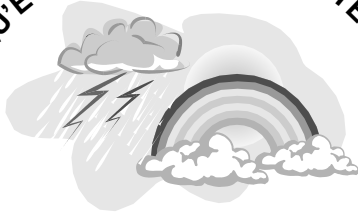


Dans ce chapitre

- L'atmosphère
- Vents planétaires
- Pression atmosphérique
- Vents locaux
- Masses d'air
- Fronts
- Cartes météorologiques

CHAPITRE 2

QU'EST-CE QUI FAIT LA MÉTÉO?



L'histoire de la météo commence par le soleil. Son énergie franchit 150 millions de kilomètres jusqu'aux confins de l'atmosphère terrestre. Une partie de cette énergie est réfléchiée dans l'espace par le sommet des nuages et une partie est diffusée dans l'atmosphère par la poussière et la vapeur d'eau. Environ la moitié de l'énergie du soleil atteint la terre, où elle est convertie en chaleur pour réchauffer la terre et l'air, et faire fondre la neige et évaporer l'eau.

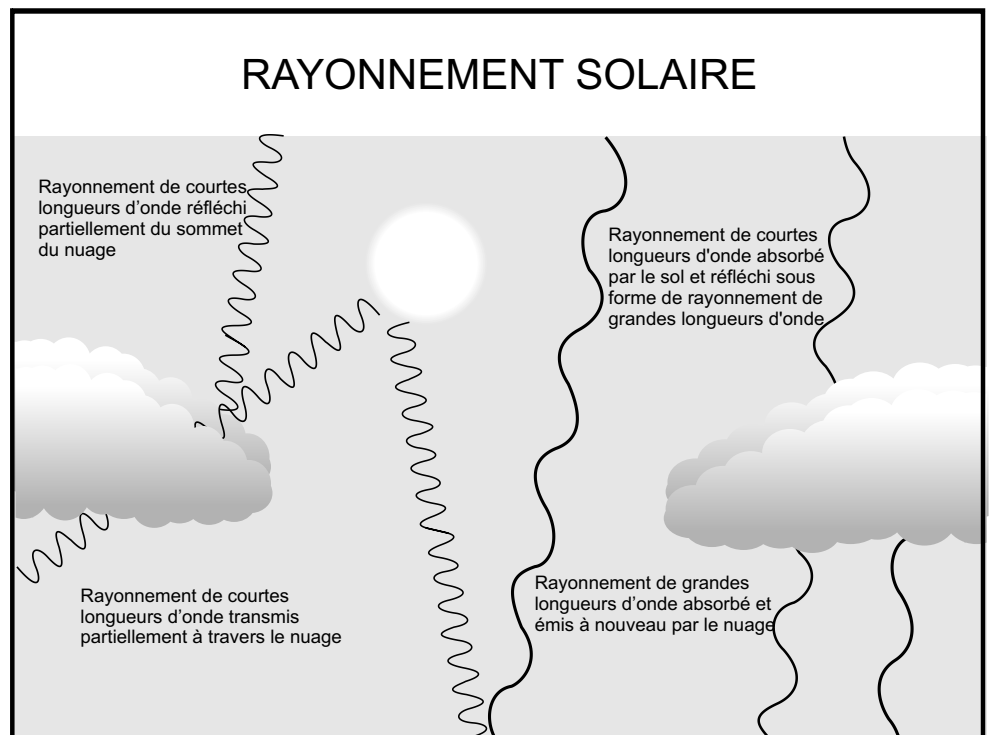
Toutes les régions de la terre ne reçoivent pas la même quantité d'énergie solaire au même moment, et ce pour trois raisons.

Tout d'abord, la terre effectue une rotation sur son axe toutes les 24 heures, ce qui crée la nuit et le jour.

Deuxièmement, la terre effectue chaque année une révolution autour du soleil. Durant l'orbite de la terre, certaines régions reçoivent davantage d'énergie solaire que les autres.

Troisièmement, la terre est inclinée sur son axe à un angle de 23,5 degrés. Sans cette inclinaison, le soleil brillerait directement sur l'équateur à l'année longue, et il n'y aurait pas de saisons. Au lieu,

l'énergie solaire atteint diverses parties de la terre à différents angles, ce qui influe sur la quantité de chaleur que reçoit telle ou telle région. Ce réchauffement inégal crée également les déplacements d'air qui sont responsables des zones de vent planétaires.



Pour aider vos élèves à visualiser les effets de l'inclinaison de la terre, essayez l'activité n° 1 à la page 61 de la section des activités, à la fin du guide.

L'atmosphère

La terre est entourée d'un océan d'air. Les météorologistes, soit les hommes et les femmes qui étudient le temps, appellent cet océan d'air l'atmosphère. Les scientifiques l'ont divisée en quatre couches, en utilisant comme l'un des critères la température et la façon dont elle s'élève ou s'abaisse en fonction de la hauteur.

