



# METEO – Formation - 2020

Formation des nuages  
&  
généralités sur l'orage

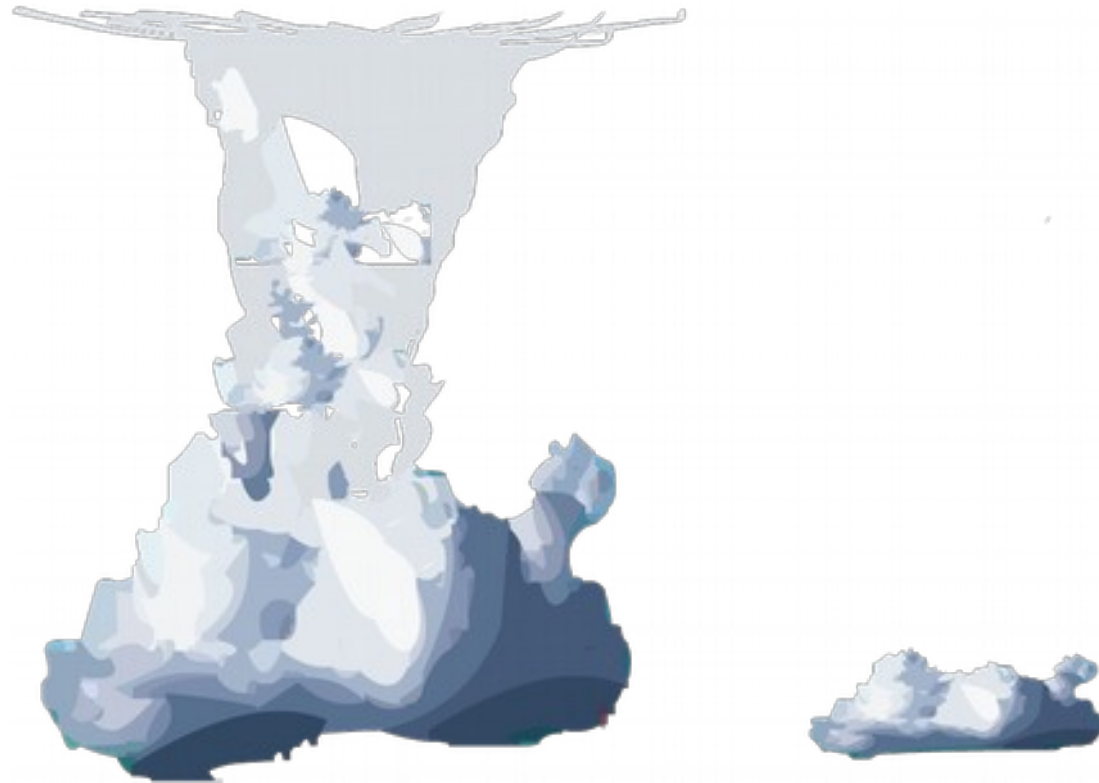


# Sommaire

- 1 – Introduction
- 2 – Les différents modes de refroidissement
- 3 – Les principaux types de nuages
- 4 – Stabilité et instabilité atmosphérique
- 5 – Les nuages d'instabilité
- 6 – L'orage

## 1.1- Composition des nuages

Les nuages sont constitués de gouttelettes d'eau microscopiques ou de petits cristaux de glace, ou les deux à la fois



## 1.2- Formations des nuages

Pour qu'un nuage se forme, il faut :

### Des ingrédients

**de la vapeur d'eau** (matière première du nuage)

**des noyaux de condensation**, c'est à dire des impuretés microscopiques d'origine minérale ou marine, ou encore des impuretés industrielles qui servent de support lors de la condensation de la **vapeur d'eau**.



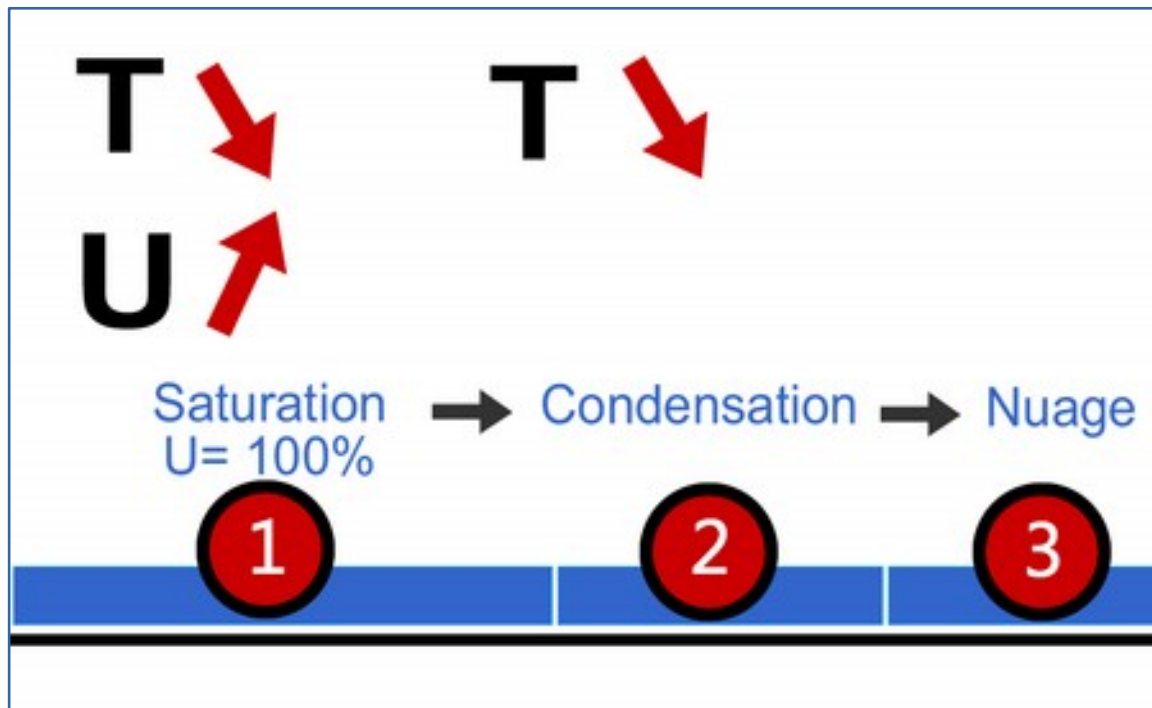
### & un processus physique

Un processus physique pour obtenir le processus de condensation



## 1.3- Formations des nuages

Tous les nuages observés dans l'atmosphère sont le résultat de la **condensation** par refroidissement de la vapeur d'eau comprise dans l'air selon le schéma suivant :



### Les principaux processus physiques

- Apport de vapeur d'eau
- Refroidissement isobare
- Refroidissement adiabatique

## 2 – Modes de refroidissement

- 2.1 Par Mélange
- 2.2 Par une surface froide
- 2.3 Par rayonnement
- 2.4 Par turbulence
- 2.5 Par détente
  - Petite échelle:
  - Grande échelle:

## 2.1 – Refroidissement par mélange

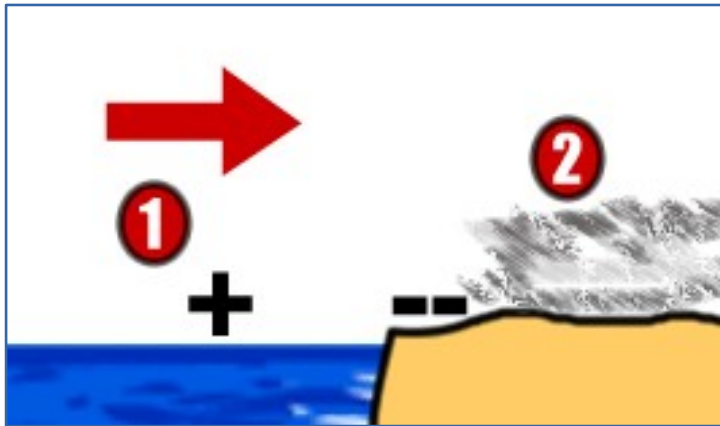
Un brouillard peut se former lorsque deux masses d'air à températures bien distinctes,

- Très humides presque saturées, se mélangent par turbulence. L'une apporte le refroidissement.
- l'autre apporte la vapeur d'eau en excès permettant la condensation sous forme de brouillard.
- Le mélange se produit au voisinage immédiat de la surface de contact.



## 2.2 – Refroidissement par une surface froide

La circulation d'une masse d'air humide, mais non saturé, au-dessus d'un sol ou d'une étendue d'eau plus froide peut conduire à la formation d'un brouillard d'advection. Un des paramètres indispensable à ce processus repose sur la force du vent qui doit être supérieure à 2 m/s.



Exemple type:

La circulation d'une masse d'air maritime (chaude et humide) dans un flux de sud-ouest sur l'ouest de la Bretagne

Saison : automne ou hiver

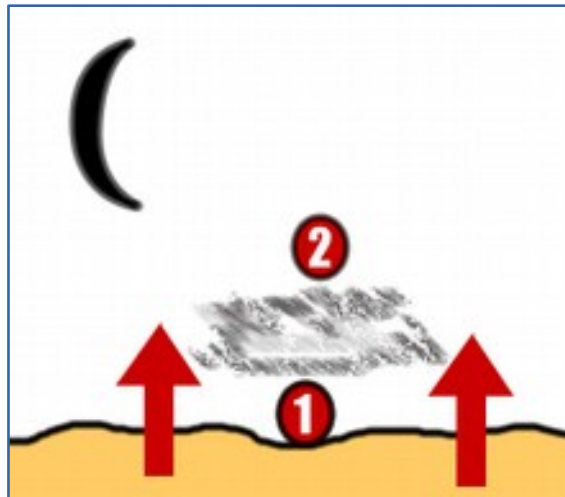
Formation de brouillard d'advection de masse d'air.

Caractéristiques : en présence d'un vent suffisamment fort, le brouillard décolle du sol et forme alors un nuage bas de type stratus.

## 2.3 – Refroidissement par rayonnement

Ce phénomène essentiellement continental peut intéresser la bordure côtière par extension.

Quand le ciel est clair, la terre se refroidit; la température de l'air baisse à son contact.



Si le vent est calme, le refroidissement maximal s'opère à la surface du sol et donne naissance alors à la rosée. Si le phénomène de condensation se produit à température négative, on observe de la gelée blanche.

Si le vent est faible (1 à 3 kt), le refroidissement peut s'opérer dans une couche qui s'étend de quelques décimètres à quelques centaines de mètres. (souvent 100 à 200/300 m l'hiver).

Si le vent est plus fort, soit le brouillard décolle du sol et se transforme alors en stratus,

!! Si le brassage concerne une couche d'air trop importante pour la refroidir jusqu'à condensation et l'air reste alors limpide.

## 2.4 – Refroidissement par turbulence

- Le brassage de l'air dû à la turbulence dans la couche à proximité du sol tend à rendre homogène
- l'humidité dans cette couche avec un transfert de la vapeur d'eau vers le sommet de la couche turbulente. Ce brassage modifie également la répartition de la température avec un refroidissement du sommet de la couche turbulente et un réchauffement de la base.
- Cette action combinée peut conduire à la formation de nuage turbulent type du genre Stratus ou Strato-cumulus.

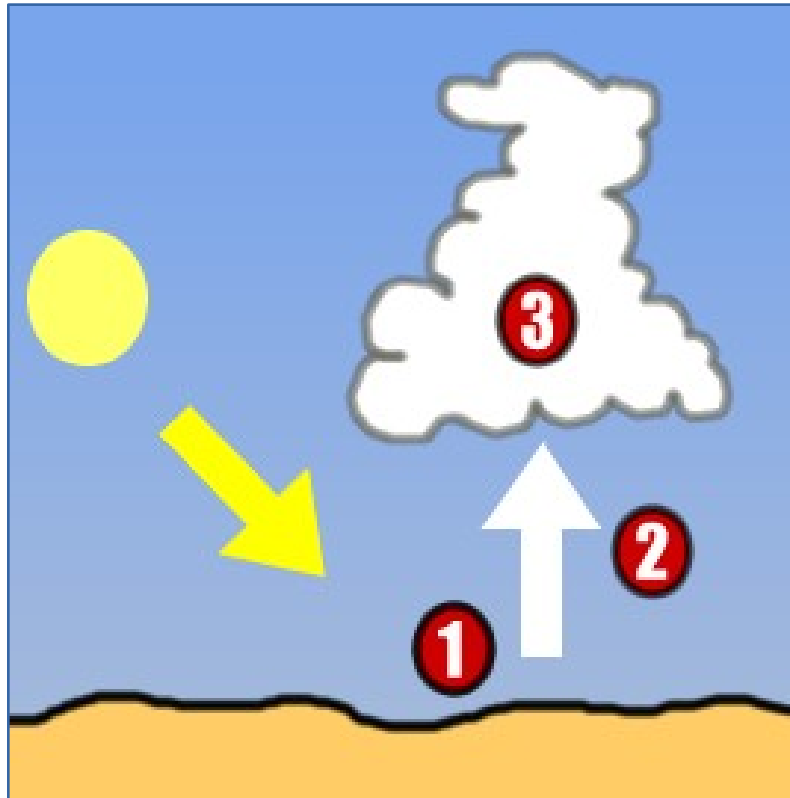
## 2.5 – Refroidissement par détente

Un volume d'air qui gagne de l'altitude subit une baisse de pression, il se détend. La détente est une importante cause de refroidissement. Elle est à l'origine de la plupart des nuages et notamment des plus importants en volume.

Les différents types d'ascendance d'une masse d'air ne produisent pas les mêmes nuages, on distingue plusieurs processus.

- **Petite échelle:**
  - **A** Les ascendances thermiques sur une surface meuble ou sur une surface hétérogène.
  - **B** Les ascendances forcées au vent d'une montagne.
- **Grande échelle:**
  - **C** Les ascendances forcées le long d'une surface frontale (détente frontale).
  - **D** Les ascendances liées à des zones de convergences comme les centres dépressionnaires.

