



Introduction à la Météorologie

SCA2611

Table des matières

10. Les vents à la grande échelle

- L'écoulement horizontal de l'air
 - Le vents géostrophique
 - Le vent gradient
 - Le vent de surface
 - L'effet de lac
- Les masses d'air
 - Les fronts
 - Les systèmes météorologique
 - La divergence et la convergence des vents

Les forces qui déterminent le vent...

- L'action du **gradient de pression** est à l'origine du vent.
- L'action du **frottement** de l'air sur la surface terrestre s'oppose constamment au vent et le ralentit.
Le frottement est généralement négligeable en altitude.
- L'action de la **rotation de la Terre** (force de Coriolis) est essentielle pour établir la direction du vent.

La force de Coriolis et le frottement ne sont pas à l'origine des vents, mais apparaissent plutôt lorsque le vent est déjà présent. Leur action modifie la direction et la vitesse du vent.

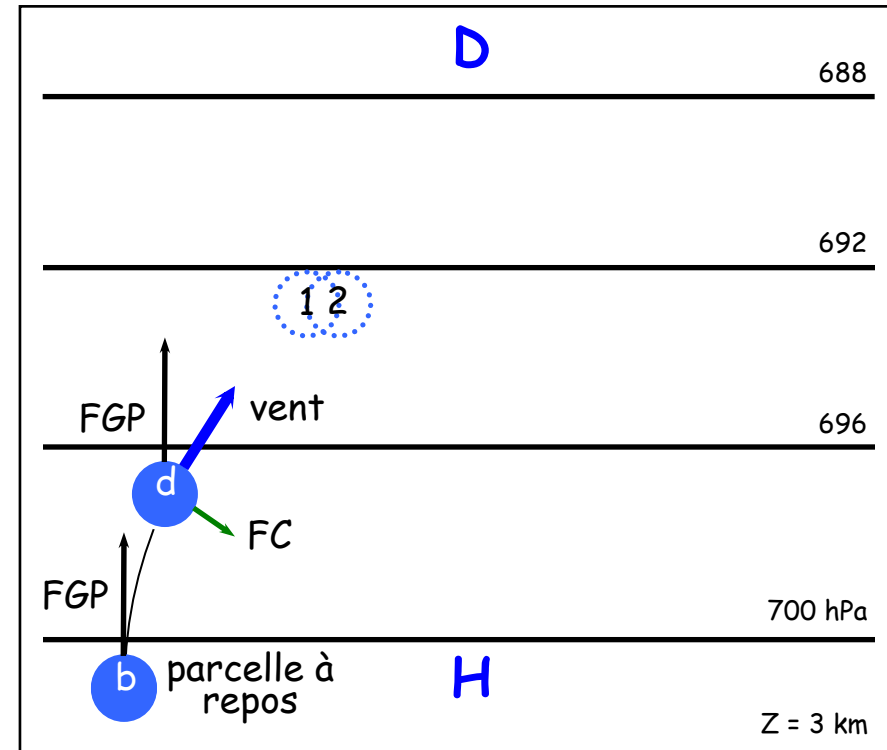
Échelles caractéristiques des phénomènes météorologiques ★★★ 10-3

Globale 5 000 km et plus					Ondes planétaires
Synoptique 2 000 - 5 000 km					Cyclones et anticyclones aux latitudes moyennes, fronts
Méso α 200 - 2000 km				Petits ouragans, faibles anticyclones, vent de Chinook	Ouragans, tempêtes tropicales, les moussons
Méso β 20 - 200 km			Systèmes convectifs, brises, orages XL		
Méso γ 2 - 20 km		Cellules orageuses, gros cumulus			
Micro α, β, γ et δ jusqu'à 2 km	Petits tourbillons	Tornades, trombes t. et m., t. de poussière			
	sec - 3 min	3 - 30 min	30 min - 6 h	6 h - 2 j	2 j - 7 j et plus

Le vent géostrophique

Le vent géostrophique

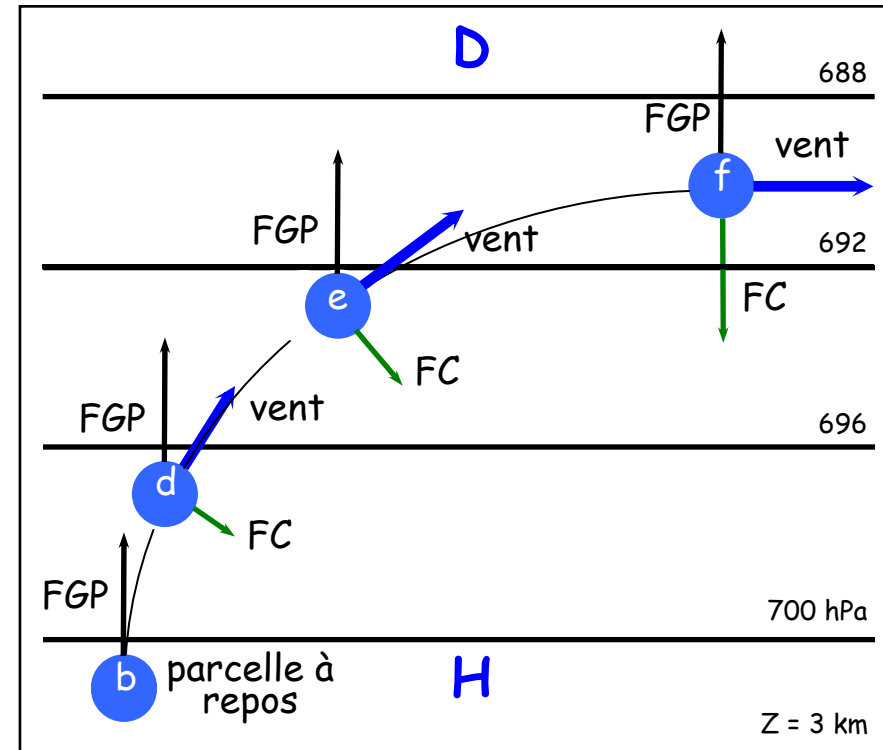
- Soit à 3 km d'altitude dans l'hémisphère Nord un champ de pression dont les isobares sont de lignes droites parallèles.
- Considérons une parcelle d'air au repos.
- Quelle sera sa trajectoire dans le temps?



- La vitesse de la parcelle n'est plus nulle et la force de Coriolis (FC) l'a fait tourner légèrement vers la droite. FC est encore petite par rapport à l'action du gradient de pression (FGP).

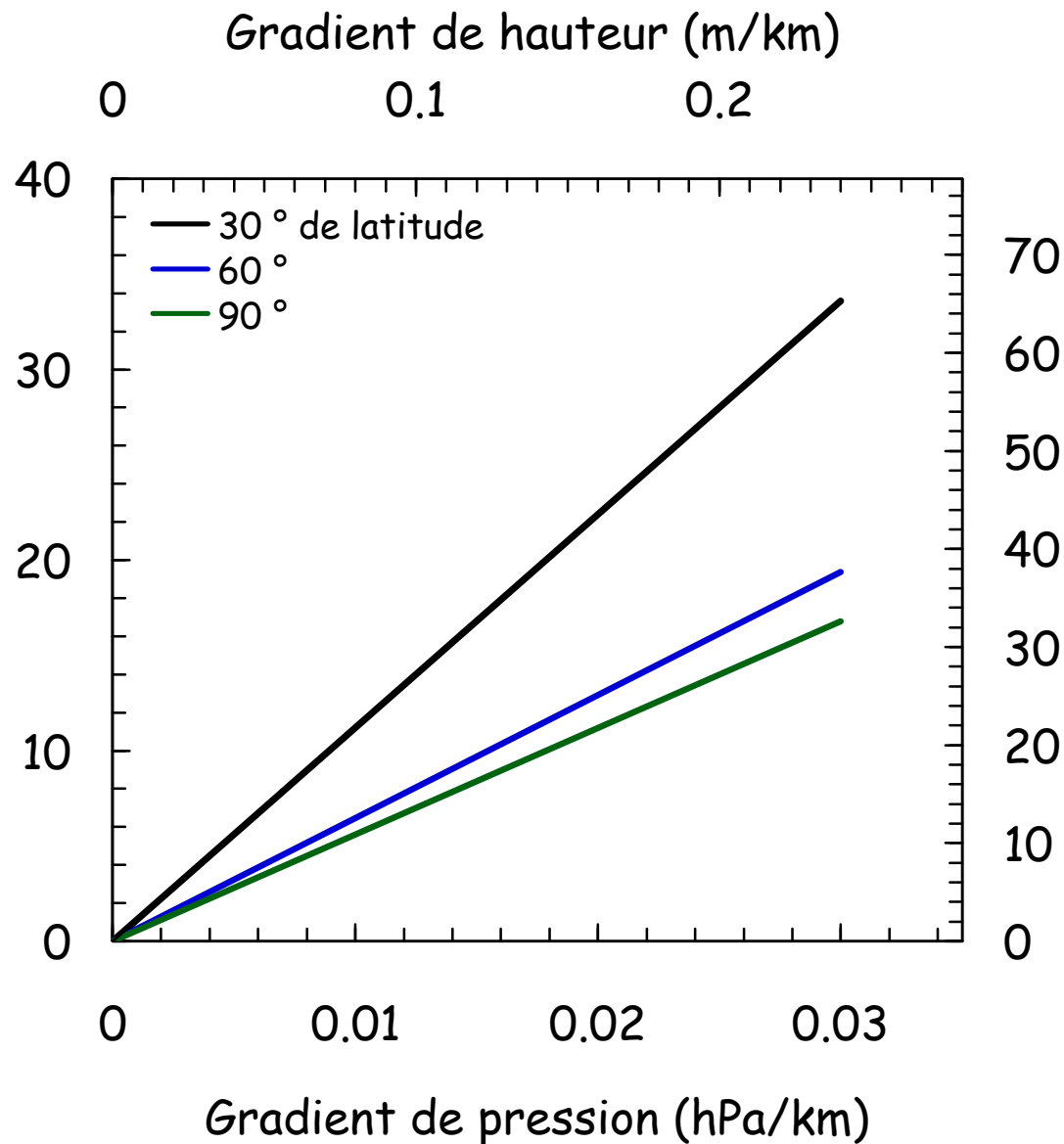
Le vent géostrophique

- e. La parcelle a augmenté sa vitesse et a tourné davantage vers la droite. FC a augmenté aussi.
- f. Enfin la direction de la parcelle est à angle droit au gradient de pression et FC est égale et contraire à FGP.



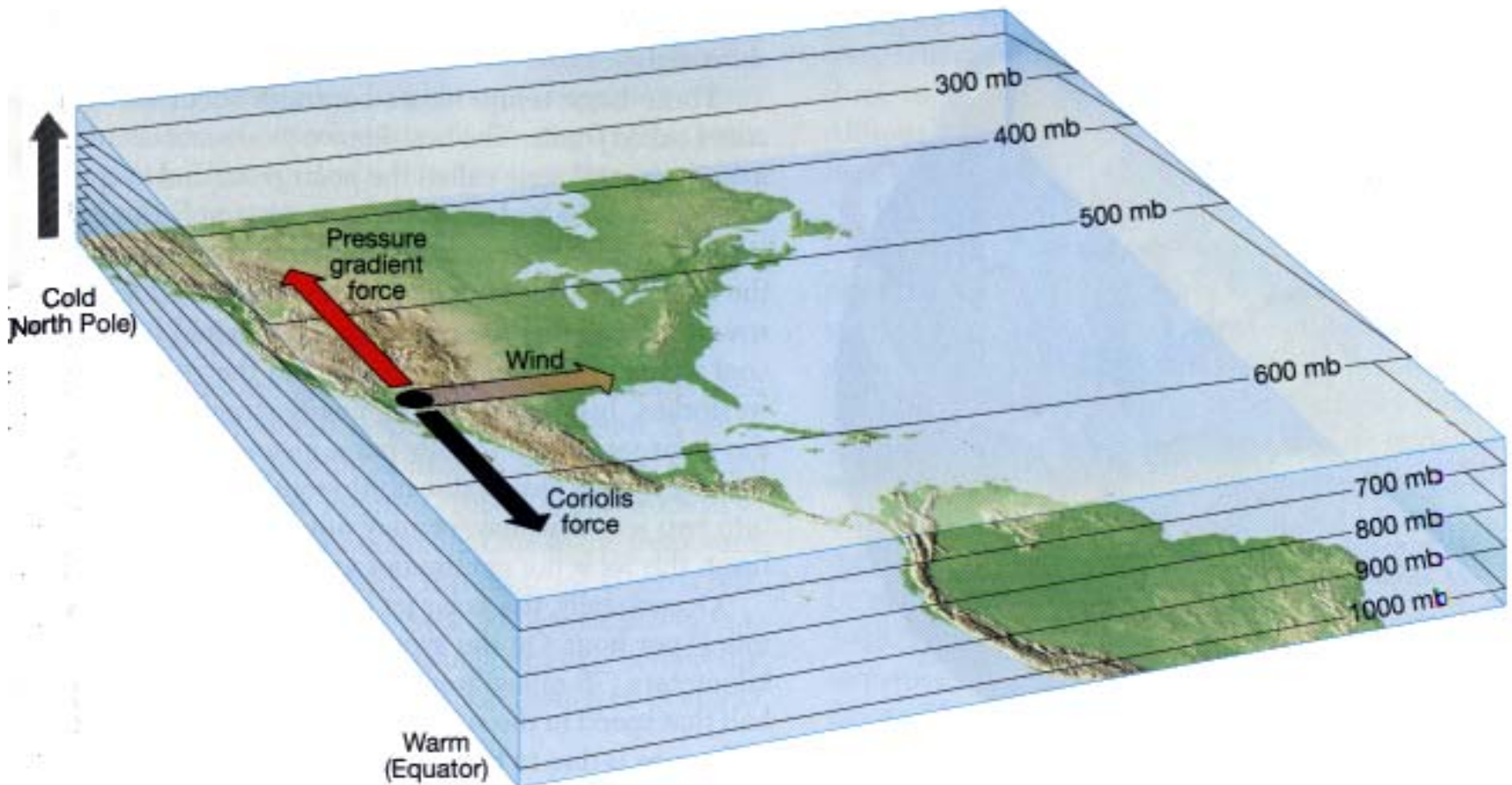
➤ Si les isobares sont des lignes droites et les deux actions présentes (le gradient de pression et la rotation de la Terre) s'équilibrent, alors le vent résultant est appelé **le vent géostrophique**. Le vent géostrophique est toujours parallèle aux isobares.

Le vent géostrophique



Le vent géostrophique en altitude

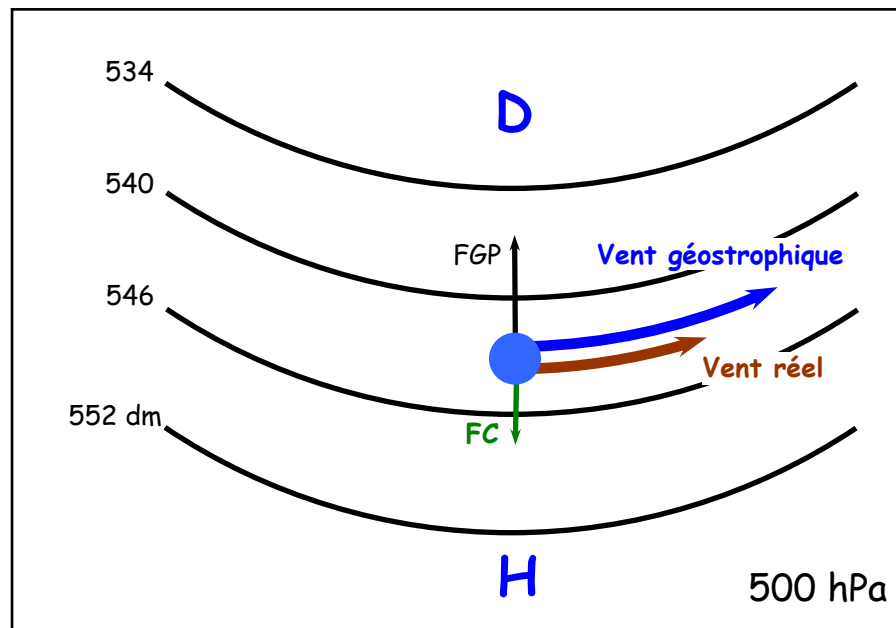
- L'air est toujours en mouvement. En altitude, on la voit s'écouler dans une direction parallèle aux isobares.



Le vent gradient

- L'écoulement est géostrophique seulement lorsque les actions du gradient de pression et de la rotation de la Terre s'équilibrent.
- Cela se produit quand les isobares sont des lignes droites.

... et quand les isobares sont courbées?



- Le vent réel n'est pas géostrophique, mais il souffle en direction parallèle aux isobares.

Qu'est-ce qui
manque encore?