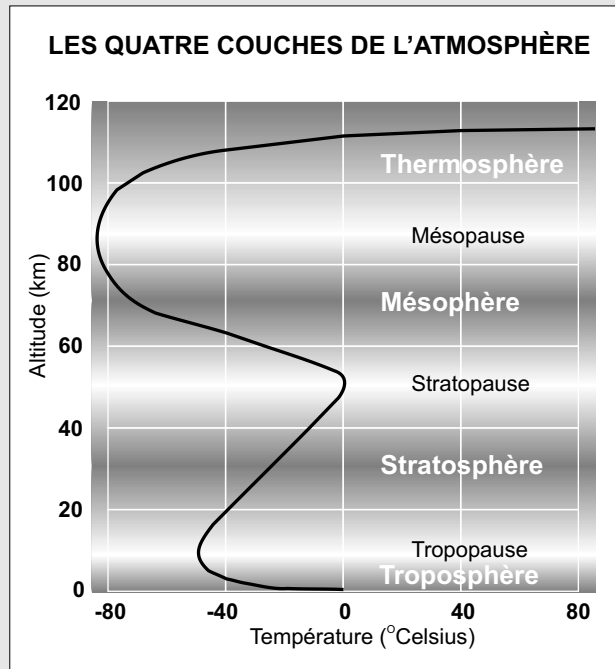
1. La troposphère est la couche la plus près de la terre. La troposphère est plus mince que les autres couches. Son épaisseur varie de six à sept kilomètres, au-dessus des pôles Nord et Sud, à 20 kilomètres, dans les tropiques. Normalement, plus on s'élève dans cette couche, plus les températures diminuent, pour atteindre environ -50°C aux limites extérieures. La troposphère est cette couche qui est responsable du temps qu'il fait.

2. La stratosphère se situe à environ 11 à 50 kilomètres au-dessus du sol. Plus on s'élève dans cette couche, plus les

températures augmentent, passant d'environ -50°C , au bas, pour atteindre 0°C , au sommet. L'ozone, le gaz qui absorbe la plupart des rayons nocifs ultraviolets du soleil, se trouve dans cette couche. Certains avions volent dans la stratosphère.

3. La mésosphère se situe de 50 à 80 kilomètres au-dessus du sol. Comme dans la troposphère, les températures diminuent à mesure que l'on s'élève, passant d'environ 0°C à -80°C dans les régions supérieures de la couche.

4. La thermosphère est la couche la plus éloignée de la surface de la terre. Cette couche commence à environ 80 kilomètres au-dessus du sol, où la température est d'environ -0°C . La température passe à environ $2\,000^{\circ}\text{C}$ aux confins de la thermosphère.



Les lignes foncées indiquent comment évoluent les températures en fonction de la hauteur des différentes couches de l'atmosphère.

Environnement Canada

Il existe des zones de transition entre les couches de l'atmosphère. La zone de

transition entre la troposphère et la stratosphère s'appelle la tropopause; entre la stratosphère et mésosphère, elle s'appelle la stratopause; et entre la mésosphère et la thermosphère, elle s'appelle la mésopause.

VENTS PLANÉTAIRES

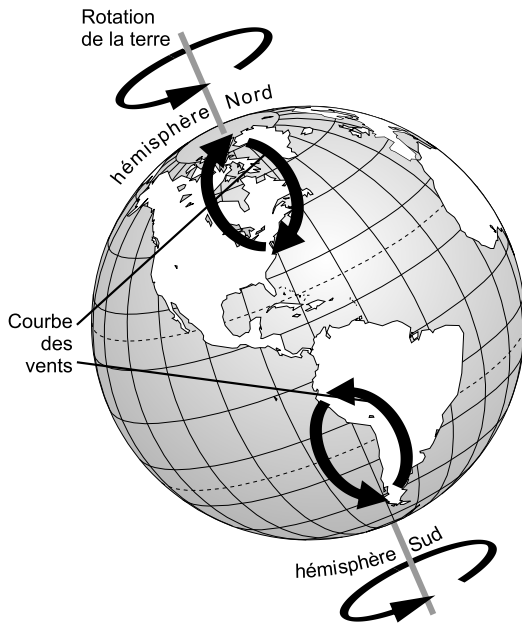
La terre étant inclinée à $23,5$ degrés, l'énergie du soleil frappe certaines régions du monde plus directement que d'autres. Ainsi, certaines parties de la terre, telles que les tropiques, sont plus chaudes que d'autres. Dans les régions chaudes, l'air s'élève à mesure qu'il se réchauffe et est remplacé par l'air plus froid et plus lourd en provenance des pôles Nord et Sud. Entre-temps, l'air chaud qui s'élève se répand vers les pôles Nord et Sud où il se refroidit, retombe et retourne vers l'équateur. Et le cycle reprend.

Ce mouvement d'air ou de vent des pôles à l'équateur se ferait de façon ordonnée si la terre n'effectuait pas, toutes les 24 heures, une rotation d'ouest en est sur son axe. Ce

phénomène imprime une courbe au vent. Dans l'hémisphère Nord, la rotation de la terre détourne les vents vers la droite tandis que dans l'hémisphère Sud, elle les détourne vers la gauche. On appelle force de Coriolis l'effet de la rotation de la terre sur les vents.

