

# Les tornades – De la théorie à la pratique



*Photo par moi, Gennes/Seiche, 27 Juillet 2021*

# Différents types de tornade

## Les trombes



*Photo par CATERS NEWS AGENCY/SIPA, Var, 5 Octobre 2021*

## Les Tornades supercellulaires



*Photo par Christophe Asselin, Oklahoma, 31 mai 2013*

# Formation du Cumulonimbus



*Photo par moi, Gennes/Seiche, 18 Juin 2019*



# Formation du Cumulonimbus

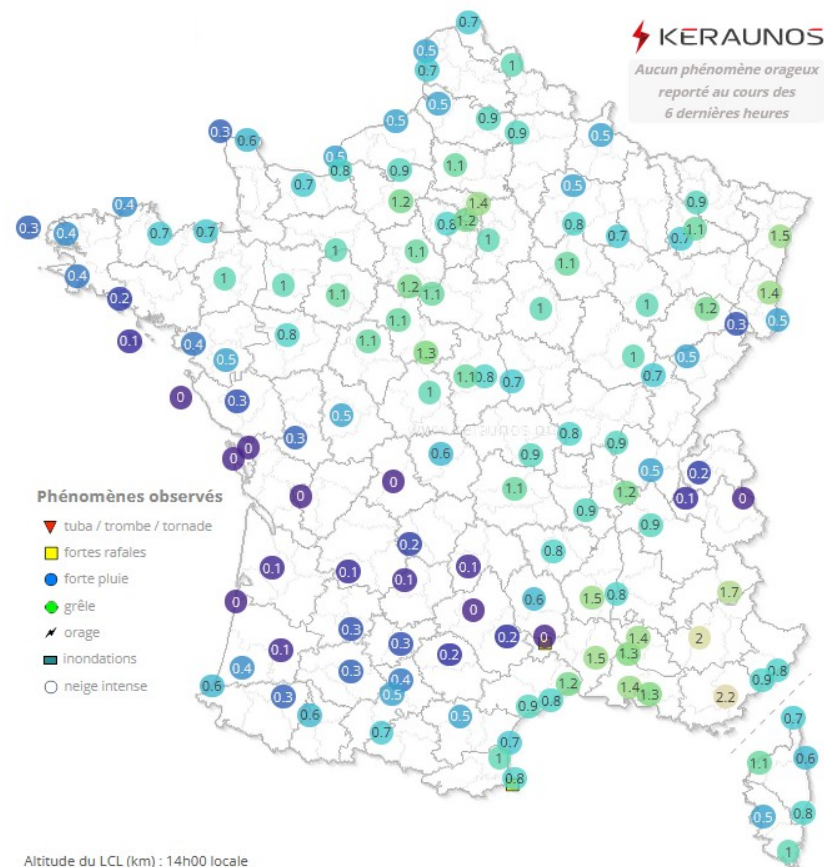
L'Humidité :

$$\varphi [\%] = \frac{P_{\text{vap}}}{P_{\text{sat}}(T)} \times 100$$

$$\ln p_{\text{sat}} = 13,7 - \frac{5120}{T}$$

$P_{\text{vap}}$  : pression partielle de l'eau dans l'air  
(proportionnel à l'humidité de la masse d'air)

