

Assimilation d'images en modélisation météorologique

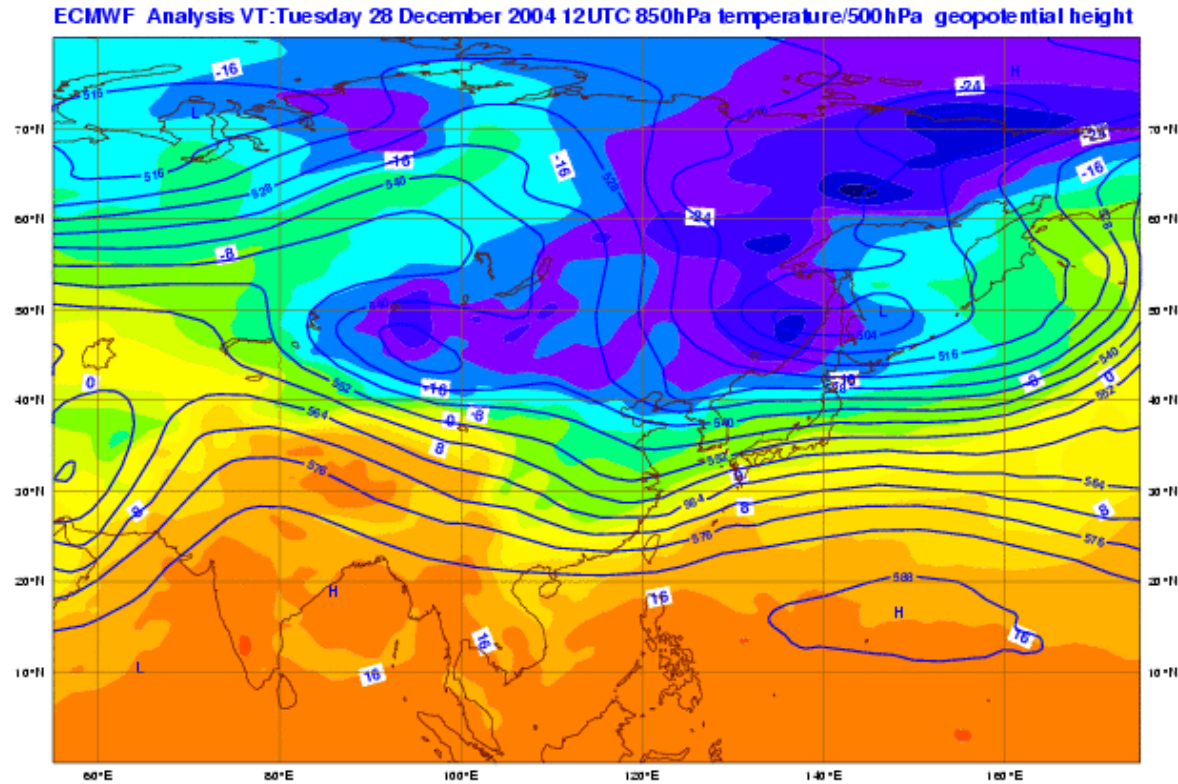
présentation Assimage – Chamrousse 4/2/05 F. Bouttier - bouttier@meteo.fr

- Images météo, exemples
- Analyse 3D/4DVar, météo orientée objet
- Les vents SATOB (Atmospheric Motion Winds)
- RDT: orages à développement rapide
- Cyclogenèse et PV (tourbillon potentiel)
- Autres problèmes intéressants

Images et météo

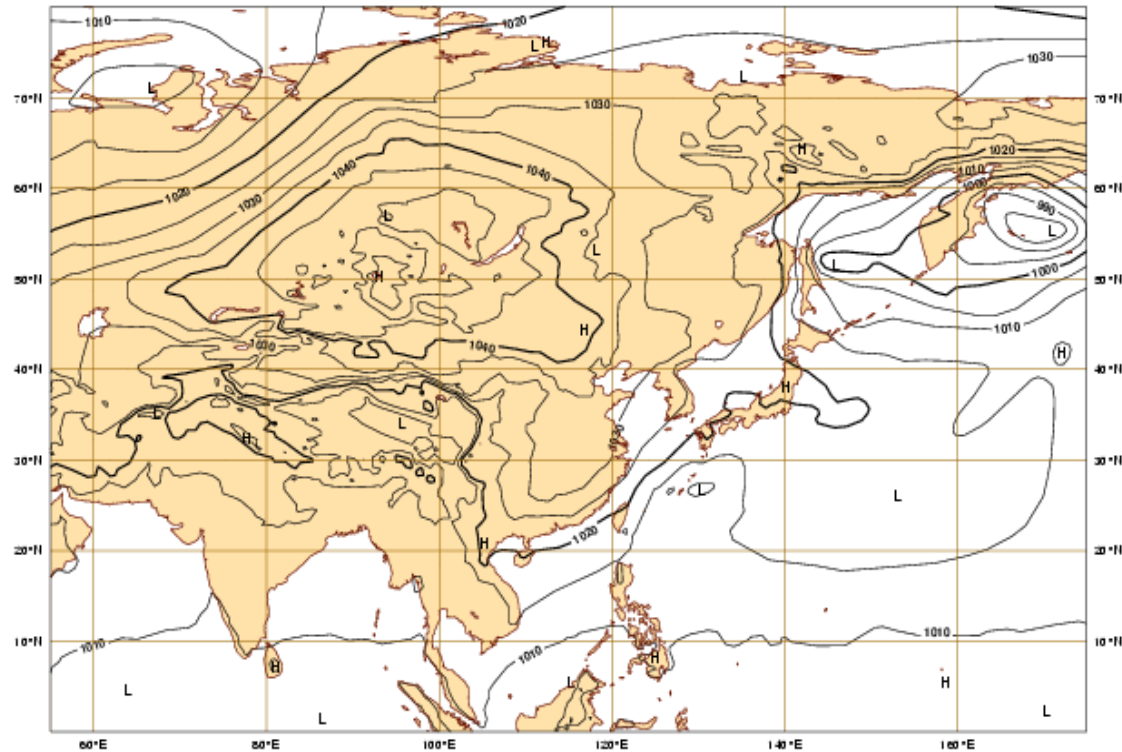
- **Satellites géostationnaires** : rayonnement visible ou IR sur un hémisphère, période ~15min, résol ~5km: nuages, T, humidité
- Fauchées de **satellites en orbite polaires** : rayonnement visible, IR, microondes, rétrodiffusion radar, période ~6h, résol 200m à 20km: nuages, T, humidité, ozone, CO₂, pluie, vagues...
- **Cônes radars**: rétrodiffusion, période ~5min, résol ~1km, plusieurs élévations
- Séquences $f(z,t)$ de profils locaux observés par radar profileur (profil de vent, T, hum) ou lidar (nuages, aérosols...) = **diagrammes de Hovmöller**
- **Vraies séquences d'images** 2D voire 3D: uniquement radars et satellites géostationnaires
- “images” **simulées par des modèles**: 5D ! Applications en identification de phénomènes prévus

