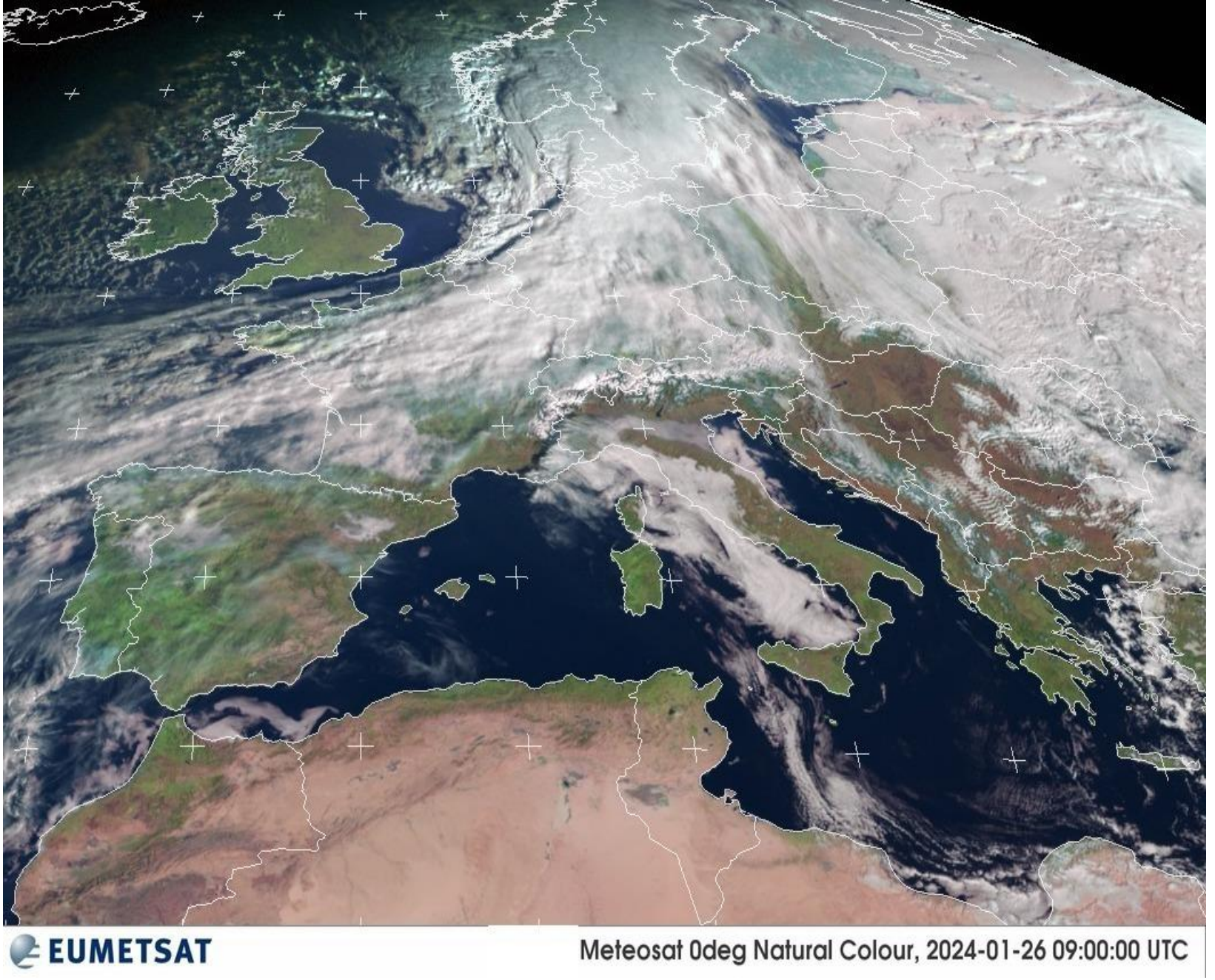
M E T E O R O L O G I E



Module 1

Jan 2024 JJ Quéré

20240126 09H00 UTC RGB

https://fr.allmetsat.com/images/meteosat_europe_central_rgb.php

LA METEOROLOGIE

1 - Généralités sur l'atmosphère

1.1 température, humidité, visibilité ;

1.2 pression atmosphérique (sol – altitude).

1.3 le vent

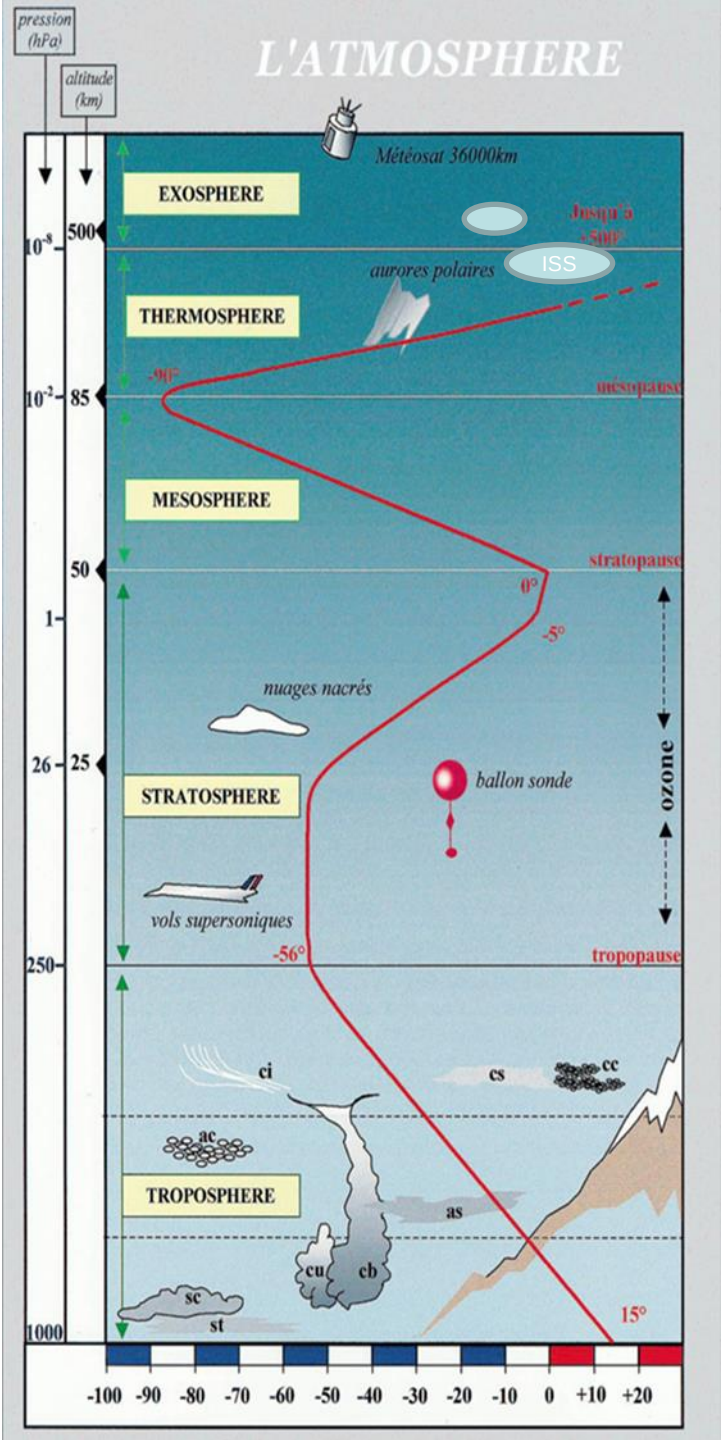
1.4 la mer

2 – Frontologie

2.1 le bilan radiatif

2.2 la circulation générale atmosphérique

2.3 les masses d'air



L'ATMOSPHÈRE

Chaleur latente de condensation /d'évaporation (J/Kg)

L'atmosphère ⇨ **la troposphère**

Troposphère → altitude variable :
- tropopause basse pôles : 7 km, -50°C ;
- tropopause haute équateur : 18 km, -80°C ;
- tropopause moyenne zones tempérées 13 km, -56°C.

(ISS 330/420 Km)

T,U,P décroissent avec l'altitude, 50% de la masse de l'atmosphère dans 5 km (N^2, O^2, H^2O, CO^2).

Exception faite des nuages à fort développement vertical, les nuages se concentrent essentiellement dans la basse et moyenne troposphère ($Z \leq 5000/6000$ mètres).
Nuages : 60% de la surface du globe.

.**Atmosphère standard** :
P: 1013,25 hPa, T : 15°C (288,15°K), ΔT : 1°C/100 m air sec, ΔT : 0,65°c/100m air saturé, T Tropo -56,5°C.

AU SOL

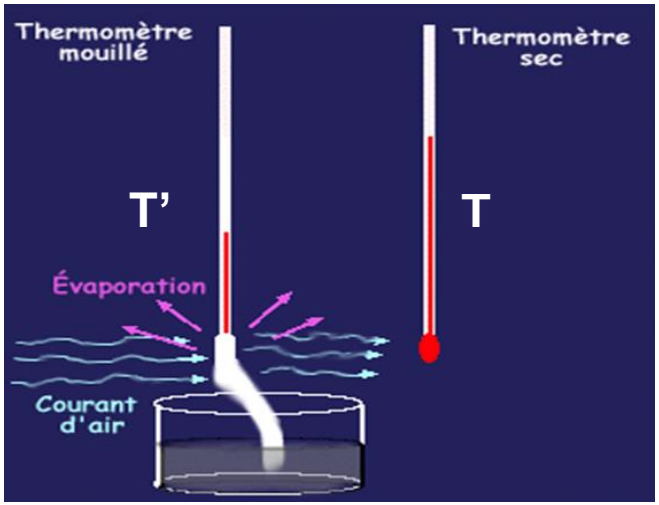
TEMPERATURES, HUMIDITE, VISIBILITE

EN ALTITUDE

PROFILS VERTICAUX DE TEMPERATURE

INVERSIONS DE TEMPERATURE

LA TEMPERATURE : au niveau du sol



Température du thermomètre sec

T max : + 58°C en Libye
T min HN : -78°C en Sibérie,
T min HS : -94,5°C Vostok

T max. à 14h00 loc.(bilan ray soleil / terre - brise)
T min. 1 heure après lever du soleil (brouillard)

Grande variation de la température dans la journée.
Air sec : toujours vapeur d'eau.

Température du point de rosée Td (formule de Tetens): température à laquelle il faut refroidir un volume d'air, à pression et humidité constantes, pour qu'il devienne saturé. Caractérise une masse d'air.

Td : relative stabilité dans le temps, sensiblement identique au sein d'une masse d'air donnée , discontinuité marquée dans l'espace indique changement de masse d'air.

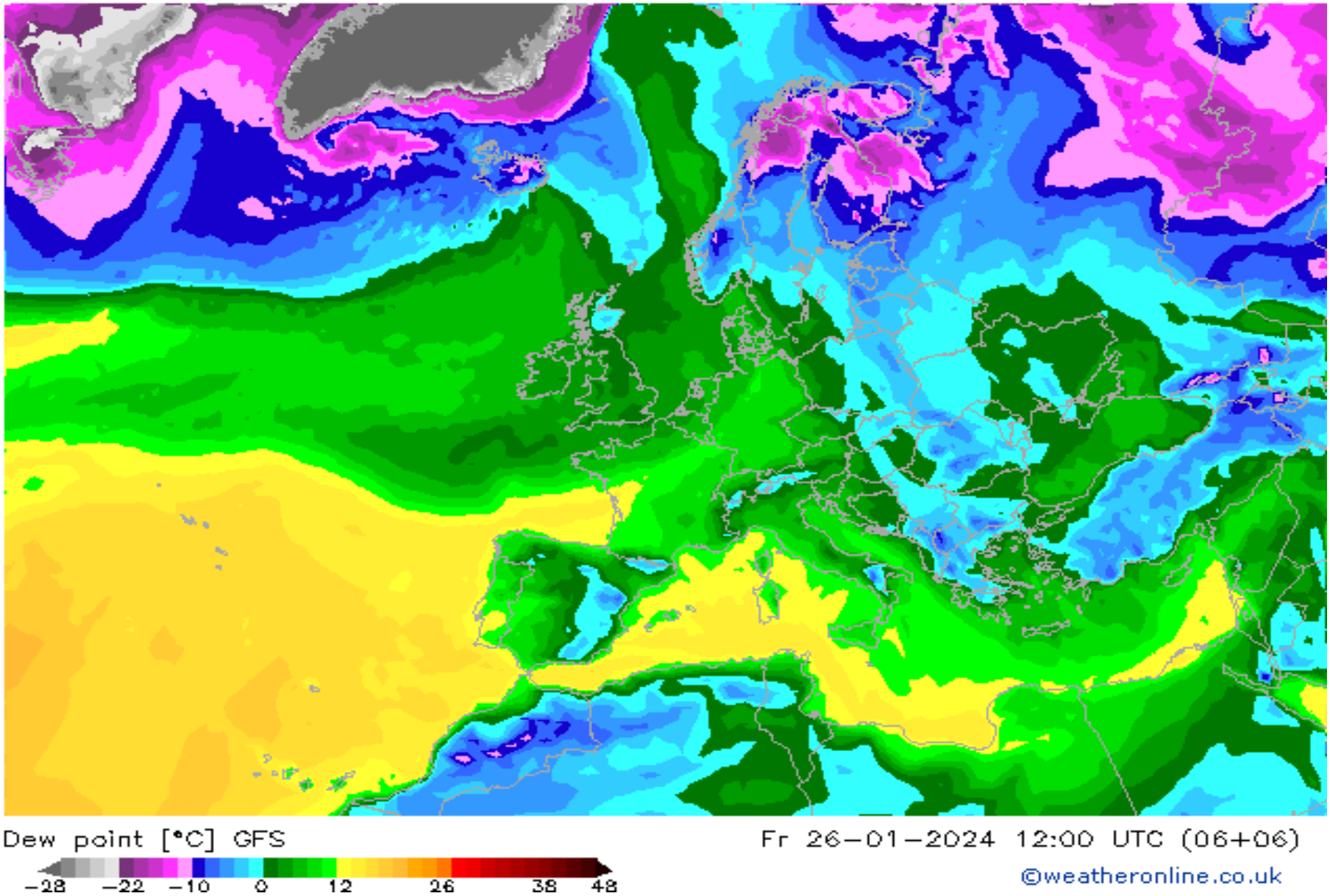
Evolution de Td : T=Td ↔ saturation, si évolution se poursuit → condensation → précipitations.

La chaleur latente modifie l'état physique d'une matière solide, liquide ou gazeuse par opposition à la chaleur sensible qui modifie la température d'une matière. la chaleur de vaporisation ou de condensation est de 2 454 kJ/kg à 20°C et de 2 501 kJ/kg à 0°C.

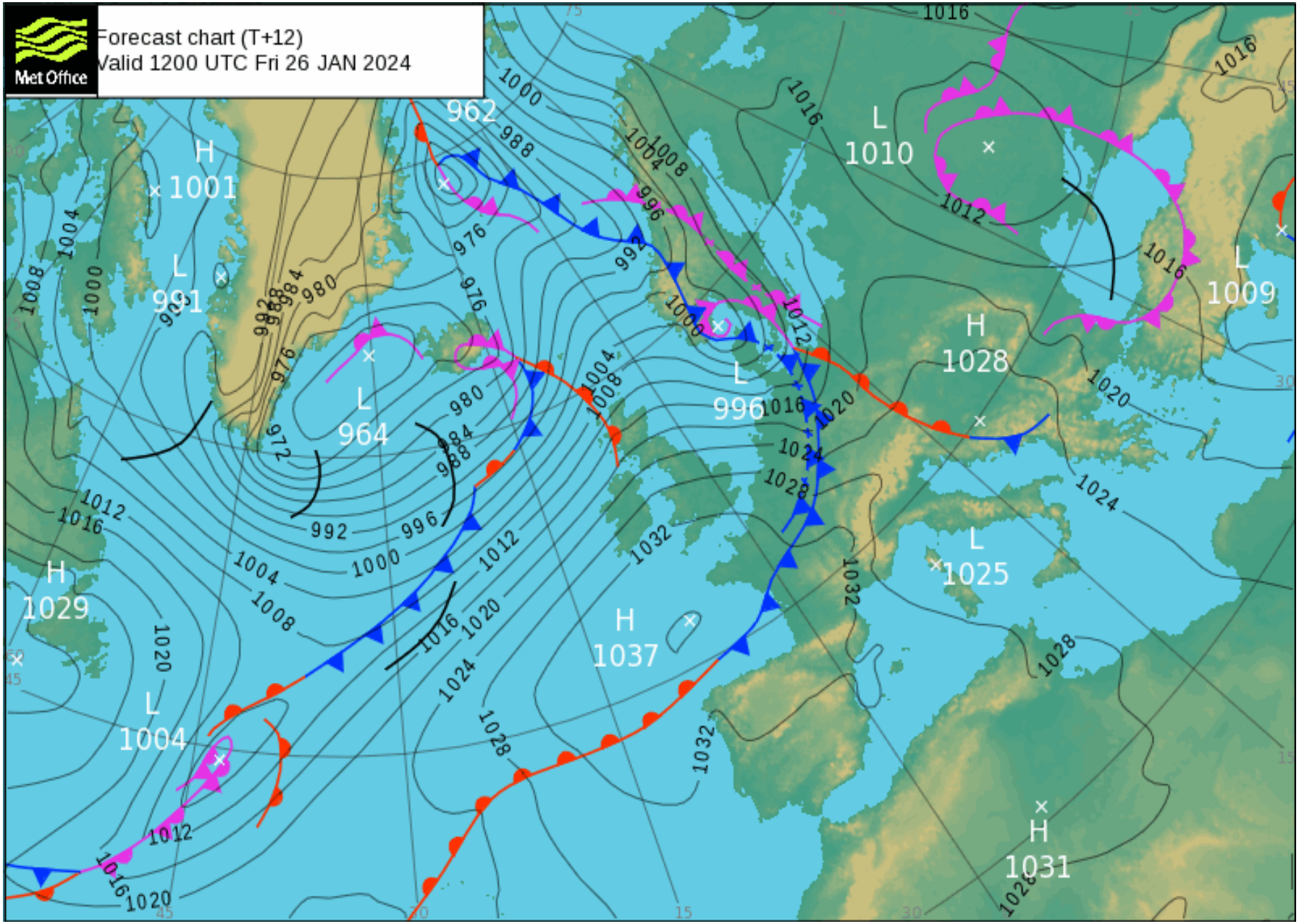
Arrivée d'air chaud et humide bordure SW anticyclone (flux de SW), Td ↑ . Td et Tmer

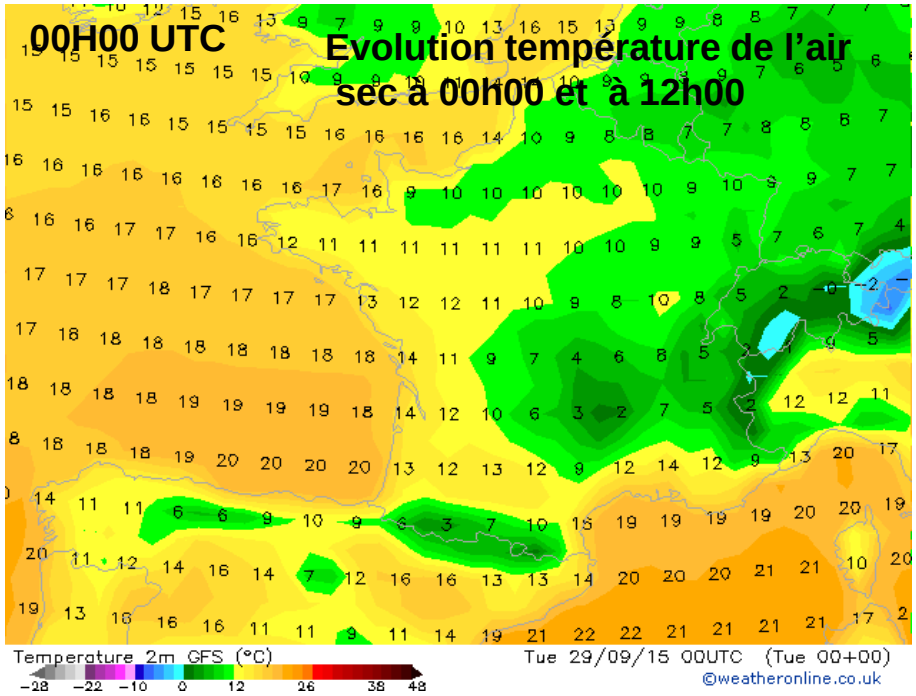
<u>Variations diurnes, rayonnement nocturne, inversion de température au sol, brouillard.</u>

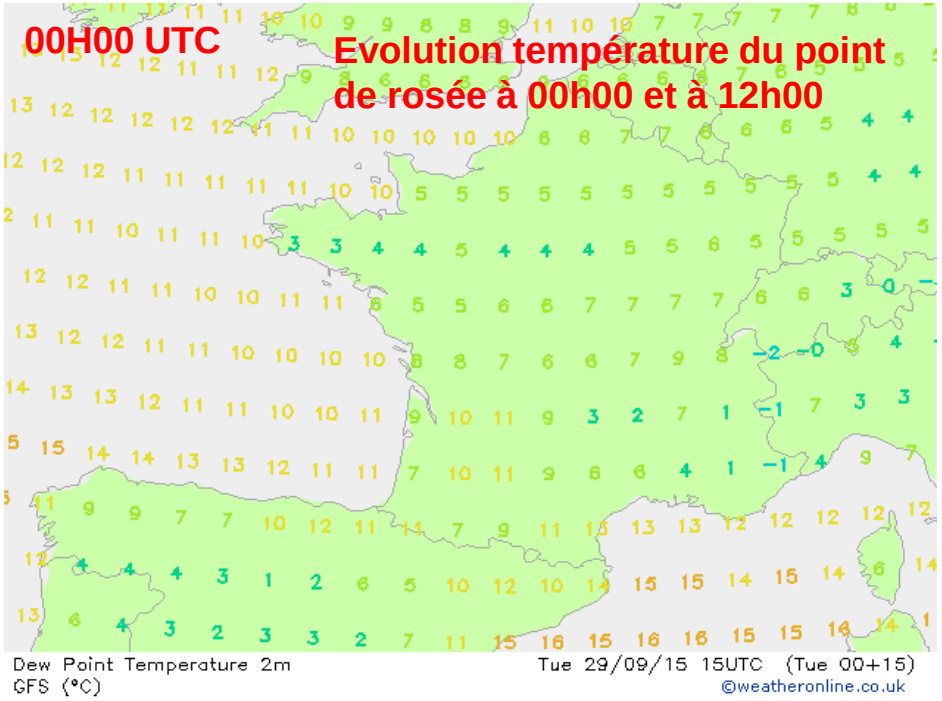
20240126 12H00 UTC Td (point de rosée H+6)

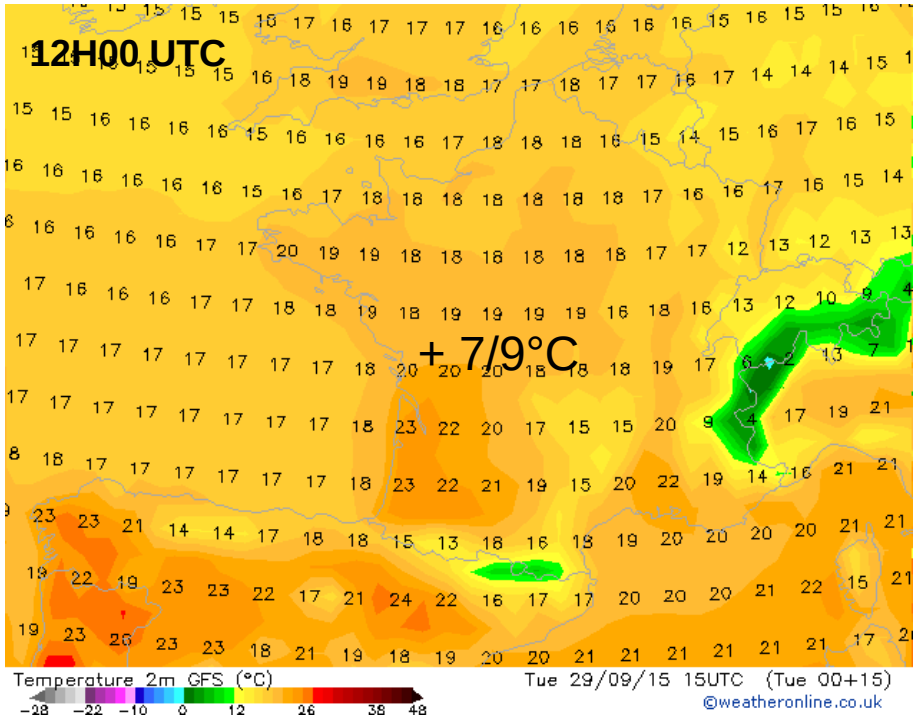


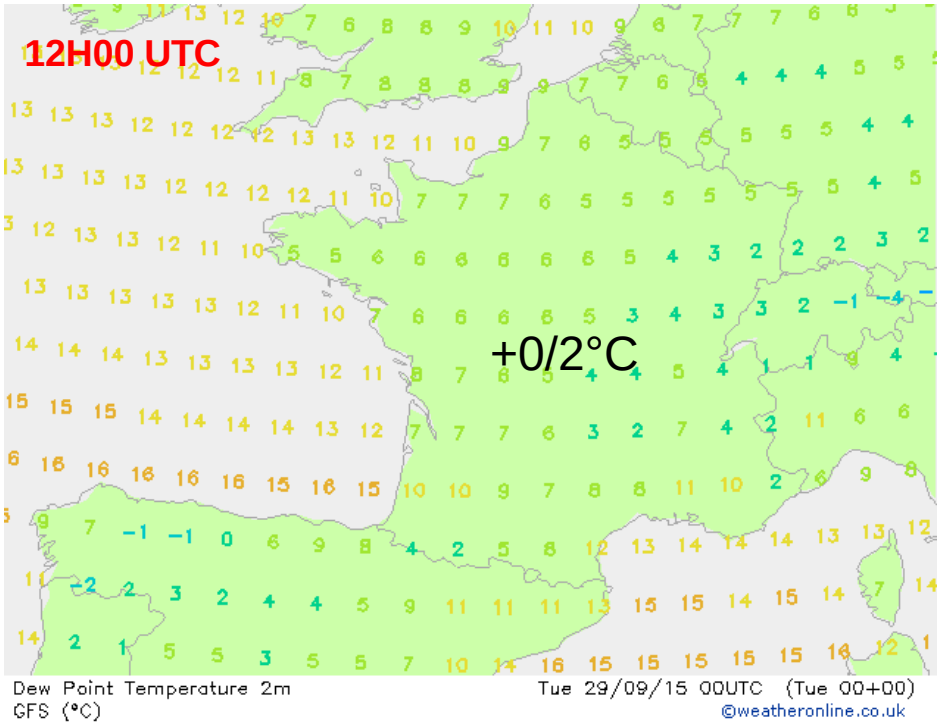
20240126 12H00 UTC H+12

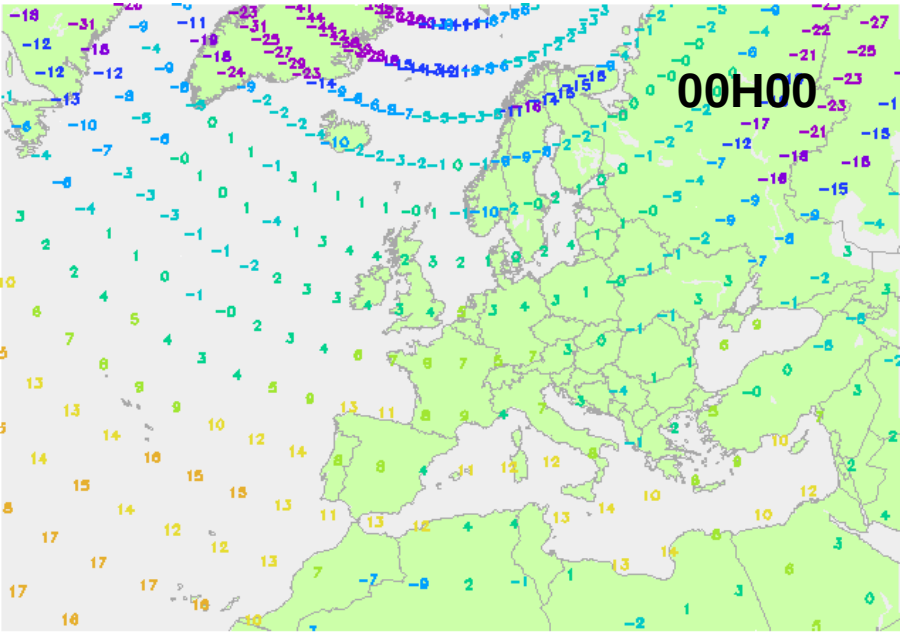



00H00 UTC
Evolution température de l'air sec à 00h00 et à 12h00
Temperature 2m GFS (°C)
-28 -22 -10 0 12 26 38 48
Tue 29/09/15 00UTC (Tue 00+00)
©weatheronline.co.uk


00H00 UTC
Evolution température du point de rosée à 00h00 et à 12h00
Dew Point Temperature 2m GFS (°C)
Tue 29/09/15 15UTC (Tue 00+15)
©weatheronline.co.uk

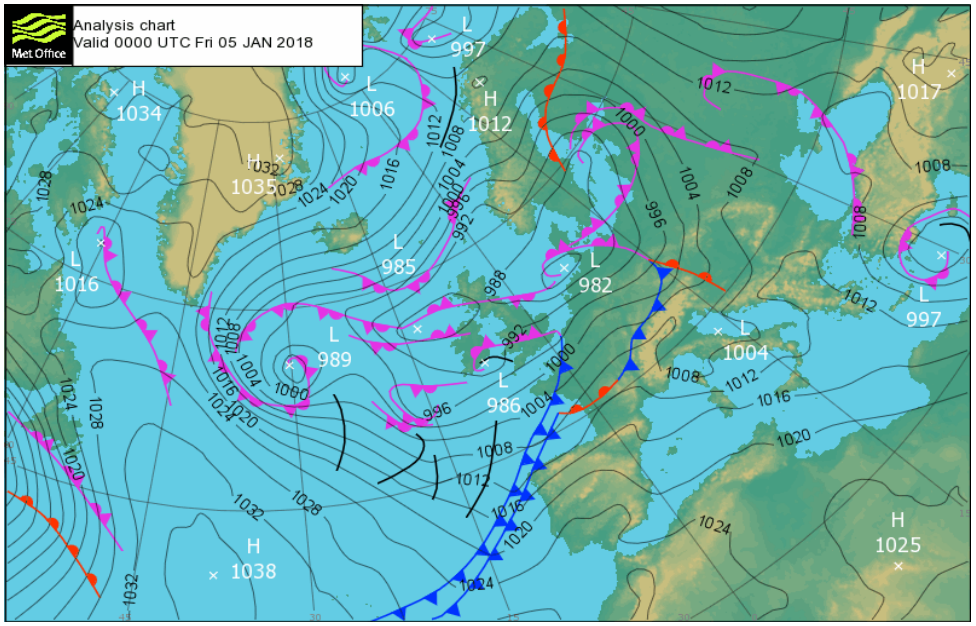

12H00 UTC
+7/9°C
Temperature 2m GFS (°C)
-28 -22 -10 0 12 26 38 48
Tue 29/09/15 15UTC (Tue 00+15)
©weatheronline.co.uk

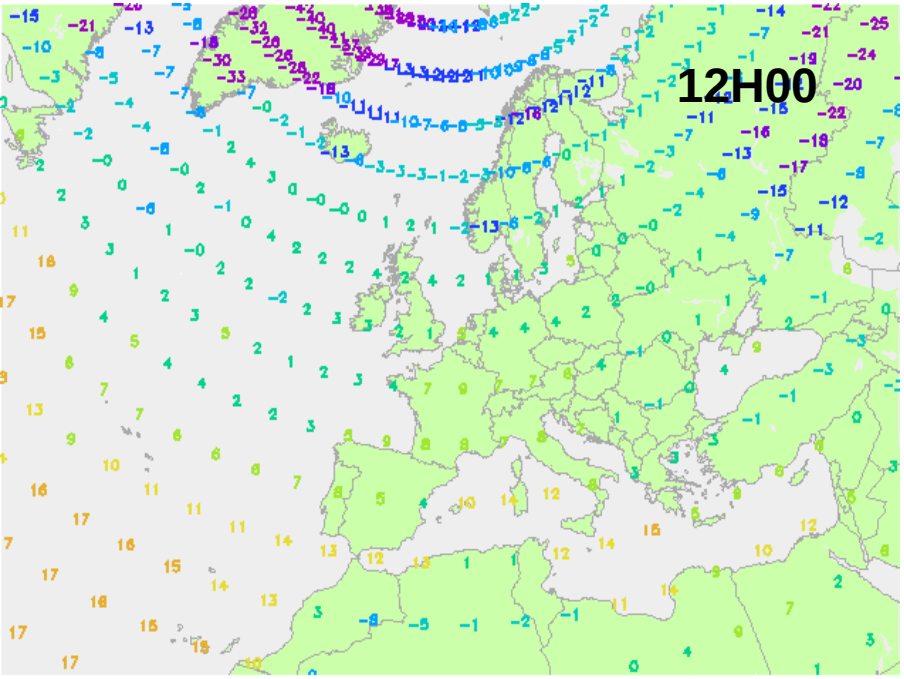

12H00 UTC
+0/2°C
Dew Point Temperature 2m GFS (°C)
Tue 29/09/15 00UTC (Tue 00+00)
©weatheronline.co.uk



Dew Point Temperature 2m
GFS (°C)