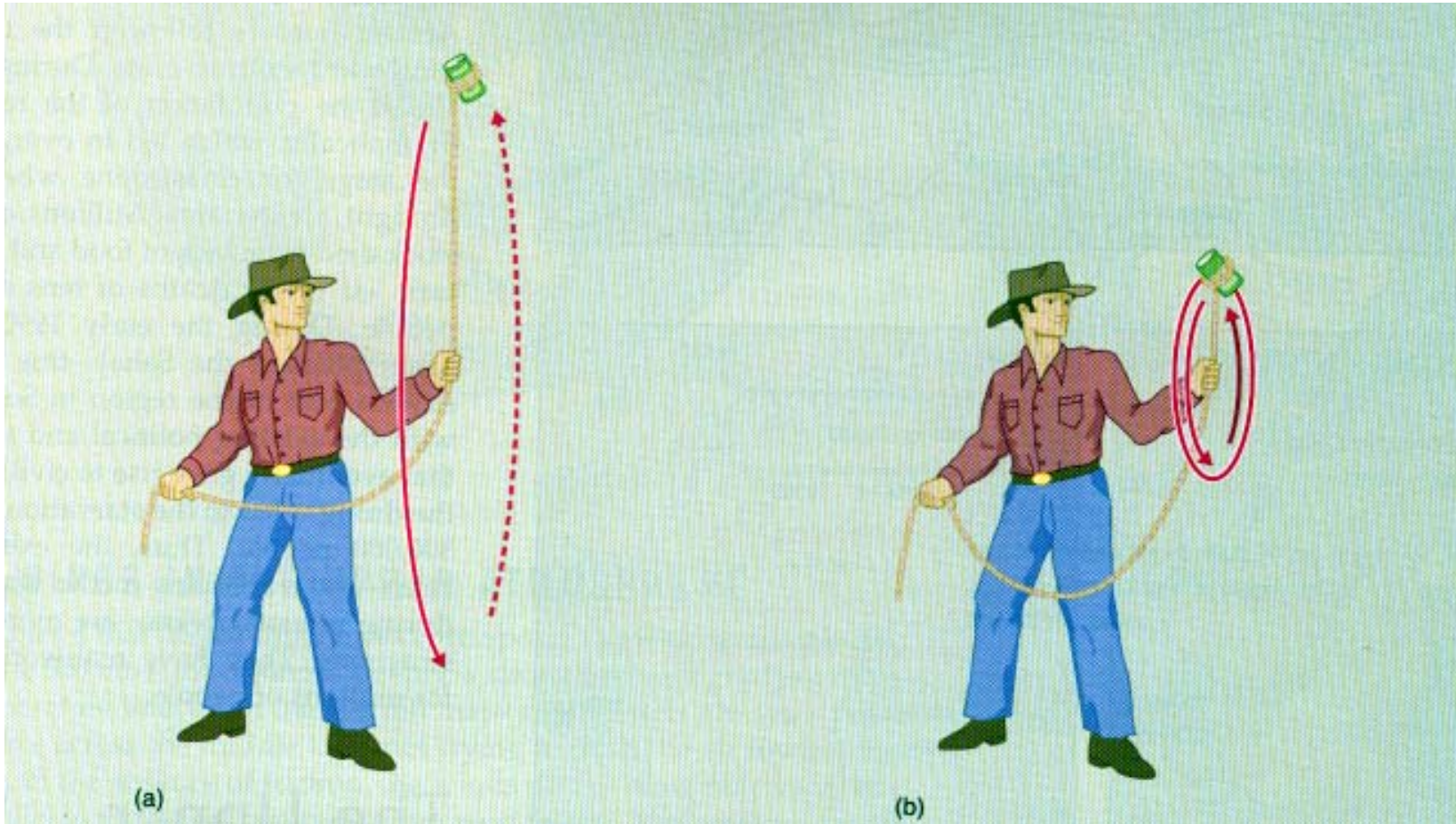


Heureusement qu'elle existe!

- C'est la **force centrifuge** qui nous permet de rester collés dans notre siège lorsqu'on fait une boucle dans le super manège de La Ronde ! Les wagonnets atteignent une vitesse suffisante pour que la force centrifuge devienne comparable à la force de gravitation et nous empêche de tomber.
- Ce sont les rails des montagnes russes qui contrebalancent la force centrifuge et qui font tourner le train et ses occupants. On donne à cette action-là le nom de **force centripète**.



Réduire le rayon: le moment angulaire est conservé

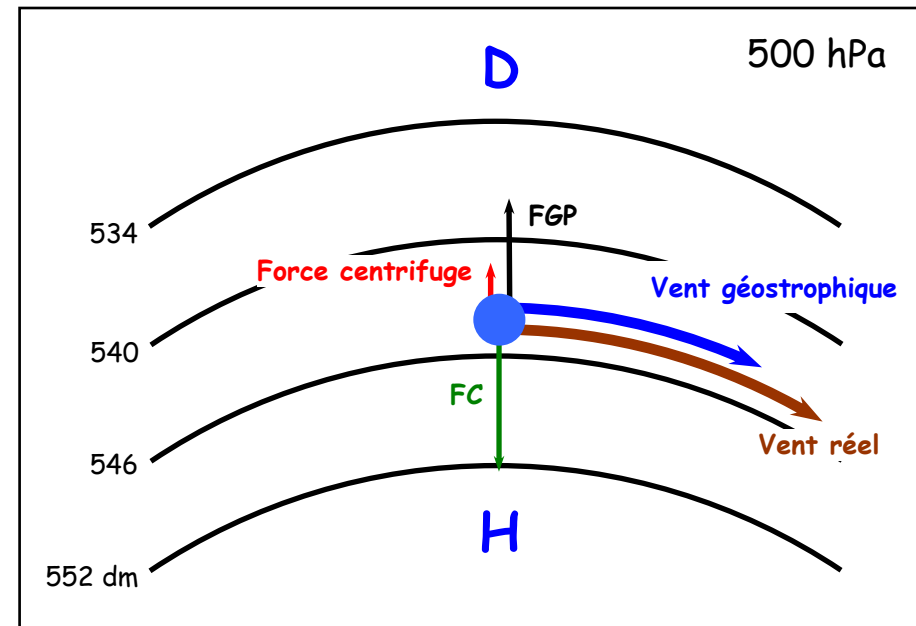
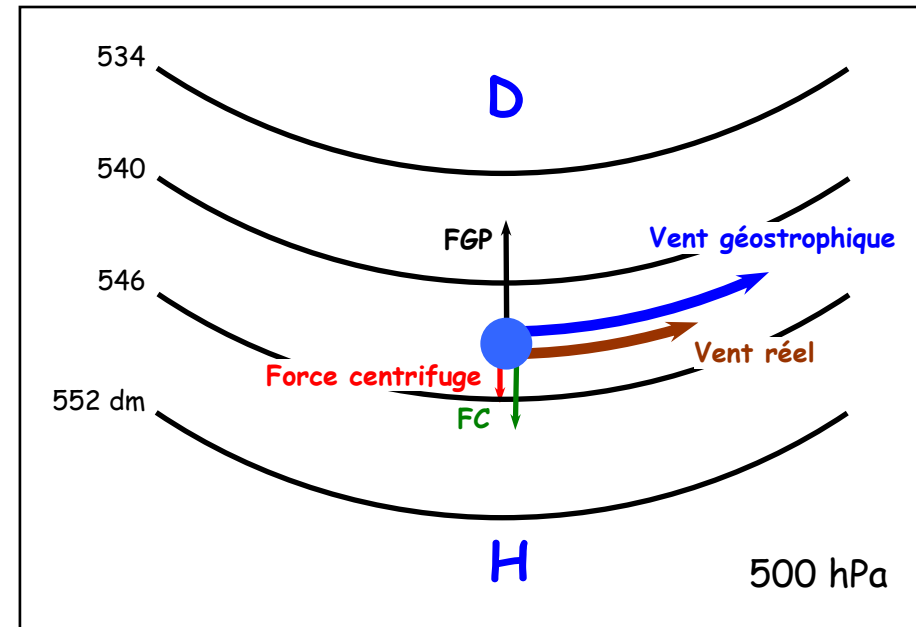


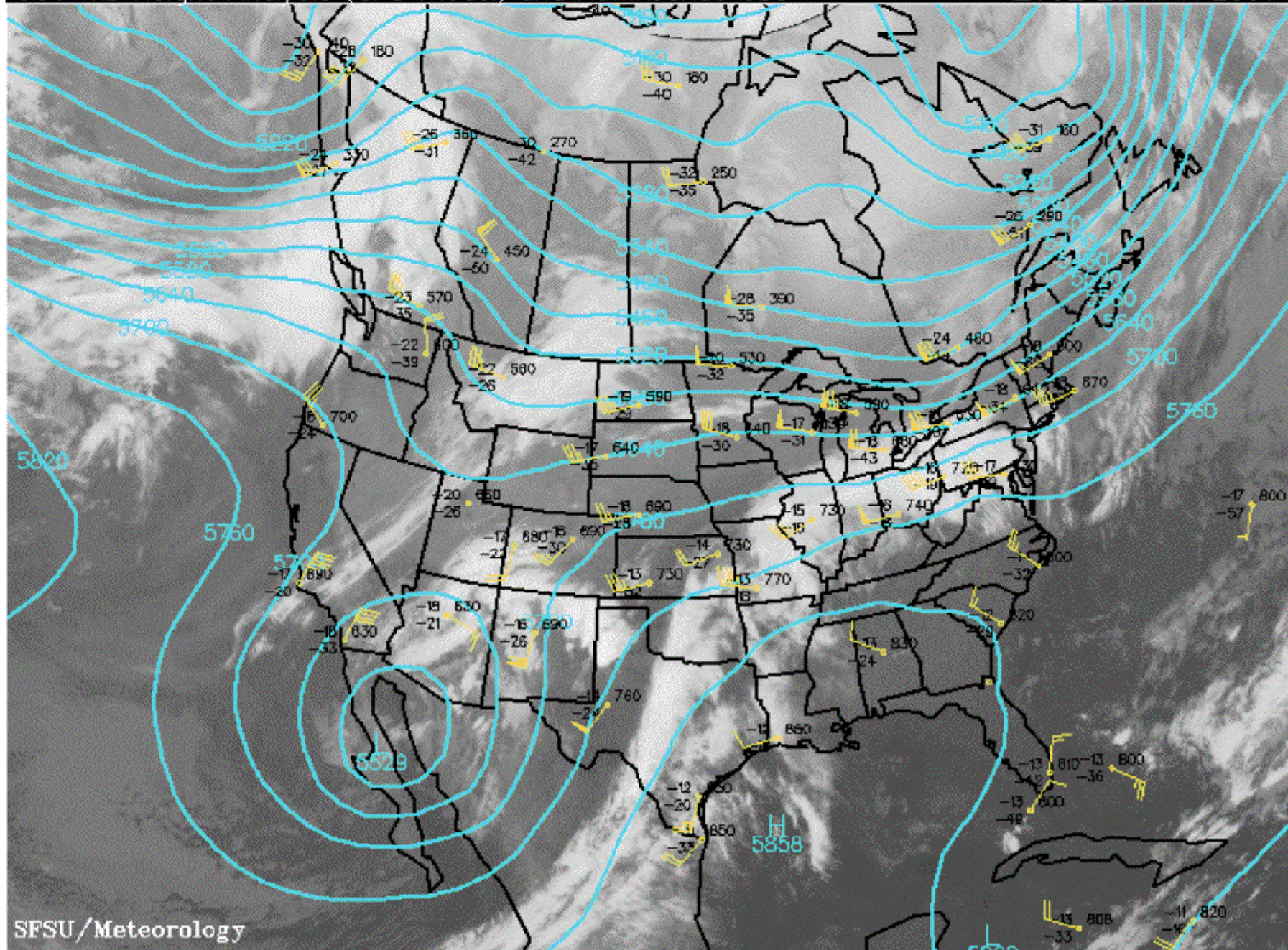
Le vent gradient

- Quand les isobares sont courbées, il faut donc tenir compte aussi de la force centripète qui agit sur la parcelle et qui la fait tourner dans le sens des isobares.

Pour cela :

- Dans le cas cyclonique (ex: dépression), la force centrifuge agit dans le même sens de FC. Ainsi la vitesse du vent est inférieure (subgéostrophique) au cas où la FC agissait seule.
- Dans le cas anticyclonique, la force centrifuge s'oppose à FC et un vent supergéostrophique est nécessaire pour assurer l'équilibre.





SFSU/Meteorology

GOES—West&East Composite Infrared Image at 1200Z 23 MAR 2007 LO: 4820.3 HI: 5905.9

Ça y est enfin!

Les forces qui déterminent le vent.

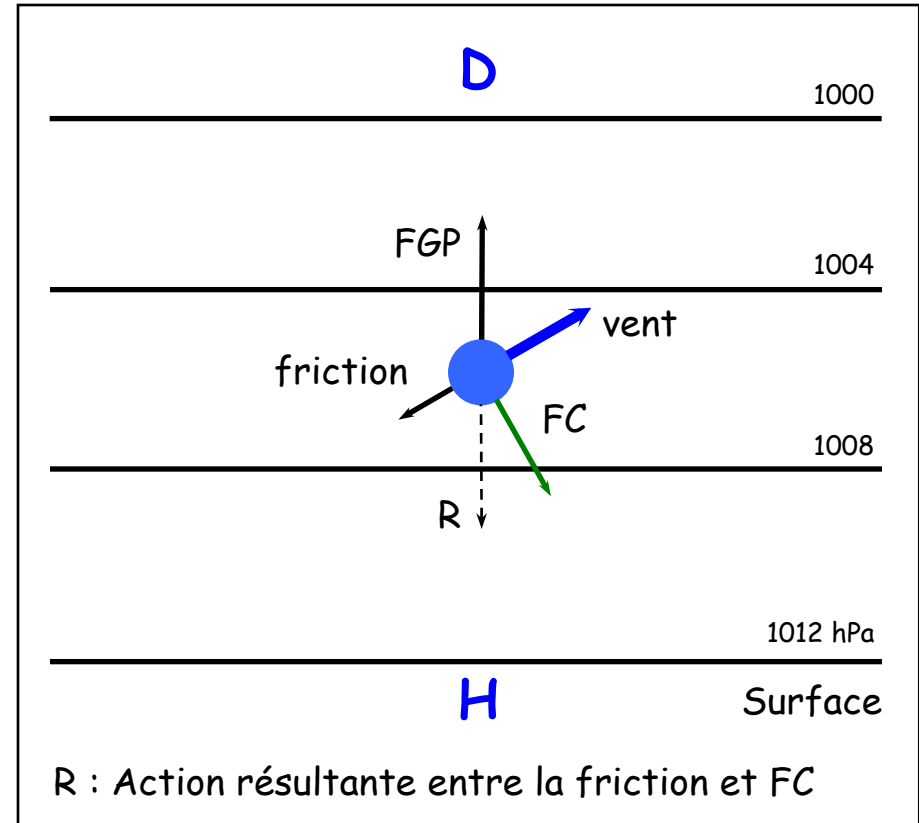
- L'action du **gradient de pression** est à l'origine du vent.
- L'action du **frottement** de l'air sur la surface terrestre s'oppose constamment au vent et le ralentit.
Le frottement est généralement négligeable en altitude.
- L'action de la **rotation de la Terre** (force de Coriolis) est essentielle pour établir la direction du vent.
- La force **centripète** qui fait tourner les parcelles d'air dans le sens des isobares.

La force de Coriolis, le frottement et la force centripète ne sont pas à l'origine des vents, mais ils apparaissent plutôt lorsque le vent est déjà présent. Leur action modifie la direction et la vitesse du vent.

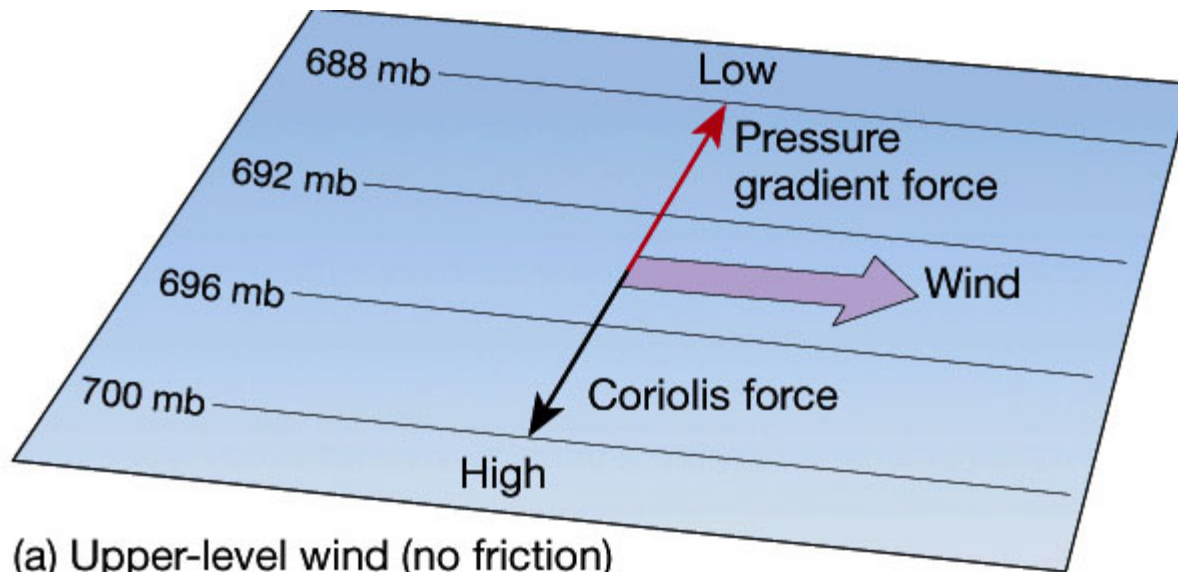
Le vent près de la surface

Le vent près de la surface

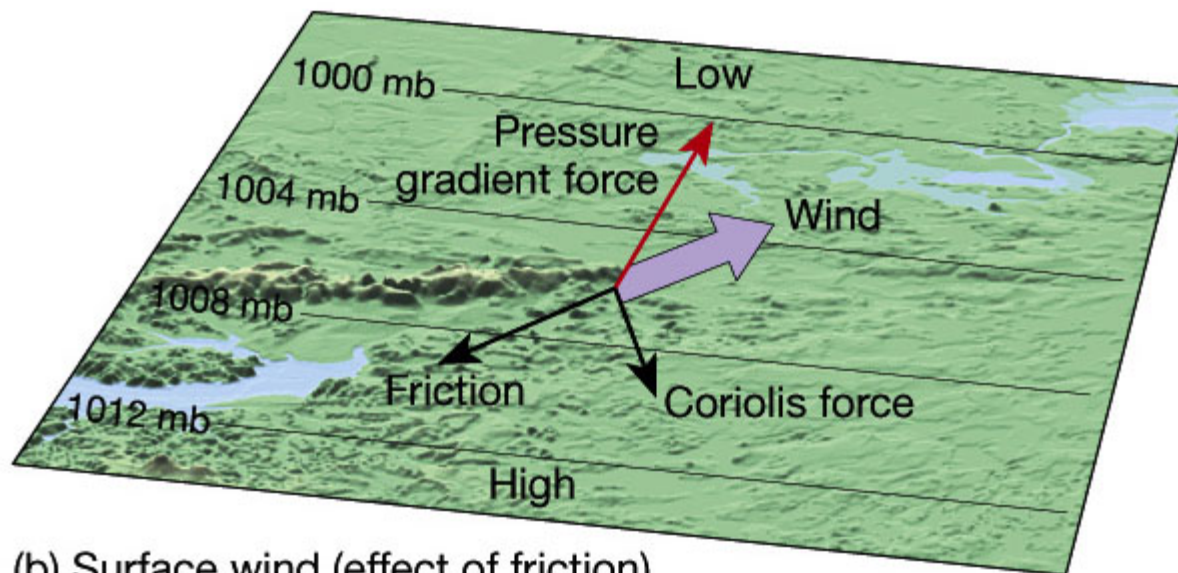
- La surface de la Terre exerce une traînée causée par la friction sur l'air qui coule juste au-dessus. Cette friction ralentit le vent près de la surface en empêchant à l'air d'écouler à la même vitesse que l'air en altitude. La friction contribue aussi à changer la direction du vent.



