

L'atmosphère en mouvement

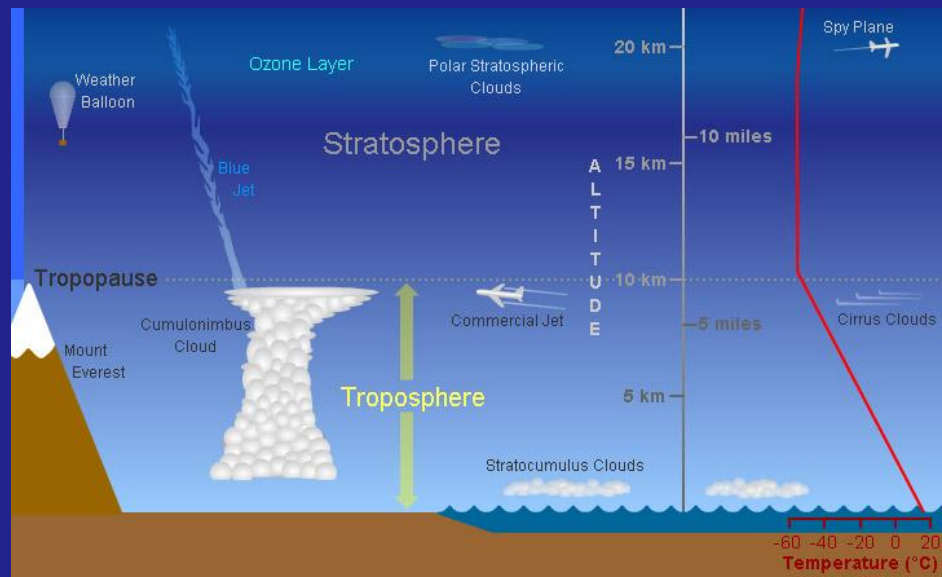
Joël Marceaux, Météo-France

Les mécanismes du vent autour de la planète

Circulation générale en altitude et au sol

Phénomènes violents

Potentiel éolien



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

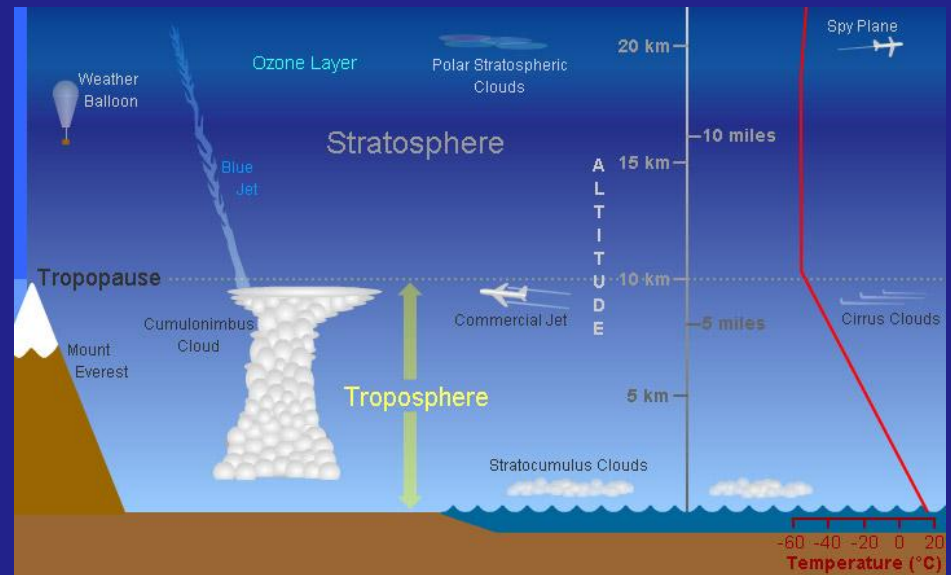
L'atmosphère en mouvement

Les mécanismes du vent autour de la planète

Circulation générale en altitude et au sol

Phénomènes violents

Potentiel éolien



Joël Marceaux, Météo-France

Plantons le décor

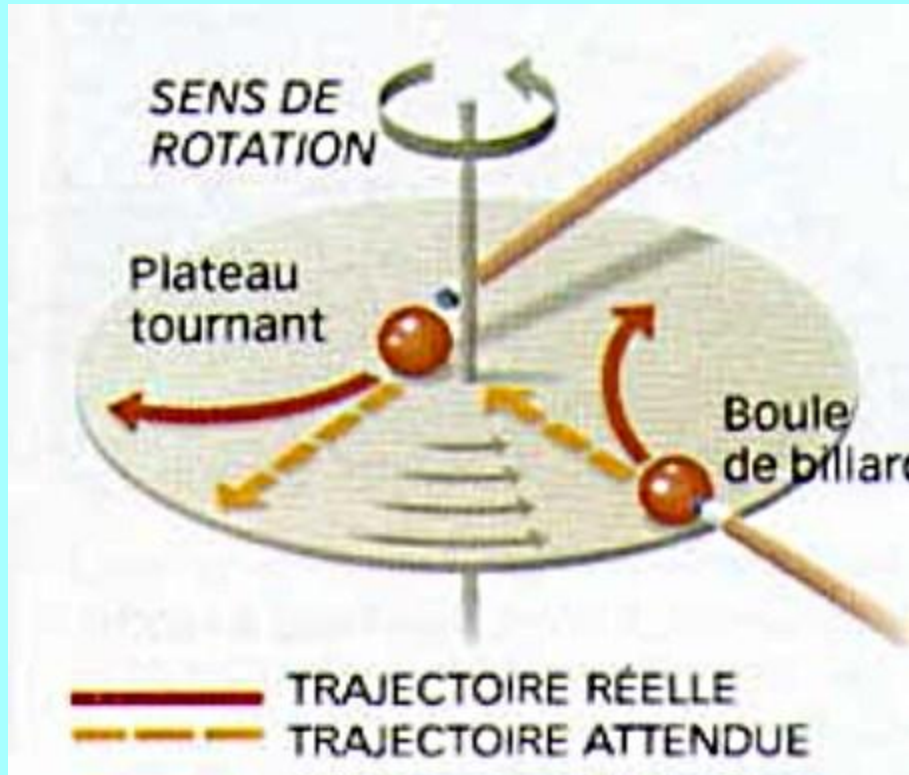


15 km de troposphère
pour 12800 km de terre

Des continents, des
montagnes.

Et pourtant elle tourne !

Coriolis



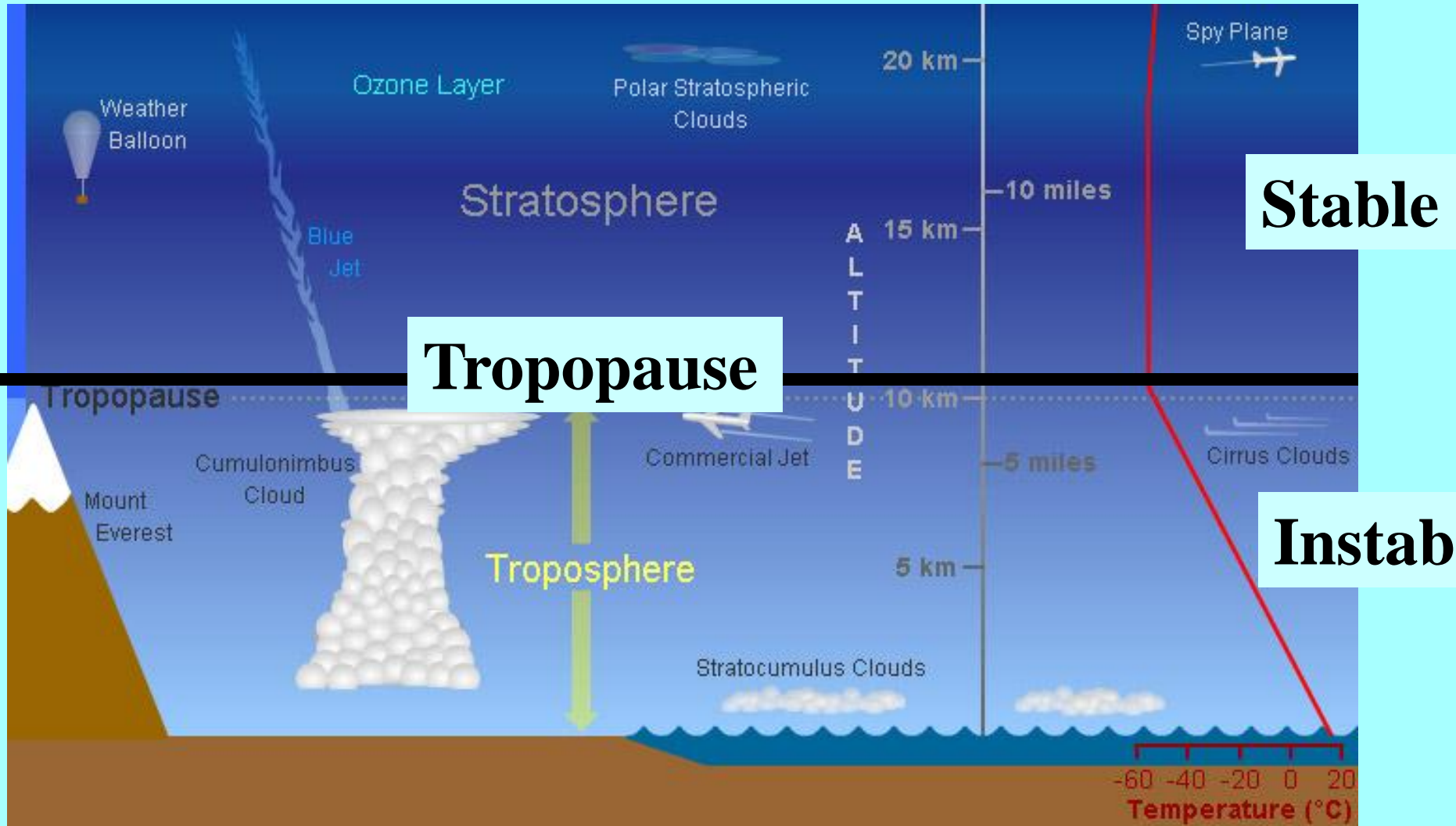
$$\vec{F}_C = -2m\vec{\Omega} \wedge \vec{v}$$

$$F_c = -2\Omega \cdot \sin(\text{Lat})$$

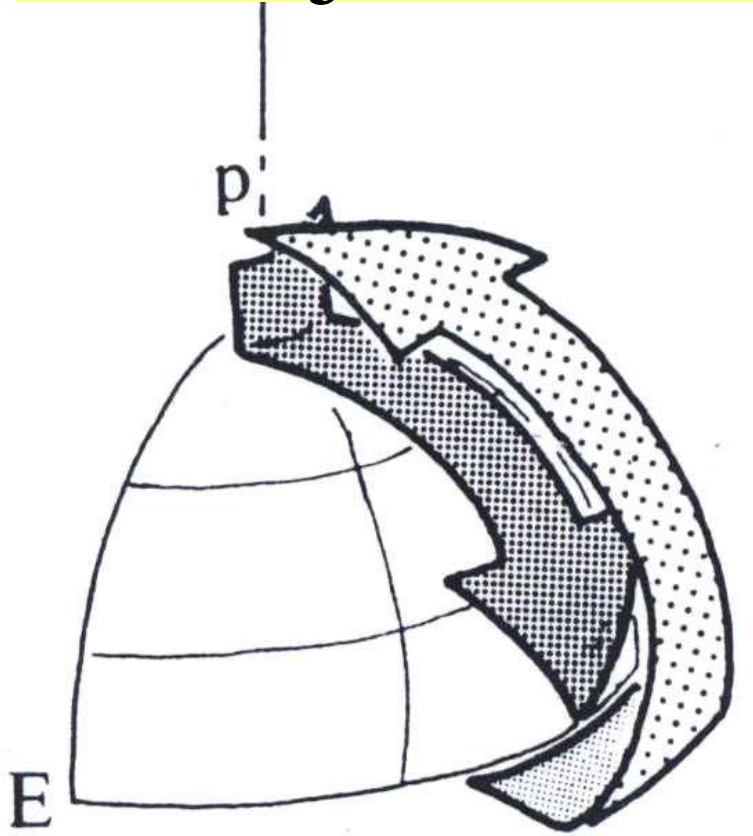
Force d'inertie ou
d'entraînement

Dévie les objets en
mouvement vers la droite
dans l'hémisphère nord (
à gauche dans le sud)

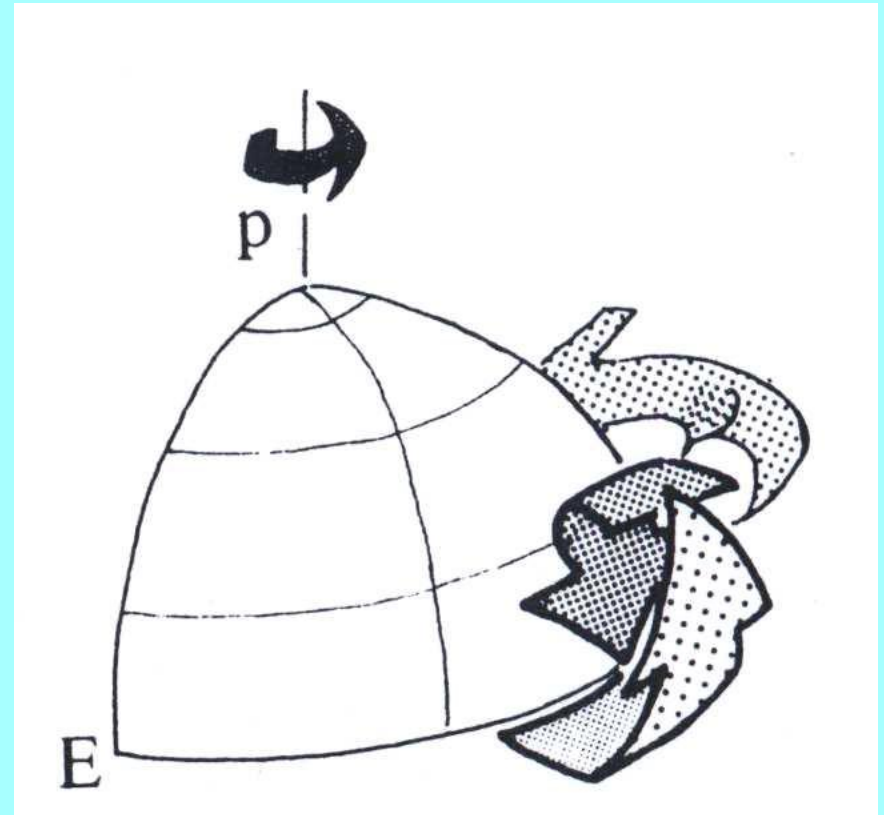
La troposphère



Cellule Hadley (chauffage solaire) et jet stream (rotation terrestre)

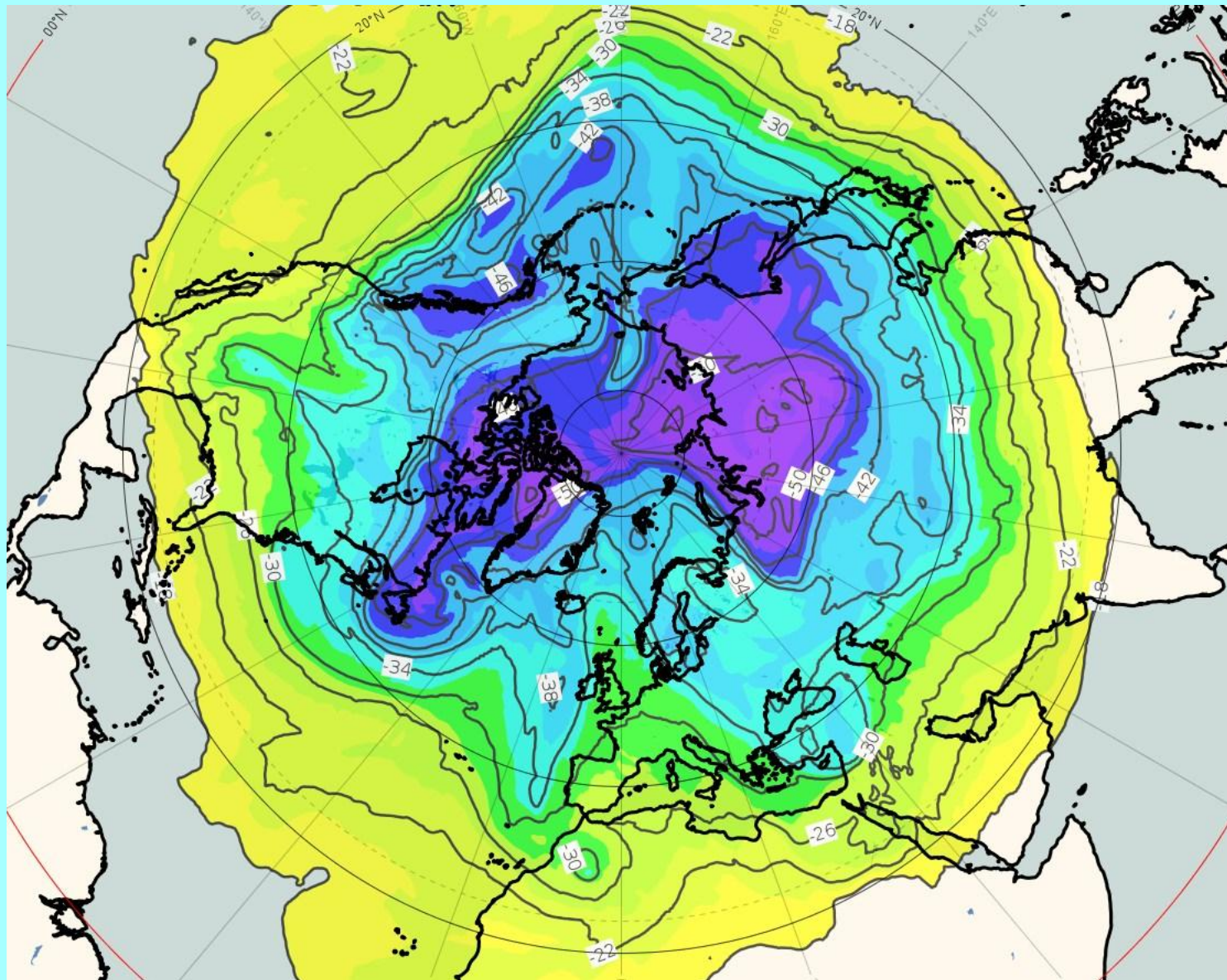


Sans rotation de la terre la chaleur équatoriale rejoint directement le pôle.