Images en sorties de modèle : (p,T) en altitude

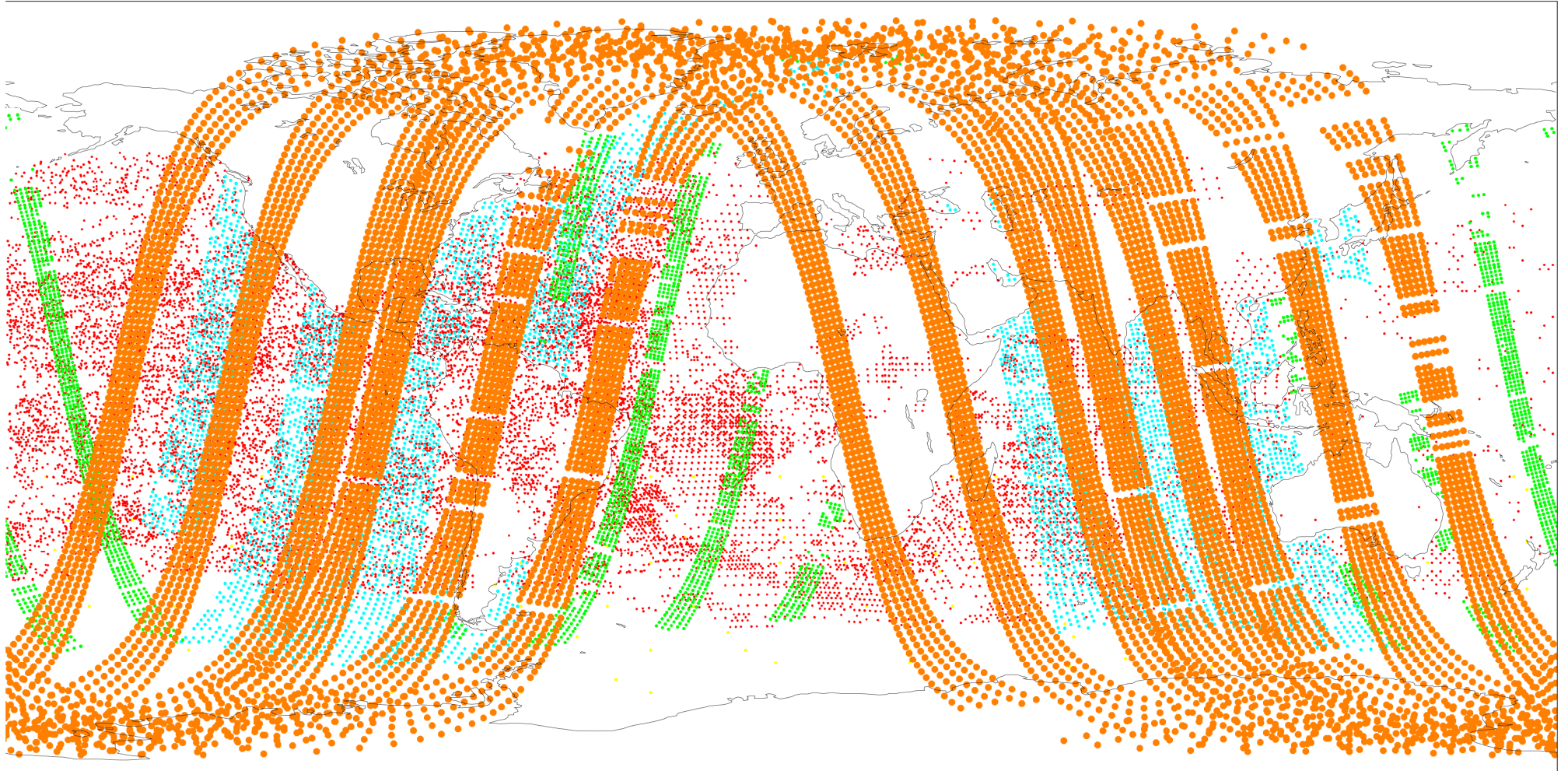


Images en sortie de modèle: (p, pluie) en surface

ECMWF Analysis VT: Tuesday 28 December 2004 12UTC
SURFACE: MSL Pressure



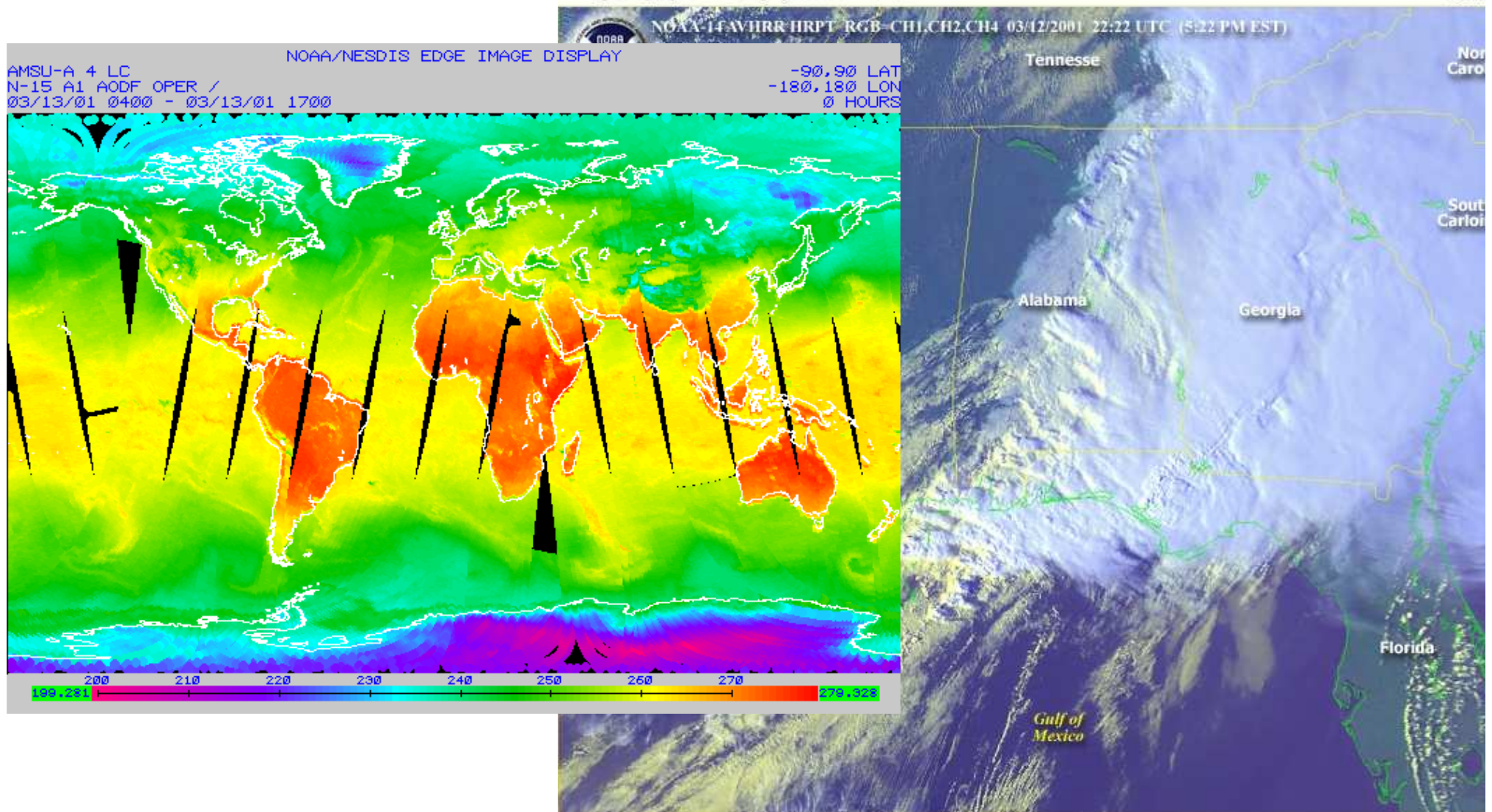
Géométrie des obs satellitaires



Obs des satellites en orbite polaire

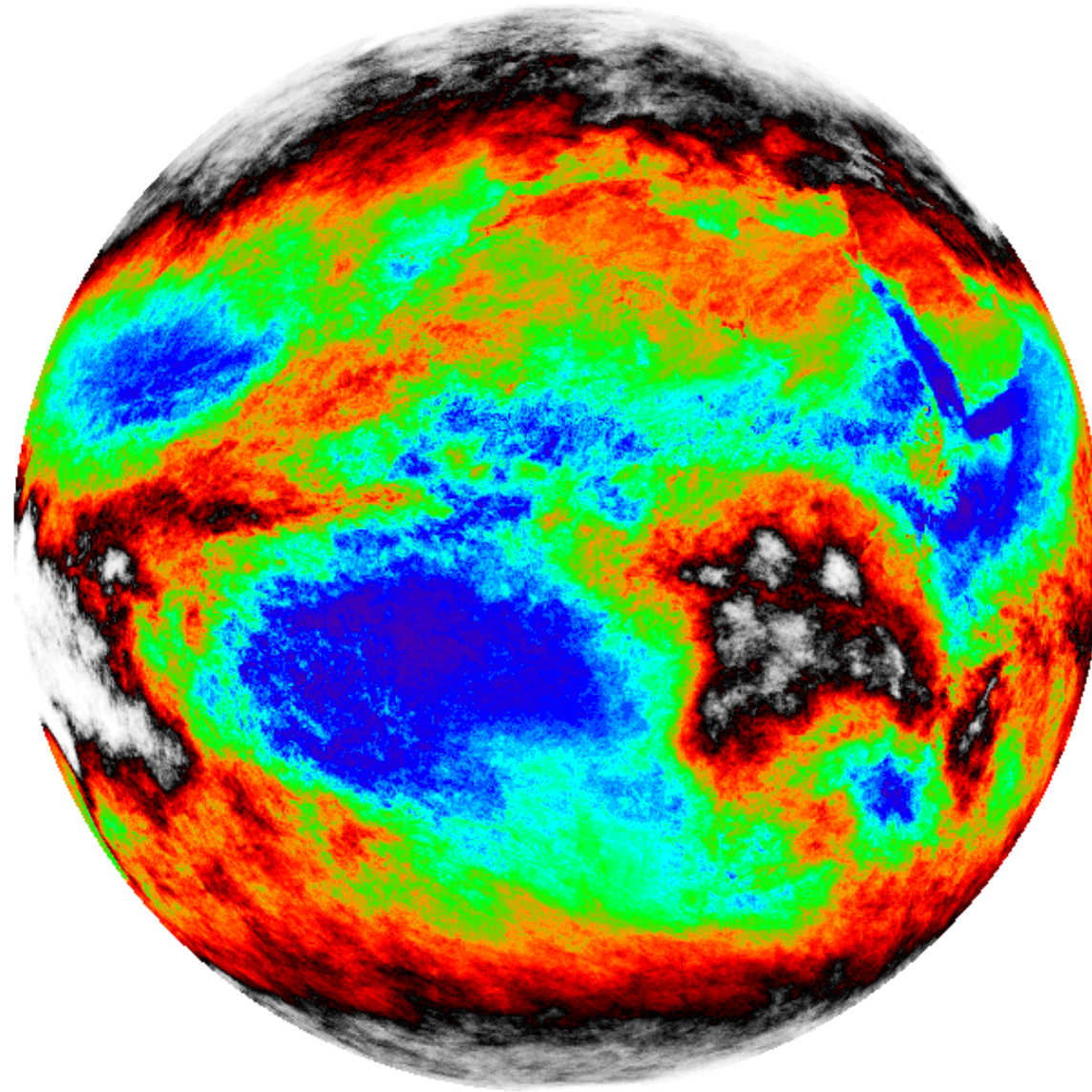
This NOAA-14 image shows powerful thunderstorms over the Southeast states that tore across the region Monday killing four people and damaging dozens of homes.