Le vent géostrophique et de surface



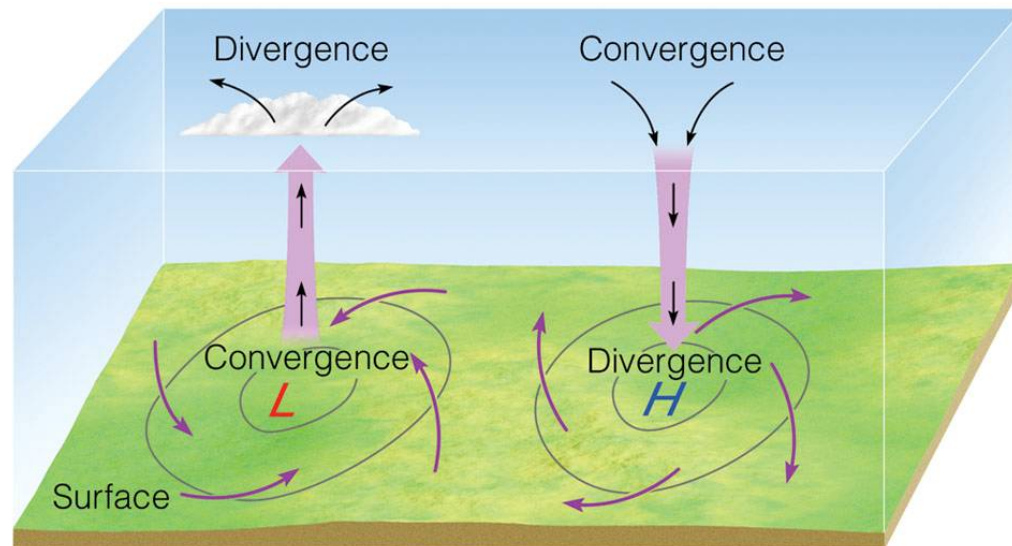
(a) Upper-level wind (no friction)



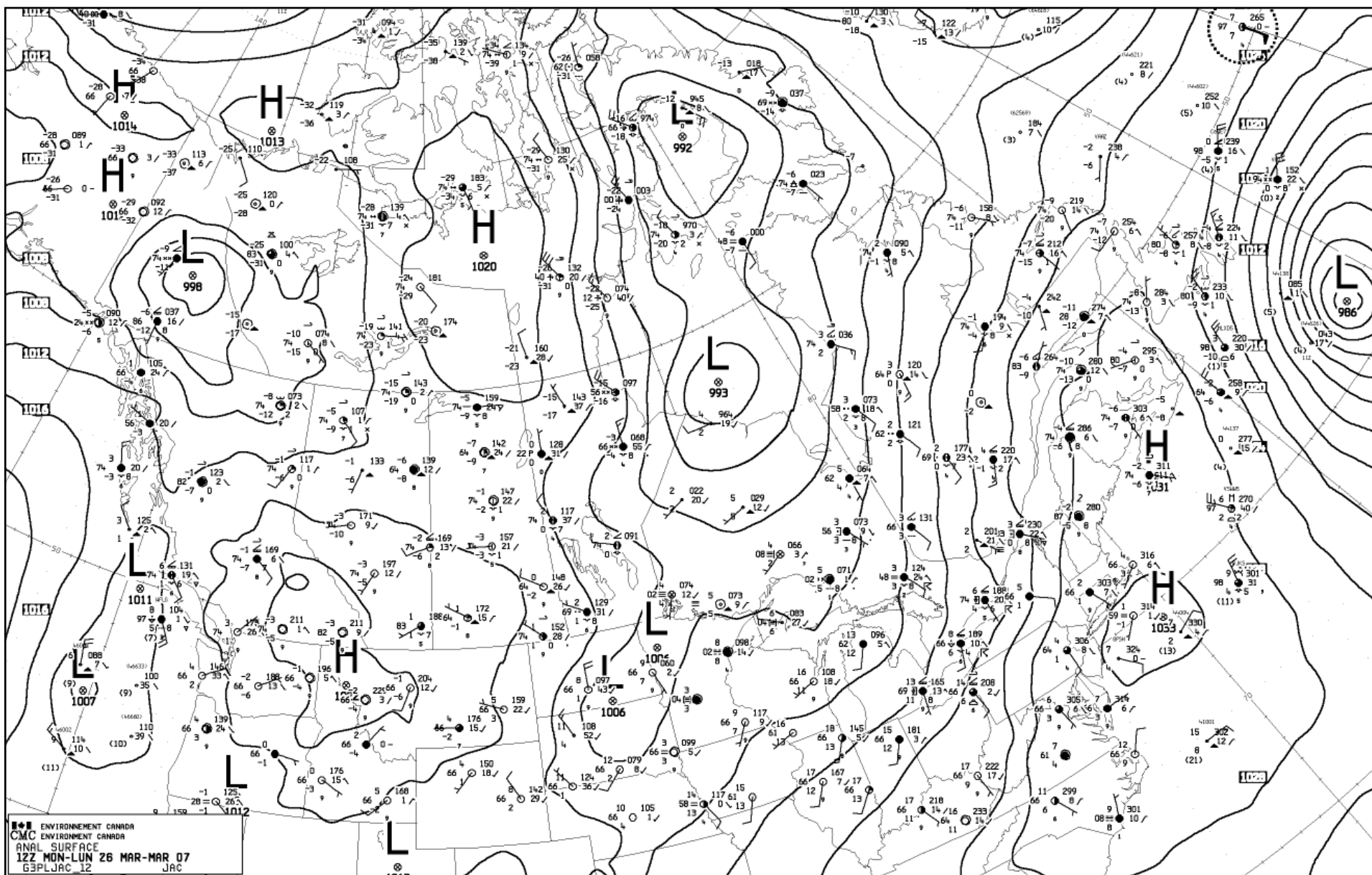
(b) Surface wind (effect of friction)

Effet de la friction

- En surface, près du centre d'une dépression, l'air converge et se soulève. Pour cela, on s'attend à du temps nuageux, pluvieux ou maussade.
- En surface, près du centre d'un anticyclone, l'air diverge et par conséquent doit provenir de plus haut par mouvement de subsidence. Du temps clair, sec et plaisant est donc à prévoir.



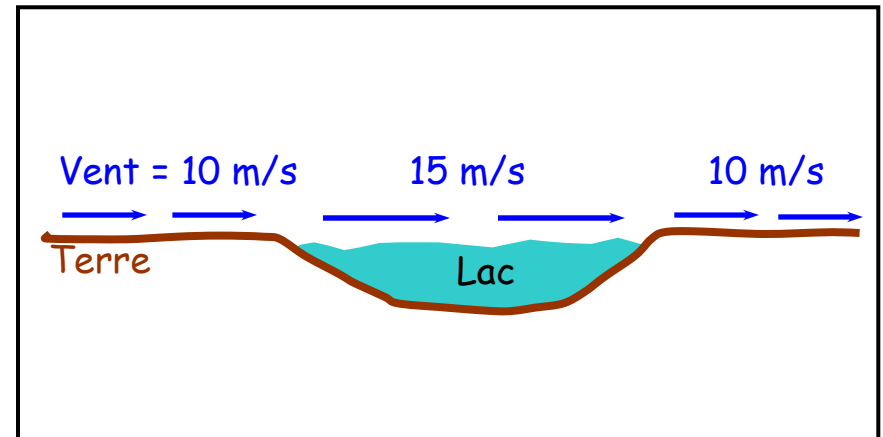
Analyse en surface



L'effet de lac

L'effet de lac

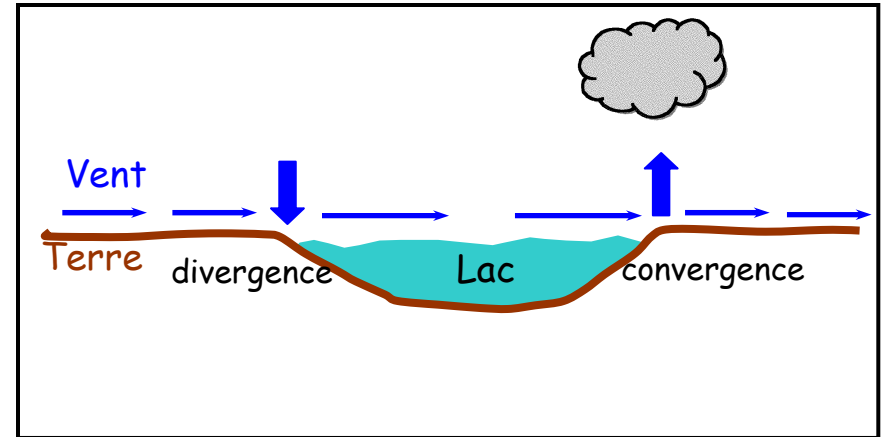
- Le type de surface affecte directement l'action de la friction. Par exemple, une surface d'eau calme est plutôt lisse et l'écoulement de l'air n'est pas trop influencé. Par contre les terrains boisés forcent le vent à ralentir et à changer de direction.
- Considérons l'écoulement de l'air au dessus d'un lac.
- La vitesse du vent au dessus de l'eau est plus grande que celle au-dessus des terres en amont.
- Par contre, la vitesse du vent diminue lorsque l'air passe au-dessus des terres en aval du lac.



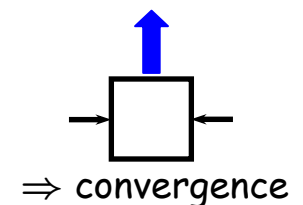
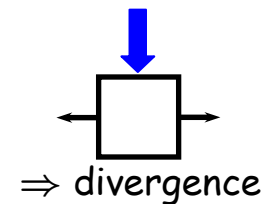
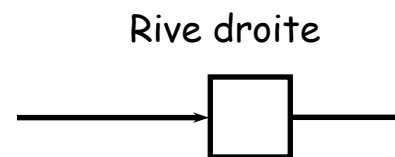
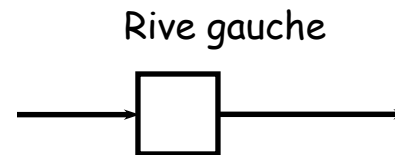
L'effet de lac

Changement de vitesse du vent

- Aux abords en amont du lac où le vent accélère, une zone de divergence est créée et un mouvement descendant de l'air en découle.
- Aux abords en aval du lac où le vent ralentit, une zone de convergence est créée et un mouvement ascendant en découle.
- Si le mouvement ascendant est assez fort, du nuage peut se former.



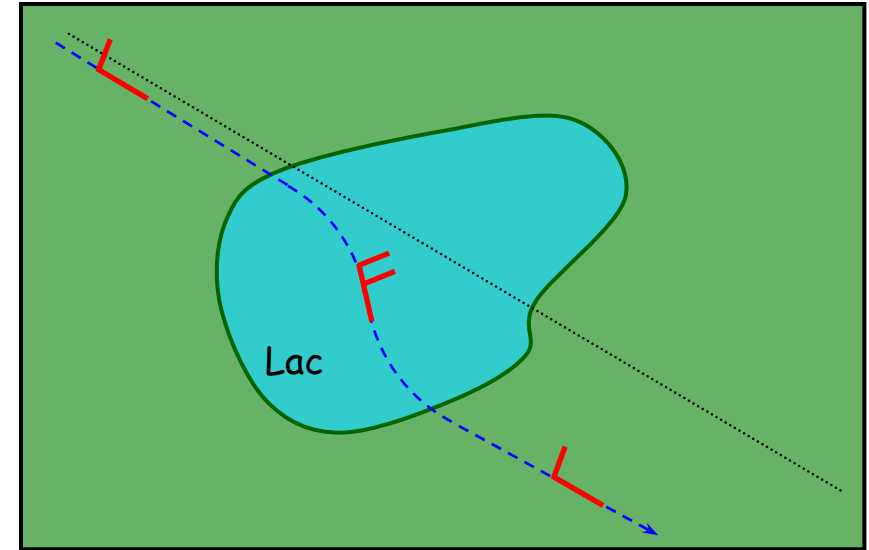
... et si on soustrait le vent moyen :



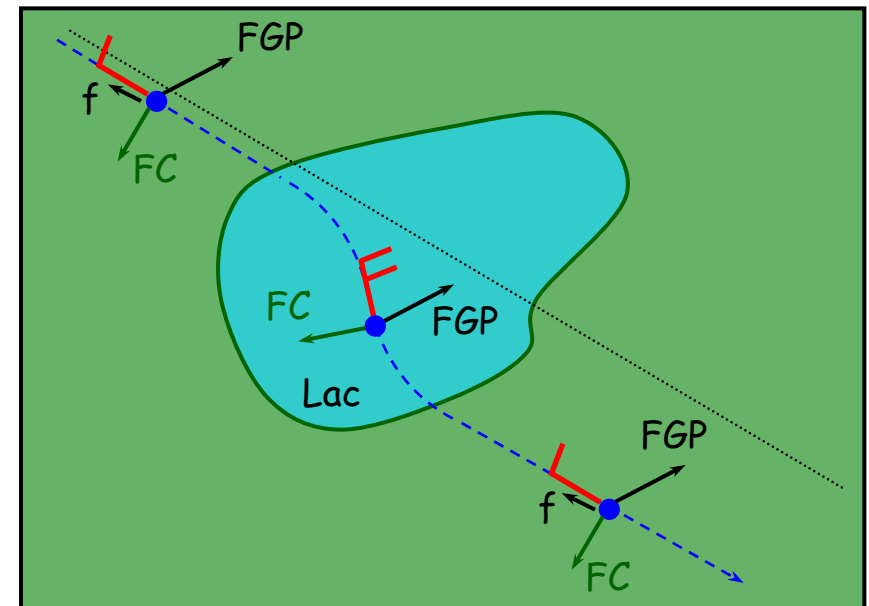
L'effet de lac

Changement de direction du vent

- Lorsque l'air au-dessus passe des terres à l'eau, le vent change de direction
- Le vent au-dessus du lac est plus fort et a dévié à la droite par rapport au vent au-dessus des terres.



- Considérons les actions en jeu qui déterminent le vent :
- La friction devient très petite au-dessus du lac donc le vent accélère.
 - La FC augmente et donc le vent dévie vers la droite.

