

# Développement et test d'une assimilation 4D Var pour le modèle à échelle convective AROME-France

Pierre Brousseau  
Météo-France/CNRM

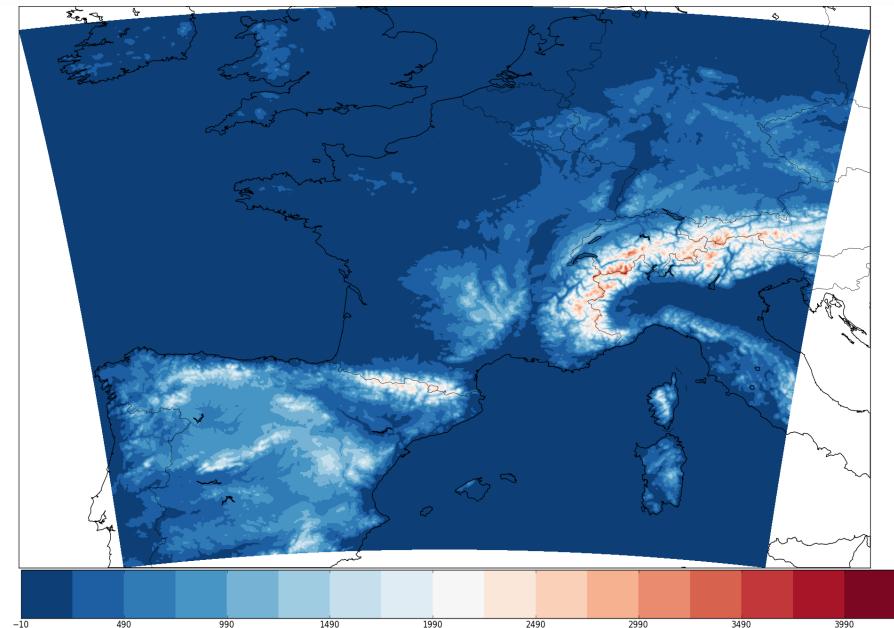
CNA 2014  
1 décembre 2014, Toulouse

# Plan de la présentation

- Contexte : système AROME-France, évolution, ...
- Description du système 4D-Var mis en oeuvre
- Quelques résultats.

# AROME-France

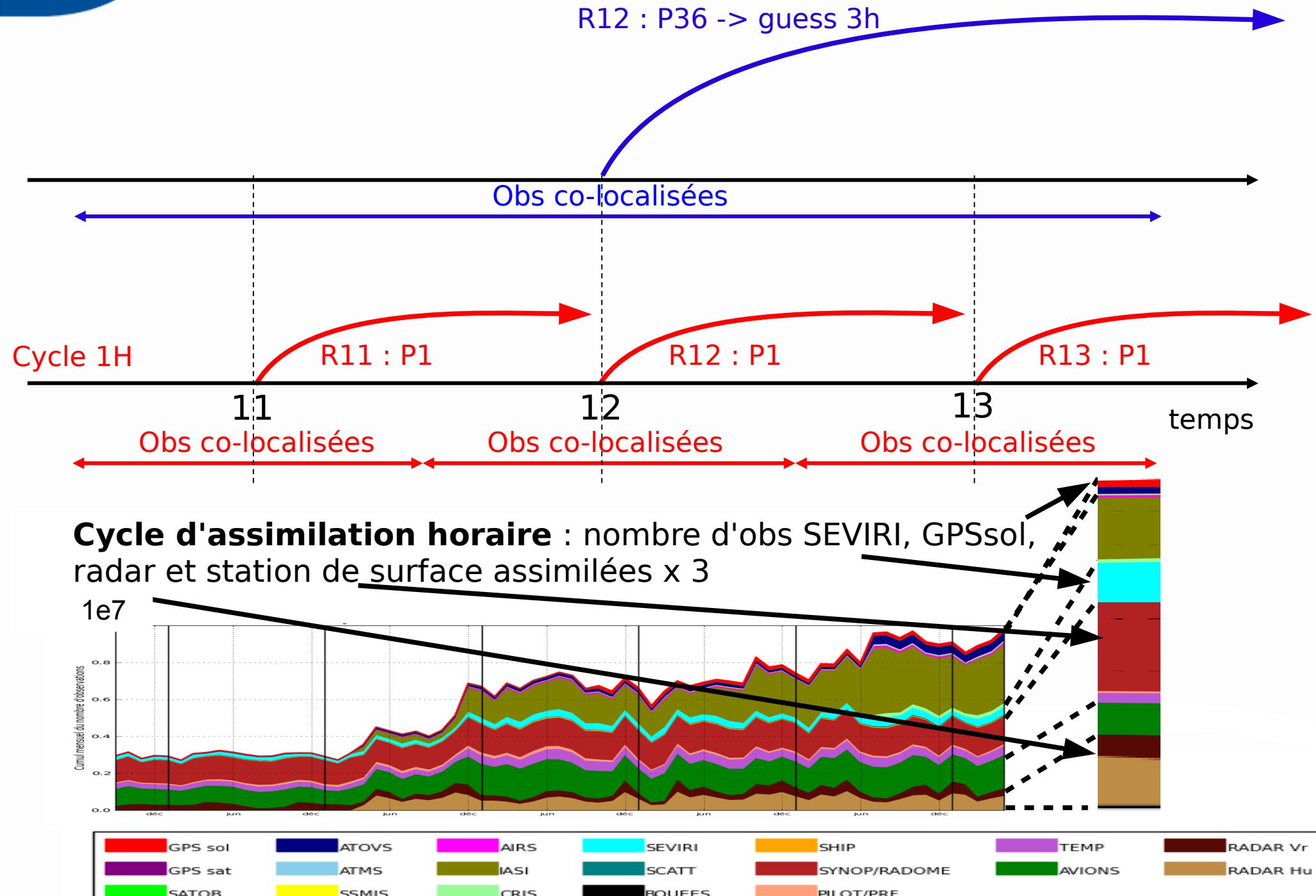
- Modèle à aire limitée, spectral, Non-hydrostatique, opérationnel depuis décembre 2008
- Résolution Horizontale : 2,5 km (1,3 km en 2015)
- 60 niveaux verticaux (90 en 2015)
- Conditions latérales fournies par ARPEGE
- Conditions initiales : 3D-Var à 2,5 km dans un cycle d'assimilation de période 3 h :
  - U, V, T, q et Ps analysés mais hydrométéores, TKE et champs NH copiés de l'ébauche
  - observations utilisées dans ARPEGE + observations radar (vitesses radiales et réflectivités)
  - Matrice B climatologique (homogène isotrope horizontalement) estimée à partir d'une assimilation d'ensemble AROME « off-line »



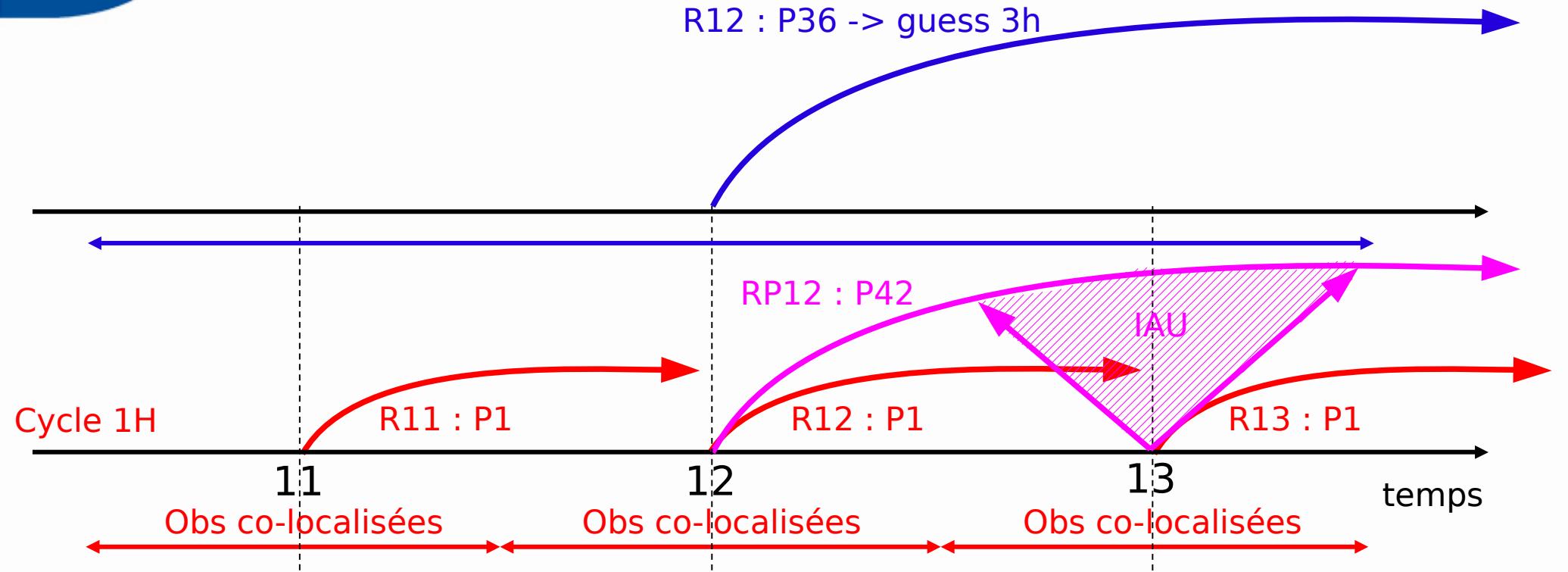
# AROME-France : 3D-Var en cycle 3h

- **Assimilation des modèles de Prévision Numérique du Temps à Météo-France :**
  - modèle global ARPEGE : 4D-Var, cycle d'assimilation de 6h,
  - modèles aire limitée : 3D-Var (ALADIN-OM : 6h, AROME : 3h).
- **Avantages du 3D-Var en cycle 3h :**
  - pas de développements couteux et difficiles des modèles TL/AD pour AROME,
  - faible coût numérique (alors que le coût de l'intégration du modèle est très élevé) : analyse à la résolution du modèle
  - cycle 3h : pas risque d'accumulation de déséquilibres d'une analyse à l'autre.
- **Inconvénients :**
  - observations à haute fréquence temporelle mais co-localisées sous-utilisées (1 seule observation assimilée au centre de la fenêtre d'assimilation de 3h) : radar, station de surface, radiance géostationnaire, GPS sol,...
- **Perspectives opérationnelles à court terme** : passage à un cycle 1h de 3D-Var (printemps 2015) permis par la réduction des causes du bruit numérique (spin-up) en début d'intégration du modèle

# Passage à un cycle horaire (opérationnel en 2015)



# Cycle horaire



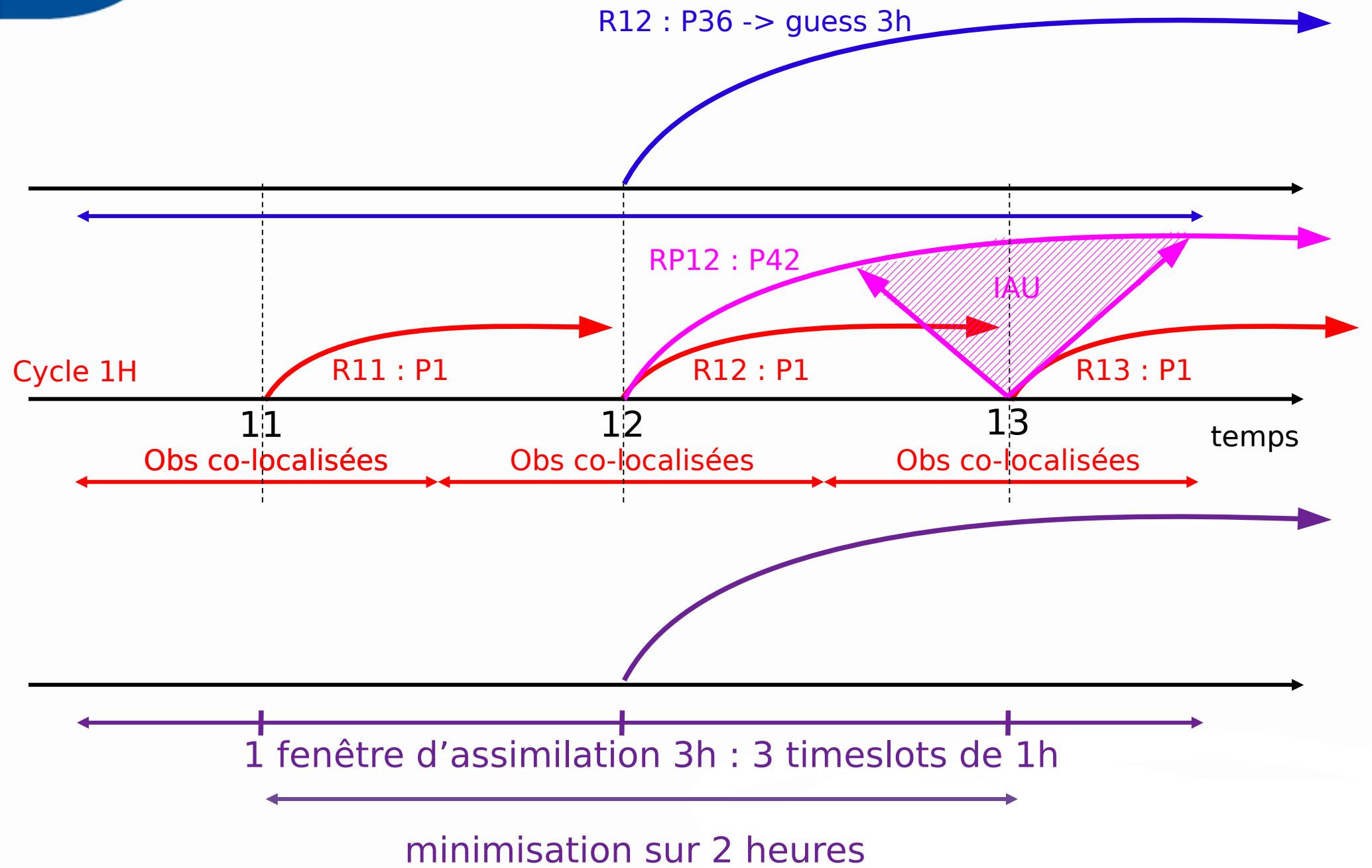
- Couplage synchrone des prévisions longues AROME à ARPEGE : r12 AROME couplé à r12 ARPEGE => au moment de faire la prévision longue r12, l'analyse r13 est disponible
- Production P42 à R12 avec ajout de l'incrément de R13 par Incremental Analysis Update au cours de l'intégration pour Pmer, vent, température et humidité spécifique
- Perspectives opérationnelles à long terme : passage à un formalisme 4D-Envar (dimension temporelle, flow-dépendance, pas besoin des modèles TL/AD,...)

Idée : utiliser l'existant (TL et AD du modèle ALADIN) pour créer une « référence » type 4D-Var en mode recherche

# Plan de la présentation

- Contexte : système AROME-France, évolution, ...
- **Description du système 4D-Var mis en oeuvre**
- Quelques résultats.

# Configuration

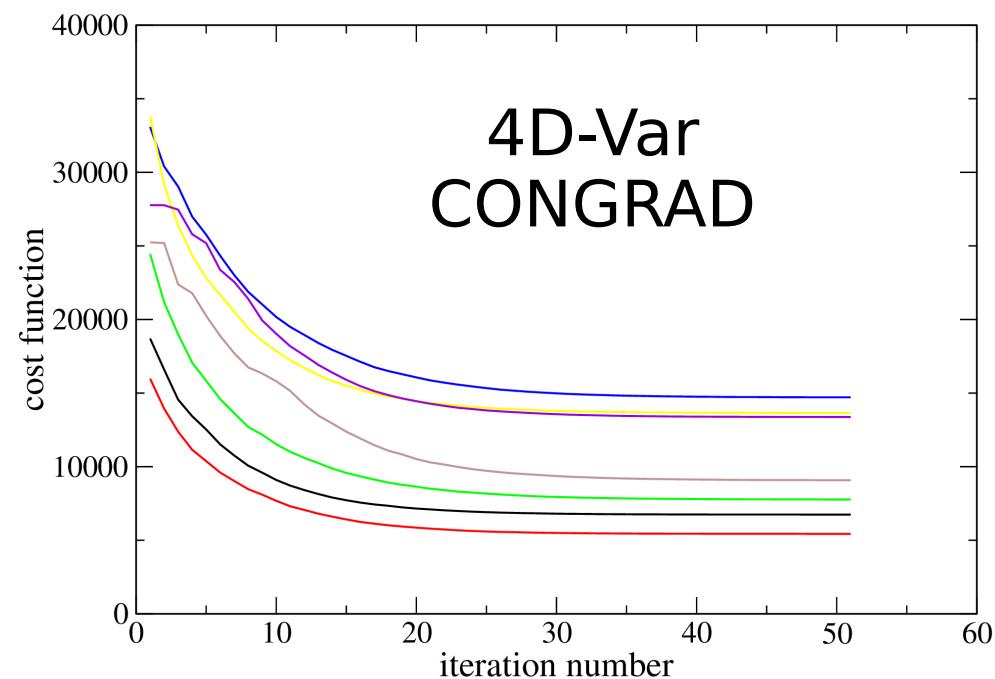
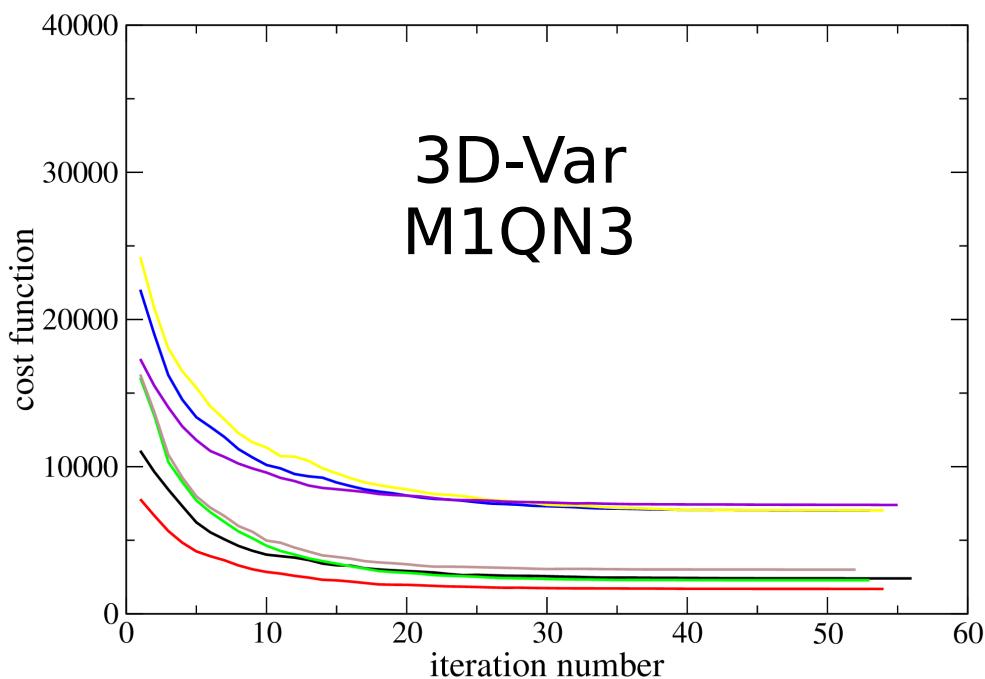


# Configuration

- **Screening 4D à pleine résolution avec AROME :** microphysique AROME : réflectivités radar => pseudo\_obs de RH
- **Minim 4D-var**
  - **Modèle direct (trajectoire) : ALADIN**
    - dynamique NH ou **hydrostatique** d'ALADIN
    - physique ALADIN : 4 hydrométéores (manque le type graupel)
    - pas de temps plus long
  - **TL/AD d'ALADIN hydrostatique (Soci et al. 2006)**  
(+éventuellement physique simplifiée MF)
- **Matrice B utilisée dans le 3D-Var mais  $\text{sigmab} \times 0,85$**
- **Observations : idem au 3D-Var**

# Coût numérique de la minim (1)

- **Configuration « géométrie opérationnelle » :**
  - domaine «France» à 2.5 km (750\*720 points), 60 niveaux verticaux
  - minim à 2.5 km, dt=120s, 40 itérations

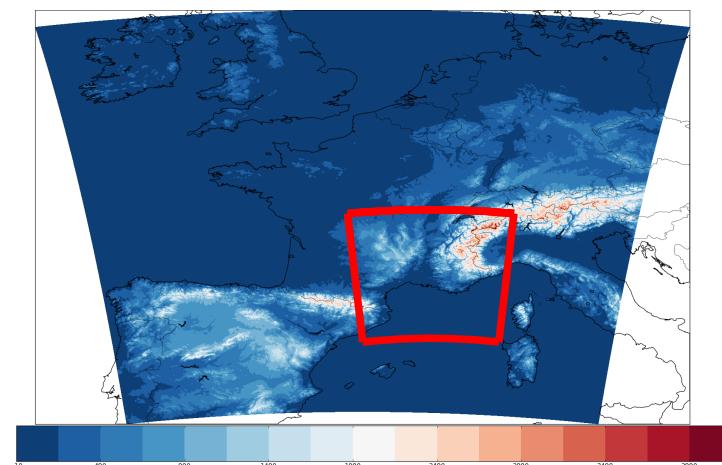


- **Elaope time : ~3h sur 120 noeuds (32Go) sur le Bull de MF**
  - une minim 3D-Var : 3 min sur 8 noeuds
  - une prévision 2h AROME opérationnel : 2 min sur 24 noeuds

# Coût numérique de la minim (2)

- **Configuration « géométrie 1,3 km » :**

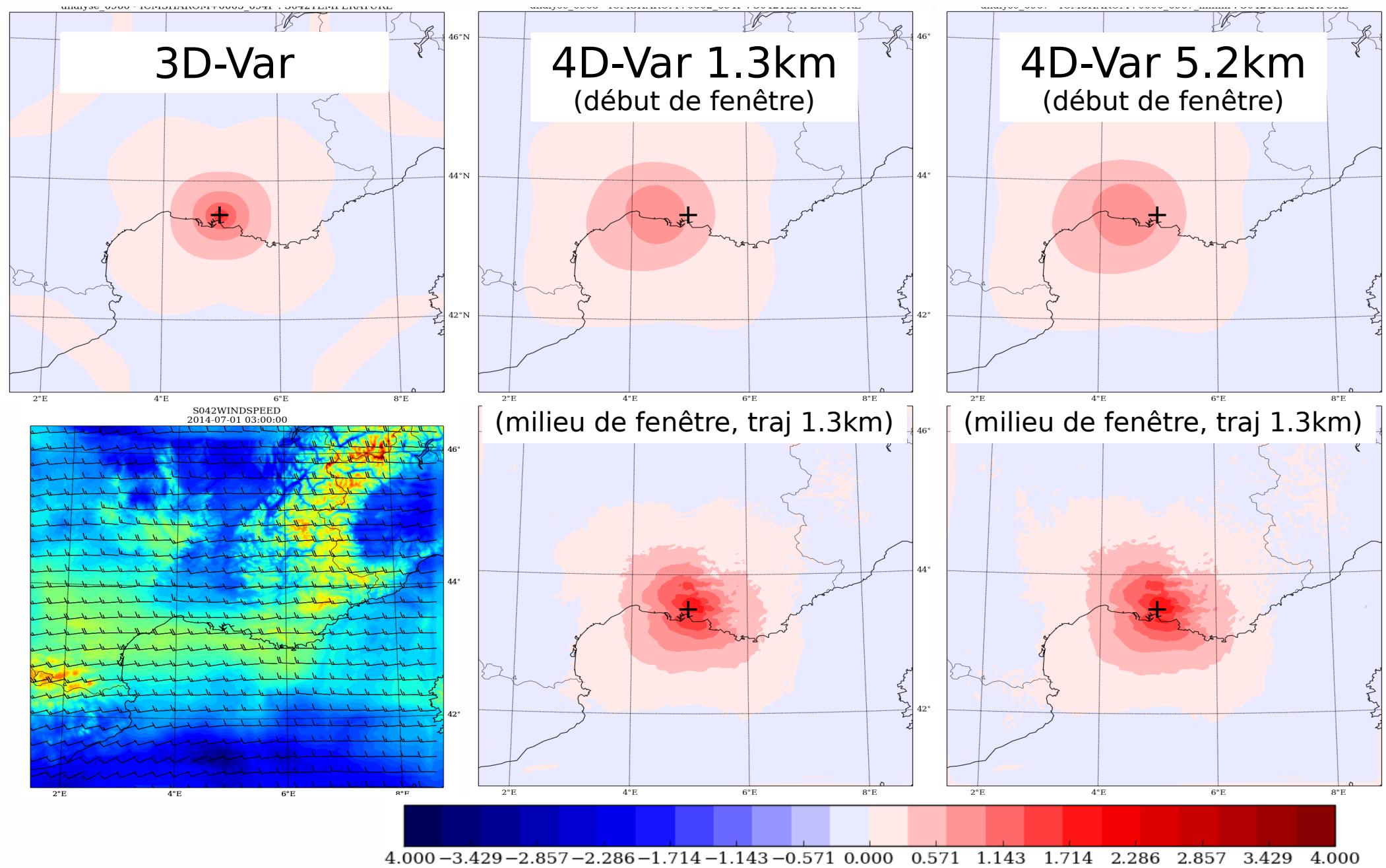
- domaine «sud-est» à 1.3 km (480\*480 points contre 1440\*1540 prévus), 90 niveaux verticaux



Résolution incrément	Dt	Elapse time/n noeuds (sudest)	Extrapolation france
1.3 km	60 s	2h40 / 128	8h / 480
2.6 km	120 s	1h30 / 32	4h30 / 120
5.2 km	240 s	30 min / 16	1h30 / 60

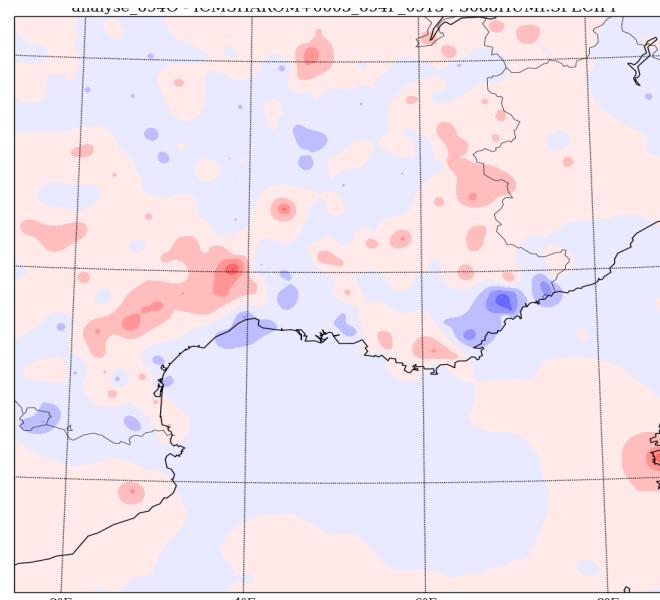
- Rq : une prévision 2h AROME 1.3km 90 niveaux sur le domaine France : 2 min sur 273 noeuds (sur ~900 disponibles)

# Single obs T 800 hPa experiment : innovation 4K

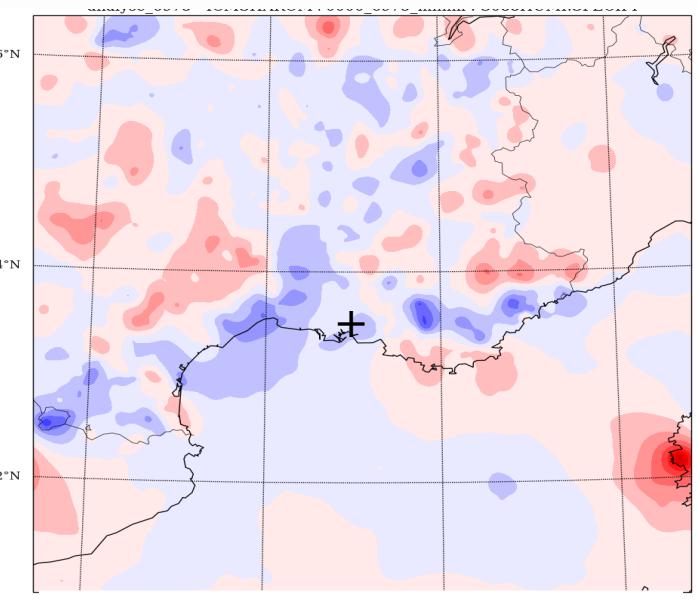


# Toutes les observations : incrément d'humidité spécifique à 1000 hPa

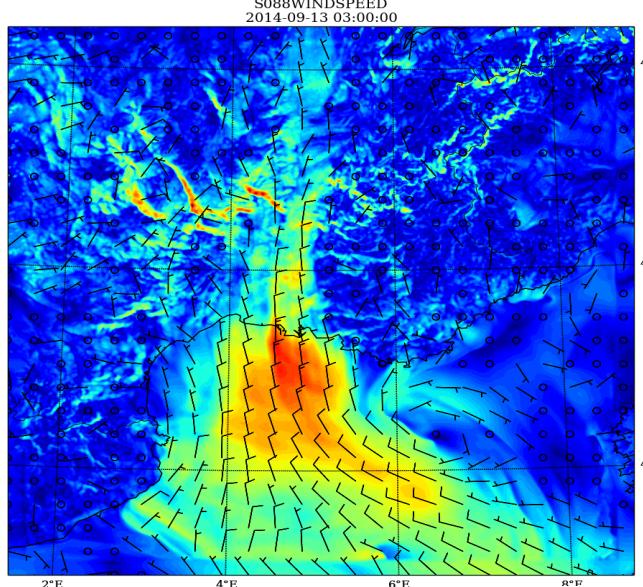
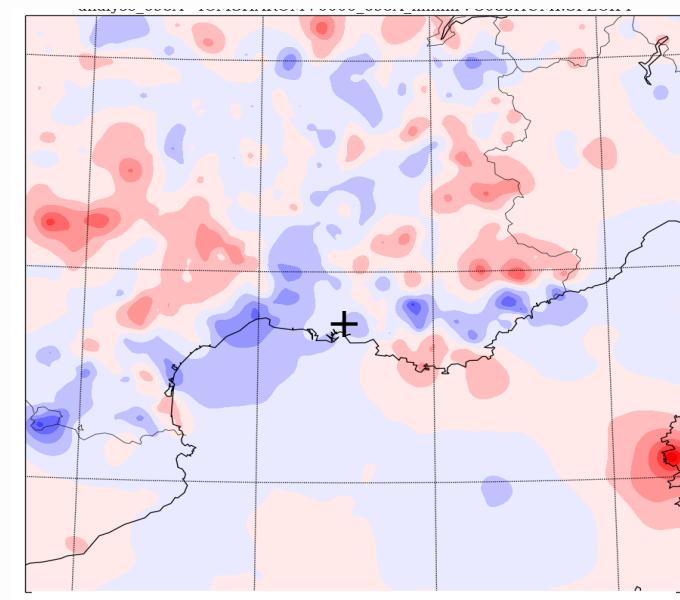
3D-Var



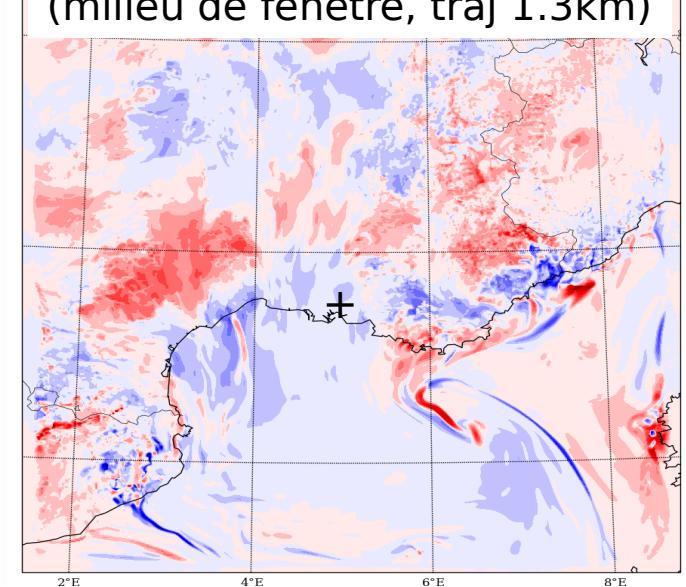
4D-Var 1.3km  
(début de fenêtre)



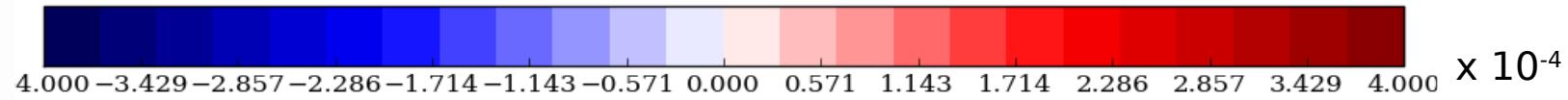
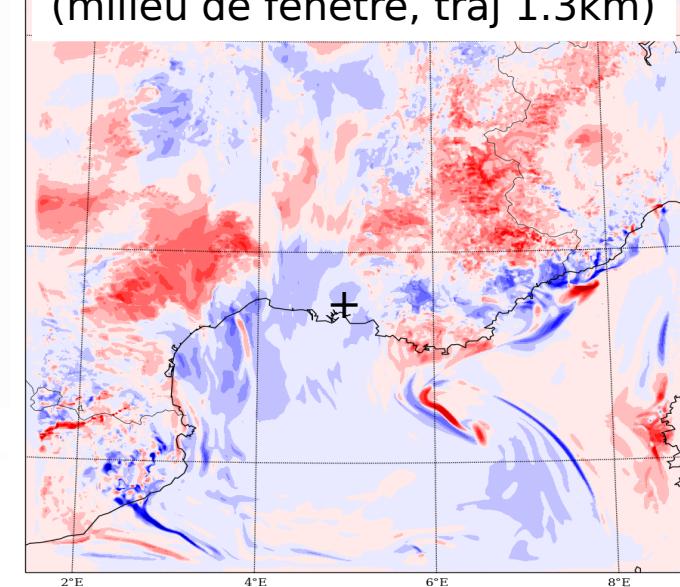
4D-Var 5.2km  
(début de fenêtre)



(milieu de fenêtre, traj 1.3km)



(milieu de fenêtre, traj 1.3km)



# Plan de la présentation

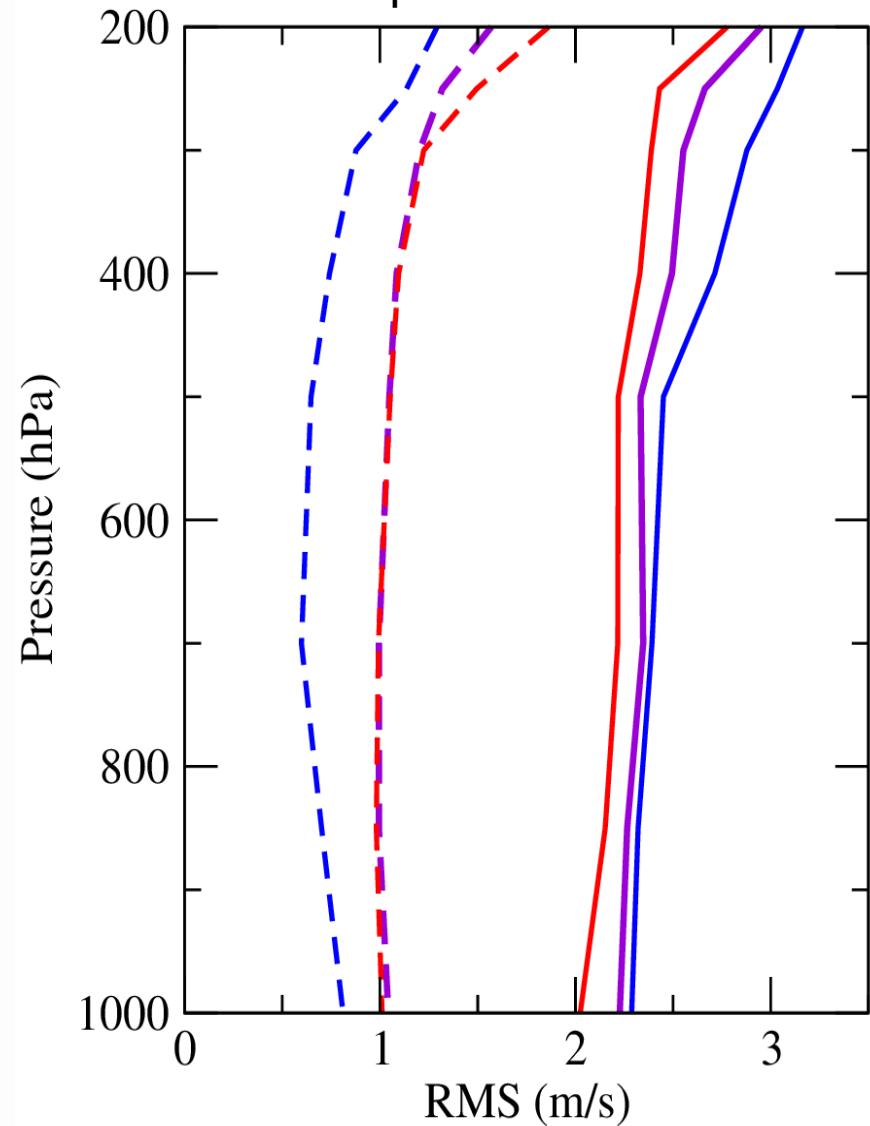
- Contexte : système AROME-France, évolution, ...
- Description du système 4D-Var mis en oeuvre
- **Premiers résultats** : expériences d'assimilation du 05/09 au 30/09/2013 avec la géométrie opérationnelle à 2.5 km 60 niveaux verticaux (minimisation à 2.5km)

# Expériences du 06/09 au 30/09/2013

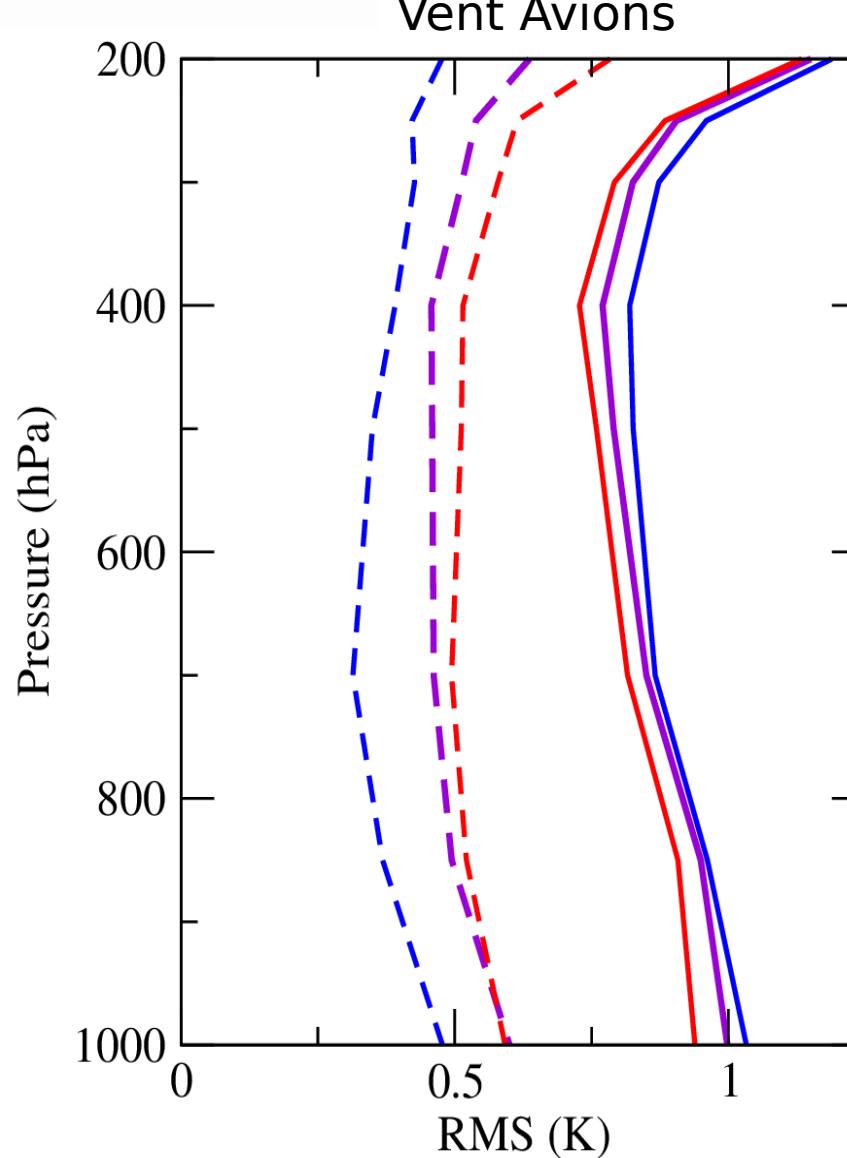
- **Profils verticaux de RMS** de différences Obs-ébauche — et Obs-analyse - - - .

- 3D-Var 3h  
- 3D-Var 1h + IAU  
- 4D-Var 3h

Température Avions



Vent Avions

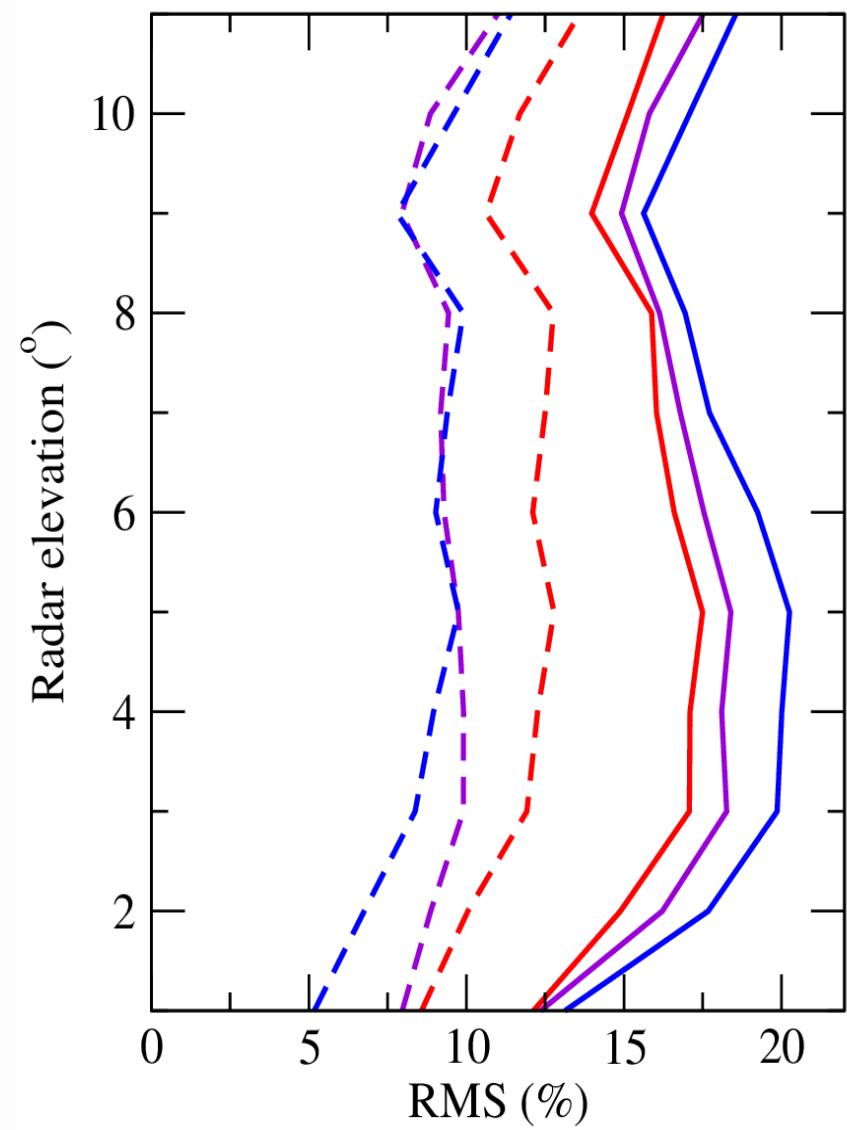


# Expériences du 06/09 au 30/09/2013

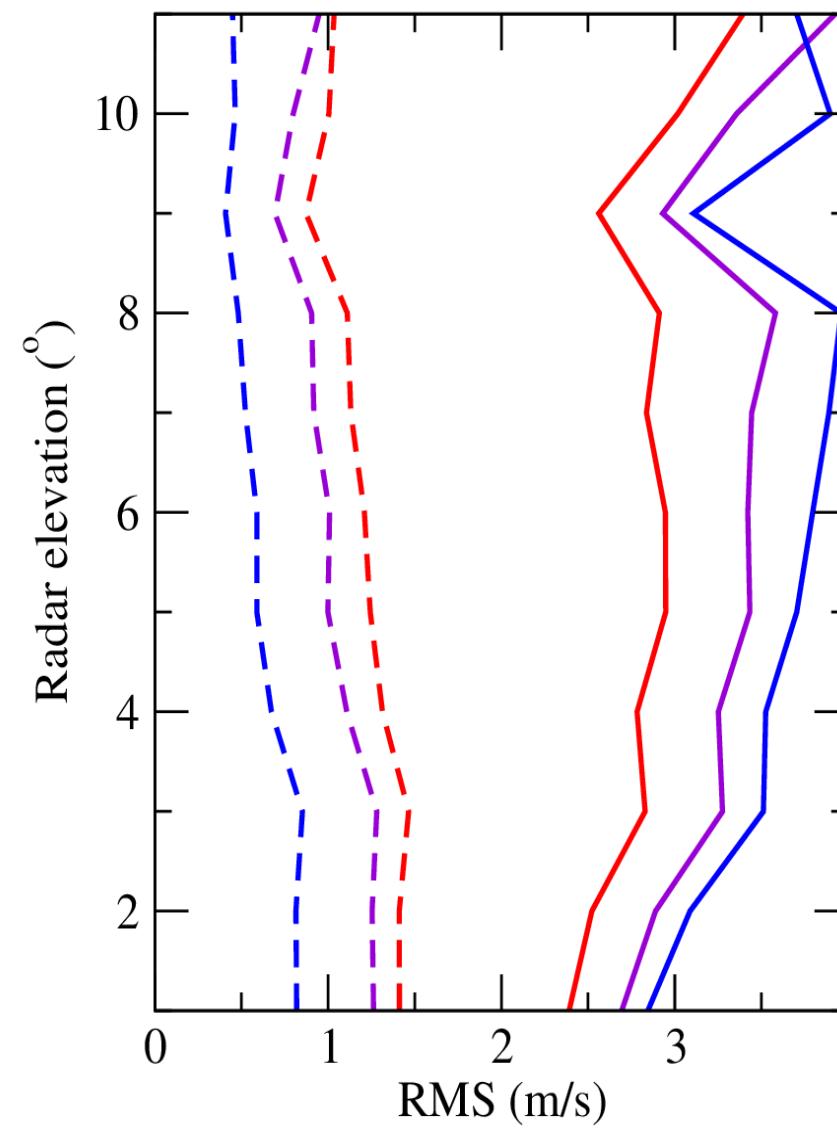
- **Profils verticaux de RMS** de différences Obs-ébauche — et Obs-analyse - - - .

- 3D-Var 3h  
- 3D-Var 1h + IAU  
- 4D-Var 3h

Humidité relative radar

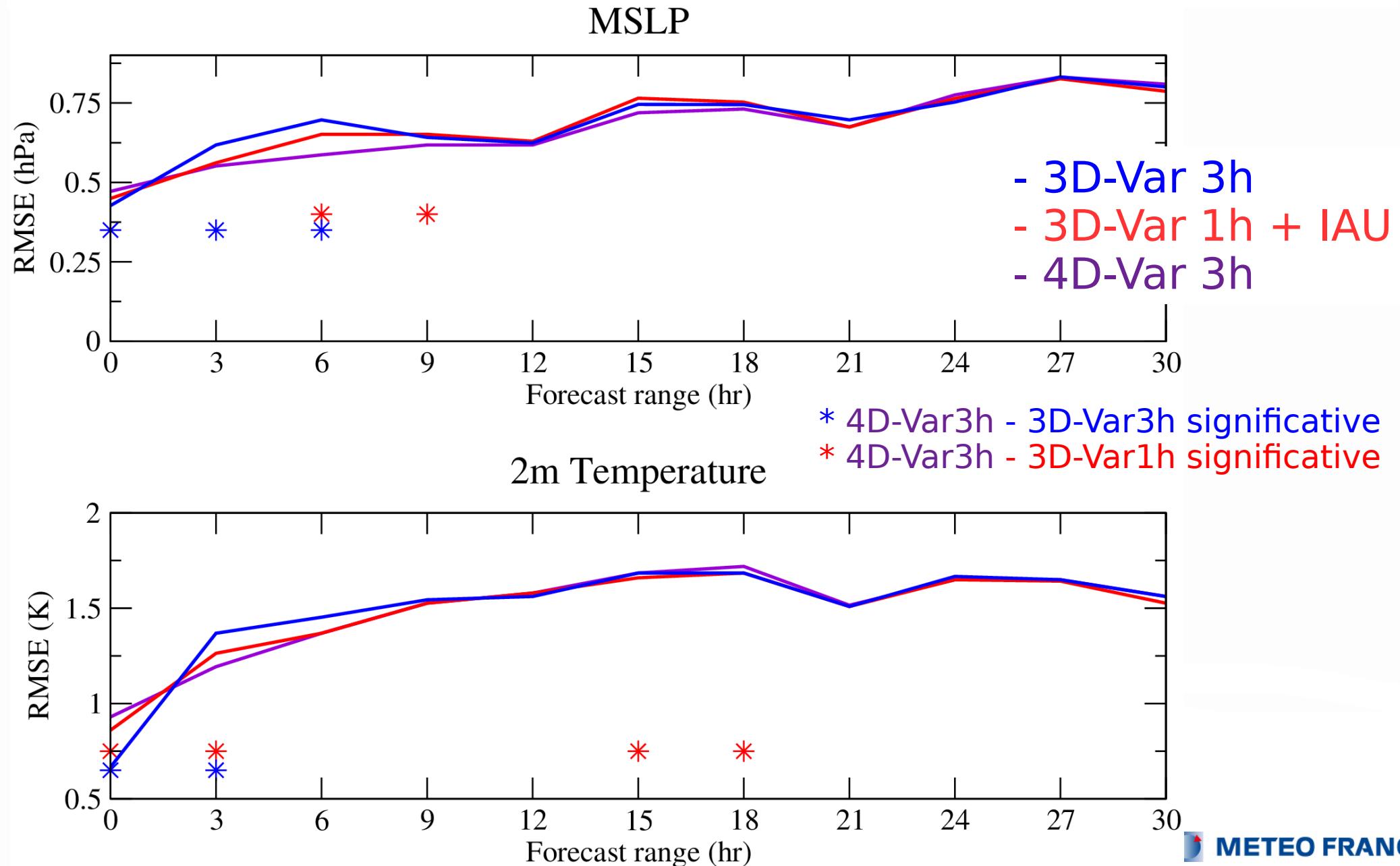


Vitesse radiale radar



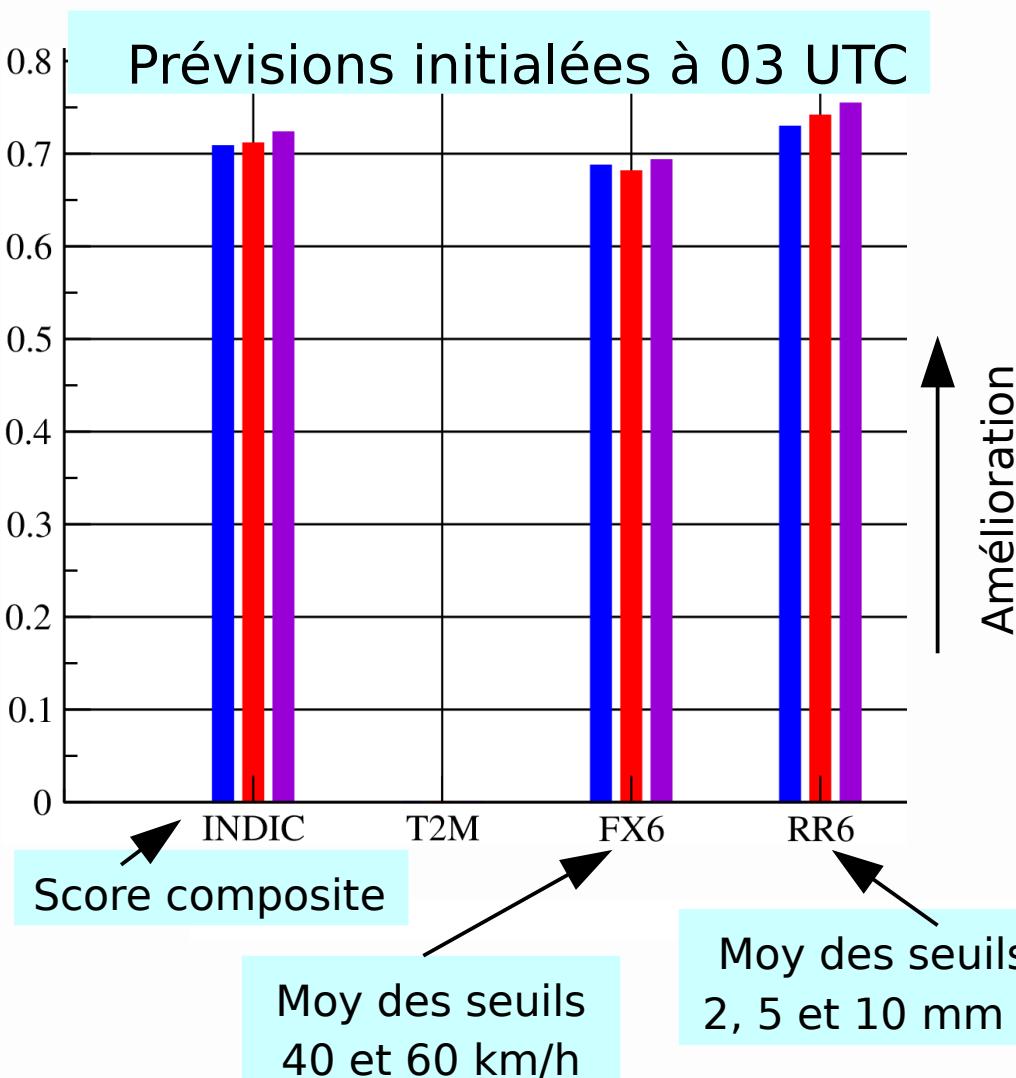
# Expériences du 06/09 au 30/09/2013

- Scores de Pmer et T2m : prévisions 30h initialisées à 03 UTC**

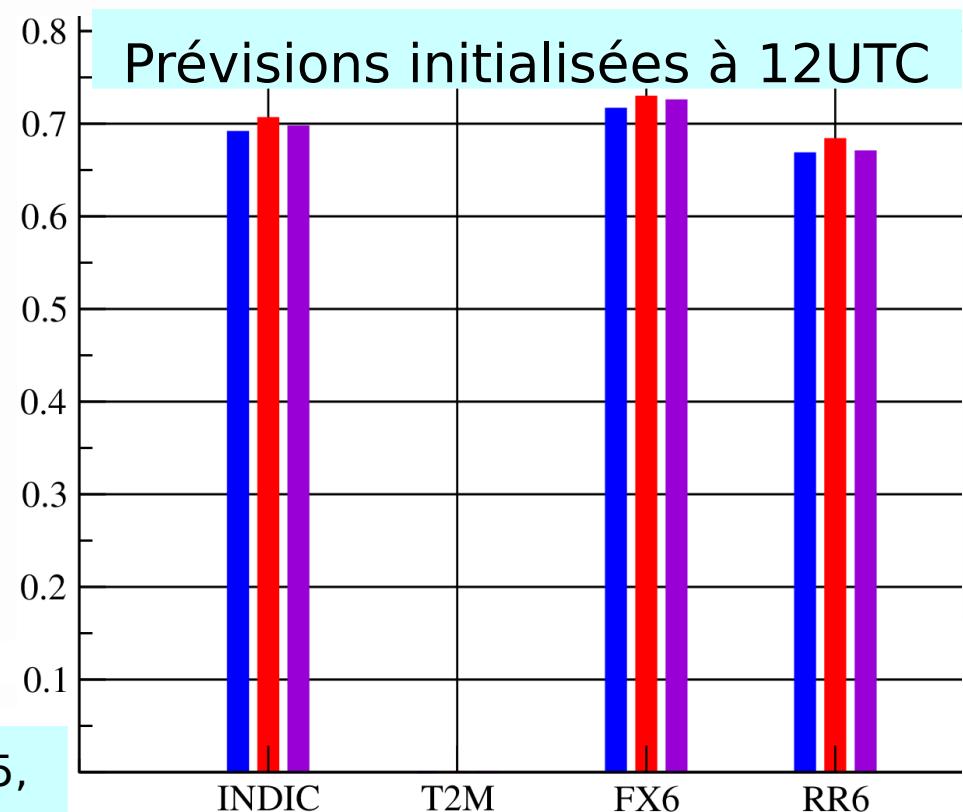


# Expériences du 06/09 au 30/09/2013

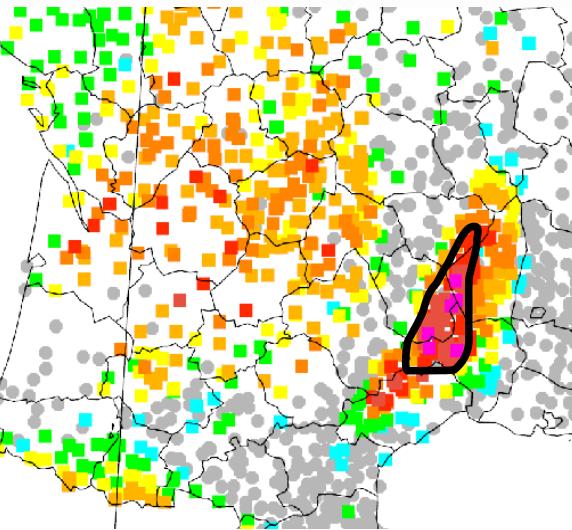
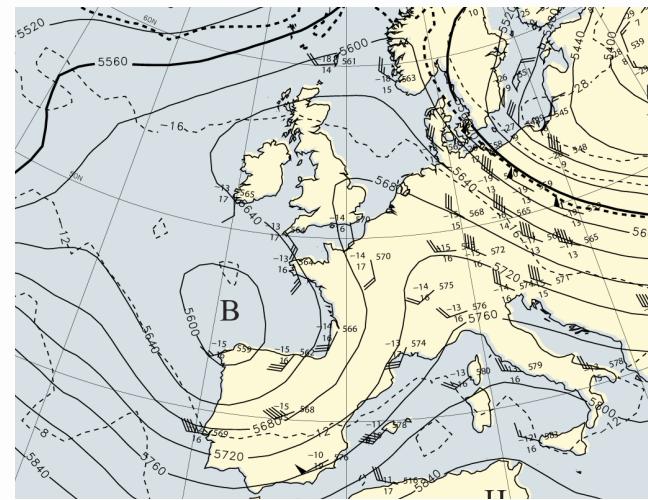
- **Brier Skill Score** (score probabiliste) de cumul de précipitation (RR6) et de rafale de vent max (FX6) en 6h pour une tolérance spatiale de 50 km moyennés pour différents seuils et sur les échéances 6, 12, 18 et 24h.



- 3D-Var 3h
- 3D-Var 1h + IAU
- 4D-Var 3h



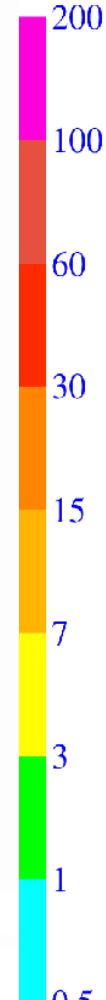
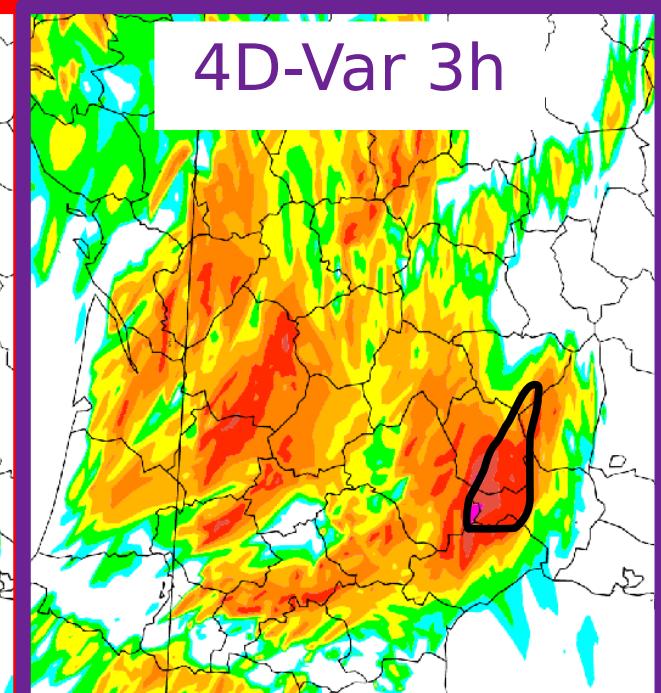
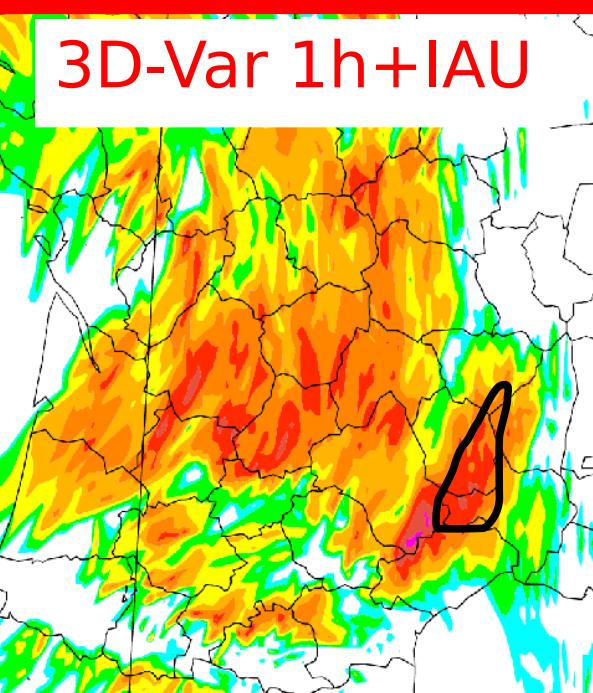
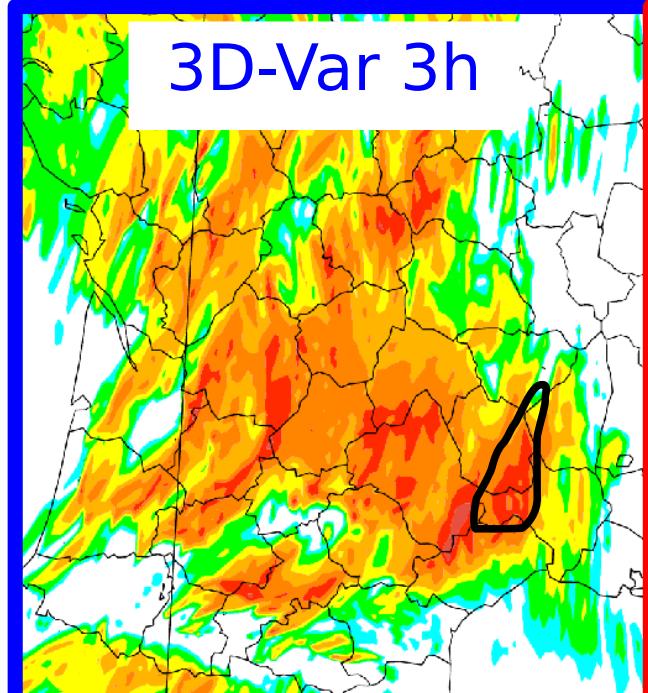
# Situation du 28/09/2013



+ de 100mm  
en 12 h

Cumuls supérieurs  
à 60mm en 12 h

Cumuls P12-P00 réseaux 12UTC



# Conclusion

- Mise en oeuvre d'un prototype 4D-Var pour AROME qui fonctionne :
  - qui donne des résultats satisfaisants avec des réglages minimalistes, sûrement à peaufiner
  - mais qui coûte cher : 1 minim dure 3h sur 120 noeuds du Bull de Météo-France
- Utile pour des études de cas
- Perspectives :
  - pas de perspectives opérationnelles (trop coûteux)
  - mais intérêt de disposer en mode recherche d'une "référence" 4D dans le cadre du développement du 4D-Envar pour AROME envisagé à Météo-France
  - poursuite des tests des versions incrémentales (minimisation à résolution dégradée)



Merci de votre attention...

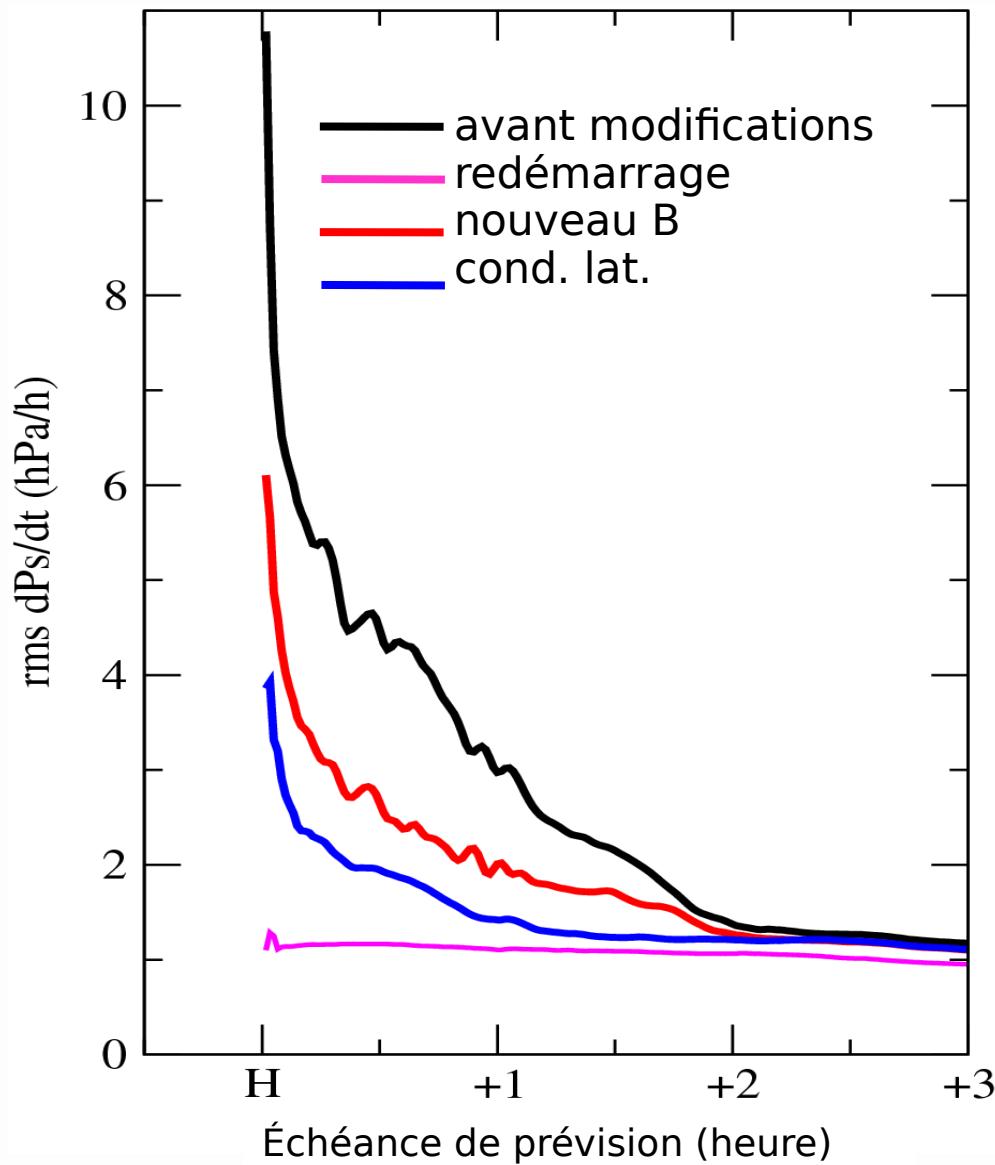
P. Brousseau, L. Berre, F. Bouttier et G. Desroziers. (2011) Background-error covariances for a convective-scale data-assimilation system : AROME-France 3D-Var. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., vol. 137, pages 409-422.

- Y. Seity, P. Brousseau, S. Malardel, G. Hello, P. Bénard, F. Bouttier, C. Lac et V. Masson.(2011) The AROME-France convective-scale operational model. Monthly Weather Review, vol. 139, no. 3, pages 976-991.

- Soci, C., Fischer, C., & Horányi, A. (2006). Sensitivity of high-resolution forecasts using the adjoint technique at the 10-km scale. Monthly weather review, 134(3), 772-790.

# Réduction des causes de spin-up

- Spin-up : ondes rapides manifestement non réalistes dues à une mise en équilibre des champs du modèle



- Fréquence du cycle d'assimilation trop élevée : accumulation de déséquilibres
- Réduction des causes de spin-up
  - Nouvelle matrice B : état initial mieux équilibré dans les petites échelles
  - Conditions latérales à l'instant initial=analyse AROME-France

# Single obs T 800 hPa experiment : innovation 4K