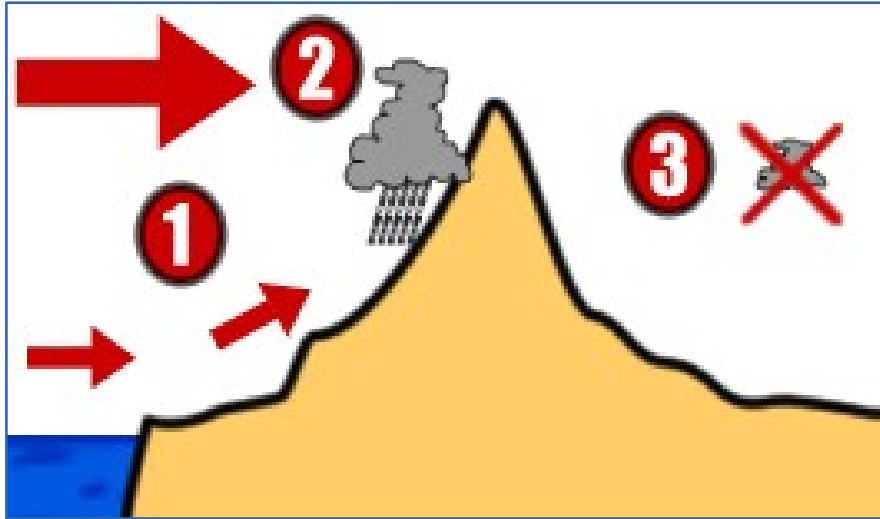
# A – Ascendances thermiques



Le soleil réchauffe l'atmosphère et l'air dans les basses couches s'échauffe plus rapidement. Dans ce cas, ils se forment des bulles d'air chaud au contact du sol qui vont finir par s'élever.

Ce processus de détente est associé à des phénomènes de condensation qui auront pour principale conséquence visible l'apparition de nuages de type: Cumulus ou Cumulonimbus (action rapide). Signe précurseur dans l'apparition de la brise.

## B – Ascendances forcées au vent d'un relief

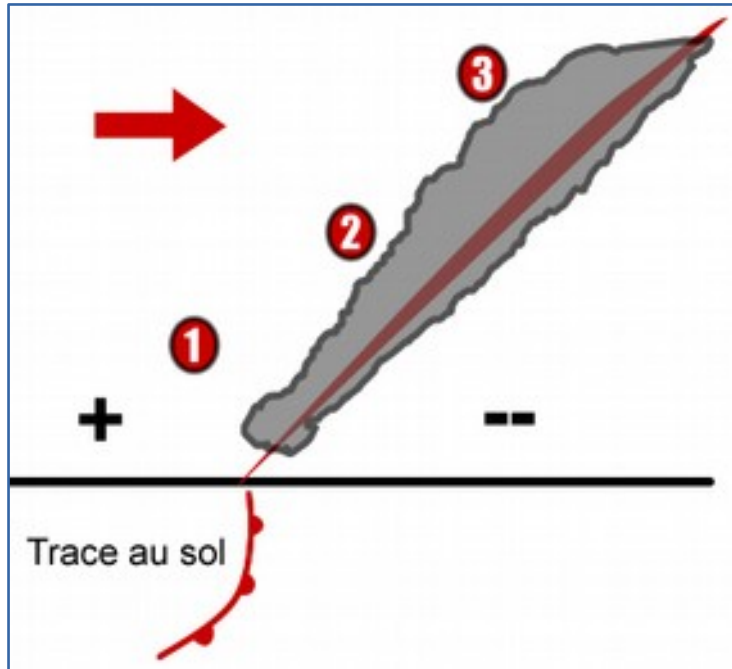


D'une façon générale, les filets d'air épousent le relief. Par conséquent, une montagne engendre une zone d'ascendance sur la façade exposée au vent, l'air ainsi soulevé, s'il est suffisamment humide, donnera naissance à des formations nuageuses qui coifferont le sommet de la montagne.

Ces nuages sont de type:

- Stratiforme pour une masse d'air stable
- Cumuliforme pour une masse d'air instable
  - ❖ Cumulus
  - ❖ Cumulonimbus).

# C – Ascendances forcées le long d'une surface frontale

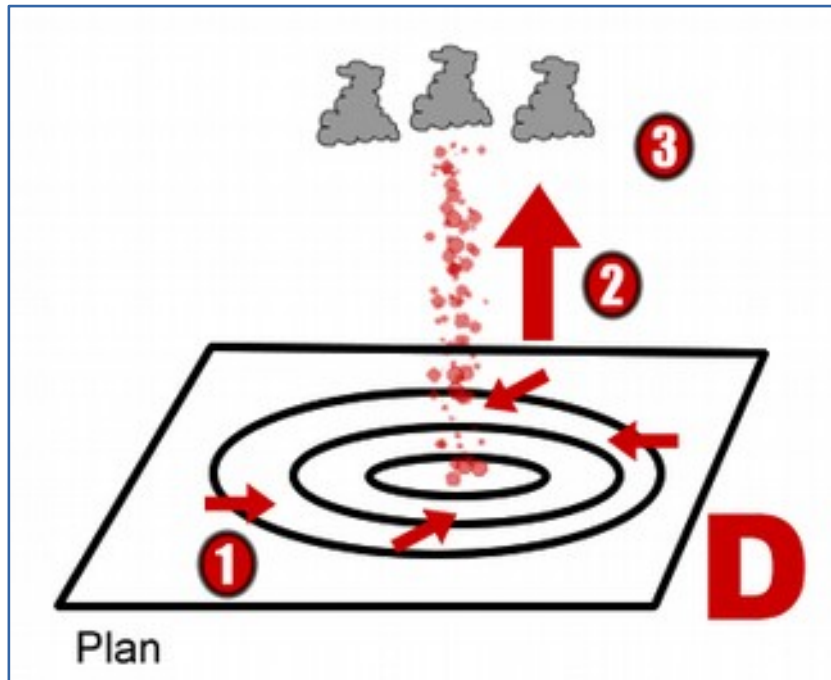


Dans ce processus deux masses d'air (thermiquement contrastées) vont être amené à se juxtaposer (phénomène mécanique).

Ce conflit se matérialise par une superposition des deux masses d'air, l'air chaud étant plus léger il tend à s'élever quant à l'air froid, plus lourd, il reste cantonné dans les basses couches.

Exemple d'un front froid, lors de son déplacement, l'air froid remplace l'air chaud ; l'air froid pousse l'air chaud devant lui et au-dessus de lui

# D – Ascendances liées à des zones de convergences



La convergence dans les basses couches engendrent une accumulation de molécules au centre de la dépression. Ces dernières s'élèvent et subissent alors une détente et un refroidissement. Ce mouvement donnera ainsi naissance à des nuages convectifs : cumulus et cumulonimbus.

Exemple : les basses pressions qui ceinturent l'équateur sont à l'origine de ce mécanisme et expliquent la présence des nombreuses cellules convectives que l'on peut observer dans la zone tropicale : le pot au noir ou la zone de convergence intertropicale (ZCIT).