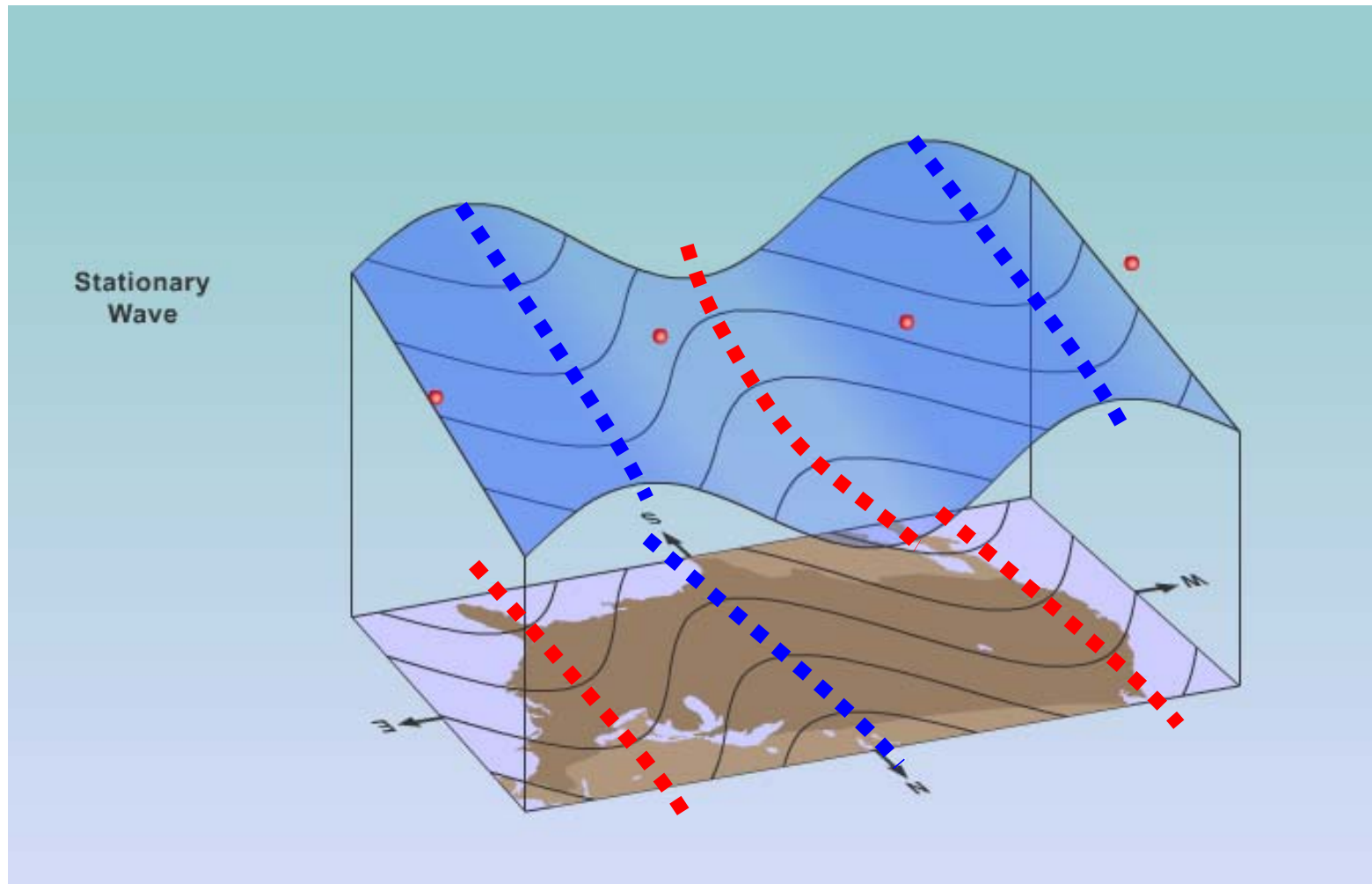


Les masses d'air et la circulation

Les fronts

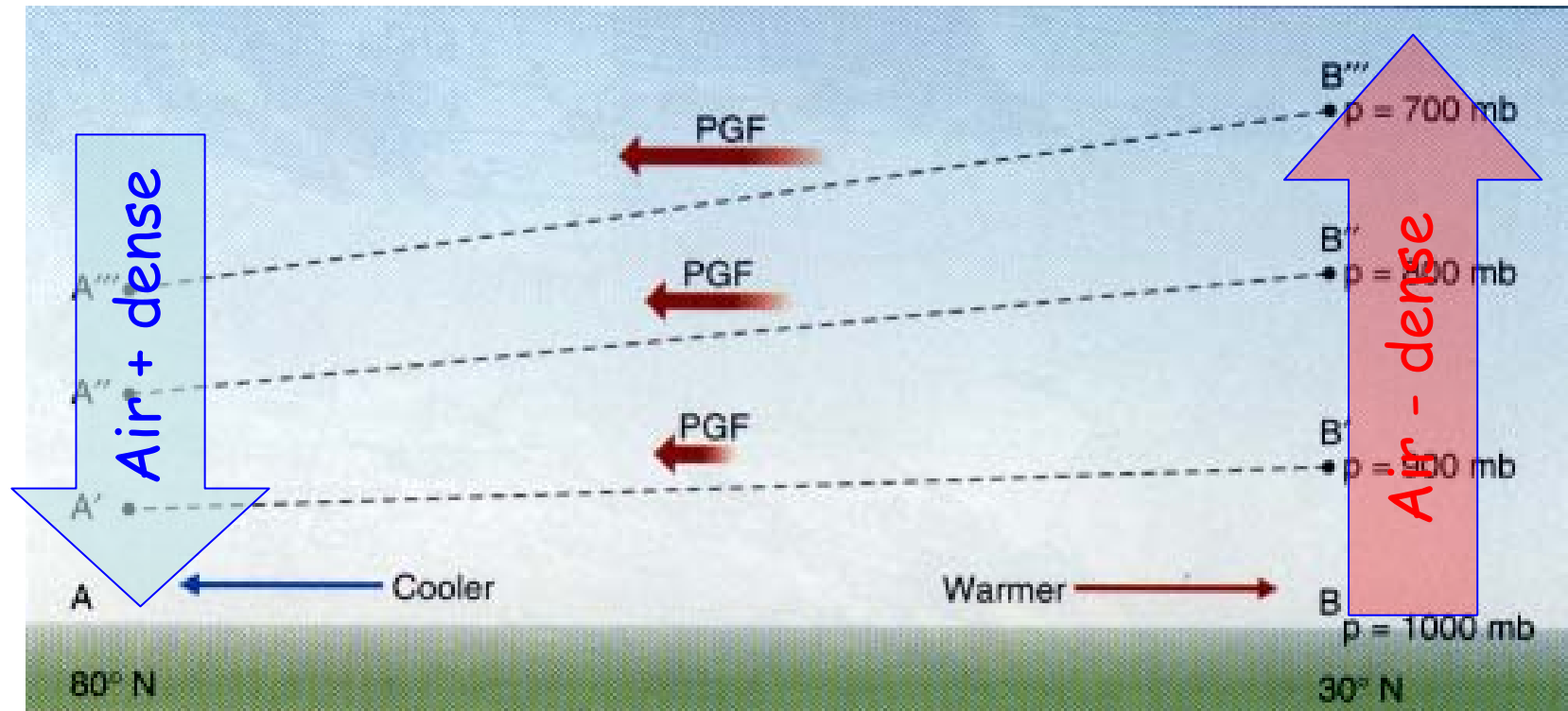
Les systèmes météorologiques

Creux et crêtes en altitude



Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

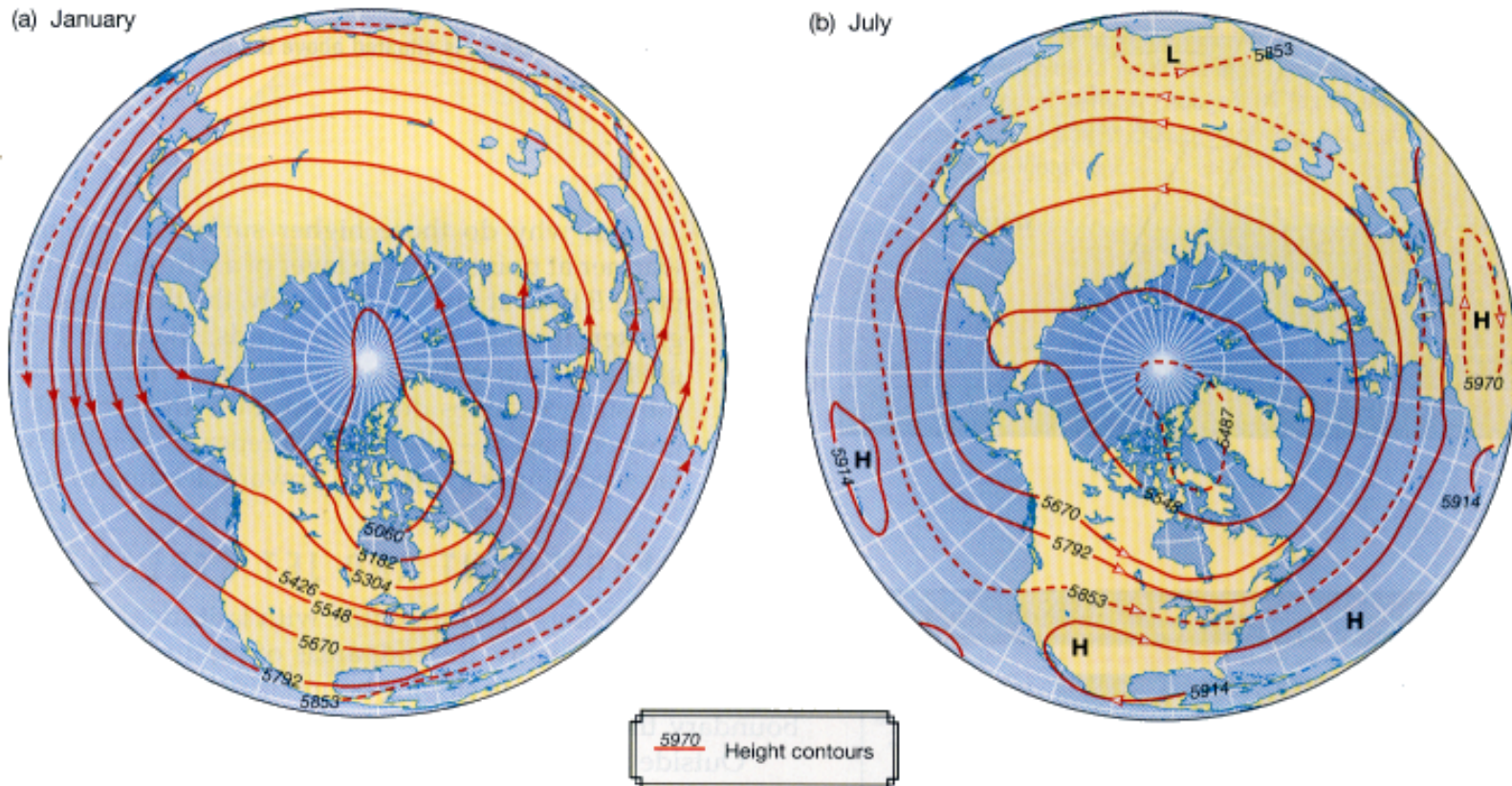
Effet de la température sur la pression en altitude



