

An aerial photograph of a town, likely in a mountainous region, is shown. The town is partially obscured by a thick layer of white clouds or fog. Overlaid on the bottom left of the image is a white weather map showing isobars (lines of equal atmospheric pressure) and wind vectors (arrows). The isobars are labeled with values such as 1010, 1015, 1020, 1025, 1030, 1035, and 1040. The wind vectors are represented by small white arrows with black outlines, indicating the direction and relative strength of the wind. The background of the slide is a dark blue gradient with a stylized sun and cloud icon in the top left corner.

# Les produits radar: situation actuelle et perspectives

Pierre TABARY

Forum Radar

24 novembre 2011



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

## ARAMIS aujourd'hui = une composante essentielle pour

---

- ✓ **Surveillance et suivi des systèmes précipitants (~ 1990 → présent)**
  - ✓ Images radar = « écran de veille des prévisionnistes »
  
- ✓ **Aéronautique (~ 2000 → présent)**
  - ✓ outil ASPOC de suivi et de caractérisation de la convection
  
- ✓ **Prévision des crues et inondations (~ 2000 → présent)**
  - ✓ Lames d'eau radar = produit maintenant très utilisé et très surveillé
  
- ✓ **Prévision numérique à haute résolution (NWP) (~ 2010 → présent)**
  - ✓ Assimilation des données radar (Doppler / réflectivité) effective dans AROME
  
- ✓ **Climatologie (évaluation du changement climatique) (~ 2010 → présent)**
  - ✓ Reconstruction de lames d'eau sur la période 1997 – 2006 dans le cadre du projet « Ré-analyse de lames d'eau »



## Plan de la présentation

---

Impossible de parler en 30 minutes de l'ensemble des évolutions en cours et prévues !

- Lames d'eau
- Produits pour la prévision immédiate
- Produits pour l'assimilation

Quelques exemples de sujets non développés dans la présentation:

- Développements radar pour l'Outre-mer
- Travaux de spécification du radar d'aéroport (XP Nice 2011)
- Etudes sur la cohabitation radar - éoliennes

## Produits et logiciels opérationnels

### ❑ Produits opérationnels actuels :

- ✓ Réflectivité individuel et mosaïque
- ✓ LMDO individuelles et mosaïques
- ✓ Produit radar pour l'assimilation

### ❑ Nouveaux produits (2012 – 2016):

- ✓ Mosaïque nationale de cisaillement
- ✓ Champs 3D basse puis haute résolution
- ✓ Types d'hydrométéores
- ✓ Mosaïque nationale grêle au sol

Amélioration continue

**Evolutions rendues possibles par des nouvelles technologies et des nouveaux logiciels:**

- ✓ Polarimétrie
- ✓ Radars en bande X
- ✓ OPERA Data Center
- ✓ Algorithme lame d'eau
- ✓ Algorithme 3D
- ✓ Algorithme cisaillement
- ✓ Chaîne polarimétrique

**ARCHITECTURE DE PRODUCTION**



# Partie I

## Lames d'eau radar



## Lames d'eau radar: Situation actuelle

---

- Un produit (5' – 1 km<sup>2</sup>) disponible en mosaïque et en radar individuel et incluant:
  - ✓ Identification dynamique des échos fixes
  - ✓ Correction de masques (orographiques et non orographiques)
  - ✓ Correction de Profil Vertical de Réflectivité (e.g. bande brillante)
  - ✓ Ajustement temps-réel par les pluviomètres
  - ✓ Production de codes qualité dynamiques
  - ✓ Filtrage des parasites par le satellite
  - ✓ ...
  
- Un produit dont la qualité n'a cessé de progresser au fil des ans (cf cartes de scores) grâce aux investissements:
  - ✓ matériel (e.g. nouveaux radars)
  - ✓ humains (~ 2 ETP chaque année sur l'algorithmie)
  
- Des zones encore mal vues:
  - ✓ loin des radars (Cotentin, Bretagne, ...)
  - ✓ zones de montagne (Alpes par exemple)
  
- Deux caractéristiques:
  - ✓ surestimation des pluies faibles
  - ✓ sous-estimation des pluies fortes





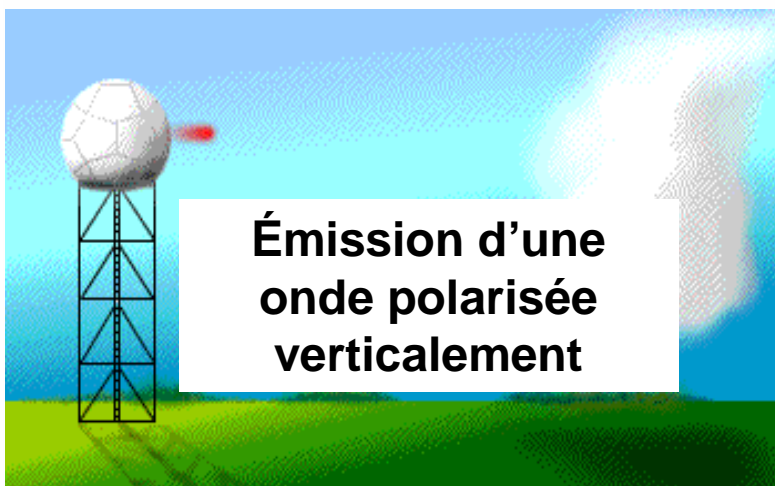
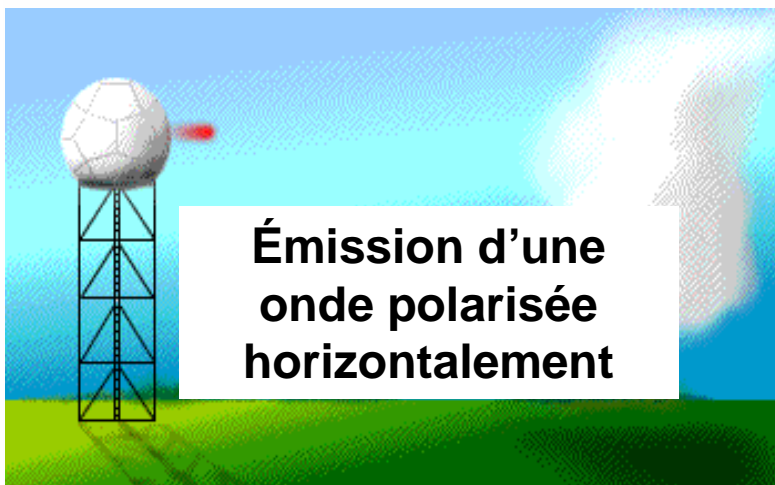
## Lames d'eau radar: perspectives d'amélioration

---

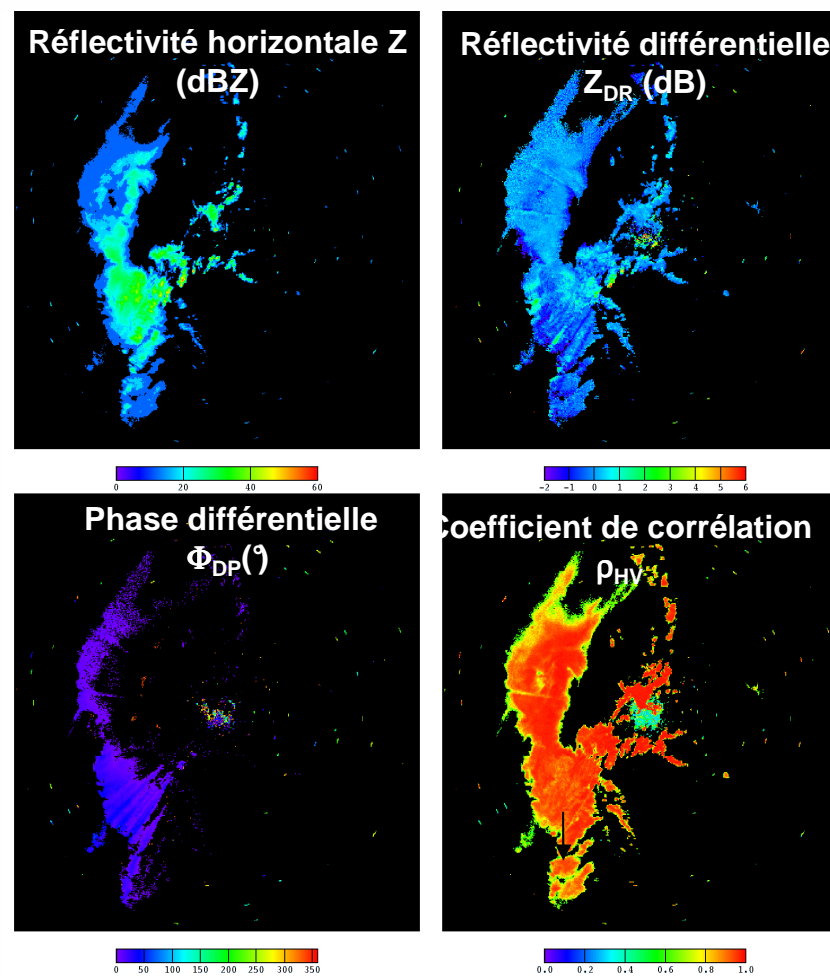
- ❑ Densification du réseau: RHYTMME puis PUMA
- ❑ Prise en compte de radars étrangers (Jersey par exemple)
- ❑ Polarimétrie
- ❑ Algorithmie (distinction convectif / stratiforme par exemple)
- ❑ Ajustement temps-réel par les pluviomètres : étude « Calibration 2.0 » menée en 2012

