

# LE TEMPS DANS LES PRAIRIES



PRÉVISION DE ZONE GRAPHIQUE 32 - RÉGION DES PRAIRIES





# LE TEMPS DANS LES PRAIRIES

PRÉVISION DE ZONE GRAPHIQUE 32 - RÉGION DES PRAIRIES

Par

Glenn Vickers

Sandra Buzza

Dave Schmidt

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 se soit, y compris la photocopie ou la transmission électronique vers un autre ordinateur, sans en avoir reçu préalablement 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.



Conception et illustration par Ideas in Motion, Kelowna,  
C.-B., tél. : (250) 717-5937, [ideasinmotion@shaw.ca](mailto:ideasinmotion@shaw.ca)



## **Le Temps dans les Prairies**

### **Prévision de Zone Graphique 31 - Région des Prairies**

#### **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 des Prairies. 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 des GFACN32 (Alberta - Saskatchewan - Manitoba). Cette région offre de vastes espaces libres pour le 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 Foothills en l'Alberta jusqu'à la partie manitobaine du Bouclier canadien, 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 les Prairies 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, la contribution des météorologistes Glenn Vickers, Sandra Buzza et Dave Schmidt du Centre météorologique des Prairies pour l'aviation et l'Arctique, à Edmonton, et John Mullock, du centre météorologique des montagnes, à Kelowna. L'expertise régionale de Glenn, de Sandra et de Dave a été déterminante dans la mise au point du document des GFA des Prairies 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, laisser tomber le dernier chiffre)

Service de télécopie sans frais : 1-877-663-6656

Adresse électronique : [service@navcanada.ca](mailto:service@navcanada.ca)



S E R V I N G   A   W O R L D   I N   M O T I O N

A U   S E R V I C E   D ' U N   M O N D E   E N   M O U V E M E N T

## TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE .....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
INTRODUCTION .....	ix
<b>CHAPITRE 1</b>	<b>NOTIONS FONDAMENTALES</b>
	<b>DE MÉTÉOROLOGIE .....</b>
	<b>1</b>
	Transmission de la chaleur et vapeur d'eau .....
	1
	Processus de soulèvement .....
	2
	Subsidence .....
	3
	Structure thermique de l'atmosphère .....
	4
	Stabilité .....
	5
	Vent .....
	6
	Masses d'air et fronts .....
	7
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>DANGERS MÉTÉOROLOGIQUES</b>
	<b>POUR L'AVIATION .....</b>
	<b>9</b>
	Introduction .....
	9
	<b>Givrage .....</b>
	<b>9</b>
	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
	<b>Visibilité .....</b>
	<b>17</b>
	Types de visibilité .....
	17
	Causes de réduction de la visibilité .....
	17
	<b>Vent, cisaillement et turbulence .....</b>
	<b>20</b>
	Stabilité et variations journalières du vent .....
	21
	Cisaillement du vent .....
	21
	Relation entre le cisaillement du vent et la turbulence .....
	22
	Courants-jets à basse altitude - frontaux .....
	22
	Courants-jets à basse altitude - nocturnes .....
	23
	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
	<b>Fronts .....</b>
	<b>33</b>
	Temps frontal .....
	34
	Ondes frontales et occlusions .....
	35
	<b>Orages .....</b>
	<b>37</b>
	Cycle de vie d'un orage .....
	37
	Types d'orages .....
	39
	Dangers liés aux orages .....
	42
	<b>Pilotage par temps froid .....</b>
	<b>45</b>

## CHAPITRE 3

Cendre volcanique .....	46
Zone de déformation .....	47
<b>CONFIGURATIONS MÉTÉOROLOGIQUES</b>	
<b>DANS LES PRAIRIES</b> .....	51
Introduction .....	51
Géographie des Prairies .....	51
Les montagnes Rocheuses et leurs contreforts .....	53
La région des Prairies .....	55
Le Bouclier canadien .....	56
Circulation moyenne en altitude .....	57
Creux en altitude et crêtes en altitude .....	59
Caractéristiques de surface semi-permanentes .....	61
Systèmes météorologiques de surface migrants .....	62
Dépressions du golfe d'Alaska .....	63
Dépressions du Colorado .....	64
Dépressions du Mackenzie .....	64
Conditions hivernales .....	64
Blizzards .....	64
Invasions d'air arctique .....	65
Barrages d'air froid .....	65
Chinooks .....	66
Conditions estivales .....	69
Dépressions froides .....	70
Configurations typiques à la surface et en altitude lors d'un événement de dépression froide .....	71

## CHAPITRE 4

<b>CONDITIONS SAISONNIÈRES ET</b>	
<b>EFFETS LOCAUX</b> .....	75
Introduction .....	75
Le temps en Alberta .....	76
Périodes de transition .....	81
<b>Effets locaux</b> .....	82
Edmonton et ses environs .....	82
D'Edmonton à Jasper .....	84
De Whitecourt, Edson et la région des collines Swan à Grande Prairie .....	85
De Grande Prairie en allant vers le sud .....	87
Grande Prairie - Peace River et la région à l'ouest ..	89
Peace River - High Level et les environs .....	93
Nord-ouest de l'Alberta, y compris Rainbow Lake, Fort Vermilion et Steen River .....	97
Edmonton - Slave Lake et les environs .....	100
D'Edmonton à Fort McMurray et vers le nord ..	101
D'Edmonton à Cold Lake .....	104
D'Edmonton à Lloydminster .....	106



D'Edmonton à Calgary via Red Deer	107
Calgary, région de Springbank et vers l'ouest	110
<b>Région au sud de Calgary</b>	<b>112</b>
Le temps en Saskatchewan	116
Effets locaux dans le sud de la Saskatchewan	123
De Regina à Saskatoon	124
De Regina à Yorkton et vers l'est	126
Yorkton et vers l'est	127
De Yorkton à Estevan	128
Estevan - Regina (Bassin de la Souris/Wascana)	130
Le coteau Missouri	132
De Swift Current à Moose Jaw	134
De Moose Jaw à Regina	136
De Yorkton à Saskatoon	138
Effets locaux dans le nord de la Saskatchewan	139
Saskatoon - Prince Albert - North Battleford	140
De Prince Albert à Meadow Lake	142
De Prince Albert à La Ronge	145
La Ronge et les endroits au nord	147
Stony Rapids et le bassin hydrographique du lac Athabasca	149
<b>Le temps au Manitoba</b>	<b>151</b>
Saisons de transition	155
Conditions locales	156
Winnipeg et ses environs	156
De Winnipeg à Portage La Prairie à Brandon	158
Brandon et vers l'ouest	160
De Brandon à Dauphin	162
Dauphin et ses environs	163
La région interlac	165
Nord des lacs - The Pas - Flin Flon - Thompson	167
Norway House - Island Lake - Thompson	168
Thompson et ses environs	170
Thompson - Lynn Lake et vers le nord	173
Thompson - Gillam	175
Churchill - côte de la baie d'Hudson	176

<b>CHAPTER 5</b>	<b>CLIMATOLOGIE DES AÉROPORTS</b>	<b>183</b>
<b>GLOSSAIRE DE TERMES</b>		
<b>MÉTÉOROLOGIQUES</b>		
		<b>233</b>
<b>TABLEAU DES SYMBOLES UTILISÉS DANS CE MANUEL</b>		
		<b>239</b>
<b>APPENDICES</b>		
		<b>240</b>
<b>INDEX DES CARTES</b>	<b>Cartes du chapitre 4</b>	<b>Au verso de la couverture</b>



## 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 associés.

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 des Prairies 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 zone GFACN32 (Prairies). 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 les plaines unies du sud de la Saskatchewan jusqu'aux montagnes qui s'élèvent progressivement dans l'ouest de l'Alberta, 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 dans les Prairies pourrait faire l'objet d'un ouvrage plusieurs fois plus volumineux que celui-ci. Cependant, en comprenant certaines des conditions et certains des dangers météorologiques dans cette région, les pilotes pourront mieux relier les dangers à la topographie et aux systèmes météorologiques dans les régions qui ne sont pas explicitement décrites.

## 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.

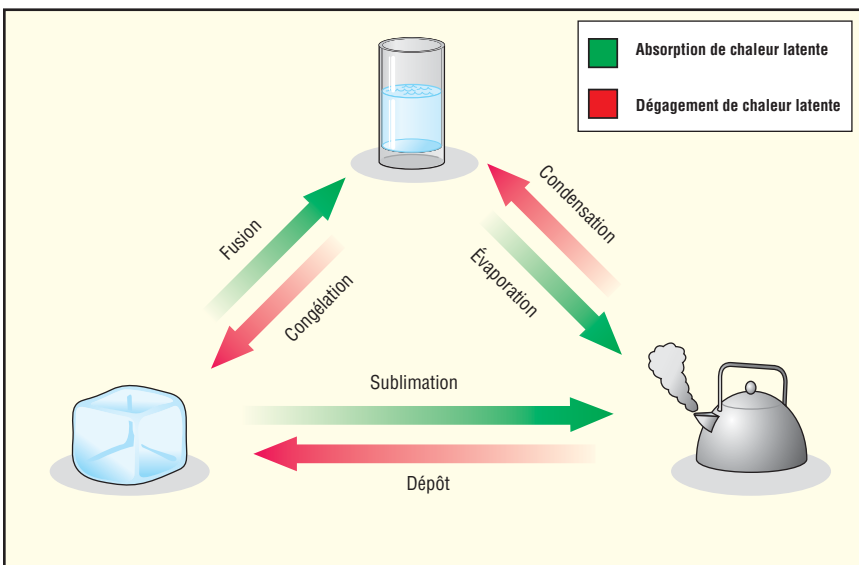


Fig. 1-1 - Transfert de chaleur et vapeur d'eau

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 cette activité de conversion. L'intensité des conditions du temps est souvent fonction de la quantité de chaleur latente relâchée durant ces conversions.

### 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.

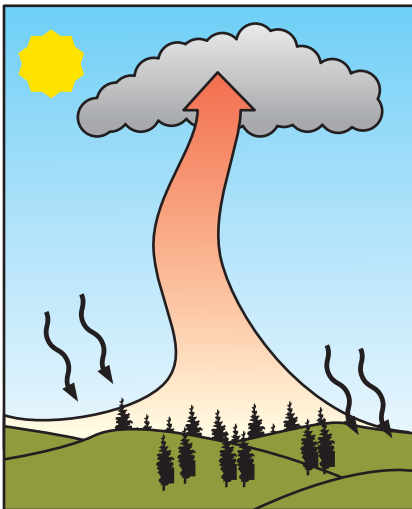


Fig. 1-2 - Convection due au réchauffement diurne

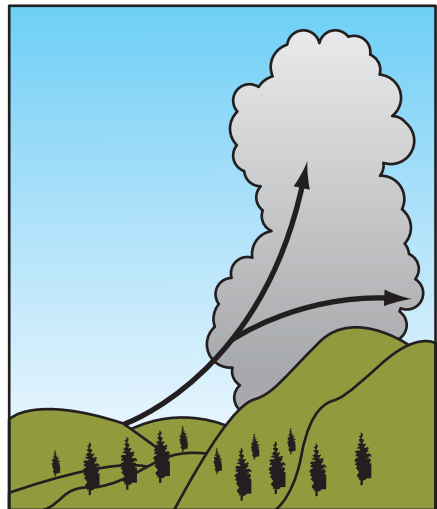


Fig. 1-3 - Soulèvement orographique

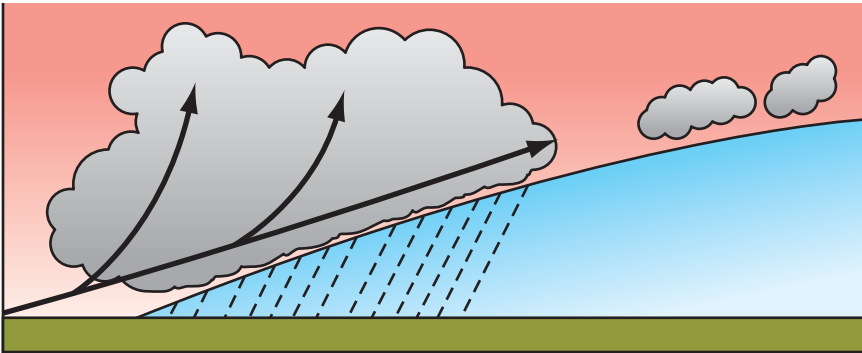


Fig. 1-4 - Air chaud montant sur l'air froid le long d'un front chaud

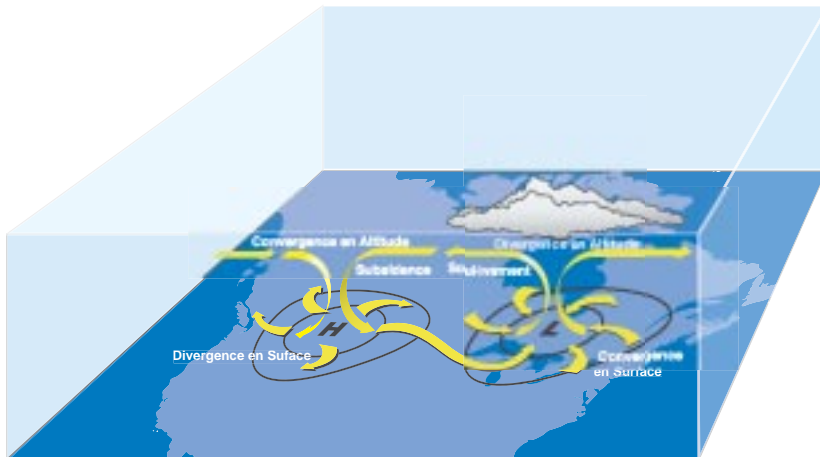


Fig. 1-5 - Divergence et convergence à la surface et en altitude dans un ensemble anticyclone dépression

## 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.

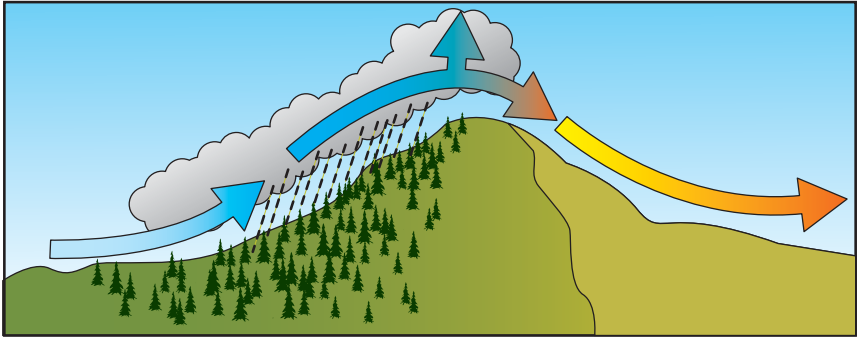


Fig. 1-6 - Air humide franchissant des montagnes, où il perd de l'humidité, puis descendant dans une zone de subsidence sèche

### 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.

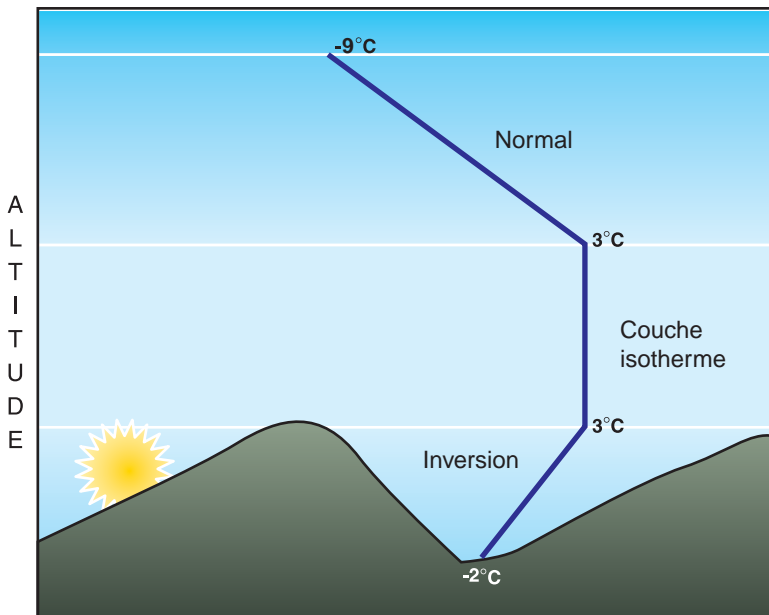


Fig. 1-7 - Différents gradients adiabatiques dans l'atmosphère



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.

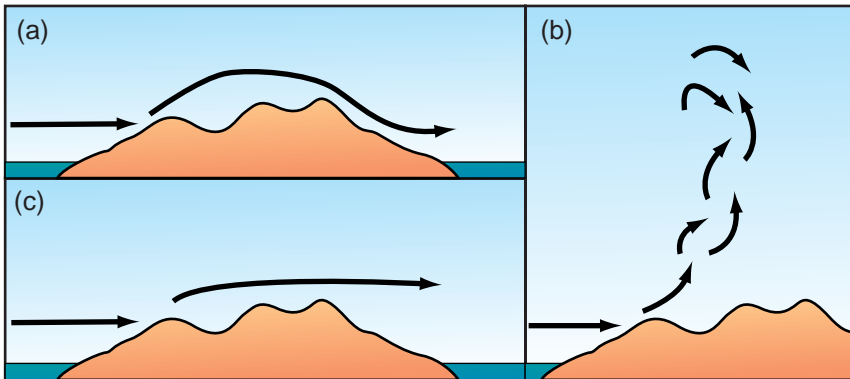


Fig. 1-8 - Stabilité de l'atmosphère - (a) Stable (b) Instable (c) Neutre

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.

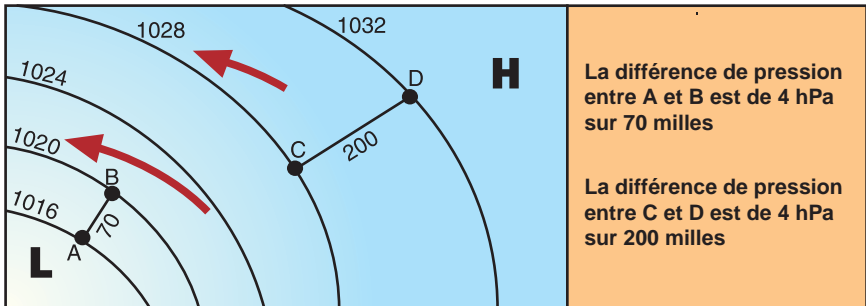


Fig. 1-9 - Plus le changement de la pression sur l'horizontale est important, plus les vents sont forts

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><b>Front froid</b> - L'air froid avance sous l'air chaud. La bordure antérieure de la zone d'air froid est le front froid.</p>		
<p><b>Front chaud</b> - 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><b>Front quasi stationnaire</b> - 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><b>Trowal</b> - Langue d'air chaud en altitude</p>		

Table 1-1

Nous en dirons davantage sur le temps frontal plus loin dans ce manuel.



## 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 :

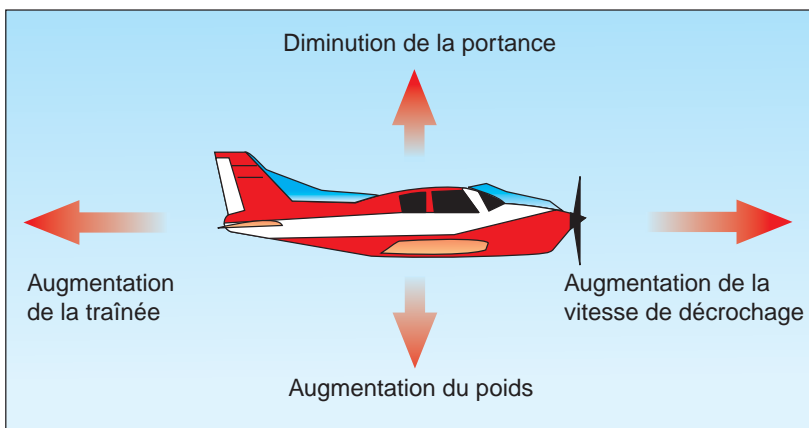


Fig. 2-1 - Effets du givrage

- 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 surfondues 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.

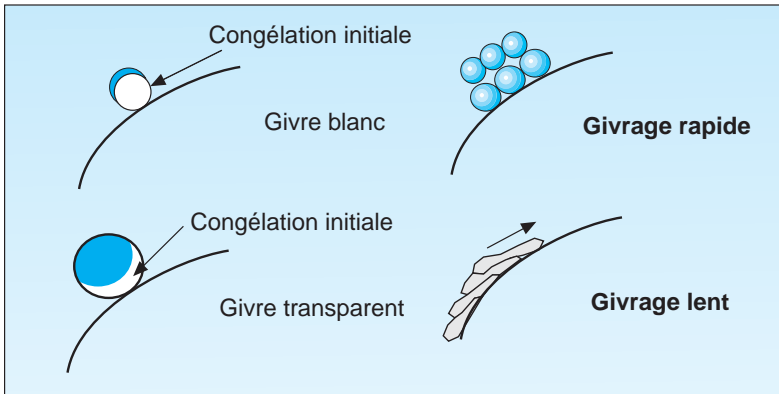


Fig. 2-2 - Congélation de gouttelettes en surfusion à l'impact

## 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.

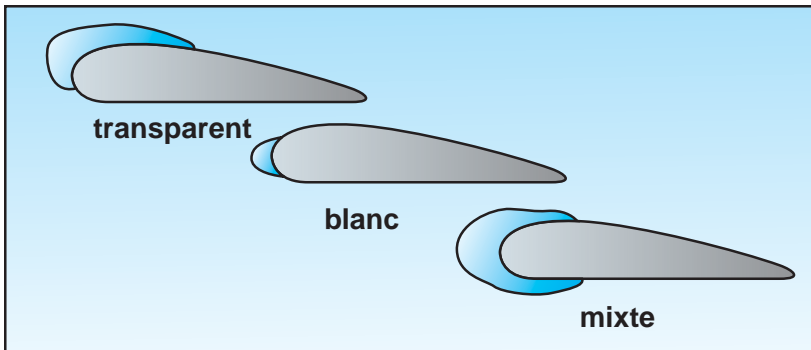


Fig. 2-3- Modes d'accumulation des différents types de givrage

## 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.

## (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  $-10^{\circ}\text{C}$  et le taux de congélation des gouttelettes de toutes les tailles augmente rapidement quand la température passe en dessous de  $-15^{\circ}\text{C}$ . Vers  $-40^{\circ}\text{C}$ , à peu près toutes les gouttelettes ont gelé. 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 :

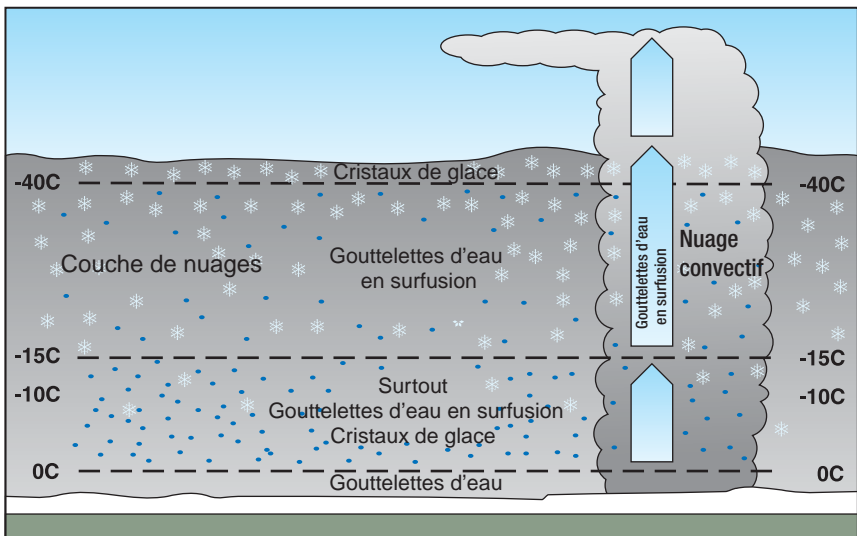


Fig. 2-4 - Distribution des gouttelettes d'eau et cristaux de glace dans un nuage

### (1) Dans les gros cumulus et les cumulonimbus :

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



- à des températures entre  $-25^{\circ}\text{C}$  et  $-40^{\circ}\text{C}$ , 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  $-40^{\circ}\text{C}$ , 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  $0^{\circ}\text{C}$  et  $-15^{\circ}\text{C}$ ;
- 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 se déplaçant 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  $0^{\circ}\text{C}$  mais supérieure à  $-18^{\circ}\text{C}$  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.

Dans les Prairies, les nuages produisant du givrage de GGS sont fréquents dans une circulation de l'est ou du nord-est depuis la baie d'Hudson, dans le nord-est du Manitoba, dans le nord de la Saskatchewan et en Alberta. Ces nuages à basse altitude produisent souvent de la bruine ou de la bruine verglaçante.

### **La gloire : un signe avertisseur 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.

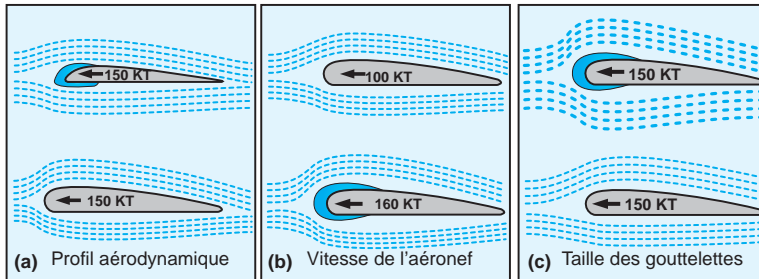


Fig. 2-5 - Variations de l'efficacité de captation

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.

**(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 possède une épaisseur maximale 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 sur les 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.



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

### (ii) 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 saturant l'air près de la surface, et le brouillard se forme. Les interruptions de précipitations produisent habituellement un épaissement du brouillard.

### (iii) 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.

### (iv) Brouillard d'advection

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

### (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  $-30^{\circ}\text{C}$ , 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

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 le lac Winnipeg 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 3 000 et 5 000 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.

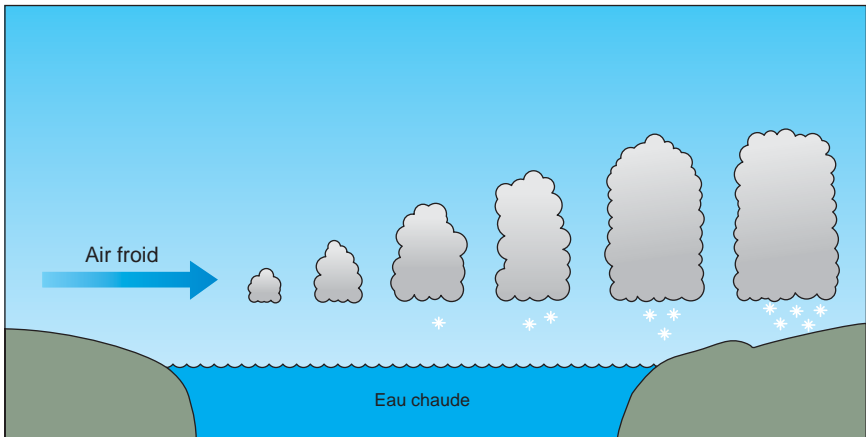


Fig. 2-6 - Bourrasques de neige se formant au-dessus d'une étendue d'eau libre

### 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 verticalement, 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.

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.

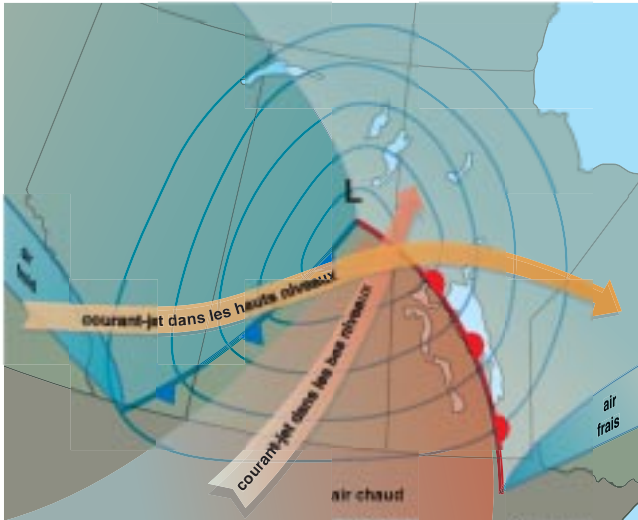


Fig. 2-7 - Dépression et système frontal idéalisés montrant l'emplacement des courants-jets dans les hauts et bas niveaux

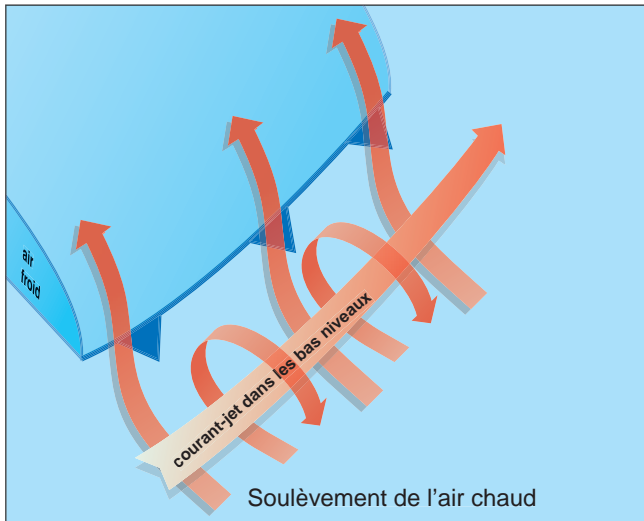


Fig. 2-8 - Des vents complexes autour d'un courant-jet dans les bas niveaux peuvent entraîner beaucoup de cisaillement du vent et de turbulence

### 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 nœuds, mais peut atteindre 60 nœuds.

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. La chaîne Livingstone, à l'ouest de Claresholm, en Alberta, produit des régions de vent calme au moment où, non loin de là, on peut observer de forts vents de l'ouest.

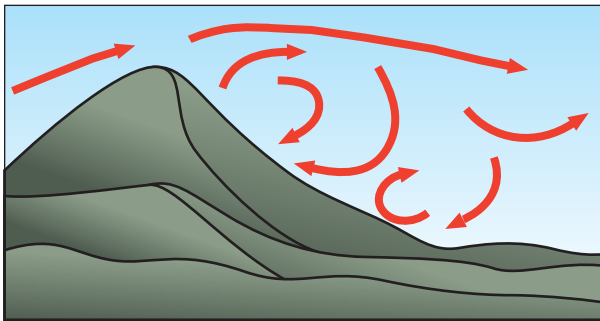


Fig. 2-9 - Effets orographiques

### (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.

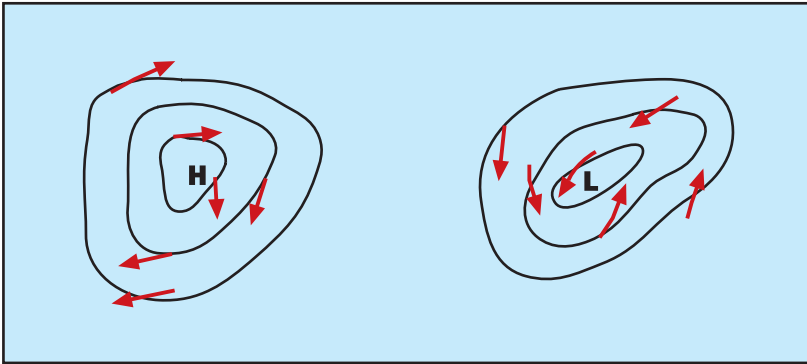


Fig. 2-10 - Effets du frottement

### (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.

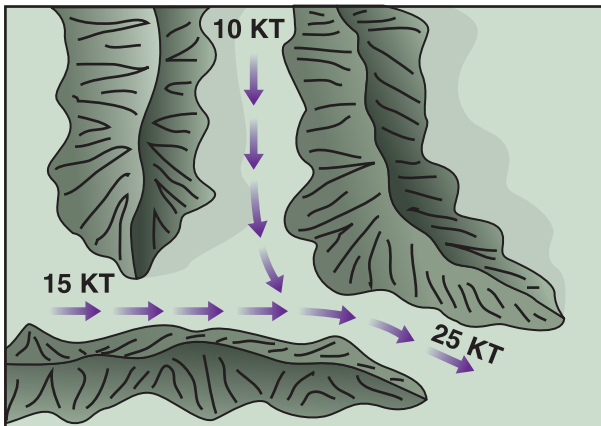


Fig. 2-11 - Vents convergents

### (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.

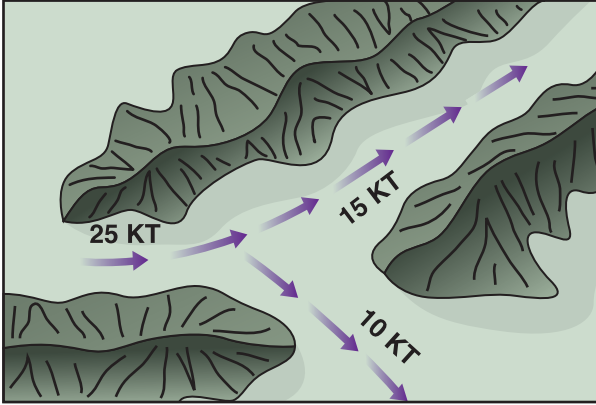


Fig. 2-12 - Vents divergents

**(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 de la turbulence.

**(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.

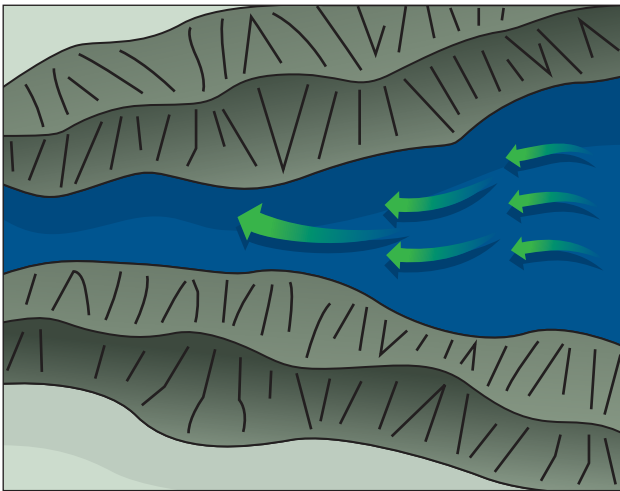


Fig. 2-13 - Effet d'entonnoir

### (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 nœuds et s'être étendue jusqu'à 50 milles marins dans les terres.

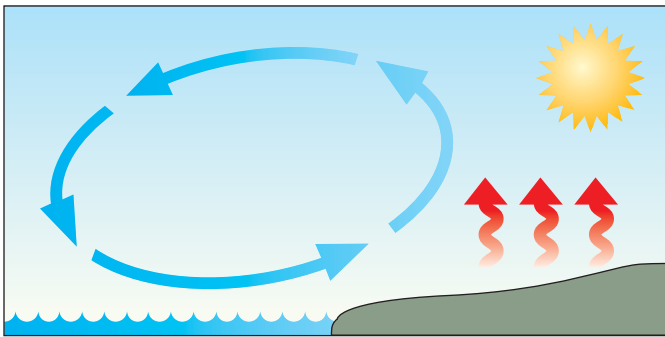


Fig. 2-14 - Brises de mer

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.

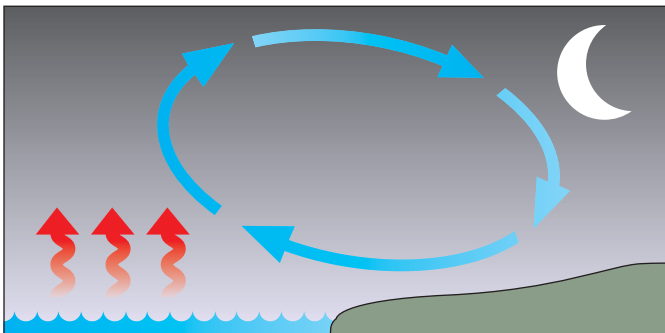


Fig. 2-15 - Brises de terre

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. Ce phénomène se produit, par exemple, près des plus grands lacs dans les Prairies et est souvent appelé « vents d'effet de lac ».

### (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.

Cet effet se produit dans la vallée de la rivière Oldman, à l'ouest de l'aéroport de Lethbridge, quand une circulation de l'ouest est amplifiée par ce réchauffement des côtés de la vallée. L'écoulement devient alors assez turbulent du côté est de la vallée, le long des flancs. Cet effet ne se produit habituellement qu'à basse altitude et est rarement perceptible à plus de 200 ou 300 pieds au-dessus des pentes.

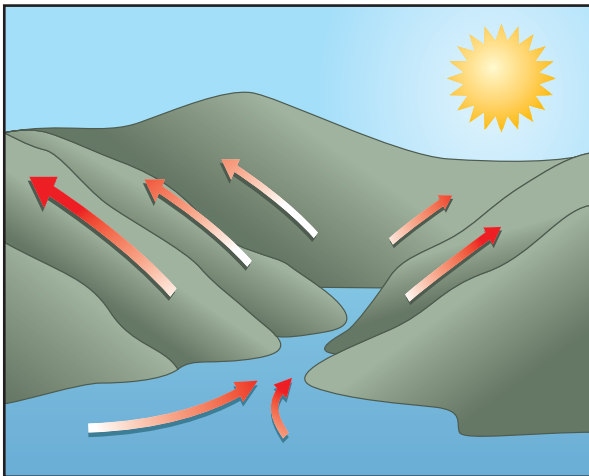


Fig. 2-16 - Vents anabatiques

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 placées à divers endroits le long de leurs pistes pour montrer les conditions changeantes causées par les vents catabatiques. On observe souvent des vents catabatiques dans des localités comme Banff ou Jasper.

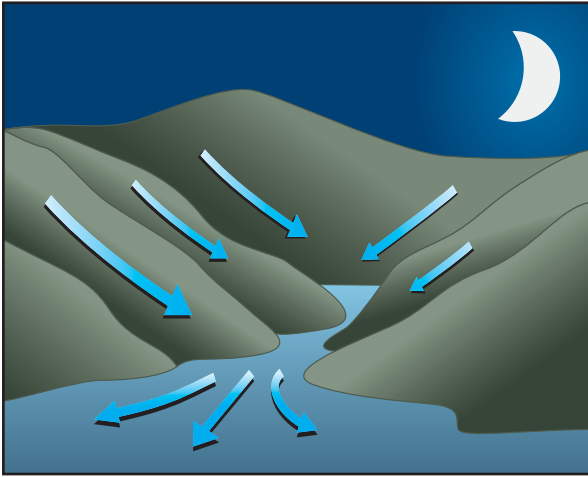


Fig. 2-17 - Vents catabatiques

#### (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. À certains endroits, les vents catabatiques soufflent par « pulsation », l'air froid s'accumulant jusqu'à un seuil critique avant de se mettre à dévaler les pentes.

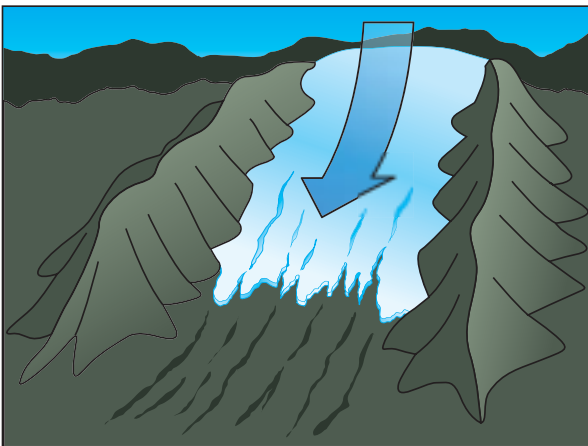


Fig. 2-18 - Vents de glaciers

Il est important de comprendre que ces effets peuvent se combiner. Les vents catabatiques subissent fréquemment des effets d'entonnoir, avec comme résultat des directions et des forces inattendues dans des cols étroits. Autour des glaciers en été, le champ de vent peut être chaotique. Les vents catabatiques en provenance du sommet des glaciers peuvent « lutter » contre la convection locale ou les vents anabatiques résultant du réchauffement des pentes rocheuses plus bas que la glace. De nombreux pilotes de plaisance préfèrent éviter les régions de glaciers durant l'après-midi.

## **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.

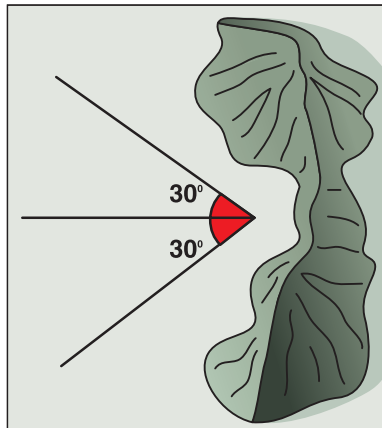


Fig. 2-19 - Angles de formation des ondes orographiques

- (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.
- (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.

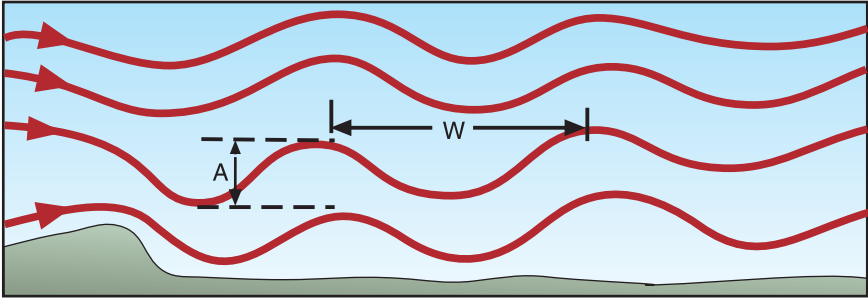


Fig. 2-20 - Amplitude (A) et longueur d'onde (W) des ondes orographiques

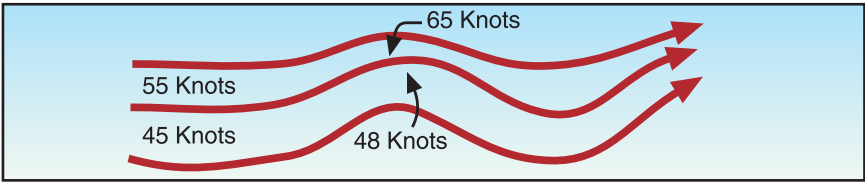


Fig. 2-21- Les vents sont plus forts sur les crêtes des ondes orographiques

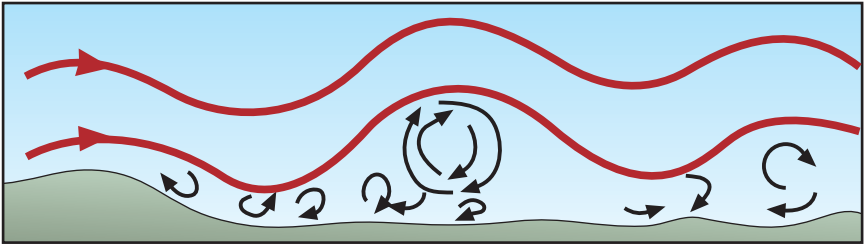


Fig. 2-22 - Un rotor peut se former sous les crêtes des ondes orographiques

## 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.

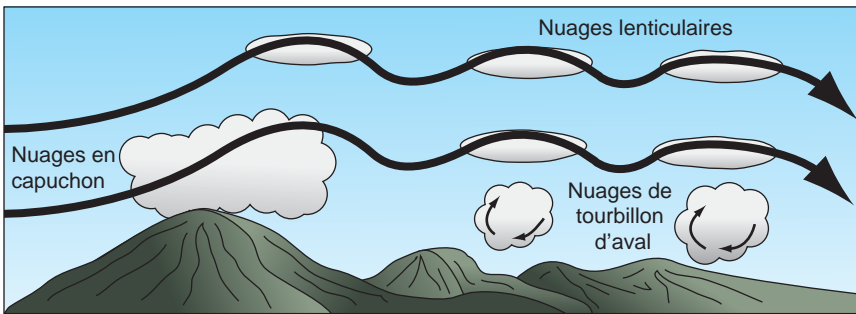


Fig. 2-23 - Nuages caractéristiques des ondes orographiques

## 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.

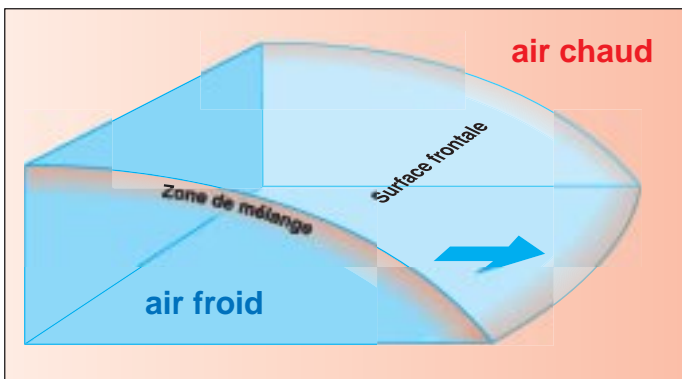


Fig. 2-24 - Coupe d'un front froid

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.

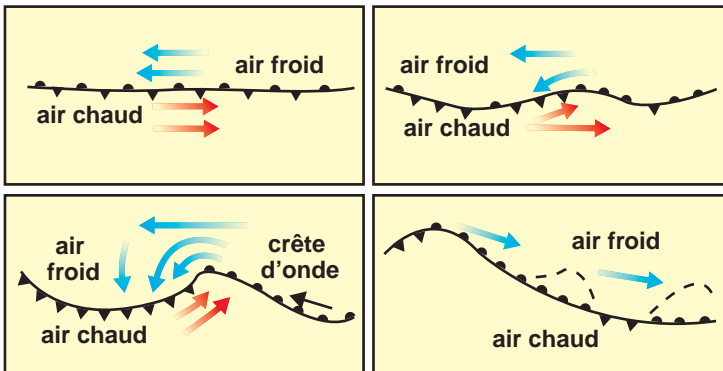


Fig. 2-25 - Onde stable

#### (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.

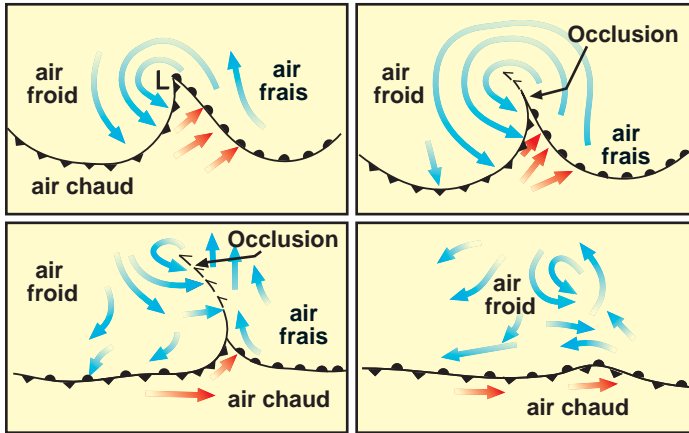


Fig. 2-26 - Formation d'une occlusion

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 précipitations 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 de s'affaiblir à mesure qu'elle s'éloigne de la dépression qui lui a donné naissance.



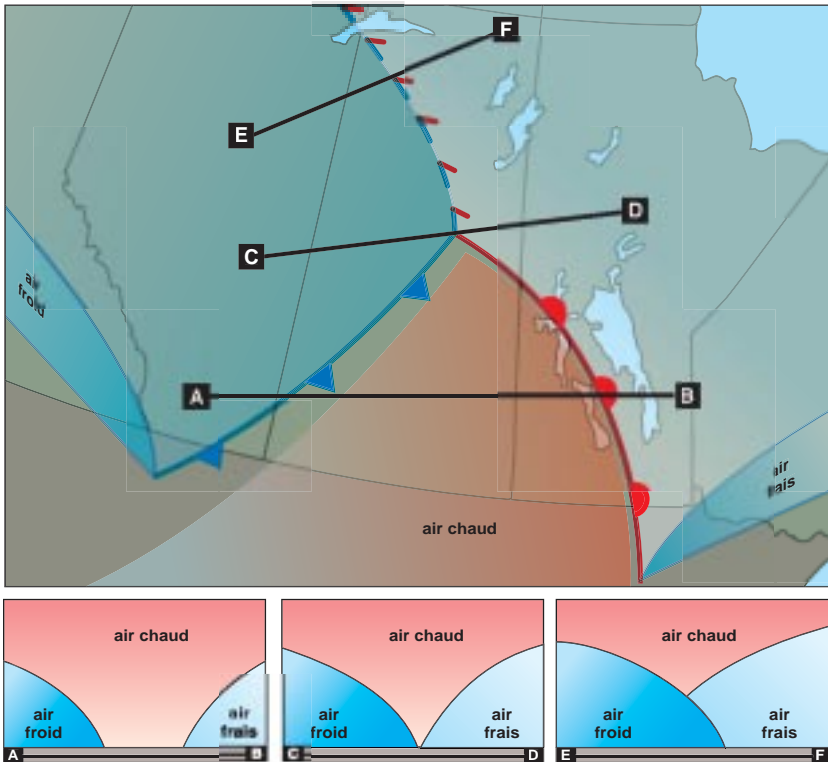


Fig. 2-27 - Coupes de fronts

## 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 :

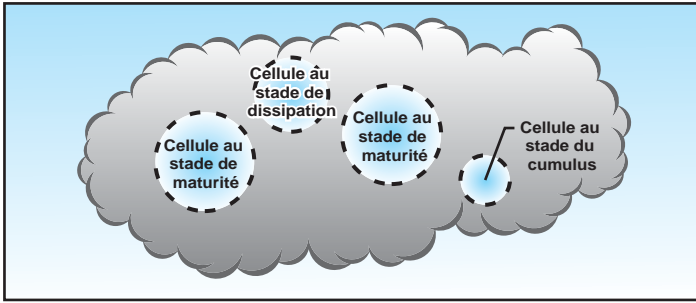


Fig. 2-28 - Vue en plan d'une famille d'orages composée de cellules à différents stades de développement

### (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.

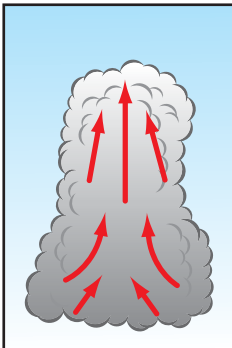


Fig. 2-29  
Stade du cumulus

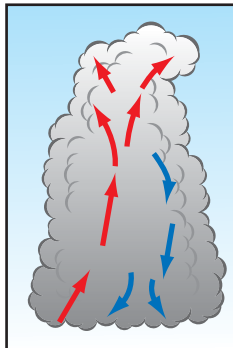


Fig. 2-30  
Stade de maturité

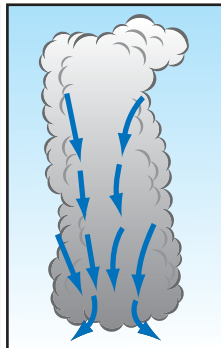


Fig. 2-31  
Stade de dissipation

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.

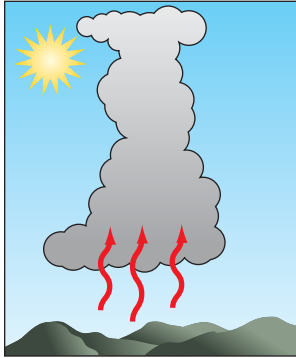


Fig. 2-32 - Air réchauffé par le sol chaud

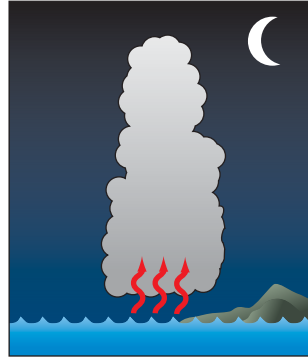


Fig. 2-33 - Air froid réchauffé par des eaux chaudes

### (b) Orages frontaux

Ces orages se forment quand une surface frontale soulève soit une masse d'air instable, soit une masse d'air 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.

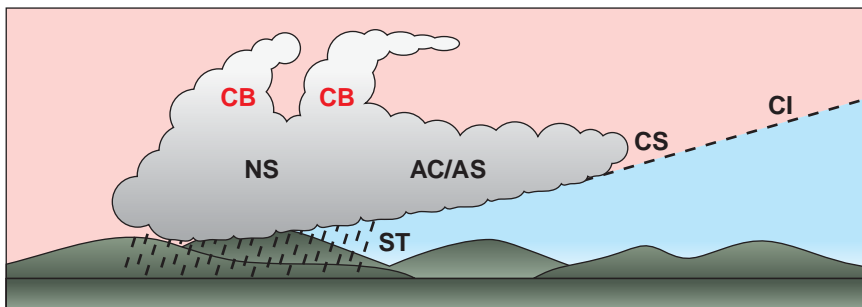


Fig. 2-34 - Orages de front chaud

### (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. Lorsqu'une telle situation survient, ces orages produisent souvent d'importantes quantités de grêle dans le centre de l'Alberta.

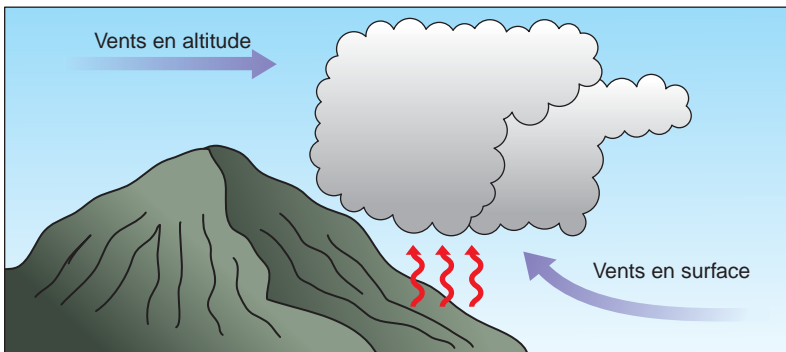


Fig. 2-35 - Des orages orographiques se forment dans les contreforts des Rocheuses

#### (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 accom-

pagne 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.

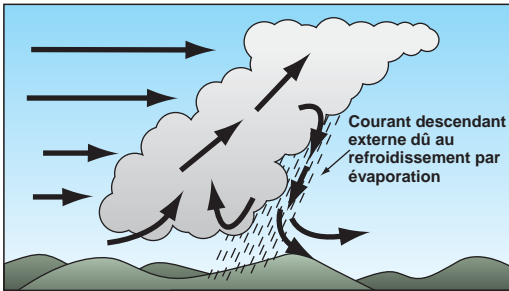


Fig. 2-36 - Orage incliné stable

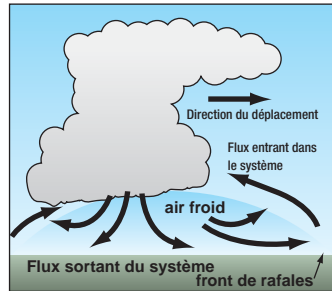


Fig. 2-37 - Front de rafales

### (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 2-3 - Orage fort

source : Alister Ling

Valeur sur l'échelle Fujita	intensité	Vitesse du vent	Type de dommages
<b>F0</b>	<b>faible</b> Tornado	35-62	Dommages à des cheminées; branches arrachées; arbres à faible structure racinaire arrachés; panneaux d'affichage endommagés
<b>F1</b>	<b>modérée</b> 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.
<b>F2</b>	<b>forte</b> Tornado	98-136	Dommages considérables. Toits de maisons arrachés; maisons mobiles détruites; wagons renversés; gros arbres endommagés ou déracinés; objets légers transformés en projectiles
<b>F3</b>	<b>violente</b> Tornado	137-179	Toits et certains murs arrachés de maisons solidement bâties; wagons de train renversés; arbres déracinés dans une forêt.
<b>F4</b>	<b>dévastatrice</b> Tornado	180-226	Maisons solidement construites rasées; structures avec faibles fondations projetées à une certaine distance; automobiles et gros objets projetés
<b>F5</b>	<b>incroyable</b> 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 à 100 pieds.



## **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 crée 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.

### **Poudrierie élevée**

De la poudrierie 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 boisées des Prairies. À mesure que le vent augmente, la poudrierie 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

Les nuages y trouvent 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.

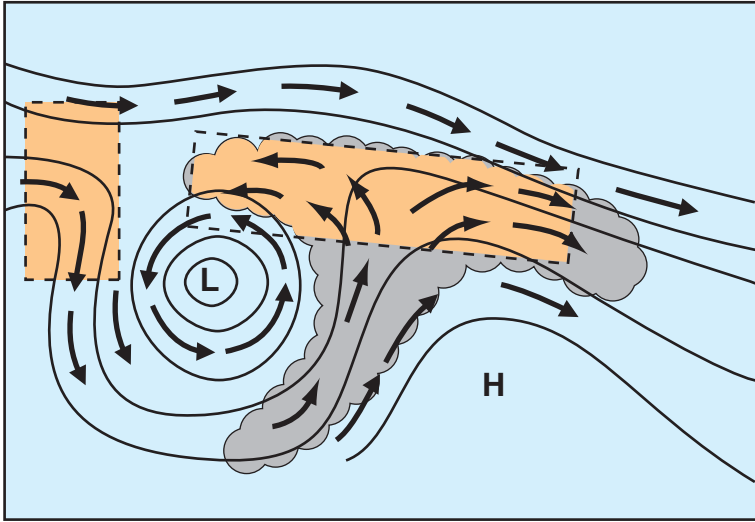


Fig. 2-38 - Zones de déformation





## Chapitre 3

### Configurations météorologiques dans les Prairies

#### Introduction

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

Les conditions du temps sont, de par leur nature, transitoires et changeantes. Le climat raconte l'histoire et les moyennes à long terme des conditions météo et peut nous apprendre beaucoup de choses sur un endroit particulier. Il dit comment, en moyenne, le temps à la fois se rapproche et diffère de ce à quoi on peut s'attendre, et ce sont là des renseignements utiles sur l'endroit. Des écarts importants par rapport à la moyenne suggèrent que des facteurs comme la topographie, la végétation ou l'utilisation du terrain exercent une influence, et il est donc primordial de comprendre ces facteurs pour prévoir le temps. Les météorologistes se basent à la fois sur les conditions du temps et sur la climatologie pour faire des prévisions; il existe un conflit permanent entre « ce qu'il serait censé faire » et « ce qu'il fait ». L'objectif du présent chapitre est d'expliquer certaines des influences à grande échelle sur le climat et les conditions du temps dans les Prairies.

#### Géographie des Prairies



Carte 3-1 - Topographie du domaine de la GFACN32

L'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba sont souvent collectivement appelées les provinces des Prairies. Elles ont une superficie totale de 196 millions d'hectares; de ce total, 20 millions d'hectares, ou 10 pour cent, sont recouverts d'eau.

Province	Surface de terre	Surface d'eau	Surface totale
Alberta	64.4	1.7	66.1
Saskatchewan	57.0	8.2	65.2
Manitoba	54.8	10.2	65.0
<b>Totale</b>	<b>176.2</b>	<b>20.1</b>	<b>196.3</b>

Table 3-1 - Superficies de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba (en millions d'hectares)

Les trois provinces sont limitées au sud par le 49<sup>e</sup> parallèle et au nord par le 60<sup>e</sup> parallèle. La frontière ouest des Prairies s'étend vers le nord le long de la ligne continentale de partage des eaux jusqu'à 53°N puis suit le méridien 120°O. Du côté est, la frontière suit le méridien 95°O jusqu'à 52°50'N puis va vers le nord-est jusqu'à la baie d'Hudson.

Le terrain atteint une élévation maximale dans le sud-ouest de l'Alberta et s'abaisse graduellement jusqu'au niveau de la mer dans le nord-est du Manitoba, le long de la côte de la baie d'Hudson. Les trois provinces comprennent des formations montagneuses qui ont une influence sur les conditions du temps. Ces formations incluent les collines du Cyprès, les collines Swan et les monts Caribou, en Alberta, les collines du Cyprès, les Pasquia et les Mostoos, en Saskatchewan, de même que les monts Duck et les monts Riding, au Manitoba.

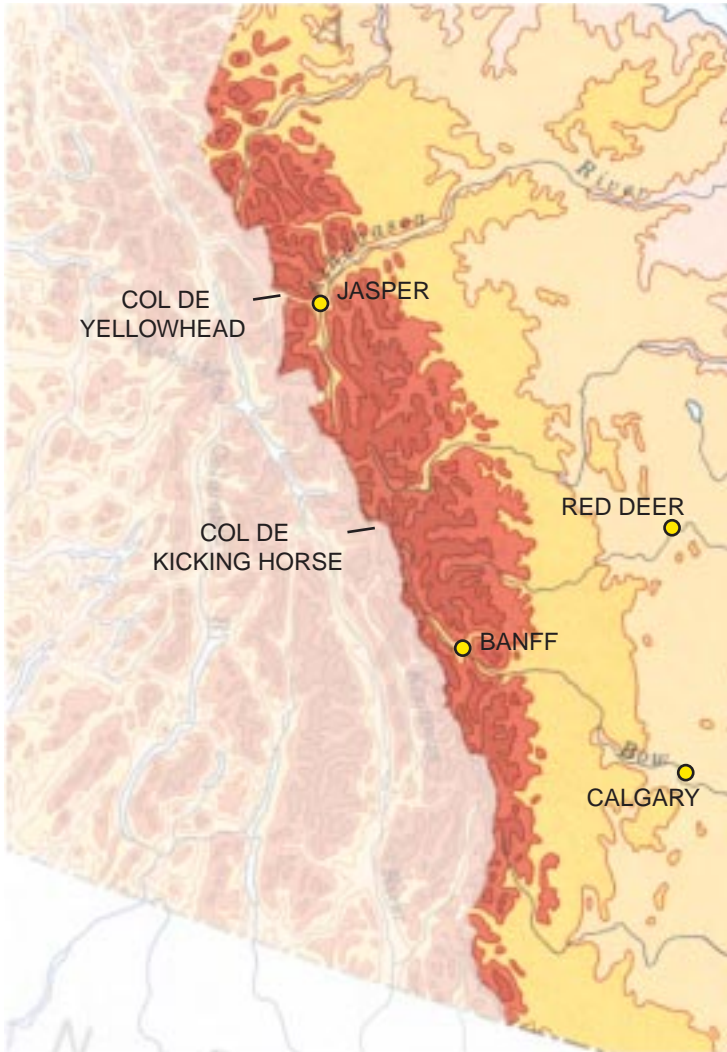
En Alberta, les réseaux hydrographiques principaux sont ceux des rivières Saskatchewan Nord et Sud et de la rivière des Esclaves. La rivière des Esclaves transporte 90 pour cent de toute l'eau qui sort de la province. Ses principaux affluents sont la rivière Athabasca et la rivière de la Paix. Dans le sud de la Saskatchewan, les deux rivières Saskatchewan fusionnent pour couler vers l'est jusqu'au lac Winnipeg. La rivière Churchill, qui possède de nombreux affluents, constitue le système de drainage principal du nord de la province de même que d'une bonne partie du nord du Manitoba avant de se jeter dans la baie d'Hudson. Les rivières Assiniboine, Rouge et Seal ainsi que le fleuve Nelson sont d'autres réseaux hydrographiques importants du Manitoba.

Le passage de glaciers, dans un lointain passé, a façonné la surface des provinces des Prairies de telle façon qu'on y retrouve aujourd'hui de très nombreux lacs, généralement peu profonds. Le phénomène est particulièrement évident dans le nord de la Saskatchewan et du Manitoba. Ces lacs peuvent avoir une influence importante sur les conditions météorologiques locales, notamment en produisant une plus grande nébulosité sous le vent des lacs, en allongeant et en rafraîchissant la saison de croissance, en favorisant la formation de bourrasques de neige en automne et en produisant un régime de vents locaux complexe.



Du point de vue topographique, il y a trois régions principales dans les Prairies : les montagnes Rocheuses et leurs contreforts à l'ouest, la région des Prairies couvrant la majeure partie du sud des provinces et le Bouclier canadien au nord-est.

### Les montagnes Rocheuses et leurs contreforts



Carte 3-2 - Les montagnes Rocheuses et leurs contreforts

La région des montagnes Rocheuses et de leurs contreforts (les Foothills) s'étend depuis la frontière séparant la Colombie-Britannique de l'Alberta entre les latitudes 49°N et 55°N. La limite est de cette région n'est pas nettement définie puisque les contreforts s'estompent graduellement dans la région des Prairies à l'est. Cependant, si l'on considère que l'isoligne de 3500 pieds marque la limite est de cette région, la

largeur de celle-ci varie de moins de 40 milles marins près du col Crowsnest à plus de 100 milles marins dans le secteur au nord de Jasper.

Dans cette région, plusieurs sommets couverts de glaciers ou de neige s'élèvent à plus de 10 000 pieds. L'eau provenant de la fonte des glaciers constitue la source de plusieurs des rivières qui s'écoulent vers l'est en arrosant les plaines. Avec le temps, plusieurs vallées étroites et profondes ont découpé les montagnes. Comme la plupart de ces vallées s'ouvrent vers l'est ou le nord-est en Alberta, elles ont tendance à canaliser et à amplifier les vents d'est qui remontent les pentes. Ce sont donc des endroits où il y a plus de nuages et de précipitations lorsque règnent de telles conditions de vent. Réciproquement, quand la circulation est de l'ouest, il y a de la subsidence et des ciels dégagés dans ces vallées. Dans un cas comme dans l'autre, les vents canalisés dans ces passages étroits sont généralement amplifiés et assez turbulents. Les vallées qui s'étendent entre les chaînes de montagnes et parallèlement à celles-ci, comme celle qui se trouve entre Jasper et Banff, sont comparativement abritées de la plupart des vents forts et chargés d'humidité.

Certains cols de montagnes, comme le col Crowsnest, revêtent une importance météorologique particulière en fournissant une ouverture à travers la barrière des montagnes Rocheuses, ouverture qui permet à l'air de passer assez facilement d'un côté à l'autre. L'air humide en provenance du Pacifique peut atteindre l'Alberta par ces cols en étant moins modifié que l'air qui a été soulevé au-dessus de la ligne de partage des eaux. Ces cols sont aussi connus comme des endroits de vents forts et de turbulence. Il est à remarquer, aussi, que la plus faible hauteur des Rocheuses au nord de Jasper permet aux masses d'air humide du Pacifique d'atteindre plus facilement l'Alberta. Par conséquent, quand la circulation est de l'ouest, la région qui entoure la rivière de la Paix et Grande Prairie reçoit davantage de précipitations que si la barrière était plus haute.

## La région des Prairies



Carte 3-3 - La région des Prairies

La région des Prairies est la plus grande région topographique des provinces des Prairies et s'étend entre les Rocheuses à l'ouest et le Bouclier canadien au nord-est. La frontière est va du coin sud-est du Manitoba jusqu'au lac Winnipeg, puis vers le nord-ouest jusqu'à la frontière Alberta-Saskatchewan à 57°N. De là, la frontière passe par l'extrémité ouest du lac Athabasca, puis vers le nord jusqu'au 60e parallèle.

La majorité de la population et presque toute l'agriculture des provinces des Prairies se trouvent dans cette région. Le plus gros de l'agriculture se fait au sud d'une ligne allant de l'extrémité sud du lac Winnipeg en direction du nord-ouest vers la région entre les rivières au Foin et de la Paix près de la frontière Colombie-Britannique-Alberta. Au nord de cette ligne, la couverture terrestre passe de plaines rases à forêts boréales mixtes, et les activités agricoles diminuent rapidement.