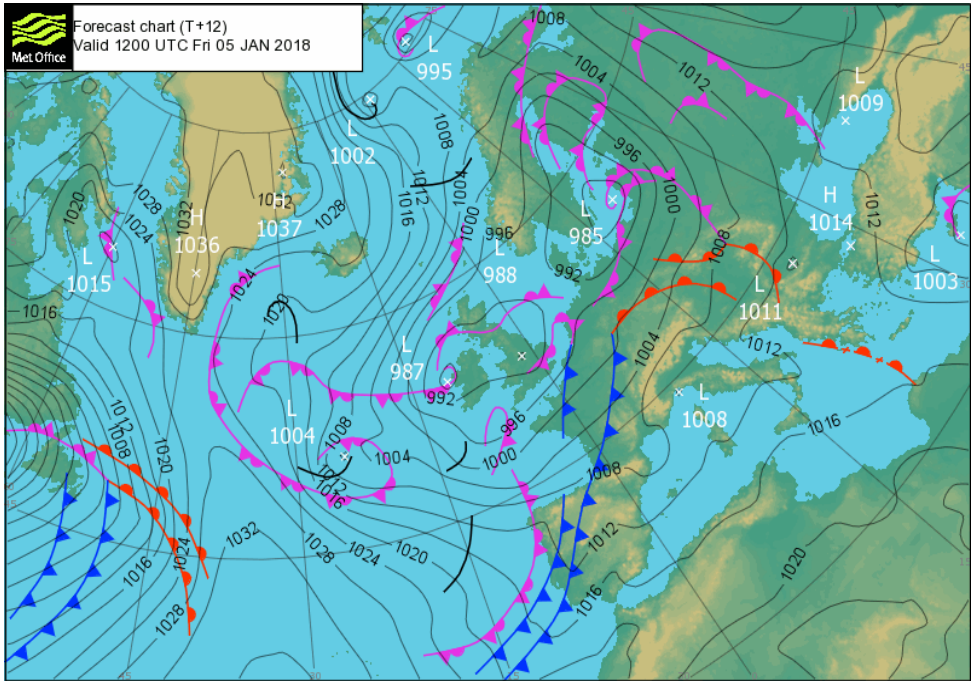
Fri 05/01/18 00UTC (Fri 00+00)
©weatheronline.co.uk

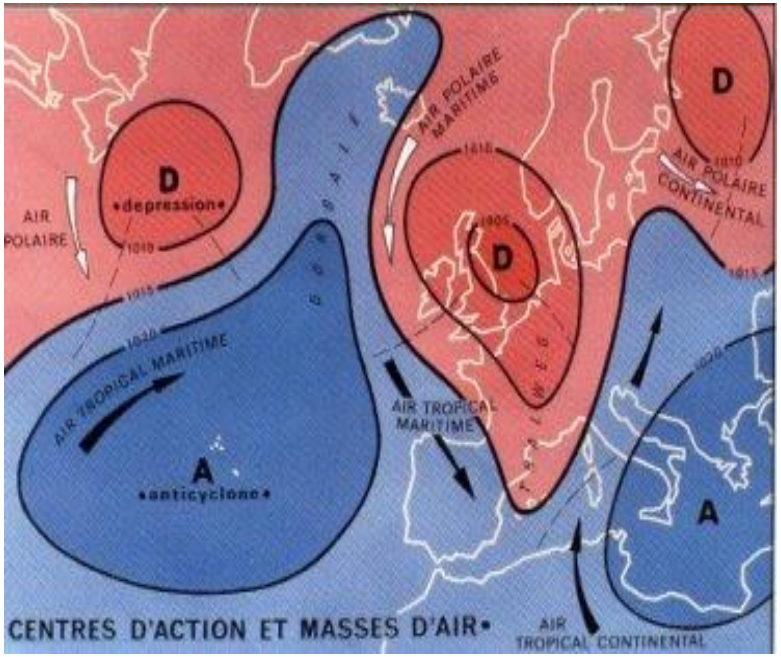


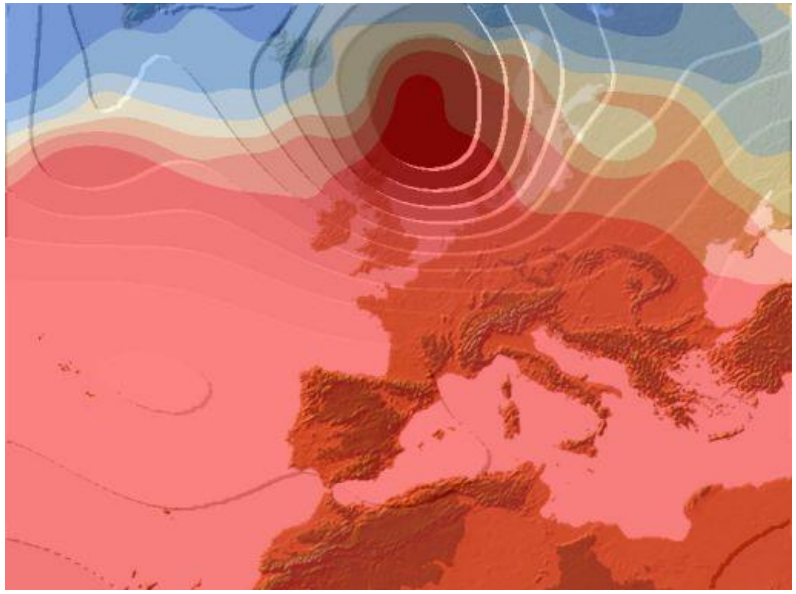


Dew Point Temperature 2m
GFS (°C)

Fri 05/01/18 12UTC (Fri 00+12)
©weatheronline.co.uk







LES MASSES D’AIR

-L’atmosphère comporte comme une juxtaposition de régions tridimensionnelles appelées **<u>des masses d'air</u>**, qui sont séparées les unes des autres par des zones de transition parfois brutales.

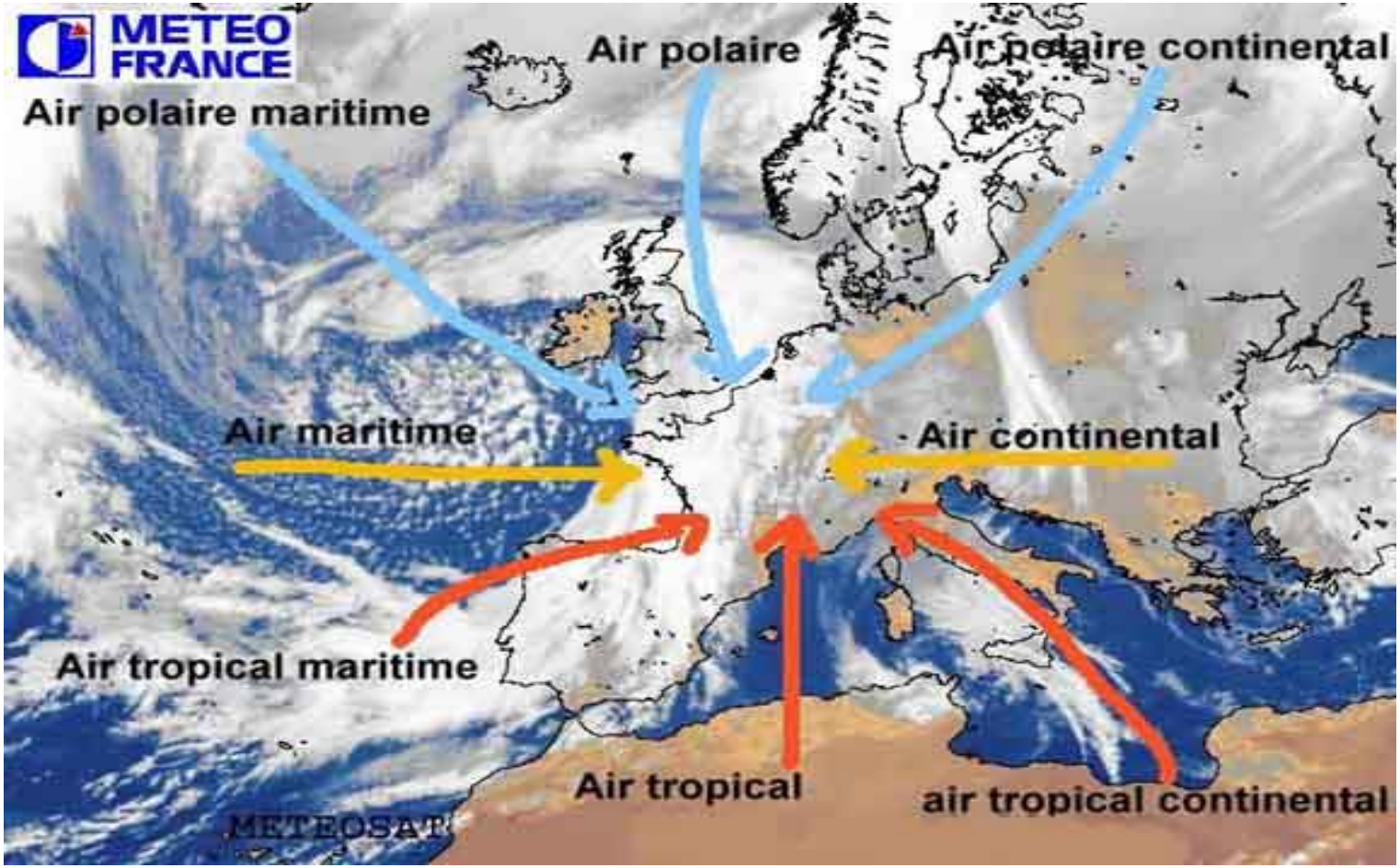
-Une masse d'air est ainsi une portion d'atmosphère, mobile et déformable, au sein de laquelle les valeurs prises par les paramètres servant à décrire l'état et l'évolution de l’air, restent à peu près constantes. La rupture sensible de cette relative continuité traduit alors le passage d'une masse d'air donnée à une masse d'air contiguë (front).

-Elles peuvent avoir 1000 km de large sur quelques milliers de kilomètres de long et quelques kilomètres d'épaisseur :

- **masses d'air équatorial**.
- **masses d'air tropical** .
- **masses d'air polaire** .
- **masses d'air arctique (ou antarctique)**.

Suivant le chemin parcouru les masses d'air peuvent encore se diviser en masses d'air **continental ou maritime**.

LES MASSES D'AIR



Les limites entre ces masses d'air de caractéristiques thermodynamiques différentes sont le siège de conflits, parfois puissants, à l'origine des fronts météorologiques sur lesquels les paramètres, que nous traitons ce jour, évoluent rapidement et donnent naissance au temps sensible qui conditionne de multiples aspects de notre vie quotidienne.

EVOLUTION DE LA TEMPERATURE AU SOL ET VISIBILITE HORIZONTALE
Brouillard

- Plus petite distance à laquelle on peut apercevoir un objet.
- Réduite par la présence d'eau liquide ou solide en suspension dans l'air (pluie, bruine, grains, brume).
- En mer on parle de **brume** lorsque la visibilité est réduite hors précipitations (V< 1 km, 1<V> 5 km) :
  - **brouillard d'advection** (air chaud sur mer froide - brouillard marin).
  - **brouillard de rayonnement** (près des côtes, ciel clair, air humide, vent faible inf à 7 nds).
  - **brouillard d'évaporation** (air froid sur mer + chaude), latitudes élevées, étangs et lacs en hiver.
  - **brouillard de mélange** (rare)

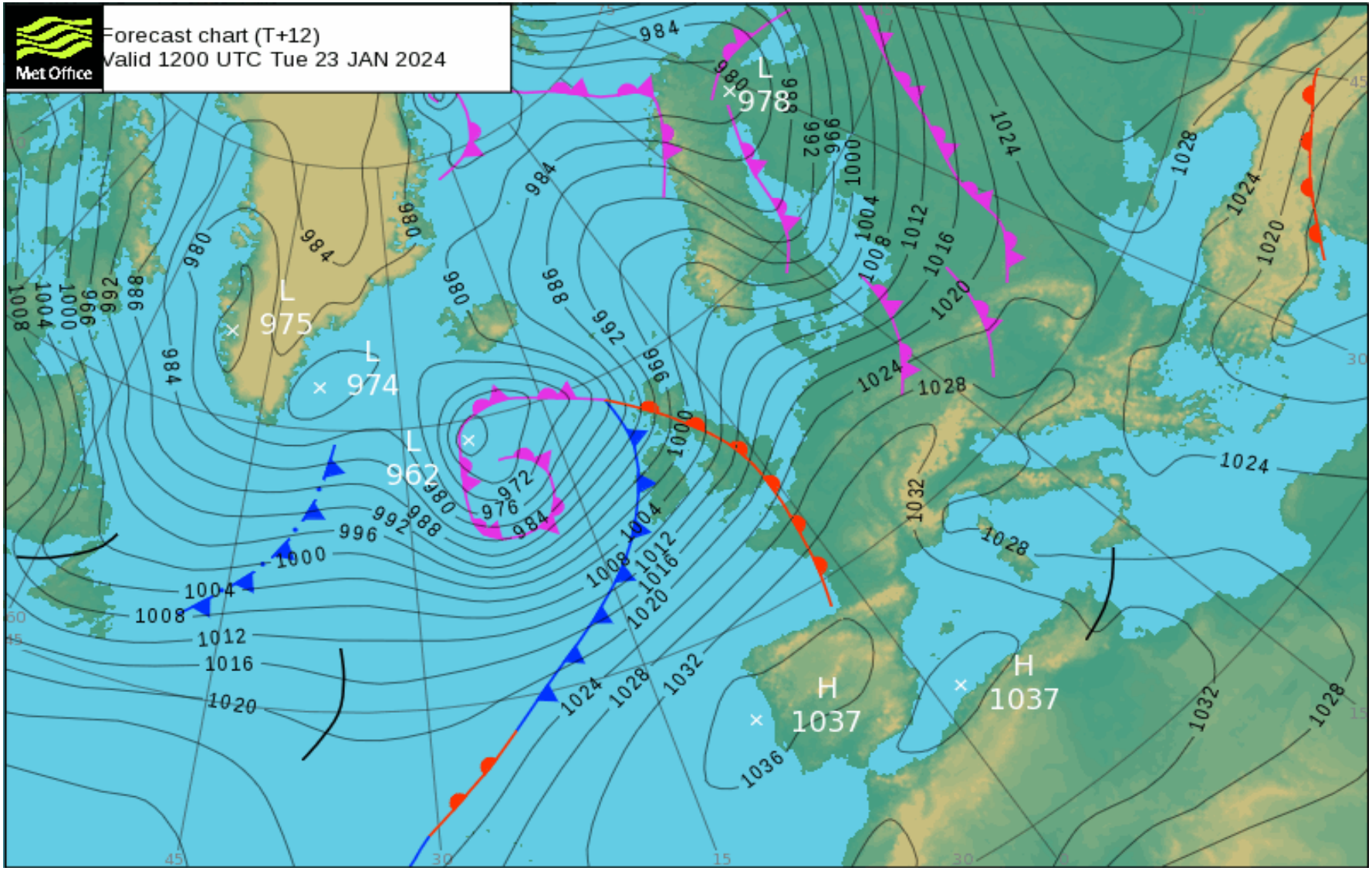
La brume en mer se rencontre souvent par vents faibles (marais barométrique), parfois dans le secteur chaud des perturbations (b. advection même par vents forts), près de la côte par dérive du brouillard de rayonnement formé sur terre (fin brise de terre), upwelling, ….

Elle représente toujours un danger en mer et nécessite de veiller avec la plus grande vigilance (signaux de brume conventionnels).

Ouessant : 49 jours de brouillard par an, 7/8 jours par mois de juin à septembre.

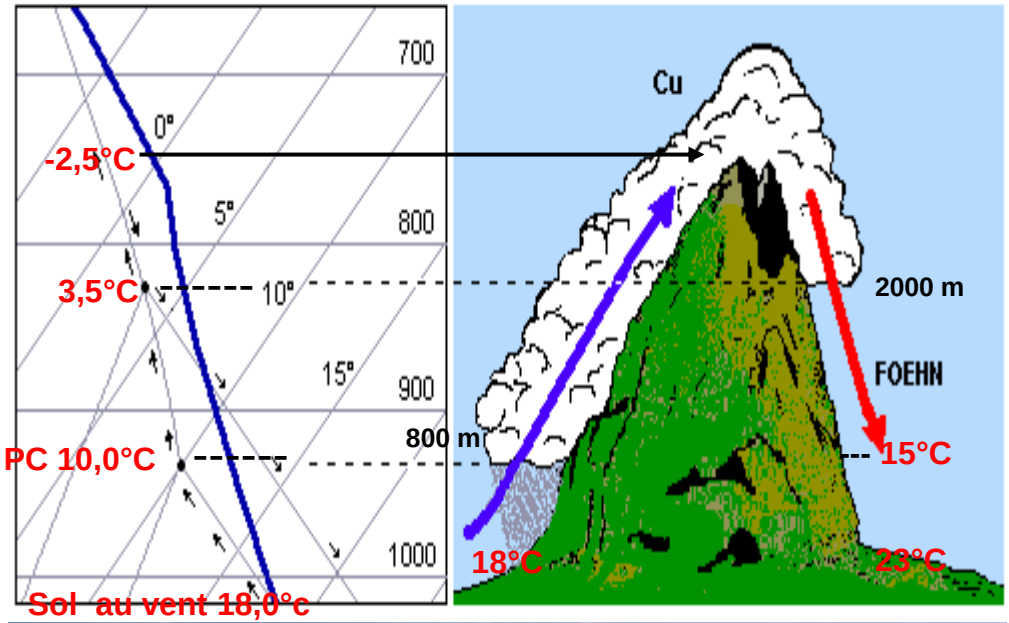
Penmarc'h : 28 j/an 3/4 J par mois juin/septembre.

Mardi 23 janvier 2024 à 12h00 UTC



Situation météo favorable à la formation de brouillard d'advection : marge sud et secteur chaud d'une perturbation circulant dans un flux de SW, surtout en automne et en hiver (gradient).

Evolution température / humidité au sol : détente forcée

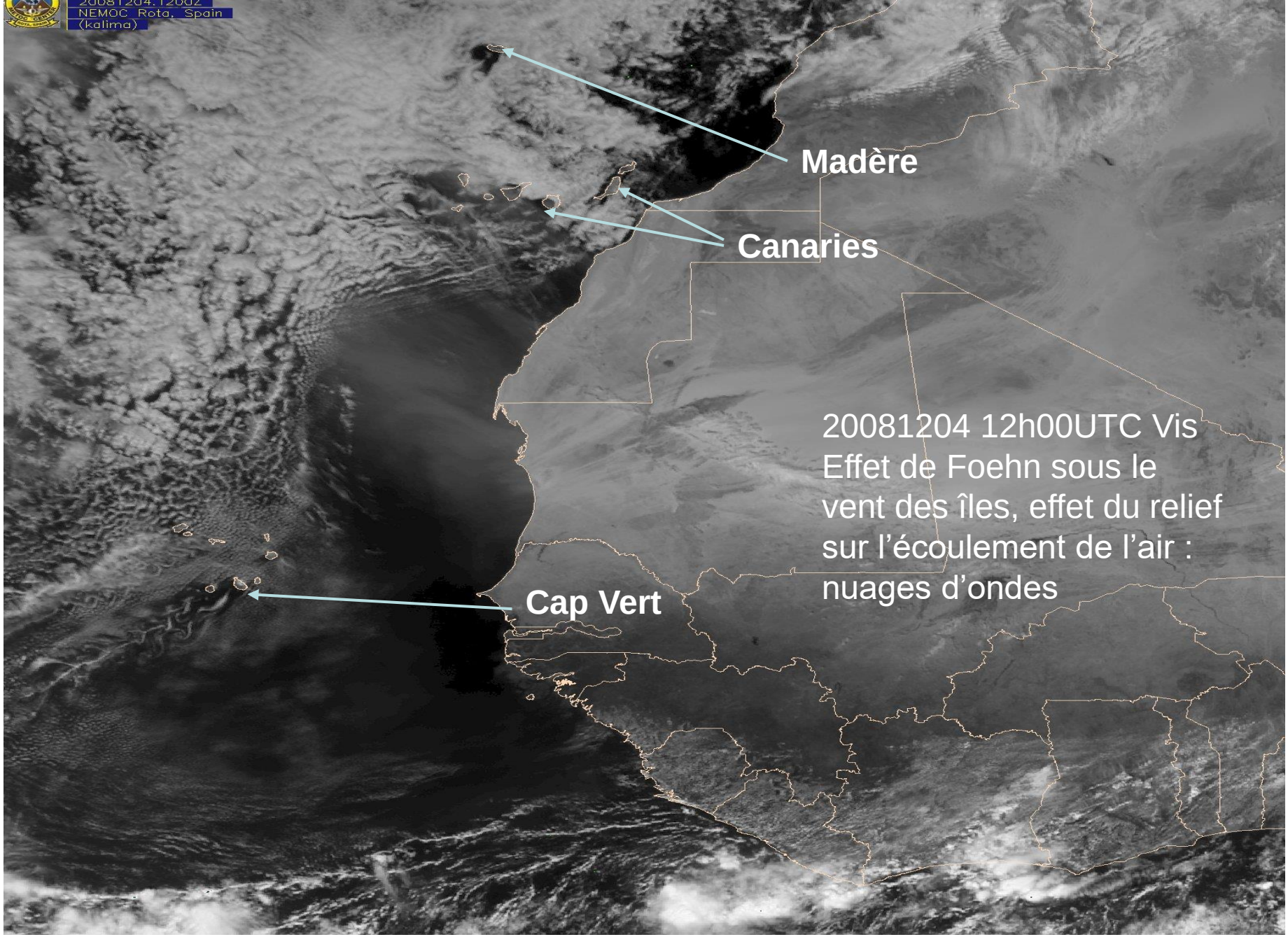


<u>Humidité</u> :

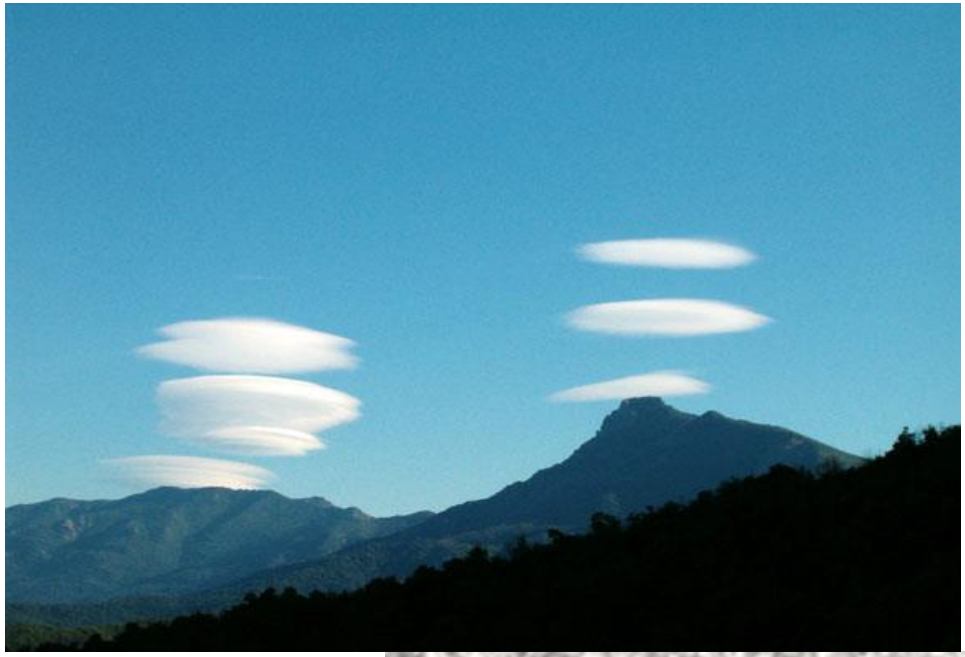
- <u>Obstacle physique</u> : précipitations au vent du relief, assèchement de la masse d'air et hausse de la température sous le vent du relief : effet de Foehn : Pyrénées, îles montagneuses (températures, nuages, précipitations – nuages orographiques) ;

- <u>Discontinuité thermique</u> : précipitations à la limite entre deux **masses d'air** de caractéristiques différentes dans zones frontales.

- **<u>Courants verticaux ascendants ou descendants (subsidence)</u>** dépressions ou anticyclones.



20081204 12h00UTC Vis
Effet de Foehn sous le vent des îles, effet du relief sur l'écoulement de l'air : nuages d'ondes



Action du relief sur l’écoulement de l’air : nuages orographiques

LA TEMPERATURE en altitude

Evolution de la température dans le plan vertical :

- 1°/100m air non saturé,
- 0.65°C/100m air saturé

Transformations adiabatiques (sans échange d'énergie avec le milieu extérieur)

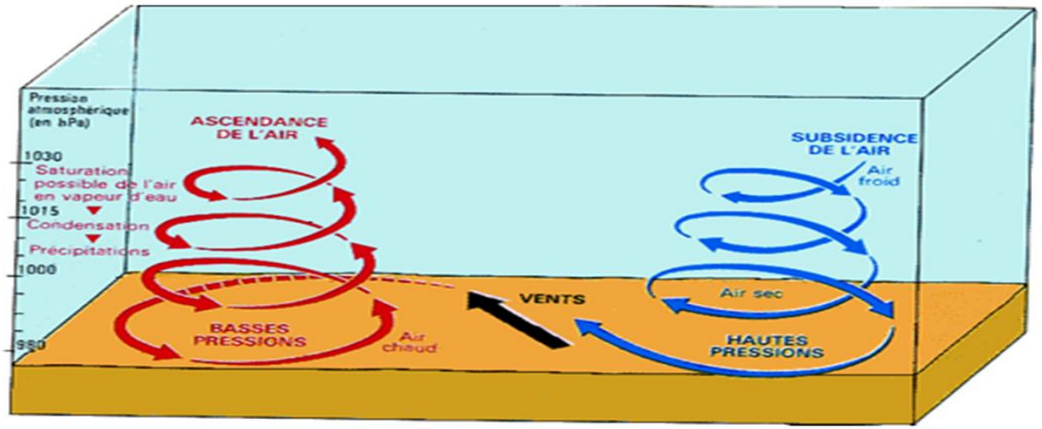
Ascendance : (détente adiabatique) → refroidissement → (T ↘ U↗) → saturation (T=Td) → condensation → nuages si poursuite du phénomène : → précipitations T = Td ↘.

Ascendance forcée sur les pentes frontales.

Inversement :

Subsidence : (compression adiabatique) → réchauffement → (T↑U↘ (T≠Td) → désaturation, assèchement → disparition des nuages.

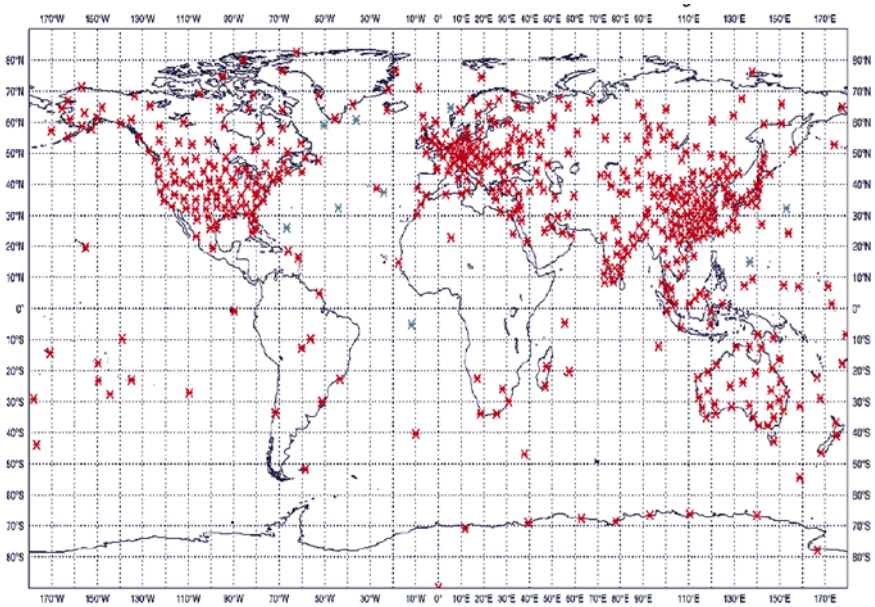
Subsidence en bordure anticyclonique, inversion de température en basses couches.



Subsidence en bordure et au centre des cellules anticycloniques.

Ascendance en bordure et au centre des dépressions

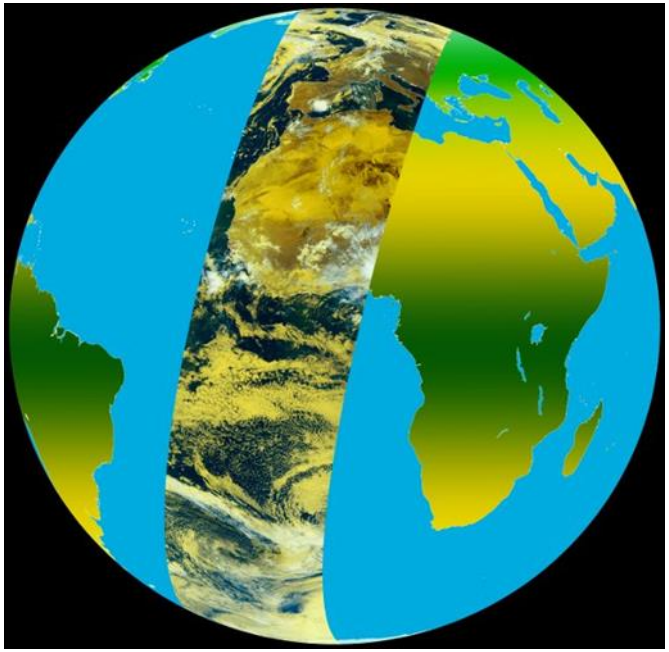
R.S. (+qq bateaux)



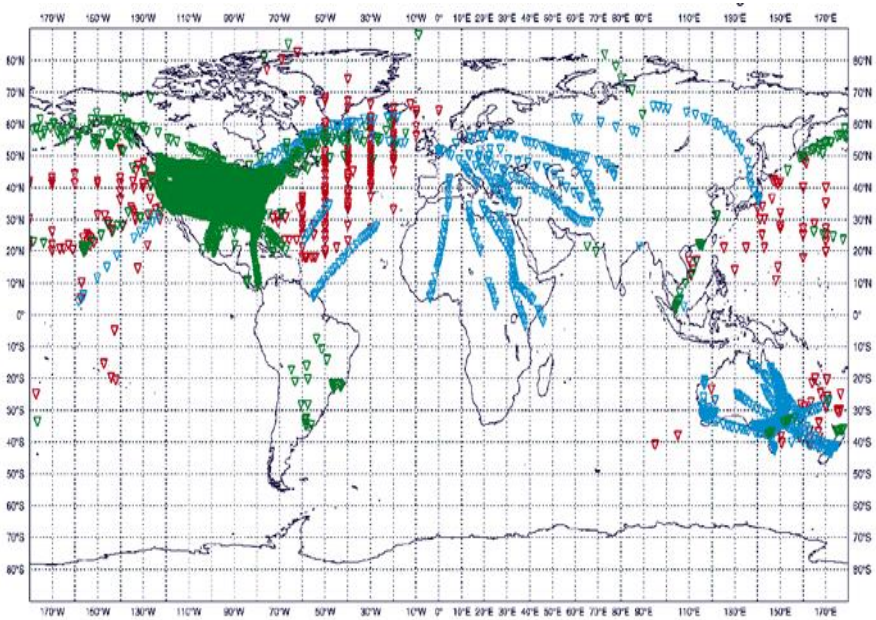
Mesure de la température en altitude

Comment évolue la température en altitude???

