

An aerial photograph of a town, likely in the French Alps, is partially obscured by thick, white clouds. Overlaid on the bottom left of the image is a white weather map showing isobars (lines of equal pressure) and wind vectors (arrows). The isobars are labeled with values such as 1010, 1015, 1020, 1025, 1030, 1035, and 1040. The wind vectors indicate a flow from the southwest towards the northeast. The town below is a dense cluster of buildings with dark roofs, surrounded by green fields and some forested areas. The sky above the clouds is a deep blue.

Etat de l'art et progrès à attendre sur la prévisibilité météorologique et hydrologique

Jean-Marie Carrière
Directeur de la Prévision

20/11/2012



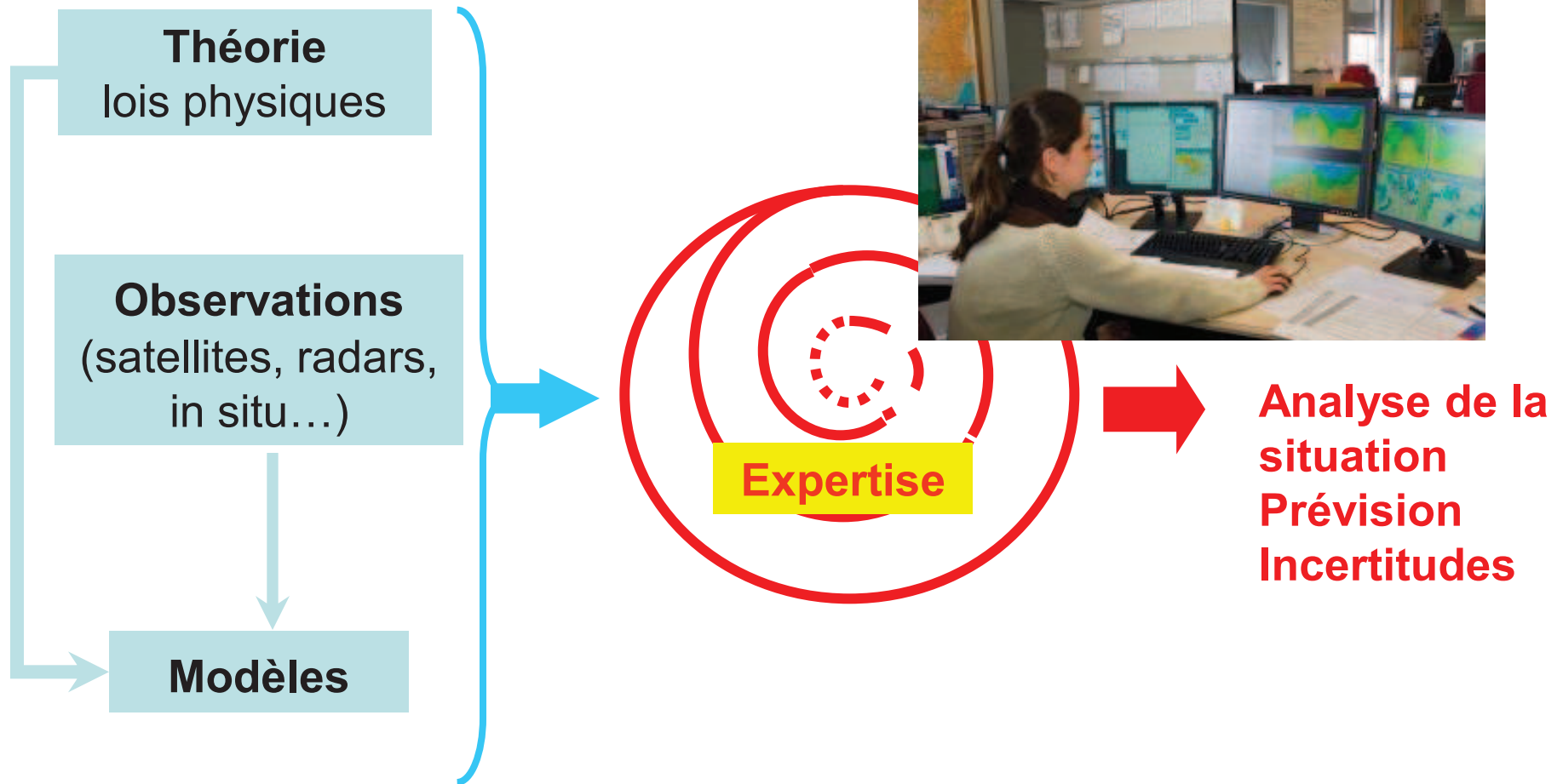
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

La prévision météorologique

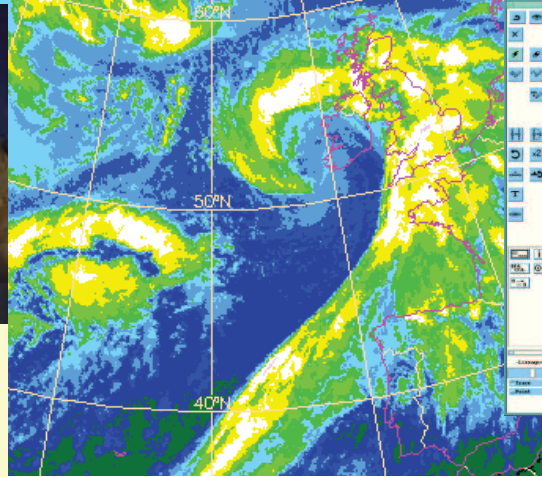


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

La prévision météorologique



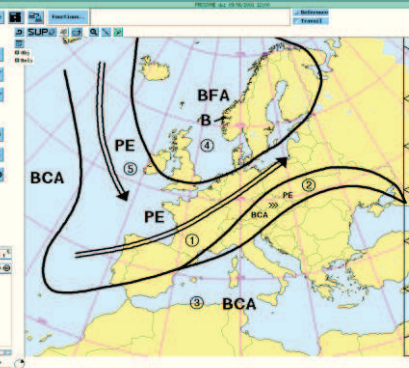
Que peut on prévoir et à quelle échéance?



Tempête ~2000 km

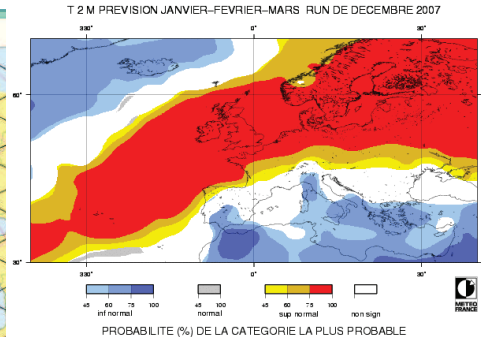
2-4 jours

Prévision déterministe à courte et moyenne échéance
Prévision d'ensemble



Type de circulation, type de temps, tendance
~7000 km

10-15 jours



Signal sur certains paramètres comme la température jusqu'à 2 voire 3 semaines

Prévision mensuelle

Détermination des phénomènes et du temps jusqu'à 3 ou 4 jours selon le contexte atmosphérique

Au-delà de 4 jours, des prévisions probabilistes (indices de confiance)

L'état de l'art

☐ Prévision immédiate

- ✓ Au sens de l'OMM, prévision de T_0 à T_0+2 heures
- ✓ En pratique, prévision de T_0 à T_0+3 à 6 heures

☐ Prévision déterministe à courte et moyenne échéance

- ✓ Jusqu'à 10 jours d'échéance

☐ Prévision d'ensemble

- ✓ Jusqu'à 15 jours d'échéance

☐ Prévision mensuelle

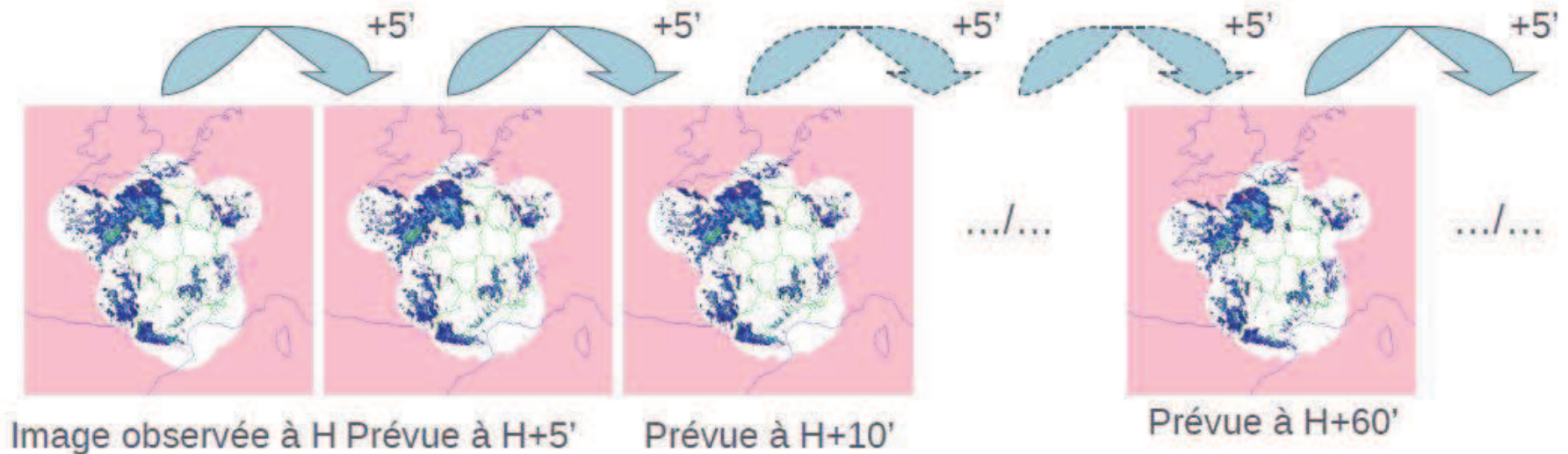
- ✓ Jusqu'à S+4
- ✓ Peut être vu comme une extension des prévisions d'ensemble au-delà de 15 jours d'échéance

L'état de l'art – Prévision immédiate

❑ Extrapolation des observations radars

- ✓ Applicable au suivi des pluies
- ✓ Efficace jusqu'à 1 heure d'échéance, moins en zone de montagne
- ✓ Peut comporter une composante probabiliste