Au fil des siècles, les marins et les marchands qui ont sillonné les océans pour explorer ou commercer ont nommé certains de ces vents. Par exemple, les hommes qui ont emprunté les voies de trafic maritime d'est en ouest, près de l'équateur, ont appelé "alizés" les principaux vents est-ouest; ces vents étaient uniformes et amenaient les cargos à bon port en temps voulu. En règle générale, les vents dominants ont été nommés en fonction de leur direction. Dans l'hémisphère Nord, les vents d'est polaires soufflent

FORCE DE CORIOLIS



La force de Coriolis porte le nom de Gaspard-Gustave de Coriolis, le scientifique français qui, en 1835, a décrit ce qui arrivait à tout objet mis en mouvement sur une surface en rotation. Par exemple, dans l'hémisphère Nord, la rotation de la terre détourne les vents vers la droite.

du nord-est tandis que les vents d'ouest polaires soufflent du sud-ouest. Dans cet hémisphère, les alizés soufflent du nord-est vers l'équateur. Il y a ensuite la zone des calmes équatoriaux, ou le pot-au-noir, une région de vents légers variables des deux côtés de l'équateur.

La situation se répète dans l'hémisphère Sud en raison de la force de Coriolis. Là, toutefois, les alizés soufflent du sud-est. Les vents d'ouest soufflent du nord-ouest et les vents d'est, du sud-est.

A NOTER

Il existe, entre les alizés et les vents d'ouest, une autre région de vents légers variables appelés les calmes tropicaux ou calmes du cancer.

PRESSIION ATMOSPHÉRIQUE

Pour comprendre la pression quelle qu'elle soit, il faut tout d'abord examiner les forces. Une force est tout ce qui pousse ou qui tire; par exemple, la gravité est une force qui vous tire vers la surface de la terre. Cela vous donne du poids. Un autre exemple est le plancher qui pousse sur vos pieds lorsque vous marchez.

La pression est la quantité de force répartie sur une superficie. Si une force est répartie sur une grande superficie, la pression exercée est plus faible. Si la même force est répartie sur une plus petite superficie, la pression qui en résulte est plus forte.

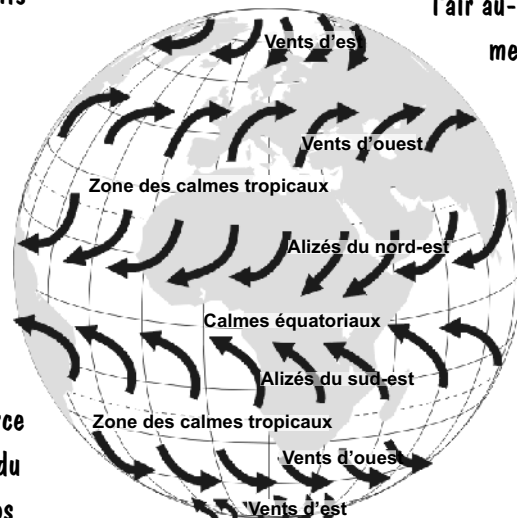
Activité

Apportez une pièce de bois percée d'un clou de sorte que l'extrémité pointue ressorte de l'autre côté. Un bout de 2 par 4 est idéal. Demandez à vos élèves s'ils préféreraient qu'on place la pièce de bois en équilibre sur leur pied avec le clou pointant vers le haut ou vers le bas. Mais pourquoi? Le poids est le même dans les deux cas! Lorsque l'extrémité pointue est tournée vers le bas, le poids du bois est appliqué en un seul point, ce qui donne une FORTE pression tandis que lorsqu'on retourne la pièce de bois, le même poids est réparti sur une plus grande surface, ce qui donne moins de pression. (Pour la même raison, si vous faites la queue et que la dame devant vous pile sur votre pied en reculant, vous préférez nettement qu'elle porte des espadrilles plutôt que des talons aiguilles!)

Un scientifique italien du nom d'Evangelista Torricelli a découvert, en 1644, que l'air avait du poids lorsqu'il a tourné à l'envers un tube plein de mercure et l'a placé dans un récipient de mercure. Le mercure ne s'est pas déversé complètement dans le récipient. Torricelli en a déduit que l'air au-dessus du récipient de

mercure exerçait une pression sur le mercure dans le récipient de sorte que celui-ci ne pouvait s'élever. Il en a conclu que l'air exerçait une force vers le bas sur toutes les choses.

La pression atmosphérique est le poids de tout l'air au-



Configuration mondiale des vents



Pour montrer à vos élèves que l'air a effectivement du poids, essayer l'activité n° 2 à la page 62 de la section des activités.

dessus de vous. L'air ne nous semble pas très lourd parce qu'il s'agit d'un gaz. N'oubliez pas, toutefois, qu'il y a de nombreux kilomètres d'atmosphère au-dessus de votre tête. La pression moyenne exercée par l'air est d'environ un kilogramme par centimètre carré au niveau de la mer, ou 101,325 en kilopascals.

À NOTER

L'atmosphère exerce une pression de 16 tonnes sur le corps de l'adulte moyen.

Activité

Demandez à vos élèves de dessiner un carré d'un centimètre par un centimètre sur une feuille de papier. Combien de centimètres carrés faudrait-il pour recouvrir leur tête? Cela donne beaucoup de force. Chaque centimètre carré de votre tête ressent une force d'un kilogramme. Si le rayon de votre tête est de 8 cm, l'air au-dessus de votre tête seulement exerce à lui seul une pression de 200 kilogrammes!

Heureusement, l'air ne fait pas qu'exercer une pression sur nous vers le bas, sinon nous pourrions nous aplatir comme un ballon qu'on écrase avec nos pieds. L'atmosphère est composée d'un mélange de gaz qui exercent des pressions dans toutes les directions, poussant également sur nos corps dans toutes les directions.

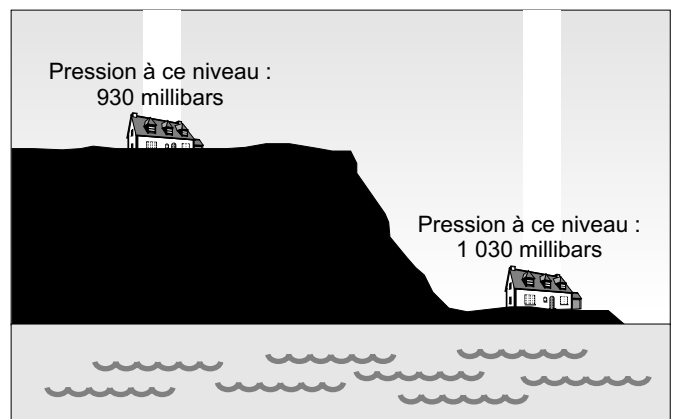
Plus on monte dans l'atmosphère, plus la pression atmosphérique diminue, ce qui est logique puisqu'il y a moins d'air au-dessus pour exercer une pression vers le bas. Dans les couches plus basses de l'atmosphère, près de la surface de la terre, le poids de l'air au-dessus comprime les molécules d'air, le rendant plus dense et plus lourd. Par contre, dans les couches supérieures, il y a moins de poids

Activité

Pour illustrer que l'air pousse vers le haut ainsi que vers le bas, remplissez d'eau, jusqu'au bord, une tasse ou un verre de papier. Maintenant, placez un morceau de carton sur la tasse et maintenez-le en place en inversant rapidement la tasse. Retirez votre main. Si la pression atmosphérique ne poussait pas contre le carton, le poids de l'eau ferait tomber le carton et l'eau se répandrait partout. Parce que l'air pousse vers le haut; toutefois, avec une plus grande force que celle qu'exerce l'eau, le carton reste en place et semble « coller » à la tasse.

au-dessus pour forcer l'air à se comprimer; les molécules d'air peuvent s'étendre davantage, ce qui donne de l'air plus léger et moins dense.

Par exemple, la pression atmosphérique est moins forte au sommet d'une montagne qu'à sa base. À environ 5 400 mètres, ou 18 000 pieds, la pression atmosphérique est environ la moitié de ce qu'elle est au niveau de la mer. C'est pourquoi, au chapitre 1, on vous a demandé de fixer votre baromètre à la pression du niveau moyen de la mer. Cela vous permet de comparer vos relevés avec ceux des autres écoles parce que tous les autres baromètres utiliseront le même point de référence — l'élévation zéro.



La pression atmosphérique décroît en fonction de l'altitude.



Si vos élèves désirent fabriquer un baromètre, essayez l'activité n° 3 à la page 63 de la section des activités.



Si vos élèves souhaitent fabriquer un anémomètre et une banderole, essayez l'activité n° 5 à la page 65 et l'activité n° 6 à la page 66.

Bien qu'on ne puisse voir ou entendre la pression atmosphérique, on la ressent, surtout lorsqu'il y a un changement brusque. Par exemple, si vous avez déjà volé dans un avion ou pris l'ascenseur jusqu'au sommet de la tour du CN, ou encore pris un télésiège jusqu'au sommet d'une montagne, vos oreilles se sont probablement bouchées à un moment ou l'autre, signalant un changement brusque de la pression atmosphérique.



Pour montrer à vos élèves que l'air exerce une pression, essayez l'activité n° 4 à la page 64 de la section des activités.

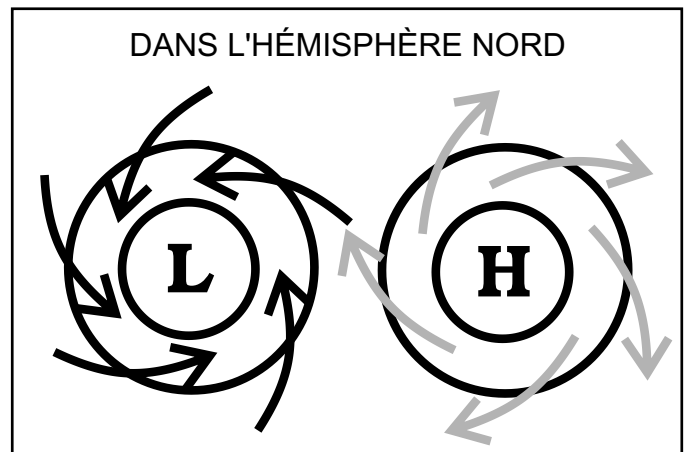
La pression atmosphérique change également lorsque l'air se réchauffe ou se refroidit. Lorsqu'on ajoute de la chaleur, une forme d'énergie, à une parcelle d'air, les molécules d'air se déplacent plus rapidement et ont tendance à s'éloigner les unes des autres. Par conséquent, lorsque l'air se réchauffe, il prend de l'expansion et devient plus léger. Inversement, l'air froid est plus lourd et plus dense parce que les molécules d'air sont moins actives et plus comprimées. À mesure que l'atmosphère cherche à trouver un équilibre, l'air se déplace des zones de haute pression, qui sont souvent associées à de l'air frais, aux zones de basse pression, où l'air est souvent plus chaud. Cela crée du vent. Plus grand est le contraste ou la différence de pression atmosphérique entre les deux zones, plus forts sont les vents.

