

# Les mesures de télédétection à partir du sol pour la météorologie atmosphérique

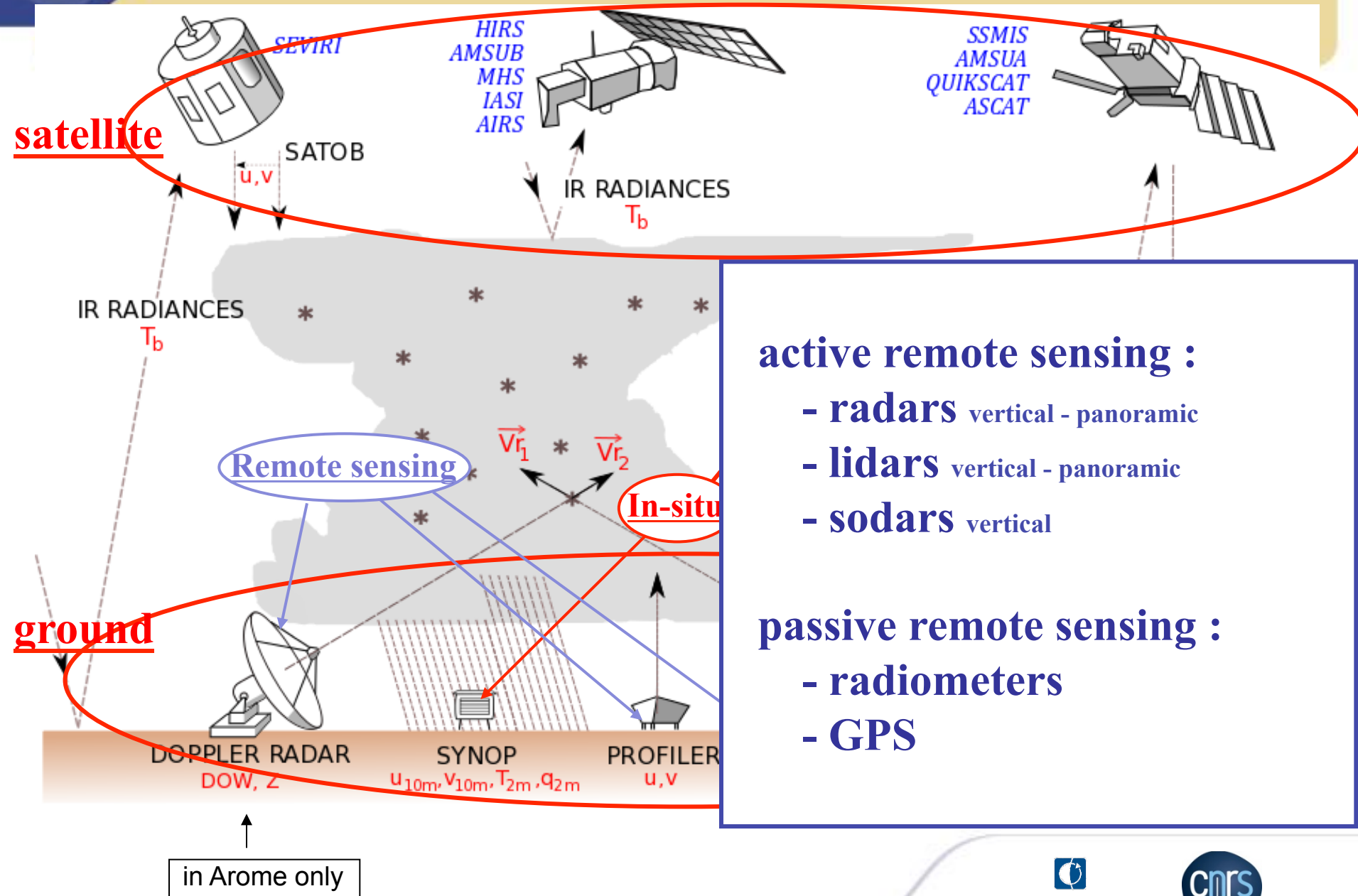
J. Parent du Châtelet<sup>1</sup>, O. Caumont<sup>1</sup>, P. Tabary<sup>2</sup>, N. Gaussiat<sup>2</sup>, L. Besson<sup>4</sup>,  
J. Delanoë<sup>4</sup>, J.C. Dupont<sup>3</sup>, M. Haeffelin<sup>3</sup>

- 1 – CNRM-GAME, Toulouse, France
- 2 – Météo-France, Toulouse, France
- 3 – SIRTA, Palaiseau, France
- 4 – Latmos, Guyancourt, France

Colloque « Météorologie : de l'Atmosphère à l'Espace », 18-19 juin 2015 Meudon



# observations assimilated by forecasting models



# Les trois grandes familles d'appareil pour la télédétection atmosphérique (sol, avion, satellite)

- famille RADAR
  - $\lambda > 10$  m : sondeurs ionosphériques; radars transhorizons
  - $\lambda = 1$  m à 6 m : profileurs verticaux du vent
  - $\lambda = 3$  cm à 10 cm : radars précipitations (profileurs ou panoramiques)
  - $\lambda = 3$  mm à 8 mm : profileurs verticaux des nuages
- famille SODAR
  - Profils de température, profils de vent
- famille LIDAR ( $\lambda = 0,25$   $\mu\text{m}$  à 10  $\mu\text{m}$  )
  - hauteur de base des nuages (télémètres)
  - aérosols
  - profils de concentration moléculaires par effet Raman (UV)
    - Donc profils de vapeur d'eau, de température, O<sub>3</sub>, ...
  - Vent par effet Doppler

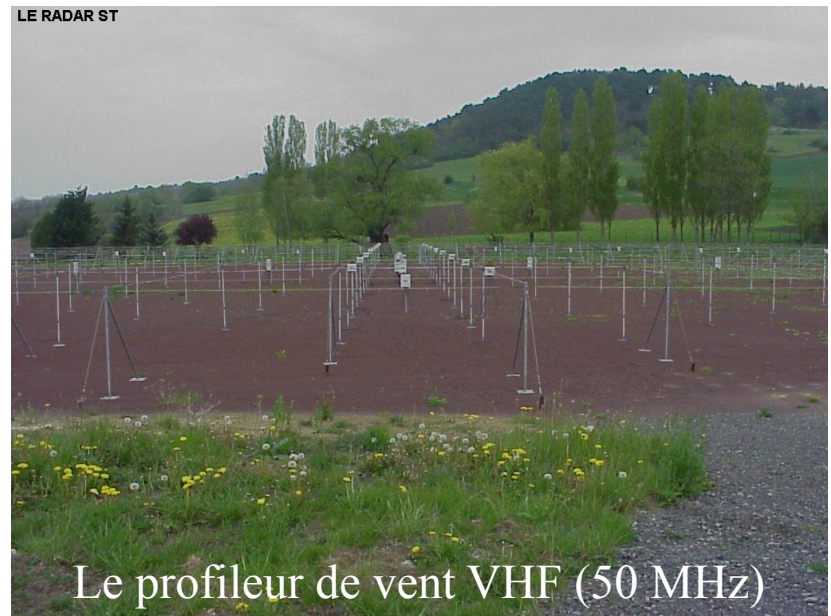
# Quelques exemples d'antennes radar



Le simple « cornet »



Le radar nuage 95 GHz



Le profileur de vent VHF (50 MHz)



Le radar précipitation 2 GHz

# Exemples de systèmes sodar – lidar – radiomètres



SODAR



Télémètre CL31 Vaisala

Lidar vent Leosphere



WINDCUBE 400S-AT

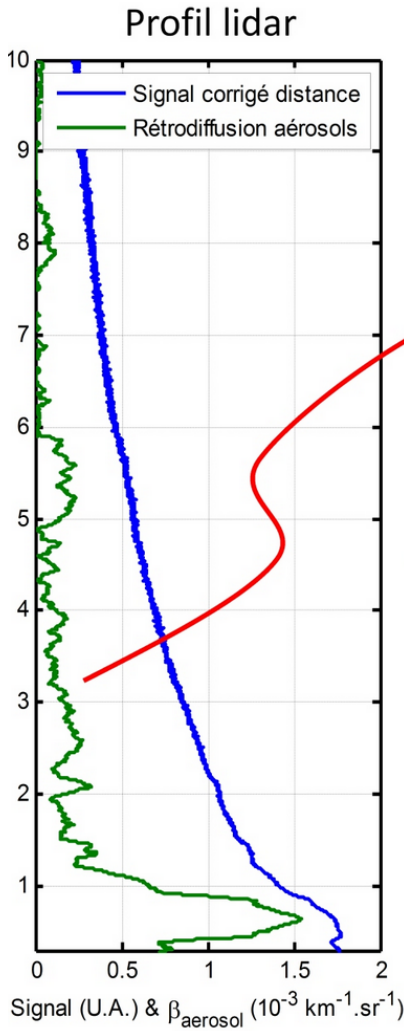


Radiomètre micro-onde RPG multicanaux

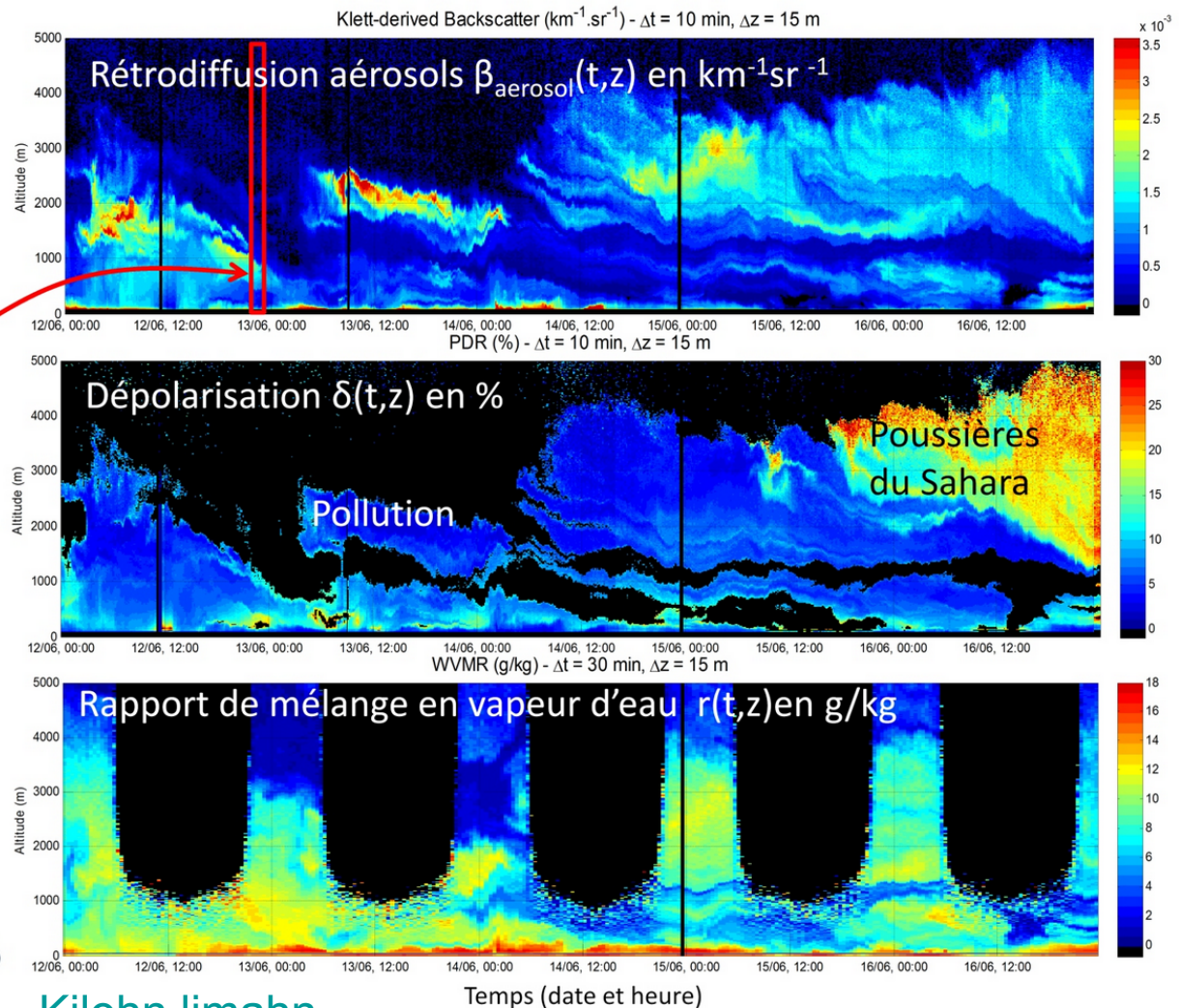


Lidar aérosols CIMEL

# Exemple de profil lidar (Raman H2O) sur 5 jours



## Série temporelle lidar

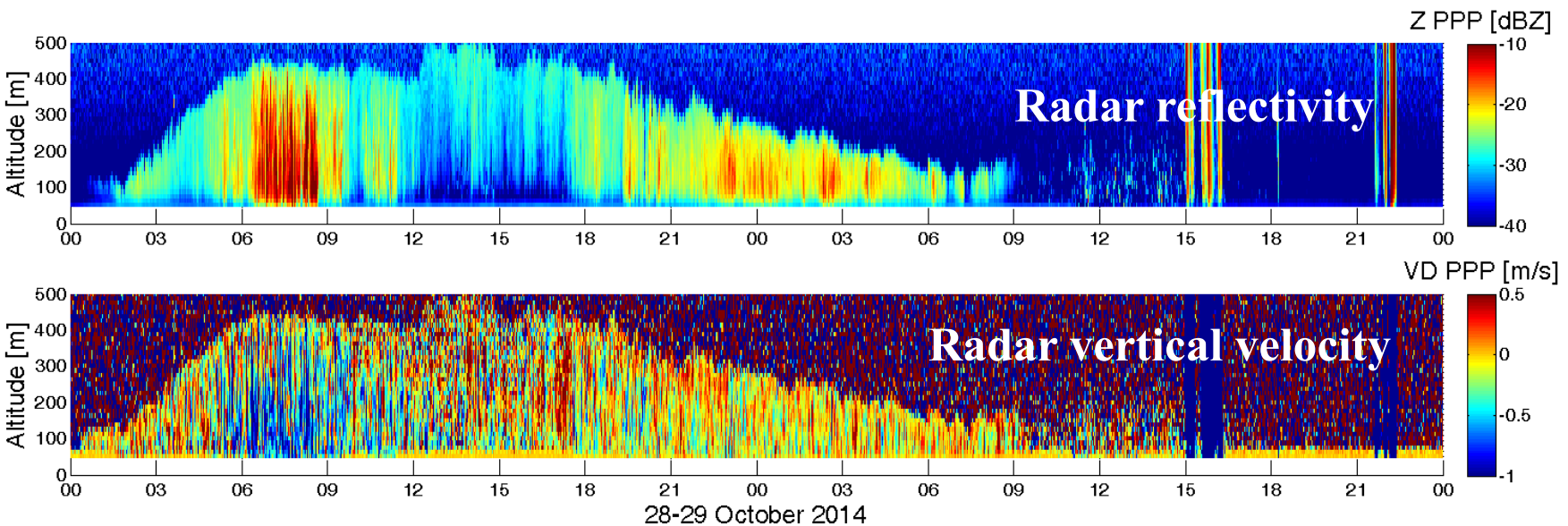
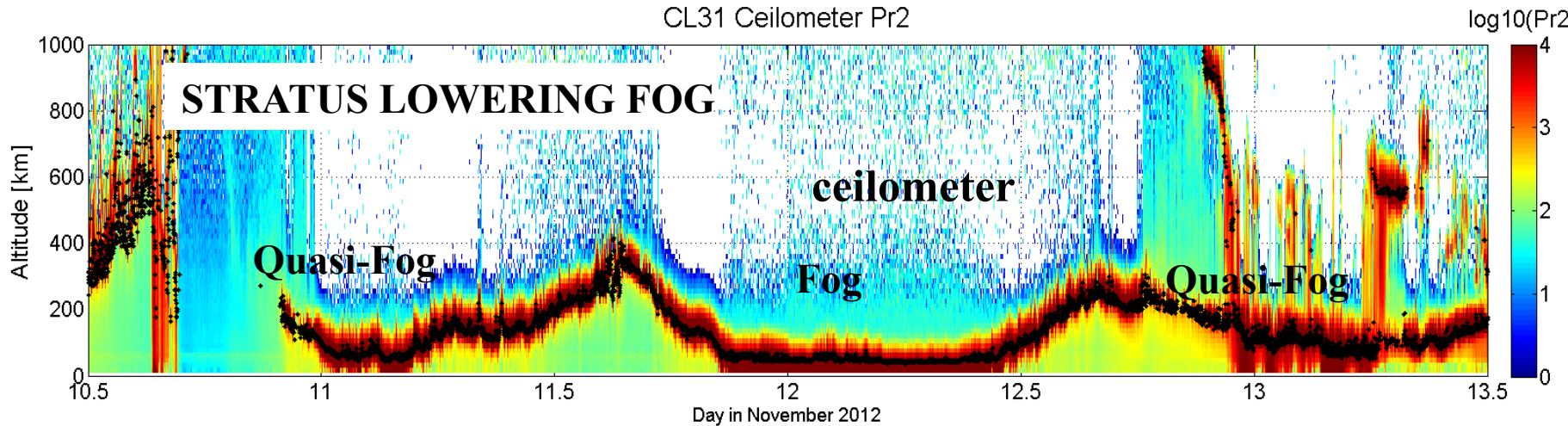


From Wikipedia,

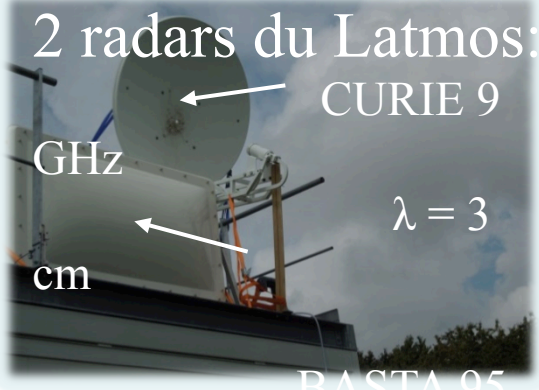
[Kilohn limahn](http://www.kilohnlimahn.com)

# Exemple de profils radar et lidar pour des situations de brouillard

CL31 Ceilometer Pr2

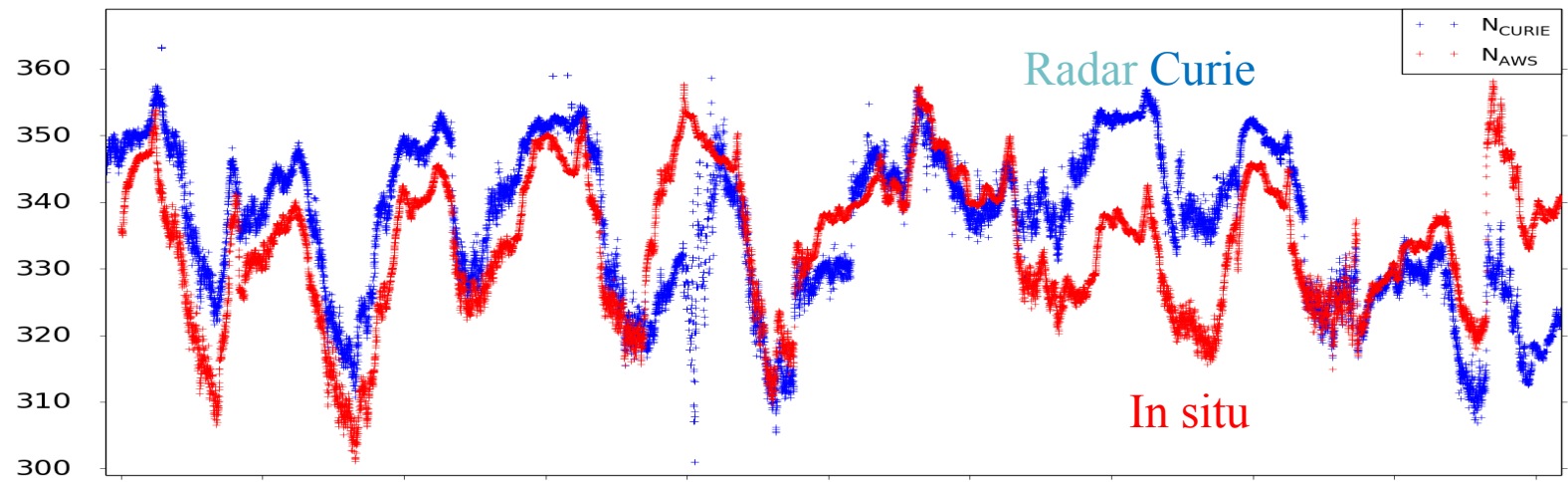


# REFRACTIVITE atmosphérique par radar : Campagne TeMeraire été 2014 (évaluer la mesure de l'indice de refraction atmosphérique à l'échelle 100m)



- deux mesures rapides des paramètres atmosphériques séparées par 150m
- 1 scintillomètre

Dispositif expérimental (en plus du SIRTA)

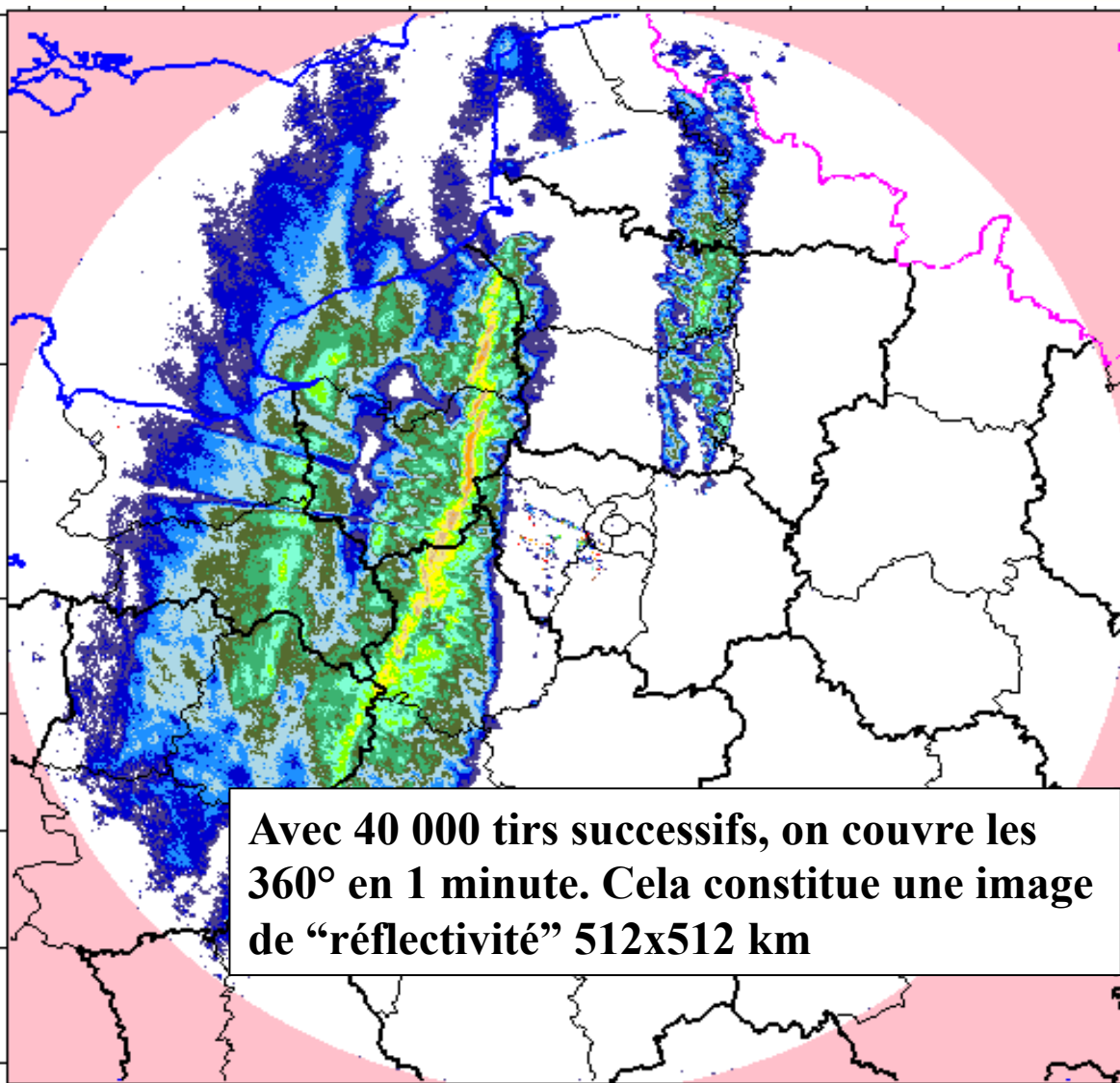


Évolution temporelle de la variation d'indice de réfraction atmosphérique ( $\times 10^6$ ) sur 10 jours

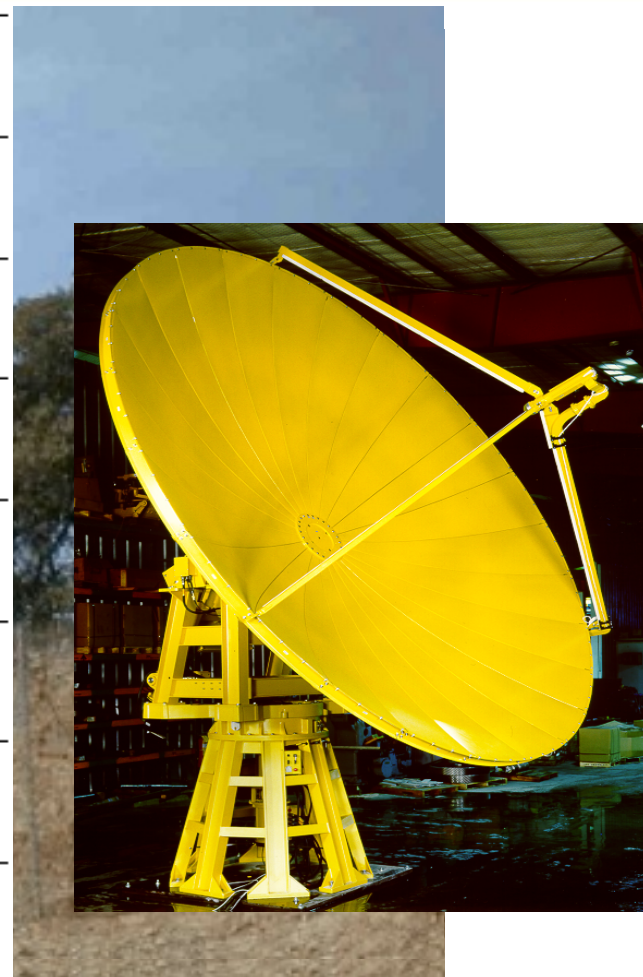




# Les radars précipitation à Météo-France

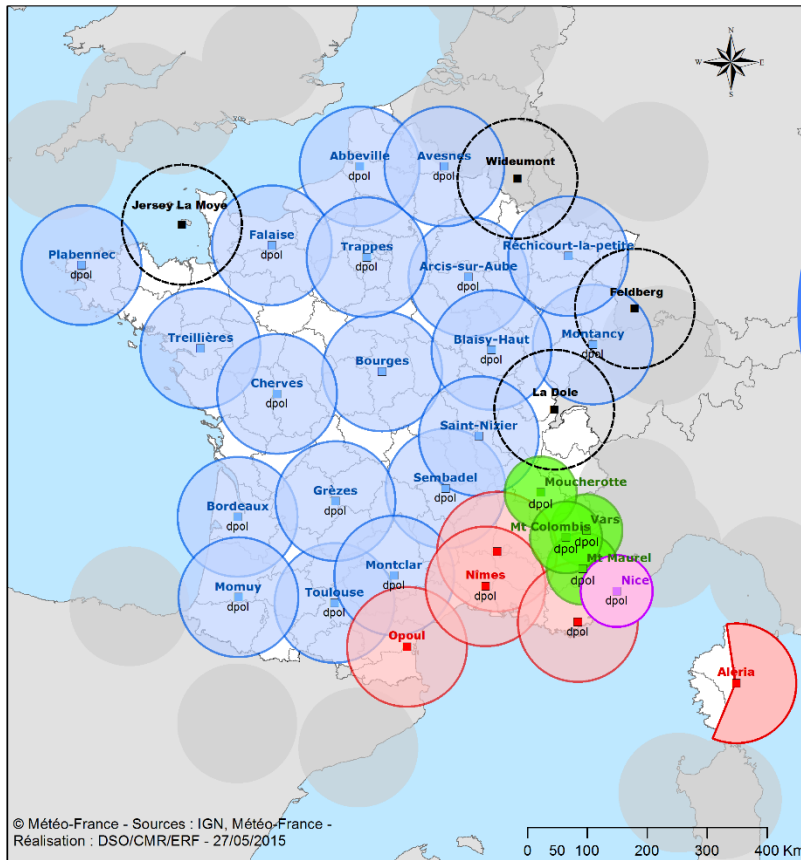


**Avec 40 000 tirs successifs, on couvre les 360° en 1 minute. Cela constitue une image de “réflectivité” 512x512 km**



# Le réseau

## Le réseau de radars été 2015

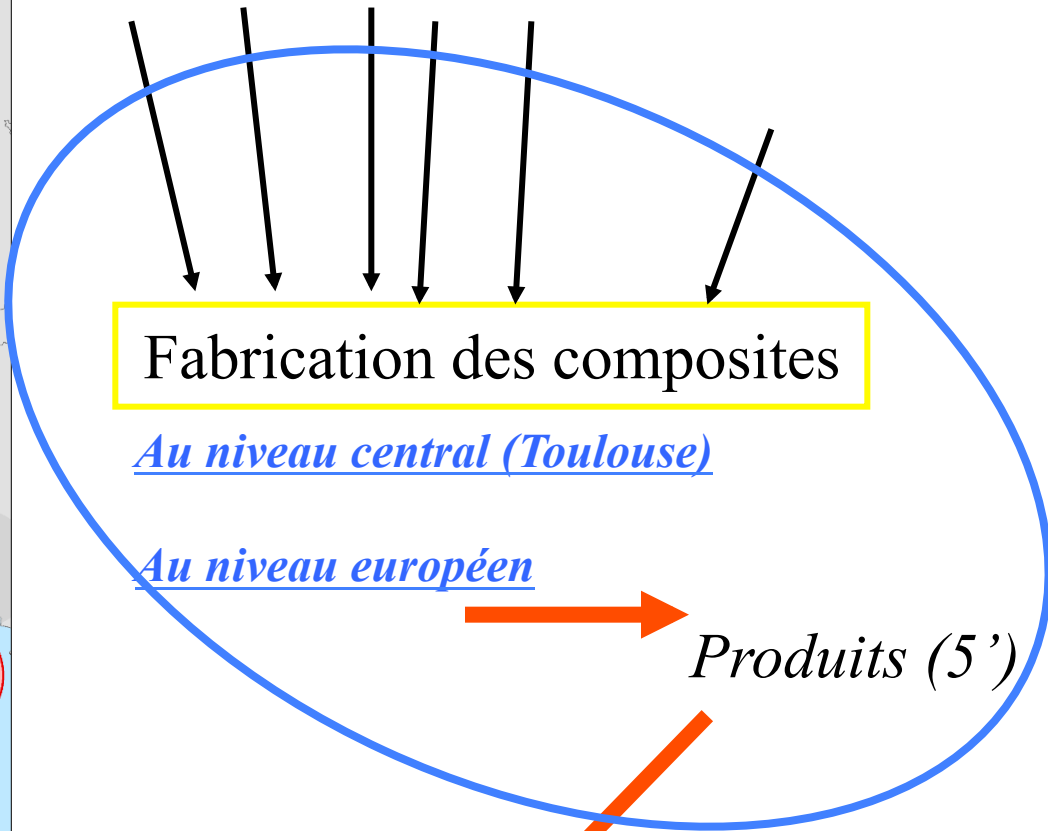


### Légende

- C band
  - X band
  - X band - LEOPARD
  - S band
  - C band - radar limitrophe
- Dpol : dual polarization

29 radars  
5 S / 19 C / 5 X  
Tous Doppler  
23 DPOL

## Liaisons réseau avec les 29 radars



Fabrication des composites

*Au niveau central (Toulouse)*

*Au niveau européen*

Produits (5')

utilisateurs

# Les problèmes de mesure ....

Taux de pluie – vecteur vent – type de précipitation  
(*prévision météo ; risque inondation*)

- **Le radar mesure une réflectivité ( $D^6$ ), et non pas un taux de pluie ( $D^3$ )**
- **Le radar mesure en altitude**
- **Le radar est sensible à d'autres cibles que la pluie (sol, avions, insectes,....)**
- **La réflectivité dépend beaucoup de la phase de la précipitation (pluie, neige, glace,..) qui n'est pas connue**
- **La zone de fonte (iso  $0^\circ$ ) se traduit par une réflectivité énorme**
- .....

**Les solutions :**

- **La double polarisation**
- **L'exploration volumique**
- **Des efforts constants pour améliorer les algorithmes**

# Exemple 1 : mosaïques à La Réunion lors du passage du cyclone Bejisa

Image radar (mosaïque)  
du 3 janvier 2014 à 15h20 locales

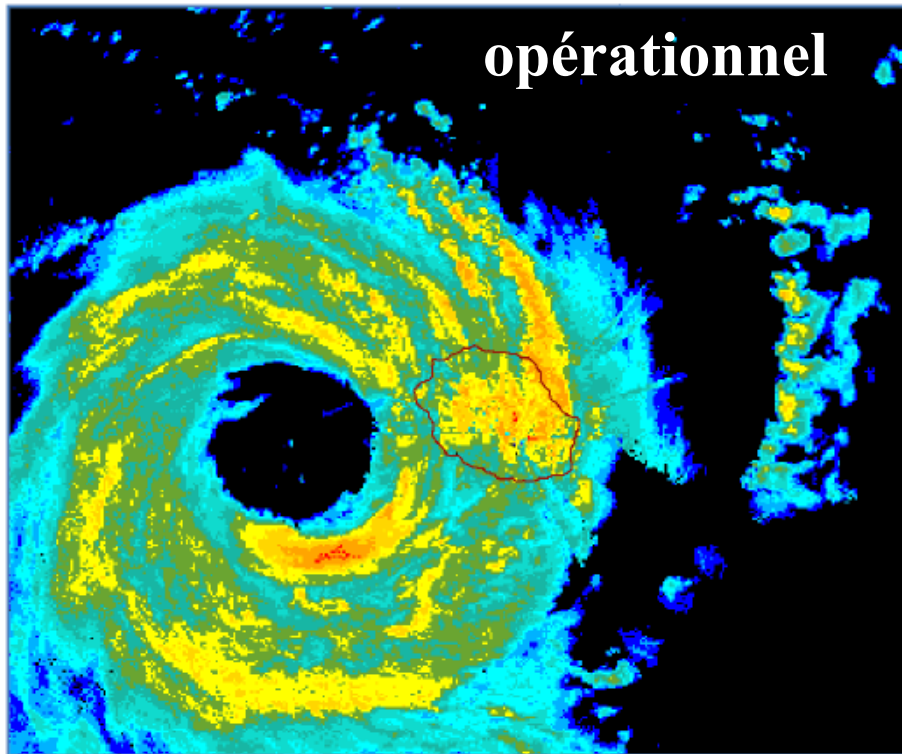
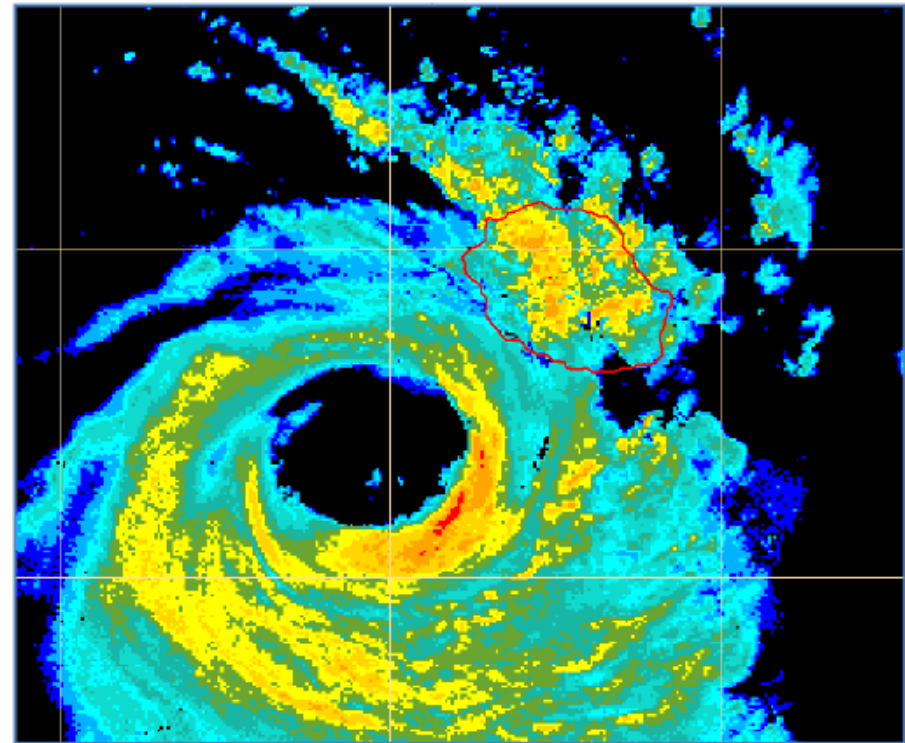
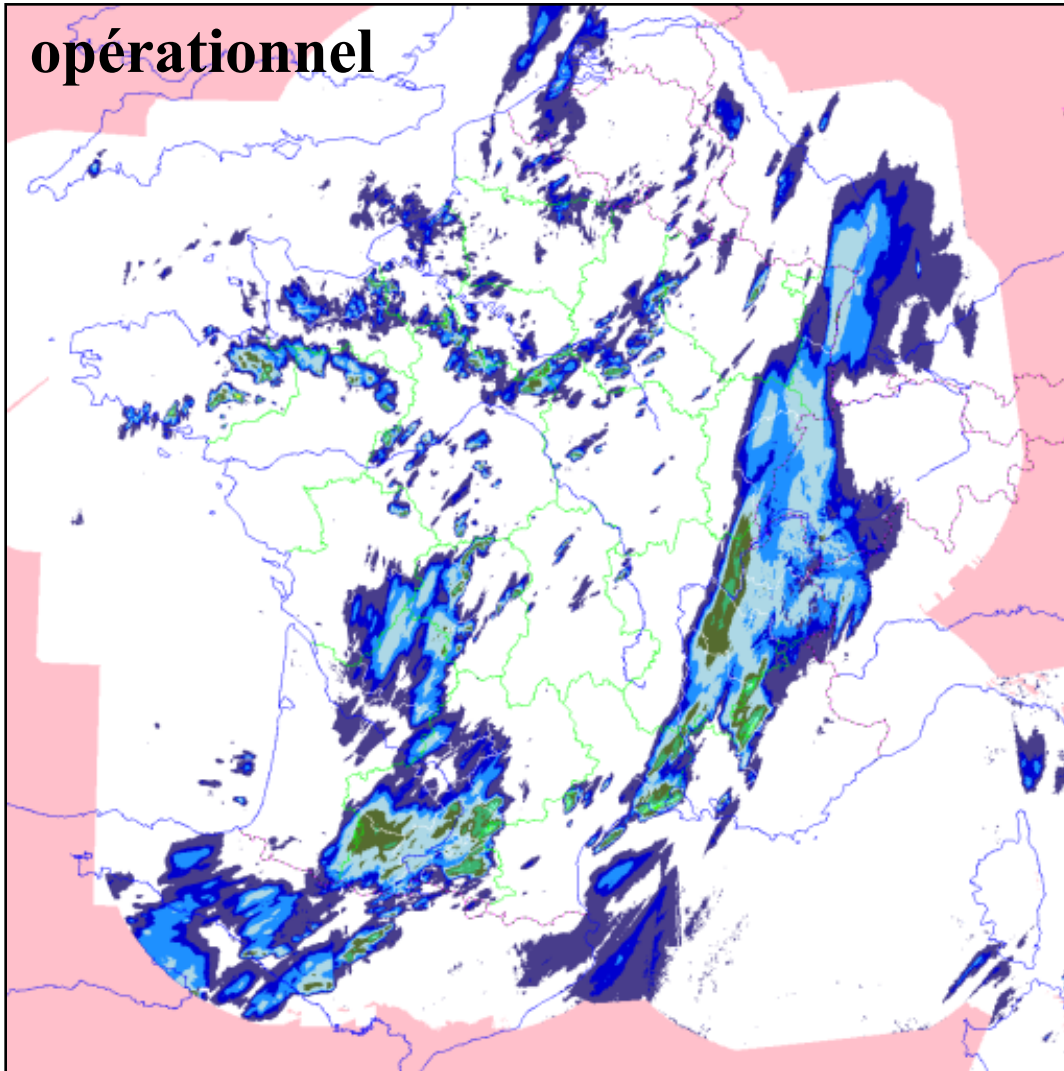


Image radar (mosaïque)  
du 3 janvier 2014 à 18h05 locales



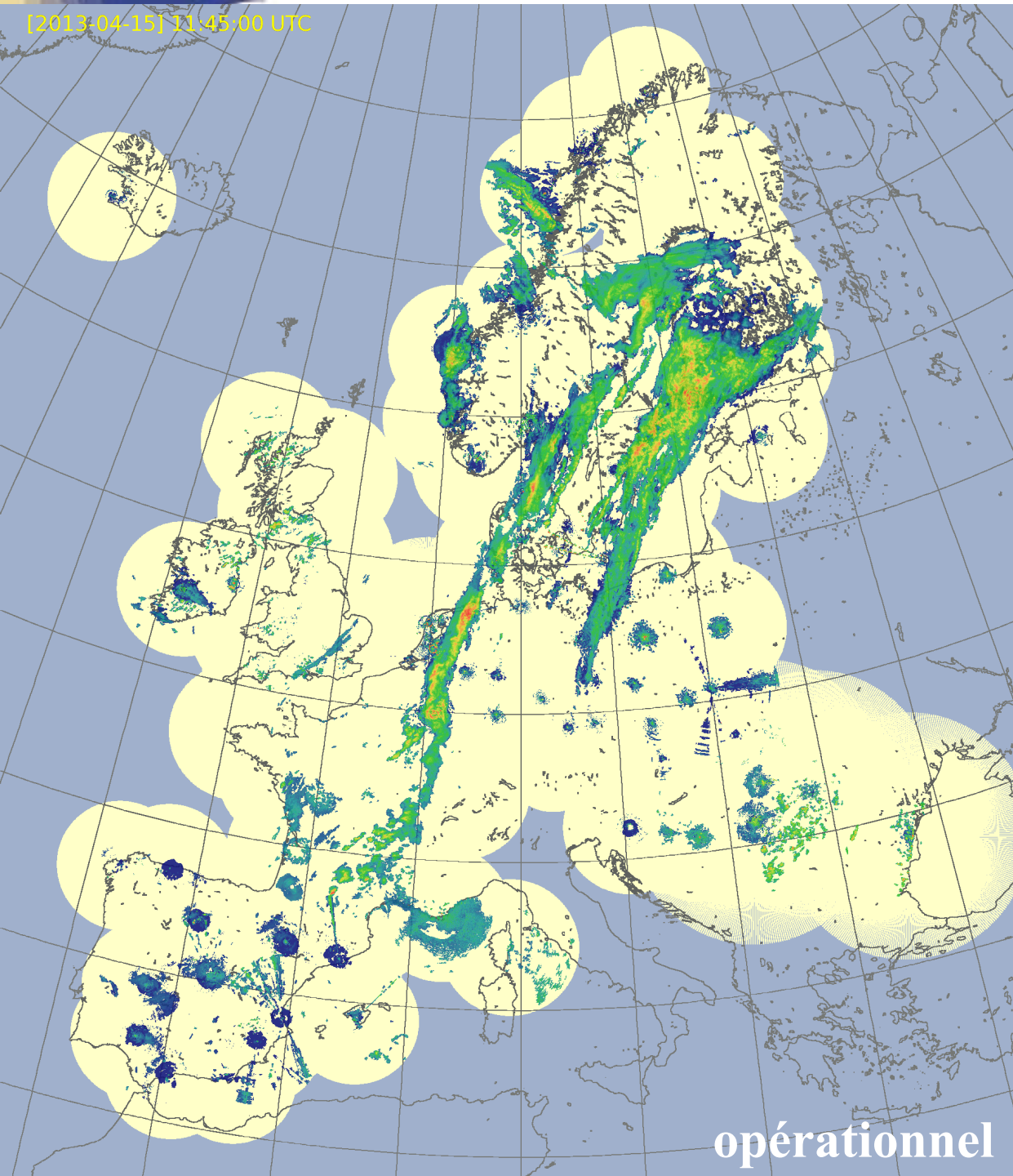
(cumuls de ☒ 1000 mm en 72h)

# Exemple 2 : mosaïque radar sur la France



7 août 2013 18h

[2013-04-15] 11:45:00 UTC

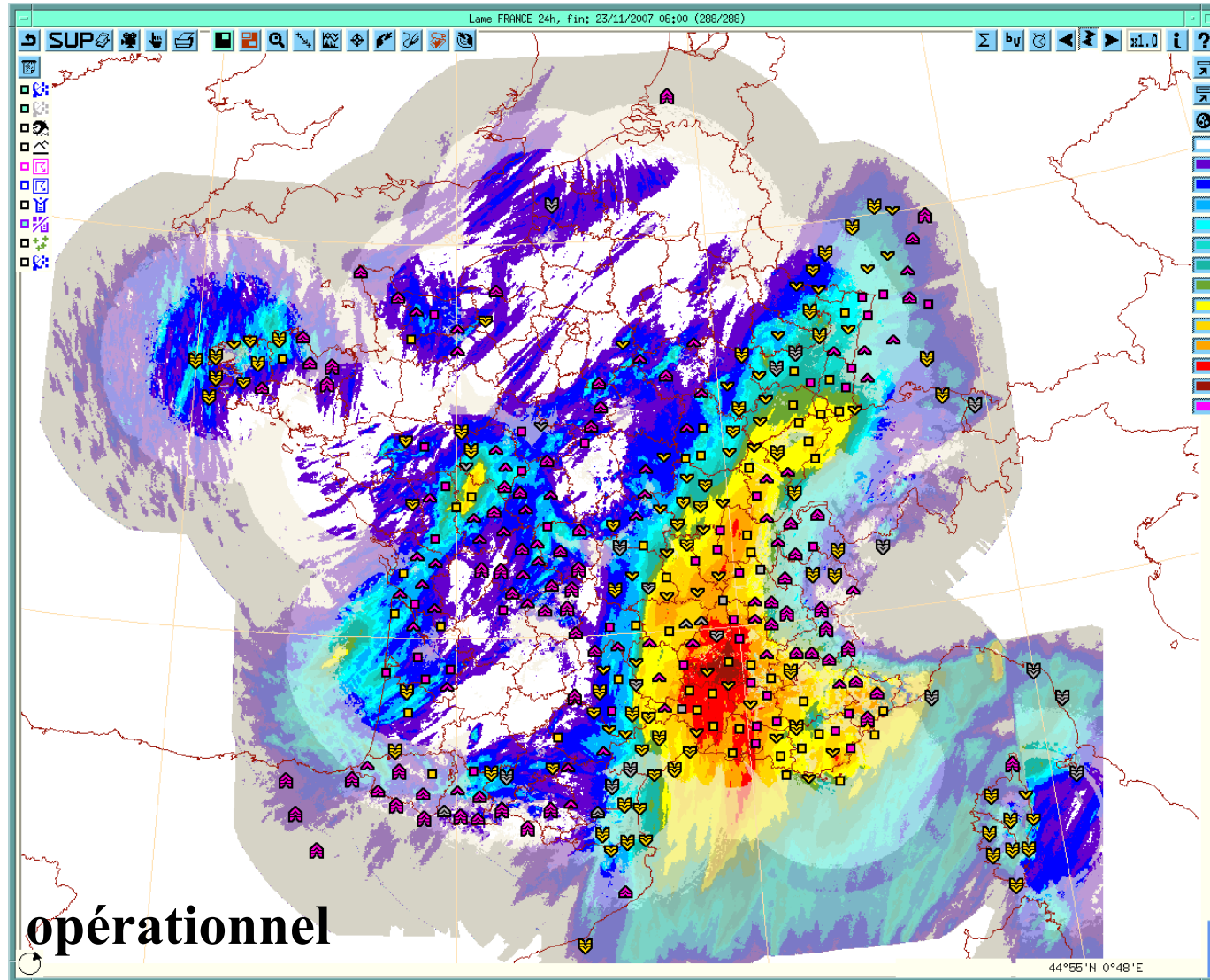


## Exemple 3

mosaïque européenne  
(15 minutes 2km)

opérationnel

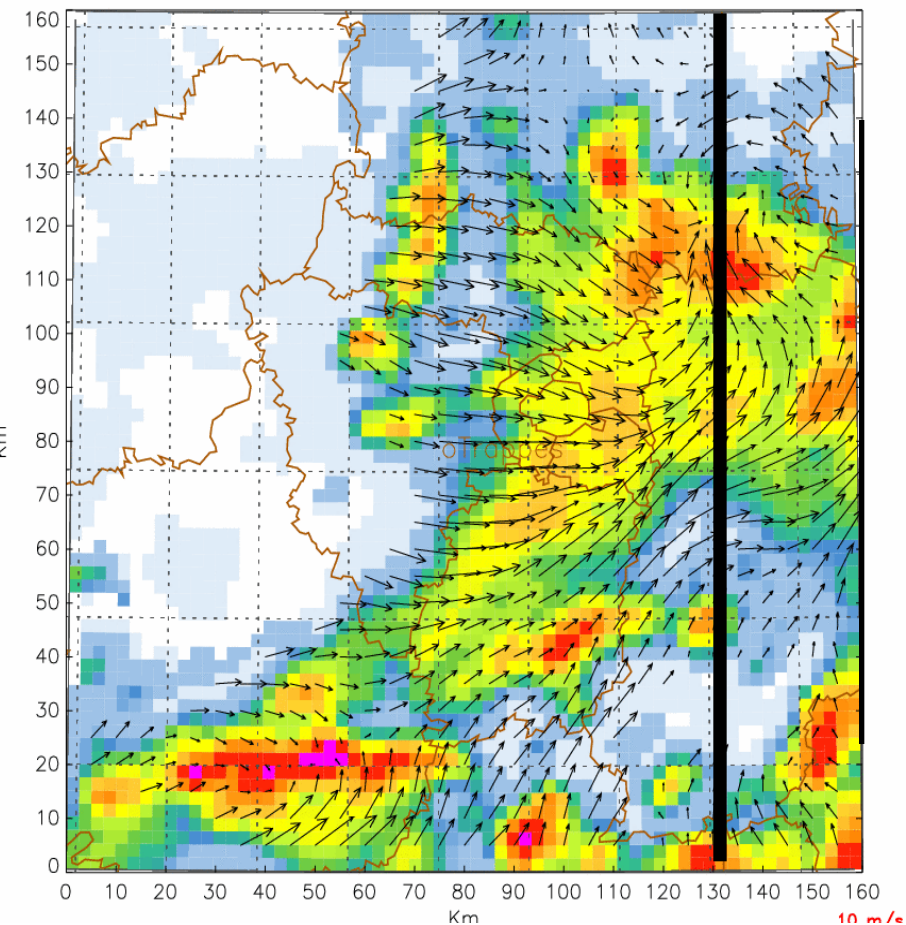
# Exemple de produit pour les prévisionnistes : visualisation combinée radar et pluviomètres



# Doppler : champs 3D de vent et de réflectivité (Cas du 23 juin 2005 – Trappes + Arcis + Abbeville)

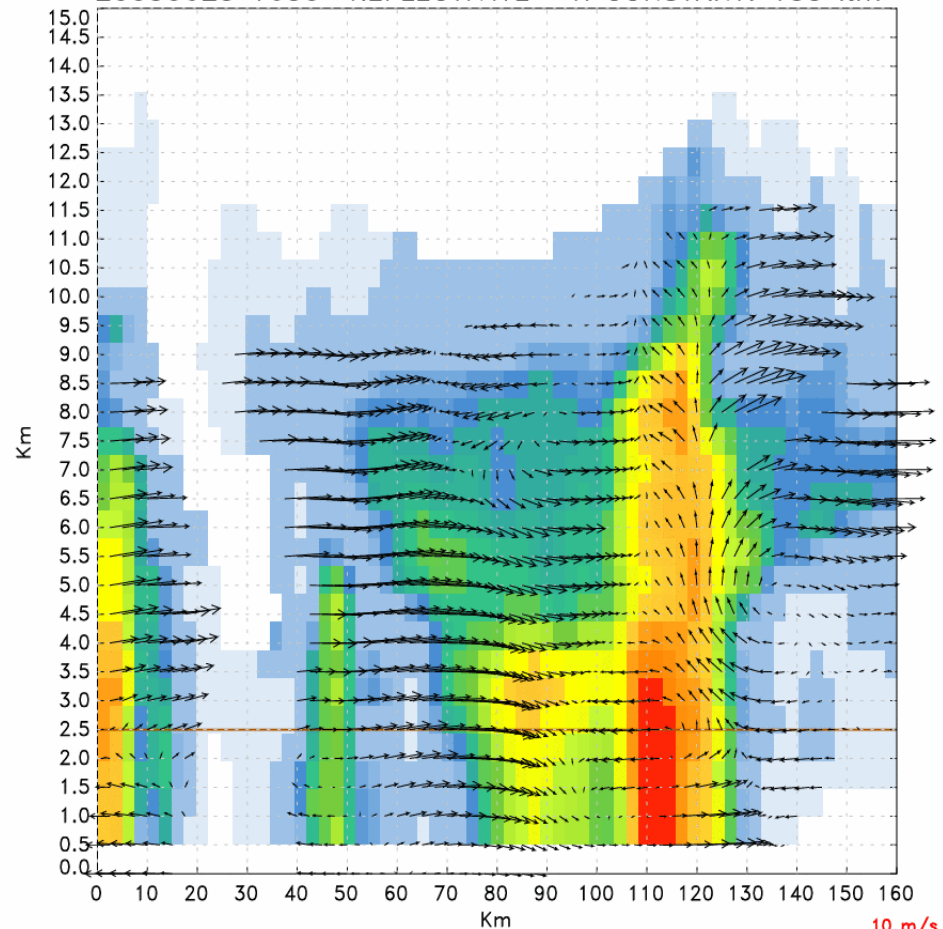
## Coupe horizontale à 2500 m

20050623 1630 REFLECTIVITE ALTITUDE=2500 m



## Coupe verticale

20050623 1630 REFLECTIVITE X CONSTANT: 135 km



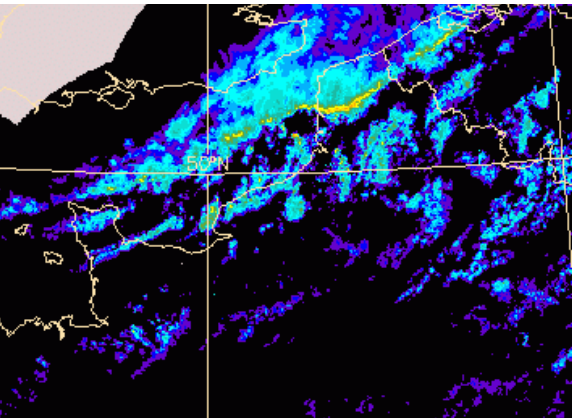
La restitution du vent est possible si le réseau radar est dense

*Bousquet et al. (2007)*

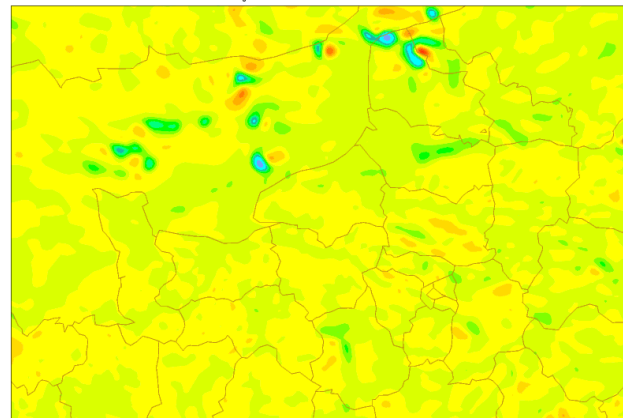


# Assimilation of radar Doppler velocity

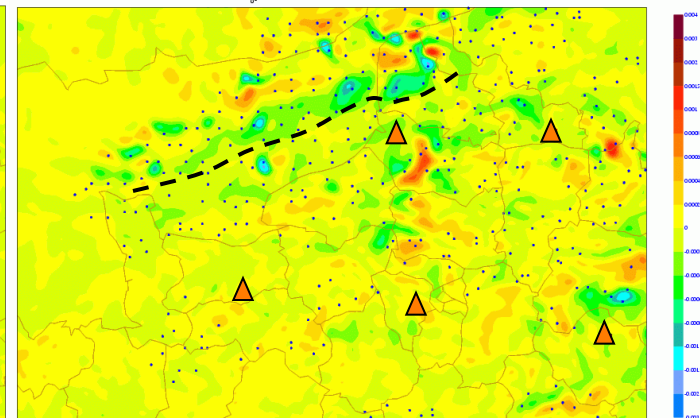
- 3DVar assimilation of Doppler velocity data (Montmerle and Faccani 2009):
  - Filtering/cleaning of unfolded velocity data
  - **Observation operator:**
    - $4/3$  earth radius to model beam direction
    - Projection of model wind components on beam direction
    - Beam broadening taken into account (main lobe with Gaussian shape).
  - **Example:** convergence line associated with cold front on 8 Nov 2007 18 UTC



Radar reflectivity observation



950-hPa wind divergence from Arome analysis without Doppler velocity



950-hPa wind divergence from Arome analysis with Doppler velocity

- ▲ radars
- assimilated profiles

**opérationnel**

- Convergence line correctly analysed → improved precipitation forecasts

# Ces radars peuvent-ils être utiles pour détecter la pénétration de météorites dans l'atmosphère ?

Est-ce que le radar pourra détecter l'objet lui-même, ou la trace ionisée laissée par l'objet

Éléments à prendre en compte :

- Durée de vie de la trace
- chaque pixel correspond à un « volume » délimité par une section de cône de  $1^\circ \times 200\text{m}$
- le temps de résidence du faisceau sur le pixel est d'environ 200 ms
- le même pixel est revisité après 5 minutes (ou 15 minutes pour certaines élévations)
- l'élévation max est de  $7.5^\circ$ , ce qui limite l'altitude max observée à :
  - 6 500 m à 50 km de distance
  - 13 000 m à 100 km de distance

On est très probablement dans une situation de fort (très fort?) sous-échantillonnage

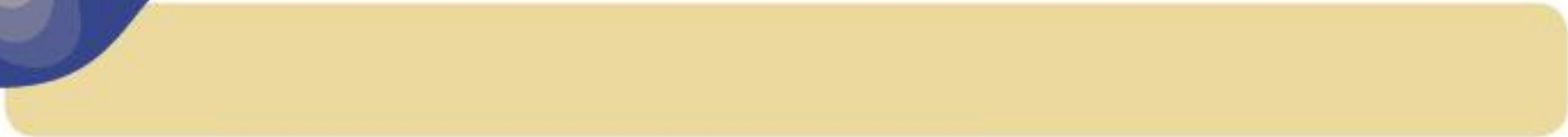
*Les données sont disponibles pour faire des essais, des traitements....*

# References (1/2)

- Auger, L., O. Dupont, S. Hagelin, P. Brousseau, P. Brovelli, 2014: AROME–NWC: a new nowcasting tool based on an operational mesoscale forecasting system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* DOI: 10.1002/qj.2463
- Augros, C., O. Caumont, V. Ducrocq, N. Gaussiat, P. Tabary: Comparisons between S, C, and X band polarimetric radar observations and convective-scale simulations of HyMeX first special observing period. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, DOI : 10.1002/qj.2572. Accepted.
- Besson, L., J. Parent du Châtelet, 2013: Solutions for improving the radar refractivity measurement by taking operational constraints into account. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **30**, 1730–1742. DOI: 10.1175/JTECH-D-12-00167.1
- Besson, L., C. Boudjabi, O. Caumont, J. Parent du Châtelet, 2012: Links between weather phenomena and characteristics of refractivity measured by precipitation radar. *Bound.-Lay. Meteorol.*, **143**(1), 77–95, DOI: 10.1007/s10546-011-9656-7.
- Besson, L., O. Caumont, L. Goulet, S. Bastin, L. Menut, F. Fabry, J. Parent du Châtelet: Comparison of refractivity measurement by radar with automatic weather stations, AROME-WMED and WRF forecasts simulations during the SOP1 of HyMeX campaign. Submitted to *Q. J. R. Meteorol. Soc.*
- Browning, K. A., 1980: Local Weather Forecasting. *Proc. R. Soc. Lond. A*, 371, 179-211; DOI: 10.1098/rspa.1980.0076.
- Caumont, O., V. Ducrocq, É. Wattrelot, G. Jaubert, S. Pradier-Vabre, 2010: 1D+3DVar assimilation of radar reflectivity data: A proof of concept. *Tellus*, 62A(2), 173–187, DOI: 10.1111/j.1600-0870.2009.00430.x.
- Caumont, O., A. Foray, L. Besson, J. Parent du Châtelet, 2013: A radar refractivity change observation operator for convective-scale models: Comparison of observations and simulations. *Bound.-Lay. Meteorol.*, **148**(2), 379–397, DOI: 10.1007/s10546-013-9820-3.
- Courtier, P., C. Freydier, J.-F. Geleyn, F. Rabier, M. Rochas, 1991: The Arpege project at Météo-France. In *Numerical Methods in Atmospheric Models*. ECMWF, Reading, UK, 193–231.

# References (2/2)

- Figueras i Ventura, J. and P. Tabary, 2013: The New French Operational Polarimetric Radar Rainfall Rate Product. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **52**, 1817–1835. doi: 10.1175/JAMC-D-12-0179.1
- Hallali, R., J. Parent du Châtelet, F. Dalaudier, G. Guillemain, A. Moreau, 2014: Weather radar refractivity variability in the boundary layer of the atmosphere. *TECO-2014 WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation*, Saint Petersburg, Russia. URL: [http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-116\\_TECO-2014/Session%201/P1\\_17\\_Hallali\\_WxRadarRefractiveVariability.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-116_TECO-2014/Session%201/P1_17_Hallali_WxRadarRefractiveVariability.pdf)
- Montmerle, T., and C. Faccani, 2009: Mesoscale assimilation of radial velocities from Doppler radar in a pre-operational framework. *Mon. Wea. Rev.*, **137**(6), 1939–1953, DOI:10.1175/2008MWR2725.1.
- Parent du Châtelet, J., C. Boudjabi, L. Besson, O. Caumont, 2012: Errors caused by long-term drifts of magnetron frequencies for refractivity measurement with a radar: Theoretical formulation and initial validation. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **29**(10), 1428–1434, DOI: 10.1175/JTECH-D-12-00070.1.
- Seity, Y., P. Brousseau, S. Malardel, G. Hello, P. Bénard, F. Bouttier, C. Lac, V. Masson, 2011: The AROME-France convective scale operational model. *Mon. Wea. Rev.*, **139**(3), 976–991. DOI: 10.1175/2010MWR3425.1
- Tabary, P., L. Périer, J. Gagneux, J. Parent du Châtelet, 2005: Test of a staggered PRT scheme for the French radar network. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **22**, 352–364.
- Tabary, P., F. Guibert, L. Périer, J. Parent du Châtelet, 2006: An operational triple-PRT Doppler scheme for the French radar network. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **23**, 1645–1656.
- Vié, B. and Pinty, J.-P., 2014: LIMA: a 2-moment scheme driven by a multimodal population of CCN and IN, 14th Conf. Cloud Physics, Boston, MA. URL: <https://ams.confex.com/ams/14CLOUD14ATRAD/webprogram/Paper249863.html>.
- Wattrelot, É., O. Caumont, J.-F. Mahfouf, 2014: Operational implementation of the 1D+3D-Var assimilation method of radar reflectivity data in the AROME model. *Mon. Wea. Rev.*, **142**(5), 1852–1873, DOI: 10.1175/MWR-D-13-00230.1.



A photograph of a modern building with a large white dome on a hillside. The building has a grey, angular facade. The dome is a large, white, spherical structure. The building is situated on a hillside with dry, yellowish-brown grass. There are trees in the foreground and background. The sky is blue with some light clouds. The text "Merci de votre attention" is overlaid on the image in white, serif font.

Merci de votre attention