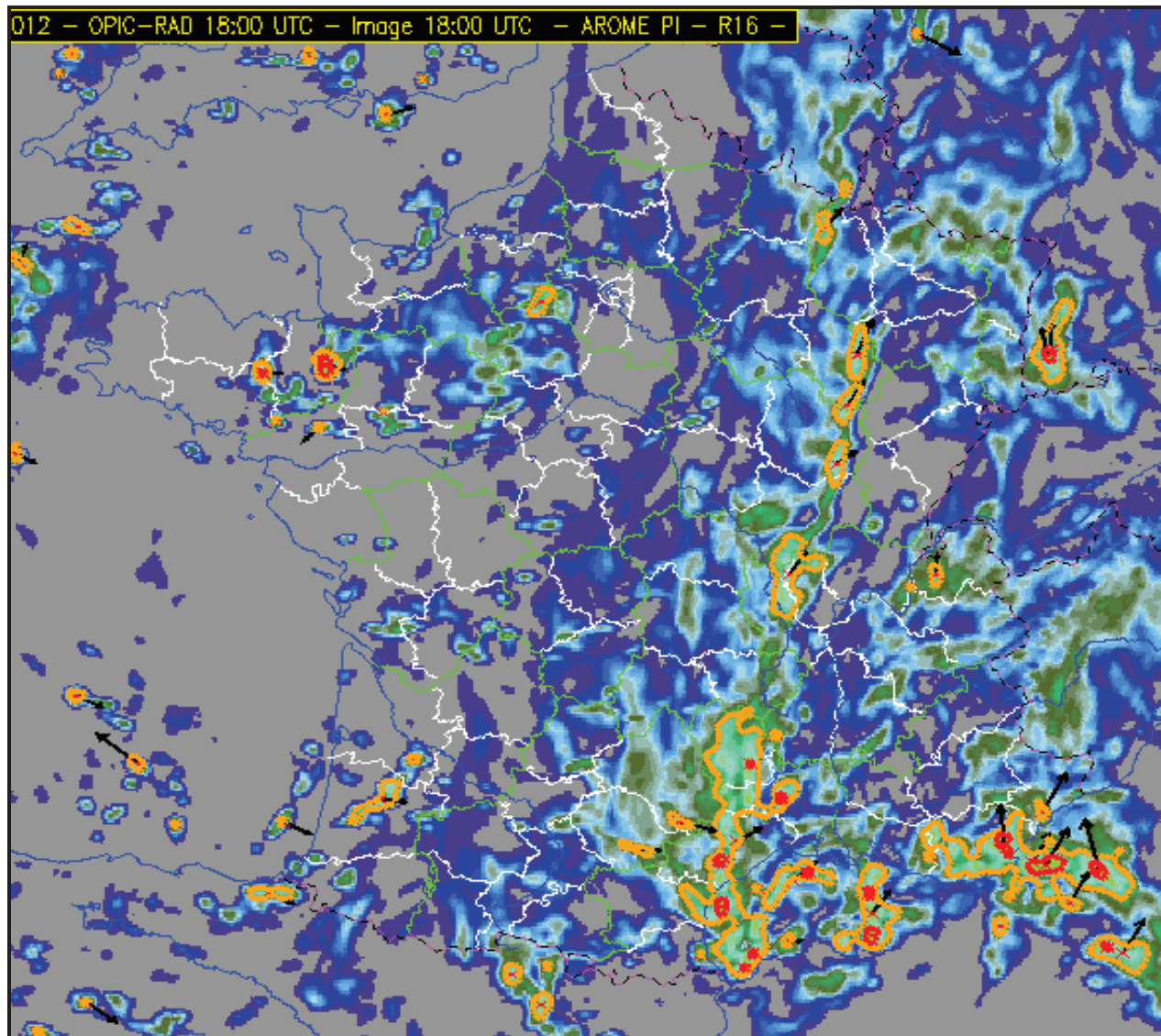
Advections successives avec le même champ de mouvement



L'état de l'art – Prévision immédiate

- ❑ Utilisation de la prévision numérique pour la prévision immédiate
 - ✓ Sauf pour les toutes premières échéances
 - ✓ Prévisions numériques remises à jour fréquemment
 - ❑ Objectif Météo-France : runs AROME toutes les 3 heures à horizon 2014 (aujourd'hui toutes les 6 heures)
 - ✓ A petite échelle : simulations non-hydrostatiques
 - ❑ Objectif Météo-France : résolution AROME opérationnel 1,3 km en 2015 (aujourd'hui 2,5 km)
 - ✓ Pour les phénomènes convectifs, eu égard à la forte variabilité des pluies, prévision d'ensemble non-hydrostatique
 - ❑ Objectif Météo-France : opérationnelle en 2015

L'état de l'art – Prévision immédiate



Prototype AROME-
PI et comparaison
aux structures radar

Situation du 10 avril 2012,
18h UTC



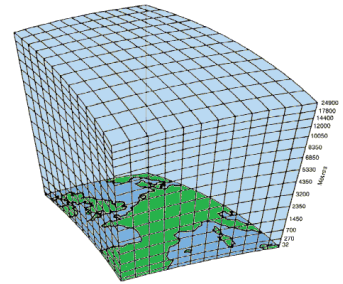
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

L'état de l'art – Prévision déterministe à courte et moyenne échéance

9

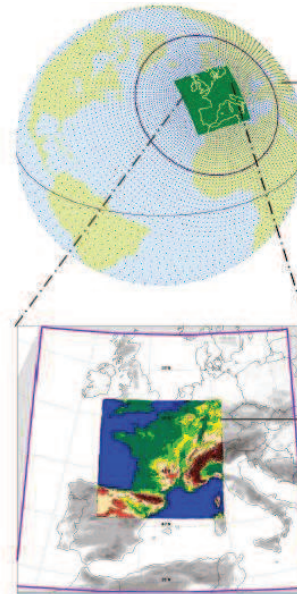
❑ Arpège

- ✓ Modèle global en équations primitives
 - ✓ Technique spectrale, physique traitée en points de grille
 - ✓ Maille étirée, résolution opérationnelle équivalente à 10 km sur la France
 - ✓ Intégration numérique : schéma temporel semi-lagrangien à 2 niveaux, semi-implicite
- ✓ Utilisé comme coupleur pour ALADIN et AROME



❑ ALADIN

- ✓ Version à aire limitée d'Arpège
- ✓ Utilisée pour l'outre-mer
- ✓ Résolution opérationnelle équivalente à 7,5 km



10 km resolution 10
Global model ARPEGE,
up to 5 days
▶ Runned in a deterministic and
ensemble mode



2,5 km resolution
Limited area model AROME,
up to 36 h
▶ Deterministic, soon used in an
ensemble mode

❑ AROME

- ✓ Modèle non-hydrostatique
- ✓ Résolution opérationnelle 2,5 km
- ✓ Physique détaillée des changements de phase de l'eau
- ✓ Pris en compte des données radars (vents radiaux Doppler et réflectivités) dans l'assimilation



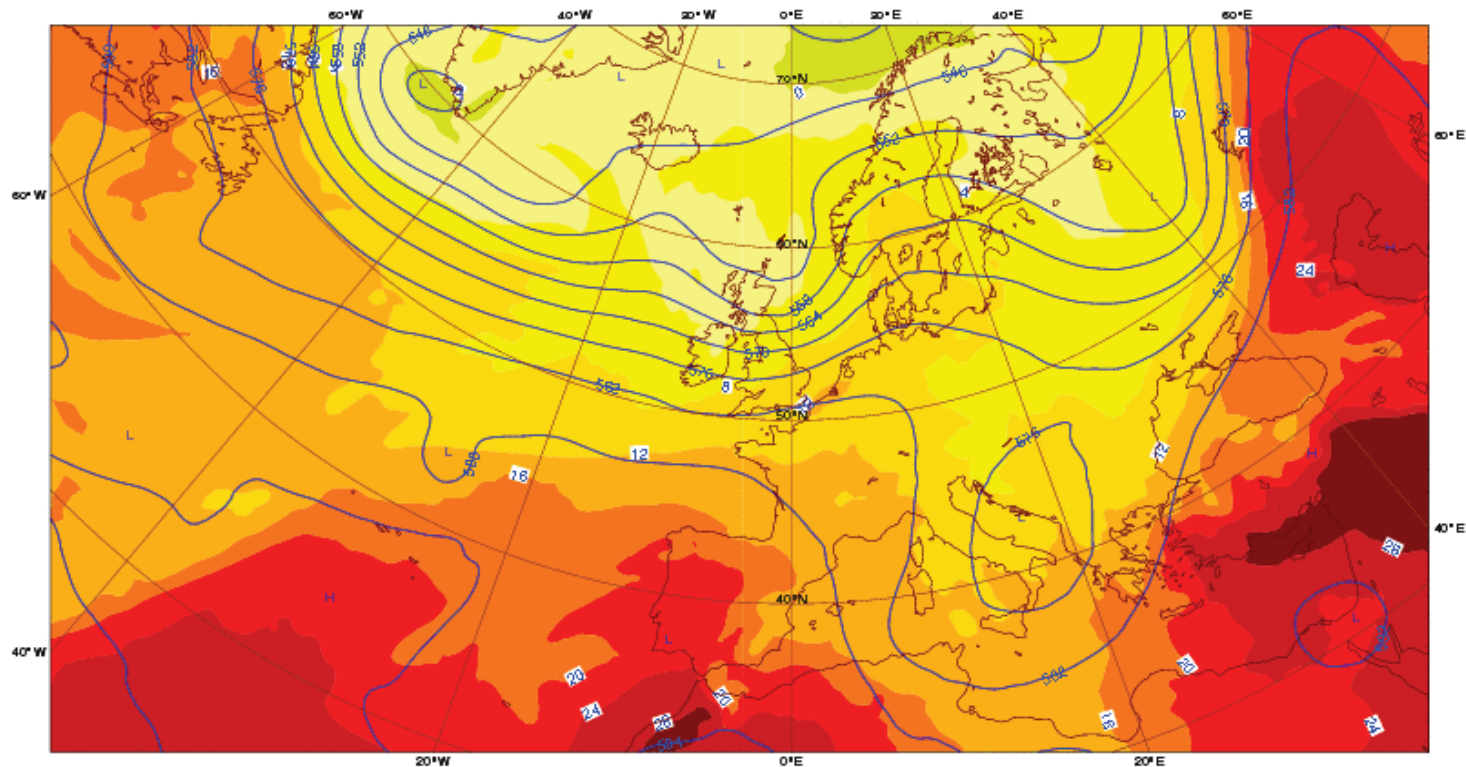
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

L'état de l'art – Prévision déterministe à courte et moyenne échéance

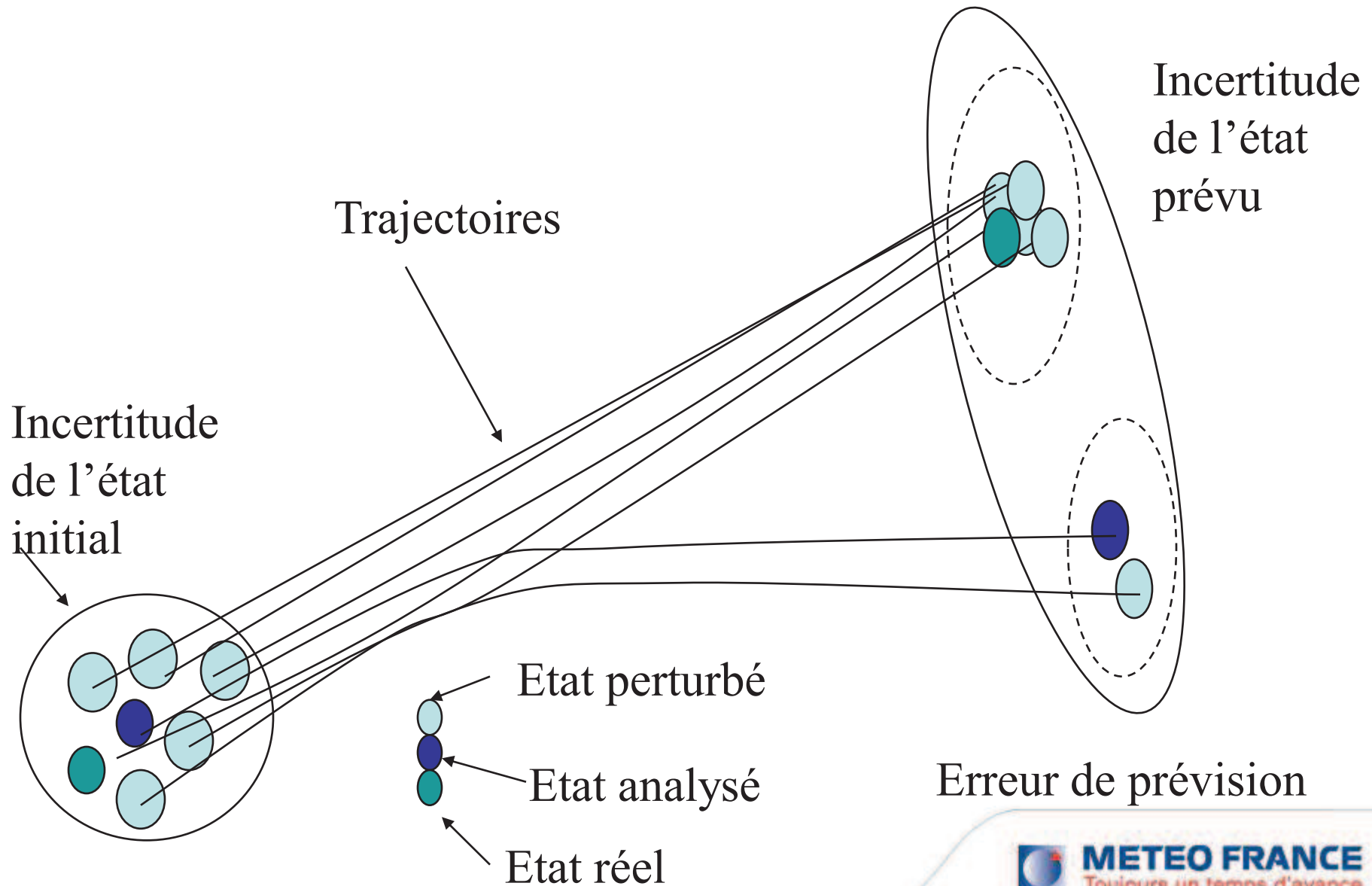
□ CEPMMT

- ✓ Modèle global en équations primitives
- ✓ Optimisé pour la moyenne échéance (prévisions au-delà de J+3)
- ✓ Développé conjointement avec Arpège
- ✓ Résolution opérationnelle équivalente à 16 km sur tout le globe