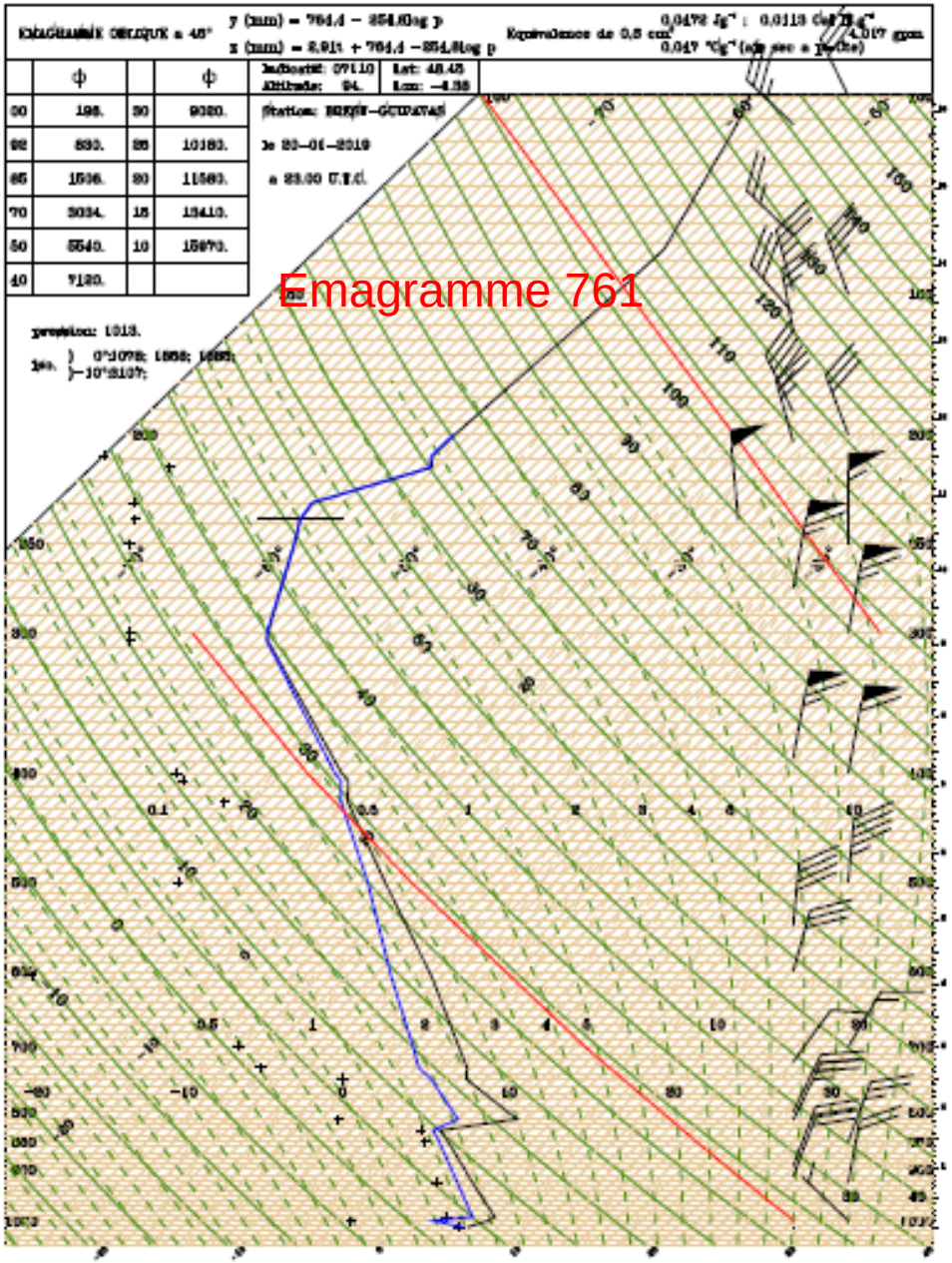
Satellites à défilement ≈ 830 km (MTO + SAR)



Avions



ALTITUDES / PRESSIONS



TEMPERATURES

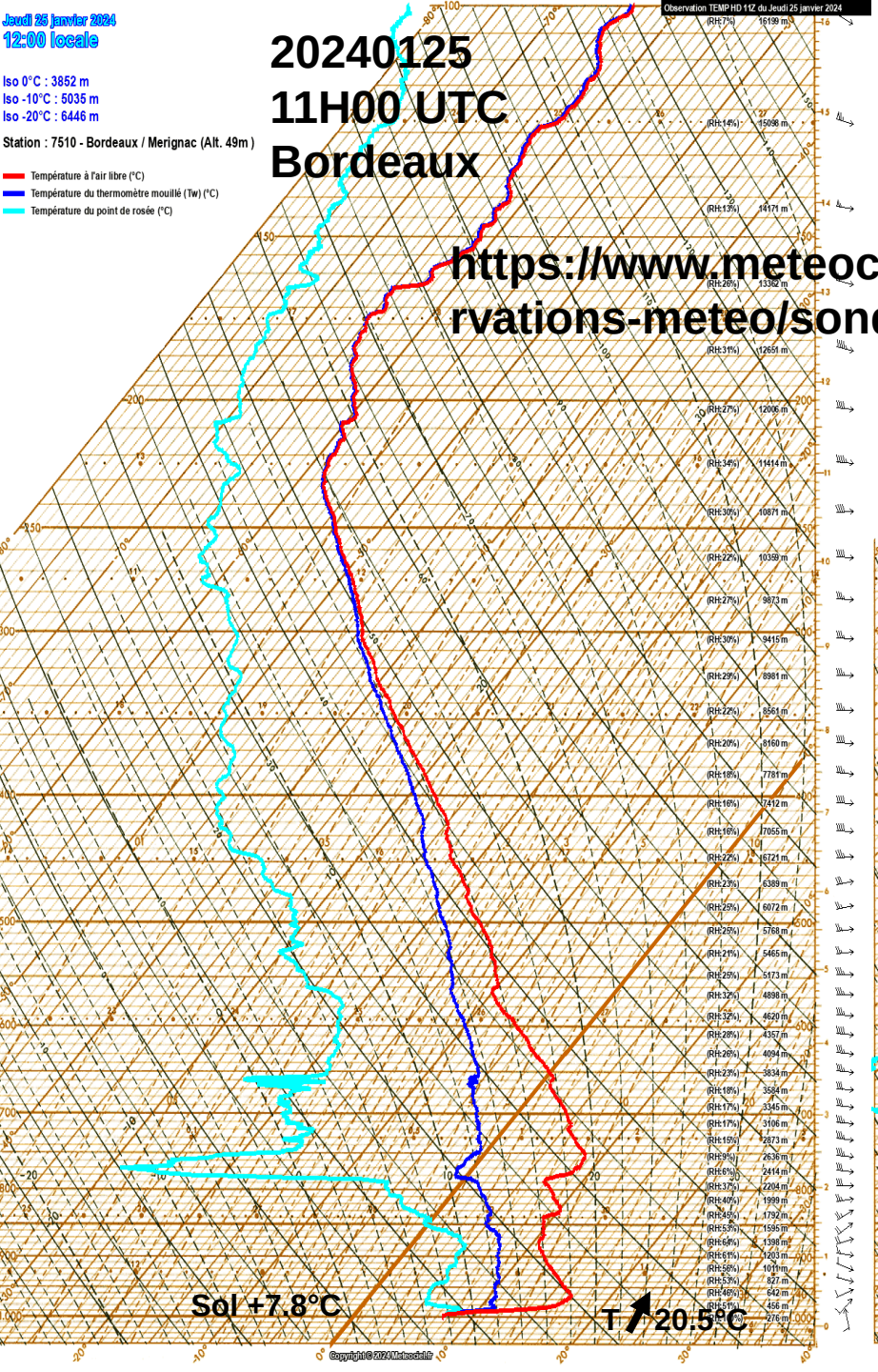
METEO FRANCE

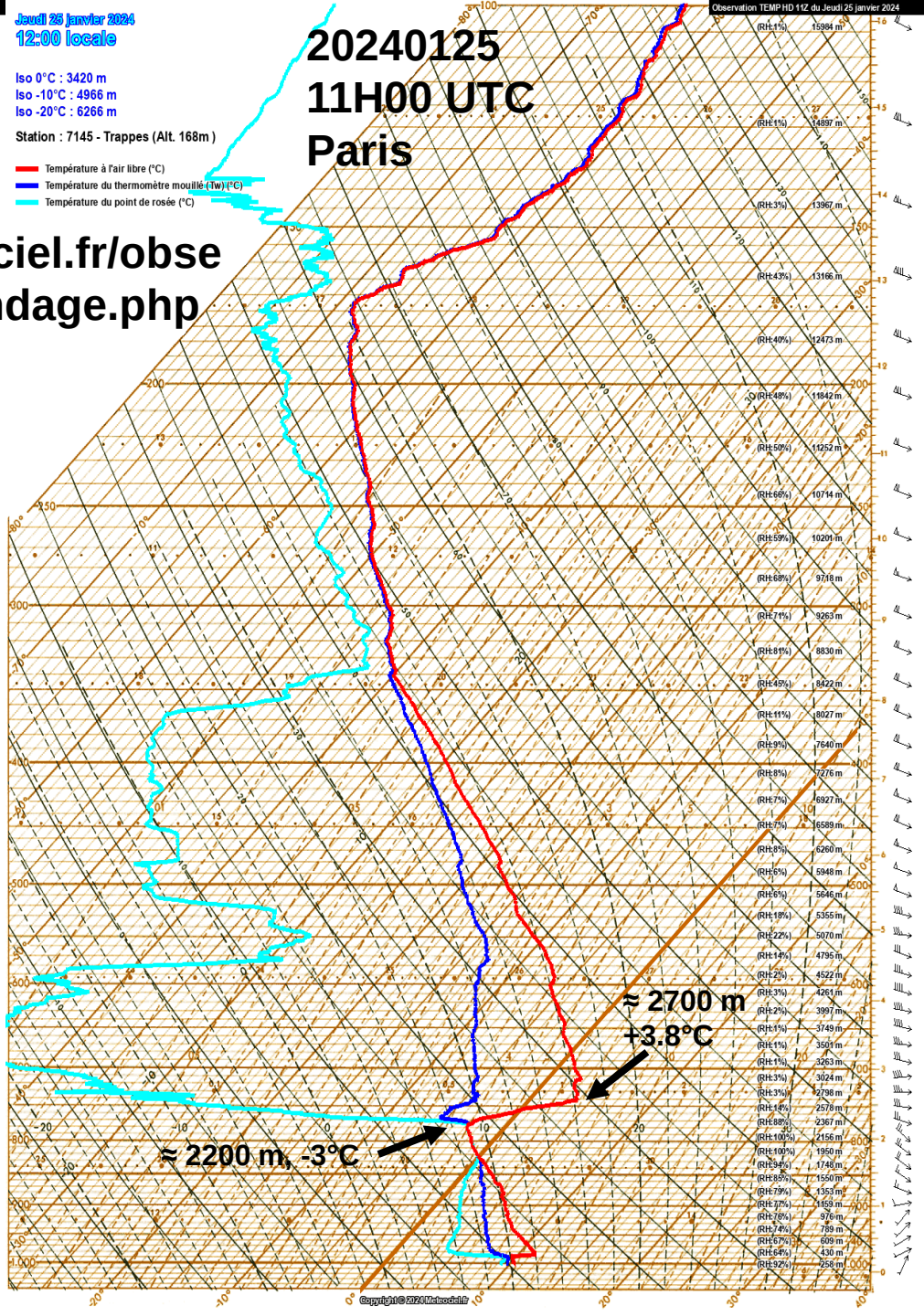
RADIOSONDAGE de BREST

20190121-00H00 UTC

Sondage en altitude :

- Profils verticaux de températures
- Stabilité et instabilité des couches atmosphériques
- Couches saturées et non saturées
- Altitude de la tropopause
- Correspondance altitudes, pressions, températures
- Détermination de l'épaisseur des couches nuageuses
- Mise en évidence inversions de température
- Mesure des vents en altitude
- CAPE (énergie potentielle de convection disponible (EPCD) ou *convective available potential energy* (CAPE)
- Trainées de condensation
- Altitude isothermes 0°C et -10°C
- ….

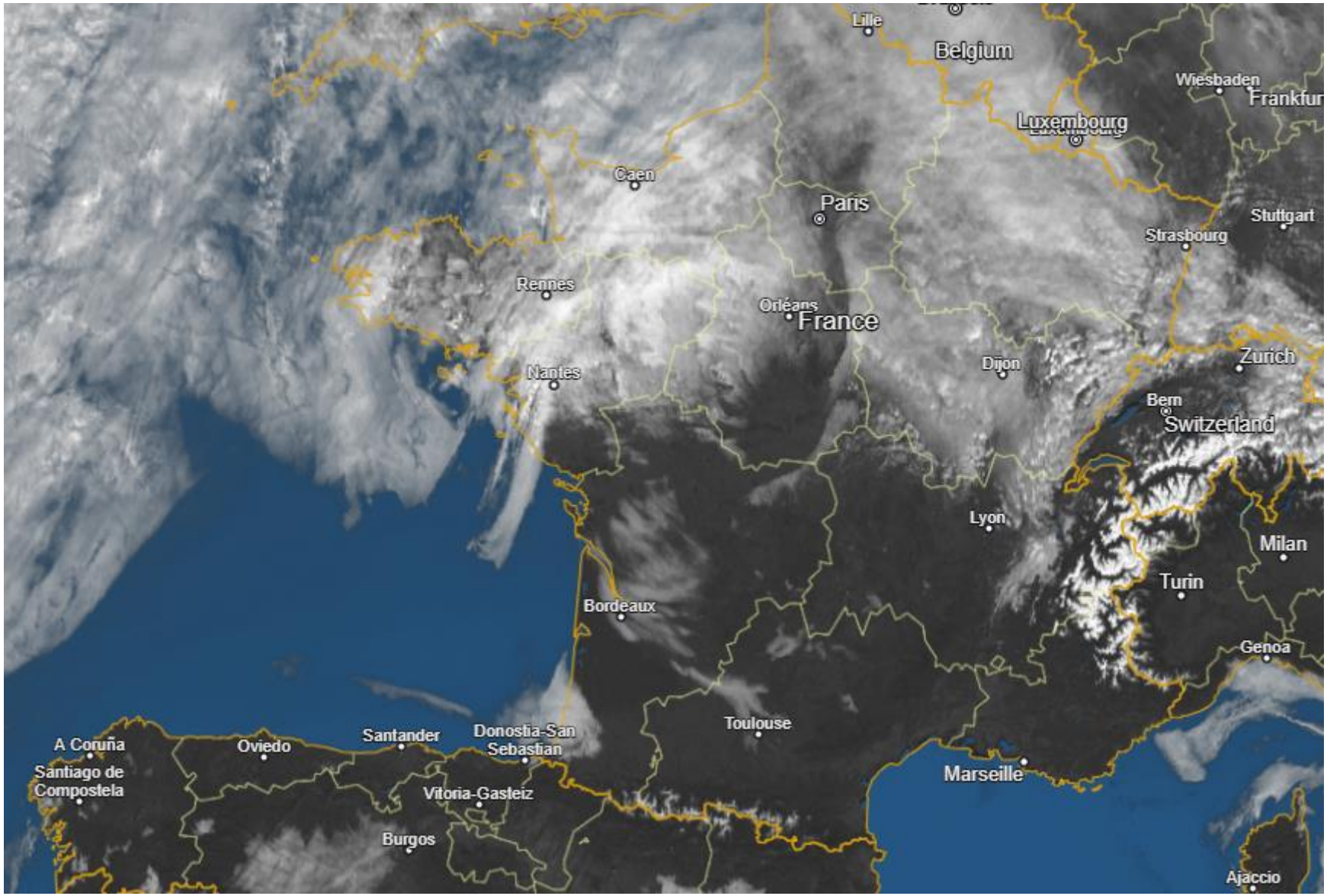




https://www.meteociel.fr/observations-meteo/sondage.php

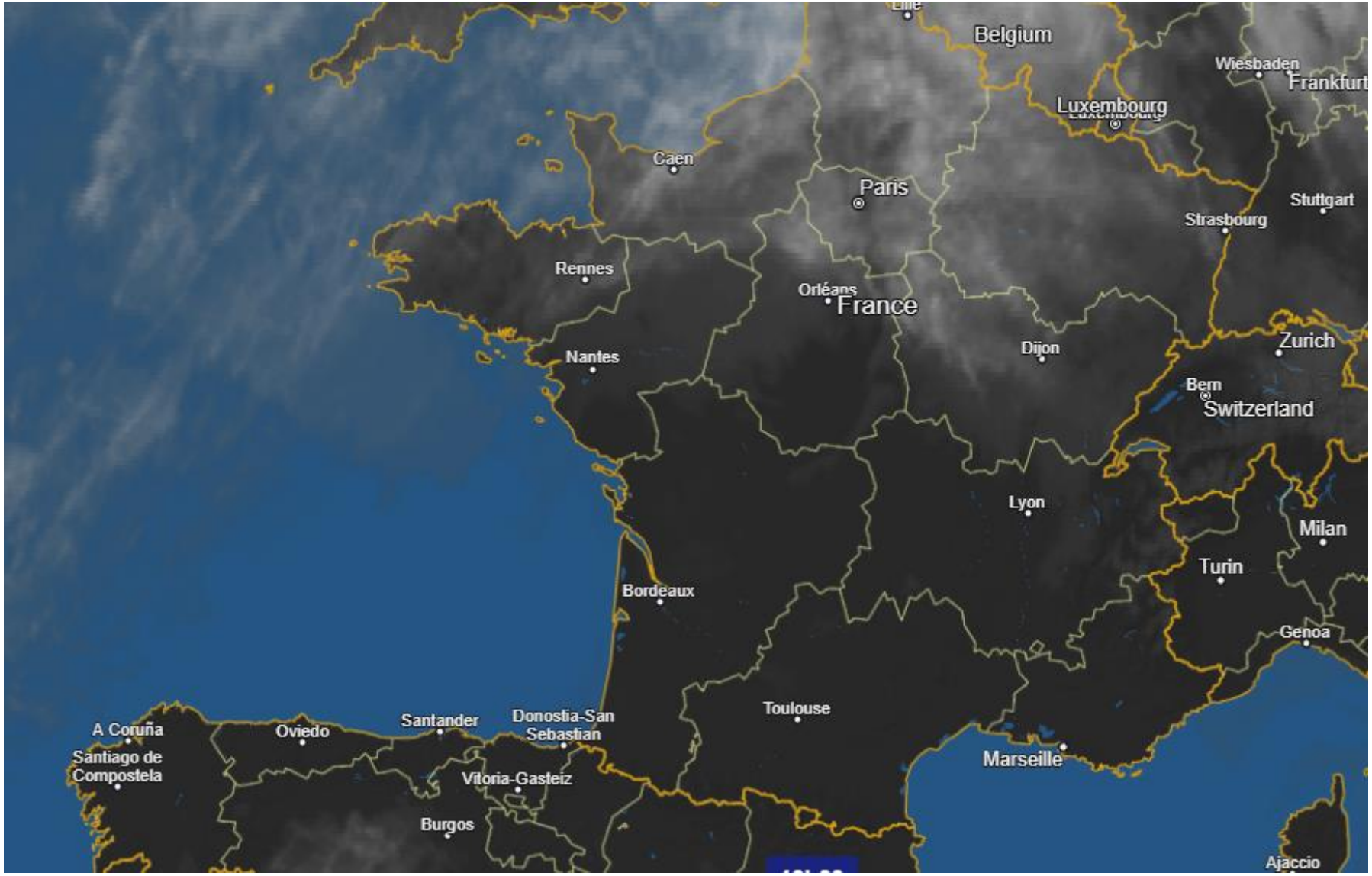
20240125 12h00 utc vis

https://www.infoclimat.fr/fr/cartes/satellite_auto/interactive/temps-reel?extent=-2514497_4766570_1235199_6683971



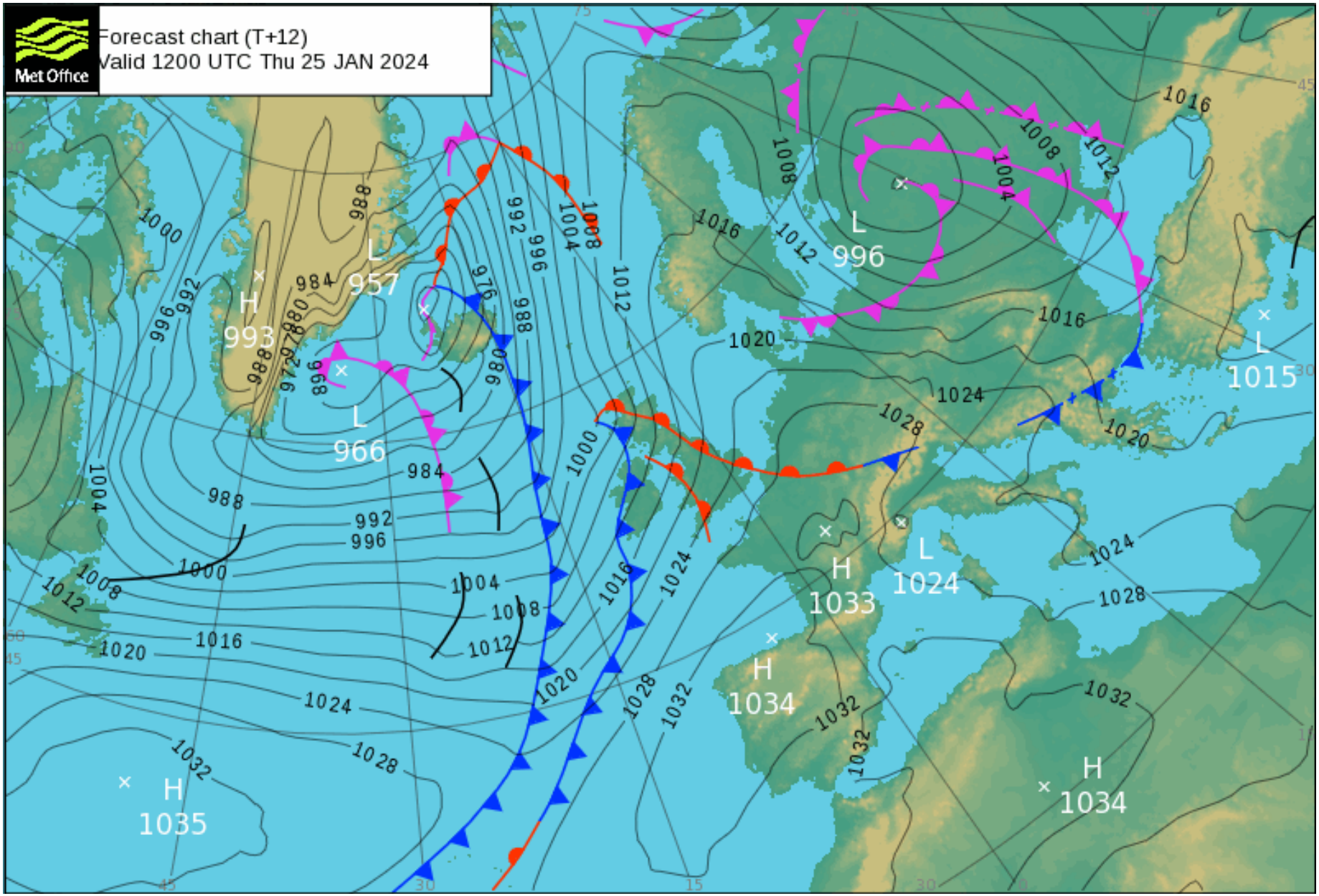
20240125 12h00 utc Ir

https://www.infoclimat.fr/fr/cartes/satellite_infrarouge/interactive/temps-reel?extent=-2514497_4766570_1235199_6683971



20240125 12h00 UTC h+12

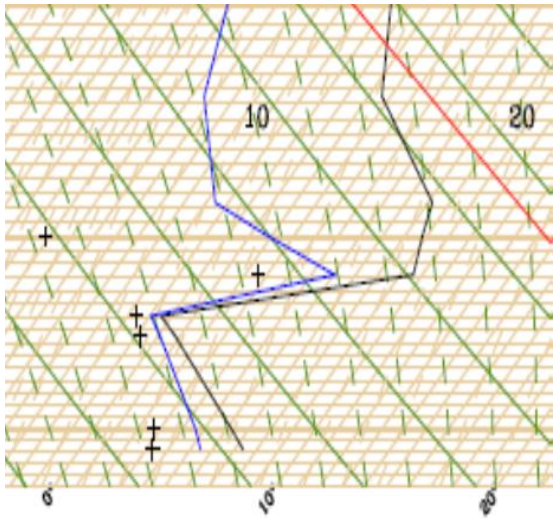
https://www.metoffice.gov.uk/weather/maps-and-charts/surface-pressure



Inversions de température :

au sol : rayonnement nocturne brouillard ou rosée ; -

en altitude : (surfaces frontales, subsidence en zone anticyclonique) : -
- peut limiter le développement vertical des nuages cumuliformes (évolution Cu/SC) -
- favorise l'étalement des nuages sous l'inversion (SC marin) ;-
- peut empêcher la dissipation des nuages bas (surtout en hiver : Stratus) -
- limite les mouvements verticaux (facteur aggravant de concentration de la - pollution urbaine)



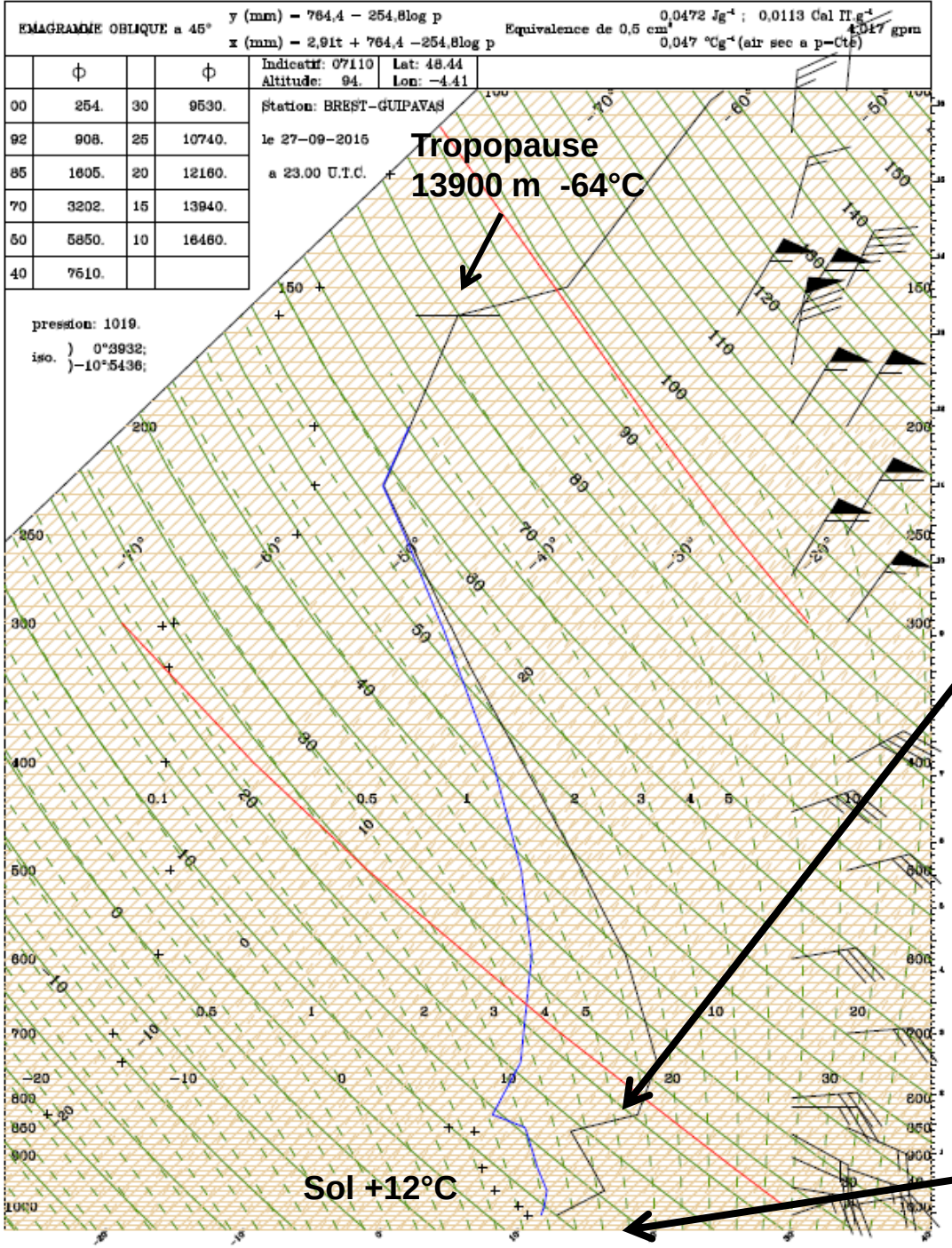
Radiosondage Brest-Guipavas 20150928 - 00h00 UTC

situation anticyclonique

Assèchement de la masse d'air
et
inversions de température

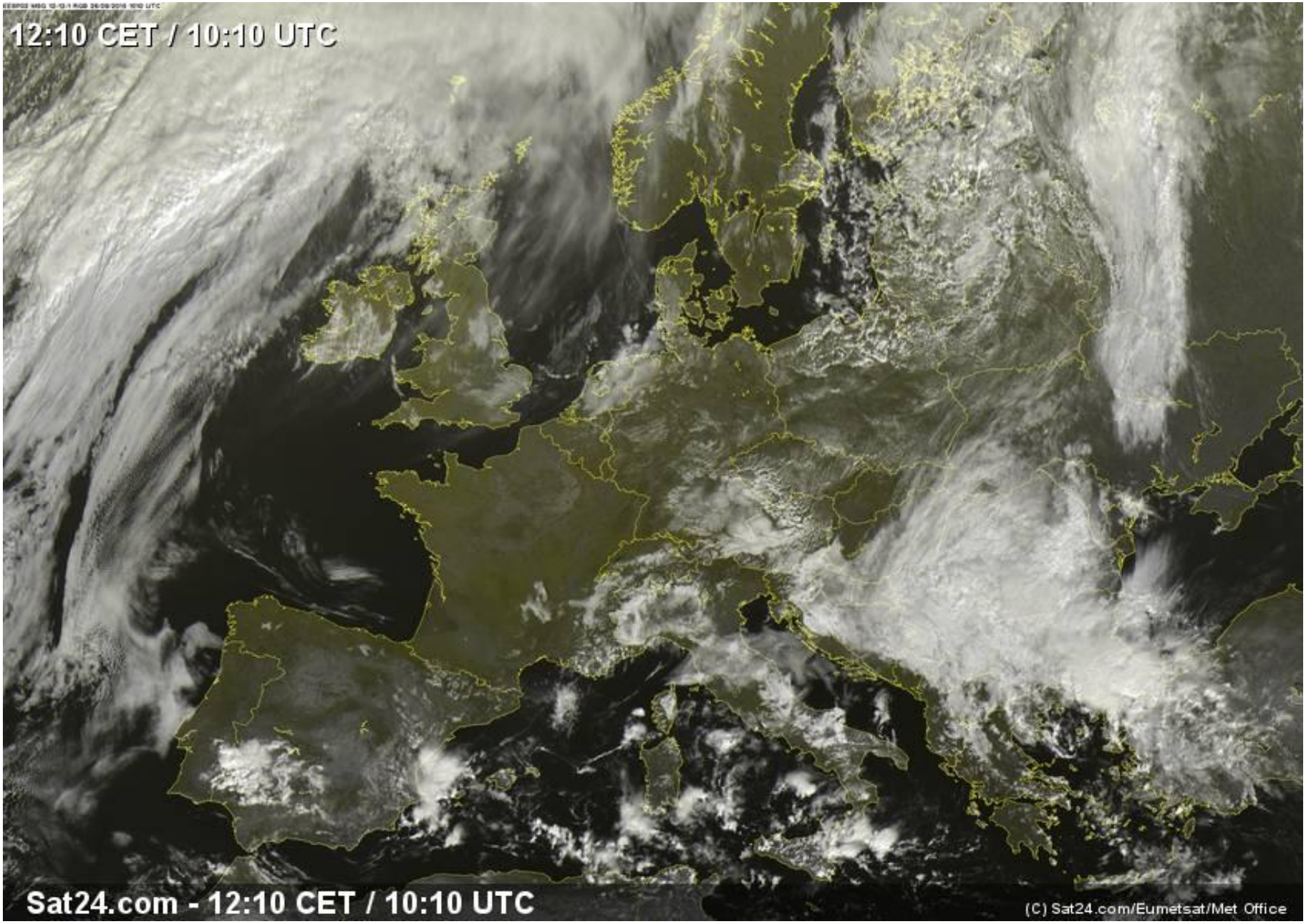
AXE TEMPERATURES

ALTITUDES / PRESSIONS

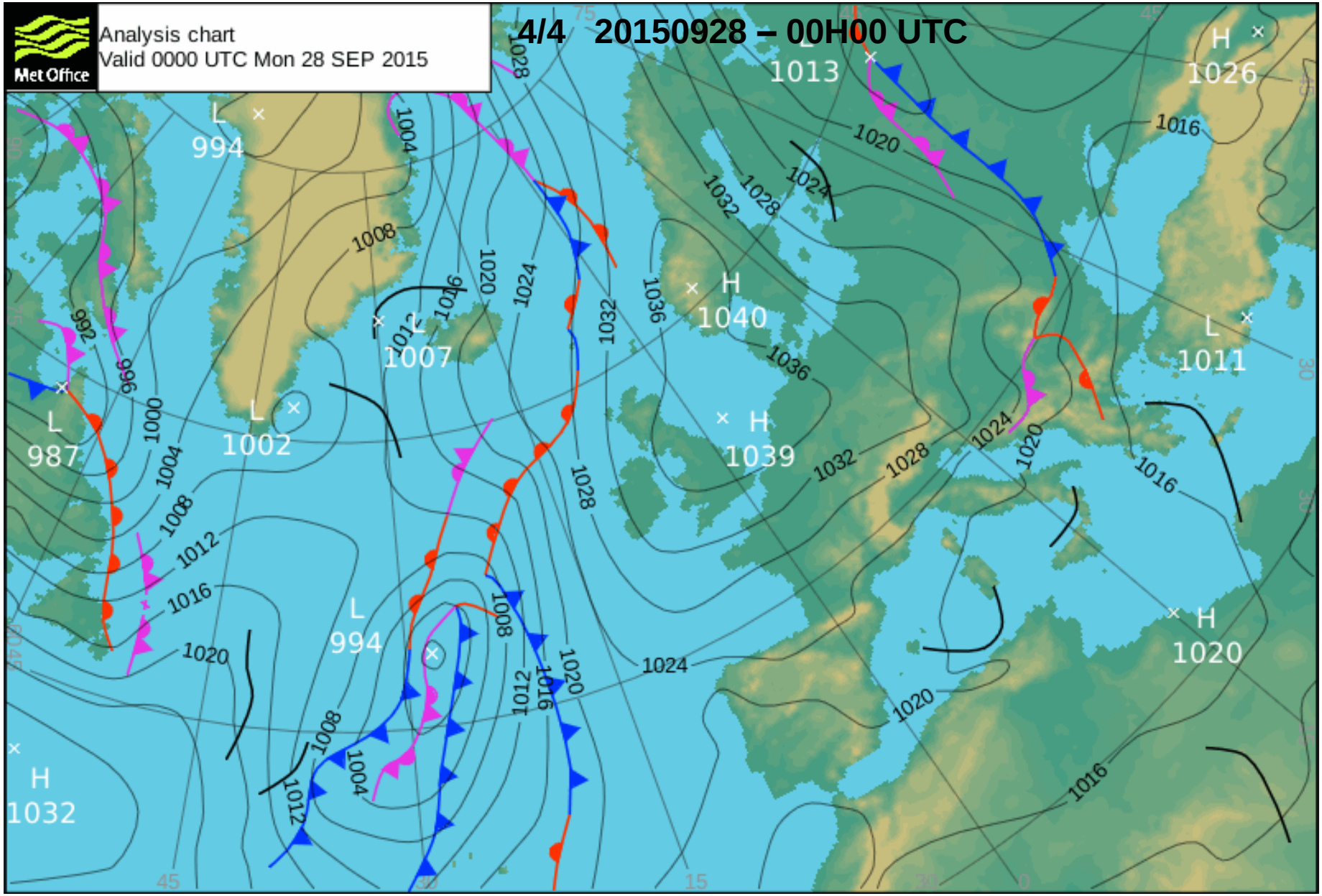


	ϕ		ϕ
00	254.	30	9530.
92	908.	25	10740.
85	1605.	20	12160.
70	3202.	15	13940.
50	5850.	10	16460.
40	7510.		

