

Météo 101

Gilles Paquet, Météorologue,
retraité Environnement Canada

9 mars 2009

1) Mon itinéraire en météo

De Montréal à Québec
en passant par...



- ⊗ Capitale fédérale
- ★ Capitale provinciale ou territoriale
- Frontière internationale
- - - Limite provinciale, territoriale ou d'État
- ⋯ Limite Québec-Labrador
- ⋯ Limite du Nunavut (*Ce territoire sera reconnu officiellement d'ici 1999.)

0 200 400 600 800 1000 km

Projection conique
Échelle au centre de la carte





Deuxième station: Hall Beach - septembre 1971 - mai 1972

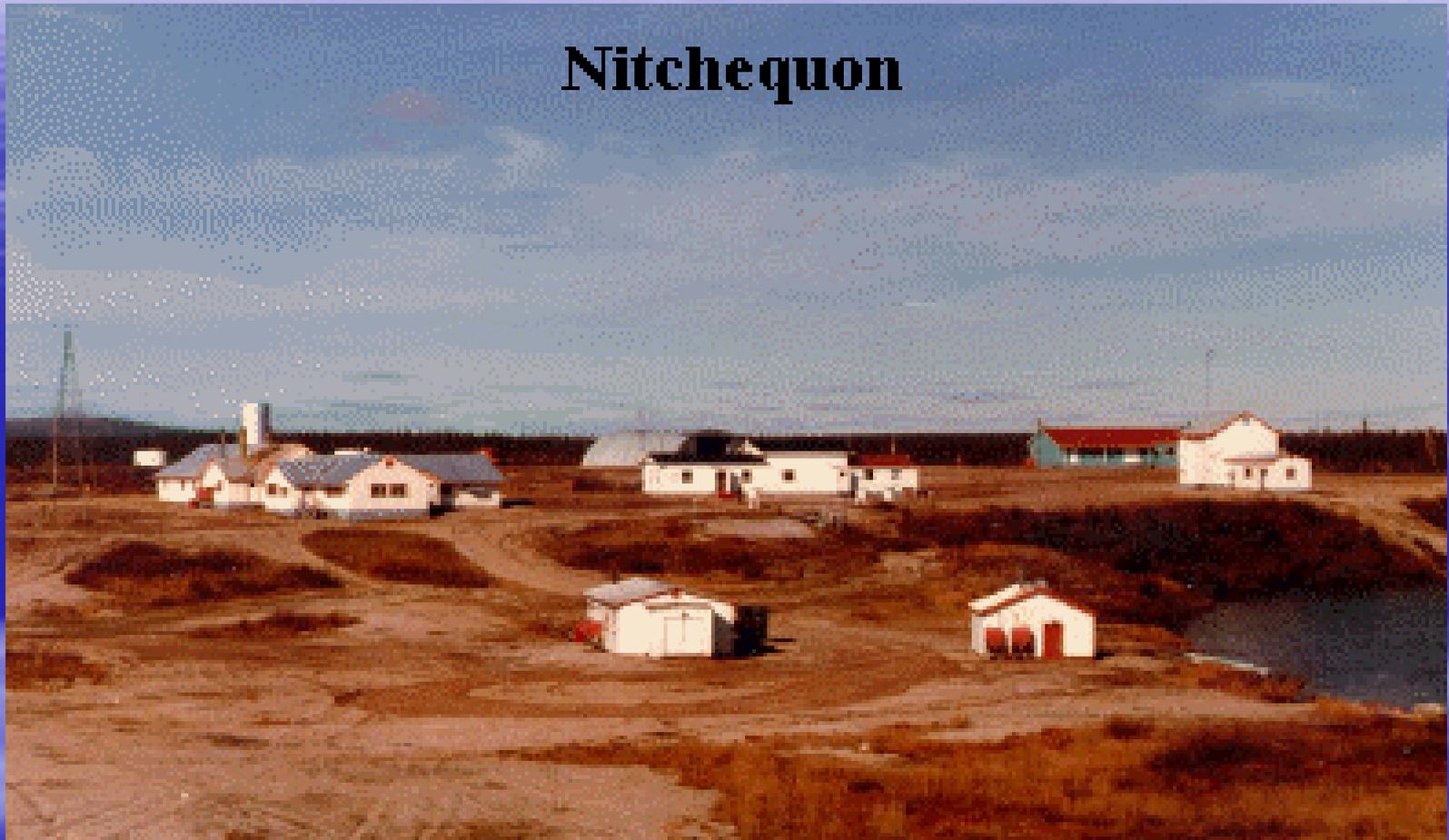




Troisième station: Inukjuak - mai 1972 - mai 1973



Nitchequon





Cinquième station: Sept-Îles - janvier 1974 - mai 1976







Aller-retour à Frobisher Bay (aujourd'hui Iqaluit) - juin 1980



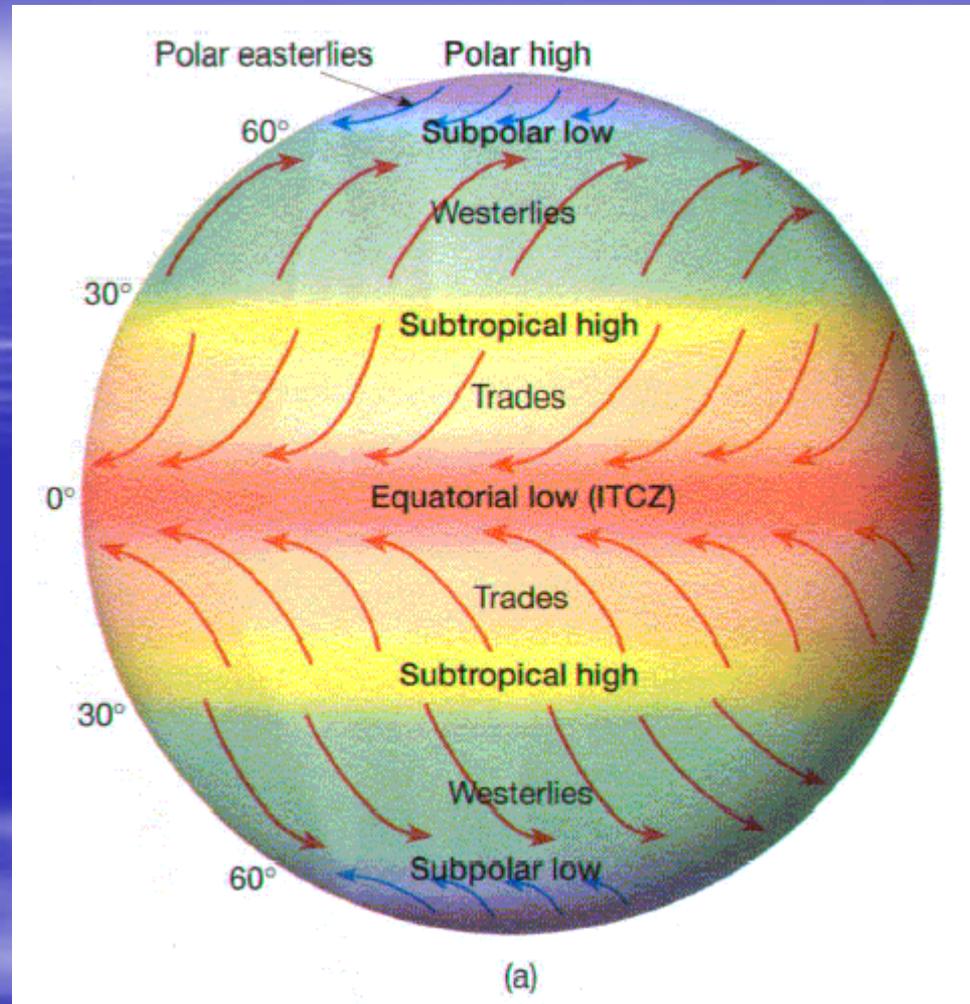


Dernière station: Québec - mai 1982 - septembre 2005

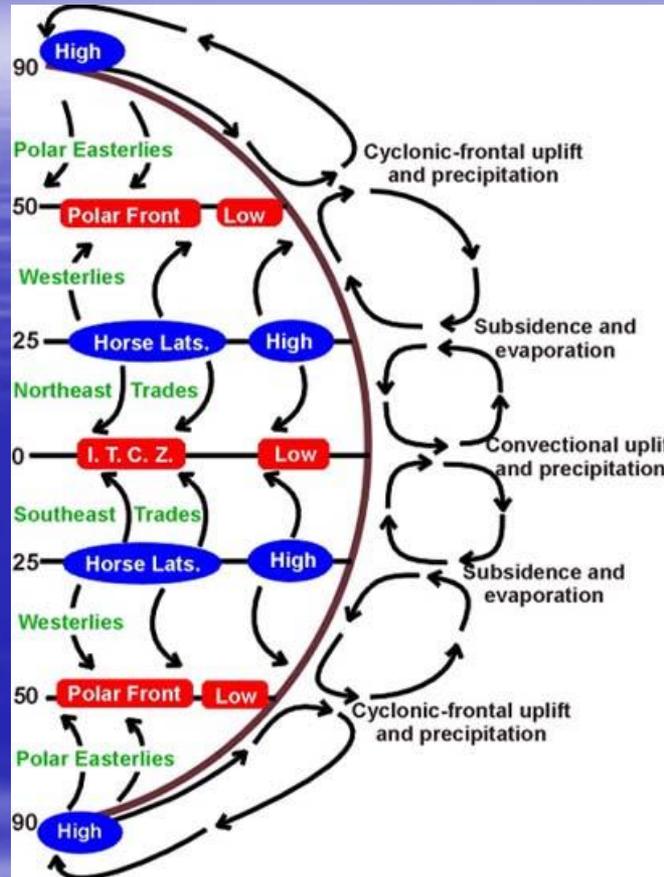


2) La circulation générale

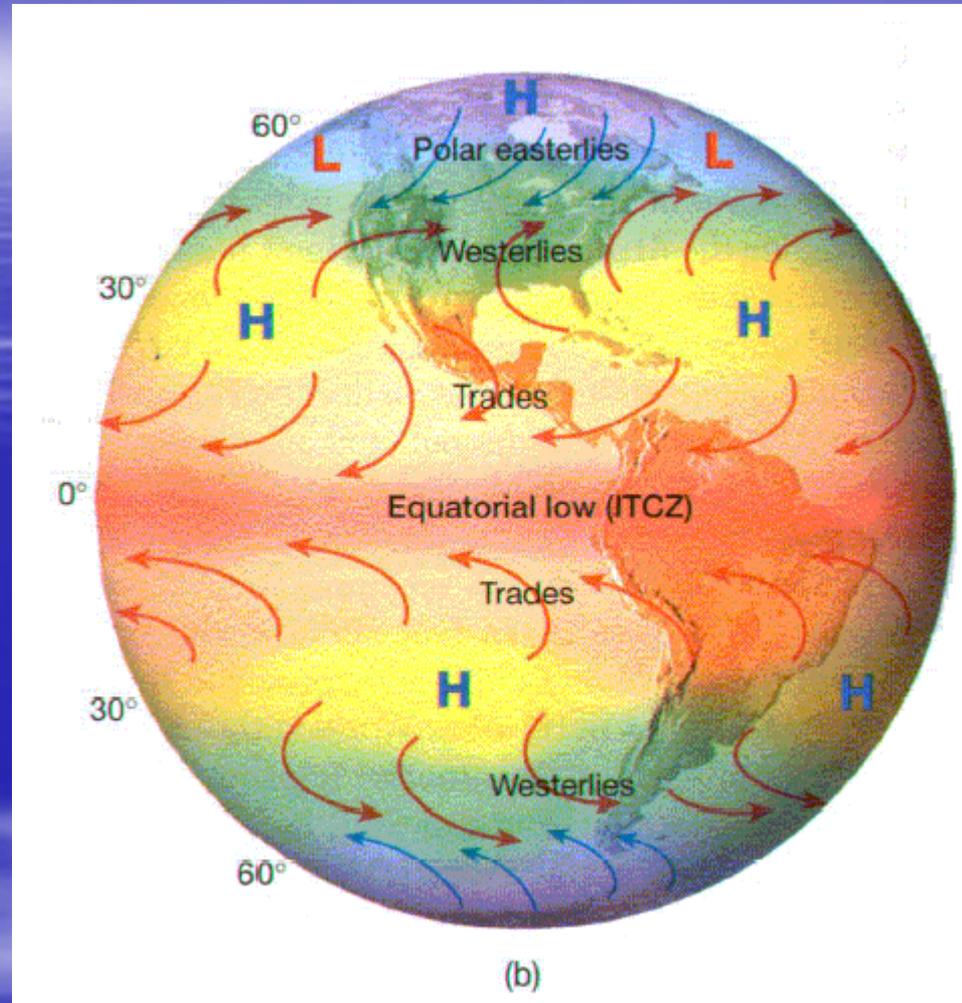
L'homme n'a rien inventé avec les
énergies « nouvelles »