CREI



Animation images IR Météosat

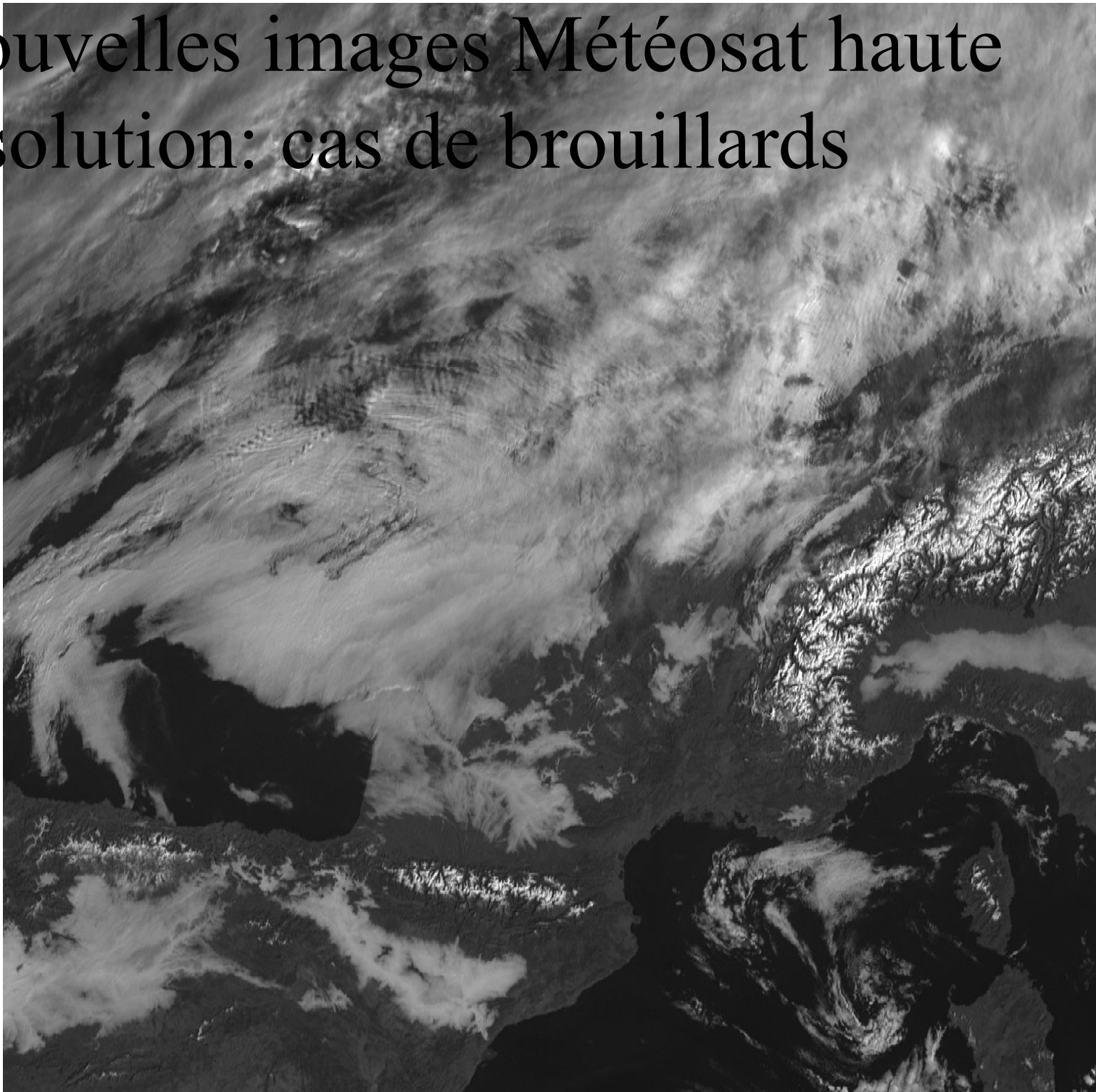
METEOSAT IR 2002-02-XX 00:00



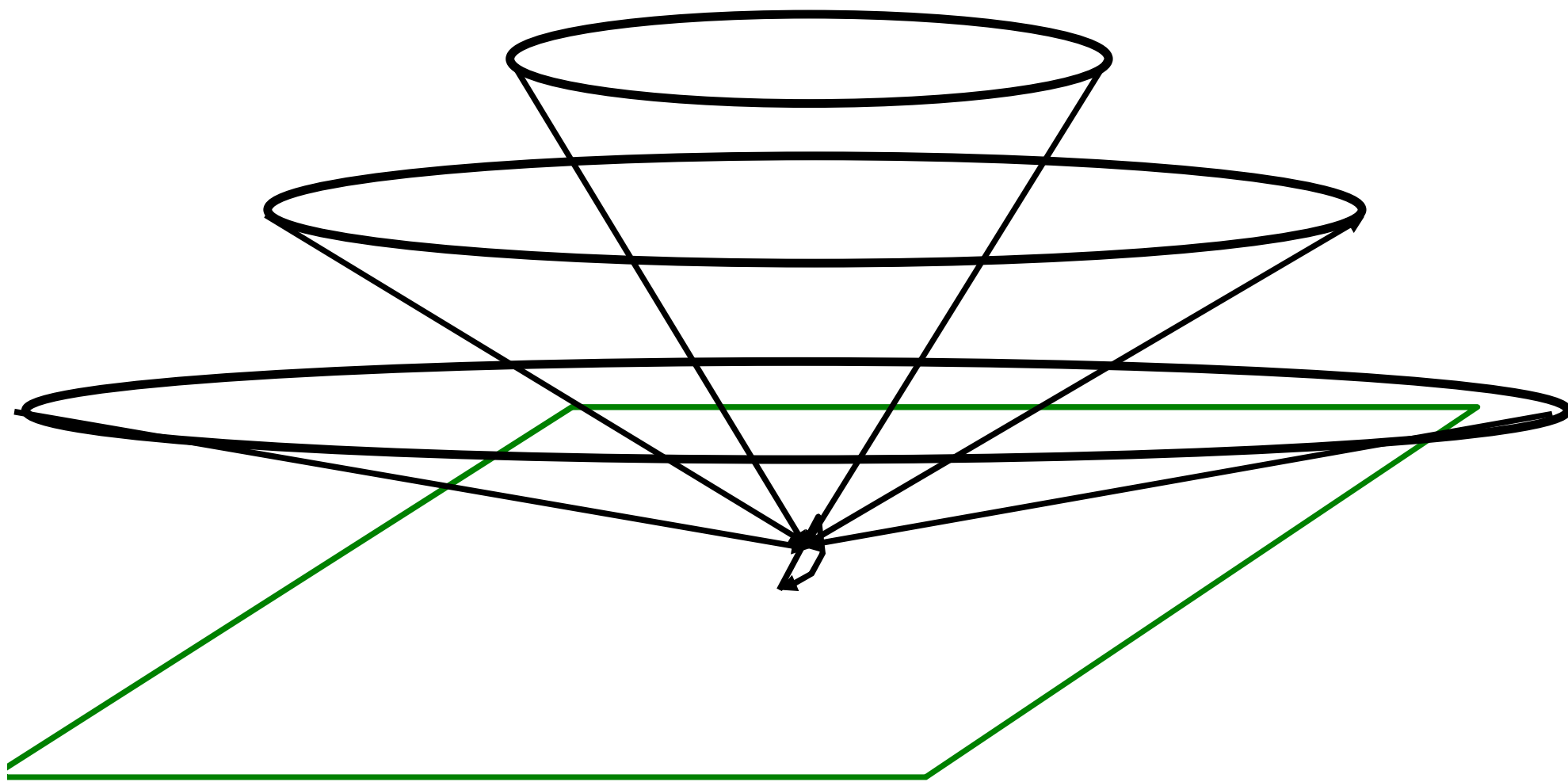
00 03 06 09 12 15 18 21 24



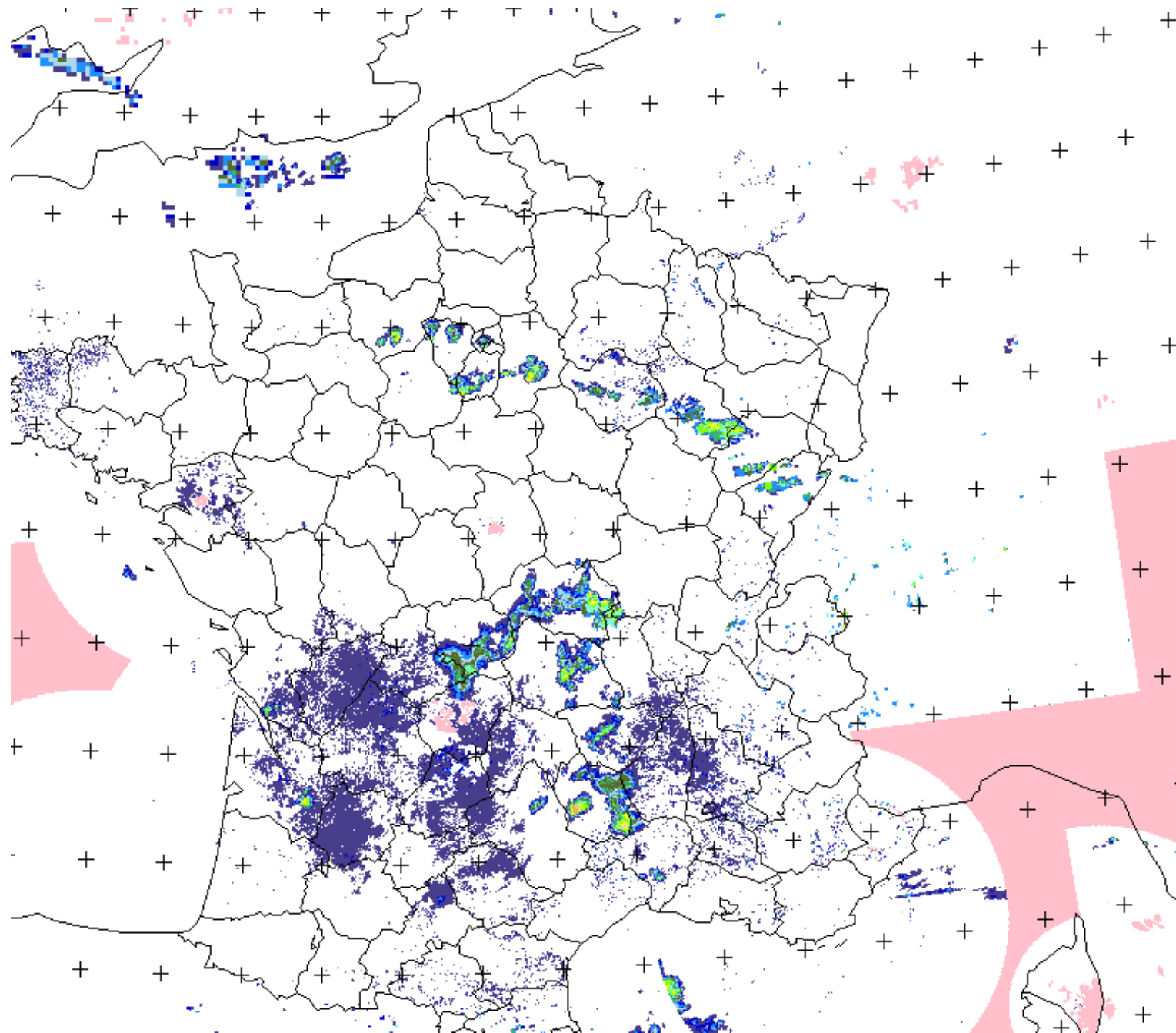
Nouvelles images Météosat haute résolution: cas de brouillards



Mesure d'images radar



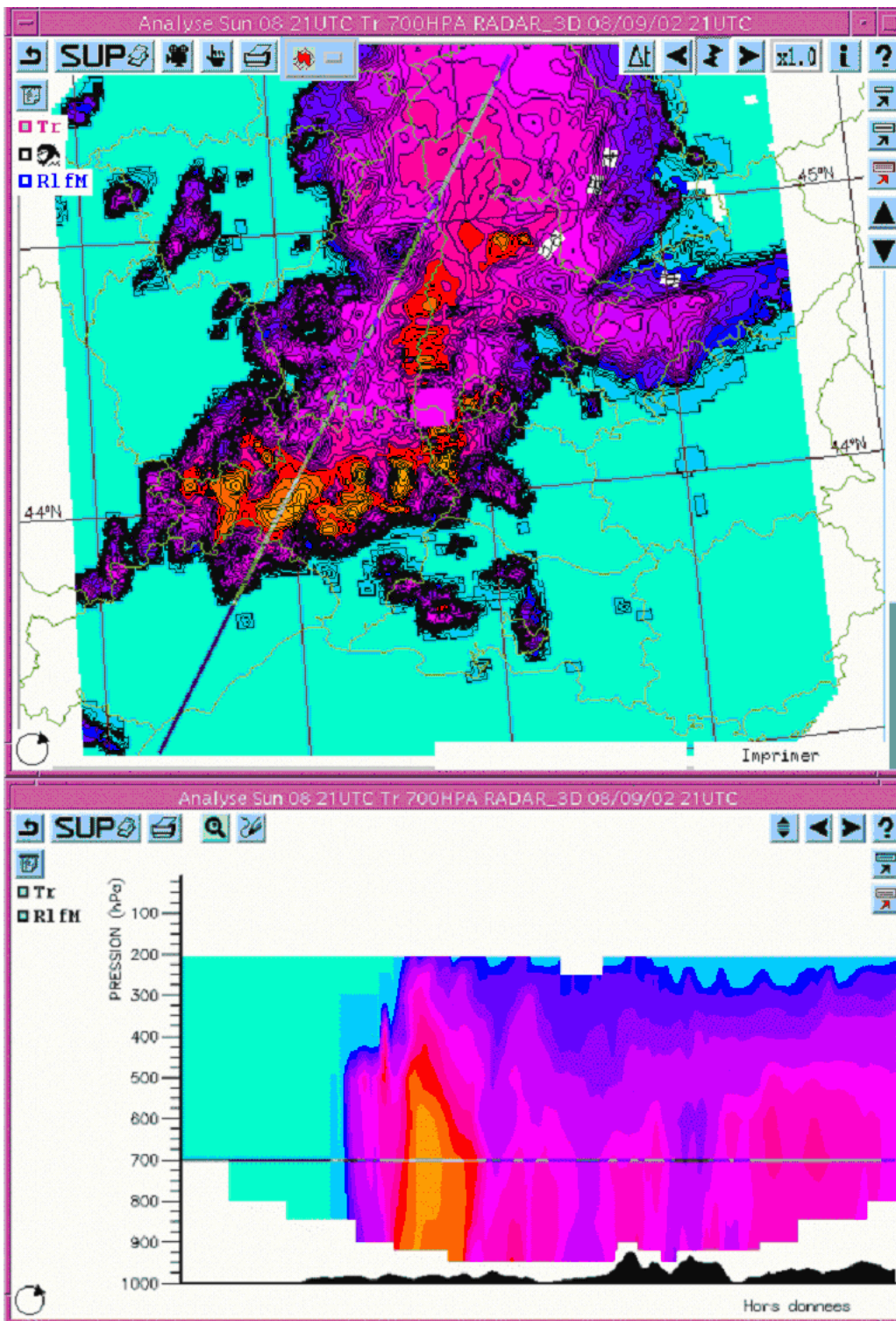
Exemple d'images radar



pluie(x,y)