# 3 – Principaux genre de nuages

## Observation pratique

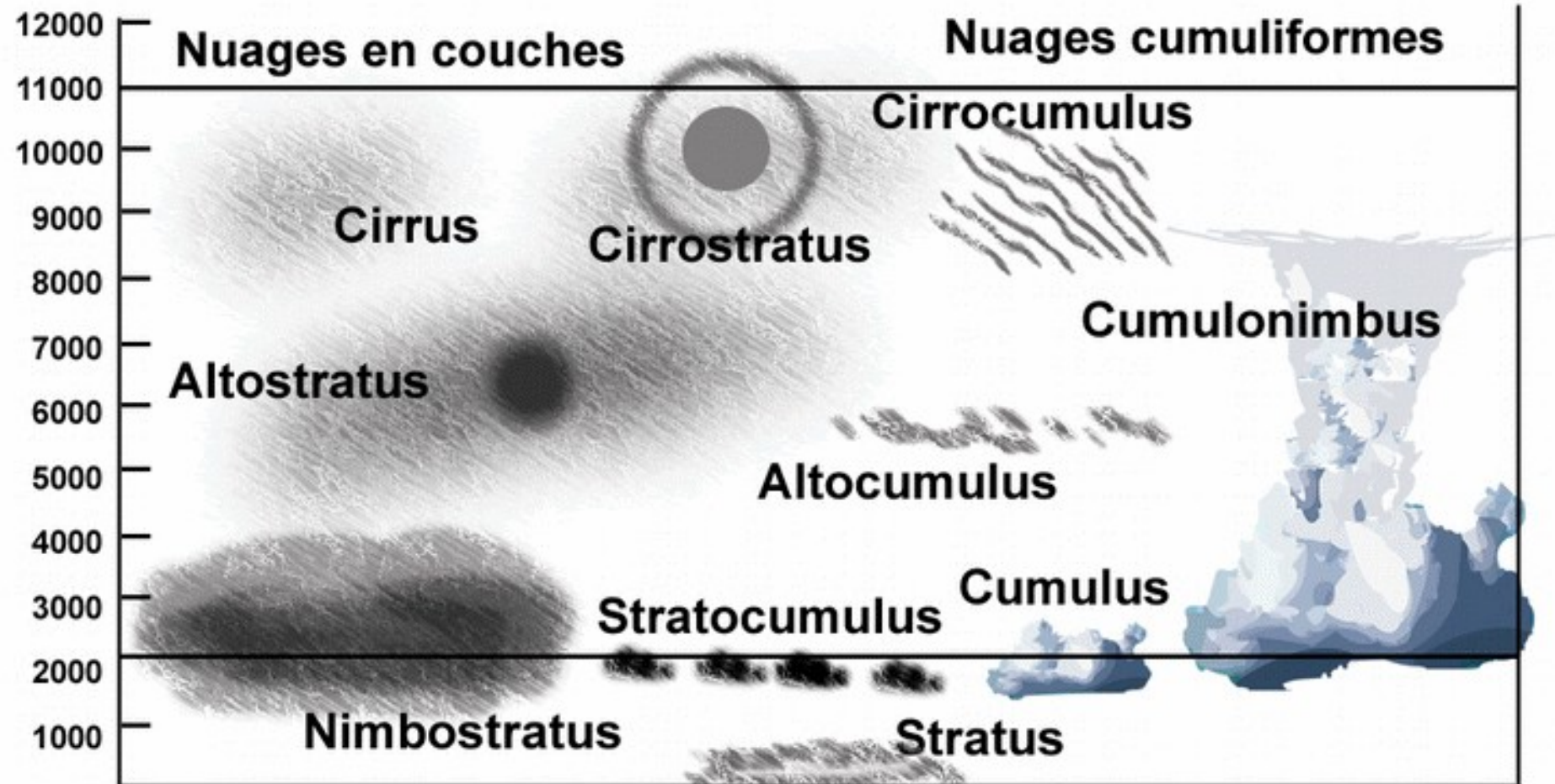
Suivant leur mode de formation, les nuages prennent un aspect :

- **Stratiforme** = couche nappe voile, développement horizontal
- **Cumuliforme** = bourgeonnement, forte extension verticale

## 3.1 – Les genres de nuages

- Par convention, la troposphère a été divisée en trois parties :
- Notion d'étages
  - l'étage bas (cl) 0 / 2000 mètres
  - l'étage moyen (cm) 2000 / 6000 mètres
  - l'étage haut (ch) > 6000 mètres
- Ces trois étages permettent de placer les 10 genres de nuages  
( Formes caractéristiques qui s'excluent mutuellement ).

## 3.2 – Notions d'étage



**Etymologie des noms latins des nuages :**

- Cirrus* = boucle, touffe de crins
- Cumulus* = amas, empilement
- Stratus* = étendu, étaler, couvrir
- Nimbus* = pluie

## 4 – Stabilité et instabilité atmosphérique

Dans la troposphère, les particules lors de leurs déplacements subissent quantité de modifications comme des variations de température qui peuvent induire des mouvements dans le plan vertical ou contrarier la turbulence initiale de la masse d'air.

L'approche au niveau synoptique nous invite à considérer :

$$F_{ph} + m \cdot g = 0$$

Cependant à l'échelle aérologique les particules peuvent être entraîné dans des mouvement rapides et variables et une couche plus particulièrement soumise aux effets de surface est la CLA ( Couche limite atmosphérique), cette couche s'oppose à l'AL ( atmosphère libre)

