

# Projet Atmosphère Canada



MODULE

11

**L'atmosphère en altitude**  
Manuel du maître



Canadian Meteorological  
and Oceanographic  
Society

La Société Canadienne  
de Météorologie et  
d'Océanographie



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

Canada

## Projet Atmosphère Canada

Né d'une initiative et de la collaboration entre Environnement Canada et la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie (SCMO), le « Projet Atmosphère Canada (PAC) » s'adresse aux enseignants du niveau primaire et secondaire partout au Canada. Ce projet est conçu pour stimuler l'intérêt des jeunes en regard de la météorologie ainsi que pour favoriser et encourager l'enseignement des sciences de l'atmosphère et de celles qui s'y rattachent, au niveau primaire et secondaire, au Canada.

Toute matière adaptée ou reproduite du « Project ATMOSPHERE teacher's guides », est présentée avec l'autorisation de la « American Meteorological Society (AMS) »

## Remerciements

Le Service météorologique du Canada, avec la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie, expriment leur gratitude à l'« American Meteorological Society » pour le soutien et l'aide reçus dans la préparation de cet ouvrage.

Un projet tel que le PAC ne se réalise pas du jour au lendemain. Depuis la transcription électronique à partir des exemplaires de l'AMS en passant par la révision, rédaction, examen critique, traduction, conception graphique et enfin par la mise en page définitive, il aura fallu des jours, des semaines, voir même des mois d'un effort soutenu pour en arriver au produit final. Je voudrais souligner la contribution importante apportée tant par le personnel d'Environnement Canada que par les membre de la SCMO d'un bout à l'autre du pays, ainsi que par le milieu scientifique global qui a autorisé l'utilisation de ses travaux dans le PAC, « manuels du maître ».

Au nom d'Environnement Canada et de la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie :  
Eldon J. Oja  
Chef de projet - Projet Atmosphère Canada

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche informatique ou transmise, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit (électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre), sans l'assentiment écrit préalable de l'éditeur. L'autorisation est donnée, par les présentes, de reproduire, sans la modifier, la matière contenue dans cette publication, à des fins pédagogiques non commerciales, à condition que la source de la matière soit indiquée. Cette autorisation ne s'applique pas aux transmissions par voie électronique.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Publié par Environnement Canada  
Number de cat. : En56-172/2001F-IN  
ISBN 0-662-86593-6

# Table des matières

Introduction	2
Notions élémentaires	5
Activité	7

**Projet**  
**Atmosphère**  
**Canada**



## MODULE 11

## L'atmosphère en altitude

<b>Introduction</b>	<b>Notions élémentaires</b>	<b>Activité</b>
Page 2	Page 5	Page 7

# INTRODUCTION

Les nuages, ainsi que leurs déplacements, changements et précipitations, fournissent une preuve visible que la portion de l'atmosphère qui a un impact direct sur nos vies s'étend de la surface vers le haut sur plusieurs kilomètres. Ils démontrent également les relations entre la météo à la surface de la Terre et les conditions et les processus qui se produisent en altitude. Il faut prendre en considération la troisième dimension de l'atmosphère pour avoir une compréhension plus approfondie de la météo et des systèmes météorologiques. Les météorologues assurent régulièrement un suivi de l'atmosphère en altitude afin de déterminer sa structure verticale et horizontale.