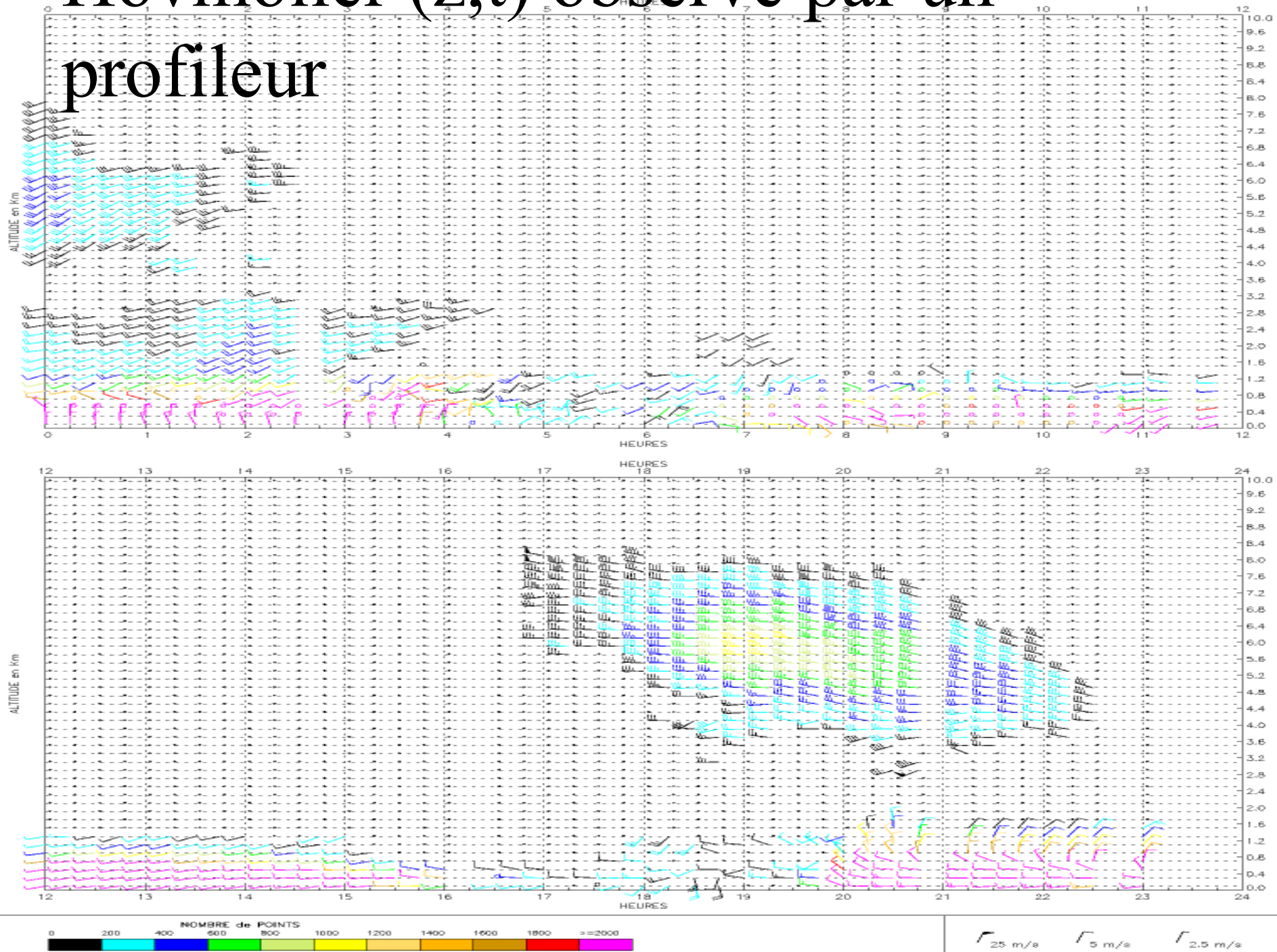
Nouveaux
radars à
balayage
volumique

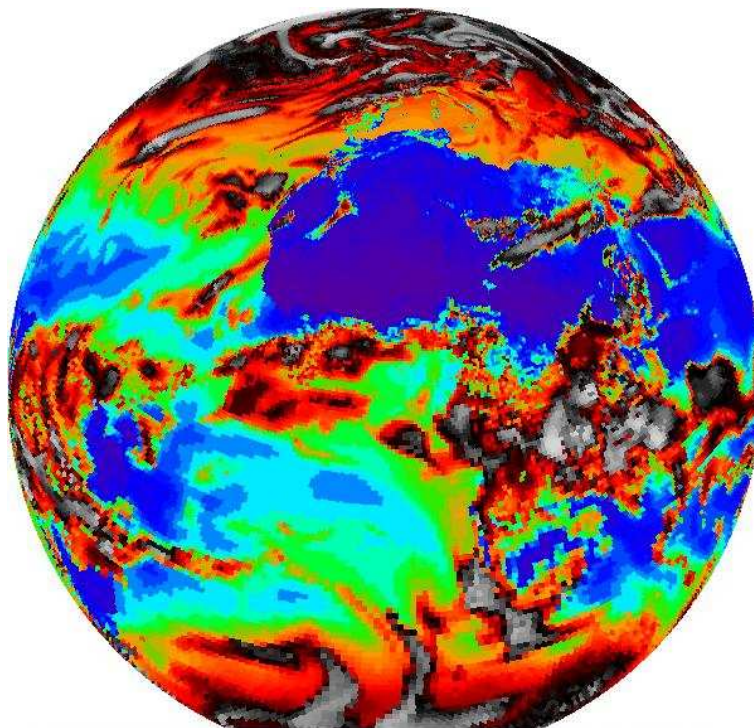
pluie(x,z)



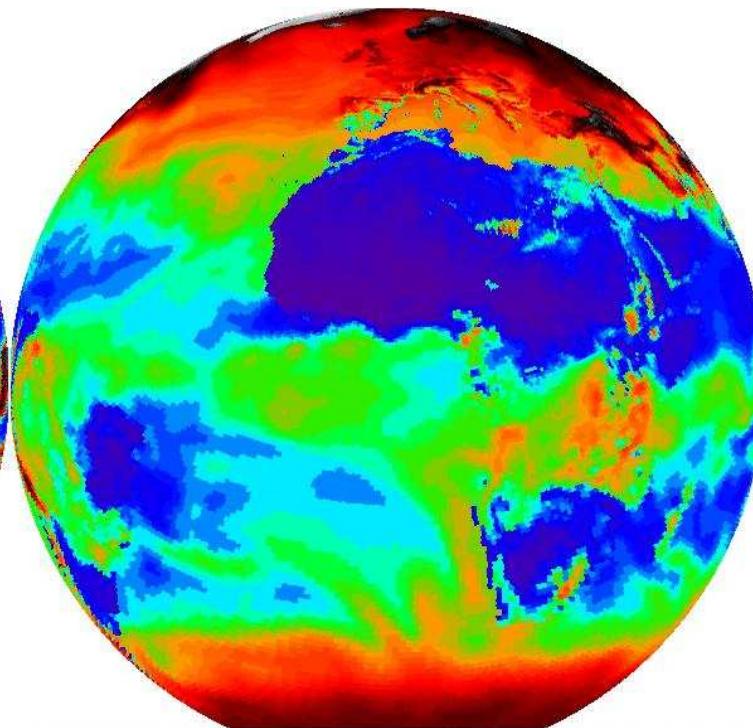
Hovmöller (z,t) observé par un profileur