La circulation générale sans la présence des terres et des mers



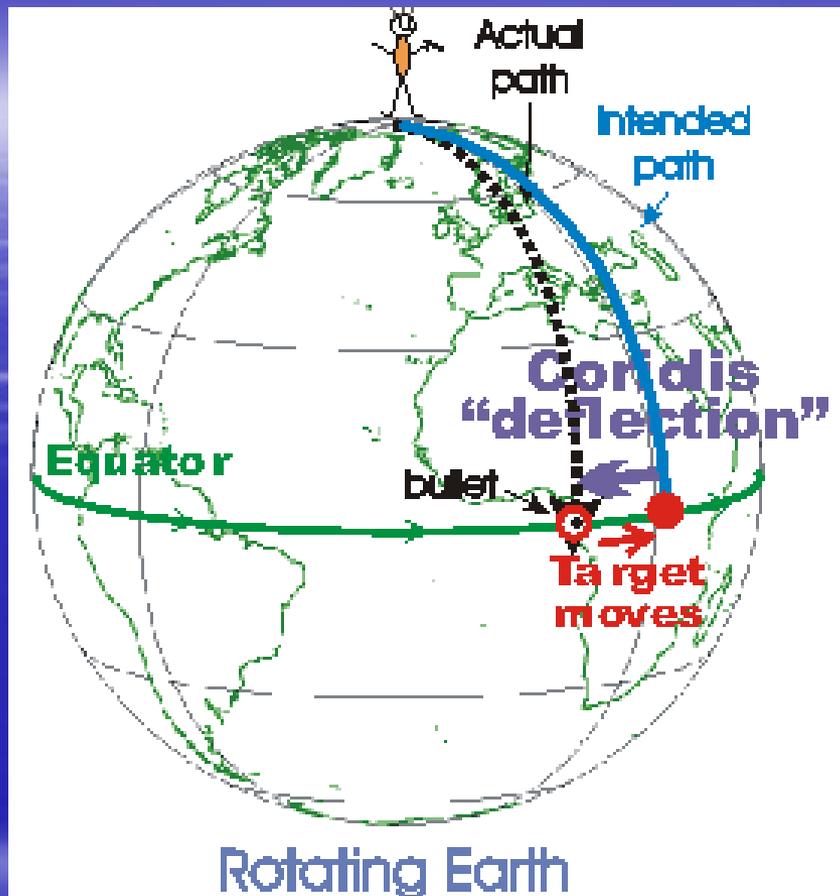
La circulation générale
les différentes cellules



La circulation générale avec la présence des terres et des mers



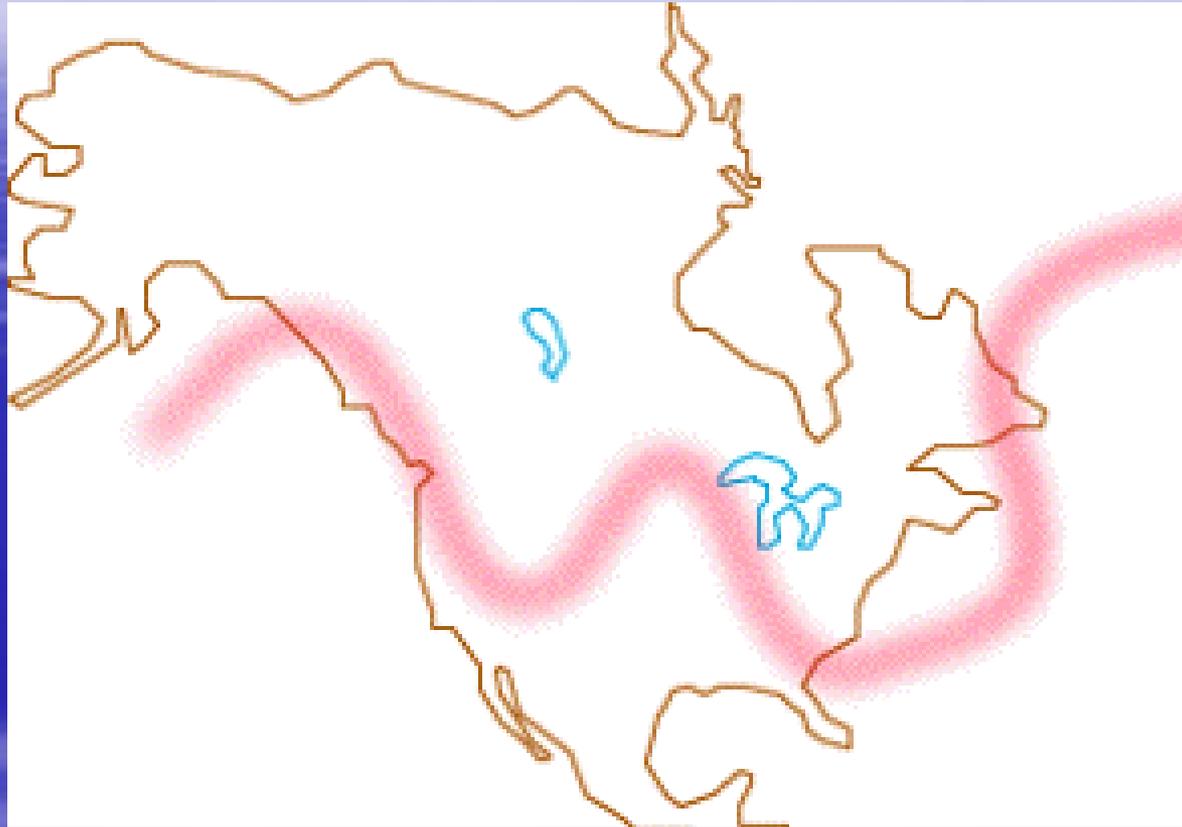
L'effet de la rotation de la terre sur la circulation générale:
la force de Coriolis



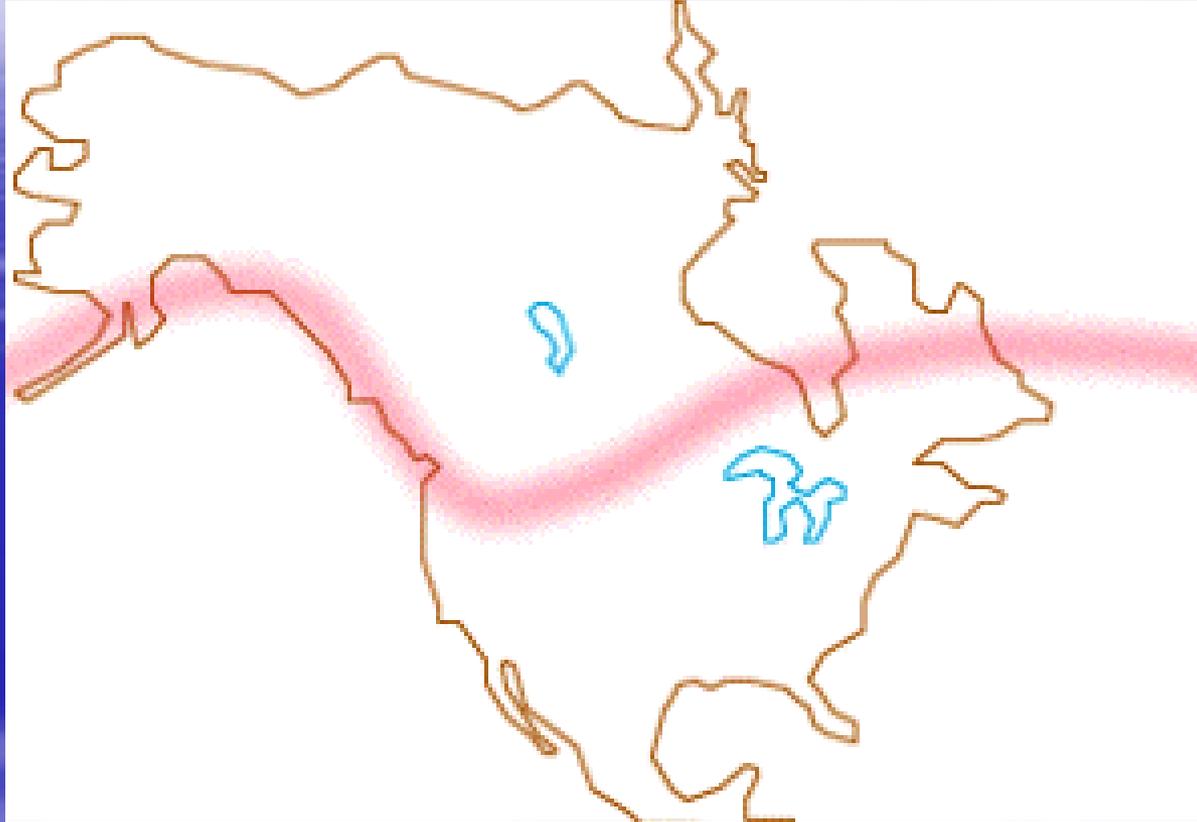
L'effet de la rotation de la terre sur la circulation générale:
la force de Coriolis

3) Le courant-jet

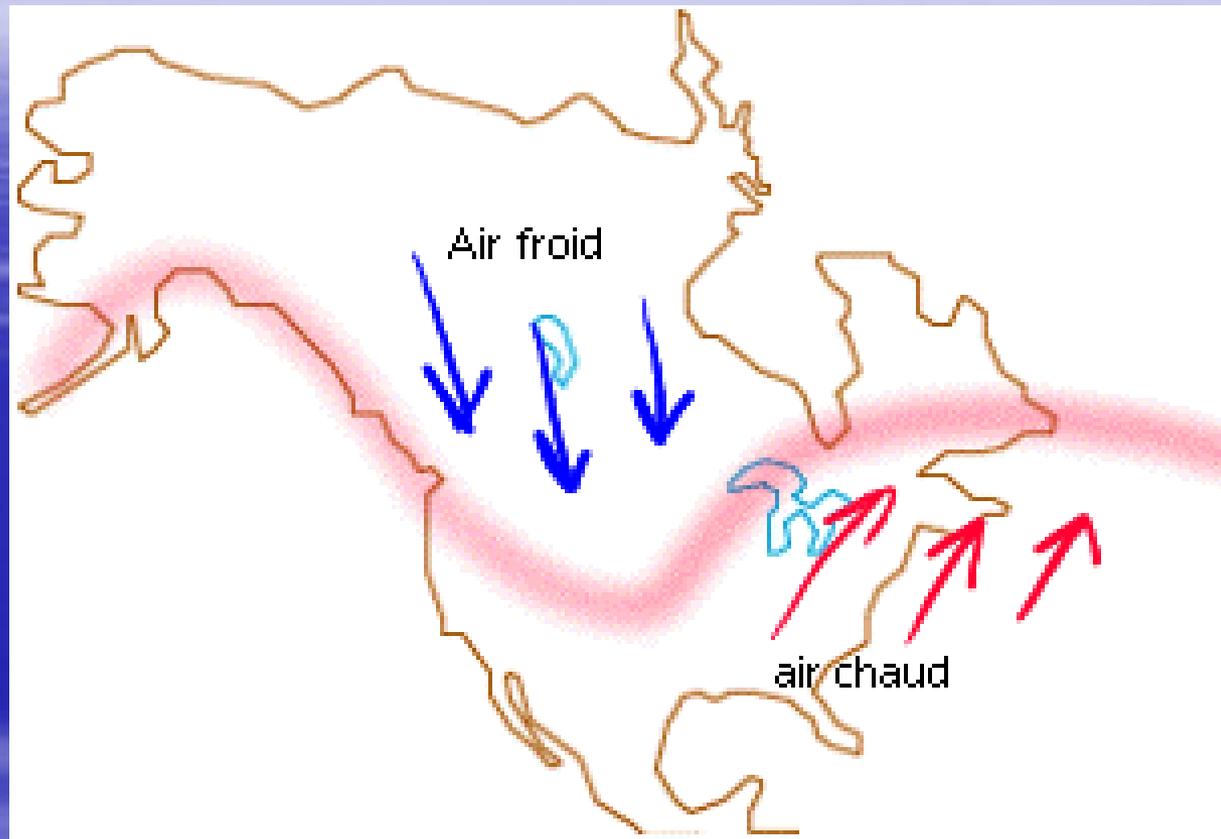
(ou jet-stream)