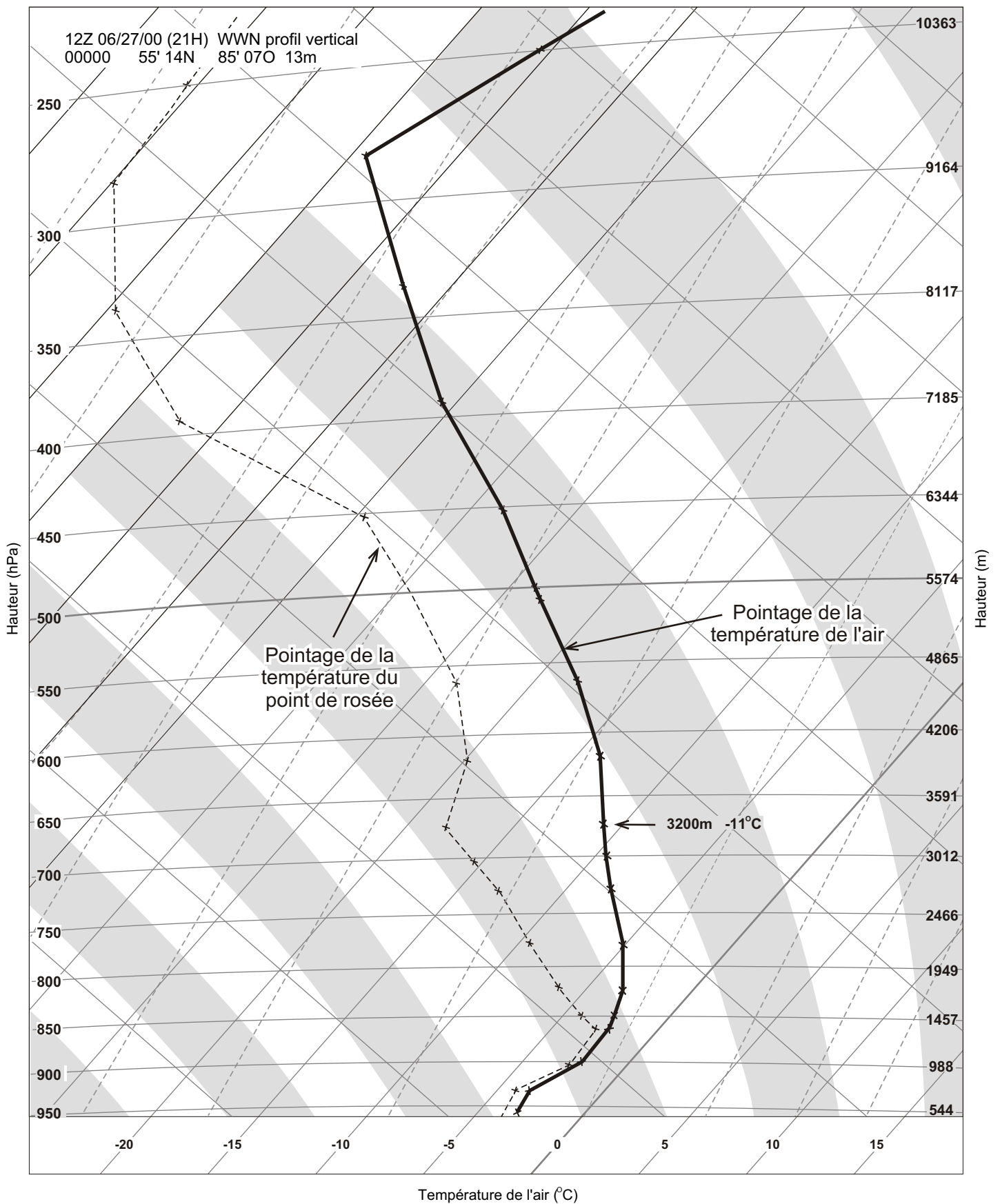
Plusieurs propriétés de l'air varient dramatiquement de bas en haut à travers l'atmosphère. Parce que les rayons solaires traversent facilement l'atmosphère transparent pour réchauffer la surface, l'atmosphère est fortement réchauffée par le dessous. Ainsi, les températures les plus élevées se trouvent généralement à la surface de la Terre et diminuent avec l'accroissement de l'altitude. Cette couche de températures décroissantes, allant d'une profondeur de 6 à 16 kilomètres, se nomme troposphère ou "couche météorologique". Au-dessus de la troposphère, on rencontre une couche de température constante ; à plus haute altitude encore, la température de l'air augmente puisqu'une large part de la portion ultraviolette du rayonnement solaire incident est absorbée aux altitudes où la formation et la dissociation de l'ozone se produisent. Ces couches combinées (température constante et croissante) forment ce qu'on désigne stratosphère, ou "couche stable". La limite entre la troposphère et la stratosphère, où la température cesse de décroître pour devenir constante, se nomme tropopause.