# CLA - caractéristiques

Etats : Neutre / Stable / Instable

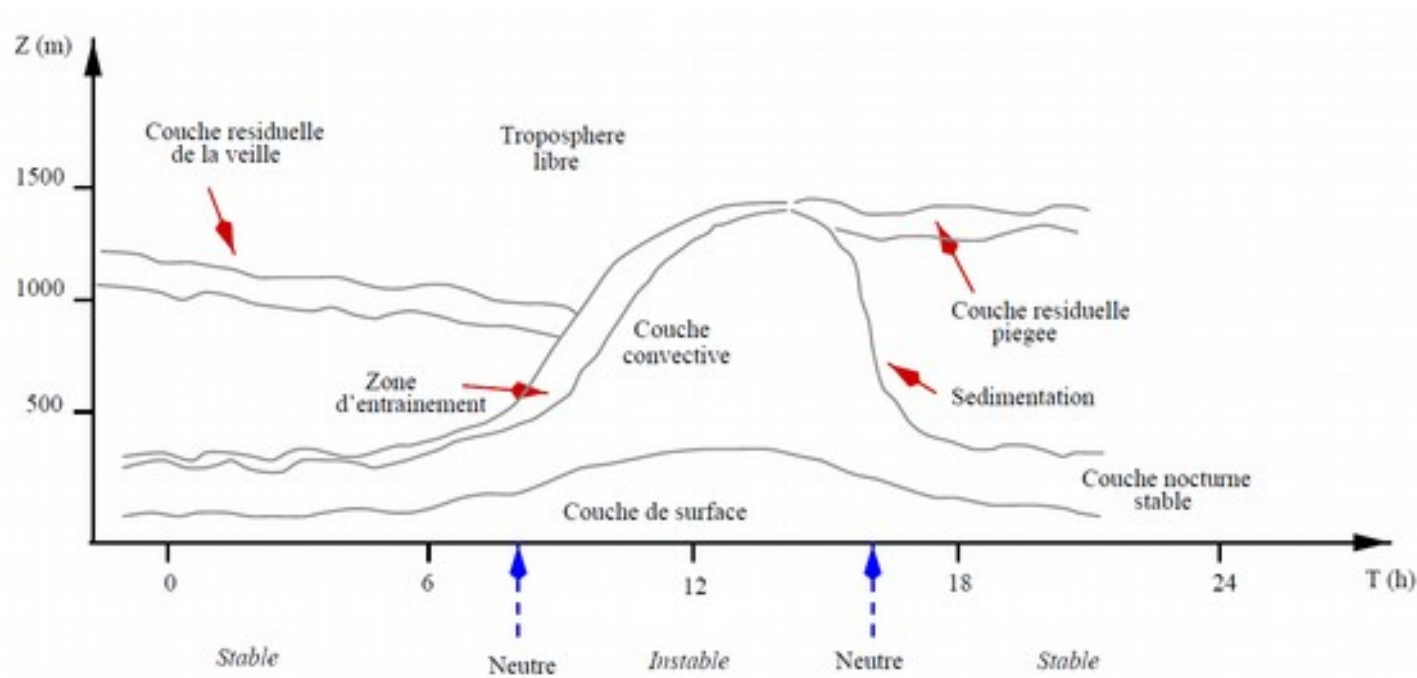
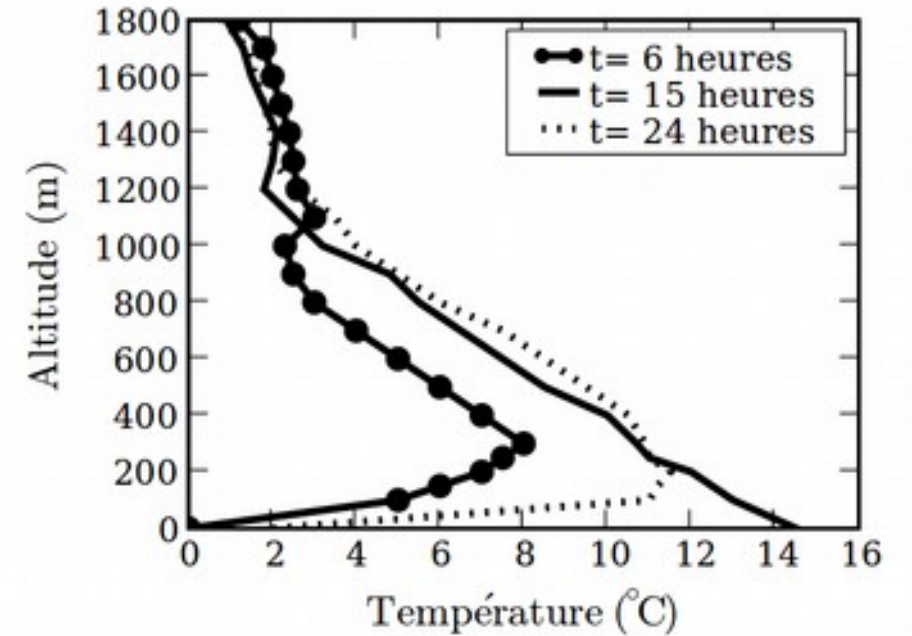


Schéma de l'évolution temporelle de la couche limite (d'après Stull (88))

Moteur = effets de surface  
Temps de réponse l'heure

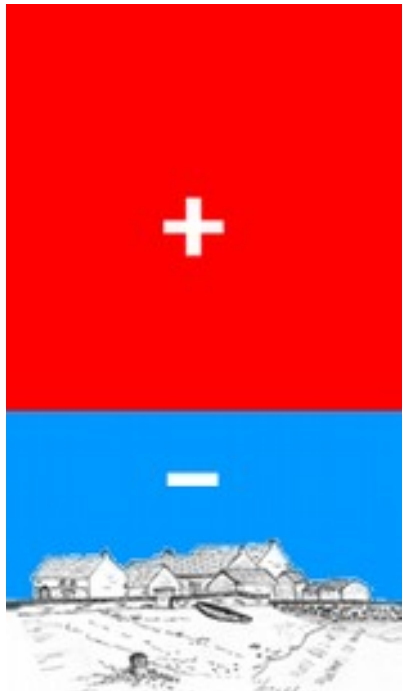


Evolution typique du profil de température au cours d'une journée.

## 4.1 – Temps stable

**Définition :** Capacité à revenir à l'état initial malgré des interventions extérieures

On peut également définir la stabilité conditionnelle qui se définit comme une capacité à revenir à l'état initial pour de petites impulsions qui tendent à éloigner la particule de son état premier.



### **Situations types rencontrées en hiver ou en automne.**

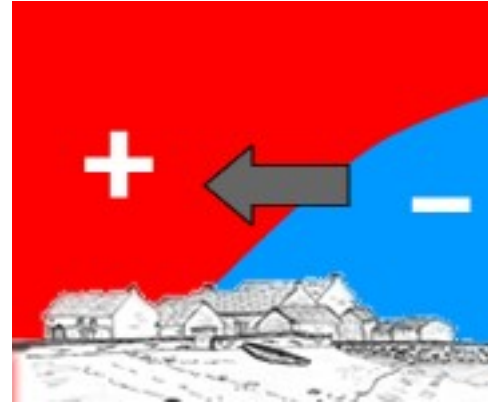
Le temps qui lui est généralement associé se caractérise par la présence de phénomènes de basses couches comme la brume ou le brouillard, des stratus persistants sont tout aussi fréquents.

En automne et hiver, dissipations plus aléatoires du fait de la faiblesse du brassage vertical et de la faiblesse des températures. Formation de très vastes étendues.

## 4.1 – Temps stable



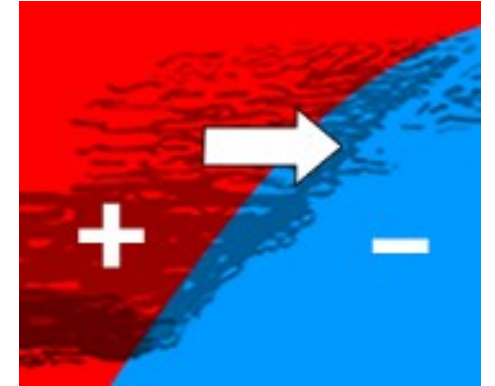
Rayonnement sous cellule anticyclonique en hiver.  
Vent faible  
Peu de turbulence  
Stratification.



Arrivée d'air froid en basse couche  
Vent faible qui déplace une masse d'air  
Flux de NE en Bretagne



Masse d'air qui circule sur une masse d'air plus froide.  
Fux de SO au printemps en Bretagne ( sol froid, mer chaude)

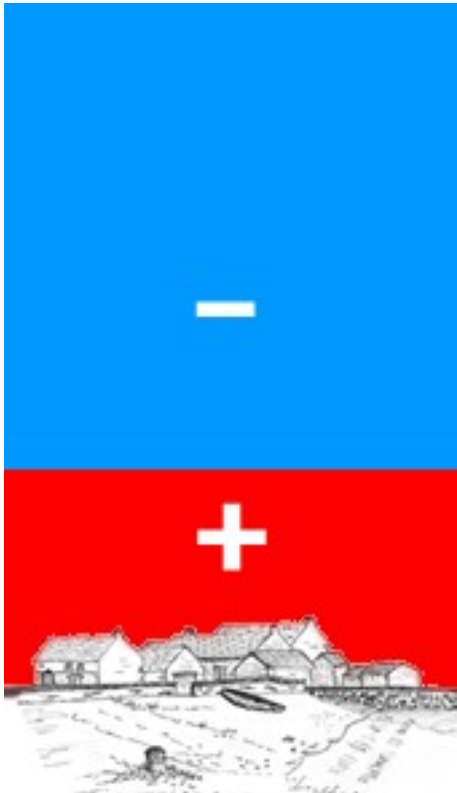


Grande échelle :  
arrivée d'air chaud en altitude  
Cirrus CS AS ST



## 4.2 – Temps instable

**Définition :** Capacité à quitter l'état initial à la moindre impulsion initiée par l'environnement extérieur et sans possibilité de revenir à la position initiale



Pour de petites impulsions, la particule quitte son état premier sans y revenir .