Monday 9 July 2012 00UTC ©ECMWF Forecast t+240 VT: Thursday 19 July 2012 00UTC
850 hPa Temperature / 500 hPa Geopotential



L'état de l'art – Prévision d'ensemble



L'état de l'art – Prévision d'ensemble

❑ PEARP

- ✓ Prévision d'ensemble Arpège
- ✓ 35 membres
- ✓ Perturbations de l'état initial : vecteurs singuliers et ensemble d'assimilations Arpège
- ✓ Perturbations du modèle : utilisation de physiques différentes
- ✓ Résolution équivalente à 15 km sur la France

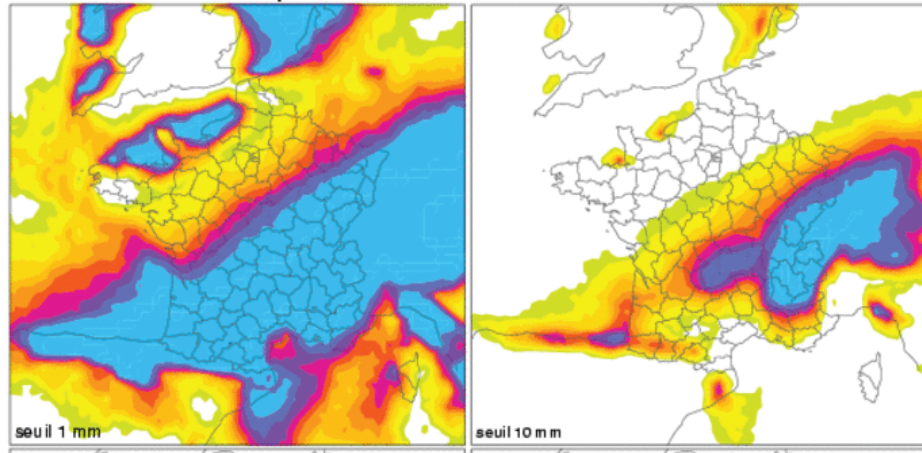
❑ EPS

- ✓ Prévision d'ensemble CEPMMT
- ✓ 51 membres
- ✓ Perturbations de l'état initial : vecteurs singuliers et ensemble d'assimilations IFS
- ✓ Résolution équivalente à 32 km sur la France

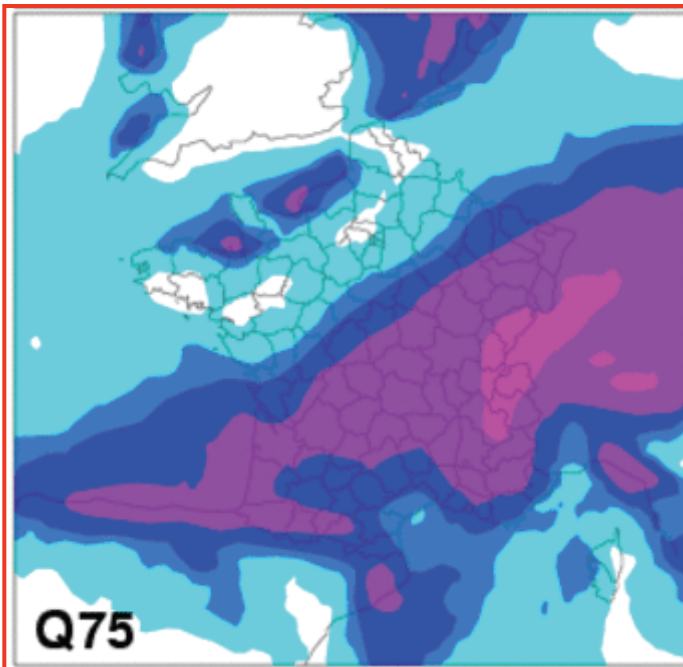
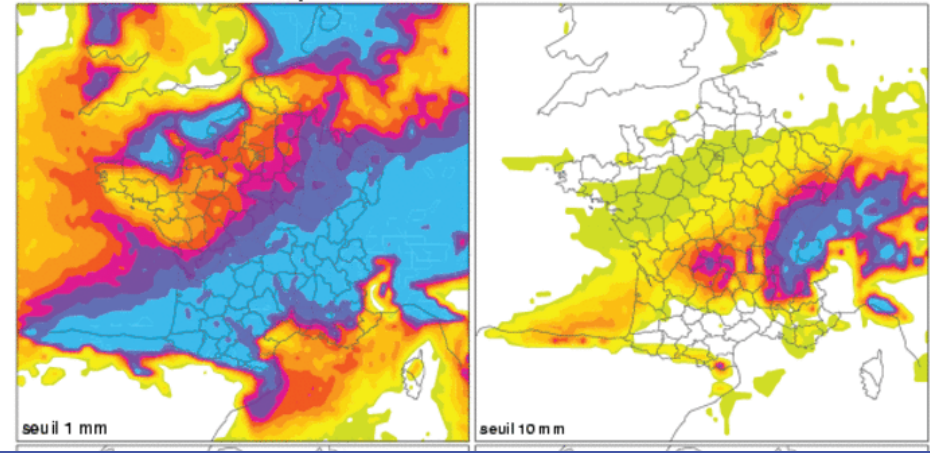


L'état de l'art – Prévision d'ensemble

EPS : Proba RR24 sup seuil - Base : 20111017 0h - Ech : 72h - NB runs : 51

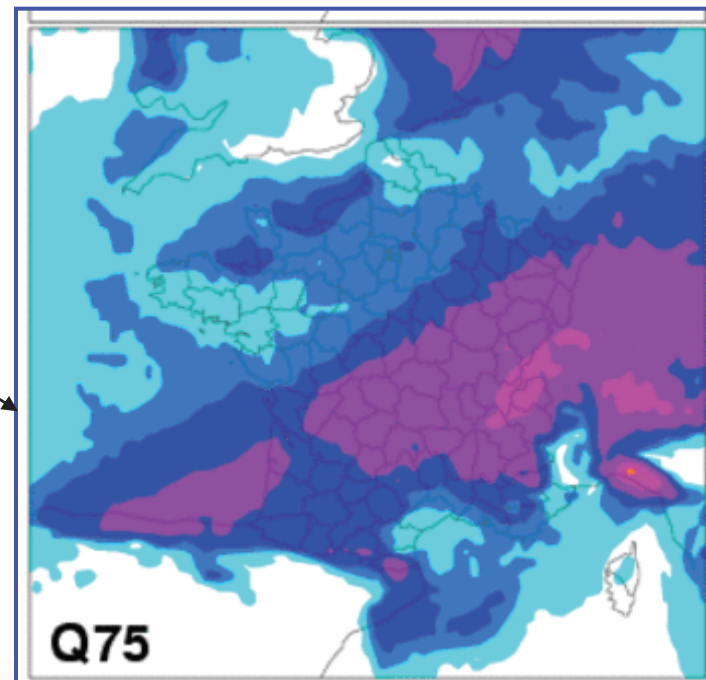


PEARP : Proba RR24 sup seuil - Base : 20111017 6h - Ech : 66h - NB runs : 35



EPS

PEARP



L'état de l'art – Prévision mensuelle

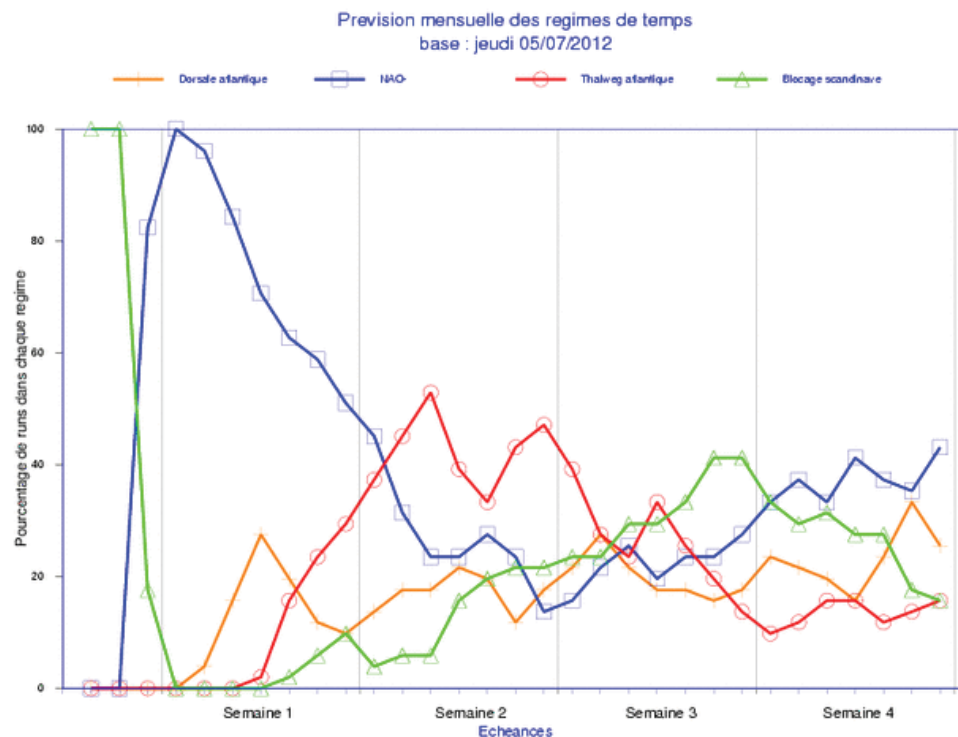
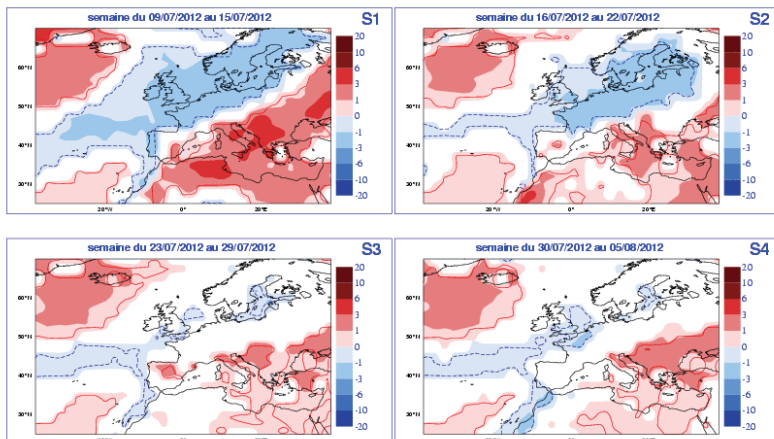
□ Prévision mensuelle du CEPMMT

- ✓ Prévision d'ensemble étendue à 1 mois avec couplage avec l'océan au-delà de J+10
 - Et bientôt dès J₀
- ✓ Signal utile faible au-delà de S+2
 - Mais tout dépend de ce que l'on cherche dans la prévision...
 - Et des conditions initiales, notamment sur les Tropiques
 - Plus de prévisibilité quand un régime NAO est présent dans les conditions initiales
 - Conditions sur l'Europe de l'ouest mieux prévues quand la MJO est bien prévue