*Pour la première fois, Météo France s'engage, dans le cadre du Contrat d'Objectifs et de Performance 2012 – 2016, sur un objectif d'amélioration des lames d'eau*

# Polarimétrie = nouveau standard opérationnel en France et à l'étranger

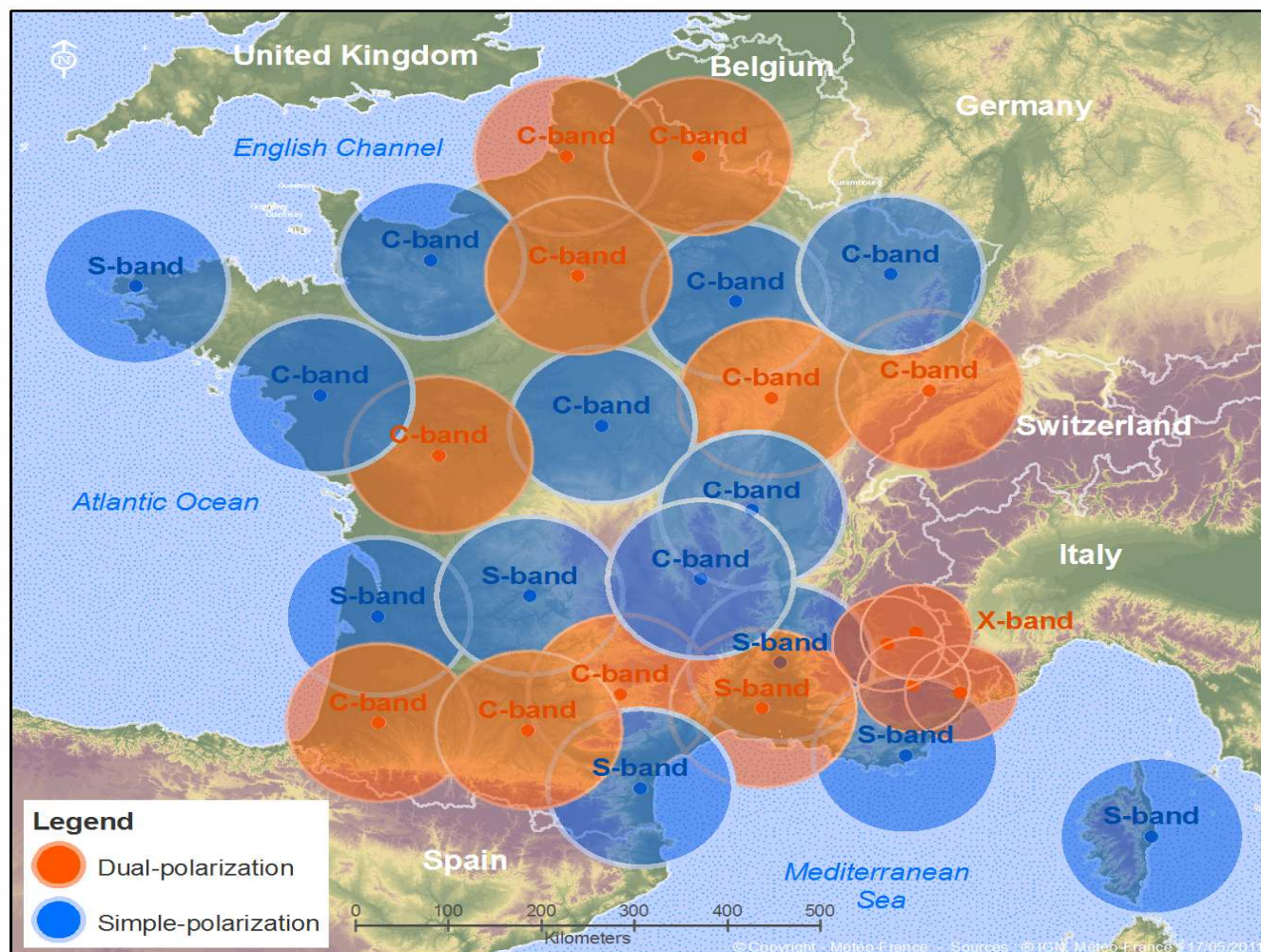


Trappes - site 1.5° - 18 août 2004 - 12.00 – 13.45





## Polarimétrie = nouveau standard opérationnel en France et à l'étranger



Evolution prévue du nombre total et du nombre de radars polarimétriques dans le réseau ARAMIS

[Les radars aéro ne sont pas comptés]