$P_{\text{sat}}$  : pression de vapeur saturante

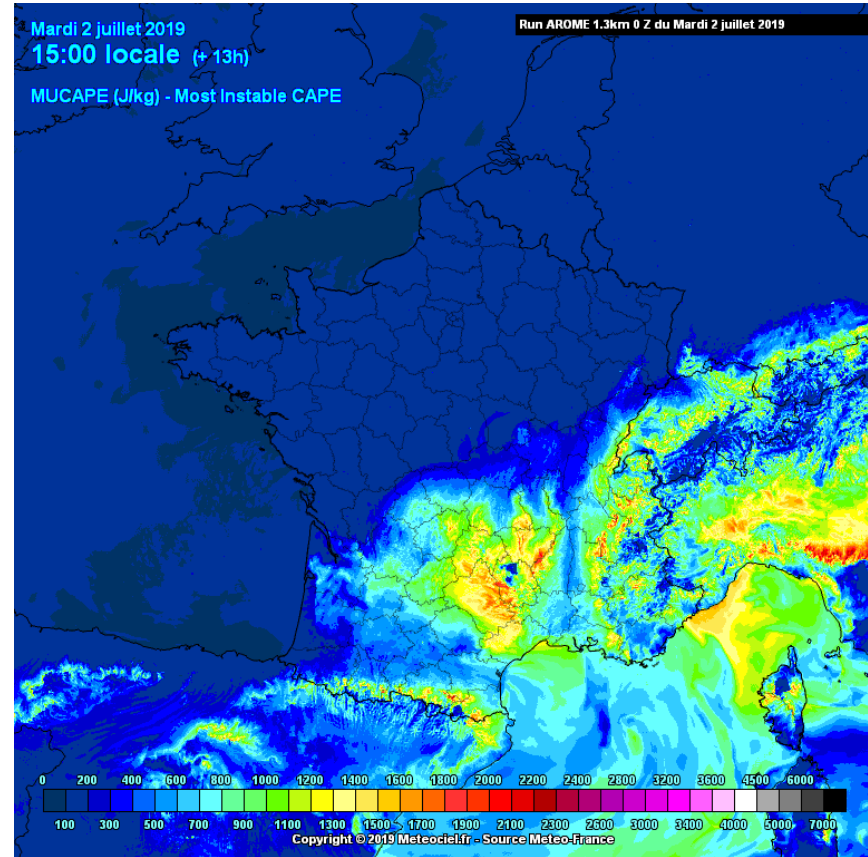
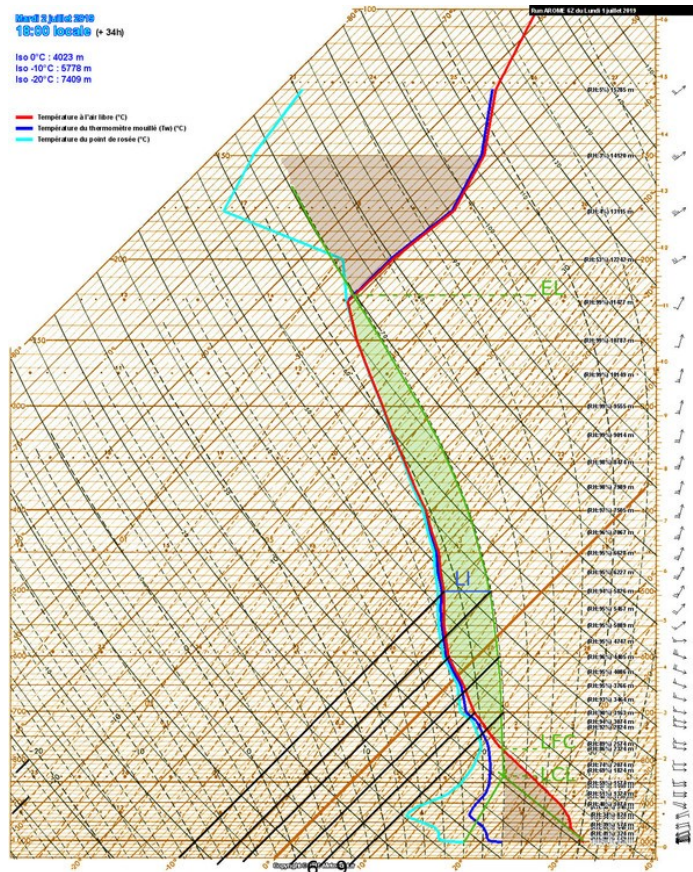


# Formation du Cumulonimbus

## L'Instabilité :

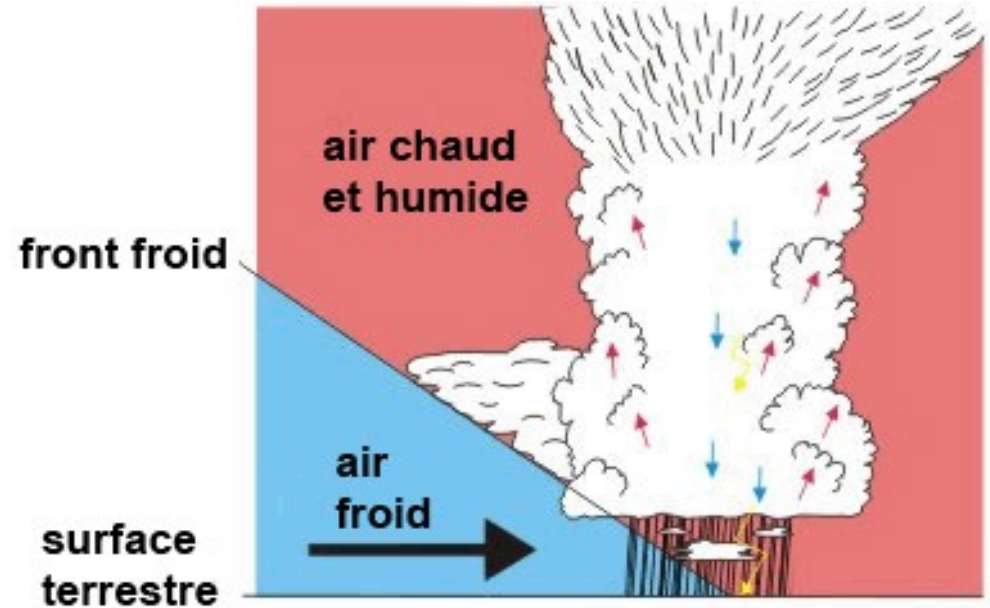
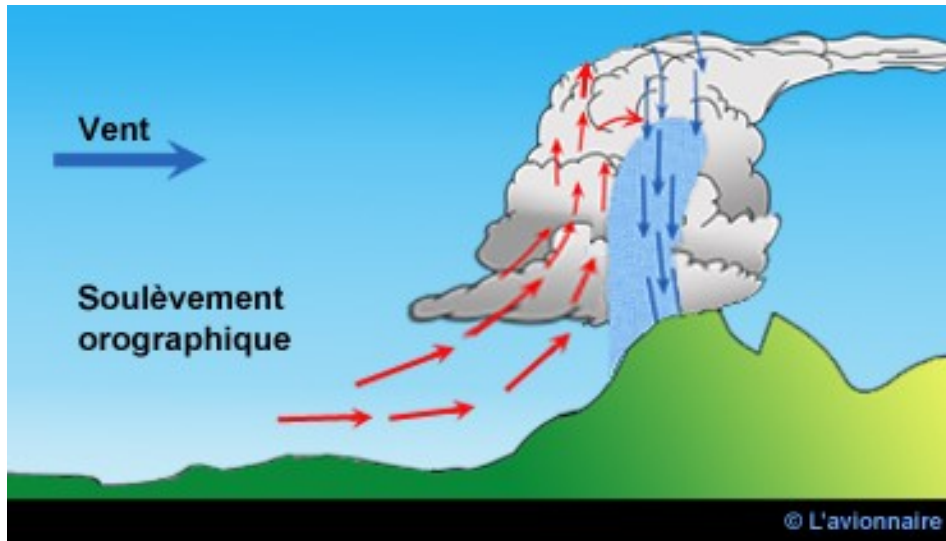
$$\text{EPCD} = \int_{\text{NCL}}^{\text{NE}} g \left( \frac{T_{\text{vpar}} - T_{\text{venv}}}{T_{\text{venv}}} \right) dz$$
$$\left\{ \begin{array}{l} g = \text{Accélération de la pesanteur} \approx 9,8 \text{ m/s}^2 \\ T_{\text{venv}} = \text{Température virtuelle de l'environnement} \\ T_{\text{vpar}} = \text{Température virtuelle de la parcelle} \\ \text{NCL} = \text{Niveau de convection libre} \\ \text{NE} = \text{Niveau d'équilibre} \end{array} \right.$$