Prévision mensuelle du 05/07/2012

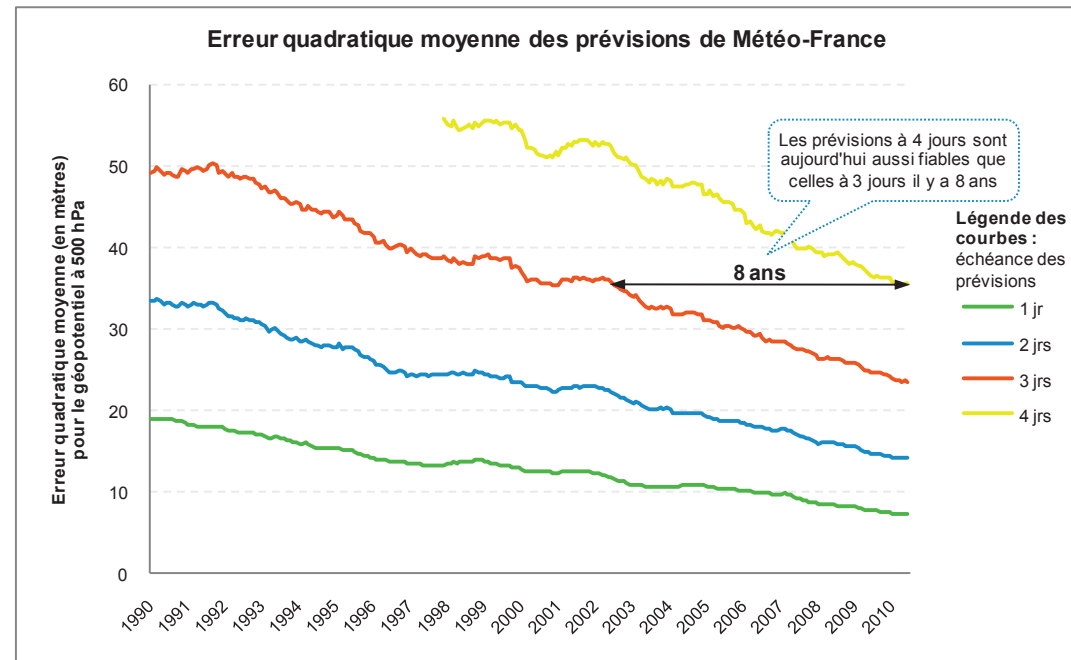
Anomalie hebdomadaire de T2m

zone blanche = pas de signal significatif



Quelques éléments sur la performance de la prévision météorologique

- ❑ Une amélioration régulière des scores au fil des ans
- ❑ Score des prévisions par adaptations statistiques de température maximale sur la France
 - ✓ À J+1 : erreur quadratique moyenne de l'ordre de 1 à 1,25°C
 - ✓ À J+7 : erreur quadratique moyenne de l'ordre de 3°C
- ❑ Score des prévisions par adaptations statistiques de la force du vent moyen à 10 m sur la France
 - ✓ À J+1 : erreur quadratique moyenne de l'ordre de 3,5 km/h
 - ✓ À J+7 : erreur quadratique moyenne de l'ordre de 5 km/h
- ❑ Score OMM de référence

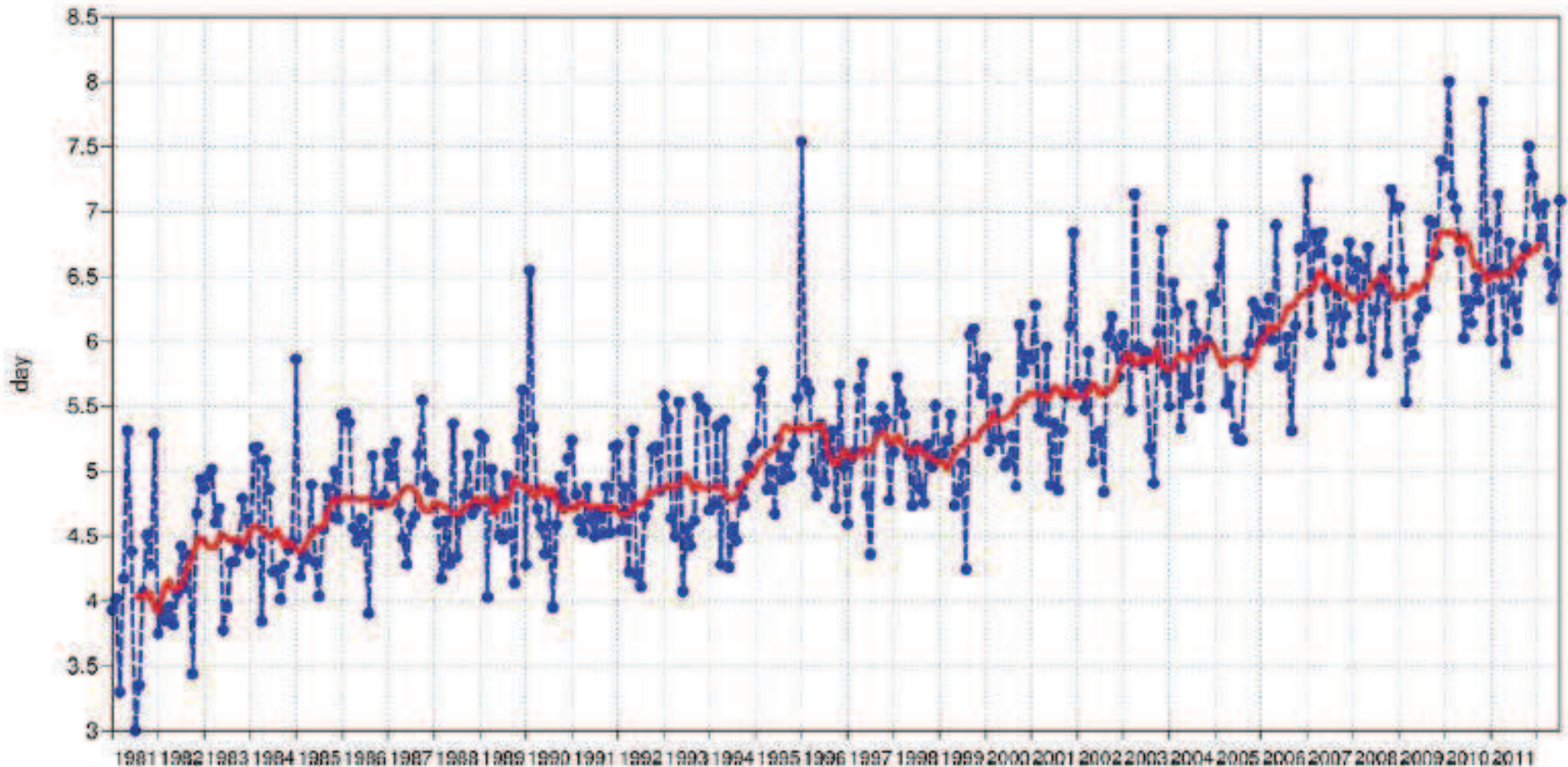


Quelques éléments sur la performance de la prévision météorologique

Primary headline score for the deterministic forecasts

Evolution with time of the 500 hPa geopotential height forecast performance – each point on curves is the forecast range at which the monthly mean (blue lines) or 12-month mean centred on that month (red line) of the forecast anomaly correlation with the verifying analysis falls below 80% for Europe

Source : CEPMMT

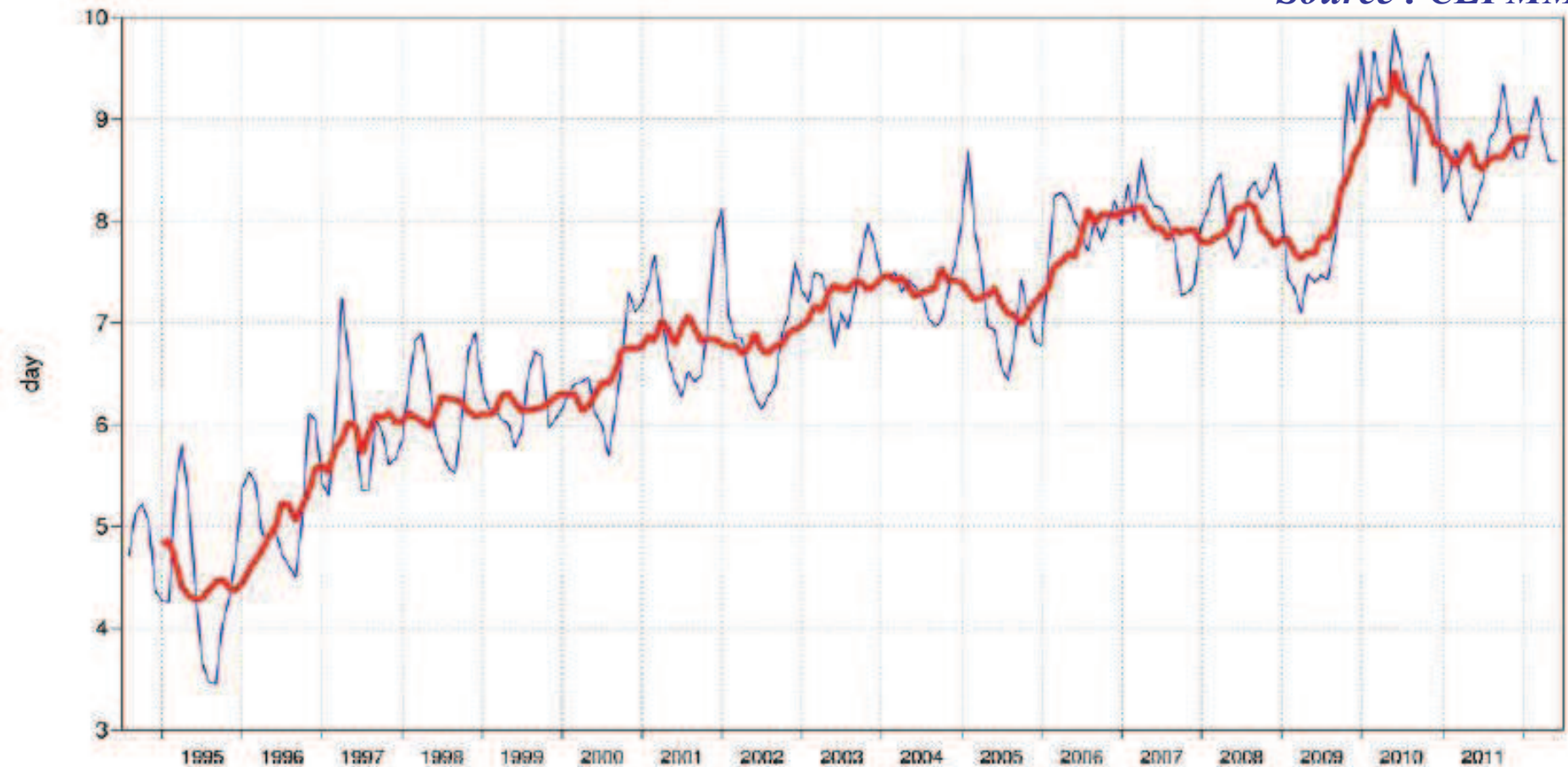


Quelques éléments sur la performance de la prévision météorologique

Primary headline score for the ensemble probabilistic forecasts

Evolution with time of the 850 hPa geopotential temperature ensemble forecast performance – each point on curves is the forecast range at which the 3-month mean (blue line) or 12-month mean centred on that month (red line) of the continuous ranked probability skill score (CPRSS) falls below 25% for Europe