Fin 2011: 12 / 25

Fin 2012: 15 / 26

Fin 2013: 17 / 27

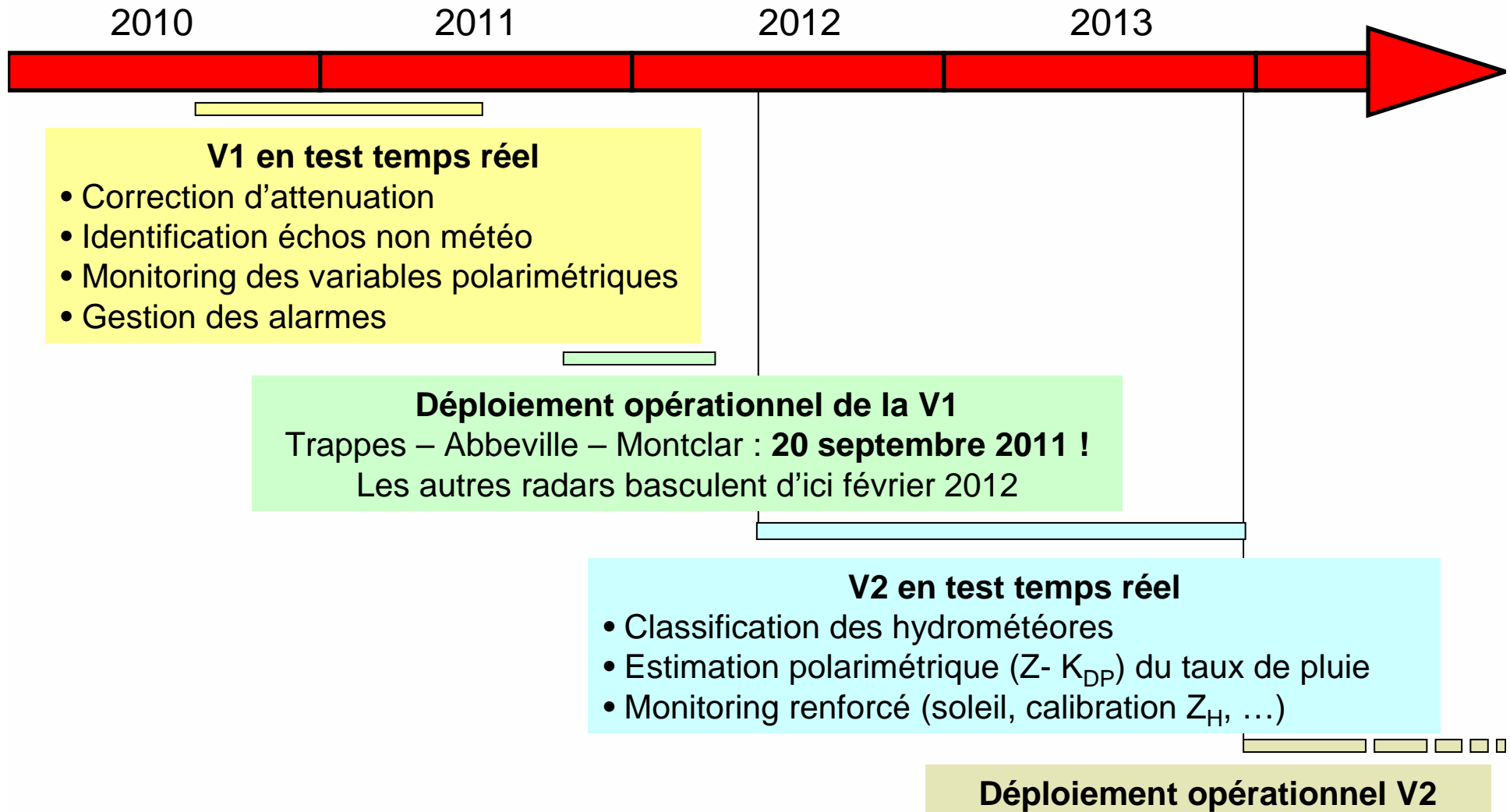
Fin 2014: 21 / 29

Fin 2015: 24 / 30

Fin 2016: 27 / 31

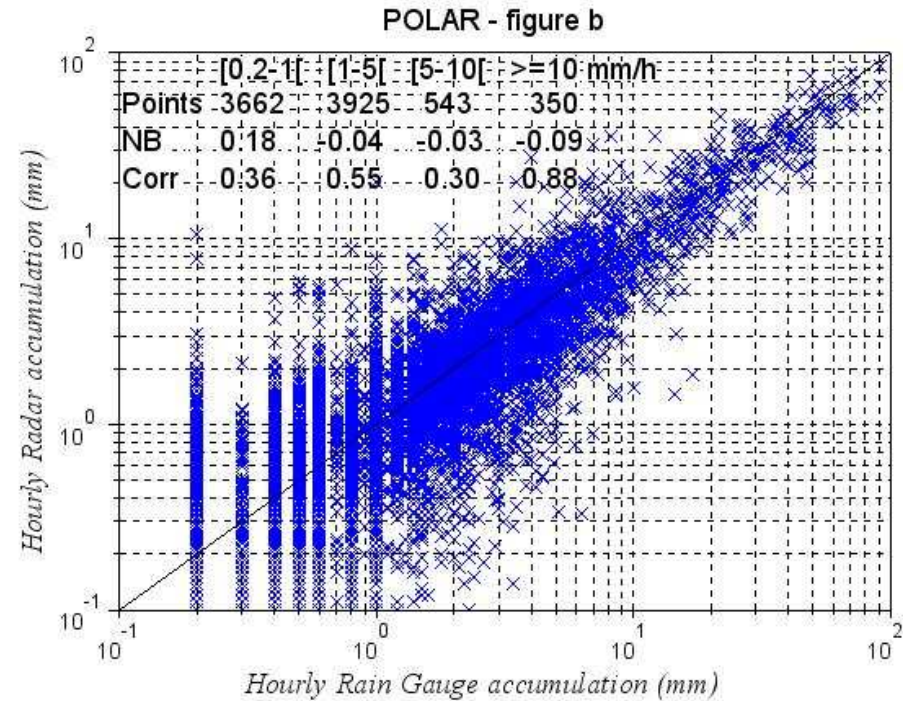
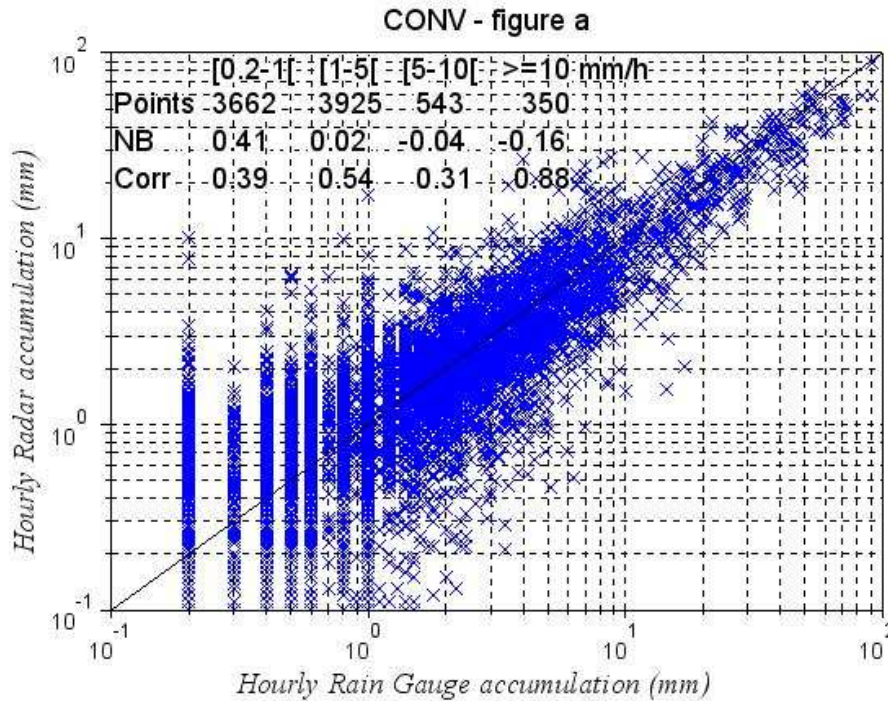
Fin 2017: 29 / 32

## Feuille de route sur la polarimétrie





Evaluation comparée des lames d'eau opérationnelles et polarimétriques sur 11 épisodes pluvieux (entre l'été et l'hiver 2010).



**Sous-estimations des pluies fortes**

(pluvios  $> 10 \text{ mm h}^{-1}$ )

**- 16 %**



**- 9 %**

**Sur-estimation des pluies faibles**

(pluvios  $< 1 \text{ mm h}^{-1}$ )

**+41 %**

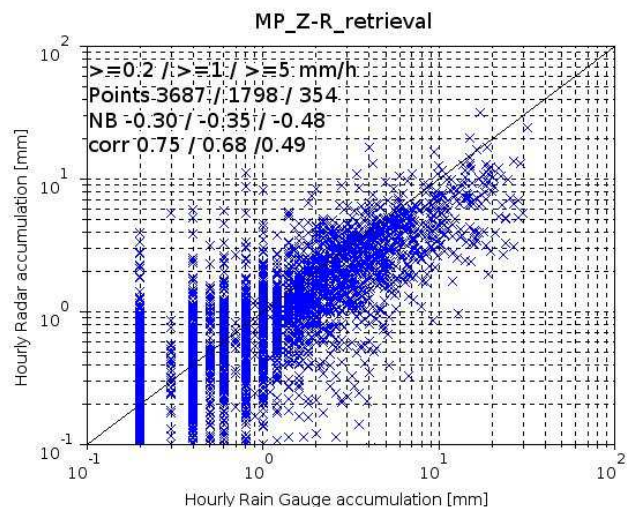


**+18 %**

# Etude de lames d'eau polarimétriques

## 5 radars (C) – 30 épisodes – été 2010

**Note importante:** lames d'eau simplifiées (mono-site, pas de masques, distance < 60 km, pluie uniquement, pas d'ajustement temps-réel par pluviomètres, ...)

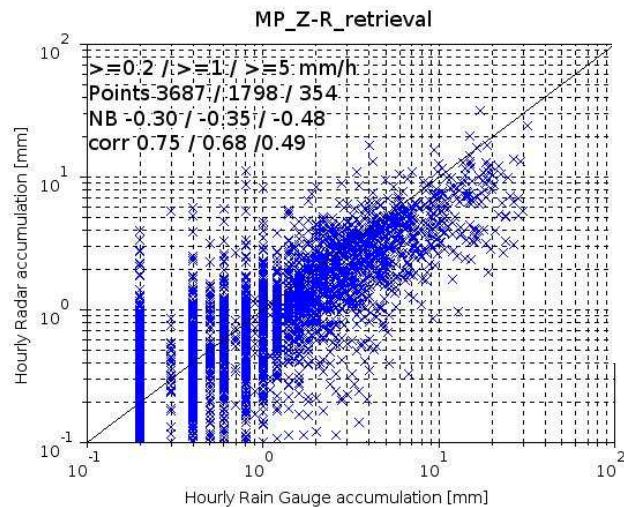


**Lame d'eau sans  
polarimétrie**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>**  
**Sous-estimation radar -48 %**  
**Corrélation = 0.49**

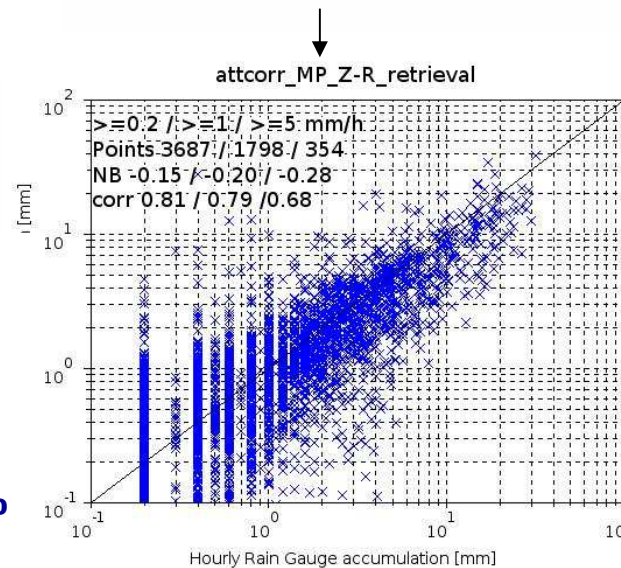
# Etude de lames d'eau polarimétriques 5 radars (C) – 30 épisodes – été 2010

**Note importante:** lames d'eau simplifiées (mono-site, pas de masques, distance < 60 km, pluie uniquement, pas d'ajustement temps-réel par pluviomètres, ...)