# Formation du Cumulonimbus



# Formation du Cumulonimbus

L'élément dynamique :





# Formation de la Supercellule



*Photo par moi, Gennes/Seiche, 1 Juillet 2018*



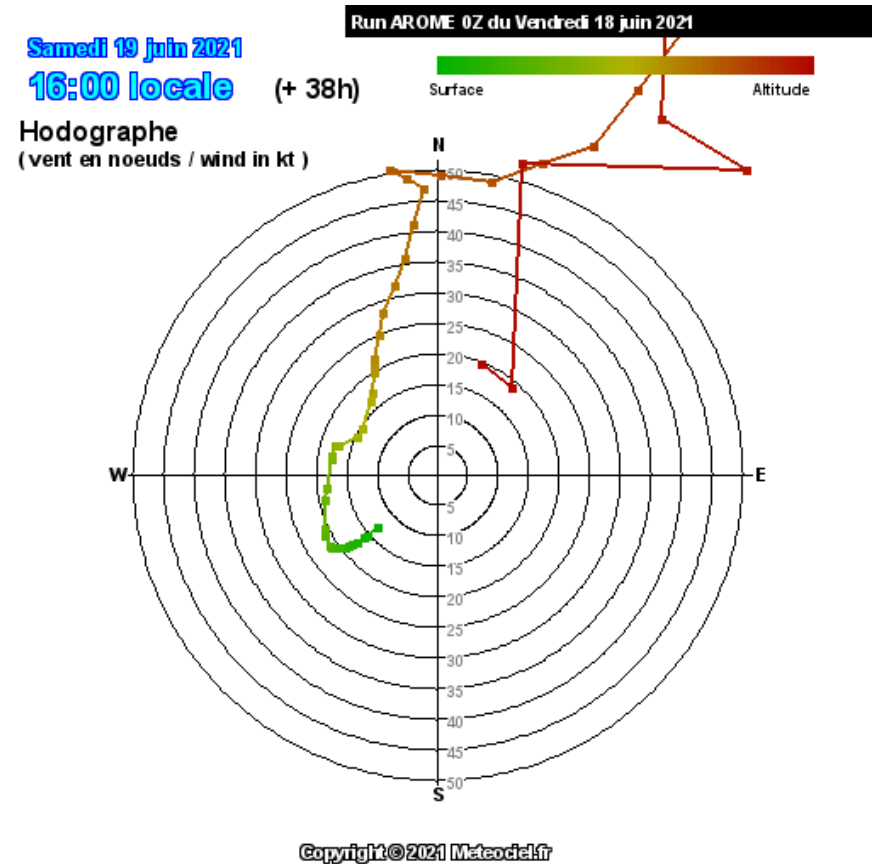
# Formation de la Supercellule

Les cisaillements :

$$BRN = \frac{EPCD}{0,5 \times (\vec{V}_{6 \text{ km}} - \vec{V}_{500})^2}$$

**EPCD** : CAPE

**V** : Vent à une altitude donné



# Formation de la Supercellule



Bruno Meignien

*Photo par Bruno Meignien, Nebraska, 20 mai 2013*

# Formation de la Tornade



*Photo par moi, Gennes/Seiche, 24 mai 2021*

# Formation de la Tornade

L'hélicité :

$$HR = - \int_0^{3km} \vec{k} \cdot \left[ \left( \vec{V}_h - \vec{C} \right) \times \left( \frac{\partial \vec{V}_h}{\partial z} \right) \right] dz$$