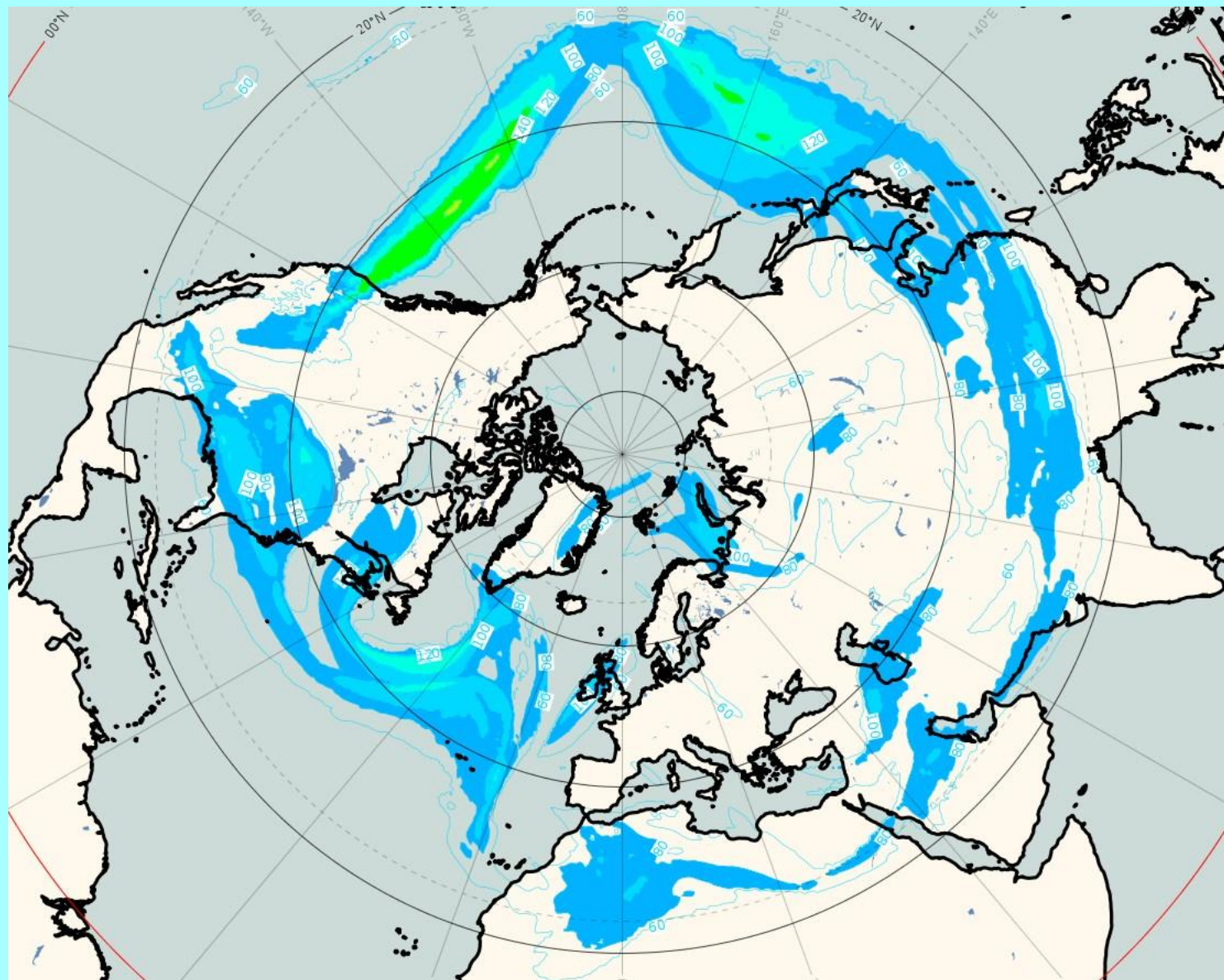


Avec rotation de la terre le courant est dévié vers l'est formant ainsi le jet subtropical en altitude.

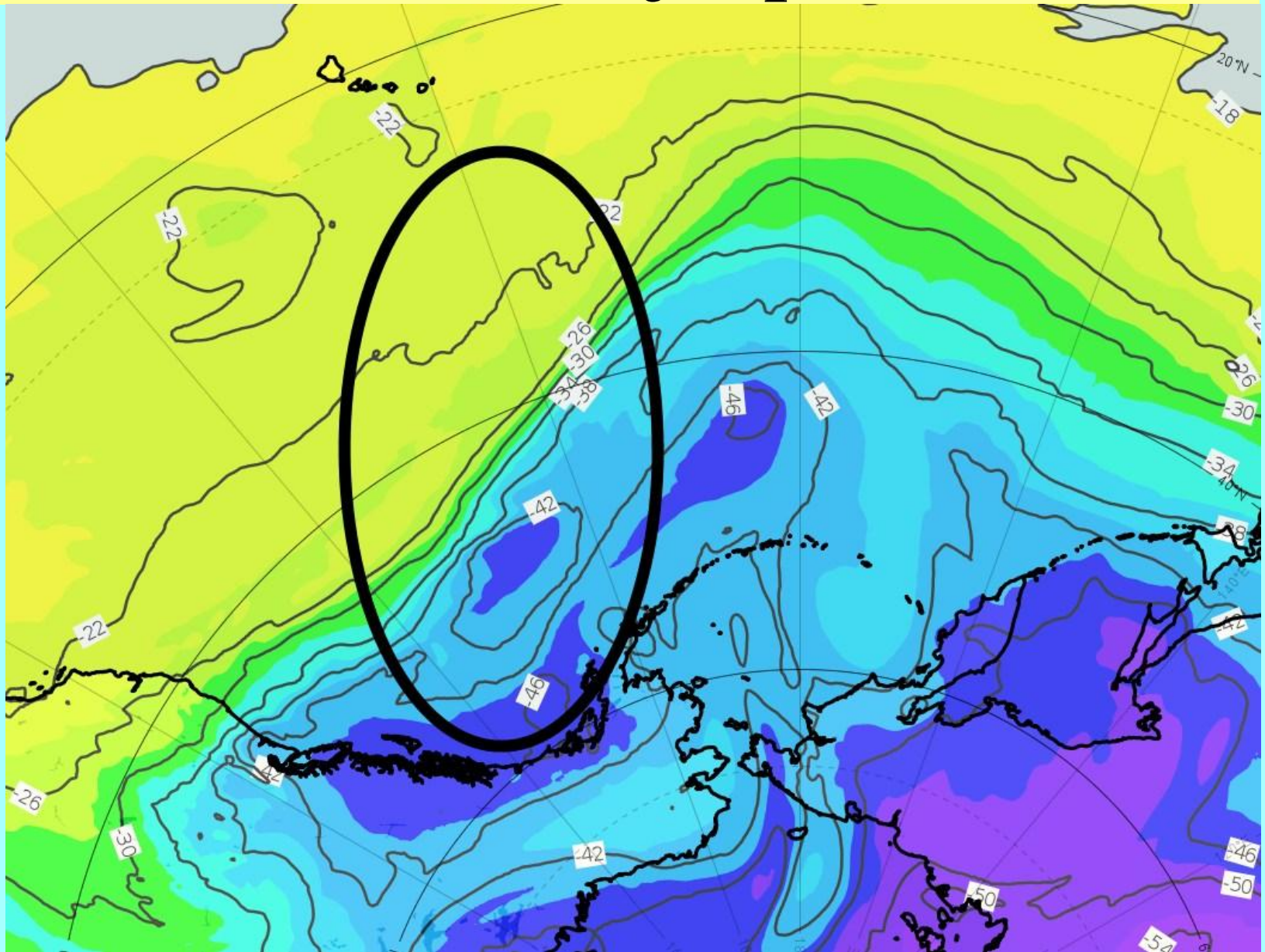
Le courant jet polaire



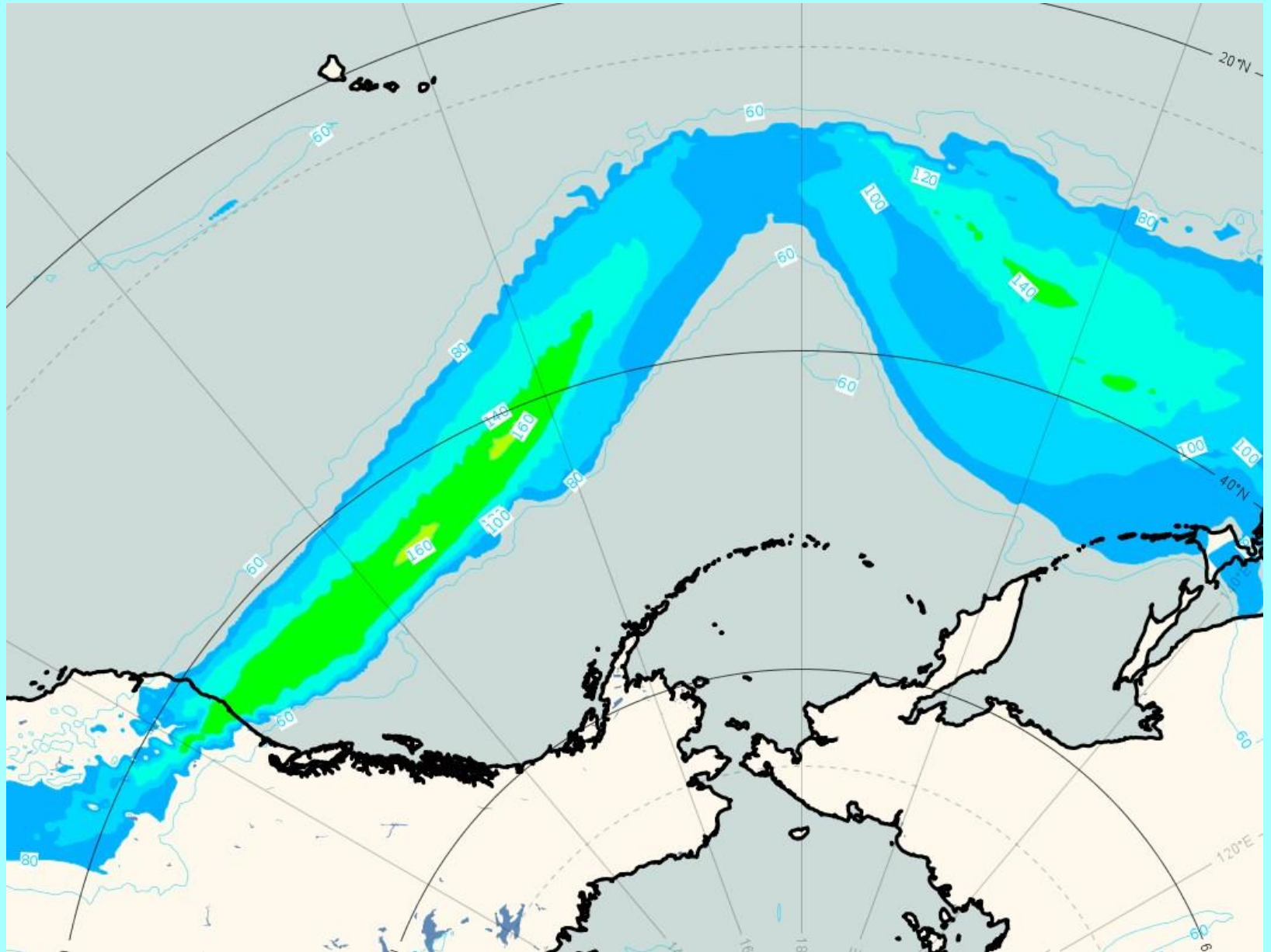
Le courant jet polaire



Le courant jet polaire



Le courant jet polaire



Le courant jet polaire

Ainsi on rencontre dans la haute troposphère un courant très rapide de vent d'ouest dont la position varie en permanence selon un schéma ondulatoire et qui marque la brusque séparation entre les masses d'air polaires et l'air tropical.

Ceci s'explique en météorologie par la notion du vent thermique qui relie le gradient horizontal de température au gradient vertical du vent.

Résumé du vent en moyenne et haute altitude

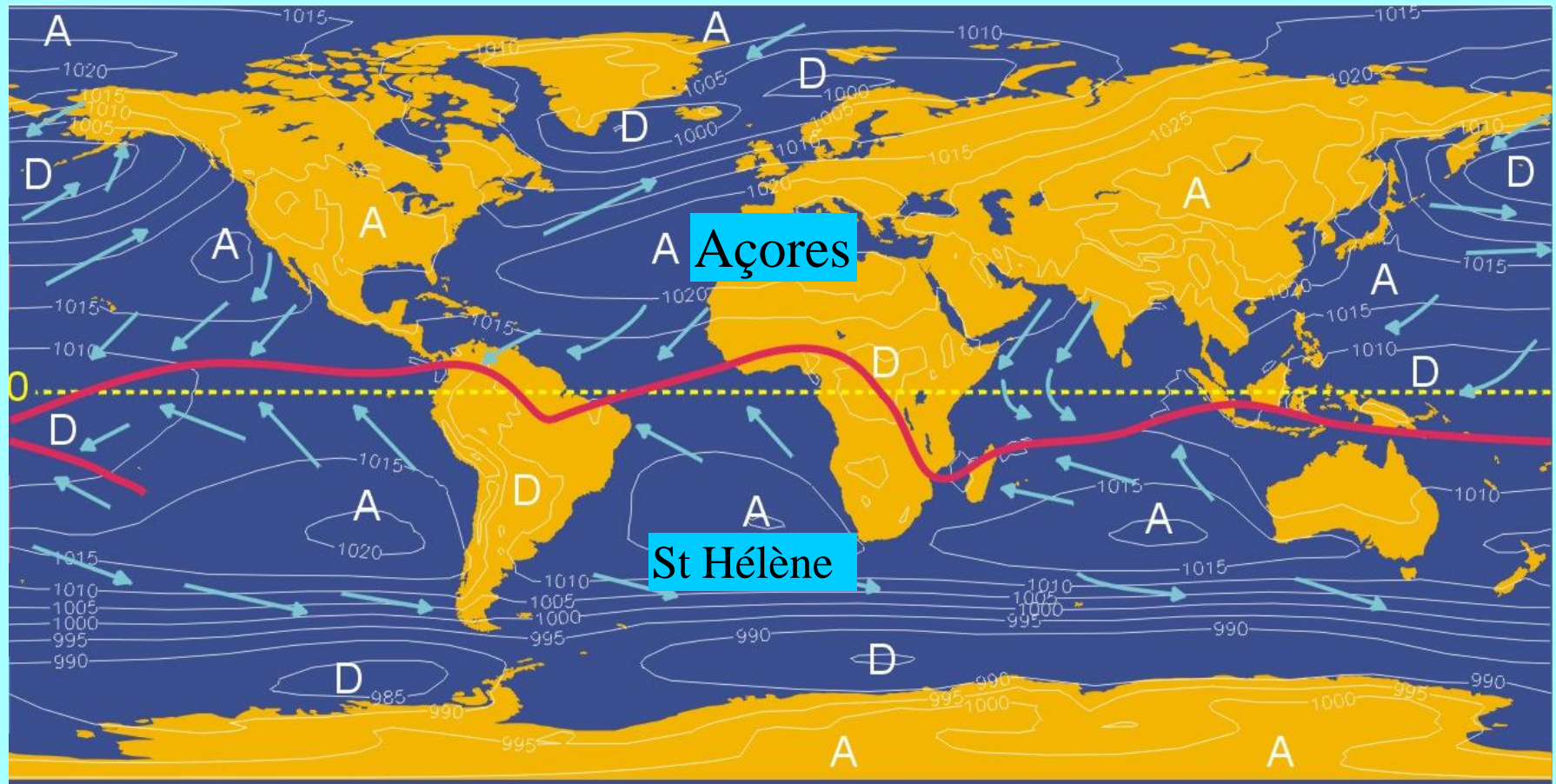
Courant polaire

courant sous-tropical

équateur



Champ de pression en surface



Le vent géostrophique

Hypothèse
de frottement nul

$$\vec{V}_g = \frac{1}{\rho f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_h (P)$$