TRAPPE - PROFILS de VENTS - TOUTS NIVEAUX - 18/07/2003

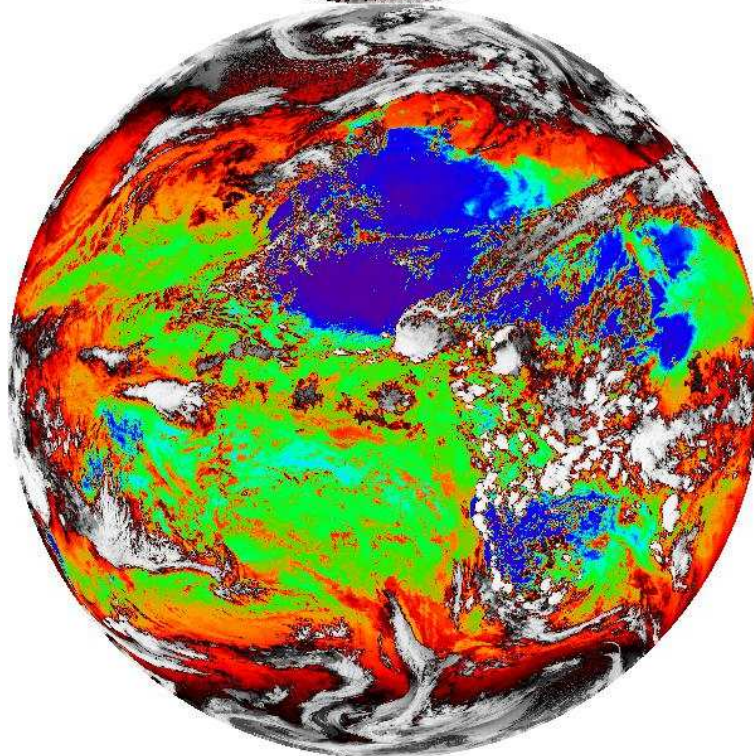




CLSTEMPERATURE, BASE 27.02.2002 12h + 3h, VALID 27.02.2002 15h



CLPMHAUT.MOD.XFU, BASE 27.02.2002 12h + 3h, VALID 27.02.2002 15h



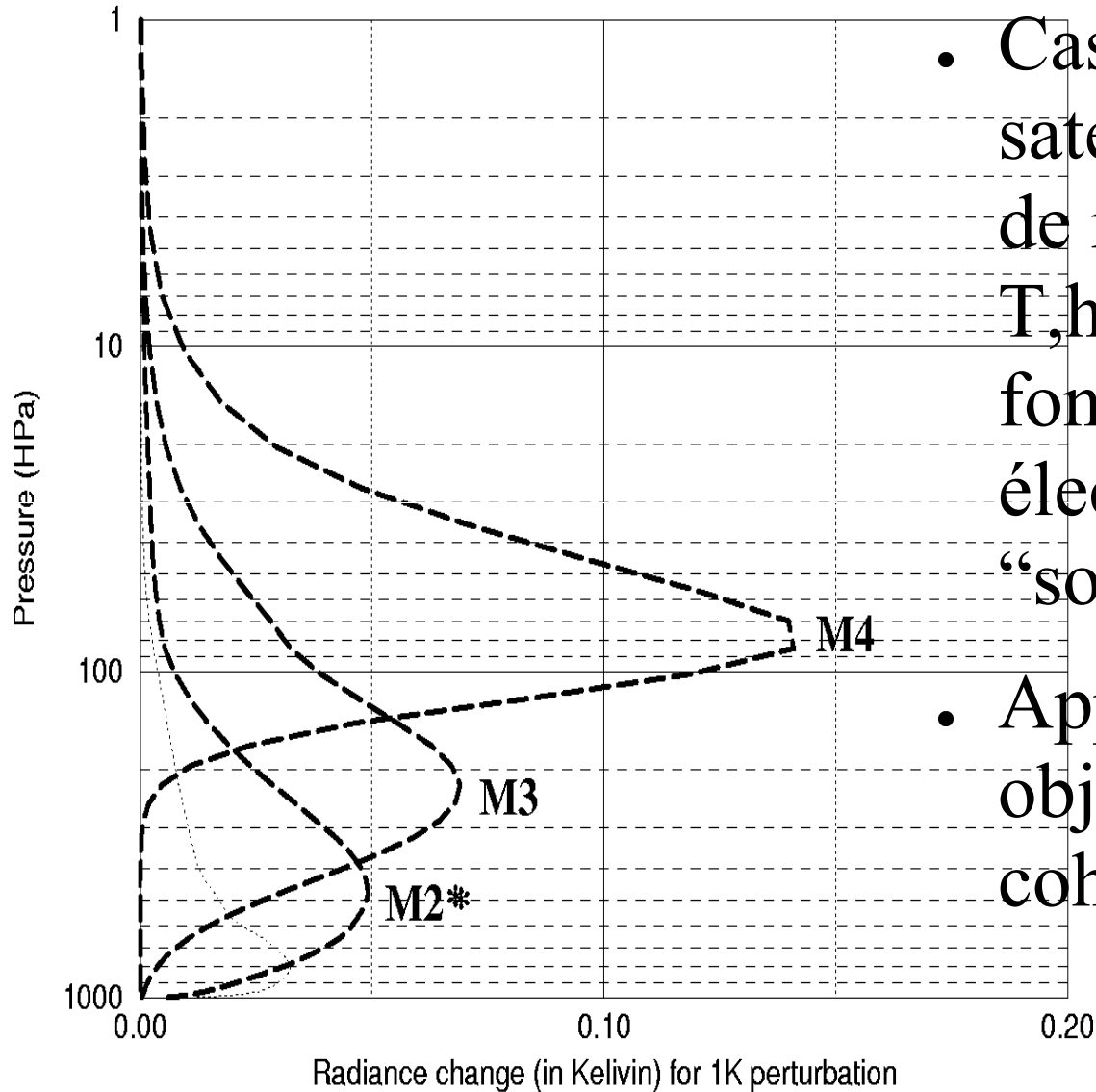
Images simulées
par un modèle

Analyse objective 3D/4D-Var

- Analyse $x_a = \text{Arg min } J(x)$, x vecteur d'état du modèle (valeurs sur grille 3D)
- $J(x) = (x-x_b)^T B^{-1} (x-x_b) + (y - Hx)^T R^{-1}(y-Hx)$
- y vecteur des valeurs observées, x_b ébauche de x
- H opérateur d'observation (forward operator = simulateur du processus d'observation)
- B et R matrices de covariances d'erreur
- Résultat essentiel : **pour 1 obs scalaire, B définit la structure de spatialisation de la correction observée (information en moyenne statistique, conceptuellement pauvre)**
- En pratique, les obs sont ponctuelles ou presque (=pixels), R est quasi-diagonale (=superposition linéaire d'obs décorréelées)
- 4DVar = assimilation d'une séquence d'obs en utilisant des équations de modèle comme contrainte forte

Analyse objective: inversion des mesures, pixel par pixel

Radiance sensitivity to atmospheric temperature changes
MSU channels on NOAA-14 (*=not used over land)

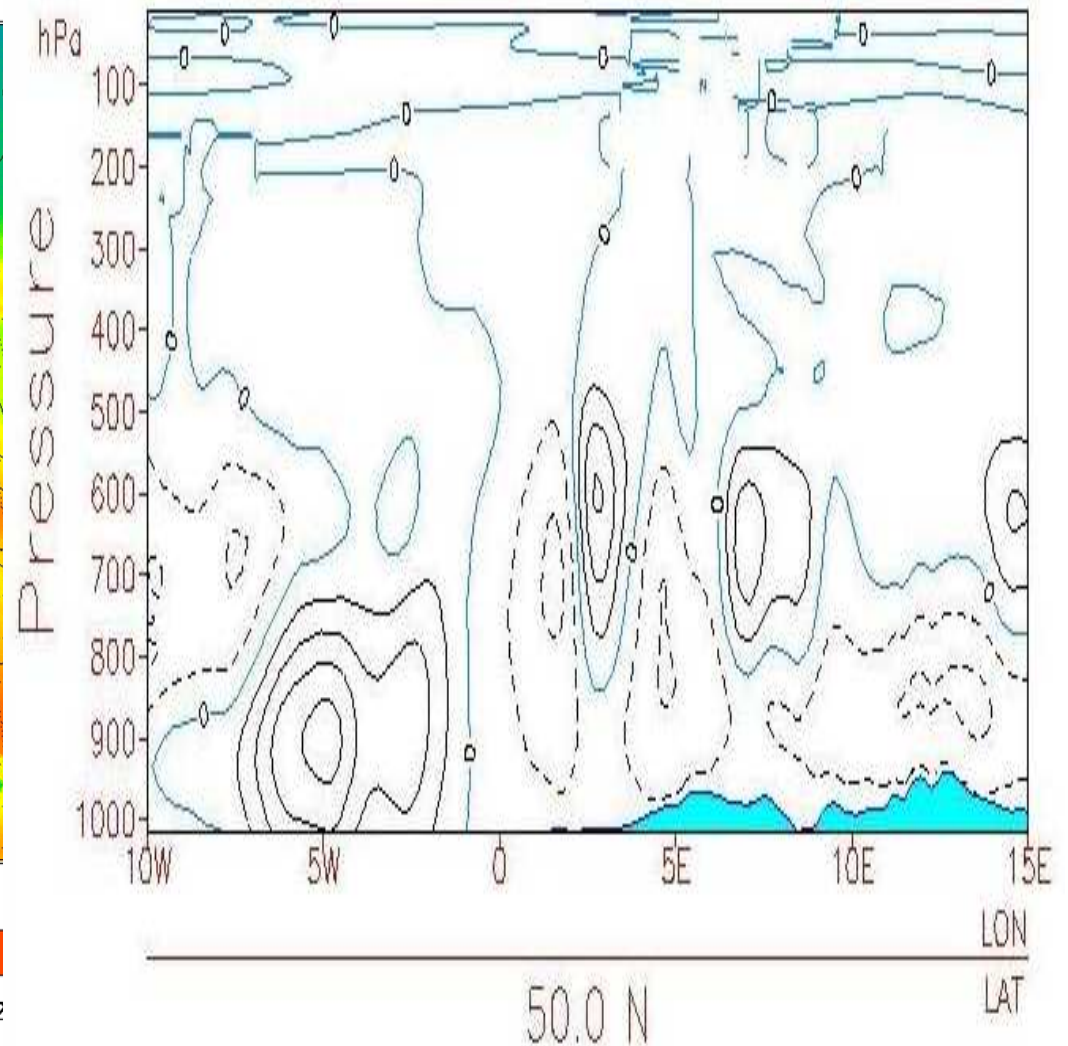
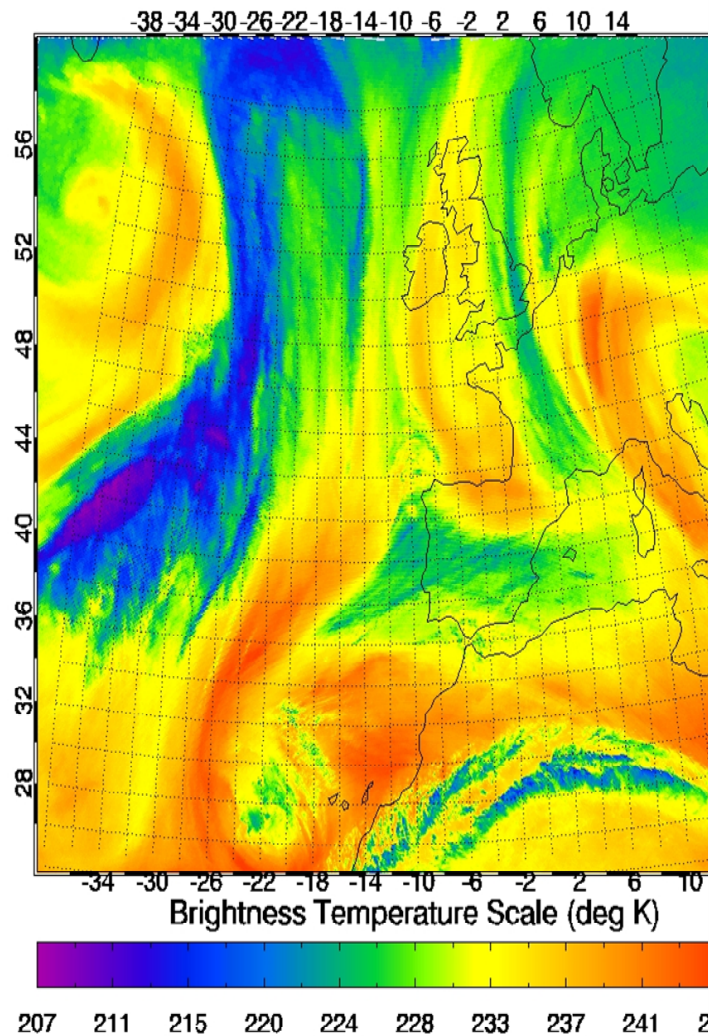


- Cas typique: un pixel satellitaire est un ensemble de radiances sensibles à T , hum avec des poids fonction de la fréquence électromagnétique mesurée: “sondeur satellitaire”
- Approche purement objective, sans notion de cohérence horizontale

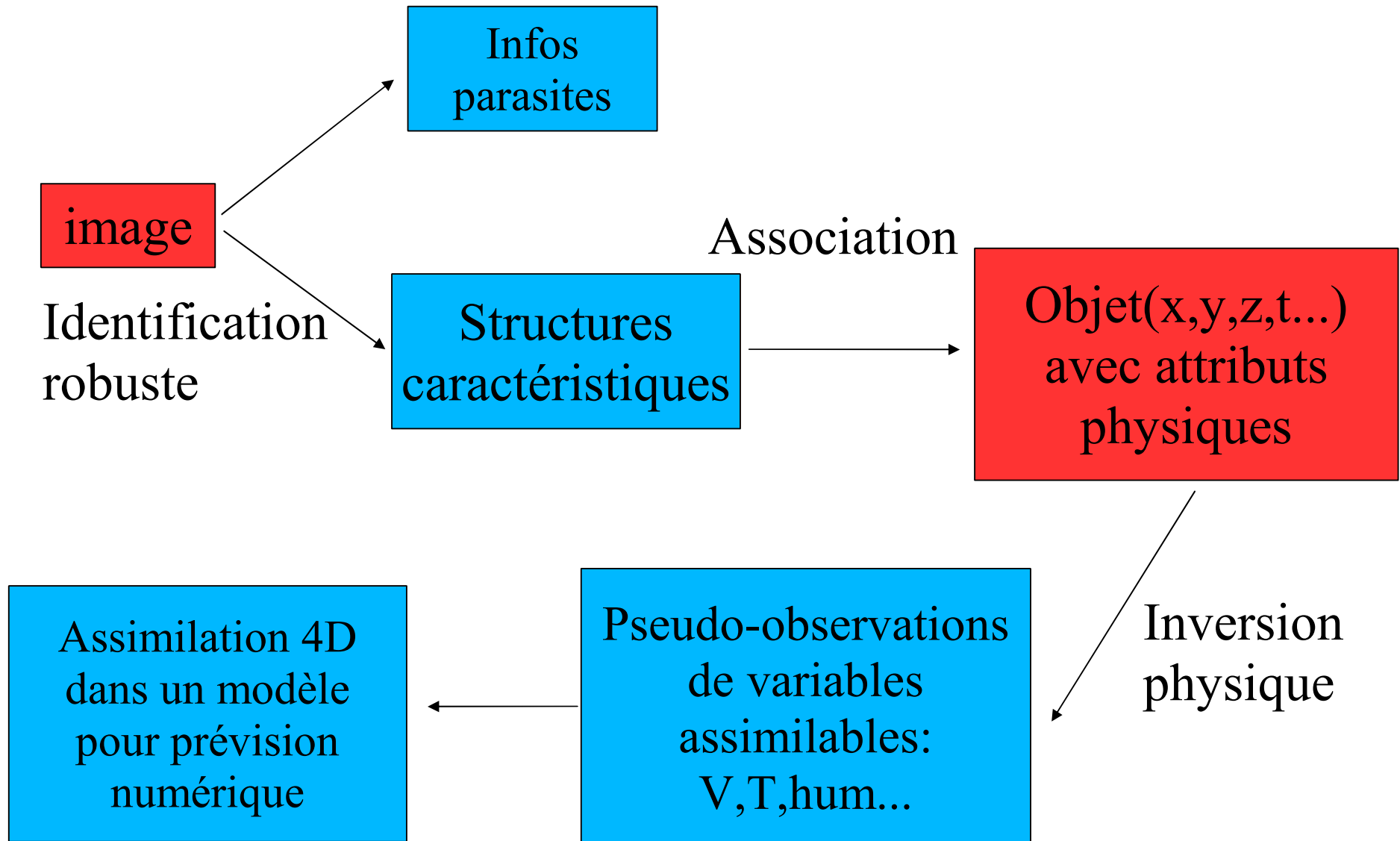
Mesoscale 3D-Var humidity analysis from geostationary radiances