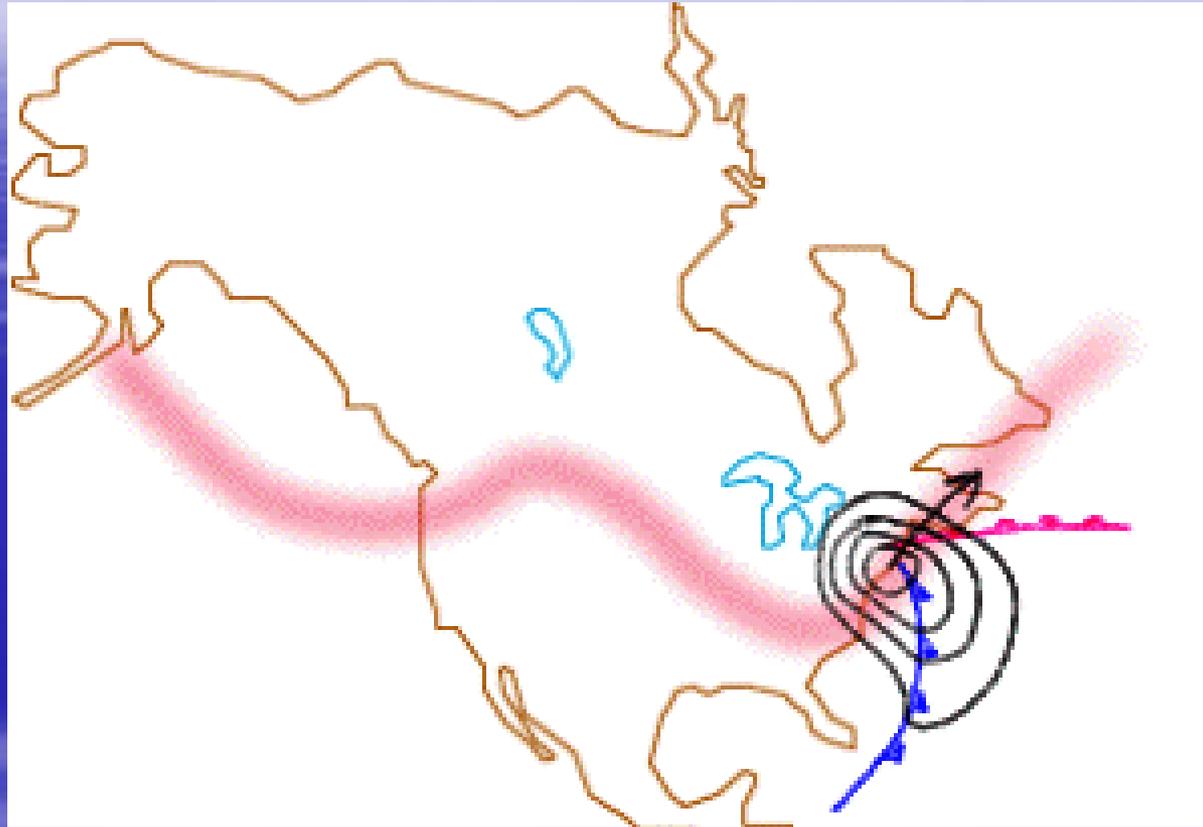
Courant-jet typique
Essentiellement d'ouest en est



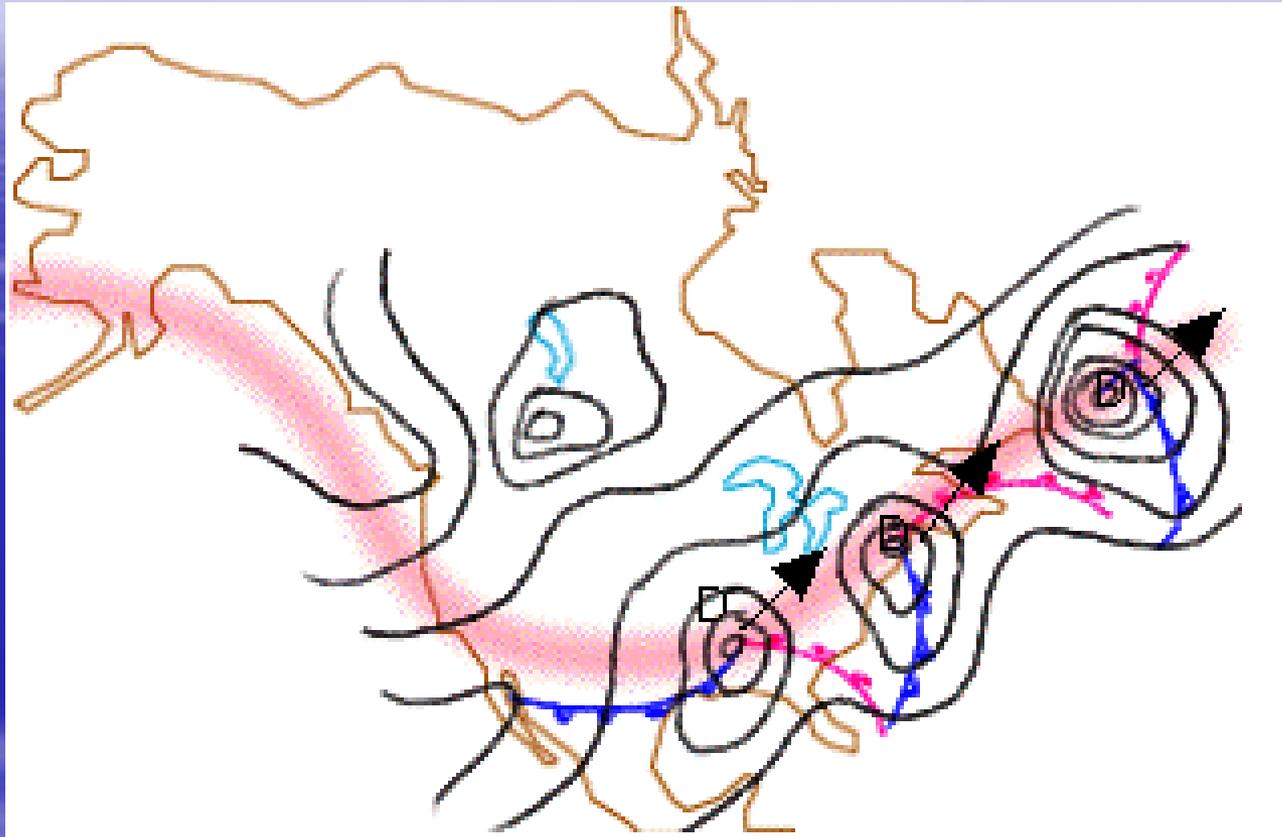
Courant-jet typique



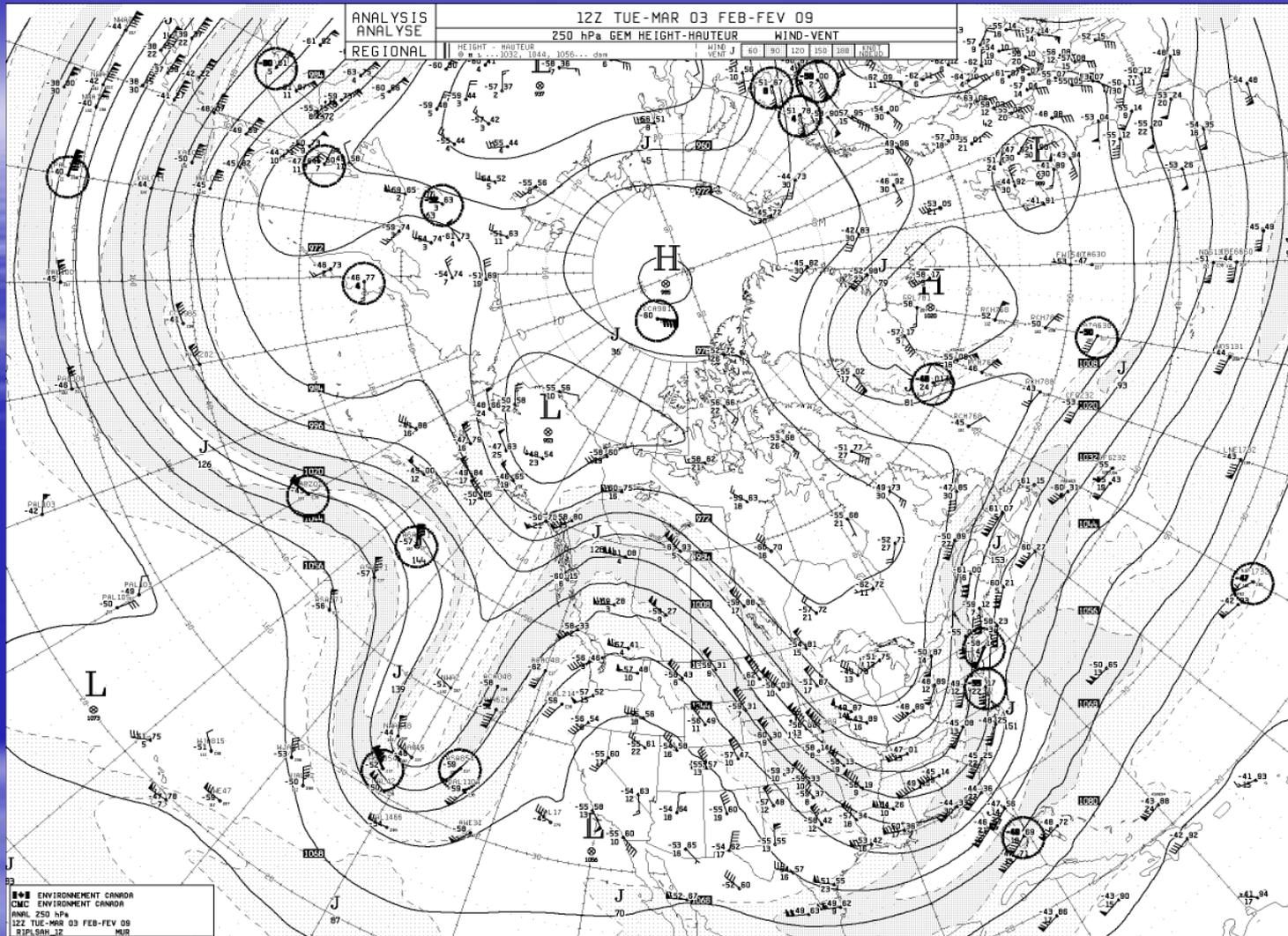
Courant-jet
Les masses d'air en présence