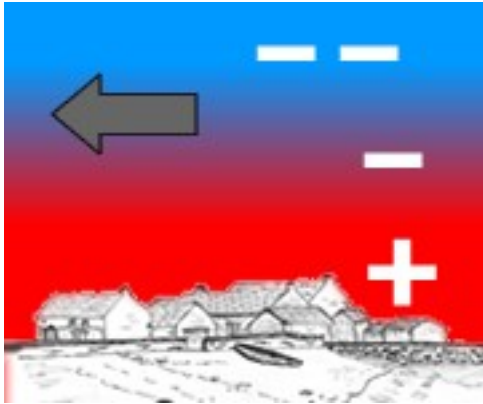
### **Situations types rencontrées en été.**

Le temps qui lui est généralement associé se caractérise par la présence de phénomènes convectifs. L'apparition de cumulus puis de cumulonimbus pour le stade extrême apporte cette notion d'ascendance propre à l'instabilité.

L'ascension des molécules est fonction également de l'humidité.  
La condensation fournit de l'énergie en entretenant la légèreté de la molécule.



## 4.2 – Temps instable



La masse d'air se réchauffe par la base  
Exemple sur une surface maritime qui restitue sa chaleur



Surchauffe en basse couche.  
Effet du sol en été  
Vent faible



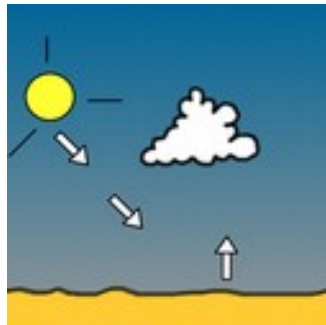
Arrivée d'air très froid en altitude

# 5 – Les nuages d'instabilités

## # Origine

- Situation de marais barométrique et forte chaleur
- Soulèvement orographique
- Orages frontaux
- Orages précédant l'arrivée d'une dépression d'altitude froide

## # Formation de nuages de types cumulus





## 6. Orage

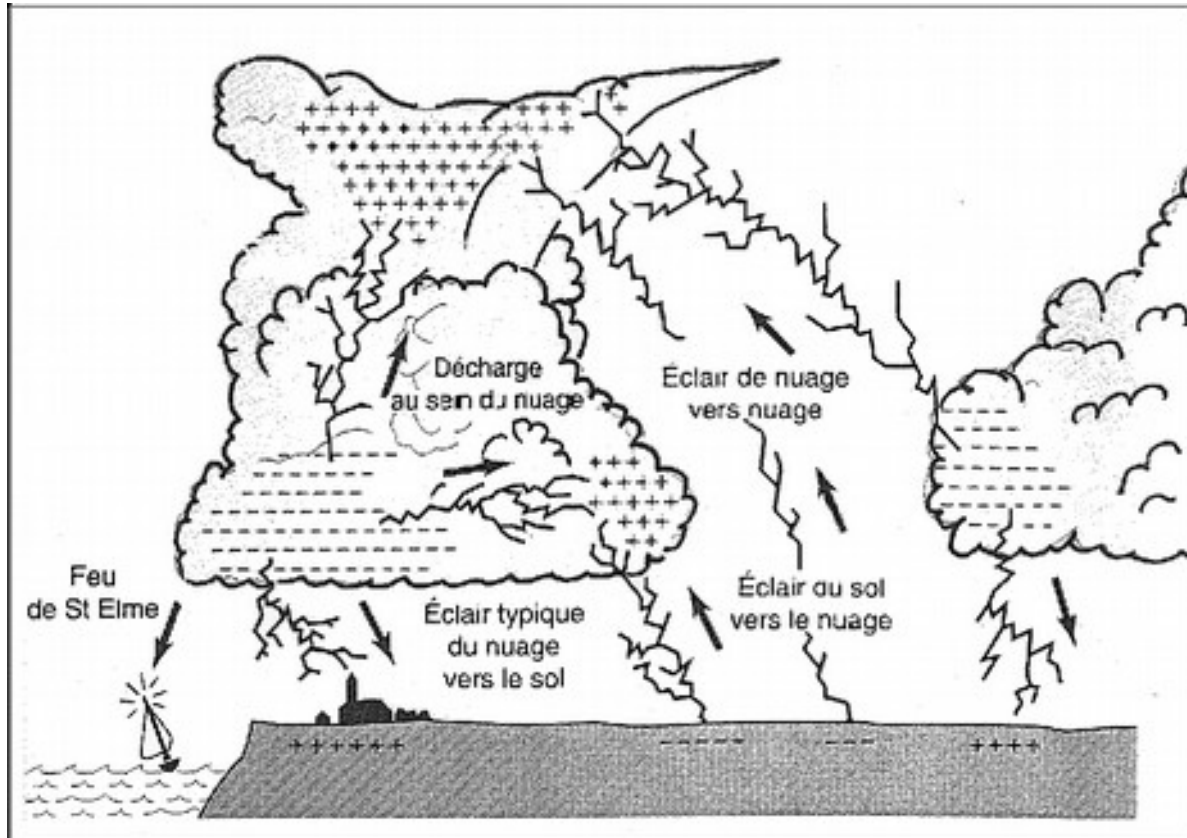
Phénomène associé au  
Cumulonimbus

3 origines

Orage de masse d'air

Orage frontal

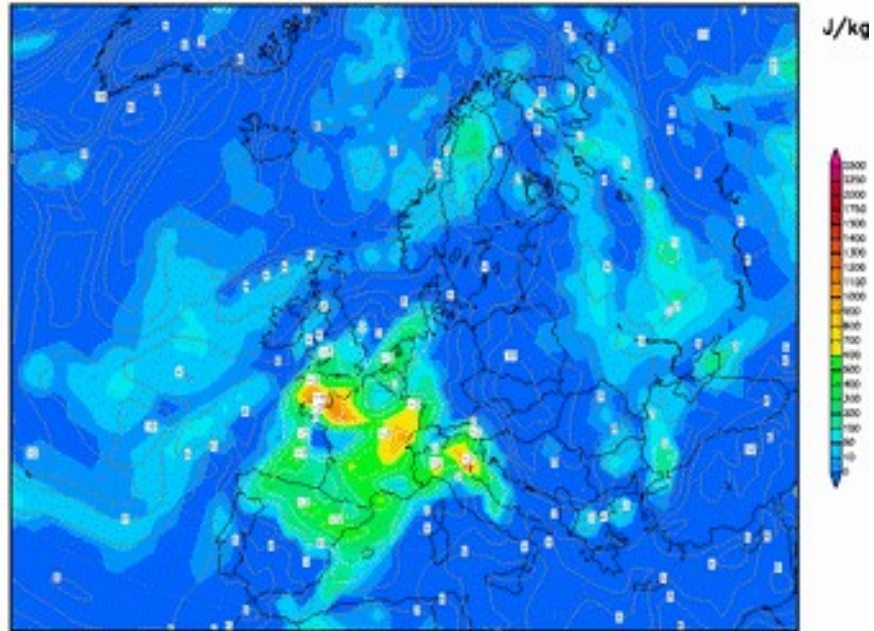
Orage d'altitude





# 6.1 Signes précurseurs

CAPE (J/kg) und Lifted Index (°C)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