VENTS LOCAUX

Le profil de circulation des vents à l'échelle planétaire détermine les vents dominants sur de vastes régions. Au Canada, par exemple, les vents dominants soufflent de l'ouest. Mais les différences locales de pression atmosphérique et de température ainsi que les lacs, les collines et les vallées influent aussi sur la direction et la force des vents.

L'atmosphère se comporte comme un liquide. Si vous retirez une tasse d'eau d'une chaudière d'eau, le liquide qui demeure dans la chaudière a tôt fait de remplir le trou et de rétablir l'équilibre. Il en va ainsi de l'air. L'atmosphère essaie de créer un équilibre en circulant des zones de haute pression aux zones de basse pression.

Là encore, la force de Coriolis influe sur la direction des vents, qui soufflent dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'une zone de haute pression et hors de celle-ci, et dans le sens contraire des aiguilles d'une montre vers une zone de basse pression. Plus grande est la différence de pression atmosphérique entre les deux zones, plus forts sont les vents. Au Canada, on exprime la vitesse du vent en kilomètres/heure tandis que les vents sont nommés en fonction de la direction d'où ils soufflent. Par exemple, un vent du nord vient du nord.



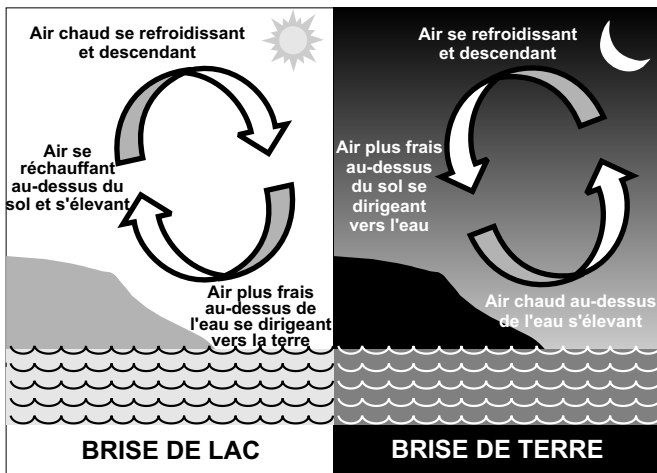
Les vents soufflent dans le sens contraire des aiguilles d'une montre dans une zone de basse pression et dans le sens des aiguilles d'une montre autour et hors d'une zone de haute pression.



Si vous vous tenez debout dos au vent dans l'hémisphère Nord, la zone de basse pression sera à votre gauche. Faites-en l'essai à l'aide du diagramme des centres de pression et des vents.

Les différences locales entre les températures aident également à créer des vents locaux, particulièrement autour des grands plans d'eau comme les Grands Lacs. Par exemple, puisque la terre se réchauffe plus rapidement que l'eau, les différences de température entre les deux créent des brises. Voici ce qui se produit. Par une chaude journée ensoleillée, la terre près des lacs réchauffe l'air, qui s'élève. L'air plus frais des lacs souffle vers l'intérieur pour remplacer l'air qui s'élève; celui-ci se dirige au-dessus de l'eau où il se refroidit et retombe pour remplacer l'air plus frais qui souffle vers le rivage. Dans ce cycle, les vents qui soufflent vers les rives sont appelés des brises de lac.

Le soir, après le coucher du soleil, le cycle se renverse. Puisque la terre se refroidit également plus rapidement que l'eau, l'air au-dessus de l'eau est maintenant plus chaud que l'air au-dessus de la terre. L'air réchauffé par l'eau s'élève et est remplacé par l'air frais de la terre. Au même moment, l'air chaud se déplace de l'eau vers la terre où il se refroidit et tombe. Dans ce cycle, les vents qui viennent de la terre sont appelés brises de terre.



Un processus semblable se déroule entre les collines et les vallées, les vallées étant normalement plus fraîches que les collines durant le jour. Les villes et les accidents topographiques tels que les forêts influent également sur les vents.