Source : CEPMMT

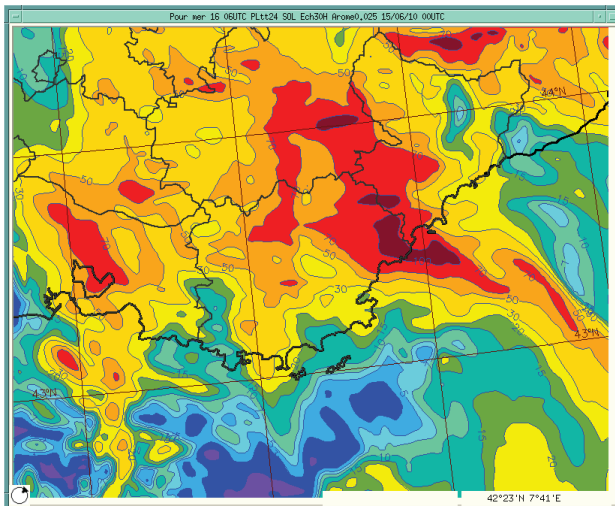


Quelques éléments sur la performance de la prévision météorologique

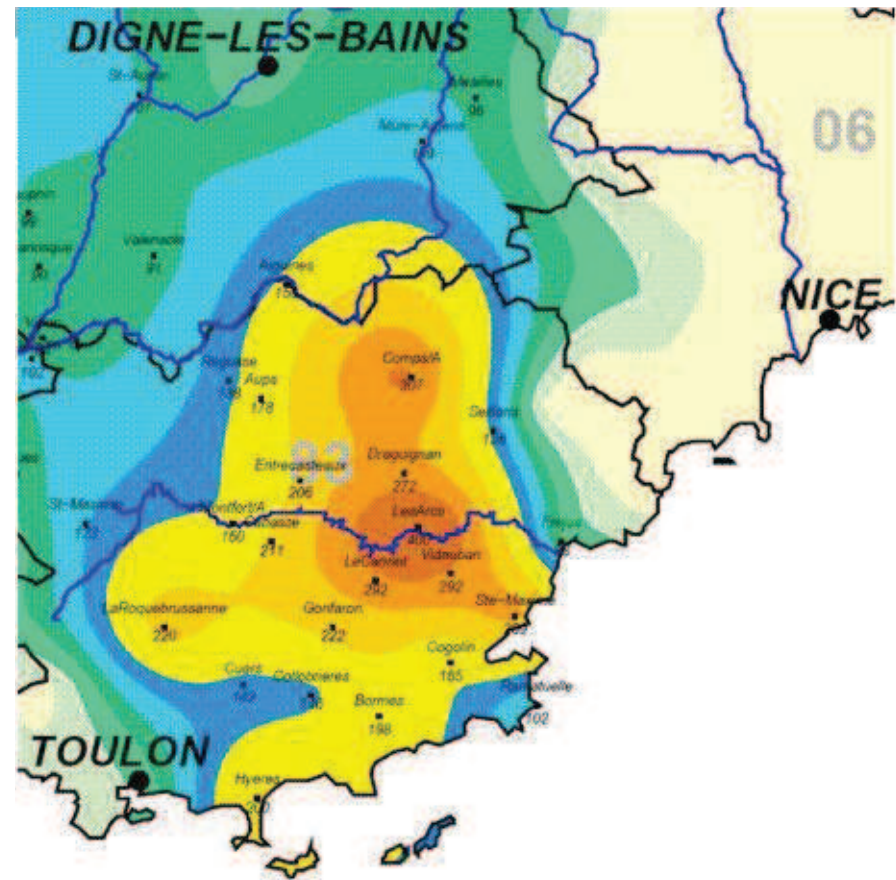
18

- ❑ L'amélioration de la représentation de la convection nuageuse reste un défi

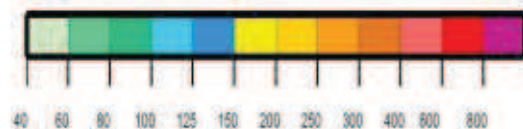
Les nuages convectifs restent en partie non résolus par la grille de calcul



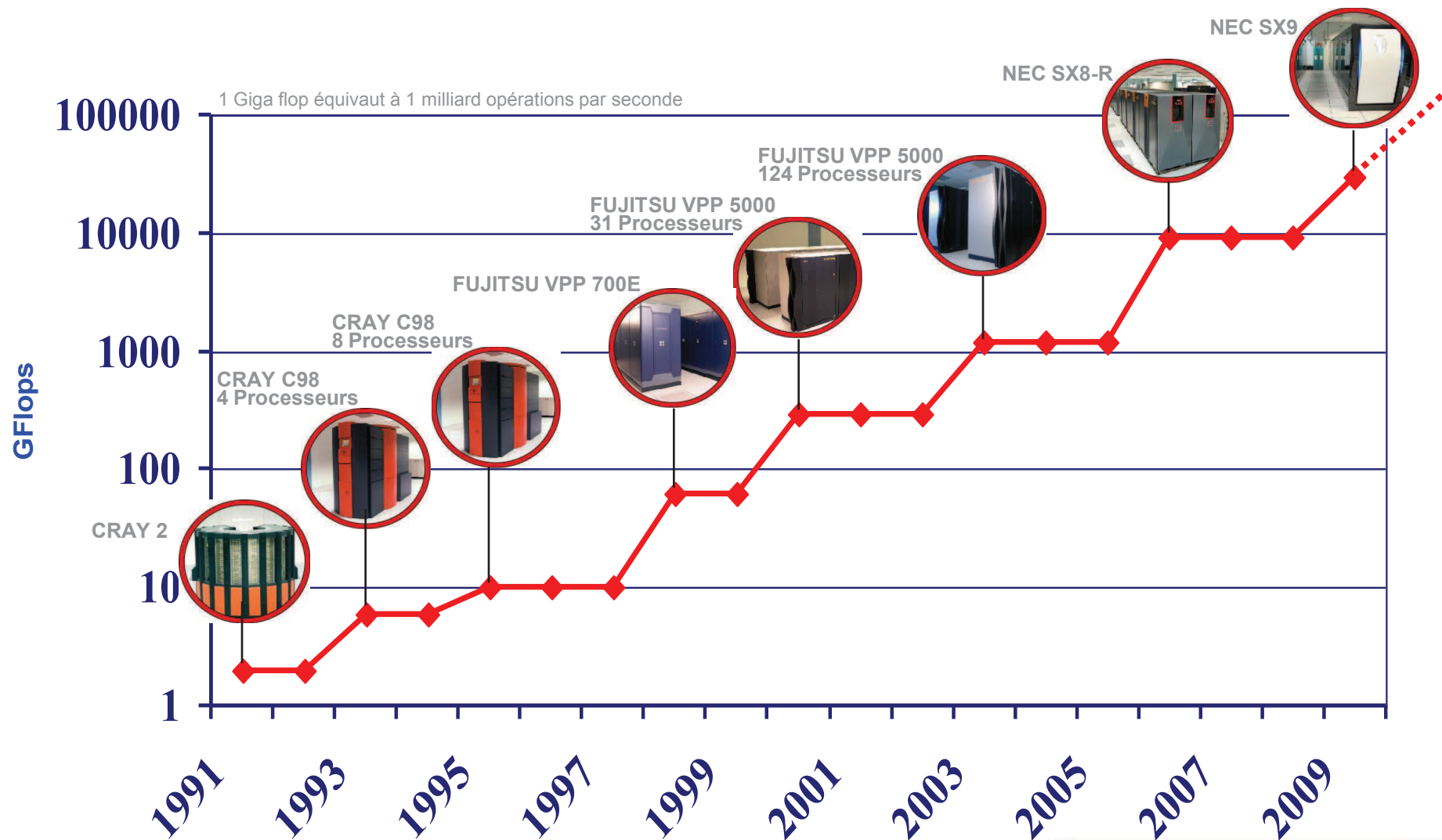
Prévision AROME RR24 à 00 UTC



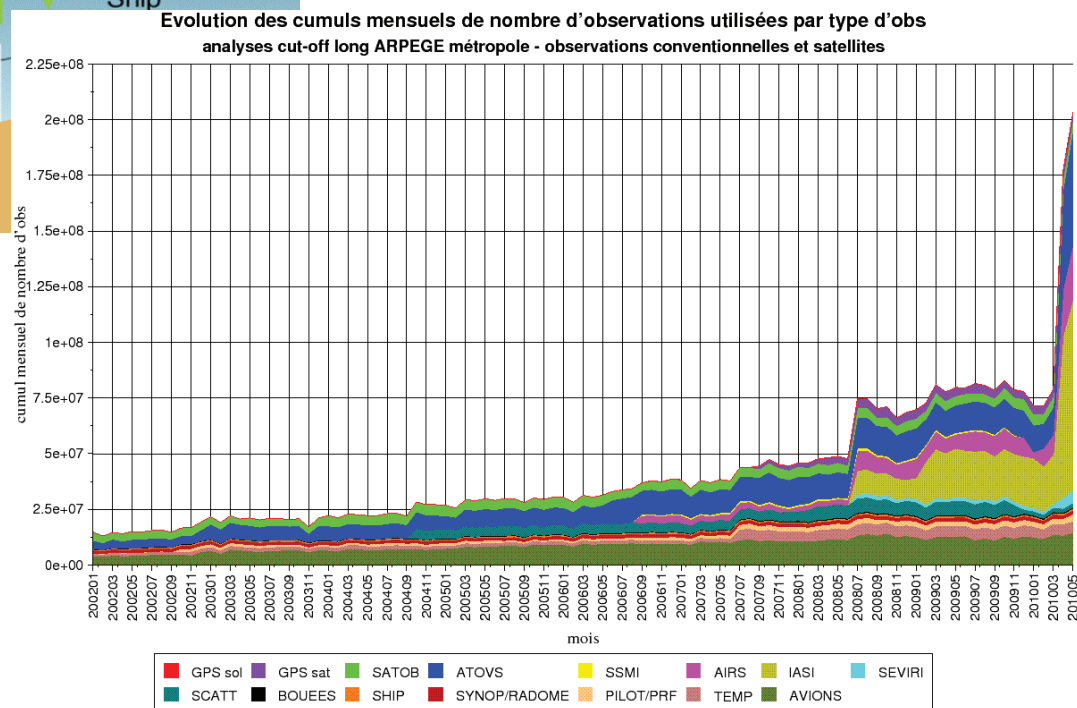
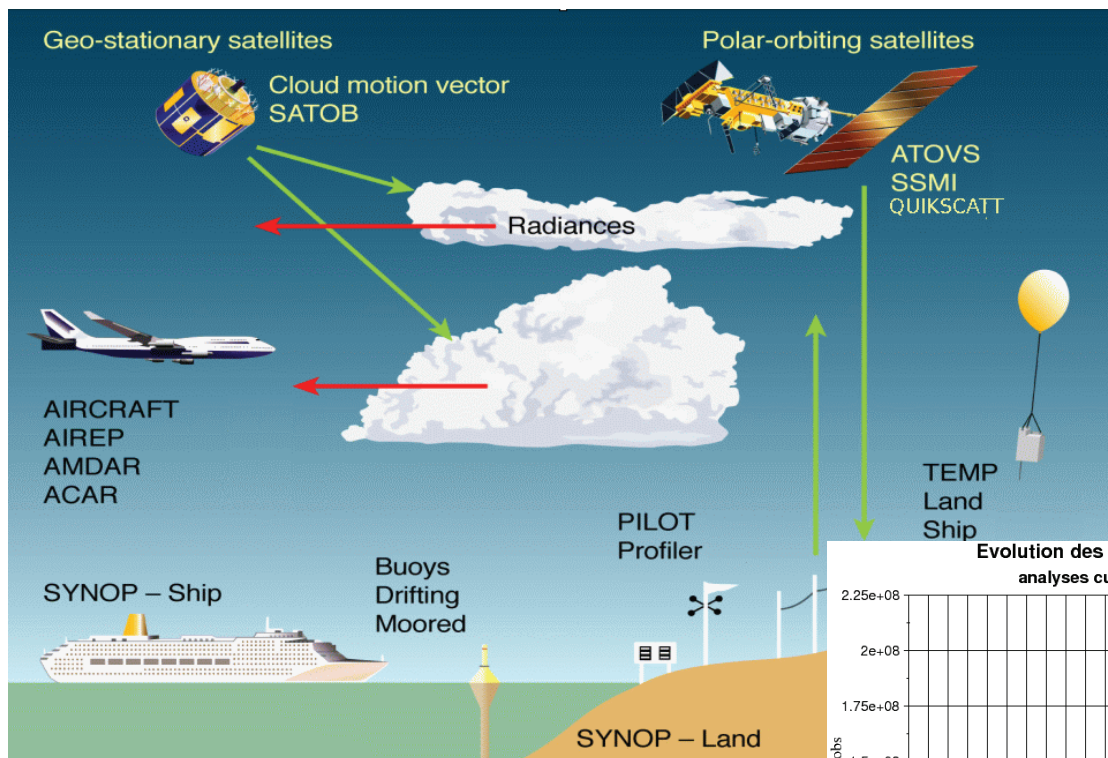
Cumul des pluies reconstituées sur l'épisode, du 14 juin 08h locale au 16 juin 08 locale