MSG/Seviri WV 6,2 μ Tb
on 12 Feb 2003, 1330

3DVar specific humidity
increments
— .0001

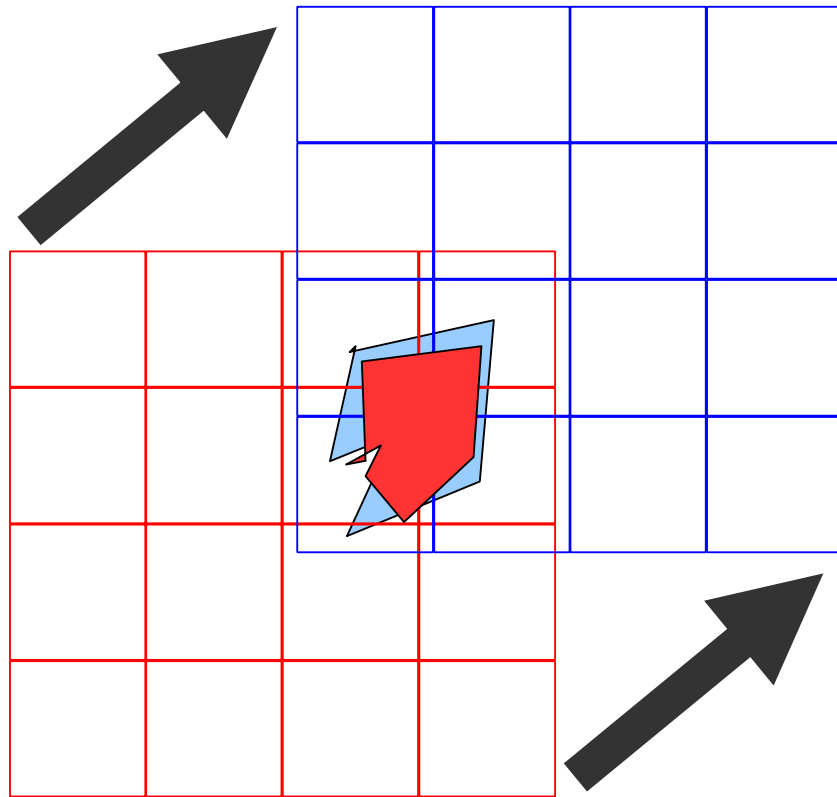


Vers une analyse météo orientée objet

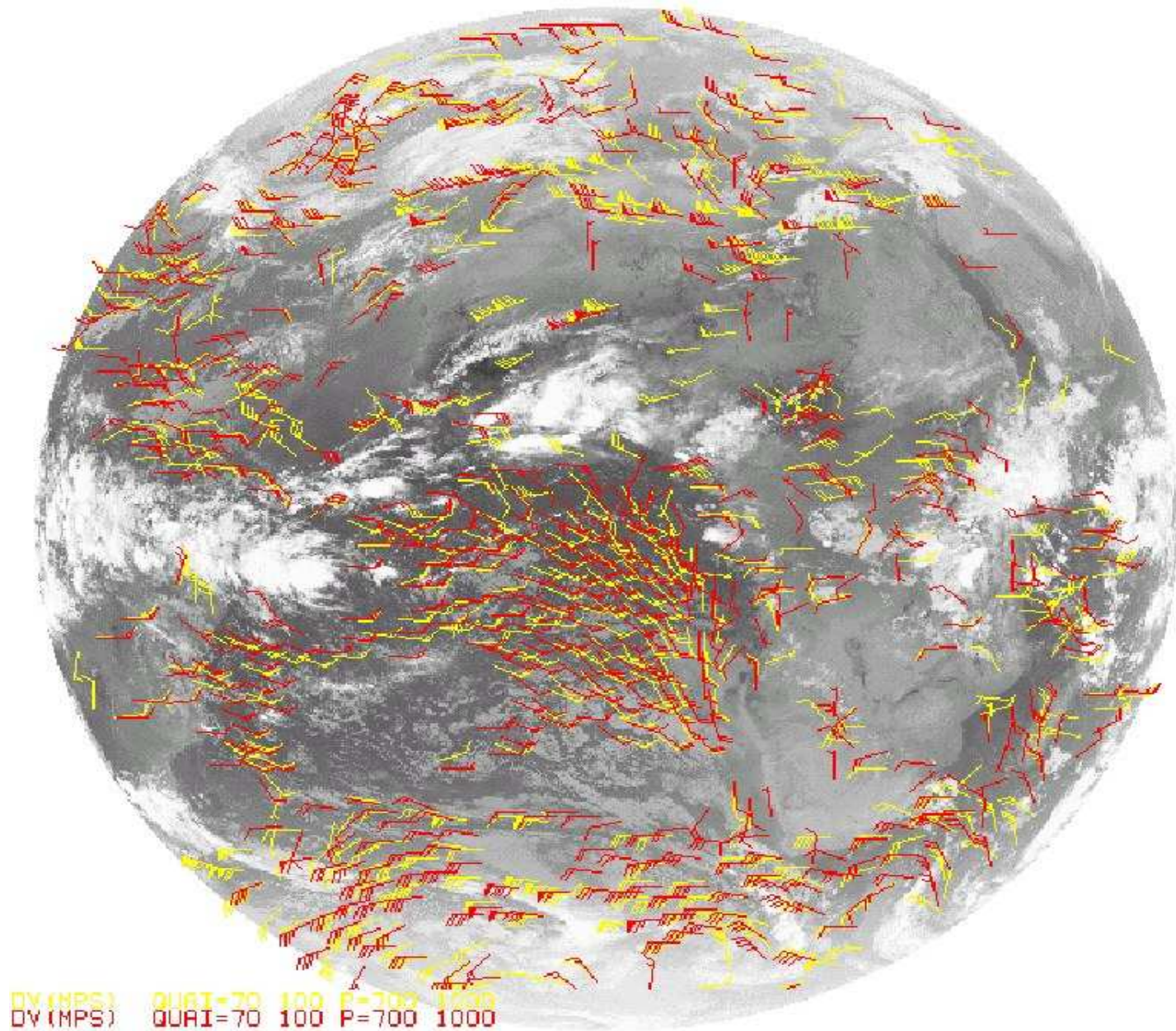


Exemple 1 : les vents SATOB

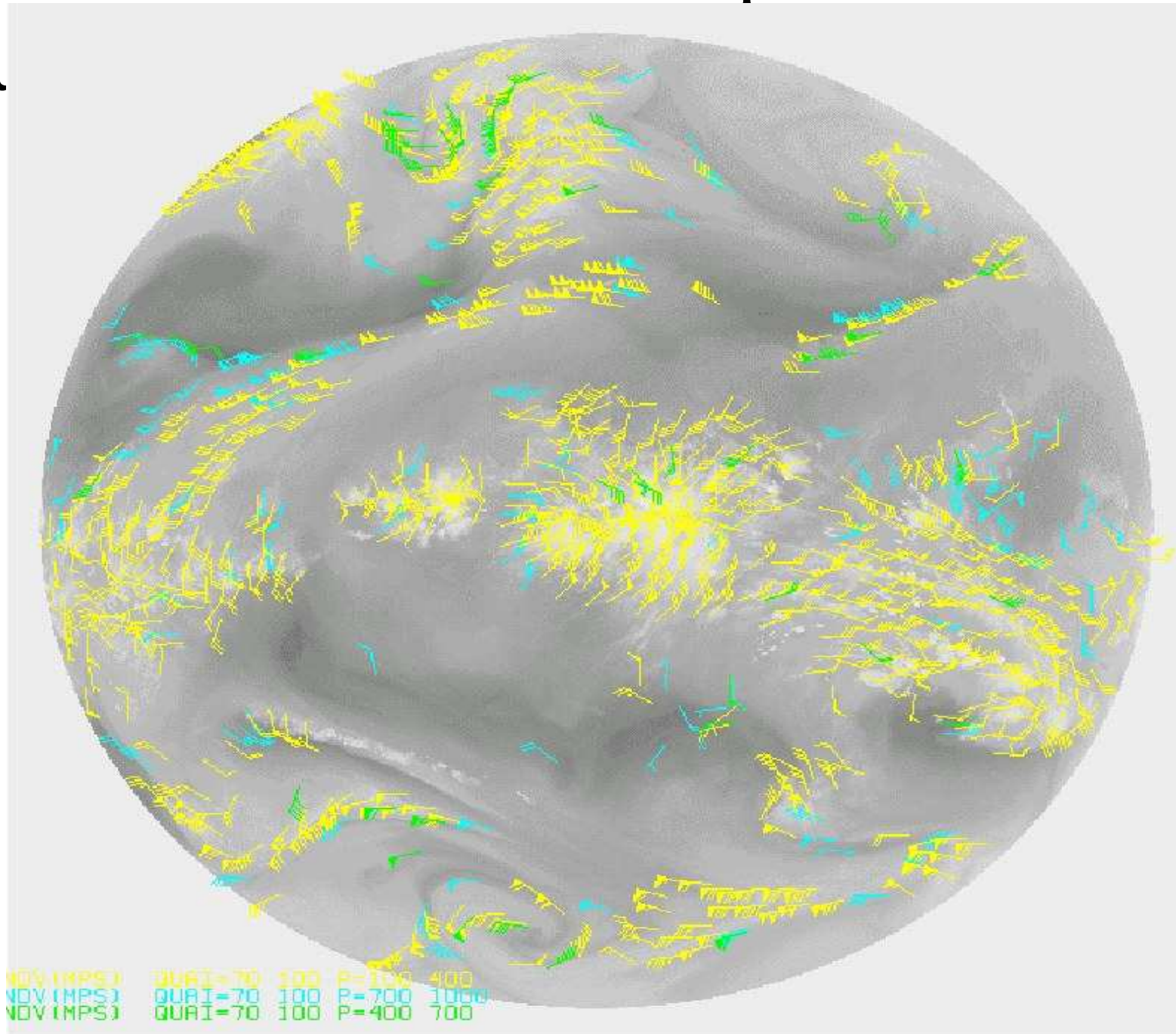
- Idée: corrélation de couples d'images successives pour “voir” le déplacement des nuages et masses d'air
- Maximisation par rapport au choix d'un vecteur déplacement sur des sous-images