Haute pression

Basse pression

1015

1015

F_p

F_p

V_g

V_g

F_c

F_c

frottement

1020

1020

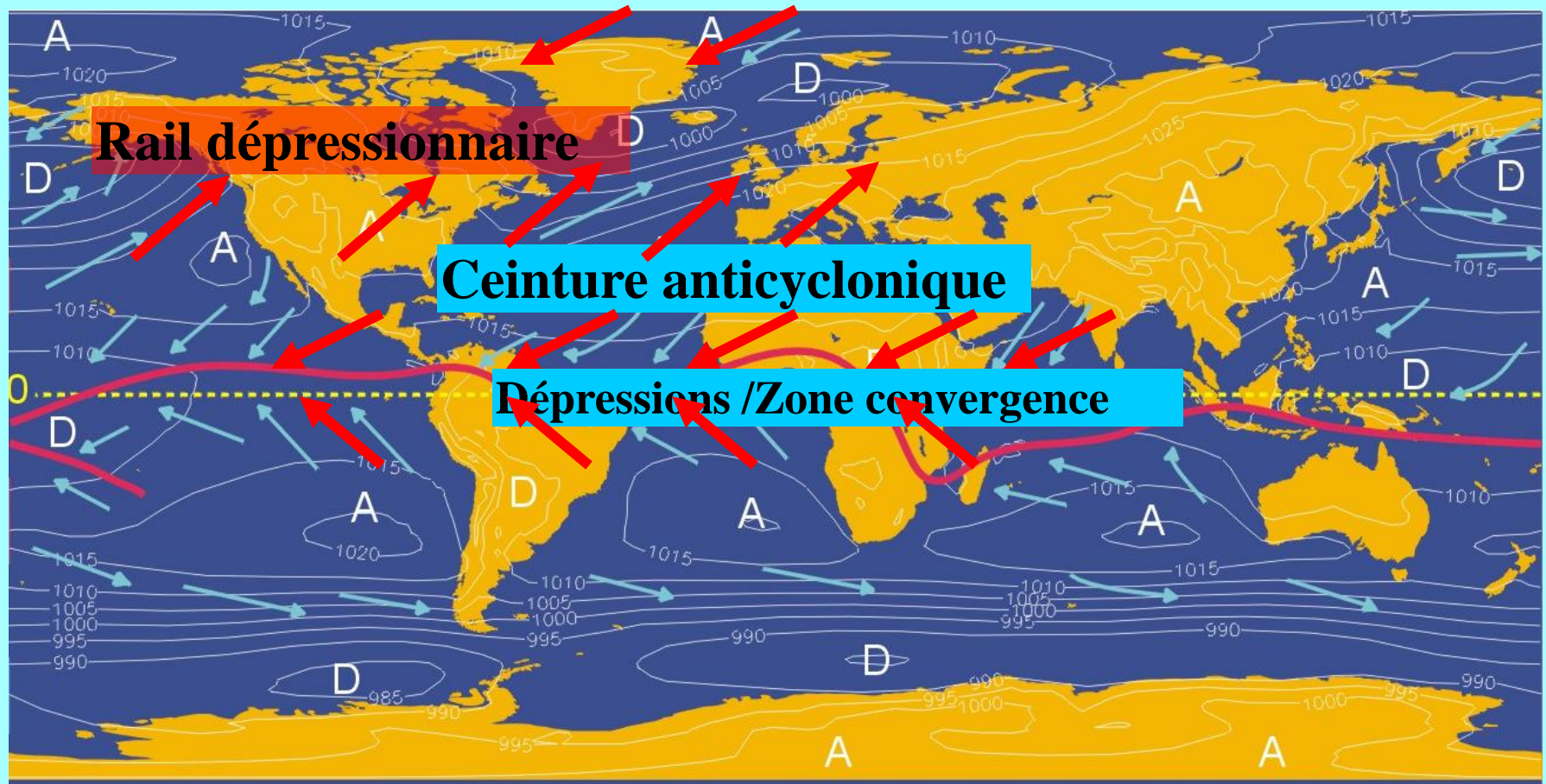
**La vitesse du vent est proportionnelle
au gradient horizontal de pression**

n

Par l'image

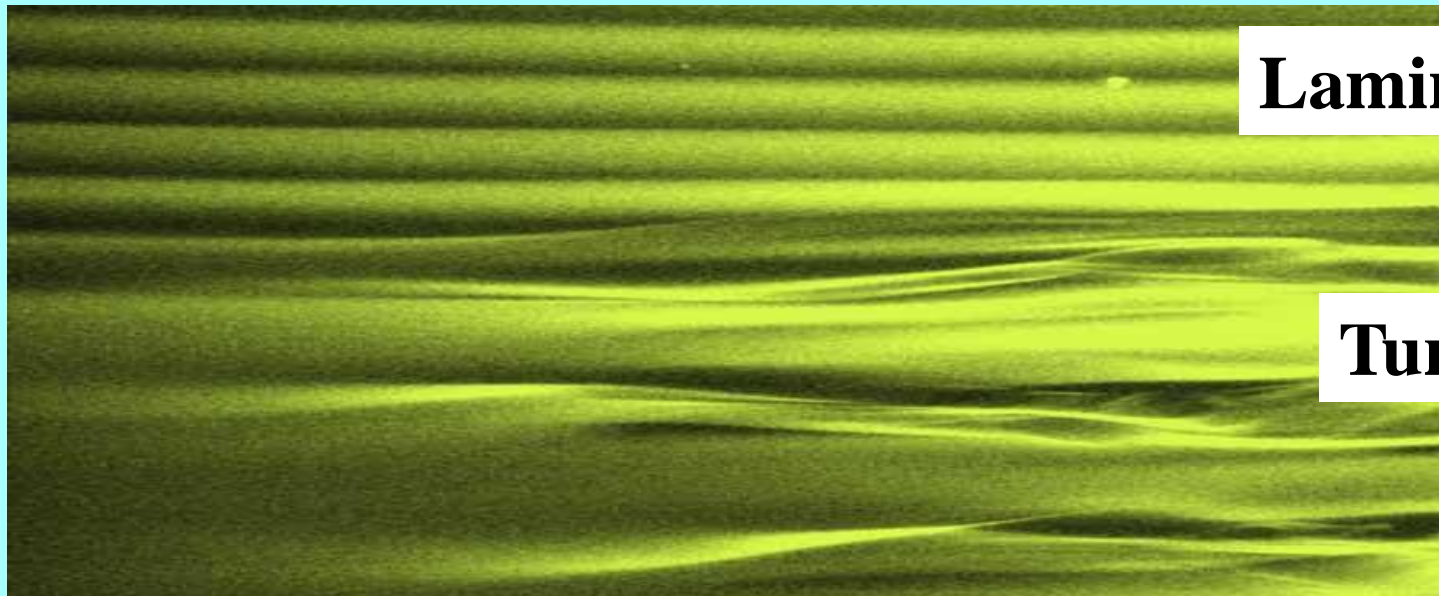


Champ de pression et vent en surface



La couche limite - CLA

- Une zone d'interaction entre le courant aérien et le sol.
- Epaisseur variant de 300 à 1500 m.
- Marqué par la turbulence due au frottement et à la convection.



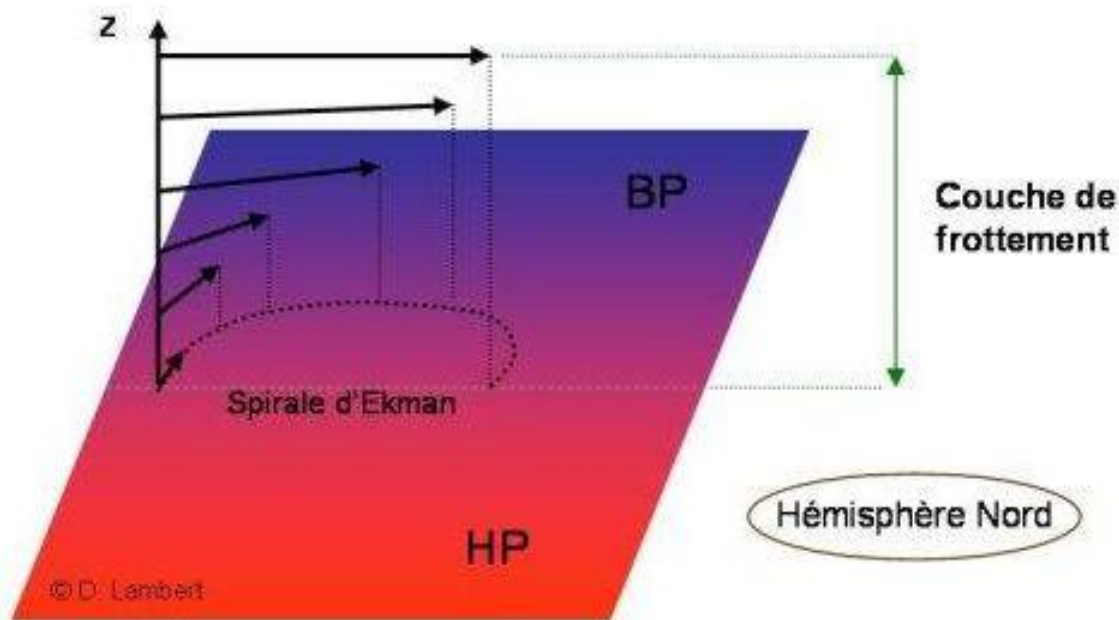
Laminaire

Turbulent

La couche limite - CLA

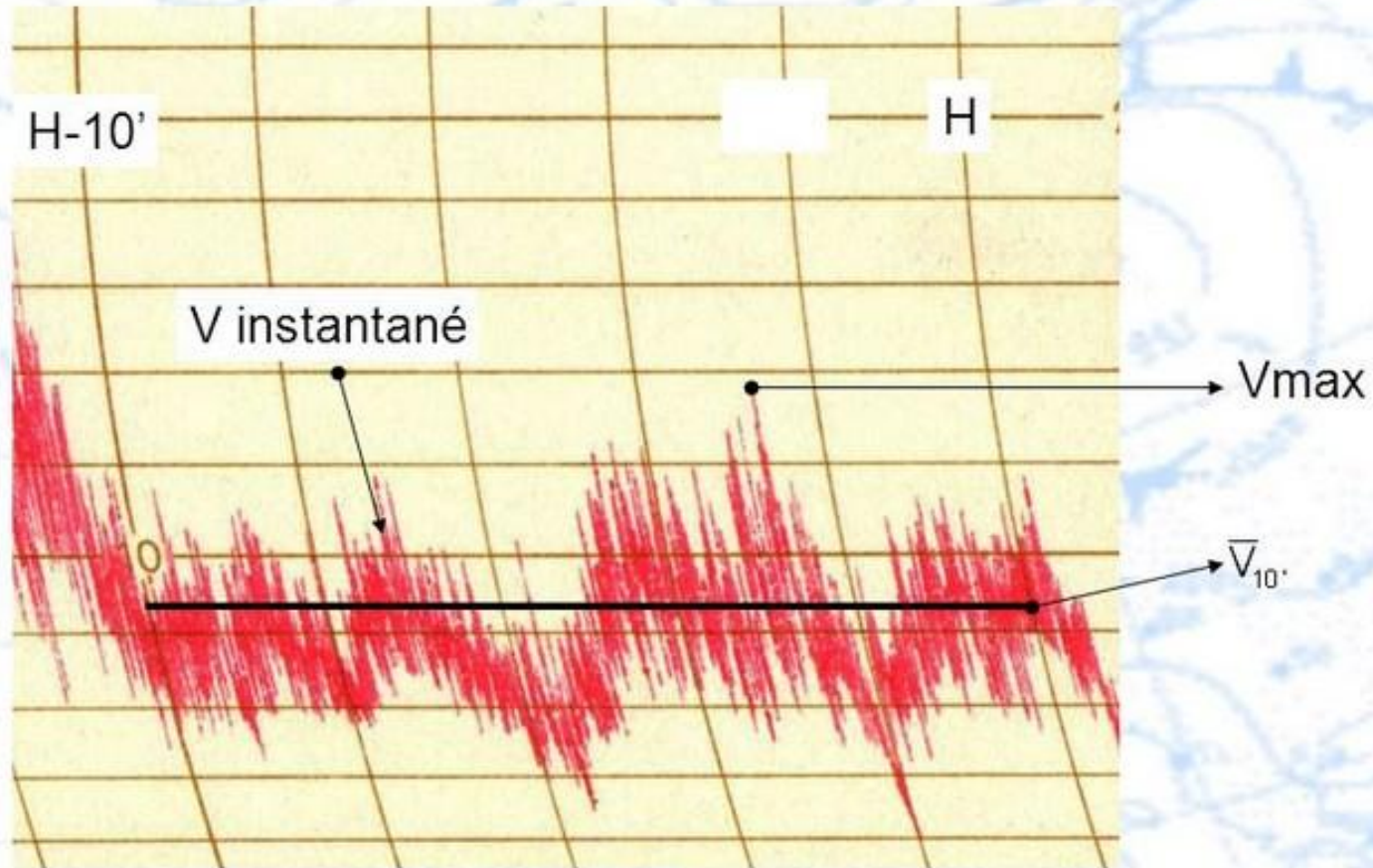
La direction du vent tourne vers la droite en s'élevant tandis que sa force s'accroît.

LA SPIRALE D'EKMAN [9]



Variation du vent

Enregistrement de vent



Définitions, unités et mesures

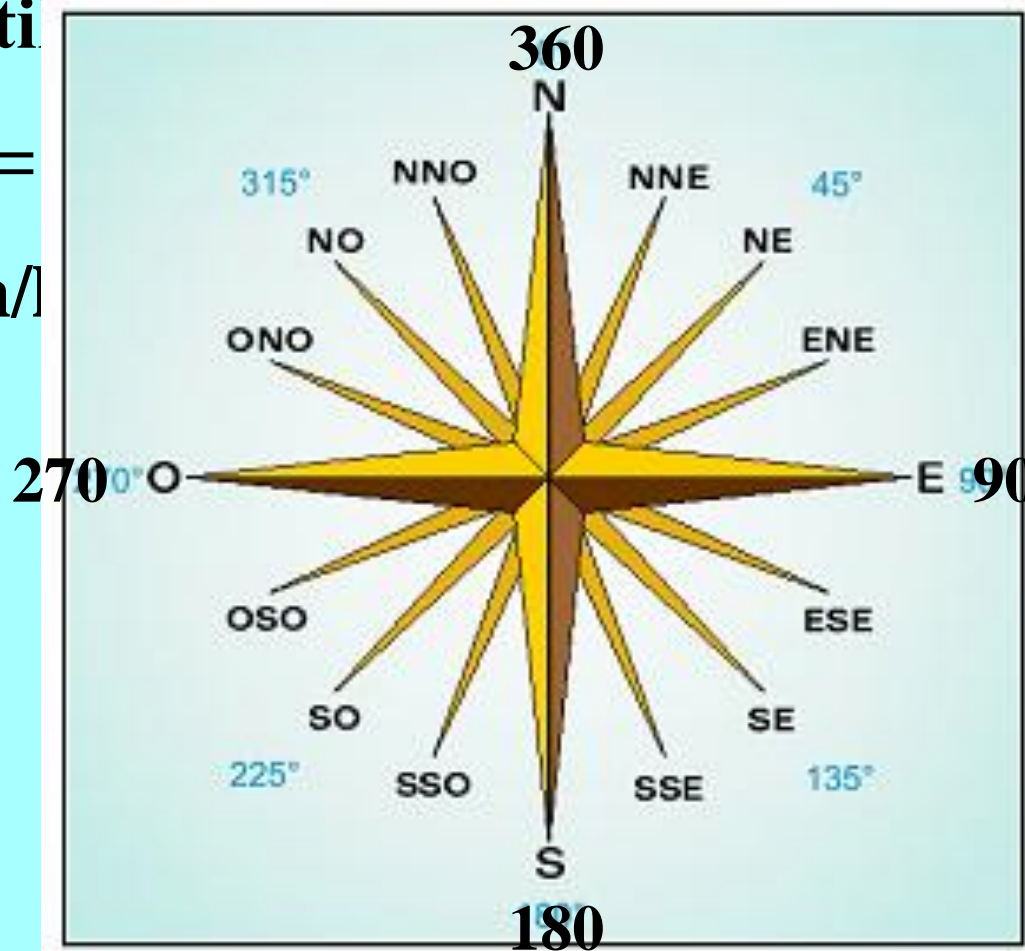
La force du vent se mesure en m/s (vitesse)

En météorologie, en aéronautique et navigation on utilise

1 kt =

1 km/h

(nautique)