# Échelle de Fujita améliorée

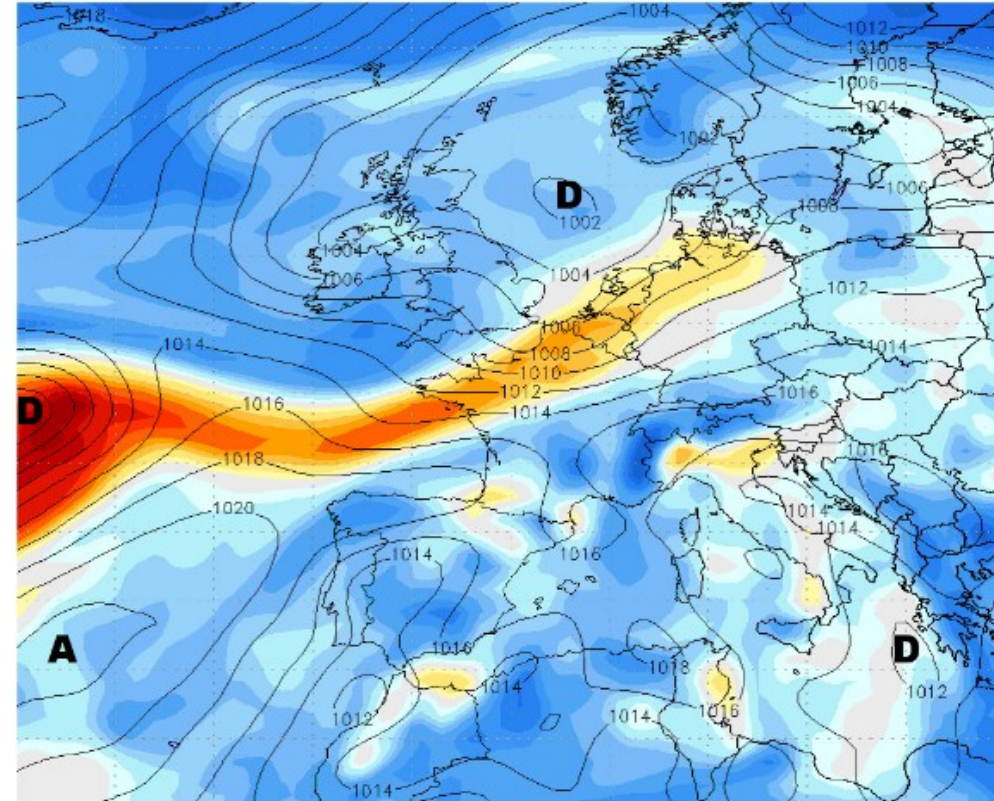
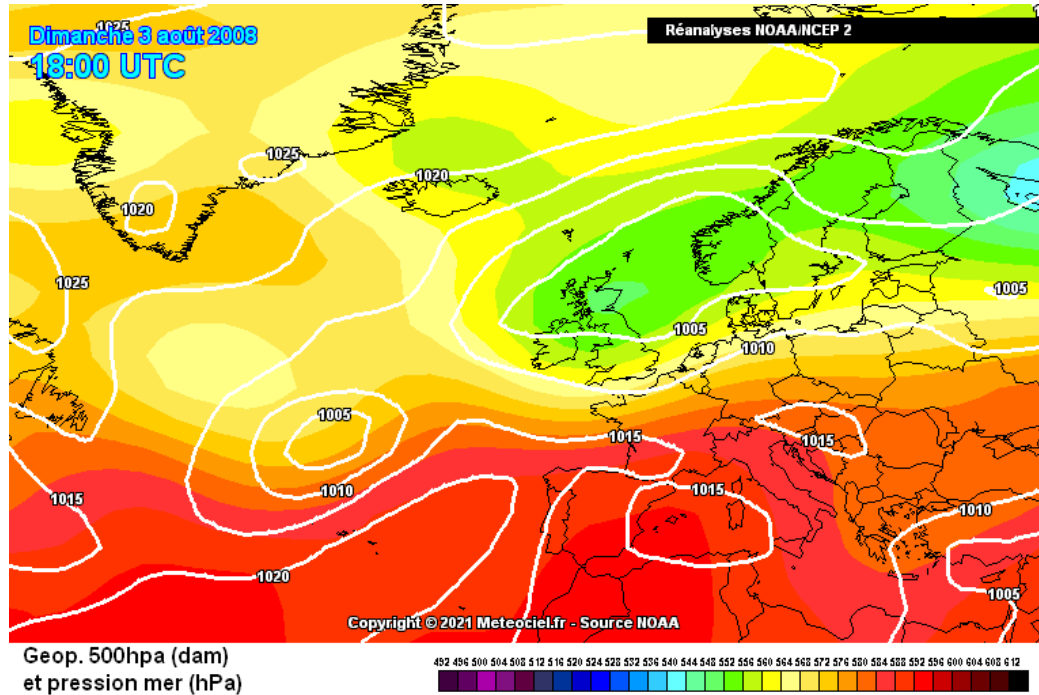
Catégorie	Vents km/h <sup>1</sup> (Arrondis)	Fréquence	Dégâts possibles <sup>1</sup>	
F0	60-120	82 %	Dégâts légers : certains dommages sont subis par les cheminées, les antennes de télévision, les bardeaux, les arbres, les enseignes et les fenêtres.	
F1	120-180	11 %	Dégâts modérés : les automobiles sont renversées, les abris pour automobiles détruits et les arbres déracinés.	
F2	180-250	4 %	Dégâts importants : les toits sont arrachés par le vent, les hangars et les dépendances sont démolies et les maisons mobiles sont renversées.	
F3	250-330	1,8 %	Dégâts considérables : les murs extérieurs et les toits sont projetés dans les airs, les maisons et les bâtiments de métal s'effondrent ou subissent des dégâts importants, les forêts et les récoltes sont abattues.	
F4	330-420	0,9 %	Dégâts dévastateurs : même dans les habitations solides, l'essentiel des murs, sinon tous, s'effondrent ; tels des missiles, de gros objets en acier ou en béton sont projetés à grandes distances.	
F5	420-510	0,3 %	Dégâts incroyables : les maisons sont rasées ou projetées sur de grandes distances. Les tornades F5 peuvent causer des dommages très importants à de grosses structures telles que les écoles et les motels et peuvent arracher les murs extérieurs et les toits (parfois surnommé « le doigt de Dieu » (« <i>finger of god</i> ») <sup>2</sup> ).	