**Lame d'eau avec  
correction d'atténuation  
polarimétrique (« V1 »)**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>:  
Sous-estimation radar -28 %  
Corrélation = 0.68**



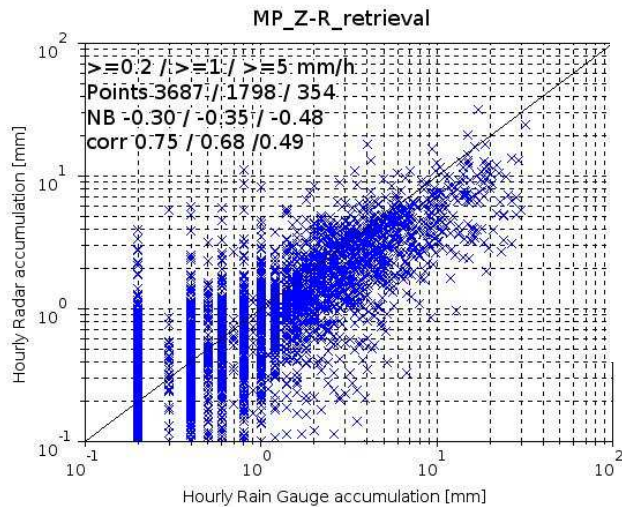
**Lame d'eau sans  
polarimétrie**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>  
Sous-estimation radar -48 %  
Corrélation = 0.49**



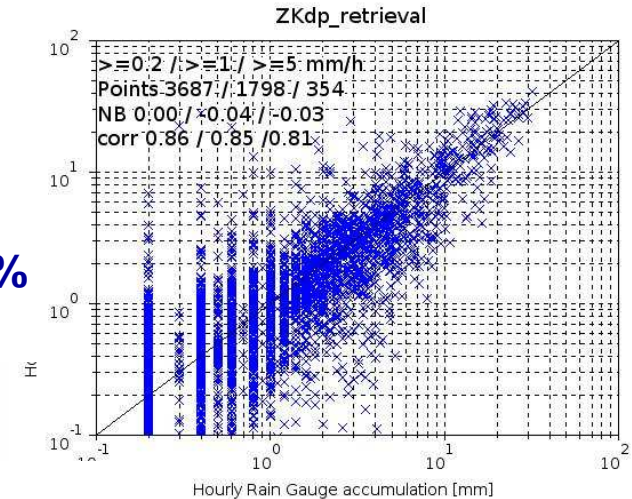
# Etude de lames d'eau polarimétriques 5 radars (C) – 30 épisodes – été 2010

**Note importante:** lames d'eau simplifiées (mono-site, pas de masques, distance < 60 km, pluie uniquement, pas d'ajustement temps-réel par pluviomètres, ...)



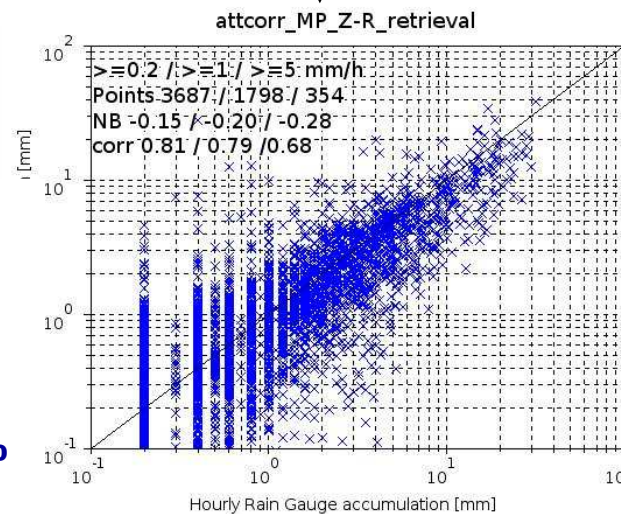
**Lame d'eau avec  
correction d'atténuation  
polarimétrique (« V1 »)**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>:  
Sous-estimation radar -28 %  
Corrélation = 0.68**



**Lame d'eau complètement  
polarimétrique (« V2 »)**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>:  
Sous-estimation radar -3 %  
Corrélation = 0.81**



**Lame d'eau sans  
polarimétrie**

**Cumul Pluvio > 5 mm h<sup>-1</sup>:  
Sous-estimation radar -48 %  
Corrélation = 0.49**





## Ajustement temps-réel par les pluviomètres

---

Ce qu'on fait aujourd'hui en temps-réel pour chaque radar (depuis 2007):

- ✓ A la fin de chaque heure (H+12'), on calcule un facteur d'ajustement global basé sur la comparaison des cumuls horaires radar et pluviométriques co-localisés sur les heures passées (H, H-1, H-2, ...)
- ✓ Le facteur d'ajustement est calculé en utilisant uniquement les pluviomètres dans les zones "bien vues" par le radar (~ jusqu'à 100 km en plaine).
- ✓ Le calcul inclut un filtrage temporel et un rappel vers le facteur correctif HYDRAM.
- ✓ Le facteur d'ajustement est ensuite appliqué à toutes les lames d'eau 5' "entrantes" jusqu'à l'heure suivante où il est mis à jour

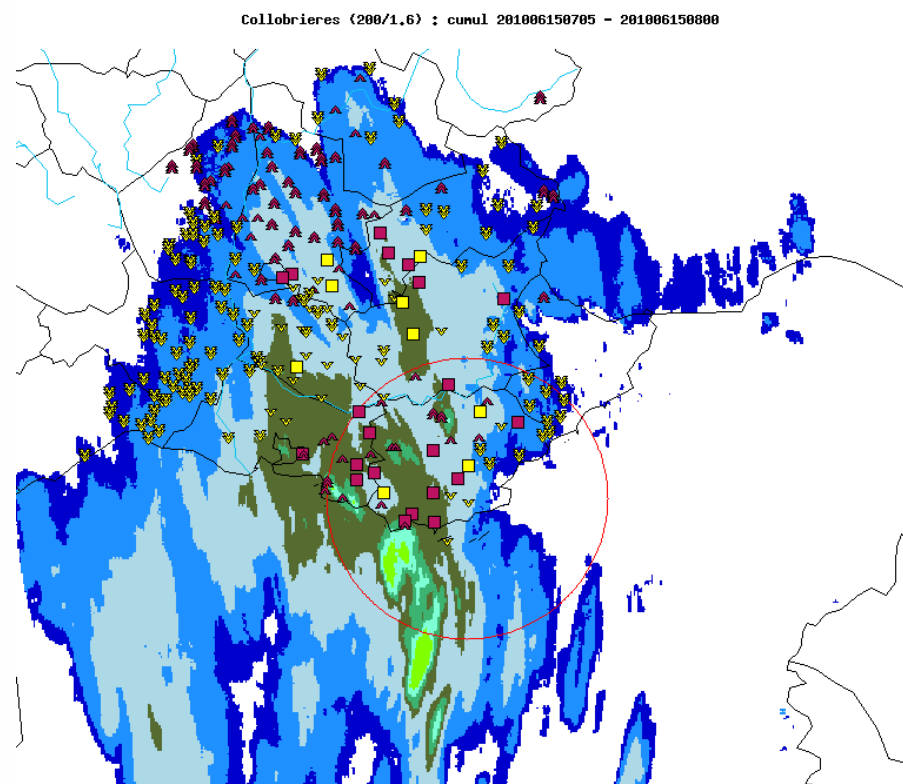
## Ajustement temps-réel par les pluviomètres

Ce qu'on souhaite tester en 2012:

- ✓ Mise à jour plus fréquente du facteur d'ajustement: 30 minutes
- ✓ Spatialisation du facteur d'ajustement → Carte de facteurs d'ajustement

Lame d'eau horaire brute + VIRAP sur le radar de Collobrières le 15 juin 2010 (épisode du Var) à 10h UTC

Cercle à 80 km du radar



Rapport  
pluvio/radar



## Apport des radars en bande X: RHYTMME

---

### Projet RHYTMME = une double innovation

#### ❑ Innovation sur le plan scientifique:

- ✓ adaptation de la chaîne polarimétrique à la bande X
- ✓ compositage intelligent: prise en compte de l'atténuation et du seuil de détection pour le compositage X – X et X – S