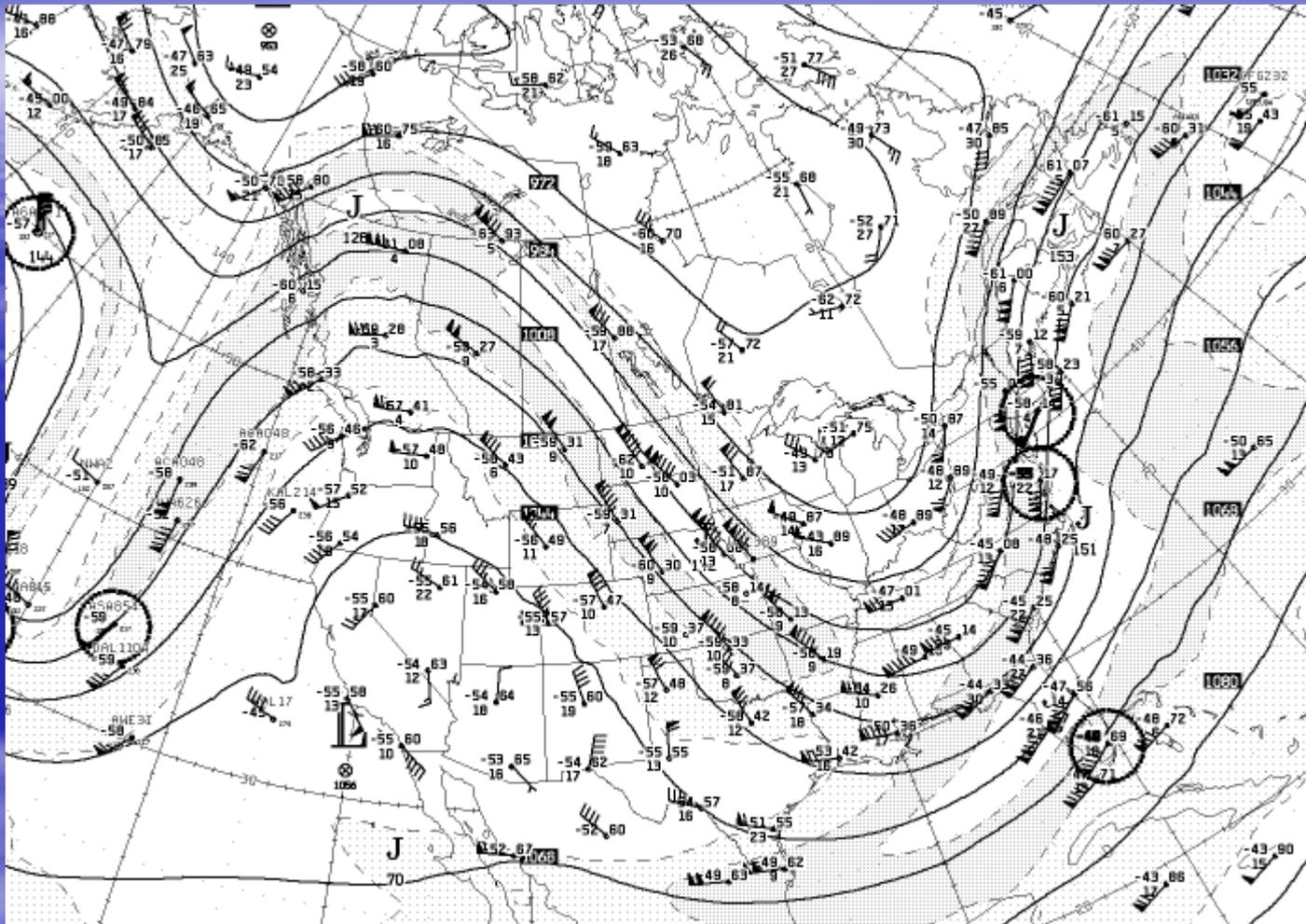
Courant-jet
Trajectoire d'une perturbation par
rapport au courant-jet



Courant-jet
Un train de perturbations



Courant-jet
 Analyse du 3 février 2009 à 12:00 GMT (7h00)

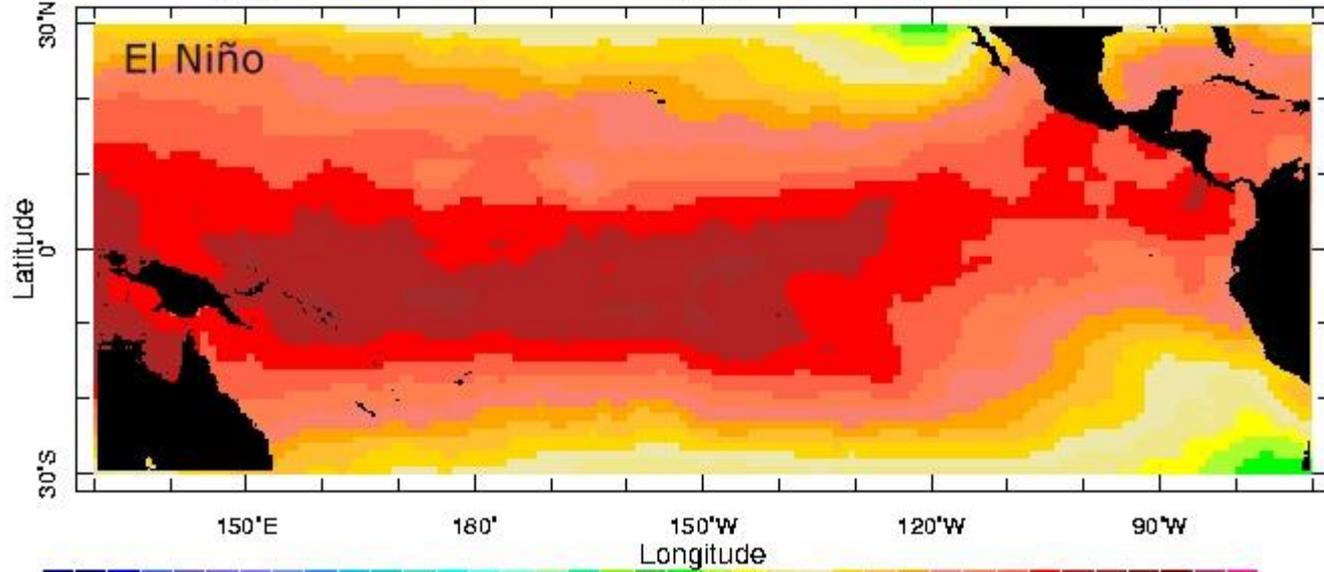
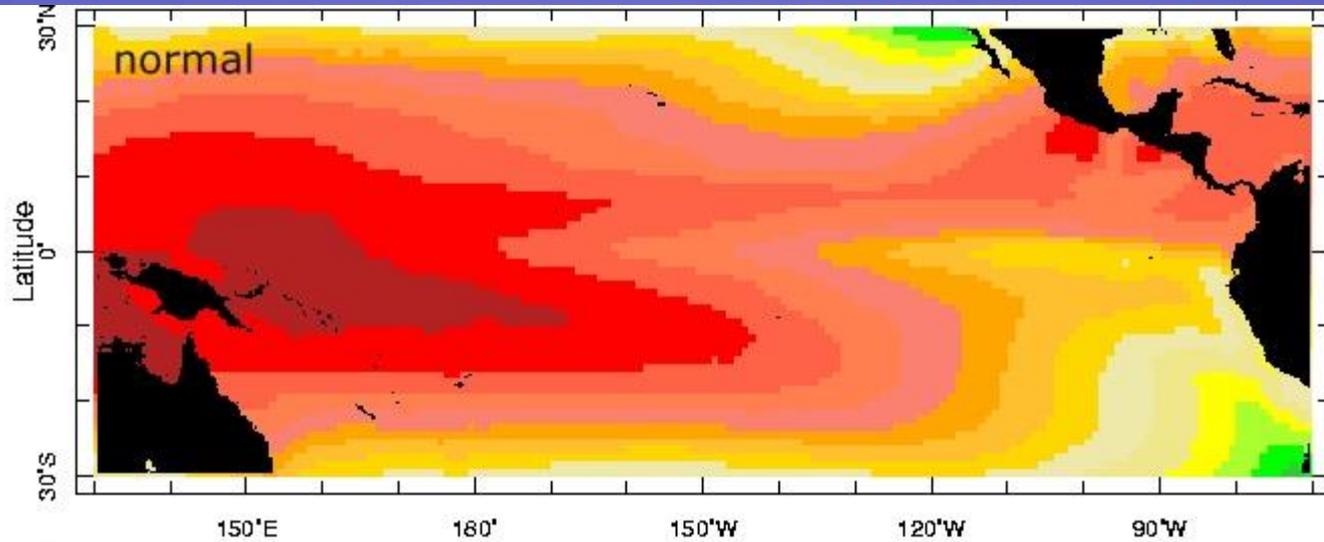


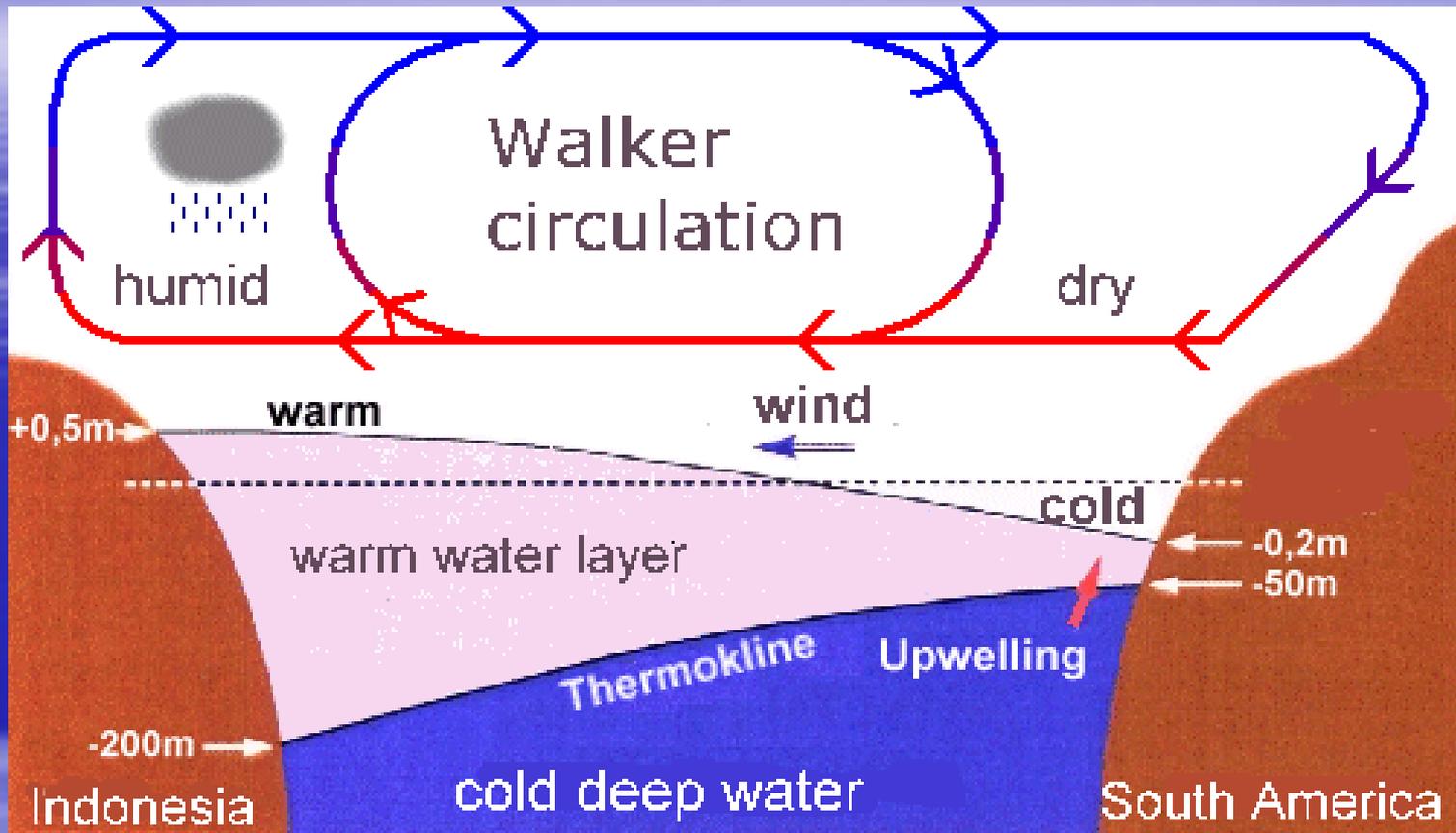
Courant-jet

Analyse du 3 février 2009 à 12:00 GMT (7h00) (détails)