Bien que les Prairies soient connues pour être plates, le terrain est loin d'être uniforme et ceci a un effet important sur les conditions du temps. De façon générale, la

région a la forme d'un coin, le côté le plus mince étant dans l'est du Manitoba, et le terrain s'élève graduellement en direction des contreforts des Rocheuses. Les glaciers ont formé la plupart des formes de relief, notamment les nombreux lacs peu profonds et quelques chaînes de collines. Les vallées fluviales changent de nature de province en province. En Alberta, elles sont très profondes et escarpées, façonnées par des courants rapides et tumultueux en provenance des Rocheuses. En Saskatchewan, elles ont tendance à devenir plus larges et moins profondes et cette tendance s'accroît au Manitoba. Là, les rivières coulent dans des vallées faiblement inclinées, tout juste au-dessous du niveau du terrain environnant.

### Le Bouclier canadien



Carte 3-4 - Le Bouclier canadien

Au nord-est de la région des Prairies se trouve une étendue rocheuse fortement érodée par les glaciers connue sous le nom de Bouclier canadien. Son élévation passe graduellement de près de 2000 pieds dans le centre nord de la Saskatchewan à 700 pieds au nord du lac Athabasca, puis au niveau de la mer le long de la côte de la baie

d'Hudson. Cette région est couverte à plus de cinquante pour cent par des lacs, dont les lacs Athabasca et Winnipeg sont les plus grands.

La région du Bouclier canadien comprend l'extrême nord-est du Manitoba, qui est fortement influencée par la baie d'Hudson. Durant les mois d'été, Churchill et d'autres communautés côtières sont souvent aux prises avec des brises de mer en provenance de la baie froide et parfois couverte de glaces, ce qui occasionne des températures plus froides et une plus forte nébulosité qu'aux stations situées plus loin dans les terres. En hiver, l'influence de la baie diminue à mesure qu'elle se couvre de glace, mais des coulées d'air arctique balaient souvent cette région au couvert végétal très épars. Les forts vents du nord-ouest que produisent typiquement ces coulées donnent des indices de refroidissement éolien dangereux et des visibilités réduites dans la poudrerie.

### Circulation moyenne en altitude

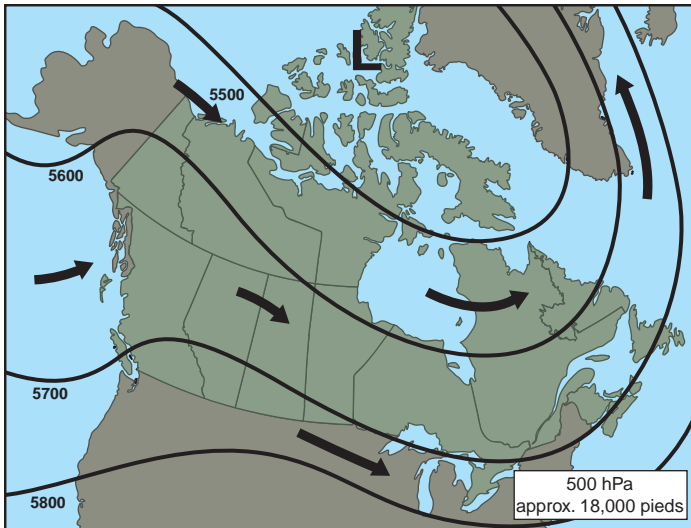


Fig. 3-1 - Configuration des vents moyens en altitude en été

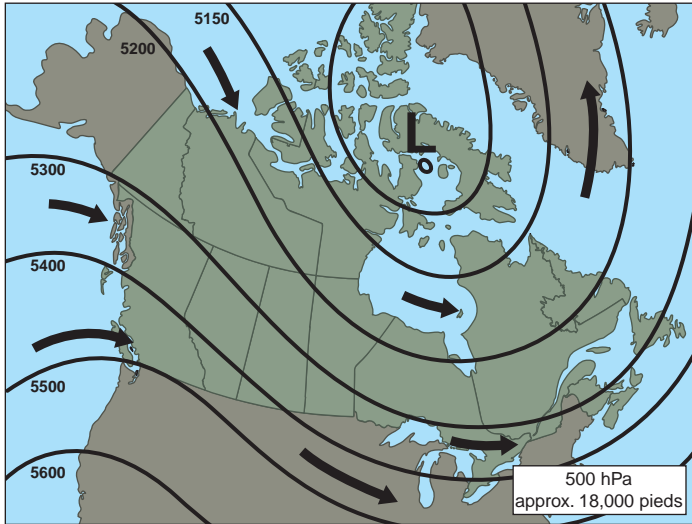


Fig. 3-2 - Configuration des vents moyens en altitude en hiver

Les Prairies sont balayées par une large bande de vents d'ouest circumpolaires. Cela signifie que les vents d'ouest sont beaucoup plus forts en hiver qu'en été. En général, il y a une dépression au-dessus des îles de l'Arctique avec une crête s'étendant vers le sud à travers la partie est de la baie d'Hudson et le nord du Québec. En hiver, la circulation moyenne en altitude dans la plus grande partie des Prairies est forte et du nord-ouest. Le courant-jet polaire s'étend vers le sud-est depuis la vallée du Mackenzie jusque dans le nord des Prairies. Cela signifie que plusieurs des caractéristiques météorologiques qui touchent les Prairies durant l'hiver proviennent de l'Arctique. Durant l'hiver, des masses d'air très froid, ayant l'Arctique comme région source, circulent vers le sud à travers les Prairies. Ce type d'invasion se produit dans le sillage des perturbations migratrices et cause souvent de la poudrerie.

À mesure que l'année progresse, la circulation en altitude devient plus faible; le tourbillon polaire se déplace plus près du pôle et les vents sont davantage de l'ouest. En été, la circulation moyenne à travers les Prairies est de l'ouest ou du sud-ouest, ce qui indique que plusieurs des caractéristiques météorologiques qui touchent les Prairies proviennent du Pacifique et sont habituellement douces et humides. Le courant-jet traverse alors le nord des États-Unis, juste au sud de la frontière canadienne.

S'il n'y avait pas les Rocheuses dans la partie ouest du continent, ces vents doux et humides traverseraient l'Amérique du Nord vers l'est, comme ils le font en Europe. Cependant, les Rocheuses ont un effet marqué sur le climat des Prairies. Ces chaînes de montagnes font dévier, bloquent et modifient grandement les masses d'air qui arrivent du Pacifique. Les masses d'air qui arrivent à franchir les Rocheuses perdent beaucoup de leur humidité et subissent un réchauffement adiabatique avant d'arriver

sur les plaines. Durant toute l'année, de l'air chaud et humide du Midwest américain peut toucher le sud des Prairies et parfois produire de grandes quantités de précipitations.

### Creux en altitude et crêtes en altitude

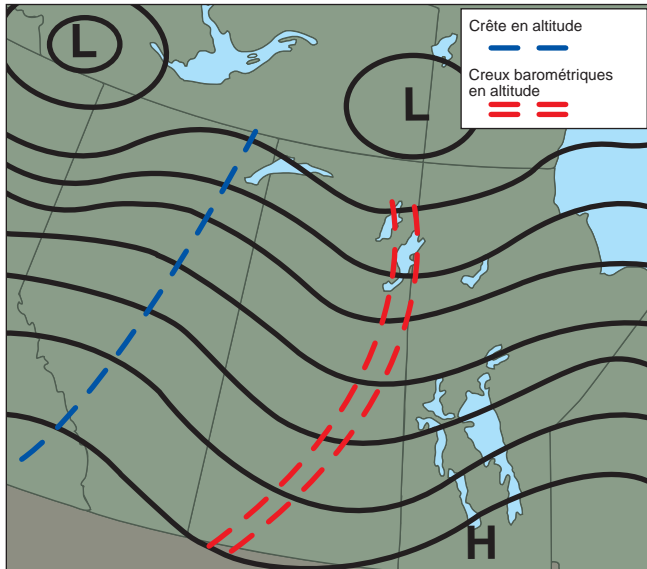


Fig. 3-3 - Configuration typique en hiver montrant une crête et des creux barométriques en altitude

Alors que la circulation moyenne en altitude est du nord-ouest, il y a fréquemment des creux et des crêtes en altitude qui marquent cette circulation. Les creux en altitude, qui sont souvent froids, donnent naissance à des zones de nuages et de précipitations à cause du soulèvement vertical qu'ils produisent. Ils ont aussi tendance à être plus forts en hiver et sont souvent accompagnés d'importantes masses nuageuses et de précipitations étendues, en particulier dans les régions ascendantes le long des versants au vent des chaînes montagneuses. Durant les mois d'été, les masses nuageuses associées aux creux en altitude sont plus petites, habituellement plutôt convectives et produisent principalement des averses et des orages. Les creux en altitude peuvent être associés à une dépression en surface ou à un système frontal, ce qui favorise davantage les nuages et les précipitations. Le dégagement derrière un creux en altitude peut être assez graduel en hiver mais a plutôt tendance à être rapide en été.

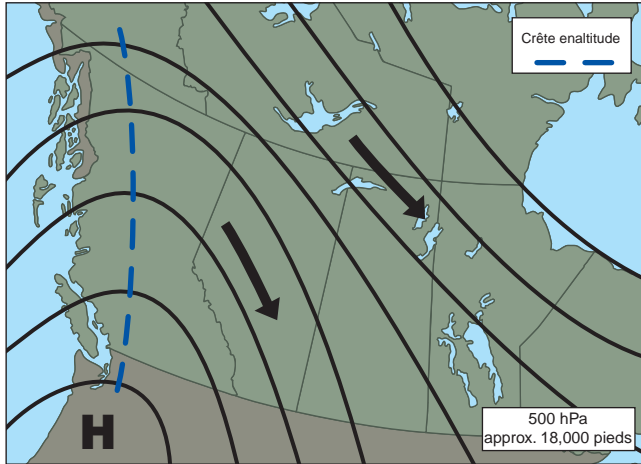


Fig. 3-4 - Crête en altitude au-dessus de la C.-B. amenant une circulation du nord-ouest sur les Prairies

Il y a souvent une crête en altitude en sens nord-sud au-dessus de la C.-B. qui peut demeurer stationnaire plusieurs jours. La circulation à l'ouest de cette crête est de l'ouest ou du sud-ouest. La circulation à l'est est du nord-ouest. Ceci se produit très fréquemment en été et en hiver et implique habituellement du beau temps pour les Prairies. Naturellement, en hiver, le ciel sera clair mais les températures très froides. Une exception notable à cette règle générale est la présence d'un front arctique le long des contreforts. En pareil cas, les ondes qui se déplacent le long du front produiront une nébulosité importante et des périodes de neige.



## Caractéristiques de surface semi-permanentes

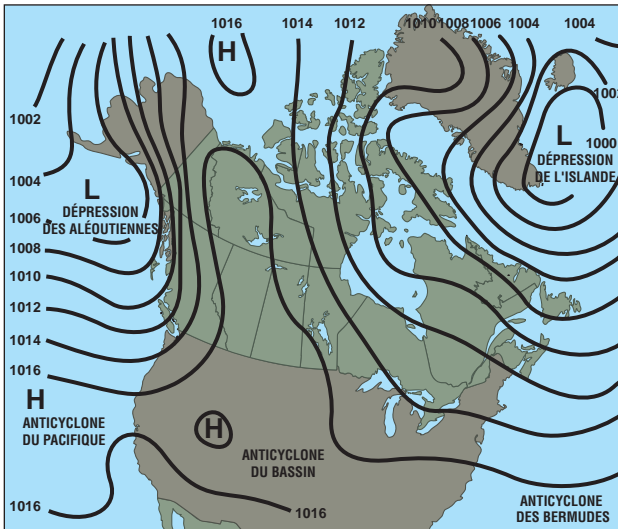


Fig. 3-5 - Configuration de la pression moyenne au niveau moyen de la mer en janvier

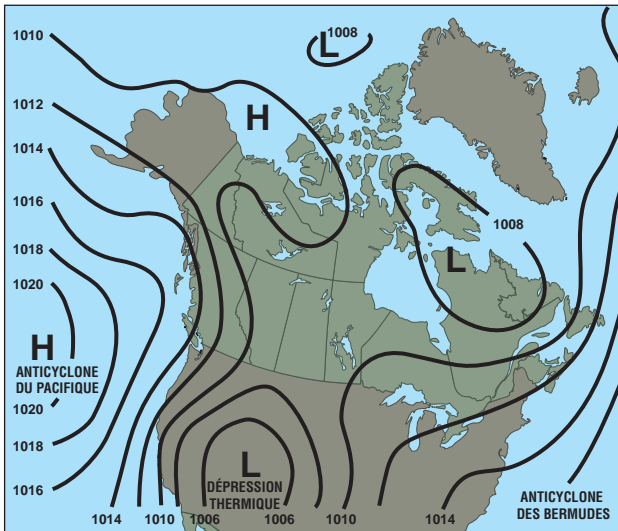


Fig. 3-6 - Configuration de la pression moyenne au niveau moyen de la mer en juillet

La carte des pressions moyennes de janvier montre la dépression des Aléoutiennes assez loin dans le Pacifique et la dépression d'Islande au sud-est du Groenland. Une crête de haute pression s'étend vers le sud-est depuis la mer de Beaufort, en passant par la vallée du Mackenzie, le nord de l'Alberta et le sud de la Saskatchewan. Cela signifie qu'il y a une circulation du nord à travers les Prairies durant l'hiver, ce qui permet de fréquentes intrusions d'air arctique dans les Prairies.

À mesure que l'année progresse, la dépression des Aléoutiennes s'affaiblit quelque peu et dérive vers le sud pendant que la dépression d'Islande se dissipe. Un creux thermique se forme dans le sud-ouest des États-Unis sous l'effet de la chaleur extrême dans cette région. Un faible creux se forme dans le nord du Québec et sur l'île de Baffin, laissant les Prairies dans une circulation climatologiquement faible durant l'été. Tout ceci fait que les dépressions du Pacifique, de l'Arctique et du sud-ouest des États-Unis ont une probabilité à peu près équivalente de toucher les Prairies.

### Systèmes météorologiques de surface migrateurs



Fig. 3-7 - Trajectoires principales des tempêtes dans les Prairies

Les provinces des Prairies sont traversées par des systèmes météorologiques migrateurs que l'on peut grossièrement catégoriser selon la région et les circonstances de leur formation. Toutes ces dépressions peuvent se produire à tout moment de l'année, mais c'est en hiver qu'elles ont tendance à être les plus intenses à cause de la plus grande différence de température entre les latitudes nord et sud.

## Dépressions du golfe d'Alaska

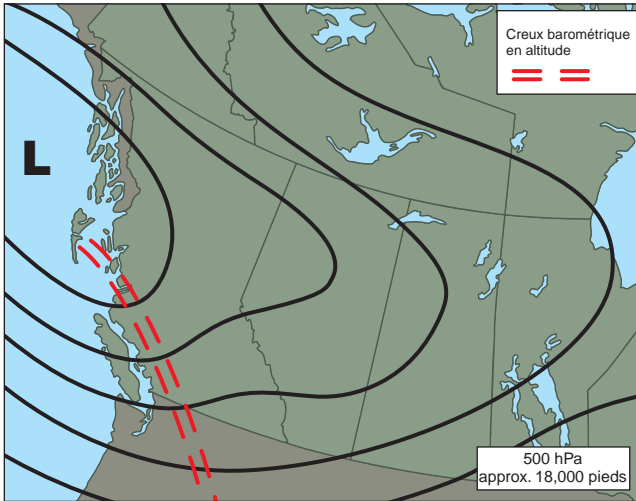


Fig. 3-8 - Un creux barométrique en altitude se déplaçant à travers la C.-B.

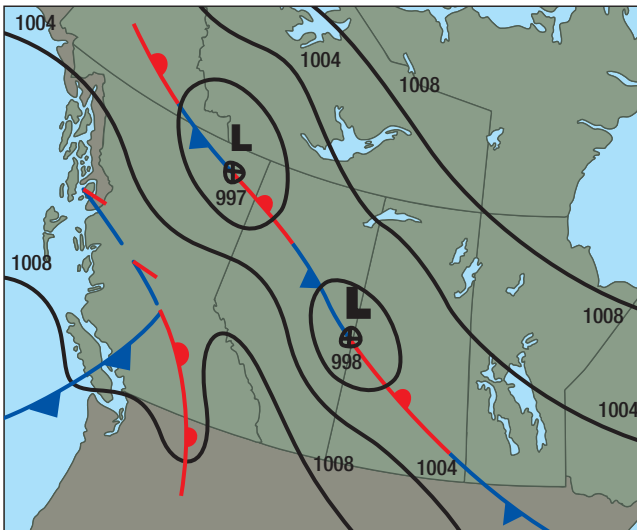


Fig. 3-9 - Analyse en surface

Il arrive que des systèmes de basse pression traversent la C.-B. pour atteindre l'Alberta, en produisant beaucoup de précipitations en chemin. Le scénario typique est celui d'une dépression en altitude ancrée dans le golfe d'Alaska. Une série de creux en altitude tournent autour de la partie sud de ce centre en altitude puis se déplacent vers l'est à travers la C.-B. À la surface, une dépression et une onde frontale franchissent la C.-B. et arrivent en Alberta juste en avant du creux en altitude. Au moment où la dépression et l'onde traversent la C.-B., le système s'affaiblit en raison

de l'effet des montagnes dans les bas niveaux. À ce point, il n'y a que des nuages et peut-être une petite quantité de précipitations en Alberta. À mesure que la dépression et l'onde frontale s'éloignent des montagnes et progressent vers l'est dans les plaines, le système se régénère et devient une « dépression de l'Alberta » ou « dépression sous le vent ». Ce faisant, les précipitations s'intensifient dans son entourage. Au nord de la dépression en surface, la circulation est de l'est et donc remonte la pente des contreforts et des montagnes de l'Alberta. Ce sont ces régions que ce genre de phénomène touche avec le plus de force. Dans ces circonstances, il n'est pas rare d'observer plus de 50 mm de précipitations en une journée. Cette configuration peut se produire n'importe quand dans l'année mais plus couramment en hiver, quand les gradients de température impliqués sont plus forts.

### **Dépressions du Colorado**

Les dépressions du Colorado se forment à peu près de la même façon que les dépressions de l'Alberta mais plus loin au sud, généralement aux environs du Colorado, comme leur nom l'indique. Souvent, l'écoulement en altitude entraîne ces dépressions sur une trajectoire qui les mènent vers la frontière canadienne. L'extrême sud du Manitoba reçoit un surplus annuel de précipitations sous l'effet de ces systèmes qui se dirigent vers l'Ontario.

### **Dépressions du Mackenzie**

Les dépressions du Mackenzie se forment généralement dans la vallée du fleuve Mackenzie, dans les Territoires du Nord-ouest. Après s'être formées, elles suivent une trajectoire sud-est mais demeurent généralement dans le nord des provinces des Prairies. À l'occasion, elles peuvent affecter les parties les plus au nord des provinces de la Saskatchewan et du Manitoba durant l'hiver.

## **Conditions hivernales**

### **Blizzards**

Les blizzards sont les tempêtes les plus destructives à se produire dans les Prairies en hiver. La fréquence des blizzards varie beaucoup à travers les Prairies. Ils sont rares dans les régions boisées du nord de la Saskatchewan, du Manitoba ou de l'Alberta. En revanche, ils se produisent plus souvent sur les terres désolées du sud-ouest de la Saskatchewan, leur fréquence annuelle atteignant 1,6 à Swift Current. L'évolution des tempêtes qui produiront un blizzard est très semblable à la description faite pour les systèmes migrants. La différence avec les systèmes migrants qui produisent des blizzards tient davantage à l'origine de ces dépressions qu'à leur formation ou leur mouvement. Les trois sources principales de ces blizzards sont les dépressions du Colorado, les dépressions du golfe d'Alaska et les dépressions de la vallée du Mackenzie.

Les dépressions de la vallée du Mackenzie ont tendance à s'accompagner de vents plus forts et de températures plus froides alors que les dépressions du Colorado, à cause des températures plus douces, vont plus souvent produire de fortes chutes de neige. Tous ces systèmes produiront de mauvaises conditions de vol dans de vastes régions, qui persisteront pendant plusieurs heures ou même pendant des jours. Les plafonds bas, les mauvaises visibilités et la turbulence forte associée aux vents forts sont communs dans tous les cas de blizzards. Avec les blizzards dont la région source est le Colorado, la température est souvent un peu plus douce et le danger de givrage fort est plus préoccupant.

### Invasions d'air arctique

En hiver, une forte zone de haute pression peut se former dans l'air froid au-dessus de l'Alaska, du Yukon et de la vallée du Mackenzie. Dans la zone de fort gradient de pression à l'est de cet anticyclone, l'air arctique froid est entraîné vers le sud-est au-dessus des Prairies. Généralement, le long du bord d'attaque de cet air froid, il se forme des averses et les conditions de vol seront marginales pendant une courte période. Plus important encore du point de vue de l'aviation sont les vents du nord-ouest en rafales qui produiront souvent beaucoup de turbulence mécanique dans les bas niveaux. L'une des façons pour Mère nature de mettre fin à ces invasions d'air froid est décrite ci-dessous.

### Barrages d'air froid

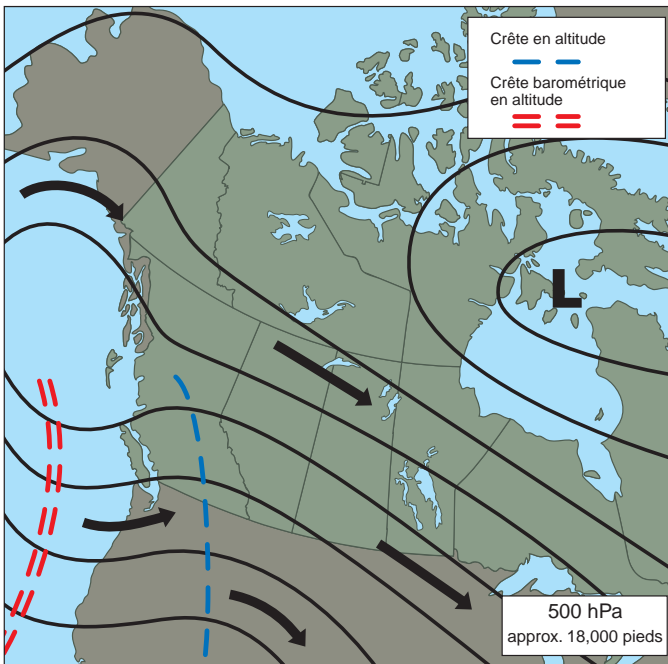


Fig. 3-10 - Configuration en altitude typique d'un barrage d'air froid

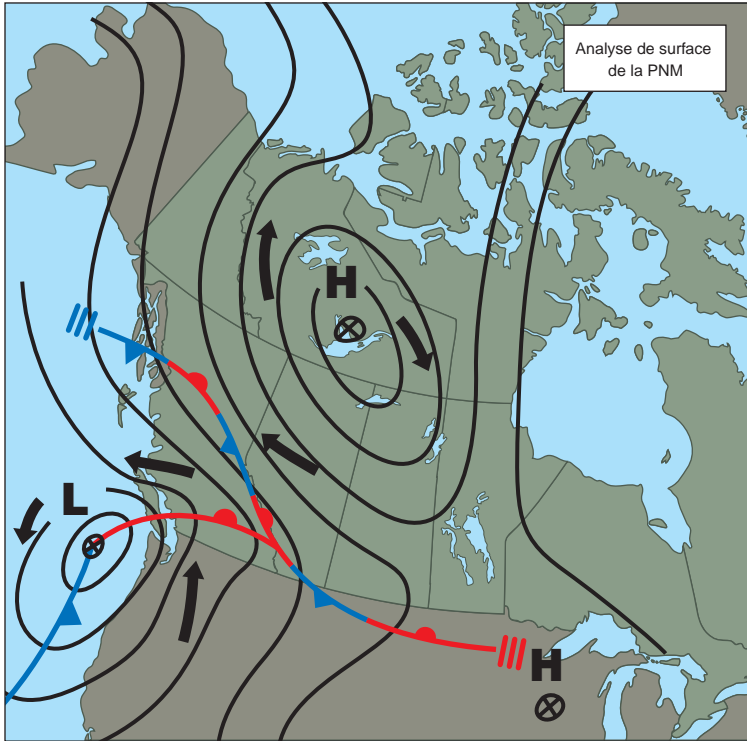


Fig. 3-11 - Carte de surface typique d'un barrage d'air froid

Il existe un type de perturbation qui peut produire beaucoup de précipitations sur l'Alberta. Il consiste en une région de haute pression en surface au-dessus du Yukon ou du sud de la vallée du Mackenzie avec une crête jusqu'en Saskatchewan. De l'air très froid couvre les Prairies et un fort gradient du sud-est à l'ouest de la crête au-dessus de l'Alberta pousse cet air froid contre les montagnes. Ce processus s'appelle « barrage d'air froid ». Cet air froid agit comme un barrage pour l'air plus doux d'une région source différente. Dans ce cas, une profonde dépression au-dessus de la côte ouest de la Colombie-Britannique entraîne une poussée d'air maritime beaucoup plus doux et humide qui se déplace vers l'est et est forcée de s'élever au-dessus du barrage d'air froid en Alberta.

### Chinooks

Chinook est un mot amérindien qui signifie littéralement « mangeur de neige », une allusion à sa capacité de faire fondre rapidement des accumulations de neige durant l'hiver. Le chinook est un foehn, terme générique pour tous les vents qui ont été réchauffés et asséchés en descendant une pente. Les chinooks se produisent sur les chaînons frontaux des Rocheuses et l'ouest des plaines d'Amérique du Nord. Ils soufflent habituellement du sud-ouest ou de l'ouest et sont assez forts, souvent de 25 à 40

noeuds avec des rafales jusqu'à 80 noeuds. Leurs effets se font surtout sentir dans le sud-ouest de l'Alberta, où ils sont canalisés dans le col Crowsnest (pas du Nid-de-Corbeau) avant de se répandre dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan. Ils sont fréquents tout le long des contreforts, de Beaverlodge (à l'ouest de Grande Prairie) à Rocky Mountain House. En moyenne, il y a 30 jours de chinook chaque hiver dans le col Crowsnest, 25 à Calgary, 20 à Medicine Hat et seulement 10 à Swift Current.

Pour comprendre le phénomène du föehn, considérons une particule d'air noyée dans un courant d'air forcé de s'élever au-dessus d'une barrière orographique. En remontant la barrière, la vapeur d'eau dans la particule se condense et tombe sous forme de pluie ou de neige après avoir relâché de la chaleur latente dans l'atmosphère. Ce relâchement de chaleur latente limite le taux de refroidissement à  $1^{\circ}\text{C}$  pour chaque 650 pieds d'élévation. Une fois au-dessus de la barrière, la particule en subsidence se réchauffe et s'assèche par compression, mais à un taux deux fois plus élevé que le taux de refroidissement du côté au vent (ascendance) des montagnes. Dans le cas du chinook, l'air humide du Pacifique, entraîné par-dessus les chaînes de montagnes du côté ouest de l'Amérique du Nord, peut s'être réchauffé de  $8$  à  $10^{\circ}\text{C}$  et s'être beaucoup asséché avant d'atteindre les contreforts en Alberta

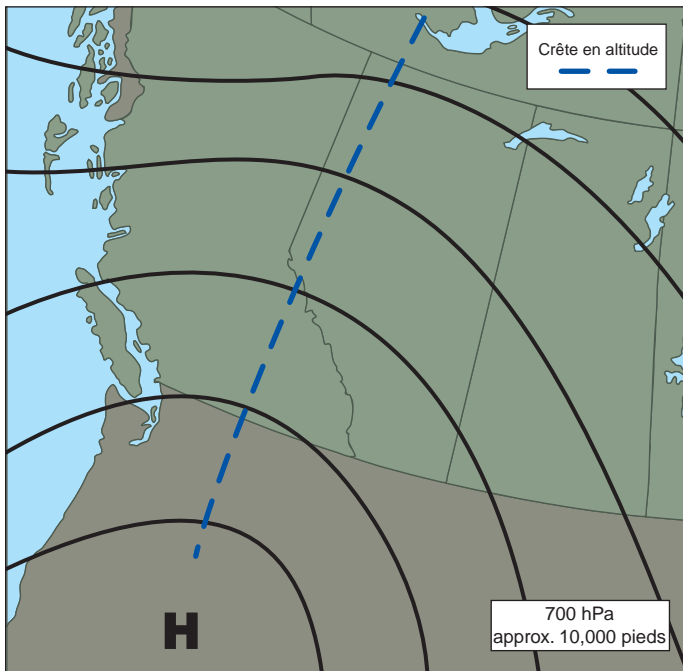


Fig. 3-12 - Circulation en altitude pour un chinook

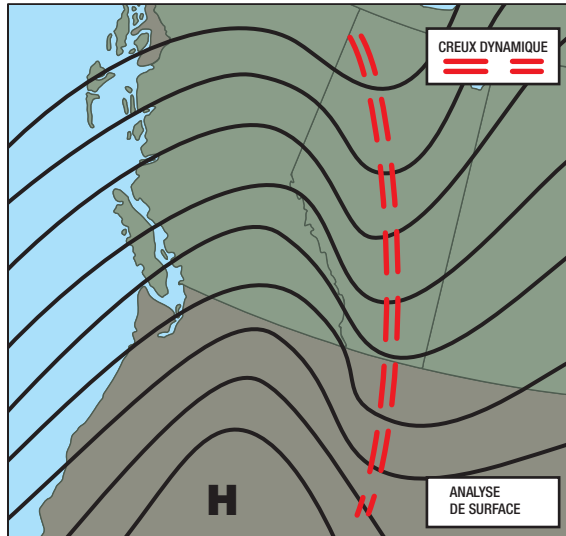


Fig. 3-13 - Circulation de chinook en surface produite par un anticyclone du Grand Bassin

La figure montre une configuration en altitude typique, avec un « anticyclone du Grand Bassin » au-dessus du nord-ouest des États-Unis et une circulation de l'ouest à travers le centre de la Colombie-Britannique. On voit aussi la configuration de surface correspondante, avec un anticyclone au-dessus du nord-ouest des États-Unis. La forte circulation du nord-ouest entre ces deux caractéristiques produit des conditions de chinook puisque le vent souffle dans le creux dynamique qui s'étend à l'est des montagnes et parallèlement à celles-ci. Le creux dynamique constitue une frontière entre l'air en subsidence à l'ouest et l'air ascendant à l'est. Les nuages à haut niveau, souvent présents dans ces situations, se dissipent du côté où il y a de la subsidence, ce qui forme une zone claire parallèle à la barrière. Le bord des nuages, habituellement bien défini, prend la forme d'une arche pour un observateur au sol. Ce phénomène est connu sous le nom de « arche de chinook ».

Durant les événements de chinook, une faible circulation d'air frais du sud-est à l'est du creux dynamique peut engendrer des conditions de vol généralement mauvaises. Le plus souvent, les conditions sont de loin meilleures à l'ouest de l'arche mais la turbulence peut poser un problème dans les vents forts.





Photo 3-1 - Arche de chinook

source: Patrick Spencer

## Conditions estivales

En été, la fréquence et l'intensité des tempêtes sont réduites. Les dépressions froides, dont on parle ci-dessous, sont la principale cause de mauvais temps. Outre les dépressions froides, c'est la convection qui peut causer le plus de problèmes.

La saison du temps convectif coïncide avec la saison d'été, qui va de mai jusqu'au début de septembre. Durant cette période, le principal secteur d'activité est centré le long d'un axe qui s'étend de la région de Peace River jusqu'à Rocky Mountain House, juste au nord-ouest de Calgary. Le graphique qui suit est basé sur les données du réseau canadien de détection de la foudre. Le mois de juillet est le plus actif du point de vue de la convection. Viennent ensuite, à peu près sur un pied d'égalité, juin et août. C'est vers 17h00, heure locale, que l'activité est maximale. Une journée de temps convectif en Alberta commence normalement par un ciel clair le matin et une bande d'humidité à bas niveau au-dessus des contreforts. Avec le réchauffement diurne, des cumulus et des cumulus bourgeonnants se forment au cours de la matinée et on peut facilement les voir sur les images satellites et les écrans des radars météorologiques de la région. À mesure que la matinée avance, la convection se poursuit et forme des orages qui s'éloignent vers le nord-est sous l'effet de la circulation en altitude du sud-ouest dont nous avons parlé auparavant. À moins qu'il y ait des facteurs dynamiques qui les supportent à haute altitude, les orages se dissipent avant d'aller bien loin vers le nord-est.

Dans le Midwest américain, à ce moment de l'année, il y a fréquemment une circulation du sud à bas niveaux qui apporte de l'air très humide vers le nord à travers les États-Unis et dans le sud des Prairies. Cette bande d'humidité s'étend souvent depuis le sud-est de la Saskatchewan vers le nord-ouest à travers le sud de la Saskatchewan et jusqu'à Edmonton. Quand cet air très chaud et humide dans les bas niveaux se combine avec une circulation moyenne de l'ouest en altitude dans l'ouest du Canada, la masse d'air devient passablement instable. C'est ainsi que se produisent les maximums d'instabilité dans le sud de la Saskatchewan et jusqu'en Alberta.

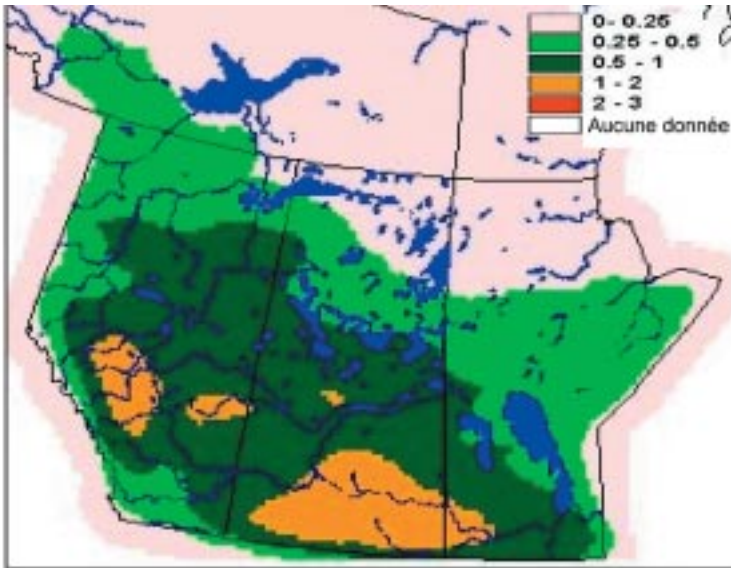


Fig. 3-14 - Données sur la foudre pour 1998-2000 (nombre d'éclairs par km carré)

### Dépansions froides

Une dépression froide est une grande région quasi circulaire de l'atmosphère dans laquelle les températures s'abaissent en allant vers le centre, tant à la surface qu'en altitude. Bien qu'un centre de basse pression à la surface soit habituellement présent sous la dépression froide, c'est sur les cartes en altitude que son vrai caractère est le plus facile à voir. L'importance des dépressions froides vient de ce qu'elles produisent de vastes régions de nuages et de précipitations, sans compter qu'elles ont tendance à demeurer au même endroit durant de longues périodes et sont difficiles à prévoir. Typiquement, des dépressions froides au déplacement lent, de pair avec leurs contreparties à la surface, se déplacent depuis le Pacifique à travers la C.-B. et dans les Prairies. La pluie s'observe principalement dans le quadrant nord-est de la dépression froide à 500 hPa. L'intensité de la pluie est moindre dans les quadrants nord-ouest et sud-ouest de la dépression. Ces systèmes peuvent produire des jours de très mauvaises conditions sur de grandes étendues dans les Prairies. Quand la dépression est proche des montagnes, elle donne lieu à des effets de pente ascendante au nord de la dépression. C'est là où l'on retrouve les précipitations les plus intenses et les plus mauvaises conditions de vol. Quand la dépression s'éloigne des montagnes, les vents au nord de la dépression redeviennent de l'ouest, ce qui implique qu'ils descendent les pentes et que l'air se trouve en subsidence. Par conséquent, les précipitations s'arrêtent et les conditions s'améliorent rapidement.

Les dépressions froides peuvent se produire en tout temps de l'année mais la « saison des dépressions froides » va de la fin de mai à la mi-juillet. À ce moment, des lacs d'air froid se détachent de la dépression des Aléoutiennes et progressent vers l'est à travers la Colombie-Britannique ou l'État de Washington.

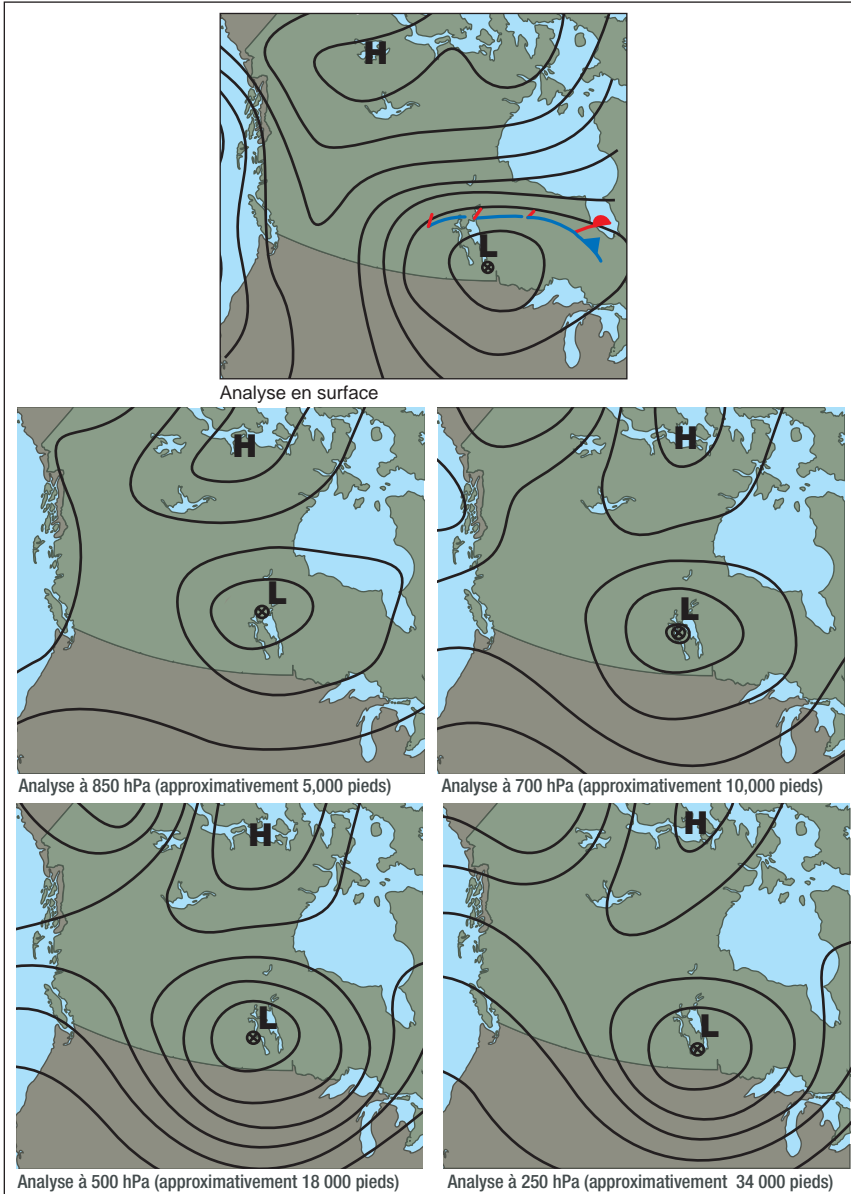


Fig. 3-15 - Configurations typiques à la surface et en altitude lors d'un événement de dépression froide — analyse à 850 hPa (environ 5 000 pieds)

L'effet d'ensemble est de produire une vaste région d'air frais et instable dans laquelle se forment des bandes de nuages, des averses et des orages. Le long de la zone de déformation au nord-est de la dépression froide, le soulèvement vertical accentué donne lieu à un épaississement de la couverture nuageuse et à des précipitations con-

tinues généralisées. Dans bien des cas, la zone de déformation se trouve là où se produit une activité orageuse étendue et prolongée. Il se forme souvent, dans ces situations, des nuages en entonnoir et même des tornades.

Une trajectoire préférée des dépressions froides les fait se déplacer vers le nord-est depuis le sud-ouest de la Colombie-Britannique jusqu'à Fort St. John, où elles ne se déplacent plus que très lentement. En traversant l'Alberta, elles peuvent donner de la pluie généralisée et des orages pendant une période de 24 à 48 heures.

Series of horizontal lines for writing.

**Table 3: Symboles utilisés dans ce livre**

	<p><b>Symbole brouillard (3 lignes horizontales)</b> Ce symbole standard pour le brouillard indique des zones où on observe fréquemment du brouillard.</p>
	<p><b>Zones de nuages et bords des nuages</b> 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><b>Symbole givrage (2 lignes verticales passant à travers d'un demi-cercle)</b> Ce symbole standard pour le givrage indique des zones où du givrage significatif est souvent observé.</p>
	<p><b>Symbole eaux agitées (symbole avec deux points en forme de vague)</b> 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><b>Symbole turbulence</b> 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><b>Symbole vent fort (flèche droite)</b> 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><b>Symbole canalisation (flèche qui s'amincit)</b> 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><b>Symbole neige (astérisque)</b> Ce symbole standard pour la neige indique des zones prédisposées à de très fortes chutes de neige.</p>
	<p><b>Symbole orage (demi-cercle avec sommet en forme d'enclume)</b> Ce symbole standard pour le nuage cumulonimbus (CB) est utilisé pour indiquer des zones prédisposées à l'activité orageuse.</p>
	<p><b>Symbole usine (cheminée)</b> 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><b>Symbole passe de montagne (arcs côte à côte)</b> 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 saisonnières et effets locaux

#### Introduction



Carte 4-1 - Domaine de la GFAACN 32

Ce chapitre est consacré aux dangers et effets météorologiques locaux observés dans la zone de responsabilité de la GFAACN32. Nous avons mentionné les dangers les plus courants et les plus vérifiables à la lumière des nombreuses discussions que nous avons eues avec des prévisionnistes, des spécialistes de l'information de vol, des pilotes et des répartiteurs.

La plupart des dangers météorologiques sont décrits par des symboles sur les cartes en même temps que par une brève description sous forme de texte au-dessous de la carte. Dans d'autres cas, l'élément météorologique dangereux est mieux décrit dans des mots. Le tableau 3 présente la légende des divers symboles utilisés dans les sections des conditions météorologiques locales.

## Le temps en Alberta



Carte 4-2 - Aperçu de la topographie de l'Alberta



Les régimes climatiques des provinces des Prairies sont classés comme tempérés froids ou sub-arctiques et vont de conditions de type continental sec dans le sud-ouest à des conditions sub-arctiques dans le nord-est le long de la côte de la baie d'Hudson. Les chaînes de montagnes à l'ouest ont un effet marqué sur les configurations de précipitations dans la région et sur les températures en hiver. C'est l'une des raisons qui font que la plupart des régions des provinces des Prairies reçoivent leurs plus fortes précipitations de tempêtes qui sont alimentées par de l'air humide circulant vers le nord depuis le Midwest américain. En l'absence de chaîne de montagnes orientée est-ouest pour bloquer le passage des masses d'air, comme le font les Alpes en Europe, l'air arctique froid et sec rencontre ici régulièrement l'air chaud et humide du sud-ouest américain.

Les Rocheuses, cependant, forment une barrière efficace contre l'influence maritime de l'océan Pacifique et l'air est grandement modifié quand il parvient en Alberta. L'air frais du nord du Pacifique perd beaucoup de son humidité en passant par-dessus les montagnes et se réchauffe ensuite en redescendant les pentes est des Rocheuses avant d'arriver dans la zone « d'ombre pluviométrique » des Prairies. Toutefois, cet air est encore associé à du temps plutôt nuageux, doux et venteux en Alberta. Les précipitations peuvent être assez fortes sur les contreforts et dans le secteur de Peace River, où l'altitude diminue et où les masses d'air qui apportent les précipitations pénètrent plus librement dans la province par l'ouest. Nulle part, cependant, le total annuel des précipitations est-il excessif. En fait, le total annuel moyen de 1070 mm à Montréal dépasse celui de n'importe quelle station en Alberta.

### (a) Été

Les étés en Alberta sont plutôt courts, chauds et habituellement assez secs. Les précipitations sont en majeure partie le résultat de certaines configurations particulières. Les dépressions froides apportent des périodes prolongées de précipitations et de mauvaises conditions de vol; d'autre part, l'activité orageuse généralisée durant les jours chauds et humides est source de temps violent. En général, on considère que l'été en Alberta va de tard en avril ou tôt en mai jusqu'à la fin d'août et parfois en septembre. À cette époque de l'année, le temps est habituellement agréable, car il faut un système météorologique bien développé avec beaucoup d'humidité et un bon support dynamique en altitude pour produire de grandes étendues de plafonds bas et de mauvaises visibilité.

La principale situation qui peut occasionner une période prolongée de mauvaises conditions de vol (deux jours ou plus) est le passage d'une dépression froide. Ces systèmes marquent l'arrivée d'air humide très instable et, typiquement, se déplacent lentement quand ils ne sont pas stationnaires. Le mauvais temps se produit habituellement au nord du centre de la dépression, là où une circulation persistante de l'est ou du nord-est, qui suit une pente ascendante en Alberta, a tout le temps de former une vaste région d'humidité dans les bas niveaux. Les plus faibles plafonds et vis-

ibilités se produisent entre 60 et 100 milles marins au nord du centre. Les épisodes de dépressions froides sont plus fréquents en juin et en juillet, chacun de ces mois étant typiquement marqué par le passage de deux ou trois de ces dépressions.

Des conditions semblables peuvent apparaître à l'ouest d'un système de haute pression dans une circulation d'est au-dessus du centre des Prairies. Si la circulation persiste assez longtemps, du stratus, de la bruine et du brouillard pourront se former dans les régions en pente ascendante et dans les contreforts.

Durant les chaudes journées d'été, les orages sont communs. Quoique les orages de masse d'air soient les plus fréquents, le passage d'un front froid peut aussi entraîner la formation d'un orage. En fait, les orages les plus violents sont dus aux fronts froids. La tornade d'Edmonton en 1987 et celle de Holden en 1993 en sont des exemples notables. Typiquement, en été, l'activité convective débute le matin dans les contreforts et se déplace vers l'est (y compris le nord-est et le sud-est) pendant le reste de la journée. La plupart de ces nuages convectifs se dissipent dès qu'ils s'éloignent des contreforts. Cependant, s'il y a une source d'humidité à bas niveau plus loin à l'est ou qu'un moyen de maintenir la convection est présent, alors celle-ci pourra durer jusque tard en après-midi ou en soirée. Des orages nocturnes peuvent aussi se produire durant l'été en Alberta mais sont beaucoup plus rares ailleurs dans les Prairies. La saison des orages coïncide avec la saison estivale et présente un maximum d'activité en juillet.

Un autre phénomène typique en Alberta est le courant-jet nocturne à basse altitude, plus fréquent au printemps et en été. Cette caractéristique se forme par nuit claire quand les vents ont été forts et en rafales vers la fin de l'après-midi. Quand le soleil se couche, il se forme une inversion de température (en raison du refroidissement par rayonnement) près du sol, ce qui a pour effet de diminuer des vents de surface. La zone de vents plus forts n'a pas disparue; l'inversion l'a détachée de la surface mais elle est toujours présente dans l'air chaud en altitude. Dans certains cas, les vents au sommet de l'inversion peuvent être plus forts que les rafales observées durant l'après-midi. La profondeur de la couche froide peut augmenter jusqu'à 1000 pieds durant la nuit avant que le réchauffement diurne ne la détruise le matin suivant.

La turbulence à basse altitude est commune pendant l'été en Alberta. Les jours où il fait soleil, il y a toujours des courants thermiques ascendants, qui peuvent être très notables près des lacs où ils côtoient des courants descendants au-dessus de l'eau plus froide. Ces paires de courants ascendants et descendants peuvent même engendrer une circulation de brise de lac au-dessus des plus grandes étendues d'eau. Lorsque règne une circulation du sud-ouest de 30 noeuds ou plus au-dessus des montagnes, il faut s'attendre à une forte turbulence dans toutes les vallées situées du côté est des Rocheuses. Grande Cache est particulièrement touchée par ces événements de turbulence.

## (b) Hiver

On considère généralement que l'hiver en Alberta va de tard en novembre jusqu'à tard en mars ou tôt en avril. Durant cette période, les conditions de vol sont fréquemment bonnes mais on peut identifier deux configurations qui produisent généralement de mauvaises conditions. La première de ces configurations est le creux froid. Ces creux ne sont pas aussi fréquents en hiver que pendant les mois d'été et sont généralement plus secs, mais quand ils s'associent à une région frontale ou à un courant-jet, ils peuvent encore donner lieu à des périodes prolongées de très mauvaises conditions de vol et à d'importantes chutes de neige sur leur passage.

L'autre situation qui produit du mauvais temps est un phénomène appelé dirty ridge. Il se produit quand une crête en altitude en sens nord-sud se bâtit au-dessus de la C.-B., qu'un front arctique en surface se trouve le long des contreforts et qu'une onde frontale maritime s'est formée le long de la côte de la C.-B. Comme l'air froid est bloqué contre les montagnes et n'a nulle part où aller, l'air plus chaud et plus humide associé au système maritime passe par-dessus l'air froid en se déplaçant en direction de l'Alberta. Tout dépendant des températures en altitude et de l'épaisseur de l'air froid, cette configuration peut produire de grandes quantités de neige en Alberta et de longues périodes de conditions de vol maussades. Il peut y avoir de la pluie verglaçante si les températures dans l'air maritime sont favorables à la formation de précipitations liquides.

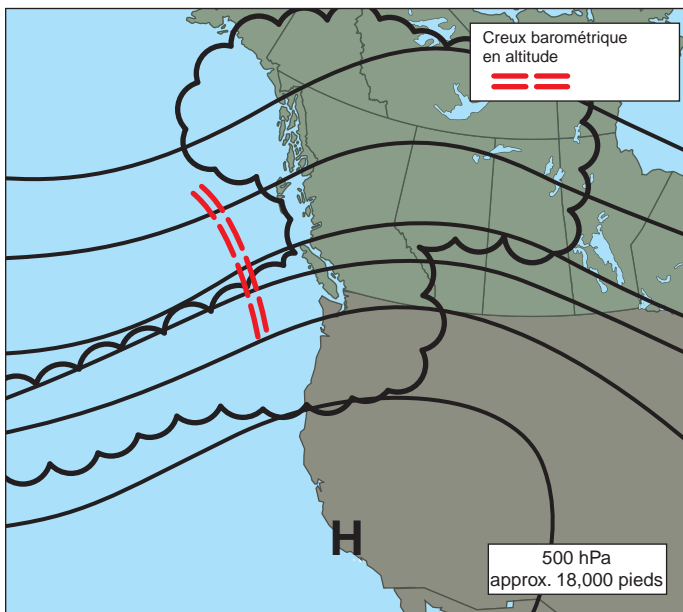


Fig. 4-1 - Configuration en altitude montrant une « dirty ridge »

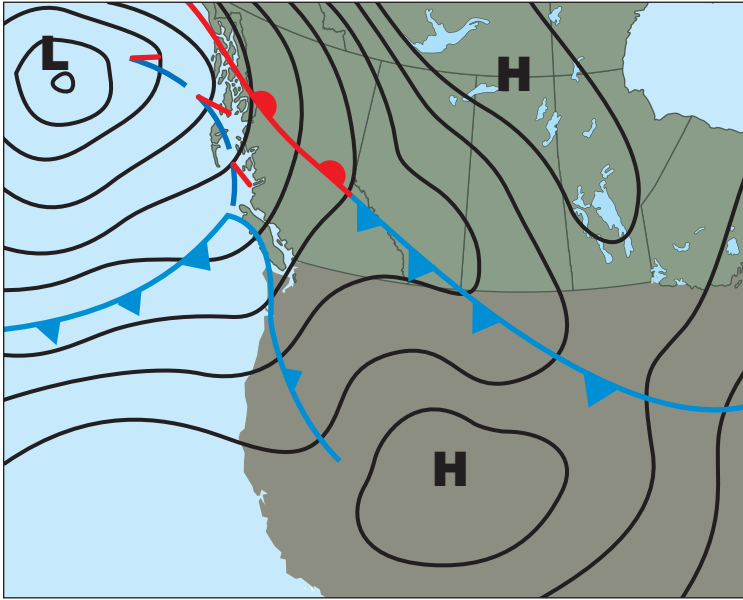


Fig. 4-2 - Analyse de surface sous une « dirty ridge »

Durant l'hiver, une forte zone de haute pression peut se former dans l'air très froid qui couvre l'Alaska et le Yukon. Cette masse d'air glacial s'étend souvent vers le sud-est au-dessus des Prairies, délimitée à son bord d'attaque par un front arctique. Tout dépendant de la force de ce front, le vent peut brusquement tourner au nord-ouest au moment de son passage et souffler en rafales pendant quelques heures. De pair avec les chutes de neige localisées en avant du front, ces vents peuvent produire, pendant de courtes périodes, des conditions ressemblant à des blizzards. Une fois que la crête de haute pression est établie sur la région, toute la région connaît du temps clair et froid.

Tel que mentionné au chapitre 3, le sud de l'Alberta est connu pour ses chinooks en hiver. Les chinooks se manifestent surtout de novembre à janvier et on en a vu durer jusqu'à 10 jours. La position du creux dynamique à un moment quelconque détermine les conditions du temps à un endroit particulier. À l'est du creux, une faible circulation du sud-est remontant continuellement la pente du terrain donne des températures fraîches avec des plafonds bas et des visibilités réduites, alors qu'à l'ouest du creux, le chinook modéré à fort, de l'ouest, dégage rapidement le ciel et augmente considérablement les températures. Cette forte circulation d'ouest, toutefois, a tendance à produire beaucoup de turbulence.

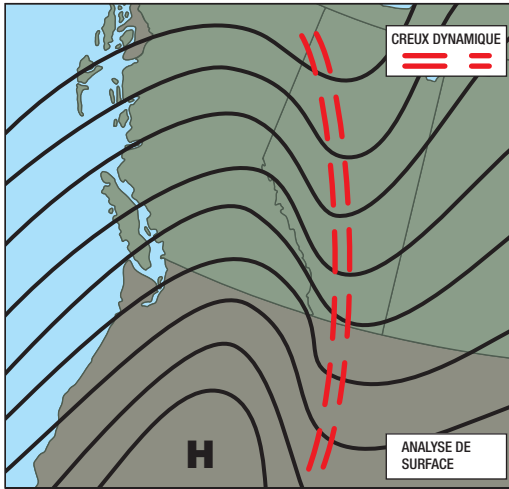


Fig. 4-3 - Circulation de chinook en surface produite par l'anticyclone du Grand Bassin

Jusqu'à environ 50 milles à l'est de la ligne continentale de partage des eaux, des ondes sous le vent modérées à fortes sont courantes en dessous de 18 000 pieds quand il y a une forte circulation du sud-ouest (c'est-à-dire presque perpendiculaire à la chaîne des Rocheuses). Les niveaux de prédilection où se forment ces ondes vont de 8 000 à 15 000 pieds. En présence d'une forte circulation de l'ouest (vents de plus de 60 noeuds au-dessus de 25 000 pieds), il se forme de la turbulence en air clair près des montagnes. Plus loin en aval suivent une région d'accalmie relative et une région de turbulence secondaire. Parfois, ces régions sont repérables par la présence de nuages lenticulaires se formant du côté ascendant de l'onde mais, quand l'air est très sec, il peut n'y avoir aucune indication de leur présence. Une circulation de l'ouest de 20 noeuds ou plus à 9 000 pieds peut produire un effet semblable dans les niveaux inférieurs. C'est en hiver que les ondes sous le vent sont les plus communes, le courant ascendant étant maximum en cette saison, mais elles peuvent aussi se produire en été.

### Périodes de transition

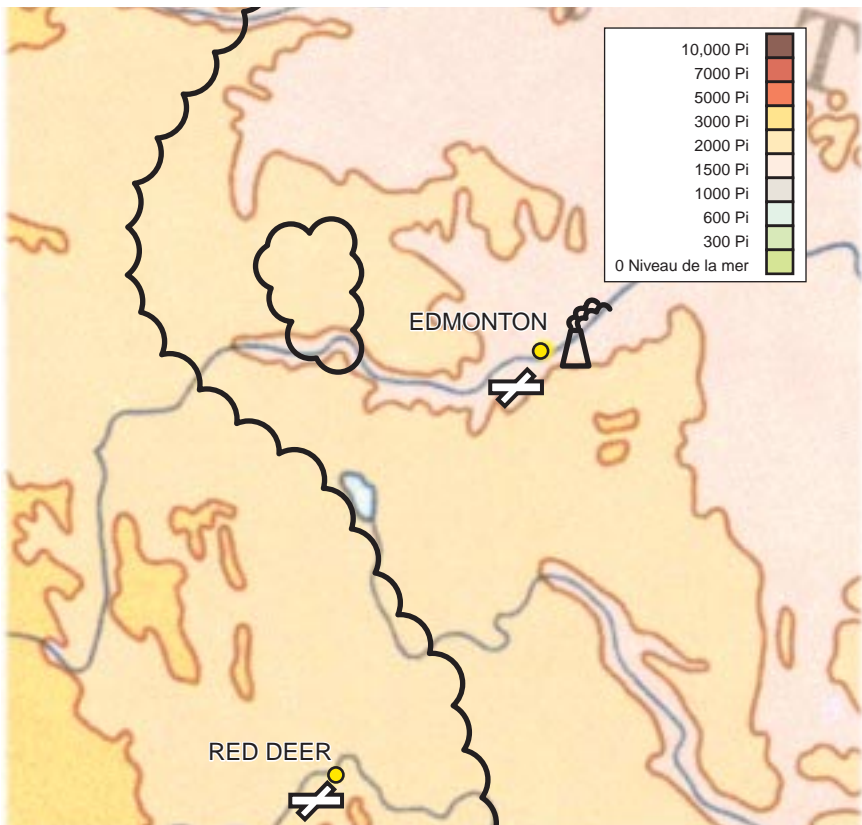
La présence de stratus et de brouillard constitue le principal danger pour l'aviation durant les saisons de transition du printemps et de l'automne, périodes au cours desquelles les mauvaises conditions de vol sont assez fréquentes. Le printemps dans les Prairies est généralement court et va du moment où la neige commence à fondre jusqu'au moment où elle a complètement disparue et où les lacs ont calé. Durant cette période, les bonnes conditions de vol deviennent plus fréquentes à mesure que les jours rallongent et se réchauffent, l'humidité provenant de la fonte de la neige pouvant alors plus facilement se dissiper dans l'air. Cependant, au cours des nuits peu ennuagées, des inversions nocturnes se forment et retiennent efficacement l'humidité près de la surface, et il en résulte souvent des brouillards et des stratus matinaux qui s'attardent jusqu'à ce que l'insolation soit suffisamment forte pour briser l'inversion.

Les dépressions froides printanières peuvent souvent poser problème. Elles se déplacent normalement à travers le nord des États-Unis et la circulation de l'est qui remonte les pentes au nord de la dépression peut produire de la neige mouillée forte dans le sud de l'Alberta.

L'automne, d'autre part, est une période où les nuits rallongent et les températures tombent et où les lacs encore libres de glace fournissent encore des flots d'humidité. Le passage d'air froid au-dessus de surfaces d'eau relativement chaude produit souvent des nuages à bas niveaux et de l'instabilité en aval qui peut persister tant que la circulation froide persiste. Les conditions s'améliorent à mesure que les lacs se couvrent de glace, généralement vers le milieu ou la fin de novembre pour la plupart des terrains marécageux des Prairies. Les dépressions froides se manifestent aussi durant cette période de l'année et produisent de fortes averses.

## Effets locaux

### Edmonton et ses environs



Carte 4-3 - Edmonton et ses environs

La région qui entoure Edmonton est généralement plate et présente une pente ascendante graduelle en direction du sud-ouest. Les conditions locales sont influencées par la rivière Saskatchewan Nord, qui traverse Edmonton du sud-ouest au nord-est, et par un certain nombre de petits lacs dans les environs. Le WestPractice Area, à 30 milles à l'ouest d'Edmonton, juste au sud-ouest du lac Ste. Anne, est une zone d'entraînement pour élèves-pilotes et les conditions du temps y sont très semblables à celles d'Edmonton.

Dans une circulation ascendante de l'est ou du nord-est, il peut se former du brouillard et du stratus dans la région quel que soit le moment de l'année, bien que cela soit beaucoup plus probable durant les mois d'automne à cause de la grande quantité d'humidité émanant de l'eau libre. Après la prise des glaces, le brouillard et les stratus sont beaucoup moins fréquents.

Le lac Wabamun se trouve à 40 milles à l'ouest d'Edmonton et trois grosses centrales électriques se trouvent sur ses berges. Ces centrales rejettent de l'eau chauffée dans le lac toute l'année, ce qui le garde ouvert durant la majeure partie de l'hiver. Ceci occasionne la formation fréquente et localisée de stratus dans la région, en particulier quand la température est froide et que les vents sont légers, une situation courante en hiver. Quand la circulation est du nord-est, du brouillard et du stratus peuvent se former et s'attarder dans la vallée de la rivière Saskatchewan Nord. Normalement, dans cette circulation, les conditions seront légèrement plus basses et les vents un peu plus forts à Namao qu'au City Centre Airport, vraisemblablement en raison d'effets urbains.

Une légère circulation du nord au printemps fait typiquement apparaître une bande de stratus et de plafonds bas au sud d'Edmonton, entre Wetaskawin et Ponoka. Les observations faites à Red Deer et au Edmonton International ne diront rien de ces nuages.

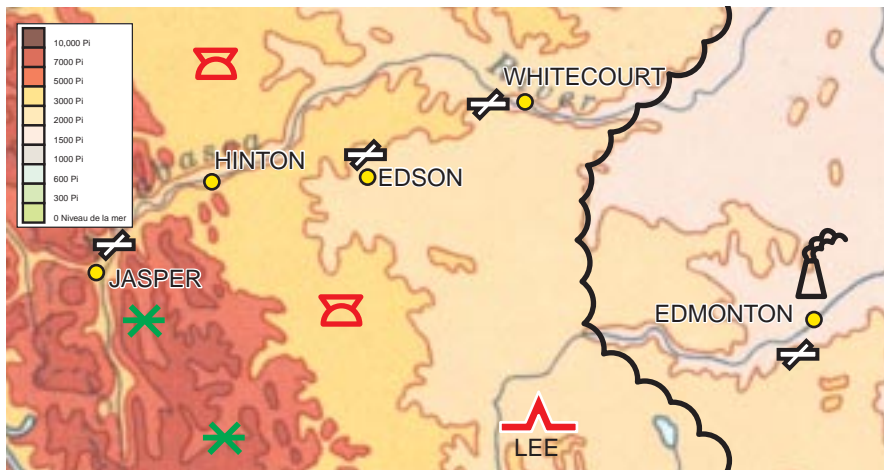
Une dépression de terrain s'étendant au sud-est d'Edmonton vers le lac Miquelon forme une vallée peu profonde. Avec une circulation du nord-ouest, du stratus peut se former dans cette vallée et y rester jusque durant l'après-midi.

Dans une circulation modérée à forte à la surface, quelle que soit sa direction, il y aura une turbulence mécanique prononcée au-dessus de la ville d'Edmonton. Un vent de 30 noeuds peut faire subir une forte turbulence à un avion en approche du City Centre Airport. Un courant ascendant au-dessus du centre commercial Kingsway Garden Mall, situé juste au sud de l'aéroport, peut étendre la turbulence jusqu'à une hauteur de 4000 pieds.

Dans une circulation de l'ouest ou du nord-ouest modérée ou plus forte, il y a de la turbulence à bas niveaux au-dessus des lacs longs et étroits au sud-est d'Edmonton (p. ex., les lacs Driedmeat et Coal). De même, un écoulement du nord-ouest qui quitte le lac Big, au nord-ouest de la ville, peut être assez turbulent.

Quand la température est inférieure à  $-30^{\circ}\text{C}$ , il se forme du brouillard glacé sur la partie est de la ville à cause des rejets chauds des raffineries qui s'y trouvent. Quand un vent très faible souffle de l'est, le City Centre Airport se trouve envahi par ce brouillard. Quand le vent est un peu plus fort et d'une direction davantage du nord-est, toute la ville d'Edmonton, en plus de l'aéroport international au sud, peut être touchée. Ces réductions de visibilité peuvent être très persistantes et souvent gêner les opérations jusqu'au milieu de l'après-midi.

## D'Edmonton à Jasper



Carte 4-4 - D'Edmonton à Jasper

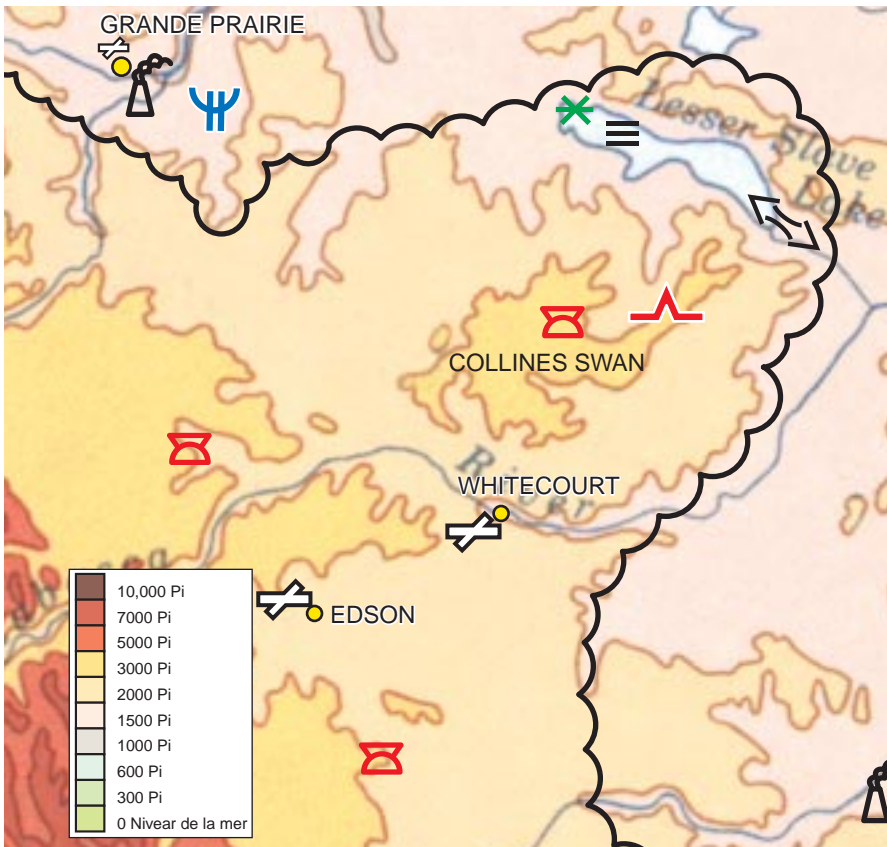
En allant d'Edmonton à Jasper à l'ouest, le terrain s'élève graduellement jusqu'à environ 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer aux environs d'Edson. À l'ouest de cette ligne, l'élévation augmente plus brusquement à cause d'un escarpement qui se trouve à l'ouest d'une ligne allant d'Edson à Drayton Valley et en direction sud-est le long de la rivière Battle vers la région de Ponoka (remarque : la position de la côte de niveau de 3000 pieds est un facteur important dans la formation des nuages bas). Dans une circulation de l'est ou du sud-est sur l'Alberta, il se forme une bande de stratus le long de cet escarpement et vers l'ouest, qui peut persister un certain temps. Ce stratus s'épaissit en allant vers l'ouest et typiquement s'étend dans cette direction jusqu'à la ligne continentale de partage des eaux. Les observations météorologiques faites à Edson, qui se trouve dans une petite vallée, et à Drayton Valley, juste à l'est de cet escarpement, ne sont pas représentatives des conditions du temps dans cette région et si les conditions sont marginales à ces deux endroits, il faut s'attendre à ce qu'elles soient pires plus loin à l'ouest. Ces mauvaises conditions sont rares en été mais en automne, les stratus peuvent persister toute la journée. L'après-midi apporte une certaine amélioration mais les nuages s'abaissent à nouveau au cours de la soirée. Tout PIREP de la région de Rocky Mountain House donne généralement une bonne indication des conditions. Dans ces situations, les nuages peuvent toucher le sol dans les



collines Obed à l'ouest d'Edson et le temps qu'il fait à Jasper n'est pas une donnée assez fiable pour servir à la planification d'un vol puisque Jasper est aussi situé dans une vallée où les conditions peuvent être passablement différentes.

