, par des fluctuations rapides d'intensité et habituellement par des changements rapides dans l'aspect du ciel.
- blizzard** - un blizzard, en général, est une tempête hivernale caractérisée par des vents qui dépassent 40 km/h, une visibilité réduite par la neige qui tombe ou la poudrière à moins de 1 km, un refroidissement éolien marqué et une durée d'au moins trois heures. Toutes les définitions régionales spécifient les mêmes vitesses de vent et les mêmes critères de visibilité, mais elles diffèrent dans la durée et ont un critère de température.
- chinook** - un vent chaud et sec qui descend la pente est des Rocheuses et qui se fait sentir sur la plaine adjacente.
- cisaillement du vent** - taux de changement de la direction ou de la vitesse du vent par unité de distance; généralement qualifié comme cisaillement vertical ou cisaillement horizontal du vent.
- climat** - ensemble de données qui décrivent statistiquement les conditions météorologiques à long terme (habituellement des décennies) à un endroit donné; peut être décrit de multiples façons.
- convection** - mouvements de l'air dans l'atmosphère, surtout verticaux, produisant un transport vertical et un mélange des propriétés atmosphériques.
- convergence** - une condition qui existe quand la distribution des vents dans une certaine région est telle qu'il y a un apport horizontal net d'air dans la région; la convergence donne lieu à un soulèvement.
- couche isotherme** - couche dans laquelle la température demeure constante avec la hauteur.
- courant ascendant** - courant d'air vers le haut et localisé.
- courant descendant** - un courant d'air descendant à petite échelle; observé du côté sous le vent des gros objets qui entravent l'écoulement régulier de l'air; ou encore, courant d'air descendant à proximité ou à l'intérieur des zones de précipitations, en relation avec des nuages cumuliformes.
- courant sortant** - généralement, une condition où l'air circule des terres intérieures à travers les cols montagneux, les vallées et les bras de mer vers les régions

côtières; terme utilisé plus couramment l'hiver quand l'air froid arctique s'étend sur la région côtière et la mer avoisinante.

courant-jet - courant de vent quasi horizontal concentré dans une bande étroite; généralement situé juste au-dessous de la tropopause.

crête - région allongée de pression atmosphérique relativement élevée.

creusage - diminution de la pression au centre d'un système de pression; s'applique habituellement à une dépression.

creux - région allongée de pression atmosphérique relativement basse.

cumuliforme - terme descriptif s'appliquant à tous les nuages convectifs à développement vertical.

cyclone - zone de basse pression atmosphérique possédant une circulation fermée, cyclonique (en sens antihoraire) dans l'hémisphère Nord.

dépression - zone de basse pression; système de basse pression.

dérécho - habituellement associé à l'étalement d'un courant descendant produit par un orage; un fort vent qui avance en ligne droite à l'avant d'un orage et qui crée souvent des dommages importants.

direction du vent - direction de laquelle le vent souffle.

divergence - une condition qui existe quand la distribution des vents dans une certaine région est telle qu'il y a une sortie horizontale nette de l'air de cette région; la divergence donne lieu à de la subsidence.

eau surfondue - eau liquide à une température inférieure au point de congélation.

échelle Fujita - échelle utilisée pour exprimer l'intensité d'une tornade d'après les dommages que subissent les constructions humaines sur son passage. (Voir tableau 1)

Valeur sur l'échelle Fujita	intensité	Vitesse du vent	Type de dommages
F0	faible Tornade	35-62	Dommages à des cheminées; branches arrachées; arbres à faible structure racinaire arrachés; panneaux d'affichage endommagés
F1	modérée Tornade	63-97	La valeur basse correspond au moment où les vents deviennent de force ouragan; toitures soulevées; maisons mobiles déplacées ou renversées; automobiles poussées hors des routes; abris d'autos détruits.
F2	forte Tornade	98-136	Dommages considérables. Toits de maisons arrachés; maisons mobiles détruites; wagons renversés; gros arbres endommagés ou déracinés; objets légers transformés en projectiles
F3	violente Tornade	137-179	Toits et certains murs arrachés de maisons solidement bâties; wagons de train renversés; arbres déracinés dans une forêt.
F4	dévastatrice Tornade	180-226	Maisons solidement construites rasées; structures avec faibles fondations projetées à une certaine distance; automobiles et gros objets projetés
F5	incroyable Tornade	227-285	Maisons solidement construites soulevées et transportées sur une certaine distance puis se désintégrant; automobiles projetées à plus de 100 mètres; arbres écorcés; structures en béton armé très endommagées

Table 2-1- Échelle Fujita

éclair - de façon générale, toute forme de décharge électrique visible produite par un orage.

écoulement méridien - écoulement de l'air dans la direction des méridiens géographiques, c'est-à-dire du nord au sud ou du sud au nord.

föhn (ou föhn) - vent chaud et sec du côté sous le vent d'une chaîne de montagne, dont la température s'accroît à mesure qu'il descend la pente. Il se forme quand l'air circule vers le bas depuis un endroit élevé, sa température augmentant par compression adiabatique.

front - surface, interface ou zone de discontinuité entre deux masses d'air adjacentes de masse volumique différente.

front chaud - bord arrière de l'air froid qui se retire.

front de rafale - bord d'attaque du courant de vent sortant résultant d'un courant descendant à l'avant d'un orage.

front en altitude - zone frontale qui ne se manifeste pas à la surface.

front froid - le bord avant d'une masse d'air froid qui avance.

front occlus - front qui n'est plus en contact avec la surface.

front quasi-stationnaire - un front qui ne bouge pas ou bouge très peu; souvent appelé front stationnaire.

givre - de façon générale, tout dépôt de glace se formant sur un objet.

givre blanc - dépôt de glace granulaire blanc ou laiteux et opaque, formé par le gel rapide de gouttelettes d'eau surfondue.

givre mélangé - couche de glace blanche ou laiteuse et opaque, qui est un mélange de givre blanc et de givre transparent.

givre transparent - généralement, couche ou masse de glace plutôt transparente à cause de sa structure homogène et des espaces d'air plus petits et moins nombreux qu'elle renferme; synonyme de verglas.

glissement ascendant - de façon générale, se dit du mouvement de l'air chaud qui rattrape l'air froid ou s'élève au-dessus.

gradient vertical - taux de variation d'une variable atmosphérique (habituellement la température) avec la hauteur.

haute pression - zone dans laquelle la pression est élevée; système de haute pression.

instabilité - état de l'atmosphère dans lequel la distribution verticale de la température est telle qu'une particule déplacée de sa position initiale continue à monter.

inversion - augmentation de la température avec la hauteur; c'est l'inverse de la situation normale, dans laquelle la température diminue avec la hauteur.

ligne de grains - une étroite bande non frontale d'orages actifs.

masse d'air - vaste portion de l'atmosphère ayant des caractéristiques de température et d'humidité uniformes dans l'horizontale.

masse volumique de l'air - poids de l'air par unité de volume.

météorologie - la science de l'atmosphère.

nœud - unité de vitesse égale à un mille marin par heure.

nuage en entonnoir - nuage de tornade ou de trombe s'étendant vers le bas à partir du nuage parent mais qui n'atteint pas le sol.

ondes sous le vent - toute perturbation ondulatoire stationnaire causée par une barrière dans l'écoulement d'un fluide; aussi appelées ondes orographiques ou ondes stationnaires.

orage - tempête locale invariablement produite par un cumulonimbus et toujours accompagnée par des éclairs et du tonnerre.

orographique - causé par un soulèvement forcé de l'air au-dessus d'un terrain élevé.

ouragan - système météorologique tropical intense avec une circulation bien définie produisant des vents soutenus de 64 nœuds ou plus. Dans le Pacifique, les ouragans sont appelés « typhons » et dans l'océan Indien, « cyclones » (voir le tableau 2 qui donne les intensités des ouragans).

tableau 2 qui donne les intensités des ouragans

Catégorie #	Vent soutenus (nœuds)	Dommages
1	64-82	Minimes
2	83-95	Modérés
3	96-113	Étendus
4	114-135	Extrêmes
5	>155	Catastrophiques

particule - petit volume d'air, assez petit pour que ses propriétés météorologiques soient uniformément distribuées et assez gros pour conserver son intégrité et réagir à tous les processus météorologiques.

perturbation - dans un sens général : (a) tout système de basse pression de petite taille; (b) région à l'intérieur de laquelle les conditions du temps, le vent, la pression, etc. montrent des signes de développement cyclonique; (c) tout écart dans l'écoulement ou la pression liée à un état perturbé des conditions atmosphériques; (d) système circulaire quelconque dans la circulation atmosphérique principale.

pistes de chat (cat's paw) - risée sur l'eau formée par de forts courants descendants ou des courants de vent sortant (vents de fjords). Un bon indice de turbulence et de cisaillement du vent.

plafond - (a) hauteur au-dessus de la surface de la base de la plus basse couche de nuages ou du phénomène obscurcissant (p. ex., la fumée) à partir de laquelle plus de la moitié du ciel est masqué; (b) visibilité verticale dans un obstacle à la vue (p. ex., le brouillard).

précipitations - particules d'eau, liquides ou solides, qui tombent dans l'atmosphère et qui atteignent la surface.

rafale - hausse soudaine, rapide et brève de la vitesse du vent. Au Canada, on signale les rafales quand la plus forte vitesse de pointe est plus élevée d'au moins 5 noeuds que le vent moyen et qu'elle est d'au moins 15 noeuds.

rafale descendante - courant descendant exceptionnellement fort sous un orage, habituellement accompagné de précipitations diluviennes.

remplissage - augmentation de la pression au centre d'un système de pression; s'applique habituellement à une dépression.

saturation - condition de l'atmosphère telle que la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air est la quantité maximale qui peut y être présente à cette température.

saute - essentiellement, une rafale de plus longue durée. Au Canada, on signale une saute quand la vitesse moyenne du vent augmente d'au moins 15 noeuds pendant au moins 2 minutes et que le vent atteint une vitesse d'au moins 20 noeuds.

stabilité - état de l'atmosphère dans lequel la distribution verticale de la température est telle qu'une particule a tendance à résister à un déplacement depuis sa position initial.

stratiforme - terme descriptif des nuages à extension horizontale; définition lâche.

stratosphère - couche de l'atmosphère au-dessus de la tropopause; caractérisée par une légère hausse de la température de la base vers le sommet, très stable, faible teneur en vapeur d'eau et absence de nuages.

subsidence - mouvement de l'air vers le bas dans une grande région produisant un réchauffement dynamique.

temps (conditions du temps) - conditions qui règnent au moment considéré ou changements à court terme de ces conditions en un point; par opposition à climat.

tornado - colonne d'air animée d'un violent mouvement de rotation, qui pend à un cumulonimbus et qui a presque toujours la forme d'un entonnoir; aussi appelée cyclone ou trombe.

- tropopause** - zone de transition entre la troposphère et la stratosphère; caractérisée par un changement brusque du gradient thermique vertical.
- troposphère** - partie de l'atmosphère terrestre entre la surface et la tropopause; caractérisée par une diminution de la température avec l'altitude et une teneur appréciable en vapeur d'eau; c'est la couche dans laquelle se produisent les phénomènes météorologiques.
- trowal** - creux d'air chaud en altitude; en relation avec un front occlus. Aussi appelé vallée d'air chaud en altitude.
- turbulence** - tout écoulement irrégulier ou perturbé dans l'atmosphère.
- turbulence en air clair (CAT)** - turbulence dans l'atmosphère libre, qui n'est pas due à l'activité convective. Elle peut se produire dans les nuages et est causée par le cisaillement du vent.
- vent** - air en mouvement par rapport à la surface de la terre; normalement, mouvement horizontal.
- vent anabatique** - un vent local qui souffle en remontant une pente réchauffée par le soleil.
- vent catabatique** - courant de gravité descendant d'air froid et dense sous de l'air plus chaud et plus léger. Aussi appelé « vent de drainage » ou « brise de montagne ». Ces vents peuvent être légers ou extrêmement violents.
- vent zonal** - vent d'ouest; normalement utilisé pour décrire un écoulement à grande échelle qui n'est ni cyclonique ni anticyclonique; aussi appelé écoulement zonal.
- virga** - particules d'eau ou de glace tombant d'un nuage, ayant habituellement l'aspect de mèches ou de sillons et s'évaporant complètement avant d'atteindre le sol.
- vitesse du vent** - taux de mouvement du vent, exprimé comme une distance par unité de temps.
- zone de déformation** - une zone dans l'atmosphère où les vents convergent le long d'un axe et divergent le long d'un autre. Là où les vents convergent, l'air est forcé vers le haut et c'est dans cette région que les zones de déformation (ou axes de déformation, comme on les appelle souvent) peuvent produire des nuages et des précipitations.

Table 3: Symboles utilisés dans ce livre

	<p>Symbole brouillard (3 lignes horizontales) Ce symbole standard pour le brouillard indique des zones où on observe fréquemment du brouillard.</p>
	<p>Zones de nuages et bords des nuages Les lignes en dents de scie indiquent où les nuages bas (empêchant le vol VFR) se forment fréquemment. Souvent, on ne peut déceler ce danger à aucun des aéroports environnants.</p>
	<p>Symbole givrage (2 lignes verticales passant à travers d'un demi-cercle) Ce symbole standard pour le givrage indique des zones où du givrage significatif est souvent observé.</p>
	<p>Symbole eaux agitées (symbole avec deux points en forme de vague) Pour les hydravions, ce symbole est utilisé pour indiquer des zones où des vents et des vagues significatives peuvent rendre les amerrissages et les décollages dangereux ou impossibles.</p>
	<p>Symbole turbulence Ce symbole standard pour la turbulence est utilisé pour indiquer des zones reconnues pour des cisaillements significatifs du vent ainsi que pour des courants descendants qui sont potentiellement dangereux.</p>
	<p>Symbole vent fort (flèche droite) Cette flèche est utilisée pour indiquer des zones favorables aux vents forts et indique aussi la direction typique de ces vents. Où ces vents rencontrent une topographie changeante (collines, coudes dans des vallées, côtes, îles), de la turbulence, même si pas toujours indiquée, est possible.</p>
	<p>Symbole canalisation (flèche qui s'amincit) Ce symbole est semblable au symbole vent fort sauf que les vents sont contraints ou canalisés par la topographie. Dans ce cas, les vents dans la partie étroite pourraient être très fort alors que les endroits environnants auront des vents beaucoup plus légers.</p>
	<p>Symbole neige (astérisque) Ce symbole standard pour la neige indique des zones prédisposées à de très fortes chutes de neige.</p>
	<p>Symbole orage (demi-cercle avec sommet en forme d'enclume) Ce symbole standard pour le nuage cumulonimbus (CB) est utilisé pour indiquer des zones prédisposées à l'activité orageuse.</p>
	<p>Symbole usine (cheminée) Ce symbole indique des zones où l'activité industrielle importante peut avoir un impact sur les conditions météorologiques affectant l'aviation. L'activité industrielle normalement résulte en nuages bas et du brouillard qui se produisent plus fréquemment.</p>
	<p>Symbole passe de montagne (arcs côte à côte) Ce symbole est utilisé sur les cartes à l'aviation pour indiquer les passes de montagnes, le point le plus haut le long d'une route. Quoique ce ne soit pas un phénomène météorologique, plusieurs passes sont indiquées car elles sont souvent prédisposées à des conditions météorologiques qui sont dangereuses pour l'aviation.</p>