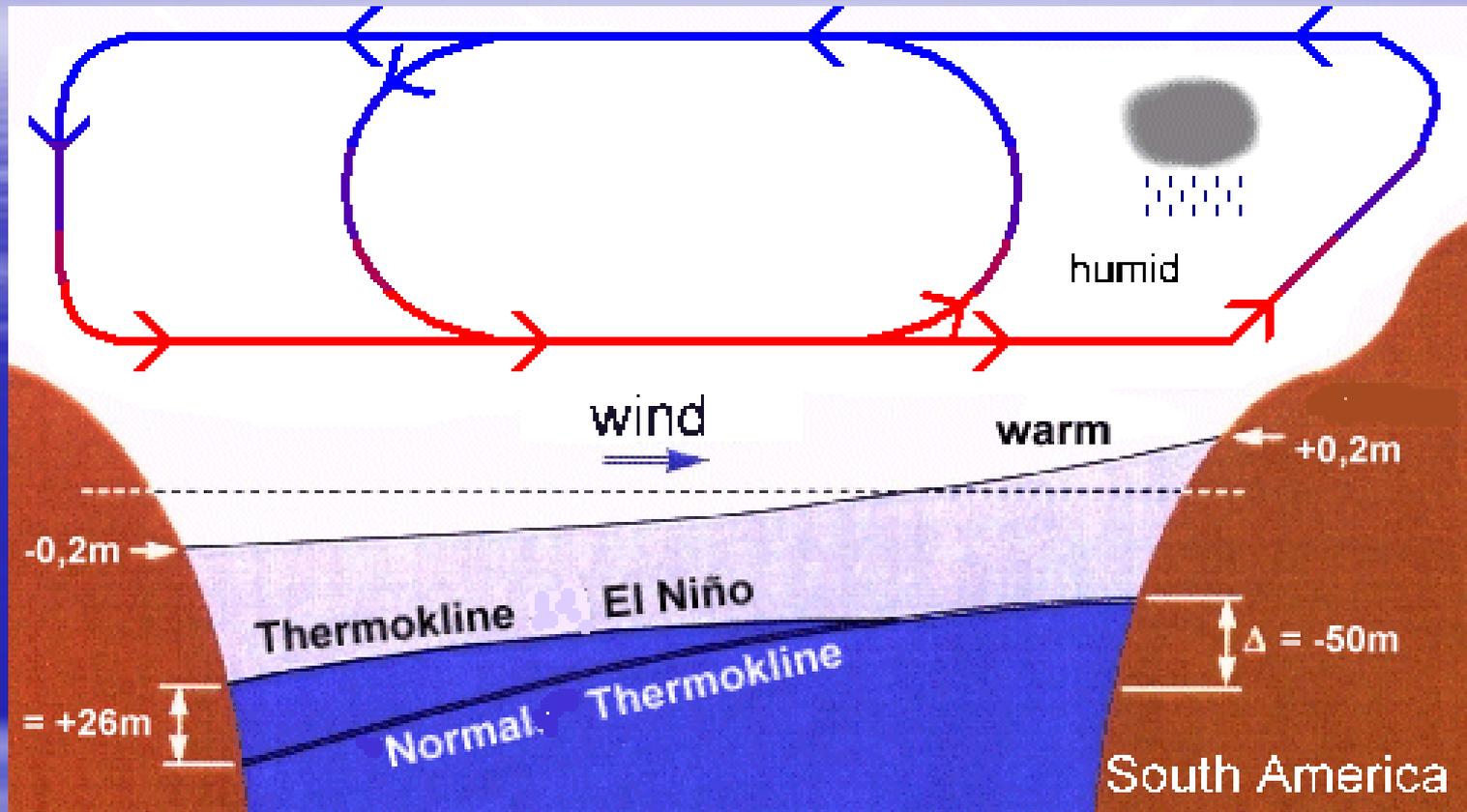
4) El Niño - La Niña

Ou quand la nature change d'idée



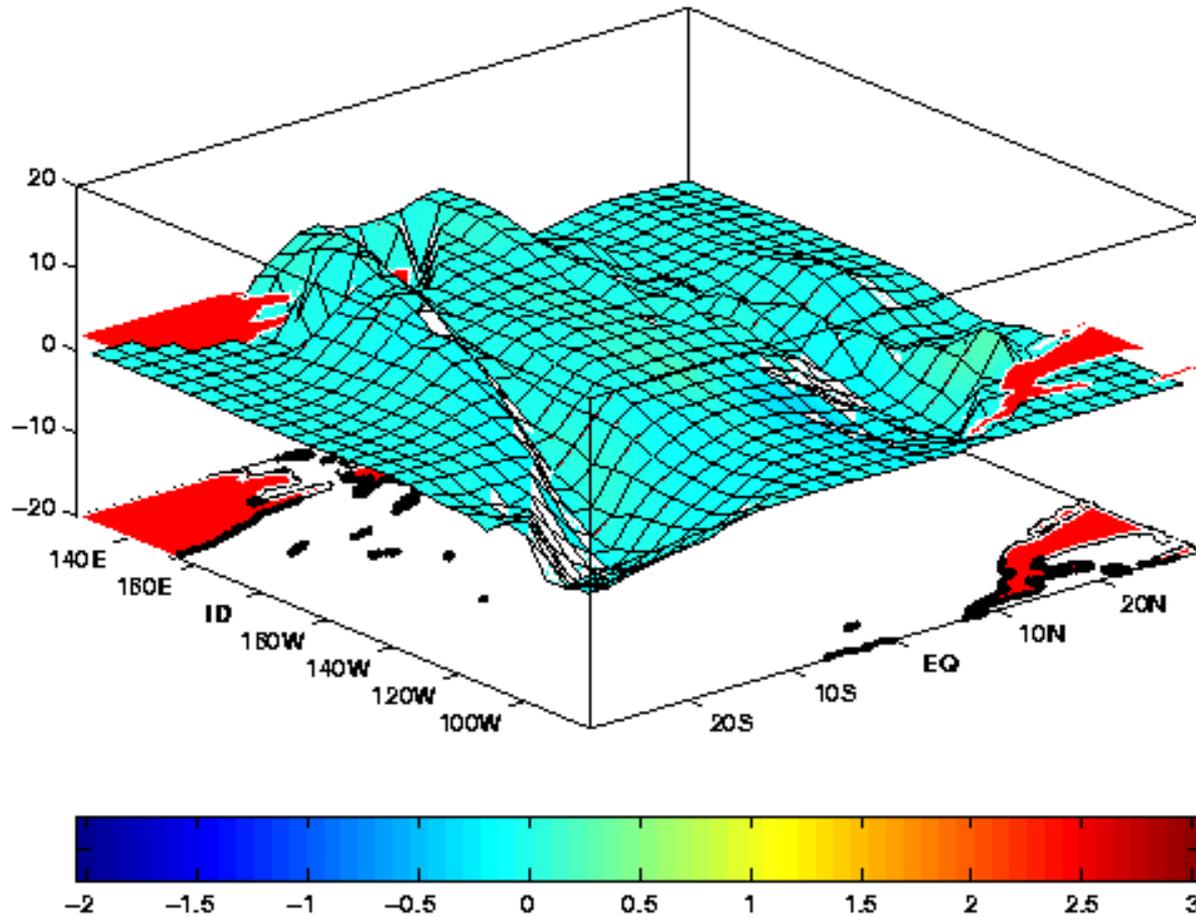


Circulation « normale »
 les alizées soufflent d'est en ouest



Circulation « El Niño »
 les alizées soufflent d'ouest en est

SEA LEVEL ANOMALY (surface, cm) and OCEAN TEMPERATURE ANOMALY (color, C)



Changements dans la température
et le niveau du Pacifique en épisode
« El Niño »

5) Le verglas de 1998

Entre le 6 et le 10 janvier

CARACTÉRISTIQUE DE LA TEMPÊTE

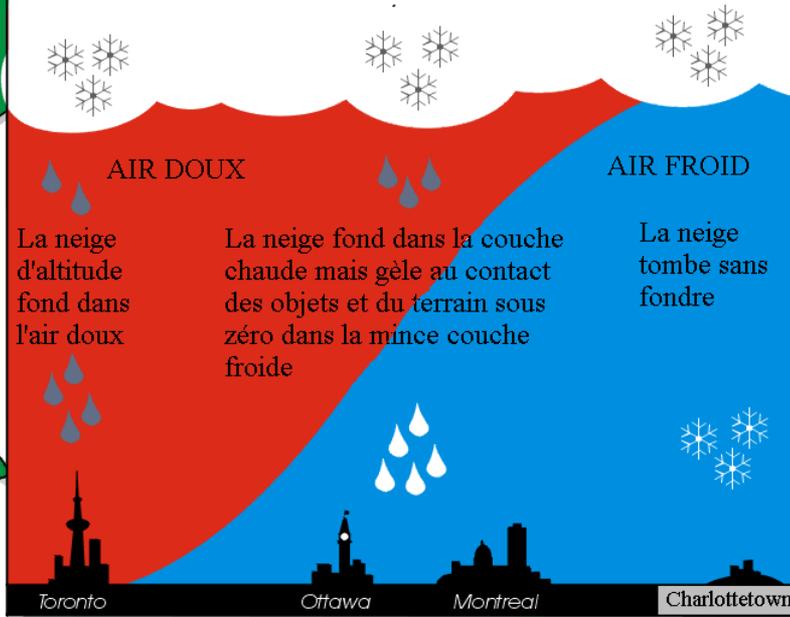
1. AIR DOUX ET HUMIDE VENANT DU GOLFE DU MEXIQUE

2. L'AIR FROID DE SURFACE FORCE L'AIR CHAUD EN ALTITUDE

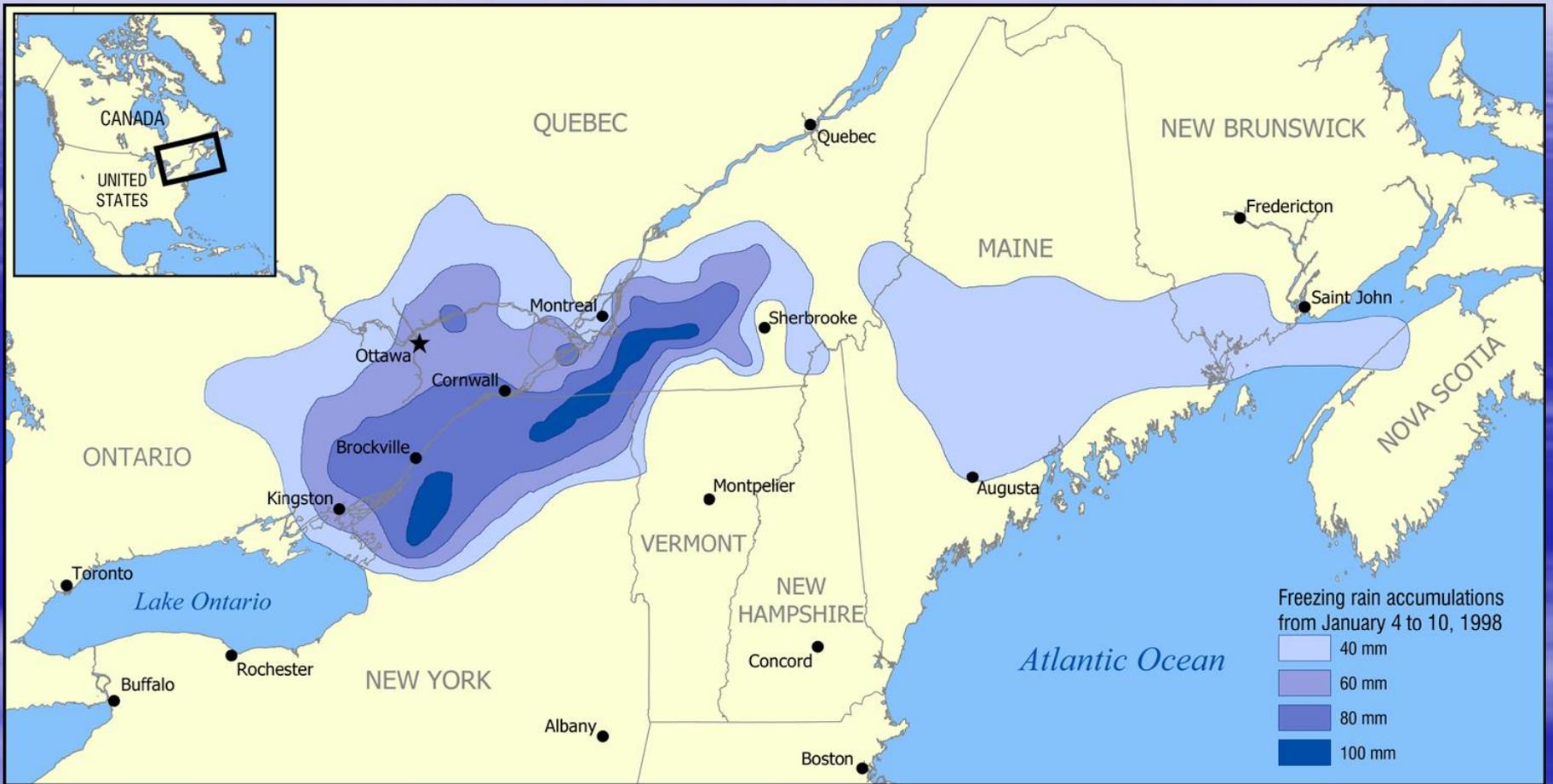
3. ANTICYCLONE GARDANT UNE CIRCULATION D'EST EN SURFACE



La précipitation varie selon l'épaisseur de la couche froide



Diagrams are schematic and not to scale.
Sources: Weather By Day, Environment Canada