**CAPE : Convective Available Potential  
Energy**

<300 = pas ou peu de risques

300 à 1000 = risques

1000 à 2500 = orages modérés



**LI: Lifted Index**

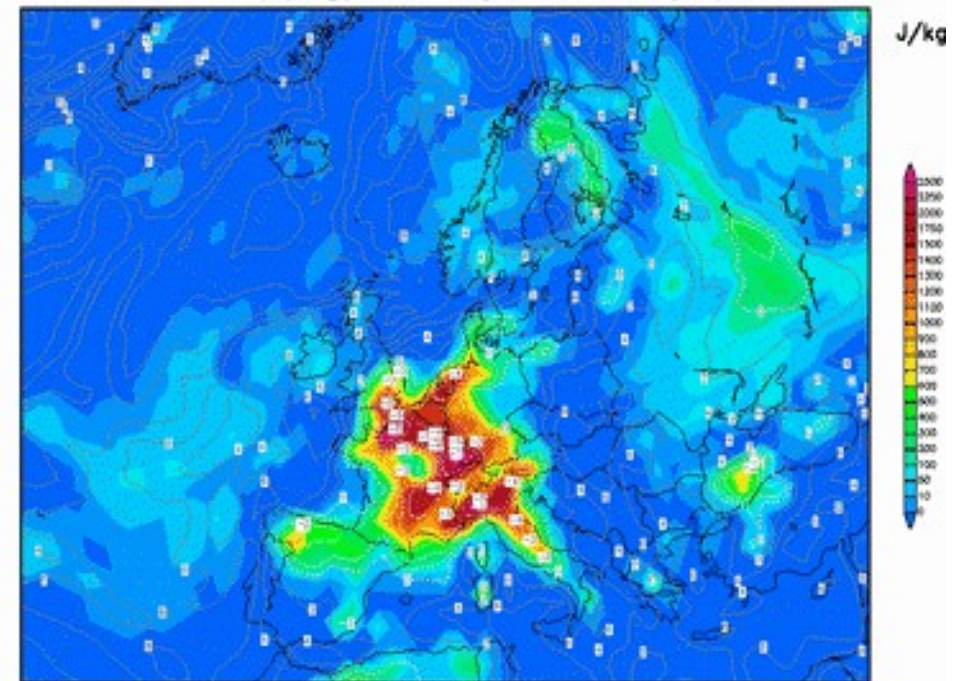
>0= faibles chances d'orages

entre 0 et -2 = orages possibles

Entre -3 et -5 = orages probables

< -5 = orages très probables

CAPE (J/kg) und Lifted Index (°C)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

# 6.1 Signes précurseurs

**A chaque fois qu'en situation de beau temps arrive :**

- **Un front froid**
- **Une dépression fortement alimentée en air froid d'altitude**

**De même :**

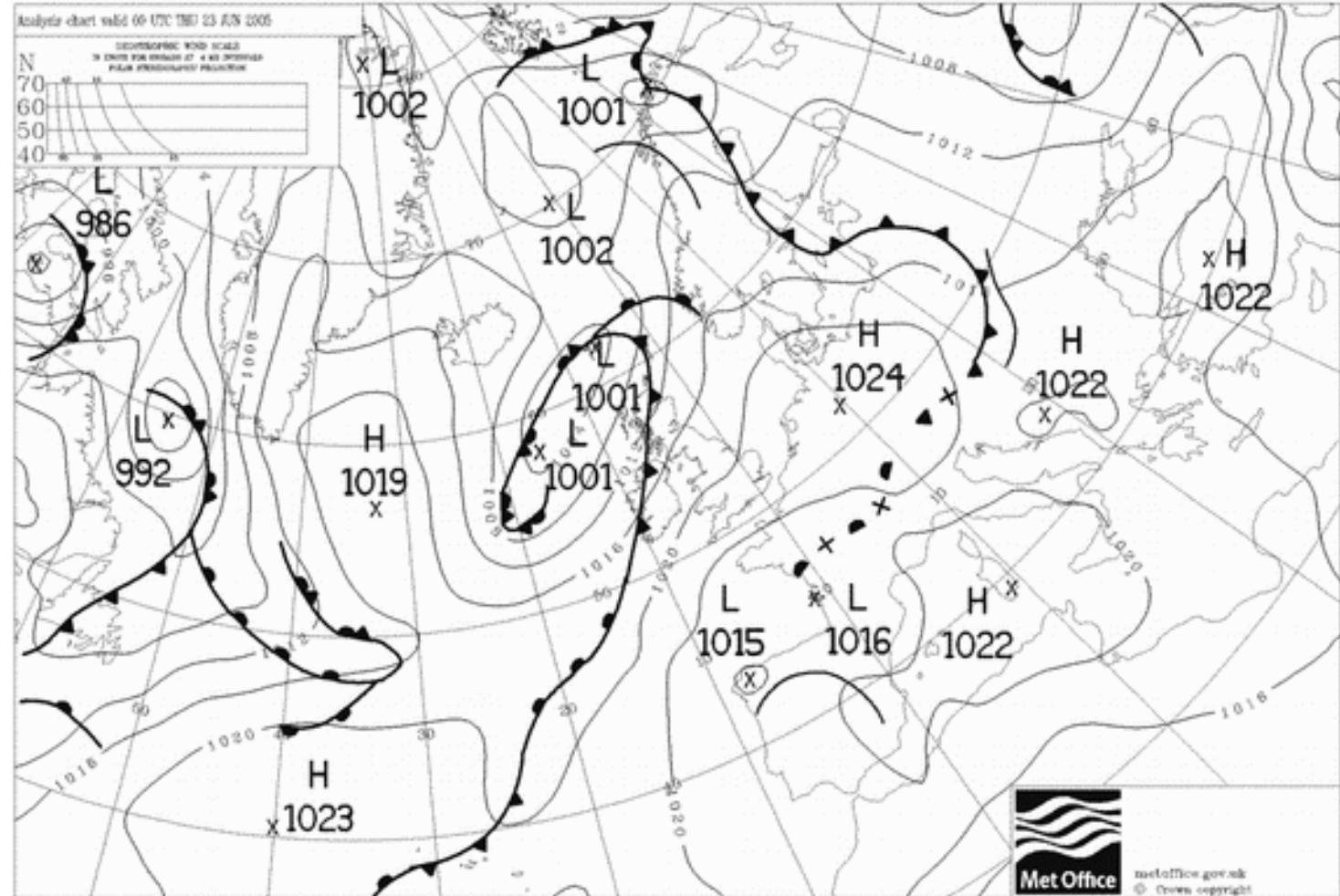
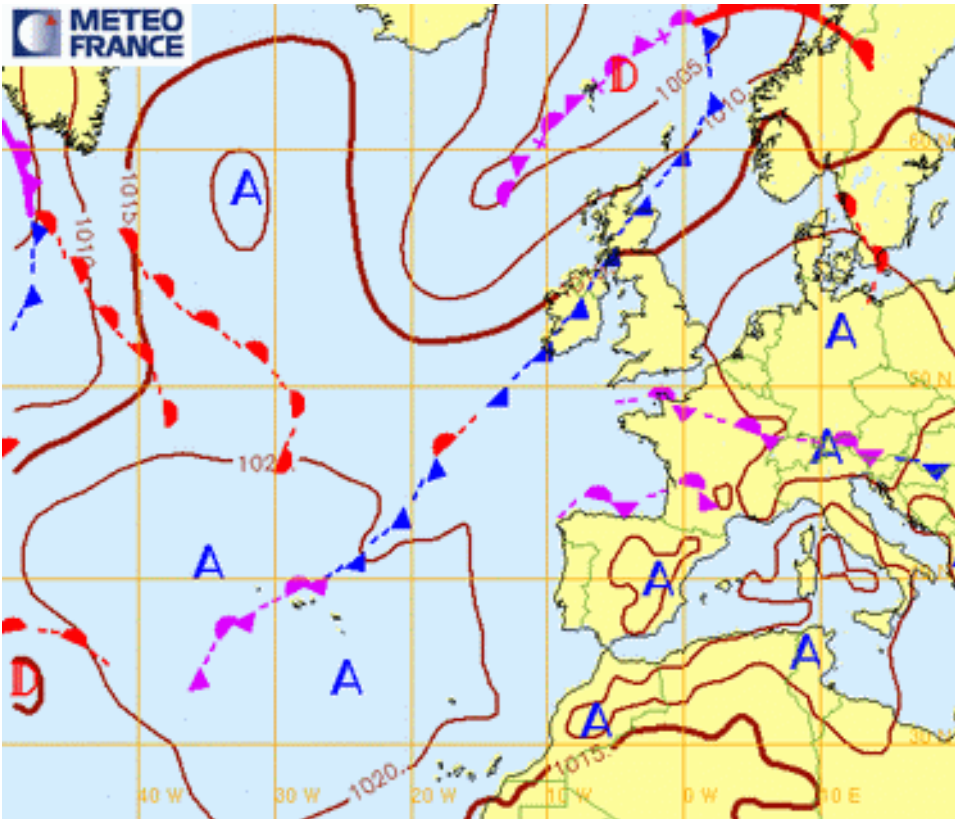
- **Situation de marais barométrique avec fortes T°**