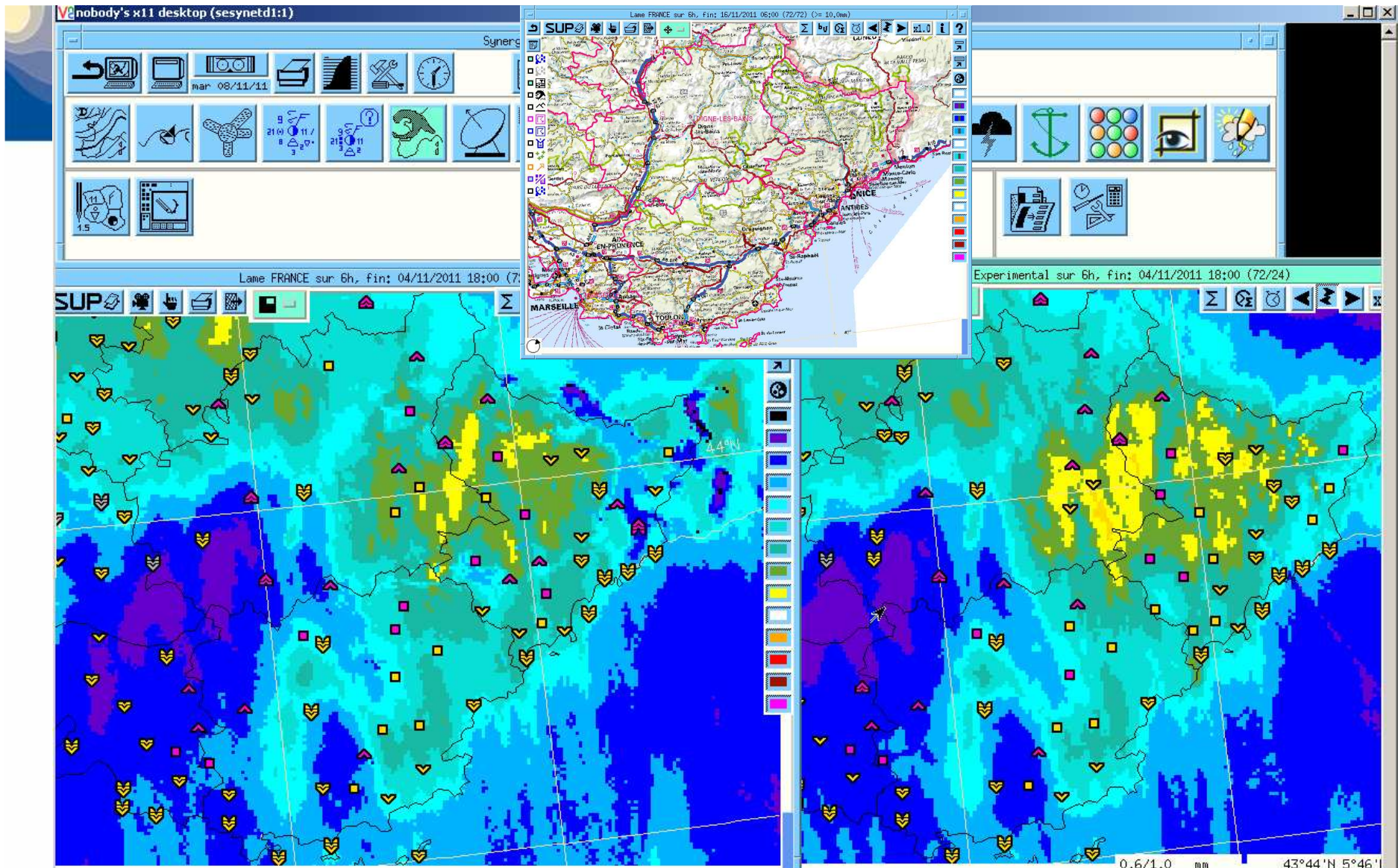
#### ❑ Innovation sur plan de l'ingénierie

- ✓ Concentration des tours d'antenne bruts polaires de tous les radars
- ✓ Fabrication des produits radar élaborés en central

⇒ Évolution vers une production radar centralisée (// UKMO, MeteoSwiss, KNMI, ...)

- ✓ La plate-forme radar RHYTMME fonctionne en temps-réel depuis juin 2011
- ✓ Elle est actuellement alimentée par le Mont Vial (CNRS, NOVIMET, CG06) et par le Mont Maurel
- ✓ L'évaluation est en cours. Fin du projet RHYTMME: fin 2013



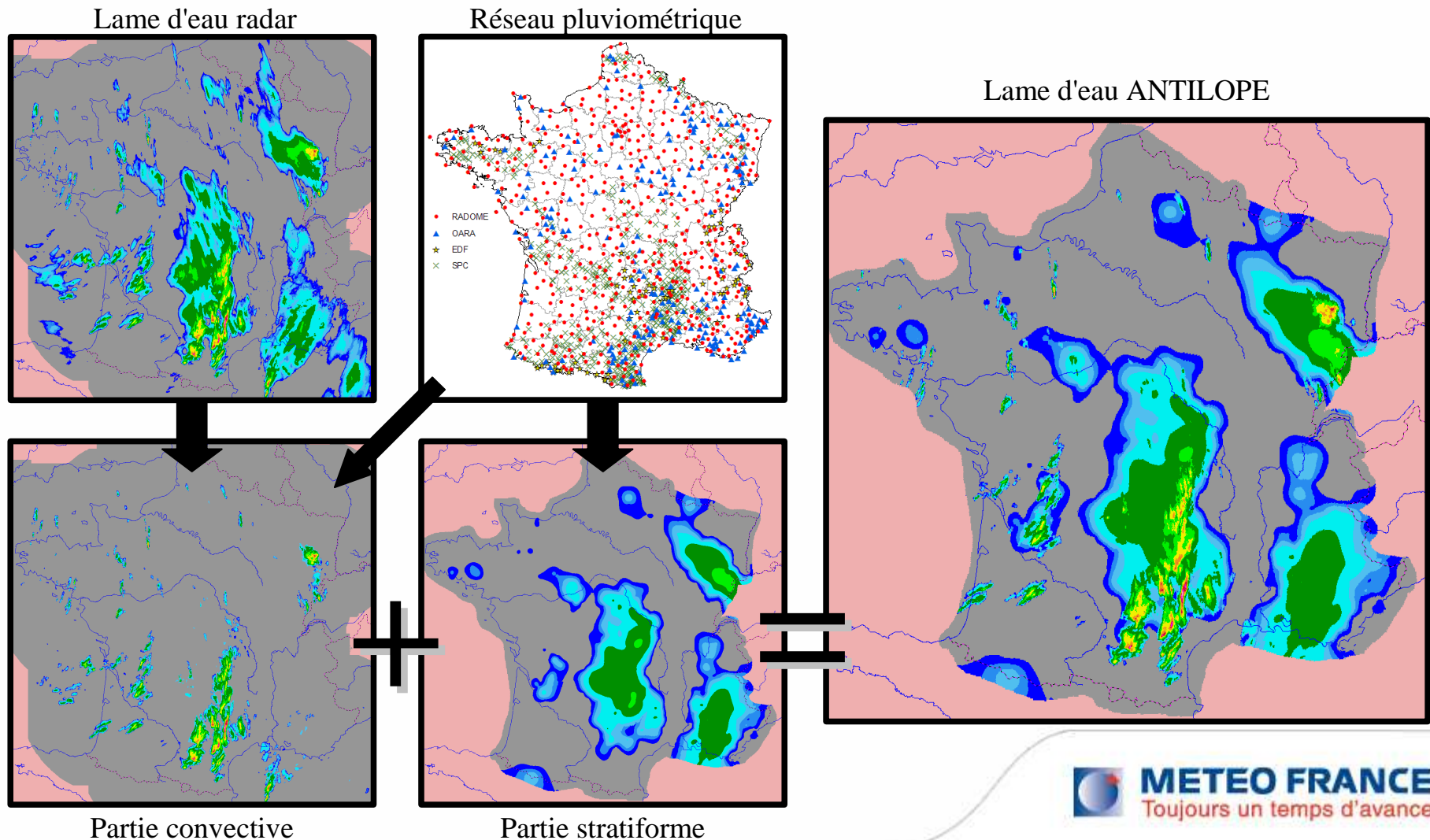


**Comparaison entre la mosaïque de lame d'eau opérationnelle ARAMIS sans (à gauche) et avec (à droite) les radars en bande X de RHYTMME avec VIRAPs superposés**

**Cumul horaire de 12.00 à 18.00 le 4 novembre 2011**

# Un rappel sur le produit ANTILOPE: analyses horaires radar – pluviomètres

- ❑ La partie stratiforme est obtenue par krigeage des valeurs pluviométriques de grande échelle.
- ❑ La partie convective est obtenue par détection de cellules sur les images radar, et est corrigée à l'aide des cumuls convectifs des pluviomètres situés sous ces cellules.





---

## Partie II

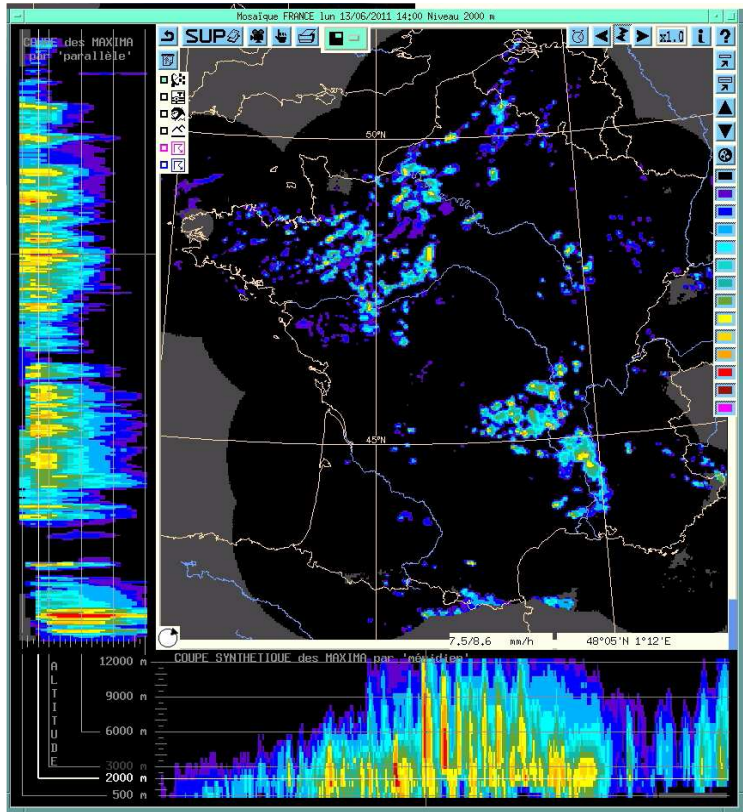
# Produits pour la prévision immédiate



## Produits radar pour le suivi et la prévision immédiate des phénomènes dangereux

---

- Champs 3D basse résolution
- Champs « 2D issus de 3D » haute résolution
- Mosaïque nationale de cisaillement de basses couches
- Mosaïque nationale « grêle au sol » (avec trois classes de diamètres: < 5 , 5 – 20 et > 20 mm)