6) Les orages

Les cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



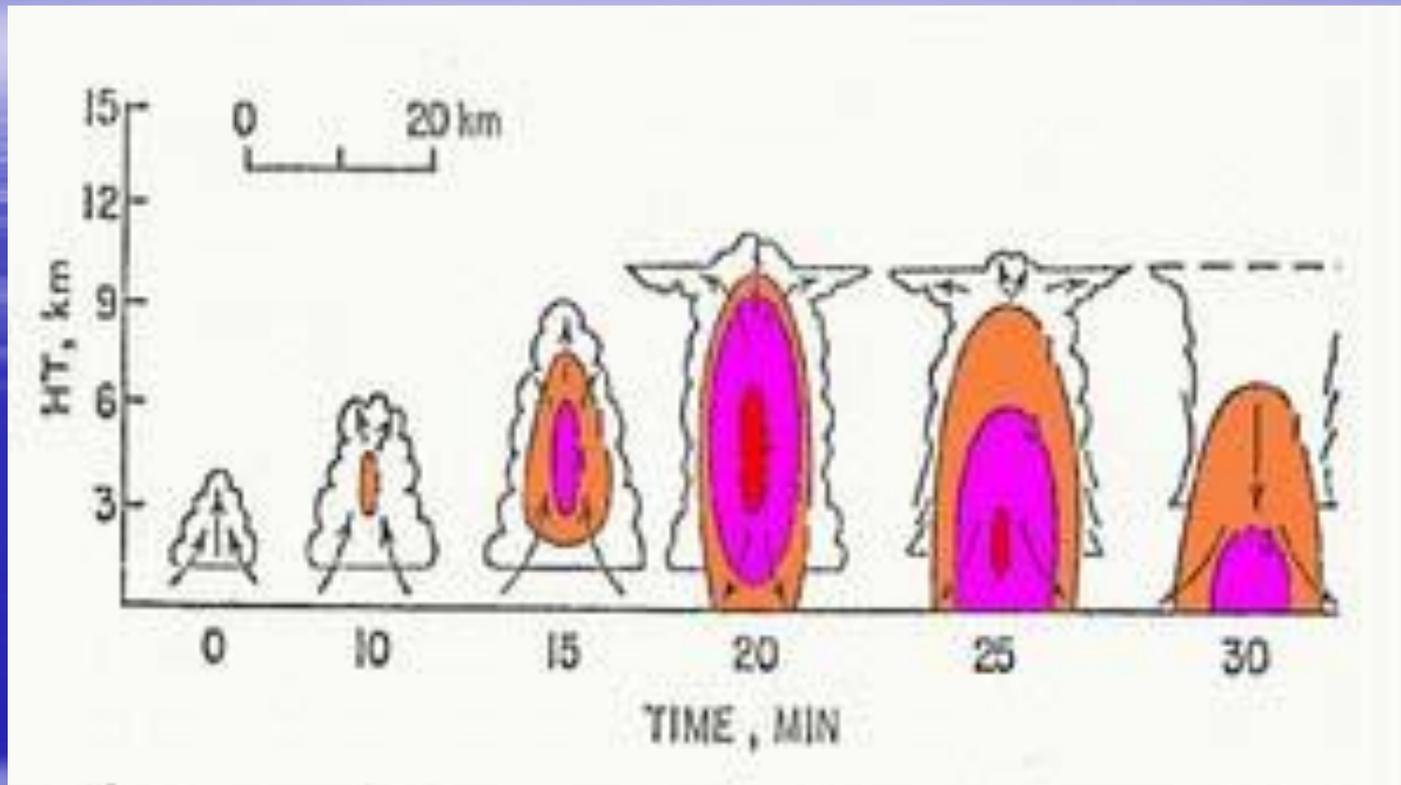
Les étapes de la vie du cumulonimbus



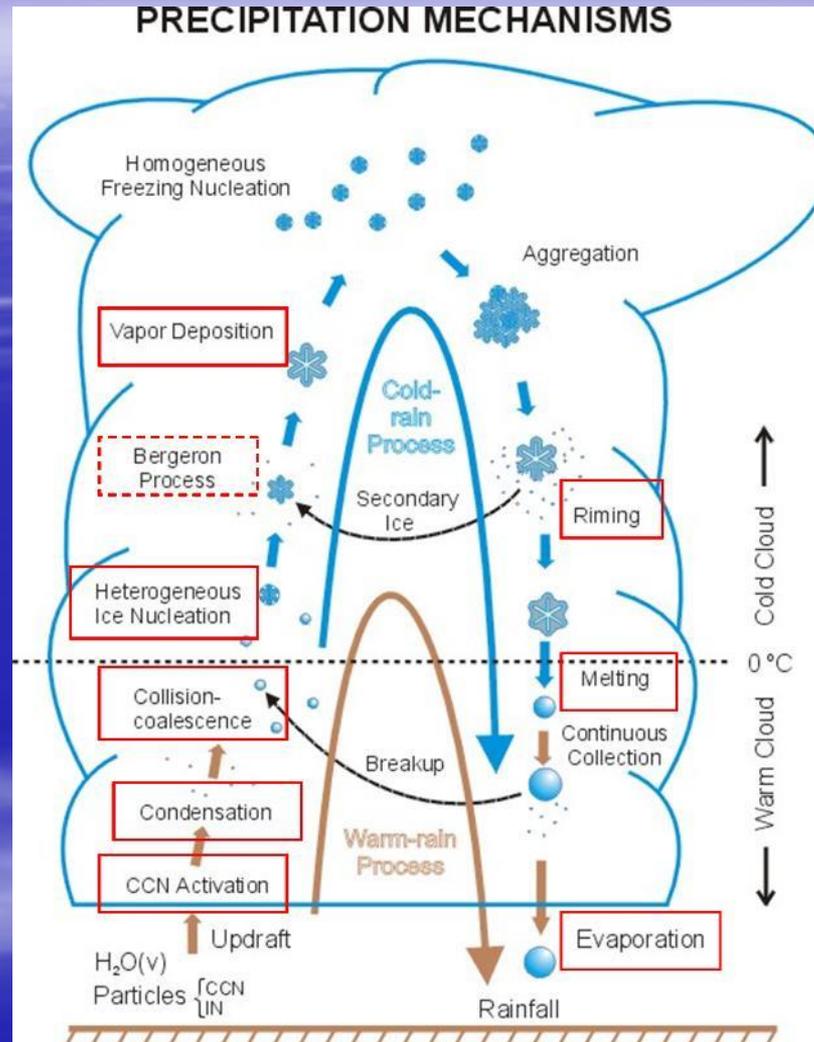
Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



Les étapes de la vie du cumulonimbus



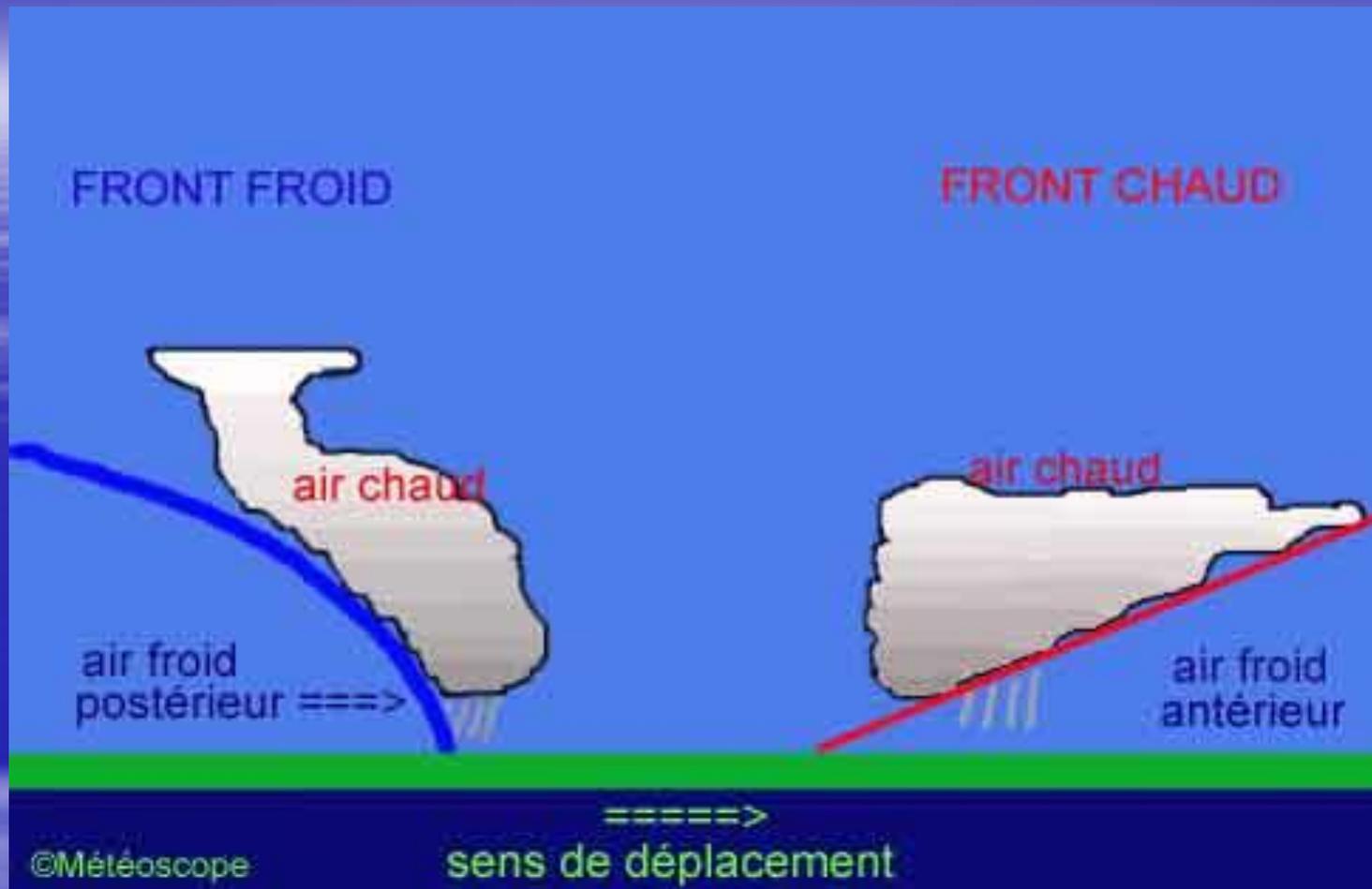
Les précipitations issues d'un cumulonimbus