À la fois la pression et la densité de l'air diminuent avec une augmentation d'altitude. La pression de l'air est le poids par unité de superficie de la

surface d'une colonne d'air s'étendant jusqu'au-dessus de l'atmosphère. La pression atmosphérique est donc plus grande au niveau de la mer. Parce que l'air est grandement compressible, comme on peut facilement le constater en gonflant un pneu, il est aussi plus dense au bas de l'atmosphère. Le poids de l'air sus-jacent comprime l'air près de la surface plus que ne le fait le poids moins élevé de l'air sus-jacent à des niveaux plus élevés. Il en résulte que la pression et la densité de l'air diminuent initialement très rapidement, puis plus lentement, avec l'altitude. La moitié de toutes les molécules d'air se trouve à moins de 5,5 km de la surface de la mer. Le prochain quart de l'atmosphère se situe entre environ 5,5 et 11 km.

Les nuages et les systèmes météorologiques fournissent une preuve visible de la troisième dimension de l'atmosphère. Les premières tentatives pour sonder scientifiquement l'atmosphère au-dessus de la surface de la Terre comportaient des instruments attachés à ou transportés dans l'espace par des cerfs-volants, des ballons et des avions. Les pratiques courantes comportent l'utilisation de radiosondes, des ensembles d'instruments transportés en altitude par des ballons. Des données concernant la température, l'humidité et la pression sont transmises au site du lancement par radio. Les radiosondes ascendantes peuvent aussi être pistées pour fournir des données sur le vent à diverses altitudes. Des mesures de routine sont effectuées de cette façon deux fois par jour dans des stations à travers le monde.

La restitution graphique qui illustre le changement de température en fonction de l'altitude se nomme courbe du profil de la température et, au Canada, le profil de la température est présenté sur un formulaire appelé téphigramme. Les données reçues d'une radiosonde sont restituées (pointées) sur le téphigramme tel que démontré dans les exemples des figures 1 et 2.



**Figure 1** - Un tépigramme présentant les profils des températures verticales de la température de l'air (ligne solide) et la température du point de rosée (ligne pointillée) dans l'air stable. Les hauteurs verticales présentées sur le tépigramme sont au-dessus des valeurs du niveau moyen de la mer.