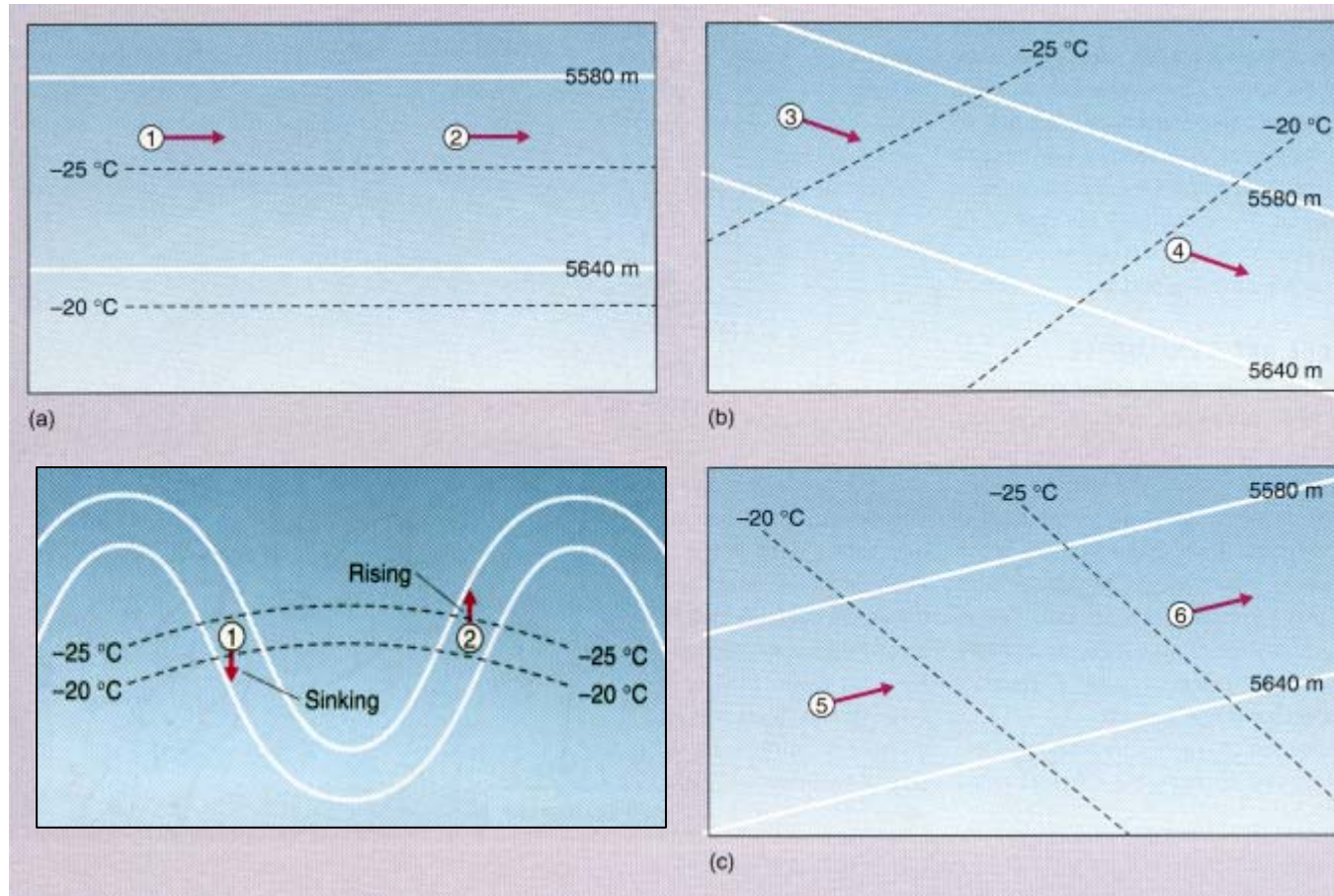
Froid

Chaud

Hauteur de la pression 500 hPa

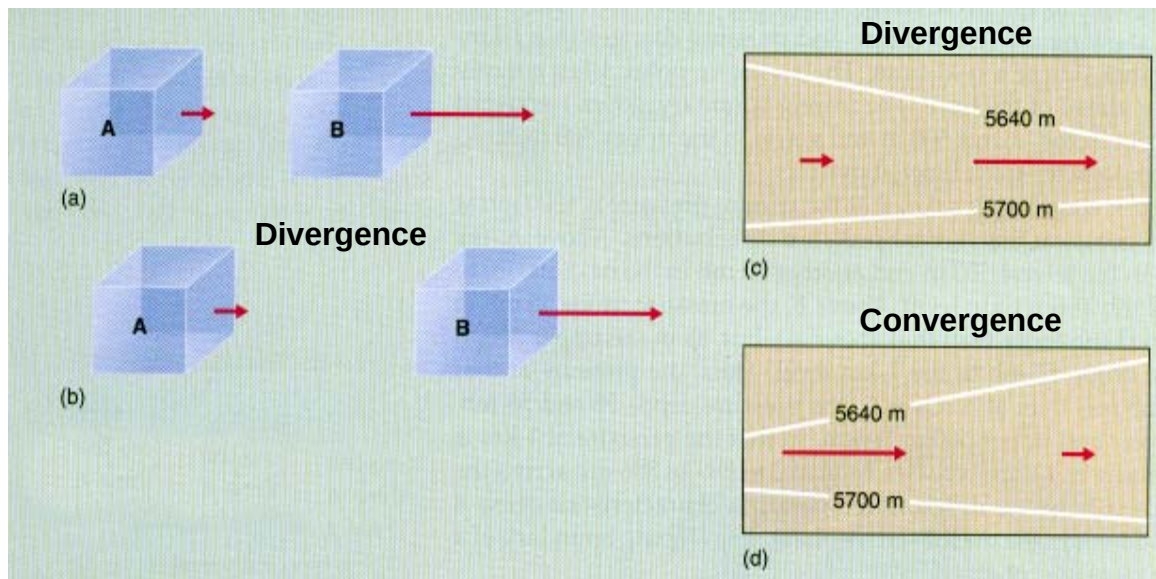


Transport d'air - l'advection

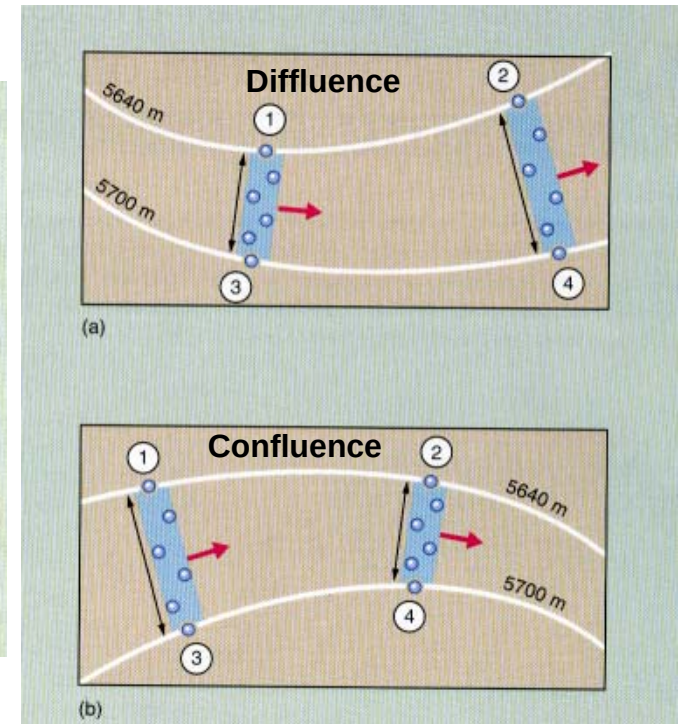


La convergence et la divergence de l'air

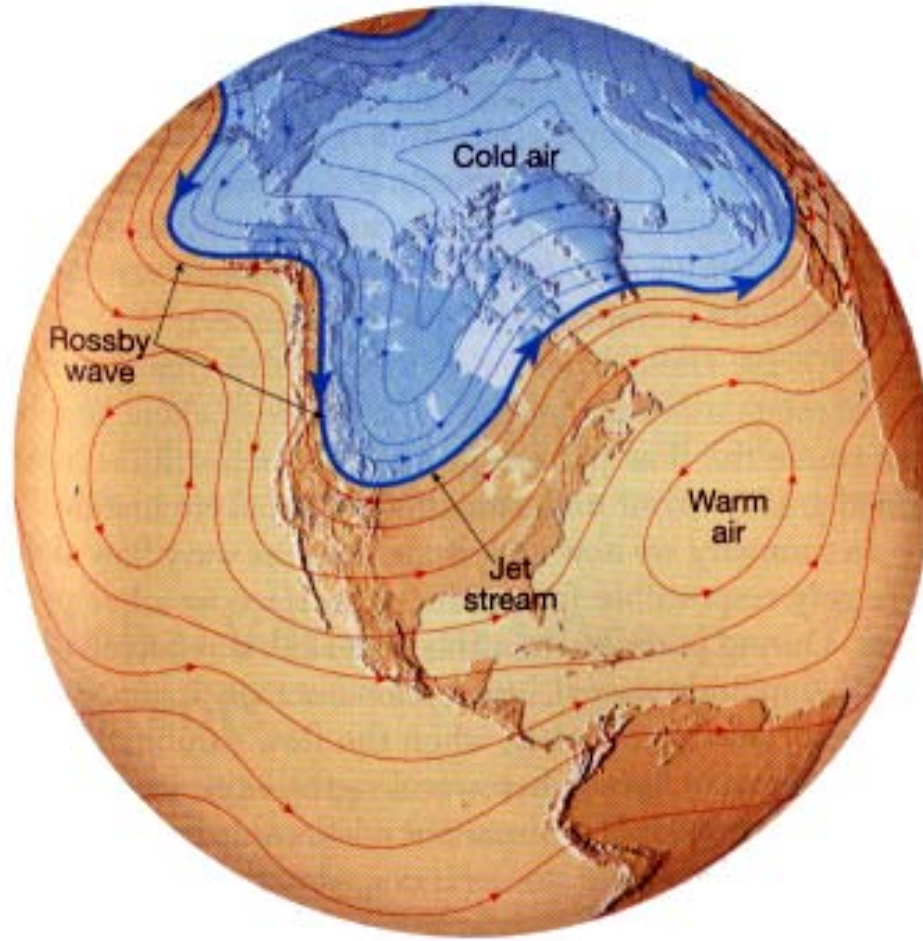
Effet du changement de la vitesse



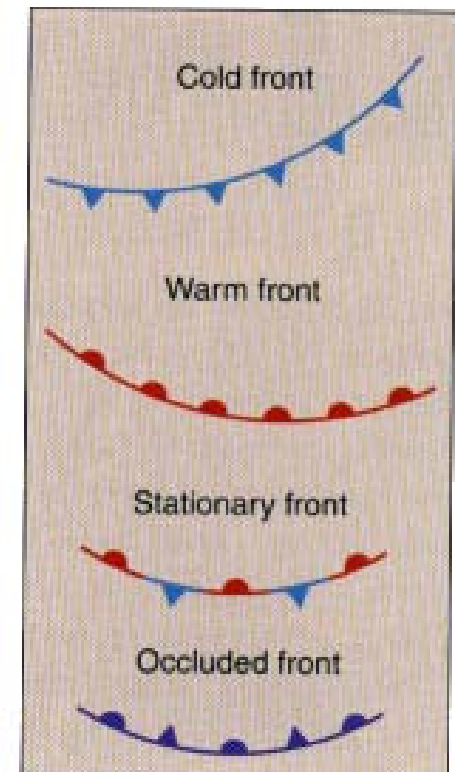
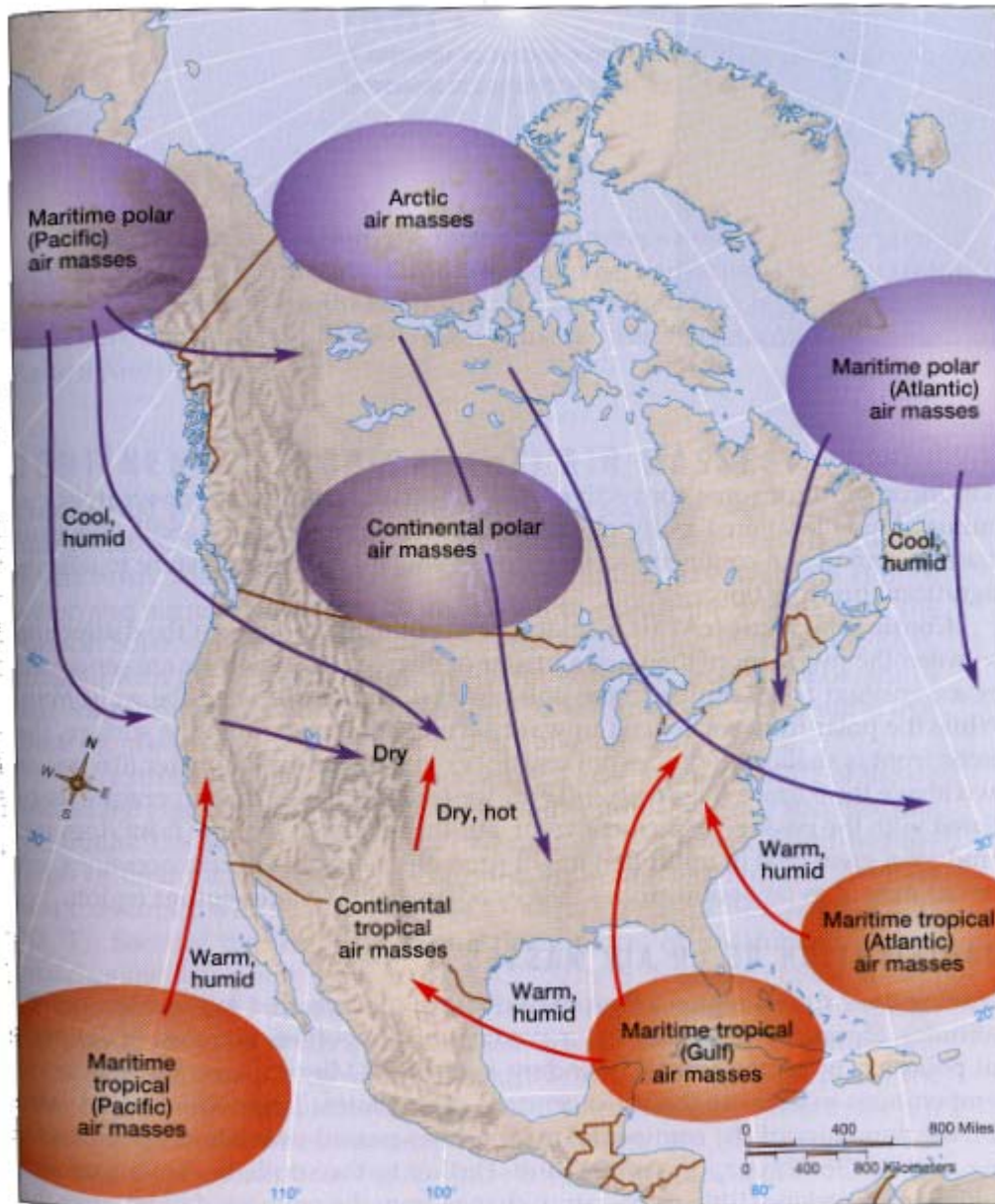
Effet du changement
de la pression
(changement de direction)



Les masses d'air et la circulation

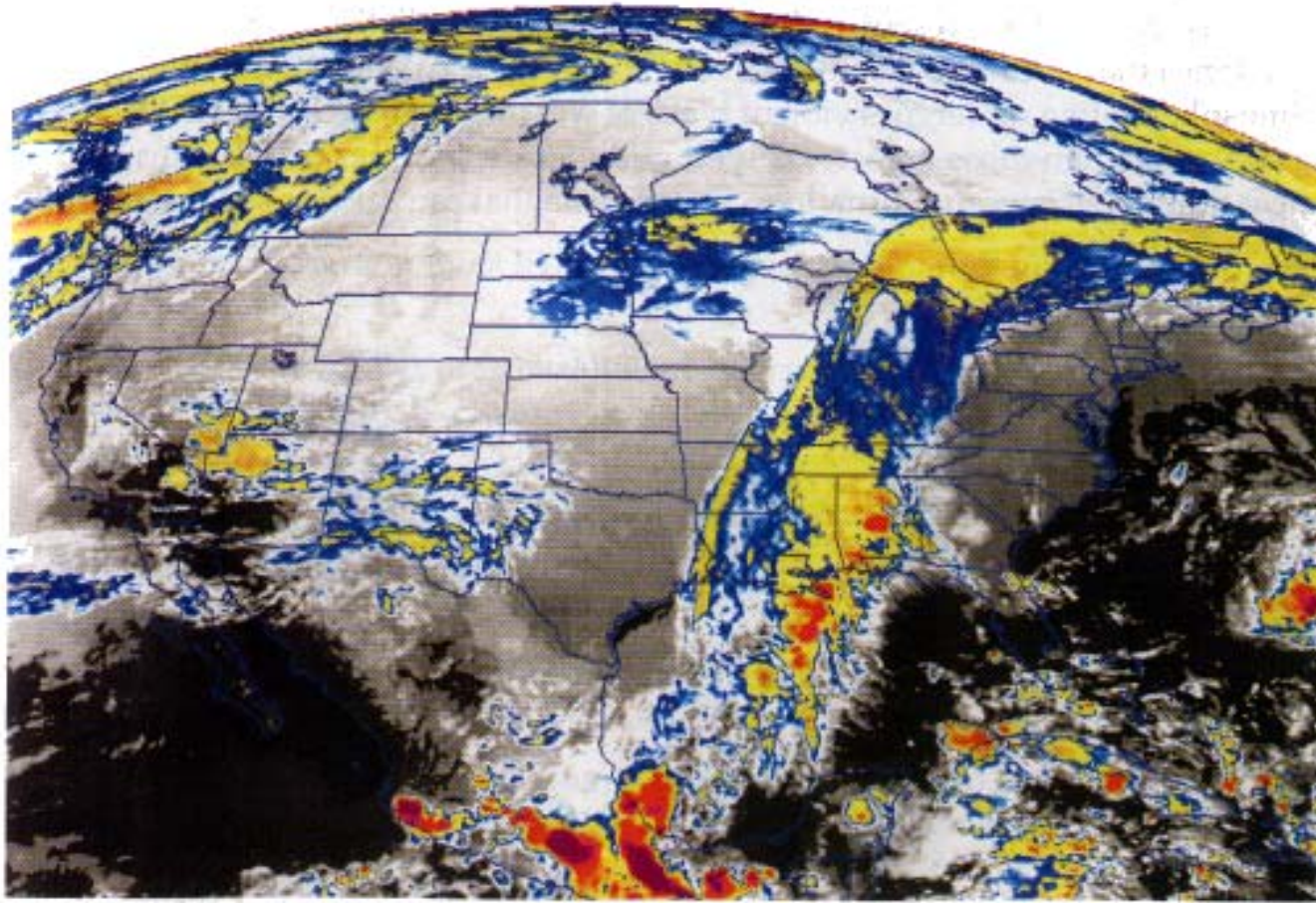


Les masses d'air et les fronts



Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

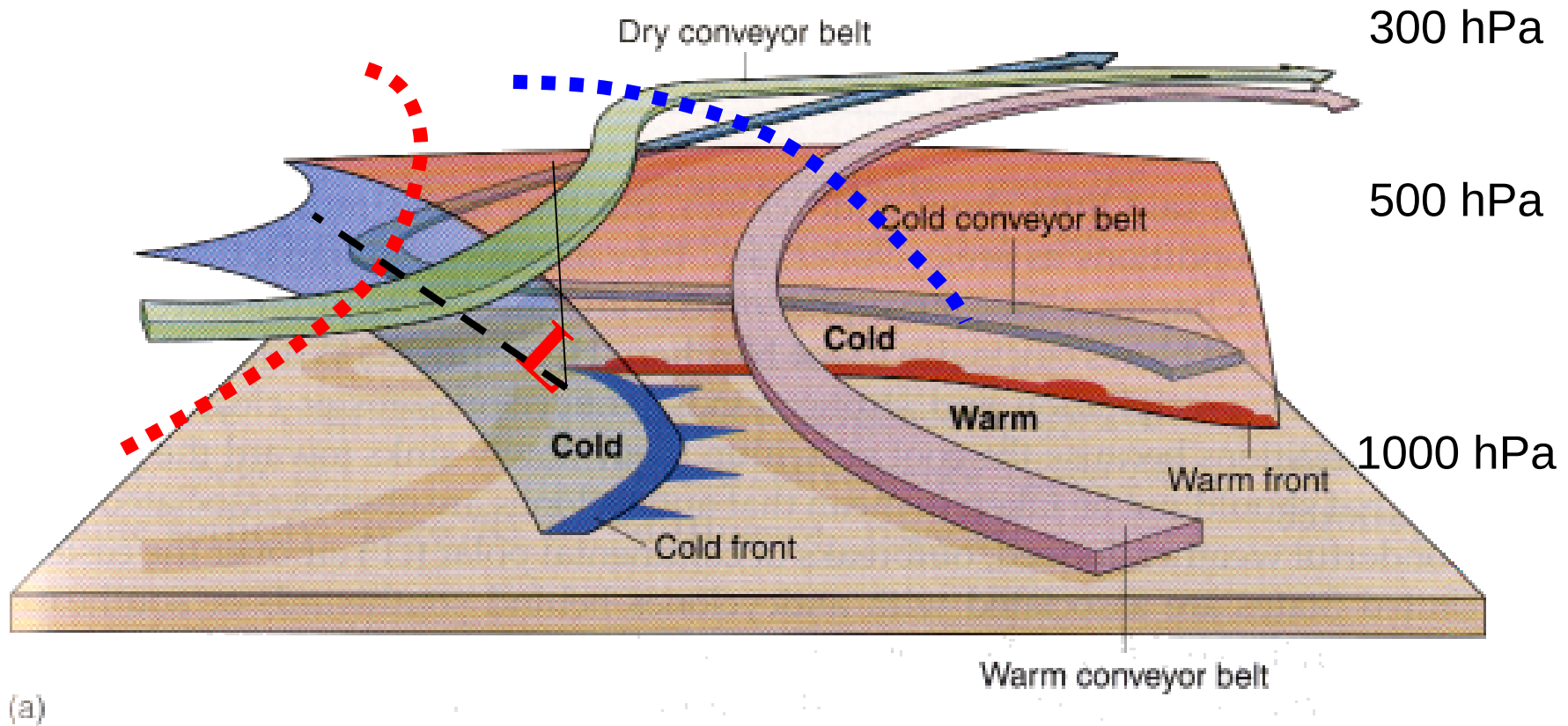
Les fronts vue par satellites



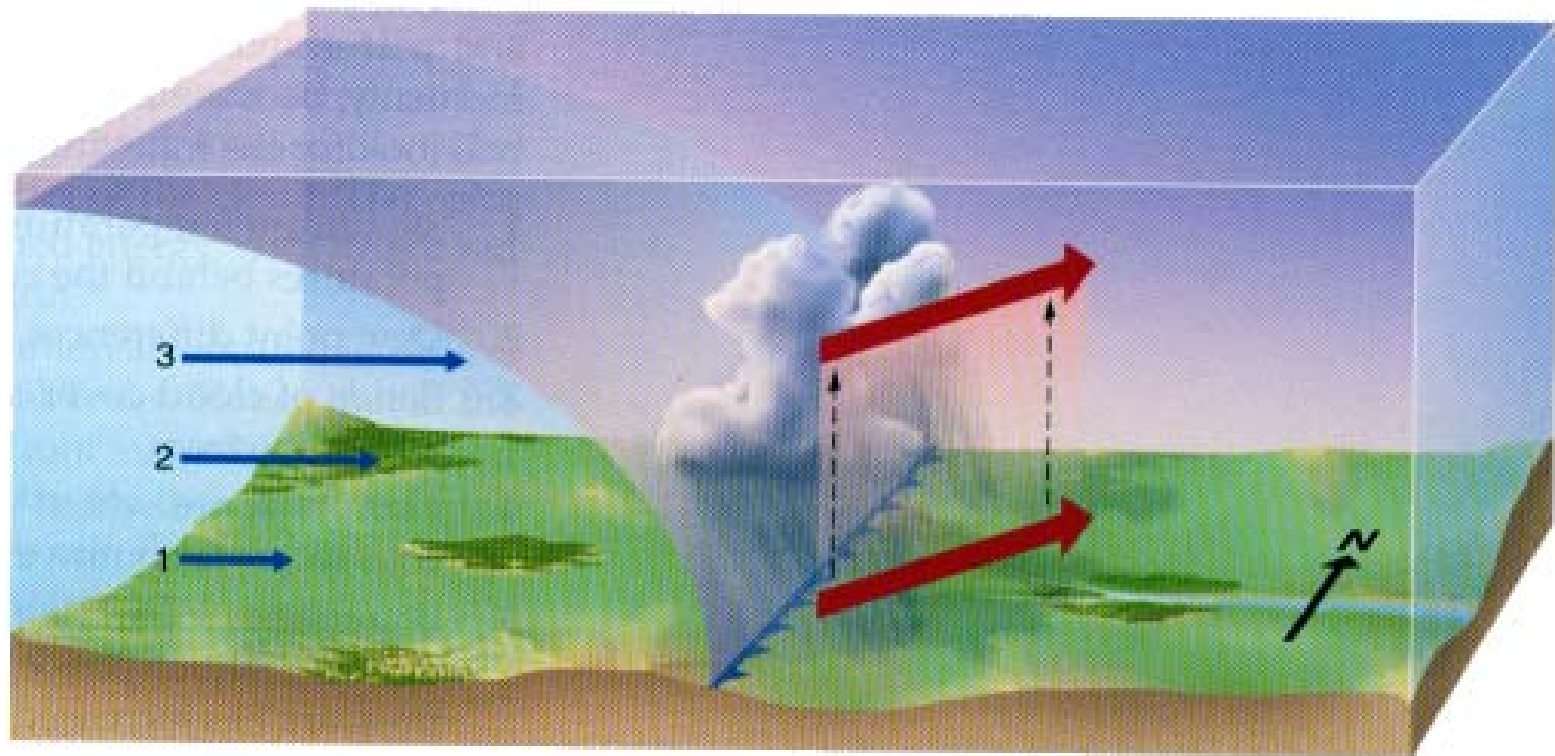
(b)

Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

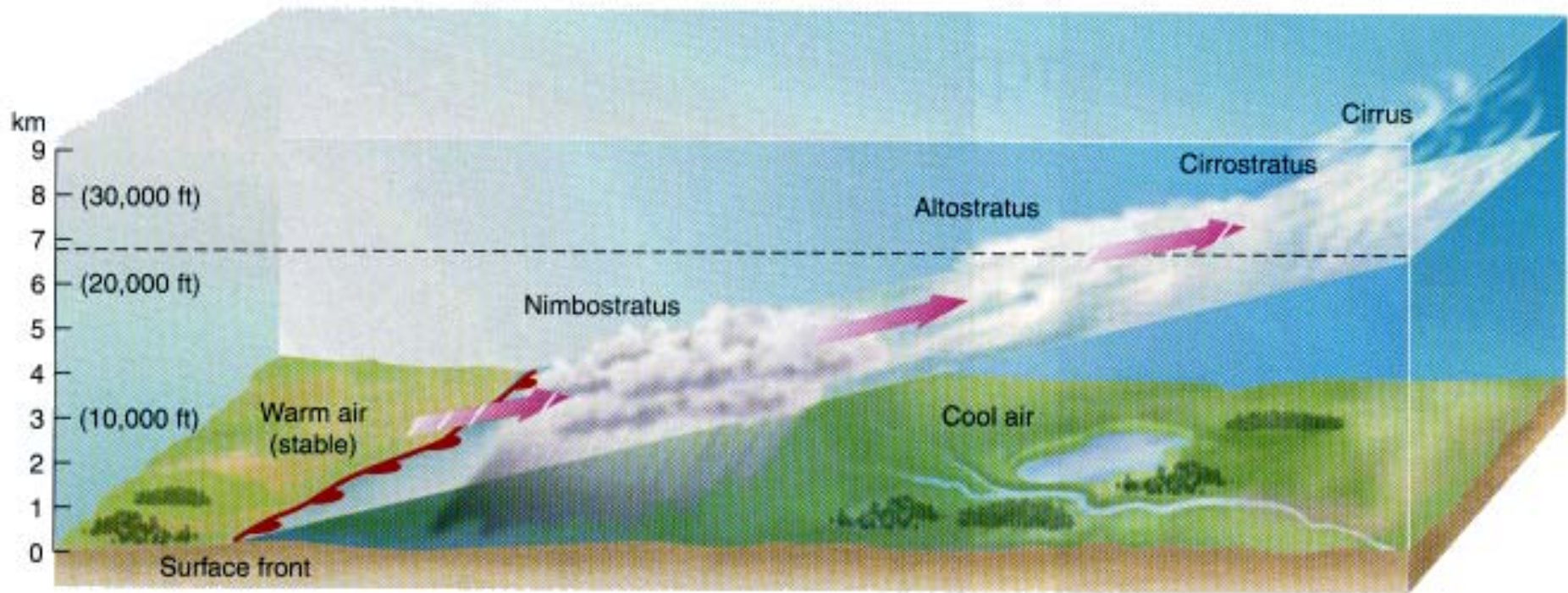
La structure verticale des fronts



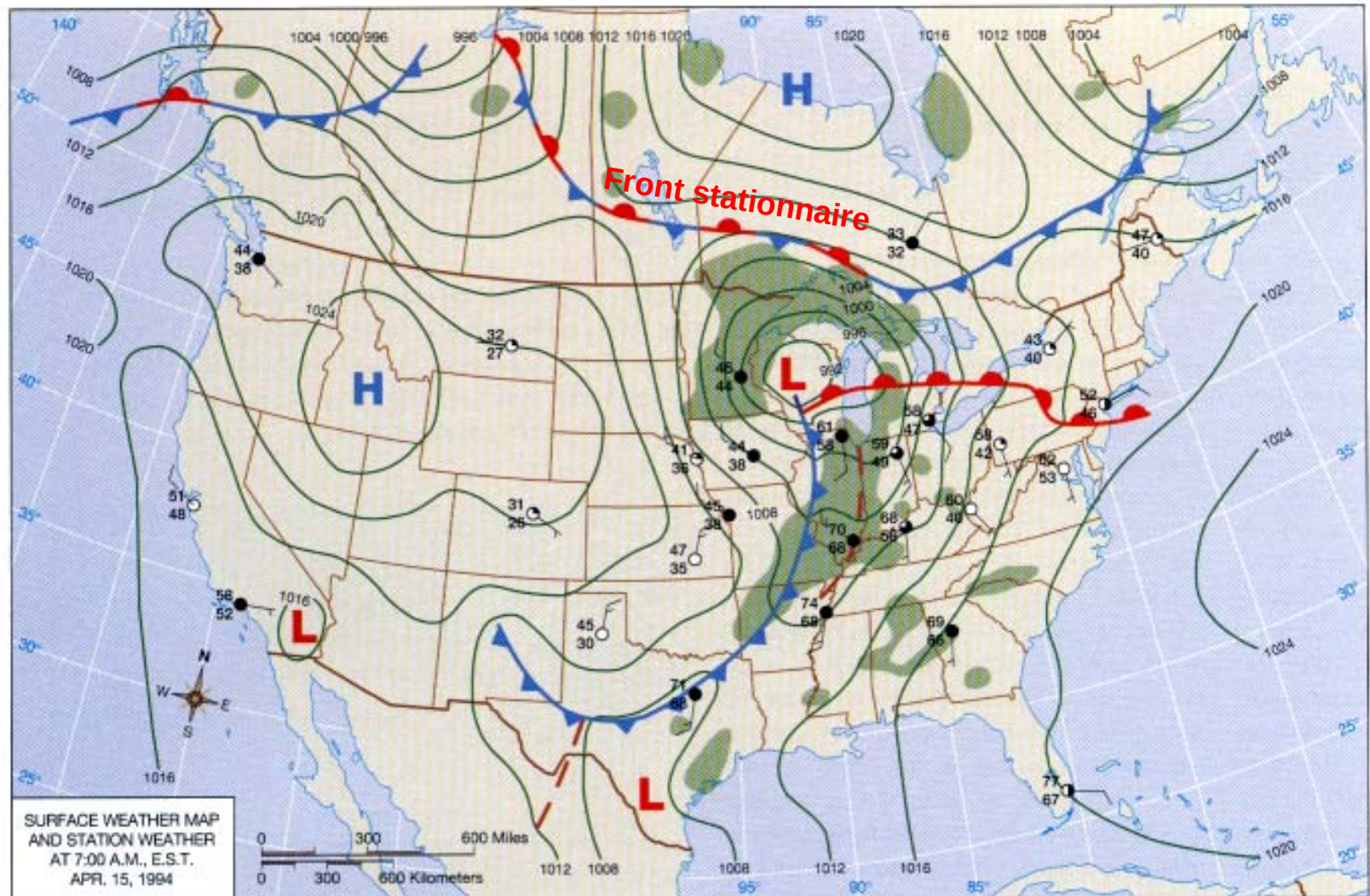
Le front froid



Le front chaud

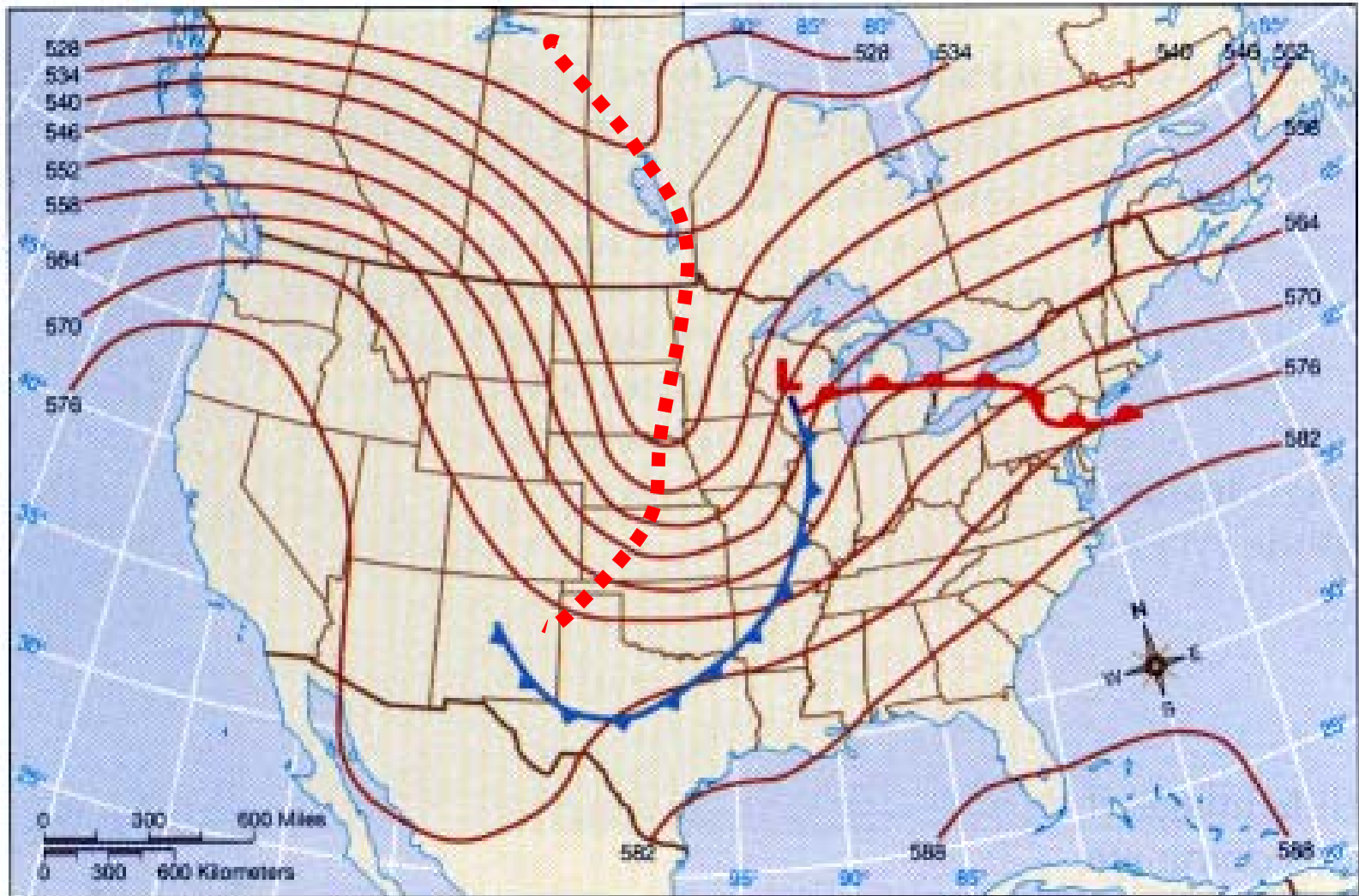


Conditions en surface - 1000 hPa



Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

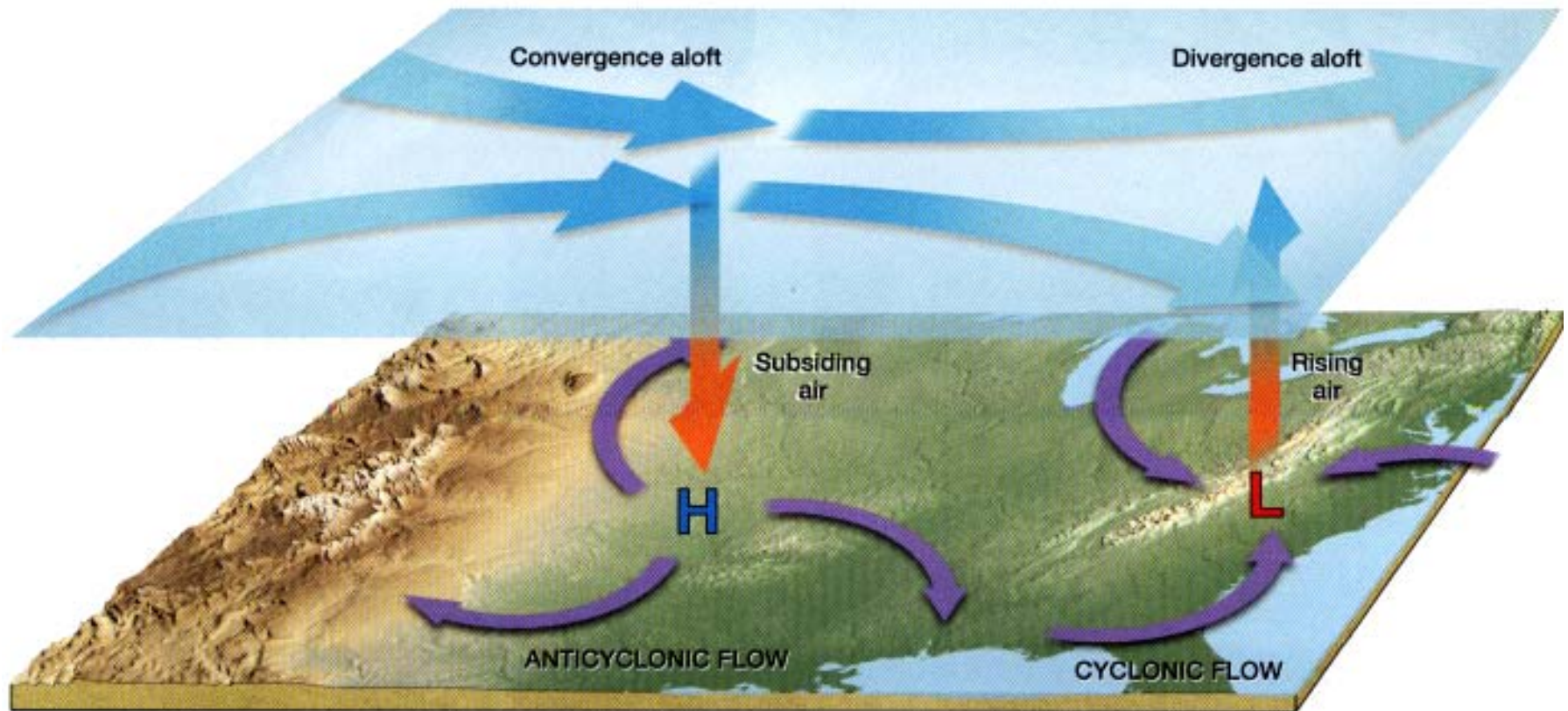
Conditions en altitude - 500 hPa



Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

La structure verticale

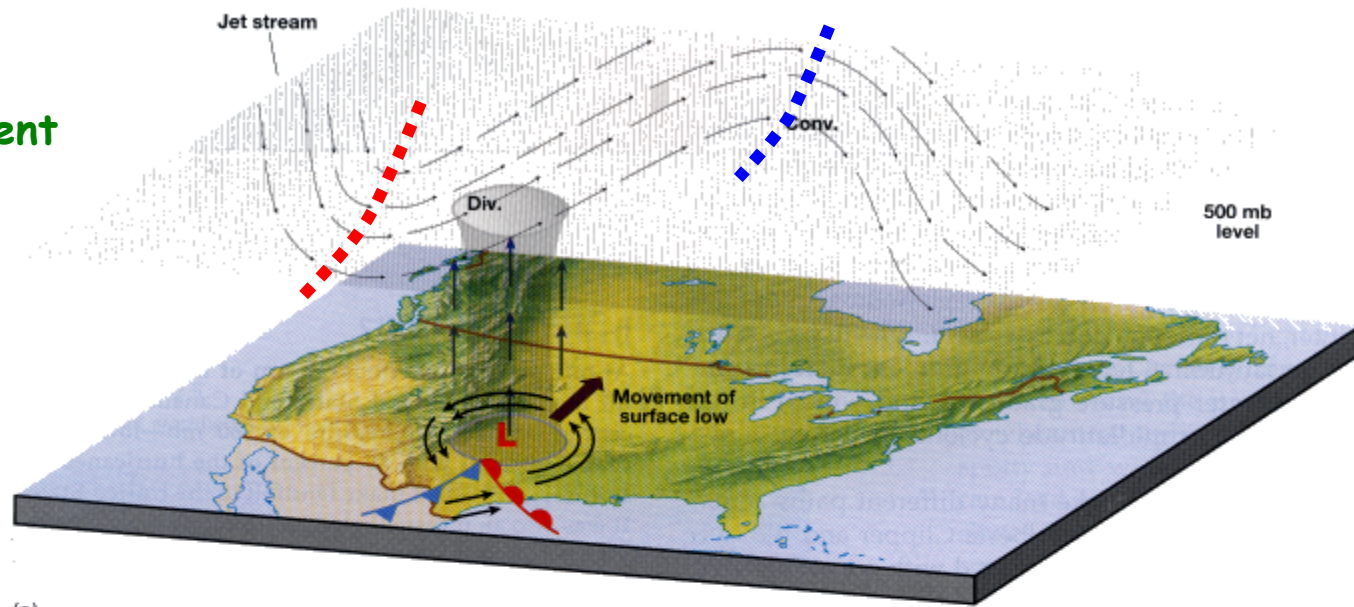
★★★10-40



La structure verticale

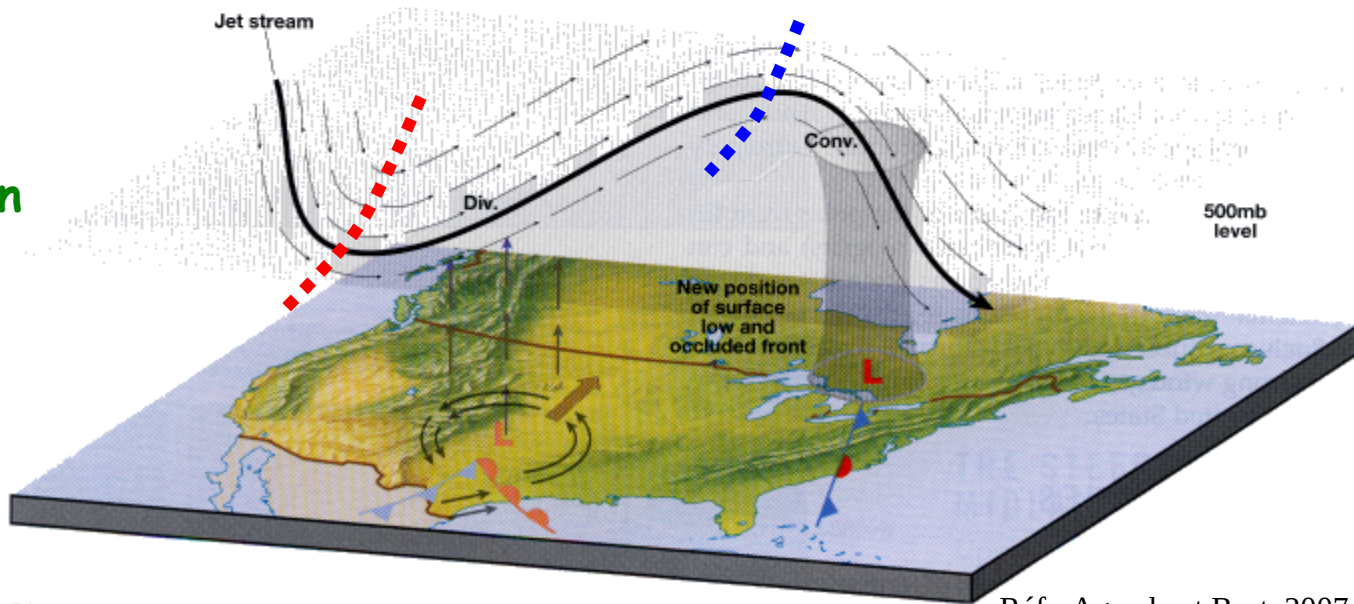
★★★10-41

Phase de
développement



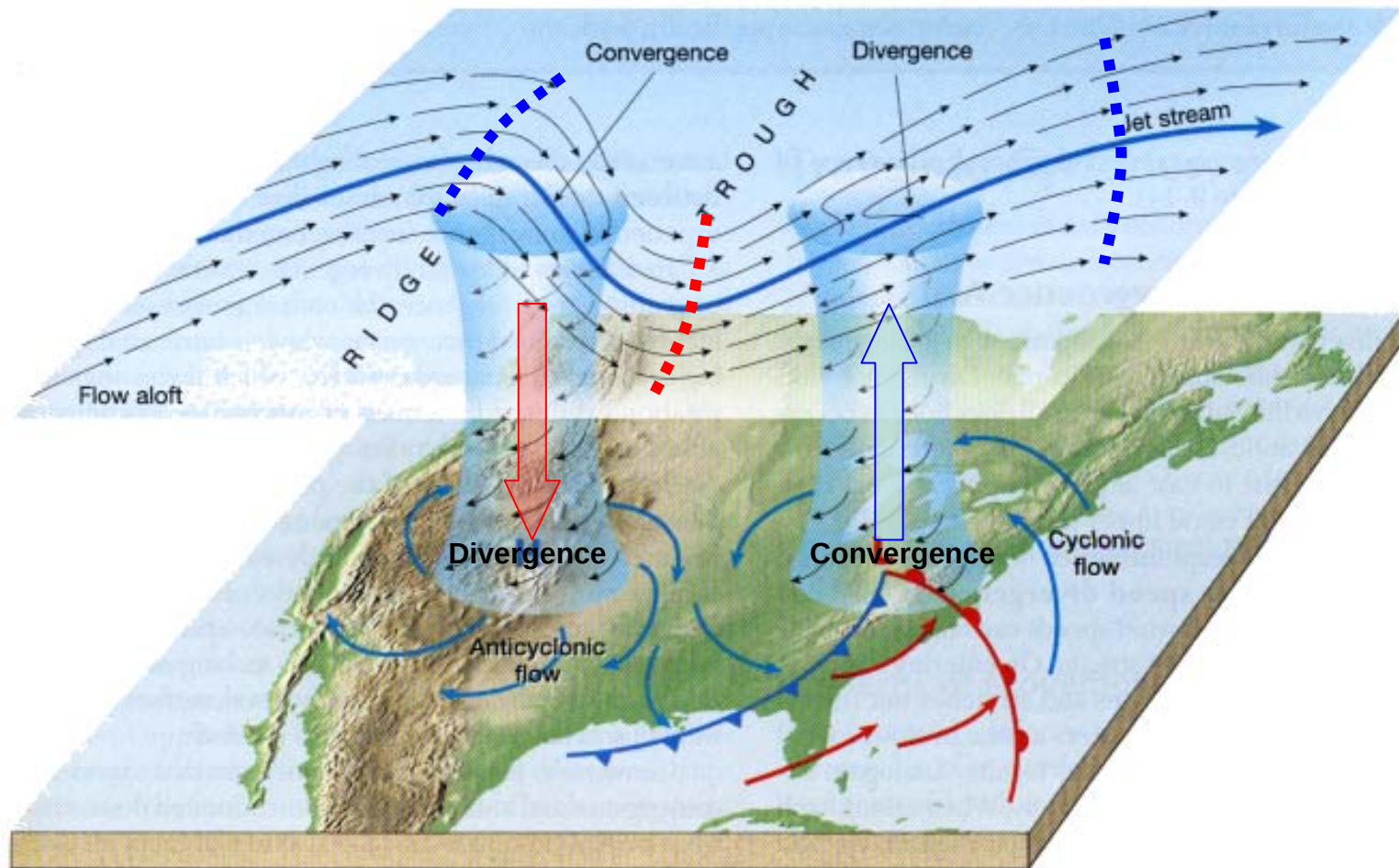
(a)