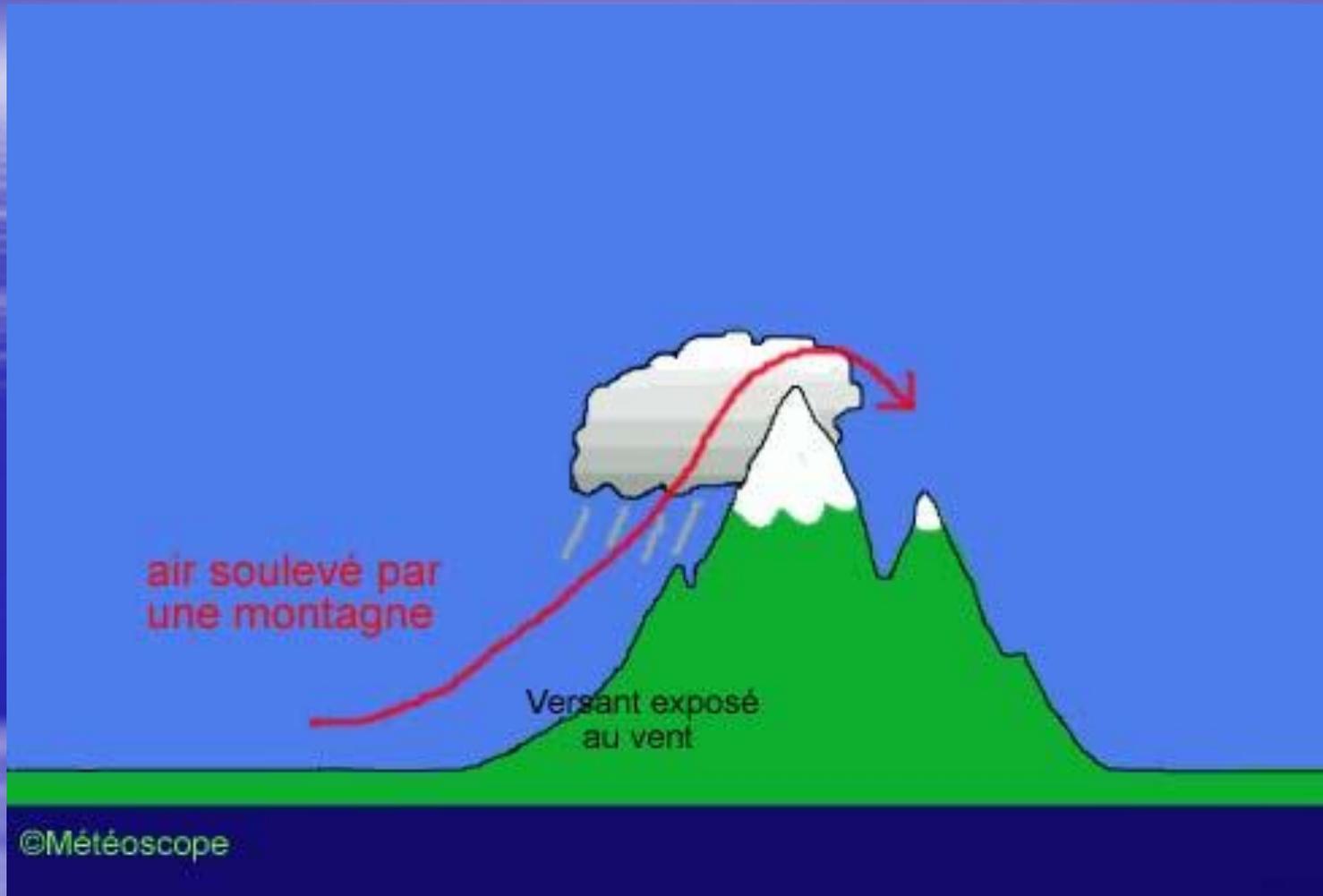
Des « mammatus » sous un cumulonimbus

7) La formation d'un cumulonimbus

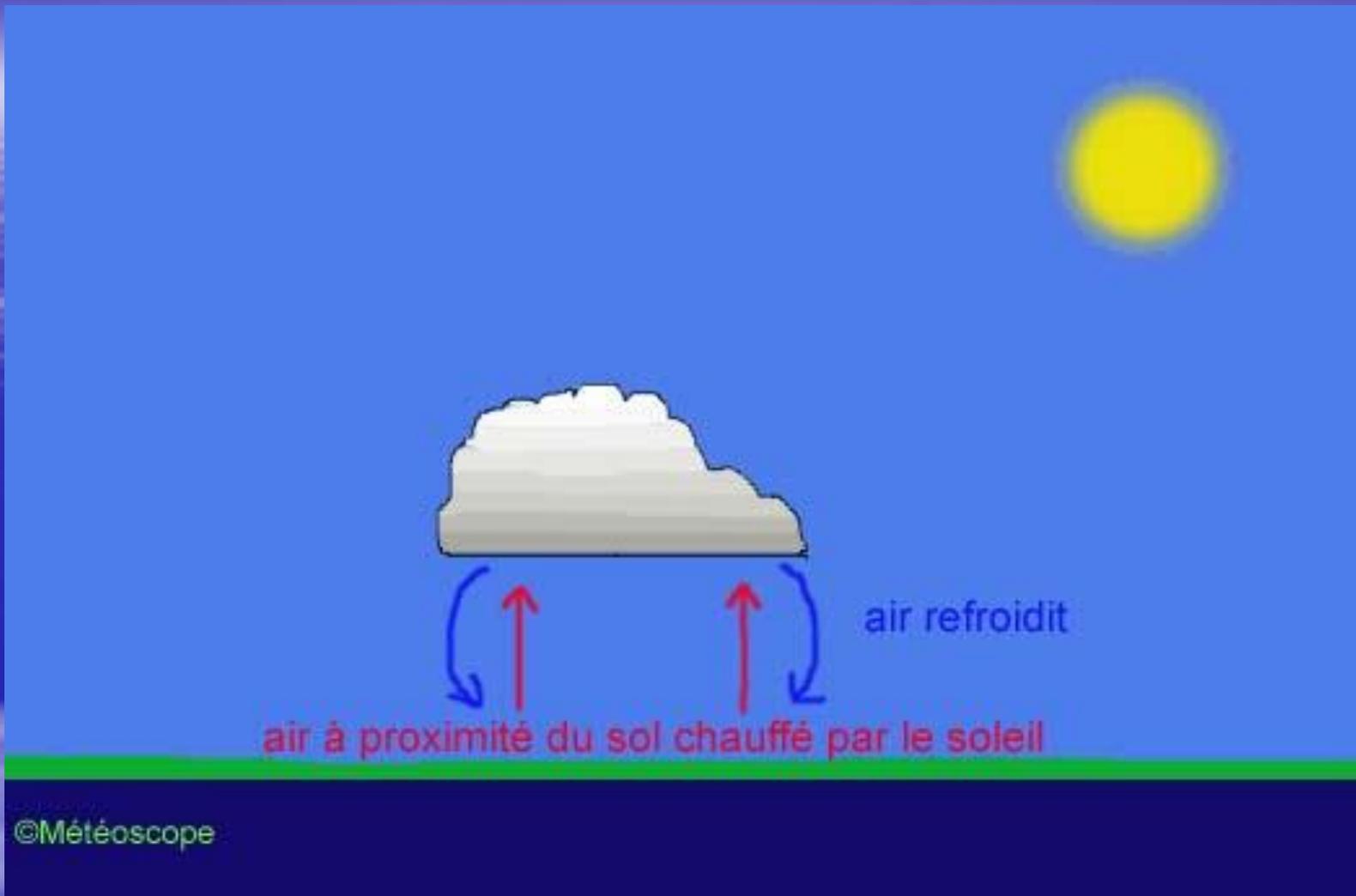
Le nuage qui apporte l'averse, l'orage, la grêle et parfois la tornade...



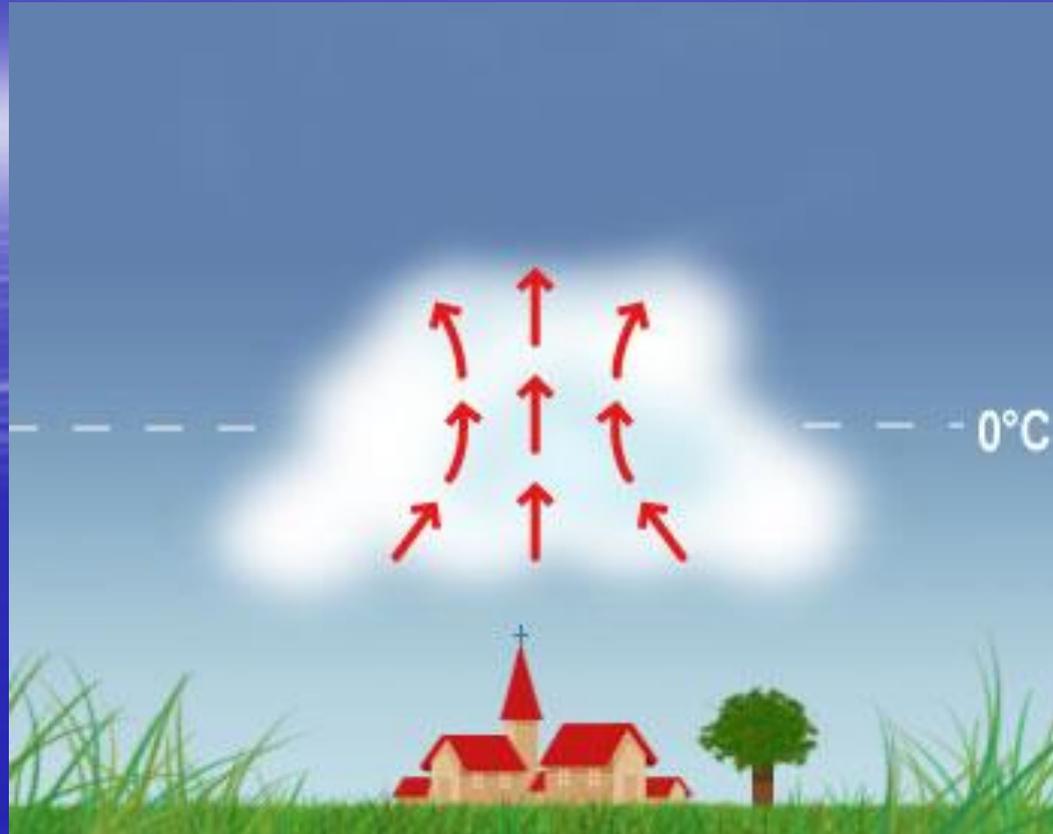
Le soulèvement frontal.



Le soulèvement orographique.

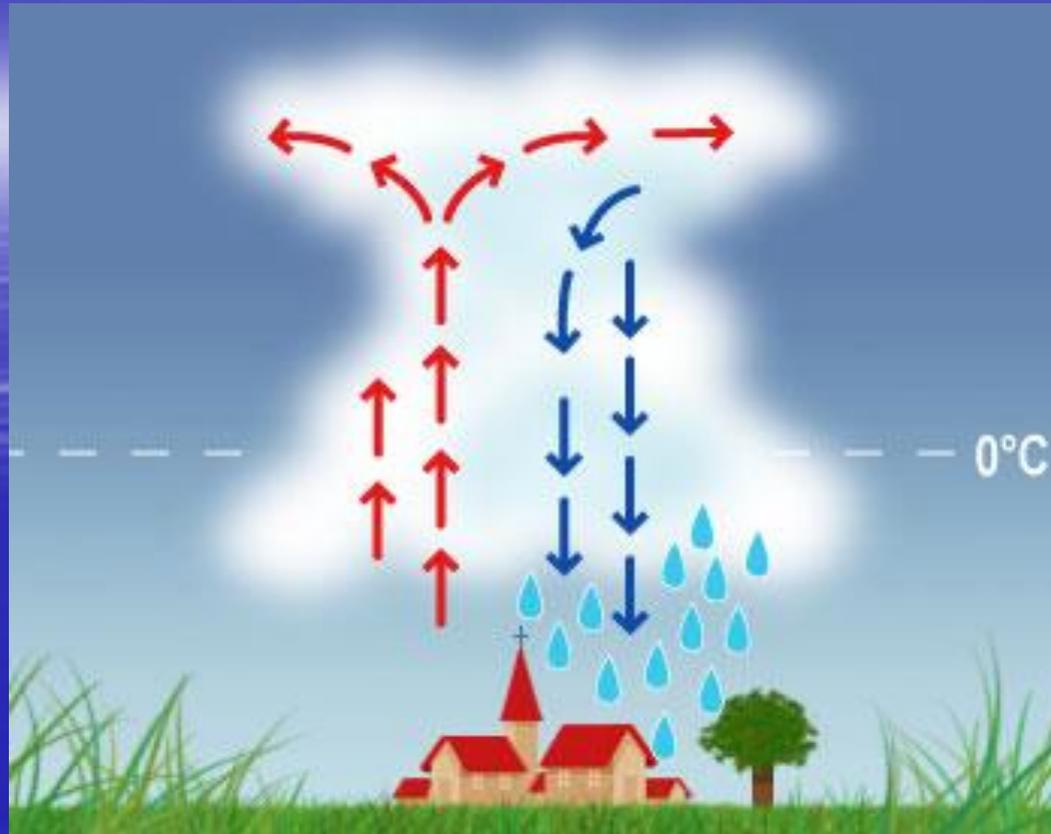


Le soulèvement par convection.