## Outils

Les cartes d'indice orageux permettent d'attirer l'attention sur les zones à risques

Les photos satellites sont parlantes

Les nuages pré-orageux type Alto Cumulus Castellanus

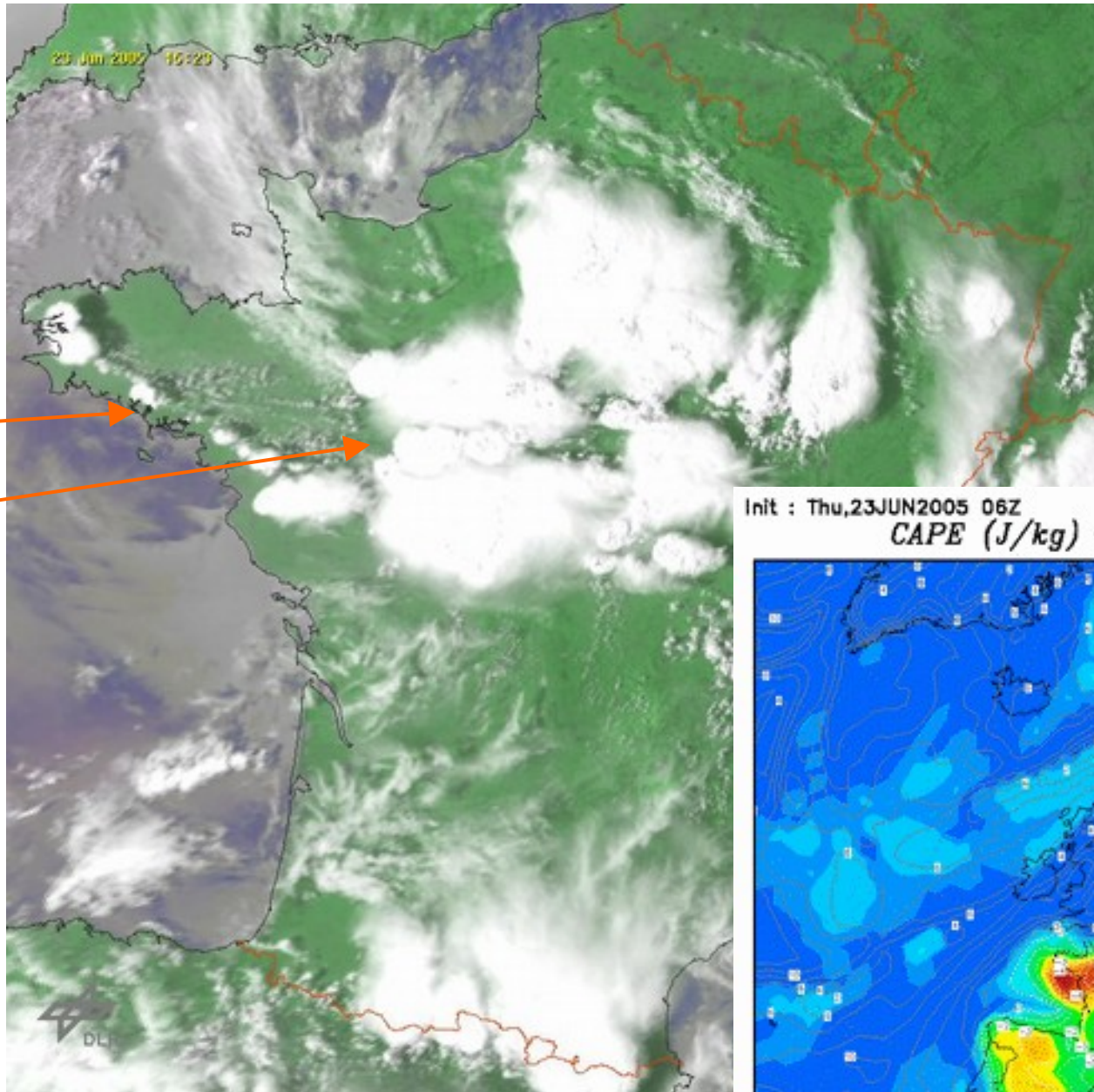


Faible gradient de pression et pression voisine de 1013 hPa

Températures élevées



15h23 UTC



Front de brise

Cumulonimbus

Init : Thu,23JUN2005 06Z Valid: Thu,23JUN2005 06Z  
CAPE (J/kg) und Lifted Index (°C)





**Yann Amice**

CSO

yann@sportrizer.com

07 81 65 41 66

11 rue François Lemarié  
ZA de Kernoter  
29000 Quimper FRANCE