Vent moyen et instantané

Le vecteur vent est moyenné sur les 10 dernières minutes

Le vent instantané sur une demi-seconde

On parle de rafales quand le vent instantané dépasse de 10 kt le vent moyen

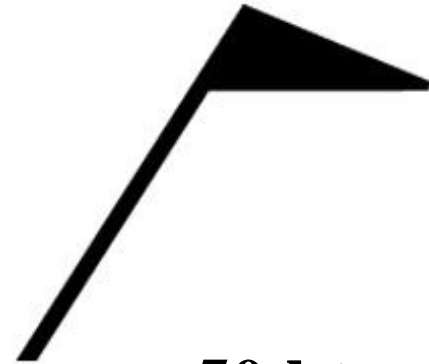
Représentation graphique



hampe



calme



50 kt



65 kt



5 kt

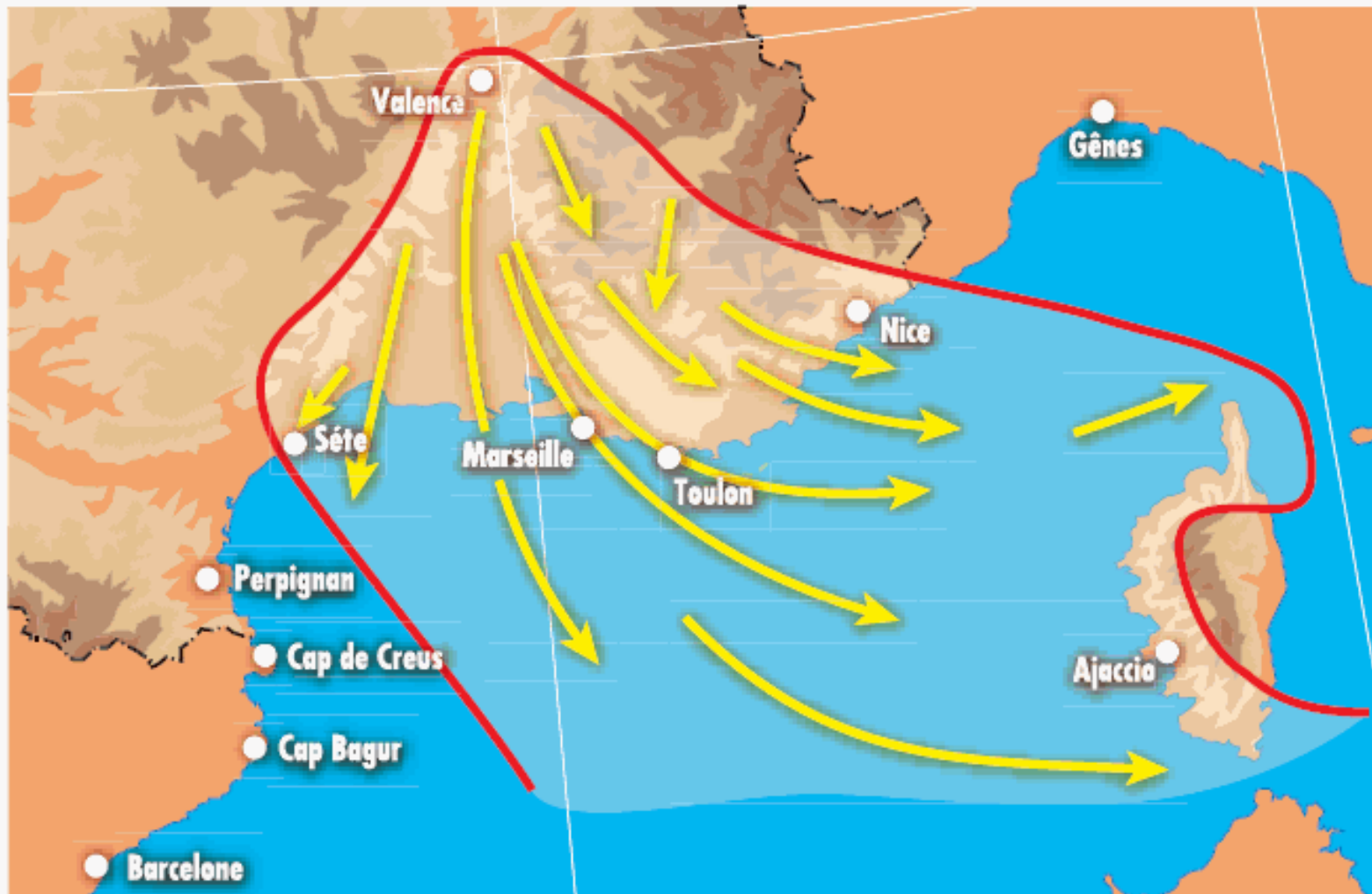


10 kt

Les vents régionaux

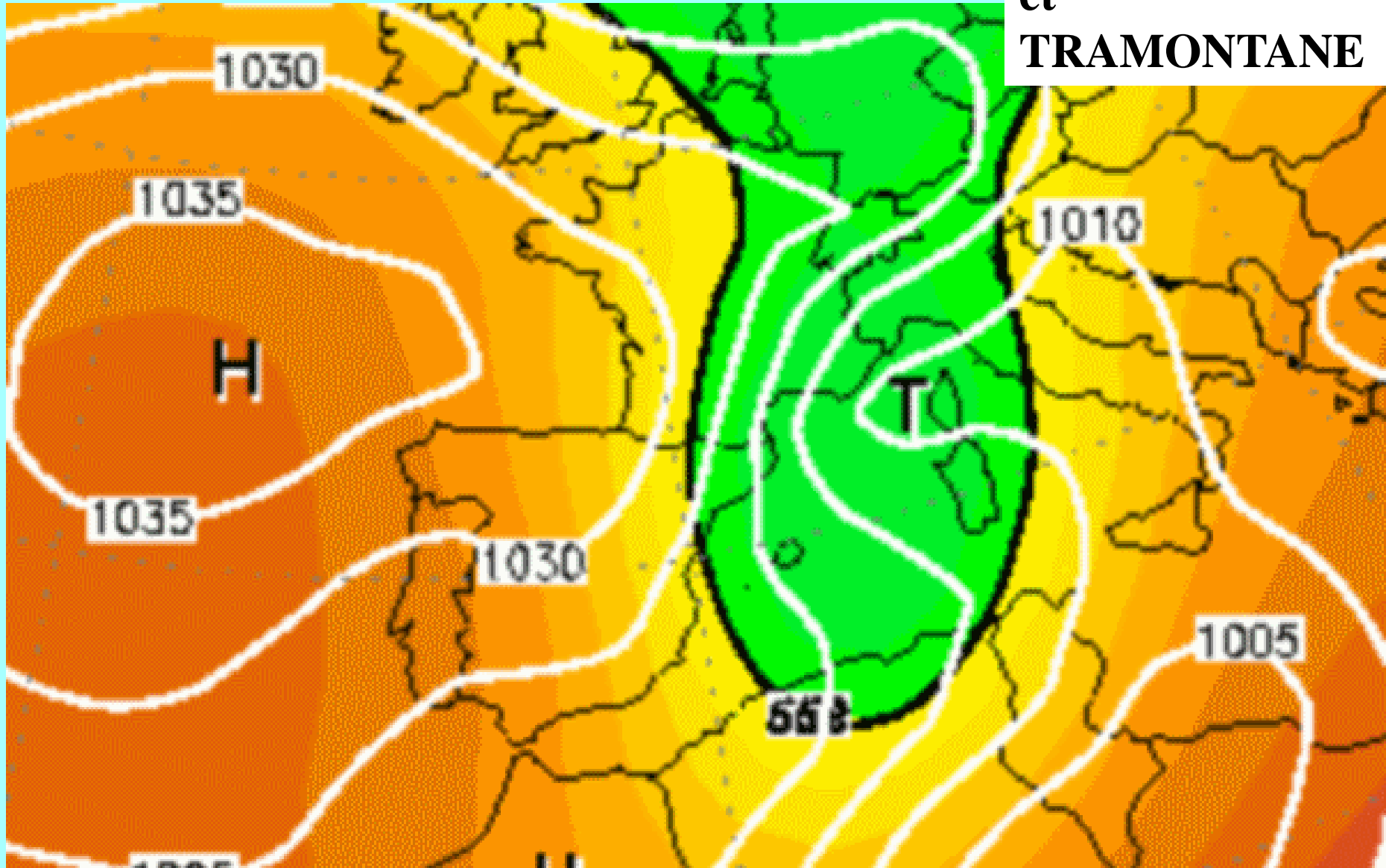
MISTRAL et TRAMONTANE

Figure 5 - Zone d'extension maximale du mistral et directions principales. Le mistral ne concerne pas systématiquement l'ensemble de cette zone : c'est la configuration isobarique qui détermine à chaque épisode la région concernée.



Les vents régionaux

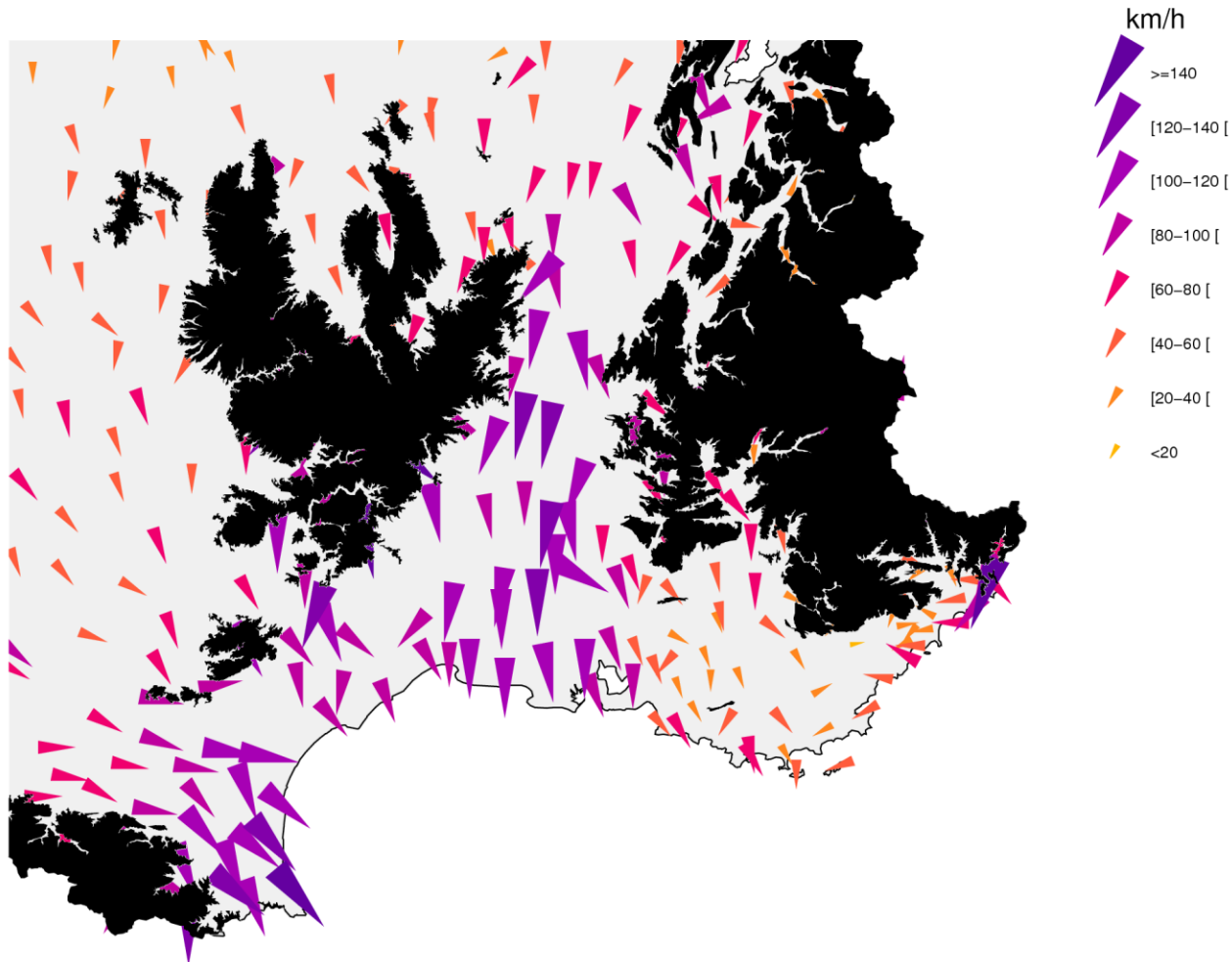
MISTRAL
et
TRAMONTANE



Vent instantané maximal quotidien
Zone climatique : 5197/10436/16704/21548

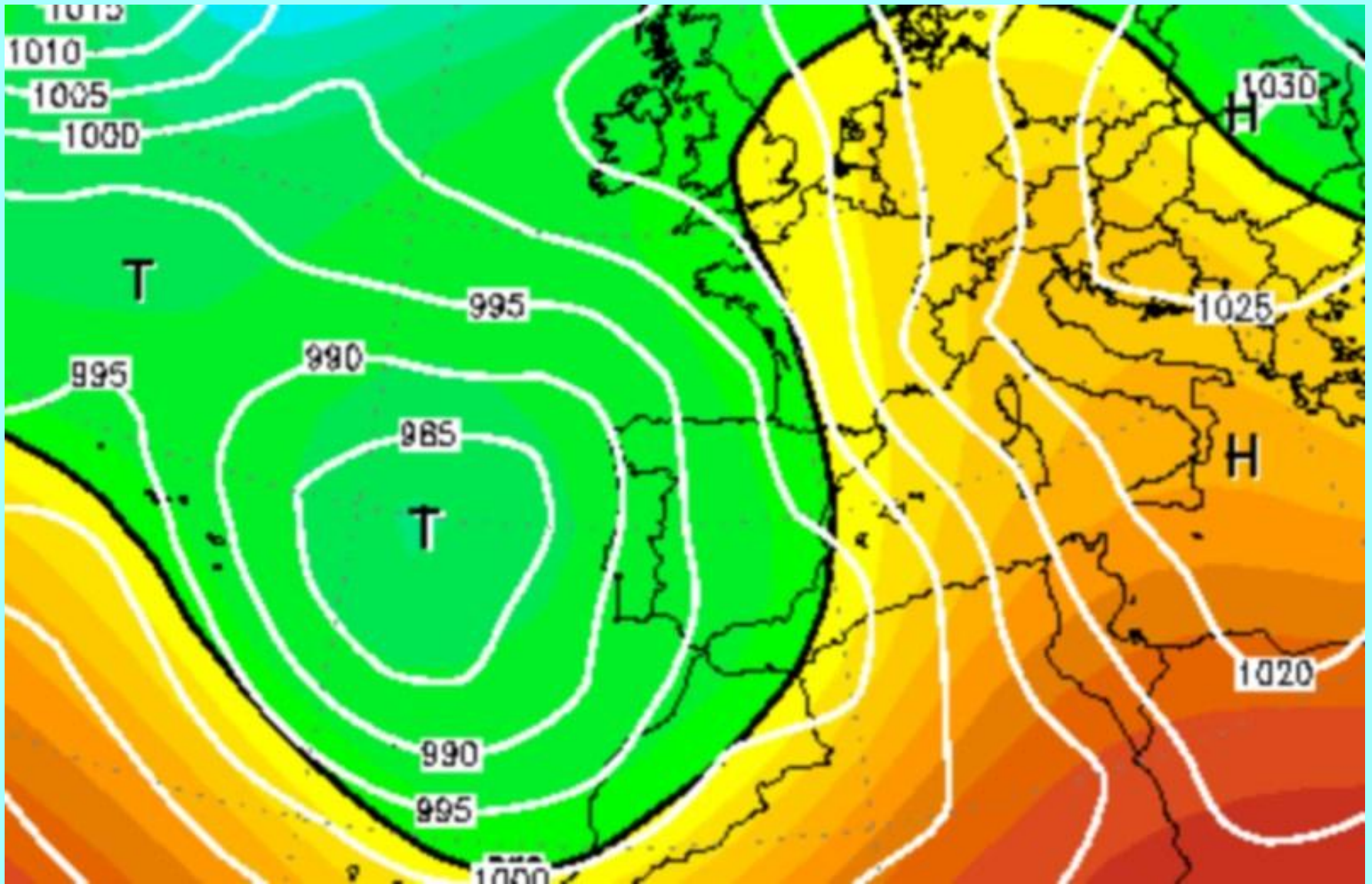
10 avril 2005

MISTRAL
et
TRAMONTANE



Les vents régionaux

AUTAN

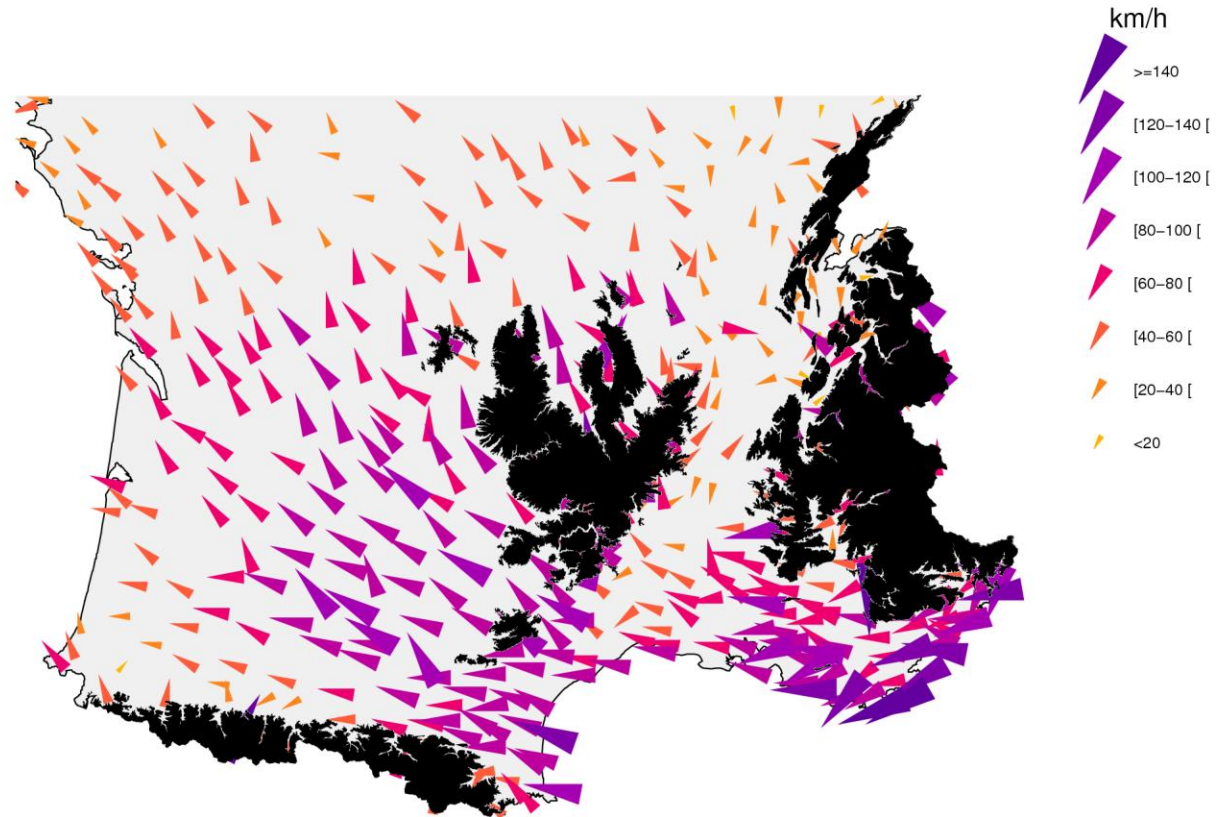


Vent instantané maximal sur 2 jours
Zone climatique : 2432/10457/16164/22692

6 mars 2013

Les vents régionaux

AUTAN

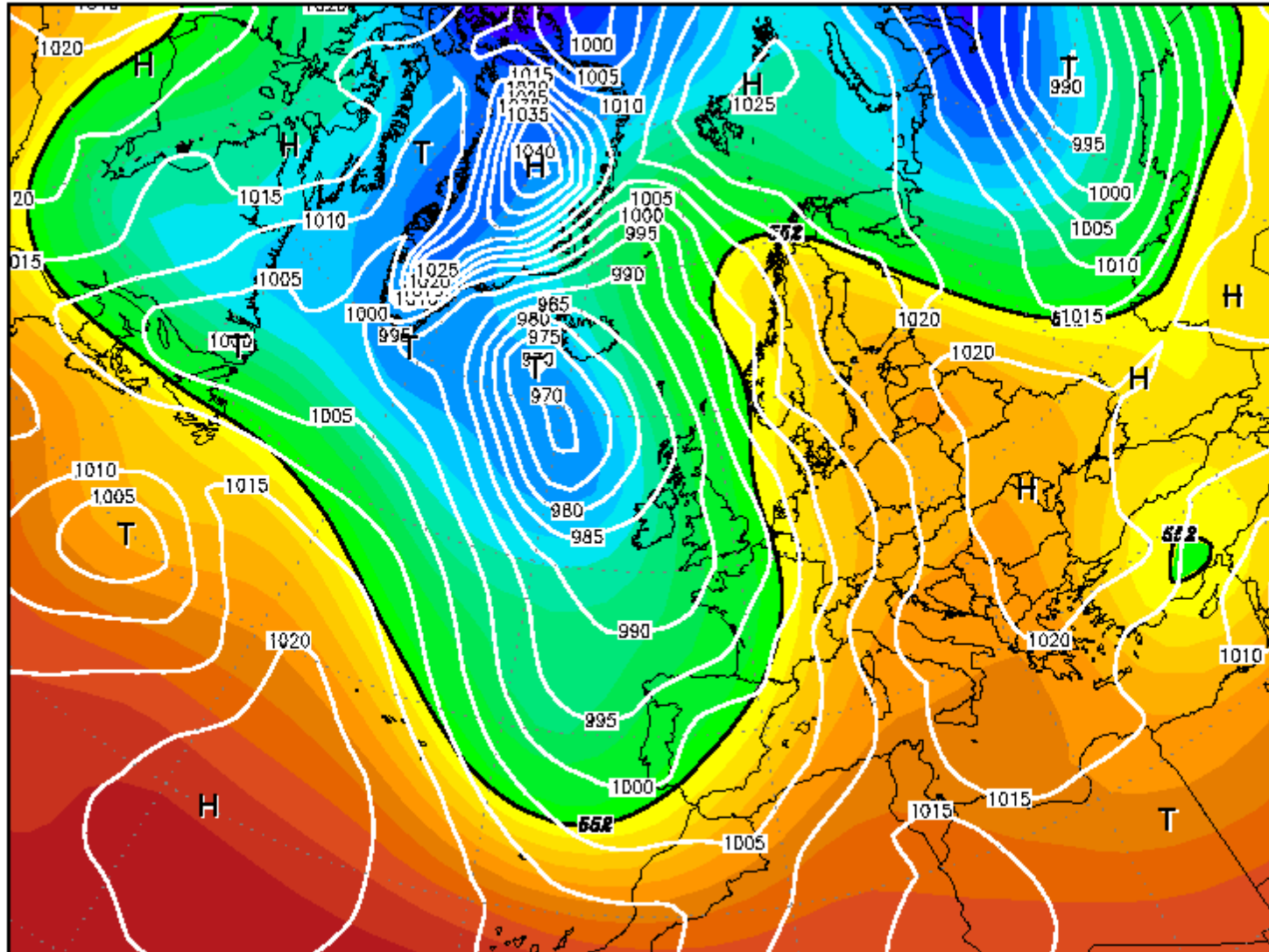


Les vents régionaux

FOEHN et
LOMBARDE

04NOV2011 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

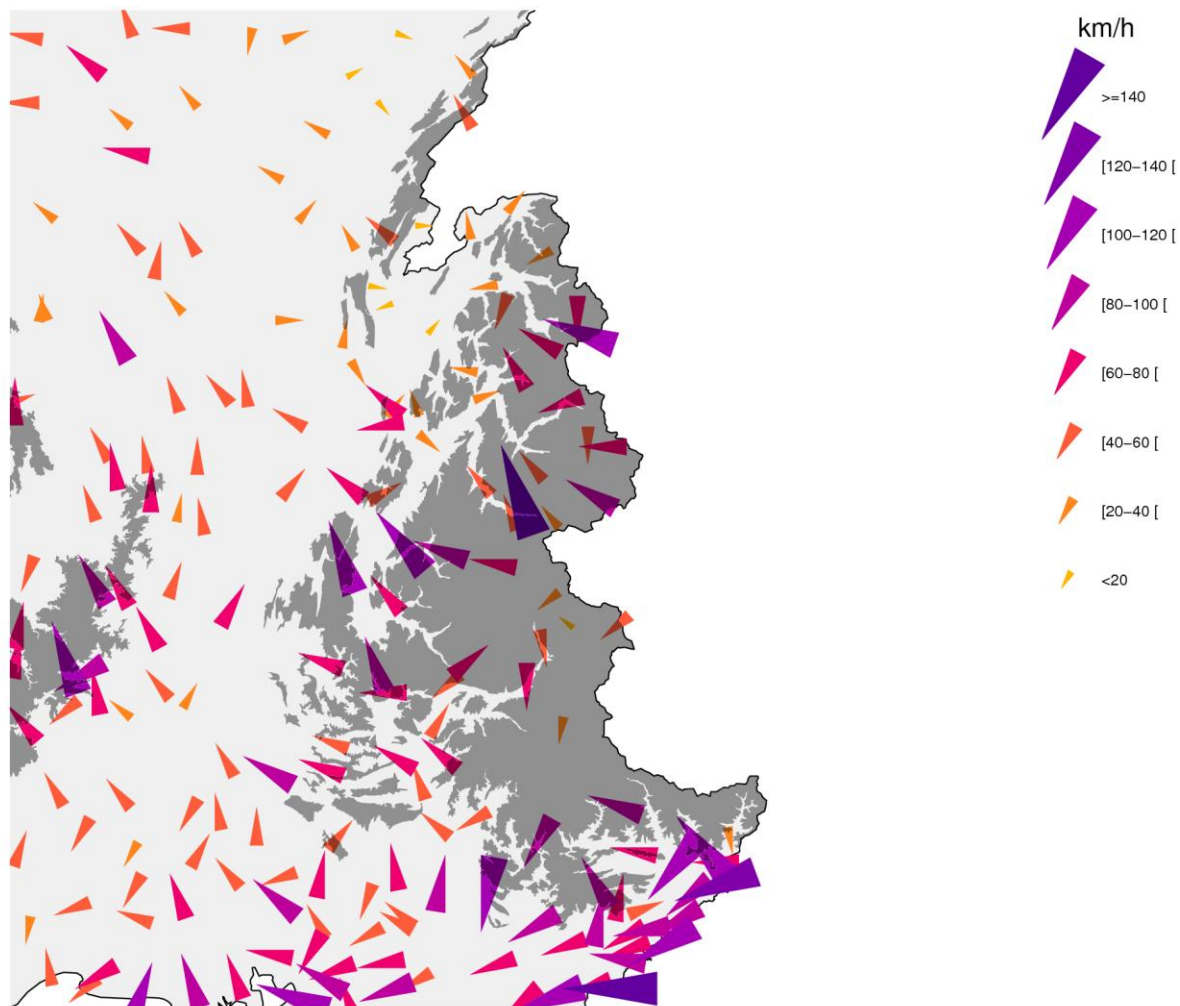


Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Vent instantané maximal quotidien
Zone climatique : 7152/11310/18263/22422

FOEHN et LOMBARDE

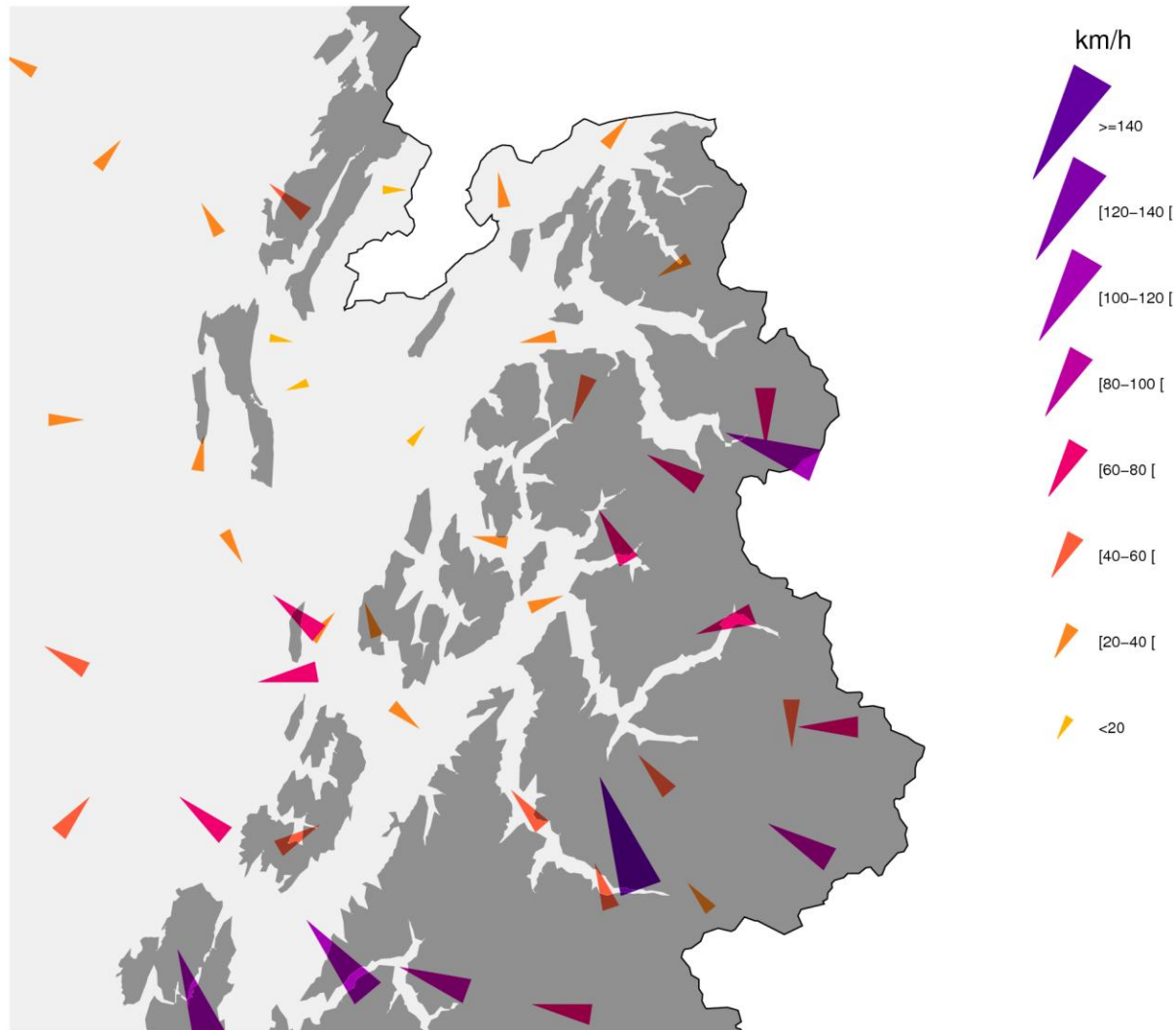
5 novembre 2011



Vent instantané maximal quotidien
Zone climatique : 8221/9929/20076/21840

FOEHN et LOMBARDE

5 novembre 2011



Phénomènes dangereux



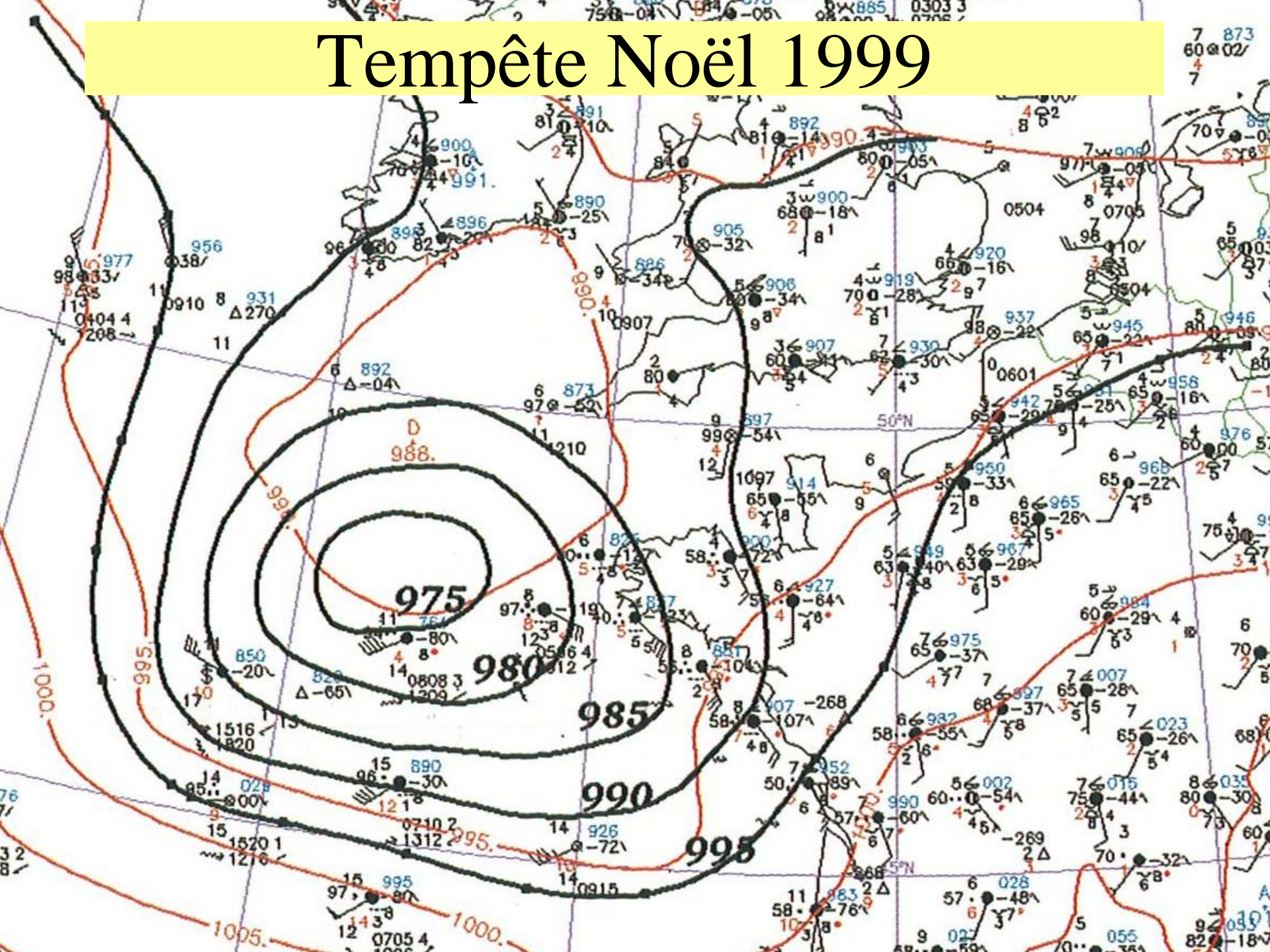
Tempête

C'est quoi ? Une dépression des latitudes moyennes, plus creuse que la moyenne .

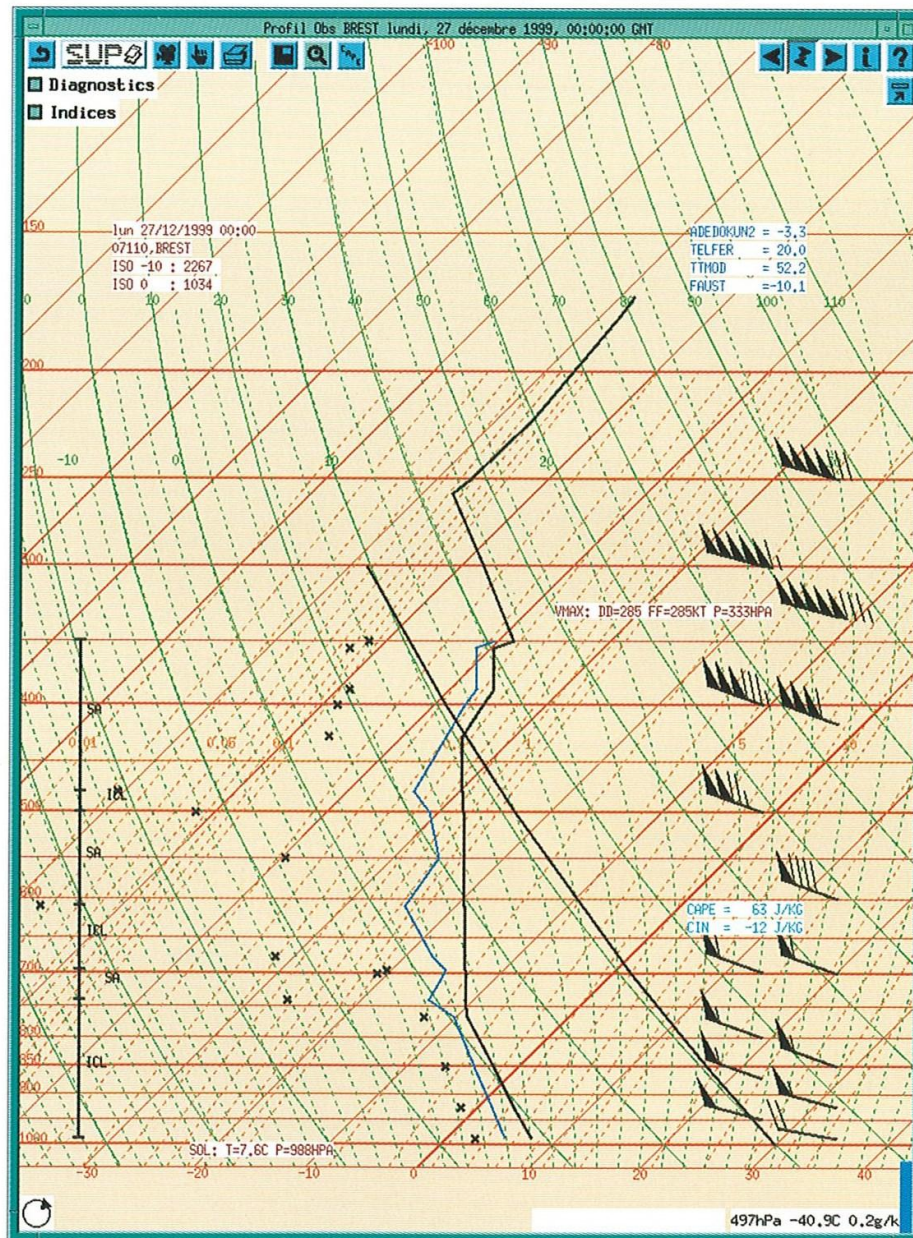
Comment elle se forme ? Comme la plupart des dépressions liées aux perturbations des latitudes moyennes cad lorsque une puissante et dynamique advection froide polaire d'altitude vient croiser une petite dépression chaude de surface.

A quoi ça sert ? À échanger de la chaleur entre le sud et le nord de l'hémisphère mais ça fait mal !

Tempête Noël 1999



Tempête Noël 1999



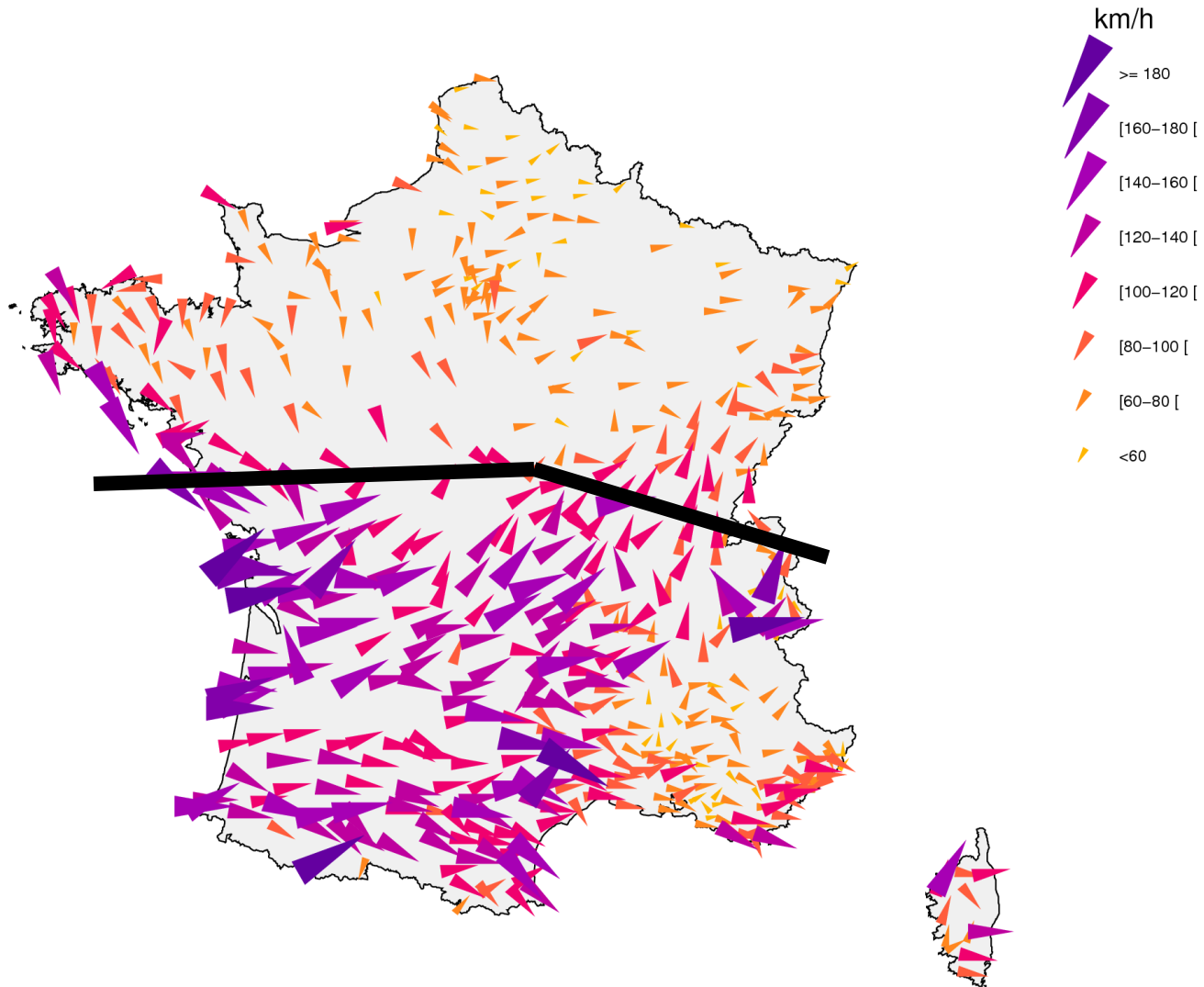
**Radio-sondage par
ballon à Brest le
27121999 à 00UTC**

526 km/h à 8000 m !!!

285 kt jamais vu !

Tempêtes Noël 1999

27 décembre 1999



Tempête Noël 1999

ST BRIEUC	173
ORLY	173
PARIS-MONTSOURIS	169
ALENCON	166
MELUN	166
ILE ROUSSE	162
ALISTRO	162
ILE DE GROIX	162
DINARD	158
ST-DIZIER	158
NANCY-OCHEY	155
COLMAR-MEYENHEIM	155
CAEN-CARPIQUET	151
BRIGNOGAN	151
ORLEANS	151
VILLACOUBLAY	151
TROYES-BARBEREY	148
PLOUMANAC'H	148

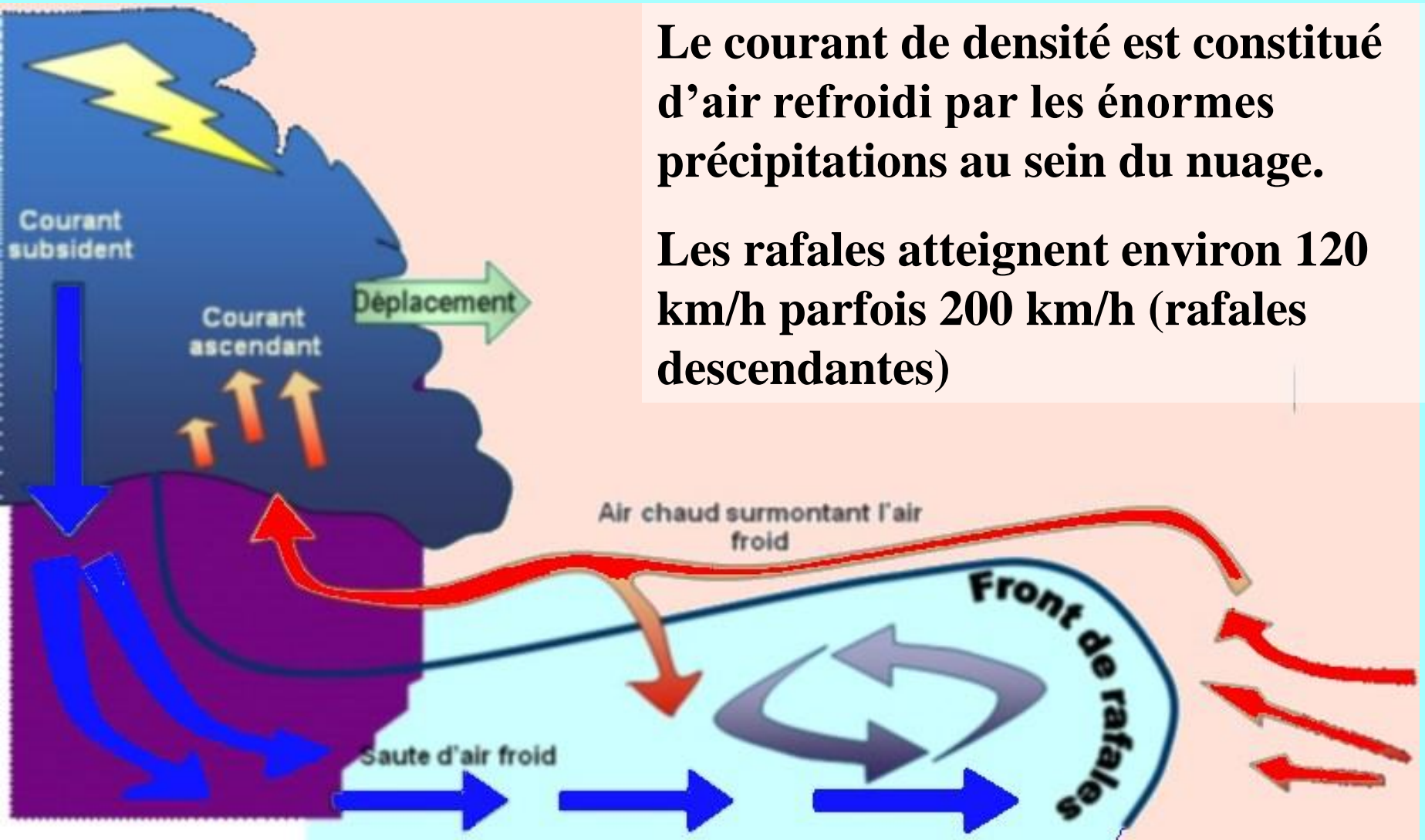
194 km/h à Royans

**212 km/h sur pont de
Normandie**

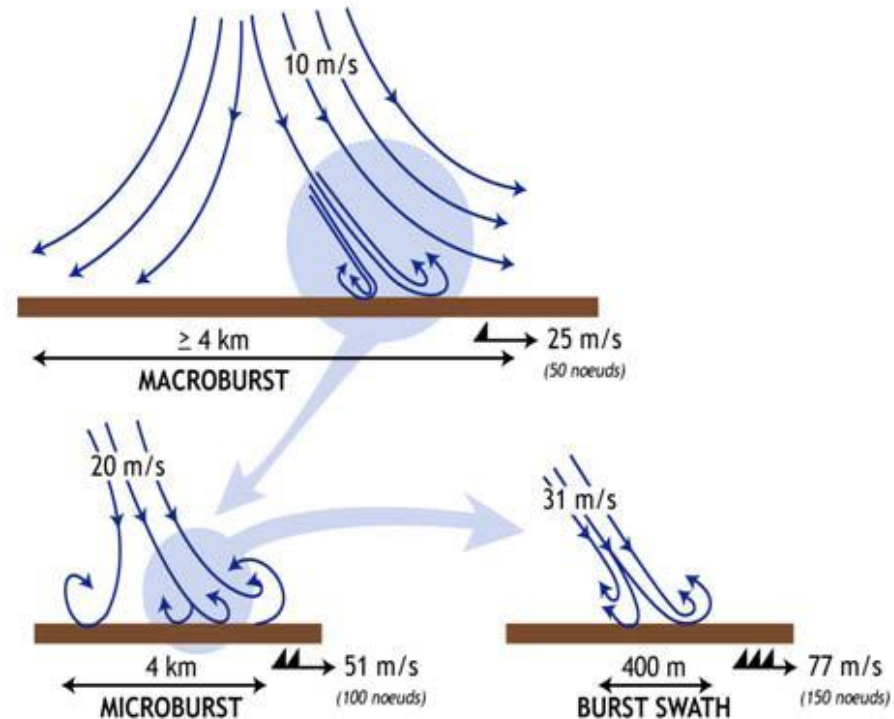
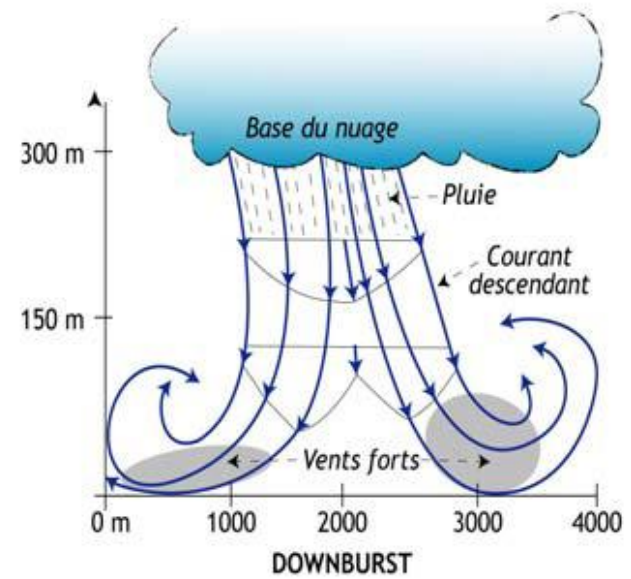
Orages – Courant de densité

Le courant de densité est constitué d'air refroidi par les énormes précipitations au sein du nuage.

Les rafales atteignent environ 120 km/h parfois 200 km/h (rafales descendantes)



Variantes du courant de densité



Démonstration: Arcus

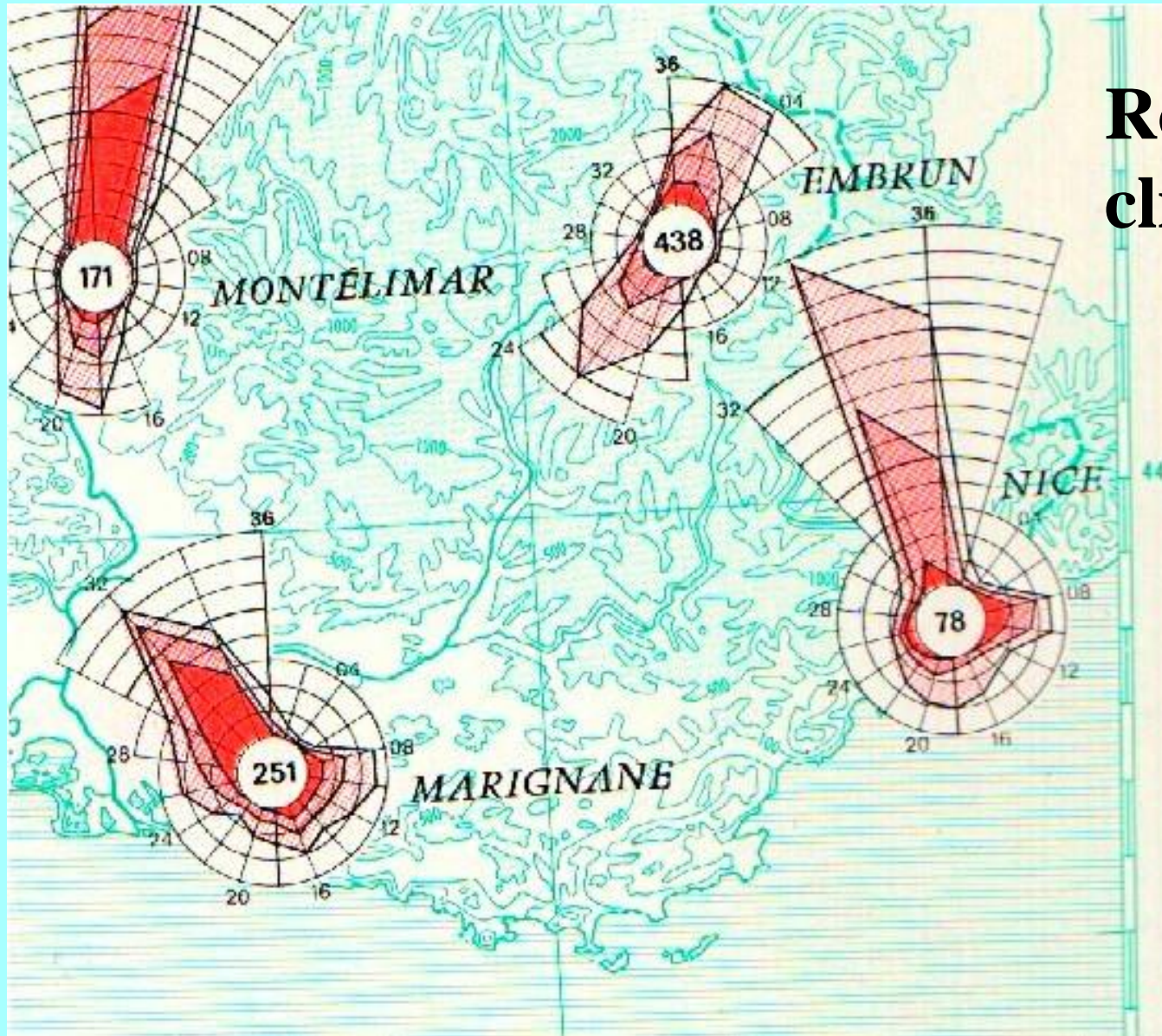




Echelle Fujita améliorée

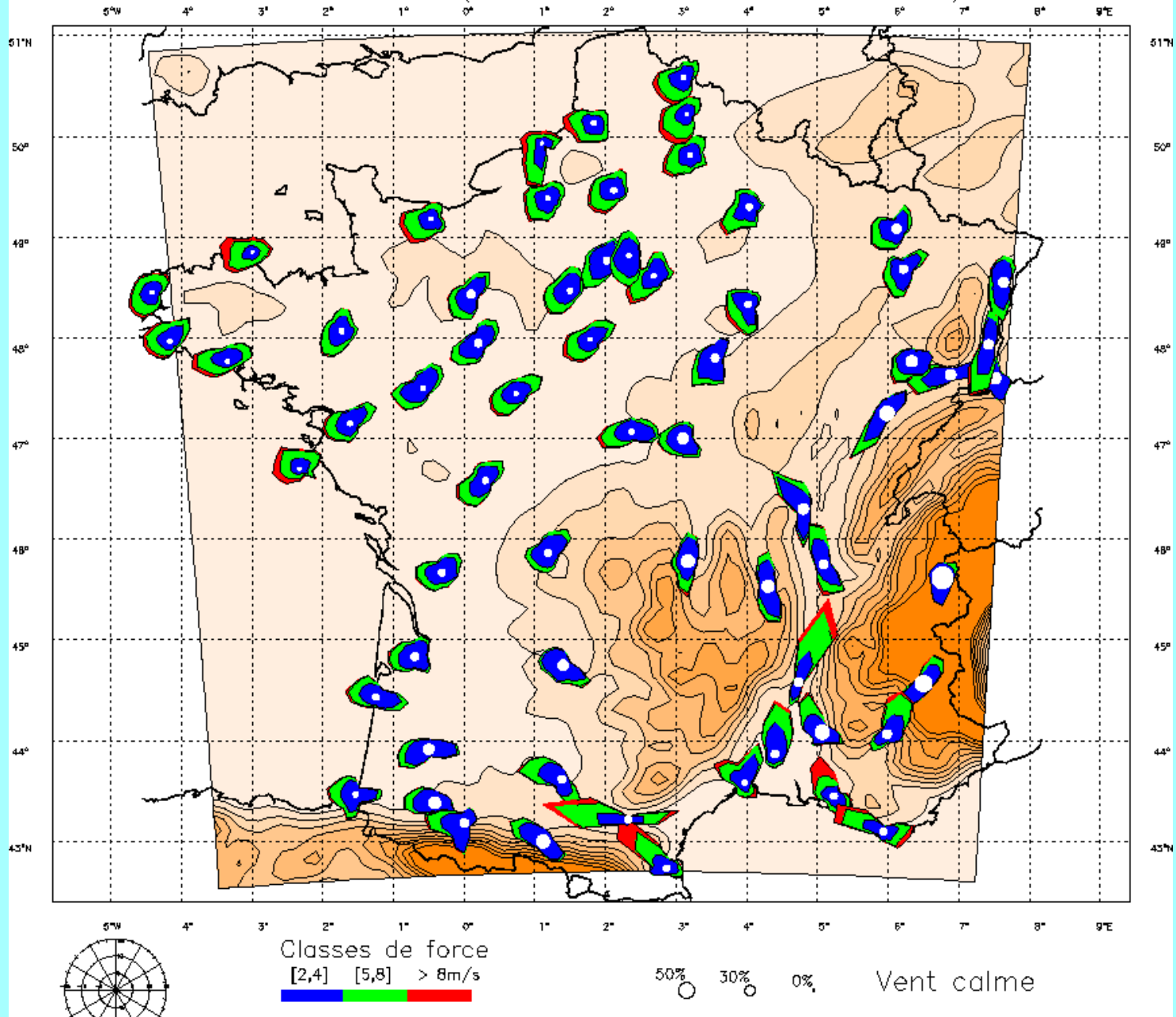


Potentiel Eolien

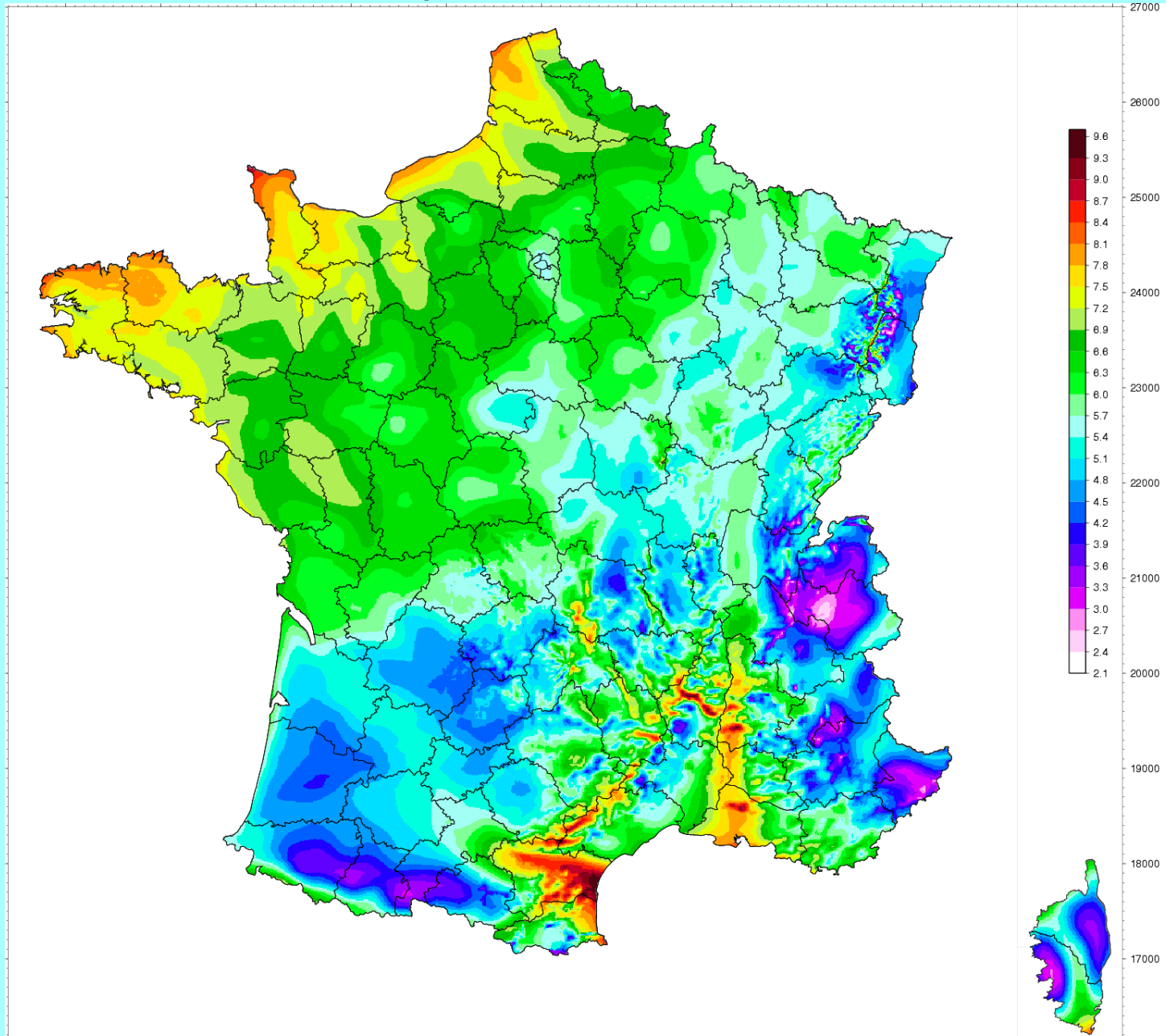


**Rose des vents
climatologique**

ROSES NORMALES (15 ans de valeurs trihoraires)

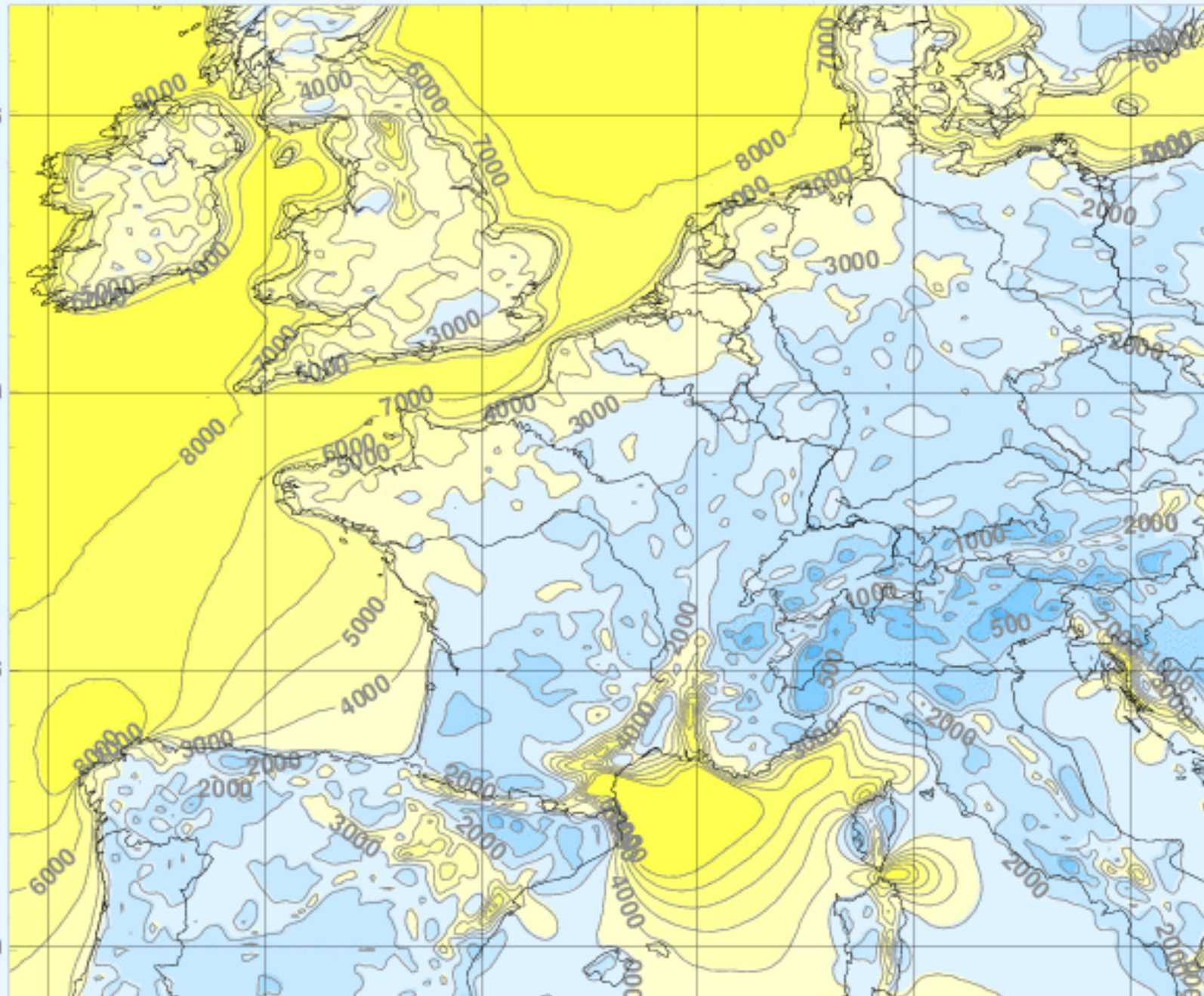


Vent moyen à 100 m du sol.

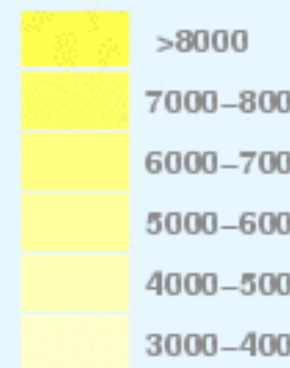


Energie

Energie potentielle éolienne à 100m – formule de Weibull – (Vent Modèle Aladin 1999–2005)



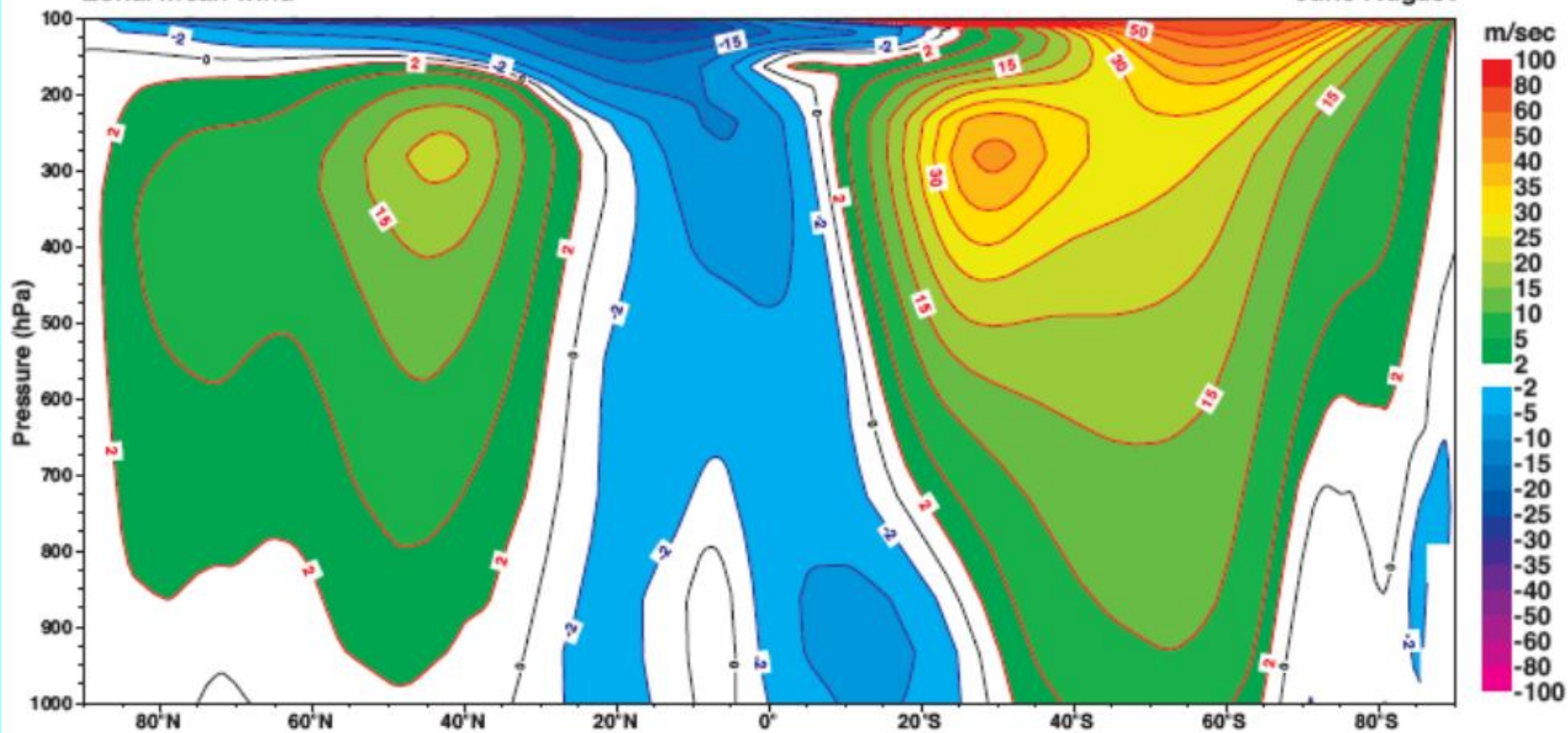
en kWh/m².an

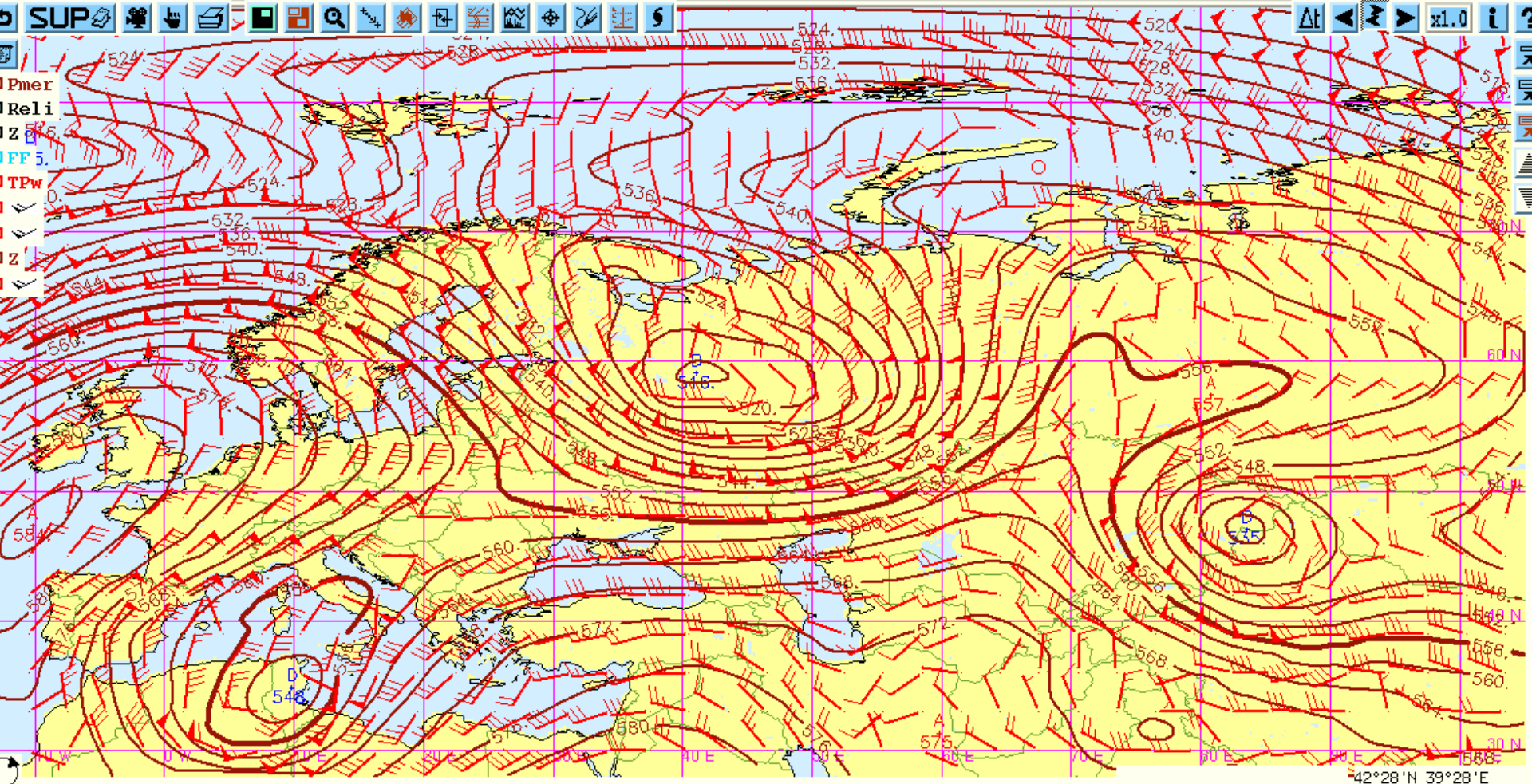


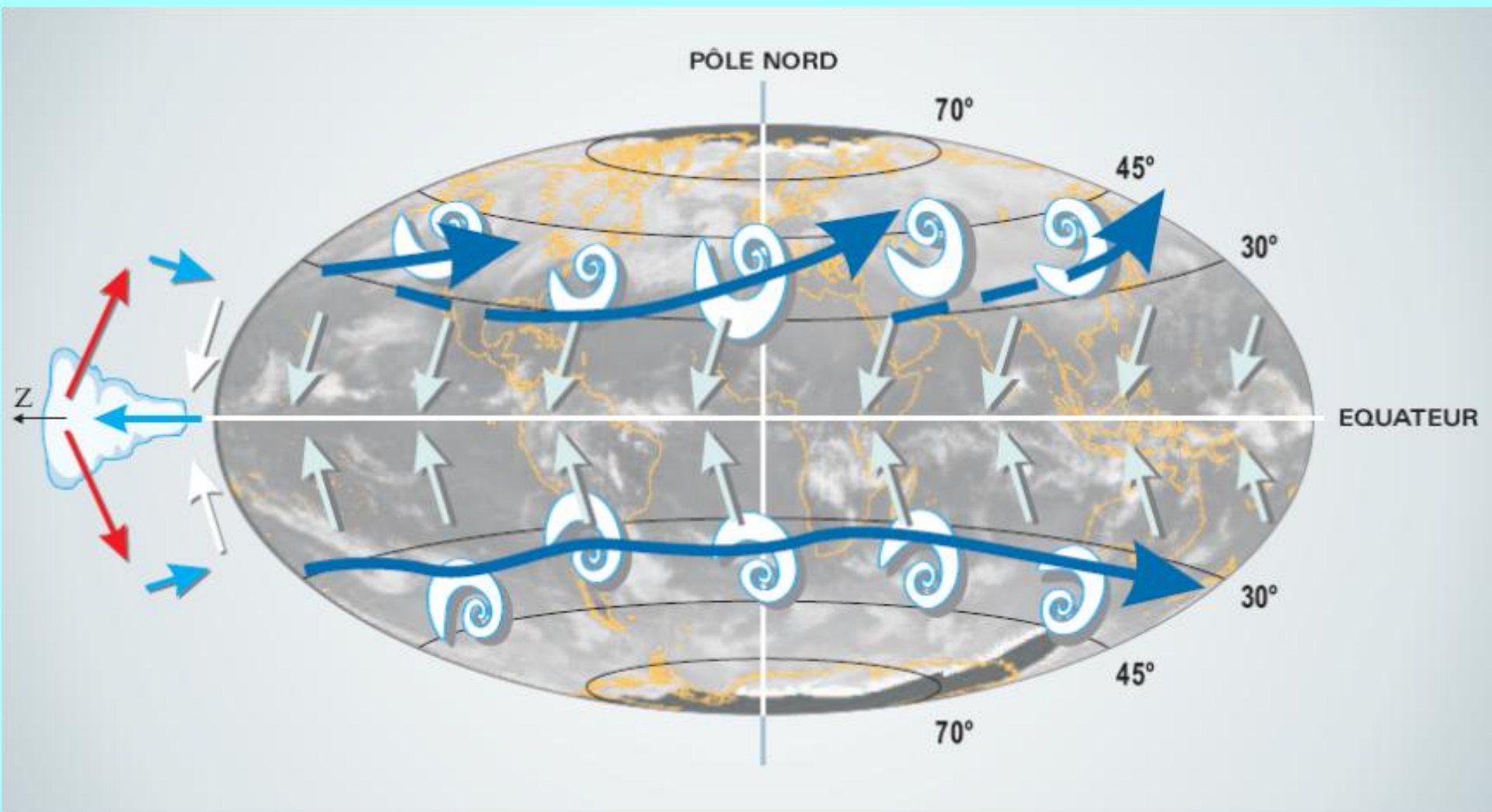
FIN

Zonal mean wind

June-August

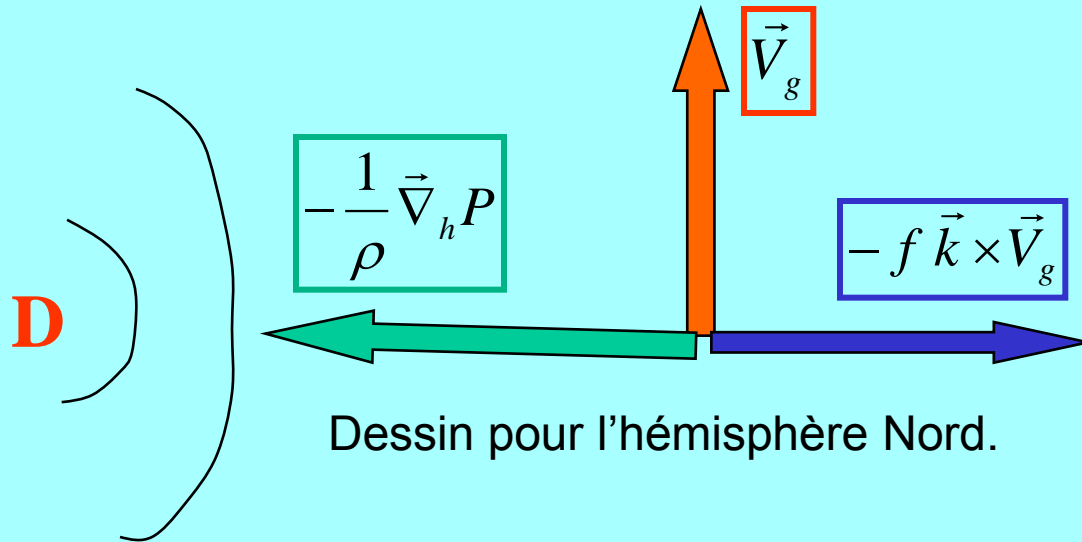






Extrait de [Malardel, 2005]

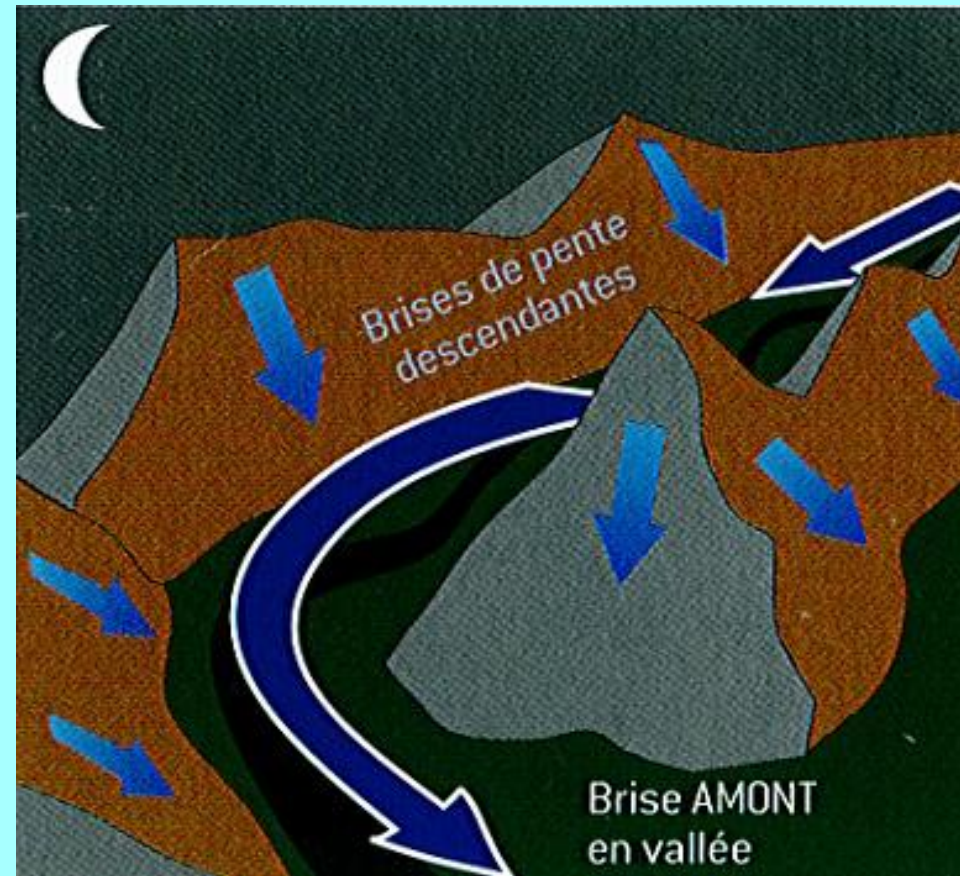
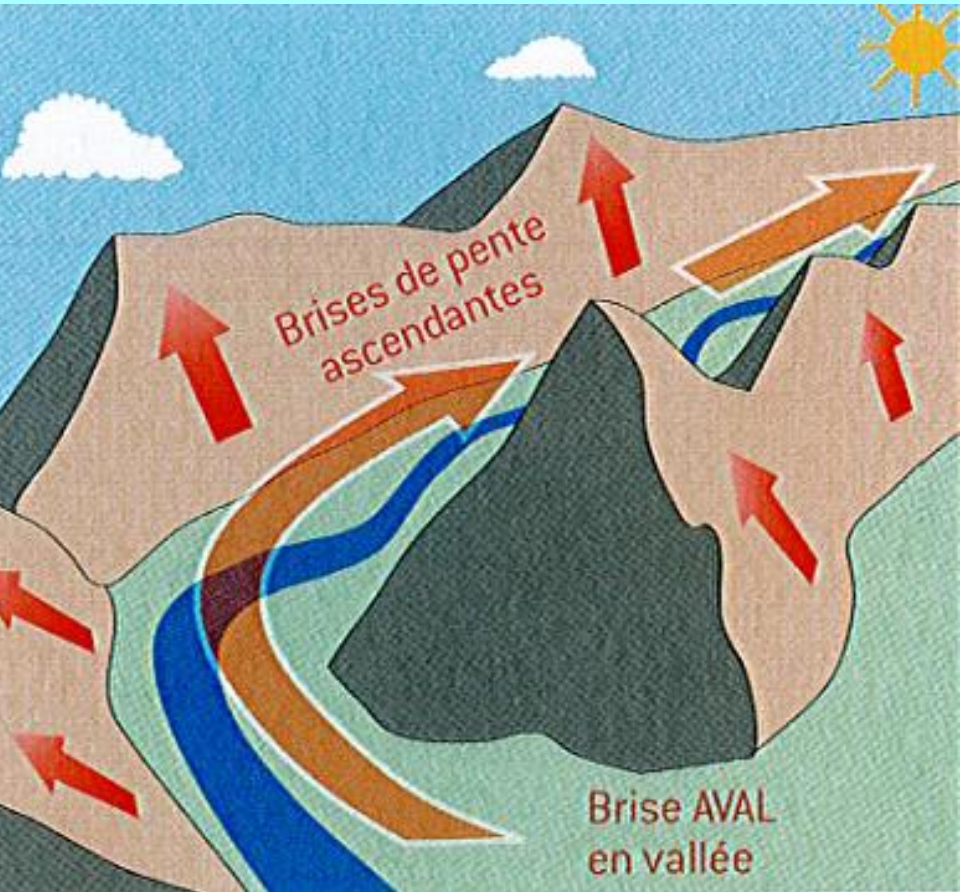
Pour un gradient de pression donné, le vent géostrophique est le vent qu'il faudrait pour avoir un équilibre parfait entre la force de pression horizontale et la force de Coriolis horizontale (accélération horizontale nulle).



$$\vec{V}_g = -\frac{1}{\rho f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_h (P)$$

A l'échelle synoptique, hors des régions tropicales, et hors CLA, c'est une approximation correcte du « vrai » vent.

Brises pente



Brise de mer