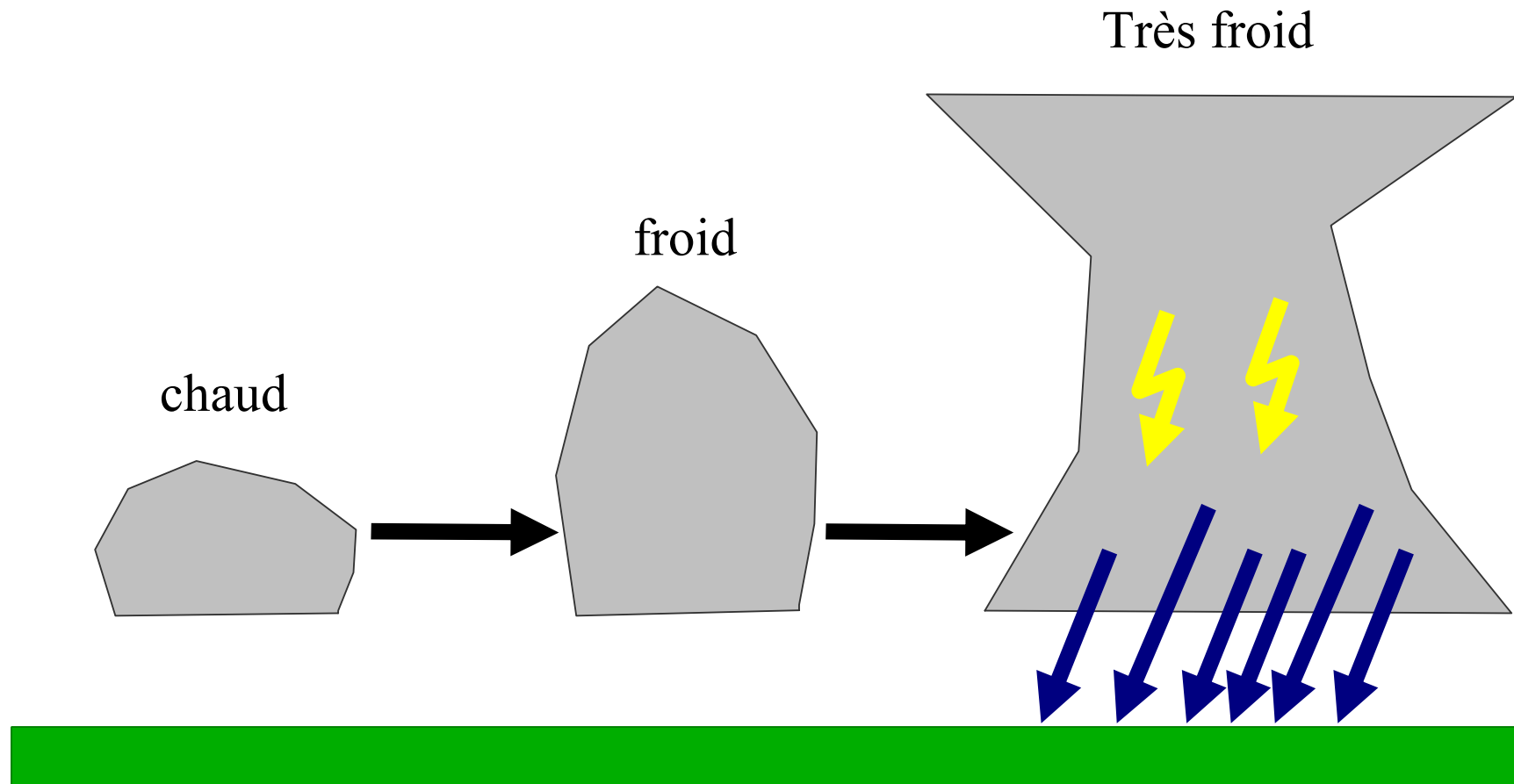
Vents SATOB canal IR = nuages



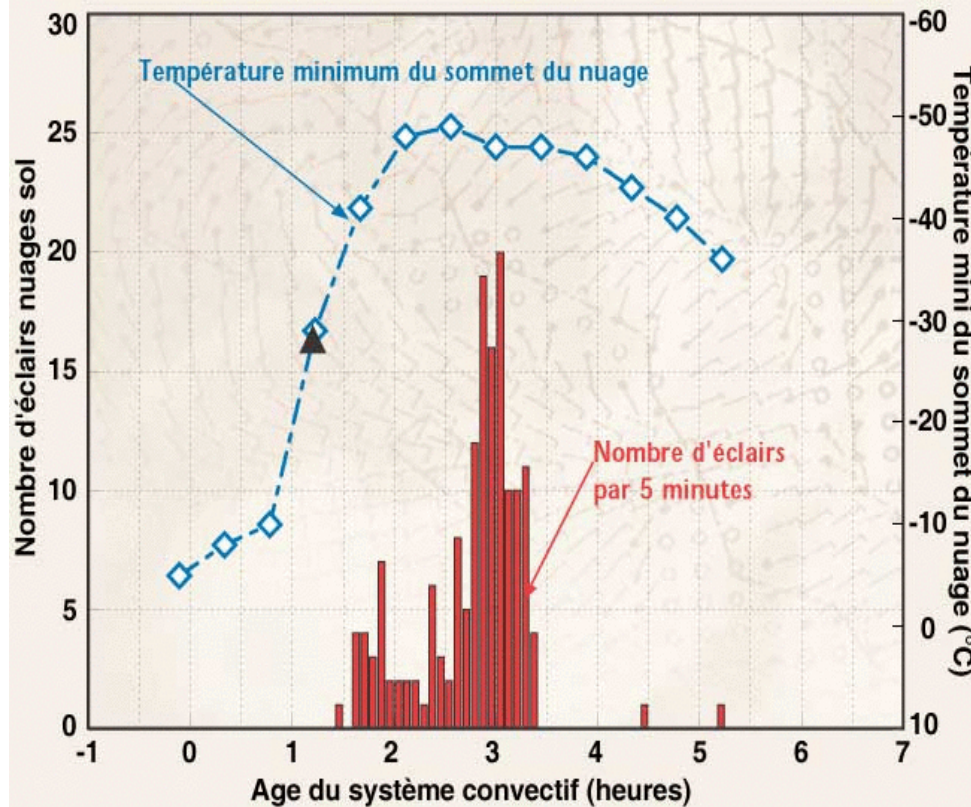
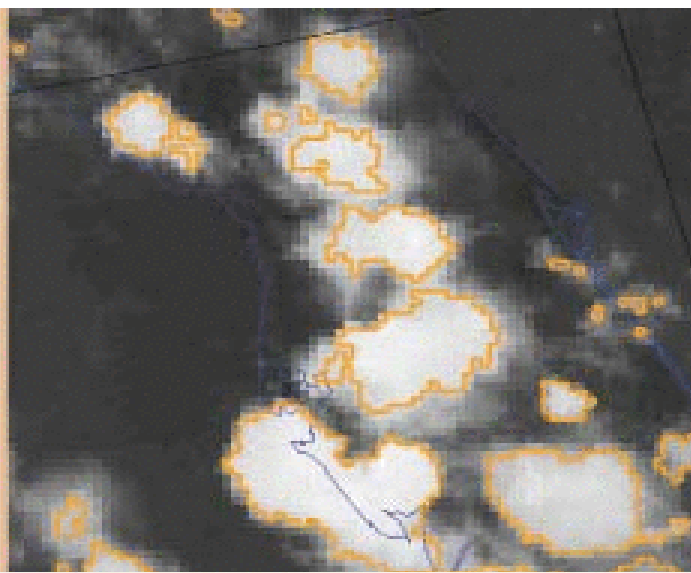
Vents SATOB canal vapeur d'eau = hu



Exemple 2: Orages à Développement Rapide (RDT)



Exemple de suivi automatique RDT pour la prévision immédiate humaine



Variations temporelles du nombre d'éclairs par intervalle de 5 minutes (histogramme) et de la température du sommet du nuage (en losange bleu) d'un système convectif diagnostiqué par le système Isis le 28 juillet 1994. Le premier éclair (triangle noir) apparaît pendant la phase rapide du développement vertical du système.