Perspective 2015-2016



Perspective 2015-2016



Perspective 2015-2016

☐ AROME

- ✓ Résolution équivalente 1,3 km sur la France

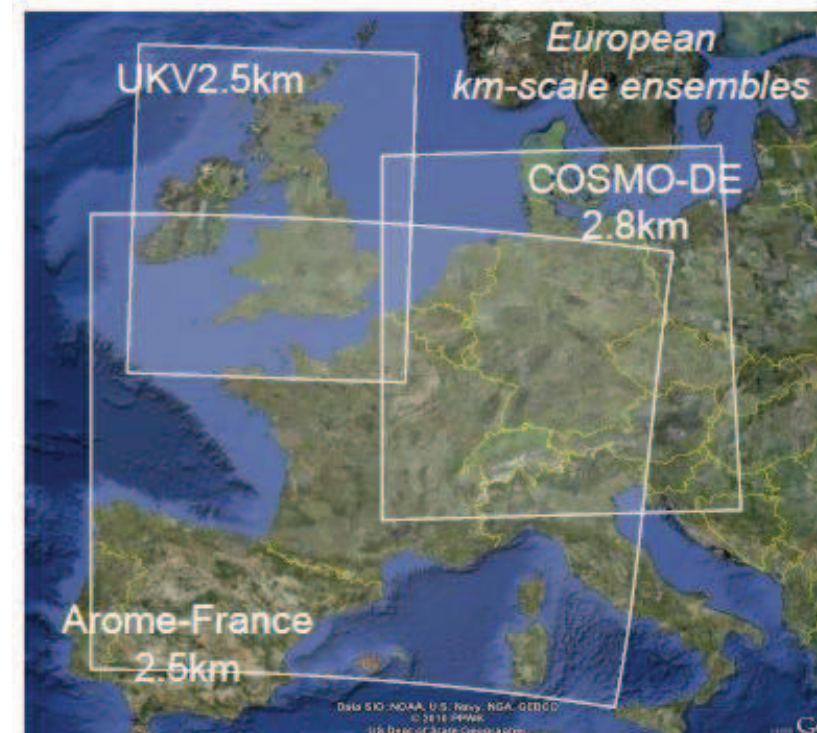
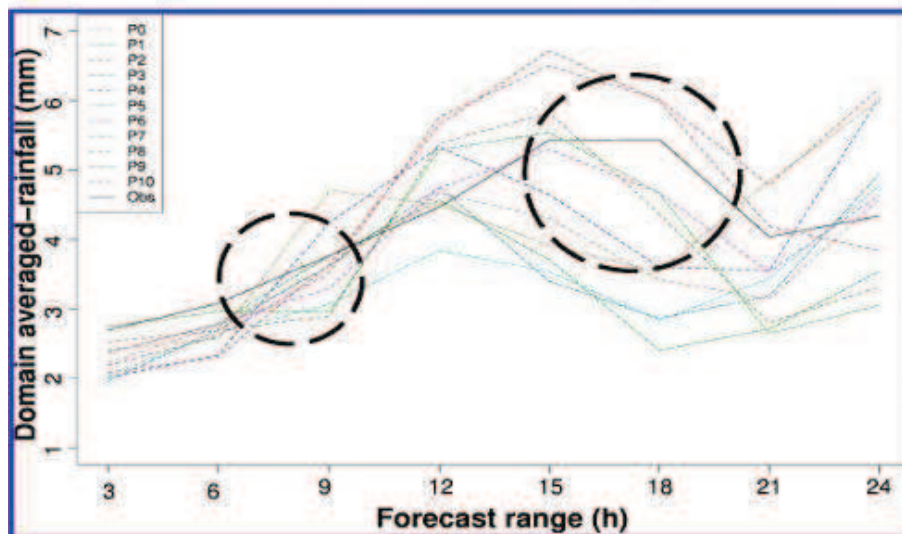
☐ Arpège

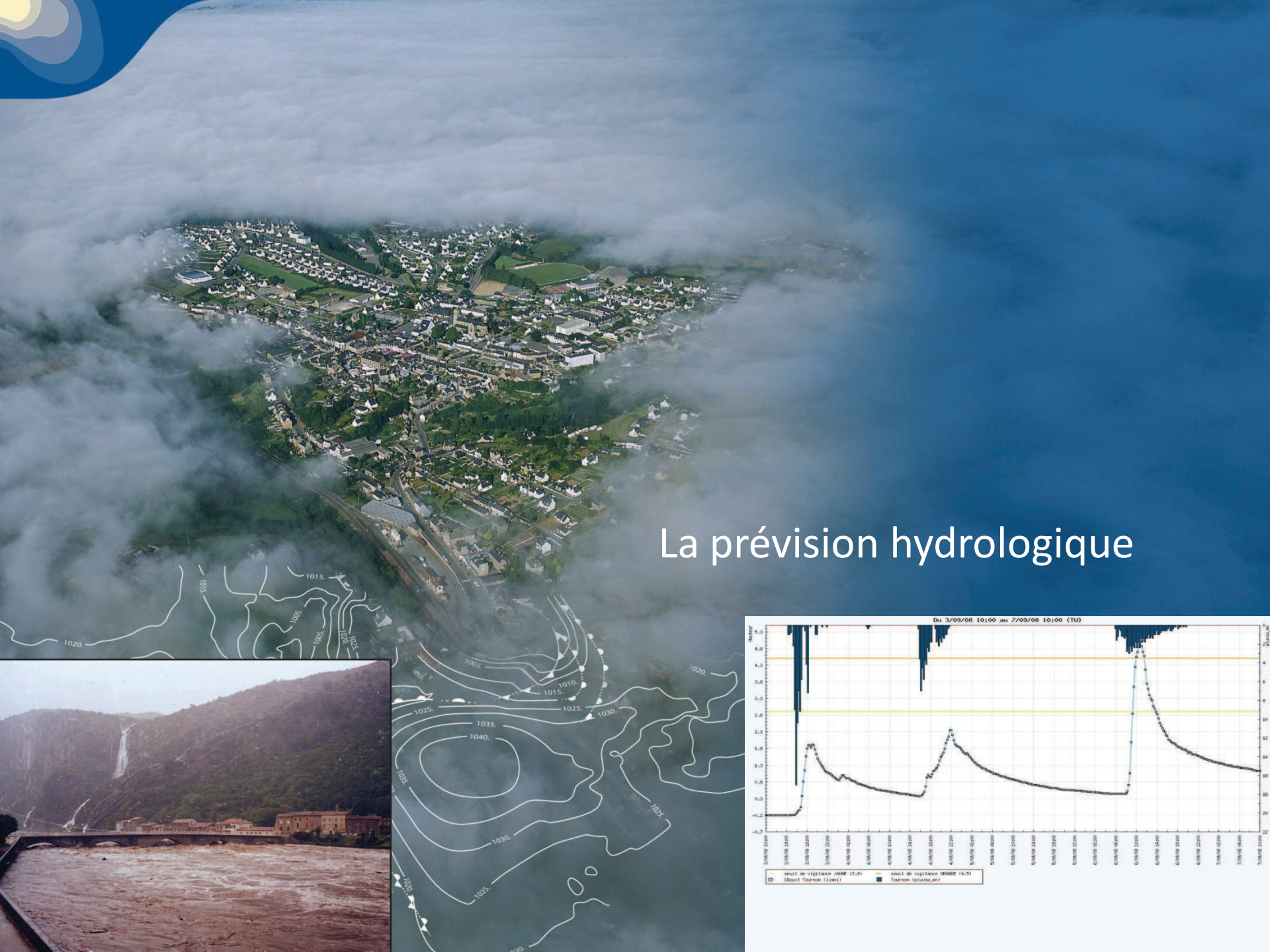
- ✓ Résolution 7,5 km sur la France

☐ Prévision d'ensemble AROME

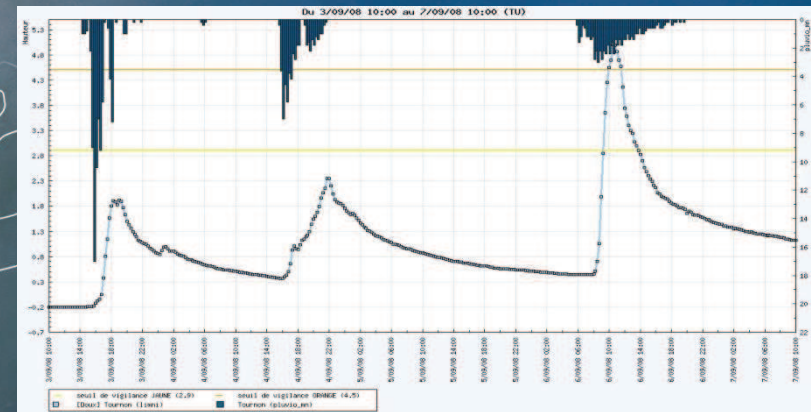
- ✓ Intérêt notamment pour la prévision des pluies convectives dans le sud-est

AROME-PEARP ensemble experiment





La prévision hydrologique



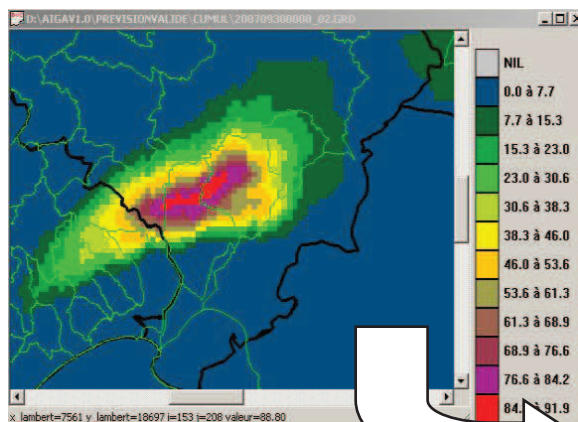
L'état de l'art

- ❑ Le comportement de chaque bassin doit être analysé
- ❑ Tous les cours d'eau ne sont pas instrumentés
- ❑ Petits bassins versants / cours d'eau à réponse rapide
 - ✓ Abaques pluie prévue / état du sol
 - ✓ Modèles pluie-débit
 - ✓ Qualification des aléas pluviométrique et hydrologique
 - ✓ Couplage météorologie-hydrologie
 - ❑ Permet de gérer l'évolution de l'état du sol au cours de l'événement (modèle de sol)
 - ✓ Approche ensembliste possible
 - ❑ En jouant sur la pluie ou sur la prévision des débits
- ❑ Grands bassins versants / cours d'eau à réponse lente
 - ✓ Modèles à propagation d'onde de crue
 - ✓ Modèles couplés météorologie-hydrologie-hydraulique
 - ✓ Approche ensembliste possible



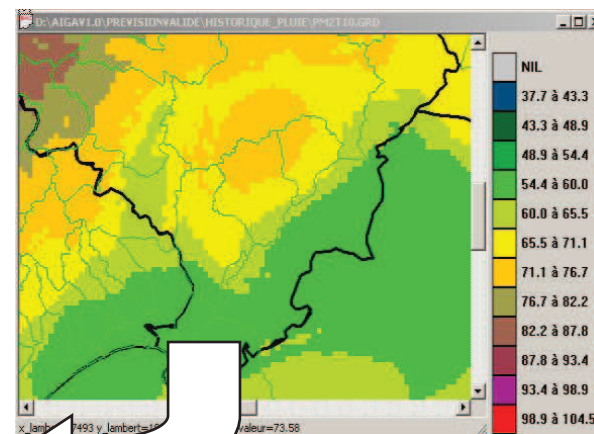
L'état de l'art – Qualification de l'aléa pluviométrique