Champs 3D basse résolution  
(15 minutes – 2.5 km) visualisé  
sous SYNERGIE

13 juin 2011 14.00

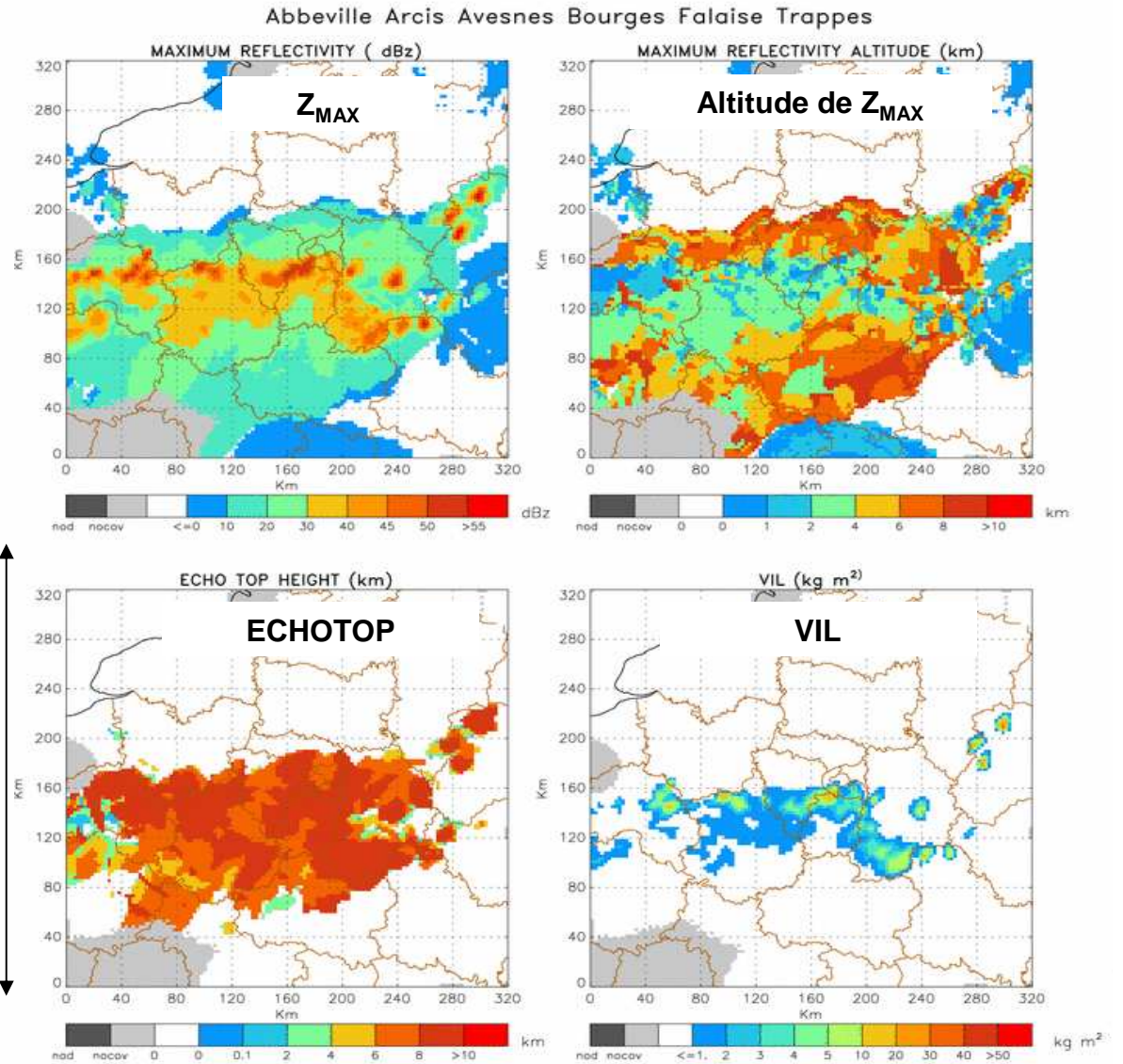
Opérationnel au T1 2012

320 km

Exemple de champs « 2D issus de 3D » Haute Résolution (5 minutes – 1 km<sup>2</sup>)

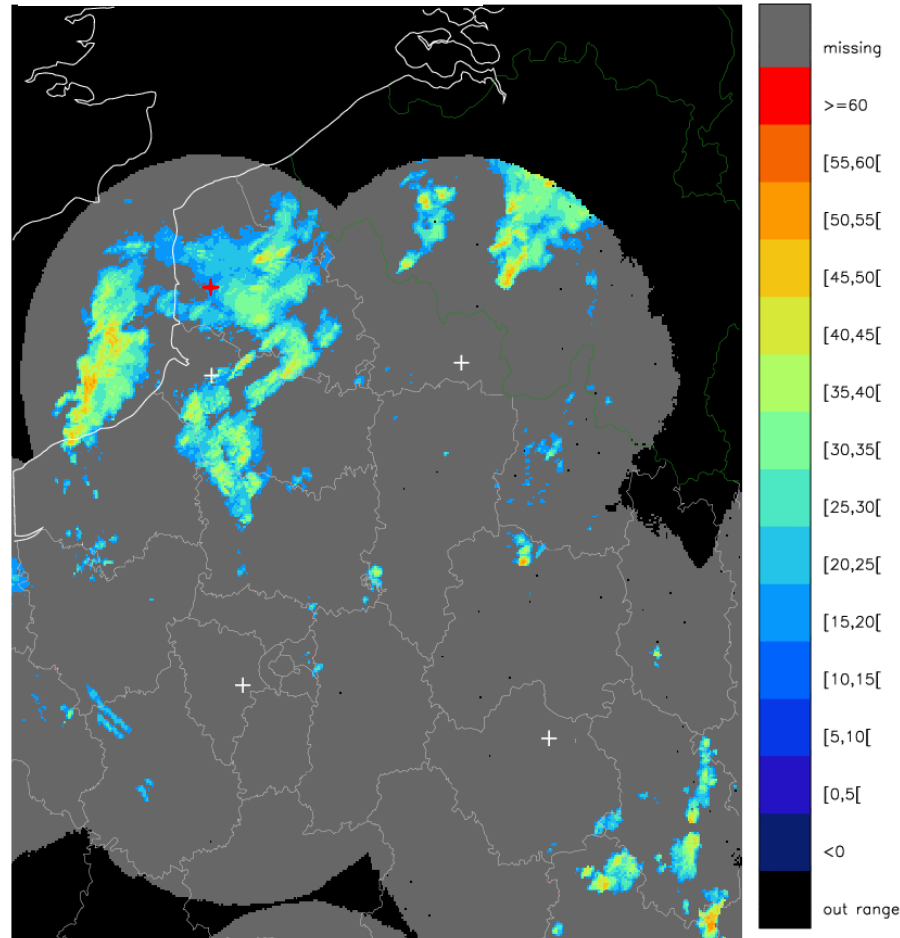
Démonstrateur FLYSAFE - 25 mai 2007 16.00

Horizon opérationnel: 2013

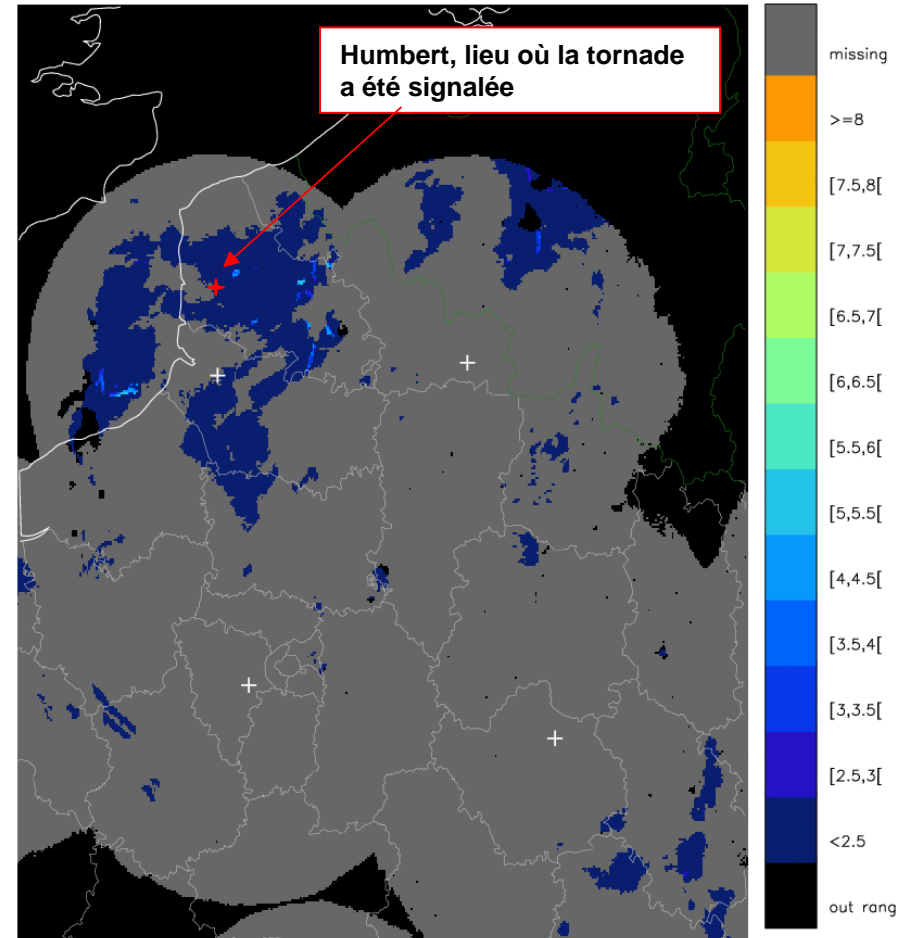


# Mosaïque de cisaillement – Tornado d'Humbert 23 août 2010 - Animation de 00 à 0225 UTC

Réflectivité (dBZ) 0000 UTC



Cisaillement (m/s/km) 0000 UTC



Signal fort en cisaillement et constant → meilleure anticipation d'un phénomène dangereux tel que front de rafale violent ou tornade

