

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

Pierre Brousseau
Météo-France/CNRM

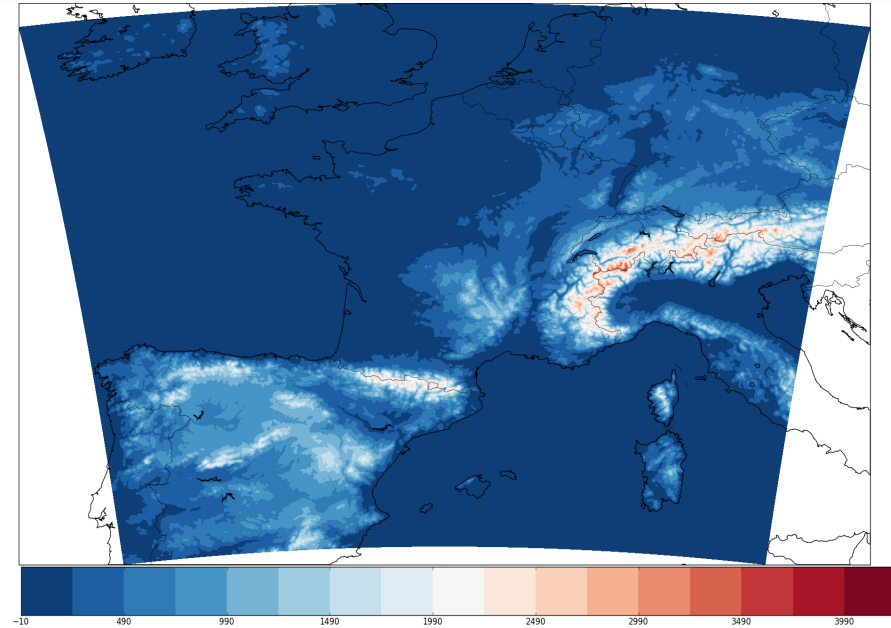
CNA 2014
1 décembre 2014, Toulouse

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 coûteux 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)

R12 : P36 -> guess 3h

Obs co-localisées

Cycle 1H

R11 : P1

R12 : P1

R13 : P1

Obs co-localisées

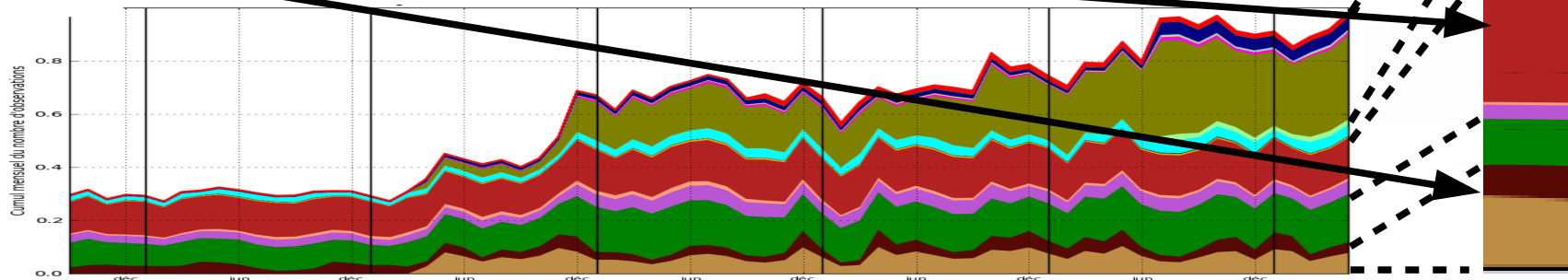
Obs co-localisées

Obs co-localisées

temps

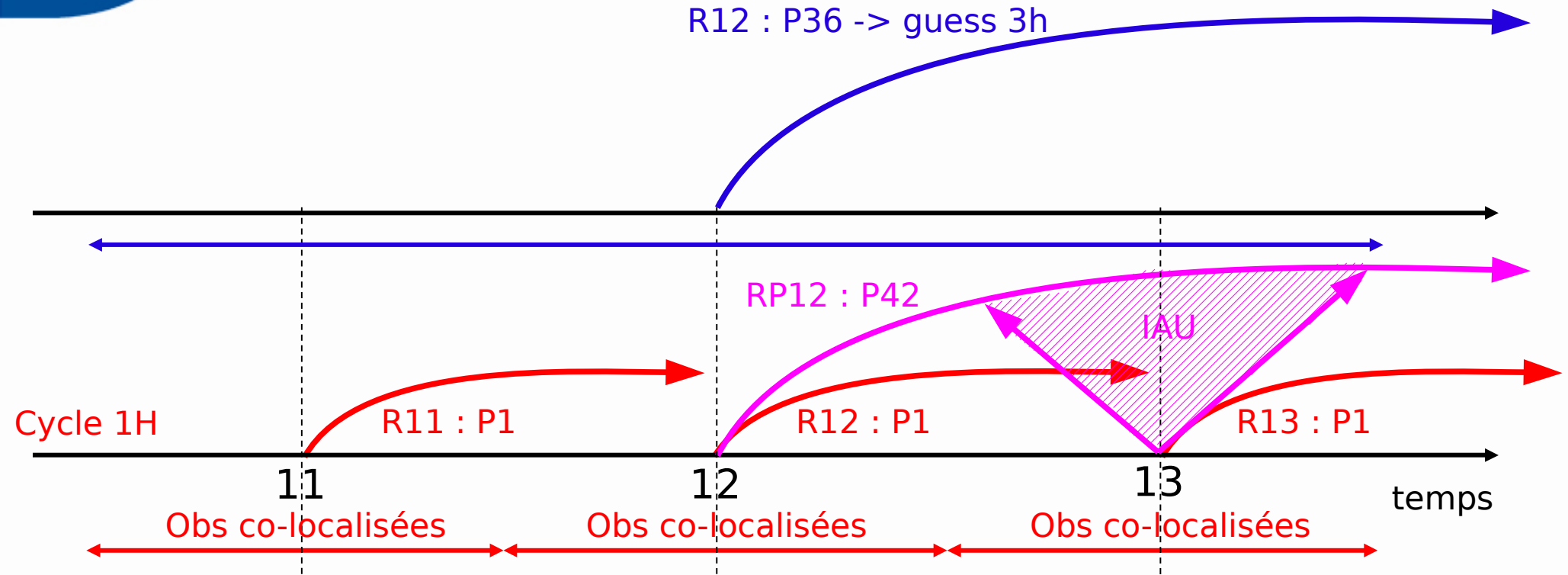
Cycle d'assimilation horaire : nombre d'obs SEVIRI, GPSsol, radar et station de surface assimilées x 3

1e7



Cycle horaire

R12 : P36 -> guess 3h



- 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,...)

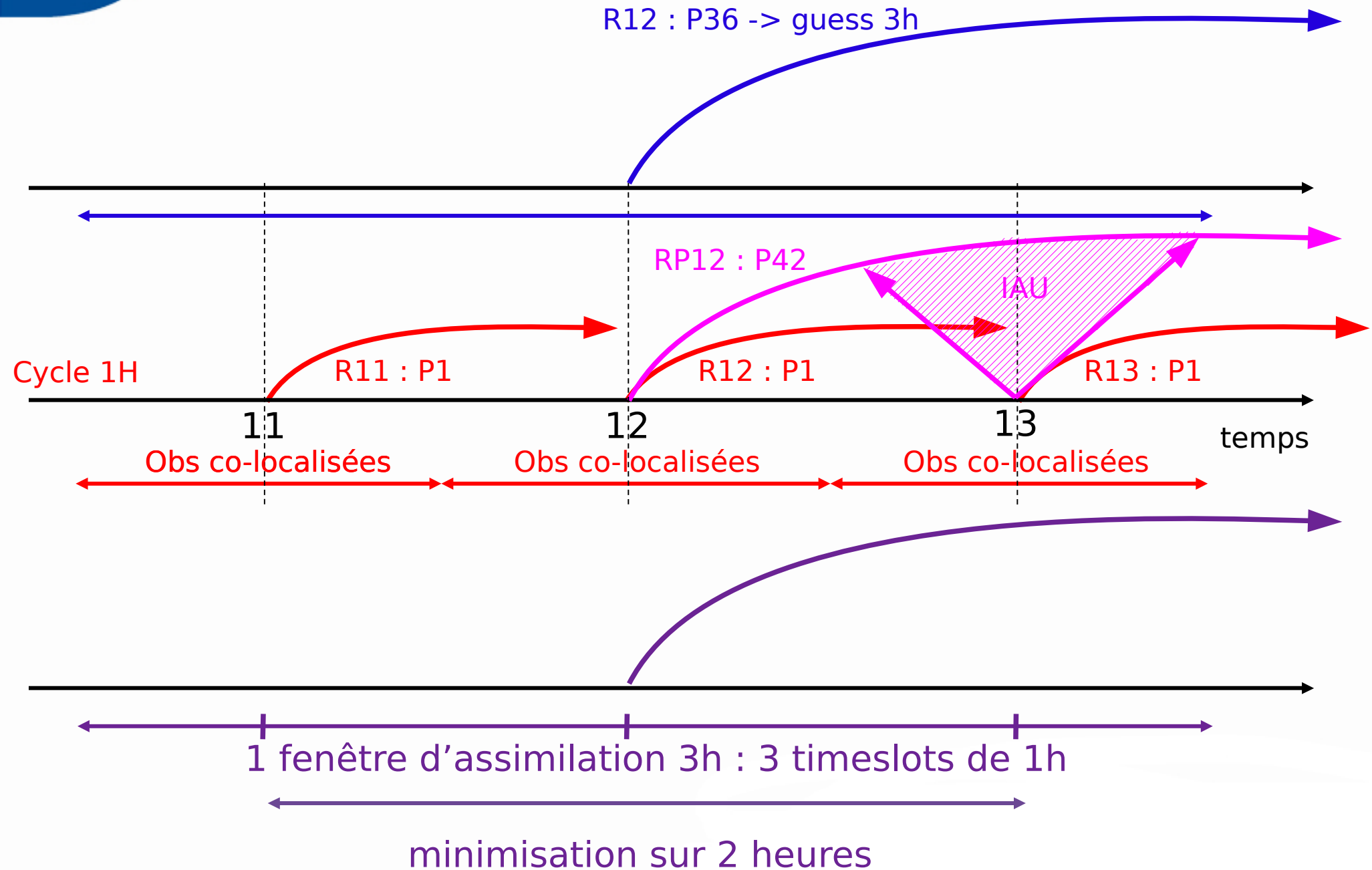
Idee : utiliser l'existant (TL et AD du modèle ALADIN) pour créer une « référence » type 4D-Var en mode recherche

Plan de la présentation

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

Configuration

R12 : P36 -> guess 3h

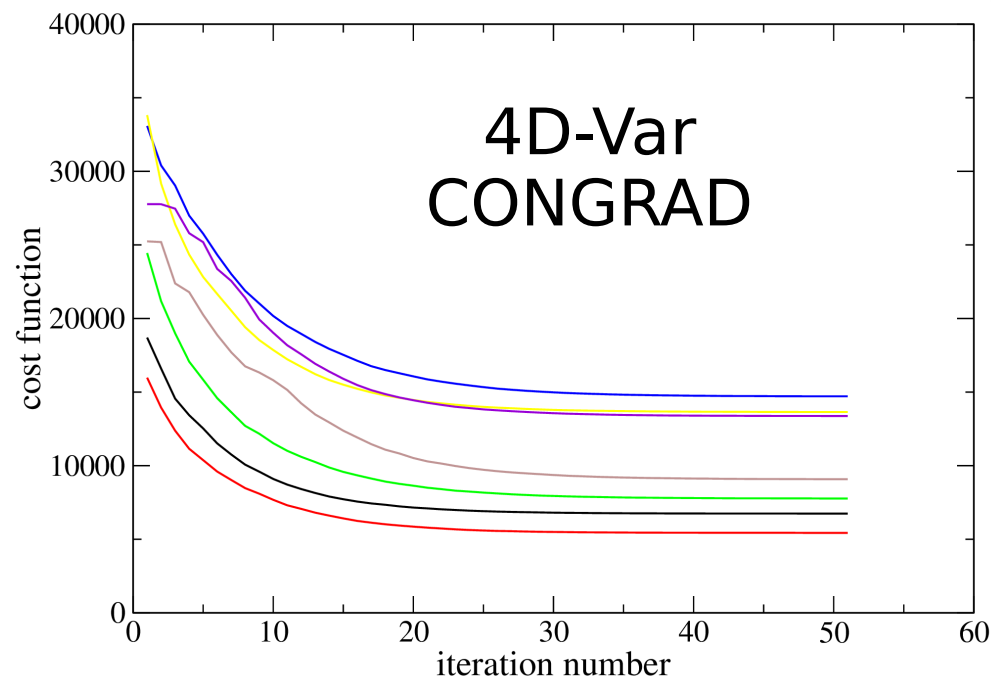
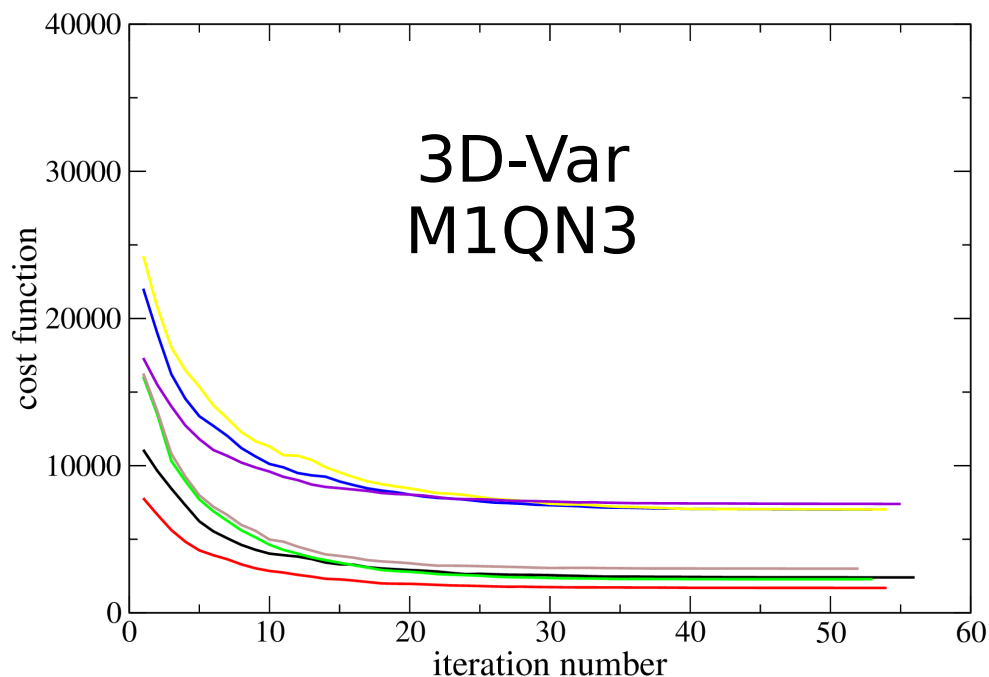


Configuration

- **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 $\sigma_{\text{tab}} \times 0,85$**
- **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

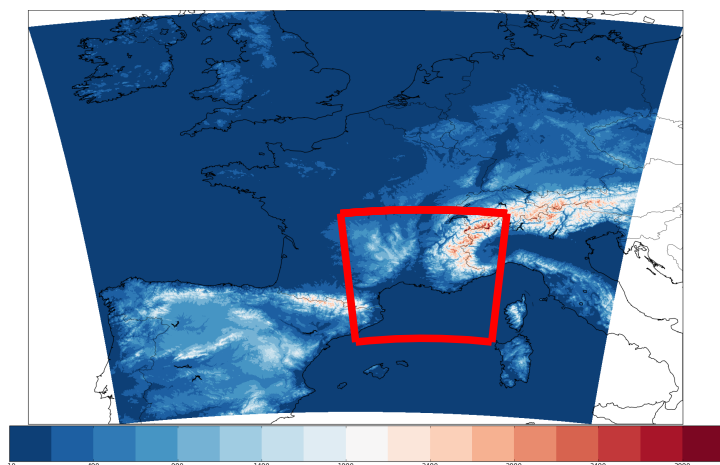


- **Elapse time : ~3h sur 120 noeuds (32Go)** sur le Bull de MF
 - une minim 3D-Var : 3 min sur 8 noeuds
 - une prévision 2h AROME opérationnel : 2 min sur 24 noeuds

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

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)

S042WINDSPEED
2014-07-01 03:00:00

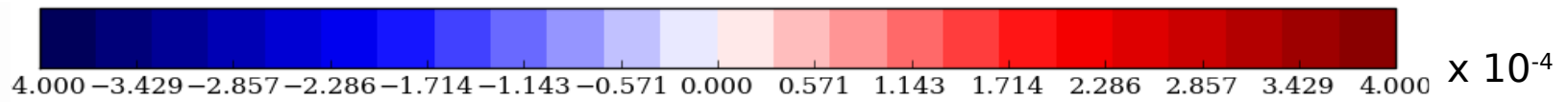
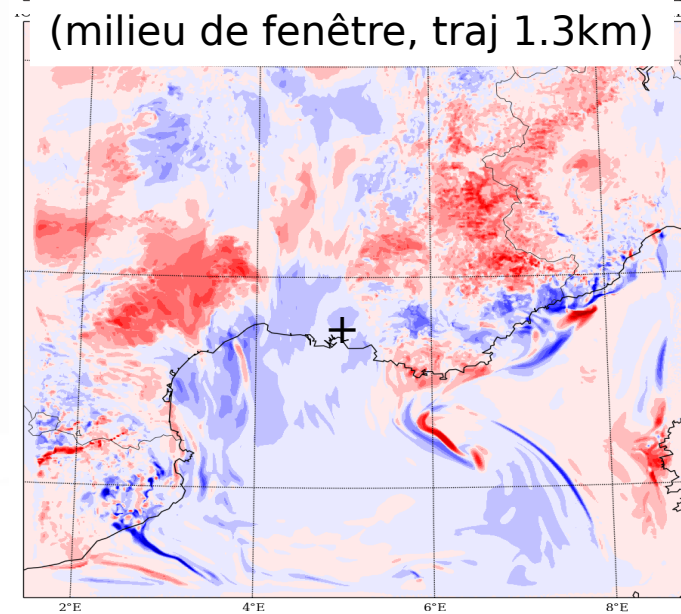
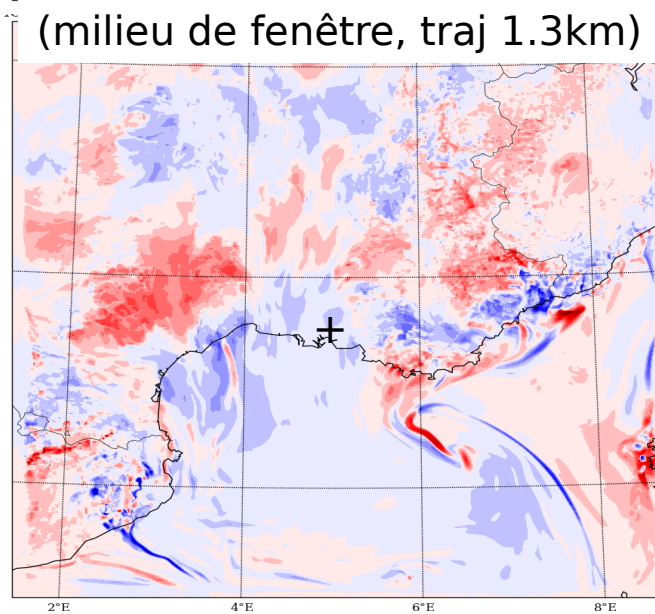
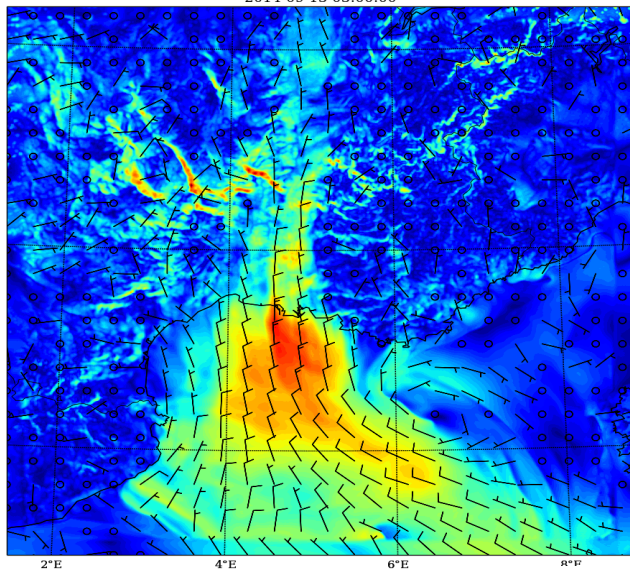
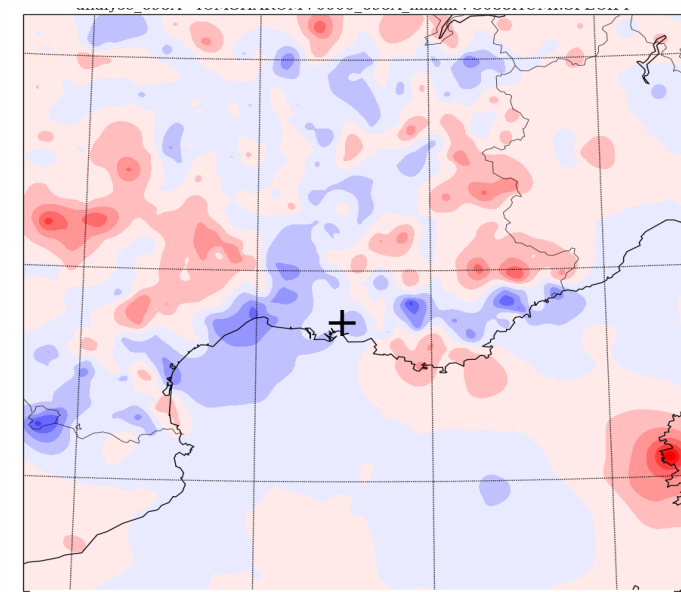
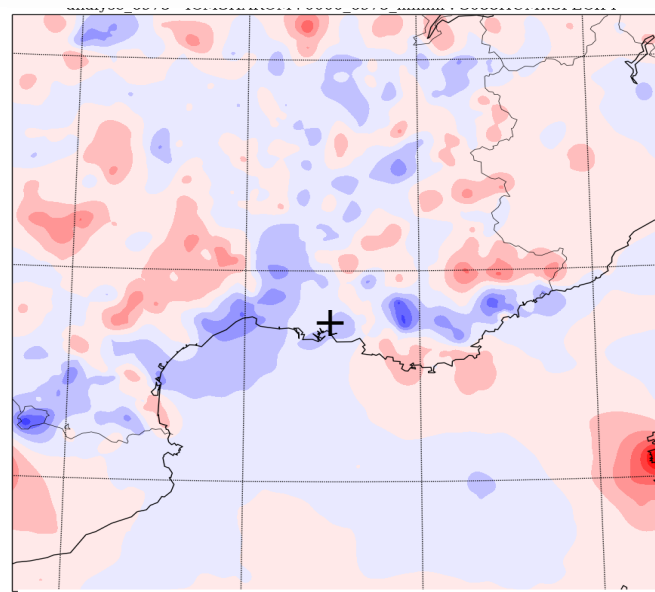
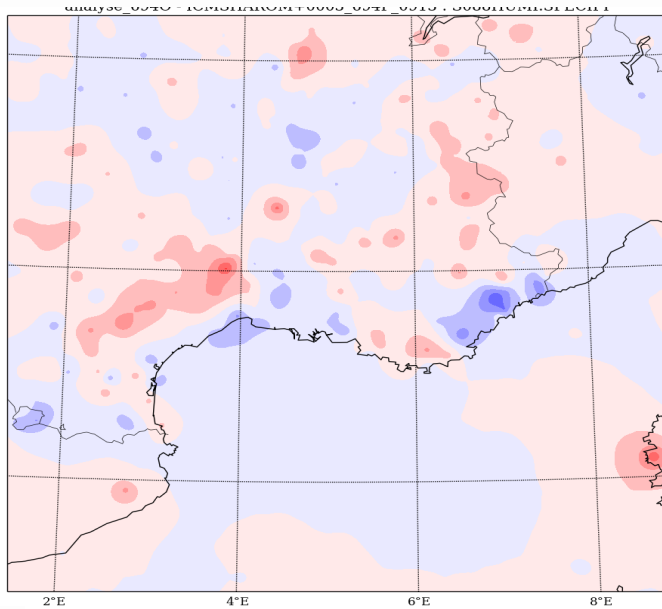
4.000 -3.429 -2.857 -2.286 -1.714 -1.143 -0.571 0.000 0.571 1.143 1.714 2.286 2.857 3.429 4.000

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)



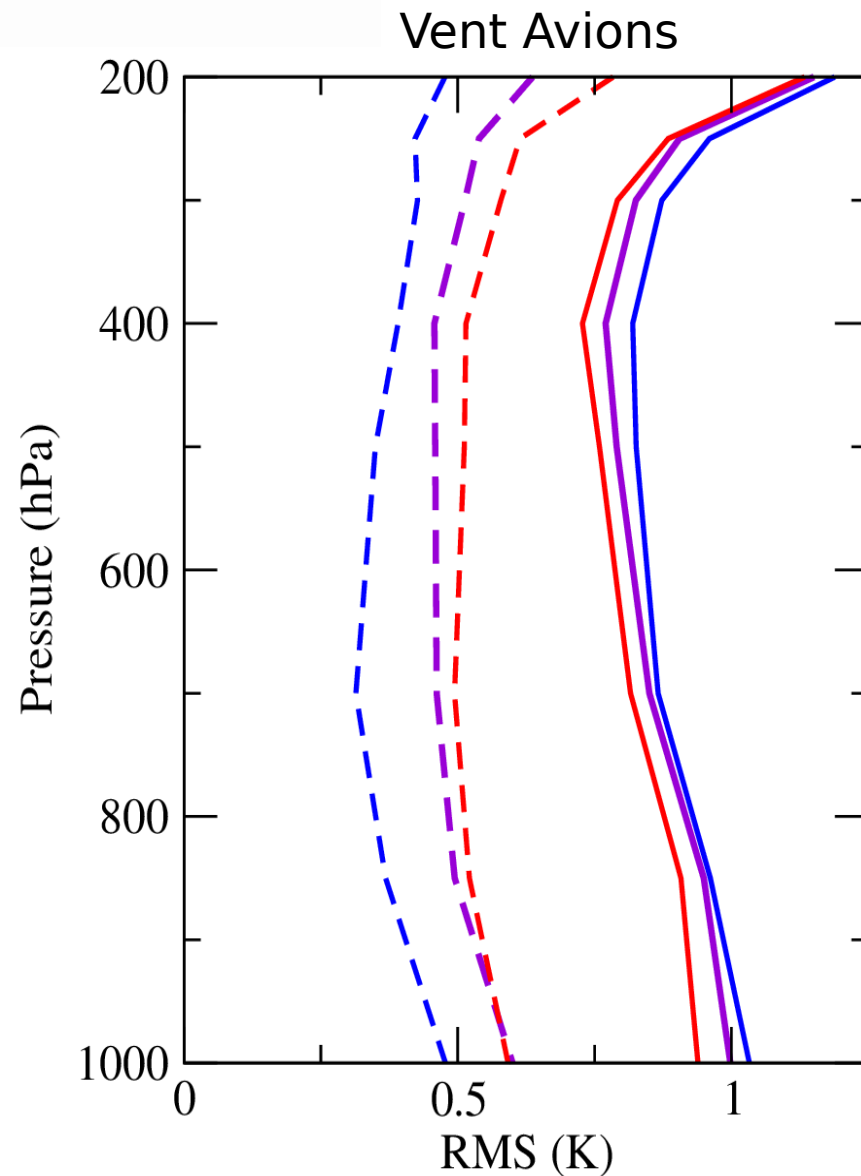
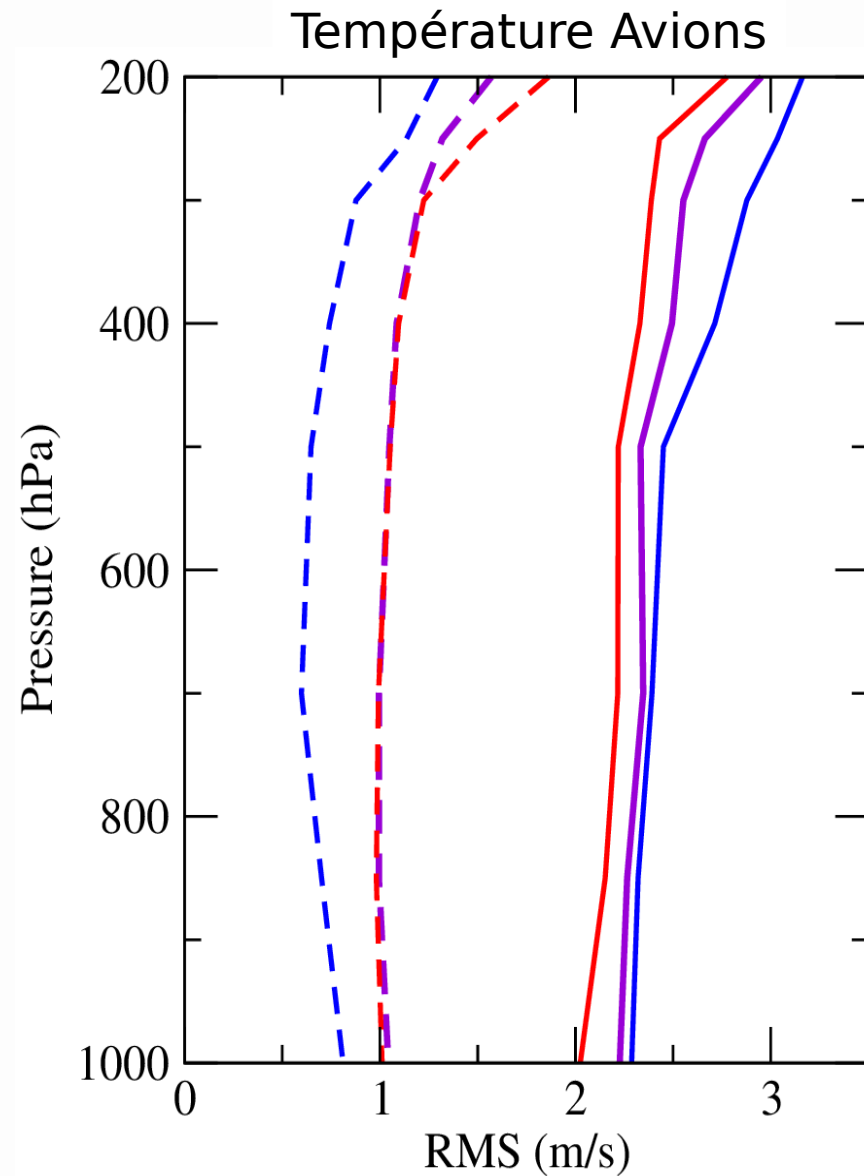
Plan de la présentation

- 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

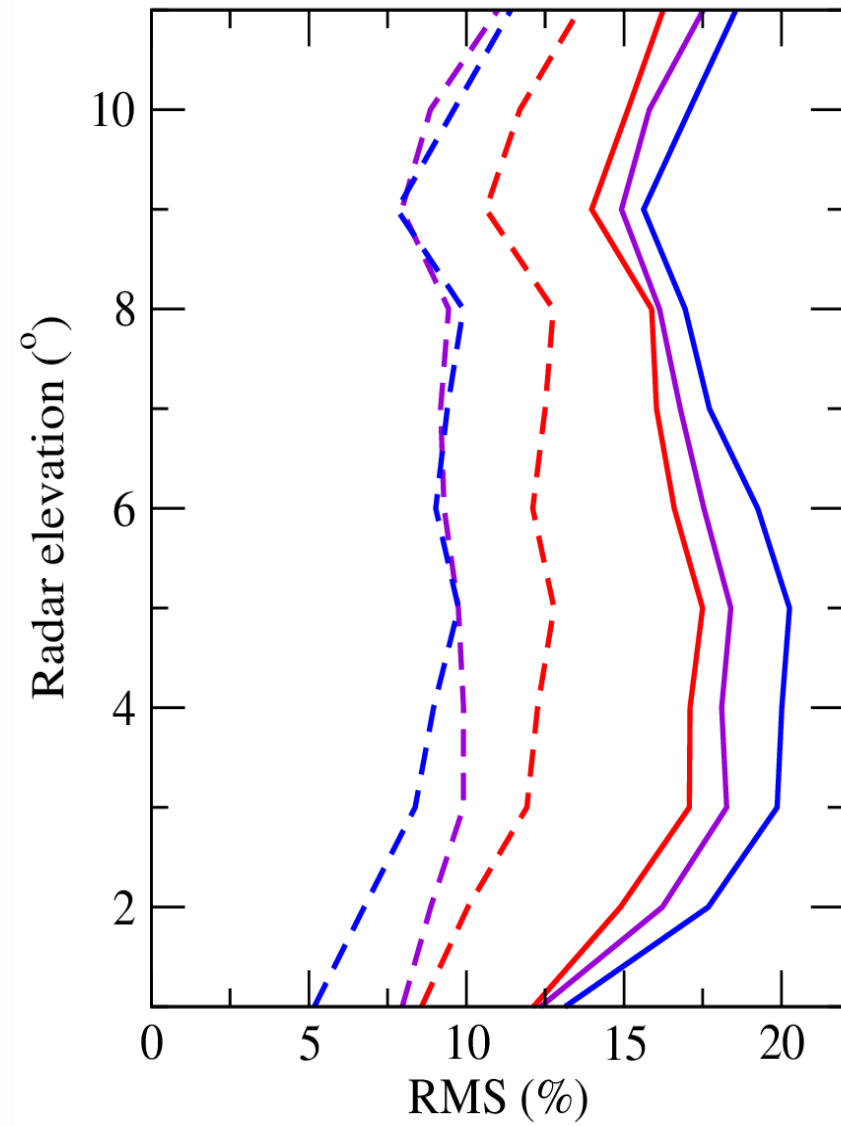


Expériences du 06/09 au 30/09/2013

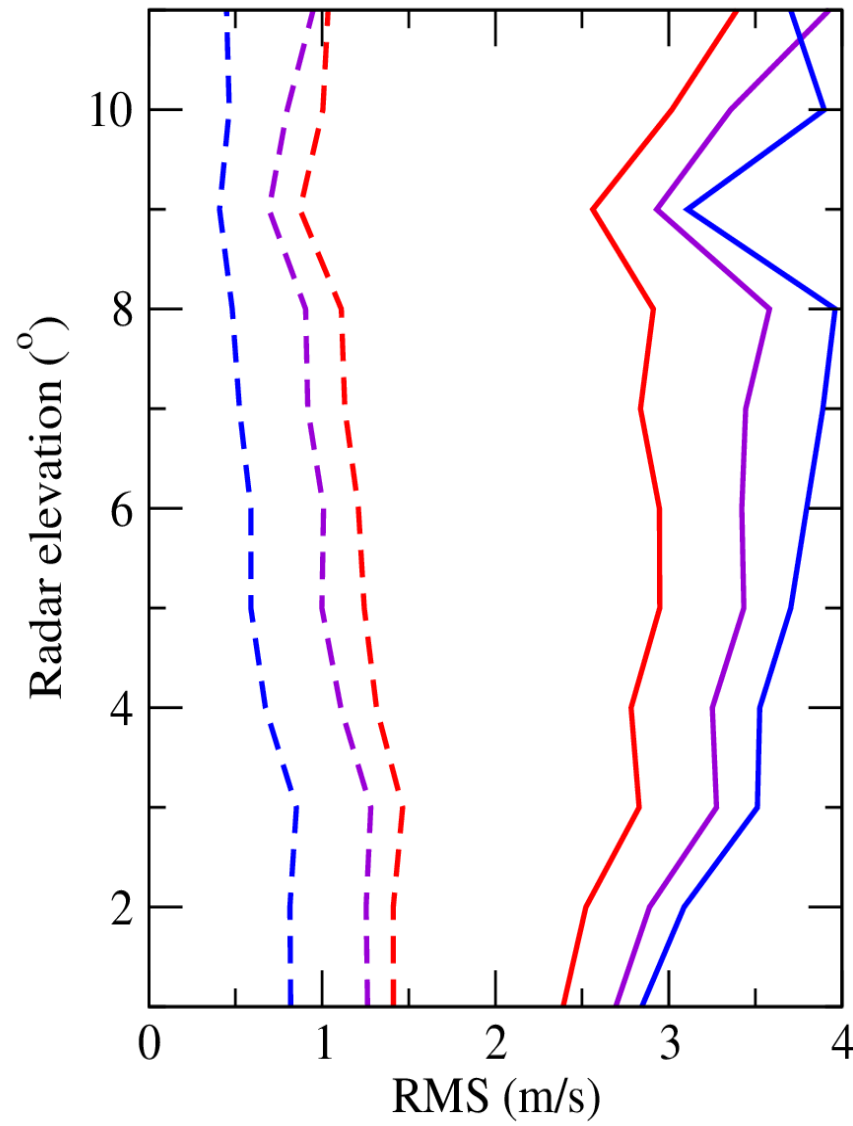
- **Profils verticaux de RMS** de différences Obs-ébauche — et Obs-analyse - - - .

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

Humidité relative radar

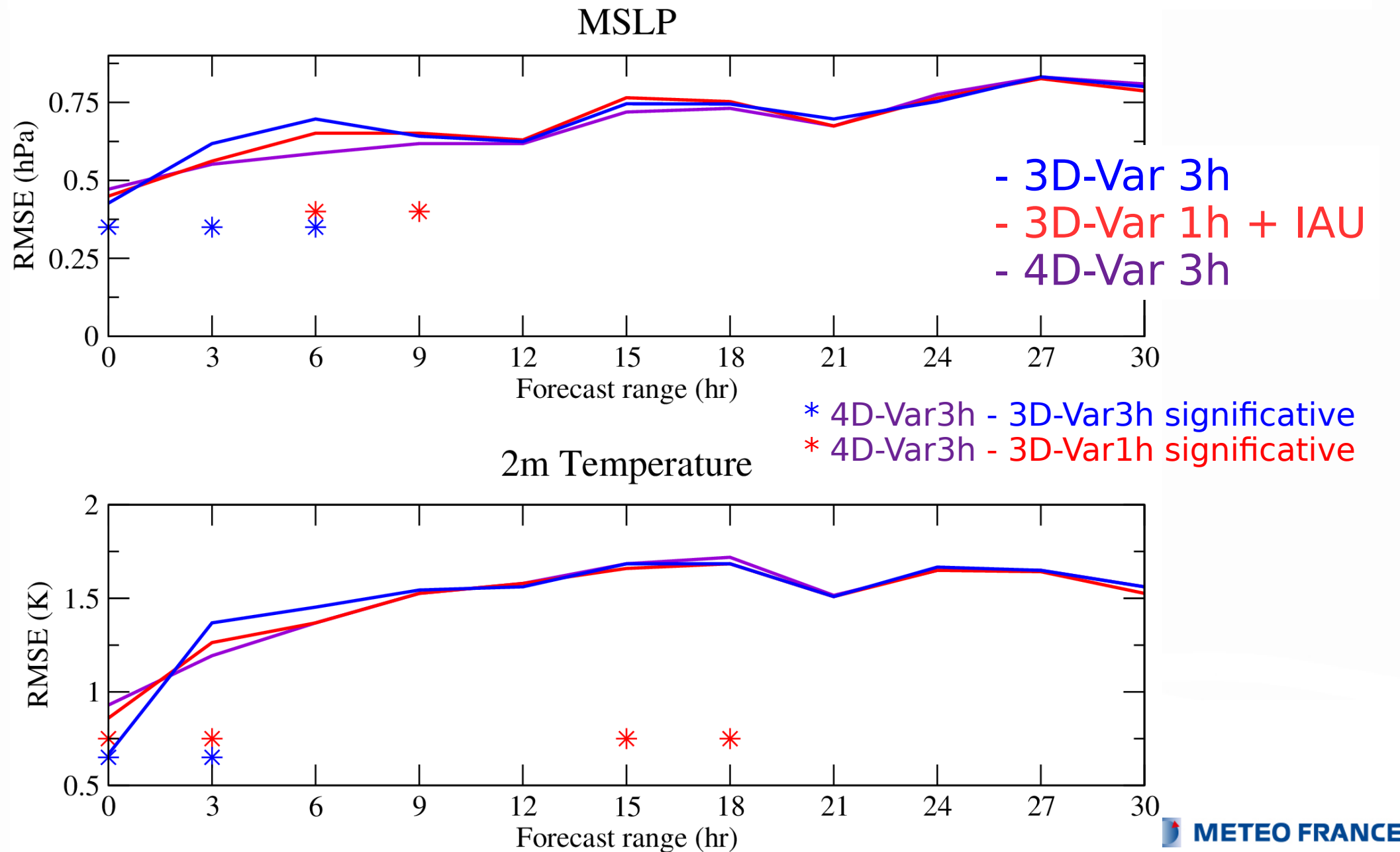


Vitesse radiale radar



Expériences du 06/09 au 30/09/2013

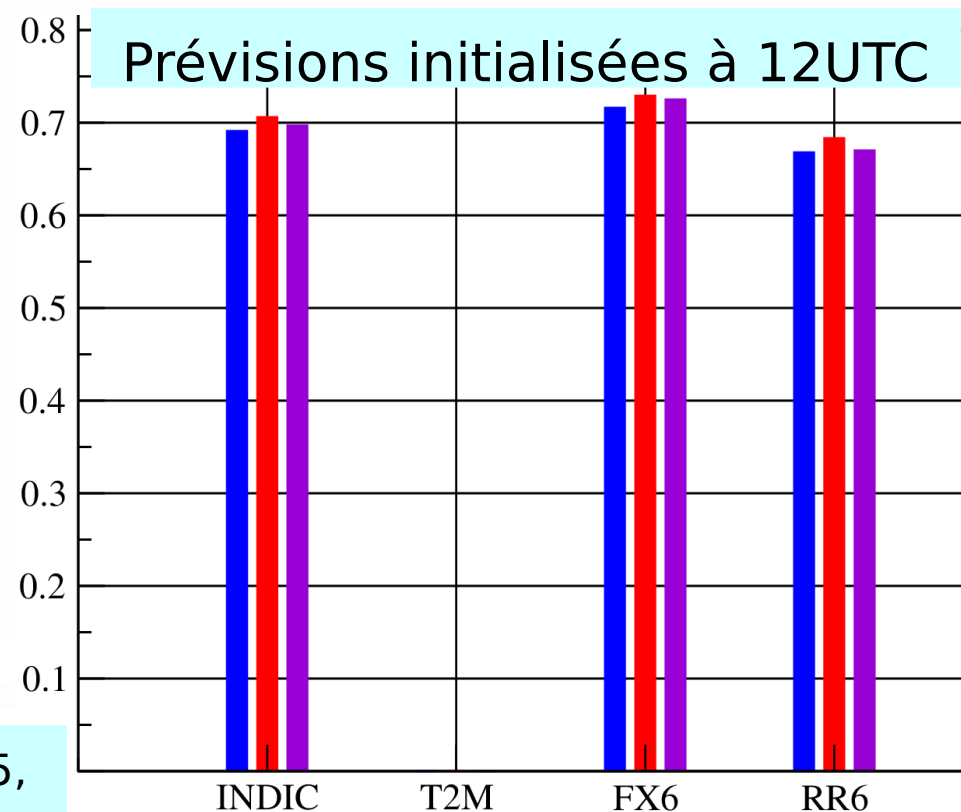
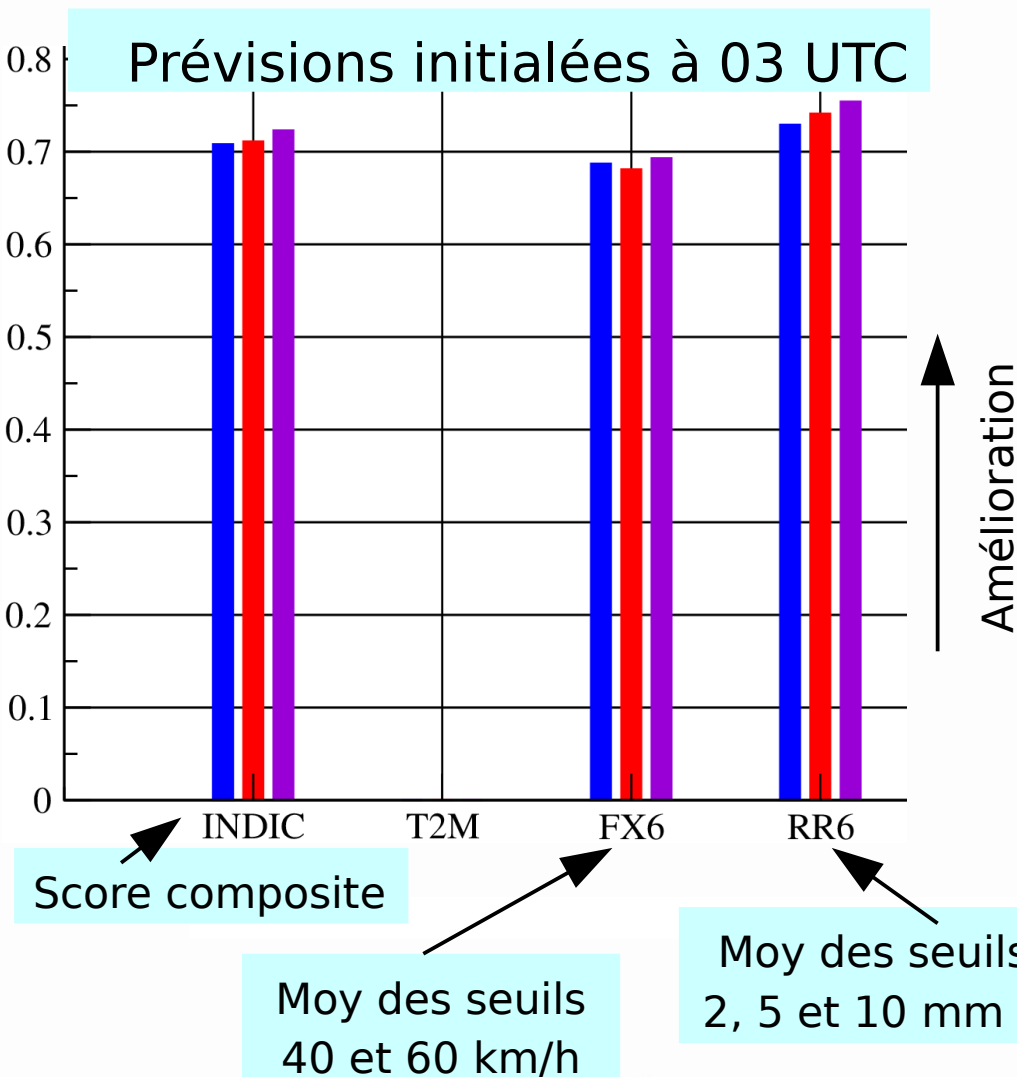
- Scores de Pmer et T2m : prévisions 30h initialisées à 03 UTC



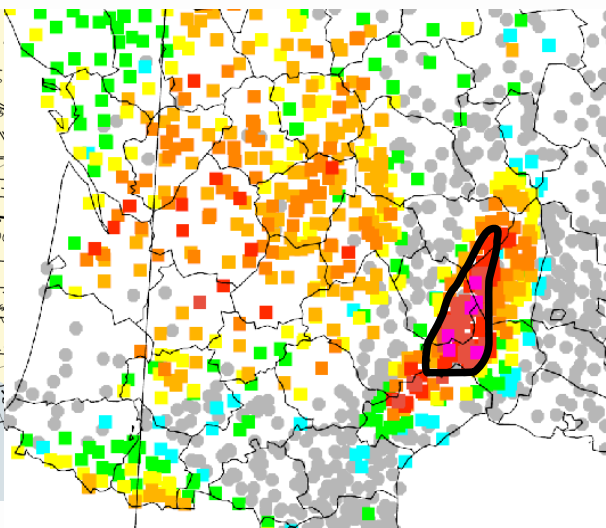
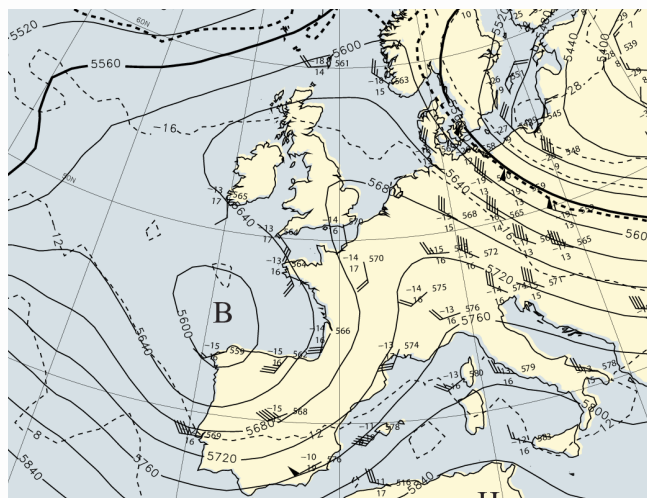
Expériences du 06/09 au 30/09/2013

- 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

3D-Var 3h

3D-Var 1h+IAU

4D-Var 3h



Conclusion

- Mise en oeuvre d'un prototype 4D-Var pour AROME qui fonctionne :
 - qui donne des résultats satisfaisants avec des réglages minimalistes, surement à peaufiner
 - mais qui coute 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)

An aerial photograph of a town, likely in the French Alps, is shown. The town is nestled in a valley, with a river or stream flowing through it. The surrounding area is covered in dense evergreen forests. A weather map is overlaid on the image, 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 general flow from the northwest towards the southeast. The text 'Merci de votre attention...' is superimposed in large white letters across the center of the image.

Merci de votre attention...

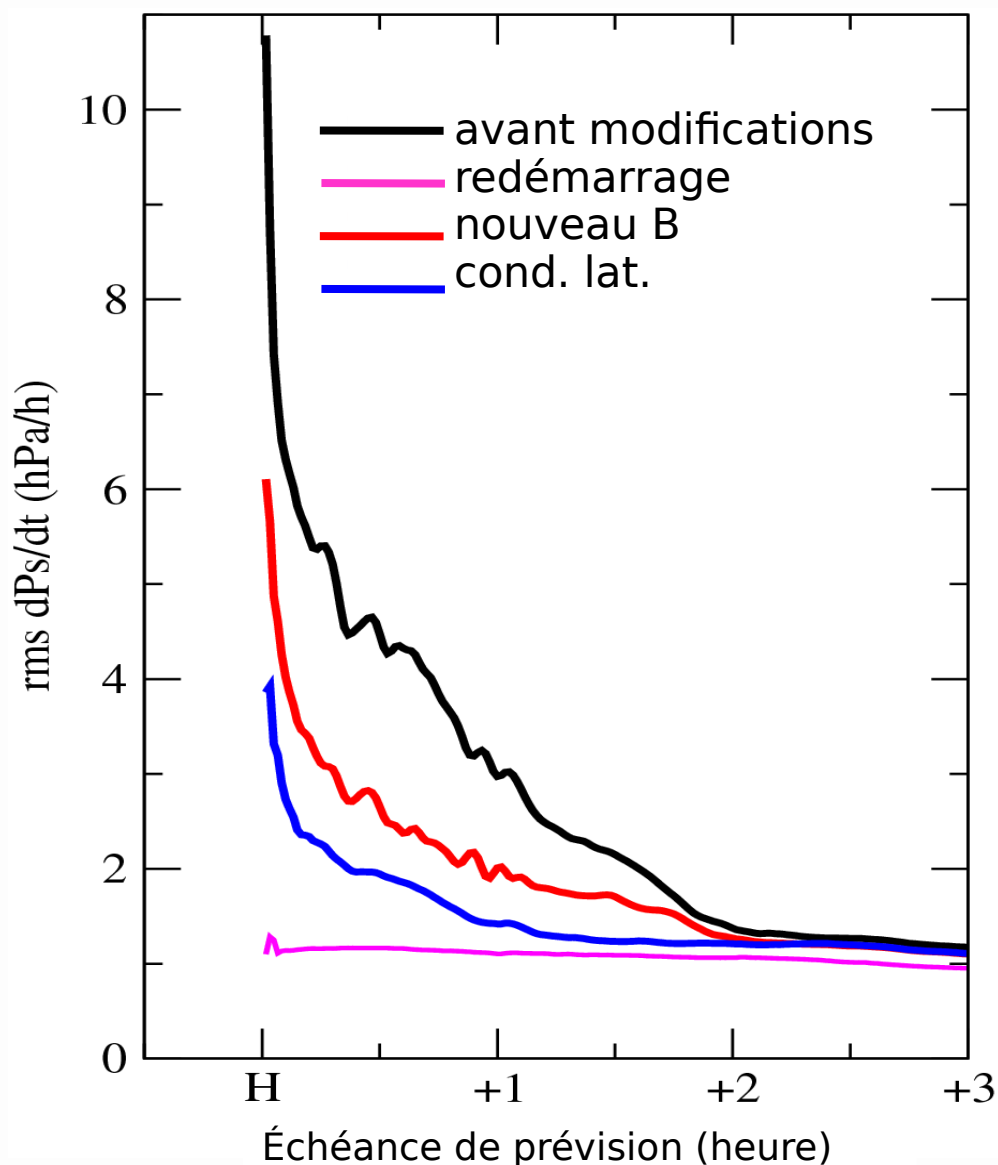
- P. Brousseau, L. Berre, F. Bouttier et G. Desroziers. (2011) Background-error covariances for a convective-scale data-assimilation system : AROME-France 3D-Var. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., vol. 137, pages 409-422.

- 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

3D-Var

4D-Var 1.3km
(début de fenêtre)

4D-Var 5.2km
(début de fenêtre)

Prévision 1 h à 1.3km

(milieu de fenêtre, traj 1.3km)

(milieu de fenêtre, traj 1.3km)

4.000 -3.429 -2.857 -2.286 -1.714 -1.143 -0.571 0.000 0.571 1.143 1.714 2.286 2.857 3.429 4.000