Phase de
dissipation



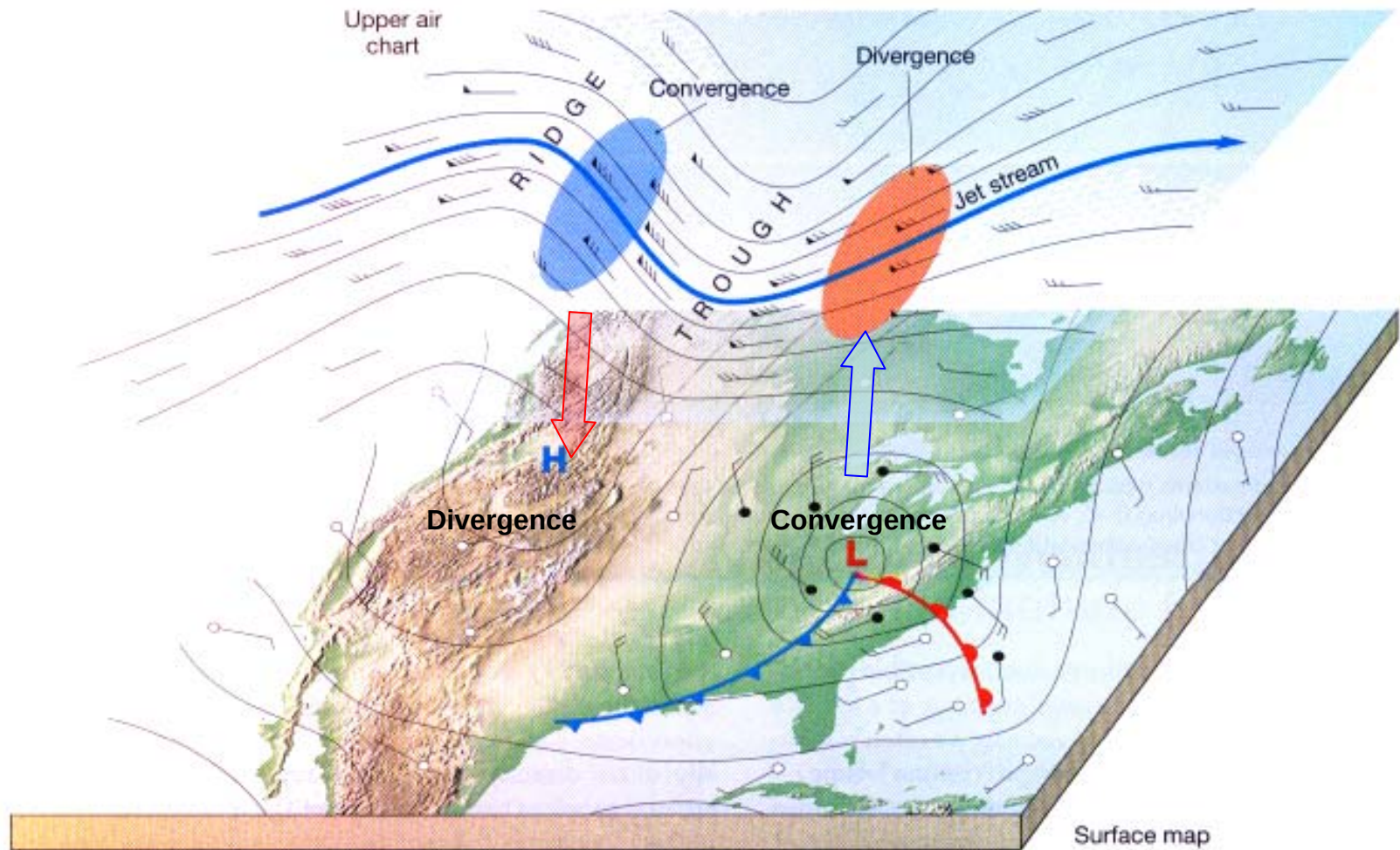
(b)

La structure verticale



La structure verticale

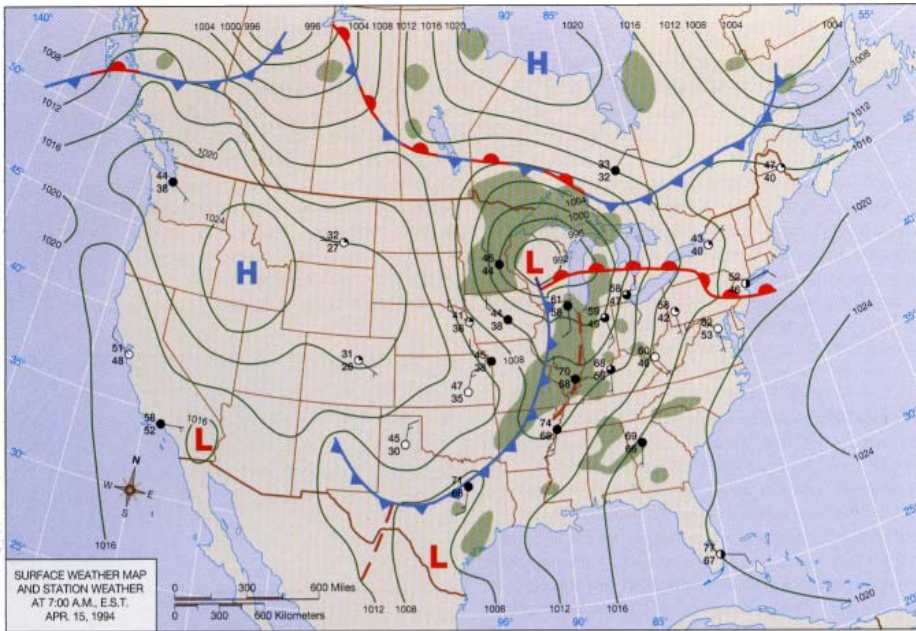
★★★10-43



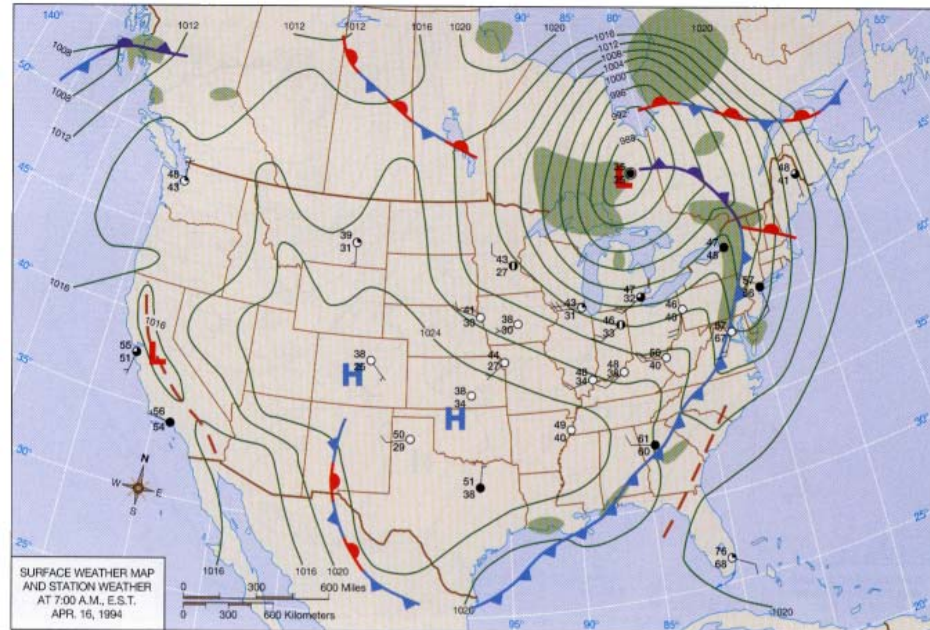
Systèmes météo - Jeune

La cyclogénèse

Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate



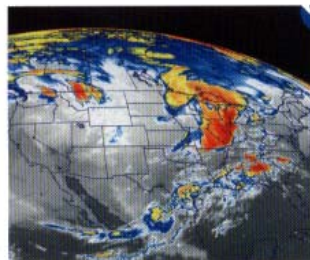
(a)



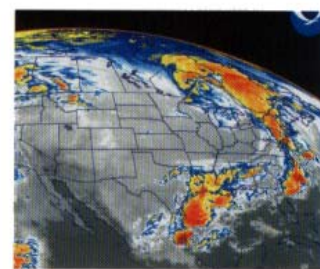
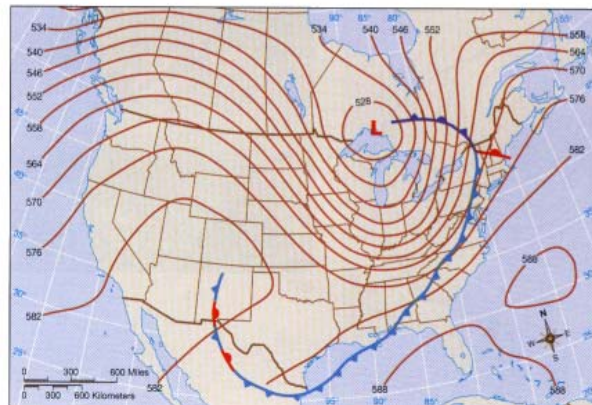
(a)



(b)



(c)

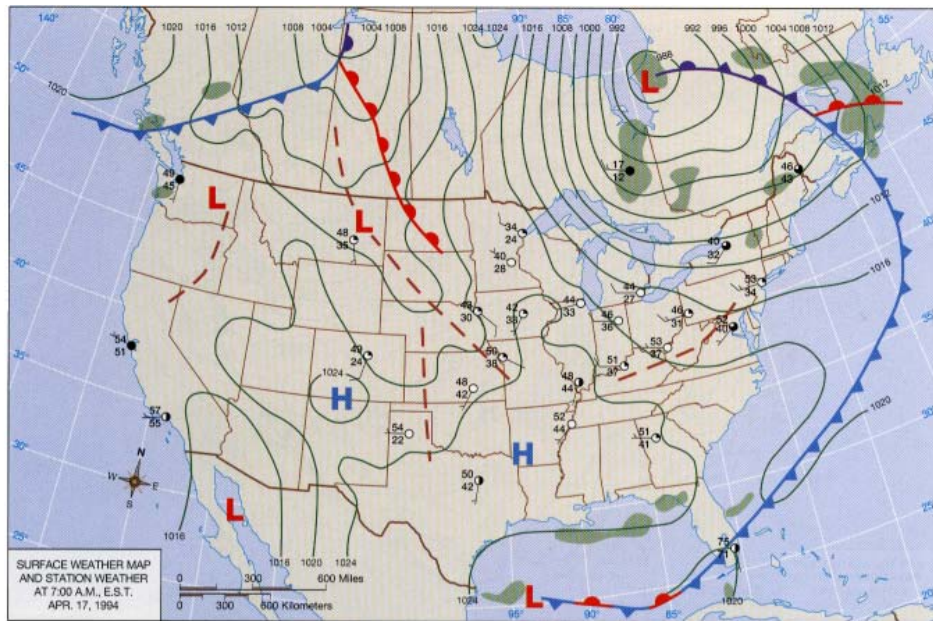


(c)

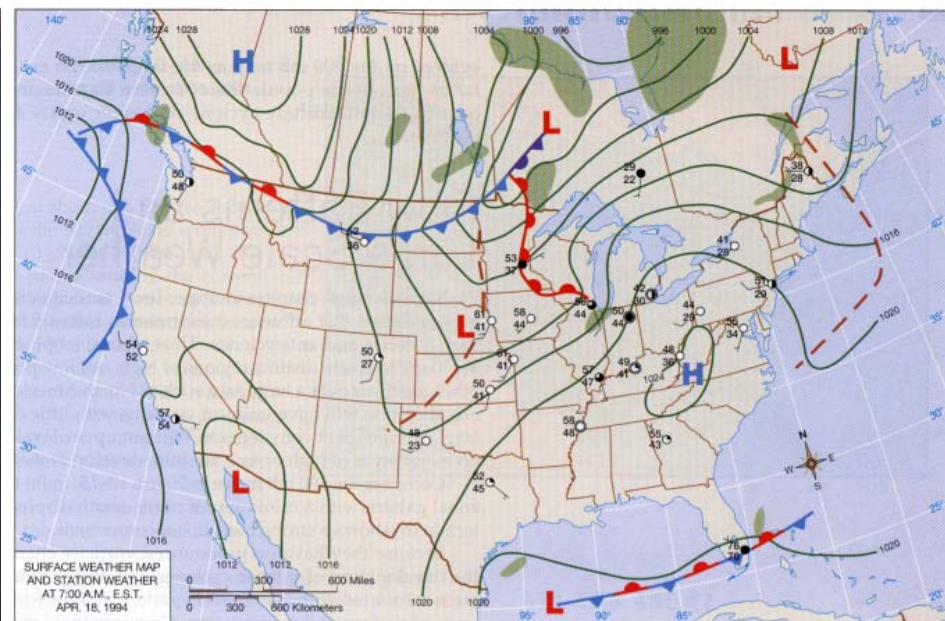
Systemes météo - Mature

La cyclolyse

Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate



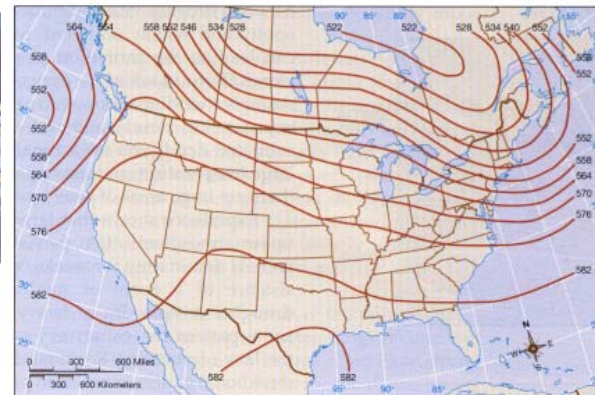
(a)