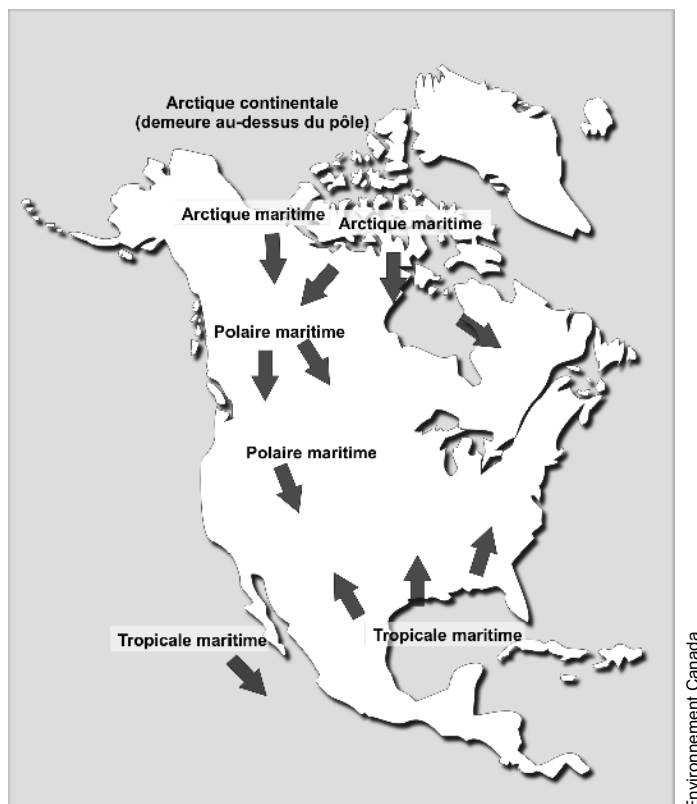
À NOTER

Dans le glossaire des vents canadiens, un barbier ne vous coupe pas les cheveux. Il s'agit plutôt d'un vent fort, assorti de précipitations qui gèlent au contact, surtout des cheveux ou de la barbe.

MASSES D'AIR

L'eau et la terre réchauffent ou refroidissent l'air au-dessus d'eux. Ce phénomène crée de vastes masses d'air ayant à peu près la même température et la même humidité. Ces masses d'air s'étendent sur des centaines de kilomètres et sont souvent classées en fonction de la région d'où elles proviennent.

Par exemple, l'air qui demeure au-dessus de l'Arctique pendant quelques mois durant la nuit de l'hiver polaire devient froid et sec comme la neige et la glace au sol. Les météorologistes parlent alors d'une masse d'air arctique. Par ailleurs, l'air qui demeure au-dessus du golfe du Mexique ou de la mer des Caraïbes durant l'été devient chaud et humide. On qualifie souvent cette masse d'air de tropicale.



Masses d'air au-dessus de l'Amérique du Nord en été.



Environnement Canada

Masses d'air au-dessus de l'Amérique du Nord en hiver.

Il serait facile de prévoir la météo si ces masses d'air demeuraient stationnaires. Mais tel n'est pas le cas. Elles se déplacent, sous l'impulsion et la circulation de l'air dans les parties supérieures de la troposphère. À mesure que les masses d'air se déplacent, leur température et leur humidité évoluent. Par exemple, une masse d'air en provenance de l'Arctique peut se réchauffer en passant au-dessus du sud du Canada. Si la masse d'air passe également au-dessus d'un grand plan d'eau tel le Grand lac des Esclaves ou le lac Supérieur, elle peut aussi s'humidifier. Par contre, une masse d'air peut en outre s'assécher en se déplaçant vers l'intérieur à partir de l'océan Pacifique. Dans ce cas, la masse d'air peut perdre son humidité sous forme de pluie ou de neige, par exemple à mesure qu'elle s'élève et traverse les montagnes du littoral et les montagnes Rocheuses.

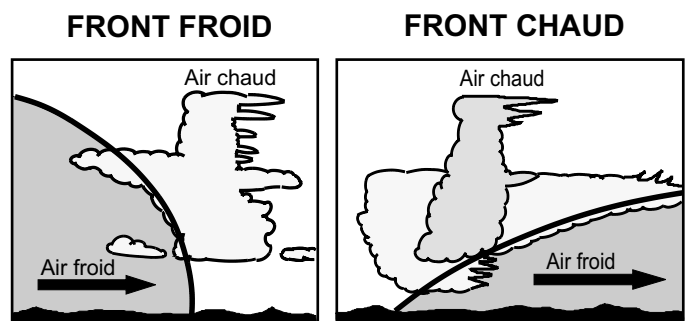
Autre fait à signaler au sujet des masses d'air, que vous avez probablement constaté : leur arrivée ou leur départ ne se fait pas toujours en douceur.

FRONTS

Un front est la limite ou la zone de transition entre une masse d'air qui entre dans une région et celle qui la quitte. Habituellement, les deux masses d'air proviennent d'endroits fort différents, tels que l'Arctique et les Caraïbes. Par conséquent, elles possèdent différentes caractéristiques sur le plan de la température et de l'humidité. Leur interaction peut produire des changements de climat dramatiques, et parfois du temps violent comme des vents forts et des orages.

Les météorologistes nomment les fronts d'après les masses d'air qui entrent dans la région. Si de l'air froid arrive de l'Arctique, déplaçant l'air chaud, on appelle alors front froid le bord avant de la masse d'air Arctique. Si l'air froid se retire, permettant à l'air chaud de s'installer, le bord avant de la masse d'air chaud est appelé un front chaud. Une masse d'air chaud ne chassera jamais une masse d'air froid d'une région parce que l'air froid est plus lourd et plus dense.