[Horizon opérationnel: fin 2012](#)



---

## Partie III

# Produit pour la prévision numérique



## Produits et développements pour la prévision numérique

---

- ❑ Les vitesses radiales et les réflectivités sont assimilées par le modèle AROME depuis plusieurs années maintenant.
- ❑ Des travaux de recherche sont menés sur la réfractivité (restitution de l'humidité en utilisant la phase de l'onde radar sur les échos fixes)

# Validation par comparaison avec la réfractivité issue des stations sol (Météo-France)

$$N = 77.6 \frac{P}{T} + 373000 \frac{e}{T^2}$$

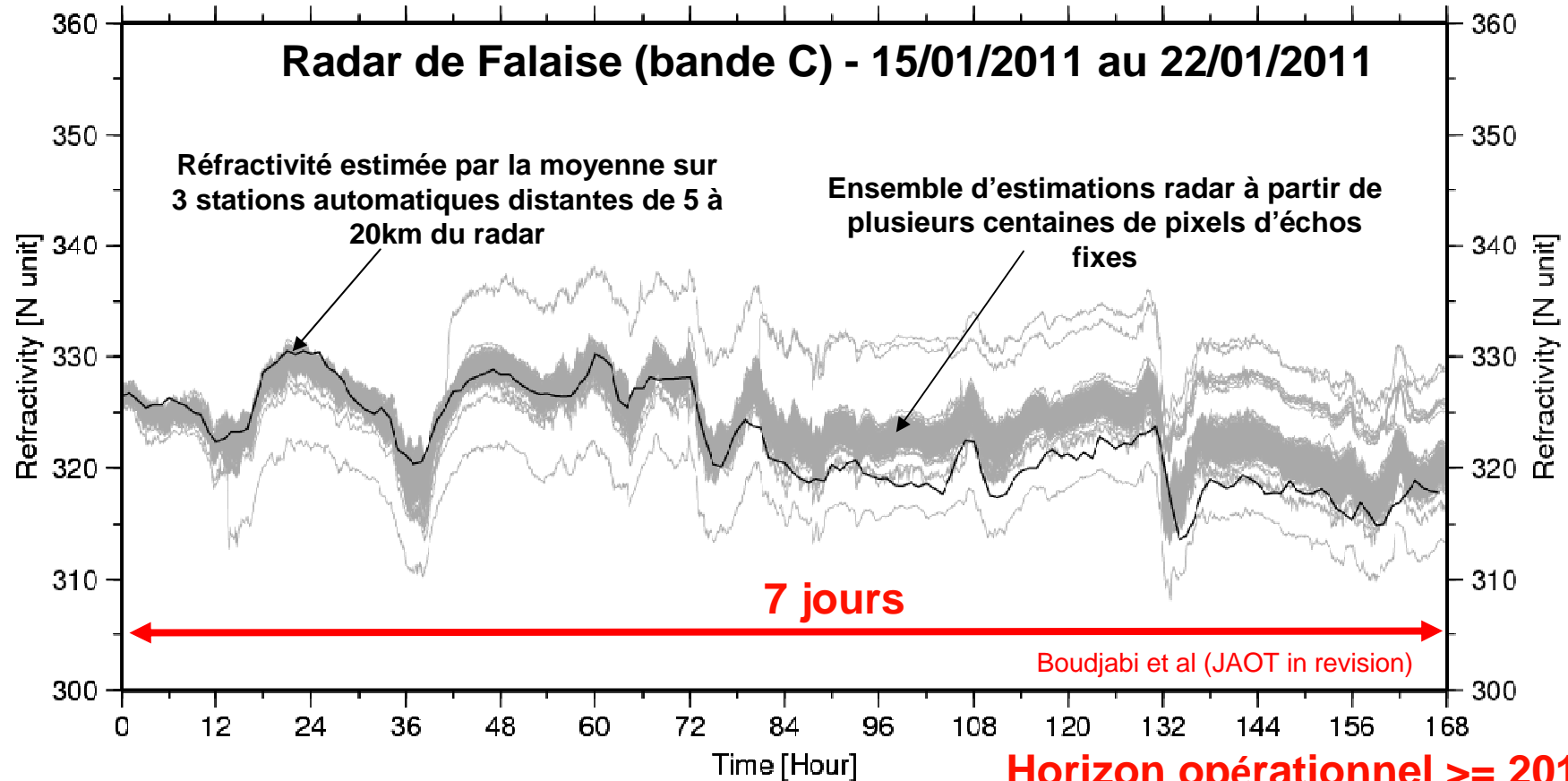


## Refractivity Time Serie

Falaise – 2011/01/15 – 2011/01/21

— Radar Refractivity

— Mean Insitu Refractivity



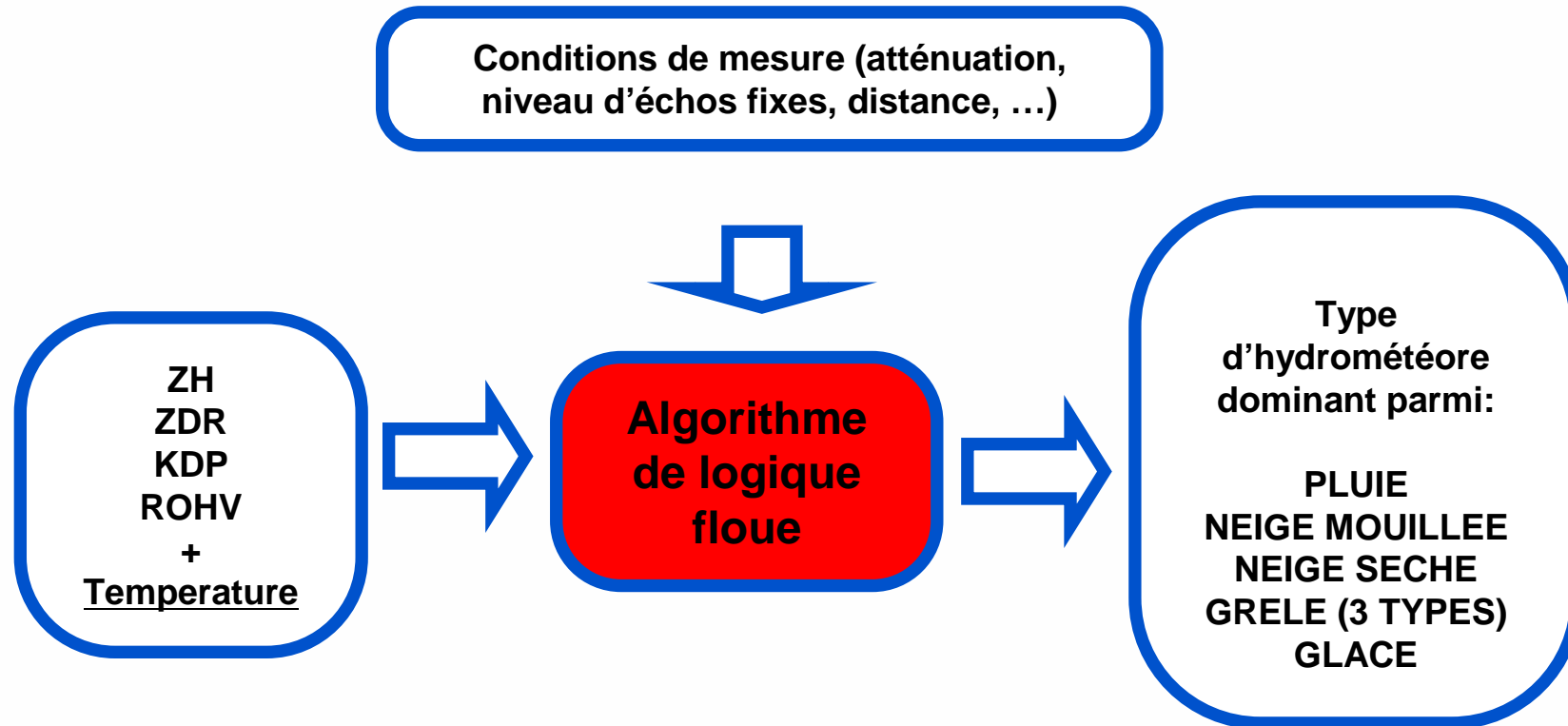


## Produits et développements pour la prévision numérique

---

- ❑ Les vitesses radiales et les réflectivités sont assimilées par le modèle AROME depuis plusieurs années maintenant.
- ❑ Des travaux de recherche sont menés sur la réfractivité (restitution de l'humidité en utilisant la phase de l'onde radar sur les échos fixes)
- ❑ Des travaux de recherche ont également démarré pour étudier l'intérêt des mesures polarimétriques en prévision numérique

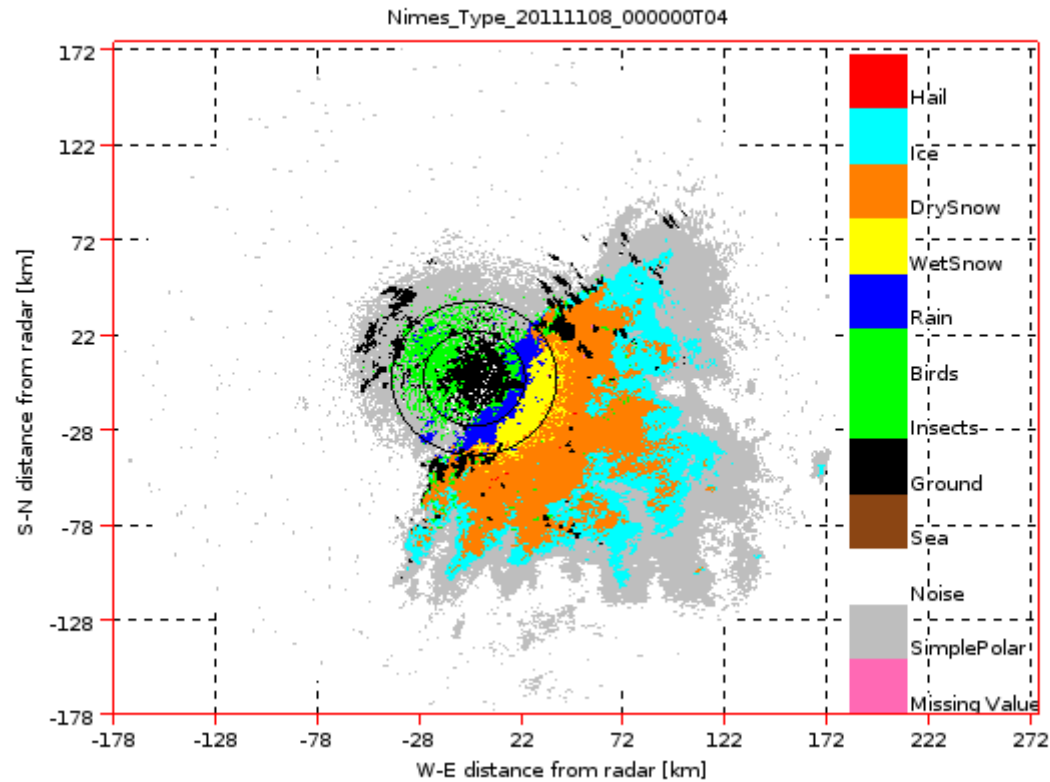
## Polarimétrie et hydrométéores



- ❑ Classification réalisée sur les tours d'antenne
- ❑ Information utilisable par:
  - produit de fusion pluie / neige au sol (VISON)
  - modèle numérique
  - mosaïque de grêle
  - algorithme lame d'eau / neige

**Horizon opérationnel: fin 2013**

## Exemple : Nîmes, 1.8°, 8 novembre 2011, de 00h à 06h (TU)



## Produits et développements pour la prévision numérique

---

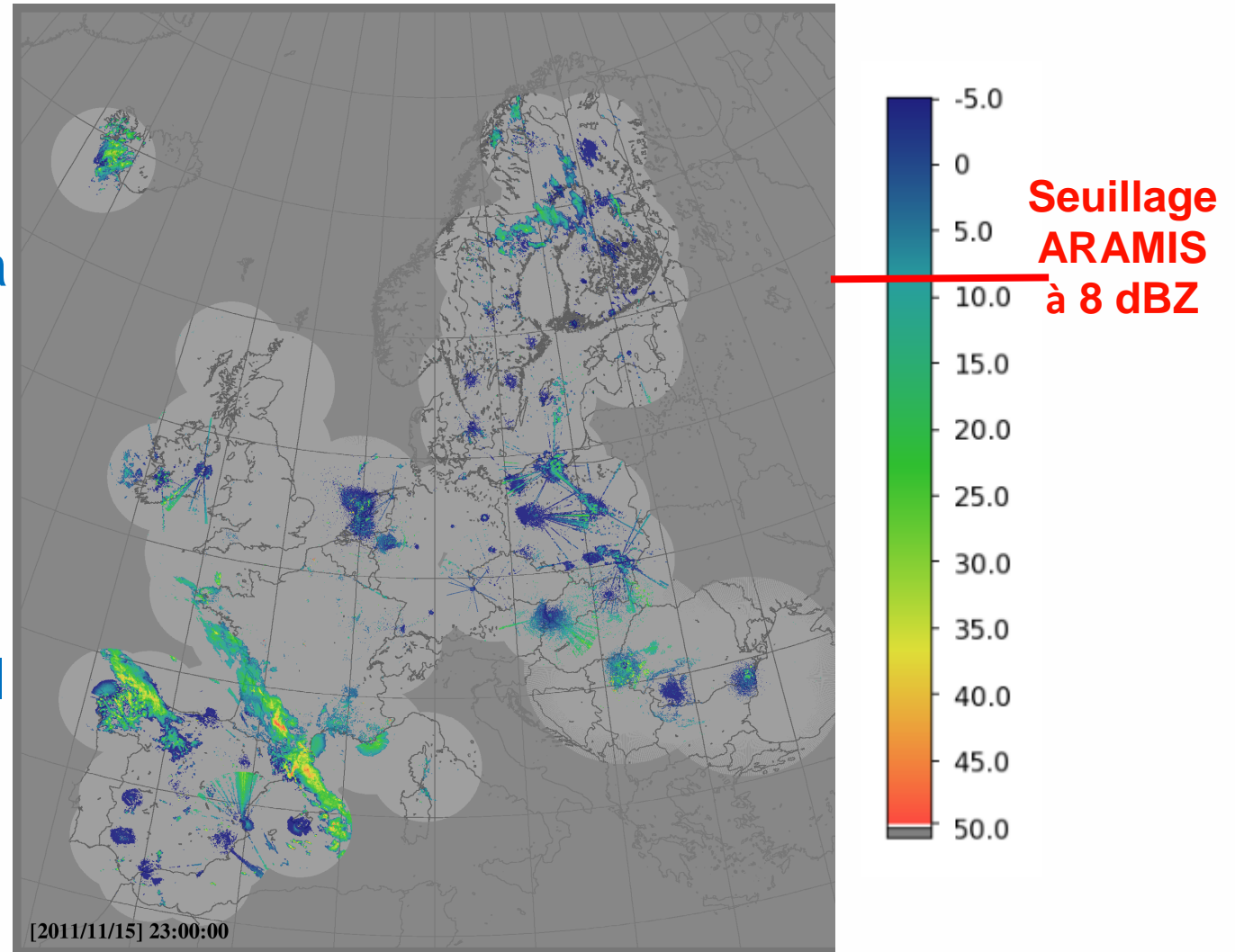
- ❑ Les vitesses radiales et les réflectivités sont assimilées par le modèle AROME depuis plusieurs années maintenant.
- ❑ Des travaux de recherche sont menés sur la réfractivité (restitution de l'humidité en utilisant la phase de l'onde radar sur les échos fixes)
- ❑ Des travaux de recherche ont également démarré pour étudier l'intérêt des mesures polarimétriques en prévision numérique
- ❑ Le CMR va soutenir le CNRM dans son travail d'assimilation des données radar européennes (en phase la mise en place de l'AROME-PI couvrant le domaine FABEC).

Le développement pionnier de l'OPERA Data Centre (« Odysseï »), co-développement avec les Anglais (UKMO), est une première contribution. Odysseï est le premier « hub » européen pour les données radar brutes.

## Exemple de mosaïque européenne Odyssey

Démarrage de la production en janvier 2011 !

> 100 radars concentrés à ce jour en temps réel à Toulouse et Exeter





## Conclusions - Perspectives

---

- ❑ Des utilisateurs de plus en plus exigeants, par exemple sur la qualité des lames d'eau
- ❑ Des nouveaux domaines d'application: prévision numérique, climatologie, aéroports, ...qui se rajoutent aux domaines « historiques » : hydrologie, prévision immédiate.
- ❑ Des technologies et une algorithmie de plus en plus complexes: diversité de polarisation
- ❑ On ne peut pas tout faire tout de suite ! Equipe R&D radar à Météo France = ~ 12 personnes. Quelques exemples de sujets/produits à lancer à l'avenir:
  - ✓ Fourniture en temps-réel d'une mosaïque donnant l'incertitude sur la lame d'eau
  - ✓ Lames d'eau haute résolution (250 ou 500 m)
  - ✓ Traitement du signal en amont: analyses spectrales, sur-échantillonnage, ...
  - ✓ Estimation quantitative des taux de précipitations neigeuses, ...