C'est l'été, en fin de journée. Le ciel commence à s'assombrir, les nuages s'épaississent. Le sol a chauffé toute la journée, et une masse d'air humide arrive. Une bulle d'air chaud se forme, et s'élève dans le ciel.

Les courants ascendants atteignent rapidement 30 mètres /seconde.
Au fur et à mesure qu'il monte, l'air chaud se condense et se transforme en gouttelettes d'eau.



En s'élevant, l'air se refroidit. Au-dessous de 0°C, les gouttes d'eau gèlent et se transforment en grêlons. Le mouvement d'ascension se heurte à la stratosphère, à 15 000 m d'altitude. Le nuage "s'écrase" alors à son sommet, ce qui lui donne sa forme d'enclume.

Les nuages orageux contiennent plusieurs centaines de milliers de tonnes d'eau, qui peuvent donner lieu à des précipitations massives et violentes.



Entre 2 et 6 km d'altitude, le nuage est constitué de particules d'eau, chargées négativement. Au-dessus se trouvent des particules de glace chargées elles positivement.

Alors que la Terre est naturellement porteuse d'une charge négative, celle-ci s'inverse lors des orages. Le champ électrique est particulièrement élevé dans les reliefs ou au voisinage des points (clochers, arbres...)



Des décharges électriques se produisent entre les différents pôles électriques, soit à l'intérieur du nuage, soit d'un nuage à un autre, soit vers la Terre. La foudre qui atteint le sol ne représente en fait que 10% du nombre d'éclairs.

Ce sont les gaz surchauffés et ionisés qui émettent de la lumière sur le trajet de la décharge électrique.



©meteoscope.free.fr

8) Des instruments météorologiques

Quelques-uns des instruments
utilisés par les observateurs

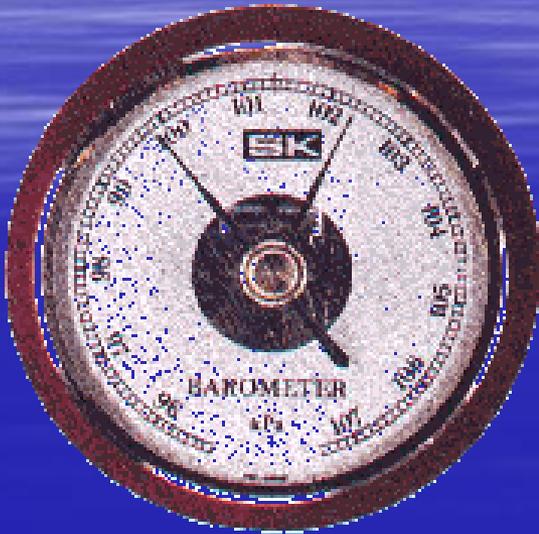


Le baromètre à mercure

Un tube d'environ un mètre de long rempli de mercure est situé, ouverture vers le bas, dans un récipient ouvert rempli aussi de mercure.

La pression de l'air sur le mercure du récipient fait monter plus ou moins le mercure dans le tube.

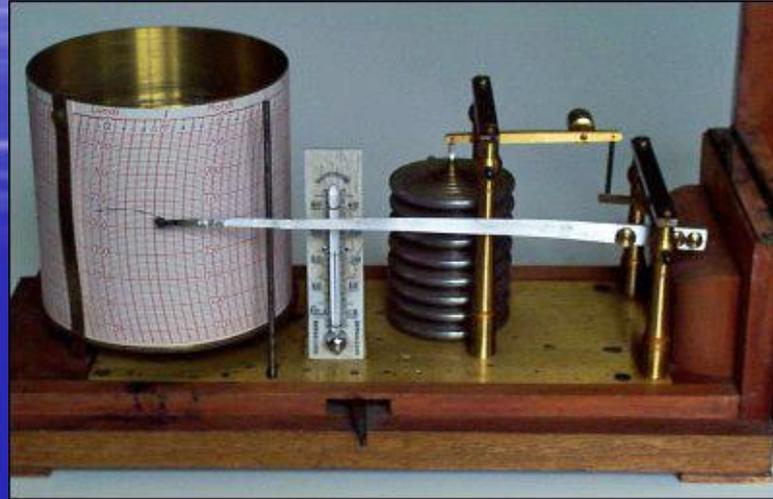
Le baromètre anéroïde



Une boîte métallique hermétique où on a fait un vide partiel est reliée à une aiguille par un système de leviers.

La pression atmosphérique déforme plus ou moins la boîte et cette déformation est amplifiée par les leviers et l'aiguille.

Le barographe



Le barographe fonctionne sur le même principe que le baromètre anéroïde, mais un stylet rempli d'encre remplace l'aiguille.

Le stylet laisse une trace sur un graphique enroulé autour d'un tambour rotatif. L'enregistrement se fait sur trois jours.

La température



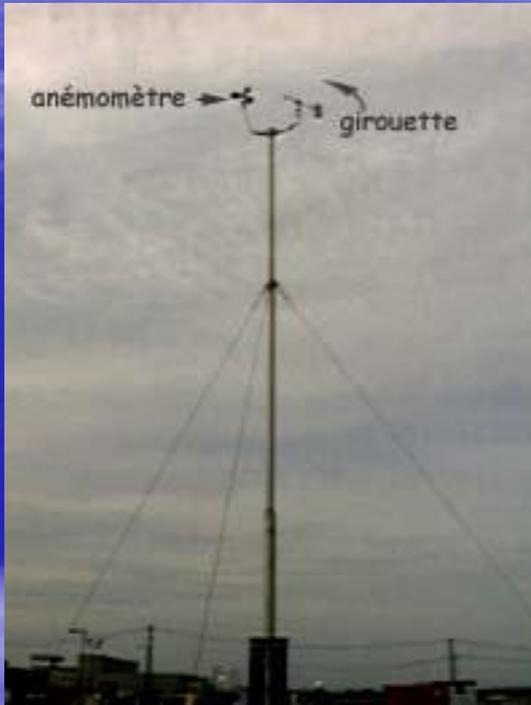
L'abri Stevenson est fait de bois peint en blanc. Les « persiennes » permettent la circulation de l'air.

Les thermomètres jaunes placés verticalement mesurent la température de l'air et le point de rosée.

Les thermomètres placés horizontalement mesurent la température maximum et la température minimum.

Seul le thermomètre à maximum est rempli de mercure, les autres contenant de l'alcool.

Le vent



Le vent est mesuré avec un anémomètre et une girouette. L'anémomètre est composé de trois coupelles reliées à un petit générateur.

Plus le vent souffle fort, plus les coupelles tournent rapidement et plus le générateur produit d'électricité. On mesure donc le voltage généré par le vent.

La girouette indique la direction d'où vient le vent.

La pluie



Le pluviomètre est composé d'un entonnoir et d'un tube gradué.

Le diamètre de l'entonnoir est plus grand que le diamètre du tube, ce qui permet de mesurer avec précision de petites quantités de pluie (minimum mesuré = 0,2 mm).



La pluie

Le pluviographe à auget basculant permet de mesurer le moment de la pluie et son intensité.

L'auget bascule lorsqu'il contient 0,2 mm de pluie et envoie un signal électrique à un enregistreur.

On compte les « marches » et on peut ainsi connaître l'intensité de la pluie sur une période donnée.

La neige



Le nivomètre « Nipher » est conçu pour mesurer la neige qui tombe et empêcher la neige soulevée par le vent (poudrerie) de fausser les données.

Un tube de cuivre se trouve à l'intérieur du protecteur et recueille la neige. On en mesure la hauteur et on la fait fondre pour en connaître le contenu en eau (habituellement 10 pour 1 [1 cm de neige = 1 mm d'eau]).

L'ensoleillement



Une boule de verre sans imperfection est montée sur un axe orienté nord-sud.

Les rayons du soleil sont concentrés en un point et brûlent une trace sur un carton spécialement traité.

En mesurant les traces brûlées pour chaque heure de la journée, on obtient l'ensoleillement quotidien.

On utilise un de trois cartons selon la saison en raison de l'angle du soleil.

Le radiosondage



La radiosonde mesure la température, l'humidité et la pression en altitude au fur et à mesure de son ascension.

Ces données sont relayées par radio à la station au sol où l'information est décodée.

Une antenne spéciale au sol permet de suivre les déplacements de la radiosonde et ainsi de calculer les vents en altitude.



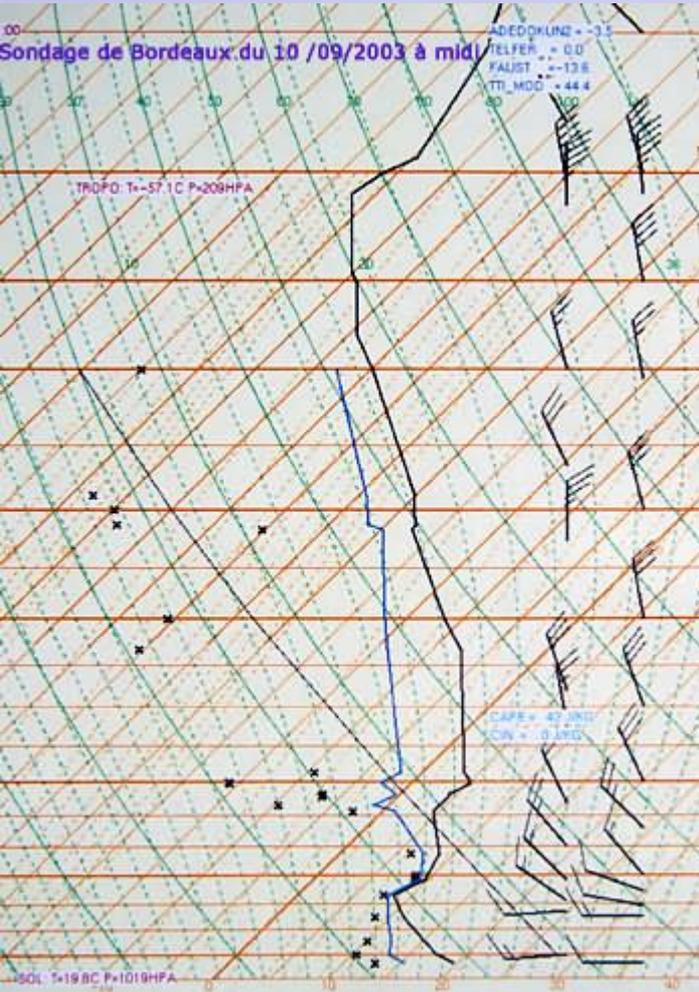
Le radiosondage automatique

La vérification de la radiosonde, le remplissage du ballon et la préparation de « l'attelage » sont encore faits manuellement, mais le décodage et la transmission des données se font maintenant de façon automatique.

Le téphigramme

C'est une représentation graphique de la température, du point de rosée et du vent au-dessus d'une station.

On peut en tirer de nombreuses informations comme, par exemple, si de l'orage est possible et quelle altitude pourrait atteindre le cumulonimbus.



9) La météorologie et les mathématiques

...ou comment y perdre son latin et son français.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v}) = 0$$

Équation de continuité (ou
équation de bilan de la masse)

$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho \vec{f}$$

Équation de bilan de la quantité
de mouvement

$$\frac{\partial (\rho e)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [(\rho e + p) \vec{v}] = \vec{\nabla} \cdot (\vec{\tau} \cdot \vec{v}) + \rho \vec{f} \cdot \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} + r$$

Équation de bilan de l'énergie

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \nu \nabla^2 \vec{v} + \vec{f}$$

Équation de bilan de la quantité
de mouvement