fermer

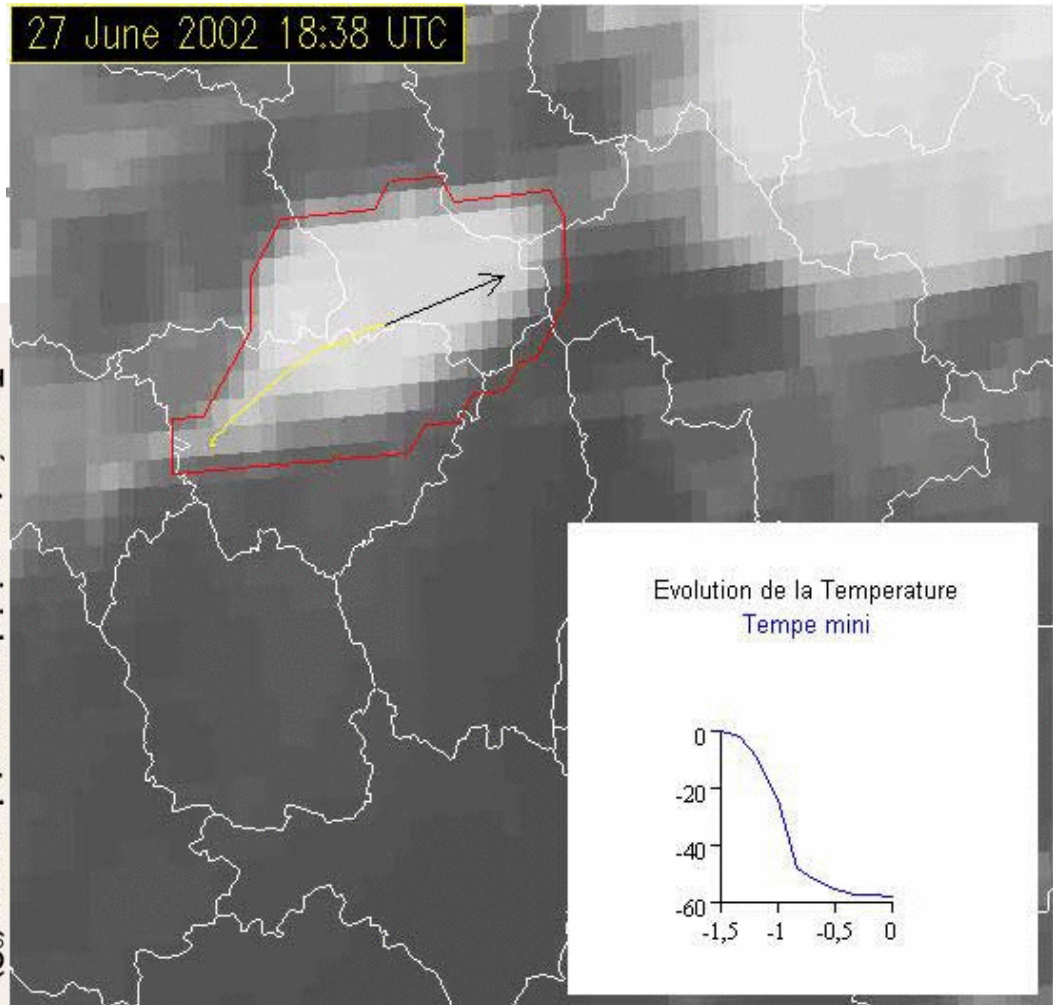


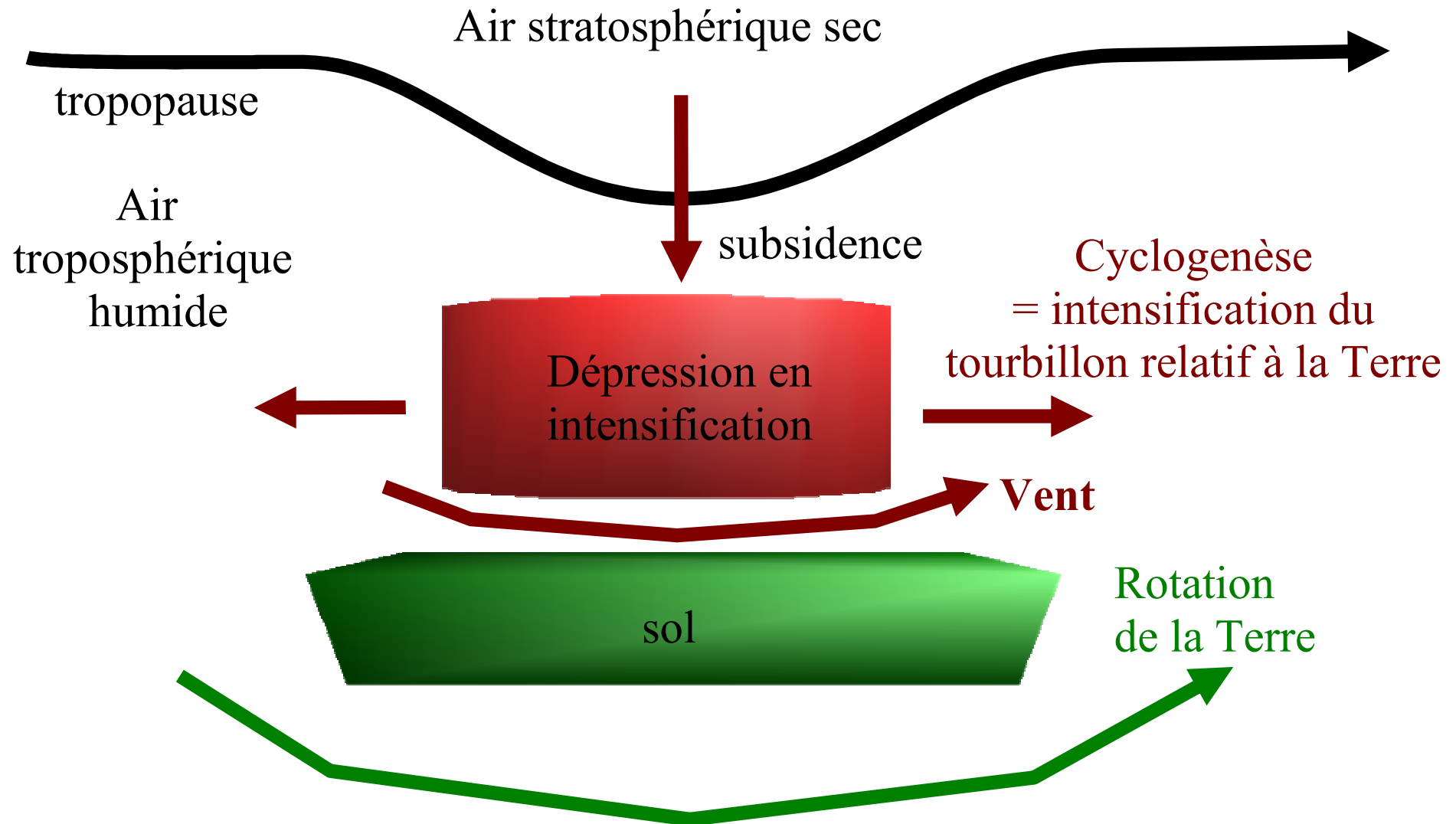
Image « rapid scan » de Météosat centrée sur la vallée du Rhône le 27/06/02 à 1840 UTC (en niveau de gris). La courbe bleue donne l'évolution temporelle (en °C) de la température de brillance du sommet du système convectif suivi par le logiciel RDT (axe des abscisses en heures). L'apport des données « rapid scan » permet au logiciel RDT d'observer un refroidissement du sommet du nuage 1,7 fois plus fort que celui observé à partir des données Météosat « opérationnelles ».

fermer

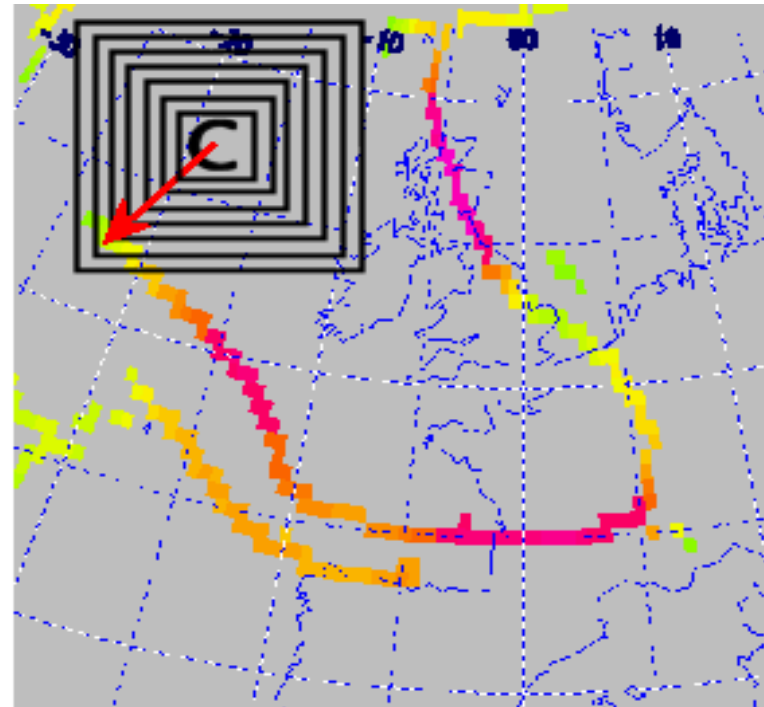
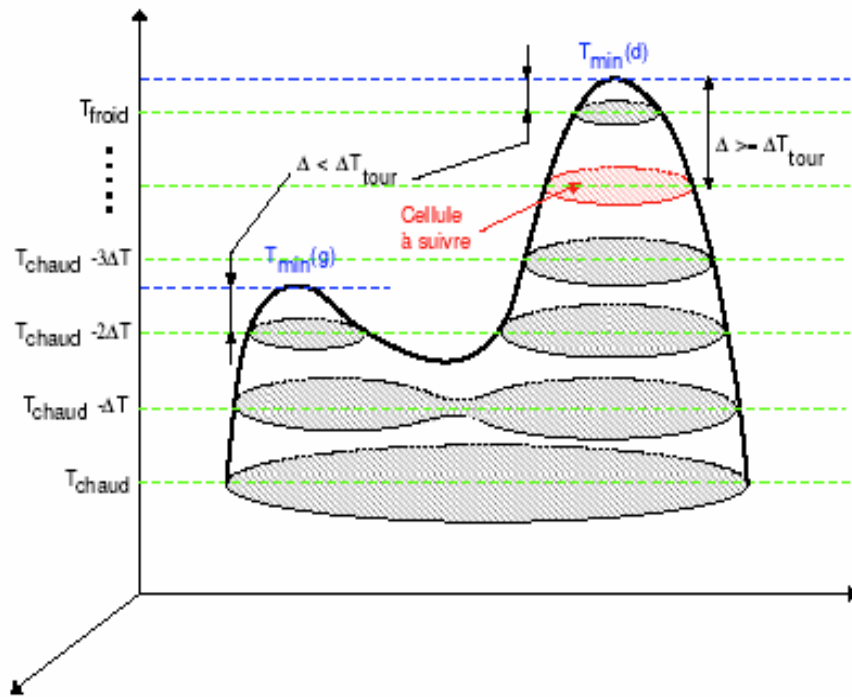
Done

Done

Exemple 3 : cyclogenèse d'altitude et dynamique du tourbillon potentiel

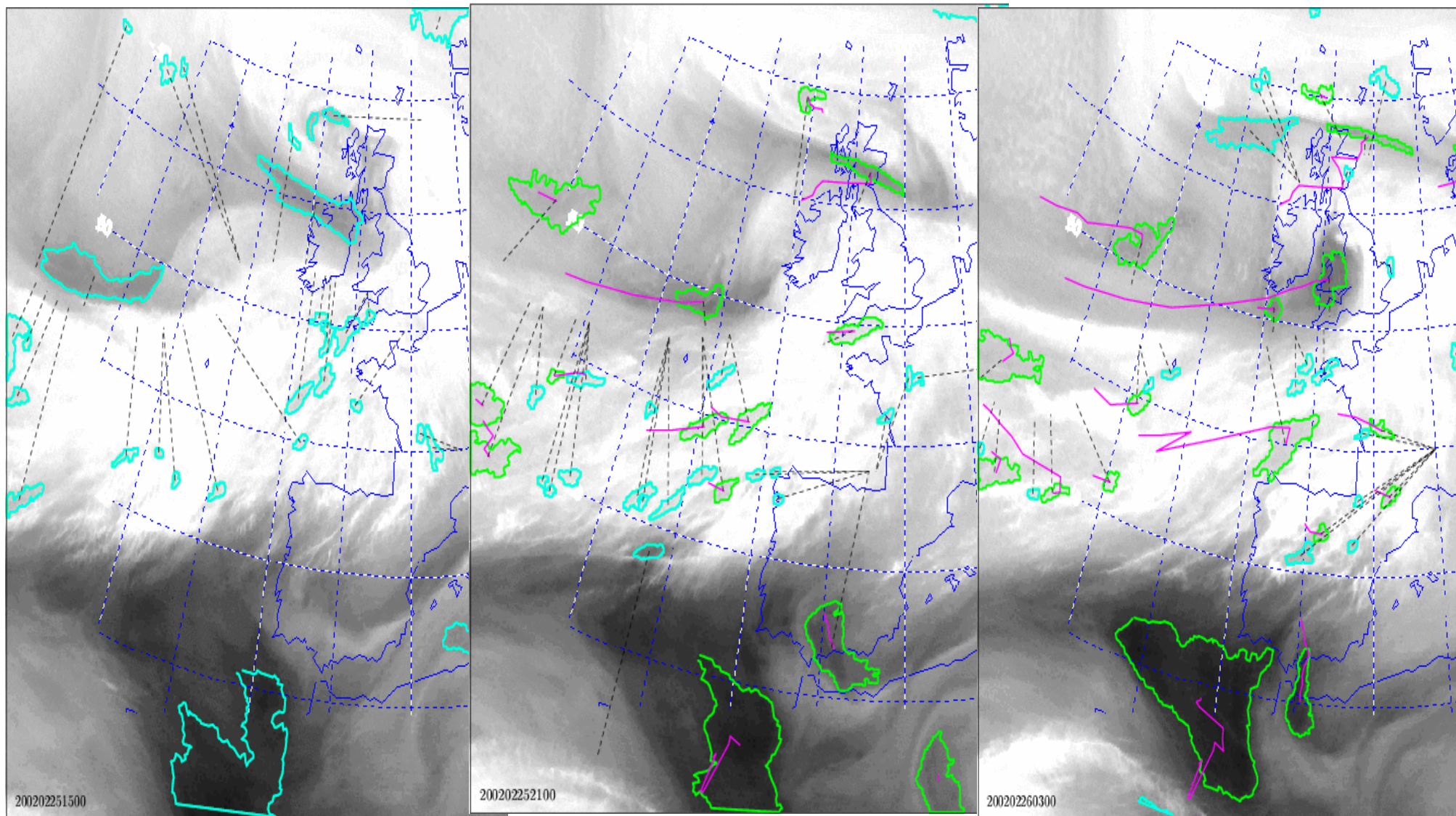


Algorithme de suivi d'anomalies de tropopause : seuillage et contexte (distance au jet)



Suivi d'anomalie de tropopause

(thèse de Yann Michel)



Conclusion : autres problèmes intéressants

- Brouillards
- Lignes de grains, fronts de rafales, tornades
- Fronts synoptiques
- Précipitations quasi-stationnaires (inondations méditerranéennes)
- Cyclones tropicaux
- Vents de sable, panaches de cendres, de polluants
- ...