Lame d'eau radar



Calcul de lames d'eau
toutes les 15 min sur des
profondeurs de 1h à 72h

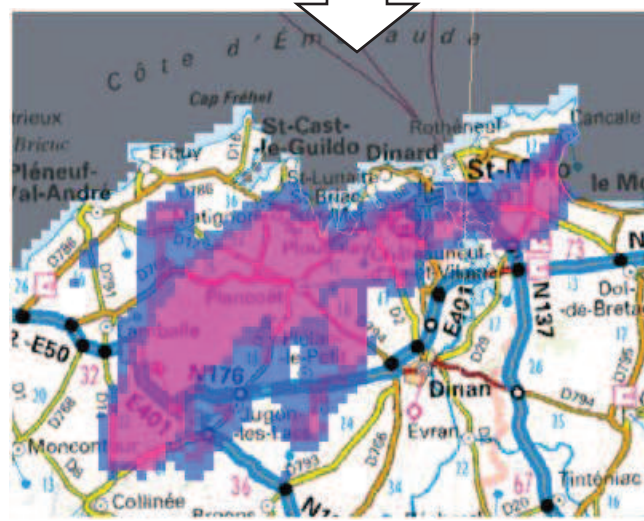
Durée de retour estimée



Base SHYREG (Irstea)
Comparaison sur chaque pixel radar
des quantiles correspondants

COMPARAISON

Aléa
pluviométrique
estimé par pixel de
1 km²



Bleu : durée de retour entre 2 et 10 ans
Mauve : durée de retour entre 10 et 50 ans
Magenta : durée de retour supérieure à 50 ans

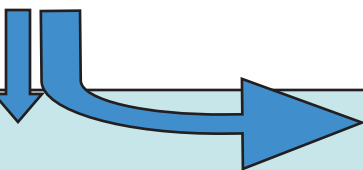
L'état de l'art – Qualification de l'aléa hydrologique

9/9/2002

Pluie



Ruissellement

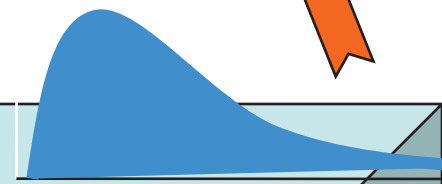


%



temps

%

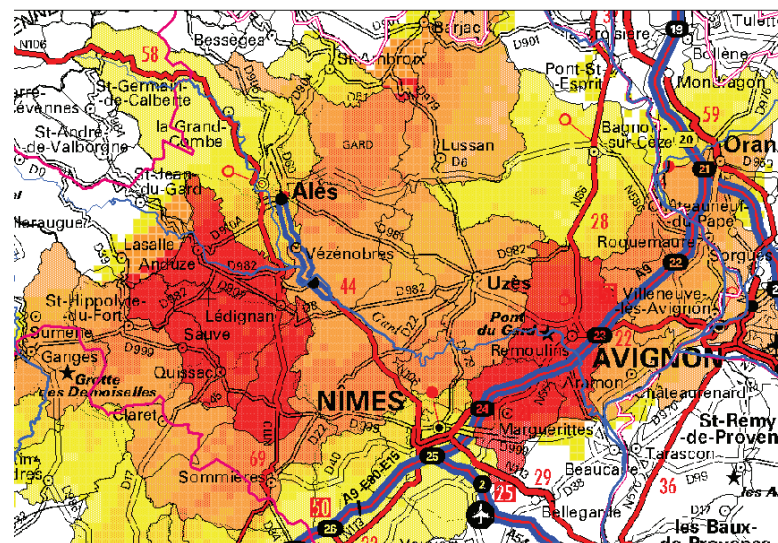


temps

Eau intercepté pendant l'épisode



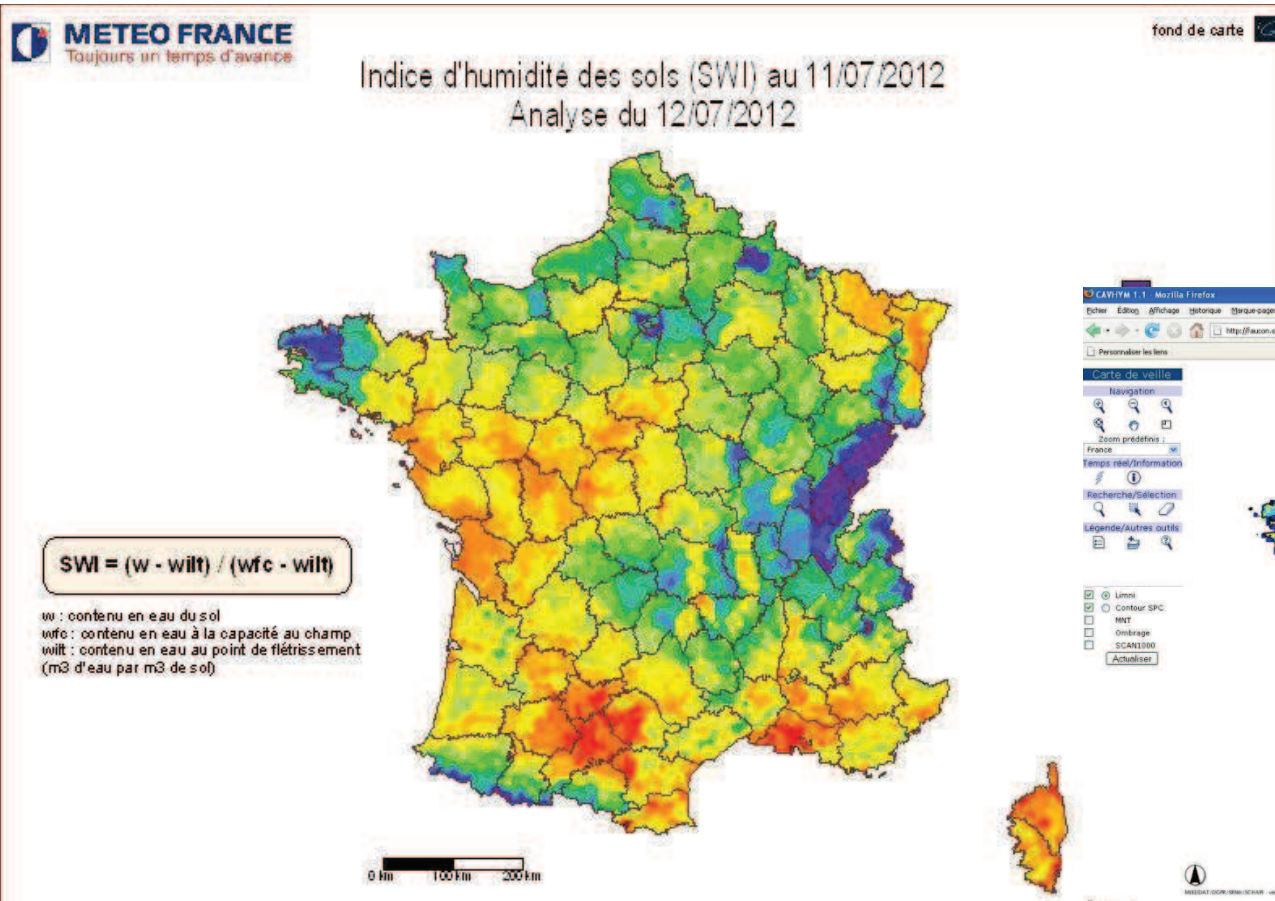
SOL



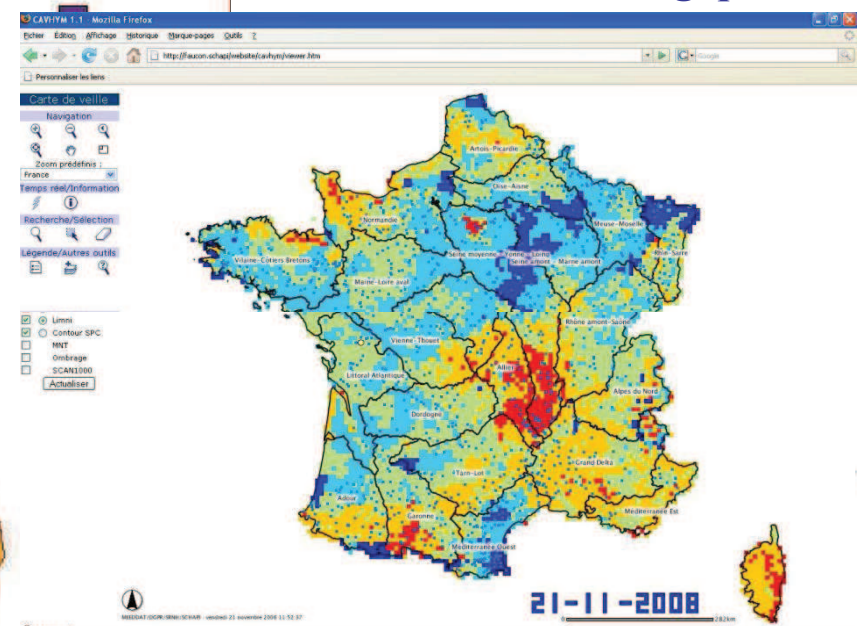
L'état de l'art – Etat du sol

❑ Modèle d'état du sol ISBA (Interface Sol-Biosphère-Atmosphère)

- ✓ Utilisé dans Arpège
- ✓ Calcule les flux d'énergie, le ruissellement, l'état des réservoirs d'eau du sol sous forme liquide et solide et le transfert vers le sol profond en fonction de la végétation et du sol