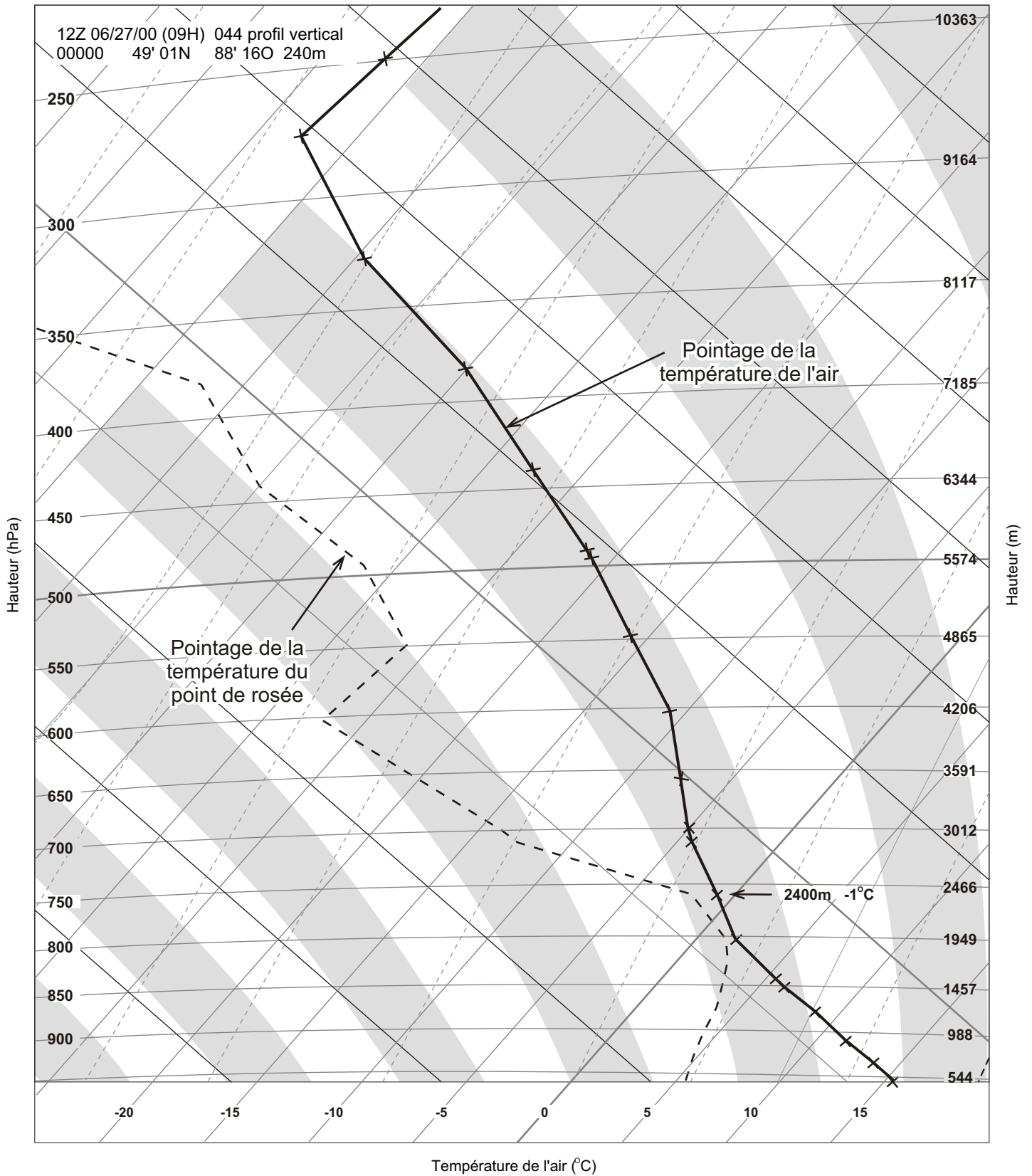


Figure 2 - Un téphigramme présentant les profils des températures verticales de la température de l'air (ligne solide) et la température du point de rosée (ligne pointillée) dans l'air instable. Les hauteurs verticales présentées sur le téphigramme sont au-dessus des valeurs du niveau moyen de la mer.

# NOTIONS ÉLÉMENTAIRES

1. La surface de la Terre éclairée par le Soleil réchauffe l'atmosphère sus-jacent, et donc la température dans la plus basse couche de l'atmosphère diminue avec l'altitude. La température moyenne de surface de la Terre est de 15 degrés Celsius. À 11 km, la température moyenne est de -56,5 degrés Celsius.
2. Le taux moyen auquel la température diminue à la verticale ("gradient adiabatique") est de 6,5 degrés Celsius par 1000 mètres à travers la plus basse couche de l'atmosphère qui s'élève jusqu'à 11 km. Cette configuration de température est une propriété de "l'atmosphère type" et est connue comme gradient adiabatique.
3. La troposphère est la couche de l'atmosphère plus près de la surface de la Terre et il s'agit de la couche dans laquelle la plupart des phénomènes météorologiques se produisent. Dans la troposphère, la température de l'air diminue généralement avec l'altitude.
4. Au-dessus de 11 km, la température demeure constante à une température moyenne de -56,5 degrés C sur plusieurs kilomètres avant de s'accroître avec une augmentation de l'altitude jusqu'à environ 50 km. Cette couche se nomme stratosphère. La couche protectrice d'ozone se trouve dans la stratosphère.
5. La limite entre le dessus de la troposphère et le bas de la stratosphère est la *tropopause*.
6. La pression atmosphérique est le poids d'une colonne d'air sus-jacente s'étendant jusqu'au dessus de l'atmosphère agissant sur une unité de superficie.
7. Parmi les unités de pression d'air utilisées de façon routinière en météorologie, la pression moyenne au niveau de la mer est de 1013,25 hectopascals (hPa). Cette pression équivaut à la pression exercée à la base d'une colonne de mercure d'une hauteur de 29,92 pouces ou 76 centimètres.
8. Près du niveau de la mer, la pression atmosphérique diminue avec l'altitude d'environ 100 hPa par 1000 mètres. La pression diminue plus rapidement près de la surface et moins rapidement au fur et à mesure que l'altitude augmente.
9. Environ la moitié de l'atmosphère en termes de poids ou de masse (située entre le niveau de la mer et la hauteur à laquelle la pression de l'air est de 500 hPa) est à l'intérieur de la zone s'étendant à jusqu'à 5,5 km de la surface de la Terre. La tropopause est située à environ 250 hPa, de sorte qu'environ les trois-quarts de l'atmosphère en terme de masse ou de poids se trouvent à l'intérieur de la troposphère.
10. Les systèmes météorologiques sont presque entièrement des phénomènes troposphériques.
11. Les mouvements d'air qui accompagnent les systèmes météorologiques, ainsi que les différences de masse d'air, causent des variations de température et de pression qui diffèrent des conditions moyennes de l'atmosphère type.
12. Des radiosondes portées par des ballons sont lancées deux fois par jour à partir de plusieurs endroits, mesurant la température, la pression et l'humidité au fur et à mesure qu'elles s'élèvent dans l'atmosphère à des altitudes atteignant généralement 30 km au-dessus du niveau de la mer. En suivant les mouvements horizontaux de ces instruments on obtient aussi des renseignements en ce qui concerne les vents.
13. Les météorologues utilisent une diversité de graphiques pour représenter la structure verticale de l'atmosphère en se basant sur des