# Tornade du 3 Aout 2008



# Tornado du 3 Aout 2008

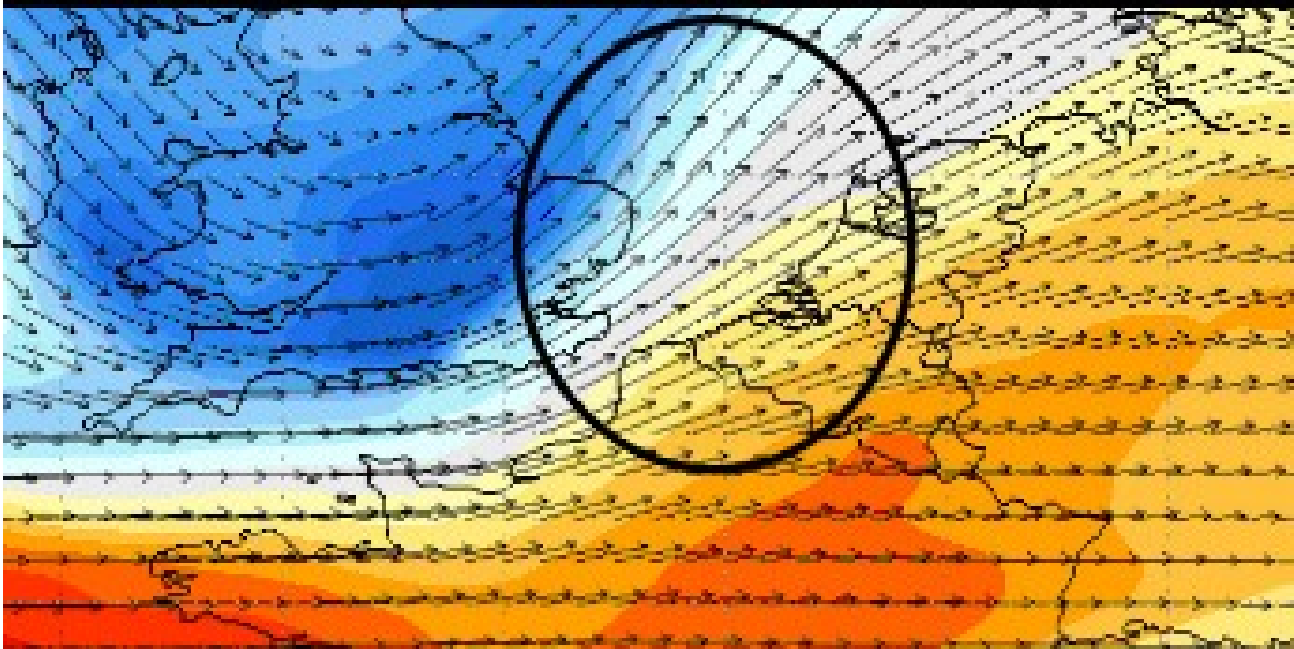
## Synoptique :





# Tornade du 3 Aout 2008

Synoptique :



*Jet Stream (vent en haute altitude)*



# Tornade du 3 Aout 2008

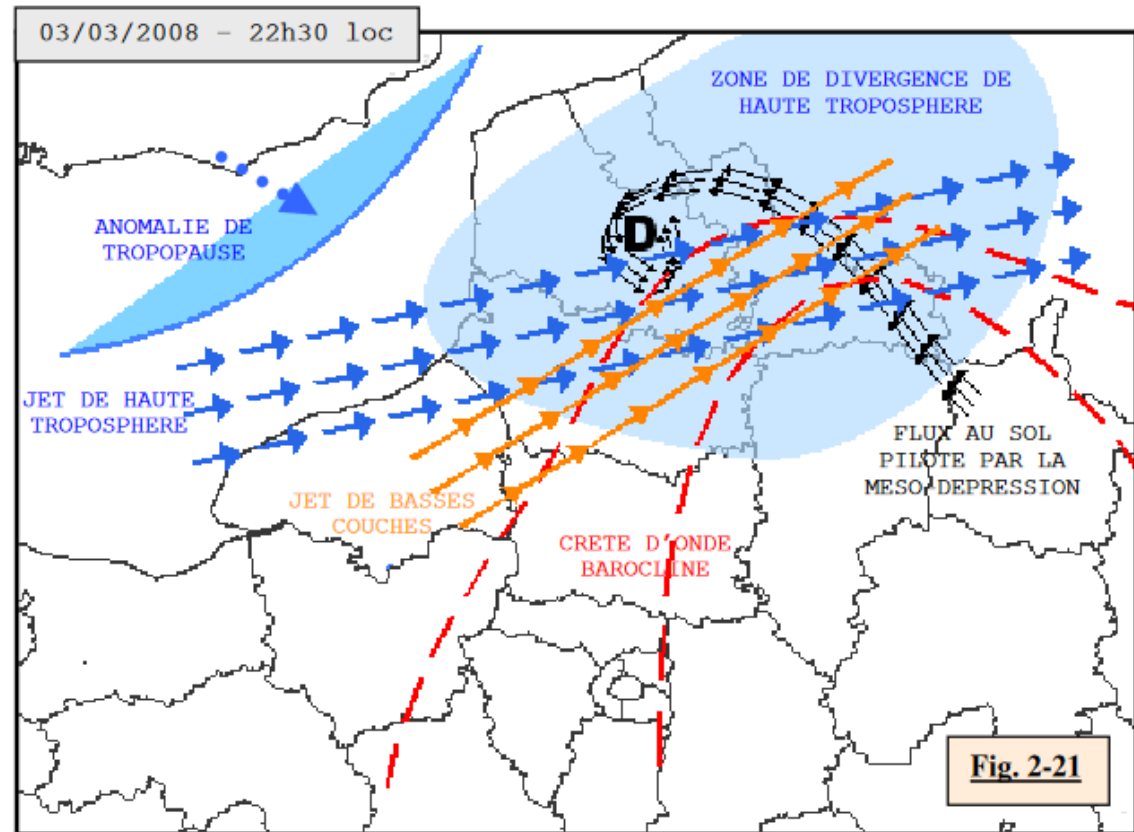
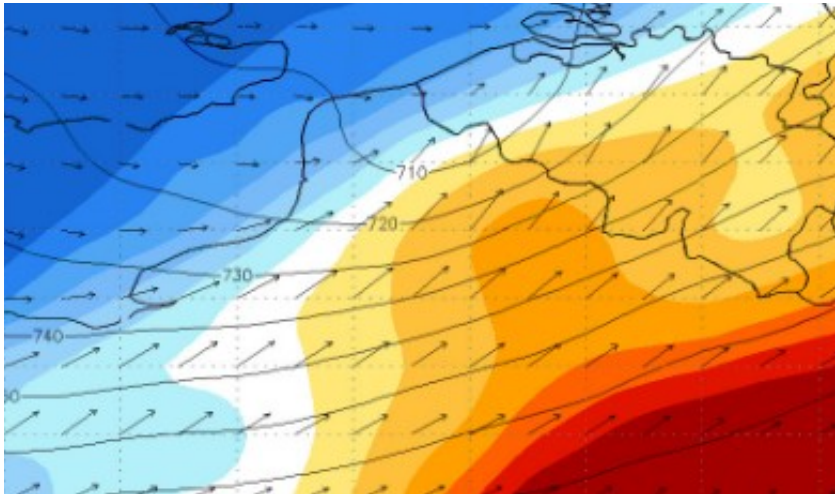
## Synoptique :

Heure locale	Néb.	Temps	Visi	Température	Humidité	Humidex	Windchill	Vent (rafales)		Pression	Précip. mm/h
23 h	8/8		6 km	18.1 °C	97%	23.7	17.7	↘	15 km/h (31 km/h)	1007.3 hPa ↘	17 mm
22 h	8/8		4.5 km	18.5 °C	96%	24.2	18.5	→	11 km/h (22 km/h)	1006.9 hPa ↘	30 mm
21 h	8/8		6 km	19.1 °C	94%	25.1	19.1	↖	4 km/h (7 km/h)	1008.6 hPa ↘	4 mm
20 h	8/8		45 km	20.3 °C	86%	26	20.3	↘	8 km/h (29 km/h)	1009.6 hPa ↘	aucune
19 h	7/8		55 km	21.7 °C	77%	27.2	21.7	↗	15 km/h (26 km/h)	1010.5 hPa ↘	aucune
18 h	8/8		60 km	21.5 °C	78%	27	21.5	↗	19 km/h (31 km/h)	1011.4 hPa ↘	0.2 mm
17 h	7/8		60 km	23.2 °C	63%	27.6	23.2	↗	22 km/h (43 km/h)	1012.1 hPa ↘	aucune
16 h			45 km	24.3 °C	63%	29.3	24.3	↗	26 km/h (43 km/h)	1012.7 hPa ↘	aucune

*Relevés de la station météo de Cambrai dans le 59*

# Tornado du 3 Aout 2008

## Synoptique :

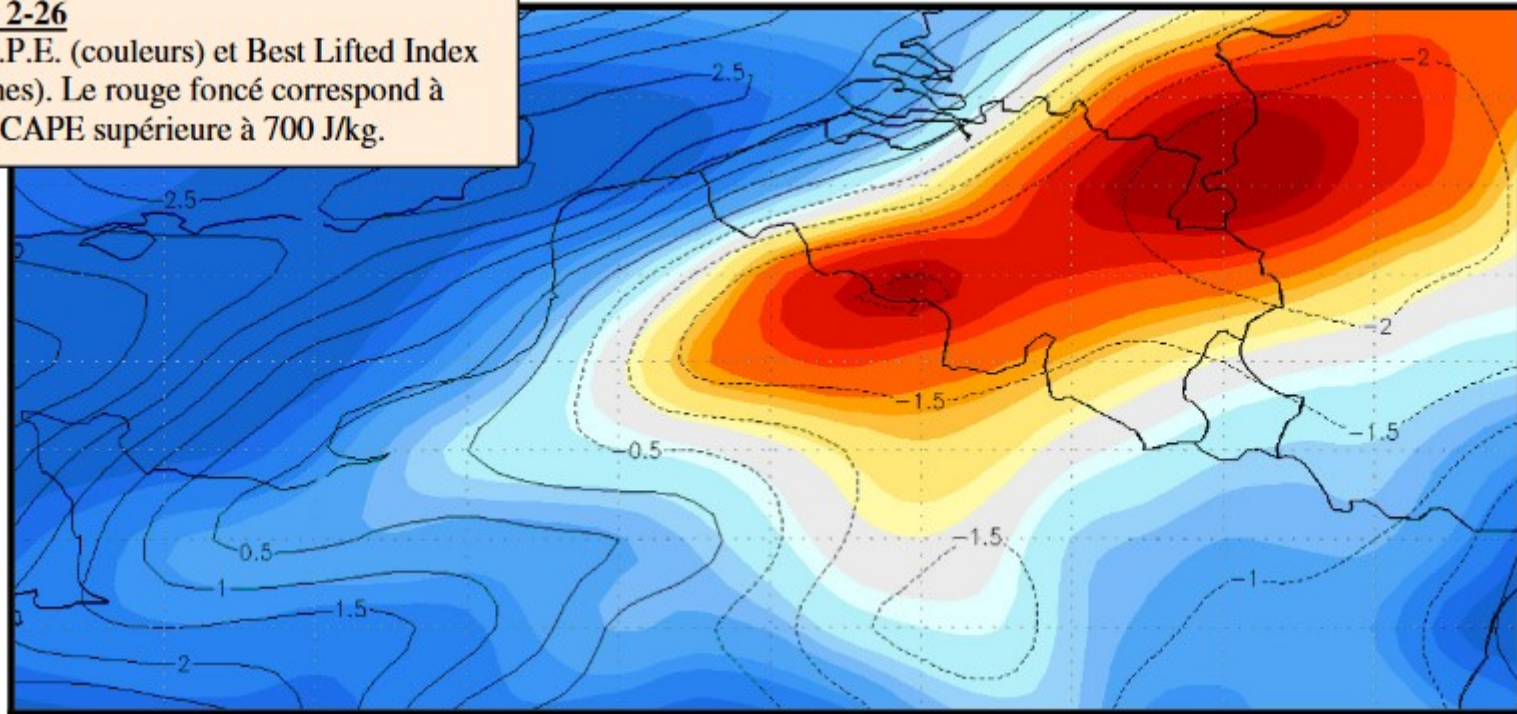


# Tornado du 3 Aout 2008

## Synoptique :

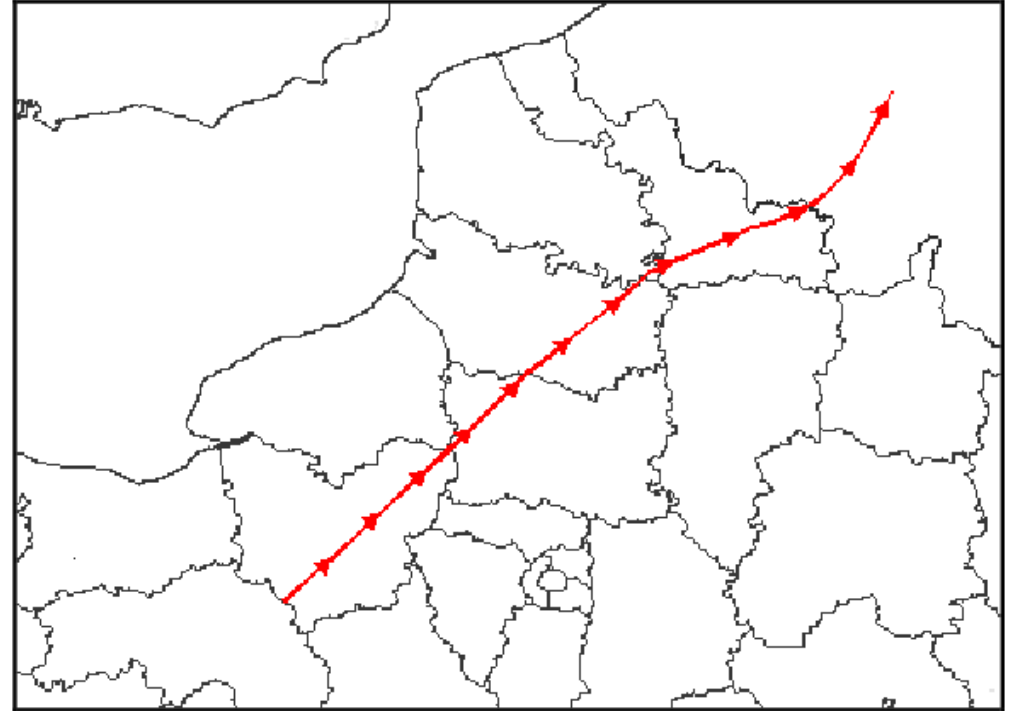
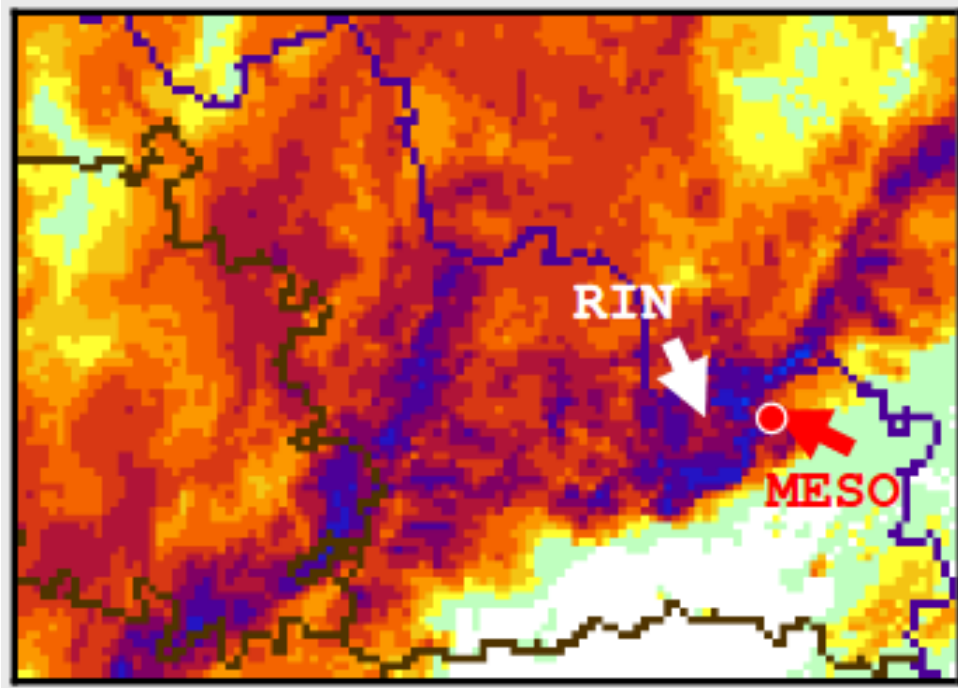
**Fig. 2-26**

C.A.P.E. (couleurs) et Best Lifted Index (lignes). Le rouge foncé correspond à une CAPE supérieure à 700 J/kg.



# Tornado du 3 Aout 2008

Trajectoire et intensité :





# Tornade du 3 Aout 2008

## Trajectoire et intensité :



# Tornade du 3 Aout 2008

Dégats :



# Bibliographie

<https://www.meteociel.fr/>

<https://www.keraunos.org/>

<https://forums.infoclimat.fr/>