Fait intéressant, la pente verticale d'un front froid est en moyenne quatre fois plus abrupte que celle d'un front chaud. En effet, lorsqu'une masse d'air froid s'avance dans une région, cela provoque un frottement (une friction superficielle) entre l'air qui avance et la terre. Ce frottement occasionne un certain repli du bord avant. Les orages se développent souvent plus rapidement le long d'un front froid parce que sa pente plus abrupte soulève rapidement l'air chaud qui le précède, ce qui crée des conditions idéales pour la formation rapide de nuages orageux ou de cumulonimbus.



La pente d'un front froid est plus abrupte que celle d'un front chaud en raison de la friction entre l'air froid et la surface.

Activité

Pour montrer à vos élèves pourquoi un front froid a une pente abrupte, demandez-leur de poser leurs mains à plat sur leur pupitre et ensuite de les glisser vers l'avant jusqu'au bord du pupitre, d'arrêter et ensuite de retirer leurs mains jusqu'à la position originale. Qu'est-il arrivé aux doigts des élèves lorsqu'ils ont glissé leurs mains vers l'avant? Ont-ils observé une différence lorsqu'ils ont retiré leurs mains vers l'arrière? Les doigts des élèves se sont probablement repliés lorsqu'ils ont poussé vers l'avant, tout comme les masses d'air qui avancent, et se sont ensuite aplanis lors du mouvement de retrait, tout comme le fait l'air qui se retire.

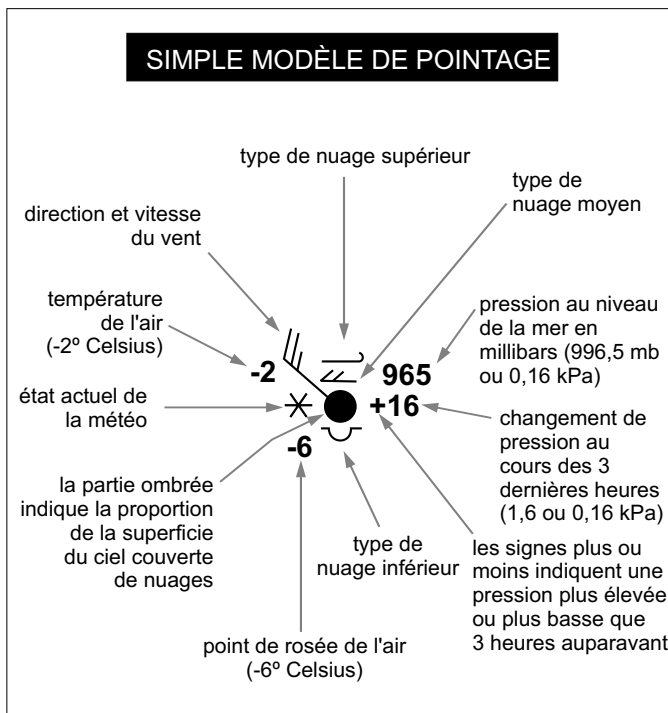
CARTES MÉTÉOROLOGIQUES

La carte météorologique est l'un des outils que les prévisionnistes utilisent pour repérer et situer les masses d'air, les systèmes de pression et les fronts. Ces cartes sont normalement préparées à intervalles de trois ou six heures.

Les observations météorologiques en provenance de centaines de lieux en Amérique du Nord sont inscrites sur une carte météorologique telle que celle qui figure à la page suivante. Puisqu'il n'y a pas suffisamment de place pour inscrire toute l'information observée sans nuire à la lisibilité de la carte, on a élaboré un code pour condenser l'information en moins d'espace. Ce code s'appelle le « modèle de pointage ». Le modèle de pointage utilise un format graphique pour permettre aux renseignements suivants d'être inscrits dans un espace de la taille d'un 10 cents :