Au cours de l'été, des cellules convectives se forment dans les contreforts à l'ouest d'Edson par suite du réchauffement solaire accentué le long des pentes. Ces nuages se développent durant la journée jusqu'à une hauteur d'environ 18 000 pieds et ensuite commencent à se déplacer vers l'est. S'il n'y a pas d'autres facteurs pour soutenir leur développement, ils se dissipent habituellement avant d'atteindre Edmonton. Quand la circulation moyenne est du nord-ouest, des orages peuvent aussi se former du côté au vent des collines Swan et progresser vers Edmonton. Dans ce cas aussi, ces cellules se dissipent habituellement avant d'atteindre la ville sous l'effet de la subsidence du côté sous le vent des collines. Il arrive cependant que des cellules affaiblies passent au-dessus d'Edmonton et se rebâtissent au sud-ouest au-dessus du terrain plus élevé qui entoure le lac Miquelon.

### De Whitecourt, Edson et la région des collines Swan à Grande Prairie



Carte 4-5 - Whitecourt, Edson et la région des collines Swan

Les collines Swan s'étendent depuis les montagnes Rocheuses, près de Hinton, en direction du nord-est à travers la région de Whitecourt jusqu'à l'extrémité est du Petit lac des Esclaves. Ces collines ont des sommets généralement situés entre 3500 et 4000 pieds et influencent grandement les conditions du temps le long de cette route. Dans une circulation du sud-est qui remonte la pente, les contreforts des Rocheuses à l'ouest s'associent aux collines Swan au nord-ouest et aux monts Pelican au nord-est pour former une barrière en forme de C. Des stratus peuvent alors se former et persister dans la région pendant des jours. Il faut parfois que la circulation change complètement pour qu'ils se dissipent. Bien que la bande tracée sur la carte ceinture seulement les régions ascendantes, il est tout à fait possible que toute la zone en forme de C soit obscurcie par les nuages quand une circulation du sud-est se maintient. Dans une telle situation, ces nuages deviennent épars au nord-ouest des collines Swan, car l'écoulement devient subsident. Dans une circulation du nord-ouest, qui s'observe souvent au passage d'un front froid, la configuration est inversée. Le stratus et le brouillard associés au front sont épais au nord-ouest des collines mais s'amincissent du côté sud-est.

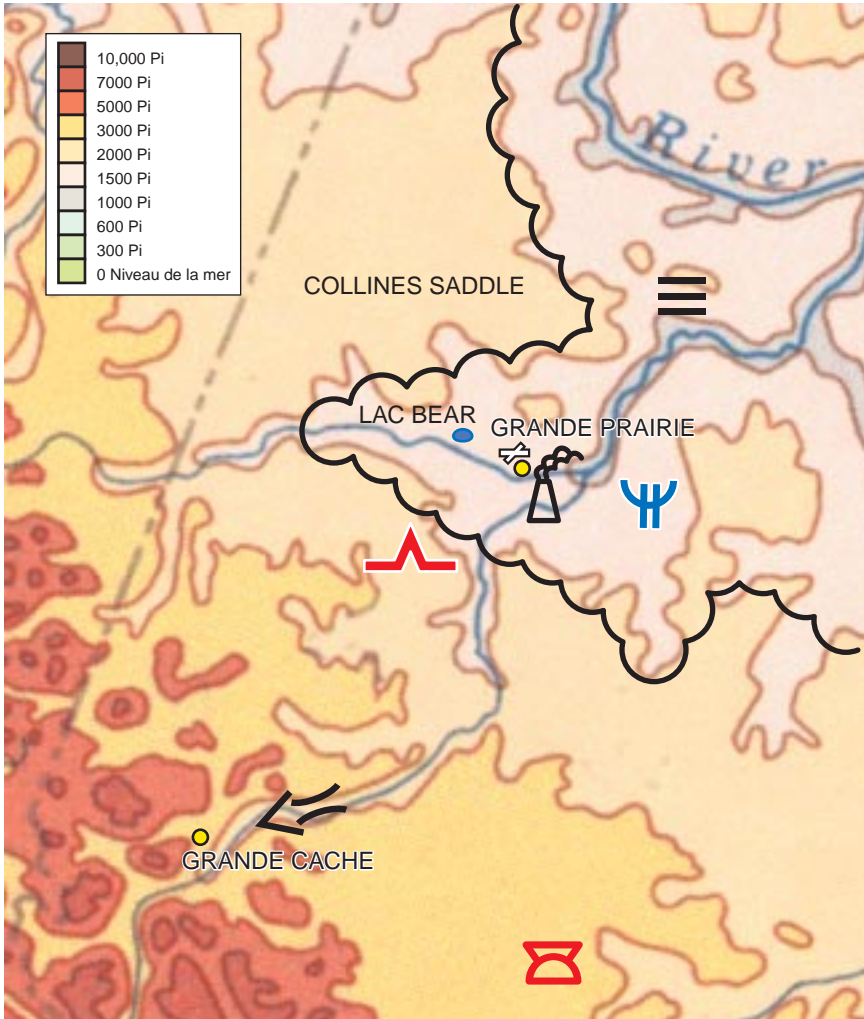
À environ 40 milles au nord-ouest de Whitecourt se trouve Fox Creek, situé dans une dépression abritée dans les terres. C'est une région où du stratus peut facilement se former dans une circulation de l'est ou du nord-est, puis mettre beaucoup de temps à quitter l'endroit, car il se trouve protégé contre les écoulements faibles de la plupart des autres directions. Il faut un fort écoulement d'une autre direction, habituellement le nord-ouest, pour qu'il se dissipe.

Au cours de l'été, la chaîne des collines Swan donne lieu à un soulèvement orographique suffisant pour produire un grand nombre d'orages. Leur formation est aussi favorisée par le réchauffement des terrains élevés au sommet des collines sous l'effet du rayonnement solaire, mais ces cellules se dissipent souvent par subsidence lorsqu'elles s'éloignent de leur source. Dans une circulation du nord-ouest, la convection a tendance à apparaître dans la région de Chetwynd; elle s'élève jusqu'à environ 18 000 pieds et se dissipe ensuite par subsidence lorsqu'elle s'éloigne des collines. Ces cellules se reforment rapidement si d'autres facteurs sont présents pour supporter la convection. La chaîne des collines Swan occasionne aussi suffisamment de soulèvement pour produire de la turbulence modérée jusqu'à environ 7000 pieds.

La route de Whitecourt à Grande Prairie passe, pour une bonne part, au-dessus d'un bassin formé des réseaux hydrographiques des rivières Smoky et Little Smoky. Il a tendance à se remplir de nuages bas lorsqu'un écoulement humide provient du nord-est, en particulier si cet écoulement est associé à un système de basse pression se déplaçant vers l'est au sud de la région. Le terrain s'élève entre Fox Creek et Whitecourt à cause d'une crête montagneuse raccordant les contreforts près d'Obed aux collines Swan au nord-est. Cette crête est habituellement engloutie sous les nuages quand Grande Prairie et Whitecourt signalent des plafonds inférieurs à 1600

pieds au-dessus du sol. On peut aussi y observer beaucoup de convection les jours instables et de la turbulence mécanique les jours venteux.

### De Grande Prairie en allant vers le sud



Carte 4-6 - De Grande Prairie en allant vers le sud

L'aéroport de Grande Prairie est construit dans une cuvette naturelle avec les contreforts des Rocheuses au sud et à l'ouest, les collines Saddle et Birch au nord et des élévations mineures à l'est. Les vallées plutôt profondes des rivières Wapiti et Smoky passent au sud et à l'est de l'aéroport. Des écoulements ascendants remplissent souvent de stratus la région au sud des collines Saddle, jusqu'aux contreforts à l'ouest et au sud de Grande Prairie. Ces nuages persistent souvent jusqu'à ce qu'un changement dans le vent les dissipe. Ils peuvent être accrûs, surtout en hiver, par les émissions de

la ville, qui se situe juste à l'est de l'aéroport, ainsi que d'une usine de contreplaqué et d'une usine de pâte à papier au sud-est.

Le sol des environs est passablement humide à cause d'un niveau phréatique élevé et d'une assez grande masse d'eau, le lac Bear, juste au nord-ouest du site. Des inversions peu profondes, renforcées par de faibles vents de surface de l'est, sont fréquentes toute l'année et emprisonnent l'humidité dans les bas niveaux. Il s'ensuit que du brouillard qui se forme la nuit a tendance à persister plus longtemps à cet endroit qu'ailleurs dans la région, en particulier à la fin de l'automne et au début du printemps.

On observe assez souvent de la pluie verglaçante dans la région de Grande Prairie à cause de fréquentes inversions de faible profondeur durant l'hiver qui s'intensifient au passage de systèmes de basse pression juste au sud. Quand une inversion s'est formée, même de forts vents en altitude du sud-ouest ou de l'ouest n'arrivent pas à l'éroder rapidement; un fort cisaillement du vent et la turbulence associée se manifestent assez souvent en deçà de quelques centaines de pieds au-dessus du sol.

Les nuages lenticulaires sont communs avec de forts vents en altitude du sud-ouest ou de l'ouest et peuvent être un bon indice de l'existence de conditions dangereuses de cisaillement du vent à bas niveau quand la station signale des vents variables ou des vents légers de l'est à la surface. Ces vents forts effleurent probablement la surface là où le terrain est plus élevé, surtout au sud et à l'ouest, et la turbulence mécanique peut aussi créer des problèmes pour les avions qui volent bas au-dessus de ces régions. En outre, durant les événements de forts vents du sud-ouest ou de l'ouest, l'air en subsidence depuis les montagnes Rocheuses peut causer des difficultés aux hélicoptères et aux petits avions qui cherchent à maintenir leur altitude. La turbulence associée à ces vents a tendance à être forte au-dessus des pentes est et dans la région des contreforts mais n'est généralement pas aussi forte au milieu des chaînes de montagnes même.

Les cellules convectives qui se forment dans les contreforts à l'ouest et au sud-ouest de Grande Prairie et qui s'approchent de la ville se dissipent habituellement par subsidence en chemin. Il leur arrive souvent de se reformer à proximité et à l'est de Grande Prairie là où le terrain commence à s'élever.

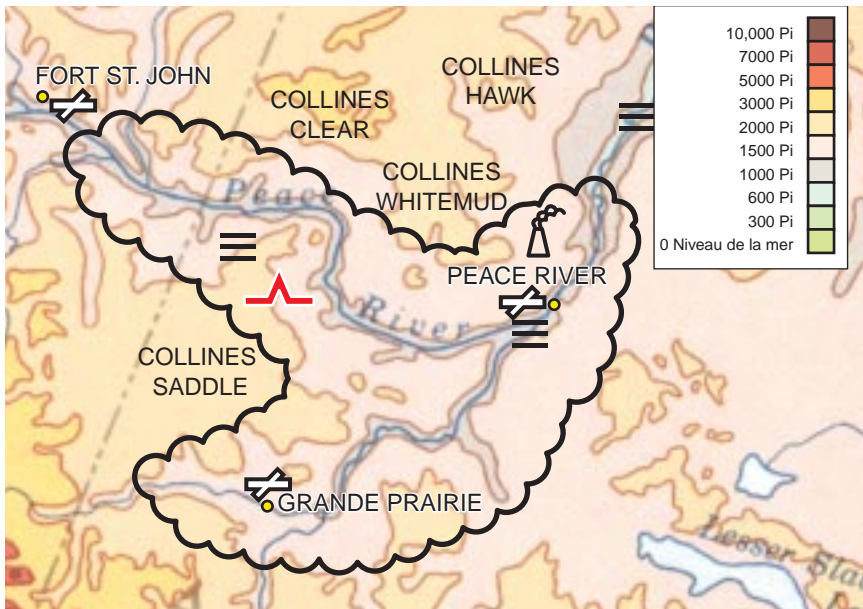
Des problèmes de volées d'oiseaux ont été signalés près de l'aéroport, surtout durant les saisons migratoires.

Les routes vers le sud à partir de Grande Prairie présentent souvent des conditions de terrains ascendants et de montagnes. Il faut s'attendre à de la turbulence mécanique en deçà de 5000 pieds du sol, et parfois plus haut, quand des vents en rafales soufflent dans la région, quelle que soit leur direction. Cependant, les vents qui soufflent perpendiculairement aux chaînes de montagnes ont tendance à se « briser » et ne sont pas aussi forts dans les bas niveaux que les vents qui soufflent parallèlement aux ouvertures dans les barrières montagneuses. Dans une circulation typique du sud-

ouest ou de l'ouest, un effet d'entonnoir dans les vallées orientées sud-ouest-nord-est augmente la vitesse du vent, ce qui peut occasionner localement de la turbulence mécanique forte. Les vallées des rivières Kakwa, Smoky, Athabasca, Brazeau et Saskatchewan Nord sont des endroits tout indiqués pour ce genre de phénomène que l'on observe aussi dans des vallées moins marquées, comme celle de la rivière Embarras. Les petits avions à voilure fixe devraient s'attendre à des difficultés aux aérodromes situés dans ce genre de vallée (p. ex., Grande Cache), surtout avec des vents du sud-ouest de 20 noeuds ou plus.

Les mécanismes orographiques qui accentuent la convergence et le soulèvement font des contreforts une région où s'amorce très facilement l'activité convective dans des situations de masses d'air instable. Les cellules ont tendance à se former le long des crêtes puis se déplacent dans la direction du vent. En faisant route vers le sud depuis Grande Prairie, le couvert forestier passe d'une forêt mixte à une forêt de conifères, à environ 54,5° de latitude nord. Des différences dans l'albédo et dans l'évapotranspiration peuvent rendre compte de la convection plus intense qu'on observe au sud de cette ligne. Ceci est particulièrement vrai au printemps et à l'automne, quand la neige couvre le sol et que les arbres ont perdu leurs feuilles. L'albédo plus faible de la forêt de conifères peut accroître localement le réchauffement diurne et donner naissance à des courants convectifs qui amplifieront les averses de neige dans les situations instables. La visibilité peut grandement fluctuer quand ces averses de neige se produisent.

### Grande Prairie - Peace River et la région à l'ouest



Carte 4-7 - Grande Prairie - Peace River et la région à l'ouest

L'élévation du terrain diminue graduellement en direction nord à partir de Grande Prairie et les vallées de la Smoky et de la rivière de la Paix sont les éléments géographiques prédominants. Ces vallées sont assez marquées; le terrain s'affaisse assez soudainement et la dénivellation entre le sommet de la vallée et le niveau de la rivière peut atteindre 1000 pieds. Par vents forts, les tourbillons turbulents et les courants amplifiés sont communs le long de ces fosses, ce qui peut créer des problèmes pour les avions qui volent bas.

Les écoulements d'air humide provenant d'une direction entre le nord et l'est entraînent la formation de vastes étendues de stratus de pente qui sont limitées par les collines Clear au nord-ouest de Peace River. Les collines Saddle et Birch forment une petite barrière est-ouest au nord de Grande Prairie mais sont suffisamment élevées pour engendrer des effets locaux. Les plafonds sont généralement plus bas du côté au vent (pente ascendante) et nettement meilleurs du côté sous le vent (pente descendante) quand les vents sont du nord ou du sud.

On a remarqué que la vallée de la rivière de la Paix, à l'ouest de la ville de Peace River, est un endroit où les fronts froids en provenance du nord, derrière un système de basse pression se déplaçant vers l'est, ont tendance à ralentir ou à s'arrêter. Quand cela se produit, il faut s'attendre à de plus mauvaises conditions météorologiques à l'extrémité nord de la route entre Grande Prairie et Peace River, spécialement en hiver.

L'aéroport de Peace River est situé à environ 5 milles à l'ouest de la ville, laquelle se trouve dans la vallée de la rivière de la Paix. La vallée immédiate est profonde et il faut grimper d'environ 800 pieds pour aller de la ville à l'aéroport, la pente se trouvant principalement dans le premier mille et demi. Ceci fait que les conditions météorologiques aux deux endroits peuvent différer de façon appréciable. Par exemple, un plafond nuageux de 1500 pieds au-dessus du sol en ville constitue un plafond de 700 pieds à l'aéroport, quand les autres conditions demeurent inchangées. De même, la partie profonde de la vallée, près de la rivière, est souvent remplie de stratus et de brouillard alors que le ciel est clair à l'aéroport. À cause du drainage d'air froid dans la vallée, la température dans la ville est habituellement plus basse qu'à l'aéroport et, de toute évidence, les vents dans la ville sont biaisés du nord ou du sud par l'orientation de la vallée alors que l'aéroport est davantage exposé aux autres directions.

La rivière de la Paix et sa vallée et, dans une moindre mesure, ses affluents, les rivières Smoky et Heart, sont la cause de la plupart des effets locaux qui touchent l'aéroport de Peace River. Quand du stratus ou du brouillard (qui typiquement se forment sous l'effet du refroidissement par rayonnement la nuit) ont rempli la vallée, ils peuvent « déborder » et se répandre sur l'aérodrome, surtout quand les vents sont légers et variables ou faibles du sud-est. Cette condition peut être assez persistante mais, comme le terrain est assez incliné tout le tour, le réchauffement diurne réussit généralement à dissiper cette humidité, même si elle affecte la vallée plus longtemps.

Comme règle empirique, on peut s'attendre à ce que les conditions commencent à s'améliorer à l'aéroport environ deux heures après le lever du soleil, peut-être un peu plus en hiver.

La rivière de la Paix est large et coule assez rapidement aux environs de la ville de Peace River. Il s'ensuit que certains tronçons de la rivière demeurent libres de glace durant une partie de l'hiver et parfois ne gèlent pas du tout. Si le temps est clair et froid, on peut s'attendre à trouver du brouillard au-dessus de ces tronçons et en aval. Une grosse usine à papier près de la rivière, à environ 8 milles au nord-nord-est de la ville, peut accroître les nuages et réduire la visibilité si le vent est de cette direction.

Le lac Cardinal, à environ 12 milles à l'ouest de l'aéroport, est une autre source locale d'humidité à bas niveau. Un écoulement frais d'une direction entre le nord et l'ouest à l'automne peut produire des nuages bas et du brouillard au-dessus du lac et en aval. Des vents de l'ouest peuvent, à l'occasion, transporter cette humidité jusqu'à l'aéroport.

À plus grande échelle, la région de la rivière de la Paix connaît de mauvaises conditions météorologiques généralisées quand une circulation de l'est (ascendante) amène de l'air humide associé à des systèmes de basse pression organisés passant au sud. Cependant, les conditions ont tendance à être légèrement moins pires ici qu'à d'autres localités du nord-ouest albertain dans ces situations, à cause de la pente du terrain. L'étude du terrain dans un rayon de 60 milles de l'aéroport montre que la seule direction véritablement ascendante vers l'aéroport est depuis le nord, c'est-à-dire en allant vers l'amont le long de la rivière de la Paix. Les collines Buffalo Head et les hautes-terres Utikima à l'est de l'aéroport introduisent une légère composante descendante dans les vents de cette direction, ce qui permet un certain assèchement dans les bas niveaux. Ceci dit, ce sont les vents du nord qui apportent généralement les pires conditions à Peace River. Cela s'avère particulièrement vrai à l'automne, quand de l'air froid provenant du nord passe au-dessus d'étendues d'eau libre, et en hiver, quand une invasion d'air arctique amène des nuages et de la neige. Les circulations qui ont une composante d'ouest sont en subsidence depuis les Rocheuses et, plus localement, les collines Clear, Whitemud, Saddle et Birch produisent du temps plus sec et typiquement de bonnes conditions de vol. Bien que des nuages lenticulaires et des chinooks de courte durée soient courants, la turbulence forte dans ces circulations est rare.

Les oiseaux peuvent constituer un problème près de l'aéroport durant les saisons de migration. De plus, les pratiques agricoles locales, comme le labourage, peuvent attirer un grand nombre de goélands dans la région de l'aéroport.

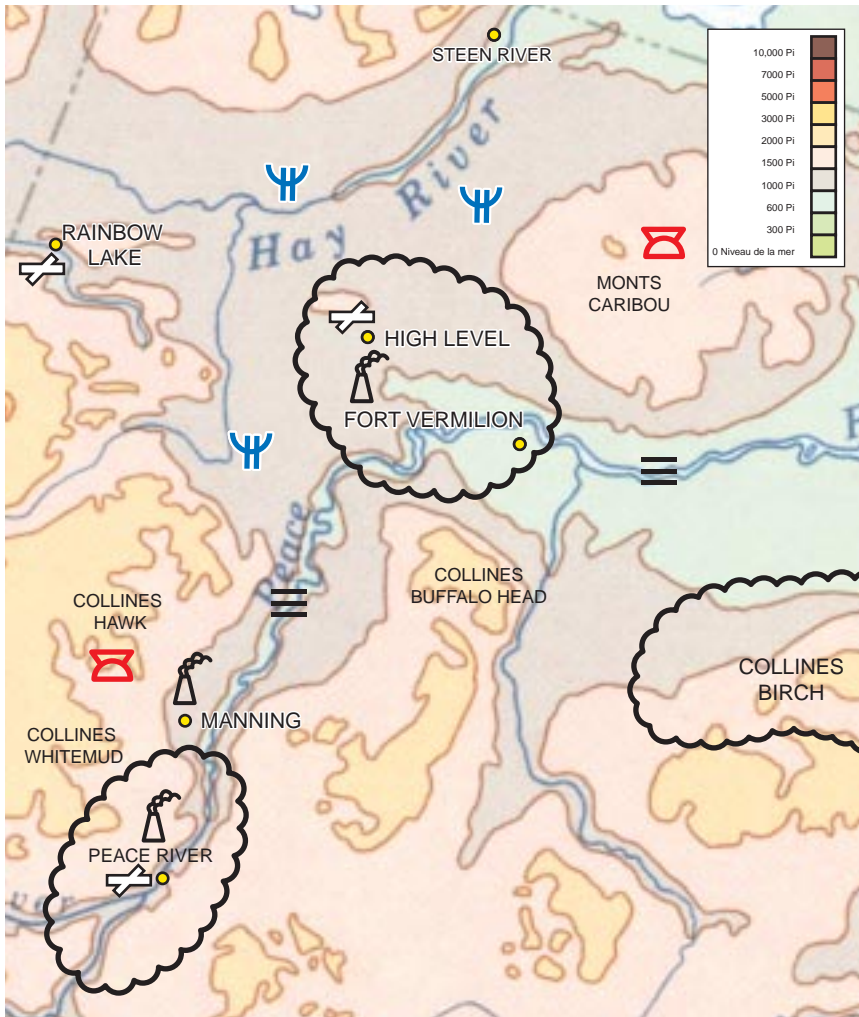
La route entre Peace River et Fort St. John suit la route de l'Alaska et est dominée par la vallée de la rivière de la Paix. L'élévation de la vallée s'accroît progressivement vers l'ouest, avec des terrains plus élevés de chaque côté; au sud, les collines Birch et Saddle, et au nord, les collines Whitemud et Clear. Cette région a tendance à se rem-

plir de nuages bas et de brouillard quand un écoulement humide de l'est remonte la pente. Réciproquement, quand les vents sont de l'ouest, l'air, qui est en subsidence, devient plus sec et les conditions de vol sont généralement bonnes. De l'air humide en mouvement vers le nord ou vers le sud peut produire des conditions variables en raison de l'alternance des pentes ascendantes et descendantes que présente le terrain. Il peut y avoir une bonne différence dans les conditions du temps d'un côté à l'autre de la vallée en pareille situation. En hiver, les fronts froids qui s'avancent vers le sud derrière un système de basse pression qui progresse vers l'est ralentissent ou s'arrêtent souvent dans cette vallée et les conditions de vol sont plus mauvaises dans les nuages bas et la neige au nord du front.

Les fosses profondes formées par la rivière de la Paix et ses affluents principaux, les rivières Montagneuse, Eureka, Clear et Pouce Coupé, peuvent produire localement de la turbulence et des variations dans le vent à bas niveaux. La turbulence mécanique peut être un problème en deçà de quelques milliers de pieds au-dessus du sol dans les régions plus rugueuses des collines Clear, en particulier avec des vents forts du nord-ouest ou du nord.



## Peace River - High Level et les environs



Carte 4-8 - Peace River - High Level et les environs

La vallée de la rivière de la Paix relie ces deux villes et constitue le principal repère terrestre de navigation. La vallée est bordée par les collines Clear, Whitemud, Hawk et Naylor du côté ouest et les collines Buffalo Head à l'est. On observe une diminution graduelle de l'élévation en allant vers le nord. La vallée s'élargit au nord-est de Manning, où le couvert végétal devient principalement de type fondrière de mousse, et, à l'échelle synoptique, les circulations d'air humide du nord ou du nord-est peuvent créer des conditions de nuages bas et de brouillard généralisées au-dessus des terrains qui s'élèvent graduellement. Au cours des dernières années, les castors ont construit des barrages sur plusieurs petits affluents de la rivière de la Paix dans cette région, ce qui a formé une grande quantité d'eau stagnante. Celle-ci injecte beaucoup

d'humidité dans les bas niveaux et favorise la formation de brouillard de rayonnement durant l'été et de brouillard d'advection dans les circulations froides du nord durant l'automne. Il peut y avoir des étendues d'eau libre dans la rivière de la Paix pendant l'hiver, ce qui permet la formation de stratus. Les émissions d'une usine de bois de sciage au nord de Hotchkiss peuvent favoriser la formation de brouillard dans cette région. La « fosse » de la rivière de la Paix diminue en profondeur à mesure que la rivière coule vers le nord mais peut encore provoquer des tourbillons turbulents qui produiront des variations dans la direction et la vitesse du vent, tant horizontalement que verticalement, à bas niveaux.

Comme pour plusieurs chaînes de collines dans le nord de l'Alberta, celles qui bordent la vallée ont tendance à donner naissance à leurs « propres conditions météorologiques ». Dans les situations où les plafonds sont entre 1000 et 1500 pieds à Peace River ou à High Level, les nuages peuvent « toucher aux arbres » au-dessus de ces collines. Un endroit particulièrement dangereux se trouve là où la route 35 croise l'extrémité est des collines Hawk. Plusieurs pilotes, et tout particulièrement les novices, se servent de la route comme repère terrestre entre Peace River et High Level. Malheureusement, la route s'élève de 500 pieds sur une distance d'environ 20 milles au nord de la rivière Meikle, avec des terrains encore plus hauts (et des tours de télécommunications) autant à l'est qu'à l'ouest. Ces collines, comme d'autres dans la région, peuvent être dissimulées par les nuages quand les conditions à Peace River et à High Level sont marginales ou mieux. Elles peuvent aussi être localement masquées du côté ascendant quand un vent humide souffle d'à peu près n'importe quelle direction. Les pilotes expérimentés choisissent généralement une route qui suit la rivière de la Paix pour éviter les changements brusques d'élévation.

Les vents de l'est ne remontent pas nécessairement la pente partout dans le nord-ouest de l'Alberta. Il faut tenir compte de la topographie locale pour bien distinguer les régions ascendantes des régions descendantes. Il peut se produire des changements très marqués dans les conditions météorologiques d'un côté à l'autre d'une vallée, sur les flancs opposés d'une chaîne de collines ou d'une vallée à la suivante. Les flancs nord-ouest et sud-est de la chaîne Halverson, une élévation de terrain s'étendant au nord-est des collines Clear, en fournissent un bon exemple. Quand les vents sont de l'est ou du sud-est, les conditions peuvent être mauvaises au-dessus des terrains en pente ascendante de la vallée de la rivière Notikewin à l'ouest de Manning, mais peuvent être très bonnes du côté nord-ouest de la chaîne dans la vallée de la rivière Chinchaga. Réciproquement, le temps est typiquement meilleur (mais la différence est moins marquée) au sud-est de la chaîne, en automne et en hiver, quand les vents sont du nord ou du nord-ouest. Ces mêmes phénomènes peuvent se produire, dans une moindre mesure, au-dessus des collines Milligan, plus basses, au nord-ouest de la vallée Chinchaga, de sorte que les conditions peuvent changer de part et d'autre de la vallée même, étant donné que l'écoulement est, d'un côté, descendant et de l'autre, ascendant.

Quand la masse d'air sur la région est instable, les collines favorisent l'amorce d'une activité convective sous l'action de trois mécanismes différents : le soulèvement orographique, le réchauffement sensible accru (le jour) sur les pentes exposées au soleil et la réalisation plus hâtive des températures de convection aux stations plus élevées (surtout quand il y a des inversions aux plus basses élévations tôt durant la journée). Si le vent est assez fort, l'ascendance orographique est le mécanisme principal de formation des cellules et la convection s'amorce du côté au vent des collines. Quand le vent est plus faible, le mécanisme de déclenchement prédominant est le réchauffement local.

Finalement, on peut s'attendre à ce que les collines produisent de la turbulence mécanique (ou l'intensifient) quand les vents sont forts dans les bas niveaux. Certaines lignes de crêtes peuvent même produire localement des ondes sous le vent quand l'écoulement à leur sommet est presque perpendiculaire.

High Level est situé dans une faible et large dépression entourée de terrains plutôt plats, avec le bassin hydrographique de la rivière au Foin à l'ouest et au nord, la vallée de la rivière de la Paix au sud et à l'est, les monts Caribou au nord-est et une pente progressive jusqu'aux collines Hawk, Naylor et Milligan orientales au sud-ouest. Cette « cuvette » a tendance à emprisonner l'air froid sous une inversion peu profonde et à le retenir durant de longues périodes, ce qui vaut à High Level la réputation d'être un endroit de nuages bas, de brouillard et de précipitations verglaçantes.

Quand de l'air arctique froid envahit la région derrière l'un des membres d'une famille de systèmes de basse pression migrants voyageant vers l'est, il forme souvent un lac d'air froid dans le bassin sous-jacent. Quand, par la suite, une circulation plus chaude de l'est ou du sud-est, en avant de la prochaine dépression de la famille, balaye la région, elle ne chasse pas cet air froid mais plutôt le chevauche. Si la température de l'air est supérieure à zéro et que de la pluie tombe de l'air chaud qui passe au-dessus, il peut se produire de la pluie verglaçante et un givrage transparent fort. Ceci se produit plus souvent au printemps et à l'automne, alors qu'il est plus probable que l'air chaud en altitude produise des précipitations. Durant l'hiver, ces mêmes fronts froids descendent loin au sud de High Level durant les poussées d'air arctique avant de s'arrêter ou de commencer à retraiter lentement. Il en résulte que la ville subit davantage de conditions frontales, avec des nuages bas, de la neige et des vents du nord en rafales, que d'autres endroits plus loin au sud.

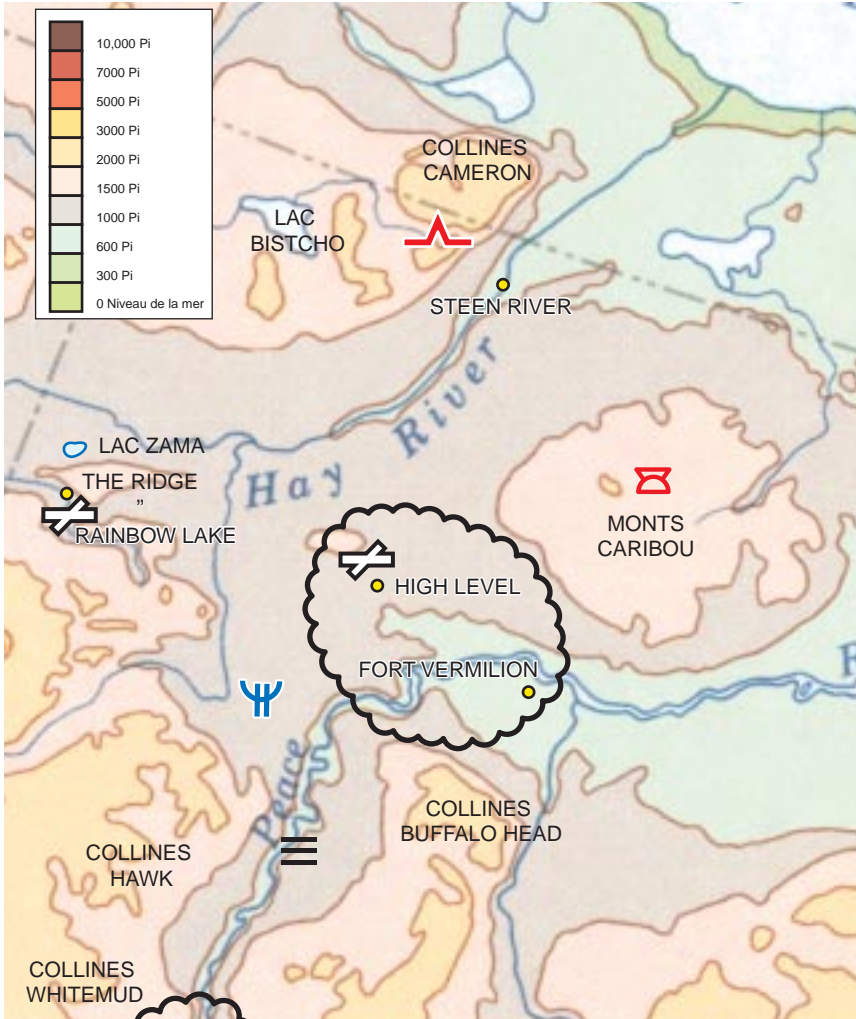
Le mont Watt est un élément topographique dominant qui vient briser la monotonie du terrain plat qui entoure High Level. Il se trouve à sept milles à l'ouest de l'aéroport, il s'élève à 1000 pieds au-dessus du niveau de l'aéroport et il y a plusieurs tours de télécommunications sur son sommet. Le mont Watt est la cause de nombreux effets locaux, comme la production de nuages de pente quand les vents sont du nord-ouest ou du sud-est et de tourbillons turbulents du côté sous le vent, surtout dans un écoulement du nord-ouest.

La majeure partie du mauvais temps à High Level se produit quand la circulation synoptique est du quadrant nord-est. Cependant, ces vents sont efficacement bloqués par les monts Caribou et sont forcés d'arriver par le nord en suivant la vallée de la rivière au Foin ou par l'est en suivant la vallée de la rivière de la Paix. Les deux cas donnent habituellement lieu à des conditions d'écoulement ascendant persistantes. On peut s'attendre à de meilleures conditions quand les vents sont d'une direction entre le sud et l'ouest et aussi du sud-est, car alors les collines Buffalo Head fournissent une certaine protection.

Il y a deux usines dans la région, une usine de bois de sciage dans la ville et une usine de contreplaqué juste au sud. Les deux peuvent aggraver les conditions de brouillard, surtout sous une inversion, à cause de leurs émissions d'humidité et de particules dans la basse atmosphère.

Il y a deux petits lacs près de l'aéroport. Le lac Hutch se trouve à environ 6 milles au nord et le lac Footner, la source d'eau potable de l'aérodrome, est juste à l'ouest. Les deux sont des sources d'humidité et peuvent engendrer du brouillard, tout particulièrement en automne. De même, la plus grande partie du terrain environnant est formée de fondrières et d'étangs de castors. Après une forte pluie, le niveau phréatique peut demeurer assez élevé pendant plusieurs semaines, ce qui favorise les eaux stagnantes et, par voie de conséquence, la probabilité de plafonds bas et de mauvaises visibilités.

## Nord-ouest de l'Alberta, y compris Rainbow Lake, Fort Vermilion et Steen River



Carte 4-9 - Les principales routes vers le nord-ouest depuis High Level

Cette route suit la vallée de la rivière au Foin et l'élévation augmente graduellement en allant vers l'ouest. La vallée est bordée, au sud, par les collines Naylor et l'est des collines Milligan et, au nord, par les collines Cameron et se remplit facilement de stratus et de brouillard quand elle est parcourue par un écoulement humide de l'est. La surface est normalement assez humide quand elle n'est pas gelée, étant dominée par les fondrières et les étangs de castors. À cause des fluctuations du niveau phréatique, la taille du lac Zama varie beaucoup et, quand le niveau phréatique est élevé, sa surface peut équivaloir à celle du lac Bistcho dans les collines Cameron. Toutes ces

sources d'humidité contribuent à la formation de vastes nappes de brouillard d'évaporation et d'advection, en particulier à l'automne et tard au printemps.

Un élément de relief, connu localement comme « the ridge », s'élève à plus de 1000 pieds au-dessus du fond de la vallée et sépare les lacs Rainbow et Zama. Il a plus de 40 milles de longueur et est orienté en sens est-ouest, comme le mont Watt près de High Level. Il est aussi la cause de turbulence et de nuages de pente et favorise une convection hâtive l'été durant les journées ensoleillées et instables.

Les conditions du temps qui règnent dans le nord-est de la Colombie-Britannique dérivent assez facilement dans ce corridor quand l'écoulement de base est de l'ouest. Quand c'est le cas, la règle pratique dit « Fort Nelson aujourd'hui, High Level demain ».

Les collines Cameron sont situées à l'extrême nord-ouest de l'Alberta et s'étendent dans les Territoires du Nord-Ouest. Elles sont semblables à bien des égards aux monts Caribou, mais leur superficie est plus petite. L'élévation augmente abruptement entre 800 et 1000 pieds jusqu'à une crête du côté sud-est et ensuite diminue graduellement vers le nord-ouest, là où le terrain entoure le lac Bistcho. Ce sont les vents du nord-ouest qui produisent le plus de stratus de pente dans cette région, simplement à cause de l'inclinaison plus large et plus douce depuis cette direction et de l'humidité provenant du lac Bistcho. Le lac produit fréquemment aussi du brouillard et du stratus en automne, quand l'air est généralement plus froid que l'eau. Du stratus de pente ascendante peut aussi se former depuis le sud-est, mais il se trouve habituellement confiné à une zone plus étroite entre la rivière au Foin et le sommet de la crête sud-est. Il peut y avoir passablement de turbulence sous le vent de la crête sud-est, spécialement avec des vents forts du nord-ouest.

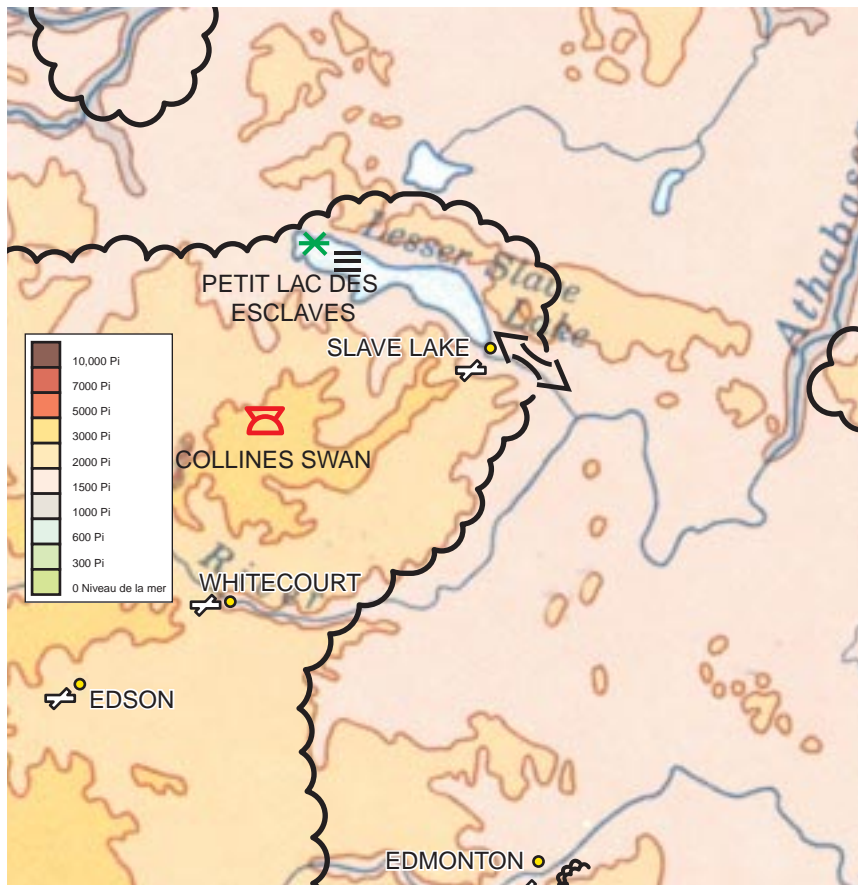
La rivière de la Paix tourne vers l'est au sud-est de High Level et coule au-delà de Fort Vermilion. La « fosse » de la rivière est pratiquement inexistante à l'est de Fort Vermilion puisque le bassin hydrographique s'élargit et devient uniformément plat. Elle est limitée au nord par les monts Caribou et au sud par les collines Buffalo Head jusqu'à la vallée de la rivière Wabasca puis par les collines Birch plus loin à l'est. La surface est toujours dominée par des fondrières et est habituellement humide quand elle n'est pas gelée. La pluie ne ruisselle pas rapidement. Du brouillard de rayonnement mince peut se former au-dessus de ces sources d'humidité par nuit claire et on observe souvent du brouillard d'advection l'automne quand des vents frais soufflent de l'ouest ou du nord-ouest (les vents du nord sont typiquement faibles et pas très courants dans cette région, étant arrêtés par les monts Caribou). Les émissions d'une usine de bois de sciage près de La Crete peuvent amplifier le problème. Les vents humides de l'est et du sud-est ont tendance à accélérer en remontant la pente dans cette région et à récolter davantage d'humidité de la surface pour produire des stratus et du brouillard généralisés. Les vents d'ouest, cependant, ont généralement l'effet opposé et sont associés à de bonnes conditions de vol.

Les monts Caribou constituent l'une des plus grandes régions de hautes-terres en Alberta, à l'écart des Rocheuses. Les monts sont en fait un plateau presque circulaire qui s'élève à plus de 2000 pieds au-dessus du terrain environnant. Il y a un anneau de collines plus élevées en terrasses au centre du plateau qui forment une cuvette contenant plusieurs lacs, dont le plus grand est le lac Margaret. Le reste du plateau est principalement formé de fondrières, que certains décrivent comme « l'endroit le plus humide en Alberta ». Les inversions marquées, et donc le brouillard de rayonnement, sont chose rare sur le plateau et ne durent que peu de temps lorsqu'il s'en forme, en raison du drainage catabatique de l'air froid le long des pentes dans les vallées environnantes. Comme le dessus du plateau se trouve habituellement bien plus haut que le sommet des inversions qui peuvent se produire autour du plateau (nocturnes, arctiques), la température peut y être considérablement plus chaude, parfois de 25°C ou même de 30°C en hiver. C'est l'une des raisons qui font que la convection commence beaucoup plus tôt dans les monts Caribou durant les journées instables d'été; un réchauffement moindre est requis pour atteindre la température à partir de laquelle des courants convectifs ascendants se forment. Le réchauffement des pentes et le soulèvement orographique le long de la périphérie peuvent aussi accélérer ce processus.

Les pires conditions du temps dans les monts Caribou se produisent quand tout le plateau est obstrué par des nuages bas, habituellement associés au passage d'un système de basse pression organisé. Des écoulements locaux ascendants et descendants le long du pourtour du plateau peuvent accentuer ou dissiper ces nuages. La turbulence peut créer des problèmes quand des vents forts de toutes directions rencontrent le pourtour abrupt. Le vent peut tourbillonner au-dessus du côté et former des courants ascendants et descendants, ce qui fait apparaître des circulations en rouleaux et de violents tourbillons qui peuvent être très dangereux pour les avions qui volent à bas niveaux. La direction du vent peut énormément fluctuer sur de courtes distances.

La route vers le nord depuis High Level suit la rivière au Foin vers l'aval, bordée à l'est par les monts Caribou et à l'ouest par les collines Cameron. La vallée, large et plate, ne présente que peu d'obstacles. Elle ressemble beaucoup à la vallée de la rivière de la Paix à l'est de Fort Vermilion. C'est la route préférée dans le nord pour entrer en Alberta ou en sortir, car elle offre de bons repères visuels, dont la route 35. Des vents humides du nord ou du nord-est remontent la pente et produisent de mauvaises conditions de plafond et de visibilité. En hiver, comme le terrain ne présente pas d'obstacles, l'air arctique peut progresser rapidement vers le sud, amenant en certains endroits des nuages, de la neige et du vent. Les vastes étendues de nuages bas associées au passage des systèmes de basse pression peuvent masquer les terrains élevés à l'est et à l'ouest.

## Edmonton - Slave Lake et les environs



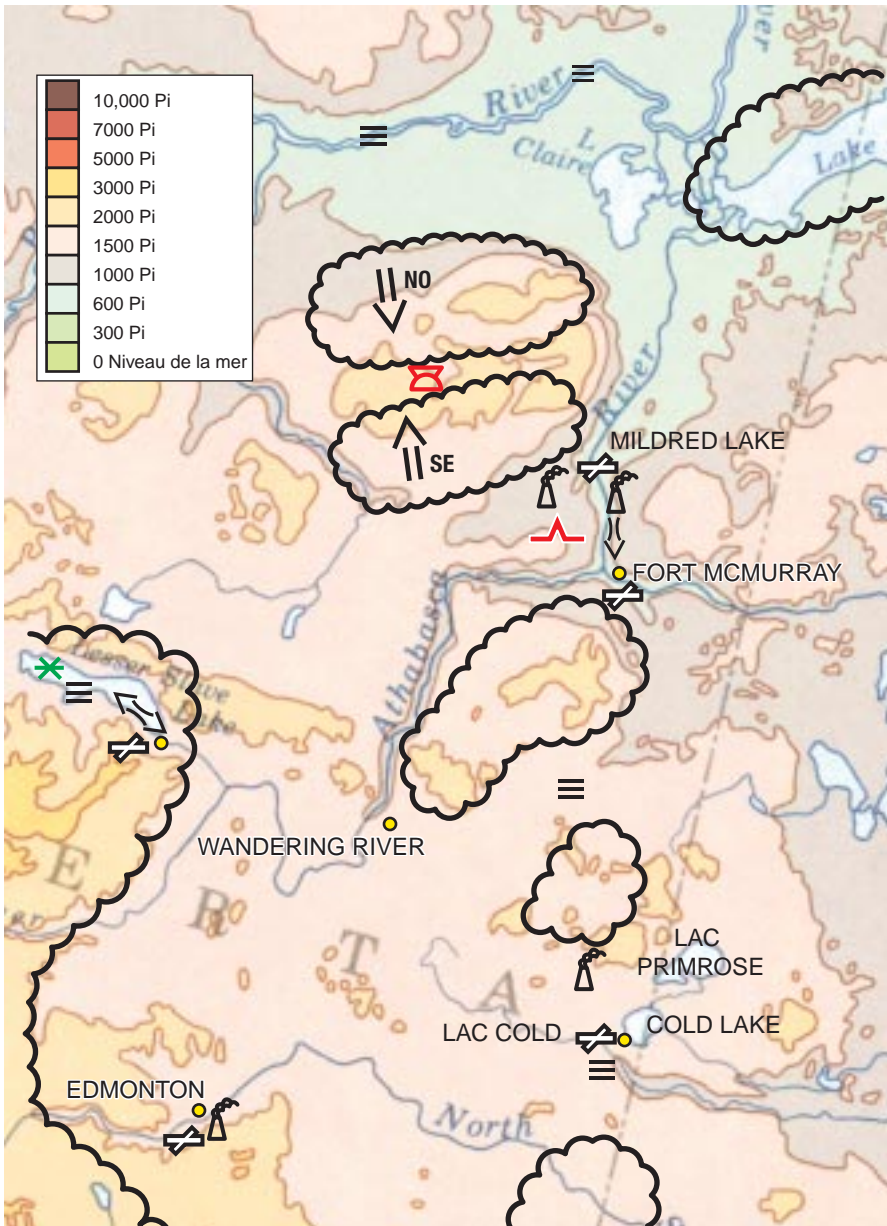
Carte 4-10 - Slave Lake et les environs

Quand on vole d'Edmonton à Slave Lake, le terrain est assez plat jusqu'à ce qu'il commence à s'élever dans les collines Swan au sud-ouest du Petit lac des Esclaves. Ces collines, de pair avec les collines Pelican au nord-est, créent un effet d'entonnoir à l'extrémité est du Petit lac des Esclaves quand les vents soufflent soit de l'ouest ou nord-ouest, soit de l'est ou sud-est. La ville et l'aéroport de Slave Lake sont situés entre ces collines et sont balayés par ces forts vents de jet. Ceux-ci créent de la turbulence mécanique près de l'extrémité est du lac, qui se manifeste souvent jusqu'à 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Au printemps et à l'automne, une circulation du large de l'ouest ou du nord-ouest au-dessus de l'extrémité est du Petit lac des Esclaves produit une couche de stratus pouvant avoir 1000 pieds d'épaisseur. Cette couche s'étend typiquement dans la vallée de la Petite rivière des Esclaves, presque jusqu'à Smith, et englutit fréquemment la ville de Slave Lake.



## D'Edmonton à Ft. McMurray et vers le nord



Carte 4-11 - D'Edmonton à Ft. McMurray et vers le nord

La région entre Edmonton et Fort McMurray est réputée pour les mauvaises conditions de vol qu'on y observe fréquemment. Ces conditions sont dues au terrain un peu plus élevé qui relie les deux points et qui force le vent à circuler sur une pente ascendante depuis presque n'importe quelle direction. De nombreuses sources d'hu-

midité sous forme de marais et de petits lacs sont aussi présentes dans la région. En particulier, la région entre les lacs Mariana et la rivière Wandering est connue pour ses mauvaises conditions de vol. Les plafonds rasant souvent les arbres et les précipitations sont amplifiées dans cette région, en particulier dans une circulation du nord-ouest. La route entre Edmonton et Fort McMurray passe le long de cette crête mais, à cause de ses conditions généralement mauvaises, les pilotes préfèrent souvent suivre la rivière Athabasca à l'ouest ou la voie ferrée à l'est pour la navigation visuelle. Une règle pratique quand Fort McMurray signale un plafond entre 1000 et 1500 pieds est de s'attendre à des plafonds bas de Fort McMurray jusqu'à la région du Lac la Biche.

Le mont Stony est un autre endroit dangereux. Il est situé à 18 milles au sud de Fort McMurray et s'élève brusquement à environ 1350 pieds au-dessus du terrain environnant. Quand le plafond est bas, les pilotes qui volent à vue évitent généralement cette région car le sommet de la montagne est souvent masqué.

La ville de Fort McMurray est située à la jonction de deux rivières, la Clearwater et l'Athabasca. La rivière Athabasca coule depuis l'ouest-sud-ouest et tourne vers le nord à l'endroit où elle rencontre la rivière Clearwater, qui coule depuis l'est. L'aéroport de Fort McMurray est situé du côté sud de la rivière Clearwater et les conditions qui y règnent sont influencées par la vallée de la Clearwater. Le terrain environnant est plat et généralement formé de fondrières, à l'exception du mont Stony au sud.

Les deux rivières peuvent donner naissance à du brouillard et des stratus par endroits entre les mois de mai et d'octobre quand l'eau est libre. Au cours de la nuit, l'air froid a tendance à couler au fond de la vallée et il peut se former du brouillard et du stratus, en particulier à l'automne. Ces conditions s'améliorent habituellement durant la journée mais peuvent déborder de la vallée et toucher l'aéroport, surtout le matin. Cependant, en l'absence de ces phénomènes localisés, les vallées fluviales sont les routes préférées.

À l'intérieur des limites de l'aéroport, il peut se produire quelques effets locaux attribuables à des conditions particulières. Tout d'abord, il y a fréquemment de la turbulence quand un vent d'ouest souffle à une vitesse d'au moins 20 noeuds, ce qui occasionne des taux de descente plus élevés que la normale en approche finale. On croit que cet effet résulte de la différence d'albédo entre la forêt environnante et la zone dégagée de l'aéroport, en plus de l'effet que subissent les vents d'ouest en passant du sommet des arbres vers l'aérodrome.

Un autre phénomène local, qui ne se produit que durant les mois d'hiver, résulte de la fabrication de neige à un centre de ski à 3 milles au nord-est de l'aéroport. Si les vents en surface soufflent vers l'aéroport, la visibilité est souvent réduite à un demi-mille ou moins par les cristaux de glace. Cette condition persiste jusqu'à ce que la fabrication de neige cesse.

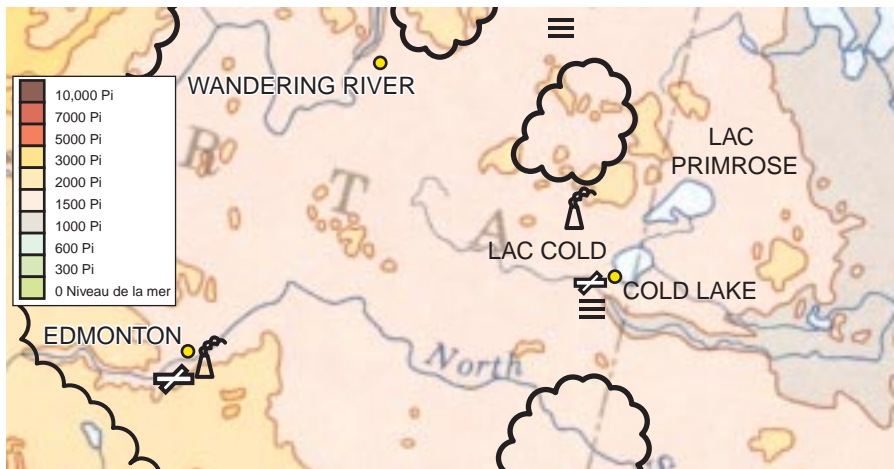
L'aéroport peut aussi connaître localement des conditions réduites dans une circulation du nord. Dans ce cas, l'air qui suit la vallée de la rivière Athabasca subit un effet d'entonnoir car celle-ci devient progressivement plus étroite. Quand ces vents accélérés rencontrent le versant sud de la vallée de la rivière Clearwater, ils sont forcés de remonter la pente et peuvent créer de mauvaises conditions à l'aéroport qui se trouve au sommet de la vallée. Cette situation peut aussi produire une turbulence marquée dans les bas niveaux.

Il y a une piste d'atterrissage à Mildred Lake, à environ 28 milles au nord de l'aéroport de Fort McMurray, qui est utilisée pour desservir les exploitations de sables bitumineux dans la région. À cause des émissions des usines locales, ainsi que des eaux chaudes évacuées dans les bassins à résidus, cette piste est souvent couverte de brouillard quand les conditions ailleurs sont bonnes. Même si ce brouillard localisé n'atteint jamais l'aéroport de Fort McMurray, il est souvent possible d'en voir des traînées assez loin vers le nord.

Il y a de nombreuses activités de vol qui ont pour destinations des endroits au nord de Fort McMurray, à cause des exploitations de sables bitumineux et des camps de pêche et de chasse dans la région. La topographie locale est le résultat de l'action des glaciers à une époque ancienne et consiste en un terrain plutôt plat parsemé d'un grand nombre de petits lacs, de nombreuses collines basses, de zones marécageuses et de fondrières. Cette région, en raison de la présence de beaucoup d'humidité dans les bas niveaux, est souvent couverte de stratus et de stratocumulus, quelle que soit la direction du vent et en particulier durant les saisons de transition du printemps et de l'automne. Il y a malheureusement bien peu d'observations météorologiques pour aider à la planification des vols. Les pilotes expérimentés se servent de leur connaissance du terrain pour éviter les endroits les plus élevés qui risquent davantage d'être obscurcis par des nuages bas.

D'autres éléments géographiques s'élèvent au-dessus du terrain environnant. Ce sont les collines Birch, à 50 milles au nord-ouest de Fort McMurray, et le mont Trout, à 80 milles à l'ouest. Ces deux éléments forment ensemble une barrière physique ne présentant qu'un col étroit entre les deux et bloquant efficacement les écoulements provenant soit d'une direction entre l'est et le sud-est, soit d'une direction entre le nord et nord-ouest. Le terrain dans cette région possède aussi une élévation suffisante pour amorcer la convection au cours des chaudes journées d'été.

## D'Edmonton à Cold Lake



Carte 4-12 - D'Edmonton à Cold Lake

La trajectoire de vol entre Edmonton et Cold Lake passe au-dessus de terres principalement agricoles avec de nombreux petits lacs peu profonds et des terrains ondulés. Il n'y a pas d'autres caractéristiques géographiques notables. Le terrain s'abaisse graduellement d'ouest en est et perd environ 500 pieds entre ces deux points. En l'absence de système météorologique synoptique important, peu de choses peuvent faire varier les conditions météorologiques en route jusqu'à Cold Lake. La région de Cold Lake est la continuation de la topographie ondulée qui s'étend vers le nord-nord-ouest et qui passe par la ligne de partage des eaux entre des terres de culture et d'élevage au sud et la forêt boréale au nord. Les principales caractéristiques à avoir une influence sur les conditions du temps dans la région de Cold Lake sont deux grands lacs au nord-est (le lac Cold et le lac Primrose) ainsi que la vallée de la rivière Beaver qui traverse la ville.

La rivière Beaver, plutôt petite et orientée est-ouest, coule juste au sud de la base militaire et de l'aéroport. Elle a creusé une vallée très large et peu profonde dans laquelle est situé l'aéroport. Cette vallée, malgré sa faible profondeur, a une influence marquée sur le temps. Les vents sont fréquemment canalisés par la vallée et acquièrent une direction est ou ouest. De fait, une rose des vents de la région montre que ces deux directions sont prédominantes, la direction ouest étant légèrement plus fréquente que celle de l'est. Les vents canalisés de l'ouest sont presque invariablement associés à de bonnes conditions de vol, étant donné qu'ils se sont asséchés dans les bas niveaux en suivant une pente descendante depuis les montagnes. L'exception se produit quand le vent d'ouest est dû à l'enroulement d'air autour d'une dépression froide à l'est ou au nord-est de Cold Lake. Dans ce cas, il y a un bon apport d'humidité et d'instabilité. Une circulation d'est persistante est forcée de remonter graduellement la pente et est

plus susceptible de produire du stratus bas ou du brouillard, mais même cet effet est grandement atténué par la présence d'une petite crête de 200 pieds de hauteur juste à l'est de la base militaire. Cette crête constitue une barrière et souvent garde le stratus épars à l'aéroport ou au moins l'élève un peu avant qu'il n'atteigne le point d'observation. Donc, généralement, la vallée de la rivière Beaver favorise des conditions propices aux vols à basse altitude à Cold Lake en l'absence d'autres facteurs météorologiques.

Le lac Cold, le plus proche des deux lacs, est à environ 5 milles au nord-est de l'aéroport. Il tire son nom de ses eaux qui demeurent beaucoup plus froides que celles des lacs environnants, en raison de sa profondeur inhabituelle de presque 300 pieds. Le lac Primerose, à 20 milles plus loin au nord-est, est beaucoup moins profond. Ces lacs, qui rejettent beaucoup d'humidité dans l'air, favorisent la formation de stratus et de brouillard, surtout quand le vent est du quadrant nord-est et, réciproquement, moins souvent quand le vent est du sud-ouest. Heureusement, le nord-est est l'une des directions les moins fréquentes du vent à cet endroit.

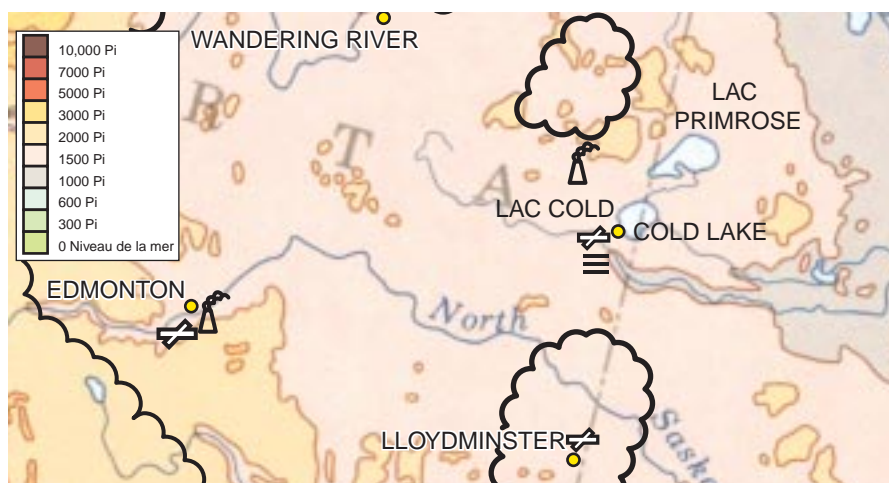
L'influence la plus importante du lac Cold et, dans une beaucoup moindre mesure, du lac Primerose se fait sentir à l'automne et tôt en hiver. À ce moment, l'eau des lacs contient encore beaucoup de chaleur alors que l'air qui circule au-dessus devient progressivement plus froid. Toute circulation du nord-est devient saturée dans les bas niveaux et apporte du stratus, du brouillard, de la bruine, de la bruine verglaçante ou même de la neige à l'aéroport. La légère pente ascendante des lieux amplifie cet effet. Si la circulation du nord-est est particulièrement froide, l'eau relativement chaude peut créer de l'instabilité dans les bas niveaux qui mènera à la formation de cumulus et de cumulus bourgeonnants pouvant produire de fortes bourrasques de neige sur l'aéroport. Les mauvaises conditions de vol présentent une fréquence maximale en novembre puis s'arrêtent en décembre, quand le lac Cold se couvre complètement de glace. Le lac Primerose gèle beaucoup plus tôt.

La région autour de Cold Lake, étant soumise au régime climatique des Prairies, peut être affectée par la convection en été, mais il y a deux effets qui ont tendance à réduire le nombre d'orages qui passent au-dessus de l'aéroport même. Premièrement, la convection s'amorce plus souvent au-dessus des terrains plus élevés et plus chauds de chaque côté de la vallée où, aussi, il y a habituellement beaucoup d'humidité à cause des petits lacs et de l'évapotranspiration. Cependant, quand les cellules commencent à se déplacer au-dessus de la vallée, elles s'affaiblissent ou se dissipent souvent à cause de la pente descendante que suit l'écoulement et de l'air plus frais qui se trouve dans la vallée. Deuxièmement, les eaux du lac Cold produisent aussi un effet d'amortissement sur la convection locale. Le refroidissement des niveaux inférieurs de l'atmosphère par les eaux du lac inhibe presque complètement les processus convectifs durant les journées chaudes de l'été et on peut observer un « trou clair » au-dessus et en aval du lac. Les collines Mostoos, juste au nord-est du lac, sont une autre région

favorable à la convection à cause de leur élévation et de plusieurs petites sources d'humidité. Cependant, l'effet inhibiteur du lac Cold agit comme une barrière entre cette convection et Cold Lake, ce qui est un avantage certain pour la ville et l'aéroport. Remarquez que cet effet se renverse durant les mois plus froids de l'automne, quand l'eau libre du lac cède de la chaleur à l'air qui passe au-dessus.

Il y a certains effets météorologiques de cause humaine qui se produisent à Cold Lake et dans les environs quand les conditions requises sont réunies. Une grosse raffinerie, située à 13 milles au nord-nord-ouest de l'aéroport, injecte une grande quantité de vapeur d'eau chauffée dans l'air. Durant les mois d'hiver, ceci favorise la formation de stratus et de brouillard glacé. Cependant, ce phénomène n'atteint pas souvent l'aéroport car les vents du nord-est sont rares. Il est plus fréquent que du brouillard glacé se forme à l'aéroport pendant les journées très froides en hiver à cause de la vapeur émise par les avions et d'une centrale thermique à vapeur située sur la base des Forces canadiennes.

### D'Edmonton à Lloydminster



Carte 4-13 - D'Edmonton à Lloydminster

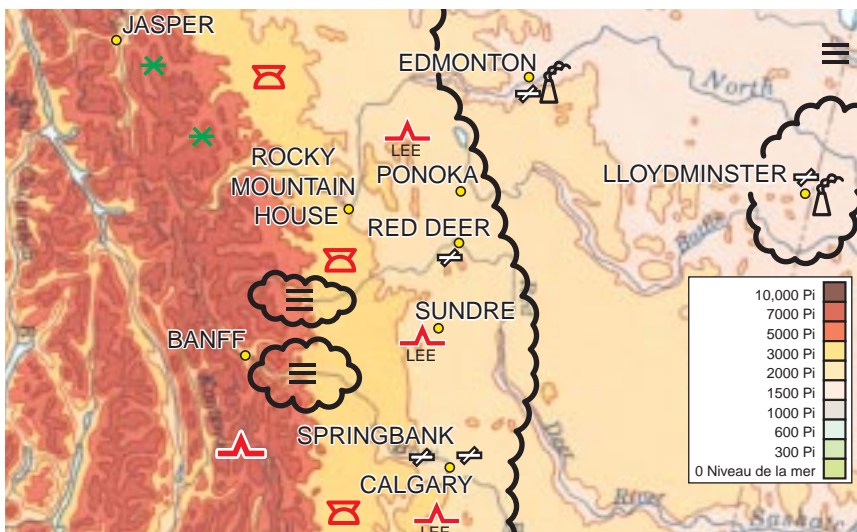
Le terrain d'Edmonton à Lloydminster s'incline progressivement vers le bas, ce qui signifie que, comme à bien des endroits en Alberta, les plus mauvaises conditions de vol apparaissent le plus souvent dans des circulations soutenues de l'est qui remontent la pente. Ceci se produit quand une dépression traverse la partie sud de la province ou quand il y a une grosse crête de pression stationnaire sur l'est des Prairies. Ces conditions peuvent survenir à tout moment de l'année mais sont plus fréquentes en automne; la fréquence du brouillard est maximale en octobre, en novembre et au début de décembre, quand les lacs sont généralement libres. Quand les vents sont de l'ouest ou du nord-ouest, qui sont les directions dominantes dans cette région, les conditions de vol sont généralement bonnes.

La ville et l'aéroport de Lloydminster sont situés sur un terrain relativement élevé entre la rivière Saskatchewan Nord, au nord, et la rivière Battle, au sud. Ces rivières peuvent fournir suffisamment d'humidité pour que du stratus et du brouillard se forment dans leurs vallées, tout particulièrement au printemps et à l'automne, mais ils demeurent généralement confinés à l'intérieur des vallées et n'atteignent que rarement Lloydminster. La plupart des lacs dans les environs sont trop petits pour produire un effet quelconque mais les lacs Big Gully, à 10 milles à l'est de Lloydminster, fournissent une humidité supplémentaire et des stratus qui, lorsque le vent vient de l'est, dérivent vers l'aéroport le long d'une pente ascendante. Il y a des étangs d'épuration de deux à trois milles au nord-est de l'aéroport qui peuvent occasionner du brouillard et du stratus au-dessus de la piste quand la circulation est du nord-est.

Il y a une crête en sens nord-sud qui traverse Kitscoty, à environ 16 milles de Lloydminster. Dans une circulation de l'ouest, le brouillard et le stratus demeurent à l'ouest de cette crête; les conditions restent claires à Lloydminster alors que Vermilion, à 35 milles à l'ouest de Lloydminster, est plongé dans le brouillard. L'inverse est vrai pour une circulation de l'est; Lloydminster sera dans le brouillard pendant que Vermilion connaît un ciel clair. Cet effet est plus marqué en automne.

Il y a trois installations industrielles à Lloydminster et dans les environs : une raffinerie de pétrole, une usine de valorisation du pétrole lourd et une raffinerie d'huile de colza. Les trois injectent des noyaux de condensation dans l'atmosphère et favorisent la formation de nuages bas, en particulier durant l'automne et l'hiver.

### D'Edmonton à Calgary via Red Deer



Carte 4-14 - D'Edmonton à Calgary via Red Deer

En volant vers le sud d'Edmonton à Calgary, l'élévation du terrain augmente continuellement pour passer de 2300 pieds au-dessus du niveau de la mer à Edmonton à 3700 pieds au-dessus du niveau de la mer à Calgary. Le terrain aussi est plus élevé du côté ouest de cette trajectoire de vol, étant donné que l'élévation augmente en direction des contreforts, et donc tout écoulement d'une direction entre le nord et l'est possède une composante qui remonte la pente. Des caractéristiques synoptiques, comme des dépressions froides ou des creux dynamiques, qui produisent habituellement un écoulement d'est en surface à travers cette route, peuvent créer de mauvaises conditions à tout moment de l'année, et en particulier à l'automne et en hiver. De plus, une circulation du nord ou du nord-est produit une bande de stratus qui s'étend typiquement des contreforts à la région de Ponoka et vers le sud-est. Novembre est le pire mois pour voler entre Edmonton et Calgary, car la fréquence du brouillard, des averses de neige et du givrage dans la pluie verglaçante est élevée. On peut se servir des données des stations météorologiques automatiques de Rocky Mountain House et de Sundre pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les conditions le long de cette route, mais comme Rocky Mountain House est haut perché dans les contreforts, il ne donne pas toujours une bonne indication de ce qui se passe plus à l'est. Les données de Sundre, cependant, donnent une bonne indication de ce que sont les conditions du temps le long de la partie sud de cette route.

La ville de Red Deer et l'aéroport de Penhold se trouvent dans la vallée formée par la rivière Red Deer et sont situés dans une dépression en forme de cuvette à l'intérieur de cette vallée. Par conséquent, l'aéroport est abrité du vent de la plupart des directions et signale souvent des vents beaucoup plus légers que ce à quoi on pourrait s'attendre. Cela signifie aussi que les nuages bas ont tendance à s'attarder à l'aéroport, demeurant dans la dépression abritée longtemps après que le reste de la région se soit dégagé. La rivière Red Deer coule du sud vers le nord juste à l'ouest de l'aéroport. La rivière de même que le Petit réservoir Dickson, au sud-ouest, sont libres (au moins partiellement) toute l'année. Du temps frais à l'automne et au printemps, combiné à l'humidité de ces deux sources, peuvent produire du brouillard qui dérivera à travers les champs jusqu'aux pistes. Ce phénomène est souvent associé à une circulation du nord-ouest qui gagne l'humidité supplémentaire fournie par le lac Sylvan. Le brouillard se forme durant la nuit et généralement perdure jusqu'au milieu de la matinée.

Si les conditions sont mauvaises à Red Deer, elles sont normalement pires en allant vers le sud dans la région d'Olds et de Didsbury, à cause de l'augmentation de l'élévation. Cette région est aussi passablement ouverte et il s'y produit souvent de la poudrierie basse et élevée en hiver. Étant donné la position abritée de Red Deer dans la vallée, il est préférable d'utiliser toute autre source d'information, comme la station météorologique automatique de Sundre, quand on vole en direction sud vers Calgary.

Les chinooks sont courants dans la région de Red Deer-Calgary. On fait une discussion approfondie de ce phénomène au chapitre 3 et au début du présent chapitre.



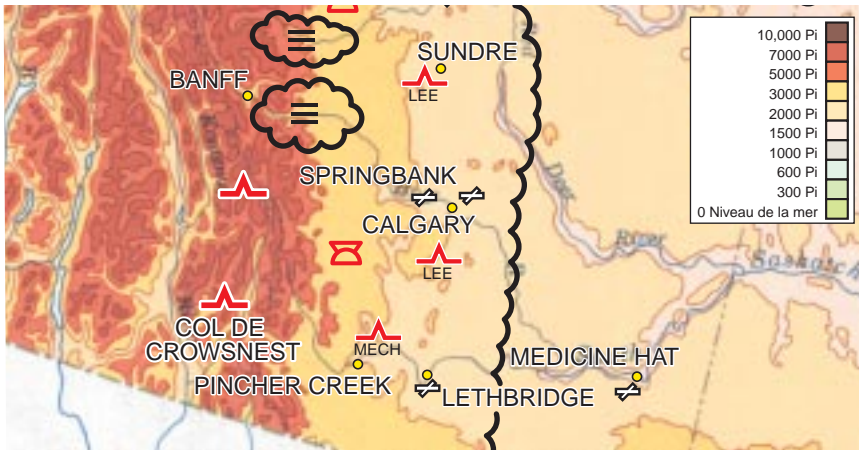
Les contreforts, qui s'allongent du côté ouest de la trajectoire de vol entre Edmonton et Calgary, sont une région qui, l'été, favorise la convection dès le matin. Ces cellules s'éloignent des contreforts durant l'après-midi et affectent divers endroits le long de la trajectoire de vol. La région entre Red Deer et Edmonton engendre beaucoup d'activité convective, en particulier dans les environs de Lacombe/Ponoka et de Innisfail/Crossfield. Étant situé plus près des contreforts, Red Deer connaît plus d'orages qu'Edmonton. Dans une circulation du nord-ouest, les cellules qui se déplacent en direction de Red Deer sont souvent arrêtées par les hautes terres à l'ouest et bifurquent vers le sud en direction d'Innisfail. Cependant, les cellules qui parviennent à traverser Red Deer arrivent éventuellement au-dessus du terrain plus élevé de la chaîne Wild Rose, au sud-est de la ville, ce qui leur donne un regain de vie. Parfois, quand la circulation est du nord-ouest, les orages qui passent dans la région d'Alder Flats/Rimbey, au nord-ouest de Red Deer, s'y attardent quelque peu et produisent des plafonds bas et de fortes chutes de pluie sur la région.

Les orages dans les contreforts produisent souvent de la grêle, des lignes de grains et, à l'occasion, des tornades. Des altocumulus castellanus (ACC) observés tôt le matin sont une bonne indication que de la convection se formera plus tard au cours de la journée. Deux radars météorologiques, à Strathmore et à Carvel, permettent de suivre le développement de la convection. Red Deer est situé à mi-chemin entre ces deux dispositifs mais, malheureusement, à la limite de la zone que chacun couvre. C'est pourquoi les renseignements sur la région de Red Deer sont moins détaillés.

Il y a souvent de la turbulence d'ondes orographiques dans cette région jusque entre 8 000 et 10 000 pieds quand une circulation de l'ouest modérée ou plus forte s'établit au-dessus des montagnes. Occasionnellement, des nuages lenticulaires peuvent révéler l'existence de cette turbulence, mais ce n'en est pas une condition nécessaire.

Vers le sud à partir de Didsbury, le climat devient plus sec et la quantité de terres agricoles augmente. Il peut y avoir des tempêtes de poussière, en particulier au printemps et à l'automne, quand le vent est plus fort et que les cultures ne protègent pas la terre. Ces tempêtes peuvent commencer à n'importe quel endroit situé à plus de 30 milles à l'est des montagnes.

## Calgary, région de Springbank et vers l'ouest



Carte 4-15 - Calgary, Springbank et vers l'ouest

Voici une autre région de l'Alberta dans laquelle toute circulation avec une composante de l'est peut produire du brouillard, du stratus et de la bruine, tout particulièrement au printemps et à l'automne. Cet écoulement d'est, fréquent lorsqu'une zone de basse pression se trouve près de la frontière É.-U./Alberta, peut créer une région de stratus s'étendant jusque entre 50 à 110 milles à l'est de la ligne continentale de partage des eaux, parfois aussi loin à l'est que Beiseker à 30 milles à l'est de Calgary. On a remarqué quelques fois que la limite du stratus se trouvait entre Calgary et Springbank mais, en règle générale, quand il y a des plafonds bas à Calgary, les conditions sont encore pires à Springbank, en raison de l'accroissement de l'élévation en direction ouest. Le terrain plus élevé de Scottlake Hill, situé à environ 10 milles à l'ouest de Calgary, est le premier à éprouver ces conditions de stratus.

Parfois, l'aéroport de Calgary signale du stratus alors qu'il n'y en a pas à Springbank ni à d'autres endroits de la région. Ces situations sont probablement dues à l'humidité et à la grande quantité de particules relâchées dans l'atmosphère par les installations industrielles de la ville et de sa banlieue. Pour les mêmes raisons, du stratus « inattendu » apparaît parfois à Springbank quand le vent souffle du nord depuis Cochrane Hill.

Le « trou d'Okotoks », une étonnante zone dégagée en deçà de 10 à 15 milles de la ville d'Okotoks, juste au sud de Calgary, est souvent observé quand Calgary et Springbank sont tous deux engloutis sous les stratus. Puisque ceci se produit généralement quand la circulation est de l'est, il se pourrait qu'une circulation subsidente locale depuis une petite chaîne de collines soit la cause de ce phénomène.

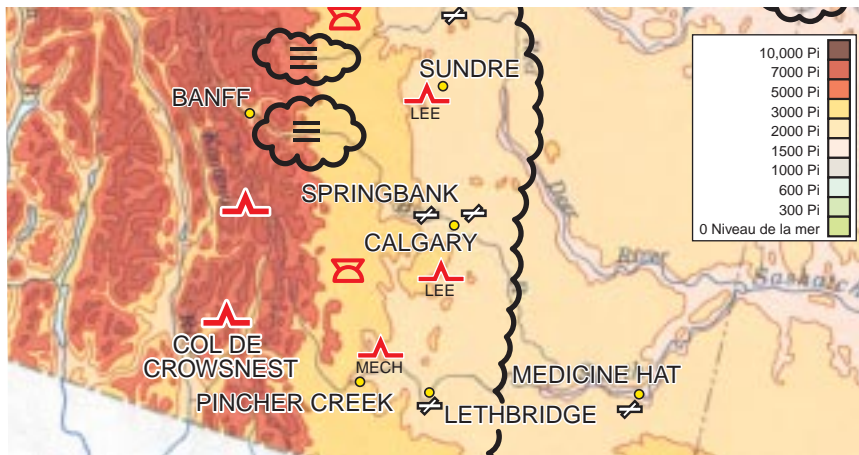
Durant l'été, la convection peut s'amorcer n'importe où dans les contreforts à l'ouest de Calgary. Une région source courante est celle de Cochrane/Ghost Lake/Water

Valley. Les cellules qui se forment ici se dirigent vers le sud-est dans la vallée de la rivière Bow et de là, progresseront soit le long de la chaîne Cochrane jusque dans le nord-ouest de Calgary, soit le long de la rivière Elbow jusque dans le sud-ouest de Calgary. La vallée du lac Minnewanka et la région de Banff/Canmore peuvent être d'autres régions sources et les cellules orageuses qui se forment aussi loin au sud que la chaîne Livingstone peuvent se déplacer en direction nord-est vers Calgary. La convection qui se forme dans les contreforts de 50 à 60 milles au sud-ouest de Calgary se dissipe souvent avant d'atteindre la ville s'il n'y a pas de support en altitude, et même alors, elle reste généralement au sud de Calgary et entre dans la vallée de la rivière Bow pour la suivre vers l'est.

Une forte circulation de l'ouest ou du sud-ouest en altitude implique la présence probable d'ondes sous le vent, ou ondes orographiques, dans cette région. Des courants descendants pouvant atteindre 3 000 pieds par minute dans les régions de Kootenay, de Jasper, de la vallée de la Bow et du parc national Banff sont communs et produisent de la turbulence modérée ou forte jusqu'à 14 000 pieds dans une zone pouvant s'étendre de 60 à 110 milles à l'est de la ligne de partage des eaux. Cette circulation occasionne aussi de forts cisaillements du vent aux aéroports de Calgary et de Springbank. Les ondes orographiques sont souvent rendues manifestes par la présence d'altocumulus stationnaires lenticulaires (ACSL), de nuages en capuchons, de tourbillons d'aval et d'« arches » produits par des chinooks. Les vents forts associés aux chinooks apparaissent d'abord dans la vallée de la rivière Bow et, deux ou trois heures plus tard, atteignent Springbank. Environ une heure plus tard, ils arrivent à Calgary. Bien que le chinook améliore les plafonds et les visibilitées, le cisaillement du vent et la turbulence sont toujours des dangers.

En volant vers l'ouest dans la vallée de la rivière Bow, le mont Yamnoska est la première montagne où de la turbulence modérée ou forte soit fréquemment signalée. On a aussi reçu de nombreux comptes rendus de turbulence de pilotes volant à 9500 pieds près du mont Rundle. À basse altitude, le vol peut être tout aussi cahoteux quand de forts vents de surface produisent de la turbulence, souvent modérée ou plus forte, dans les bas niveaux. Cette turbulence commence assez souvent juste à l'est de Canmore, entre Morley et Exshaw.

## Région au sud de Calgary



Carte 4-16 - Région au sud de Calgary

Les conditions du temps long de la trajectoire de vol entre Calgary et Lethbridge sont dans une large mesure soumises aux mêmes influences qu'à Calgary même ou dans les régions au nord. Ici aussi, toute circulation soutenue de l'est finit par couvrir de stratus toute la région, étant donné que l'élévation augmente vers l'ouest. Ce type d'écoulement se produit surtout quand une dépression est située sur le nord-ouest des États-Unis. Il peut survenir à tout moment de l'année, mais moins fréquemment en été. En hiver, cette configuration apporte souvent de la neige qui apparaît d'abord le long d'une ligne est-ouest au-dessus de la chaîne Milk River et qui progresse vers le nord en direction de Lethbridge.

L'aéroport de Lethbridge est situé au sud de la ville, au sud-est de la rivière Oldman, laquelle reçoit plusieurs affluents dans la région. Les directions du vent les plus fréquentes à cet endroit sont l'ouest et le sud-ouest. Ces vents suivent une pente descendante et donnent à Lethbridge du beau temps et des ciels clairs. Cependant, la turbulence mécanique constitue un réel problème pour les pilotes qui volent dans cette région. L'écoulement dominant d'ouest est habituellement assez vif et, s'il atteint une vitesse de 25 à 30 noeuds, il peut produire de la turbulence mécanique modérée ou forte jusqu'à 4000 pieds au-dessus du sol. Même avec des vents d'ouest inférieurs à 20 noeuds, il peut aussi y avoir de la turbulence modérée directement sur le bord de la vallée de la rivière Oldman et au-dessus de la coulée à l'ouest, quoique cet effet ne se fasse sentir qu'à très basse altitude.

Les chinooks sont très communs entre Lethbridge et Calgary. Au moment où un chinook passe vers l'est, quel que soit l'endroit, les conditions du temps changent radicalement; les températures froides et les plafonds bas cèdent la place à du temps chaud, ensoleillé et venteux. Comme toujours, la turbulence forte est un problème avec un chinook.

En été, la plupart des cellules convectives dans la région de Lethbridge se forment dans les contreforts à l'ouest ou au sud-ouest et se déplacent vers le nord-est pendant la journée. Comme cette région est généralement très sèche, les orages donnent souvent lieu à des microrafales qui produisent de fortes rafales à la surface. En fait, toute la partie sud de l'Alberta est une région propice aux microrafales.

Généralement, des vents forts du nord ne se produisent à Lethbridge qu'au passage d'un front froid. Dans ces cas, il y a peu à craindre des conditions du temps et le passage du front est surtout marqué, pendant quelques heures, par des vents en rafales du nord ou du nord-ouest.

Il se forme du brouillard glacé plusieurs fois par hiver à Lethbridge. Le vent doit être léger ou calme, l'atmosphère stable et les températures inférieures à  $-25^{\circ}\text{C}$ . Certains événements de brouillard glacé ont duré de deux à trois jours. Durant ces épisodes, il y a peu d'amélioration diurne et la visibilité diminue habituellement beaucoup durant la soirée.

Même si Pincher Creek est renommé pour sa fréquence élevée de bonnes conditions de vol, le vent crée souvent des problèmes. Comme à Lethbridge, l'ouest est la direction dominante du vent et c'est aussi la direction des vents les plus forts. Pincher Creek est situé à l'extrémité est du col Crowsnest (pas du Nid-de-Corbeau), réputé pour le fort écoulement qui s'y trouve canalisé. Pour un pilote qui veut voler le long de cette route, il y a certains indices qui peuvent l'aider à déterminer la force de l'écoulement à tout moment. Pincher Creek, à l'extrémité est du col, peut donner une bonne idée des vents dans le col, de même que la station automatique Crowsnest à mi-chemin dans le col et Sparwood, en Colombie-Britannique, à l'extrémité ouest du col. Les vents sont fréquemment très forts tout le long du col Crowsnest de même qu'à Pincher Creek et s'affaiblissent quelque peu avant d'atteindre Claresholm, Fort McLeod et Lethbridge. Ces forts vents d'ouest produisent souvent de la turbulence jusqu'à 10 000 pieds.

L'intensité de la turbulence à Pincher Creek n'est pas toujours corrélée avec la vitesse du vent. Le terrain étant très irrégulier, on a déjà observé peu de turbulence avec des vents très élevés et une turbulence excessive avec des vents plutôt faibles. Un phénomène susceptible de se produire à Pincher Creek et qui augmente la probabilité de turbulence est la formation d'un tourbillon d'aval à la base des collines. Ce type d'écoulement se produit quand le vent qui descend d'une montagne est assez fort pour qu'une partie de ce vent frappe le sol et retourne en direction du pied de la montagne. Cette rotation intense de l'air peut être rendue visible par un nuage de tourbillon d'aval à la base de la montagne mais, comme l'air dans la région de Pincher Creek est souvent extrêmement sec, il est rare qu'un tel nuage se forme.

Les orages ont tendance à se former quand le réchauffement est accentué sur les flancs des chaînes à l'ouest de Pincher Creek, mais ils se dissipent fréquemment en se déplaçant vers l'est. C'est ce qui explique que Pincher Creek et Lethbridge soient

touchés, annuellement, par un faible nombre d'orages comparativement à beaucoup d'autres stations en Alberta. Étant donné le caractère sec de la région, quand des orages se produisent, leur base est typiquement élevée et les précipitations s'évaporent souvent avant d'atteindre le sol (virga). Ceci est le principal mécanisme responsable des microrafales sèches et des forts vents qu'elles produisent.

Il est arrivé que les stations à Sparwood et Pincher Creek, de chaque côté du col Crowsnest, signalent des ciels clairs alors que, dans le col même, des pilotes soient forcés de faire demi-tour à cause d'orages violents.

La région de Lethbridge à Medicine Hat ne diffère pas beaucoup du reste du sud de l'Alberta. Le terrain exhibe une pente ascendante en direction ouest, de telle sorte que toute situation produisant une circulation de l'est peut engendrer des plafonds bas au-dessus des terrains inclinés. Ce type de circulation résulte habituellement d'un système de basse pression faisant route vers le nord-est dans le nord-ouest des États-Unis ou qui reste juste au sud de la frontière É.-U./Alberta. La bande de stratus qui se forme alors commence souvent juste à l'est de Medicine Hat. Ici, la nature de l'écoulement change pour passer de descendant (depuis les collines du Cyprès) à ascendant. Le climat dans cette région, comme dans le reste du sud de l'Alberta, est extrêmement sec, et ce n'est qu'au printemps et à l'automne que ces circulations peuvent produire des plafonds bas généralisés.

Tout le sud de l'Alberta peut subir les effets du chinook, mais son intensité diminue à mesure que les vents progressent vers l'est. Habituellement, le creux dynamique qui se forme en avant du chinook se trouve près de Lethbridge, laissant les régions à l'est dans un écoulement du sud-est frais et humide. Le chinook et le creux dynamique progressent presque toujours vers l'est mais n'atteignent que rarement Medicine Hat, et lorsqu'ils le font, ils sont généralement faibles après avoir été déplacés si loin des montagnes.

L'aéroport de Medicine Hat est situé au sud-ouest de la ville, juste au sud de la vallée formée par la rivière Saskatchewan Nord. La direction dominante du vent à cet endroit est le sud-ouest, les vents étant souvent déviés autour des collines du Cyprès et le long de la vallée du ruisseau Seven Persons. La région est assez abritée et les vents sont rarement aussi forts qu'à Lethbridge. Souvent, toutefois, quand il y a des vents du sud-ouest d'environ 10 noeuds à l'aéroport, ils peuvent rapidement devenir de l'ouest à 25 noeuds, ou plus, à une faible hauteur au-dessus de la surface. La turbulence d'ondes sous le vent peut également se faire sentir aussi loin à l'est que Medicine Hat.

Lorsqu'une dépression migratrice passe vers l'est dans la région de Medicine Hat, les vents tournent au nord-ouest quand le front froid associé descend vers le sud dans son sillage. Un vent du nord-ouest est un vent transversal à l'aéroport et tout écoulement du nord-ouest de 30 noeuds ou plus rend difficile l'utilisation de la piste principale.

La rivière Saskatchewan Sud ainsi que les lacs Murray et Rattlesnake sont des sources locales d'humidité contribuant à la formation de stratus et de brouillard. En général, cependant, l'air est trop sec dans cette partie de l'Alberta pour que ces conditions se produisent à d'autres époques de l'année qu'à l'automne et, occasionnellement, au printemps. Il y a aussi deux installations industrielles, une usine de caoutchouc et une usine d'engrais, qui éjectent des particules et de la chaleur pouvant modifier les conditions en hiver. Sous une inversion froide, notamment, elles peuvent produire des plafonds entre 500 et 1000 pieds, mais la visibilité est généralement bonne. Ces nuages sont très localisés et peuvent ne couvrir qu'un ou deux milles carrés et avoir une épaisseur de 200 à 300 pieds. Quand les plafonds sont inférieurs à 2500 pieds, les collines du Cyprès au sud-est ne sont pas visibles.

Les orages ne sont pas fréquents à Medicine Hat mais certains peuvent se produire au-dessus du terrain plat à l'ouest durant les journées chaudes et instables. Parfois, des orages traversent la frontière du Montana, et ceux-ci sont habituellement assez intenses. Les grosses cellules orageuses au déplacement lent sont l'un des rares phénomènes qui produisent de mauvaises conditions de plafond et de visibilité dans la région entourant Lethbridge et Medicine Hat durant l'été, et même ces situations sont normalement de courte durée. La masse d'air typique en été est si sèche qu'il faut d'importants apports d'humidité pour saturer les bas niveaux.

## Le temps en Saskatchewan



Carte 4-17 - Aperçu de la topographie de la Saskatchewan



La particularité de la Saskatchewan d'être la plus ensoleillée et la plus sèche des provinces canadiennes fait qu'elle possède aussi le climat le plus authentiquement continental. Il n'y a pas de montagnes, de grandes masses d'eau ou d'irrégularités climatiques pour modérer les extrêmes, ce qui lui vaut des étés chauds, des hivers froids et des variations journalières de température importantes. Le territoire, sculpté par les glaciers, consiste en une plaine faiblement inclinée, avec les plus grandes élévations à l'ouest. Le tiers le plus méridional de la province est classé comme une vraie prairie avec des plaines herbeuses ouvertes, des terrains ondulés et de larges vallées fluviales. C'est une région d'agriculture intensive qui doit sa productivité à l'épaisse couche de sol fertile déposée par les glaciers. Cette région cède le pas à la forêt mixte de la plaine boréale du centre de la Saskatchewan, où d'importants dépôts de sol sablonneux couvrant le bouclier précambrien permettent une vigoureuse croissance de la forêt. La forêt devient principalement formée de conifères plus loin au nord et le sol, qui devient progressivement plus mince et à texture plus grossière, couvre à peine la roche en dessous. Éventuellement, la plaine boréale fait place à la forêt boréale, caractérisée par des conifères plus épars et plus rabougris, de fréquents affleurements de roche nue et de nombreux lacs et cours d'eau peu profonds.

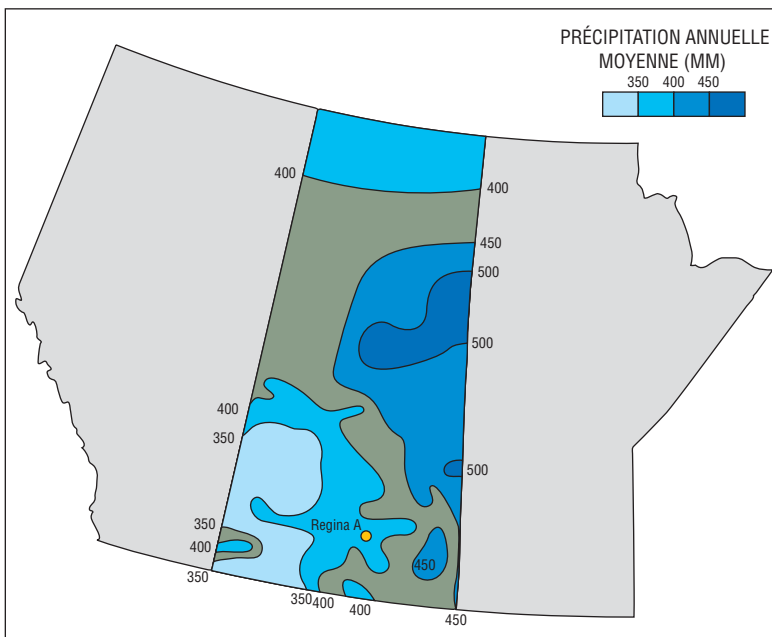


Fig. 4-4 - Précipitation Annuelle (mm)

Le climat en Saskatchewan ne varie pas beaucoup. Le sud est classé tempéré froid, en raison de ses hivers froids et de ses étés chauds et courts, alors que le nord est sub-arctique, la principale différence étant des hivers un peu plus longs et des étés encore plus courts. Les précipitations annuelles ne sont nulle part très abondantes et varient

entre 300 mm dans le sud-ouest et 500 mm dans la partie du centre-est. La plupart des autres endroits en reçoivent entre 400 et 450 mm par année. Encore une fois, ce régime invariant d'humidité s'explique par la position du territoire saskatchewanais encadré au centre du continent et par sa topographie uniforme. C'est dans les collines du Cypès, dans l'extrême sud-ouest, que se retrouvent les plus hautes élévations en Saskatchewan, à près de 4600 pieds, ce qui n'est modestement que 2000 pieds au-dessus du terrain environnant.

La Saskatchewan, comme le reste des Prairies, se trouve dans la zone des vents moyens d'ouest et les systèmes météorologiques se déplacent généralement d'ouest en est. Cependant, comme elle est physiquement ouverte dans toutes les directions, toutes les masses d'air peuvent s'y aventurer : l'air arctique froid et sec du nord; l'air du Pacifique frais et modifié de l'ouest et du sud-ouest; et l'air chaud et quelque peu humide du sud des États-Unis. Ces masses d'air vont se rencontrer et se heurter au-dessus de la province et produire de fréquentes tempêtes le long de leurs limites frontales, en particulier au printemps. Ceci est bénéfique pour l'agriculture en Saskatchewan, car que le maximum de précipitations se produit généralement en juin et cela fait démarrer la saison de culture du bon pied. Mais ces tempêtes ne sont pas assez fréquentes pour empêcher la Saskatchewan d'être la province la plus sèche, et même quand une circulation humide du Pacifique progresse vers l'est jusqu'en Saskatchewan, elle y arrive considérablement asséchée.

Le cœur de la région sèche se trouve dans le sud-ouest, dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud, une région qu'on appelle parfois le « triangle de Palliser », d'après le nom de celui qui, le premier, s'y installa et explora la région. Une étude climatologique de la région révèle que sa sécheresse peut s'expliquer par une combinaison de caractéristiques de la circulation moyenne en altitude et en surface qui limitent l'humidité disponible. Cette région subit l'influence de moins de systèmes de basse pression et de plus d'anticyclones que les régions au nord et au sud. En été, au moment où le reste de la Saskatchewan reçoit normalement la majeure partie de ses précipitations annuelles, l'écoulement moyen en altitude au-dessus de la ceinture sèche du triangle de Palliser fait dévier les tempêtes du Pacifique loin vers le nord.

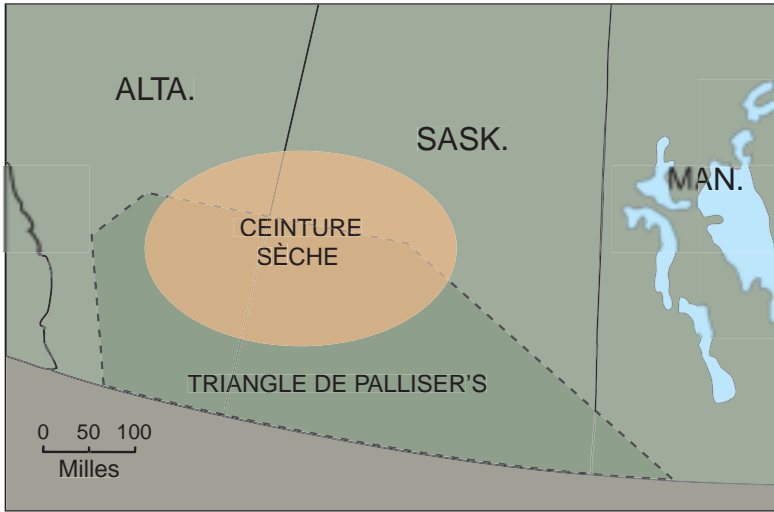


Fig. 4-5 - Triangle de Palliser

### (a) Été

Les étés de la Saskatchewan ont plusieurs caractéristiques qui les distinguent de ceux des autres provinces canadiennes : ils sont les plus ensoleillés; ils sont les plus chauds et les plus secs; et ils présentent la plus grande variation journalière de température, 14 degrés en moyenne. Les records pour la température la plus élevée, 45°C, et le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement en un an, 2537, ont tous deux été établis dans le sud de la Saskatchewan. Bien qu'en moyenne il y ait peu de précipitations, celles-ci tombent en grande partie durant la période de mai à août, le mois le plus arrosé étant généralement juin. Ceci est avantageux pour les régions agricoles du sud, compte tenu que les mois des récoltes, septembre et octobre, sont notablement plus secs.

Les conditions généralement ensoleillées sont occasionnellement interrompues par une dépression froide, la seule configuration d'importance à produire de mauvaises conditions de vol à grande échelle et pendant un bon bout de temps en été. La fréquence de ces dépressions froides atteint un sommet en été et contribue au maximum mensuel de précipitations de juin. De plus, comme pour l'Alberta, les pires conditions de vol se produisent dans le quadrant nord de la dépression, là où les vents du nord ou du nord-est soufflent en remontant la pente et produisent de mauvaises conditions de plafond et de visibilité.

La Saskatchewan, qui n'est pas connue pour ses orages violents en été, connaît une activité convective maximale en juillet. Il s'écoule rarement une journée sans qu'il y ait un orage quelque part dans la province, en particulier dans le sud-est où l'on compte en moyenne 25 jours d'orages par année. La pluie qui accompagnent ces tempêtes est

habituellement intense et brève. Un orage particulièrement violent a versé 250 mm de pluie en une heure sur Buffalo Gap dans le sud de la Saskatchewan, établissant du même coup un nouveau record canadien. Il est fréquent d'observer de la petite grêle et il se produit chaque été de 10 à 15 grosses tempêtes de grêle qui font des dommages considérables. Elles peuvent se produire n'importe où mais sont plus fréquentes dans le sud-ouest de la ceinture sèche.

La convection en Saskatchewan est le plus souvent du type masse d'air, ce qui implique qu'elle est amorcée par le réchauffement diurne. Dans ces espaces découverts, la visibilité est excellente et les nuages convectifs sont visibles à grande distance. Il peut y avoir des orages nocturnes dans la province mais pour cela, il faut habituellement qu'il y ait un support en altitude à grande échelle pour les maintenir en vie. Parfois, une « tempête surprise » se produit au petit matin dans les régions où il y a eu de l'activité convective le jour précédent. Cela se produit quand de l'humidité résiduelle dans les niveaux moyens laissée par un orage précédent devient déstabilisée au matin par suite du refroidissement par rayonnement du sommet du nuage au cours de la nuit. La présence d'altocumulus castellanus (ACC) est un bon indice de ce processus.

Les courants convectifs créent un environnement passablement turbulent jusqu'à 9 000 ou 10 000 pieds durant les chaudes journées ensoleillées d'été, même quand le ciel est clair. Ces courants sont plus marqués le long des pentes de collines et de vallées plus fortement réchauffées et au-dessus des champs fraîchement cultivés ou en jachère.

L'évapotranspiration des cultures est une source importante d'humidité à bas niveaux pour le développement des cellules durant la saison de convection. Elle est maximale durant la saison de croissance de juin et juillet et diminue quand les cultures s'approchent de la maturité en août. La quantité et l'intensité de l'activité convective sont bien corrélées avec cette progression.

En plus des risques évidents d'éclairs et de grêle, les vents violents et destructeurs sont une menace constante pour l'aviation durant la saison de convection. Les tornades, qui sont bien sûr les événements de vent les plus violents, sont observées en moyenne sept fois par année dans la province, mais ces phénomènes sont localisés et durent habituellement moins d'une heure. Les tornades au plein sens du terme sont associées aux gros orages violents, ou supercellules. Étant donné les nombreux dangers qu'elles présentent, les pilotes les fuient comme la peste. Cependant, un phénomène qui se produit beaucoup plus souvent, et qui est plus difficile à éviter, est le « tourbillon à noyau froid » qui s'accompagne de son propre ensemble de dangers. Ces tourbillons sont généralement associés aux dépressions froides quand l'air se déplace au-dessus de la terre chaude. Ils touchent rarement le sol et sont certainement moins dangereux que les tornades, mais ils indiquent néanmoins l'existence d'une tur-

bulence considérable. Ils sont souvent associés à de vastes zones de cumulus et de stratocumulus fragmentés à couverts avec des bases déchiquetées et produisant des averses dispersées. Dans cette zone, un courant ascendant particulièrement fort peut produire un petit tourbillon. Les tourbillons à noyau froid sont plus courants au printemps et à l'automne.

Il est à remarquer que toute cellule convective peut produire de forts vents en rafales et de la turbulence forte, même celles qui semblent inoffensives. Les courants qui descendent des cellules précipitantes produisent aussi beaucoup de rafales à la surface en s'étalant lorsqu'ils atteignent le sol et, si les cellules sont assez grosses et organisées dans une zone, elles peuvent former un front de rafales. Les microrafales sont particulièrement préoccupantes en Saskatchewan à cause de la sécheresse inhabituelle de l'atmosphère. Dans un environnement sec, la base des cellules est toujours assez élevée. Les précipitations qui tombent de ces cellules s'évaporent habituellement avant d'atteindre la surface, mais entraînent quand même l'air en le tirant vers le bas. Le refroidissement par évaporation accélère ce mouvement vers le bas jusqu'à ce que l'air frappe la terre et soit forcé de s'étaler horizontalement.

Bien que les côtes canadiennes soient certainement plus venteuses que la Saskatchewan, cette province est quand même connue pour ses « vents de prairies ». L'absence d'éléments topographiques qui pourraient entraver la circulation et créer des régions abritées explique en partie cette réputation. En hiver, la circulation moyenne est du nord-ouest, mais elle devient du sud-est au printemps et les mois d'avril et de mai sont normalement les plus venteux. Au cours du printemps et de l'été, il n'est pas rare d'observer des vents du sud très chauds et secs en provenance du sud-ouest américain. Ces vents assèchent la surface dans les terres agricoles du sud et occasionnent des visibilités réduites dans le chasse-sable et le chasse-poussière en moyenne 15 heures par année, mais ces événements diminuent après mai, quand les cultures stabilisent le sol.

## (b) Hiver

L'hiver en Saskatchewan est long et d'un froid cinglant, moins de la moitié de l'année étant exempt de température sous le point de congélation. Les quantités de neige ne sont pas très grandes, passant d'une moyenne annuelle de 100 cm dans le sud à 175 cm dans le nord, mais c'est une importante source d'humidité pour les réserves souterraines. Les bonnes conditions de vol sont la norme, avec des périodes de temps clair, froid et très sec qui durent souvent plusieurs jours. La direction dominante du vent, tant à la surface qu'en altitude, est le nord-ouest. Cette direction est associée à de l'air continental arctique froid qui ne renferme que peu d'humidité, ce qui rend improbables les plafonds bas et les visibilités réduites. Cependant, ces vents du nord-ouest sont, en général, plus forts dans le sud que dans le nord et, avec la complicité du terrain très plat, peuvent occasionner localement des visibilités réduites dans la poudrière.

La période de transition durant laquelle de l'air arctique froid s'amène depuis le nord pour remplacer une masse d'air plus tempérée au-dessus des Prairies s'appelle une poussée d'air arctique ou une invasion d'air arctique. Généralement, le long du bord d'attaque de cet air froid, il y a des averses de neige et les conditions de vol seront marginales pendant un moment. Un autre problème pour l'aviation vient des vents du nord-ouest en rafales du côté froid de l'invasion, qui produiront probablement une forte turbulence mécanique dans les bas niveaux ainsi que de la poudrerie, en particulier dans les régions où il a neigé récemment.

Les blizzards sont les tempêtes d'hiver les plus dangereuses en Saskatchewan. La neige ne tombe pas nécessairement en grande quantité, mais la visibilité est réduite à près de zéro dans la neige et la poudrerie. Pour qu'une tempête porte le nom de blizzard en Saskatchewan, la visibilité doit être réduite à moins de 5/8 de mille pendant au moins quatre heures. Janvier est le mois le plus prisé par ces tempêtes et elles se produisent plus fréquemment dans le sud-ouest, où l'on observe en moyenne deux véritables blizzards par année.

### (c) Périodes de transition

Le début du printemps correspond à une augmentation de la fréquence des mauvaises conditions de vol à bien des endroits en Saskatchewan. C'est une période au cours de laquelle la circulation moyenne en surface commence à tourner vers le sud-est et toute circulation avec une composante d'est remonte une pente dans de grandes parties de la Saskatchewan. La formation de stratus est favorisée par une abondance d'humidité dans les bas niveaux fournie par la fonte de la neige et par les lacs qui commencent à se libérer de la glace. Quand les longues journées chaudes de l'été arrivent, les mauvaises conditions de vol se font plus rares étant donné que tous les niveaux de l'atmosphère deviennent progressivement plus secs. La principale exception à cette règle est le passage occasionnel d'une dépression froide; les conditions de vol pourront se dégrader au nord de son centre, dans l'écoulement d'est.

Le printemps est une saison plutôt venteuse et la turbulence mécanique est habituellement présente dans les deux cents à trois cents premiers pieds de l'atmosphère quand la vitesse du vent dépasse 15 noeuds. Cette turbulence est rarement forte mais suffit souvent à rendre le vol des petits avions saccadé.

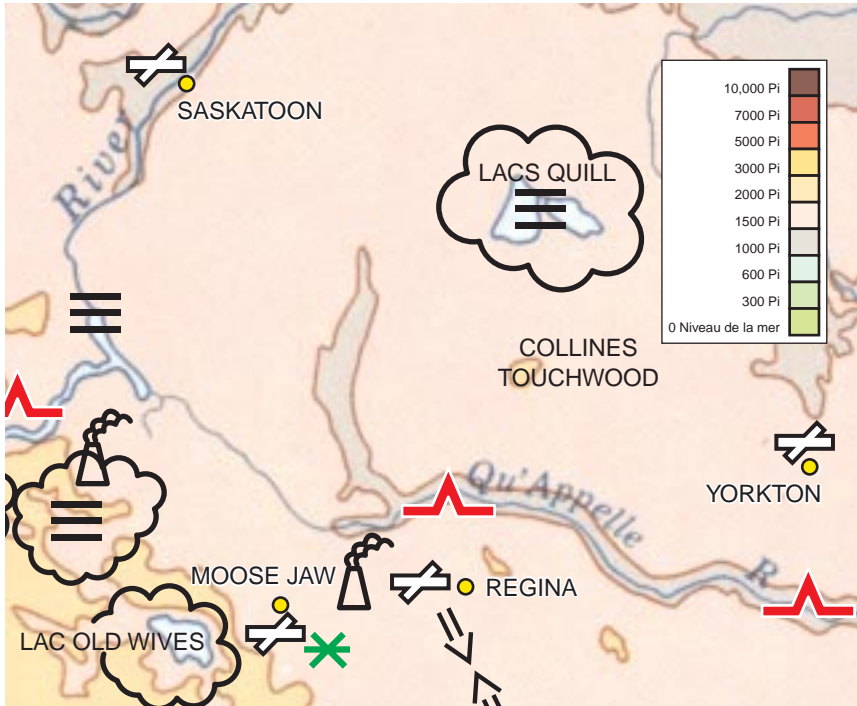
L'automne, au moins dans la partie sud de la province, offre du temps assez sec et agréable, surtout durant sa première moitié. Dans le nord, la probabilité du stratus augmente en raison de l'humidité fournie par les nombreux lacs formés par les glaciers. Certains des plus grands lacs dans la moitié nord de la Saskatchewan ont une superficie assez grande pour produire des courants de neige quand l'air qui passe au-dessus de leurs eaux libres est suffisamment froid. Généralement, ceci requiert que les vents soient du nord ou du nord-ouest.

## Effets locaux dans le sud de la Saskatchewan

Cette région de la province est, en grande partie, une vaste étendue de terres agricoles ondulées ponctuées par quelques chaînes de collines plus grosses et par des vallées fluviales bien marquées qui tombent quelquefois de quelques centaines de pieds au-dessous du terrain environnant, comme dans le cas de la vallée Qu'Appelle. La principale exception est le terrain rugueux du coin sud-ouest de la province, au sud de la Transcanadienne. Les principales caractéristiques orographiques de cette région comprennent le coteau Missouri au sud de la rivière Saskatchewan Sud, les collines du mont Wood, partagées avec les États-Unis, et l'est des collines du Cyprès. Cependant, il est à remarquer que les caractéristiques orographiques de la Saskatchewan qui, à première vue, semblent fort modestes, peuvent avoir une influence importante sur les conditions dans les très bas niveaux. Elles produisent de petits changements dans l'écoulement en surface qui peuvent engendrer des zones de turbulence et de cisaillement du vent ou créer des régions dans lesquelles les inversions sont fréquentes, comme dans le bassin de la Souris. La plupart des chaînes sont suffisamment élevées pour produire de très mauvaises conditions de vol quand les hauteurs de plafonds dans la région sont marginales. Ce sont aussi des endroits qui favorisent l'amorce d'une convection tôt dans la journée, étant donné que les courants ascendants peuvent être produits ou amplifiés par le réchauffement différentiel, le soulèvement orographique et la convergence en surface.

Le mouvement des systèmes d'échelle synoptique, comme les fronts froids, est habituellement facile à prévoir quand ils s'approchent de la région et la traversent, puisqu'il n'y a pas de gros éléments topographiques pour les influencer. La convection de masse d'air simple peut aussi être assez facile à prévoir. Une évaluation visuelle de l'état des cumulus et des cumulus bourgeonnants le matin suffit souvent à indiquer comment se déroulera le reste de la journée.

## De Regina à Saskatoon



Carte 4-18 - De Regina à Saskatoon

Un large bassin horizontal formé par les rivières Souris et Moose Jaw et par le ruisseau Wascana constitue la caractéristique topographique principale qui influence le temps à Regina et, en fait, dans tout le corridor de Minot à Estevan, Weyburn, Regina, Lumsden et, parfois, dans les régions plus loin au nord-ouest. Les circulations du sud-est, canalisées dans cette vallée, apportent fréquemment du stratus et du brouillard, qui se sont formés en amont dans la région de Regina. Bien que ce phénomène puisse se produire n'importe quand dans l'année, il est plus fréquent de la fin de l'automne au début du printemps. Il accompagne normalement un système de basse pression qui s'avance vers l'est sur le Montana et les Dakotas ou sur le sud ou le centre de la Saskatchewan ou une crête de haute pression qui se bâtit sur le Manitoba. L'une ou l'autre de ces situations synoptiques fournissent la circulation ascendante persistante du sud-est requise pour donner naissance au stratus.

On estime que les conditions à Regina sont bonnes de 90 à 95 pour cent du temps. C'est vers la fin de la période de transition de l'automne (de la mi-octobre au début de novembre), quand les lacs sont encore libres, qu'on observe le plus souvent des périodes prolongées de mauvaises conditions de vol. L'air froid qui alors s'avance depuis le nord ou le nord-ouest absorbe de l'humidité en passant au-dessus des lacs libres. Une bonne partie de la région peut se couvrir de nuages bas. Même si la circu-



lation devient du sud-est, l'effet Souris/Wascana mentionné ci-dessus peut prolonger le problème.

Les orages sont communs dans la région, mais ceux qui se déplacent vers Regina depuis l'ouest ou le sud-ouest ont tendance à se séparer en amont de la ville, et à suivre ou à se développer le long de la vallée Qu'Appelle au nord et le long du versant ouest du bassin au sud-est de Moose Jaw.

Regina est considéré comme un endroit très venteux par les pilotes locaux et plusieurs estiment que c'est là où les conditions météorologiques sont les plus difficiles, en particulier l'été. Les jours de vent calme sont rares et, la plupart du temps, le vent souffle en rafales du sud-est ou du nord-ouest. La turbulence mécanique est courante jusqu'à 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer, mais elle est rarement forte.

Quand un front froid s'avance depuis le nord-ouest, Saskatoon et Elbow sont de bons endroits en amont pour voir les signes (changements de pression, de température, de vent) du passage du front. On peut se servir de ces deux stations pour prévoir l'arrivée et la force du front à Regina.

Le trajet entre Regina et Saskatoon passe au-dessus du territoire agricole plat du bassin de la Souris et des plaines du centre-ouest, Regina se trouvant à seulement 240 pieds au-dessus du niveau de Saskatoon. Entre les deux, et plus près de Saskatoon que de Regina, se trouvent les collines Allan. Elles sont légèrement inclinées et ne s'élèvent en moyenne qu'entre 300 et 500 pieds au-dessus du terrain environnant, mais avec un vent du nord ou du nord-est remontant la pente et assez humide dans les bas niveaux, le stratus peut couvrir la région et les plafonds seront plus bas au-dessus des collines qu'aux aéroports de Regina ou de Saskatoon. L'automne et le début de l'hiver sont les périodes où ces conditions se produisent le plus fréquemment. Quand on vole entre ces deux points, si les conditions sont bonnes à Saskatoon mais mauvaises à Regina, le début du stratus se trouve souvent dans la région des collines Allan. En fait, les systèmes météorologiques qui passent sur le sud des Prairies répandent souvent des nuages bas vers le nord, parfois jusqu'à une ligne allant des environs de Rosetown à Hanley au bord des collines Allan. Au-delà de cette ligne, la composante ascendante du terrain devient presque imperceptible.

## De Regina à Yorkton et vers l'est



Carte 4-19 - De Regina à Yorkton

Dans l'ensemble, le terrain est assez uniforme le long de cette route, avec une élévation qui augmente entre le bassin de la Souris/Wascana et la vallée de la rivière Qu'Appelle. Une fois au nord de la Qu'Appelle, il y a des régions de terrains plus élevés au nord-ouest (les collines Beaver) et au sud-est (les collines Pheasant). Les plafonds au-dessus des collines peuvent être bas quand des conditions marginales sont signalées à Regina ou à Yorkton, mais il est facile d'éviter les terrains élevés en restant à proximité de la route 10 qui passe dans une vallée entre les deux chaînes. La rivière Qu'Appelle présente le seul relief distinctif le long de la trajectoire de vol, car elle coule dans une fosse escarpée à environ 400 pieds au-dessous de la surface des terres environnantes. Comme celles formées par la plupart des rivières et des ruisseaux dans la région, la fosse de la vallée de la Qu'Appelle est comprise à l'intérieur d'un plus grand bassin hydrographique, et la turbulence peut y être présente dans les bas niveaux alors qu'elle ne crée de problème nulle part ailleurs. La direction du vent peut changer d'un bout à l'autre de la vallée, ce qui force les pilotes à modifier l'assiette de l'avion pour qu'il demeure sur sa trajectoire. Les nuages convectifs peuvent prendre de l'extension le long de la vallée aussi, et les cellules ont tendance à suivre les terrains plus bas, vers l'est, au sud de Yorkton.

Yorkton est situé dans une région de terrains plats entre les collines Beaver, à l'ouest, et les monts Duck et Riding, à l'est, près de la frontière du Manitoba. Les pilotes considèrent que l'endroit présente peu de surprises, ni sur le plan topographique, ni sur le plan météorologique.

Yorkton est moins venteux que Regina et il est rare que la turbulence mécanique soit un problème sérieux dans la région. Les vents dominants sont soit du nord-ouest soit du sud-sud-est. Les vents du quadrant nord-est sont plutôt rares. Durant l'automne, les vents du nord ou du nord-ouest apportent fréquemment des nuages bas et

du brouillard, et le phénomène est accentué par l'humidité que rejette le lac Good Spirit au nord-ouest de la ville. Les hauteurs de précipitations sont aussi plus élevées dans le sud-est de la Saskatchewan, car cette région est plus proche de la trajectoire des systèmes synoptiques humides qui se déplacent vers le nord-est depuis le centre et le sud des États-Unis. Par conséquent, la période au cours de laquelle une grande quantité d'humidité dans les bas niveaux est disponible en raison de la fonte de la neige s'étire dans le printemps.

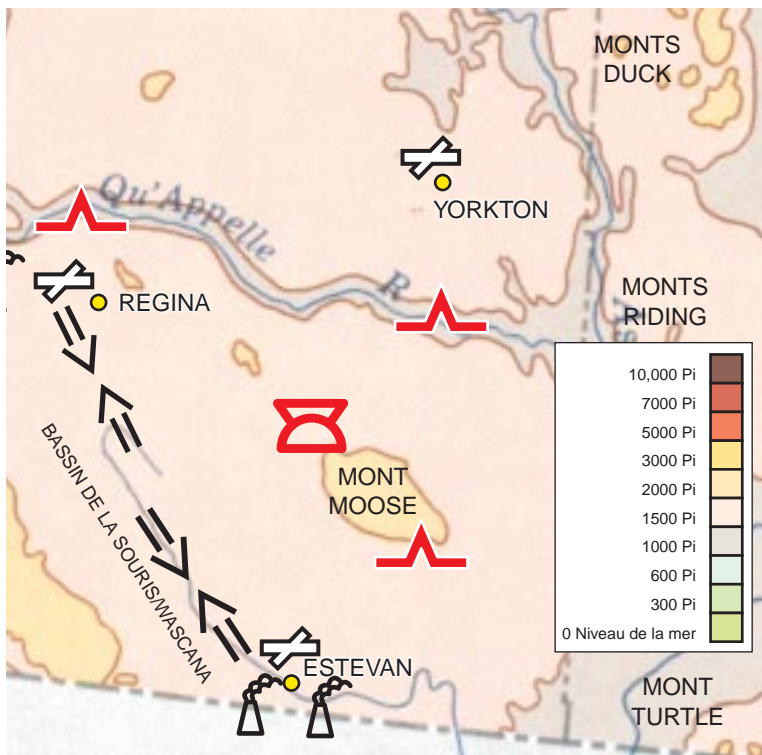
Il y a des courants convectifs en air clair pendant les journées ensoleillées du printemps, de l'été et de l'automne, en particulier au-dessus des champs labourés, et ceci rend les vols plus cahoteux à basse altitude. Au printemps, la neige fond d'abord dans les champs labourés et les différences dans le réchauffement de la surface dues aux brusques différences d'albédo accentuent les courants ascendants et descendants.

### **Yorkton et vers l'est**

La vallée de la rivière Assiniboine, de direction approximativement nord-sud, passe juste à l'est de Yorkton. Les nuages bas peuvent s'installer dans la vallée, en particulier autour du Lake of the Prairies, un long lac artificiel qui s'étend au nord d'un barrage près de Shellmouth. Cette région favorise aussi une convection accentuée.

À l'est de la rivière Assiniboine, le terrain s'élève en formant une série de collines et de chaînes. Bien au nord de Yorkton, chevauchant la frontière Manitoba/Saskatchewan, se trouvent les collines de Porcupine et plus loin au sud, et principalement au Manitoba, les monts Duck et les monts Riding. Il y a plusieurs lacs dans la région et le sol est assez humide. Une circulation de l'ouest se trouve à remonter la pente et les plafonds et visibilité peuvent se détériorer, même si les conditions à Yorkton sont bonnes. Les terrains les plus élevés sont souvent masqués par les nuages quand les conditions sont marginales à Yorkton ou à Dauphin, au Manitoba.

## De Yorkton à Estevan



Carte 4-20 - De Yorkton à Estevan

Tout comme pour le trajet entre Yorkton et Regina, la vallée de la rivière Qu'Appelle est la principale caractéristique topographique sur la route. La tranchée de la vallée est encore assez abrupte à cet endroit, comme l'est celle du ruisseau Pipestone, qui se jette dans la Qu'Appelle au nord de Broadview. La topographie de cette région est assez variée et peut produire des tourbillons turbulents dans les bas niveaux quand les vents soufflent en rafales. À environ 40 milles au sud de Broadview, le terrain s'élève brusquement, d'environ 700 pieds, pour former le mont Moose puis s'abaisse dans le bassin de la Souris de l'autre côté. Les sommets du mont Moose sont souvent obscurcis lorsqu'il y a des nuages bas dans la région et il y a de nombreux petits lacs dans la région pour augmenter leur longévité. On rencontre souvent, au-dessus de ces montagnes, spécialement celles au nord-est, de la turbulence mécanique en deçà de 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Les hauteurs annuelles de précipitations sont plus grandes dans cette région que partout ailleurs dans le sud de la Saskatchewan et la majeure partie de ces précipitations tombent en été quand les systèmes de basse pression arrivent depuis le sud en transportant de l'air humide et chaud du golfe du Mexique. Plus d'humidité dans les

bas niveaux augmente le risque de temps convectif violent et, de fait, le plus grand nombre de jours avec orage se produit dans ce coin de la province.

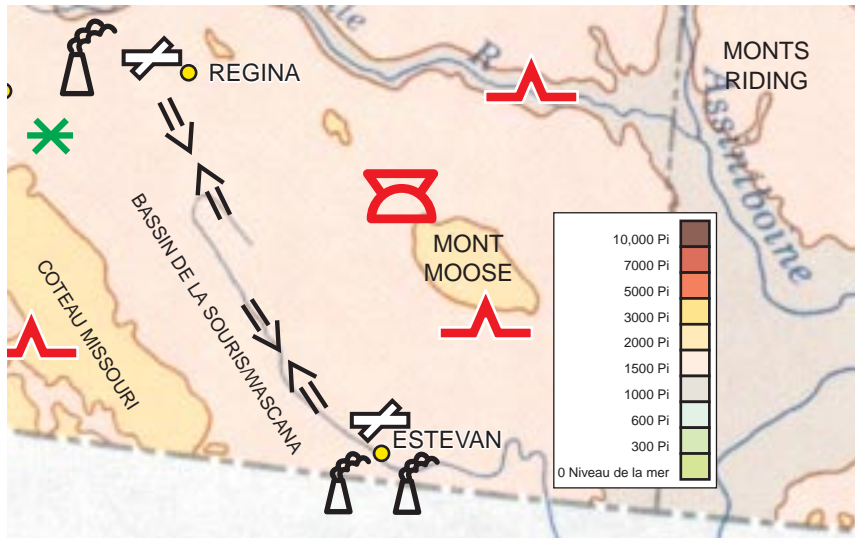
L'aéroport d'Estivan est situé à 4 milles au nord de la ville du même nom qui, elle, se trouve dans une zone d'extraction charbonnière active. Le service public d'électricité provincial utilise ce charbon pour alimenter deux grosses centrales électriques dans la région. L'usine la plus moderne, « Shand », se trouve à environ 8 milles au sud-est de l'aéroport. La plus ancienne et la plus grosse, « Boundary », se trouve à peu près à la même distance au sud-ouest. Les deux usines sont équipées de dépoussiéreurs électriques qui réduisent la quantité de pollution produite par la combustion du charbon. Cependant, ces installations rejettent une énorme quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère chaque jour.

Tout dépendant des conditions atmosphériques locales, cette humidité supplémentaire peut produire des variations marquées dans les conditions du temps dans la région qui entoure la ville et l'aéroport. N'importe quand dans l'année, mais surtout en hiver, les inversions peuvent retenir l'humidité près de la surface et produire localement des conditions de vol marginales ou encore pires. L'hiver par temps froid, la visibilité est fréquemment réduite dans les cristaux de glace sous le vent des usines et ceci peut aussi se produire quand la température est plus élevée que celle normalement associée à ce phénomène (habituellement sous  $-16^{\circ}\text{C}$ ). Une circulation du sud-est, souvent déjà chargée d'humidité et associée aux plus mauvaises conditions météorologiques dans la région, se trouve davantage saturée par les émissions de ces usines, ce qui accentue les conditions de nuages bas et de brouillard.

La direction du vent la plus commune est le nord-ouest et le vent souffle souvent latéralement au-dessus de la piste principale qui est orientée ouest-est. Ces circulations sont aussi connues pour apporter des nuages bas et du brouillard à Estivan, tout particulièrement au printemps et à l'automne, avec une crête de haute pression se bâtissant depuis le nord ou le nord-ouest.

Autrement, Estivan jouit d'un fort pourcentage de jours avec des conditions propices au vol. Les vents sont la principale préoccupation des pilotes et la turbulence mécanique, rarement forte, est fréquente jusqu'à 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. On observe souvent des nuages lenticulaires stationnaires, parfois à une hauteur assez faible, avec une forte circulation du sud-ouest en altitude au-dessus du coteau Missouri. Les nuages convectifs ont tendance à se former en amont dans les écoulements instables du sud-ouest. Les grosses cellules sont visibles à grande distance, et donc les « surprises » de temps violent sont inhabituelles. Les courants convectifs sont aussi la cause de vols cahoteux à basse altitude en hiver, en particulier au-dessus des champs labourés.

### Estevan - Regina (Bassin de la Souris/Wascana)



Carte 4-21 - Estevan - Regina (Bassin de la Souris/Wascana)

Le bassin de la Souris/Wascana est l'une des caractéristiques de surface les plus délicates dans le sud de la Saskatchewan mais, sûrement à cause de sa dimension totale, est l'un des facteurs topographiques qui ont le plus d'influence sur les conditions du temps dans la région. Tel que mentionné auparavant, le bassin s'étire depuis le sud-est à travers Estivan et jusque dans la région de Lumsden/Elbow. Il est plus large dans sa partie sud que dans sa partie nord, ce qui fait que les vents du sud s'y trouvent canalisés et accélérés.

Le bassin est assez peu profond, 300 pieds en moyenne au-dessous du terrain au sud-ouest (coteau Missouri) et au nord-est (régions des collines Touchwood - Indian Head - mont Moose). Cependant, des inversions persistantes, ayant jusqu'à 800 pieds d'épaisseur, sont courantes dans la région, en particulier de la fin de l'automne au début du printemps. Quand une inversion est présente, la couche froide est habituellement humide et stagnante ou est alimentée par une circulation du sud-est humide dans les bas niveaux. Ceci produit, maintient ou apporte du stratus et du brouillard dans la région. En règle générale, les endroits situés du côté sud-ouest du bassin jouissent de conditions meilleures que ceux situés au centre ou dans la région au nord-est. Quand cela se produit, les vents au-dessus de l'inversion sont habituellement plus forts, plus chauds et plus secs et proviennent du sud-ouest ou de l'ouest. L'inversion s'érode ou se brise plus tôt et assez facilement le long du versant sud-ouest du bassin sous l'effet des vents chauds en subsidence depuis le coteau Missouri, ce qui améliore les conditions à cet endroit. Cependant, la mince couche froide, avec les mauvaises conditions qui l'accompagnent, peut être passablement tenace dans les

secteurs du centre et de l'est. Il peut y avoir un important cisaillement directionnel du vent près du sommet de l'inversion dans une telle situation, surtout quand le vent dans la couche froide est assez fort et souffle du sud-est.

Au passage d'un système de basse pression d'échelle synoptique, il peut y avoir localement des précipitations accrues le long des flancs du bassin, là où le vent possède une trajectoire ascendante. Ceci est particulièrement vrai quand le système passe au sud et produit une circulation de l'est à travers le bassin, qui est forcée de remonter les flancs du coteau Missouri. En hiver, il peut en résulter d'importantes chutes de neige qui, combinées à des vents en rafales, pourront produire localement des conditions de blizzard avec des visibilité presque nulles dans la neige et la poudrerie.

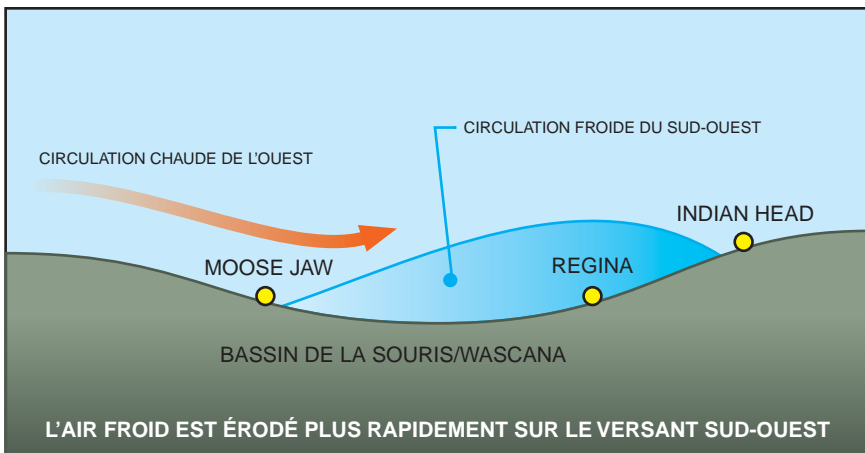
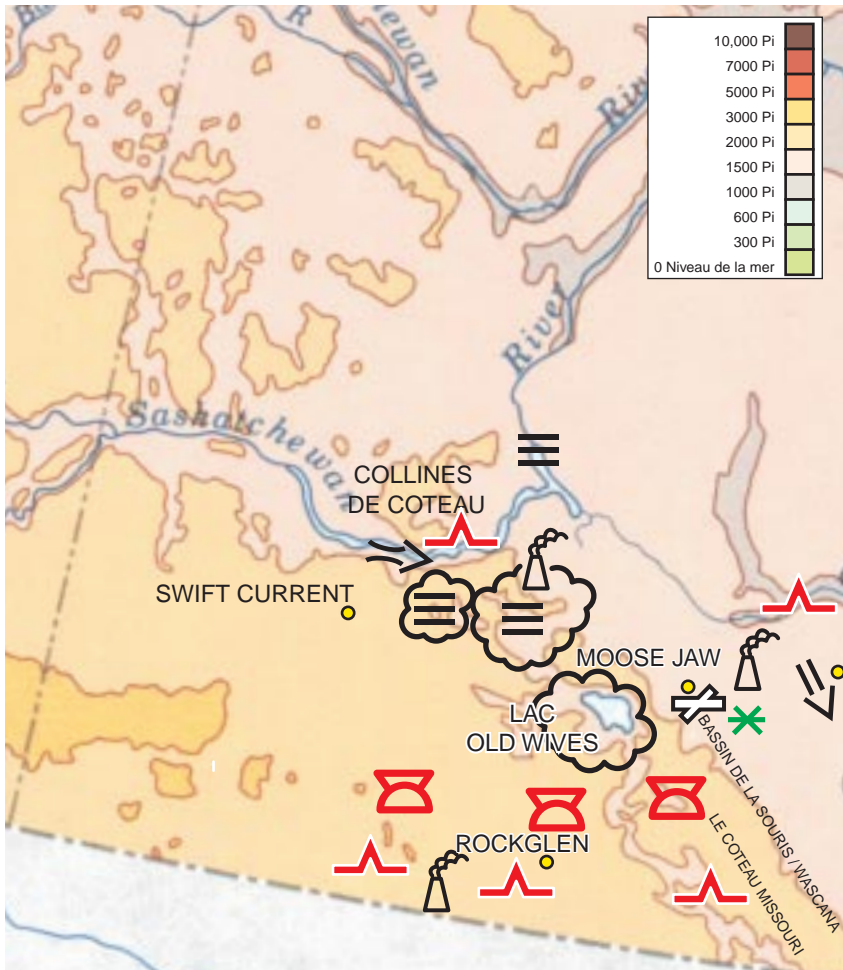


Fig. 4-6 - Lac d'air froid dans le bassin de la Souris/Wascana

## Le coteau Missouri



Carte 4-22 - Le coteau Missouri

Le coteau Missouri est une grande région de terrain assez accidentée formée de plusieurs chaînes de collines où se croisent des vallées et des coulées profondes. Sur le plan géologique, il s'étend vers l'ouest depuis le bassin de la Missouri/Wascana jusqu'aux collines du Cyprés et vers le nord-ouest jusqu'en Alberta à l'est d'Edmonton, mais sa partie la plus proéminente se trouve au sud du lac Diefenbaker. La myriade de formes de relief est le résultat de mouvements de glaciers durant plusieurs âges glaciaires ainsi que de la fonte et du ruissellement subséquents. Cela est particulièrement évident dans la partie sud-est (lac Big Muddy, monts Rockglen et Wood) et dans les collines Cactus au sud de Moose Jaw.

L'activité convective dans la région a tendance à commencer tôt le long des chaînes



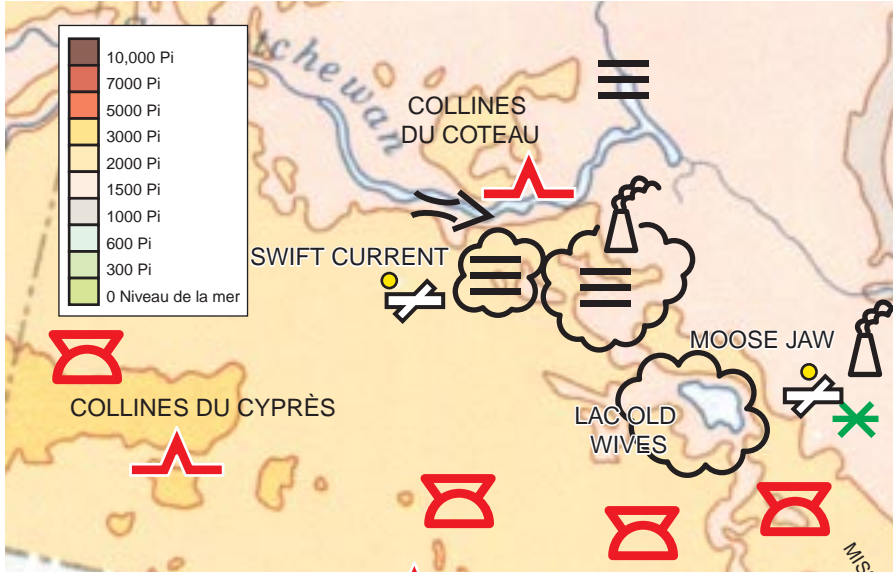
du coteau Missouri et dérive vers l'est à travers le bassin de la Souris/Wascana en continuant de s'intensifier. Le coteau même est typiquement une région de convection accentuée quand la masse d'air est instable. C'est en juin et en juillet que le temps violent est le plus probable, quand le réchauffement diurne et la quantité d'humidité dans les bas niveaux sont maximums. En raison de la nature complexe du terrain du coteau, les vents peuvent subir des effets d'entonnoirs de façon presque aléatoire. La turbulence mécanique en deçà de 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer est commune dans la région.

Les fortes circulations du sud-ouest peuvent produire de grandes étendues d'ondes stationnaires et de turbulence mécanique au-dessus et sous le vent du coteau. Des nuages lenticulaires sont souvent présents dans les bas et les moyens niveaux et indiquent la présence d'ondes sous le vent.

Le territoire étant semi-aride, il est peu fréquent d'observer beaucoup de brouillard de rayonnement en été. Le phénomène peut se produire là où de l'air froid s'accumule au creux des vallées et près des lacs. Il y a une centrale électrique alimentée au charbon, semblable à la centrale Shand près d'Estivan, située sur la rivière Poplar à l'est de Rockglen. Cette installation est la cause de mauvaises conditions localement, car ses émissions contiennent une grande quantité de vapeur d'eau. Les collines du Cyprès s'élèvent en moyenne à environ 1400 pieds au-dessus du territoire environnant et abritent l'une des rares régions arborées du sud de la Saskatchewan. C'est là que l'on retrouve les plus hautes élévations de la province, à plus de 4500 pieds au-dessus du niveau de la mer près de la frontière de l'Alberta. Comme on peut s'y attendre, il y a souvent de la turbulence mécanique dans cette région jusqu'à plusieurs milliers de pieds au-dessus du terrain quand les conditions sont venteuses ou que la masse d'air est suffisamment instable pour donner du temps convectif. Des effets de pentes ascendantes et descendantes à petite échelle peuvent produire une détérioration ou une amélioration variable des conditions météorologiques sur de courtes distances, tout dépendant de la quantité d'humidité présente dans les bas niveaux et de la direction du vent. Les pentes orientées au nord des collines du Cyprès sont particulièrement touchées par des stratus de pente quand de l'air frais et humide envahit la région par le nord-ouest, le nord ou le nord-est. Quand les stations environnantes signalent des plafonds marginaux, les terrains plus élevés seront probablement masqués ou, à tout le moins, les plafonds y seront considérablement plus bas.

Les hauteurs de précipitations sont en général plus grandes dans les collines du Cyprès que dans la région environnante et les accumulations de neige peuvent être importantes au-dessus des hautes terres en hiver. En automne, quand les niveaux de congélation s'abaissent, la phase des précipitations peut souvent passer de liquide à solide, puis à nouveau à liquide, pendant la traversée des collines du Cyprès. Cette transition de phase peut occasionner de dangereuses conditions de givrage quand les températures sont suffisamment froides.

## De Swift Current à Moose Jaw



Carte 4-23 - De Swift Current à Moose Jaw

Swift Current est situé au nord des sections les plus accidentées du coteau Missouri et des collines du Cyprès, mais la plupart des conditions météorologiques locales sont encore attribuables à l'influence de ces éléments de relief. Les circulations du sud-ouest ou de l'ouest doivent remonter ou contourner les collines du Cyprès, ce qui produit occasionnellement un « effet de chinook » en hiver de même qu'une certaine accélération des vents de ces directions quel que soit le moment de l'année. On peut s'attendre à des ondes sous le vent ou de la turbulence mécanique jusqu'à 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer avec de tels vents. La surface du terrain local est plutôt douce, mais il y a plusieurs chaînes de collines dans la région ainsi que des rivières qui coulent au creux de fosses profondes. La rivière Saskatchewan Sud et le lac Diefenbaker, juste au nord de Swift Current, s'incurvent dans une fosse qui s'abaisse de 500 pieds au-dessous de la région environnante. Le terrain autour de ces éléments exhibe une configuration idéale pour accroître la turbulence mécanique et des sautes de vent erratiques.

Les événements de nuages bas à Swift Current sont habituellement le résultat de l'une ou l'autre de deux situations. Durant les mois d'automne, les circulations fraîches et humides du nord-ouest ou du nord doivent suivre une pente ascendante en sortant de la vallée de la Saskatchewan Sud et rencontrer le terrain qui s'élève au sud de la ville. Parfois, du stratus envahit la région depuis l'ouest, mais ce sont généralement des nuages qui se sont formés dans l'écoulement ascendant du nord puis qui ont été déviés vers l'est par les collines du Cyprès. Dans le second cas, des nuages bas

peuvent aussi arriver par le sud-est dans un écoulement de cette direction. Cela est fréquent en automne mais se produit aussi en hiver et au printemps, en particulier pendant ou après une période de fonte de la neige.

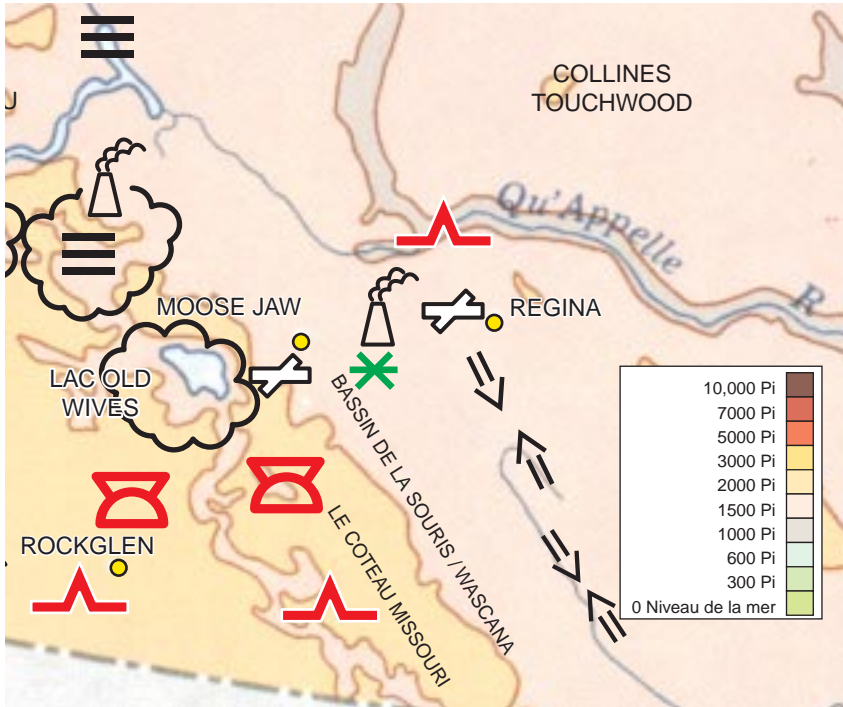
Il y a plusieurs étangs d'eaux usées juste au nord-ouest de l'aéroport de Swift Current. Afin de réduire le volume d'eau dans les retenues en hiver, les autorités locales utilisent ce que l'on pourrait décrire comme une sorte de machine à fabriquer de la neige. Quand les températures sont sous les  $-10^{\circ}\text{C}$ , les machines sont mises en marche et injectent le fluide dans l'air dans l'espoir qu'il s'évapore ou se sublime et soit emporté par le vent. Ce procédé a tendance à produire localement du stratus et du brouillard qui peuvent directement affecter l'aéroport quand les vents sont du nord-ouest.

La route de Swift Current à Moose Jaw suit la Transcanadienne et celle-ci traverse plusieurs vallées peu profondes séparées par des chaînes ou des lignes de collines, dont la plupart sont grossièrement alignées du nord-ouest au sud-est. Bien que ces éléments de relief ne soient pas aussi proéminents que ceux que l'on retrouve plus loin au sud, ils peuvent engendrer de la turbulence mécanique dans les bas niveaux quand les vents soufflent de travers avec eux.

Il y a plusieurs autres lacs peu profonds dans la région. Les plus grands d'entre eux sont les lacs Reed et Chaplin, près de la Transcanadienne, et le lac Old Wives, au sud-ouest de Moose Jaw. La taille de ces lacs peut considérablement varier selon la quantité de précipitations et d'évaporation qui surviennent au cours d'une année donnée. Ces lacs peuvent être à l'origine de plusieurs effets locaux : du brouillard local au cours des nuits d'été fraîches et claires; une convection accentuée en raison de l'humidité supplémentaire dans les bas niveaux; du brouillard et du stratus quand l'écoulement est de l'ouest ou du nord-ouest à l'automne; et, occasionnellement, quelques chutes de neige accentuées tôt en hiver. De plus, comme d'autres lacs semblables, ils ne gèlent pas toujours complètement et peuvent continuer à injecter de petites quantités de chaleur et d'humidité dans la basse atmosphère durant l'hiver et tôt au printemps.

Il y a une usine de traitement de sulfate de sodium près de l'autoroute à l'extrémité nord du lac Chaplin. Quand l'usine fonctionne, ses émissions peuvent accroître (ou produire localement) de mauvaises conditions de vol dans le brouillard et les nuages bas. Les effets combinés de l'usine de sulfate de sodium et du lac pourraient expliquer l'origine d'une règle empirique locale : quand les plafonds sont mauvais ou marginaux à Swift Current et Moose Jaw, ils peuvent être jusqu'à 400 pieds plus bas près du lac Chaplin.

## De Moose Jaw à Regina



Carte 4-24 - La région de Moose Jaw

Moose Jaw se trouve du côté ouest du bassin de la Souris/Wascana sur les pentes est d'un terrain élevé qui fait partie du coteau Missouri. Cet endroit est avantageux, spécialement en hiver, car des vents de l'ouest en subsidence (les « chinooks » de Moose Jaw) érodent les minces inversions qui se forment fréquemment dans le bassin bien plus tôt qu'à d'autres endroits plus à l'est. Comme les vents dominants à Moose Jaw sont de l'ouest, la température y est habituellement de plusieurs degrés plus élevée qu'à Regina et les conditions y sont typiquement meilleures ou, au moins, ne sont pas mauvaises aussi longtemps.

Les écoulements de l'est remontent la pente ici et sont la cause de la majeure partie des cas de mauvais temps, tout particulièrement de l'automne au printemps. La configuration synoptique qui produit ces situations est généralement une zone de haute pression au nord et une zone de basse pression au sud. En hiver, les forts vents de l'est ou du sud-est suivent une pente ascendante et, en plus d'amplifier les chutes de neige, soulèvent la neige fraîchement tombée pour produire de mauvaises conditions dans la poudrerie. Les vents de l'ouest apportent aussi de la neige à Moose Jaw. Cependant, ces conditions n'atteignent éventuellement la région de l'aérodrome qu'après avoir déjà obscurci les terrains plus élevés plus à l'ouest, de telle sorte qu'il y a des indices d'une détérioration imminente.

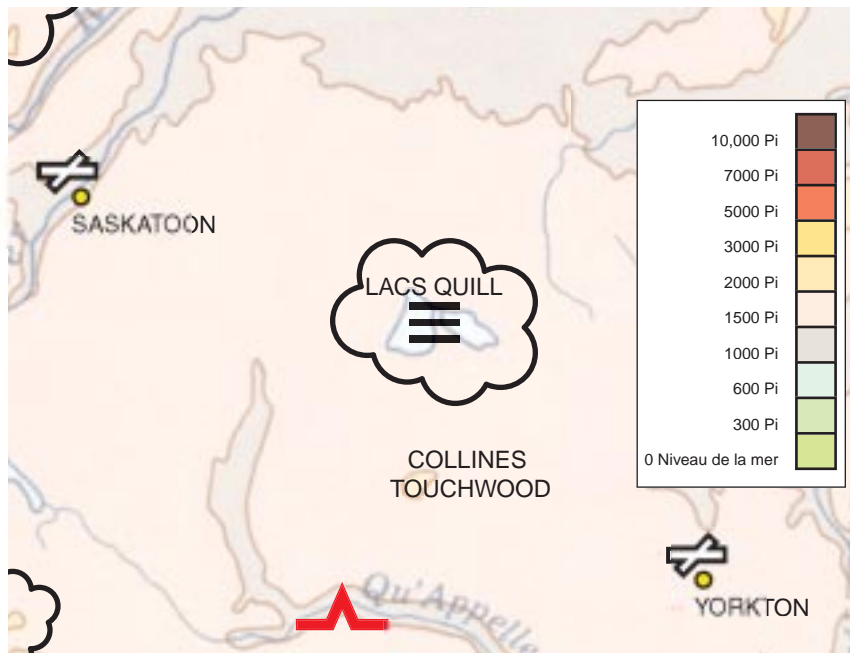
Comme nous l'avons mentionné, le coteau Missouri est réputé pour la convection accentuée qu'on y observe en été. Le lac Old Wives, au sud-ouest de Moose Jaw, est une autre caractéristique de la région qui peut amplifier l'activité convective en fournissant une humidité supplémentaire dans les bas niveaux. Il s'ensuit que les orages sont courants l'été à Moose Jaw.

Des vents forts du sud-ouest traversant le coteau peuvent engendrer beaucoup de turbulence mécanique ou de turbulence d'ondes orographiques à bas niveau au-dessus de Moose Jaw.

Des lignes de chemin de fer traversent la région et il y a plusieurs voies d'évitement à l'ouest de Moose Jaw, où des locomotives peuvent être en attente. En hiver, quand les vents sont légers et les températures froides, les gaz d'échappement de leurs moteurs peuvent favoriser la formation de brouillard glacé qui a tendance à s'accumuler dans la vallée du ruisseau Thunder, qui rejoint la rivière Moose Jaw dans la ville.

Entre Regina et Moose Jaw, il y a une « zone de transition » notable dans les conditions météorologiques qui ont tendance à être assez différentes aux deux endroits. Cette zone est particulièrement manifeste en hiver quand une inversion est présente dans le bassin de la Souris/Wascana (Regina) et que des vents de l'ouest plus secs et plus chauds ont repoussé l'air froid qui se trouvait à l'ouest. Belle Plaine, une localité près de l'autoroute entre les deux villes, où se trouve une grosse usine de potasse, marque couramment la frontière entre les bonnes conditions à l'ouest et les mauvaises à l'est. L'usine de potasse a probablement quelque chose à voir avec la prévisibilité de cette frontière. Si la frontière est plus loin à l'ouest, il peut y avoir des différences importantes entre les conditions observées à la station de la base militaire au sud de Moose Jaw et à l'aéroport municipal de Moose Jaw, à 6 ou 7 milles au nord-est de la ville.

## De Yorkton à Saskatoon



Carte 4-25 - De Yorkton à Saskatoon

Ce trajet amène aussi un pilote au-dessus d'un terrain assez plat; il y a moins de 20 pieds de différence d'élévation entre les deux aéroports. Les principaux éléments de relief sont les collines Beaver et Touchwood du côté sud dans la première moitié de la route et les collines Allan juste au sud-est du réservoir Blackstrap, près de Saskatoon. Ces collines peuvent être des obstacles dangereux quand les conditions de vol sont marginales aux stations d'observation et il s'y forme souvent une activité convective accentuée en été.

Les lacs Quill sont de grandes masses d'eau alcaline peu profondes situés approximativement à mi-chemin entre Saskatoon et Yorkton, juste au nord des collines Touchwood. En fait, le lac Big Quill est le plus grand lac salé du Canada. Ces lacs sont la cause de plusieurs changements marqués dans les conditions du temps le long de la route. Si la masse d'air est suffisamment instable, les lacs peuvent fournir assez d'humidité dans les bas niveaux pour amorcer et accentuer l'activité convective dans la région. En été, du stratus et du brouillard se forment fréquemment durant les nuits claires et fraîches au-dessus et autour des lacs et ils se déplacent ensuite avec le vent, ce qui crée un problème pour les opérations de vol jusque vers la fin de la matinée. Au cours de l'automne et tôt en hiver, les circulations froides de l'ouest ou du nord-ouest qui passent au-dessus de l'eau plus chaude produisent de grandes zones de nuages bas pouvant s'étendre en aval jusqu'à Yorkton. Ces nuages bas masquent habituellement

des courants de cellules convectives qui peuvent produire localement des précipitations accrues. Quand la température est assez basse, il faut s'attendre à de mauvaises visibilité dans les averses de neige. Comme les lacs ont un contenu élevé en substances minérales, ils ne gèlent pas facilement et la glace qui les couvre présente des « trous ». Ces trous continuent d'injecter de la chaleur et de l'humidité dans les bas niveaux de l'atmosphère durant l'hiver et au début du printemps, quoique à plus petite échelle. Finalement, les lacs sont une aire de reproduction pour un grand nombre d'oiseaux de rivage durant les mois chauds et les populations d'oiseaux s'installent plus loin durant la saison migratoire. Les pilotes devraient faire attention aux collisions avec les oiseaux dans cette région.

Quand cette région est dominée par une circulation possédant une composante d'ouest, les pilotes à Yorkton préfèrent utiliser Saskatoon plutôt que Regina comme indicateur des conditions météorologiques auxquelles ils peuvent s'attendre en amont. Les renseignements limités fournis par la station automatique de Wynyard peuvent donner une idée des conditions qui règnent dans le coin des lacs Quill, mais ils ne sont pas nécessairement représentatifs des conditions générales sur la route.

Saskatoon est situé dans une vaste région de terrain plat et dégagée dans le centre de la Saskatchewan. L'aéroport se trouve du côté nord de la ville et possède une climatologie assez simple, la fréquence des mauvaises conditions de vol y étant presque la plus basse en Saskatchewan. C'est de novembre à février qu'on observe le plus souvent du mauvais temps. La rivière Saskatchewan Sud traverse le centre de la ville du sud-sud-ouest au nord-nord-est, mais la vallée est plutôt large et possède des versants faiblement inclinés. Il y a des terrains plus élevés, les collines Allan, à environ 25 milles au sud-sud-est de la ville, mais ils ne s'élèvent qu'entre 400 et 500 pieds au-dessus de la région environnante. À cause du caractère découvert du terrain, il n'y a pas de direction vraiment dominante du vent à Saskatoon, bien que les vents du nord-ouest ou du sud-ouest soient légèrement plus fréquents. Les vents les plus forts sont presque toujours du nord-ouest.

Saskatoon connaît souvent du temps froid et clair en hiver, quand de l'air continental arctique sec entre par le nord. Ceci donne lieu à de fréquentes inversions à bas niveaux qui, occasionnellement, permettent la formation de brouillard glacé à partir des noyaux de condensation provenant des industries locales. Une centrale électrique du côté sud de la ville rejette parfois sa fumée jusqu'à l'aéroport dans des conditions d'inversion s'il y a des vents légers du sud, mais elle ne réduit habituellement pas la visibilité de façon importante.

## Effets locaux dans le nord de la Saskatchewan

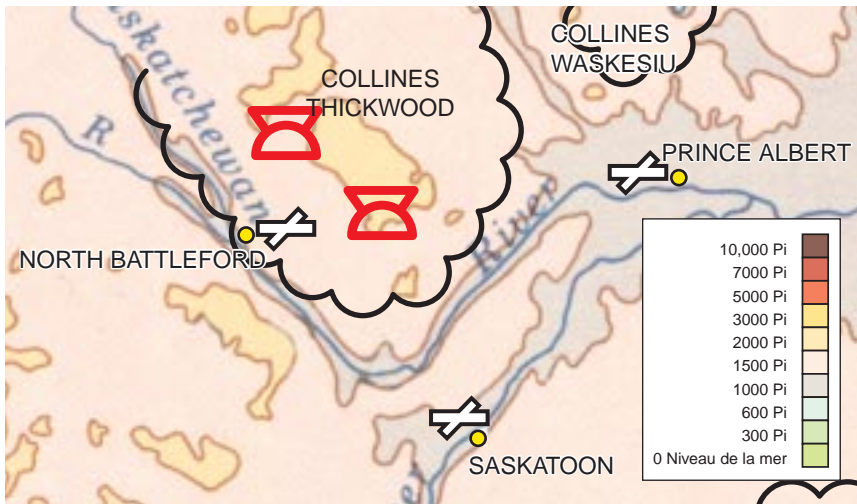
Aux fins de la description des conditions météorologiques pour l'aviation, le nord de la Saskatchewan sera défini comme la région de Prince Albert et toutes les régions au nord. Dans ces régions, le territoire constitue une transition allant de terres prin-

cipalement agricoles aux régions beaucoup moins densément peuplées des plaines boréales et des forêts du nord. Le territoire entre la rivière Saskatchewan et la rivière Churchill (entre Prince Albert et La Ronge) est caractérisé par de basses collines, plusieurs grands lacs et une forêt mixte vigoureuse. Les monts Mostoos, au nord de Meadow Lake, constituent l'élément topographique principal.

Au nord de la rivière Churchill, le terrain devient plus plat et les lacs deviennent beaucoup plus nombreux et plus petits. La roche du bouclier précambrien se trouve tout près de la surface dans cette région et le sol ne peut entretenir que des conifères rabougris. Le lac Athabasca et son bassin hydrographique dominent la région la plus au nord de la province. Ici, les affleurements de roche nue ne sont pas rares.

En général, l'activité convective décroît à mesure qu'on progresse vers le nord à cause du couvert forestier et des nombreux lacs. Comparativement au sud, les orages sont moins fréquents dans le nord de la Saskatchewan et, surtout, moins forts, la grosse grêle et les tornades étant extrêmement rares. Le nord connaît davantage de stratus, en particulier durant les saisons de transition, parce que les lacs injectent beaucoup d'humidité dans les bas niveaux. De même, les plus grands lacs dans la région du centre et le lac Athabasca au nord peuvent produire des courants de précipitations au début du printemps et à la fin de l'automne, en particulier dans un écoulement froid du nord ou du nord-ouest.

### Saskatoon - Prince Albert - North Battleford



Carte 4-26 - De Saskatoon à Prince Albert

Le trajet entre Saskatoon et Prince Albert suit principalement la large vallée de la Saskatchewan Sud. Le terrain autour de Saskatoon est une prairie uniforme, mais en allant vers Prince Albert, la couverture terrestre devient principalement de type forêt



boréale. Prince Albert est situé sur la rivière Saskatchewan Nord, juste à l'ouest du point où elle rejoint la rivière Saskatchewan Sud pour former la rivière Saskatchewan. À ce point, la vallée est très large et faiblement inclinée. Le long de cette route, le terrain s'abaisse graduellement vers le nord-est, Prince Albert étant situé 250 pieds plus bas que Saskatoon. Durant l'automne et tôt en hiver, quand un écoulement humide provient du quadrant nord-est, il se forme souvent du stratus le long de cette route.

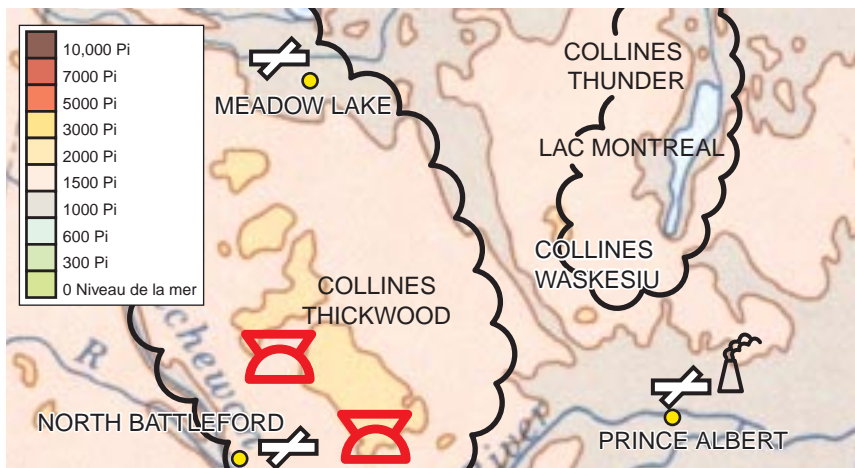
La principale caractéristique entre Prince Albert et North Battleford est l'extrémité sud des collines Thickwood, que l'on rencontre à peu près à mi-chemin et qui s'élèvent d'environ 1000 pieds au-dessus du terrain environnant. Si les conditions sont marginales à North Battleford ou à Prince Albert, elles seront certainement plus basses au-dessus des collines Thickwood, où les plafonds descendent parfois jusqu'au sol. Un écoulement humide de l'est ou du sud-est produit les plus mauvaises conditions, avec des stratus qui s'empilent du côté est. Même si un écoulement de l'ouest remonte aussi la pente du côté ouest des collines, il est généralement trop sec pour que des nuages se forment.

L'aéroport de North Battleford est situé du côté est de la ville. Les deux se trouvent juste au nord de la rivière Saskatchewan Nord. À cause de l'influence de la vallée orientée du nord-ouest au sud-est, les vents suivent presque toujours cet axe, ceux soufflant d'autres directions étant rares et généralement légers. Avec des collines s'élevant de chaque côté de la vallée, les collines Thickwood au nord-est et les collines Eagle au sud-ouest, le seul écoulement ascendant vient du sud-est dans la vallée. Si une circulation humide du sud-est recouvre le sud de la Saskatchewan de stratus, il y a alors presque toujours une détérioration progressive des plafonds, les valeurs les plus élevées étant observées à Moose Jaw et à Saskatoon et les valeurs les plus basses à North Battleford. Les hauteurs de plafonds continuent ensuite à se détériorer vers Lloydminster.

Au printemps et en été, s'il y a peu d'écart entre la température et le point de rosée durant la nuit, une large bande de brouillard et de stratus se forme souvent dans la vallée de la Saskatchewan Nord et s'étend sur l'aéroport de North Battleford. Elle commence habituellement à se dissiper vers 8h00, heure locale.

Le trajet menant de Saskatoon à North Battleford emprunte le terrain beaucoup plus plat de la vallée de la Saskatchewan Nord, avec les collines Thickwood du côté nord et les collines Eagle du côté sud. Si la région est couverte de stratus en raison d'une circulation de l'est, alors les plafonds s'abaissent graduellement en direction de North Battleford à cause de la légère augmentation d'élévation, mais sans réduction importante des plafonds en route. Les pentes sud des collines Thickwood sont réputées pour favoriser les développements convectifs durant la période estivale. Les cellules qui se forment dans cette région prennent généralement une direction sud-est le long de la vallée de la Saskatchewan Nord.

## De Prince Albert à Meadow Lake



Carte 4-27 - La région de Prince Albert

L'aéroport de Prince Albert est situé dans la vallée orientée est-ouest de la rivière Saskatchewan Nord, encastré dans un segment en U de la rivière, de telle sorte qu'il est entouré d'eau sur trois côtés. Ceci signifie que tout écoulement autre que du nord peut apporter du stratus ou du brouillard à l'aéroport depuis la vallée. Toutefois, c'est dans un écoulement de l'est que ceci a le plus de chances de se produire, car alors la pente est ascendante. De même, l'écoulement peut accumuler une importante quantité d'humidité dans les bas niveaux par suite de son passage prolongé dans les vallées orientées est-ouest des rivières Saskatchewan Sud et Saskatchewan Nord.

Il y a deux anomalies locales dans la topographie dont il faut tenir compte quand des nuages bas se trouvent dans la région. À environ 15 milles au sud-ouest de l'aéroport, le mont Red Deer s'élève à environ 300 pieds au-dessus du terrain environnant, et à 16 milles au nord-nord-ouest, les collines Handson's s'élèvent à un peu plus de 300 pieds.

Prince Albert est un endroit favorable au brouillard de rayonnement matinal à cause de sa proximité de la rivière. Ces événements sont plus fréquents d'avril à octobre, avec un maximum en août et septembre, quand les nuits deviennent plus longues et que le refroidissement par rayonnement est plus fort. Le brouillard de rayonnement diminue beaucoup durant les mois d'hiver, quand la rivière gèle, mais il y a toujours quelques événements de brouillard glacé dus aux rapides dans la rivière juste au nord de l'aéroport, qui gèlent plus lentement. Occasionnellement, il y a du brouillard glacé ou du stratus mince qui se forment à partir des émissions d'une usine de pâte à papier lorsqu'un vent léger souffle du nord-est et qu'il y a une inversion dans les bas niveaux. Un autre point dont il faut tenir compte en hiver à l'aéroport de Prince Albert est la fabrication de la neige à un centre de ski situé à un mille à l'ouest. Si les

vents sont légers de l'ouest, ils apportent de l'humidité dans les bas niveaux et possiblement du brouillard glacé à l'aéroport, ce qui occasionne un plafond bas et une visibilité réduite.

L'orientation de la vallée fluviale dans Prince Albert est de l'est vers l'ouest et ceci influence fortement le vent qui souffle habituellement le long de la vallée. Cependant, les vents les plus forts sont généralement du nord-ouest et se produisent derrière une dépression qui traverse la région.

En faisant route vers le nord-ouest de Prince Albert à Meadow Lake, on suit un trajet qui passe dans une dépression de terrain naturelle avec une chaîne de collines de chaque côté. Les collines Thickwood s'étendent sur une bonne partie de la distance du côté sud-ouest et les collines Waskesiu, beaucoup plus petites, sont du côté nord-est dans la première partie de la route. Plus près de Meadow Lake, au nord, culminent les collines Mostoos, mais elles ne sont sur la route ni d'un vol depuis Prince Albert ni depuis La Ronge. Ce trajet délimite approximativement les terres agricoles au sud et les forêts des plaines boréales au nord. Comme on pouvait s'y attendre, les circulations de l'est et du sud-est remontent la pente dans cette région et s'accompagnent habituellement de mauvaises conditions. Cependant, Meadow Lake n'est que 170 pieds plus élevé que Prince Albert, si bien qu'il n'y a généralement pas de grandes différences dans les conditions observées aux deux endroits. Normalement, il n'y a pas de conditions de vol plus mauvaises entre les deux aéroports si l'on peut éviter les collines des deux côtés.

L'aéroport et la ville de Meadow Lake sont situés dans une vallée orientée est-ouest créée par la rivière Beaver qui coule vers l'est depuis le lac Cold. La rivière même est à plus de 10 milles au nord de l'aéroport et, par conséquent, n'a pas beaucoup d'influence sur les conditions qui y règnent. Néanmoins, un vent du nord remonte la pente vers l'aéroport car il remonte le versant de la vallée. Les vents du nord ou du sud sont toutefois rares à Meadow Lake et, le cas échéant, sont plutôt légers. Meadow Lake est abrité des vents forts de presque toutes les directions; les vents du sud-ouest sont les plus fréquents mais il est rare que leur vitesse dépasse 10 noeuds.

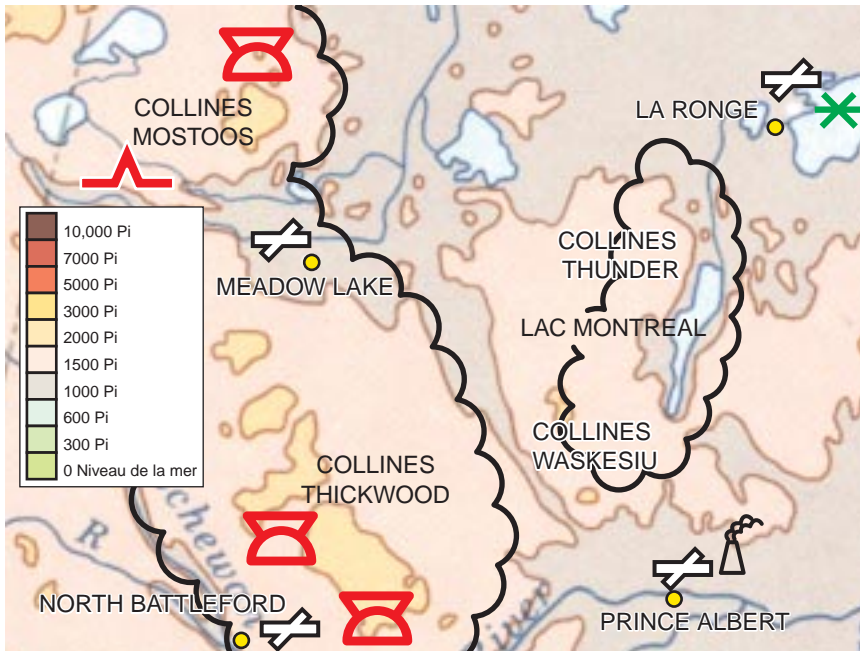
Meadow Lake ne connaît pas une forte incidence de visibilités réduites dans le brouillard, mais la période de juin à septembre est celle où l'on observe le plus souvent du brouillard de rayonnement matinal. En août, la fréquence du brouillard atteint un maximum d'environ 8 pour cent des jours avec une période de brouillard le matin. Le lac qui donne son nom à la ville se trouve à environ 4 milles et sans aucun doute joue un rôle en fournissant de l'humidité dans les bas niveaux pour la formation du brouillard.

Les basses terres entre Cold Lake, Meadow Lake, Prince Albert et même vers le nord-est en direction de La Ronge offrent des conditions météorologiques généralement sûres et fiables. Les régions les plus dangereuses sont directement au nord et au

sud de Meadow Lake. En volant vers le sud en direction de North Battleford, un pilote passe directement au-dessus des collines Thickwood dont les sommets sont 1000 pieds plus haut que les deux aéroports. Quand les conditions à l'un ou l'autre de ces deux aéroports sont proches des seuils marginaux, il est probable que les plafonds seront très bas, voire au niveau des arbres, quelque part dans les collines. Il est souvent nécessaire de se dérouter du côté est des collines Thickwood. Presque toutes les directions du vent impliquent des conditions de pente ascendante à un endroit quelconque dans les collines, mais les vents les plus sûrs sont ceux dont la direction est entre le nord-ouest et le sud-ouest, car ils sont typiquement secs dans les bas niveaux étant donné les conditions de pente descendante qui prédominent dans l'ouest de l'Alberta.

Au nord, les collines Mostoos s'élèvent de façon assez abrupte à plus de 1500 pieds au-dessus de la vallée de la rivière Beaver et forment l'accident géographique dominant dans la moitié nord de la Saskatchewan. Ils sont connus pour les plafonds très bas ou obscurcis qu'on y observe, en particulier dans des circulations humides du sud ou du sud-est. La section nord-est des collines Mostoos se trouve à l'intérieur des limites du polygone de tir aérien de Primerose Lake, qui est un espace aérien réglementé sous l'autorité de la base militaire de Cold Lake. Pour cette raison, et aussi à cause de la probabilité de conditions météorologiques dangereuses au-dessus des collines, les pilotes qui font route vers le nord depuis Meadow Lake vers Buffalo Narrows suivent souvent les terres les plus basses du côté est des collines. Durant l'été, les flancs sud des collines Mostoos sont aussi une région propice à l'activité convective et aux orages.

## De Prince Albert à La Ronge



Carte 4-28 - De Prince Albert à La Ronge

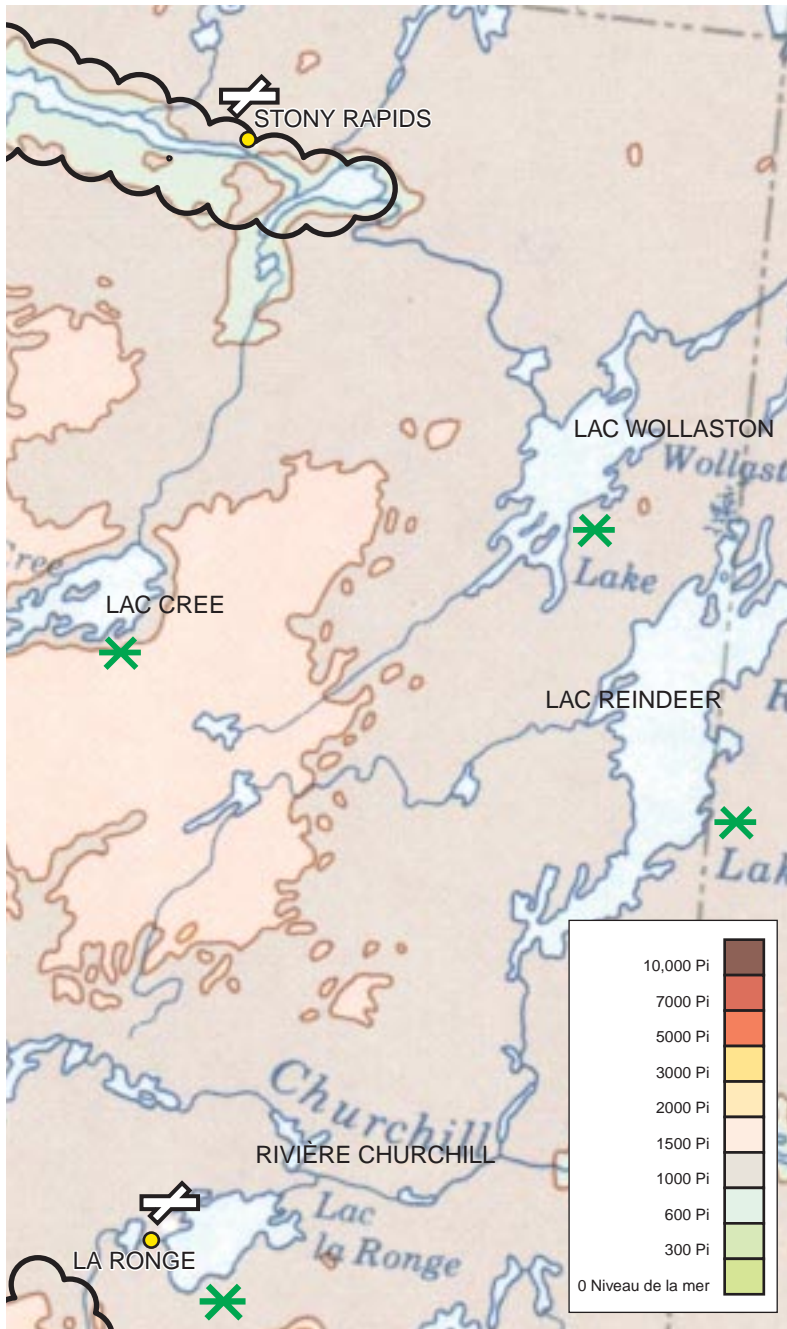
En volant directement entre Prince Albert et La Ronge, le territoire est assez plat et marécageux et comporte de petites chaînes de collines de chaque côté. Le lac Montreal, une masse d'eau longue et étroite qui s'étend du côté ouest de la trajectoire de vol à peu près à mi-chemin entre les deux localités, est réputé pour la grande quantité de stratus qu'il produit, surtout quand l'écoulement est humide et provient de l'est. Du côté ouest de la trajectoire, il y a aussi deux chaînes de collines, les collines Waskesiu juste au sud-ouest du lac Montreal et les collines Thunder juste à l'ouest du lac à son extrémité nord. Naturellement, ces deux régions de terres plus élevées, de 600 à 800 pieds au-dessus du terrain à l'est, connaissent des plafonds très bas quand la circulation est de l'est ou du sud-est. Les collines Thunder peuvent être particulièrement menaçantes étant donné que tout écoulement du quadrant est reçu du lac Montreal un supplément d'humidité dans les bas niveaux avant d'entreprendre l'ascension des flancs. En restant du côté est du lac Montreal, les pilotes bénéficient généralement de bonnes conditions de plafond et de visibilité car ils demeurent au-dessus des plus basses élévations de la région. Il y a aussi l'avantage que procure la légère pente descendante des chaînes Cub et Wapawekka à l'est. En général, toute circulation de l'ouest est assez favorable dans cette région. Cependant, à l'automne et au printemps, une circulation froide du nord-ouest peut devenir instable en circulant au-dessus des eaux chaudes du lac Montreal. Ceci peut produire une zone de cumulus et de stratocumulus, avec parfois des courants de neige encastrés.

La Ronge se trouve à la limite du bouclier précambrien et est entouré de lacs sur la plupart des côtés. Le plus gros de ces lacs, le lac La Ronge, à l'est de l'aéroport, est assez peu profond et parsemé de nombreuses îles. Tout écoulement prolongé provenant d'une direction entre l'est et le nord peut apporter de mauvaises conditions dans la région de l'aéroport à cause de la longue course du vent au-dessus du lac, mais ceci se produit surtout au printemps et à l'automne; c'est à la fin de l'automne que la probabilité de mauvaises conditions de vol est la plus élevée. La glace sur le lac La Ronge a tendance à se former et à fondre un peu plus tard que sur les autres lacs de la région, et ceci a une influence sur les périodes de fréquences maximales de stratus.

La Ronge a la réputation d'être un aéroport venteux. Il est exposé aux vents de la plupart des directions, les plus fréquentes étant l'ouest et le nord-ouest et, pas très loin derrière, l'est et le nord-est. Il faut porter une attention particulière aux circulations avec une composante du nord quand on vole dans la région au sud de La Ronge, parce que les collines Thunder et Wapawekka produisent suffisamment de soulèvement pour former du stratus.

Les vents à l'aéroport de La Ronge peuvent subir l'influence de brises de lac en été et souffler dans une direction complètement opposée à celle à laquelle on s'attendrait. Une façon de prévoir la formation d'une brise de lac est de surveiller les signes de ces vents d'effet de lac; des vaguelettes dans l'eau près de la rive alors que le centre du lac est comme un miroir.

## La Ronge et les endroits au nord



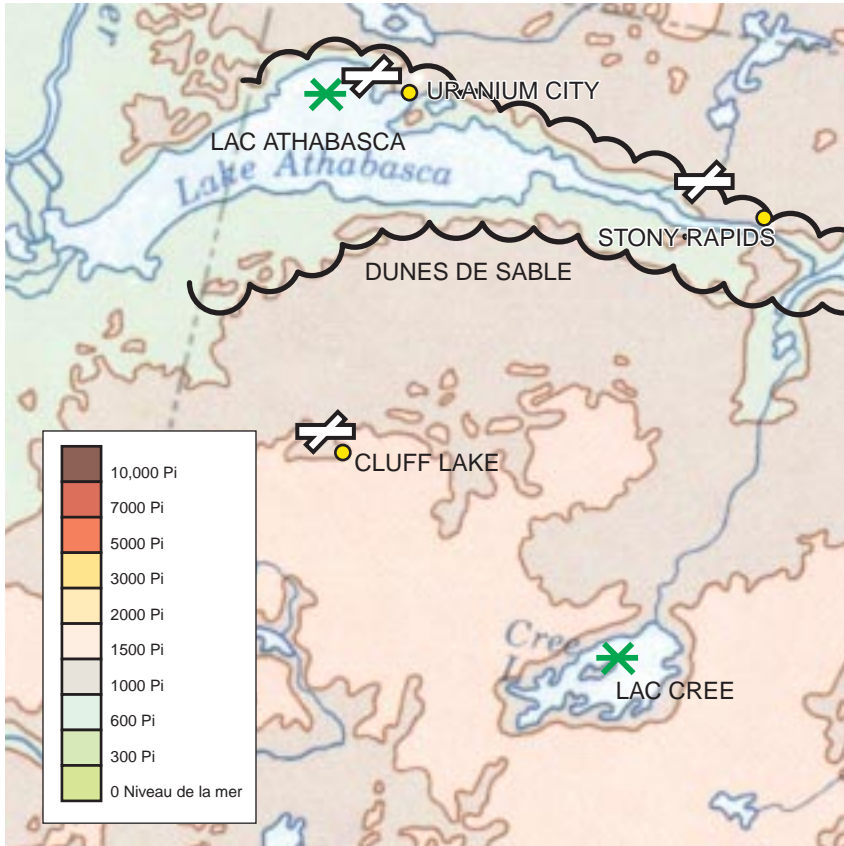
Carte 4-29 - La Ronge et les endroits au nord

Les régions au nord de La Ronge font partie du bouclier précambrien, ce qui se perçoit nettement dans la topographie et les activités humaines; les établissements sont rares et une grande distance sépare les pistes d'atterrissage. Dans ces régions, les lacs et les rivières deviennent innombrables et le territoire est principalement couvert de forêts d'arbustes et de fondrières. Les lacs sont généralement petits et peu profonds, à l'exception des lacs Cree, Wollaston et Reindeer. Les collines dans cette région sont peu nombreuses et très petites, de sorte que les conditions de pente ascendante ne sont présentes que pour des écoulements du nord-est ou de l'est. Évidemment, avec des vents de ces directions, il y a beaucoup d'humidité dans les bas niveaux, sauf l'hiver, et donc du stratus peut couvrir toute la région si l'écoulement est assez persistant. L'automne, avant la prise des glaces, les écoulements froids du nord-ouest ou du nord deviennent rapidement saturés et instables dans les bas niveaux, ce qui produit des nuages bas et des précipitations généralisés. Quelle que soit la situation, les pires conditions se retrouvent habituellement en aval des grands lacs mentionnés ci-dessus.

La rivière Churchill coule grossièrement d'ouest en est, à environ 40 milles au nord de La Ronge, et raccorde de nombreux lacs dans la partie centre-nord de la province. Il arrive souvent que la rivière même constitue une ligne de démarcation naturelle des conditions météorologiques dans le nord de la Saskatchewan, les nuages bas demeurant confinés d'un côté ou de l'autre. Les différences dans l'élévation du terrain et la topographie y sont certainement pour quelque chose, mais il arrive que des couches bien formées de stratus bas ou de stratocumulus traversent la rivière et couvrent entièrement la vallée.



## Stony Rapids et le bassin hydrographique du lac Athabasca



Carte 4-30 - Stony Rapids et le bassin hydrographique du lac Athabasca

Le bassin hydrographique du lac Athabasca comprend l'extrême nord de la province et façonne les conditions météorologiques locales de plusieurs façons. Le lac Athabasca, qui est passablement grand, est situé dans un large bassin orienté est-ouest comportant un grand nombre de lacs et de rivières et ayant une élévation d'à peine 600 à 800 pieds au-dessus du niveau de la mer. La rive sud du lac Athabasca est une grande étendue de dunes de sable et la rive nord, un escarpement abrupt s'élevant à 1200 pieds au-dessus du niveau du lac. L'extrémité est du lac se rétrécit en un long canal, le canal Pine, qui rejoint Fond Du Lac et Stony Rapids. L'extrémité ouest du lac s'étend vers le sud-ouest en Alberta jusqu'à Fort Chipewyan.

Le stratus envahit fréquemment cette région depuis le nord et son bord sud se trouve souvent dans les limites des basses terres du bassin. Les plafonds peuvent être très bas, ou même à la surface, au-dessus de l'escarpement sur la rive nord du lac. Il faut en tenir compte lorsqu'on vole vers Uranium City, qui est situé du côté sud de cet escarpement.

Les conditions du temps à Stony Rapids sont fortement influencées par le canal Pine. Les vents sont fréquemment canalisés dans ce passage et montrent une forte préférence pour les directions est et ouest. Les vents de l'ouest effectuent une longue course au-dessus de l'eau libre et peuvent apporter du stratus dans le canal Pine et à Stony Rapids. Les vents qui viennent des quadrants nord ou sud se produisent moins de 10 pour cent du temps et sont toujours très faibles.

Le lac Athabasca produit des courants de neige au printemps et à l'automne quand des vents froids soufflent de l'ouest ou du nord-ouest. Ces averses atteignent souvent Stony Rapids et abaissent la visibilité à l'aéroport. Le lac Athabasca est assez peu profond et se couvre habituellement de glace vers la fin de novembre ou au début de décembre. La fonte printanière survient tard en mai ou dans la première semaine de juin. Cependant, à certains endroits, les eaux du canal Pine coulent assez vite et souvent demeurent libre de glace la plus grande partie de l'hiver entre Fond Du Lac et Stony Rapids. Ceci occasionne souvent du brouillard glacé à l'aéroport de Stony Rapids.

Le brouillard de rayonnement le matin devient un problème à Stony Rapids après la fonte printanière et affiche un maximum en juillet, août et septembre. En fait, c'est à Stony Rapids que la fréquence du brouillard de rayonnement est la plus élevée en été en Saskatchewan, atteignant 16 pour cent des jours durant le mois d'août.

Tous ces facteurs font qu'à Stony Rapids, comme à plusieurs endroits dans le bassin de l'Athabasca, la probabilité de temps maussade est assez élevée comparativement à d'autres endroits en Saskatchewan. C'est à la fin de l'automne et au début de l'hiver qu'on observe le plus souvent de mauvaises conditions de vol, une époque favorable aux courants de neige, aux brouillards matinaux et aux fréquentes invasions de stratus depuis le nord. Vers janvier, les conditions commencent à s'améliorer en même temps que l'air arctique très froid et sec s'installe dans la région.

## Le temps au Manitoba



Carte 4-31 - Aperçu de la topographie du Manitoba

Le climat du Manitoba est typiquement continental. Sa situation au centre du Canada le place très loin de toute influence côtière vraiment modératrice. Cela ne surprendra personne que ce soit la province où l'écart entre la température moyenne en été et en hiver est le plus grand. Les hivers sont longs et rigoureux alors que les étés sont courts et chauds. Les saisons de transition sont courtes et imprévisibles; il y a plus de 50 pour cent des chances qu'il se produise un gel après le 25 mai et avant le 20 septembre pour une année quelconque. On peut normalement s'attendre à trouver une couverture de neige persistante à partir de la mi-novembre, mais les chutes de neige sporadiques commencent beaucoup plus tôt.

Le Manitoba est passablement sec, puisqu'il possède un climat continental, mais il reçoit un petit peu plus de précipitations que les deux autres provinces des Prairies. Les totaux varient entre 400 mm annuellement dans le nord à près de 600 mm dans le sud-est. Les contreforts en Alberta sont le seul autre endroit des Prairies à recevoir au moins 600 mm de précipitations par année. Les quantités de précipitations plus importantes et un peu plus fiables que connaît le Manitoba s'expliquent par sa plus grande exposition aux circulations du sud amenant de l'air chaud et humide du centre des États-Unis et du golfe du Mexique. Heureusement, 60 pour cent des précipitations annuelles tombent durant la saison de croissance qui va de mai à août, juin étant le plus favorisé de ce point de vue.

Bien qu'un sixième de la surface du Manitoba soit constitué d'eau, les lacs et les rivières n'exercent pas une influence importante sur le climat de la province. Dans les faits, l'océan Pacifique et le golfe du Mexique, très éloignés, ont une influence beaucoup plus grande que les masses d'eau locales. La seule exception est la région interlac, entre le lac Winnipeg à l'est et les lacs Winnipegosis et Manitoba à l'ouest. Même l'influence de la baie d'Hudson est minimale et habituellement confinée près de ses côtes. Les températures à Churchill sont un peu plus fraîches en été, mais vers le milieu de l'hiver la baie est complètement gelée et devient à peu près indiscernable de la toundra gelée qui l'entoure.

Le Manitoba se situe à l'extrémité est de la vaste plaine inclinée que forment les trois provinces des Prairies. C'est au Manitoba que l'on retrouve les élévations les plus basses et les plus uniformes. Pour cette raison, le terrain n'a pas une très grande influence sur le climat de la province, sauf, localement, pour ce qui est de l'escarpement du Manitoba. Cette caractéristique topographique, partagée le long de la frontière sud-ouest avec la Saskatchewan et les États-Unis, est le repère le plus facile à reconnaître dans la province et est formé d'au moins quatre groupes distincts de collines ou de montagnes : les collines de Porcupine, les monts Duck, les monts Riding et les collines Turtle. L'escarpement s'étend du centre ouest du Manitoba vers le sud-sud-est jusqu'à la frontière internationale et au-delà. Ensemble, ces collines constituent une barrière orientée nord-sud assez uniforme et exerce une influence assez importante sur le climat local.

Le Manitoba, comme le reste des Prairies, se trouve dans la zone des vents moyens d'ouest, et les perturbations météorologiques y voyagent généralement d'ouest en est. Une grande variété de situations synoptiques peuvent toutefois toucher la province. Les dépressions du Colorado apportent habituellement plus d'humidité dans la partie sud de la province qu'ailleurs dans les Prairies. Quand elles atteignent le Manitoba, elles ont généralement formé un système frontal bien net qui bénéficie d'un généreux apport en humidité. Les dépressions du Colorado peuvent traverser la région n'importe quand dans l'année, mais plus souvent au printemps. Les dépressions froides qui se forment en Alberta touchent aussi la province mais, à ce moment, elles ont généralement perdu leur circulation fermée dans les hauts niveaux et ceci leur donne un mouvement plus rapide et plus prévisible. Comme c'est typiquement le cas pour toutes les dépressions dans les Prairies, les pires conditions de vol s'observent au nord du centre dépressionnaire dans l'écoulement ascendant humide de l'est.

En été, le sud du Manitoba peut être balayé par des masses d'air chaud et humide du golfe du Mexique. Ces masses d'air renferment généralement beaucoup d'activité orageuse qui donne à cette partie du Manitoba un supplément de chutes de pluie, et l'agriculture locale s'en trouve moins dépendante de l'irrigation. Dans le nord de la province, il y a souvent des périodes prolongées de nuages bas et de temps maussade. Ceci résulte de la tendance des nuages bas à entrer dans la région de la baie d'Hudson, ou le nord-ouest de l'Ontario, et à y demeurer presque stationnaires pendant un certain temps, inondant la région d'air frais et humide en provenance du nord.

Une autre situation synoptique digne de mention, même si elle n'est pas associée à des précipitations, est le phénomène hivernal appelé « invasion d'air arctique » (ou « poussée d'air arctique »). De fortes cellules de haute pression, qui se sont formées dans les masses d'air extrêmement froid au-dessus de l'ouest de l'Archipel arctique, envahissent les provinces des Prairies, habituellement dans le sillage d'un système de basse pression migrateur. Ces dômes d'air glacial s'étendent vers le sud-est, sans vraiment rencontrer d'obstacles, ce qui annonce typiquement de longues périodes de temps clair, sec et d'un froid mordant.

### (a) Été

Les étés au Manitoba sont courts et chauds selon les normes canadiennes; ils commencent à la fin d'avril ou au début de mai et durent jusqu'au début de septembre. Bien que ce soit la Saskatchewan qui détienne le record de la température la plus élevée, l'été est en moyenne un peu plus chaud au Manitoba. Tous deux sont connus pour la grande variation journalière qu'exhibent les températures, 14°C en moyenne. Les étés sont plutôt secs, mais 60 pour cent des précipitations annuelles tombent pendant la saison de croissance, de mai à août.

Au cours de l'été, la trajectoire de tempêtes typiques est repoussée vers le nord. Les dépressions froides qui se sont formées en Alberta aboutissent souvent près de la baie

d'Hudson et affectent la partie nord de la province, alors que les dépressions du Colorado suivent typiquement une trajectoire proche de la frontière Manitoba/États-Unis et influencent les conditions du temps dans les régions du sud. Quelle que soit l'origine de la dépression, les plus mauvaises conditions de vol se produisent habituellement en deçà de 60 à 100 milles au nord de son centre, où un écoulement persistant de l'est ou du nord-est, forcé de remonter la pente du terrain, devient progressivement saturé. Cependant, quand ces tempêtes atteignent le Manitoba, elles ont habituellement gagné de la vitesse et traversent cette province plus rapidement que celles à l'ouest. Les orages sont courants au Manitoba pendant l'été, surtout dans la partie sud. Typiquement, Brandon et Winnipeg signalent de 25 à 30 orages par année. Les orages de masse d'air sont les plus communs, même s'ils n'ont pas de région vraiment préférée pour se manifester, à cause du territoire plat du Manitoba. Il y a deux régions un peu plus « favorisées » toutefois, l'escarpement du Manitoba et la région interlac, mais souvent les tempêtes s'amorcent ailleurs et entrent librement dans la province de n'importe quelle direction. Le Manitoba est la province des Prairies la plus favorable aux orages nocturnes, principalement parce qu'elle est la plus à l'est des trois. Les orages qui se forment loin à l'ouest ou au sud-ouest commencent à se déplacer vers l'est après avoir atteint un certain stade de développement. La plupart s'affaiblissent et meurent en s'éloignant de leur région source, mais s'ils sont forts et qu'ils trouvent un support dynamique suffisant, ils peuvent franchir une distance considérable. Les tempêtes qui réussissent à atteindre le Manitoba y arrivent habituellement tard dans la journée ou au cours de la nuit. Ils semblent souvent se dissiper durant la soirée, mais se régénèrent plus tard durant la nuit quand le refroidissement du sommet des nuages leur donne un regain d'instabilité. C'est ce cycle de vie modifié qui explique la fréquence plus élevée des orages observés la nuit et au petit matin.

Quand on discute des orages au Manitoba, il est nécessaire de prendre en considération ceux qui parfois s'amènent par le sud, encastrés dans des courants d'air très chaud, humide et instable qui proviennent du golfe du Mexique. Ces cas ne se voient généralement qu'en été, car il faut qu'il y ait une circulation du sud en altitude pour transporter l'air du golfe du Mexique jusqu'au Canada. Quand une configuration de ce type s'établit, le sud du Manitoba reçoit souvent une bonne quantité de pluie. Ces masses d'air peuvent donner naissance à des complexes orageux de grande taille et de longue durée. La trajectoire typique qu'ils suivent coupe souvent le sud-est du Manitoba en tournant en Ontario.

La turbulence à bas niveau est un problème fréquent en été, plus particulièrement durant les jours chauds et ensoleillés. Les courants thermiques ascendants sont communs au-dessus de la terre sous l'effet du réchauffement diurne et peuvent produire beaucoup de turbulence près de la limite où ils se juxtaposent à des courants descendants au-dessus des masses d'eau. Ces paires de courants ascendants et descendants peuvent être assez fortes pour amorcer des circulations de brise de lac qui sont communes dans la région interlac.

## (b) Hiver

On considère normalement que l'hiver au Manitoba va de la mi-novembre jusqu'au début d'avril. Durant cette période, les conditions de vol sont généralement bonnes, mais les dépressions migratrices qui affectent les autres provinces des Prairies touchent aussi le Manitoba. Celles-ci peuvent provenir du Colorado, de l'ouest des Prairies ou du nord du Canada et apportent souvent des périodes prolongées de très basses conditions de vol et de fortes chutes de neige.

Les dépressions qui se forment dans le Colorado ou le Wyoming peuvent être particulièrement ennuyeuses pour le sud du Manitoba. La trajectoire typique du centre d'une telle dépression la garde au sud de la province, mais il y a souvent un front chaud rattaché à la dépression qui atteint les régions du sud. Les précipitations peuvent passer de la neige à la pluie verglaçante et à la pluie, tout dépendant de la position où l'on se trouve par rapport au front. Les plafonds bas, les visibilités réduites et les givrages importants sont choses courantes avec cette configuration. La hauteur des plafonds peut varier grandement, surtout dans le sud-ouest où le terrain est irrégulier. Après le passage du système, il se forme à chaque fois une forte circulation du nord-ouest dans son sillage. Les vents froids qui en résultent produisent de la poudrerie dans les régions où il y a de la neige fraîche au sol et peuvent rapidement faire geler les surfaces où il a plu.

Les chutes de neige d'effet de lac, comme le scénario des « blizzards d'Elie » (voir la section De Winnipeg à Portage La Prairie à Brandon), sont très fréquentes dans le sud du Manitoba tard en automne mais peuvent aussi se produire au milieu de l'hiver. Il s'agit habituellement d'un phénomène à petite échelle qui survient quand une circulation du nord-ouest au-dessus des vastes lacs est assez forte pour créer de grandes ouvertures (chenaux) dans la couverture de glace. L'injection de chaleur et d'humidité qui en résulte produit des courants de neige en aval. Étant donné la grande quantité de neige produite dans une bande étroite, des conditions locales de blizzard apparaissent facilement quand le vent abaisse encore plus la visibilité à cause de la poudrerie.

Les invasions d'air arctique affectent le Manitoba l'hiver durant. En général, le long du front froid, qui normalement marque la limite avant de cet air froid, il y a des averses et les conditions de vol seront, au mieux, marginales pendant une courte période. Un autre problème pour l'aviation vient des vents du nord-ouest qui se forment au nord du front et qui produisent souvent de la turbulence mécanique dans les bas niveaux et de la poudrerie, en particulier là où il est tombé de la neige fraîche.

## Saisons de transition

Le printemps et l'automne sont tous deux courts et imposent des conditions de vol incertaines dans le Manitoba. Souvent, le sud est embarrassé par une tempête de neige

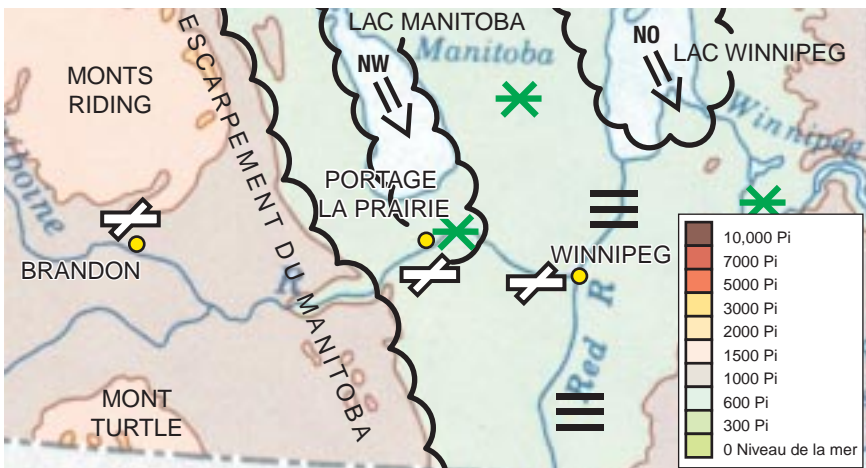
à la fin du printemps et, à l'occasion, la vallée de la rivière Rouge est inondée. Les deux saisons sont caractérisées par des périodes de brouillard et de stratus plus fréquentes, tout particulièrement dans le nord où l'abondance d'arbres et de lacs retient une importante quantité d'humidité dans les bas niveaux pendant des périodes prolongées. De manière générale, l'approvisionnement en humidité dans les bas niveaux est plus généreux durant les saisons de transition. Au printemps, l'évaporation occasionnée par la fonte des neiges et la plus grande fréquence des vents du nord-est, qui remontent la pente, fournissent l'humidité. À l'automne, elle est fournie par les nombreux lacs du Manitoba.

Le Manitoba est une province venteuse, en particulier au printemps et à l'automne. Les vents les plus forts sont invariablement du nord-ouest, mais ce n'est pas la direction dominante. Au printemps, c'est le nord ou le nord-est, et à l'automne, c'est l'ouest. La turbulence mécanique est habituellement présente dans les deux ou trois premiers milliers de pieds de l'atmosphère quand il vente, mais elle est rarement forte. Cependant, elle suffit souvent à secouer un petit avion, surtout dans le sud-ouest où le terrain rugueux amplifie et épaissit la couche turbulente.

La « terre des 100 000 lacs » est bien évidemment propice à la formation de courants de neige en l'automne. Cet effet est un peu moins marqué dans le nord puisque la plupart des lacs sont assez petits et plus ou moins orientés le long d'un axe sud-ouest-nord-est. Cette orientation limite la course des vents froids du nord-ouest au-dessus de l'eau, ou « fetch ». Il y a cependant plusieurs lacs plus grands dans le nord et, bien sûr, les lacs Winnipeg, Manitoba et Winnipegosis dans le sud, dont on sait très bien qu'ils donnent naissance à des courants de neige.

## Conditions locales

### Winnipeg et ses environs



Carte 4-32 - Winnipeg et ses environs



Winnipeg est situé au milieu de la large vallée peu profonde, orientée du nord au sud, de la rivière Rouge. La rivière Assiniboine, plus petite, coule aussi dans la ville, depuis l'ouest, et rejoint la rivière Rouge en plein cœur du centre-ville. Les flots combinés de ces deux rivières coulent alors vers le nord-nord-est en direction du lac Winnipeg. La ville de Winnipeg se situe à environ 45 milles au sud-est du lac Manitoba et à 40 milles au sud-sud-ouest du lac Winnipeg. La région affiche une préférence marquée pour les vents du sud; ce n'est pas surprenant étant donné que tout vent du secteur sud a tendance à être canalisé par la vallée de la rivière Rouge. La vallée creusée par la rivière Assiniboine est petite et n'influence pas l'écoulement local. Les vents du nord-ouest viennent au second rang à Winnipeg, avec une fréquence notablement plus élevée en hiver. Les vents du nord ou du nord-est se produisent aussi assez souvent en raison d'un certain effet de canalisation par la vallée au nord de la ville. Les vents des autres directions sont plutôt rares et habituellement légers.

Le brouillard de rayonnement est extrêmement rare à Winnipeg et ses rares apparitions surviennent habituellement au printemps, quand la neige fond et qu'il y a beaucoup d'humidité dans les bas niveaux. Il se produit plus souvent du brouillard glacé à cause des périodes prolongées de très basses températures, sans parler des particules normalement rejetées par un grand centre urbain. On observe souvent des dépôts de gelée blanche à Winnipeg durant ces événements de brouillard glacé. L'air froid encaissé dans la vallée de la rivière Rouge est difficile à chasser. Les écoulements plus chauds de toute direction ont tendance à le chevaucher et le processus d'érosion de l'inversion peut être très lent.

Le brouillard de rayonnement est rare mais non le brouillard d'advection. Ce dernier apparaît habituellement de pair avec du stratus et arrive presque invariablement par le sud en voyageant dans les limites de la vallée de la rivière Rouge. Son passage dans la vallée peut survenir très rapidement, mais il est possible d'en obtenir certaines indications en surveillant l'évolution des conditions à Grand Forks et Emerson. Si la circulation du sud est assez forte, elle réduit la probabilité de brouillard mais peut encore apporter une nappe de stratus bas. Il arrive aussi, moins fréquemment, qu'un écoulement du nord-est depuis le lac Winnipeg apporte du brouillard dans la ville.

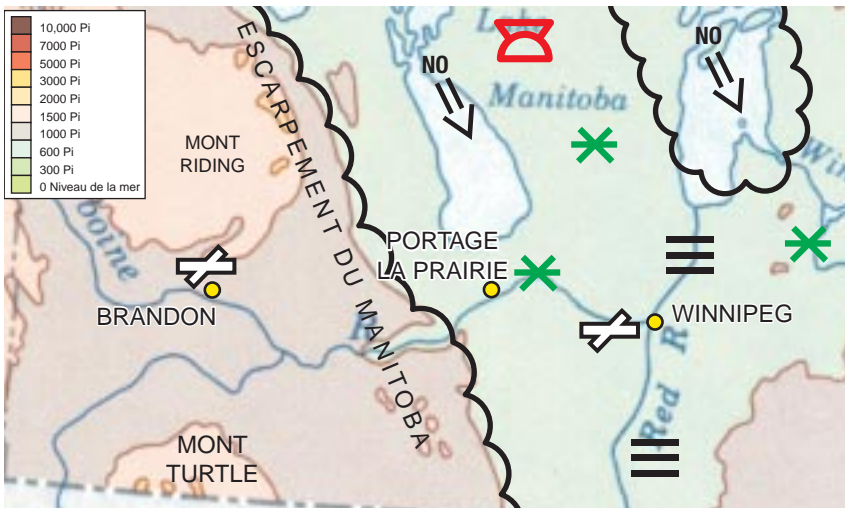
Même si la vallée de la rivière Rouge est très peu profonde, elle a un effet marqué sur les conditions du temps. Les vents avec une composante nord ou sud sont canalisés et accélérés dans la vallée. Ceci augmente à la fois la turbulence mécanique dans les bas niveaux et la fréquence des visibilité réduites par la poudrerie au cours de l'hiver. Les vents du sud sont en général beaucoup plus forts que ce qu'indique la situation synoptique, en particulier si la circulation dans la partie inférieure de l'atmosphère est intense et alignée depuis le sud. De plus, à cause des côtés de la vallée, les vents de l'ouest et de l'est descendent les versants et ont moins tendance à produire de mauvaises conditions de vol. Ce sont les vents de l'ouest qui donnent les meilleures conditions dans la région de Winnipeg. Les écoulements de l'est sont plus trompeurs

pour deux raisons : parce qu'ils sont souvent associés à l'écoulement humide du côté nord d'un système de basse pression et parce qu'ils remontent généralement une pente dans le sud du Manitoba. Quand un écoulement humide de l'est ou du nord-est apporte du stratus à Winnipeg, on peut s'attendre à ce qu'il persiste jusqu'à ce que la direction du vent change.

Une grande partie des précipitations qui tombent sur Winnipeg est attribuable au passage de dépressions du Colorado, dont nous avons traité dans la section sur la climatologie. La pluie produite par les orages constitue aussi une contribution importante en été, et le type nocturne à Winnipeg est notoire. Les bourrasques de neige en provenance des lacs Manitoba et Winnipeg peuvent laisser de copieuses quantités de neige dans la région de Winnipeg, mais elles épargnent habituellement l'aéroport et la ville même. La condition nécessaire à leur manifestation est un écoulement froid du nord ou du nord-ouest et ceci donne aux courants de neige une trajectoire qui les mènera à l'est de Winnipeg s'ils se forment depuis le lac Winnipeg et à l'ouest de la ville s'ils se forment depuis le lac Manitoba.

Durant les mois d'automne, un pilote volant dans la région de Winnipeg doit surveiller les zones de visibilité réduite par la fumée produite par le brûlage de la chaume. C'est une technique que les fermiers locaux utilisent fréquemment et qui commence habituellement tard au mois d'août et se poursuit jusqu'à la fin d'octobre. S'il y a de l'humidité dans les bas niveaux à proximité des brûlis, les particules contenues dans la fumée favorisent ou amorcent la formation de stratus.

### De Winnipeg à Portage La Prairie à Brandon



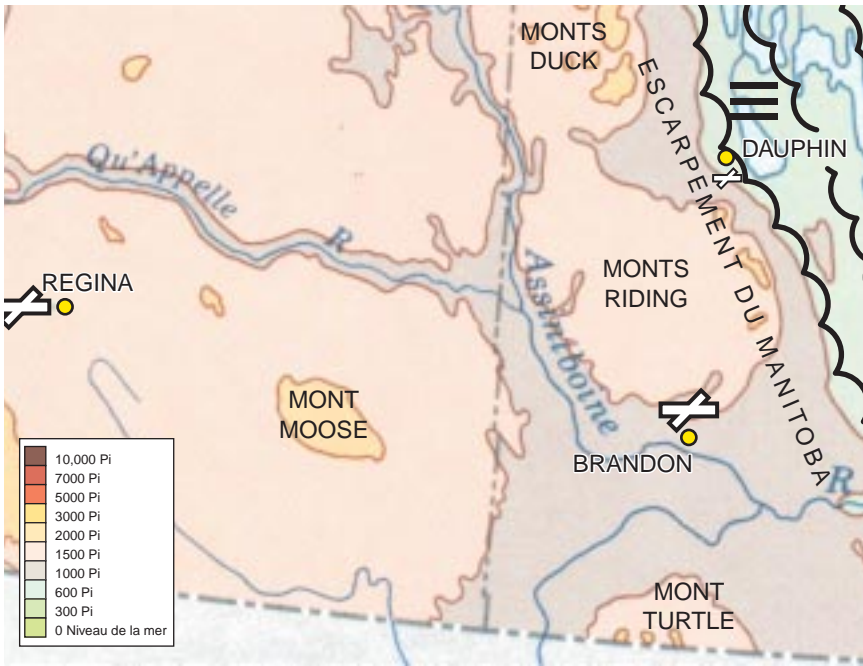
Carte 4-33 - De Winnipeg à Portage La Prairie à Brandon

Le terrain entre Winnipeg et Brandon s'élève graduellement vers l'ouest, de telle sorte que Brandon est 560 pieds plus haut que Winnipeg. Naturellement, ce sont les circulations de l'est ou du nord-est qui donneront le plus probablement des périodes prolongées de stratus à cause du terrain qui présente dans ce cas une pente ascendante. Il est normal de voir les hauteurs de plafonds se détériorer en allant vers l'ouest dans ces conditions. À l'ouest de Portage La Prairie, les plafonds et les visibilitées ont nettement tendance à se détériorer près d'Austin en raison de l'augmentation de hauteur du terrain et peuvent devenir très mauvais plus loin à l'ouest au-dessus des collines Carberry. Ces collines sont faciles à reconnaître, car elles sont formées de sable et de gravier, et leurs pentes légèrement ondulées peuvent retenir le stratus dans la région quand la circulation est de l'est. En volant plus loin à l'ouest vers Brandon, le terrain s'élève de façon assez importante tant du côté nord que du côté sud, mais la route qui suit la vallée de l'Assiniboine est sûre et fiable.

De l'automne au printemps, il est tout à fait possible de rencontrer des courants de neige ou des bourrasques de neige en volant de Winnipeg à Brandon quand la circulation est du nord-ouest. Des cumulus et des cumulus bourgeonnants encastrés dans des zones de stratocumulus produisent localement de fortes chutes de neige, de sorte que les dangers pour l'aviation sont triples : zones de visibilité très réduite dans les averses de neige, turbulence et girvage mélangé dans toute la région du nuage.

Les courants de neige depuis les lacs Winnipeg et Manitoba suivent un trajet assez facilement prévisible. Ceux du lac Manitoba donnent habituellement leurs plus grandes quantités de neige dans la région entre Winnipeg et Portage La Prairie et ceux du lac Winnipeg, dans les régions à l'est de la ville de Winnipeg. Il est rare que les cellules persistent au-delà de 20 milles au sud de la route Transcanadienne. Dans les deux cas, Winnipeg est généralement épargné par cet effet. La région la plus touchée est souvent centrée autour de la petite localité d'Elie, à mi-chemin entre Winnipeg et Portage La Prairie. Cette petite région non seulement reçoit la plus grande quantité de neige d'effet de lac mais c'est aussi un endroit très exposé où les vents peuvent souffler librement. Des visibilitées presque nulles dans la poudrière sont courantes, même quand la neige a cessé de tomber. Les pilotes devraient surveiller la présence de ce phénomène, que les gens de l'endroit appellent le « blizzard d'Elie », en particulier quand la direction du vent est entre 320 et 350 degrés vrais et que la température est basse.

## Brandon et vers l'ouest



Carte 4-34 - Brandon et vers l'ouest

La ville de Brandon est située dans la vallée orientée est-ouest de la rivière Assiniboine, du côté sud de la rivière, et l'aéroport est à environ 3 milles au nord. À partir de la vallée de la rivière Assiniboine et en allant vers le nord, le terrain s'élève graduellement pour atteindre les sommets des monts Riding, entre 2200 et 2300 pieds, à environ 50 milles au nord de Brandon. La vallée de la rivière Minnedosa interrompt cette hausse du terrain à environ 20 milles au nord de l'aéroport. Vers le sud à partir de la vallée de la rivière Assiniboine, le terrain est assez plat pendant environ 10 milles puis s'élève dans les collines Brandon à environ 20 milles au sud de l'aéroport. Plus loin au sud, près de la frontière américaine, se trouve le mont Turtle, beaucoup plus imposant.

Une circulation du nord-ouest est très favorable à Brandon, car les phénomènes du temps associés à cette circulation sont affaiblis par la subsidence le long des flancs des monts Riding. La deuxième direction du vent la plus fréquente à Brandon est le nord-est, ce qui est important car l'écoulement remonte la pente et peut très bien produire du stratus. La majorité des événements de stratus à Brandon se produisent durant l'automne et sont associés à ces écoulements de l'est ou du nord-est. Si l'on observe des conditions marginales dues aux stratocumulus à l'aéroport, il faut garder à l'esprit que les conditions pourraient être beaucoup plus mauvaises au-dessus des terrains plus élevés de presque tous les côtés.

Comme la ville de Brandon se situe dans une vallée fluviale, il s'y produit du brouillard de rayonnement, plus fréquemment qu'à l'aéroport. Au cours du printemps, avec une circulation de l'est ou du sud-est, la neige fondante dans le Dakota du Nord peut injecter suffisamment d'humidité dans les bas niveaux pour permettre la formation de beaucoup de stratus dans le Dakota du Nord et le sud du Manitoba. Ces nuages bas peuvent durer 5 ou 6 jours et produire d'importantes accumulations de givre blanc.

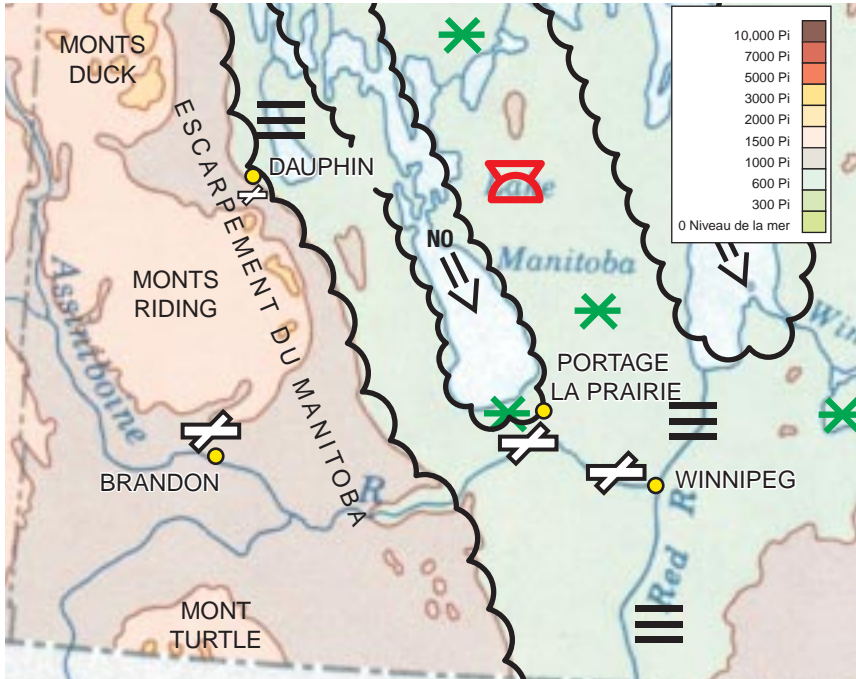
L'été est marqué d'une fréquente activité convective dans la région qui entoure Brandon. Les cellules convectives ont tendance à se former dans la région au sud et au sud-ouest de la ville mais, à cause des vents dominants de l'ouest ou du nord-ouest, elles ratent souvent l'aéroport et restent au sud de la route 2.

Bien qu'il n'y ait pas beaucoup de pollution ni d'industries dans la région, Hydro-Manitoba et une usine d'engrais ont des cheminées du côté sud-est de la ville. Les noyaux de condensation qu'elles rejettent peuvent contribuer à la formation du stratus et abaisser les plafonds quand le vent est du sud-est.

En volant vers l'ouest depuis Brandon, il est habituellement préférable de suivre les basses terres de la vallée de la rivière Assiniboine qui font un virage vers le nord-ouest à environ 50 milles à l'ouest de la ville. Juste à la frontière Manitoba/Saskatchewan, la rivière Qu'Appelle rejoint la rivière Assiniboine pour former la vallée de la Qu'Appelle, un repère terrestre facile à suivre quand on fait route vers l'ouest.

Au sud de la vallée des rivières Assiniboine et Qu'Appelle et à environ 60 milles à l'ouest de Brandon, les collines Moose s'élèvent de 400 à 500 pieds au-dessus du terrain environnant. Ces collines prennent naissance près de Virden et s'étendent vers l'ouest jusqu'à Fort Qu'Appelle. Si les observations de Brandon, Yorkton, Estevan et Regina indiquent une nappe de stratocumulus à bas niveau dans la région, les conditions peuvent être très basses au-dessus des collines Moose. Si l'écoulement est de l'est ou du nord-est, les plafonds pourraient même être proches du sol au-dessus des points culminants de collines.

## De Brandon à Dauphin

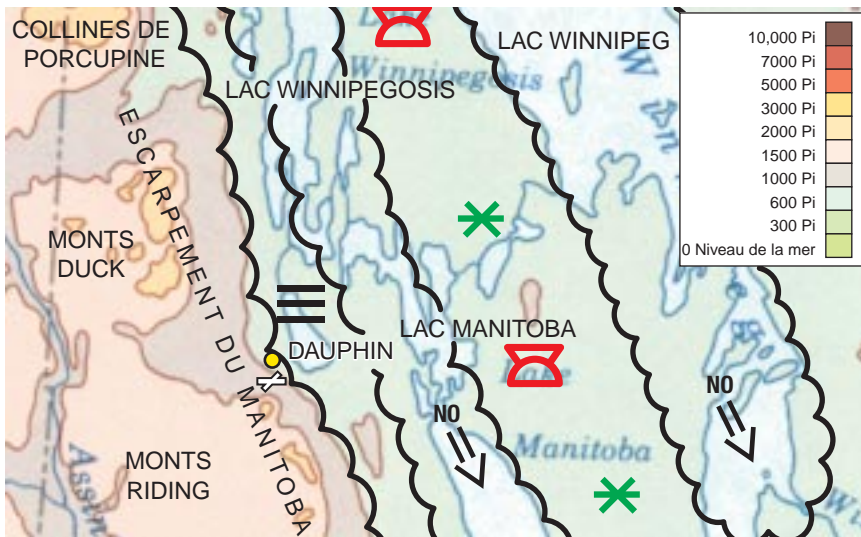


Carte 4-35 - De Brandon à Dauphin

L'élévation de Brandon est de 1341 pieds au-dessus du niveau de la mer, ce qui est plus haut que l'élévation de 1000 pieds de Dauphin, cette localité étant située dans les terrains plus bas du bassin formé par le lac Manitoba. Cependant, les monts Riding forment une grosse barrière entre les deux endroits et s'élèvent à 1200 pieds plus haut que Brandon. Quels que soient les plafonds signalés à Brandon, il faut leur soustraire au moins 1000 pieds pour obtenir une valeur représentative des plafonds au-dessus des monts Riding.

La rivière Minnedosa coule depuis la ville de Rivers vers le nord-est jusqu'à Minnedosa, à 30 milles au nord de Brandon. La vallée associée possède des versants plutôt à pic qui ont tendance à retenir le stratus assez longtemps. L'absence de stratus à Brandon ne garantit en rien qu'il n'y en aura pas dans la vallée de la Minnedosa. Il y a fréquemment, aussi, de la turbulence dans les bas niveaux au-dessus de la vallée, tout particulièrement dans un écoulement du nord-ouest et les jours d'instabilité convective.

## Dauphin et ses environs



Carte 4-36 - Dauphin et ses environs

La ville de Dauphin se situe dans une large vallée entre les monts Duck, à 25 milles au nord-ouest, et les monts Riding, qui forment l'horizon au sud. L'escarpement nord des monts Riding n'est qu'à 5 milles au sud de l'aéroport, lequel est du côté sud de la ville. À l'est de Dauphin, le terrain s'incline légèrement vers le bas jusqu'à la rive du lac Dauphin, à 8 milles de la ville. Le lac Dauphin se déverse ensuite dans le lac Winnipegosis, un lac plus grand et très peu profond situé au nord. Plus loin à l'est du lac Dauphin, le terrain continue à s'abaisser en direction de la grande région du bassin du lac Manitoba. L'aéroport est à 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer mais les élévations augmentent rapidement dans l'escarpement nord des monts Riding juste au sud. Le pic le plus élevé dans les monts Riding se situe juste à 9 milles au sud de l'aéroport et sa hauteur est de 2200 pieds au-dessus du niveau de la mer. En raison de la complexité du terrain autour de Dauphin, les conditions météorologiques signalées par la station automatique locale ne sont pas toujours représentatives de la région environnante.

À l'ouest de Dauphin, le terrain est très découvert et fait partie de la vallée entre les monts Duck et Riding. Les vents sont canalisés dans ce passage et les plus forts viennent de l'ouest ou du sud-ouest. Heureusement pour l'aéroport de Dauphin, ce sont aussi les vents du sud-ouest qui apportent les meilleures conditions.

Souvent, quand la situation synoptique indique des vents légers de l'ouest ou du nord-ouest pour Dauphin, les vents peuvent soudainement devenir de l'est et être étonnamment intenses. Il y a deux facteurs qui entrent en jeu ici : le réchauffement des pentes voisines et les brises de lac. Durant une journée ensoleillée, les flancs est

des monts Riding se réchauffent plus vite que la région environnante, ce qui fait s'élever l'air localement. À l'est, au-dessus des lacs, l'air est refroidi par les eaux relativement froides, ce qui provoque sa subsidence. Ceci produit une configuration de circulation dans les bas niveaux, puisque l'air plus dense et plus frais des lacs se déplace vers l'ouest dans la région où l'air chaud des pentes s'élève. Ceci peut facilement produire des vents de l'est de 15 noeuds.

Les pires conditions, pour un pilote, se produisent généralement quand un système de basse pression se situe sur la baie d'Hudson. Ceci donne lieu à une circulation humide du nord ou du nord-est depuis la baie d'Hudson sur la partie ouest du Manitoba et cet air, de façon générale, suit un terrain en pente ascendante, en particulier dans la région de Dauphin. Qui plus est, les lacs Winnipeg, Manitoba et Winnipegosis, ainsi que les terrains marécageux qui les entourent, ajoutent encore plus d'humidité dans les bas niveaux. Des plafonds très bas peuvent aussi apparaître quand une dépression passe au sud de la région. L'écoulement humide de l'est au nord de la dépression devient saturé sous l'effet des pentes ascendantes et de l'apport d'humidité du lac Manitoba.

Les pentes est des monts Riding sont plutôt abruptes, de sorte que des vents assez forts de l'ouest ou du sud-ouest peuvent produire un effet de chinook. En fait, cet écoulement produit un petit creux dynamique à l'est des collines avec des vents du sud-est du côté est du creux et des vents de l'ouest à l'ouest. Il est difficile de détecter la présence de ce phénomène, car les seules observations météorologiques dans la région proviennent de la station automatique de Dauphin, qui est située trop loin au nord pour être dans le creux dynamique. Souvent, toutefois, des nuages stationnaires lenticulaires se forment à bas niveaux à environ 10 milles à l'est des montagnes et la subsidence entraîne un important réchauffement. Ce sont là deux bons indices de la présence d'un écoulement descendant. Quoi qu'il en soit, en présence d'une forte circulation de l'ouest ou du sud-ouest, il faut toujours être sur ses gardes car ceci peut produire ou accroître considérablement la turbulence sous le vent des collines jusqu'à environ 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Comme on pouvait s'y attendre, le même effet peut se produire sur les flancs est des monts Duck. La région la plus souvent touchée par les « chinooks de Dauphin » va de Cowan au nord à McCreary au sud.

Le brouillard de rayonnement n'est pas très fréquent à Dauphin. Durant les nuits claires quand le vent est léger, des vents de drainage ont tendance à se former depuis l'escarpement au sud et empêchent la formation de brouillard. Il se peut toutefois qu'une circulation ascendante du nord-est depuis le lac Dauphin apporte du brouillard dans la région de l'aéroport. Ceci se produit plus souvent à la fin de l'été et au début de l'automne.

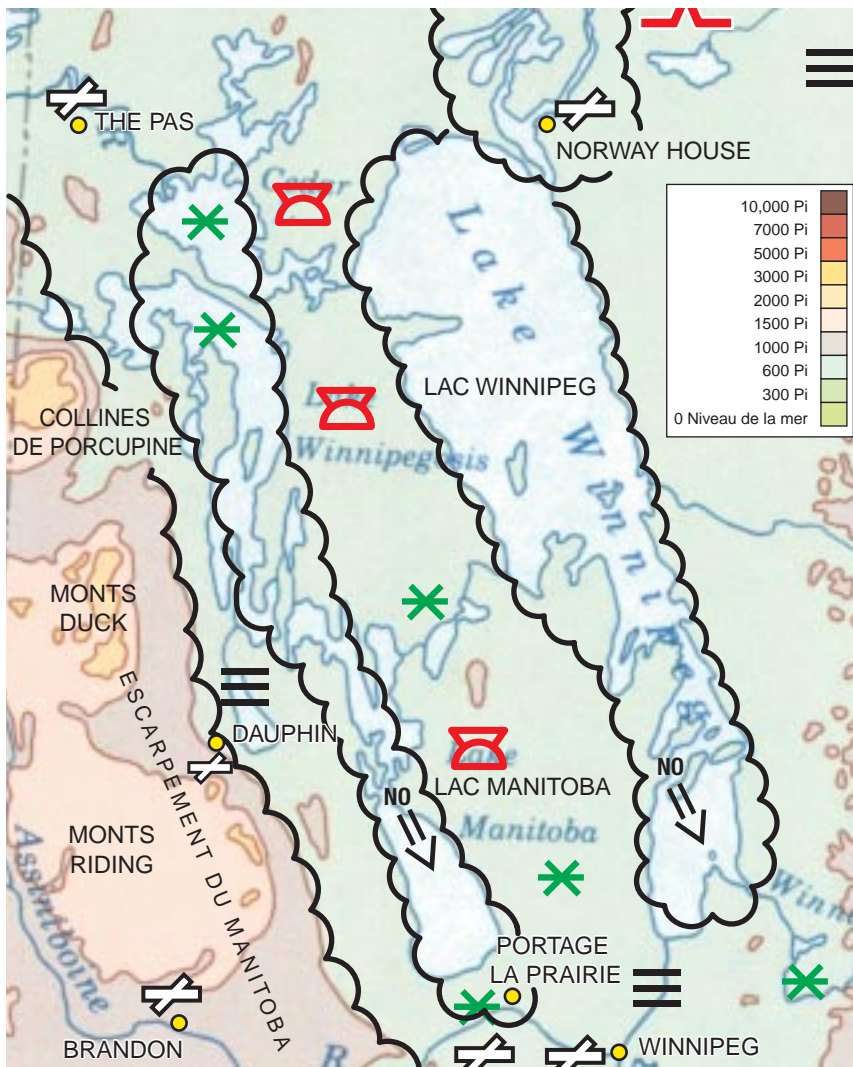
Un écoulement persistant du nord-est depuis les lacs à l'est de Dauphin peut produire une bande continue de stratus très bas qui commence près de Sifton, à environ



15 milles au nord de Dauphin, et s'étend vers le sud. Au nord de Sifton, les plafonds seront généralement meilleurs. Cette configuration est beaucoup plus probable au printemps et à l'automne, quand les lacs sont libres et que la basse atmosphère n'est pas très sèche.

Typiquement, des orages se forment dans les régions à l'ouest de Dauphin quand la circulation est du sud-ouest ou du nord-ouest. Ils diminuent souvent en intensité avant d'atteindre la ville et l'aéroport sous l'effet de la subsidence.

## La région interlac



Carte 4-37 - La région interlac

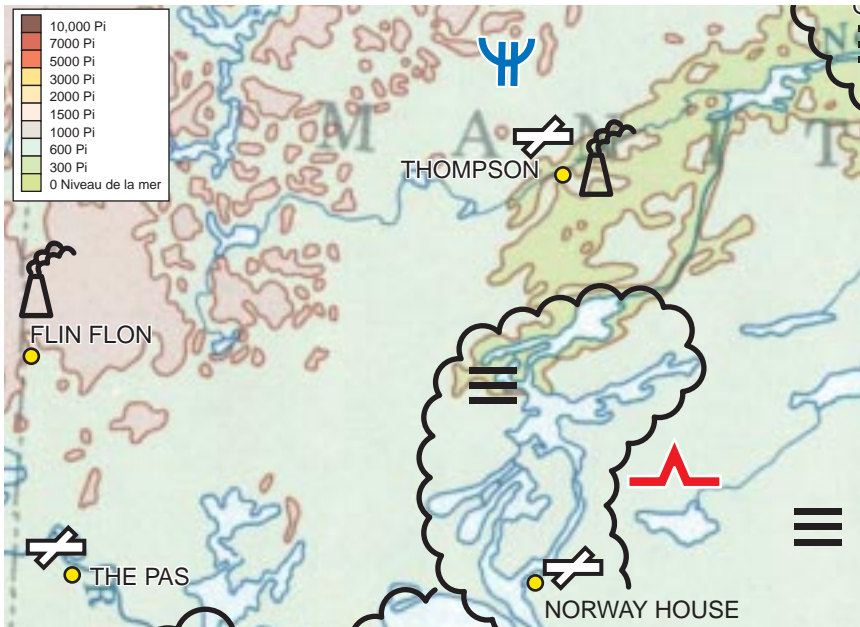
La région interlac désigne la zone située entre les lacs Manitoba et Winnipegosis, à l'ouest, et le lac Winnipeg, à l'est. Gravée par le dernier passage glaciaire au Manitoba, les lacs y sont longs, peu profonds, de forme irrégulière et alignés du nord-nord-ouest au sud-sud-est. La grande dépression en forme de bassin autour des lacs, principalement composée de tourbières et de marais, est ponctuée de nombreux petits lacs et pratiquement inhabitée, sauf dans l'extrême sud.

Les trois plus grands lacs sont assez grands pour donner lieu à des circulations de brise de mer pouvant produire des vents assez variables dans la région. Ceci a une influence importante sur les configurations convectives durant les chaudes journées d'été. L'air au-dessus de l'eau est refroidi dans les bas niveaux et il en résulte une subsidence qui garde le ciel tout à fait clair au-dessus des lacs. Le long des côtés est et ouest des plus grands lacs, cependant, il y a davantage de cellules convectives, notamment quand les brises de lac ont établi une ligne de convergence avec la circulation générale. Cet effet est particulièrement marqué dans la région interlac lorsque les brises de lac des lacs Winnipeg et Manitoba s'affrontent. Il se forme alors de petits cumulus ou des cumulus bourgeonnants, quoique de gros orages soient aussi possibles s'il y a suffisamment d'instabilité. En général, les cellules se dissipent si elles s'éloignent de leur région source.

Au printemps et à l'automne, on peut aussi observer des bourrasques de neige au-dessus des lacs et en aval. La configuration synoptique idéale demande une surface d'eau généralement libre de glace et un vent frais du nord ou du nord-ouest, avec une température de l'air au moins 10°C inférieure à celle de l'eau. Si l'air est très stable, une vaste zone de cumulus et de stratocumulus se formera et donnera de faibles averses de neige. Plus souvent, cependant, il se forme des cumulus bourgeonnants qui donnent localement de la neige modérée à forte, ou des granules de glace avec de la pluie et de la neige mélangées. Dans certains cas, l'air est assez instable pour produire de petites cellules de cumulonimbus s'élevant jusqu'à environ 20 000 pieds. La visibilité réduite n'est pas le seul problème que posent les courants de neige; ce sont des conditions idéales pour y subir de la turbulence de convection et un givrage modéré à fort.

Quand un système de basse pression synoptique passe au sud de la région, l'écoulement de l'est déjà humide au nord du système peut acquérir encore plus d'humidité en passant dans la région interlac. Ceci n'est vrai que lorsque les lacs sont libres de glace, c'est-à-dire du début de mai à la première semaine de novembre, normalement. Il faut s'attendre à des plafonds considérablement plus bas à l'ouest des grosses masses d'eau.

## Nord des lacs - The Pas - Flin Flon - Thompson



Carte 4-38 - Nord des lacs - The Pas - Flin Flon - Thompson

Les élévations ne varient que faiblement dans cette région; elles sont, en moyenne, de 850 pieds au-dessus du niveau de la mer et vont de 1200 pieds au nord-est de Flin Flon à environ 600 pieds près des lacs au sud de Thompson. Du printemps à la fin de l'automne, les circulations humides ascendantes de l'est ou du sud-est peuvent détériorer les conditions, tout particulièrement au nord-ouest de Snow Lake, et l'humidité acquise au-dessus du lac Winnipeg n'arrange en rien la situation.

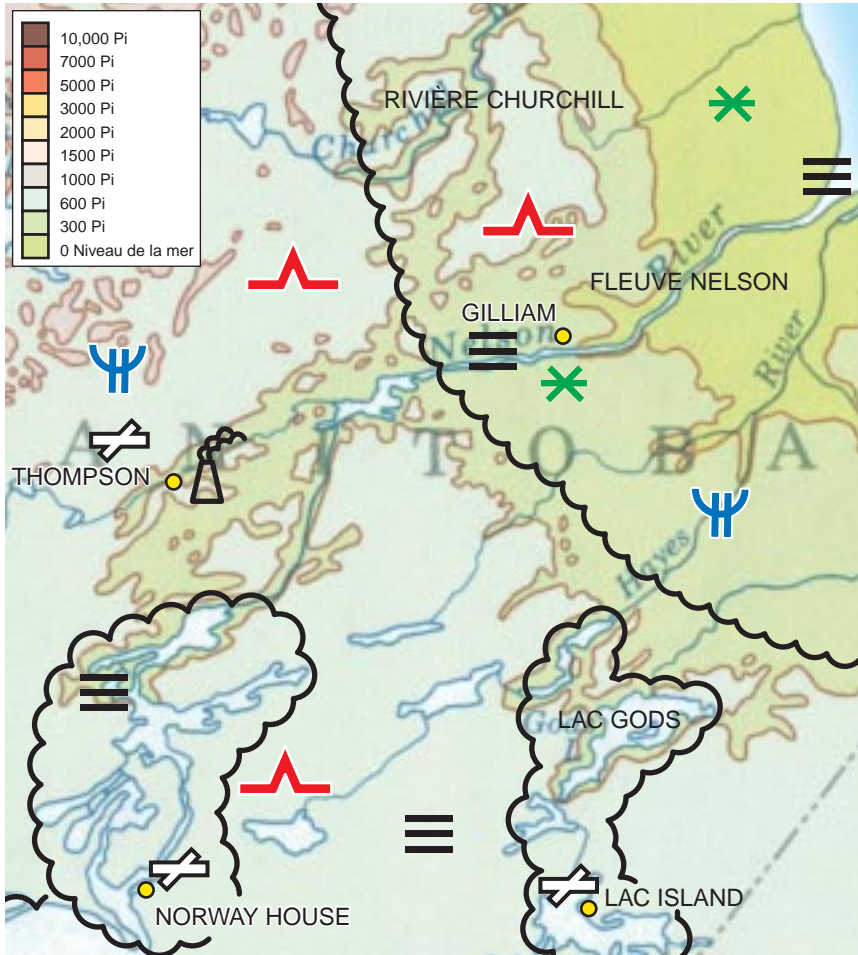
La végétation consiste principalement en une forêt boréale mixte qui abrite quelque peu des vents forts. Les « voiles blancs » hivernaux sont rares mais le cisaillement du vent à bas niveaux ou la turbulence mécanique en dessous de 4000 pieds sont assez fréquents par vents forts.

Il y a plusieurs grands lacs dans la région de Flin Flon - The Pas. Les plus grands, qui comprennent le réservoir du lac Cedar et le lac Winnipegosis, sont situés au sud-est de The Pas. L'aéroport de The Pas est juste au sud du lac Clearwater, qui possède environ 12 milles de diamètre. La région est propice au brouillard et aux stratus, surtout au printemps et à l'automne. Il peut y avoir beaucoup de courants de neige au-dessus et au sud-est de ces lacs en automne, quand des vents froids soufflent du nord-ouest.

Flin Flon est l'une des quelques villes minières du nord du Manitoba et est le site d'une grosse fonderie de cuivre/zinc, située à la périphérie ouest de la ville. La chem-

inée éjecte des particules dans l'atmosphère qui, à l'occasion, peuvent contribuer à la formation du brouillard, surtout quand il existe une forte inversion dans les bas niveaux.

### Norway House - Island Lake - Thompson



Carte 4-39 - Norway House - Island Lake - Thompson

Cette région possède l'une des topographies les plus uniformes du Manitoba, les élévations y étant partout proches de 750 pieds au-dessus du niveau de la mer. Il y a quelques collines largement distancées qui s'élèvent jusqu'à 200 pieds au-dessus du terrain environnant et quelques surfaces d'eau à 100 pieds en dessous, environ. La région, principalement couverte d'une forêt boréale de conifères qui ne s'éclaircit que dans le nord-est, est parsemée de lacs et de fondrières. Comme le reste du nord du Manitoba, c'est une région mal drainée où il y a beaucoup d'humidité dans les bas niveaux. Le brouillard et les stratus sont très courants durant les saisons de transition,

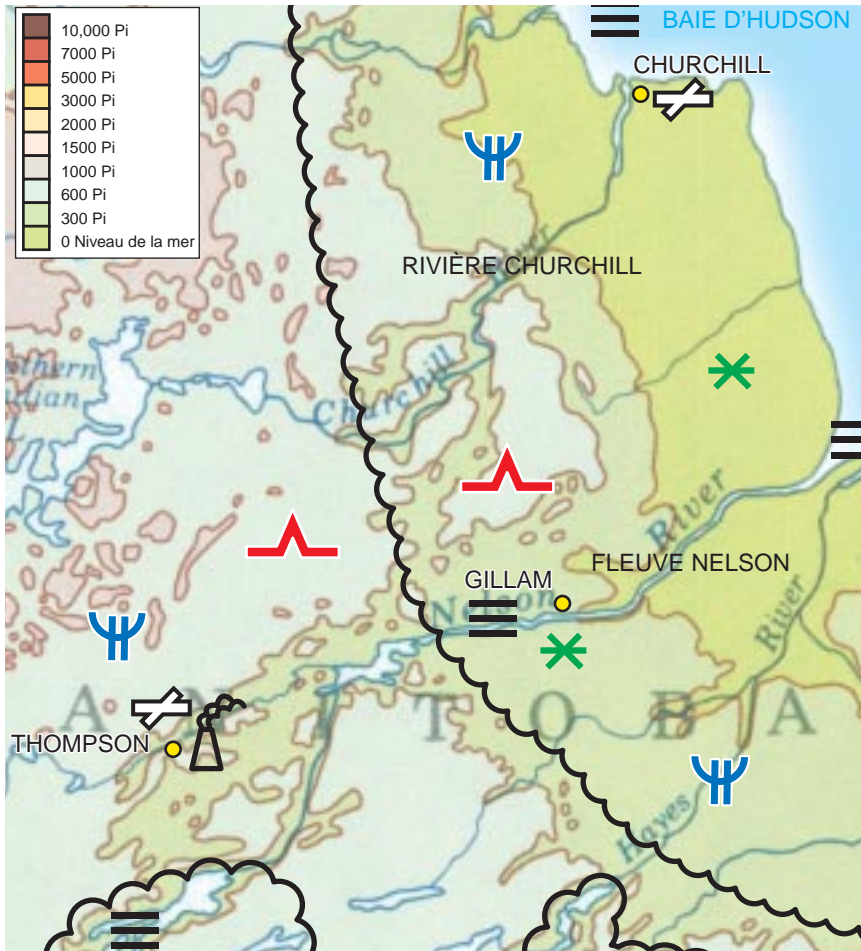
surtout en présence d'un écoulement humide du secteur nord ou du secteur est. Les régions de Norway House et de Cross Lake sont particulièrement vulnérables à ces éléments, en raison des grandes étendues d'eau et de fondrières près du cours supérieur de fleuve Nelson, tout comme le sont les régions adjacentes des deux plus grands lacs de la région, les lacs Gods et Island. Les aérodomes principaux dans ce secteur sont tous à proximité de l'eau, quand ce n'est pas entourés d'eau, ce qui fait que la prise des glaces (au début ou au milieu de novembre pour les petits lacs et en décembre pour le lac Winnipeg) et la fonte des glaces (milieu ou fin d'avril) ont des effets importants sur les conditions du temps.

Même si la baie d'Hudson se situe à une distance considérable, elle aussi influence les conditions du temps dans la région. D'épaisses nappes de stratus et de brouillard peuvent se former sur la baie n'importe quand au cours de l'année, mais plus particulièrement de juin à décembre. Un écoulement du nord-est au-dessus de la baie peut pousser ces nappes dans les terres, habituellement jusqu'à environ 150 milles, et affecter la vallée inférieure de la rivière Gods ainsi que la région de Shamattawa. Si l'écoulement est persistant, la nappe peut atteindre le lac Gods et Thompson. Ces zones de stratus posent souvent un problème de givrage. Si la température dans le nuage tombe dans l'intervalle de 0 à -15°C, un givrage modéré mélangé est courant et un givrage mélangé ou transparent fort est possible.

Il n'y a pas de secteur plus favorable qu'un autre pour le temps convectif, l'été. Les orages, qui se déplacent habituellement d'ouest en est, ont un cycle de vie assez prévisible. Des courants convectifs de beau temps et de l'air en subsidence le long des frontières forêt/lac peuvent interagir avec les vents généraux et parfois produire de la turbulence jusqu'à 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Même si cette région est mal drainée, il y a tant d'eau à déplacer que plusieurs rivières ont des sections de débit rapide qui souvent ne gèlent pas durant l'hiver. La présence d'eau libre à ce moment de l'année peut créer par endroits des bancs de brouillard ou de brouillard glacé d'évaporation, surtout quand la température est très basse et que les vents sont faibles. Ce phénomène s'observe assez fréquemment près de la piste et de l'hydrobase de Gods Lake Narrows et près du village de Gods River.

## Thompson et ses environs



Carte 4-40 - Thompson et ses environs

Thompson est la plaque tournante du transport pour le nord du Manitoba. L'aéroport de la ville est le deuxième aéroport le plus achalandé de la province. Plusieurs compagnies y offrent des services d'affrètement et des services réguliers en direction et en provenance de Winnipeg et vers plusieurs autres localités du nord du Manitoba et du sud du Nunavut. Thompson offre aussi une hydrobase et un héliport sur la rivière Burntwood et est une gare ferroviaire principale sur la ligne desservant Churchill. Une énorme mine de nickel et une fonderie, situées à la périphérie sud de la ville, sont des composantes industrielles majeures de la ville.

L'aéroport de Thompson, situé à 4 milles au nord de la ville, est construit sur ce que l'on considère là-bas comme un « terrain marécageux ». Comme la majeure partie du terrain dans le nord du Manitoba, le sol ne se draine pas bien naturellement, mais de

récents travaux d'excavation de fossés autour des pistes ont amélioré la situation. Néanmoins, des fondrières et des étangs locaux, la partie nord du lac Birch Tree juste à l'ouest et le taux d'humidité dans le sol généralement élevé fournissent un bon apport d'humidité dans les bas niveaux en dehors de la période hivernale. Souvent, quand il y a du brouillard mince, les pires conditions se produisent à l'intérieur de la zone de contrôle locale. En fait, on remarque souvent que les plus mauvaises conditions s'observent durant l'approche finale de la piste principale depuis l'ouest. Ceci est probablement dû à la proximité du lac Birch Tree ainsi qu'à l'émission de particules depuis la carrière de gravier et l'usine d'asphalte situées tout près. Le brouillard peut parfois sortir de la vallée de la rivière Burntwood voisine. Assez souvent, cependant, l'hydrobase sur la rivière près de la ville n'est pas touchée. Un autre problème que l'on peut attribuer à l'humidité du sol serait la tendance de la surface pavée de la piste principale à être quelque peu instable. Les cycles de gel et de fonte engendrent des dépressions et des soulèvements qui requièrent une intervention constante des équipes d'entretien.

Les conditions météorologiques saisonnières sont en général assez prévisibles. Comme la plupart des systèmes météorologiques qui affectent Thompson s'approchent par l'ouest, les observations de Flin Flon et de The Pas sont de bons indicateurs en amont. Lynn Lake est particulièrement utile pour déterminer le moment du passage des fronts froids derrière les systèmes de basse pression. Gillam fournit à l'avance une indication des conditions atmosphériques qui approchent par le nord-est ou par l'est, mais comme l'écoulement depuis Gillam est ascendant, il pourrait y avoir une détérioration des conditions avant qu'elles n'atteignent Thompson.

L'été est court mais assez agréable et il offre la plus haute probabilité de bonnes conditions de vol de toutes les saisons. Les nuages cumuliformes sont très fréquents et les courants convectifs créent une certaine turbulence jusqu'à environ 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Combinée aux vents de surface en rafales, cette turbulence peut être importante à moins de 1000 pieds au-dessus du sol, tout particulièrement le long des frontières lac/forêt. On peut s'attendre à du temps convectif violent une ou deux fois par année, surtout en juin et en juillet quand l'évapotranspiration de la végétation environnante est à son maximum. Localement, il n'y a pas d'endroits préférés pour les manifestations convectives.

L'hiver est la période au cours de laquelle de forts systèmes de haute pression arctiques se déplacent ou se construisent dans la région à partir du nord ou du nord-ouest. Ils apportent des vents en rafales de l'ouest ou du nord-ouest, des températures très froides et des inversions en surface très prononcées. Ces inversions retiennent l'humidité et les particules qui s'échappent des moteurs des avions et des automobiles, de la fonderie locale et des systèmes de chauffage au bois utilisés dans bon nombre de maisons là-bas, ce qui, localement, peut réduire la visibilité dans le brouillard glacé. Les cristaux de glace sont habituellement présents et peuvent être suffisamment gros

pour réduire la visibilité de façon marquée et former des accumulations mesurables. Pour compliquer les choses, le centre de ski le plus septentrional du Manitoba est situé à environ 4 milles au nord de l'aéroport. Quand les machines servant à la production de neige artificielle sont en marche et que le vent vient du nord, la visibilité peut être réduite par les cristaux transportés en aval.

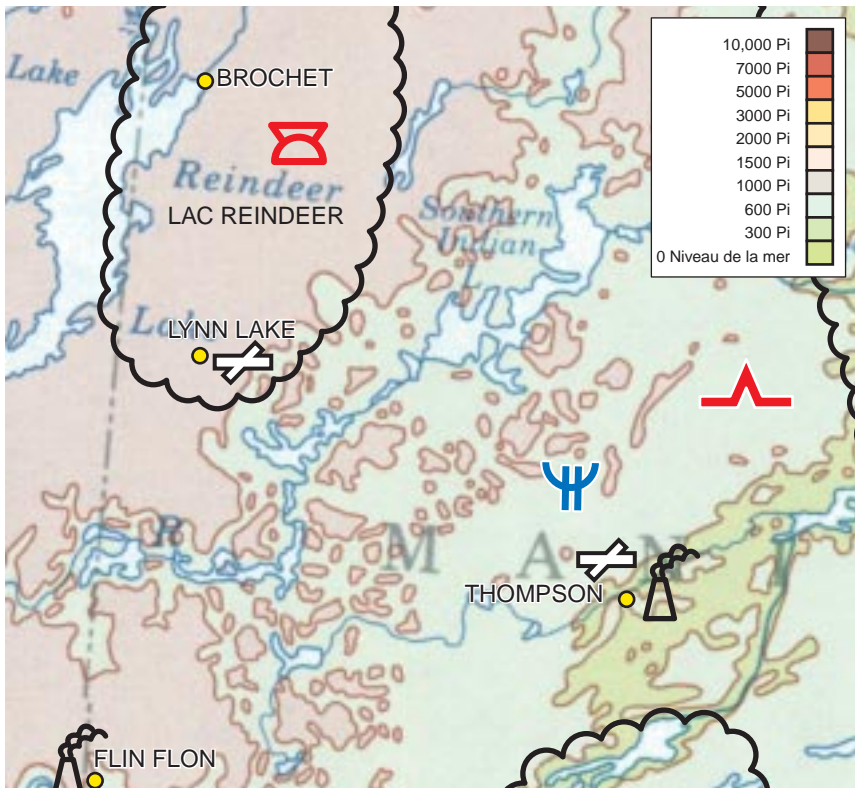
La trajectoire typique des tempêtes en hiver a tendance à faire passer au sud de Thompson les systèmes de basse pression en route vers l'est. Comme les chutes de neige sont généralement plus fortes au nord de ces dépressions et qu'en plus le terrain en pente ascendante fait s'élever l'humidité dans les bas niveaux quand l'écoulement est de l'est ou du nord-est, les skieurs de la région de Thompson sont bien servis. Les vents les plus forts sont du nord-ouest et se produisent généralement quand le centre du système est rendu à l'est mais, heureusement pour Thompson, la forêt environnante abrite suffisamment la région pour ralentir les vents et réduire la fréquence de la poudrière. Les précipitations verglaçantes ne sont pas rares; on en observe approximativement deux fois par mois en hiver. Ces événements ne sont pas associés aux situations classiques de fronts chauds en surface, car ceux-ci passent assez loin au sud de Thompson. Ils se produisent plutôt quand un front chaud en altitude se forme bien au nord du front en surface, l'air chaud au sud chevauchant l'air arctique fermement retenu à la surface. L'air chaud qui s'élève peut former des précipitations liquides qui tombent à travers la couche beaucoup plus froide en dessous. Le verglas produit lors de ces événements peut être extrêmement tenace, car il est rare que survienne par la suite un réchauffement en surface qui le fasse fondre.

Comme pour la plupart des communautés du nord des provinces des Prairies, le temps le plus maussade se produit pendant les saisons de transition du printemps (de la fin de mars au milieu de mai) et de l'automne (de la fin de septembre au début de novembre). Au cours de ces périodes, un plus grand nombre de tempêtes passent dans la région. Des circulations froides du nord-ouest apparaissent invariablement derrière ces systèmes et sont rapidement saturées dans les bas niveaux par l'humidité de la neige fondante au printemps et par celle de l'eau plus chaude des nombreux lacs et fondrières à l'automne. Les mauvaises conditions de vol persistent habituellement jusqu'à ce que la configuration de la circulation change pour apporter de l'air plus chaud du sud. Le brouillard est fréquent durant les saisons de transition et est considéré comme la plus importante entrave aux activités de l'aviation dans la région de Thompson. Une règle pratique locale pour le brouillard de rayonnement classique (qui se produit habituellement quand une crête de haute pression donne des ciels clairs et des vents légers) fixe l'heure de dissipation à environ 10h00. Les dernières traces de brouillard disparaissent habituellement avant 11h00. Cependant, si d'autres processus, comme l'évaporation ou l'advection, forment du brouillard et du stratus, il peut être beaucoup plus persistant et requiert parfois un changement complet de masse d'air pour se dissiper. Dans ce cas, sa variation journalière peut être presque imperceptible. Il est important de prendre en considération l'addition ou le retrait de



sources d'humidité locales pour évaluer la menace de brouillard. Les lacs et fondrières de la région sont habituellement gelés à la mi-novembre. La fonte de la neige débute en avril et la glace commence à se fragmenter durant la première moitié de ce mois. De grands écarts journaliers de température sont communs dans la région au début de l'automne et à la fin du printemps et peuvent créer d'autres difficultés. De la pluie tombe souvent durant la journée sur un sol qui ne s'est pas encore réchauffé au-dessus du point de congélation après une nuit froide. Il se forme alors une glace dangereuse et étendue sur les routes, les pistes et autres surfaces. Finalement, les pires conditions de givrage de la cellule surviennent habituellement au printemps et à l'automne, quand de gros nuages bas sont présents et que la température est dans l'intervalle de 0 à -15°C. Le givre mélangé et le givre blanc sont communs mais il est plutôt rare qu'il se forme beaucoup de givre transparent.

### Thompson - Lynn Lake et vers le nord



Carte 4-41 - Thompson - Lynn Lake et vers le nord

Ce trajet suit la route 391 le long d'une pente graduelle allant de la vallée de la rivière Burntwood et celle du fleuve Nelson, à travers la vallée de la rivière Churchill et jusqu'à de plus grandes élévations dans le nord-ouest du Manitoba. Les caractéris-

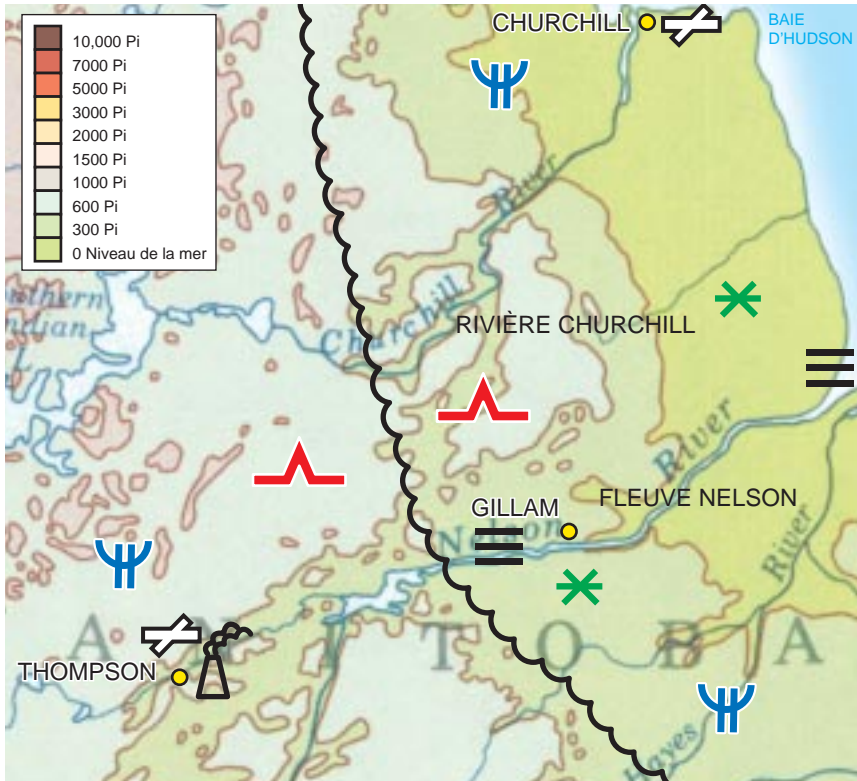
tiques de la surface dans la région sont, pour la plupart, semblables à celles des environs de Thompson : une profusion de lacs et de fondrières avec beaucoup d'humidité en surface. Le terrain présente, cependant, une certaine rugosité au nord de Lynn Lake en raison de nombreux eskers et autres dépôts glaciaires. Les vents de l'est suivent une pente qui les font remonter de 600 pieds entre Thompson et Linn Lake. Lorsqu'une telle circulation s'établit, il faut s'attendre à des plafonds plus bas dans la région de Lynn Lake et au nord, mais la différence n'est habituellement pas très grande.

Les arbres deviennent plus épars et rabougris à mesure qu'on s'avance plus loin au nord à des endroits comme les lacs Brochet et Tadoule. C'est pourquoi les vents de surface ont tendance à être plus forts dans cette région et, en hiver, la probabilité de visibilités réduites dans la poudrière est plus élevée. Il y a souvent de la turbulence mécanique modérée en deçà de 3000 pieds au-dessus du sol, surtout quand les vents sont du nord ou du nord-ouest.

Les hautes terres près de la frontière de la Saskatchewan, au nord-est des lacs Reindeer et Wollaston, sont une place de choix pour la formation ou l'intensification des nuages convectifs quand la région est balayée par une circulation d'air instable du sud-ouest. Des effets topographiques et l'humidité que fournissent ces grands lacs sont probablement à l'origine de ce phénomène.

Durant l'automne, les écoulements froids du nord-ouest au-dessus des eaux plus chaudes des lacs Reindeer et Wollaston peuvent produire des « courants » de nuages convectifs qui produiront des files d'averses de pluie ou de neige dans la région autour de Lynn Lake et vers le sud en direction de Pukatawagan. Il faut s'attendre à des fluctuations rapides et extrêmes dans les plafonds et la visibilité en pareilles conditions. Les autres lacs de la région, qui sont généralement orientés suivant un axe sud-ouest-nord-est ne produisent pas autant de courants quand l'écoulement est du nord-ouest, la course de l'air au-dessus de l'eau (le « fetch ») à travers le lac étant relativement brève.

## Thompson - Gillam



Carte 4-42 - Thompson - Gillam

La route de Thompson à Gillam suit le fleuve Nelson vers l'aval en direction de la baie d'Hudson. L'élévation diminue d'environ 250 pieds entre les deux localités et la topographie ne présente pas de surprise. Au nord-est de Gillam, le terrain suit une pente similaire mais légèrement plus accentuée jusqu'aux basses terres de la baie d'Hudson, qui renferment les cours inférieurs des rivières Churchill et Seal. Les caractéristiques locales dans cette région sont d'origine glaciaire et comprennent plusieurs eskers et quelques sédiments assez rugueux (l'un, juste au nord du lac Stephens, près de Gillam) mais, dans l'ensemble, le terrain est assez uniforme.

Tout vent ayant une composante d'est suit une pente ascendante dans cette région et ceux du nord-est, selon les statistiques, donnent les plafonds les plus bas et les visibilités les plus réduites. Ceci, bien sûr, est attribuable à la vaste masse d'eau libre que fournit la baie d'Hudson de la fin du printemps au début de l'hiver.

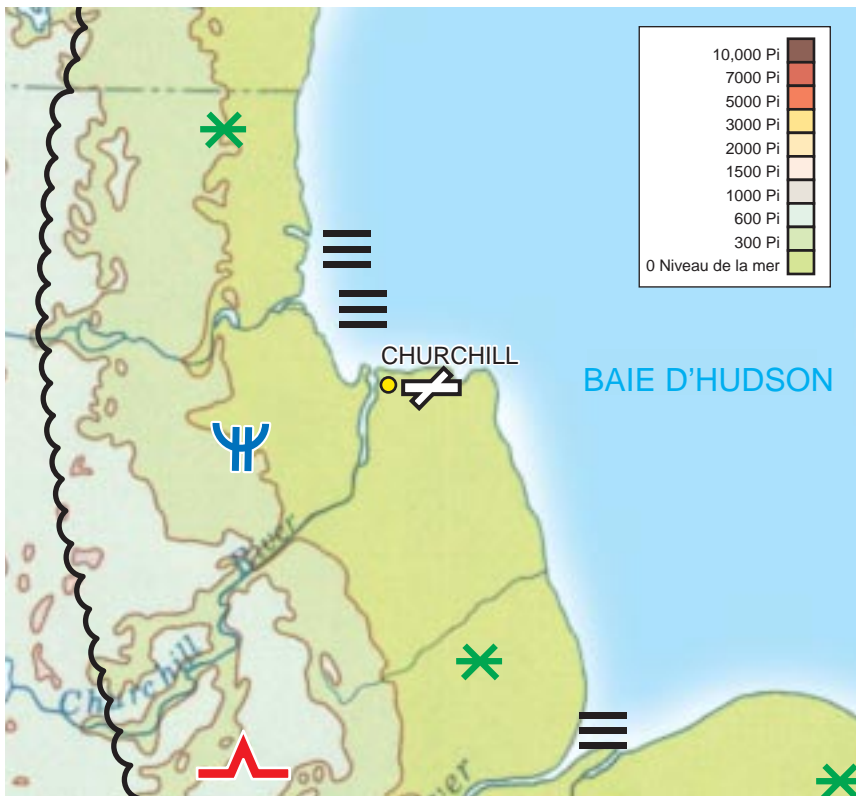
Le courant dans le fleuve Nelson est assez intense dans cette partie de son cours, renforcé par l'eau dérivée du réseau hydrographique de la rivière Churchill. Des installations hydroélectriques, dont deux se situent juste en aval de Gillam, utilisent

ce courant. Plusieurs segments du fleuve s'englacent tardivement en hiver et se déglacent rapidement au printemps, surtout là où il y a des rapides et à la décharge des barrages. Ces segments, lorsqu'ils sont libres de glace, favorisent beaucoup le brouillard d'évaporation durant les journées froides de l'hiver.

Le lac Stephens, qui s'étend sur environ 27 milles à l'ouest-nord-ouest de Gillam, constitue une masse d'eau appréciable. En automne, ce lac peut produire des courants de neige près de l'aéroport de Gillam durant les poussées d'air froid en provenance de l'ouest ou du nord-ouest.

Étant donné que le couvert forestier s'amincit graduellement dans les basses terres en s'approchant de la baie d'Hudson, cette région est plus souvent affectée par des blizzards l'hiver, quand de forts vents du nord-ouest ou du nord soufflent derrière les intenses systèmes de basse pression qui traversent souvent la région.

### Churchill - côte de la baie d'Hudson



Carte 4-43 - Churchill - côte de la baie d'Hudson

Churchill possède la particularité d'avoir le seul aéroport important dans les provinces des Prairies qui soit situé près d'une côte. C'est aussi le seul port de mer

arctique du Canada. L'aéroport même est situé sur une falaise à un peu plus de 90 pieds au-dessus de la baie d'Hudson et à environ un mille au sud du bord de l'eau. La côte s'étend sur 27 milles directement vers l'est jusqu'au cap Churchill, puis vers le sud-sud-est jusqu'à l'embouchure du fleuve Nelson. Juste à l'ouest de l'aéroport, la rivière Churchill, qui coule vers le nord, se déverse dans la baie. Elle a environ trois milles de largeur à ce point, bien qu'elle se rétrécisse en un canal d'à peine plus d'un demi-mille de largeur à l'embouchure même. La baie Button se situe quelques milles à l'ouest et à environ 6 milles de diamètre. À partir de là, la ligne de côte s'incurve vers le nord en direction d'Arviat.

La topographie de la région n'y joue qu'un rôle secondaire. On pourrait facilement décrire les basses terres de la baie d'Hudson comme l'une des parcelles de terre les plus uniformes des Prairies, seulement marquée par les vallées inférieures des cours d'eau principaux qui se jettent dans la baie. Des fondrières, de petits lacs, des touffes d'arbres rabougris et de l'herbe couvrent le sol. La turbulence mécanique est rarement forte mais peut être modérée jusqu'à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer quand le vent est fort. Inutile de dire que les conditions locales à Churchill (et n'importe où le long de la côte) sont largement tributaires de la baie d'Hudson même.

Comme c'est le cas de tout environnement côtier, il est de toute première importance d'avoir une bonne idée de ce qui constitue un « vent du large » et un « vent vers la mer ». Dans cette région, la règle générale est que les conditions sont mauvaises quand les vents soufflent de l'eau vers la terre et habituellement meilleures dans le cas contraire. Ceci, bien sûr, dépend de bien d'autres facteurs, notamment des propriétés de l'air (contenu en humidité, température et stabilité), de la température de l'eau, de la concentration et de l'étendue de la couverture de glace, mais la règle est assez bonne. Bien que la côte dans la région immédiate de Churchill soit grossièrement alignée d'ouest en est, à plus grande échelle, elle s'étend du nord-nord-ouest au sud-est. Même si le cap Churchill fait saillie à l'est de la ville, il est trop bas et trop plat pour modifier l'humidité des écoulements de l'est ou du sud-est. Si les conditions sont favorables au changement, tout vent entre 310° et 360° et entre 90° et 140° acquiert suffisamment d'humidité au-dessus de la baie d'Hudson pour détériorer les conditions à Churchill.

La baie d'Hudson est principalement libre de glace de la fin de juillet au début de novembre, mais il peut aussi y avoir de l'eau libre près de la côte à tout autre moment de l'année. Il est très important de connaître la position et l'étendue de l'eau libre à ces « autres moments de l'année » si l'on veut comprendre pourquoi certaines conditions météorologiques se produisent dans différents régimes de vent à ces moments. Il faut aussi savoir que la température de la surface de l'eau peut différer grandement, en particulier en été, entre la pleine mer froide et les secteurs côtiers peu profonds plus chauds. Les eaux de surface sont même plus chaudes près de l'embouchure des grosses rivières, puisqu'il faut un certain temps pour que l'eau réchauffée et douce de la riv-

ière se mélange à l'eau de la baie. Il s'ensuit que les embouchures de rivières sont des endroits propices à la formation de brouillard d'advection et de brouillard d'évaporation quand les conditions s'y prêtent. Ceci est particulièrement vrai à l'embouchure du fleuve Nelson.

Les cycles de prise et de fonte des glaces sur la baie d'Hudson sont assez complexes, en particulier près de l'embouchure des grosses rivières comme la rivière Churchill. Cela s'explique, en partie, par l'effet de la stratification de l'eau douce et de l'eau salée dans ces régions. L'eau douce est moins dense que l'eau salée et gèle plus tôt. En octobre, l'eau douce des rivières qui « inonde » l'eau salée commence à geler, ce qui forme une suspension visqueuse appelée sorbet. Les vents du large font s'accumuler le sorbet le long de la côte, où il gèle en formant une couche solide. Ceci marque le début de la formation de la banquise côtière stationnaire, qui atteint typiquement une extension de 3 à 4 milles à partir de la côte. Les vagues, les marées et les marées de tempête cassent cette glace en morceaux qui regèlent pour former une couche plus épaisse et plus déformée. La glace ne commence pas à se former de façon appréciable dans la haute mer avant la deuxième moitié de novembre. Elle ne forme pas une couche continue mais plutôt un fouillis de floes qui sont trimbalés par le vent en plus de dériver au gré des courants qui tournent en sens anti-horaire dans la baie. Ils entrent en collision les uns avec les autres ainsi qu'avec la banquise côtière, ce qui crée, le long des zones d'impact, des crêtes qui peuvent avoir 60 pieds de hauteur. Au milieu de l'hiver, la baie d'Hudson est pratiquement couverte de glace, mais des vents soutenus d'une direction donnée peuvent ouvrir des chenaux de plusieurs milles de largeur, souvent le long du bord de la banquise côtière. Ces chenaux peuvent persister aussi longtemps qu'il vente et mettent plusieurs heures, voire des jours, à se refermer ou se recouvrir de glace une fois que le vent s'est calmé ou a changé de direction. Tôt en juin, la débâcle des rivières marque le début de la fin de la couverture de glace hivernale dans la baie d'Hudson. L'eau douce inonde généreusement la glace et ouvre éventuellement un chenal dans la banquise. Au cours des mois de juin et de juillet, la glace s'éloigne graduellement, se fracture et fond pour finalement disparaître. La région de la baie au nord de Churchill peut être complètement libre de glace assez tôt durant cette période si des vents du sud-ouest soufflent durant une assez longue période (4 à 5 jours en moyenne) puis sont remplacés par des vents du nord-ouest ou du nord. Les vents du sud-ouest poussent la glace au-delà du cap Churchill, où les courants commencent à la transporter vers le sud-est. Si les vents deviennent ensuite du nord ou du nord-ouest, la glace est littéralement emportée vers l'embouchure du fleuve Nelson et les régions à l'est, où elle a tendance à demeurer jusqu'à ce qu'elle fonde.

L'été le long de la baie d'Hudson est assez court. La baie est libre et généralement couverte, au moins en partie, de nuages bas (stratus marin). Les vents du nord-est ou de l'est finissent par apporter ces nuages au-dessus des basses terres et causent une détérioration des plafonds. Un givrage modéré, blanc ou mélangé, se produit souvent

dans ces nuages, au-dessus du niveau de congélation. Durant les journées chaudes et ensoleillées, il peut se former une brise de mer et ceci aussi pourra produire ou apporter des nuages bas jusqu'à plusieurs milles dans les terres le long de la côte. Du brouillard peut accompagner ces nuages bas mais, normalement, ne s'étend pas aussi loin dans les terres. À l'aéroport de Churchill, l'extrémité nord de la piste peut être complètement masquée alors que la visibilité à l'extrémité sud est illimitée. Les circulations du sud-ouest ou de l'ouest sont associées à de bonnes conditions météorologiques de vol et habituellement repoussent le stratus marin au large. Les circulations qui suivent la ligne de côte apportent du temps variable dans la région. La convection estivale est normalement associée à des circulations en altitude instables de l'ouest ou du sud-ouest. Les cellules qui touchent la région se forment habituellement en amont (dans les terres) et se déplacent avec le vent. Quelques orages atteignent la région de Churchill chaque été. Quand les cellules arrivent au-dessus de la surface froide de la baie d'Hudson, elles perdent la majeure partie de leur support thermique et s'affaiblissent rapidement s'il n'y a pas de mécanismes dynamiques ou thermodynamiques pour les entretenir.

Durant l'automne, les sources d'humidité locales se tarissent à mesure que les rivières gèlent et que la banquise côtière se forme. Cependant, les vents de l'est continuent d'apporter, de plus loin dans la baie, du stratus et du brouillard dans la région. Tôt dans la saison, les écoulements du nord ou du nord-ouest d'air arctique froid (généralement sous l'action de zones de haute pression qui se bâtissent à l'ouest ou d'intenses systèmes de basse pression qui traversent la baie d'Hudson) deviennent instables au-dessus de l'eau chaude. Des nuages bas étendus se forment dans ces circulations et renferment des bandes de cellules convectives qui apportent un mélange de types de précipitations dans la région, ce qui donne des plafonds et des visibilités très variables par moments. Même les circulations fraîches de l'ouest peuvent être trompeuses à Churchill en ce temps de l'année, car la baie Button et la rivière Churchill peuvent fournir un fetch assez long pour que se forment des nuages bas et du brouillard autour de la ville. La bruine verglaçante est très commune durant cette période de l'année, étant donné que la baie est principalement libre et que les températures chutent. Avec la saison qui avance, de fortes chutes de neige peuvent se produire le long de la côte qui, combinées avec des vents forts, donneront des conditions de voile blanc. Le givrage à bas niveaux associé aux nuages convectifs encastrés ou aux précipitations verglaçantes peut poser un problème pour les avions qui arrivent ou qui partent. Une combinaison de turbulence mécanique et convective peut aussi créer des difficultés. Les conditions s'améliorent quand le vent acquiert une direction vers le large, ce qui élimine l'apport d'humidité et de chaleur dans les bas niveaux.

À mesure que l'hiver s'installe et que la couverture de glace s'étend dans la baie, les ours polaires quittent la terre pour se gaver de phoques pendant leur chasse annuelle et les conditions météorologiques ont tendance à s'améliorer. Toutefois, les tempêtes d'hiver qui touchent la région suivent habituellement une trajectoire qui les amène du

sud ou du sud-est vers la baie d'Hudson, où elles peuvent rester plusieurs jours. Ces tempêtes sont généralement accompagnées d'une crête de haute pression dans l'ouest du Canada. Le fort gradient de pression entre les deux caractéristiques produit une longue bande de vents forts du nord-ouest dans « l'allée des blizzards », qui s'étend du centre de l'Extrême-Arctique jusque dans le nord-est du Manitoba et le nord de l'Ontario. Comme les basses terres sont à toutes fins utiles dépourvues de couvert forestier, la région favorise les conditions de blizzard. Ces vents ouvrent aussi de vastes passages dans la banquise, souvent juste à la limite de la banquise côtière, et il se forme des courants de convection dans les bas niveaux en aval. Si des vents de l'est se lèvent après que les vents de l'ouest se soient calmés, ces courants tournent avec le vent et produisent des averses dispersées dans la région côtière, en particulier si le chenal se situe le long de la banquise côtière (c'est-à-dire près de la rive). Le cas échéant, une règle pratique à Churchill est de considérer que le chenal se refermera dans les 8 heures si la glace de l'autre côté est visible à l'horizon. Sinon, il faut s'attendre à ce que les averses de neige durent jusqu'à ce que le chenal se referme ou que le vent change à nouveau de direction. Les zones de haute pression arctiques qui s'établissent sur le nord-est du Manitoba apportent des ciels clairs, des températures très froides et des vents légers dans les régions où il y a une forte inversion. Des périodes de visibilité réduite dans la fumée de mer arctique, les cristaux de glace et le brouillard glacé sont fréquentes durant ces épisodes. La fumée de l'incinérateur à déchets du fameux dépôt de Churchill, juste à l'est de l'aéroport, peut accentuer le problème localement.

Le printemps le long de la côte arrive avec la fonte de la neige et le dégagement des rivières, à la fin de mai et tôt en juin. Les sources d'humidité en surface augmentent rapidement, parce que les rivières inondent la glace dans la baie. Le brouillard est fréquent au-dessus et en aval des rivières et au-dessus des mares de fonte sur la glace. L'aéroport de Churchill est souvent affecté par du brouillard provenant de la rivière Churchill quand des vents légers soufflent de l'ouest au printemps. À mesure que la glace de mer se retire, des étendues d'eau de plus en plus grandes ramènent la tendance météorologique générale à un scénario de va-et-vient du stratus marin, selon que les vents sont du large ou vers le large. Les ours polaires reviennent aussi.





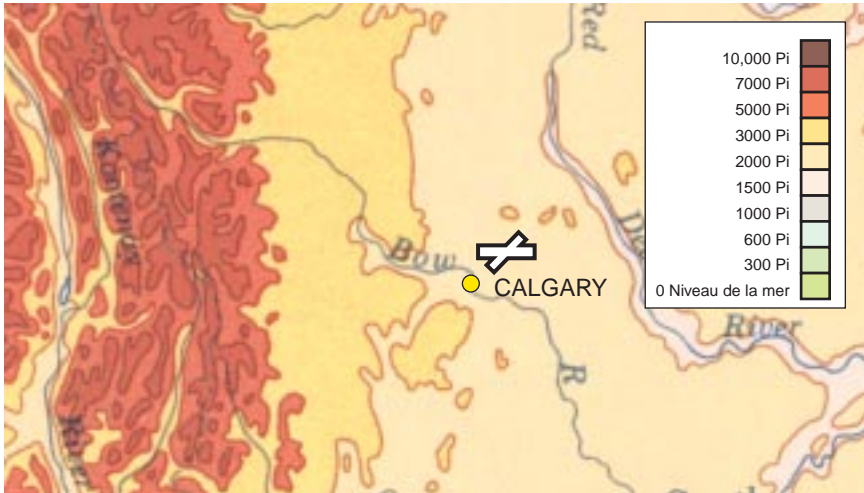


## Chapitre 5

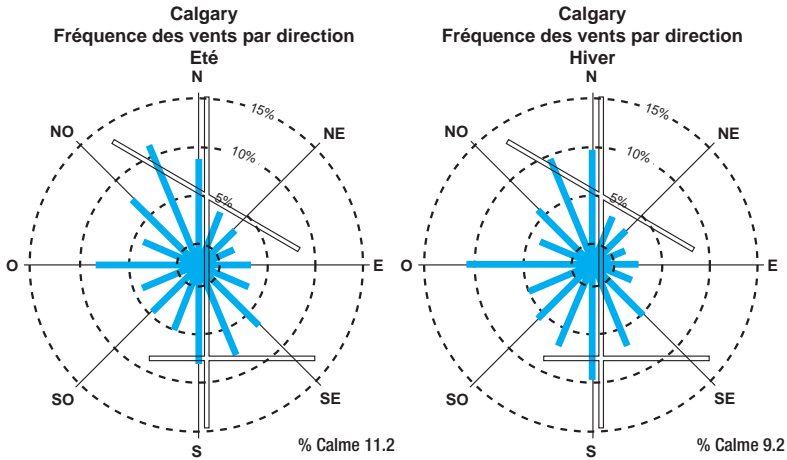
### Climatologie des aéroports

#### Alberta

##### (a) Calgary

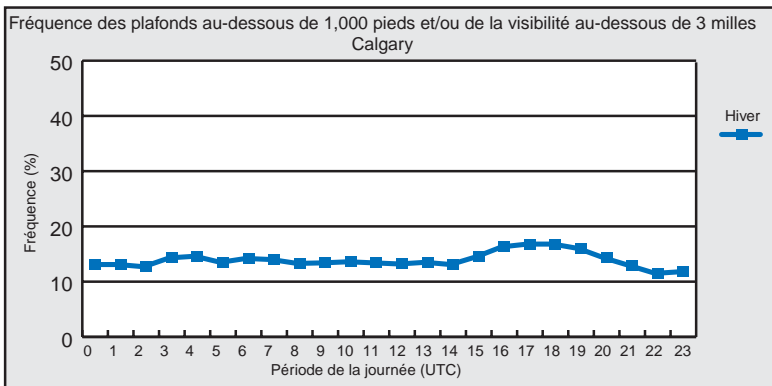
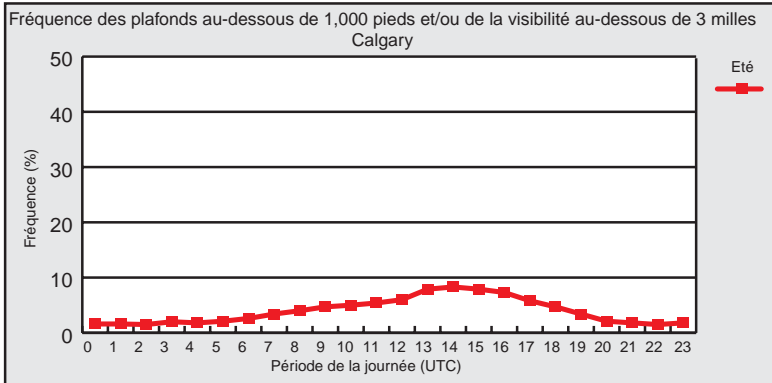


Calgary est situé à environ 40 milles à l'est de la ligne continentale de partage des eaux, à la jonction des vallées des rivières Bow et Elbow, dans le sud de l'Alberta. Coulant dans une grande bande de terrain herbagé et sans arbres, les vallées fluviales fournissent le seul relief d'importance. L'aéroport se situe sur un haut plateau presque plat, à trois milles au nord-est du centre de la ville de Calgary. Depuis l'aéroport, le terrain s'abaisse en direction de la vallée de Nose Creek, environ un mille à l'ouest, puis s'élève brusquement jusqu'à la crête de Nose Hill, à un peu plus de trois milles à l'ouest de l'aéroport et qui culmine à 500 pieds au-dessus du terrain d'aviation. À l'ouest de Calgary, le terrain s'élève de façon abrupte dans les contreforts des Rocheuses. À l'est, le terrain, de façon générale, descend du nord-ouest vers le sud-est. Vers le sud, le terrain s'incline graduellement jusqu'à la rivière Bow qui coule vers l'est en divisant la ville, jusqu'à un point où elle prend une direction sud à 3 ou 4 milles au sud-sud-est de l'aéroport. Malgré que les élévations locales soient d'environ 3600 pieds au-dessus du niveau de la mer, la proximité des montagnes Rocheuses fait bénéficier la ville de l'effet modérateur des chinooks doux durant l'hiver.



Calgary est dans la ceinture des vents d'ouest en altitude qui produit des vents dominants du nord ou du nord-ouest en hiver et une circulation davantage de l'ouest ou du sud-ouest en été. Il y a un peu plus de vents du sud-ouest en hiver qu'en été, ce qui donne à penser qu'il peut y avoir plus d'intrusions d'air doux du Pacifique qu'à d'autres moments de l'année. Dans les cas extrêmes en l'été, des vents du sud peuvent transporter de l'air tropical humide du golfe du Mexique jusque dans la région.

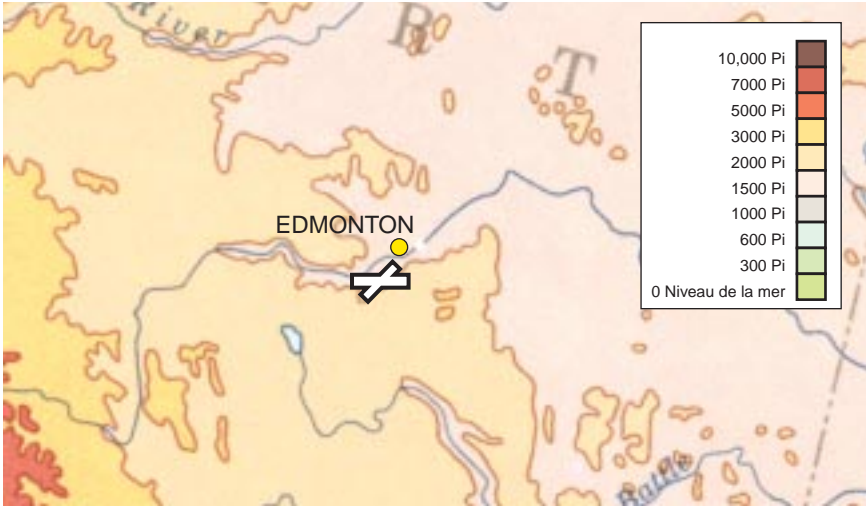
Au cours de l'hiver, les vents d'ouest peuvent résulter de chinooks et sont fréquemment turbulents. Comme une arche de chinook accompagne toujours ce phénomène, elle peut servir d'indicateur pour prévoir le moment de la turbulence associée. De plus, à tout moment de l'année, il peut se produire des ondes sous le vent (ou ondes orographiques) qui occasionneront des cisaillements du vent à bas niveaux et de la turbulence. Même si les ondes sous le vent sont souvent indiquées par des nuages lenticulaires dans la région, ce n'est pas toujours le cas et alors, la turbulence d'ondes orographiques peut être assez dangereuse. De toutes les grandes villes canadiennes, Calgary est la plus fréquemment touchée par ce phénomène.



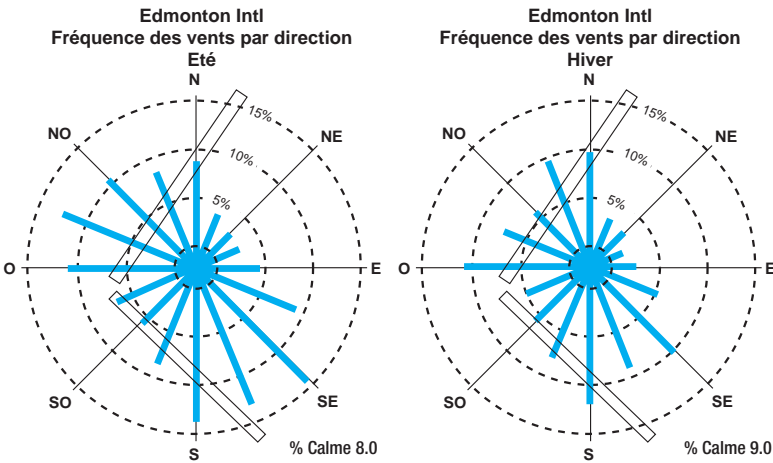
L'été offre typiquement de très bonnes conditions de vol. Le principal problème vient des orages qui peuvent se former durant les journées chaudes. Habituellement, les orages se forment dans les contreforts à l'ouest de la ville et se déplacent vers l'est. Plusieurs se dissipent avant d'atteindre Calgary mais les autres pourront produire de forts vents, de la pluie forte, de la grêle, des éclairs et même des tornades. La fréquence des mauvaises conditions augmente durant la nuit jusqu'à un maximum à 1400 UTC, puis les choses s'améliorent.

Le brouillard se manifeste surtout l'hiver. Le nombre mensuel moyen de jours de brouillard atteint un maximum de 2 à 3 en novembre, février, mars et avril. Les mauvaises conditions de vol, quand elles se produisent en soirée, persistent durant la nuit sans grand changement. Puis, juste après le lever du soleil, et sans doute à cause des mouvements d'avions plus nombreux qui fournissent un surplus d'humidité dans les bas niveaux, la fréquence augmente et atteint un maximum à la fin de la matinée, après quoi les conditions s'améliorent.

(b) Edmonton International

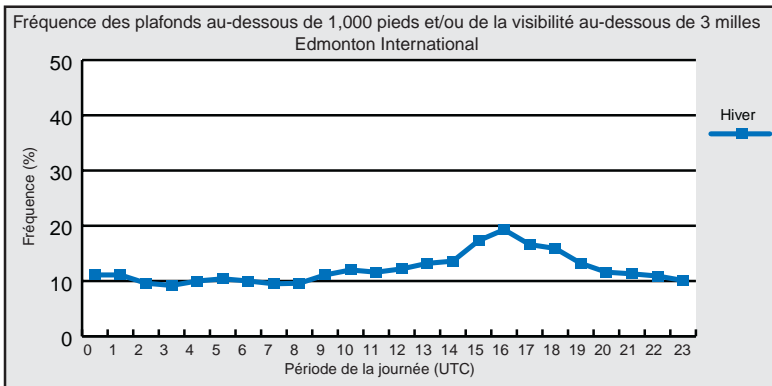
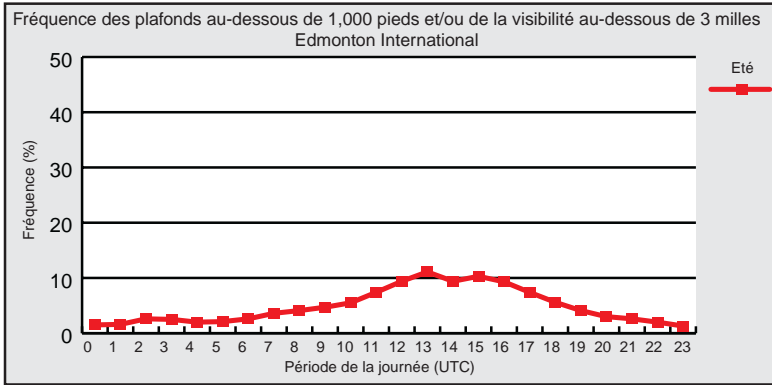


La ville d'Edmonton est située le long de la rivière Saskatchewan Nord dans le centre de l'Alberta et se trouve dans la zone de transition entre les prairies herbeuses et les forêts du nord. L'aéroport international se situe près de Leduc, à 9 milles au sud des limites de la ville d'Edmonton. La région qui entoure l'aéroport consiste généralement en des terres agricoles plates avec quelques zones boisées. La rivière Saskatchewan Nord coule vers le nord-est à environ 5 milles au nord-ouest de l'aéroport.

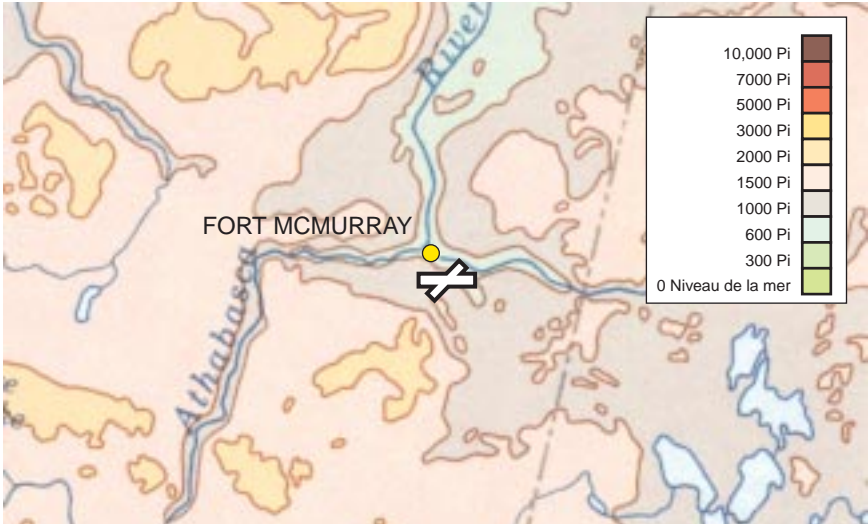


Edmonton est sous la ceinture des vents d'ouest en altitude, un courant atmosphérique de grande échelle qui, de façon générale, progresse d'ouest en est. En hiver, cet écoulement devient du nord-ouest ou du nord et favorise de fréquentes invasions d'air arctique froid. En été, une circulation en altitude davantage de l'ouest ou du sud-ouest permet des intrusions d'air humide du Pacifique.

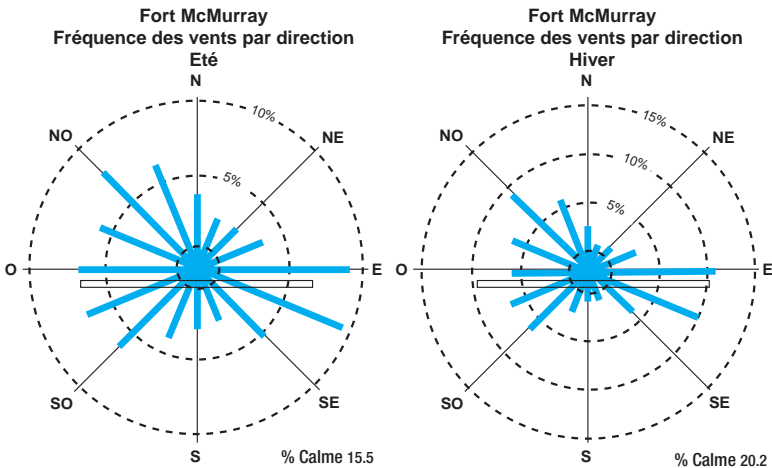
Les vents sont typiquement plus légers en hiver que durant le reste de l'année. Cependant, la combinaison de neige fraîche, de vents et de températures froides peut produire des conditions de blizzard, mais ces événements sont rares à Edmonton. Les vents deviennent un peu plus forts au printemps et en été et privilégient plus souvent les directions ouest et nord-ouest.



À Edmonton, toute l'année, les vents dominants de l'ouest ou du nord-ouest sont généralement associés à de bonnes conditions de vol. Une circulation prolongée du secteur est (entre le nord-est et le sud-est) produit normalement du stratus et du brouillard et des conditions de vol exécrables.

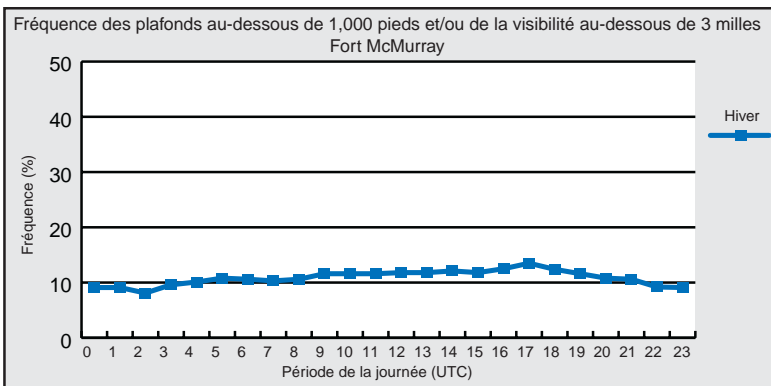
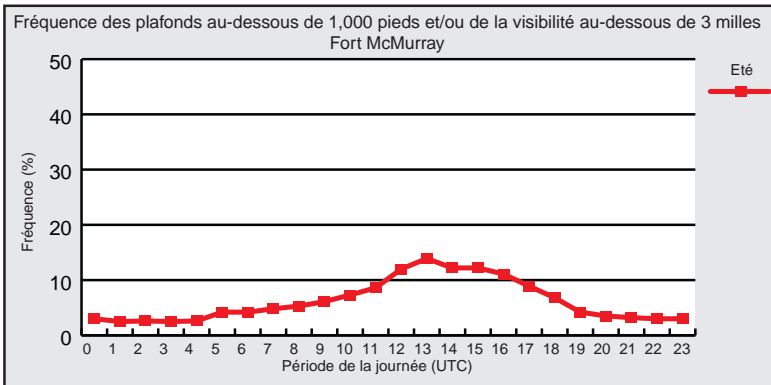
(b) Fort McMurray

Fort McMurray est situé au confluent des rivières Athabasca et Clearwater et l'aéroport se trouve à 7 milles au sud-est de la ville. La rivière Clearwater passe à moins de 2 milles au nord de l'aéroport avant de rejoindre la rivière Athabasca dans la ville. Le terrain légèrement ondulé s'élève modérément vers le nord et vers le sud de la vallée de la rivière Clearwater.



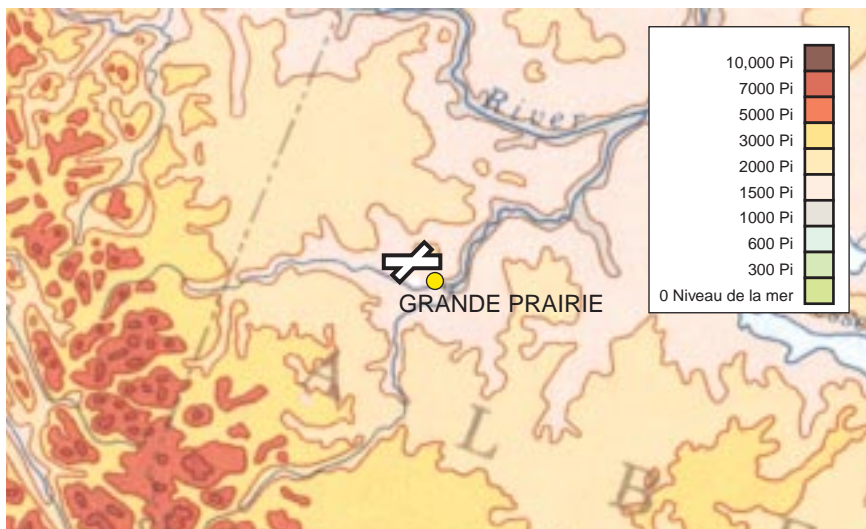
Les vents dominants remontent ou descendent cette vallée, sans grand changement entre l'été et l'hiver. Il y a un maximum secondaire de vent du sud-ouest et le pourcentage de vents calmes est élevé.



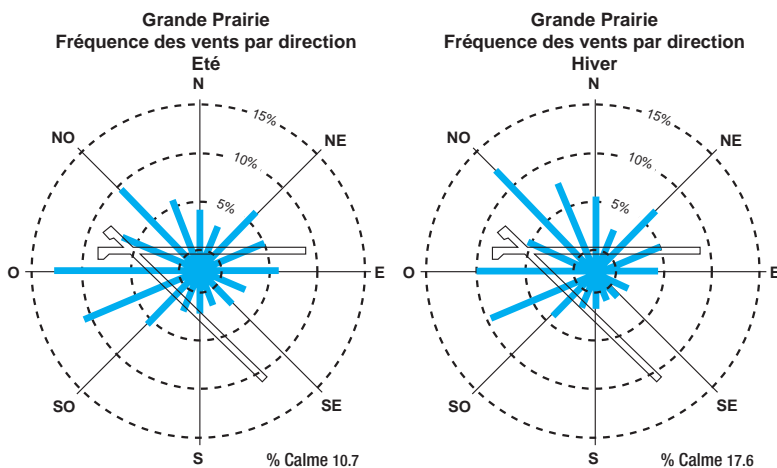


Les conditions de vol en été à Fort McMurray sont généralement très bonnes mais, durant la nuit, la fréquence des plafonds bas et des visibilités réduites augmentent jusqu'à un maximum vers 1300 UTC. Ensuite, les conditions s'améliorent. Il y a un grand nombre de petits lacs et de parcelles de fondrières dans la région, ce qui favorise la formation de brouillard, même au milieu de l'été et en particulier après un orage. Dans une circulation du nord, il est possible d'observer du « Smog de Syncrude » en ville et à l'aéroport.

En hiver, les conditions sont à leur mieux vers la fin de l'après-midi mais se détériorent quelque peu durant la soirée et la nuit. Elles deviennent plus mauvaises juste après le lever du soleil, pendant une heure ou deux, puis vont en s'améliorant. Ceci est attribuable aux mouvements des avions qui produisent une assez bonne quantité d'humidité dans les bas niveaux ainsi qu'au brouillard glacé qui est long à se dissiper dans les situations de vent faible.

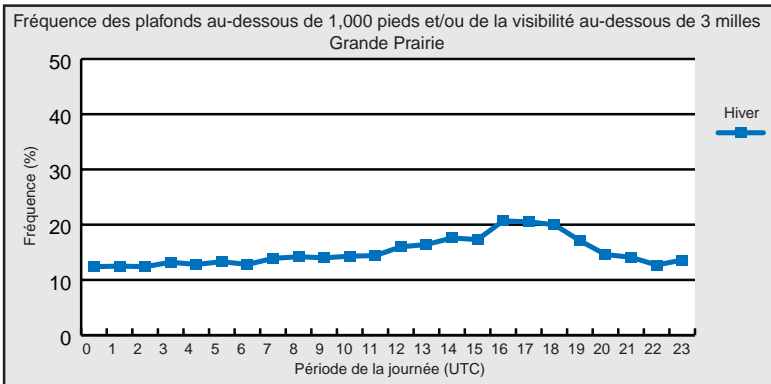
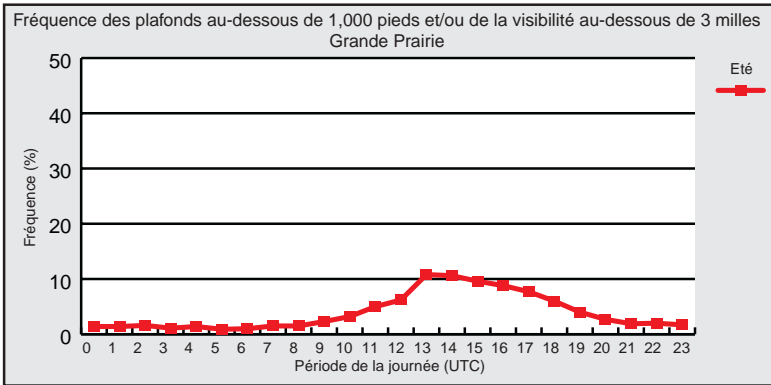
(c) Grande Prairie

Grande Prairie est situé à environ 43 milles à l'est de la frontière de la Colombie-Britannique, dans le centre-ouest de l'Alberta. L'aéroport se trouve à 2 ou 3 milles de la ville de Grande Prairie sur des terres agricoles assez plates et généralement dépourvues d'arbres. La rivière Bear draine le lac Bear, situé à environ 5 milles au nord-ouest de l'aéroport, et passe à moins d'un mille à l'est de l'aéroport. Les collines Saddle s'étendent le long d'une ligne orientée est-ouest à 19 milles au nord de Grande Prairie. La plus grande élévation dans les collines Saddle est le mont White, à 19 milles au nord-ouest de l'aéroport, qui culmine à 3400 pieds.



Le vent à Grande Prairie favorise le quadrant ouest, en raison d'un effet de canalisation par les collines Saddle au nord et les montagnes Rocheuses au sud. Quand un

anticyclone s'approche par l'ouest, les vents d'ouest prédominent pendant un certain temps jusqu'à ce que l'anticyclone soit passé. Les vents prennent alors une direction est. Des vents d'ouest, brefs mais très forts, peuvent se produire après le passage d'un front froid associé à une dépression migratrice, plus particulièrement si la pression est en forte hausse derrière le front. Les vents du sud et du nord sont plutôt rares.

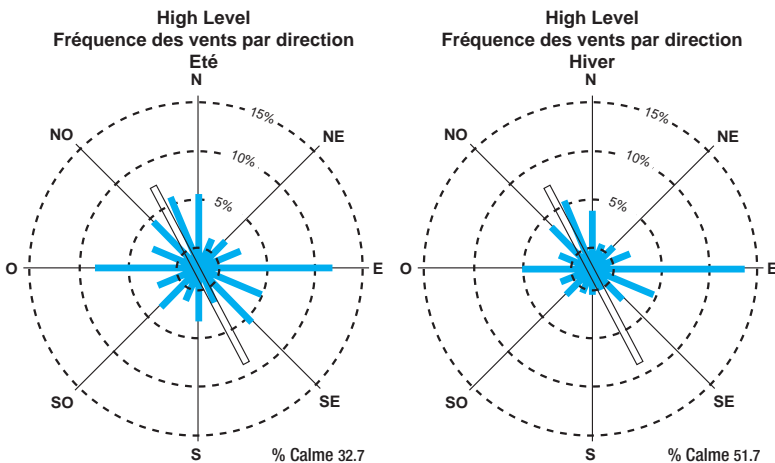


Les conditions météorologiques de vol à Grande Prairie en été sont habituellement très bonnes pendant la journée. Au cours de la nuit, la fréquence des conditions inférieures aux minimums VFR augmente jusqu'à 1300 UTC puis diminue pendant le reste de la journée. En hiver, cette fréquence s'élève assez régulièrement toute la nuit, touche un maximum juste après le lever du soleil pendant quelques heures, puis diminue.

Les inversions minces, favorisées par des vents calmes ou des vents légers de l'est en surface, sont fréquentes toute l'année et emprisonnent l'humidité dans les bas niveaux. C'est pourquoi le brouillard qui se forme la nuit a tendance à persister ici plus longtemps qu'à d'autres endroits dans la région, surtout de la fin de l'automne jusqu'au début du printemps.

(d) High Level

Cet endroit est situé à un aéroport des Services forestiers albertains, près de la rive est du lac Footner. Une zone forestière uniforme de trembles et d'épinettes entoure l'endroit. On a effectué le déboisement minimum permettant de respecter la marge de franchissement à l'aéroport, de telle sorte qu'il y a des arbres à moins d'un demi-mille de la piste. Le mont Watt, une crête orientée du sud-ouest au nord-est, est situé à 12 milles à l'ouest-nord-ouest de l'aéroport. Le sommet du mont Watt est à 2500 pieds au-dessus du niveau de la mer alors que l'élévation de l'aéroport est de 1150 pieds. Les monts Caribou sont à 17 milles au nord-est et s'élèvent à 3300 pieds. High Level est situé au fond d'un bassin d'environ 50 milles de rayon et qui s'ouvre vers l'est. Sur une carte topographique de l'Alberta, les collines Buffalo Head sont au sud-est, les monts Caribou au nord-est, les collines Cameron au nord-ouest et les collines Naylor au sud-ouest.

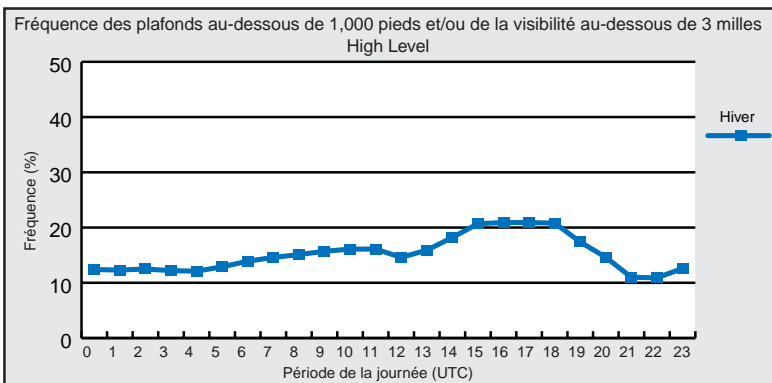
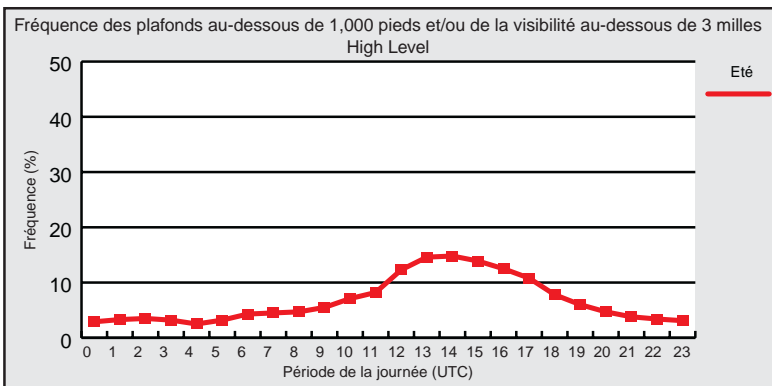


Les collines présentent des ouvertures à l'est et à l'ouest et, bien entendu, les vents dominants soufflent de ces directions. Les vents affichent aussi un maximum sec-

ondaire pour les directions nord et nord-ouest, qui correspondent normalement aux invasions d'air arctique en hiver.

Au cours de l'hiver, surtout par vents légers de l'est, l'aéroport peut être couvert de stratus toute la journée alors que dans la ville, le ciel est clair. Les vents sont souvent calmes, en hiver comme en été, ici. Le bassin dont nous venons de parler permet toute l'année la formation d'inversions persistantes.

Le cisaillement du vent pendant la descente au-dessous de la cime des arbres constitue un gros problème à l'aéroport de High Level. Si les vents soufflent en travers de la piste, un avion qui arrive ne peut pas redresser avant d'être en dessous du niveau des arbres. La perte subséquente de vitesse vraie, se produisant à environ 50 pieds au-dessus du sol, présente un danger.

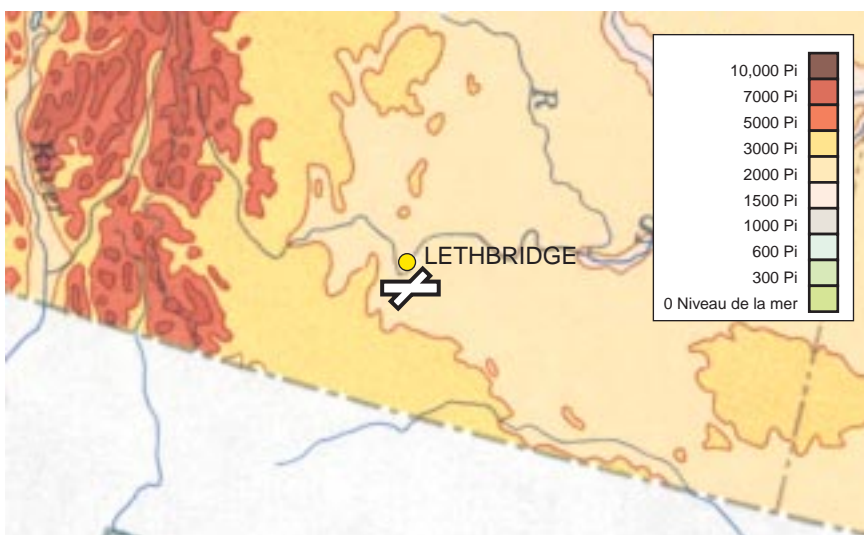


En été, High Level jouit habituellement d'excellentes conditions de vol le jour. Les collines environnantes fournissent une certaine protection contre les orages durant cette saison. Il est rare que des orages s'approchent par le sud. Les cellules qui touchent High Level proviennent généralement des collines Naylor au sud-ouest en suivant la vallée de la rivière Chinchaga. Les orages dans une circulation de l'ouest

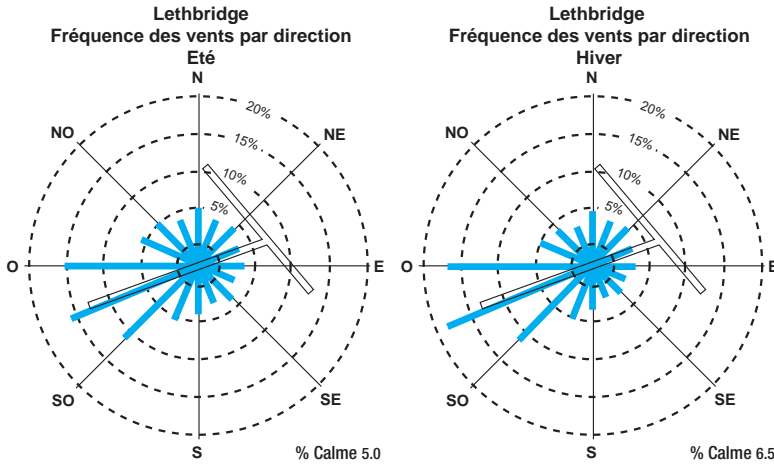
sont déviés au nord ou au sud par le mont Watt et ratent souvent High Level. Il est rare qu'ils franchissent le mont Watt pour atteindre la région de l'aéroport. Le soir venu, les conditions se détériorent fréquemment. Les plafonds bas et les visibilités réduites affichent une fréquence maximale vers 1300 UTC, après quoi ils s'améliorent.

Durant l'hiver, la fréquence des mauvaises conditions de vol est plutôt stable entre le début de la soirée et la fin de la nuit mais à l'aube, les conditions se détériorent. Les pires conditions s'observent habituellement entre 1500 et 1900 UTC avant de commencer à s'améliorer au début de l'après-midi.

### (e) Lethbridge

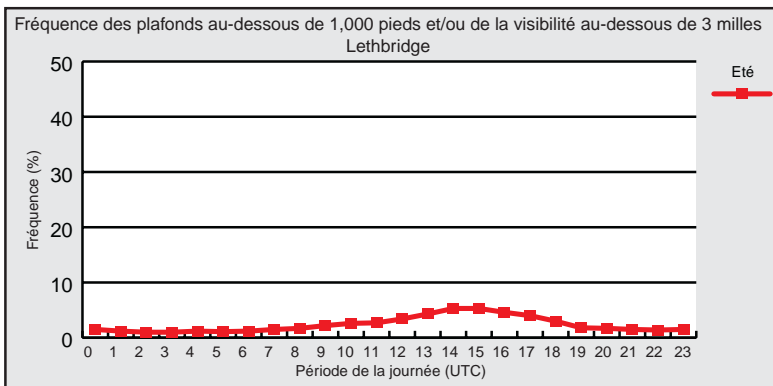


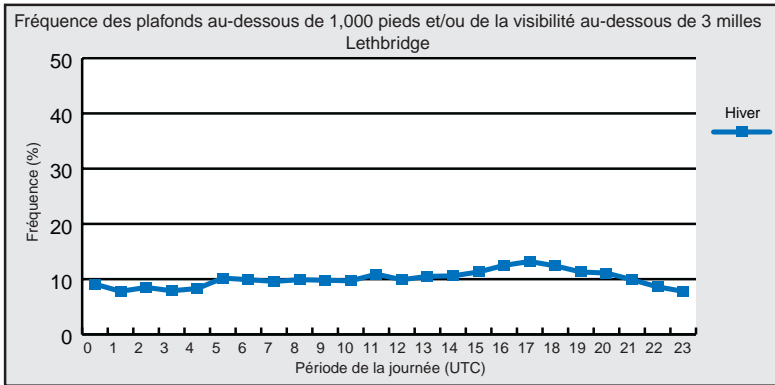
L'aéroport de Lethbridge se situe à environ 3 milles au sud de la ville de Lethbridge, dans une vaste plaine avec de faibles élévations à l'ouest et au sud-ouest. Les Rocheuses sont à environ 43 milles à l'ouest de l'aéroport. La rivière Oldman passe à moins d'un mille au nord-ouest de l'aéroport et serpente vers l'est. À environ 21 milles au sud-sud-est, la chaîne Milk River s'élève jusqu'à environ 1300 pieds au-dessus du terrain avoisinant.



Les vents à Lethbridge ont une forte préférence pour les directions ouest et sud-ouest. Ce sont aussi les directions préférées des forts chinooks qui se produisent fréquemment à Lethbridge en hiver. Les conditions de vol marginales associées à l'écoulement du sud-est en avant de l'arche de chinook s'améliorent derrière celui-ci.

Bien que les conditions de vol puissent être bonnes à l'ouest de l'arche, le fort écoulement de l'ouest associé au chinook peut être assez turbulent. Les événements de vent des autres directions ont une distribution uniforme mais ne sont pas fréquents.





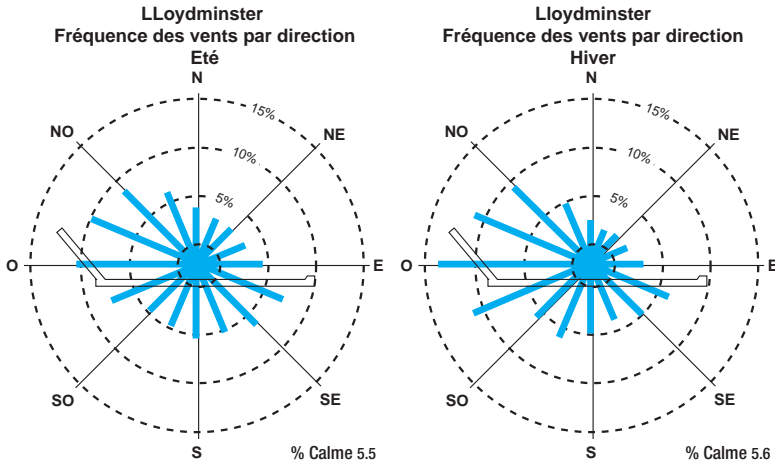
La fréquence des bonnes conditions de vol à Lethbridge est à peu près la même qu'à Calgary, mais Lethbridge connaît les meilleures conditions météorologiques de tous les aéroports principaux des Prairies. On peut s'attendre à un seul jour de mauvaises conditions sur 20 en été et un jour sur 8 en hiver. Au cours de la nuit en été, les statistiques montrent une augmentation graduelle de la probabilité de conditions inférieures aux limites VFR, atteignant un maximum à 1400 UTC. En hiver, la probabilité de mauvaises conditions demeure assez constante toute la nuit; elle touche un maximum à 1700 UTC puis diminue. Les vents de l'est ne sont pas fréquents mais occasionnent des plafonds bas et des visibilités réduites quand ils se produisent.

#### (f) Lloydminster

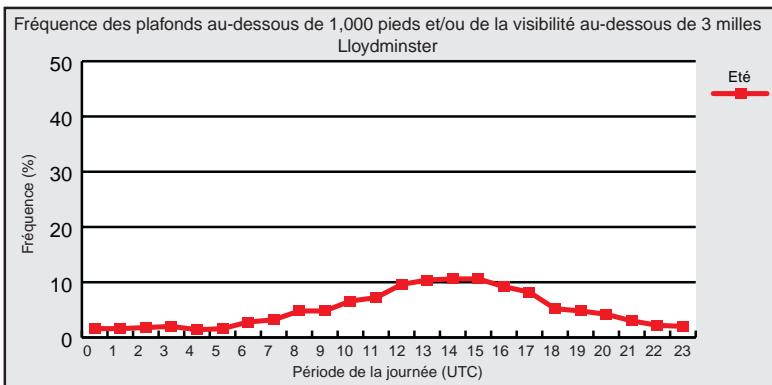


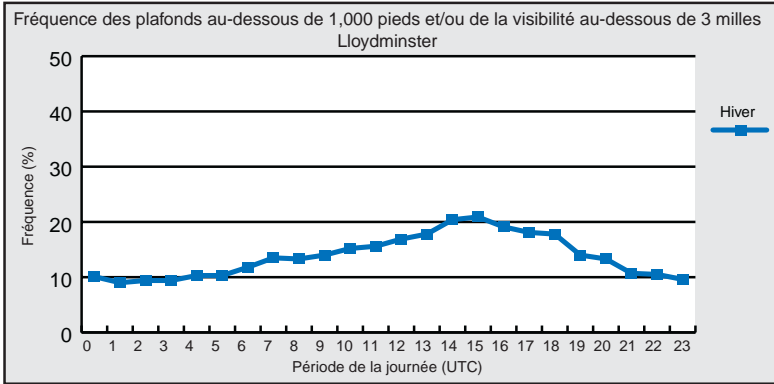
Lloydminster est situé à la frontière Alberta-Saskatchewan, entre la rivière Saskatchewan Nord, au nord, et la rivière Battle, au sud. Ces deux rivières canalisent souvent les vents soit de l'ouest soit du nord-ouest, ou encore du sud-est. Une crête de haute pression d'échelle synoptique s'approchant par l'ouest produit généralement des vents d'ouest à Lloydminster. Une fois l'anticyclone passé, le vent souffle du sud-est.



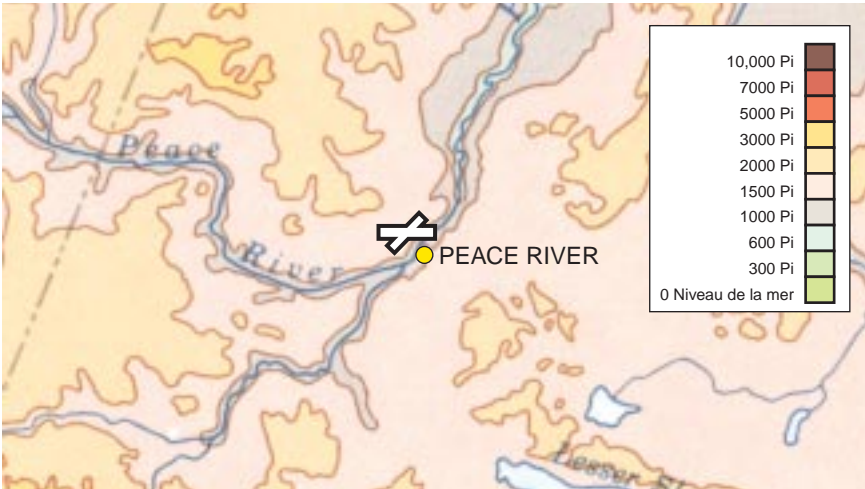


En été, durant la journée, on peut s'attendre à de bonnes conditions de vol à Lloydminster. Durant la nuit, la probabilité de mauvaises conditions de vol augmente graduellement, jusqu'à un maximum de 10 pour cent de 1300 à 1700 UTC. Quand du brouillard ou du stratus s'amènent, les lacs Big Gully et les sources de pollution de la ville peuvent fournir assez d'humidité et de particules pour maintenir ou aggraver les mauvaises conditions de vol. En hiver, la fréquence des conditions inférieures aux limites VFR augmente régulièrement jusqu'au lever du soleil, puis diminue graduellement.

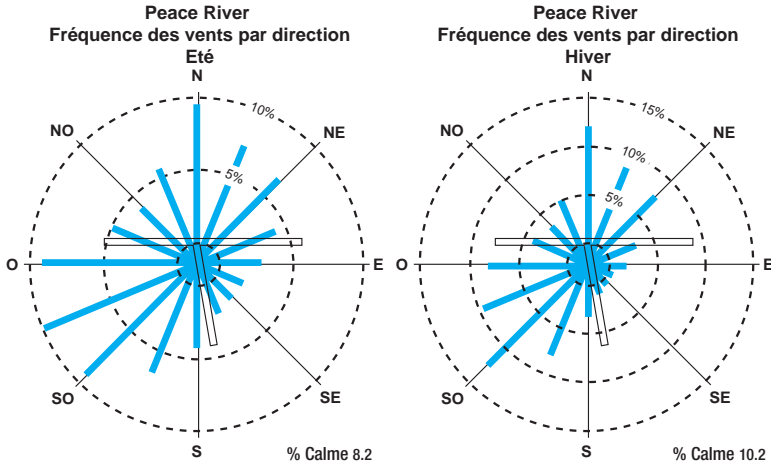




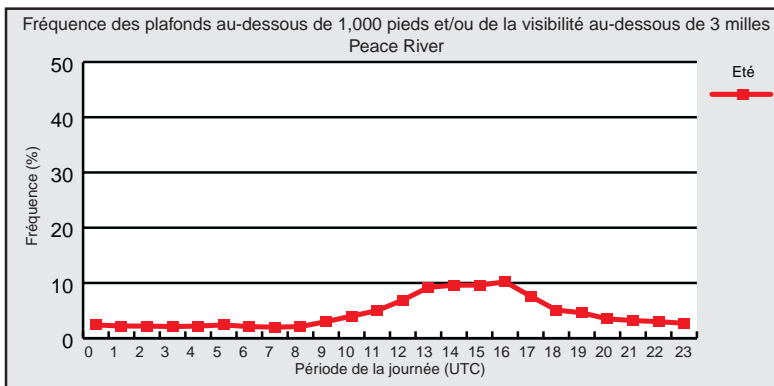
g) Peace River



L'aéroport se situe à mi-chemin entre la ville de Peace River à l'est et Grimshaw à l'ouest. La caractéristique topographique principale dans cette région est la vallée de la rivière de la Paix qui s'étend du sud-ouest au nord-est. Le fond de cette vallée est à 770 pieds en dessous de la station d'observation. La rivière Smokey, qui coule aussi dans une vallée impressionnante, se jette dans la rivière de la Paix à environ 6 milles à l'ouest de l'aéroport.



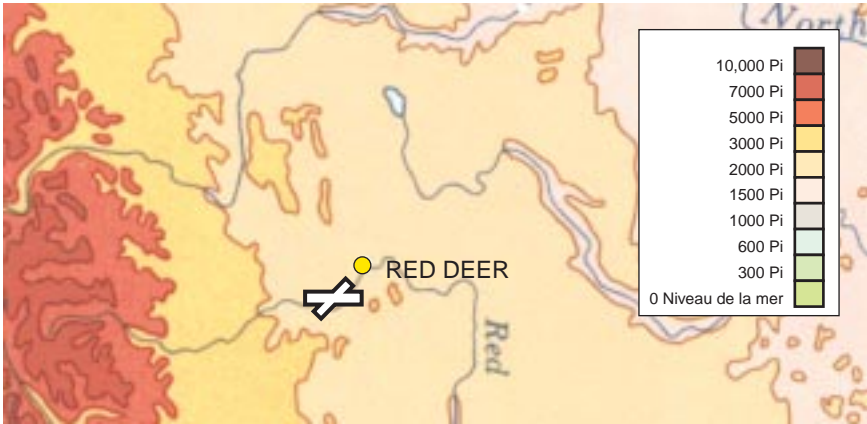
À cause d'un drainage d'air froid, la vallée est souvent complètement remplie de stratus et de brouillard alors que l'aéroport est dégagé. Les vents dans la ville sont déviés vers le nord-est ou le sud-ouest (dans le sens de la vallée de la rivière de la Paix) alors qu'à l'aéroport, ils sont assez variables. Tant en été qu'en hiver, les vents à l'aéroport sont principalement du sud-ouest ou du nord. Le passage d'une dépression migratrice au nord de la rivière de la Paix fera virer les vents du sud-ouest au nord. Lorsque la dépression s'est suffisamment éloignée vers l'est, la hausse de pression à l'avant de la prochaine zone de haute pression en provenance de l'ouest fera reculer les vents qui souffleront à nouveau du sud-ouest.



Comme à la plupart des aéroports des Prairies, les conditions de vol durant la journée, l'été, sont typiquement très bonnes. Au cours de la nuit, la probabilité de plafonds bas et de visibilités réduites augmente jusqu'à un maximum à 1300 UTC puis demeure constante pendant quelques heures. Une fois que du stratus ou du brouillard se forment dans la région, ils sont lents à se dissiper, même en été.

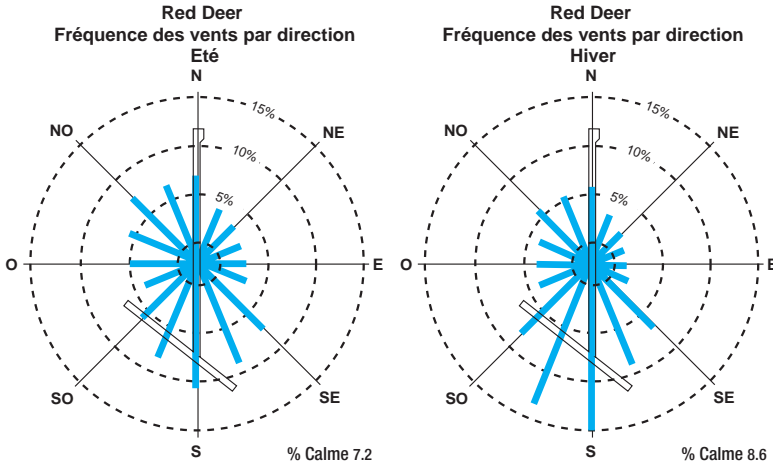
En hiver, il y a une augmentation graduelle de la fréquence des conditions inférieures aux limites VFR de la soirée jusqu'à environ deux heures après le lever du soleil, après quoi les conditions s'améliorent.

### (h) Red Deer

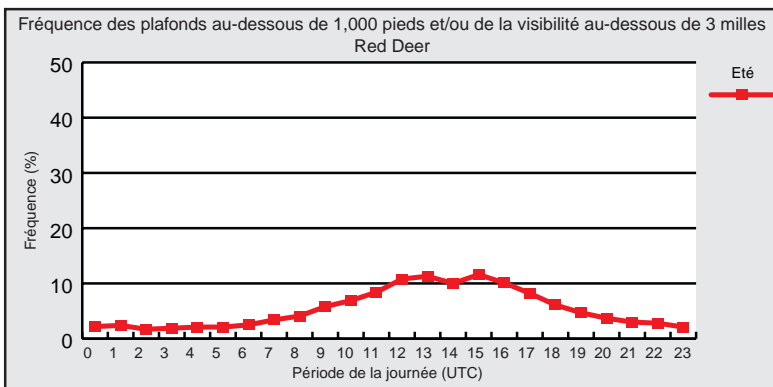


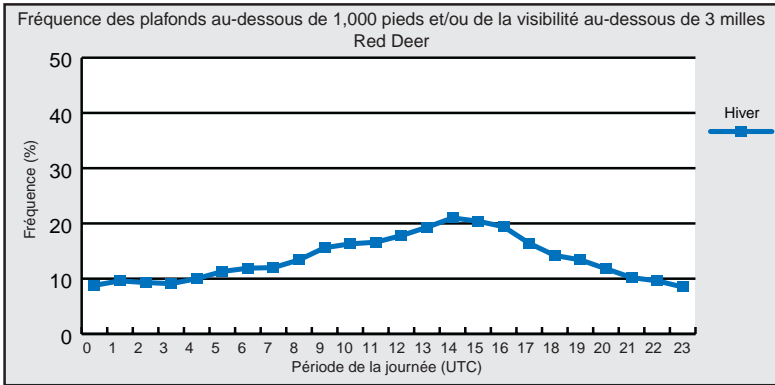
L'aéroport de Red Deer est situé à 6 milles au sud-ouest de la ville. La rivière Red Deer coule vers le nord-est à travers l'ouest de l'Alberta et passe à moins de trois milles de l'aéroport qui a été construit dans une dépression du terrain en forme de cuvette. L'air y est, par conséquent, mal drainé et humide. Avec un écoulement faible, quelle que soit la direction, le brouillard s'y forme facilement et se dissipe lentement. Le terrain à l'ouest de Red Deer et de Rocky Mountain House est générateur d'orages. Si des cellules convectives se forment dans les contreforts le matin, elles se déplacent souvent dans la région de Red Deer plus tard dans la journée.

Dans le sillage d'un front froid en hiver, des stratocumulus et des stratus, ayant leurs bases entre 1000 et 3000 pieds au-dessus du sol, peuvent être assez persistants. À mesure que le front froid remonte les Rocheuses, la région subit un écoulement ascendant du nord-est qui augmente la quantité de nuages. Ces nuages resteront dans la région jusqu'à ce qu'un anticyclone arctique s'établisse sur la région et dégage le ciel.



Les vents ici ont tendance à suivre l'orientation de la vallée de la rivière Red Deer et donc sont généralement du nord-ouest ou du sud toute l'année. Durant l'hiver, les vents soufflent davantage du sud que du nord-ouest, ce qui est le reflet de la configuration de pression climatologique moyenne, laquelle montre une crête de haute pression sur le centre des Prairies. Comme l'aéroport se trouve dans une cuvette, les vents y sont souvent calmes. Ceci est particulièrement vrai durant les inversions en hiver, car la faible érosion de la masse d'air permet à l'air froid d'y demeurer pendant que l'air chaud glisse par dessus.



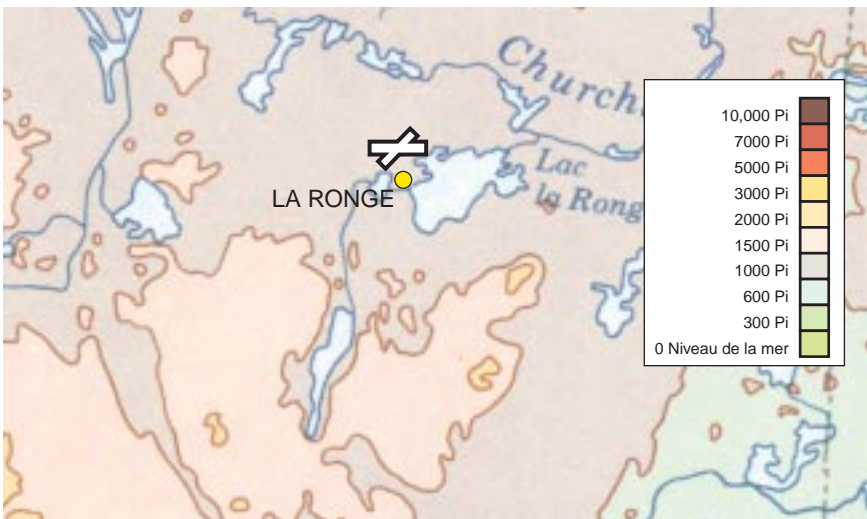


Comme à plusieurs autres stations dans les Prairies, Red Deer, en été, jouit de très bonnes conditions de vol pendant le jour, avec quelques cas de plafonds bas et de visibilités réduites. Au cours de la nuit, la fréquence des mauvaises conditions augmente jusqu'à un maximum aux environs de 1200 UTC et ne diminue que lentement avant 1500 UTC.

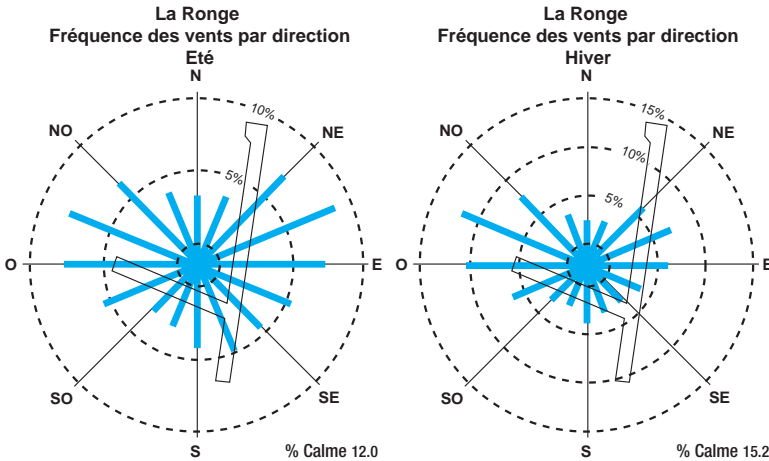
Le fait que l'aéroport se trouve dans une cuvette signifie qu'il s'y produit aussi un drainage de l'eau de la région. Ceci, combiné à la fréquence plus élevée des inversions, fait que le brouillard se forme plus facilement durant la nuit au printemps et à l'automne, surtout après un épisode de précipitations. La rivière Red Deer est aussi une bonne source d'humidité pour la formation de brouillard.

## Saskatchewan

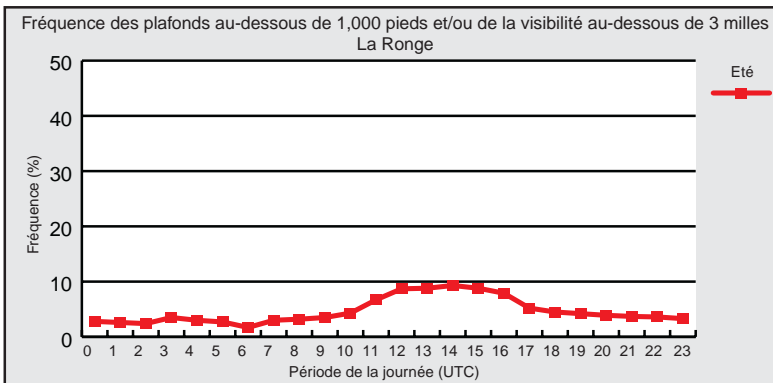
### (a) La Ronge

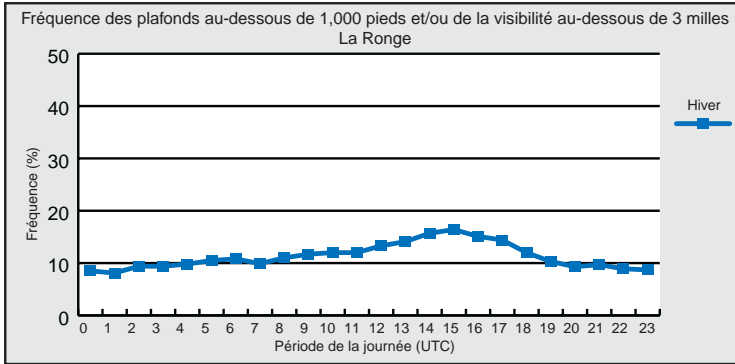


La ville de La Ronge est située sur la rive ouest du lac La Ronge alors que l'aéroport est à quelques milles au nord. Cette partie du centre-nord de la Saskatchewan est caractérisée par un terrain faiblement ondulé, plusieurs grands lacs et une forêt boréale claire.



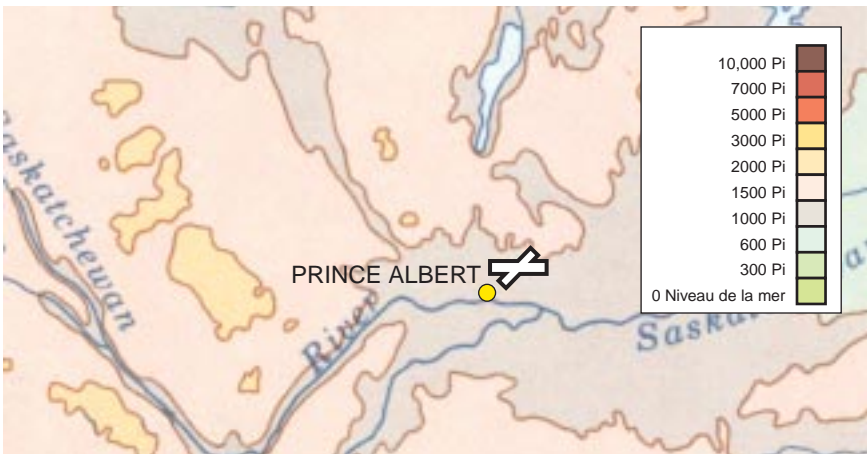
Les vents dominants ici sont de l'ouest toute l'année et montrent un maximum secondaire de l'est-nord-est. Ceci s'explique par la proximité du centre de la zone de haute pression climatologique qui demeure au-dessus de cette partie des Prairies. Quand le centre de haute pression s'approche par le nord, les vents sont de l'est et, après qu'il soit passé, les vents deviennent de l'ouest. Quand l'anticyclone est proche, les vents dans l'inversion qui l'accompagne sont fréquemment calmes.





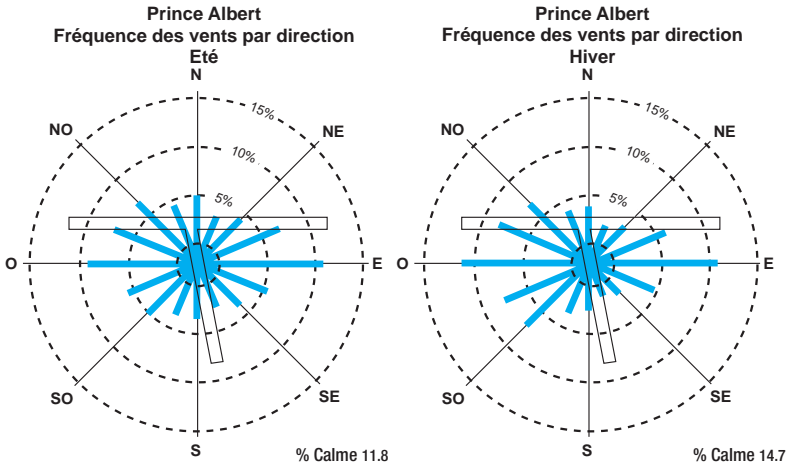
En été, il y a une augmentation graduelle de la fréquence des plafonds bas et des visibilités réduites au cours de la nuit, jusqu'à un maximum vers 1200 UTC. L'amélioration par la suite est très lente, ce qui met en lumière l'influence du lac La Ronge. L'humidité du lac peut renforcer le stratus et le brouillard à ce moment ou, au moins, ralentir le processus de dissipation. En hiver, il y a une augmentation graduelle de la fréquence des conditions inférieures aux limites VFR jusqu'à 1500 UTC et une diminution graduelle par la suite.

### (c) Prince Albert

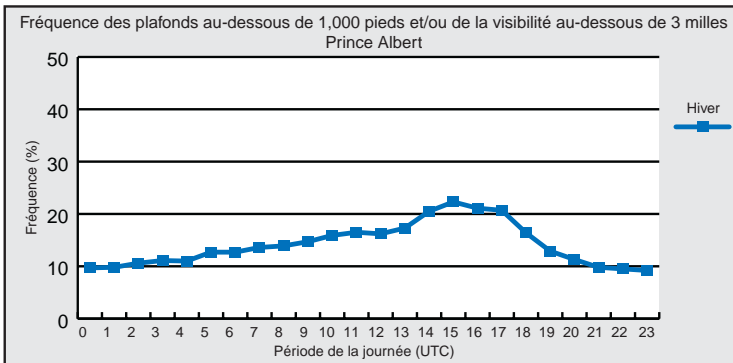
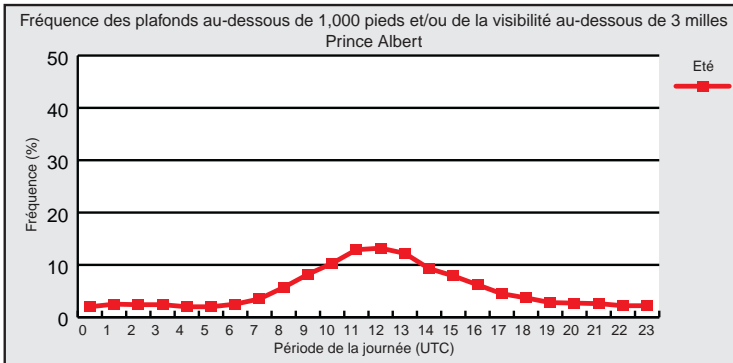


L'aéroport de Prince Albert est situé au milieu d'une plaine uniforme dans la vallée de la rivière Saskatchewan Nord, à environ un mille à l'est de la ville. La rivière même s'approche par l'ouest, s'incurve autour du côté sud des installations aéroportuaires et s'éloigne vers l'est, mais la vallée est plutôt orientée de l'ouest vers l'est. Le terrain s'élève progressivement du sud-est vers le nord-ouest.



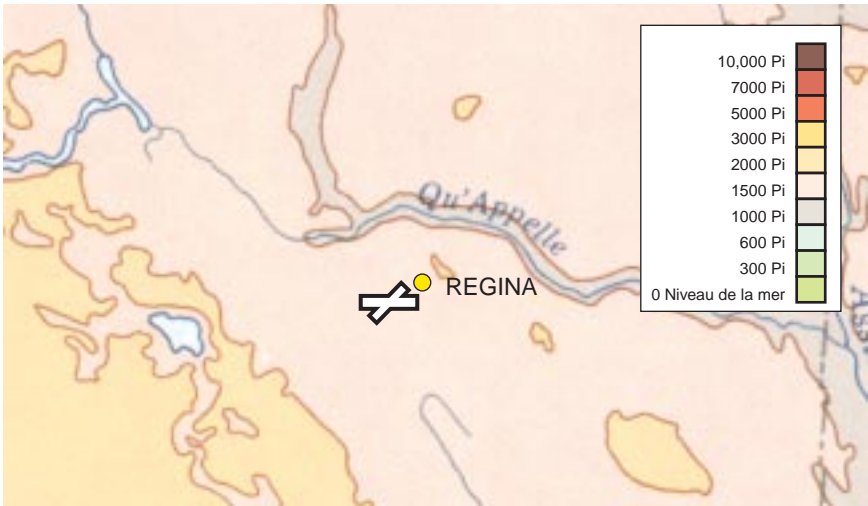


Les vents dominants ici sont soit de l'ouest, soit de l'est. Les vents du nord et du sud de plus de 10 noeuds sont beaucoup plus rares. Une situation dans une vallée fluviale et l'abondante humidité provenant d'une source locale font de Prince Albert un endroit favorable au brouillard de rayonnement quand le ciel est clair et que les vents sont légers.

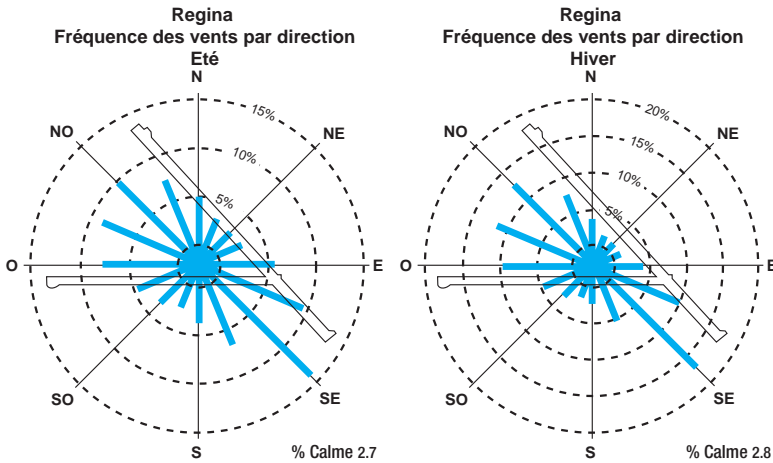


Même avec tous ces paramètres météorologiques qui s'associent pour former des nuages bas et du brouillard, Prince Albert offre de très bonnes conditions de vol pendant l'été. Au cours de la nuit, la fréquence des mauvaises conditions de vol augmente pour atteindre un maximum à 1200 UTC puis diminue. Le brouillard de rayonnement pose problème en août et en septembre quand les nuits sont plus longues et qu'il y a encore beaucoup d'humidité. Si du stratus se forme au-dessus de la ville pendant la soirée, on peut s'attendre à ce que Prince Albert soit dans le brouillard au cours de la nuit. Il y a une usine de pâte à papier au nord-est de l'aéroport et, dans un écoulement du nord-est, les polluants de cette usine peuvent créer du brouillard qui atteindra éventuellement la piste. En hiver, la probabilité de mauvaises conditions augmente à mesure que la nuit progresse. Cette tendance fait un bond au moment du lever du soleil à cause des mouvements d'avions et la probabilité atteint un maximum de 22 pour cent à 1600 UTC. Par la suite, les conditions ont tendance à s'améliorer.