(a)

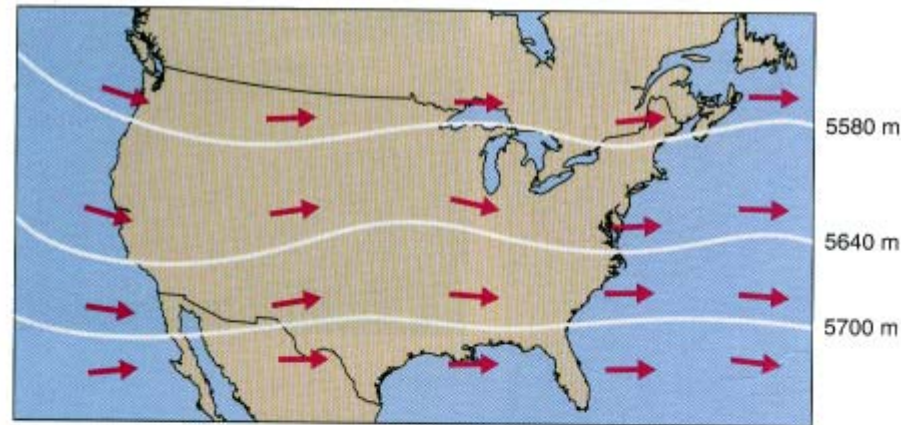


(c)

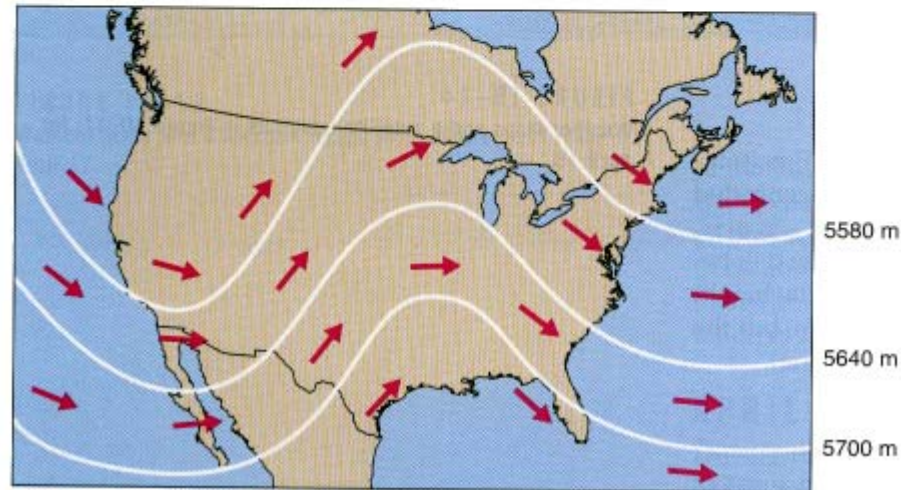


(c)

Circulation zonale ou méridionale?

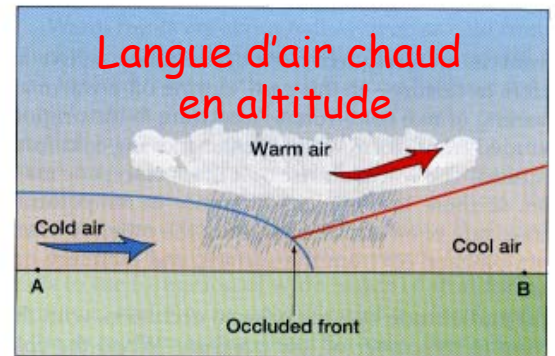
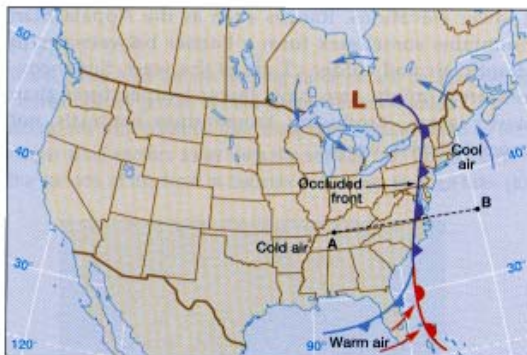
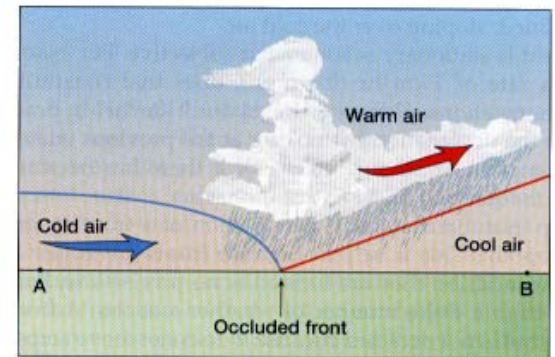
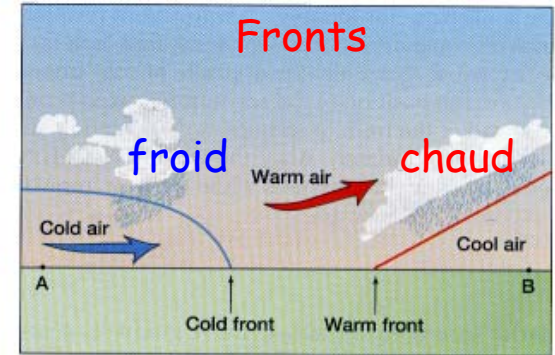
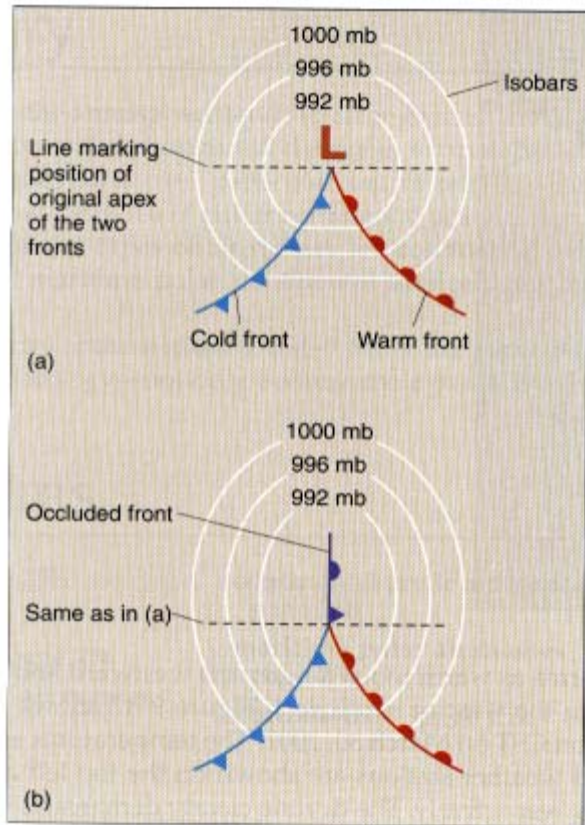


(a)

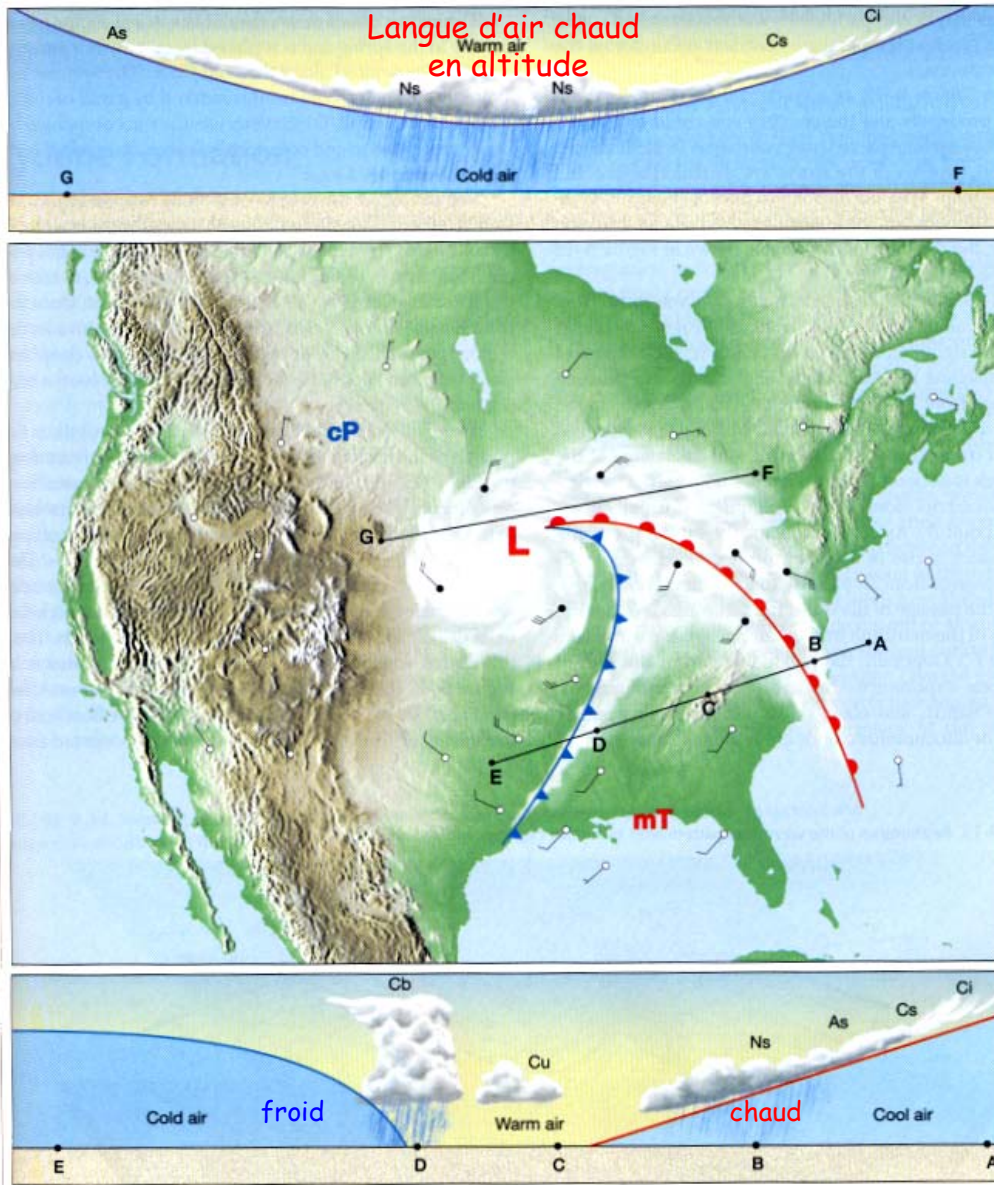


Réf.: Aguado et Burt, 2007: Weather and Climate

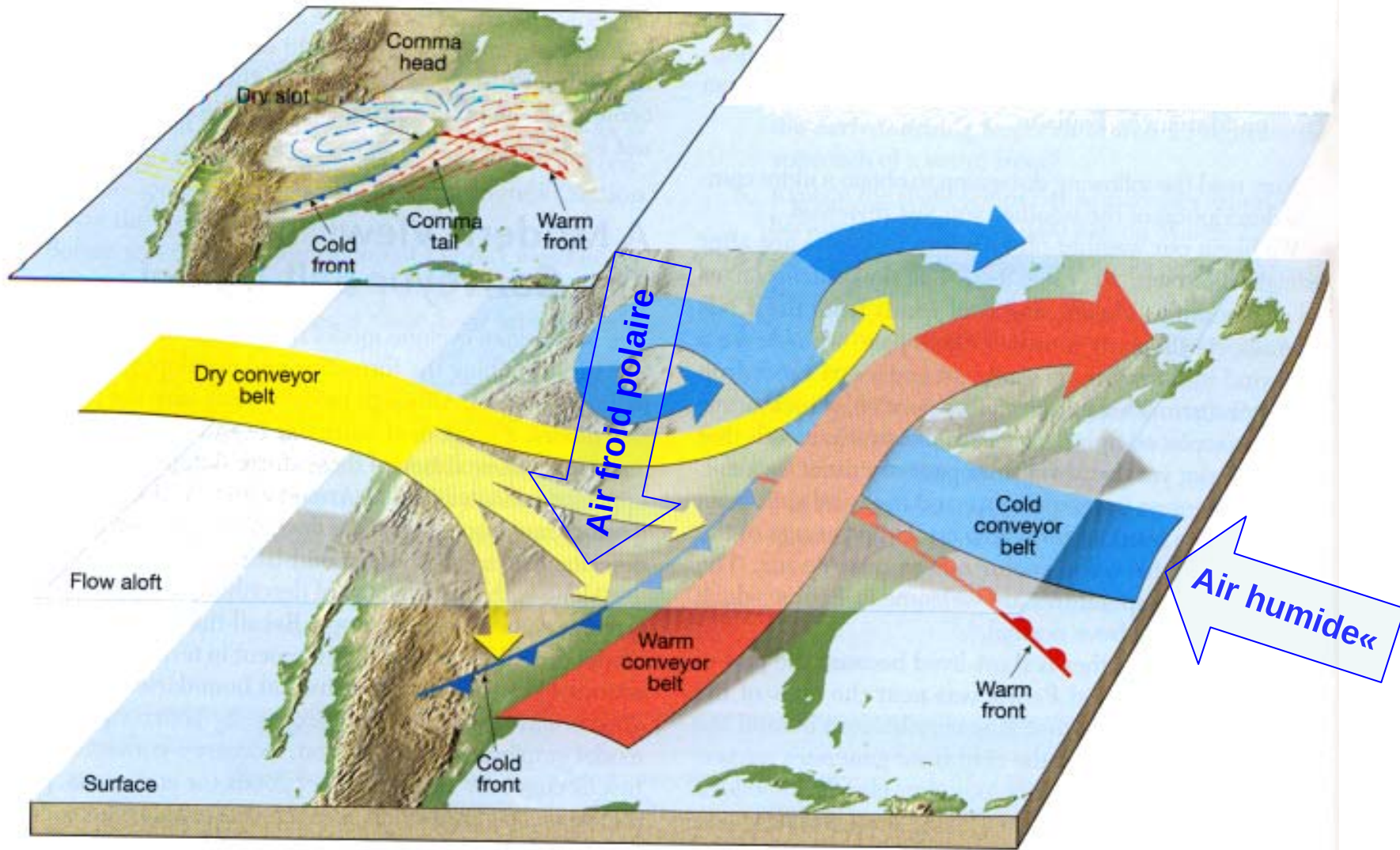
L'occlusion des fronts



L'occlusion des fronts



Circulation des masses d'air et les fronts

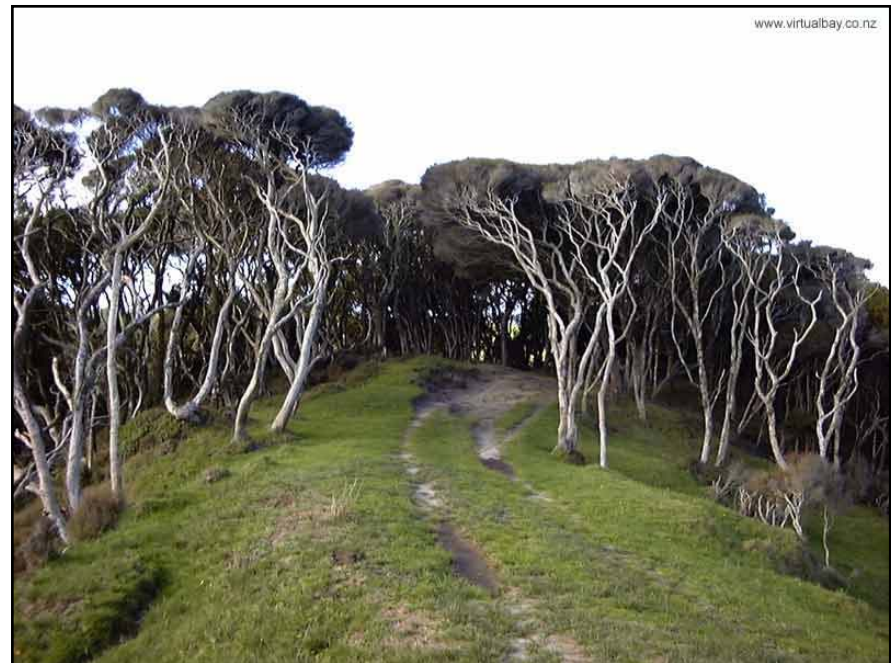


Des arbres sculptés par le vent



© 2005 Thomson - Brooks/Cole

Arbres drapeau



www.virtualbay.co.nz