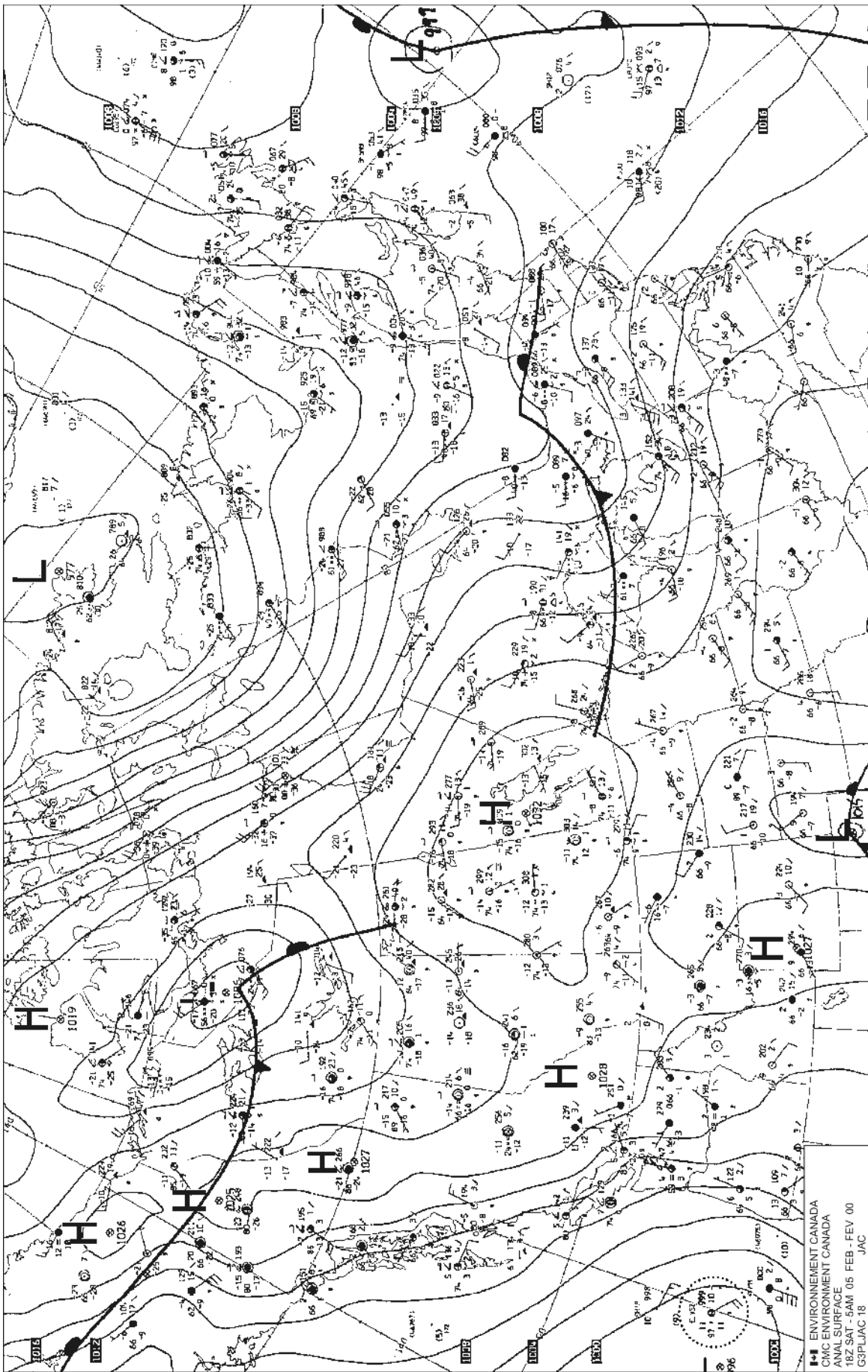
- température et point de rosée;
- vitesse et direction du vent;
- superficie du ciel couverte;
- visibilité et temps présent;
- types de nuages présents;
- pression atmosphérique;
- variation de la pression au cours des trois dernières heures, à la hausse ou à la baisse.

Voici comment fonctionne un simple modèle de pointage



La plupart des cartes météorologiques sont analysées au moins en partie par ordinateur, mais les prévisionnistes font parfois l'analyse à la main. Ils commencent par dessiner les isobares, qui sont des lignes courbes joignant des lieux ayant la même pression atmosphérique. Les isobares ressemblent beaucoup aux courbes de niveau qui indiquent les élévations sur une carte topographique. Au Canada, les isobares sont dessinées à des intervalles de 4 millibars (0,4 kPa). Normalement, le prévisionniste cherche des valeurs qui approchent les 1000 millibars (mb) et dessine en premier lieu cette isobare. Par exemple, si la pression à une station est de 1001,3 millibars et de 998,7 millibars à la station voisine, c'est dire qu'à un point entre les deux, la pression doit être de 1000. Une fois dessinée l'isobare de 1000 mb, le prévisionniste remonte à 1004, 1008, etc., et descend à 996, 992 et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait inscrit des isobares pour englober toutes les pressions sur la carte.

Une fois les isobares dessinées, des centres de pression apparaissent. Le prévisionniste les marquera comme étant des régions de haute pression (H) ou basse pression (L), selon que la pression est plus élevée ou plus faible que les valeurs qui l'entourent.



Le prévisionniste inscrit également les fronts sur la carte météo. Parfois, la transition d'une masse d'air à une autre est tellement graduelle et couvre une telle distance qu'on ne peut identifier clairement un front. Toutefois, lorsque deux masses d'air se rencontrent, et que la température et l'humidité changent considérablement sur une courte distance, le prévisionniste dessinera soit un front froid ou un front chaud, selon le type de masse d'air qui approche. Le prévisionniste peut aussi choisir d'ombrer certaines régions de nuages et de précipitations.

La carte est ensuite comparée à la carte précédente pour déterminer le mouvement des systèmes météo ainsi que leur intensification et leur affaiblissement. L'information tirée de cette analyse cartographique est conjuguée aux renseignements d'autres sources, telles que le radar et l'imagerie par satellite, pour donner au prévisionniste une image globale de ce qui se passe dans l'atmosphère.

Activité

À l'aide de la carte météorologique fournie, demandez à vos élèves d'étudier les vents de surface près des systèmes de haute et de basse pression. Demandez-leur de décrire la différence dans la configuration de la circulation des vents autour des centres de haute pression, et autour des centres de basse pression. Leurs constatations devraient renforcer ce qu'ils ont appris plus tôt dans ce chapitre.