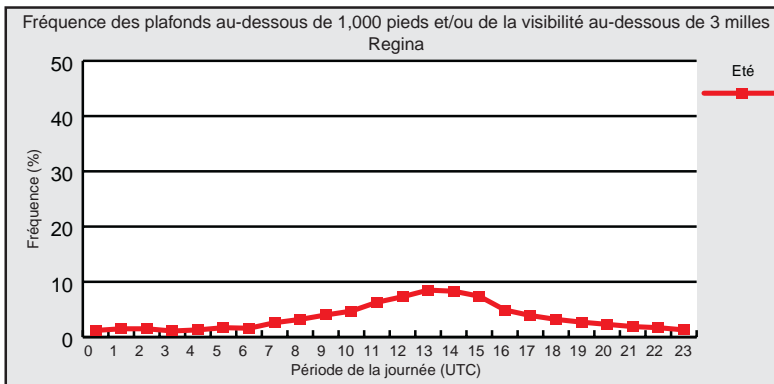
### (c) Regina

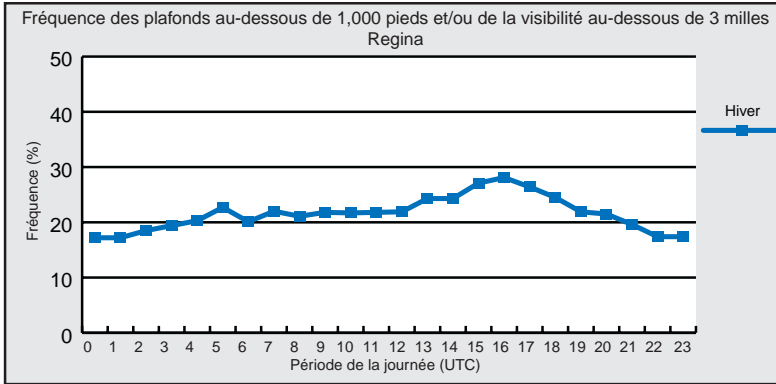


L'aéroport se situe dans une plaine uniforme à la périphérie sud-ouest de la ville de Regina. La ville est située sur les berges du ruisseau Wascana qui coule dans un bassin très peu profond du sud-est vers le nord-ouest. Le terrain s'élève lentement vers le nord-est et présente une élévation maximale de 2300 pieds à environ 19 milles au nord-est de l'aéroport. La rivière Qu'Appelle, à 32 milles au nord de l'aéroport, serpente vers l'est dans une vallée étroite et très profonde.



Les vents à Regina soufflent le plus souvent du sud-est et du nord-ouest durant toute l'année. Ceci reflète l'orientation du bassin de la Wascana qui dirige les vents synoptiques vers le haut ou le bas de la vallée. Un effet d'entonnoir accélère ces écoulements et, par conséquent, la poudrerie est assez commune dans le bassin de la Wascana. Les circulations du sud-ouest, qui parfois produisent des conditions de blizzard dans le sud de la Saskatchewan, n'affectent pas l'aéroport de Regina, étant donné que la ville même protège en partie l'aéroport du vent. Les vents du nord-ouest et du sud-ouest sont peu fréquents.



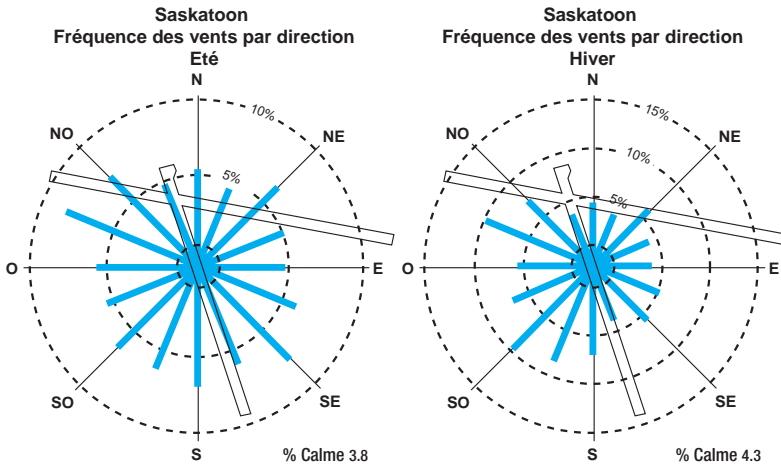


Durant l'été, les conditions de vol à Regina sont très bonnes la plupart du temps, mais il y a de rares épisodes où les conditions sont inférieures aux limites VFR. En hiver, la fréquence des mauvaises conditions demeure assez constante durant la plus grande partie de la soirée et de la nuit. Au lever du soleil, la fréquence augmente plus rapidement jusqu'à un maximum vers 1700 UTC, puis elle diminue.

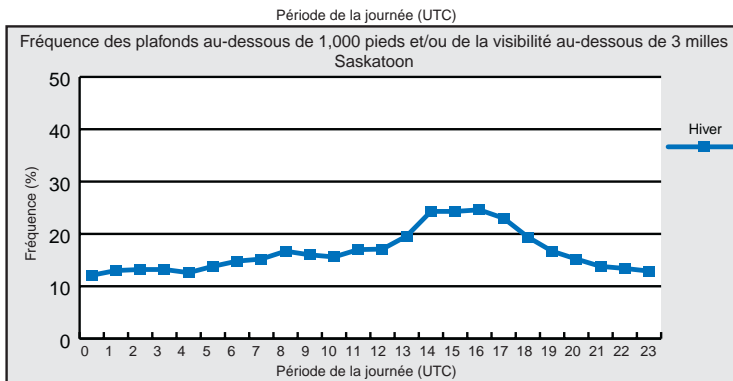
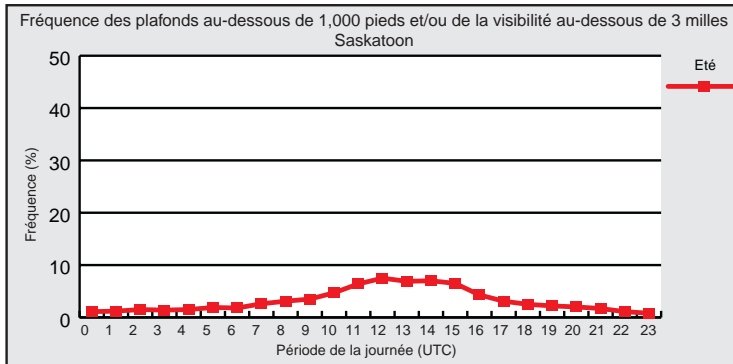
#### (d) Saskatoon



L'aéroport de Saskatoon est assis dans la plaine de la rivière Saskatchewan Sud, à environ deux milles au nord-nord-ouest du centre de la ville. Le terrain dans les environs immédiats de l'aéroport est assez plat. La rivière Saskatchewan Sud coule à travers la ville en direction nord-est et passe à moins de 2 milles à l'est-sud-est des pistes. Le terrain à l'est de l'aéroport atteint une hauteur de 1900 pieds dans les collines Minichinas, à une distance de 8 ou 9 milles. Au sud-est, les collines Allen, à environ 17 milles de l'aéroport, sont la caractéristique topographique importante la plus proche.



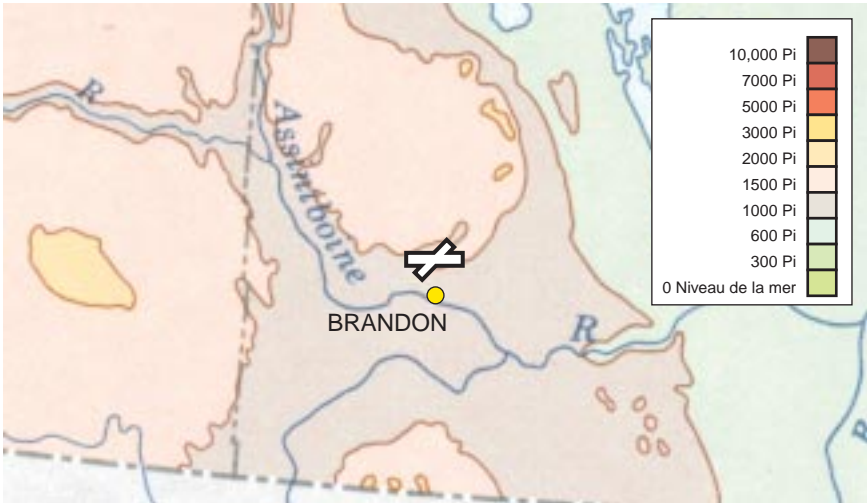
Bien que le vent n'ait pas de direction privilégiée à Saskatoon, la plus haute vitesse moyenne (10 à 12 noeuds) s'observe avec les vents de l'ouest-nord-ouest. Le sud-est constitue un maximum secondaire de direction du vent, plus évident en été qu'en hiver. Au cours de l'hiver, le sud-ouest est aussi une direction préférée.



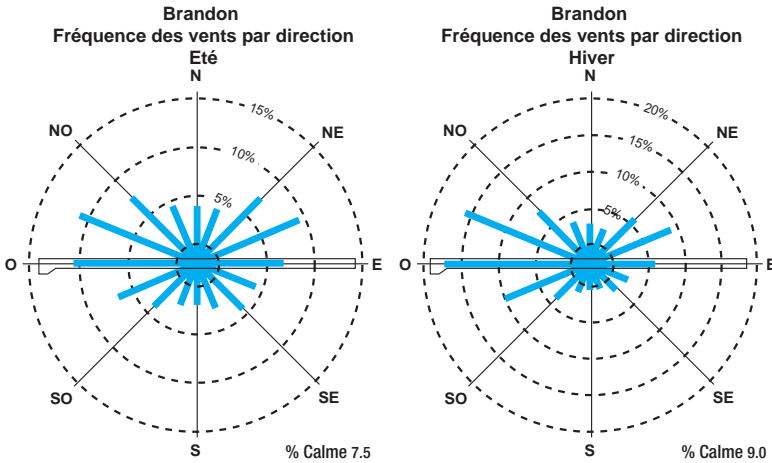
La carte des « Fréquences des plafonds en dessous de 1000 pieds et/ou des visibilitées de moins de 3 milles » pour Saskatoon montrée ci-dessus ressemble beaucoup à celles de la plupart des endroits dans les Prairies. Pendant l'été, les conditions de vol sont très bonnes la plupart du temps. Les épisodes de temps maussade se produisent le plus souvent entre 1200 et 1500 UTC. Les conditions s'améliorent assez rapidement par la suite. En hiver, la fréquence des plafonds bas et des visibilitées réduites demeure assez constante durant la soirée et la nuit. La fréquence augmente assez rapidement entre 1200 et 1400 UTC (près du moment du lever du soleil), demeure élevée pendant environ 3 heures, puis diminue.

## Manitoba

### (a) Brandon

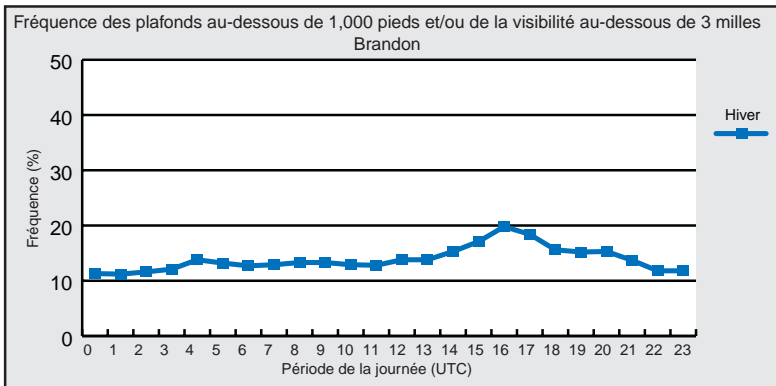
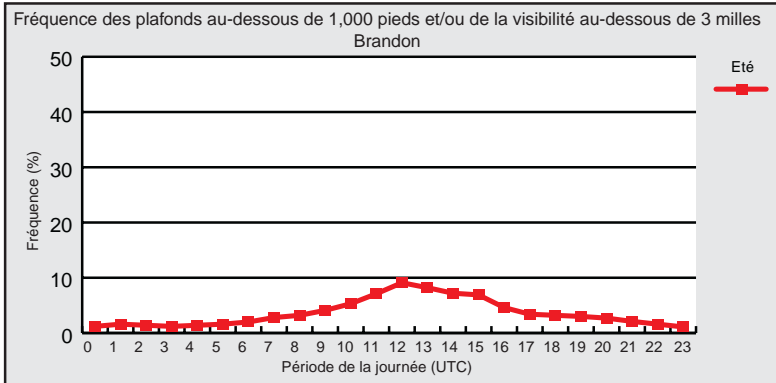


La ville de Brandon est située dans la vallée de la rivière Assiniboine à environ 3 milles au sud de l'aéroport. Le terrain au nord de Brandon s'élève lentement et régulièrement, atteignant une hauteur de 2400 pieds dans les monts Riding à 49 milles de distance. Au sud de la ville, le terrain s'élève lentement jusqu'à des hauteurs entre 1600 et 1700 pieds dans les collines Brandon à 13 milles de distance. Plus loin au sud, près de la frontière Canada - États-Unis, se trouvent les monts Turtle.



La vallée de la rivière Assiniboine forme un canal orienté est-ouest entre les monts Riding et les monts Turtle. C'est la raison pour laquelle les vents à Brandon soufflent souvent de l'ouest ou de l'est. Le vent le plus souvent observé est de l'ouest à 10 noeuds.

Les vents du nord-ouest ont tendance à être plus forts que ce que le gradient indique, et ceci aussi est dû à l'effet d'entonnoir du terrain local. En été, les vents de l'ouest sont les plus fréquents, suivis de près par les vents de l'est et du nord-est. Les vents du nord sont plutôt rares et les vents du sud le sont encore plus. Les vents calmes se produisent 8 pour cent du temps en été. En hiver, les vents de l'ouest sont plus fréquents qu'en été mais ceux de l'est ne se produisent pas vraiment plus souvent. Les écoulements de l'ouest descendent la pente à Brandon et les écoulements du nord-ouest sont encore plus descendants. Comme ce sont les deux directions les plus fréquentes du vent à Brandon, les conditions sont, dans l'ensemble, bonnes. Dans les écoulements de l'est et du nord-est au printemps et à l'automne, le stratus et le brouillard sont choses courantes. Les vents sont calmes de temps à autres à l'aéroport et, par conséquent, il s'y forme du brouillard de rayonnement assez régulièrement. En raison de l'influence de la vallée fluviale, le brouillard de rayonnement est plus fréquent dans la ville.



Bien que les conditions de vol soient généralement fiables en été à Brandon, la probabilité de mauvais temps augmente de façon constante après minuit jusqu'à 1200 UTC, moment où elle atteint 9 pour cent. La probabilité diminue graduellement après coup. En hiver, la probabilité de plafond bas et de visibilité réduite est de 11 à 13 pour cent pour presque toutes les heures du jour. La probabilité est plus forte entre 1400 et 2000 UTC et atteint un maximum de 20 pour cent vers 1600 UTC.

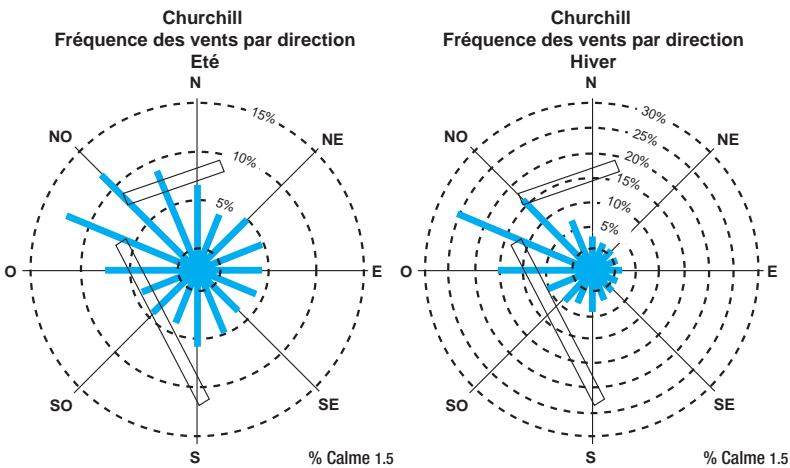
En été, le brouillard commence typiquement à se dissiper à 1300 UTC alors qu'en hiver, cela se produit plutôt vers 1700 UTC. Le plus grand nombre de mouvements d'avions au lever du soleil et le retard du lever du soleil expliquent en grande partie ce phénomène.



## (b) Churchill

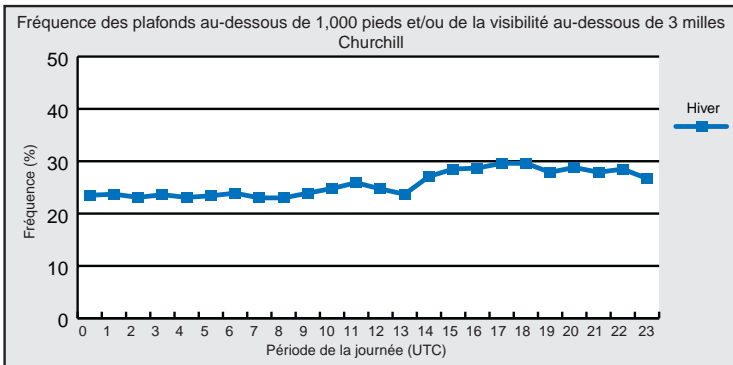
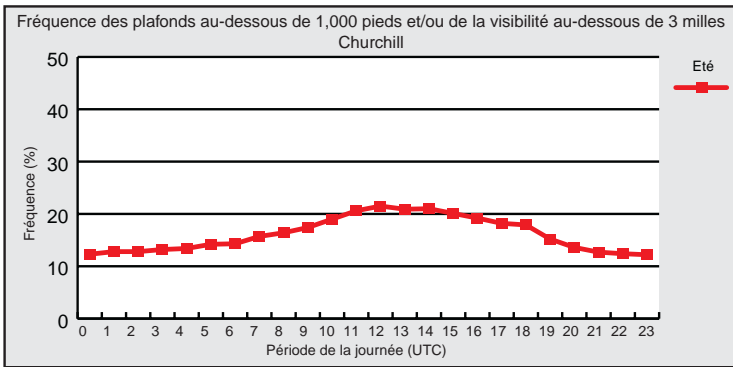


La ville de Churchill se situe sur la côte de la baie d'Hudson. L'aéroport même est construit sur une falaise à un peu plus de 90 pieds au-dessus de la baie d'Hudson, à environ un mille au sud du bord de l'eau et à 3 milles à l'est-sud-est de la ville. La côte s'étend sur environ 27 milles vers l'est jusqu'au cap Churchill puis vers le sud-sud-est en direction de l'embouchure du fleuve Nelson. Juste à l'ouest de l'aéroport, la rivière Churchill qui coule vers le nord se jette dans la baie. Quelques milles plus à l'ouest se trouve la baie Button dont l'entrée a une largeur de 5 milles.



Une fois encore, la crête de haute pression climatologique sur le centre des Prairies explique la majeure partie du biais des vents. Durant l'été, les vents ont une préférence pour le nord-ouest mais toutes les directions sont possibles au moins une partie du temps. À l'automne, une circulation en provenance de la baie d'Hudson peut apporter

du stratus marin au-dessus de l'aéroport. En hiver, la crête de haute pression qui domine le centre des Prairies engendre des vents du nord-ouest deux fois plus souvent qu'en été. Les événements de forts vents du nord-ouest peuvent occasionner de la poudrierie dans la région côtière presque dépourvue d'arbres et ceci apporte une contribution importante à la fréquence élevée des mauvaises conditions de vol en hiver. Au printemps, ces vents du nord-ouest peuvent apporter du stratus au-dessus la rivière Churchill depuis l'eau libre de la baie. Les vents sont rarement calmes à Churchill.

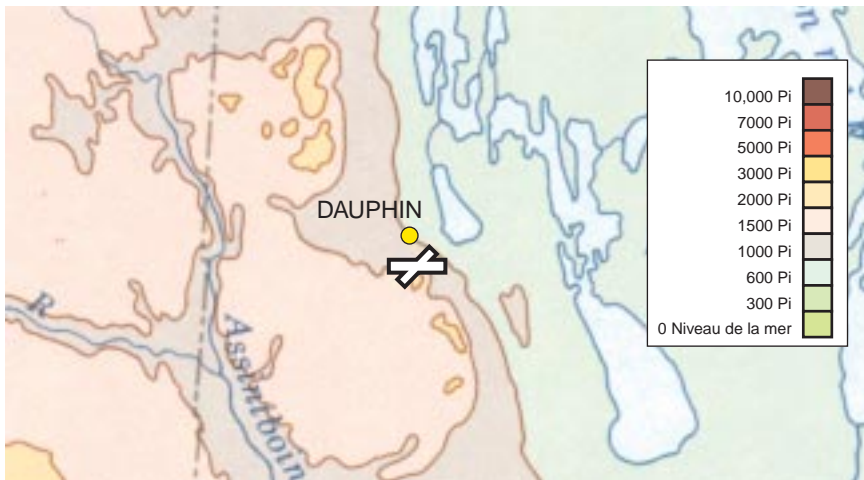


Toute l'année, les plafonds bas et les visibilités réduites sont communs à Churchill. Au cours de l'été, de 2000 UTC à 0700 UTC environ, les conditions sont mauvaises 12 pour cent du temps, une fréquence plus de 4 fois plus élevée qu'aux aéroports situés plus loin au sud ou à l'intérieur des terres. Bien que la baie d'Hudson soit la principale source d'humidité pour la formation des nuages bas dans la région, ce n'est pas la seule. Même avec un écoulement de l'ouest ou du sud-ouest, il est possible de récolter de l'humidité de la rivière Churchill, de la baie Button ou de la myriade de lacs et de marais qui parsèment la région. Après 0700 UTC environ, la probabilité des conditions en dessous des limites VFR augmente pour atteindre un maximum à 1200 UTC, puis diminue.

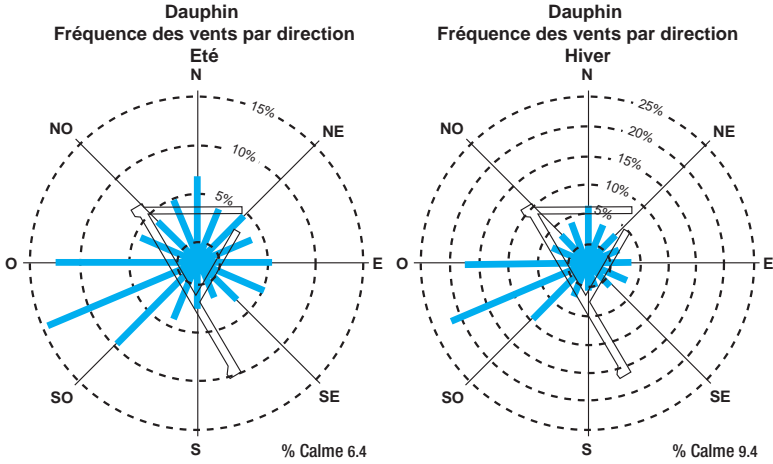
Au printemps aussi, avec une circulation du nord-ouest, les eaux libres à l'embouchure de la rivière Churchill peuvent produire beaucoup de stratus. Si la température est juste au-dessous de zéro, il peut aussi se produire de la bruine verglaçante. Si les vents passent du nord-ouest au nord, alors le stratus est emporté vers le sud au-delà de l'aéroport. L'automne, tout vent du secteur nord ou du secteur est peut produire du stratus, parce que cet écoulement, dans une large mesure, provient directement de la baie.

La probabilité de conditions inférieures aux limites VFR en hiver à Churchill est plus grande qu'à toute autre localité importante des Prairies, et de loin. Durant la nuit, les conditions de vol sont exécrables 24 pour cent du temps, ce qui est à peu près une journée sur quatre. Curieusement, cette fréquence augmente à 30 pour cent au matin et demeure à ce niveau pendant la journée. Cette tendance est à l'opposée de ce qui se passe normalement ailleurs dans les Prairies. Ainsi donc, quand les conditions météorologiques sont marginales à Churchill en hiver, elles demeureront vraisemblablement mauvaises ou se détérioreront au cours de l'après-midi et de la soirée.

### (c) Dauphin

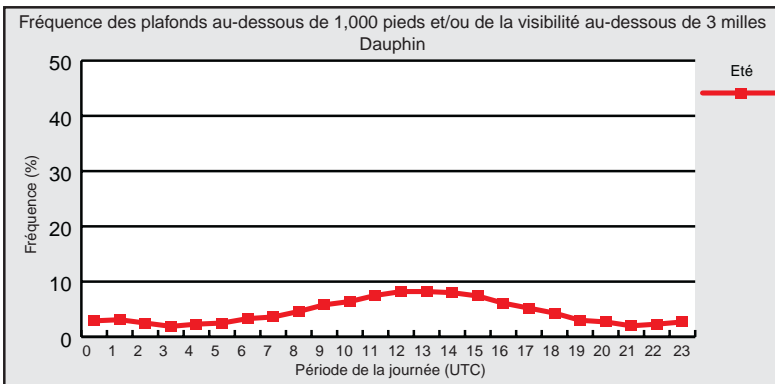


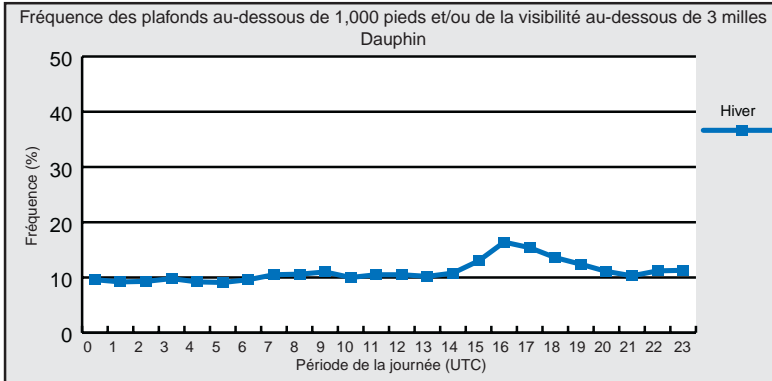
L'aéroport de Dauphin est situé à environ 3 milles au sud de la ville de Dauphin et à 8 milles à l'ouest du lac Dauphin. Plusieurs ruisseaux et rivières, qui prennent leur source dans les monts Riding au sud, coulent vers le nord-est jusqu'au lac Dauphin qui se déverse dans le lac Winnipegosis au nord. La région de Dauphin est une large vallée uniforme limitée par les monts Duck au nord-ouest et par les monts Riding qui s'étendent depuis le sud-est et autour de Dauphin jusqu'à l'ouest-sud-ouest. L'escarpement nord des monts Riding commence à 5 milles au sud de l'aéroport et son élévation atteint un maximum de 2200 pieds à environ 9 milles au sud. Le fond de la vallée s'abaisse légèrement vers le nord et l'est en direction des lacs Winnipegosis et Manitoba.



Les données de vent à Dauphin reflètent l'effet de canal marqué de la vallée entre les monts Riding et Duck. Avec un anticyclone au-dessus du centre des Prairies, la vallée fait nettement reculer les vents engendrés par le gradient du nord-ouest dans cette région. Les vents des autres directions se produisent avec à peu près la même fréquence (de 3 à 5 pour cent) et affichent un maximum secondaire du nord, ce qui indique que lorsque des systèmes de basse pression passent à l'est de Dauphin, l'écoulement est quelque peu dévié autour des monts Duck au nord de la ville. Les vents du sud ou du sud-est sont assez rares.

En hiver, les vents favorisent les directions ouest et sud-ouest encore plus. C'est parce que les anticyclones et les crêtes sont plus fréquents et plus intenses dans le centre des Prairies et entretiennent sur le Manitoba un gradient du nord-ouest. Les vents des autres directions sont encore moins fréquents en hiver qu'en été et les vents du sud et du sud-est sont très rares.



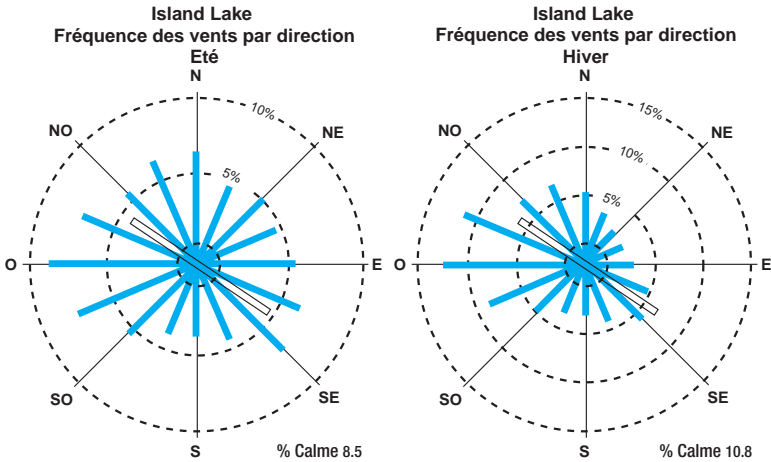


En été, les bonnes conditions de vol sont la norme à Dauphin. Au cours de la nuit, la probabilité de plafonds bas et de visibilités réduites augmente graduellement pour atteindre un maximum vers 1300 UTC et diminue ensuite tout aussi graduellement durant la matinée et le début de l'après-midi. En hiver, pendant la soirée et la nuit, les mauvaises conditions se produisent 10 pour cent du temps, d'heure en heure, avec très peu de variation. Vers le lever du soleil, la fréquence s'élève rapidement jusqu'à un maximum de 17 pour cent à 1600 UTC, puis retourne à la normale de 10 pour cent vers 2100 UTC.

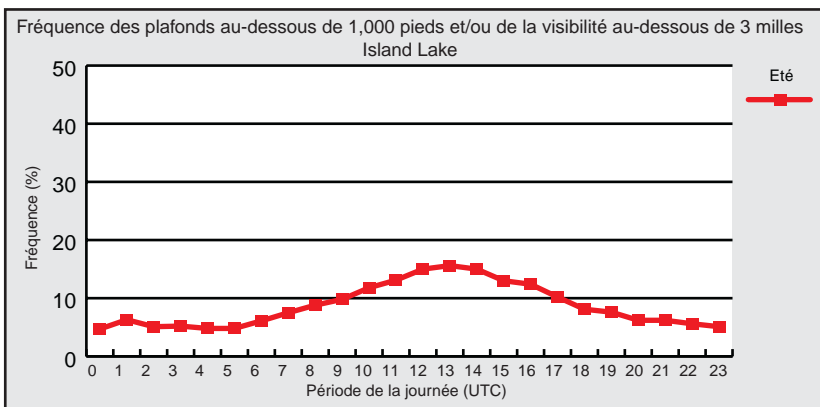
#### (d) Island Lake

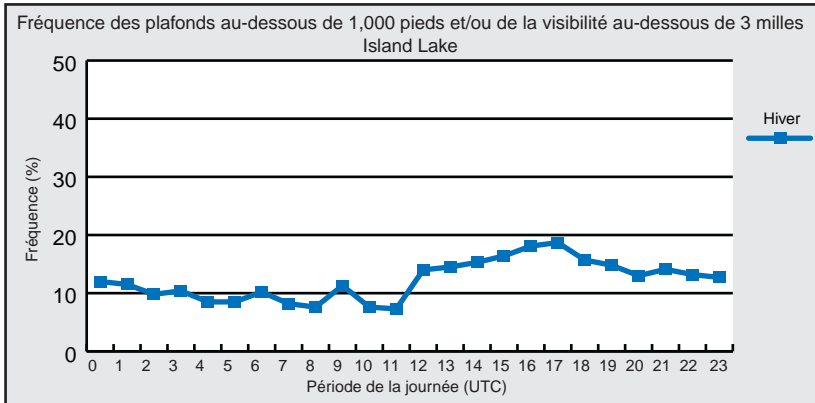


Comme à la plupart des endroits dans le centre et le nord du Manitoba, Island Lake est situé au milieu d'un terrain boisé très plat et exposé faisant partie du Bouclier canadien, avec ses nombreux lacs et marécages. Comme son nom l'indique, l'aéroport se situe sur l'île Stevenson et est complètement entouré d'eau. À trois milles au nord-est, et à environ 100 pieds plus haut, se trouve le village de Garden Hill. Il y a des étendues d'eau libre au nord-ouest, à l'ouest et au sud-est. Ces directions coïncident avec les directions du vent les plus fréquentes.



En été, il y a davantage de conditions météorologiques sous les limites VFR à Island Lake qu'à d'autres endroits plus loin au sud, en raison de la situation complètement entourée d'eau de l'endroit. La fréquence des mauvaises conditions de vol augmente au cours de la soirée et de la nuit jusqu'à un maximum de 1300 UTC (moment du lever du soleil) puis diminue durant la matinée. Durant l'hiver, il n'y a pas d'augmentation journalière marquée de la fréquence des plafonds bas et des mauvaises visibilité avant 1200 UTC (ou au lever du soleil), mais elle augmente brusquement à ce moment. Les probabilités augmentent jusqu'à 1700 UTC, puis diminuent assez rapidement. Ces pointes en été et en hiver au moment du lever du soleil sont semblables à ce que l'on observe à d'autres endroits dans cette partie du Manitoba. Cependant, une tendance complètement différente apparaît aux endroits plus au sud et plus loin des grandes masses d'eau.

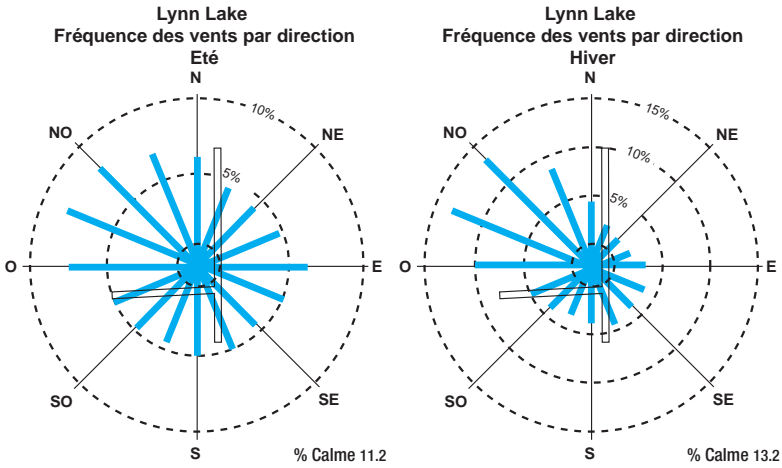




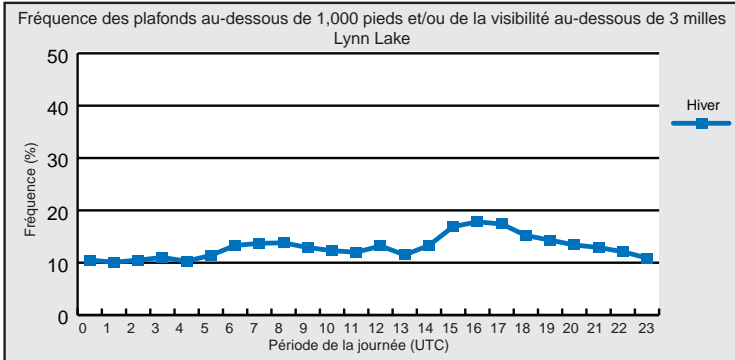
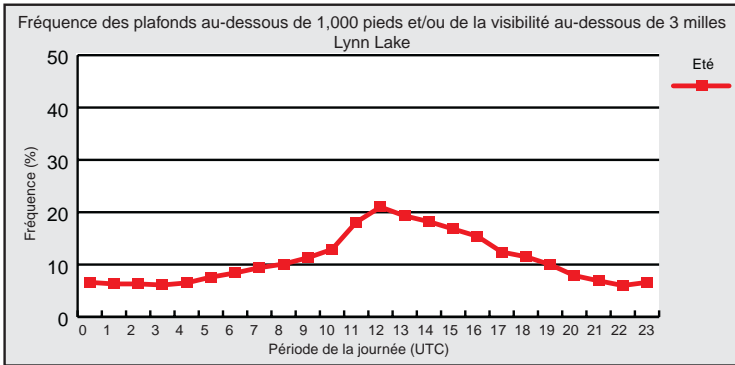
### (e) Lynn Lake



Lynn Lake est situé dans la région boisée du Bouclier canadien rocheux qui couvre le nord-ouest du Manitoba. Le terrain ondulé renferme une profusion de lacs et de fondrières qui injectent (quand ils ne sont pas gelés) beaucoup d'humidité dans les bas niveaux pour la formation de stratus et de brouillard.



Les vents peuvent souffler de toutes les directions mais il y a un maximum notable du nord-ouest, en particulier en hiver quand la crête climatologique est en place. Étant donné que Lynn Lake se trouve dans une région boisée, les vents y sont souvent calmes.



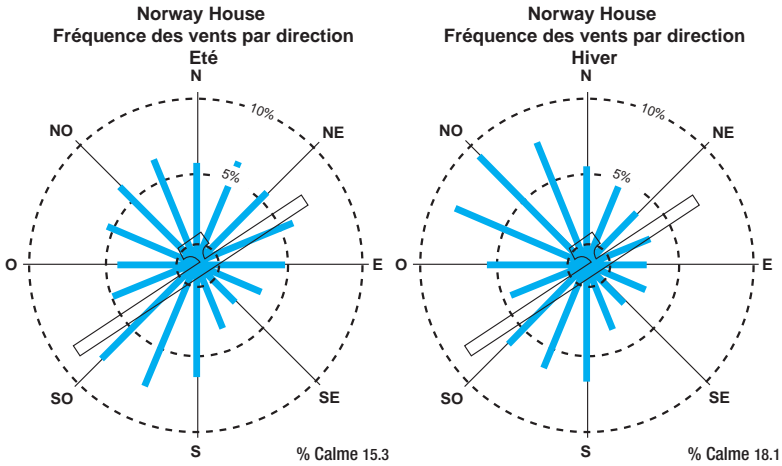


La proximité de l'eau joue un rôle dans les événements de plafonds bas et de visibilités réduites. Comme à plusieurs autres endroits entourés de lacs, la probabilité de mauvaises conditions de vol à Lynn Lake en été augmente au cours de la nuit pour atteindre un maximum vers 1200 UTC et diminue par la suite. En hiver, la probabilité de mauvais temps est plutôt stable entre 11 et 14 pour cent, à partir du coucher du soleil et toute la nuit. Après le lever du soleil, les conditions ont tendance à être plus mauvaises jusqu'à 1600 UTC, puis s'améliorent lentement durant l'après-midi.

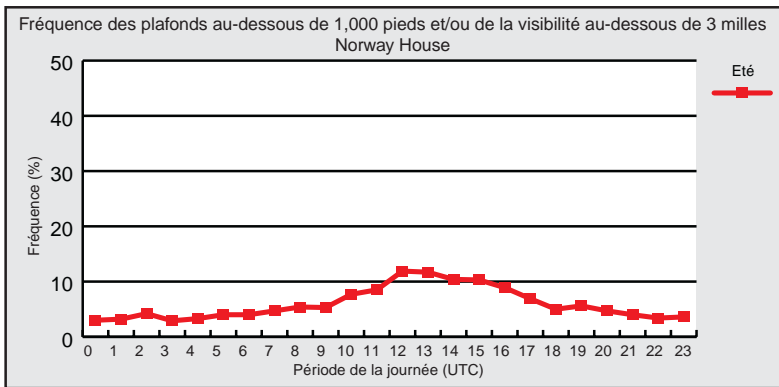
#### (f) Norway House

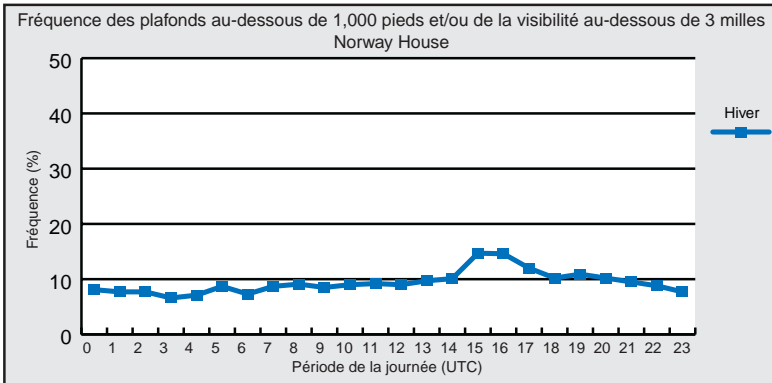


Norway House se situe à environ 13 milles au nord du lac Winnipeg dans une zone boisée plate du Bouclier canadien. Il y a beaucoup de plus petits lacs et de fondrières dans la région qui peuvent fournir de l'humidité dans les bas niveaux pour la formation du stratus, quand ils ne sont pas gelés. Quand on observe des plafonds de stratus à l'automne dans un écoulement du sud, on peut s'attendre à de la bruine verglaçante si la température est juste sous le point de congélation, à cause de l'humidité additionnelle fournie par le lac Winnipeg.



Les vents soufflent de toutes les directions à Norway House. En été, il y a un léger maximum du sud-ouest. En hiver, on observe une préférence du même ordre pour le nord-ouest. Le canal est du fleuve Nelson traverse Norway House du sud-ouest vers le nord-est et crée un effet d'entonnoir avec des vents du sud-ouest. Bien que cet effet se produise aussi en hiver, l'anticyclone climatologique sur le centre des Prairies produit un plus grand nombre d'événements de vents du nord-ouest.

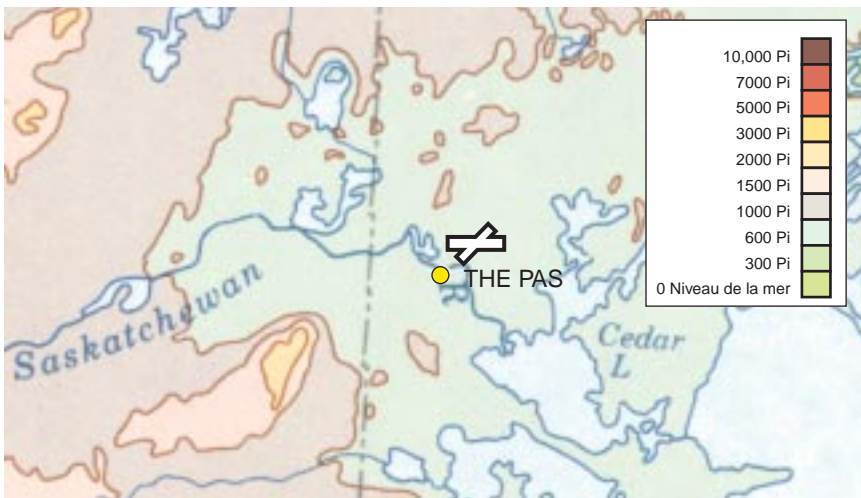




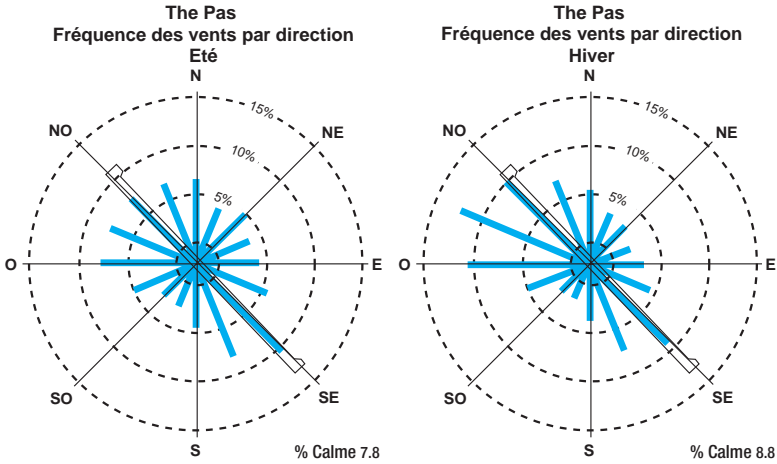
Il y a un fort pourcentage de vents calmes à Norway House, et ceci est dû en partie à son environnement boisé et en partie aux inversions thermiques qui sont courantes, surtout en hiver.

En général, Norway House offre de bonnes conditions de vol. Tôt le matin, en été, c'est-à-dire vers 1300 UTC, la fréquence des mauvaises conditions de vol atteint un maximum. En hiver, on observe la même augmentation de la probabilité de plafonds bas et de visibilités réduites « après le lever du soleil », tout comme à bien d'autres endroits dans le nord du Manitoba et ailleurs dans les Prairies.

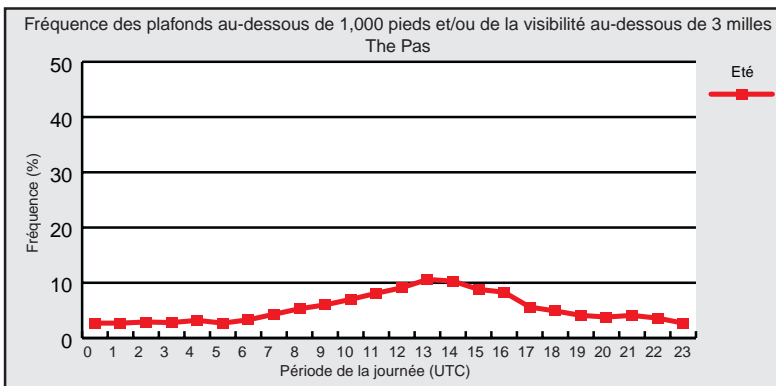
### (g) The Pas

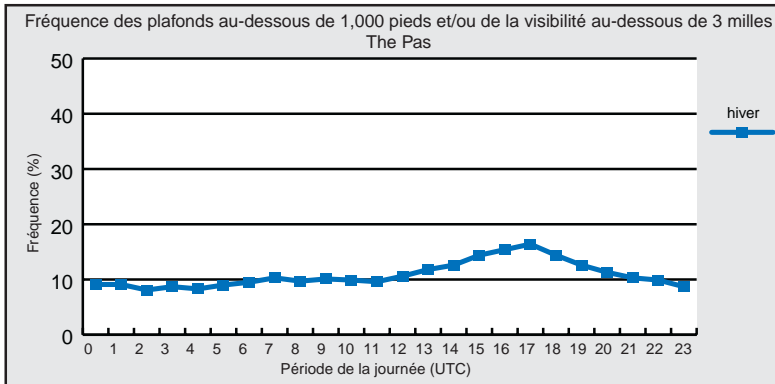


L'aéroport de The Pas se situe à l'extrémité sud du lac Clearwater, sur le terrain très plat du centre-ouest du Manitoba. La ville même se trouve à 13 milles au sud-ouest, sur les berges de la rivière Saskatchewan. Il y a plusieurs autres grands lacs dans la région, et sont tous de bonnes sources d'humidité pour les stratus quand ils ne sont pas gelés.



Le vent à The Pas a un parti pris pour les directions nord-ouest et sud-est. On observe des vents du nord-ouest quand une crête de haute pression se trouve à l'ouest ou au nord-ouest et produit un gradient favorable sur la région. Les vents du sud-est soufflent lorsqu'un système de basse pression passe au sud de The Pas. Les collines Pasquia, qui font partie de l'escarpement du Manitoba, s'élèvent à 1500 pieds au-dessus du terrain environnant à 46 milles au sud-ouest de The Pas et ont sans doute quelque chose à voir avec ce parti pris du vent pour les directions nord-ouest et sud-est. Une autre caractéristique topographique qui peut avoir un rôle à jouer est le dépôt de moraine terminale laissé lors de la plus récente glaciation. La moraine de The Pas s'étend vers le sud-est depuis l'ouest du lac Clear, s'incurve entre le lac Cedar et le lac Winnipegosis et s'étire dans le lac Winnipeg en formant la pointe Long.





On observe un maximum du nord-ouest plus marqué en hiver, car il y a plus souvent une zone de haute pression à l'ouest (la crête climatologique) durant cette saison.

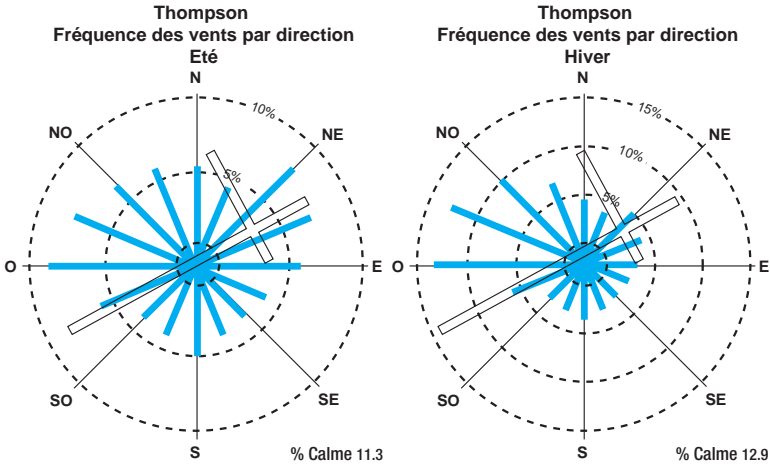
En été à The Pas, les mauvaises conditions ne sont pas très fréquentes, malgré plusieurs sources d'humidité à proximité. La période au cours de laquelle la fréquence est plus élevée que 5 pour cent va de 0800 à 1700 UTC, avec une pointe de 10 pour cent à 1300 UTC. Durant l'hiver, la probabilité de conditions inférieures aux limites VFR pour une heure donnée se maintient à environ 10 pour cent de 2100 à 1100 UTC. Elle atteint un maximum de 17 pour cent à 1700 UTC.

## (h) Thompson

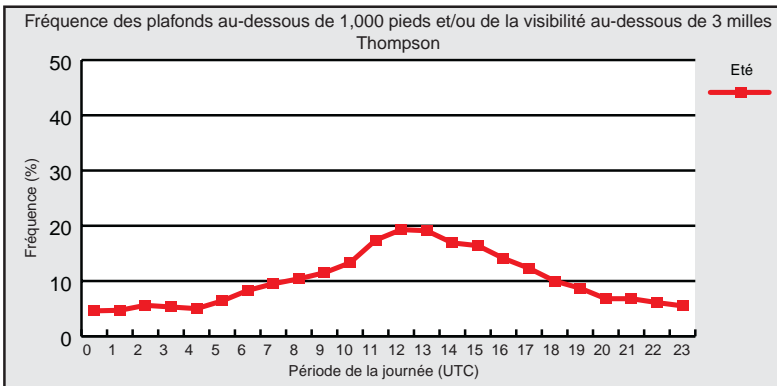


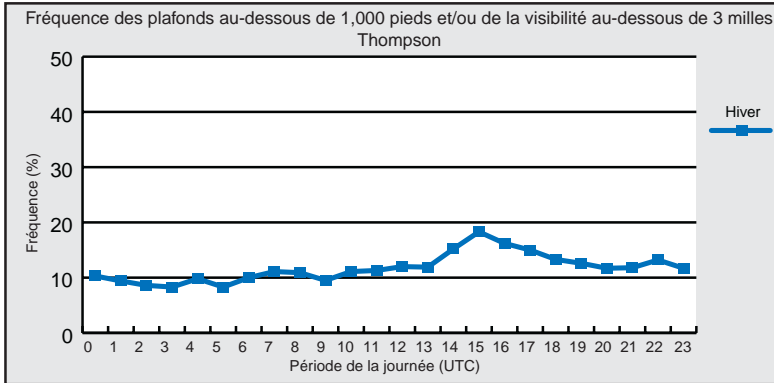
Thompson est la plaque tournante du transport pour le nord du Manitoba. L'aéroport de la ville est le deuxième plus achalandé de la province et plusieurs compagnies y offrent des services d'affrètement et des services réguliers en direction et en provenance de Winnipeg et vers plusieurs autres localités du nord du Manitoba et du

sud du Nunavut. Thompson offre aussi une hydrobase et un héliport sur la rivière Burntwood et est une gare ferroviaire principale sur la ligne desservant Churchill. Une énorme mine de nickel et une fonderie, situées à la périphérie sud de la ville, sont des composantes industrielles majeures de la ville.



Thompson est situé dans le centre-nord du Manitoba, sur un terrain faiblement incliné appartenant au Bouclier canadien. Il y a beaucoup de rivières, de lacs et d'arbres dans les environs immédiats, capables d'injecter de l'humidité dans l'atmosphère locale. Étant donné le peu de caractéristiques topographiques d'importance dans la région, les vents reflètent bien les systèmes météorologiques synoptiques qui touchent la région.



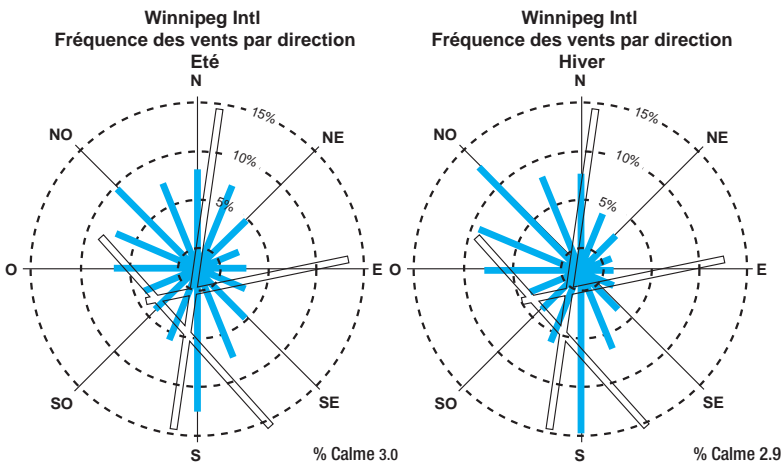


En été, la probabilité d'avoir une haute pression à l'ouest produisant un écoulement de l'ouest ou du nord-ouest est la même que celle d'avoir une basse pression au sud produisant un écoulement de l'est ou du nord-est. En hiver, les forts anticyclones plus fréquents au-dessus du centre des Prairies occasionnent un maximum pour les directions de l'ouest et du nord-ouest dans la climatologie des vents.

En été, à la fin de l'après-midi et en soirée, il se produit des mauvaises conditions de plafond et de visibilité à Thompson seulement une journée sur vingt. Après 0400 UTC, la probabilité de mauvaises conditions de vol augmente à une journée sur cinq, ou 20 pour cent, vers 1200 UTC. Durant l'hiver, on observe des plafonds bas et des visibilités réduites 10 pour cent du temps pendant la plus grande partie du jour et de la nuit. Juste après le lever du soleil, les conditions se détériorent jusqu'à environ 1500 UTC et atteignent une fréquence de 19 pour cent. Il est intéressant de remarquer que la probabilité d'avoir de mauvaises conditions de vol en été est un peu plus élevée qu'en hiver. Dans le Bouclier canadien, la combinaison courante de vents légers, de ciels clairs et d'humidité abondante dans les bas niveaux explique ce phénomène.

(i) Winnipeg

Winnipeg est situé dans la large vallée plate de la rivière Rouge qui coule vers le nord en direction du lac Winnipeg. L'aéroport est à environ 4 milles à l'ouest de centre-ville de Winnipeg. La contrée environnante est une prairie unie dont l'élévation ne varie à peu près pas dans un rayon de 11 milles. La seule exception est la vallée de la rivière Assiniboine qui entre dans Winnipeg et qui rejoint la rivière Rouge au centre-ville.

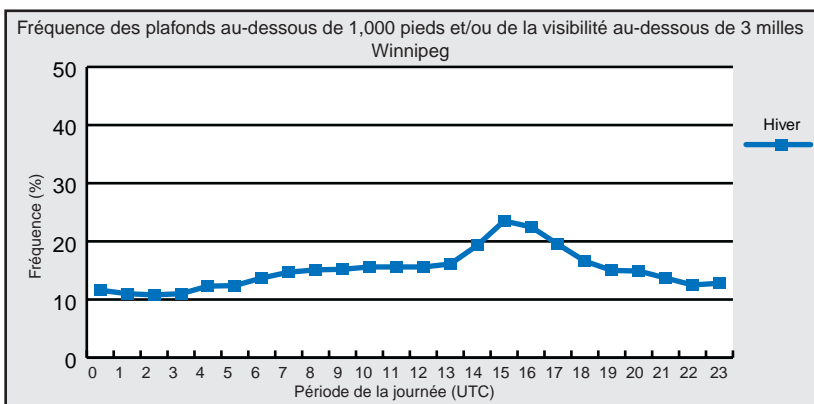
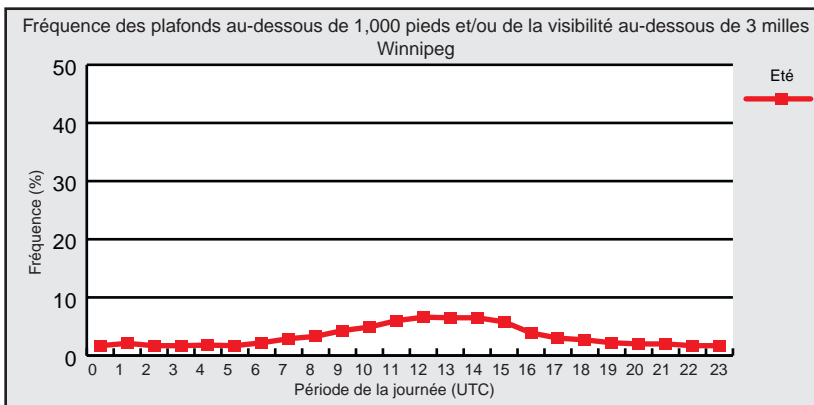


Puisque la configuration synoptique moyenne annuelle de la pression à la surface fait ressortir une zone de haute pression sur le centre des Prairies, il y a un maximum du nord-ouest dans la fréquence des vents à Winnipeg. Il y a une autre pointe marquée pour le sud qui révèle l'effet de canal de la vallée de la rivière Rouge, en particulier pour les écoulements à l'avant des systèmes de basse pression migrants. Quand l'une de ces dépressions passe au sud, les vents ont tendance à souffler du sud plus longtemps que l'on pourrait s'y attendre, compte tenu de la circulation à grande



échelle. Les vents du sud-ouest et de l'est sont beaucoup moins fréquents. Quant aux vents calmes, ils sont plutôt rares et c'est pourquoi le brouillard de rayonnement est inhabituel.

En hiver, les directions préférées du sud et du nord-ouest sont plus marquées qu'en été. L'anticyclone climatologique mentionné auparavant est plus dominant sur les Prairies et la trajectoire normale des tempêtes d'hiver apporte plus de dépressions migratrices. Ceci produit de forts vents du sud le long de la vallée de la rivière Rouge. De plus, en hiver, il se forme parfois de la gelée blanche accompagnée de brouillard glacé et, le cas échéant, le brouillard glacé peut mettre un certain temps à se dissiper. Ceci est peut-être dû à la sublimation de la gelée blanche et à l'augmentation subséquente de l'humidité dans les bas niveaux après le lever du soleil. Dans un écoulement du sud, on observe fréquemment du stratus à Grand Forks, dans le Dakota du Nord. Si cet écoulement persiste, le stratus peut traverser la frontière pour atteindre Gretna et, éventuellement, Winnipeg, souvent beaucoup plus rapidement que prévu. Une fois que le brouillard s'est installé, il faut un vent de l'ouest pour le chasser.



Les bonnes conditions de vol sont chose commune à Winnipeg en été. La fréquence horaire maximale des conditions inférieures aux limites VFR est de seulement 7 pour cent et se produit entre 1100 et 1500 UTC. Lorsque du brouillard ou du stratus se forment durant la nuit, on peut s'attendre à ce qu'ils se dissipent vers 1600 UTC. Au cours de l'hiver, les mauvaises conditions de vol sont beaucoup plus fréquentes. Durant la plus grande partie de la journée, la probabilité horaire de conditions maussades varie entre 10 et 15 pour cent. Cependant, entre 1300 et 1900 UTC, la probabilité s'élève brusquement pour atteindre 24 pour cent vers 1500 UTC. Comme Winnipeg est un aéroport principal, le grand nombre de mouvements d'avions à cette heure du jour augmente assurément le contenu en humidité dans les bas niveaux et le maximum typique observé au moment du lever du soleil.





## 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
<b>F0</b>	<b>faible</b> Tornado	35-62	Dommages à des cheminées; branches arrachées; arbres à faible structure racinaire arrachés; panneaux d'affichage endommagés
<b>F1</b>	<b>modérée</b> 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.
<b>F2</b>	<b>forte</b> Tornado	98-136	Dommages considérables. Toits de maisons arrachés; maisons mobiles détruites; wagons renversés; gros arbres endommagés ou déracinés; objets légers transformés en projectiles
<b>F3</b>	<b>violente</b> Tornado	137-179	Toits et certains murs arrachés de maisons solidement bâties; wagons de train renversés; arbres déracinés dans une forêt.
<b>F4</b>	<b>dévastatrice</b> Tornado	180-226	Maisons solidement construites rasées; structures avec faibles fondations projetées à une certaine distance; automobiles et gros objets projetés
<b>F5</b>	<b>incroyable</b> 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

**éclair** - 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** - se dit du mouvement de l'air chaud qui rattrape l'air froid et 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.

**microrafale** - bande étroite de vents extrêmement violents enchâssée dans une rafale descendante; mince ruban de vent de moins de 2,5 milles de diamètre, qui dure de 2 à 5 minutes et qui peut projeter un avion au sol.

**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)	Domages
<b>1</b>	<b>64-82</b>	<b>Minimes</b>
<b>2</b>	<b>83-95</b>	<b>Modérés</b>
<b>3</b>	<b>96-113</b>	<b>Étendus</b>
<b>4</b>	<b>114-135</b>	<b>Extrêmes</b>
<b>5</b>	<b>&gt;155</b>	<b>Catastrophiques</b>

**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 et la pression atmosphérique donnent des signes de développement cyclonique; (c) tout écart dans l'écoulement ou la pression liée à un état perturbé des conditions



atmosphériques; (d) système circulatoire 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 d'un déluge de précipitations.

**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 semble pendre d'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.

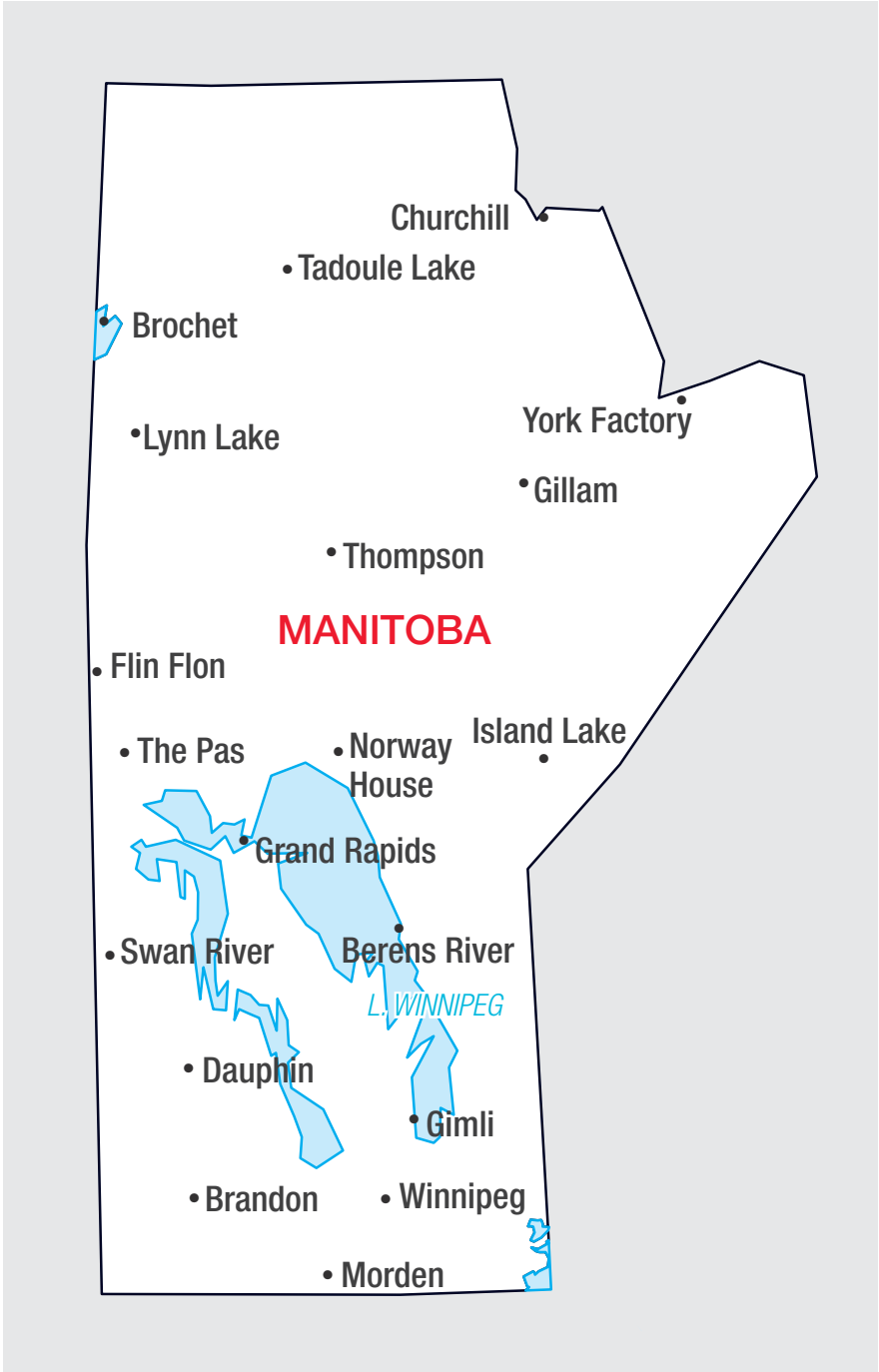
**Table 3: Symboles utilisés dans ce livre**

	<p><b>Symbole brouillard (3 lignes horizontales)</b> Ce symbole standard pour le brouillard indique des zones où on observe fréquemment du brouillard.</p>
	<p><b>Zones de nuages et bords des nuages</b> 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><b>Symbole givrage (2 lignes verticales passant à travers d'un demi-cercle)</b> Ce symbole standard pour le givrage indique des zones où du givrage significatif est souvent observé.</p>
	<p><b>Symbole eaux agitées (symbole avec deux points en forme de vague)</b> 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><b>Symbole turbulence</b> 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><b>Symbole vent fort (flèche droite)</b> 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><b>Symbole canalisation (flèche qui s'amincit)</b> 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><b>Symbole neige (astérisque)</b> Ce symbole standard pour la neige indique des zones prédisposées à de très fortes chutes de neige.</p>
	<p><b>Symbole orage (demi-cercle avec sommet en forme d'enclume)</b> Ce symbole standard pour le nuage cumulonimbus (CB) est utilisé pour indiquer des zones prédisposées à l'activité orageuse.</p>
	<p><b>Symbole usine (cheminée)</b> 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><b>Symbole passe de montagne (arcs côte à côte)</b> 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>

## APPENDICES







**INDEX DES CARTES**  
(les nombres sont des numéros de pages)