données provenant de radiosondes. Ces données peuvent fournir de l'information quant à la probabilité de l'existence de nuages et leur épaisseur, de même qu'en ce qui concerne la stabilité ou l'instabilité atmosphérique.

14. On peut utiliser des données aérologiques en altitude pour dessiner des cartes essentiellement horizontales représentant les conditions atmosphériques à divers niveaux au-dessus du niveau de la mer. Ces niveaux sont habituellement définis par une certaine valeur de pression, et les graphiques qui en découlent se nomment donc des cartes à pression constante. On dessine couramment des cartes à pression constante de l'atmosphère supérieure à 850, 700, 500, et 250 hPa.
15. Les courbes représentant les données brutes de l'atmosphère supérieure sur des cartes à pression constante représentent généralement la température, le point de rosée, et les conditions de vitesse et de direction des vents. Une autre valeur importante qui est communiquée est l'altitude au-dessus du niveau de la mer à laquelle la pression indiquée s'est manifestée au-dessus de chaque station.
16. La représentation des contours d'altitude pour déterminer le relief topographique de la surface de pression constante d'une carte particulière est au rang des analyses typiques effectuées sur les cartes de l'atmosphère supérieure. Les zones de haute et de basse altitude sur une carte à pression constante correspondent étroitement aux zones de haute et de basse pression qui seraient présentes si une carte d'altitude constante avait été réalisée à l'altitude moyenne de ce niveau de pression choisi.
17. Le niveau de 850-hPa se produit généralement près de 1500 m. Ce niveau reflète les configurations de température et d'humidité dans l'air libre associées à un système météorologique.
18. Les météorologues utilisent une carte 850 hPa pour observer l'humidité et les advections de température — des mouvements de niveaux plus ou moins élevés de vapeur d'eau ou d'énergie thermique dans une région.
19. Le niveau de 700 hPa se trouve généralement près de 3000 m. Ce niveau reflète les configurations de vents qui gouvernent les orages isolés ; il est donc utilisé par les météorologues pour prédire le mouvement et l'intensification d'orages.
20. Le niveau de 500 hPa se trouve généralement aux environs de 5500 m. Ce niveau représente la configuration de la circulation mi-troposphérique moyenne et est utilisé par les météorologues pour prédire le mouvement et l'intensification de systèmes météorologiques à grande échelle (anticyclones et dépressions de surface).
21. Le niveau de 250 hPa se trouve aux environs de 10300 m. Selon la période de l'année et la latitude, c'est aux environs de cette latitude que l'on trouve les vitesses les plus élevées de vents horizontaux dans l'atmosphère.
22. La carte 250 hPa est utilisée par les météorologues pour identifier les configurations de la circulation des vents qui intensifient ou affaiblissent les systèmes météorologiques et les font se déplacer.
23. Des renseignements concernant l'atmosphère supérieure sont essentiels pour comprendre pleinement la structure, les mouvements et les changements des systèmes atmosphériques.