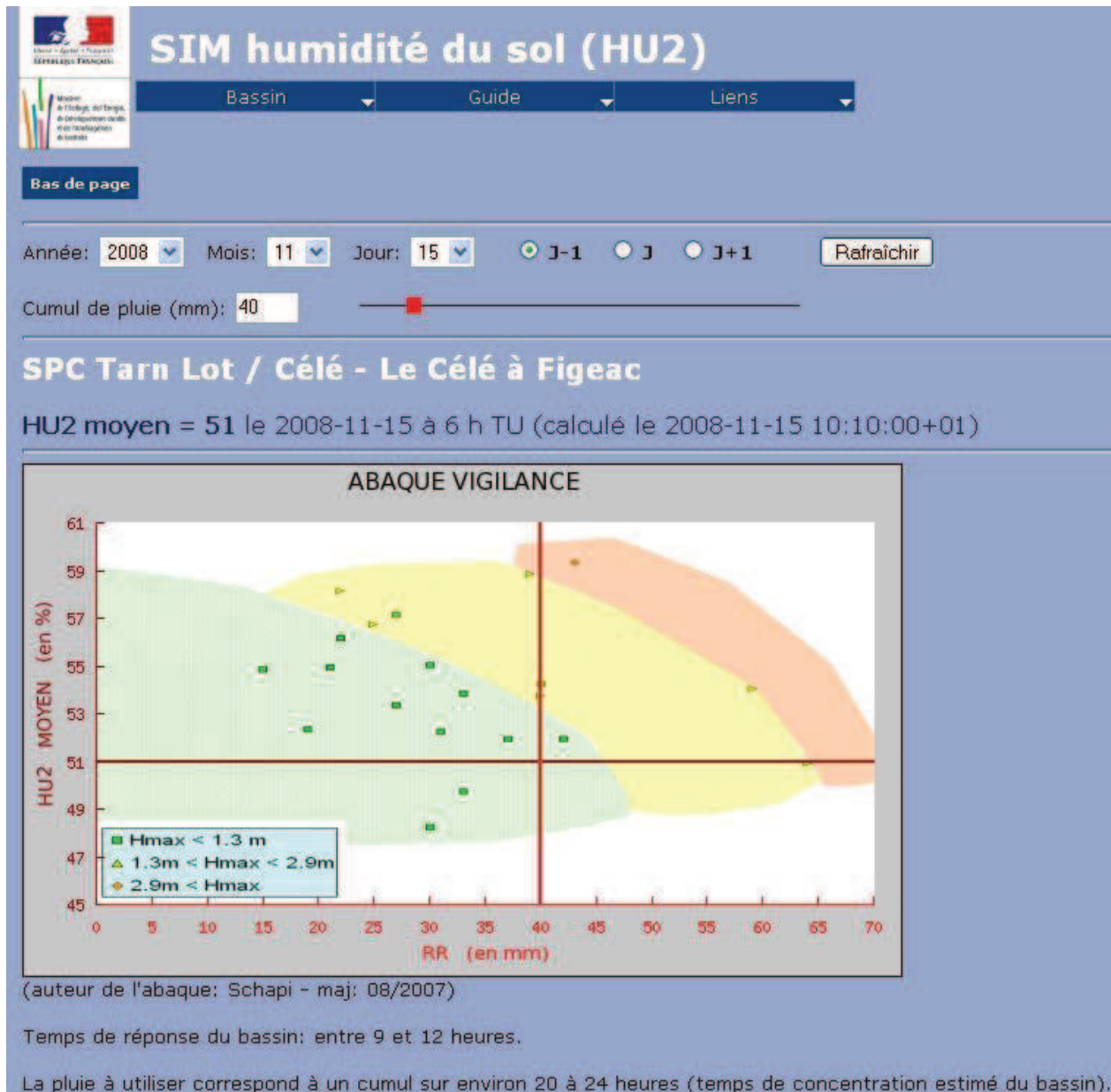


**Comparaison des valeurs
quotidiennes aux valeurs
mensuelles climatologiques**

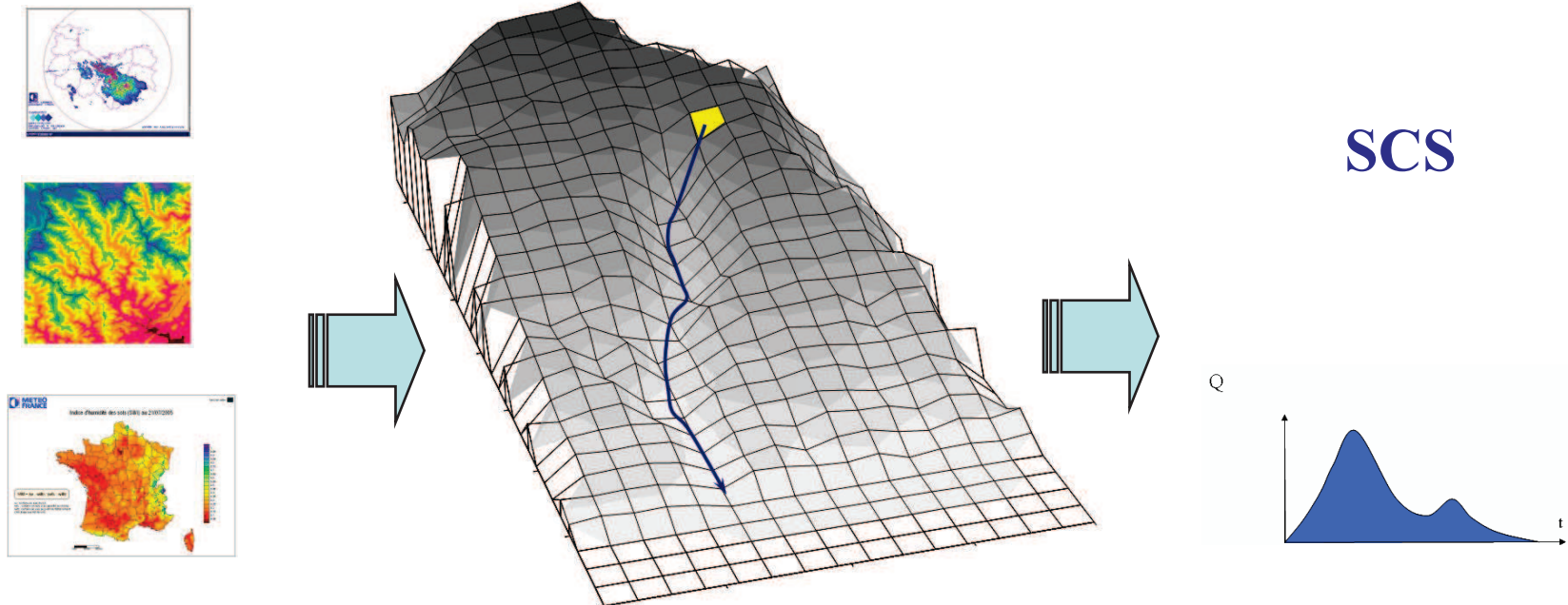


L'état de l'art – Abaques pluie prévue / état du sol

27

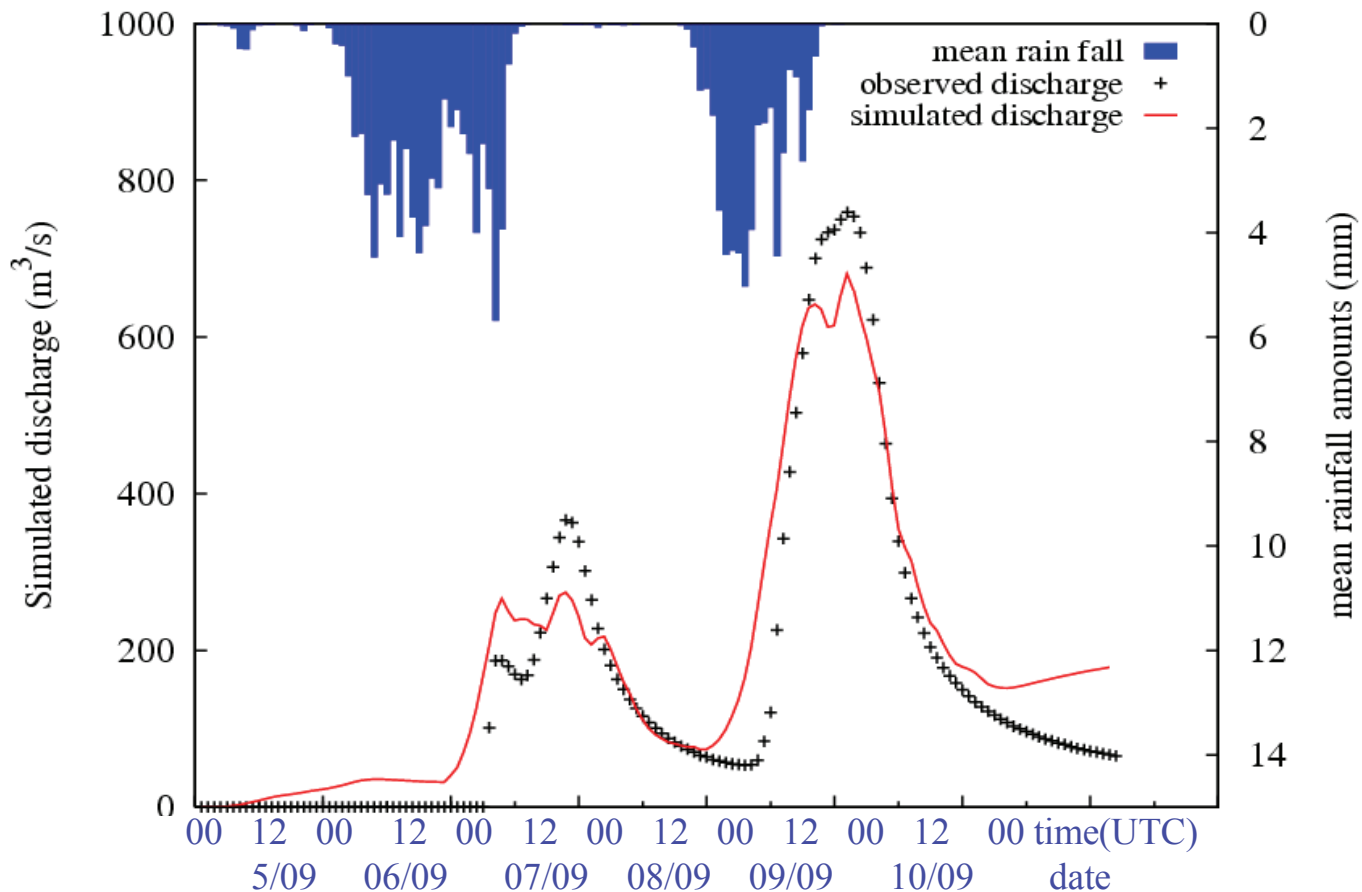


L'état de l'art – Modèles pluie-débit



- ☐ Calibration relativement facile
- ☐ Rapport coût / efficacité intéressant

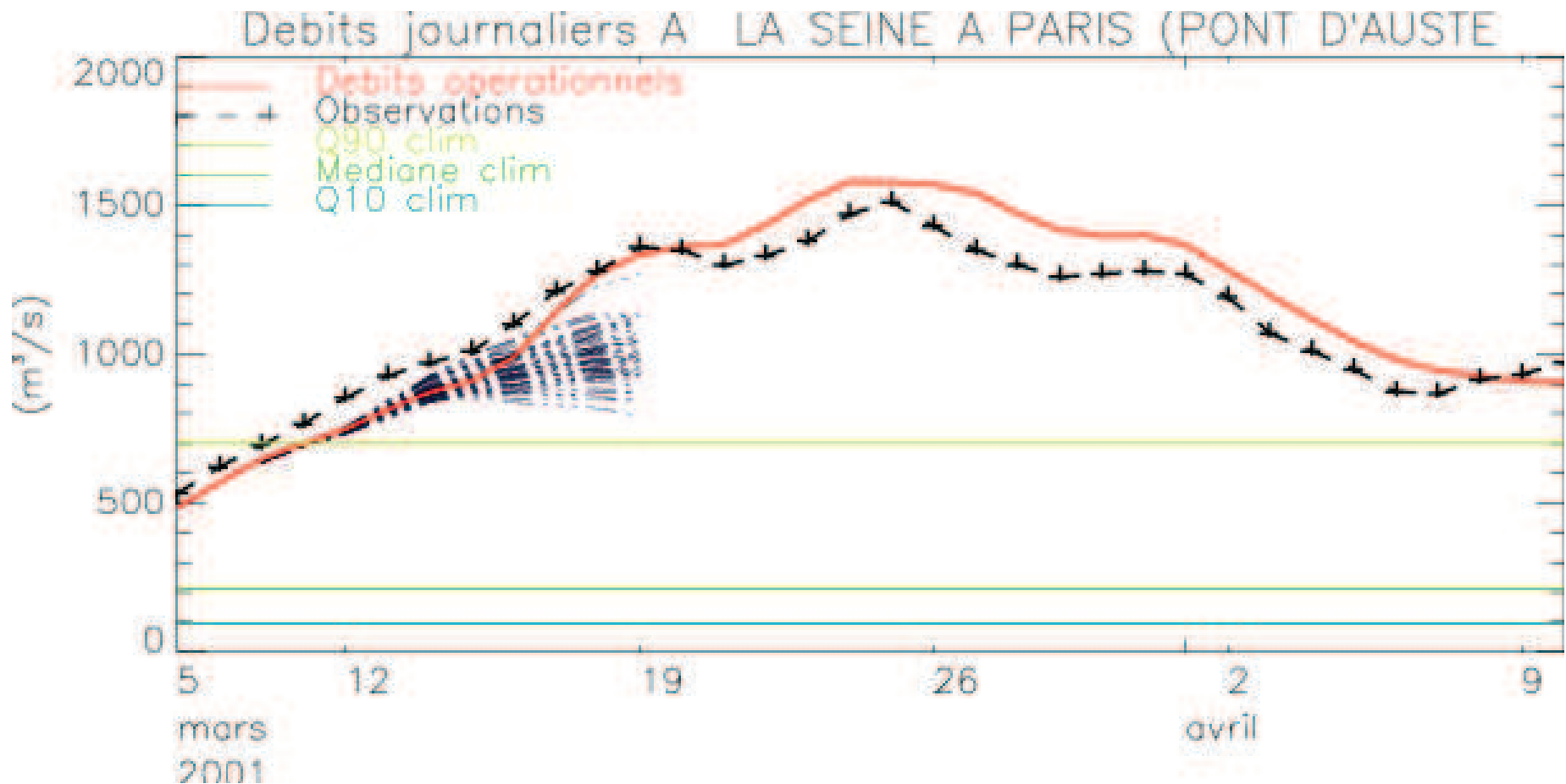
L'état de l'art – Modèles couplés atmosphérique / hydrologique



Couplage AROME / Topmodel

Débit prévu à Remoulins entre le 5 et le 10/9/2005

L'état de l'art – Modèles couplés atmosphérique / hydrologique / hydraulique



Perspective 2015-2016

- ❑ Prédiction d'ensemble des débits pour les petits bassins versants à risque de crues rapides
 - ✓ Couplage prédiction d'ensemble AROME / hydrologie



Merci de votre attention



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance