

Une nouvelle configuration du système de prévision d'ensemble avec plus de résolution verticale.

*Peter Houtekamer, Xingxiu Deng, Normand Gagnon,
Bin He, Herschel Mitchell*

Dans le projet d'intercomparaison du filtre de Kalman d'ensemble (EnKF) et du système 4D-Var, nous avons obtenu une qualité quasi-identique pour les deux systèmes. Des prévisions avec le modèle méso-global, partant soit de l'analyse moyenne de l'EnKF soit de l'analyse 4D-Var, ont servi pour mesurer la qualité (*présentation interne de Mark Buehner*).

Aux opérations, la performance du système de prévision d'ensemble (SPE) n'est pas aussi bonne que celle du système déterministe. Nous pensons que c'est principalement attribuable au fait qu'aux opérations on utilise 28 niveaux pour le EnKF tandis que pour l'intercomparaison on en utilise 58 pour le EnKF comme dans le système 4D-Var.

Évidemment, nous voulons maintenant transférer un SPE avec 58 niveaux aux opérations.

Contenu de la présentation

- Mise en situation.
- Modifications pour le filtre de Kalman d'ensemble :
 - le nombre de niveaux,
 - l'algorithme séquentiel,
 - les observations GPS-RO,
 - le filtre sur les montagnes.
- Peu de modifications pour faire les prévisions jusqu'au jour 15.
- L'effet des changements au filtre de Kalman d'ensemble sur la qualité des prévisions jusqu'au jour 15.
- Conclusions et défis.

Mise en situation : l'arrivée du méso-strato

Le SPE n'est pas indépendant du système déterministe.

Nous utilisons en entrée :

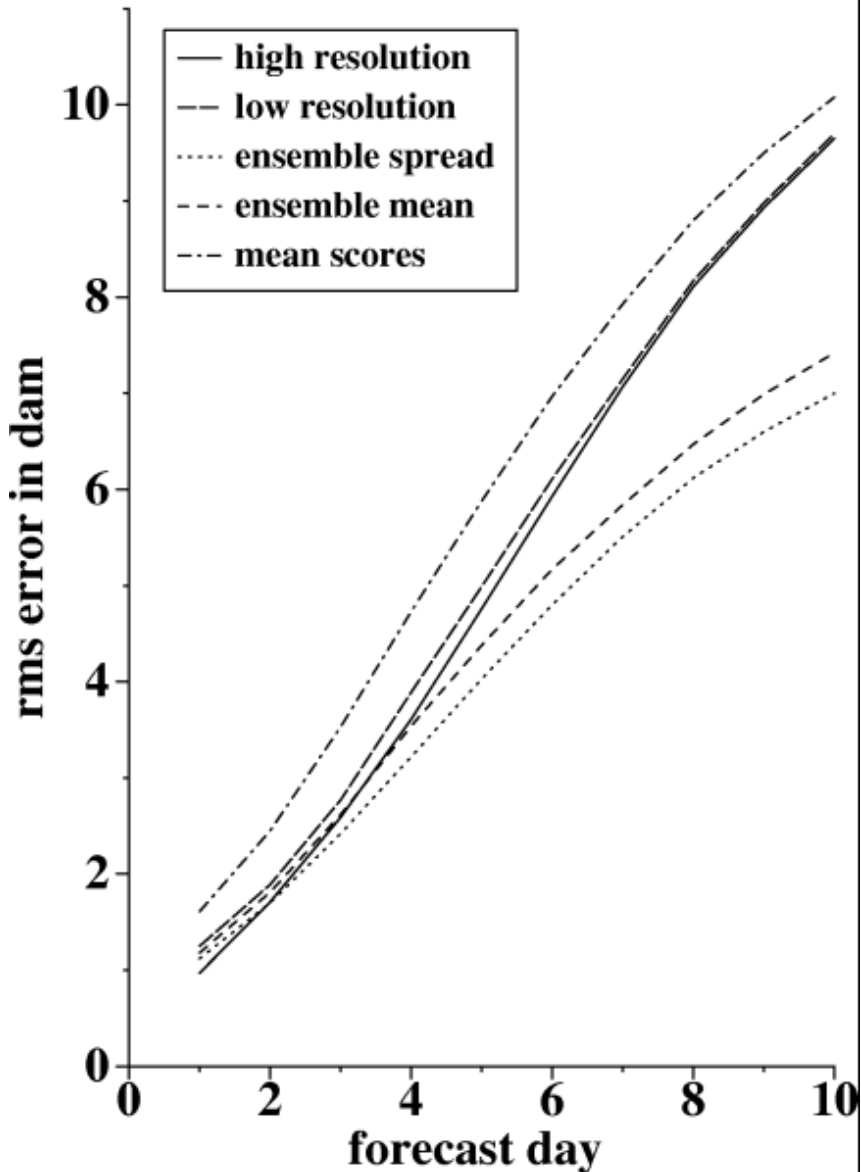
- 1) les champs de surface (e.g. l'humidité du sol),
- 2) les observations avec correction de biais et contrôle de qualité.

1) Avec le méso-strato la coordonnée verticale (ip1) est encryptée différemment afin de permettre assez de précision pour les plus hauts niveaux du modèle méso-strato. Il y a des modifications mineures mais essentielles au filtre de Kalman d'ensemble pour permettre la lecture des champs de surface avec le nouveau ip1.

2) Le modèle méso-strato est meilleur que le modèle méso-global (voir présentation interne Martin Charron octobre 2008). Alors, avec le système méso-strato, la correction des biais des observations est meilleure. Le SPE en profite gratuitement (on obtient de meilleurs résultats en ne faisant rien de spécifique pour le SPE).

Comme nous devons livrer des modifications au filtre de Kalman d'ensemble aux opérations, nous aimerions en profiter pour livrer d'autres améliorations.

quality of the ensemble forecast
January 2009
global area 500 mb
validation against the analysis



Qualité du SPE opérationnel

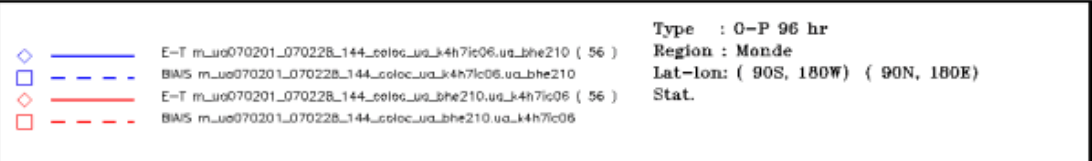
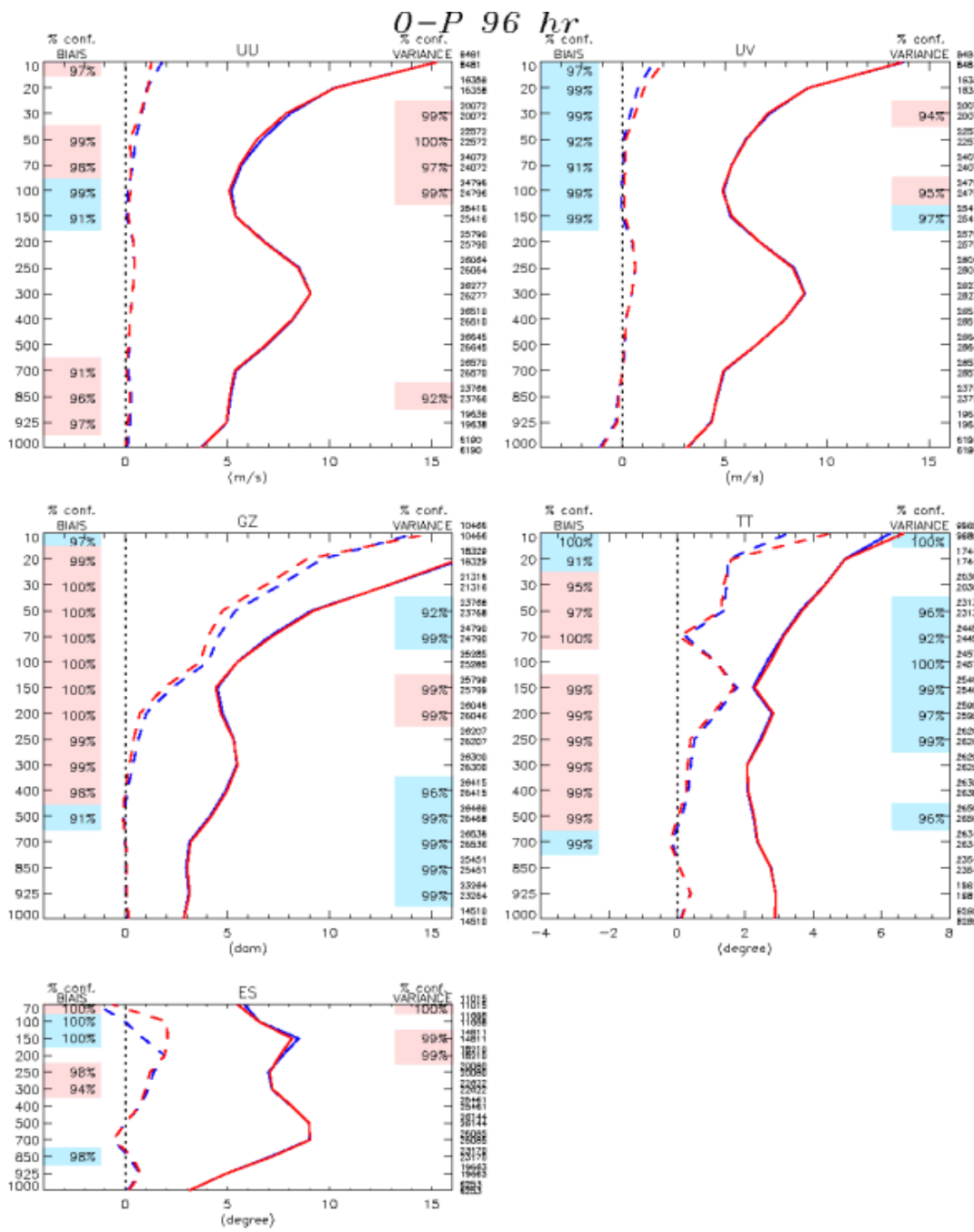
À chaque mois, Marc Klasa génère des vérifications pour le SPE. Ici, on voit que la qualité de la moyenne d'ensemble est inférieure à la qualité de la prévision déterministe pour les jours 1 et 2.

Après 3 jours, le SPE a un meilleur score rms. Ceci est un résultat naturel du moyennage. Il n'est pas clair comment comparer la qualité d'une moyenne d'ensemble et d'un état unique.

Comparaison du EnKF avec le 4D-Var

Dans l'intercomparaison du **EnKF** et du **4D-Var**, nous comparons une prévision avec le méso-global déterministe qui part de la moyenne d'ensemble à **400x200x58** avec une prévision qui part de l'analyse incrémentale 4D-Var. Ceci ne procure aucun avantage au système d'ensemble.

La qualité des deux systèmes (ici pour le globe au jour 4) est, contrairement à ce qu'on vient de voir avec une moyenne d'ensemble à **400x200x28**, très semblable.



La passe “strato” pour le SPE

Nous devons livrer une nouvelle version du SPE au moment de la passe parallèle avec le méso-strato déterministe. Pour le SPE, le toit reste par contre à 10 hPa. L'appellation “strato” pour la nouvelle configuration du SPE vient alors entièrement de la composante déterministe de la passe parallèle.

À l'hiver 2009/2010, nous voulons monter le toit aussi pour le système d'ensemble. Pour avoir un meilleur comportement du modèle dynamique dans le stratosphère et espérant avoir besoin de moins de niveaux, nous aimerions utiliser la version 4.0.x (staggered) du modèle GEM-DM.

Le contenu un peu inattendu de la passe strato actuelle pour le SPE est le sujet de ma présentation.

Les changements testés au schéma d'analyse

1) Le nombre de niveaux.

Le changement est un résultat direct du projet d'intercomparaison avec le 4D-Var. Le choix des niveaux est identique à celui du méso-global.

2) l'algorithme séquentiel.

Le EnKF, contrairement au 4D-Var, et uniquement pour des raisons numériques, assimile les observations par groupe d'au plus 900. On augmente le nombre de 900 à 1500.

3) les observations GPS-RO.

On améliore l'analyse de température avec les données GPS-RO.

4) le filtre sur les montagnes.

On voulait augmenter la stabilité du modèle, mais nous n'avons pas eu les résultats escomptés.

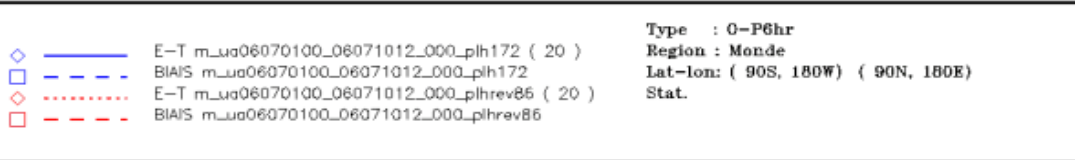
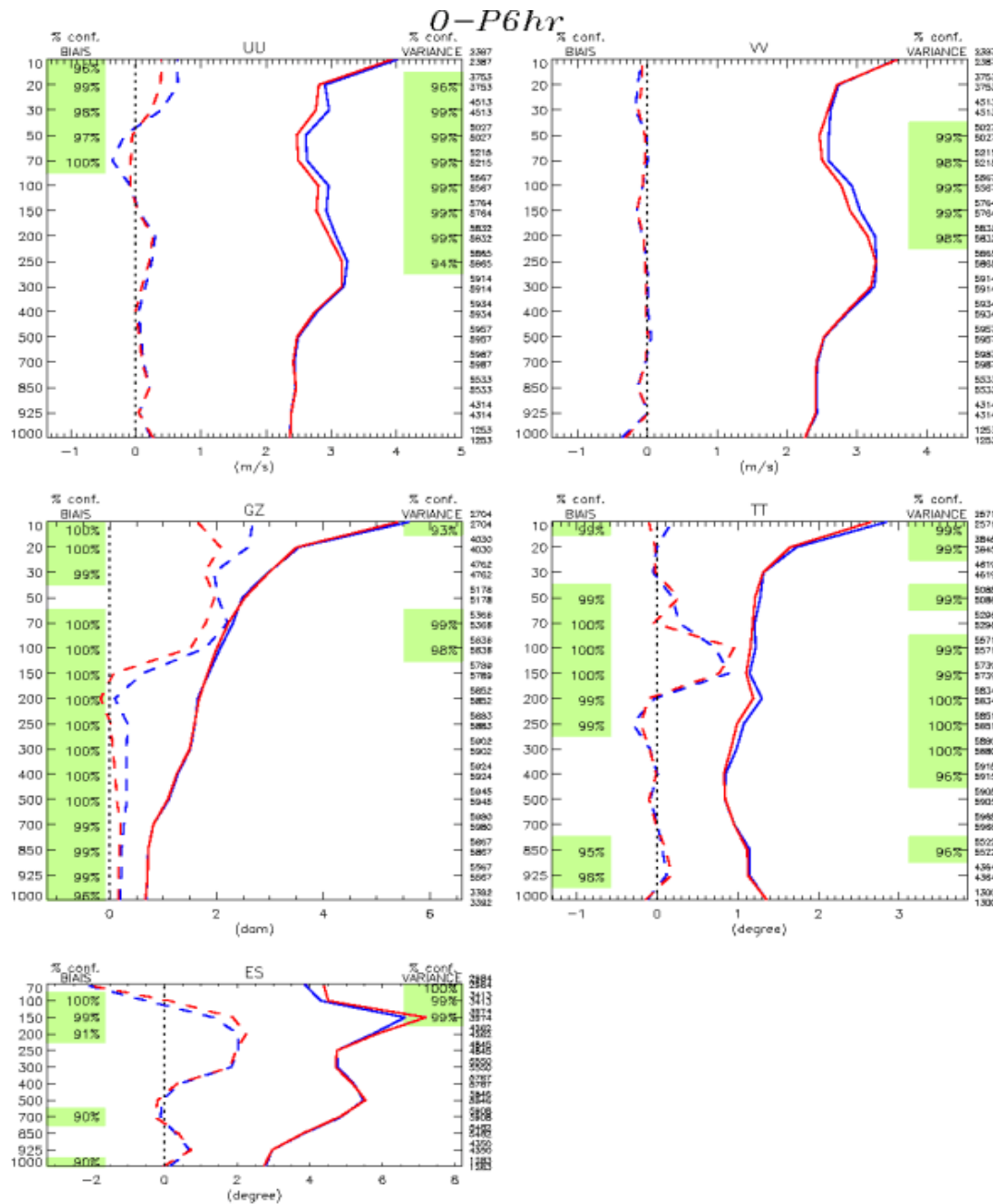
5) le fait d'obtenir les observations d'une autre source.

(méso-strato au lieu du méso-global)

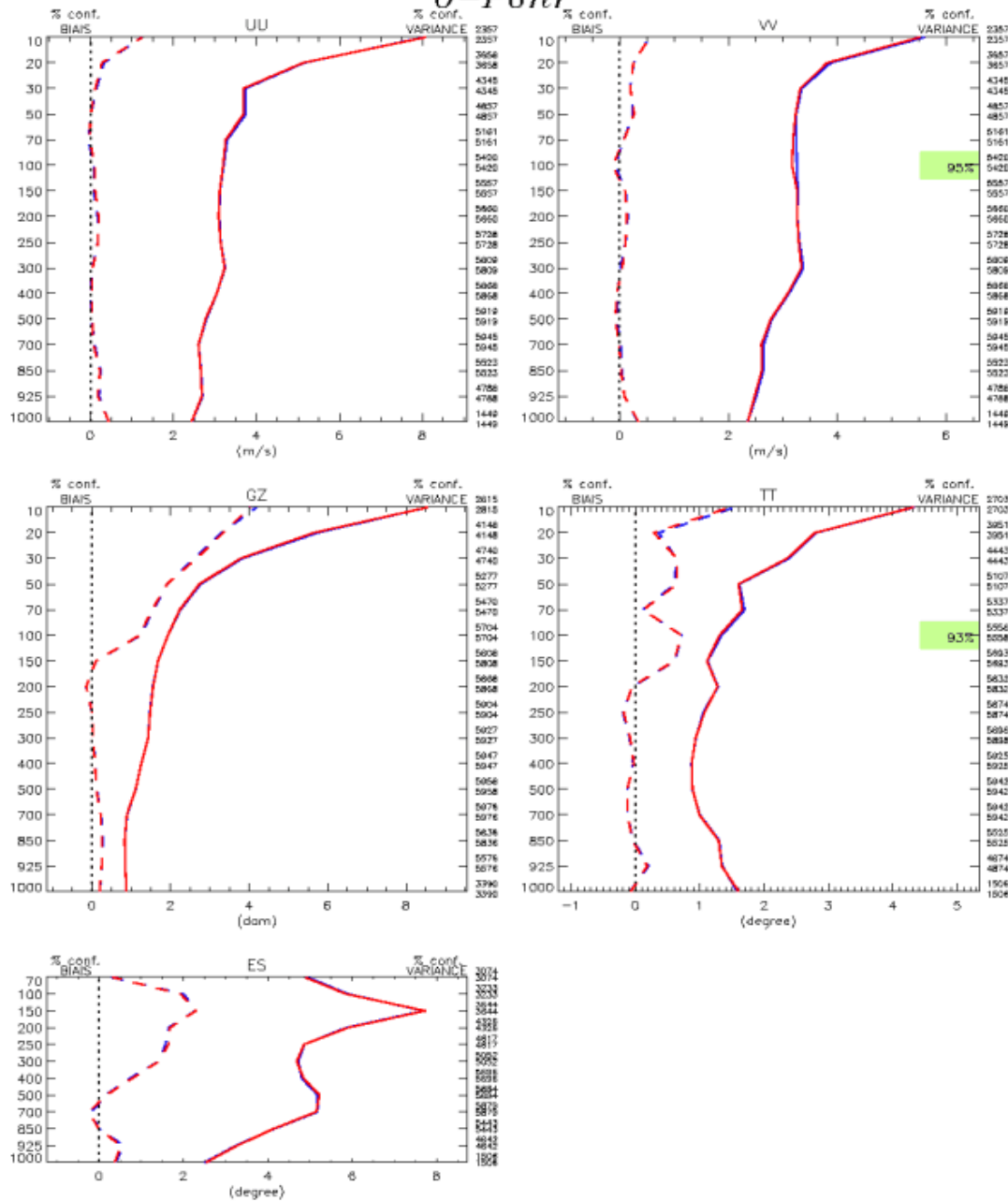
De 28 à 58 niveaux

Avec 58 niveaux, nous améliorons l'analyse des vents en haut de 300 hPa et l'analyse de température en haut de 500 hPa.

Il y a peu de changements en bas de 500 hPa.

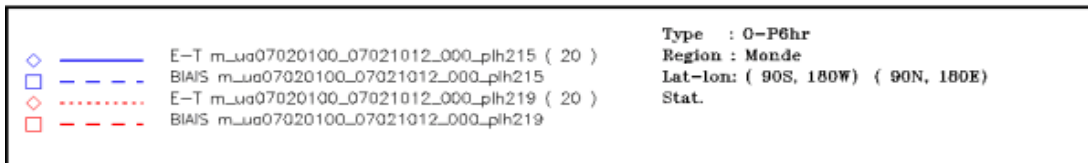


0-P6hr



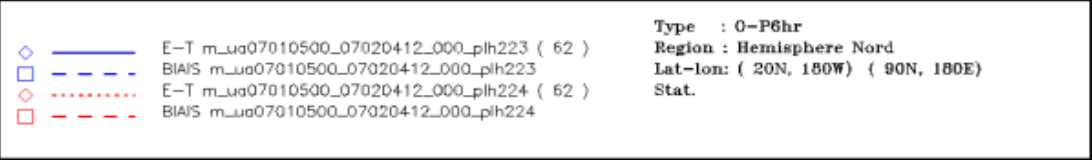
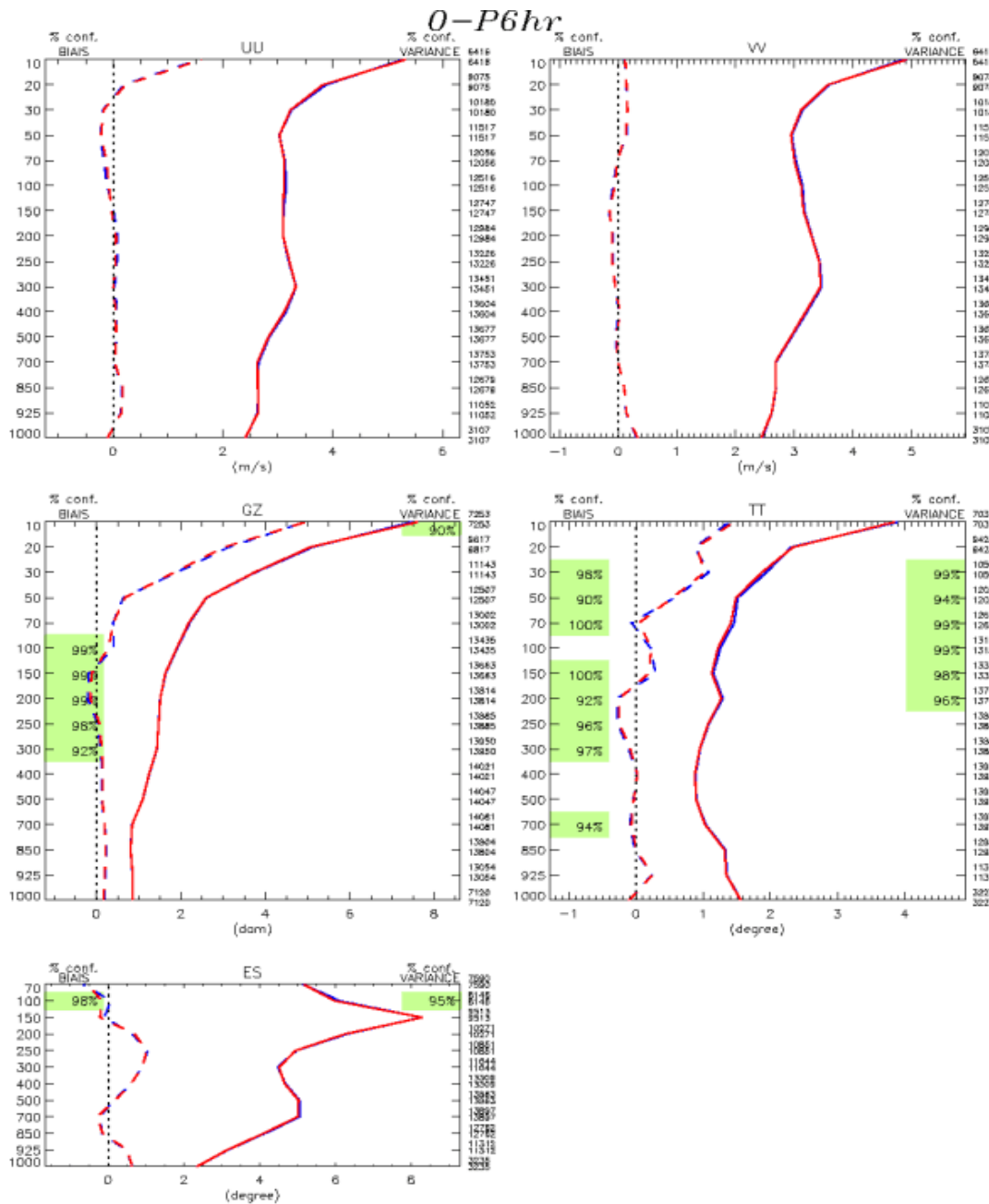
L'algorithme séquentiel

Le filtre de Kalman d'ensemble procède séquentiellement par groupe d'observations. Ceci a un effet plutôt aléatoire sur les analyses résultantes. Actuellement, on forme des groupes d'au plus 900 observations dans une région avec un rayon d'au plus 500 km. Avec au plus 1500 observations dans une région d'au plus 1000 km nous avons *trois fois moins de groupes* et un *petit effet bénéfique* sur l'analyse autour de 100 hPa.



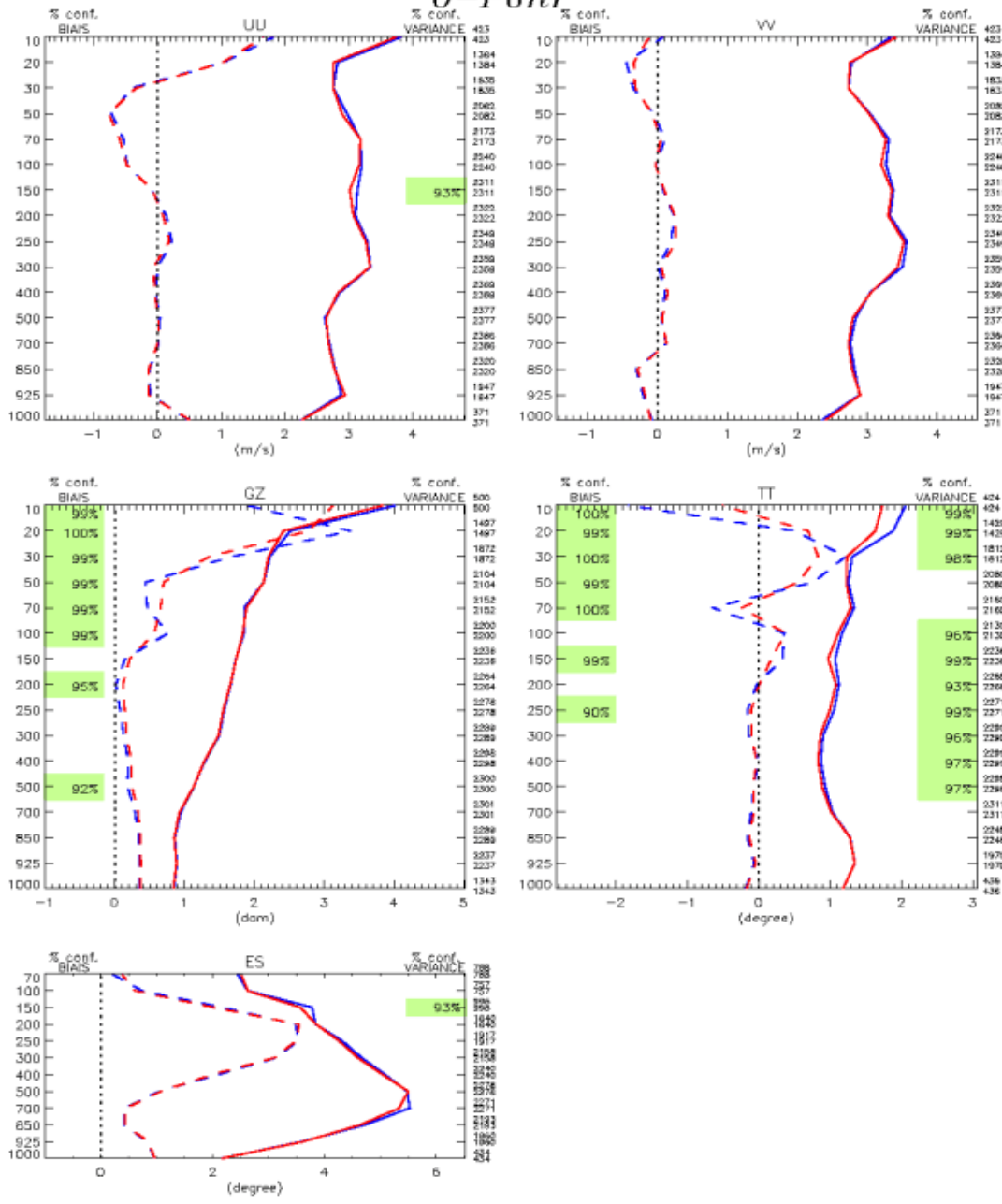
GPS-RO, Hémisphère Nord

Pour l'hémisphère nord, il y a un **petit effet positif** des observations GPS-RO sur l'analyse de température en haut de 200 hPa.



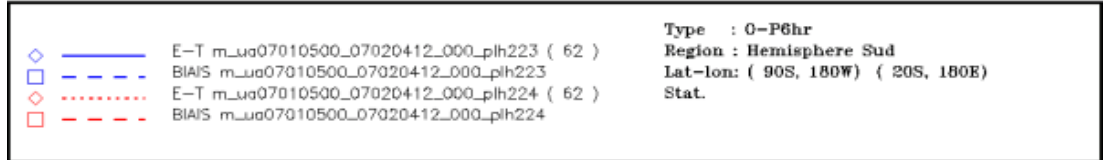
GPS-RO, Hémisphère Sud

0-P6hr



Pour l'hémisphère sud, nous observons une **plus grande réduction des erreurs** pour la température en haut de 700 hPa et une réduction des biais avec **moins d'oscillations**.

Nous aimerions alors utiliser les données GPS-RO opérationnellement.

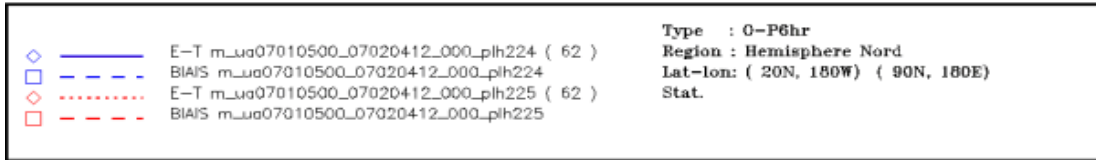
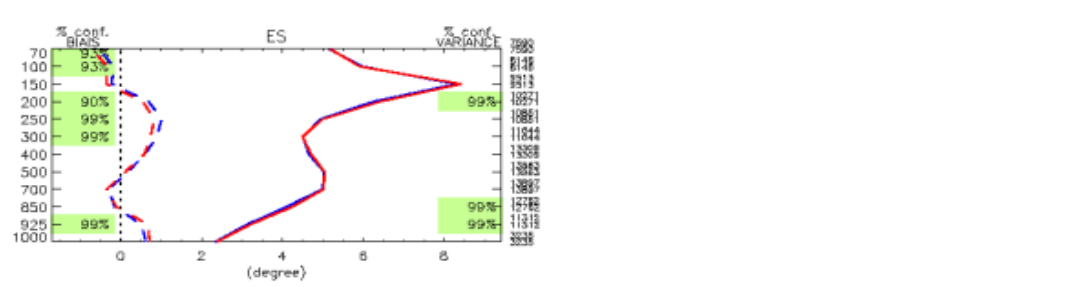
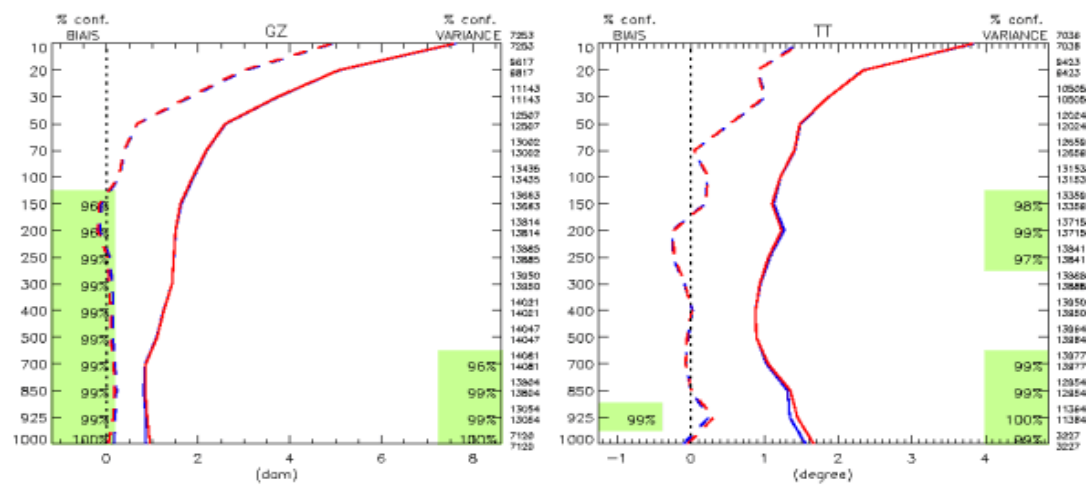
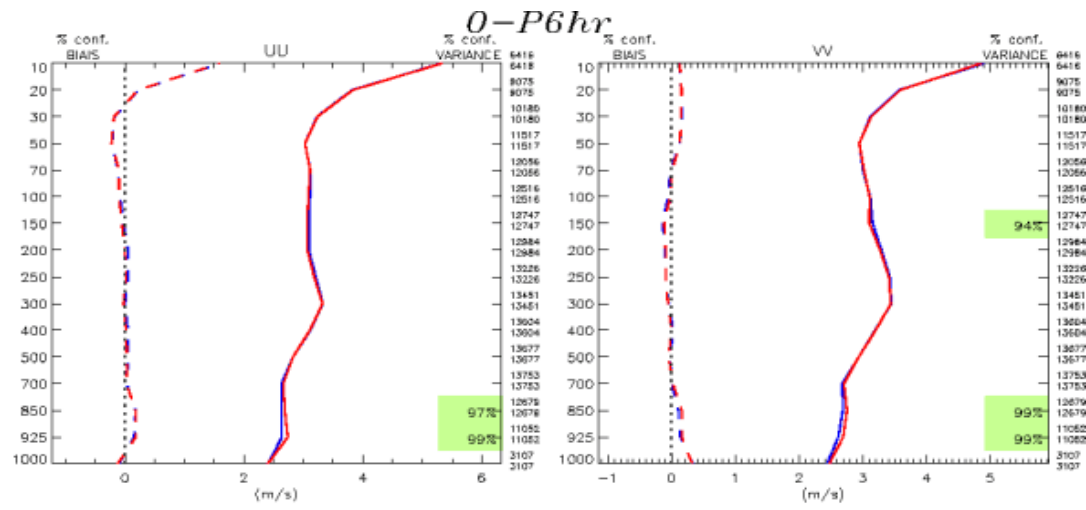


Le filtre sur les montagnes

Pour éviter de provoquer des **oscillations $2-\Delta x$** et pour stabiliser nos intégrations jusqu'au jour 15, nous avons essayé de filtrer le champs des montagnes.

Filtrer les montagnes peut avoir un effet négatif sur la qualité de l'analyse parce qu'on doit rejeter plus d'observations près de la surface. On peut aussi penser que la physique est meilleure avec une orographie non-filtrée plus appropriée.

L'évaluation de ce changement a été difficile parce que les vérifications préliminaires montraient une dégradation due au filtre. Est-ce que ceci était une dégradation réelle ou bien une dégradation fictive due à une extrapolation fréquente sous les montagnes filtrées dans notre système de vérification?



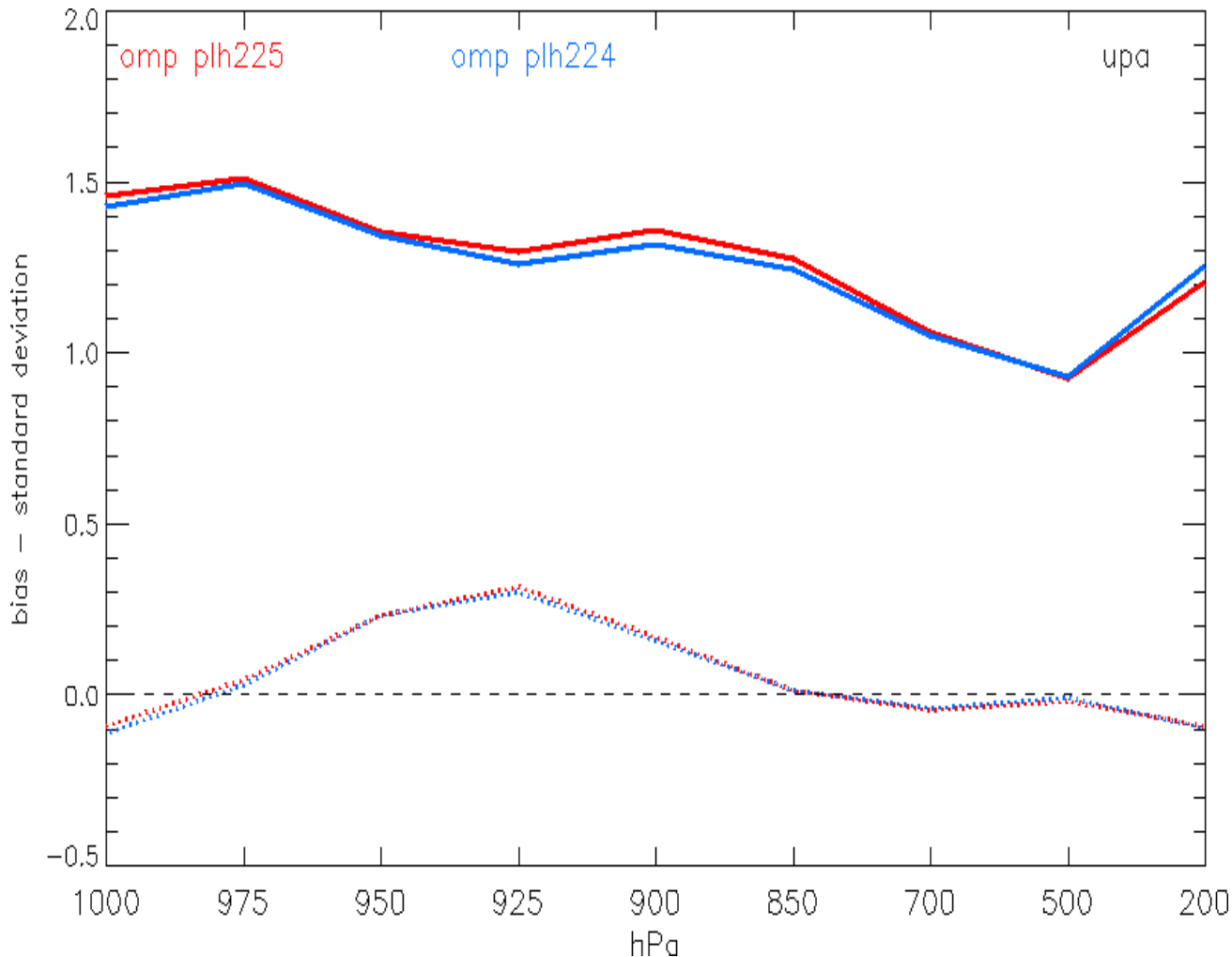
La vérification avec arcad

Blue: montagnes brutes
 Rouge: montagnes filtrées.

Pour la vérification avec arcad, nous prenons des observations par radiosondage acceptées par le 4D-Var déterministe (G2).

Avant la vérification, nous faisons une interpolation ou extrapolation vers les niveaux de pression standards de la vérification. Pour les montagnes filtrées, l'extrapolation doit être plus fréquente. Ceci pourrait expliquer la dégradation apparente à 925 et à 1000 hPa.

La vérification avec MySQL



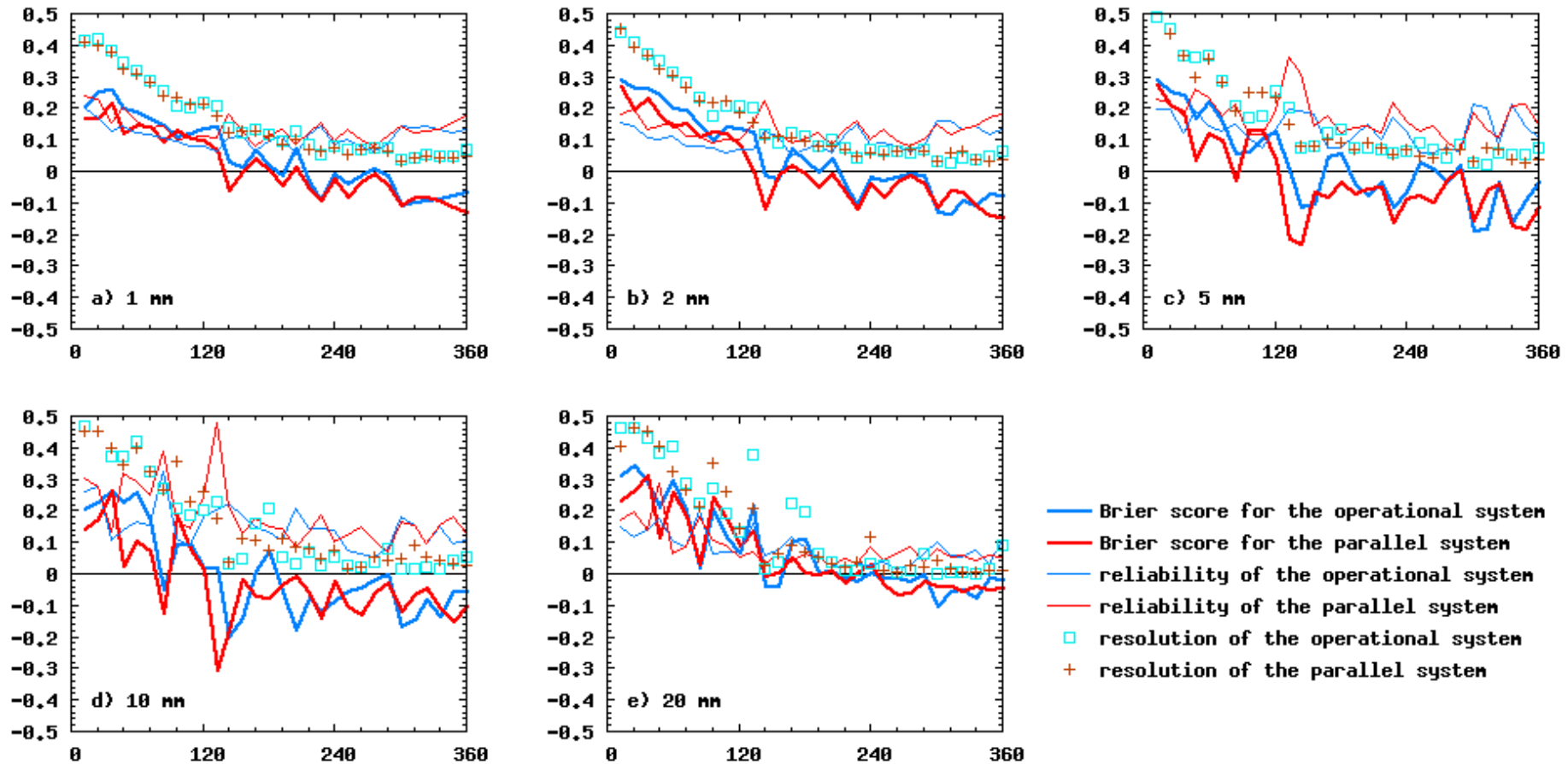
Avec MySQL, nous prenons, pour la vérification, les observations de température acceptées dans les deux cycles avec le filtre de Kalman d'ensemble.

Nous voyons toujours des plus grandes erreurs rms près de la surface pour le cycle avec montagnes filtrées (en rouge). Plus haut dans l'atmosphère (200 hPa) on note toutefois une amélioration.

Les vérifications tant avec Arcad que MySQL montrent une dégradation près de la surface pour le cycle avec montagnes filtrées.

Vérification des prévisions de précipitation jusqu'au jour 15.

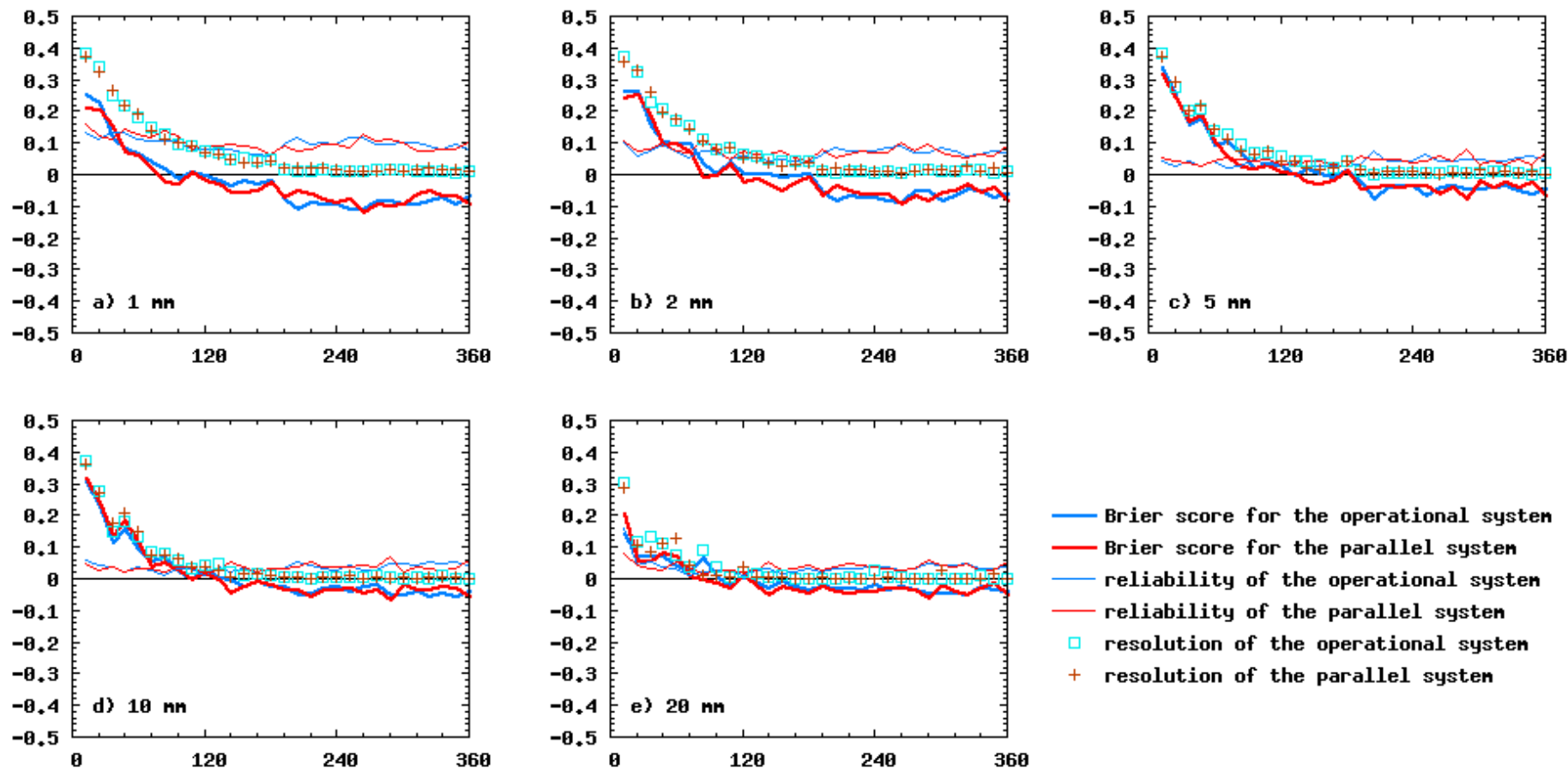
The Brier score for the operational and parallel system



Avec les montagnes filtrées (en rouge), nous dégradons le score de Brier pour l'accumulation de précipitation sur 12h (stations au Canada). La dégradation vient surtout de la composante de fiabilité (peut-être parce que, due à la résolution inférieure des montagnes, la précipitation ne tombe plus à la bonne place).

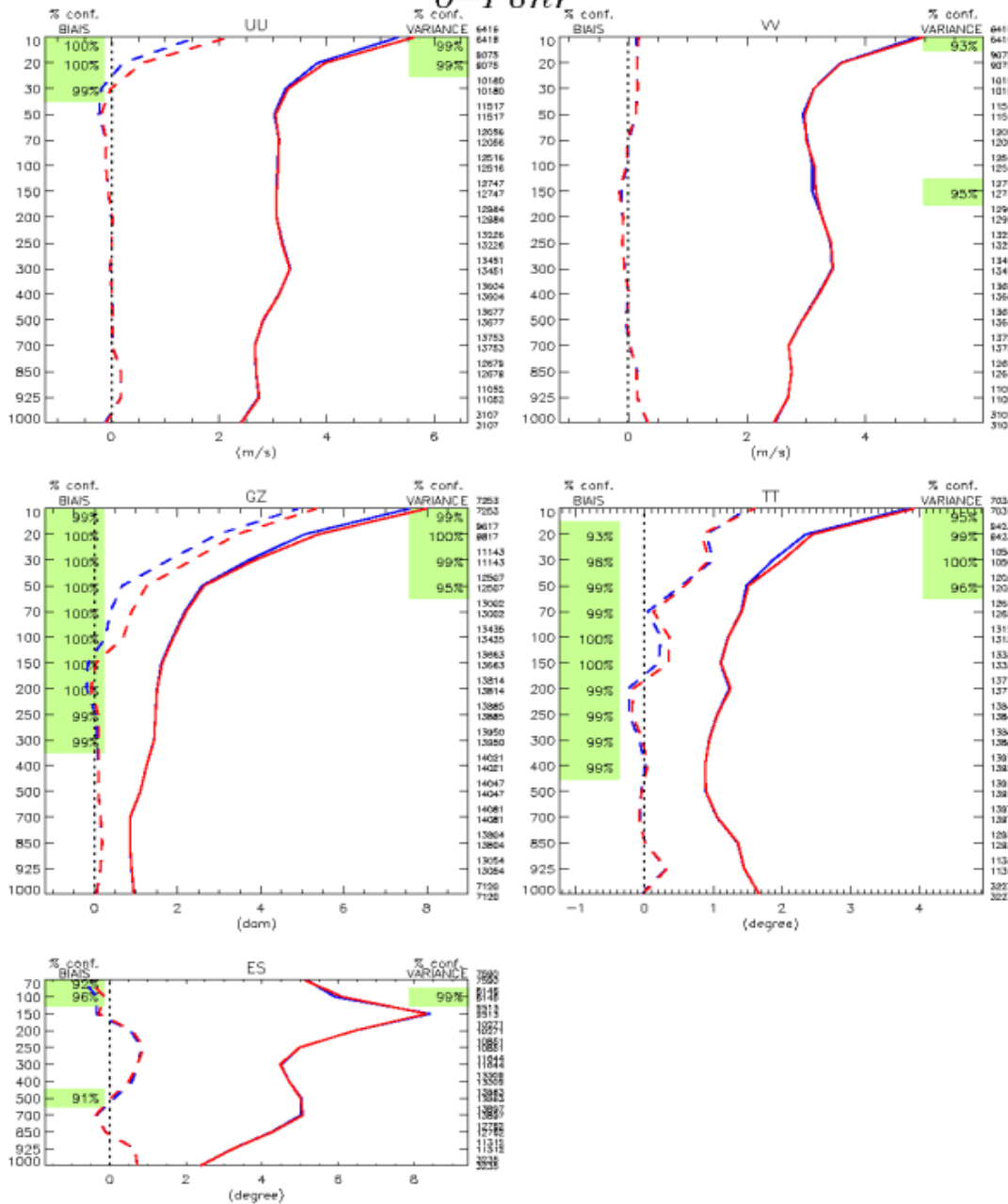
Vérification des prévisions de précipitation en été.

The Brier score for the operational and parallel system



En été les montagnes filtrées (en rouge) sont moins problématiques. L'effet sur nos vérifications est mineur (score de Brier et arcad).

0-P6hr



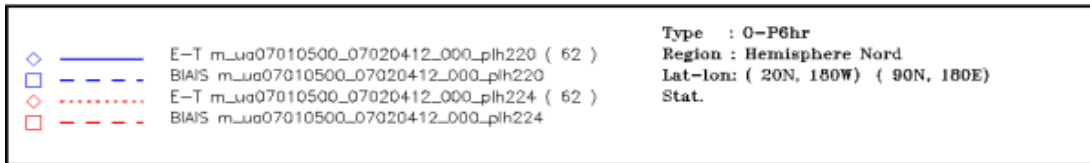
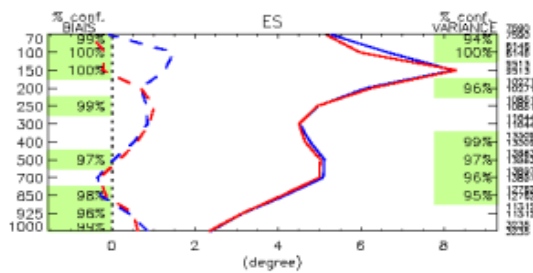
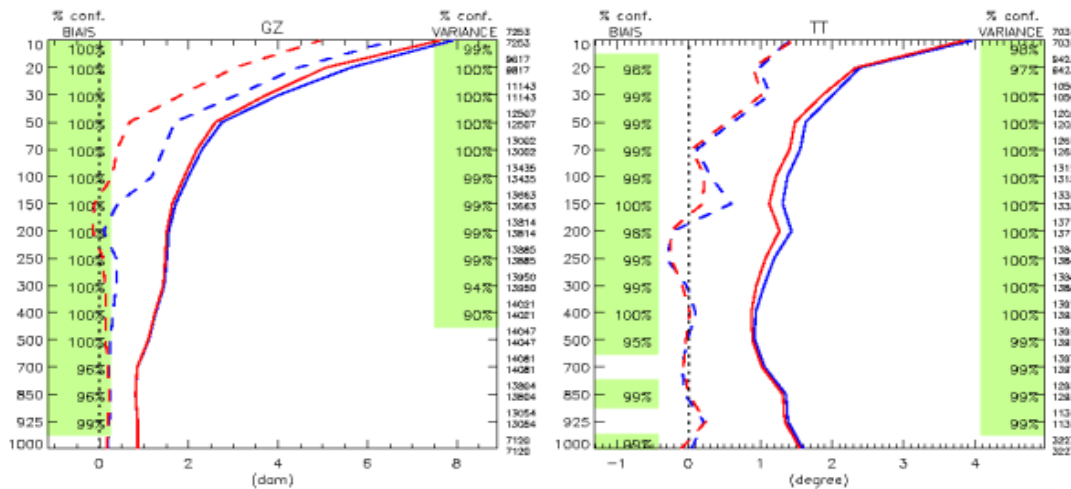
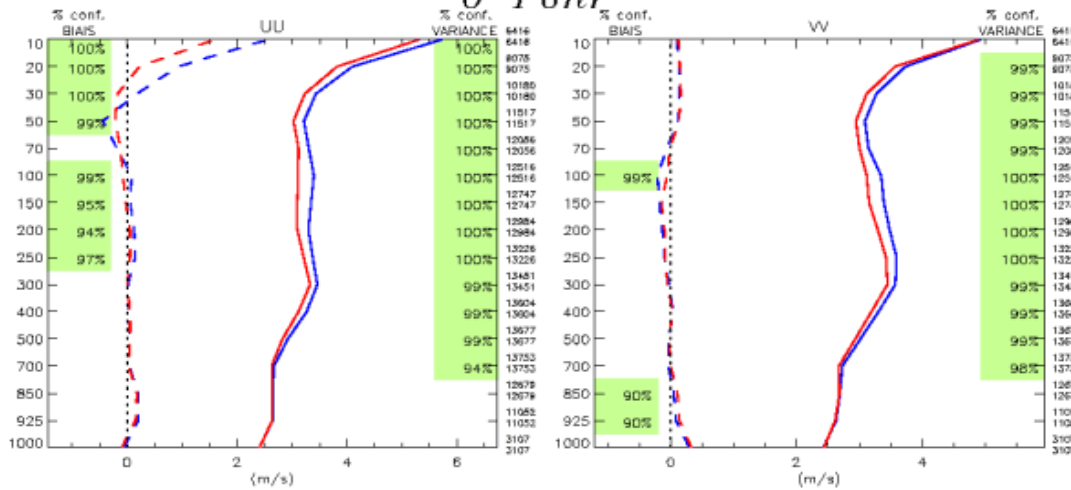
La source des observations

Avec le **méso-strato** (cycle k4h7cy5u), la correction de biais est meilleure qu'avec le **méso-global** (cycle k4h7cb21). Ceci nous donne des meilleures analyses pour le filtre de Kalman d'ensemble en haut de 200 hPa.

◇	—	E-T m_uu07010500_07020412_000_plh225 (62)
□	- - -	BIAIS m_uu07010500_07020412_000_plh225
◇	⋯	E-T m_uu07010500_07020412_000_plh226 (62)
□	- - -	BIAIS m_uu07010500_07020412_000_plh226

Type : 0-P6hr
 Region : Hemisphere Nord
 Lat-Ion : (20N, 180W) (90N, 180E)
 Stat.

0-P6hr

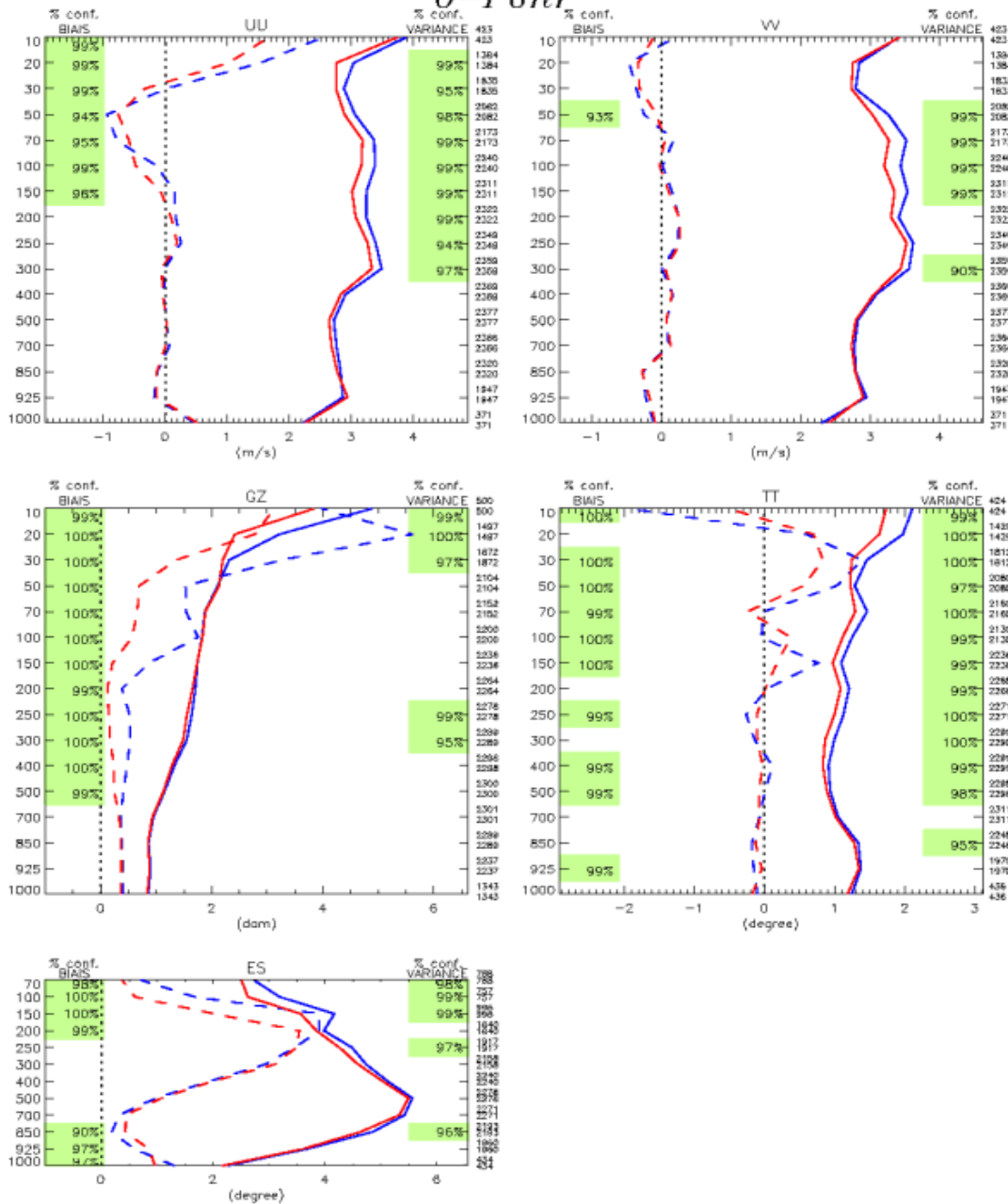


La somme des changements:

- 1) 58 niveaux,
- 2) GPS-RO,
- 3) source d'observations,
- 4) moins de groupes,
- 5) autres (une version plus récente du filtre de Kalman d'ensemble).

Ici la vérification est pour l'hémisphère nord (au nord de 20°N)

0-P6hr



La somme (hémisphère sud)

Pour les deux hémisphères, il y a une bonne amélioration qu'on note surtout pour les niveaux en haut de 700 hPa.

◇	—	E-T m_u07010500_07020412_000_plh220 (62)	Type : 0-P6hr
□	- - -	BIAIS m_u07010500_07020412_000_plh220	Region : Hemisphere Sud
◇	—	E-T m_u07010500_07020412_000_plh224 (62)	Lat-Ion: (90S, 180W) (20S, 180E)
□	- - -	BIAIS m_u07010500_07020412_000_plh224	Stat.

Le temps d'exécution

Avec deux fois plus de niveaux, avec plus d'observations et avec plus d'observations par groupe dans l'algorithme séquentiel, les coûts informatiques augmentent d'un facteur d'au moins deux. Toutefois, une partie du code a été optimisée et une autre partie peut tourner avec plus de CPUs.

1) étape de préparation avant l'analyse (entre autres l'application de l'opérateur H vers les observations): On augmente de 5 à 7 minutes avec 8 CPUs dans les deux cas. Comme on utilise MPI, l'opérateur H pourrait au besoin utiliser plus de CPUs.

2) Analyse: On demeure à environ 28 minutes mais le nombre de CPUs passe de 32 à 128.

3) Préparation des conditions initiales pour le SPE: Avec 8 CPUs on demeure à environ 13 minutes. Comme on utilise MPI, ce temps de traitement pourrait être réduit.

Nous constatons que ***les conditions initiales seront disponibles dans les mêmes délais.***

La composante de prévision

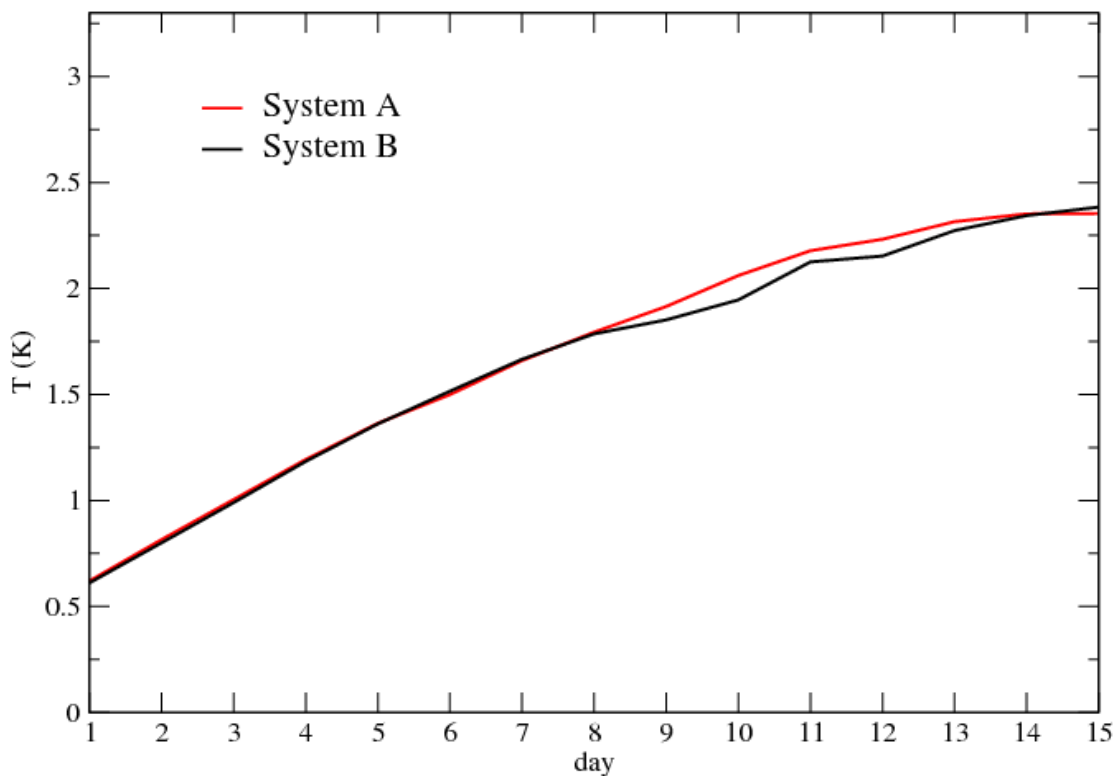
Pour la composante de prévision jusqu'au jour 15, il n'y a que deux changements:

- 1) récompilation du modèle GEM-DM et
- 2) application de la diffusion sur les vents réels.

Nous avons testé une configuration avec 58 niveaux mais cette dernière configuration ne donnait pas de bons résultats près de la surface. En effet, le paramétrage de “Kuo Symétrique” pour la convection profonde ne se comportait pas bien (plantait à l'occasion) dans la configuration avec 58 niveaux et avec la physique stochastique. Ceci même avec un pas de temps de 30 minutes et un filtre sur les tendances convectives.

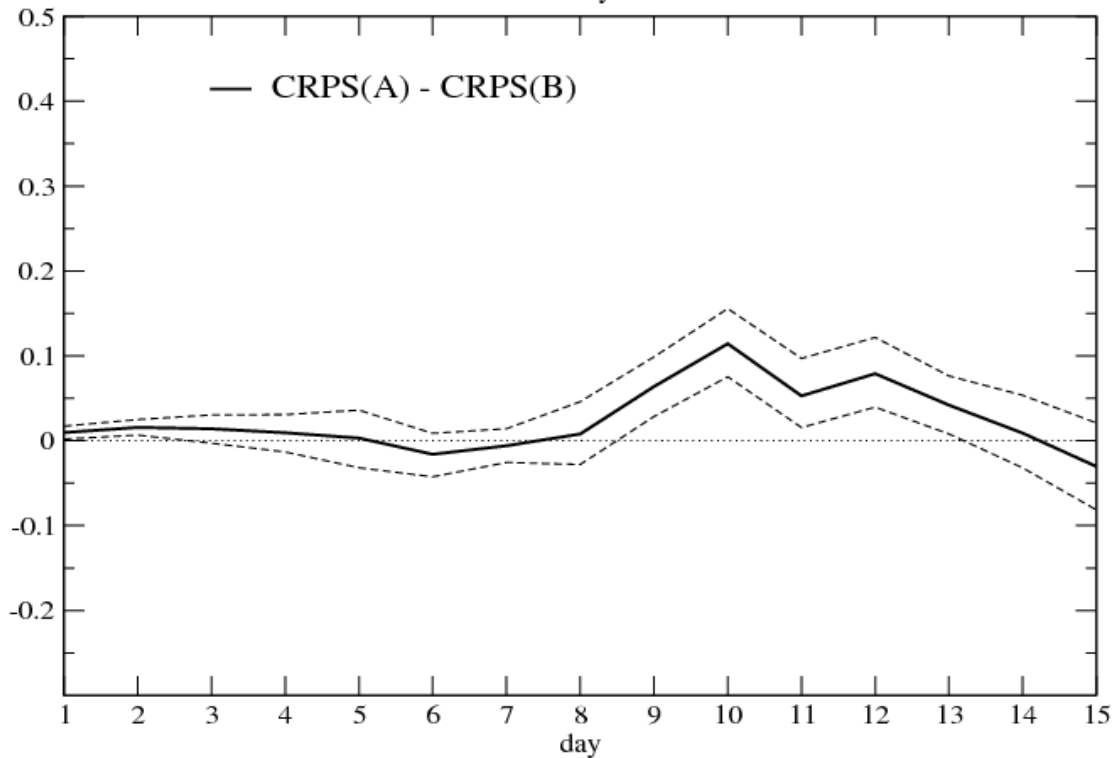
Nous conserverons ainsi pour les prévisions jusqu'au jour 15, la configuration avec 28 niveaux et un pas de temps de 45 minutes (3 fois moins cher que la configuration avec 58 niveaux et un pas de temps de 30 minutes).

Les améliorations en mode prévision viendront donc des changements apportés aux conditions initiales.



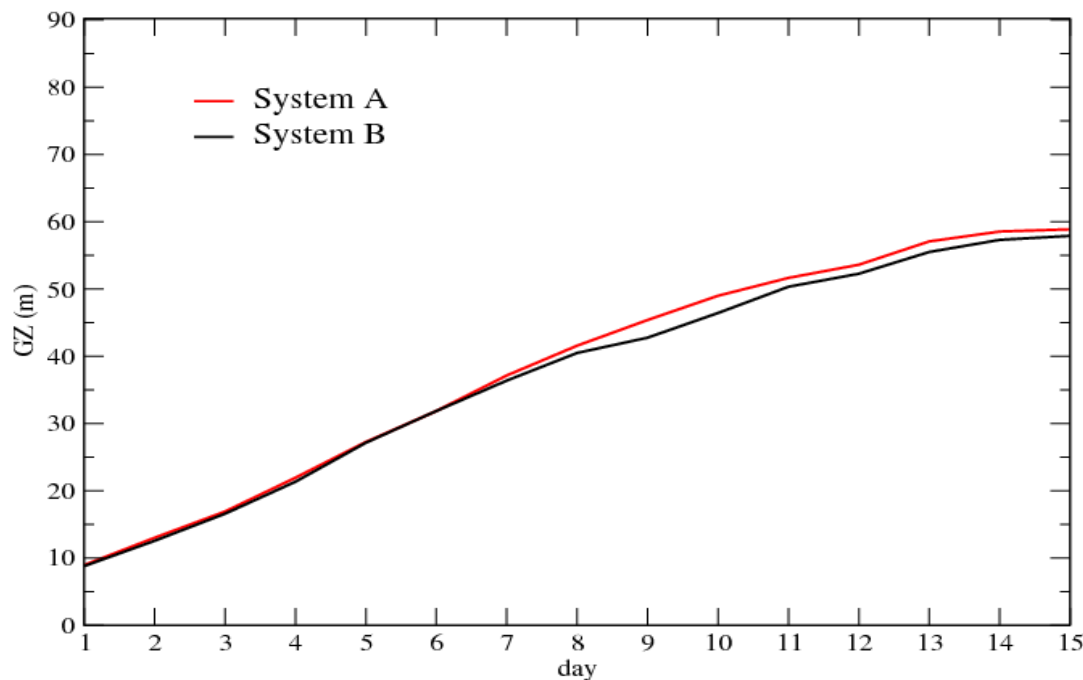
La vérification contre observations (ici TT 500 hPa, cycle hiver).

System A= opérationnel
System B= proposé

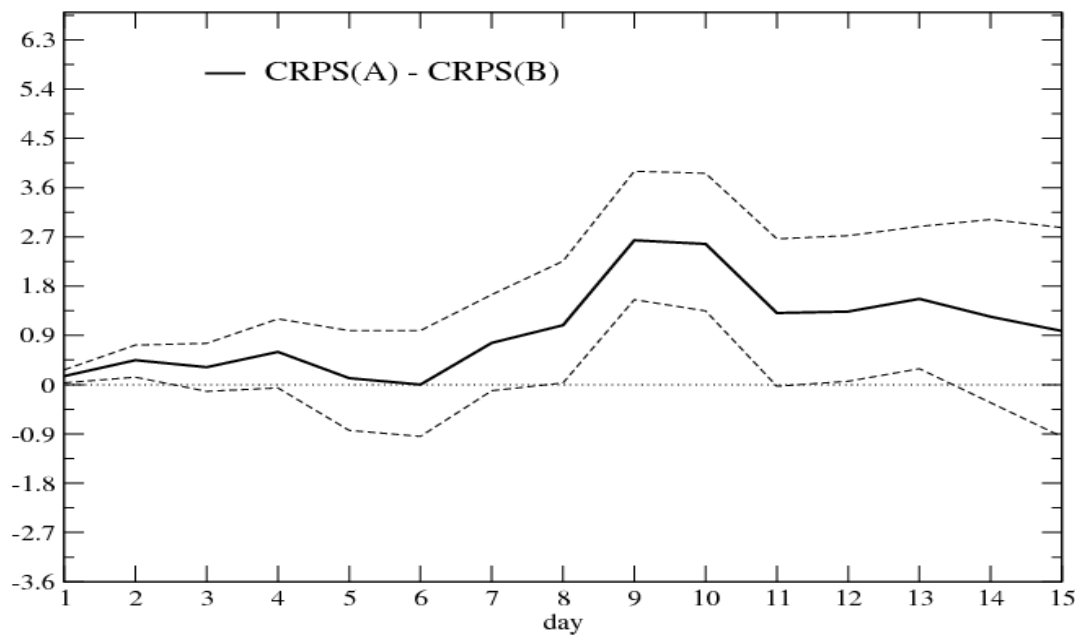


Généralement, les améliorations en mode prévision sont petites mais positives. Elles sont plus grandes en haut de 500 hPa et quasi-nulles à la surface.

La vérification contre observations (ici GZ 500 hPa, cycle hiver).



Pour beaucoup de variables (hauteurs, températures, vents), on observe des effets légèrement positifs.



Nous avons des résultats semblables pour un cycle d'été.

Le temps d'exécution

Comme on demeure à 28 niveaux, les coûts pour les prévisions jusqu'au jour 15 n'augmenteront pas. On pourrait profiter du plus grand nombre de CPUs disponibles sur maia et saiph pour obtenir les prévisions plus rapidement. Avec 8 CPUs/membre, nous avons besoin de 50 minutes pour l'intégration du modèle.

À faire:

- 1) Il reste à compléter un cycle d'été avec la configuration finale (avec montagnes brutes). Le cycle finira autour du 23 février. Ensuite, il faut faire les vérifications correspondantes. Pour la réunion CPOP du 23 février, on aura des vérifications pour une période d'été plus courte.
- 2) Il faut recompiler pour saiph et ajuster les scripts au besoin.
- 3) Nous préparons un plan B. On fera des cycles avec la configuration proposée mais avec des entrées du méso-global. Ceci permettra d'implanter les modifications au SPE avant d'implanter le méso-strato en ainsi simplifier le processus d'implantation opérationnelle.

Toutes les vérifications sont disponibles à:

<http://iweb.cmc.ec.gc.ca/~armaph/enkf/par2009/parindex.html>

Observations et questions ouvertes

- 1) On constate dans l'intercomparaison du filtre de Kalman d'ensemble et du 4D-Var qu'on peut très bien partir un modèle à haute résolution horizontale à partir d'une condition initiale à basse résolution horizontale. Est-ce qu'on devrait augmenter la résolution horizontale des prévisions jusqu'au jour 15 (sans toucher à l'EnKF)?
- 2) Est-ce qu'il faut réévaluer le filtre sur les montagnes à chaque fois qu'on change de résolution horizontale ou de pas de temps?
- 3) Est-ce qu'on doit avoir plus de résolution verticale dans l'analyse? Il semble que oui pour l'instant. Ça pourrait changer avec la version 4.0.x (staggered) du modèle.
- 4) Il semble que le modèle ne devient pas automatiquement meilleur avec plus de niveaux près de la surface. Est-ce qu'on doit moderniser les paramétrages de la physique (e.g. utiliser CLASS, CCCmarad, ...)?

Merci