2/4 20150928_10h10 UTC Vis



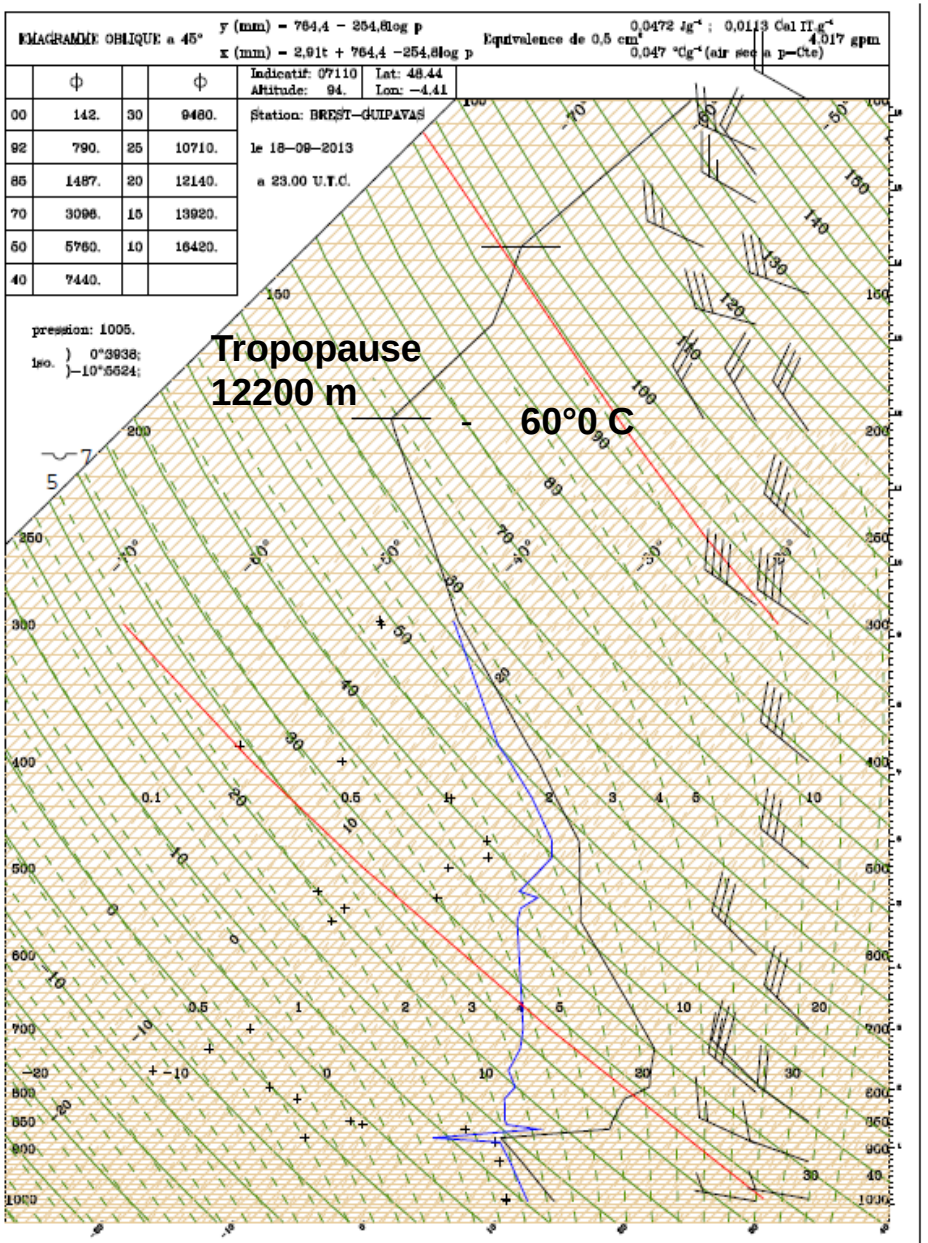
3/4 20150928_10h10 UTC



Air continental sec par flux d'Est, **vent** : pas de brouillard, mais en Manche, risque de visibilité médiocre

Radiosondage de Brest du 18/09/13 à 00h00 UTC :

Forte inversion de température vers 900 m et présence d'une couche nuageuse (SC) bloquée dans son développement vertical sous l'inversion de température.

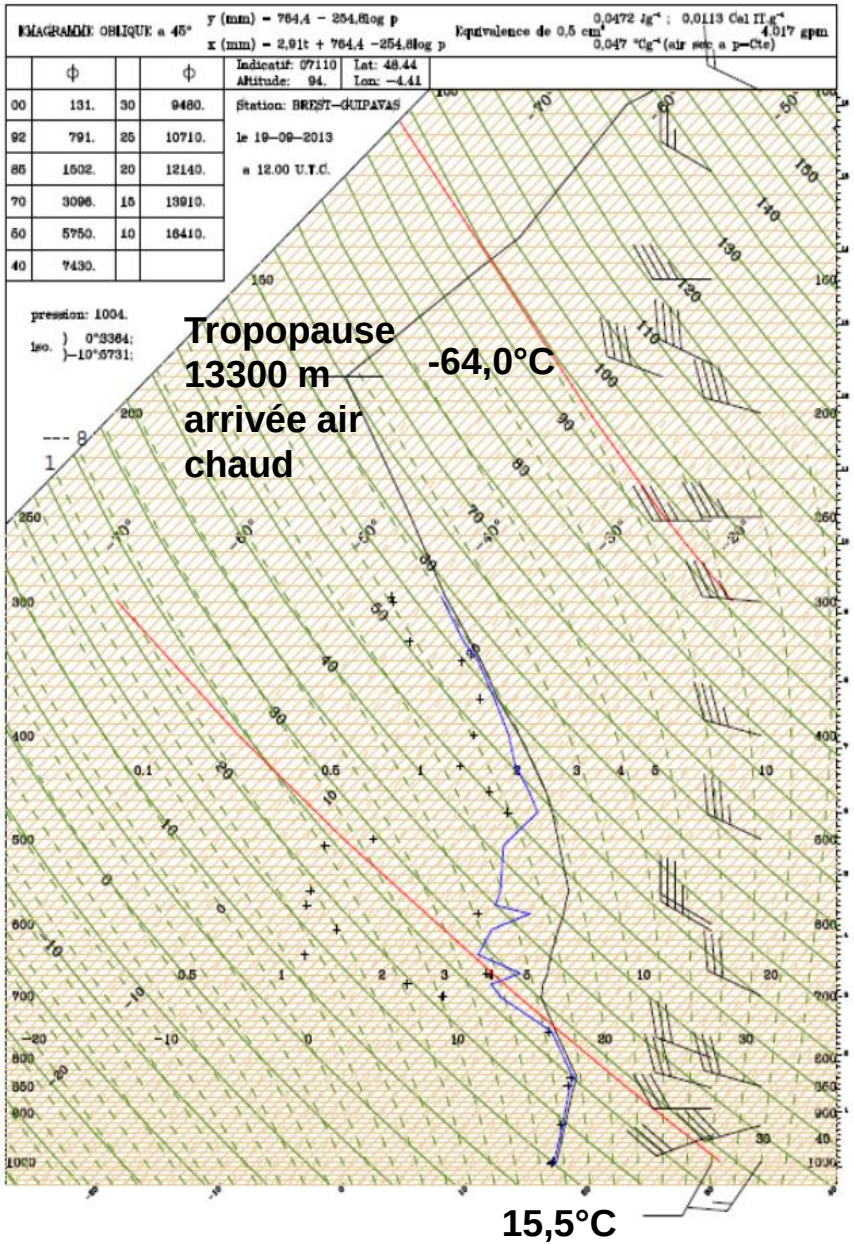


METEO FRANCE

RADIOSONDAGE de BREST

Radiosondage Brest du 2019/09/13 à 12h00 UTC

Saturation dans les basses couches dans une masse d'air stable

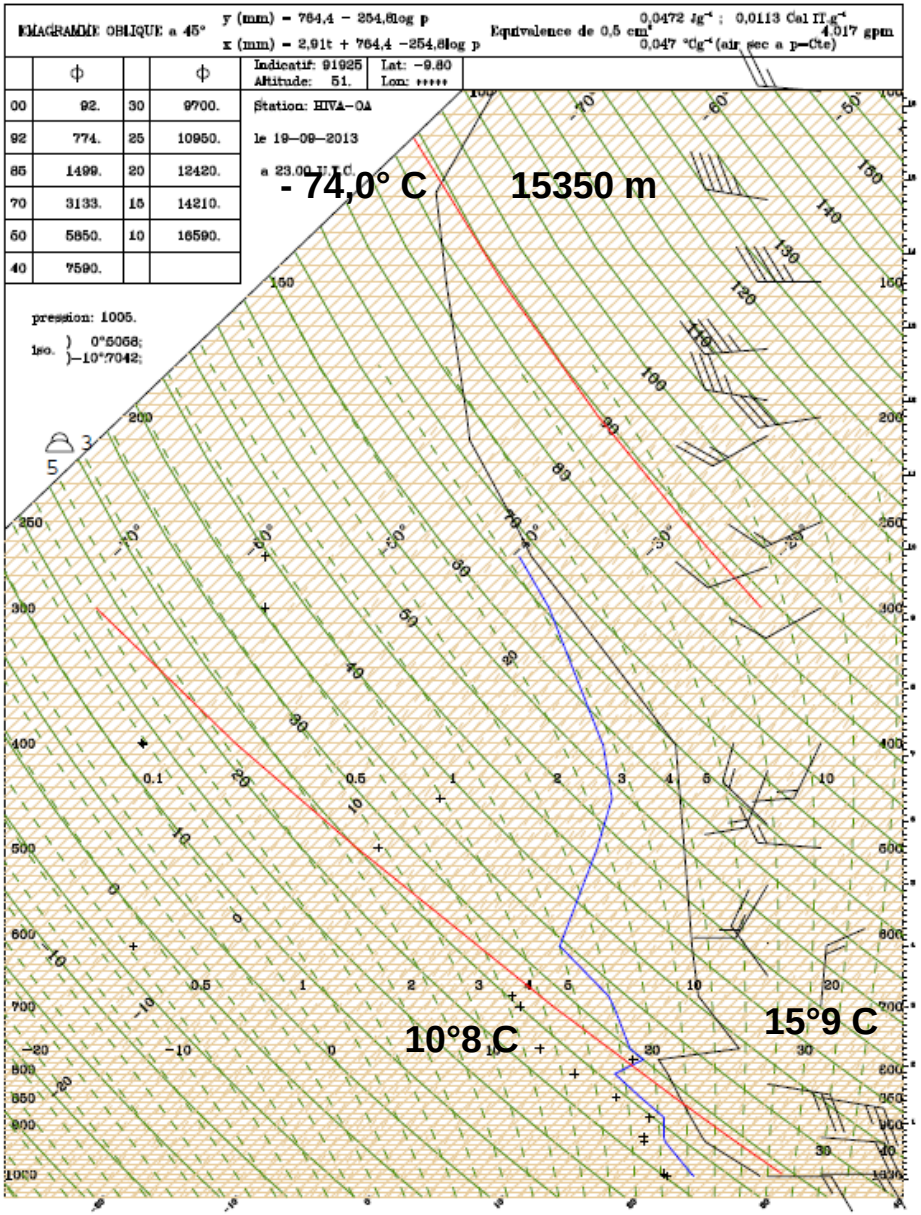


METEO FRANCE

RADIOSONDAGE de BREST

Radiosondage Hiva-Oa

Inversion de température typique de la zone des alizés



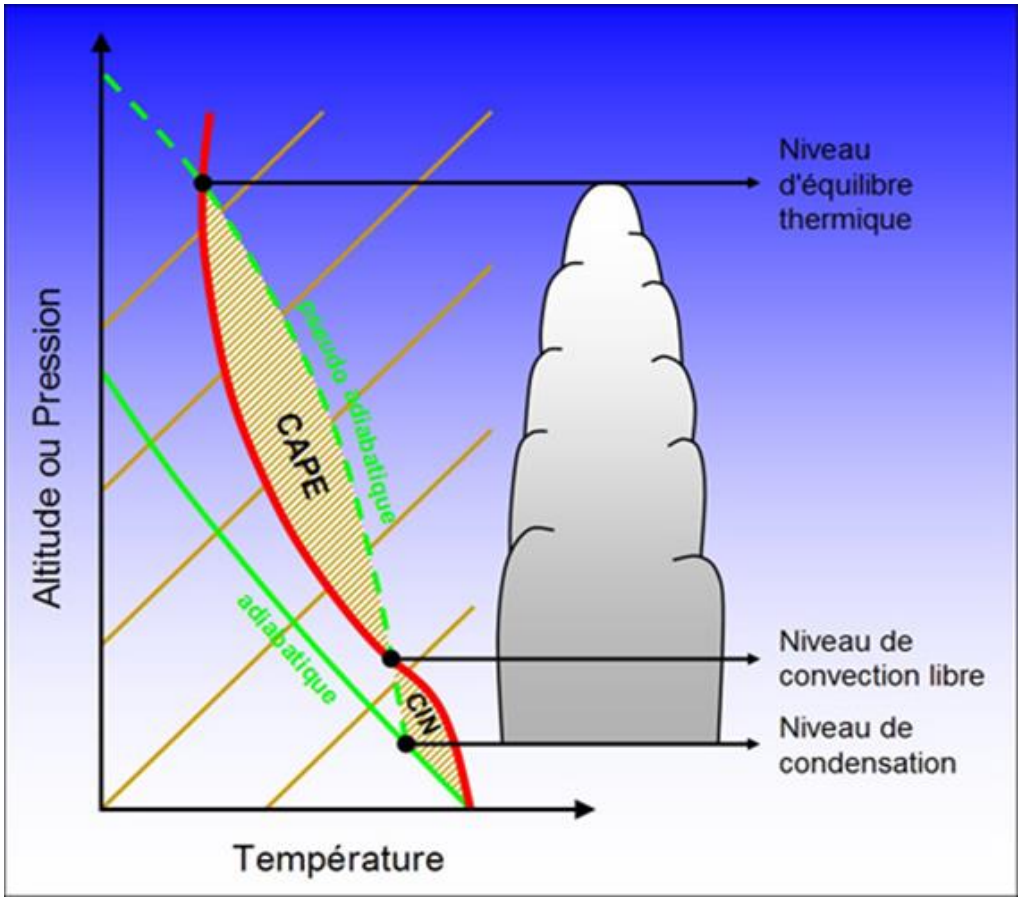
Extension verticale peu marquée.
Si développements verticaux plus marqués??

METEO FRANCE

RADIOSONDAGE de HIVA−OA

EPCD (énergie potentielle de convection disponible) ou CAPE (convective available potential energy) en J/Kg d'air

CIN Convective Inhibition J/Kg.



L'EPCD (ou CAPE) est un des paramètres utilisé pour estimer l'instabilité de l'air (mouvements verticaux) et le potentiel de violence d'un orage (quantité d'énergie accumulée entre le niveau de convection libre et celui ou la particule retrouve une température ambiante égale à la sienne).

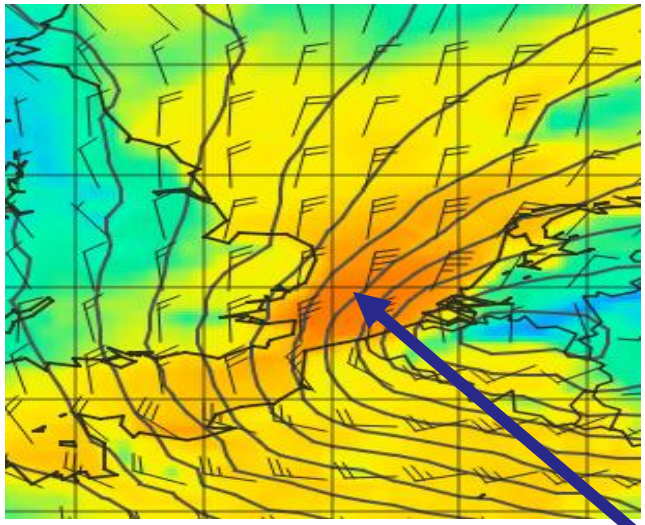
La CAPE est une énergie disponible mais potentielle.

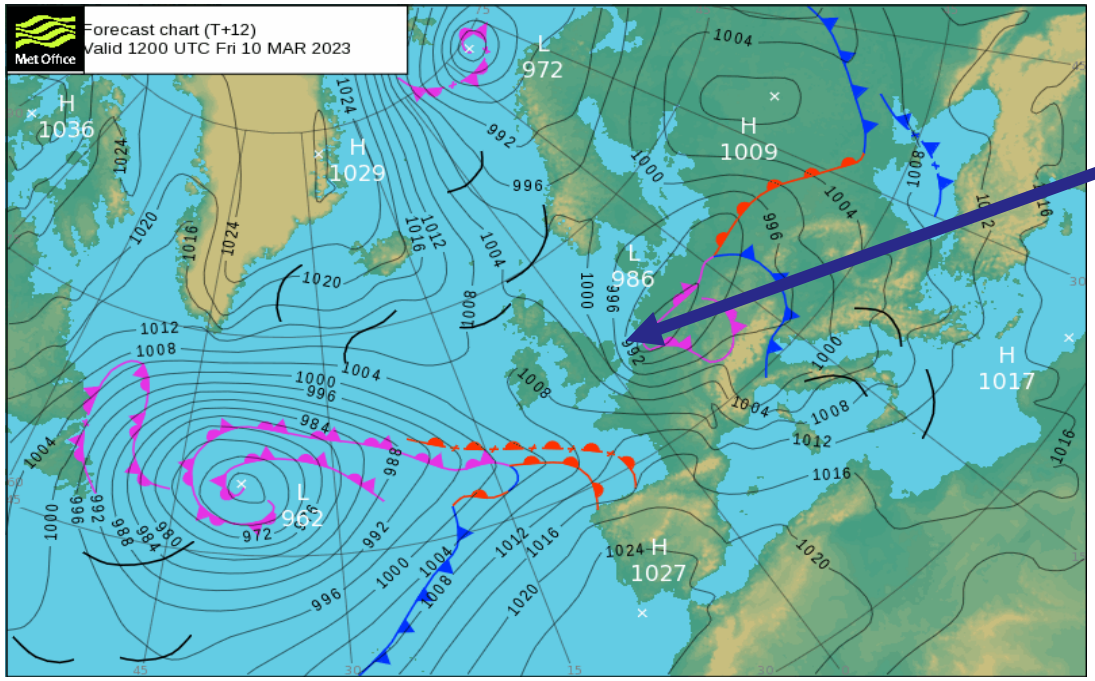
La destruction en cours de journée de fortes inversions de température par l'ensoleillement produit de fortes CAPE, tout comme le réchauffement par la base d'une masse d'air déjà instable (flux de NW – air polaire maritime au contact d'une mer plus chaude) ou la proximité d'une surface frontale (front froid).

La CIN représente l'énergie qu'il faudrait fournir à une particule d'air à la base d'une couche en instabilité sélective pour lui permettre de dépasser son niveau de convection libre.

CAPE et CIN Champs de vents du 20230310 12h00 UTC (H+12)

	51°53'24"N		002°45'24"E
Vent 10 m	11 °	8 Bf	36.3 kts
Rafales	40.5 kts		
Courant			
Pression (MSL)	993.0 hPa		
Température			
Point de rosée (2 m)			
Min		Max	
Précipitations	1.49 mm/h		
Nébulosité	100 %		
Humidité relative (2 m)	96 %		
Isotherme 0°C			
Epaisseur de neige			
CAPE	63	CIN	0 J/Kg



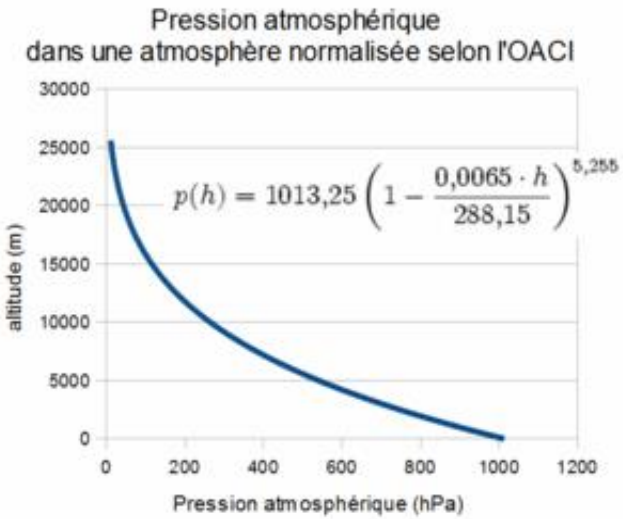


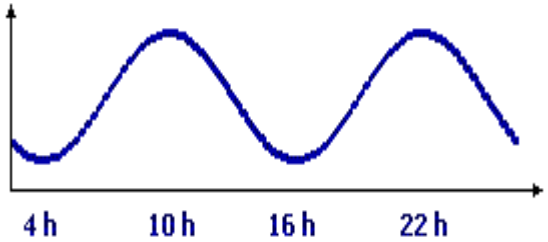
LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

Champs en surface et en altitude

Corrélation situation en altitude et situation en surface

L'ATMOSPHÈRE (troposphère) - La pression atmosphérique





En heure solaire locale

Pression atmosphérique au sol

Pression atmosphérique ?
Atmosphère standard 1013.25 hPa au sol mais seulement 265 hPa à 10 000 mètres.

Variation dans le plan horizontal (au sol) :
950 hPa → 1050 hPa (881 hPa cyclone Wilma – Antilles en 2005).

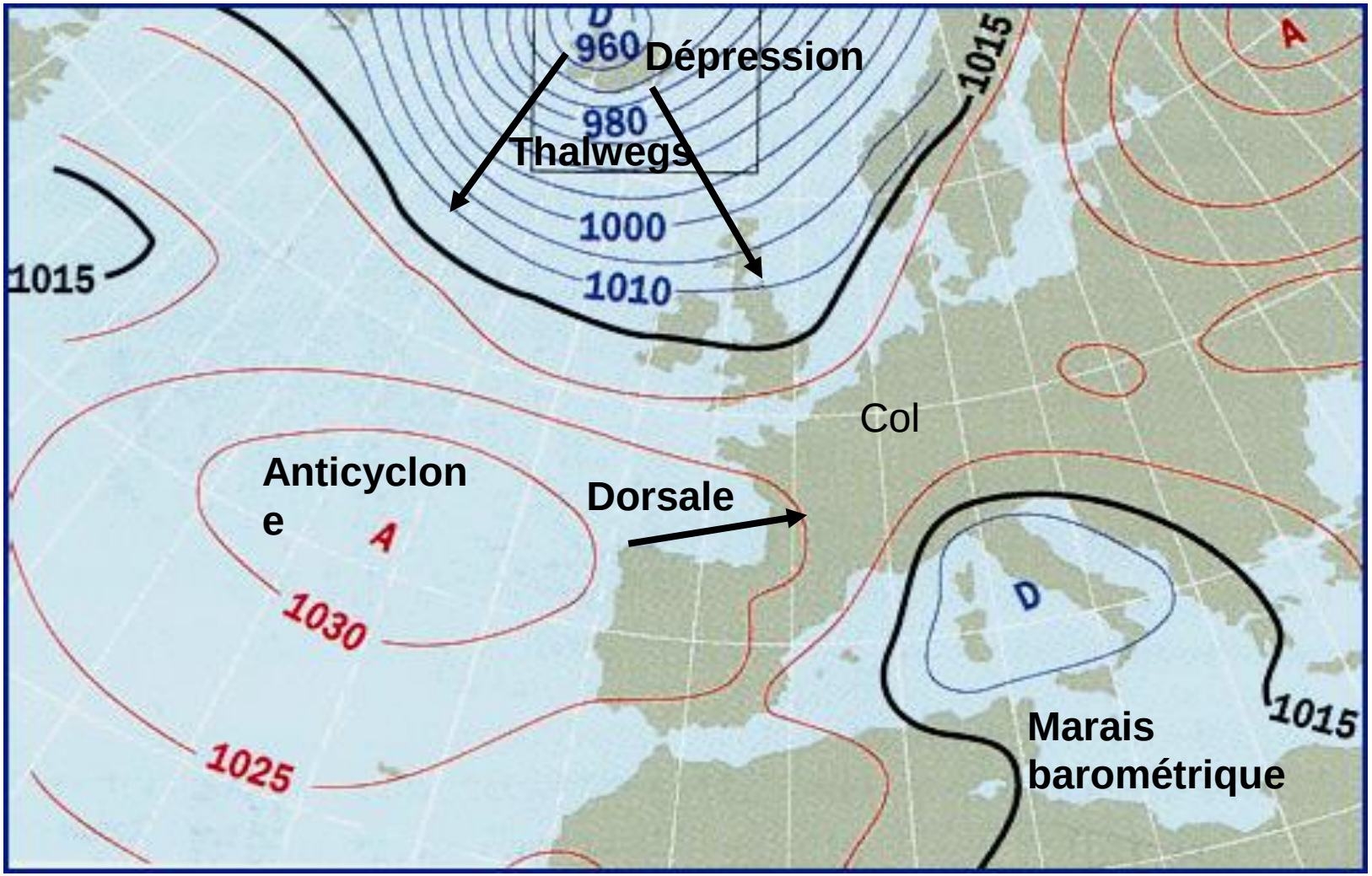
Variation dans le plan verticale ∫(t) : 1 hPa/8,50 m au sol, 1hPa/30 m vers 700 hPa (≈ 3000 m).

Calage du baromètre : niveau de la mer.

Marée barométrique : variation diurne liée à la marée astronomique (2,5 hPa Antilles, jusque 4 hPa dans d'autres régions).

Influence de la pression atmosphérique sur la hauteur de la mer **: surcote, décote** (zéro hydro).

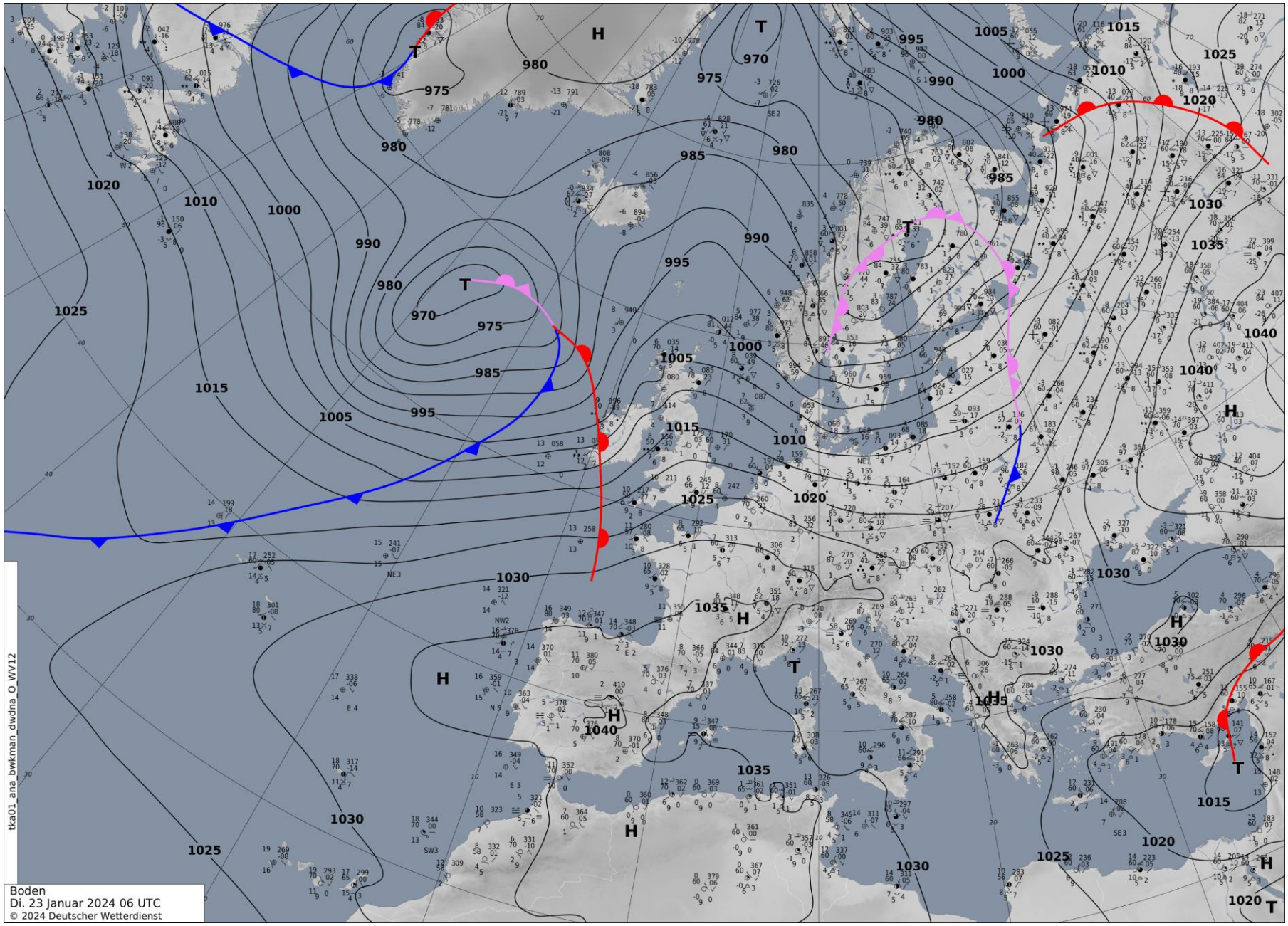
Pression atmosphérique au sol, therminologie



<u>Pression atmosphérique</u>

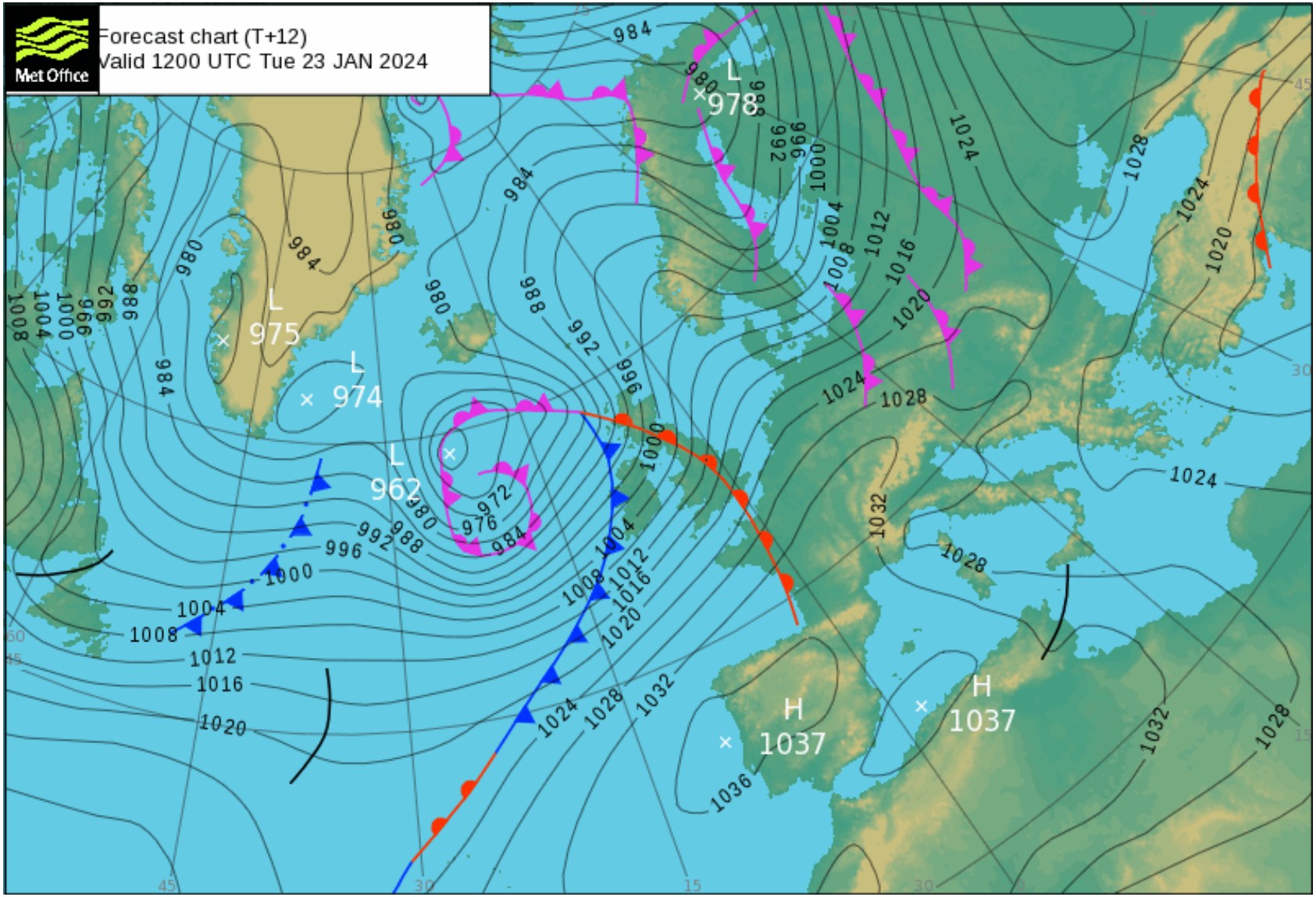
Isobares – zone de haute pression (Anticyclone) – zone de basse pression (Dépression) – dorsale – thalweg – col – marais barométrique

20240123 06h00 UTC analyse en surface

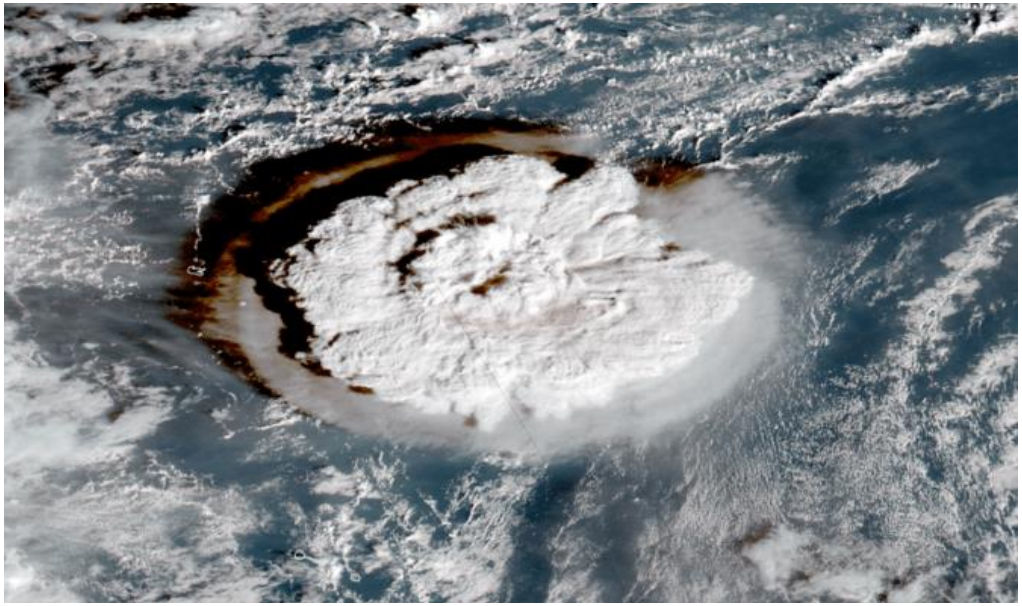


https://www.dwd.de/EN/ourservices/hobbymet_wcharts_europe/hobbyeuropecharts.html?nn=495490

Variation horizontale du champ de pression au sol (20240123 à 12h00 UTC H+12 (sans observations pointées)



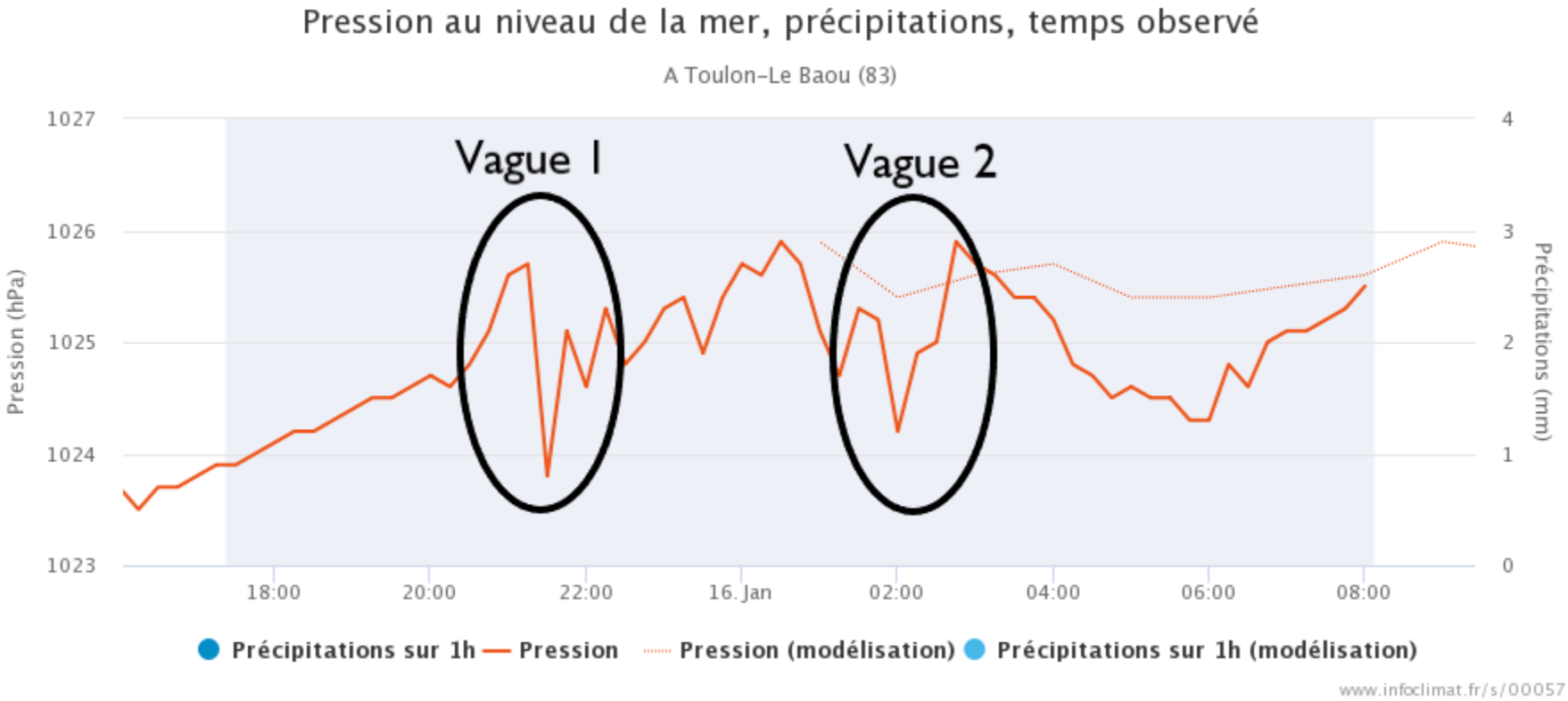
https://www.metoffice.gov.uk/weather/maps-and-charts/surface-pressure



Atmosphère global

Début de l'éruption du Hunga Tonga le 15 janvier 2022 à 06H00, heure de Paris (05h00 UTC) Himawari-8

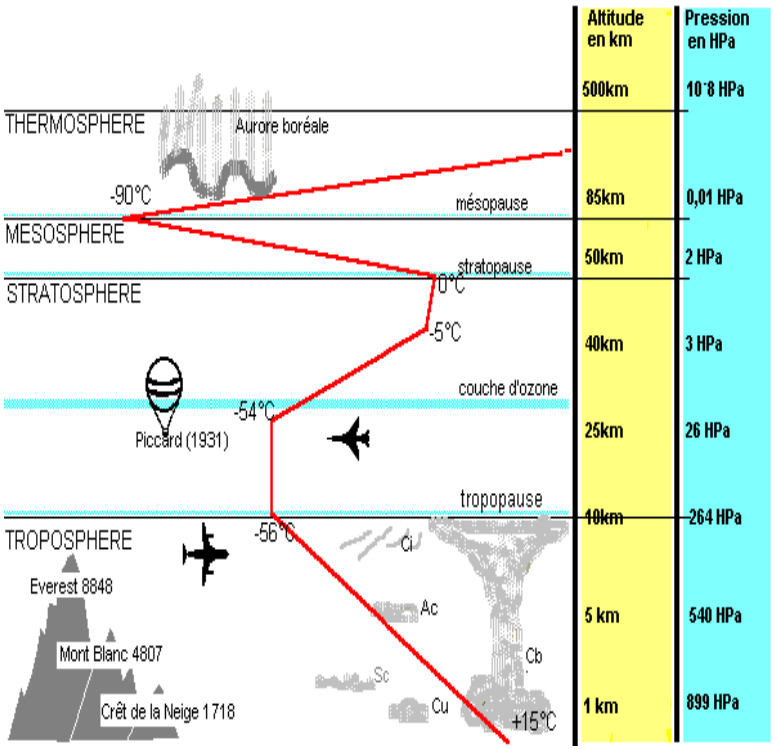
Impact sur le champ de pression atmosphérique globale (en France vers 21h30 UTC – ΔP 2,5 hPa soit H+16h30)



Champs de pression en altitude

Niveaux standards de pression, correspondance en mètres géopotentiels et températures :

1000 hPa → 115 m (mgp) → +14°C
850 hPa → 1500 m (mgp) → +05°C
700 hPa → 3000 m (mgp) → - 05°C
500 hPa → 5520 m (mgp) → - 20°C
300 hPa → 9300 m (mgp) → - 45°C
250 hPa → 10500 m courant jet, tropopause
200 hPa → 11500 m (mgp)
150 hPa → 13600 m (mgp)
100 hPa → 16000 m (mgp)

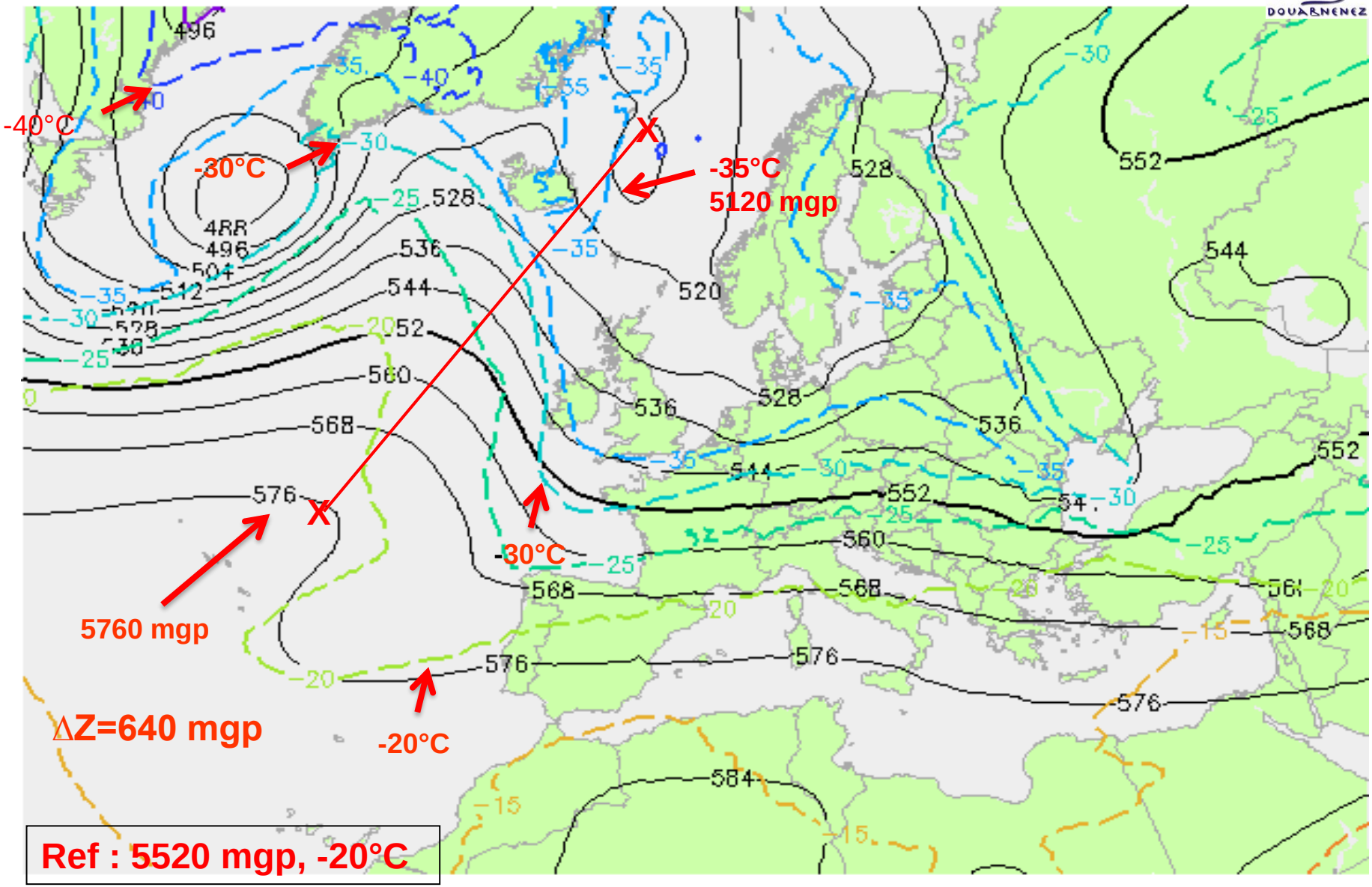


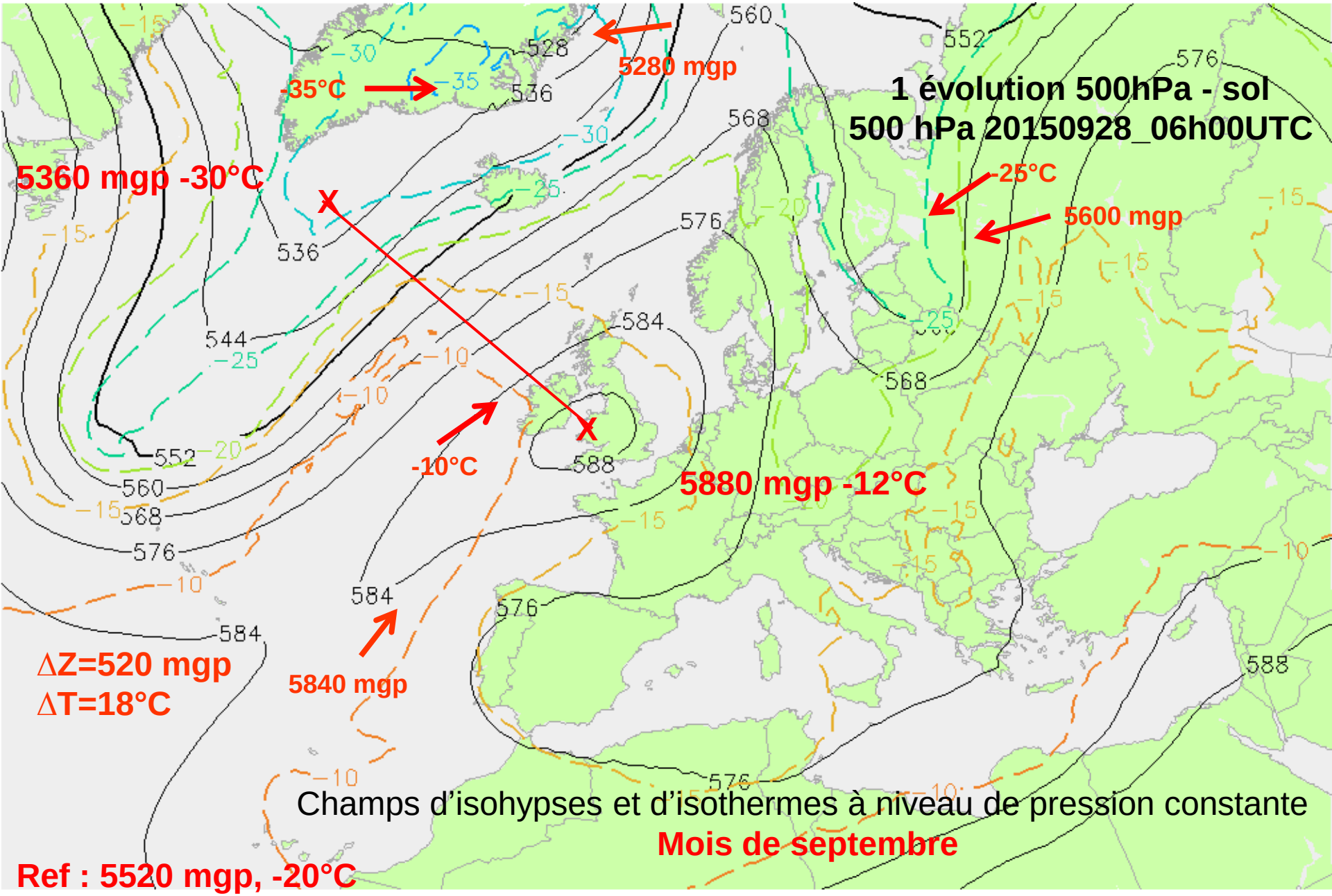
Sol ΔP : 1hPa = 8,50 m
3000 m ΔP : 1hPa = 30 m.

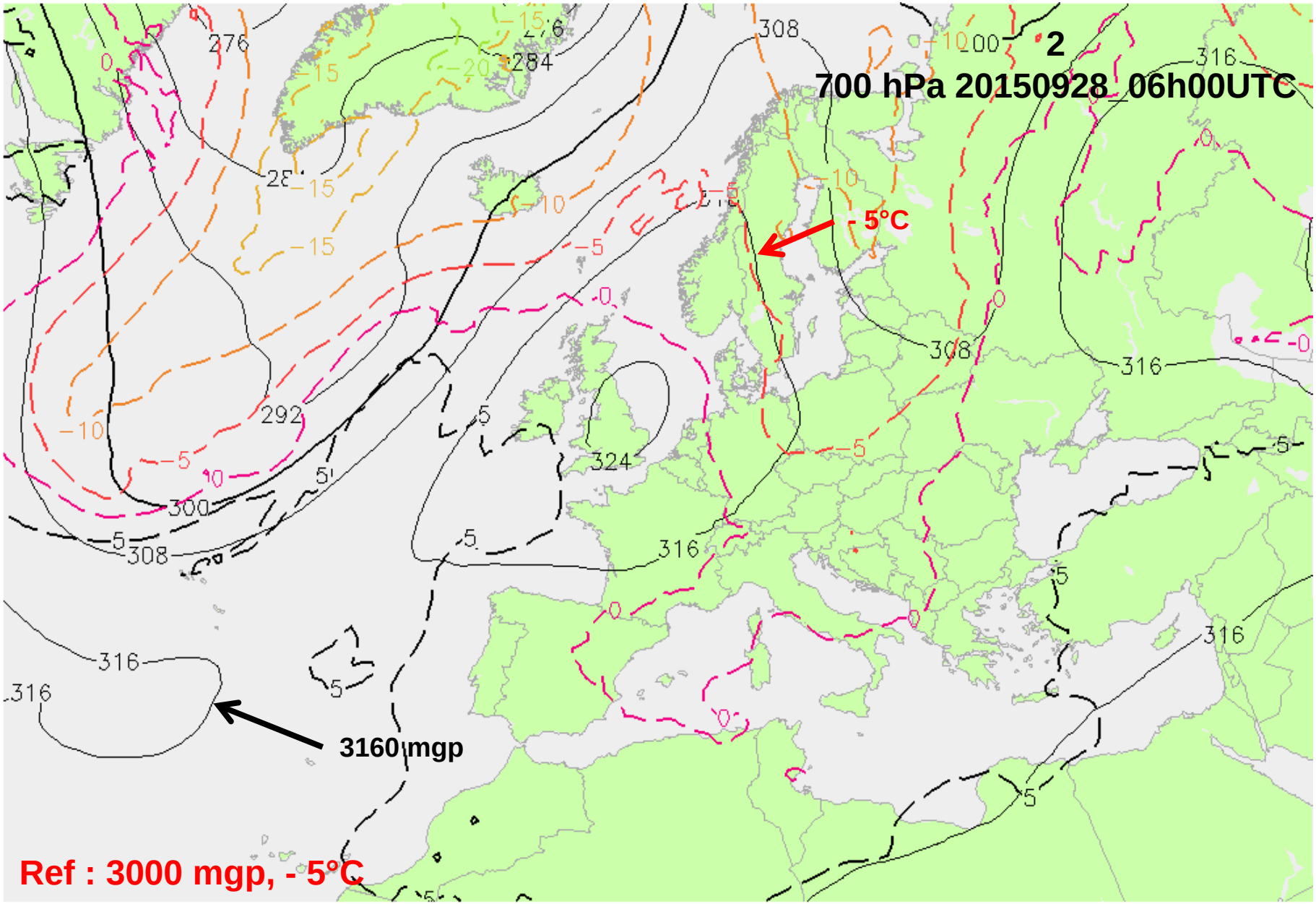
En météorologie, cartes aux niveaux 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 300 hPa pour analyse et prévision (niveau plus élevés pour courant jet, flux général, aéronautique).
On y trouve :

- un niveau de pression avec des isolignes (isohypses : lignes d'égale altitude du géopotentiel sur une surface isobare) cotées en mgp ;
- un champ d'isothermes ;
- advections chaudes et descentes froides
- indication gradient vertical de température (stabilité, instabilité de la masse d'air).

20150304_00h00 UTC 500 hPa mars : évolutions Z et T
Champs d'isohypses et d'isothermes à niveau de pression constante

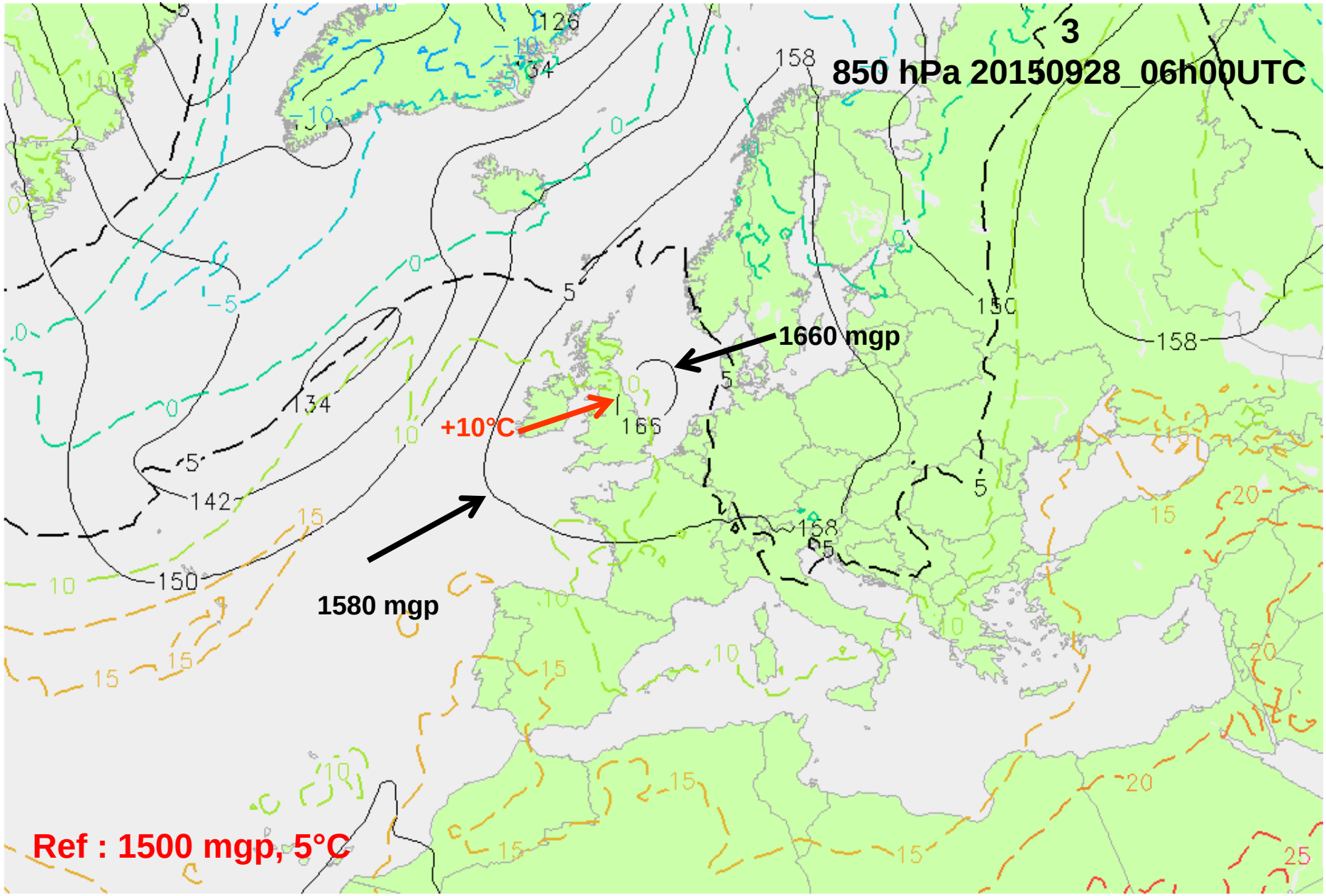



1 évolution 500hPa - sol
500 hPa 20150928_06h00UTC
5280 mgp
-35°C
5360 mgp -30°C
-25°C
5600 mgp
-10°C
5880 mgp -12°C
5840 mgp
ΔZ=520 mgp
ΔT=18°C
Ref : 5520 mgp, -20°C
Champs d'isohypses et d'isothermes à niveau de pression constante
Mois de septembre
Height (gpdm) & Temp. (°C) in 500 hPa GFS
Mon 28/09/15 06UTC
(Mon 00+06)
©weatheronline.co.uk



Height (gpdm) & Temp. (°C) in 700 hPa GFS Mon 28/09/15 06UTC (Mon 00+06)

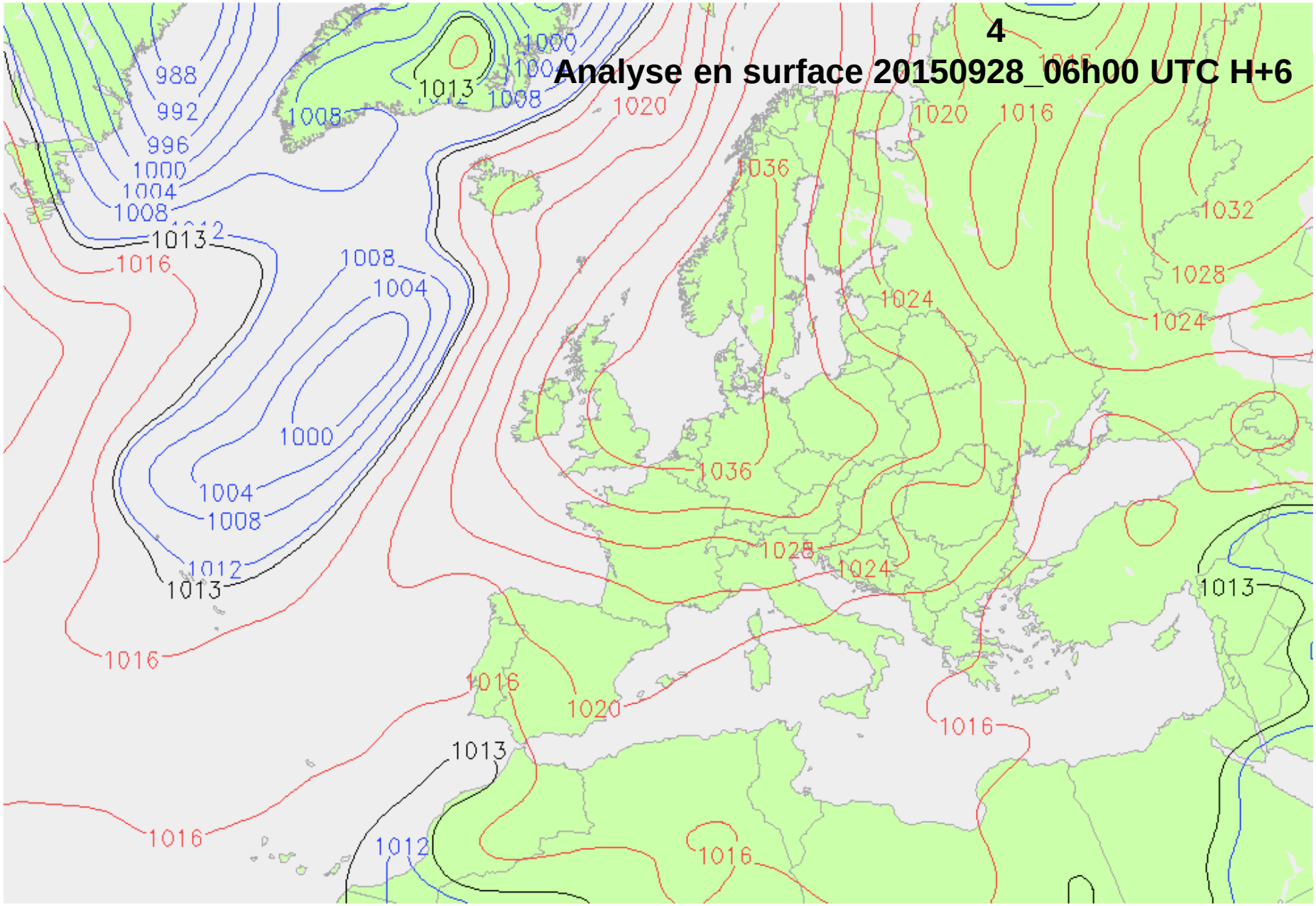
©weatheronline.co.uk



Height (gpdm) & Temp. (°C) in 850 hPa GFS Mon 28/09/15 06UTC (Mon 00+06)

©weatheronline.co.uk

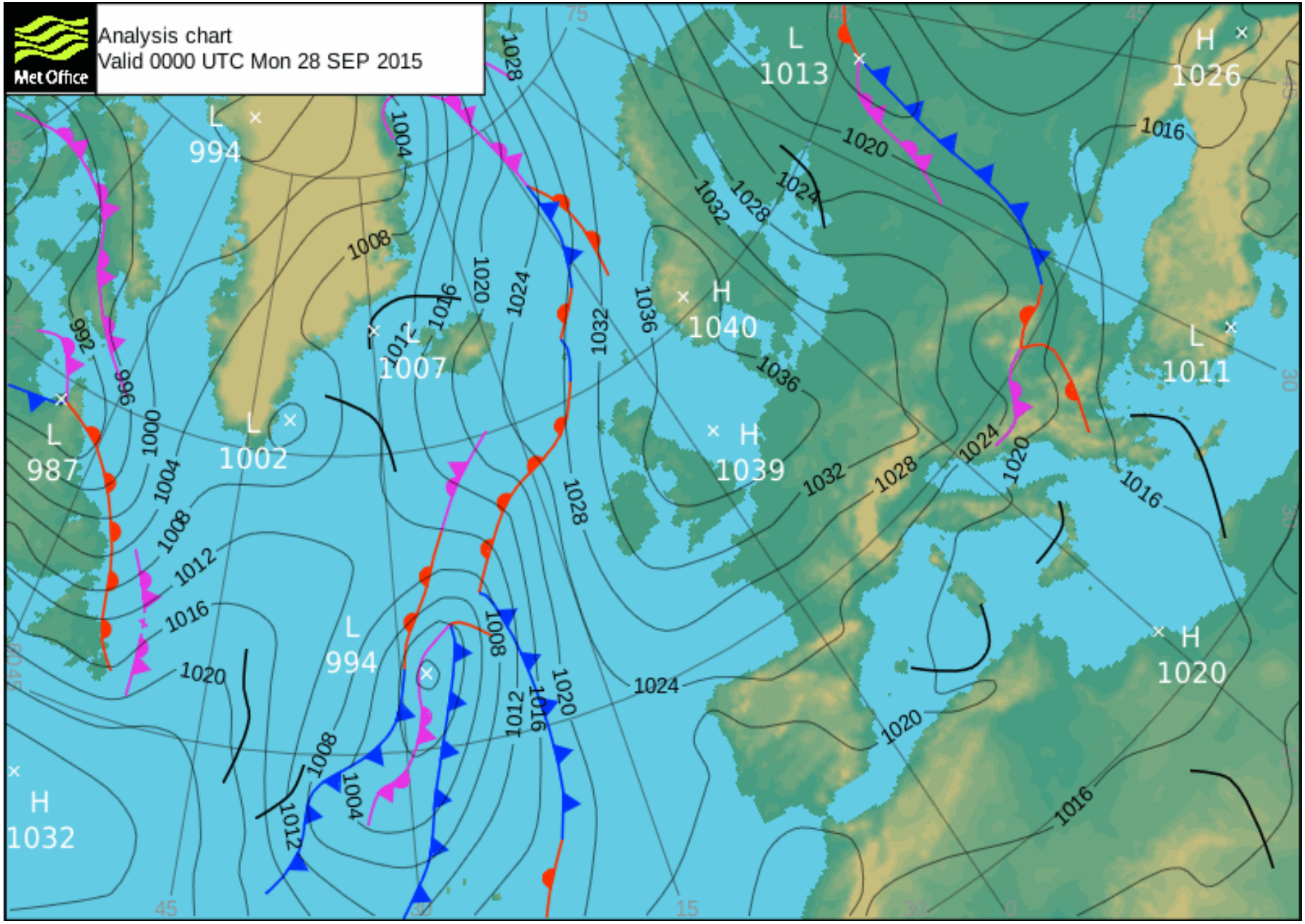
Analyse en surface 20150928_06h00 UTC H+6

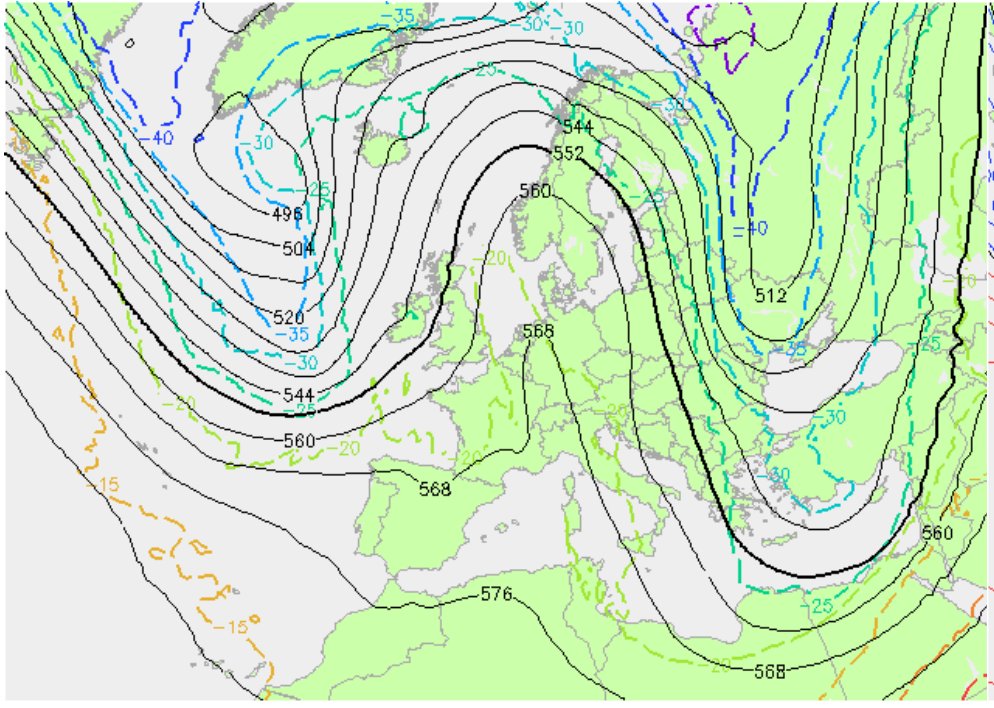


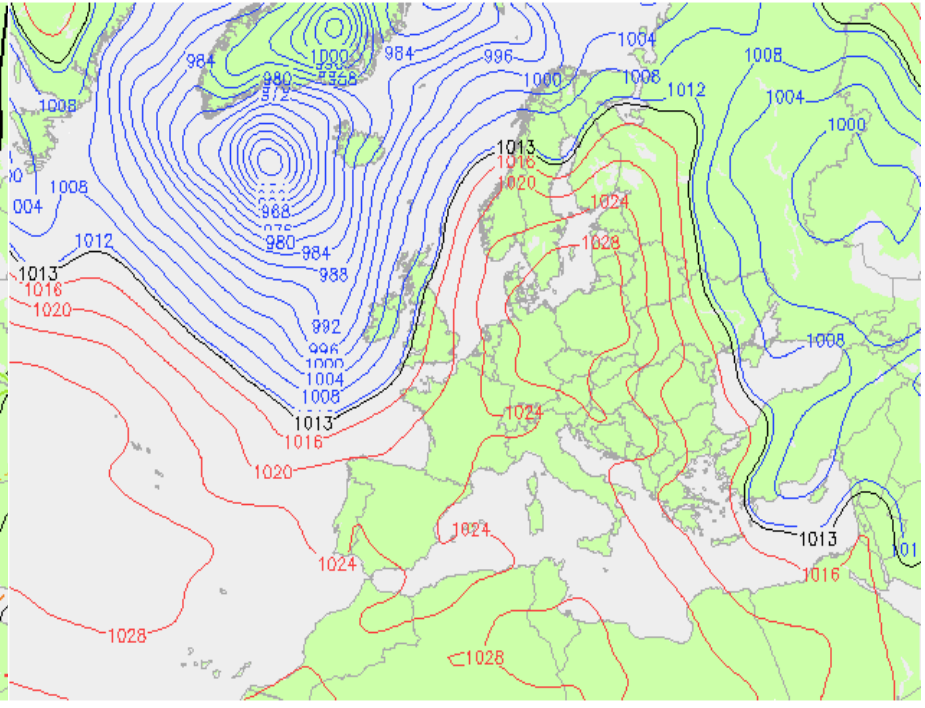
Surface Pressure GFS (hPa)

Mon 28/09/15 06UTC (Mon 00+06)

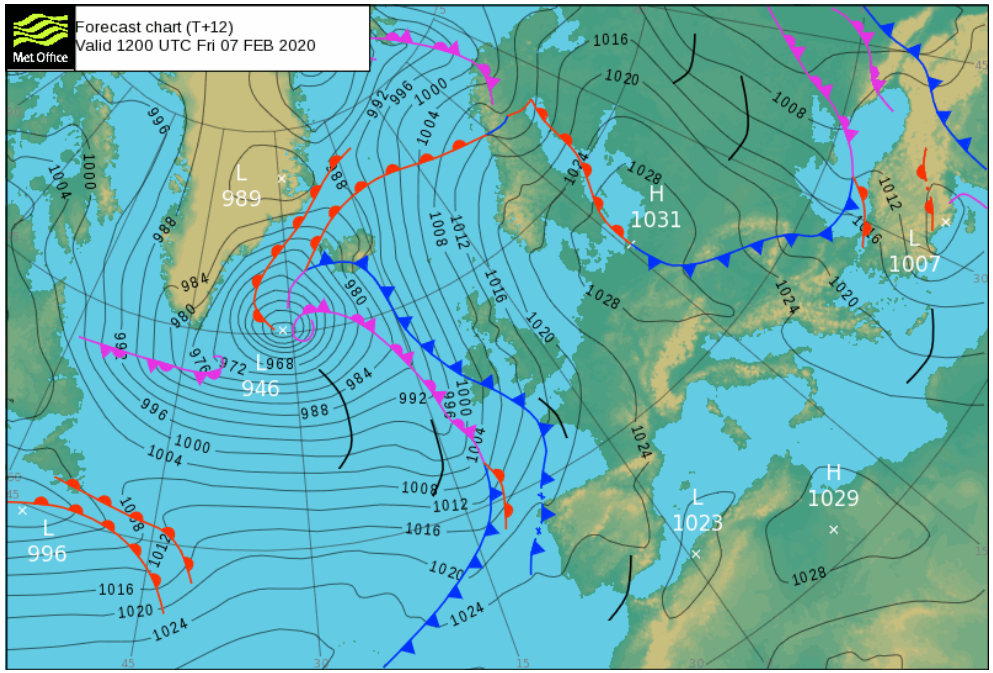
©weatheronline.co.uk

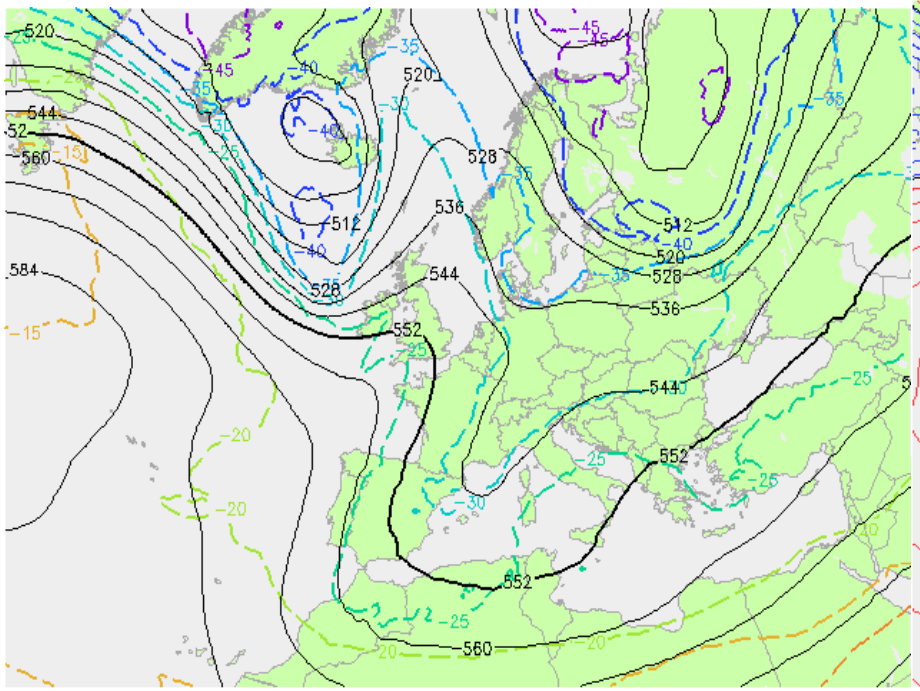

Met Office
Analysis chart
Valid 0000 UTC Mon 28 SEP 2015
L 994
L 1013
H 1026
L 1007
H 1040
L 1011
L 987
L 1002
H 1039
L 994
H 1020
H 1032

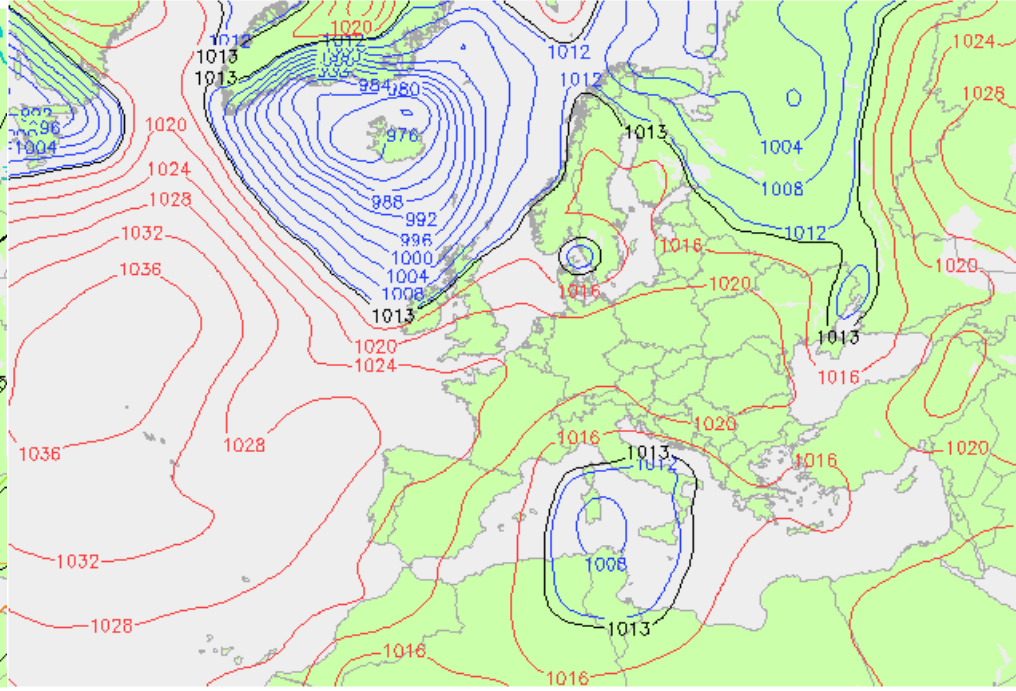




20200207
12h00 UTC





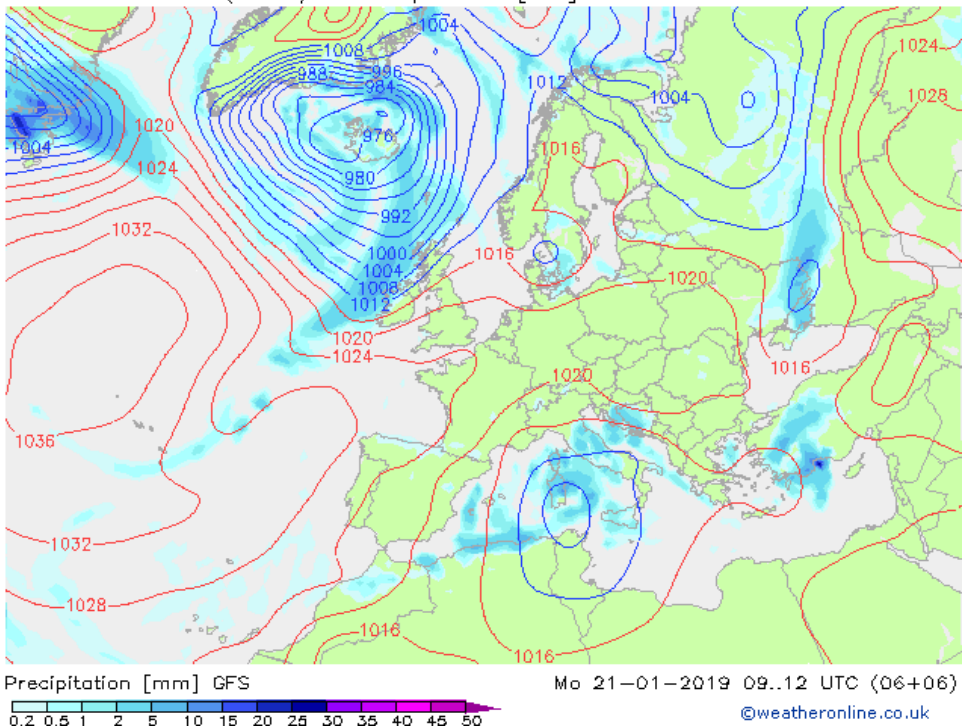


20190121 12h00 UTC

500 hPa

Champ isobarique

Zones frontales



EN RESUME

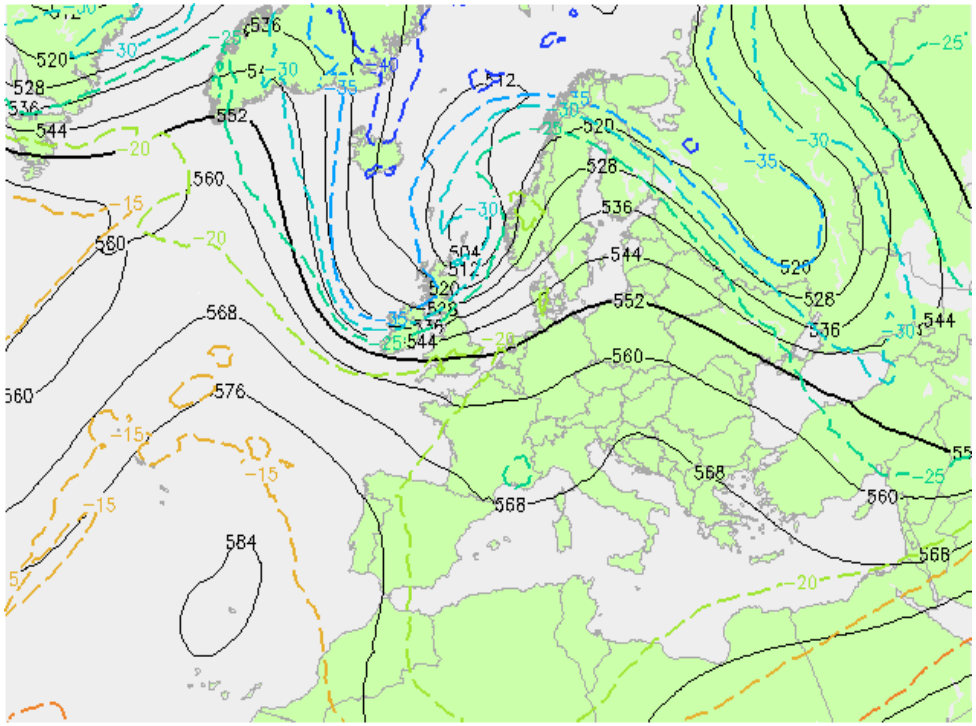
Analyse d'une carte d'altitude 1

- **Un champ d'isohypses** généralement espacées de 80 en 80 mgp mais cotées en décamètres : **560 = 5600 mgp (isohypse de référence 552 soit 5520 mgp)**. La valeur du géopotentiel désigne l'altitude à laquelle on atteint un potentiel égal de gravité par unité de masse à un niveau de pression donné (mgp ≈ m).

- Des dorsales et des thalwegs.

- Un aperçu de la circulation générale au niveau de référence considéré (direction du vent : idem règle de Buys Ballot autour des basses et des hautes valeurs en surface).

- Des zones de forts et de faibles gradients dans le champs d'isohypses. Plus le gradient est serré, plus le vent est fort.



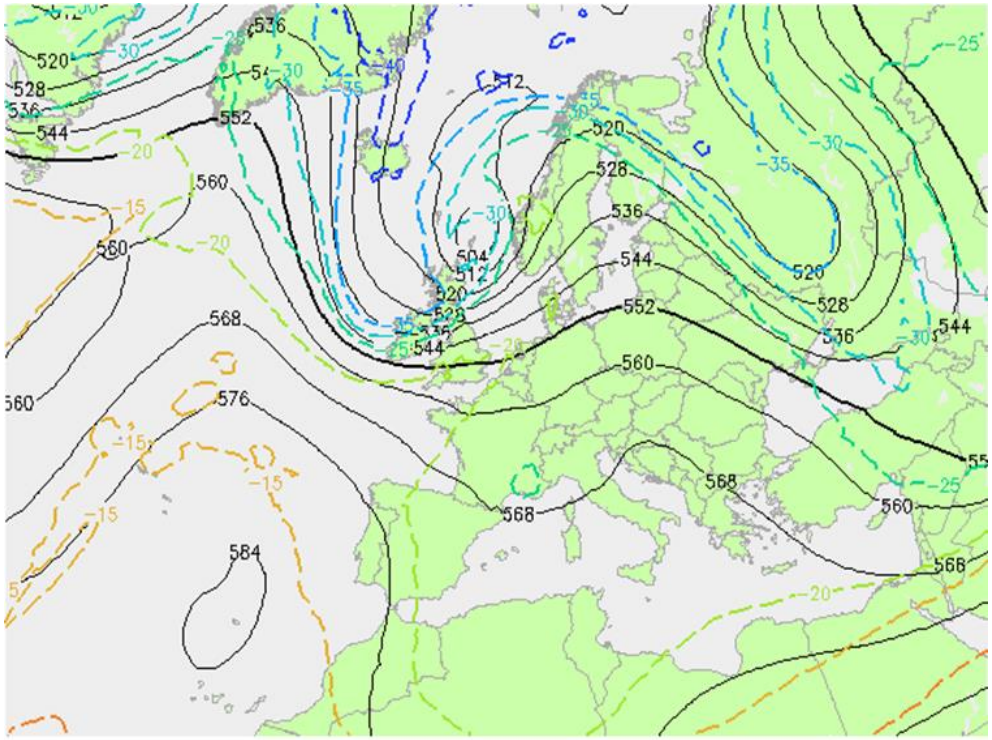
Analyse d'une carte d'altitude 2

- **Un champ d'isothermes** cotées en °C généralement de 5°C en 5°C qui permet de visualiser la décroissance de la température avec l'altitude et de quantifier le caractère plus ou moins stable de l'atmosphère par rapport à l'atmosphère standard **(850 hPa : +5°C, 700 hPa : -5°C, 500 hPa : -20°C**)

- Les advections chaudes et les descentes froides.

- Les zones de forts et de faibles gradients dans le champs thermique.

- Les zones dans lesquelles le champs d'isothermes coupe le champs d'isohypses avec un angle marqué (zone de conflits entre les masses d'air.



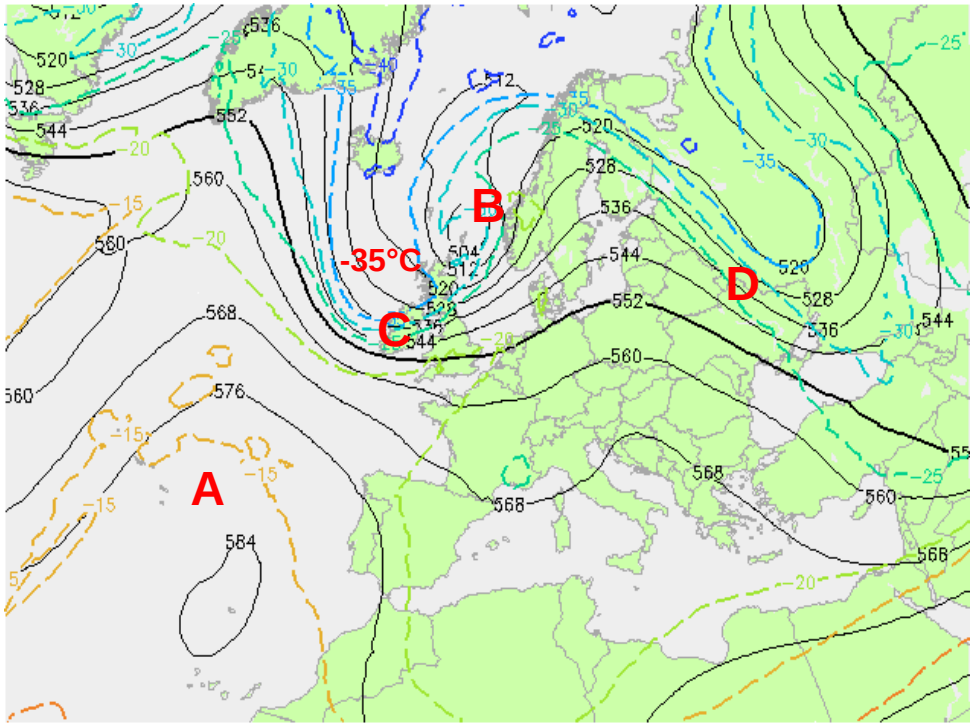
Déductions de l'analyse d'une carte d'altitude 3

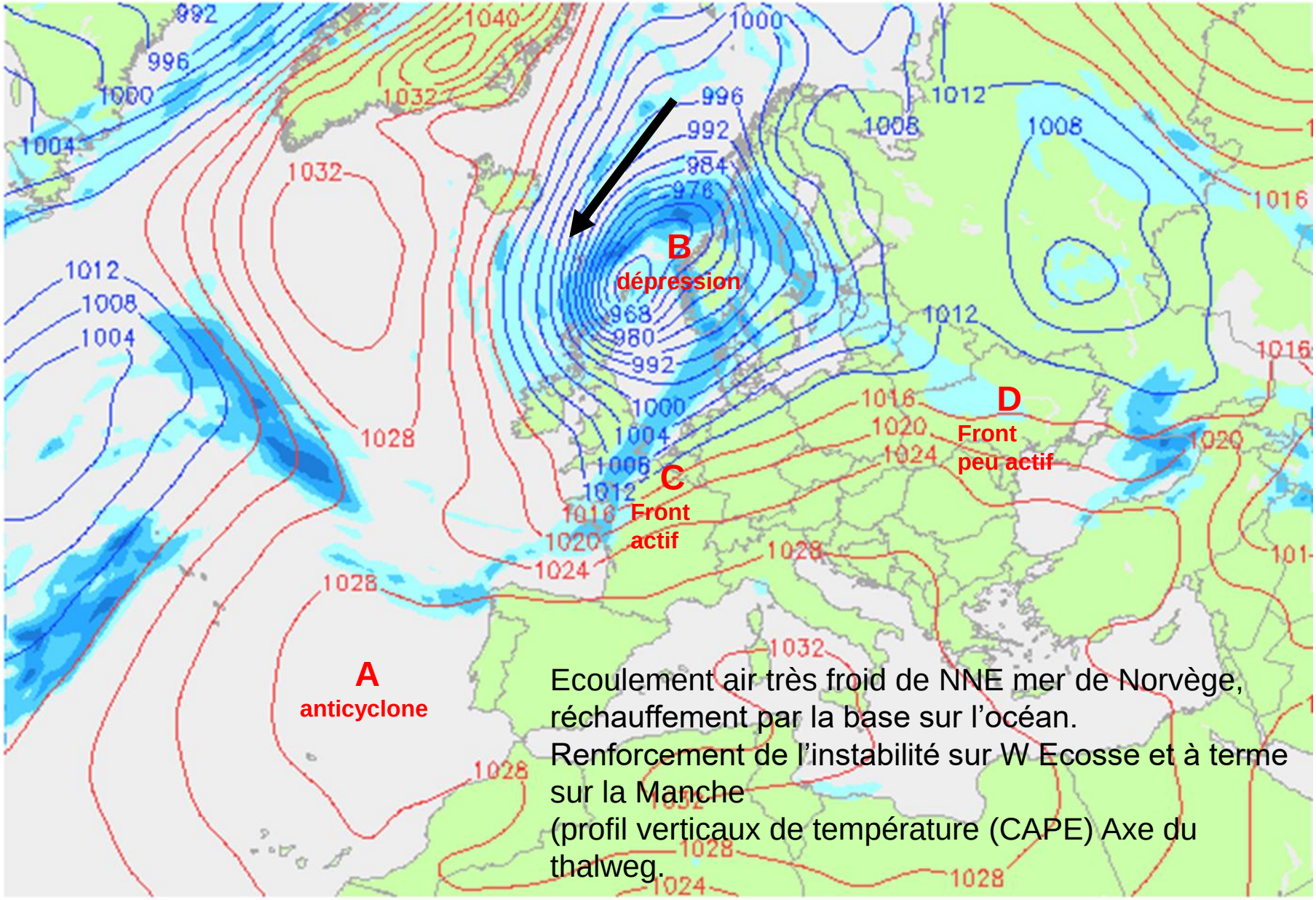
- Les zones de hauts géopotentiels sont associées à de l'air chaud (**A**) et inversement les zones de bas géopotentiels sont associées à de l'air froid (**B**).

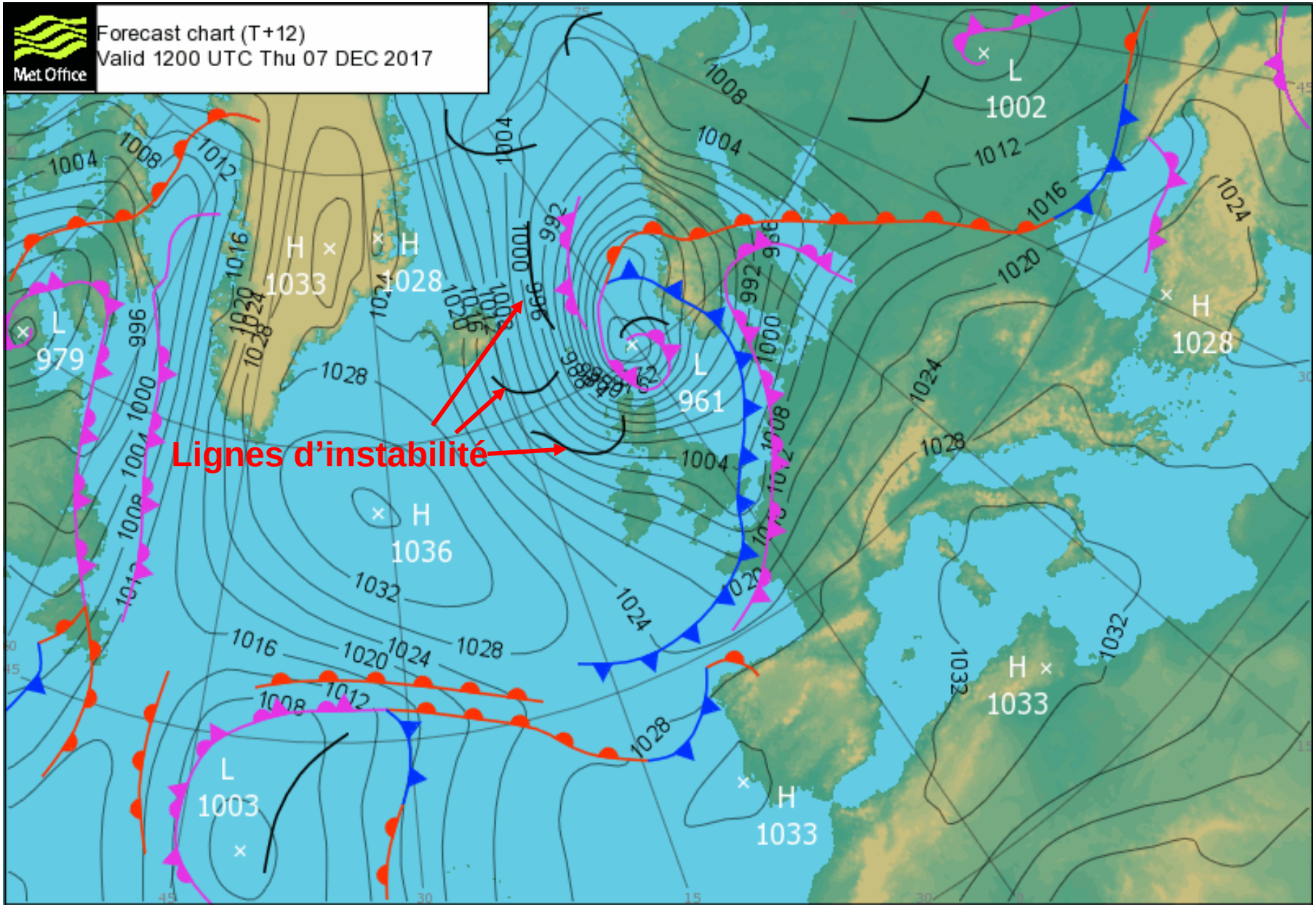
- Les zones à forts gradients thermiques localisent les zones de conflits de masses d'air, conflits d'autant plus marqués que l'angle sous lequel le champs d'isothermes coupe le champs d'isohypses est important (**C, D**).

- Les positions relatives du champs d'isohypses et du champ d'isothermes en altitude est un indicateur de l'évolution d'un centre d'action au sol (creusement ou comblement d'une dépression).

- La valeur des isohypses en un lieu donné associée à celle des isothermes vont donner un **aperçu** de la nature du centre d'action associé au sol, de sa puissance, du caractère plus ou moins stable de la masse d'air et de l'intensité des phénomènes qui vont caractériser le type de temps.




B
dépression
C
Front
actif
D
Front
peu actif
A
anticyclone
Ecoulement air très froid de NNE mer de Norvège, réchauffement par la base sur l'océan.
Renforcement de l'instabilité sur W Ecosse et à terme sur la Manche
(profil verticaux de température (CAPE) Axe du thalweg.
Precipitation GFS (mm)
0.5 2 5 10 20 30 40 50 100
(Thu 06+06)
©weatheronline.co.uk

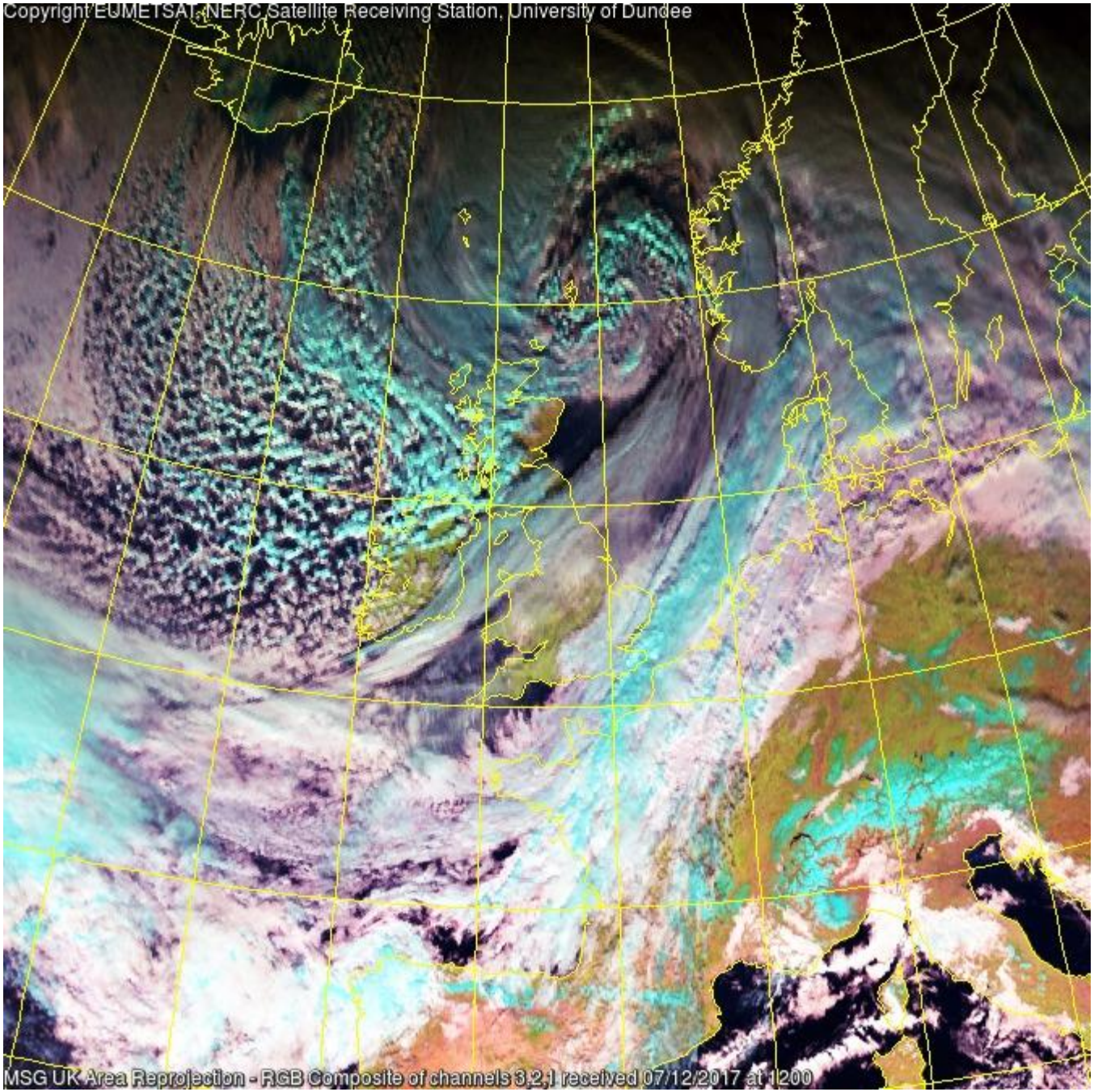


Fort gradient de pression et lignes d'instabilité sur W Ecosse - Air -35°C à 500 hPa ??

EUMETSAT

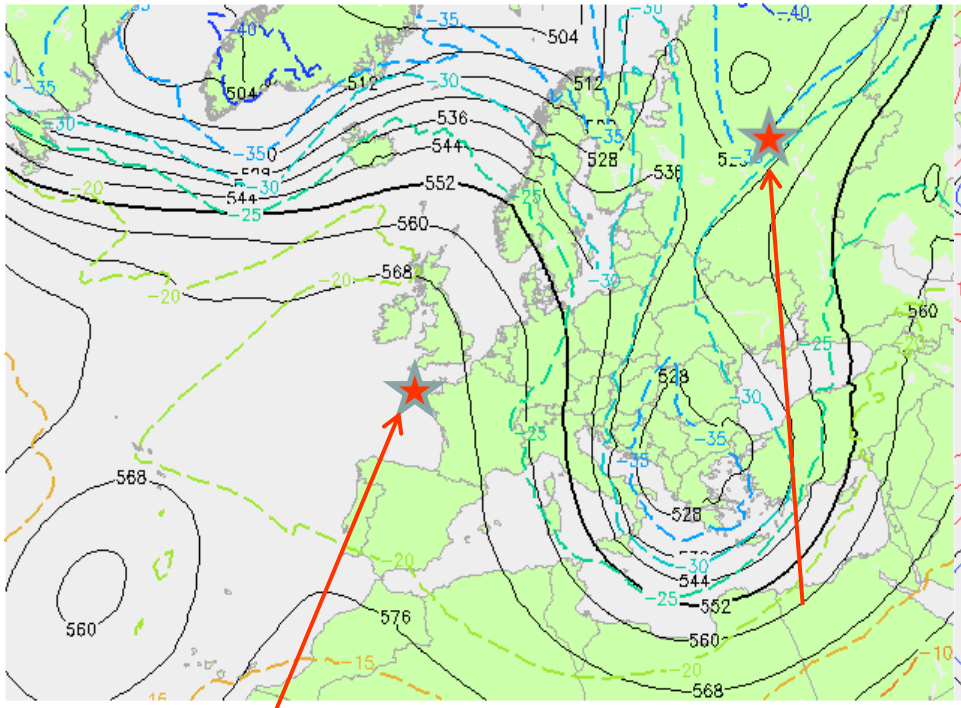
20171207
12h00 UTC

Université
de Dundée



Centres d'action dynamiques et centres d'action thermiques

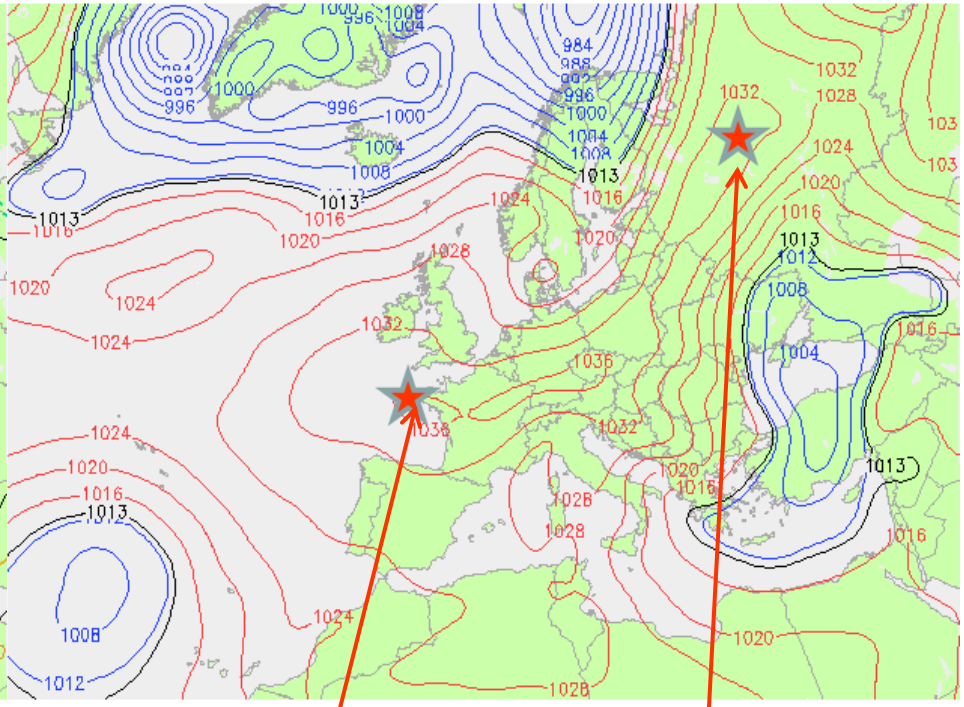
500 hPa



5700 mgp, -20°C

5280 mgp, -35°C

Sol



1038 hPa

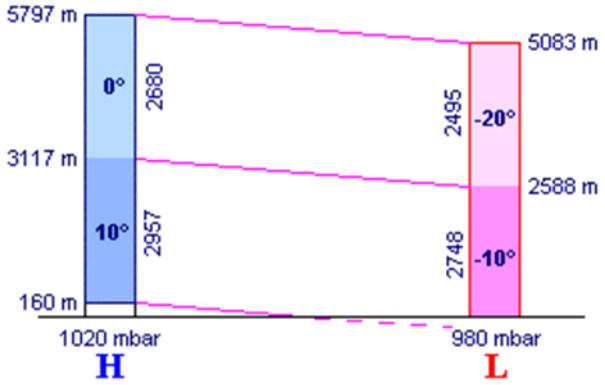
1034 hPa

Un anticyclone et une dépression thermiques bien connus ???

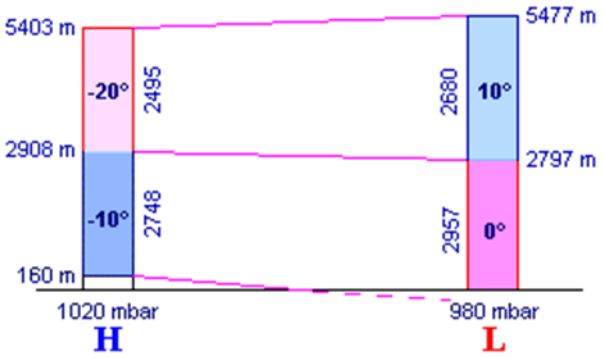
Synthèse : correspondance entre champs d'altitude et situation en surface

Advection chaude en altitude → hautes valeurs du champ d'isohypses → anticyclone **dynamique** au sol.
Descente froide en altitude → basses valeurs du champ d'isohypses → dépression **dynamique** au sol.

Dans les cas particuliers **des centres d'action thermiques**, les champs sont inversés en altitude (vers 2/3 km d'altitude) : anticyclone thermique de Sibérie, dépression thermique sur continent indien…. (à très petite échelle, dépressions thermiques à proximité du littoral sur le pourtour du bassin méditerranéen – dépression du Luc).



Phénomènes dynamiques
centre d'action dynamique



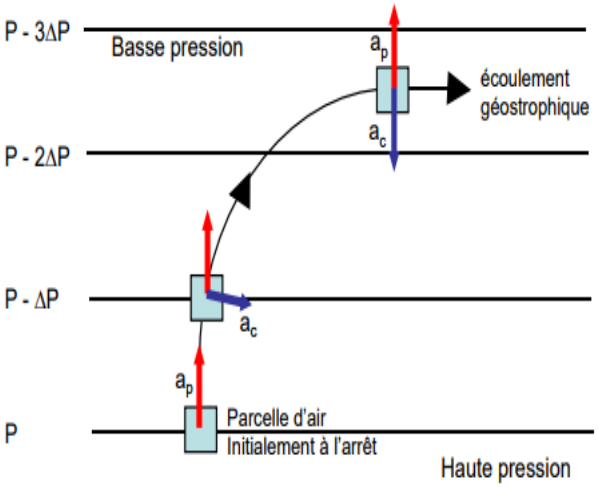
Phénomènes thermiques
centre d'action thermique

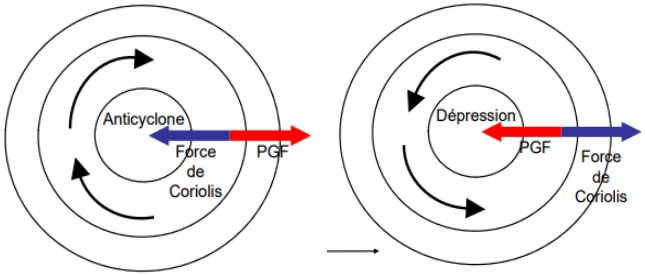
Que ce soit au sol ou en altitude, les isolignes (isobares, isohypses) n'ont pas un écartement constant : → **le gradient horizontal de pression.**

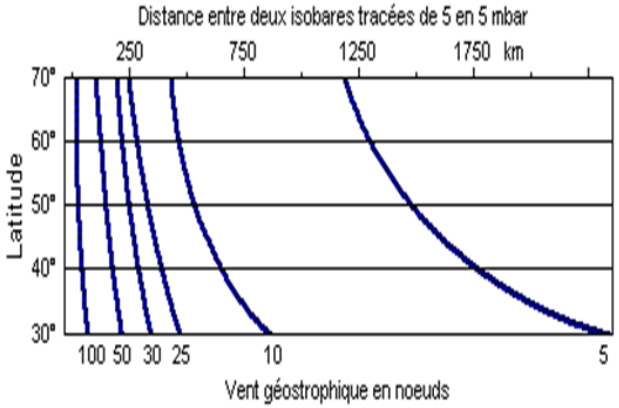
PAUSE ……

PUIS LE VENT

Vent géostrophique et vent du gradient







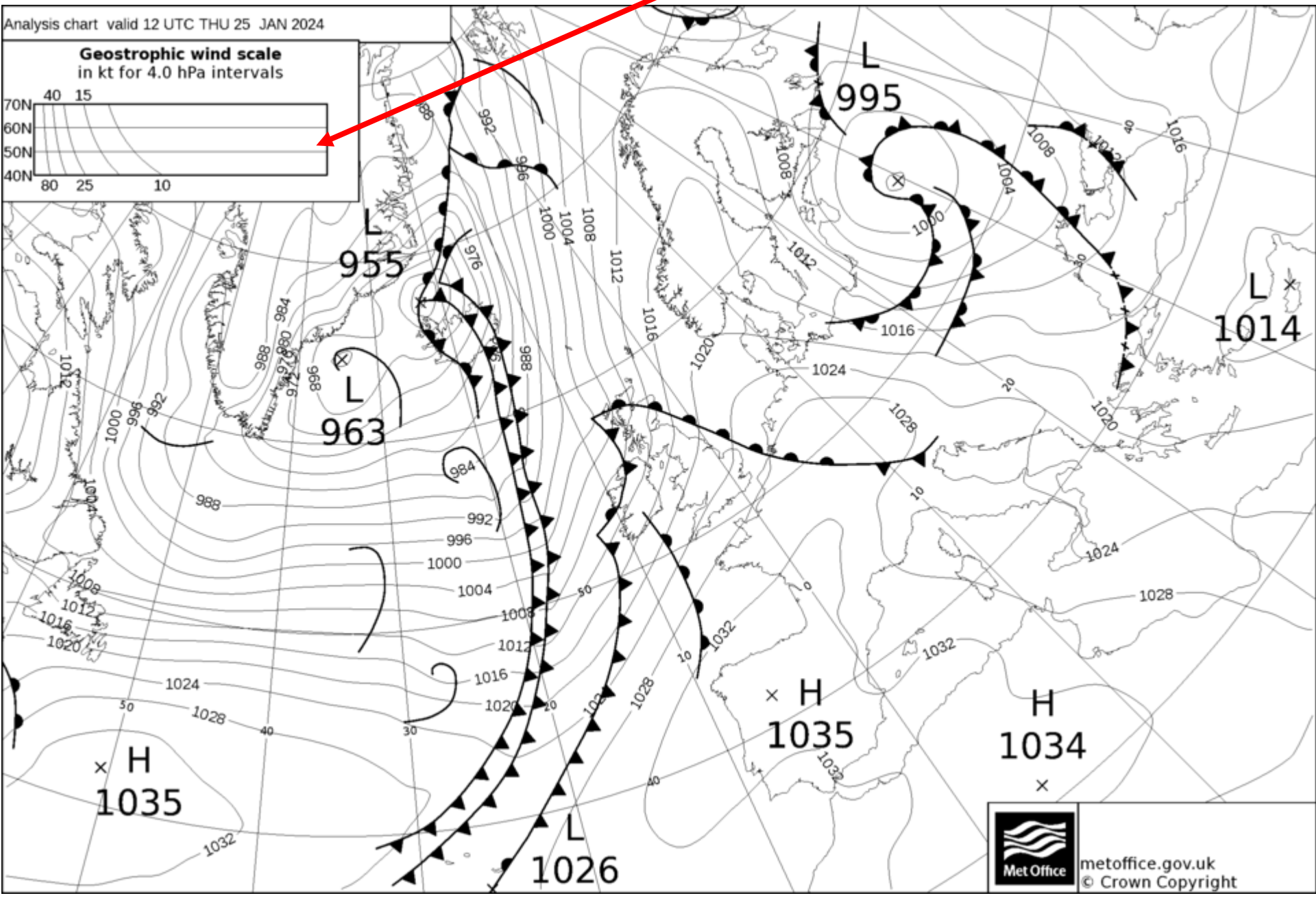
Le gradient horizontal de pression est à l'origine **du vent**.
C'est une force dirigée des hautes vers les basses pressions qui agit perpendiculairement aux isobares.

Rotation de la terre : composante horizontale de la force de **Coriolis :** cette force agit perpendiculairement à la direction du mouvement vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud. Sa grandeur est égale à Fd = 2 ΩV sinφ, Ω étant la vitesse angulaire de rotation de la Terre et φ la latitude du lieu (**cyclones, upwelling, spirale d'Ekman**…).

→ **le vent géostrophique** : résulte de l'équilibre au dessus de la couche limite et au-delà du 20°N ou S de la force due au gradient horizontal de pression et de la force de Coriolis (équilibre géostrophique : vent // aux isobares PP < 850 hPa, Z ≤ 1500m, cartes d'altitude).
Tangent aux isolignes (isobares - isohypses) (se renforce avec la latitude).

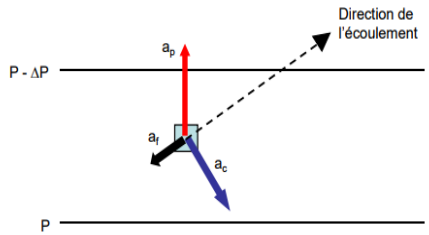
Le vent du gradient : équilibre FP, FCor et Fcentrifuge (intègre la Fc générée par la trajectoire courbe). Le vent du gradient constitue une meilleure approximation du vent réel en atmosphère libre que le vent géostropique . Vgr sous-estime le vent réel autour des A et le surestime autour des D.

20240125 12H00 UTC (échelle du vent géostrophique)

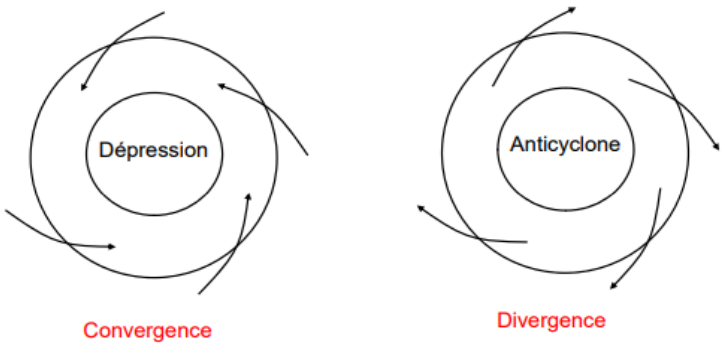


LE VENT REEL DANS LA COUCHE DE FROTTEMENT

Forces de frottement

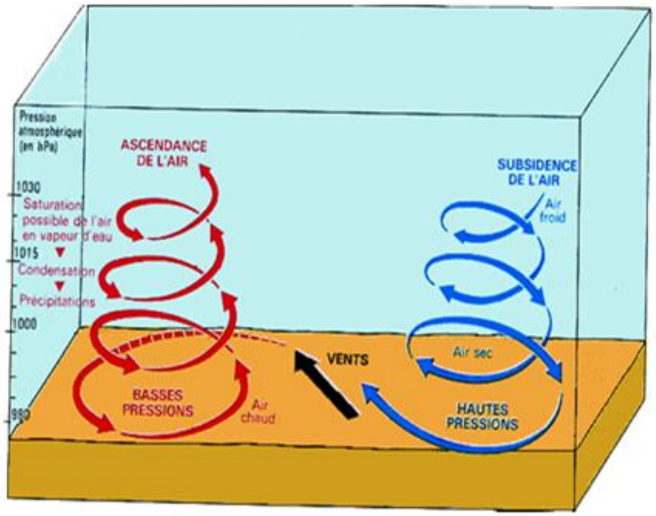


La rugosité de la surface terrestre entraîne une modification importante de le force du vent dans la couche de frottement (couche limite 500/1000 m).



Les forces de frottement :

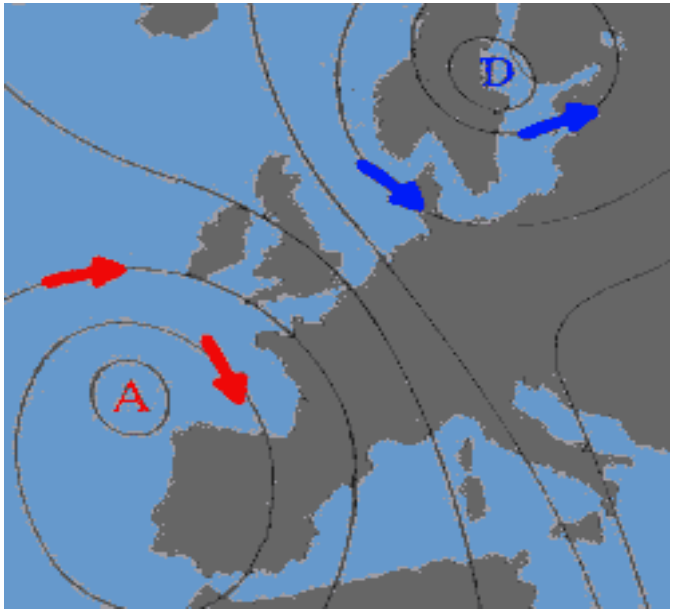
- réduisent fortement la force du vent géostrophique (-30/-40%) ;
- modifient le direction du vent (15° sur mer, 30° sur terre, réduction de Fc, **divergence autour A**, **convergence autour D** → le vent sort de l'anticyclone et entre dans la dépression) ;
- diminuent rapidement avec l'altitude ou le vent réel se rapproche du vent du gradient ;
- peuvent modifier l'écoulement de l'air en altitude (ondes sous le vent des reliefs).



A gradient de pression égal, le vent est plus fort sur mer que sur terre.

La stabilité ou l'instabilité de l'air (air chaud sur mer froide ou air froid sur mer chaude) Δ ± 3 nds convection sur courant chaud (contenu thermique dans couche de mélange océanique).

LE SENS DU VENT



Le vent souffle le long des isobares, en laissant, **<u>dans l'hémisphère Nord</u>**, les hautes pressions sur sa droite et les basses pressions sur sa gauche.

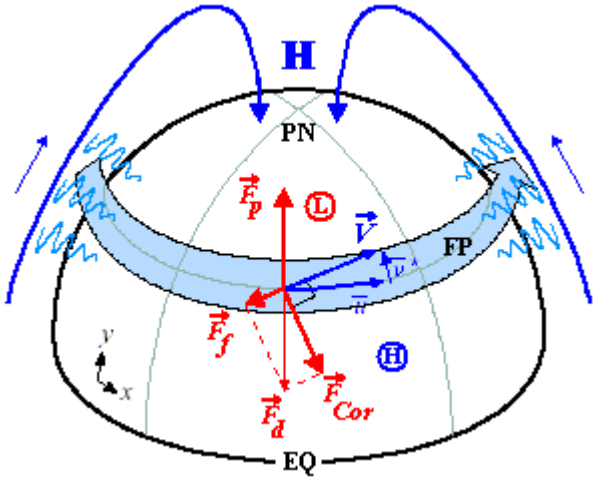
En d'autres termes, le mouvement de l'air s'effectue dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'une zone de hautes pressions et dans le sens inverse autour d'une zone de basses pressions .

(règle de **Buys Ballots** 1857**) .**

DIRECTION ET FORCE DU VENT

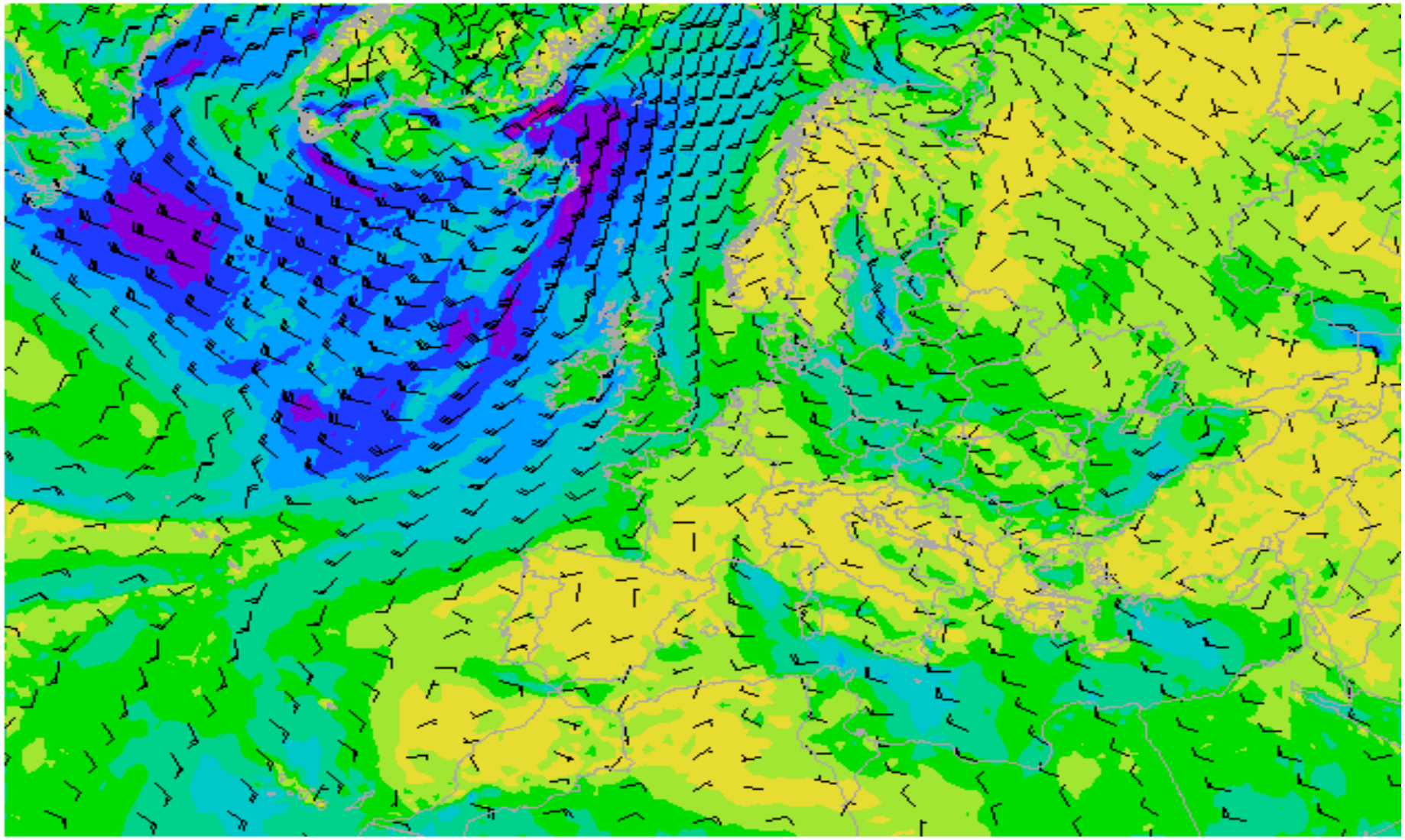
En météo, le vent vient de…..

La direction et la force du vent sont impactées par des phénomènes qui le rendent différent du vent théorique initial.

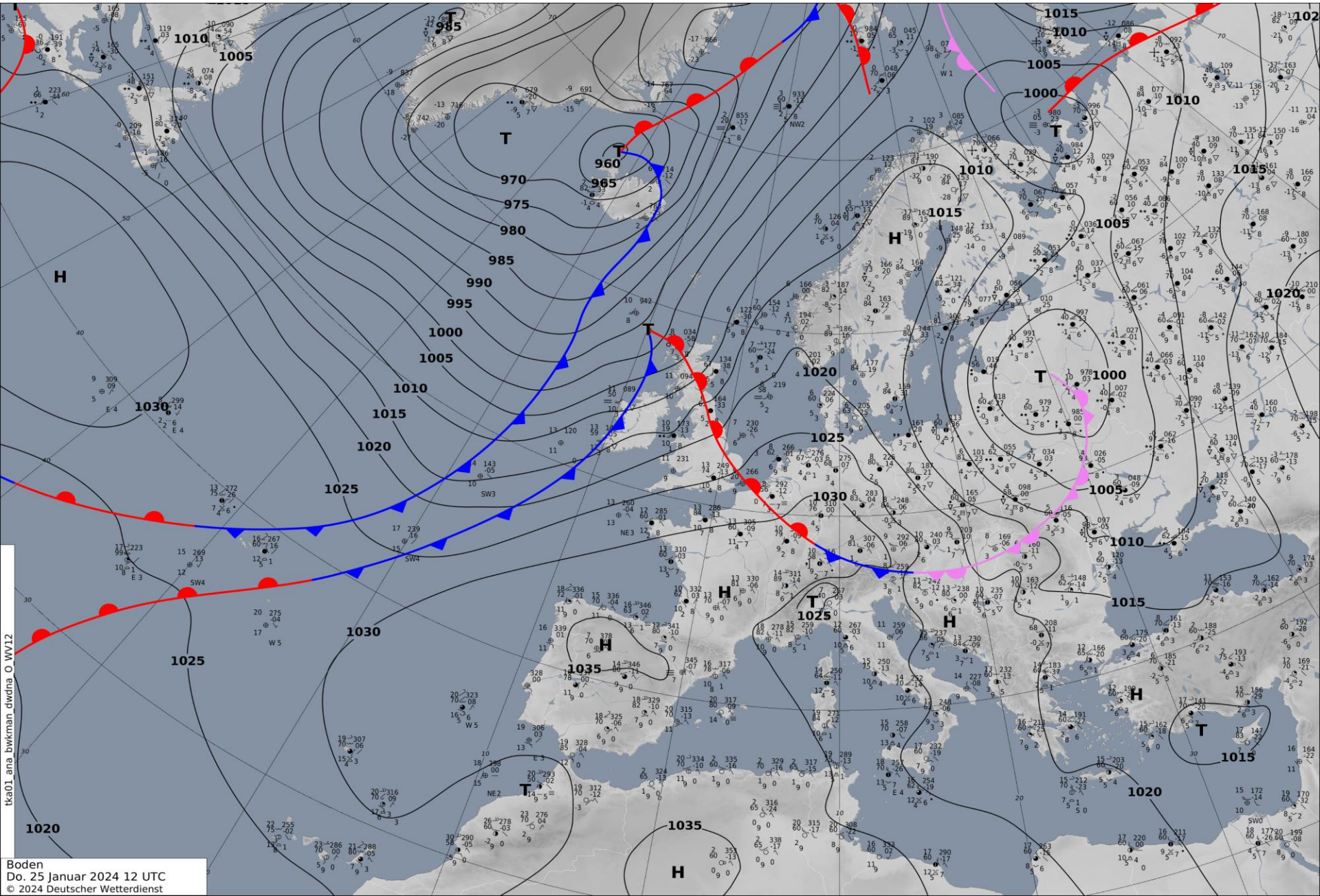


20240125 12H00 UTC CEPMMT / ECMWF

https://www.wofrance.fr/cgi-bin/expertcharts?LANG=fr&MENU=0000&CONT=euro&MODELL=ecmwf&MODELLTYP=1&VAR=uv10&HH=6&BASE=-&WMO=&ZOOM=0



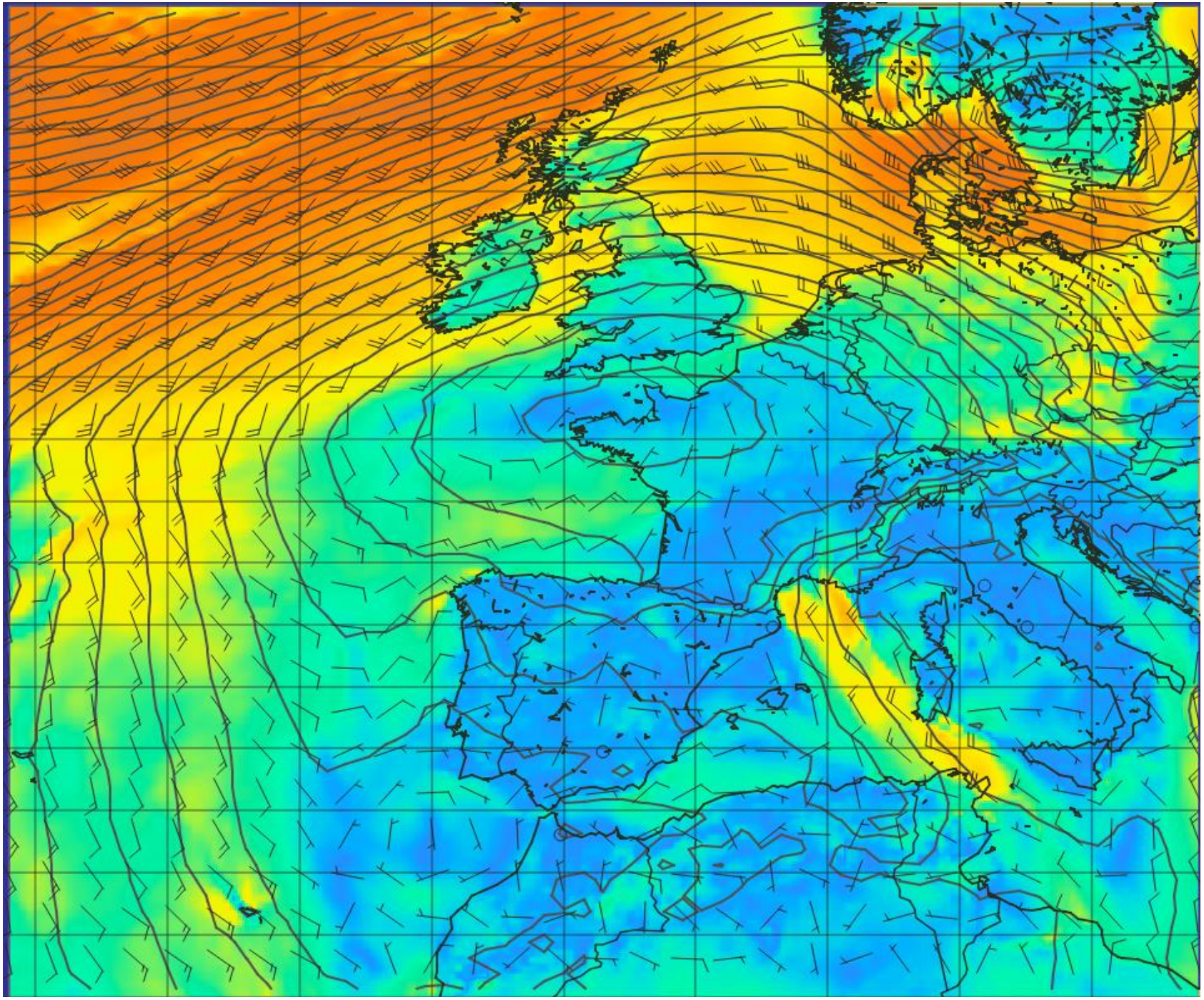
Le vent : Sens et force du vent 20240125 12H00 UTC



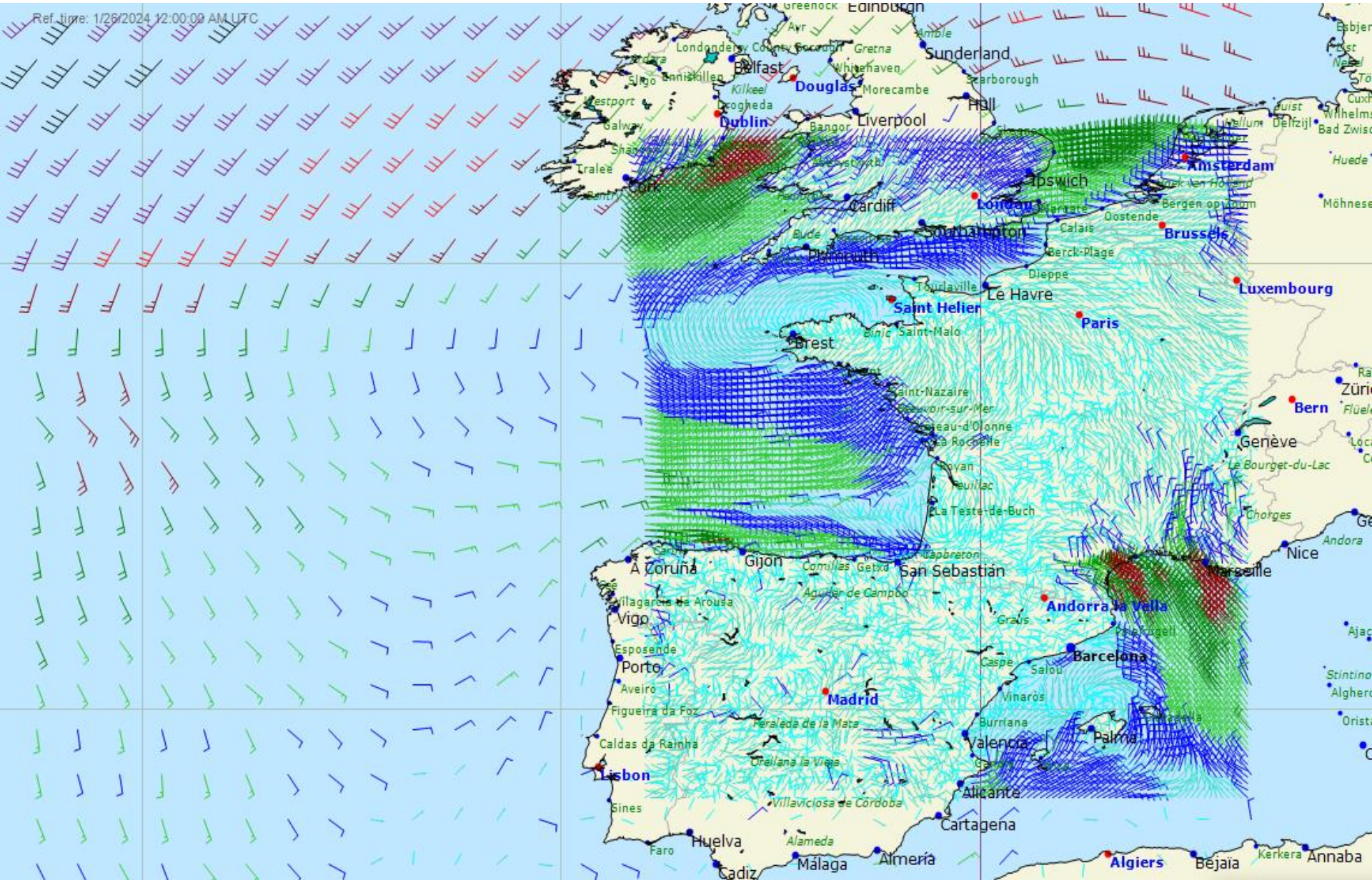
Modèles de prévision de vents 20240126 18h00 UTC

zyGrib

GFS
2024
0126
18H00
UTC

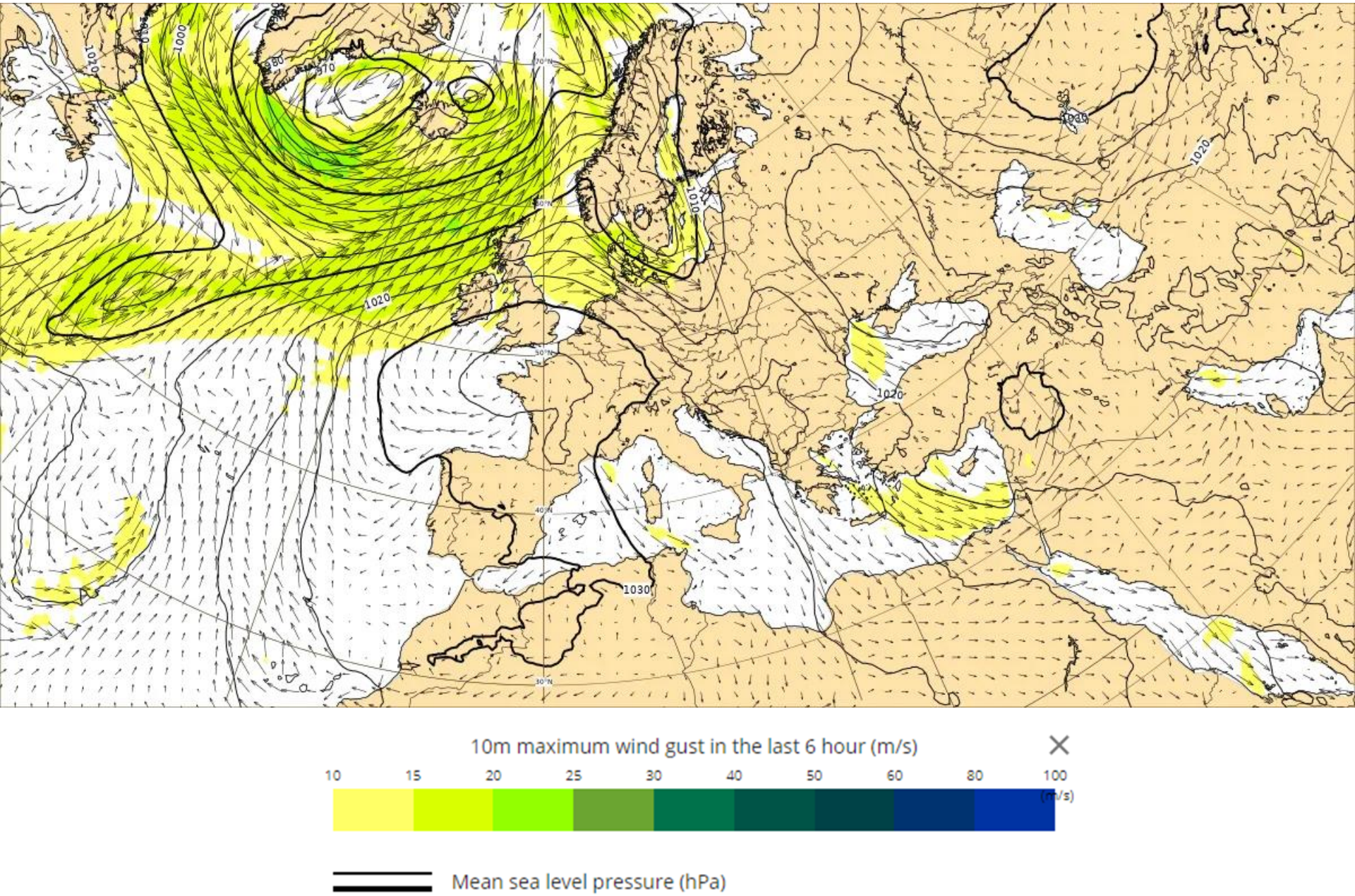


20240126 18h00 UTC (Grib : vents Arome 0,025°, Arpège 1°, GFS 0,25°) - SQUID

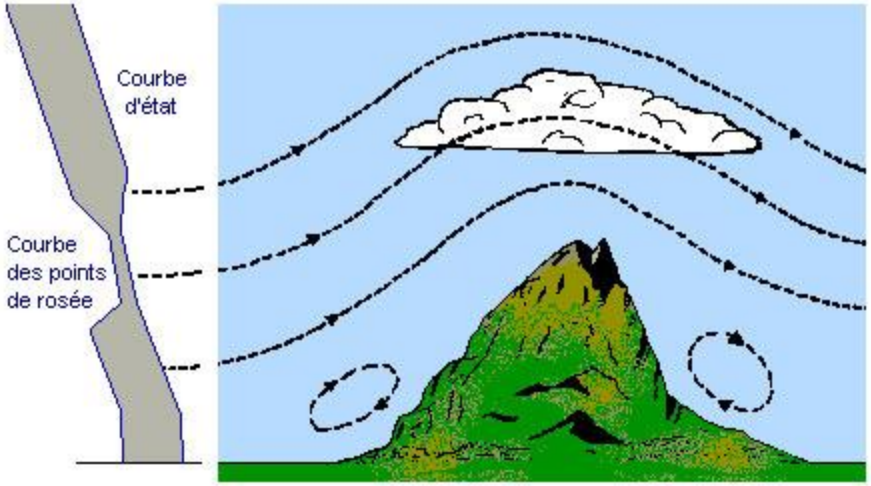


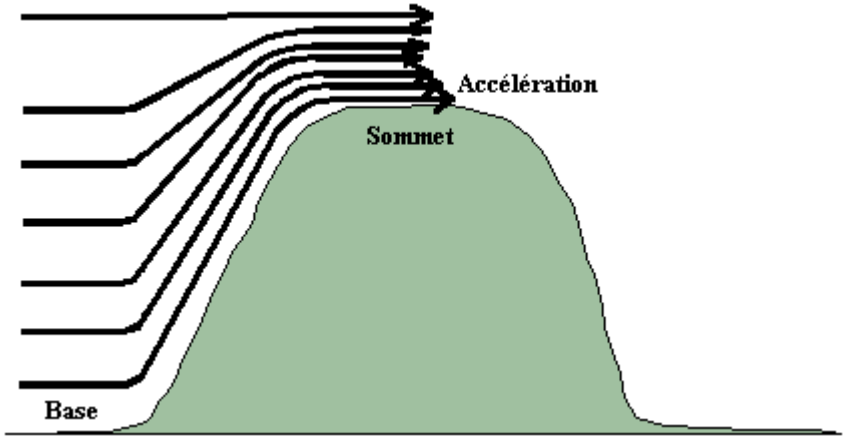
CEPMMT 20240126 18h00 UTC H+18

https://charts.ecmwf.int/products/medium-wind-10m?base_time=202401260000&projection=opencharts_europe&valid_time=202401260000

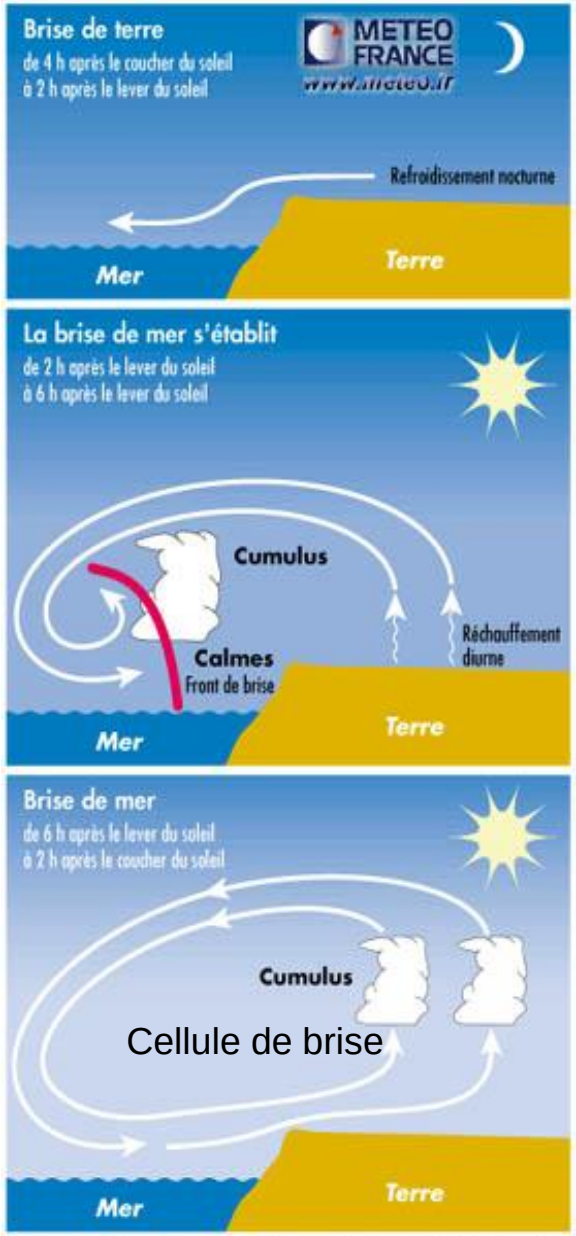


Action du relief sur le vent : nuages orographiques, effet Venturi





ACTION DU VENT ET DE LA TEMPERATURE : L'EFFET DE BRISE.



Attention : les heures sont approximatives, notamment les heures des levers de la brise de mer et de la brise de terre sont très variables.

La différence de température entre la terre et la mer génère un flux à l'origine de la brise (Δ T 4 à 5 °C) :

- la nuit : brise de terre, en journée : brise de mer ;
- courant de compensation en altitude (moteur, ép. 200/300 m) aide à l'établissement de la brise ;
- renforcé par dépressions thermiques côtières (Médit.)
- polygone de brise

Brise de mer : fin matinée, **gagne à partir du large** ;
épaisseur : environ 150 m (jusque 1000 m observée) ;
bande côtière : 7/15 nautiques plus importante en mer que sur terre (*f* relief, T, nébulosité, sol, ff vent synoptique..) -
front de brise : air froid et humide/air chaud et sec ;
accélération du vent : 8/10 nds ;
tend à s'orienter plus à droite en journée.
Un vent synoptique de terre ≥ à 18 nds neutralise la brise.
Action sensible des nuages élevés (cirrus – 300 hPa).

Brise de terre : **gagne à partir de la terre** ;
moins marquée 6/12 nds (stabilité) mais favorise l'apparition de brouillard côtier formé sur le continent. Incidence sur vent synoptique (**attention vents d'Est** pointe de Bretagne la nuit qui tend vers le NW le jour)
Courants de pentes, sortie de vallée, de rivière.

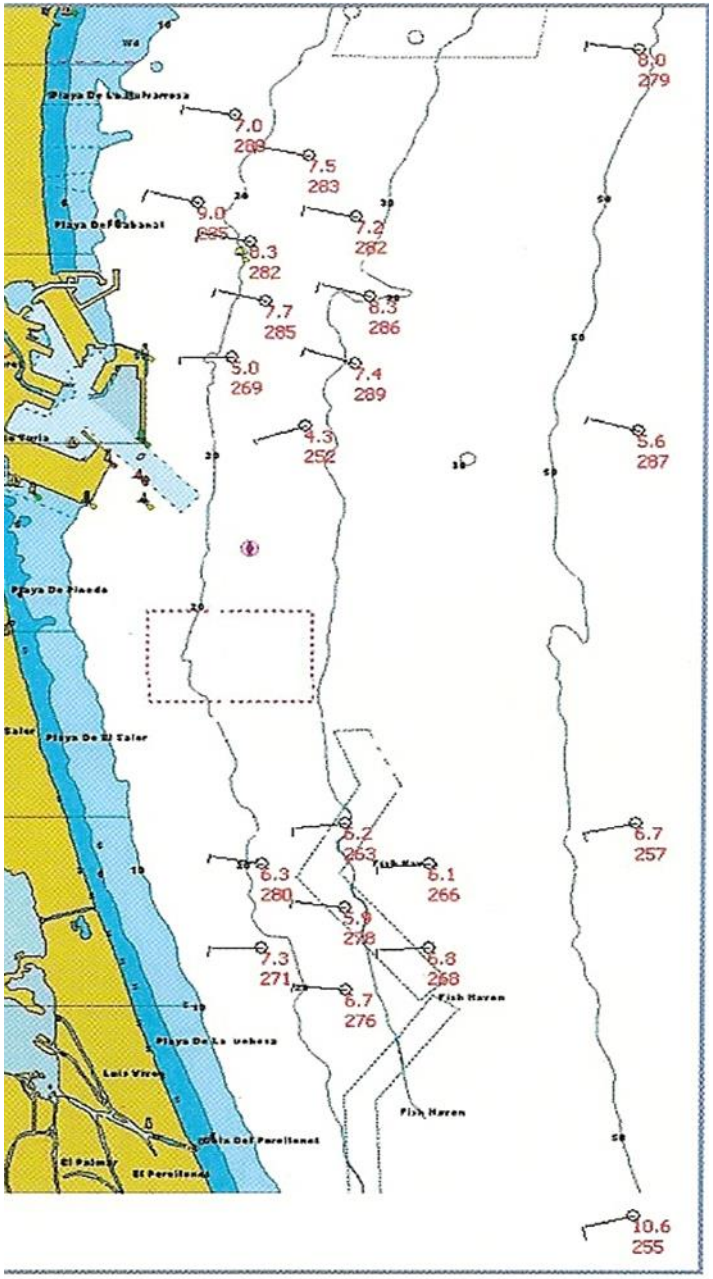
Exemple de polygones de brise

Dispositif météo pour analyse de l'effet de brise lors de la préparation de la 32ème édition de l'América's Cup (Aréva Challenge) en Espagne en 2007 et 2010 :

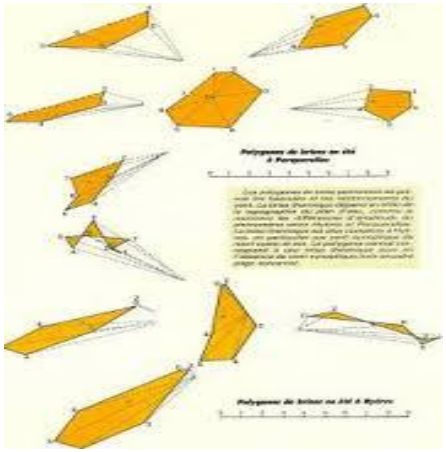
21 bouées en place depuis juin 2005, 6 bateaux et 6 sites à terre, 1 profileur de vent entre 200 et 3000 m à terre : 1 paquet de données toutes les 15 secondes en temps réel jusque 5 minutes avant le départ.

Modèle à maille fine (5 km) Hirlam du SM espagnol plus accès aux données nationales.

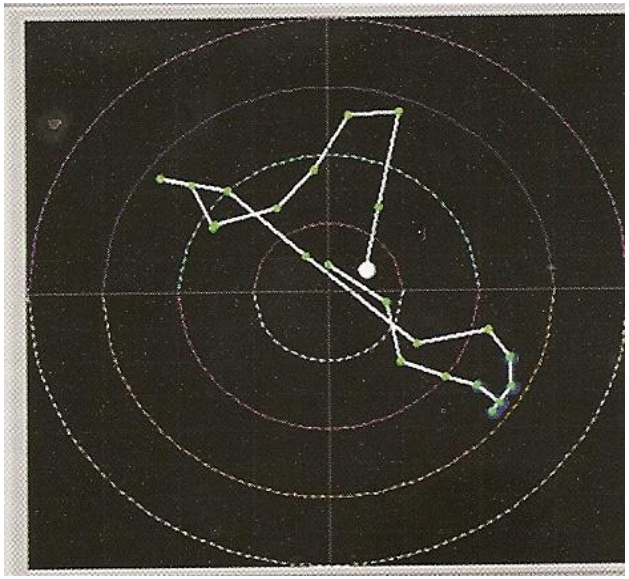
Implantation des bouées à Valence



Autres exemples de polygones de brise



Polygone de brise réalisé pour l'América's Cup 2007



L’échelle Beaufort (1946)

Degré Beaufort	Terme descriptif	Vitesse moyenne en nœuds	Vitesse moyenne en km/h	Observations en mer	Observations sur terre
0	Calme	< 1	< 1	La mer est comme un miroir.	On ne sent pas de vent ; la fumée s'élève verticalement.
1	Très légère brise	de 1 à 3	De 1 à 5	Quelques rides en écaille de poisson, mais sans aucune écume.	On sent très peu le vent ; sa direction est révélée par la fumée qu'il entraîne, mais non par les girouettes.
2	Légère brise	de 4 à 6	de 6 à 11	Vaguelettes courtes aux crêtes d'apparence vitreuse, ne déferlant pas.	Le vent est perçu au visage ; les feuilles frémissent, les girouettes tournent.
3	Petite brise	de 7 à 10	de 12 à 19	Très petites vagues (environ 60 cm de haut) ; les crêtes commencent à déferler, les moutons apparaissent.	Les drapeaux légers se déploient ; les feuilles et les rameaux sont sans cesse agités.
4	Jolie brise	de 11 à 16	de 20 à 28	Petites vagues s'allongeant, moutons nombreux.	Le vent soulève la poussière, les feuilles et les morceaux de papier, il agite les petites branches ; les cheveux sont dérangés, les vêtements claquent.
5	Bonne brise	de 17 à 21	de 29 à 38	Vagues modérées (2 m de haut), nettement allongées ; beaucoup de moutons ; embruns.	Les yeux sont gênés par les matières dans l'air ; les arbustes en feuilles commencent à se balancer ; des vaguelettes se forment sur les plans d'eau.
6	Vent frais	de 22 à 27	de 39 à 49	Des lames se forment, les crêtes d'écume blanche s'étendent ; davantage d'embruns.	Les manches sont gonflées par les côtés, l'utilisation des parapluies devient difficile ; les grandes branches sont agitées, les fils des lignes électriques font entendre un sifflement.
7	Grand frais	de 28 à 33	de 50 à 61	La mer grossit en lames déferlantes ; l'écume commence à être soufflée en traînées dans le lit du vent.	La marche contre le vent devient pénible ; les arbres sont agités en entier.
8	Coup de vent	de 34 à 40	de 62 à 74	Les lames atteignent une hauteur de l'ordre de 5 m ; tourbillons d'écume à la crête de lames, traînées d'écume.	La marche contre le vent est très difficile ; le vent casse des rameaux.
9	Fort coup de vent	de 41 à 47	de 75 à 88	Grosses lames déferlant en rouleaux, tourbillons d'embruns arrachés aux lames, nettes traînées d'écume ; visibilité réduite par les embruns.	Les enfants sont renversés ; le vent arrache les tuyaux de cheminées et endommage les toitures.
10	Tempête	de 48 à 55	de 89 à 102	Très grosses lames déferlantes (9 m de haut) ; écume en larges bancs formant des traînées blanches ; visibilité réduite par les embruns.	(Rarement observé à terre.) Les adultes sont renversés ; les arbres sont déracinés, les habitations subissent d'importants dommages.
11	Violente tempête	de 56 à 63	de 103 à 117	Lames déferlantes d'une hauteur exceptionnelle ; mer couverte d'écume blanche ; visibilité réduite.	(Très rarement observé à terre.) Ravages étendus.
12	Ouragan	64 et plus	118 et plus	Lames déferlantes énormes (les creux atteignent 14 m), mer entièrement blanche ; air plein d'écume et d'embruns ; visibilité très réduite.	(En principe, degré non utilisé.) Ravages désastreux : violence et destruction.

ACTION DU VENT SUR LA MER

L'action du vent sur la mer génère des ondulations : la mer du vent et la houle qui dépendent de la **durée**, de la **distance** sur laquelle le vent a soufflé sans rencontrer d'obstacles et de la **force** du vent:
la mer du vent : créée par le vent soufflant sur zone ;
la houle : s'est propagée hors de la zone d'action du vent générateur. – **Fetch** – DD + 30°

- Caractéristiques : Hauteur (H), période (P constante), longueur d'onde (L), cambrure (H/L).
- Eau profonde si fond > ½ longueur d'onde.

En eau profonde : Seule l'énergie se propage (mouvement orbital) et la vitesse de propagation de la houle proportionnelle à sa longueur d'onde.

C (nds) = 3P (S)

- P 5s → C 15 nds → L 40 m
- P 8s → C 24 nds → L 100 m
- P 12s → C 36 nds → L 220 m.
- P 15s → C 45 nds → L 350 m
- Si fond ≤ ½ longueur d'onde, la houle "sent le fond" : P↓ - L↓ - Cambrure ↑ → déferlement (H/L < 1/7).

Autres actions du vent sur la mer :

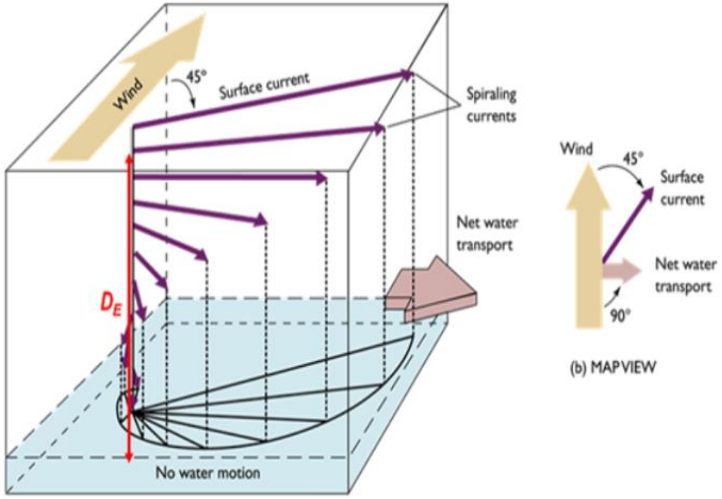
- **Upwelling côtier**, (visibilité réduite, stabilité basses couches atmosphérique, danger pour la navigation concentration bateaux de pêche,…), upwelling équatorial (T mer plus basse et contre-courant). Sous la surface, spirale d'Ekman (sensible jusque 50/60 m mais parfois jusque 150m ∫ ff,) contribue à « évacuer » une certaine quantité d'eau et à réduire l'intensité d'une marée de tempête par fonds sup 50/60 m.

- **Marée de tempête**, submersion.

- **Houle d'W** par situation anticyclonique (analyse situation météo générale).

- **Mer hachée** : rapide rotation des vents derrière un front ou courant avec / contre le vent.

- **Vagues scélérates** (H1/3 * 3).



(a) EKMAN SPIRAL IN THE NORTHERN HEMISPHERE

- **Grands courants de dérive :** dérives équatoriales, gulf stream, dérive nord Atlantique, courant du Portugal et des Canaries, courant des Aiguilles, Benguala, Humbolt,…

- Phénomènes climatiques de grandes échelles : El Niño, La Niña, …...

ETAT DE LA MER

Force	Termes descriptifs	Hauteur moyenne en mètres *
0	Calme	0
1	Ridée	0 - 0,1
2	Belle	0,1 - 0,5
3	Peu agitée	0,5 - 1,25
4	Agitée	1,25 - 2,5
5	Forte	2,5 - 4
6	Très forte	4 - 6
7	Grosse	6 - 9
8	Très grosse	9 - 14
9	Enorme	14 et plus

*Hauteur moyenne de la vague obtenue à partir des vagues bien formées, les plus grosses dans le système observé.

Longueur d'onde de la houle :

Courte → 0 à 100 m
Moyenne → 100 à 200 m
Longue → > à 200 m

Hauteur de la houle (creux) :

Petite → 0 à 2 m
Modérée → 2 à 4 m
Grande → > à 4 m

Paramètres

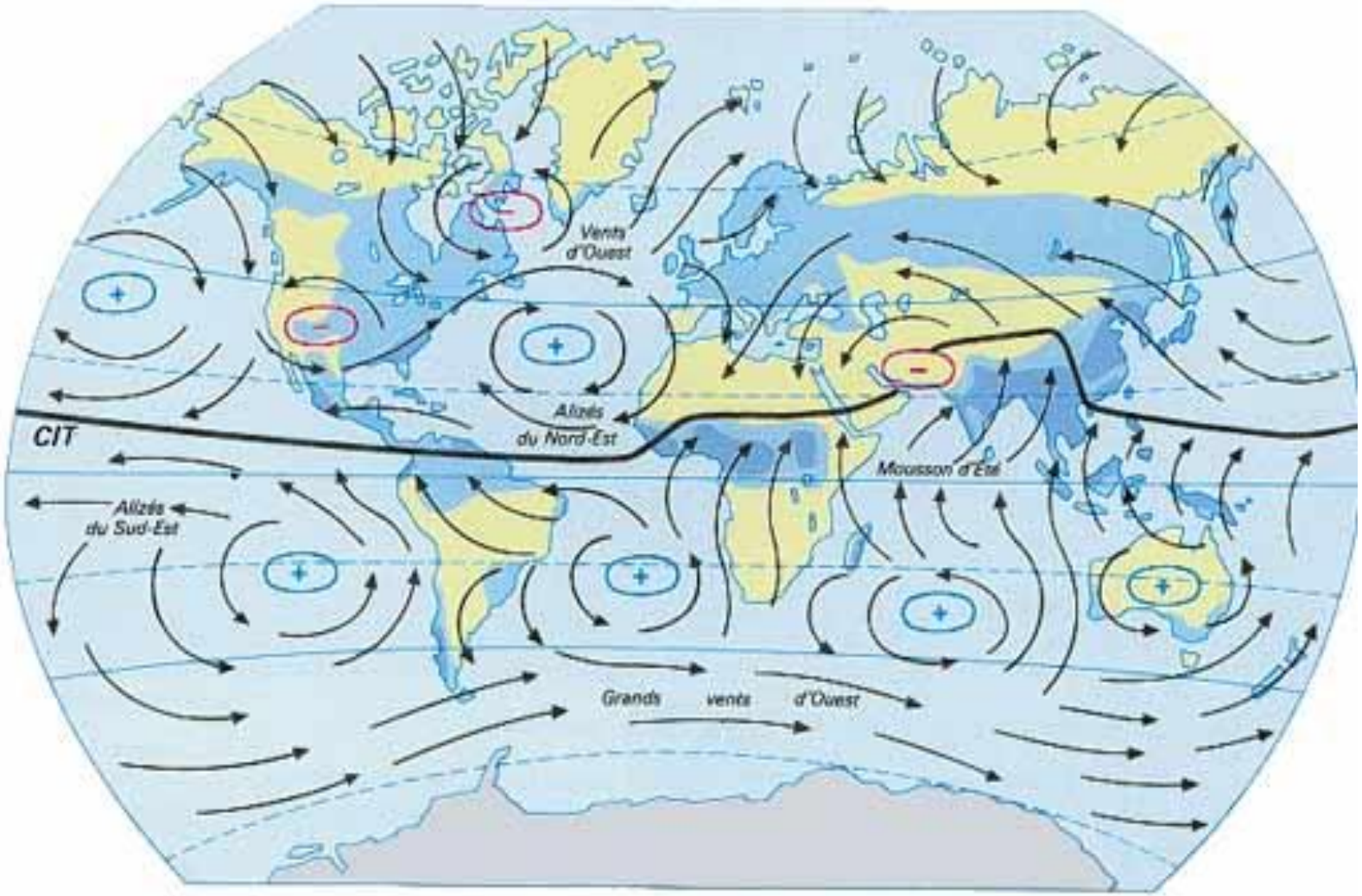
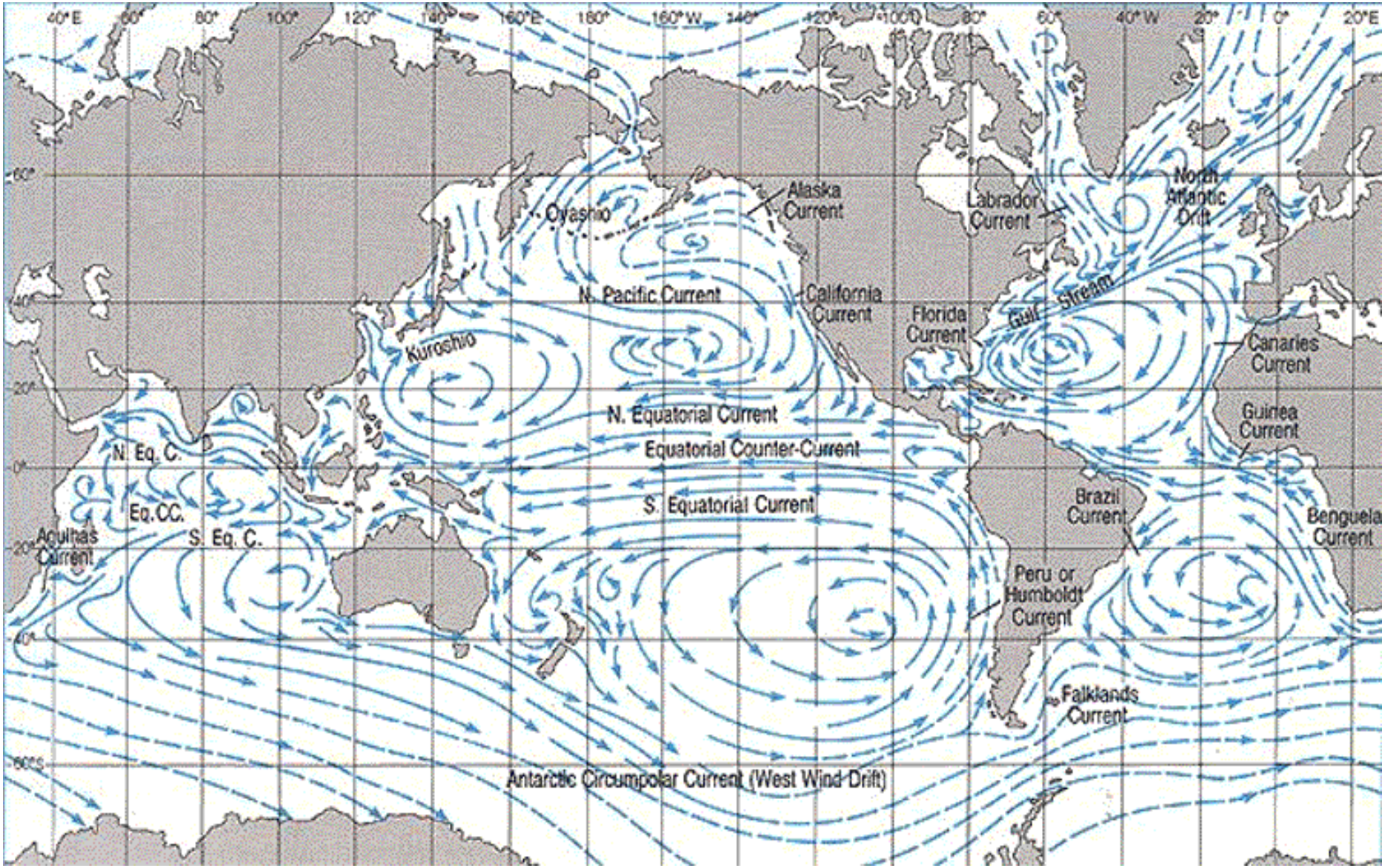
Période, creux, longueur d'onde

Célérité = 3T ex: 8s → 24 nds

P = 8s, Longueur d'onde : 99 m

Déferlement : H/L = 0.14 (1/7)

LA CIRCULATION GENERALE ATMOSPHERIQUE EN SURFACE (été boréal)



Les grands courants océaniques : courants de dérive générés par les vents