

L'impact de VarBC dans le modèle ALADIN

**Configuration figée provenant d'ARPEGE et configuration
adaptative dans ALADIN**

**à
Météo-France
CNRM/GMAP**

**BOUCHOUICHA Kada
Office National de la Météorologie
ONM - ALGERIE**

**Encadrement assuré par
Mme Elisabeth GERARD**

Toulouse, Novembre-Décembre 2007

Remerciement

Je tiens à remercier tout particulièrement Elisabeth GERARD et Vincent GUIDARD pour leur encadrement. Je les remercie aussi pour leur grande disponibilité et leur soutien.

Merci aussi à Veronique MATHIOT, Guillaume BEFFREY, Bernard CHAPNIK, Francis POUPONNEAU, Paul POLI pour le temps qu'ils m'ont consacré, je tiens à remercier toutes les personnes de l'équipe CNRM/GMAP et de l'équipe DPREVI/COMPAS pour leur aide et leur accueil.

I. Introduction

Les modèles de prévision numérique opérationnels à Meteo-France sont le modèle global ARPEGE et le modèle à domaine limité ALADIN, les deux utilisent un schéma d'assimilation variationnelle, le premier utilise le schéma d'assimilation 4DVar quant au deuxième il utilise le 3DVar.

L'un des avantages de l'assimilation variationnelle de données est la capacité d'assimiler directement les radiances satellitaires, à l'aide d'un modèle de transfert radiatif; la plupart des centres de prévision ont été en mesure d'utiliser ces données et de voir un gain dans la qualité de l'analyse et la prévision de leurs modèle.

Mais la qualité de ces mesures et du modèle de transfert radiatif reste toujours imparfaite, ce qui rend l'assimilation une opération très délicate, nécessite une très bonne connaissance de l'erreur (Biais).

La correction de biais a pour but d'éliminer ces erreurs afin d'utiliser des observations non biaisées dans l'assimilation.

Le modèle ARPEGE utilise en opérationnel un schéma de correction dite statique, basé sur la méthode décrite par Harris et Kelly (2001), qui intervient avant l'analyse pour corriger les radiances satellitaires, ensuite ces corrections sont directement appliquées dans l'analyse du modèle ALADIN.

Notre travail consiste à étudier l'impact du schéma de correction de Biais Variationnelle (VarBC) dans le modèle ALADIN/FRANCE.

II. La correction de Biais :

1) Correction de Biais Statique :

Les observations des radiances, comme le modèle de transfert radiatif, peuvent contenir des erreurs, la correction de Biais est une technique désignée pour éliminer les erreurs dues à l'observation, des erreurs qui ne varient pas seulement suivant le canal utilisé, mais elles varient également avec la position du scan et la position géographique des mesures.

Le schéma de correction utilisé dans le modèle global ARPEGE est basé sur la méthode décrite par Harris et Kelly (2001). Cette méthode consiste à une séparation des sources de biais en une due à la position de balayage (Scan) et une autre due à la position géographique des mesures dite de masse d'air.

Le Biais de l'angle de scan est calculé pour chacun des angles de vue de l'instrument par rapport au nadir.

Le Biais de masse d'air est représenté par une régression linéaire des paramètres sensibles au changement de masse d'air, ces paramètres sont connus comme des prédicteurs.

Les prédicteurs choisis sont ceux qui ont une bonne corrélation avec la variation de l'erreur systématique, et le choix dépend de l'instrument et du canal utilisé.

L'ensemble des prédicteurs utilisés dans ARPEGE pour les données issues des instruments des différents satellites sont représentés dans la table 1.

Table 1 : Prédicteurs utilisé dans la correction des radiances des différents satellites

Prédicteur	NOAA/METOP/AQUA	DMSP
1	-Epaisseur 1000-300hPa	-Température de surface
2	-Epaisseur 200-50hPa	-Contenue en eau liquide
3	-Température de surface	-Force du vent en surface
4	-Contenue en eau liquide	

2) Correction de Biais Variationnelle (VarBC):

La correction de biais variationnelle est un système de correction adaptative de biais conçu initialement au NCEP. La version que nous avons utilisée est celle qui a été développée et implémentée dans le modèle opérationnel du centre européen (ECMWF). Cette méthode consiste à des mises à jours des coefficients de biais de masse d'air durant le cycle d'assimilation en même temps que les paramètres météorologiques.

Cette méthode a la capacité de détecter et corriger les erreurs de l'observation lors de la dégradation des mesures, ou une panne de certains instruments, elle a aussi la capacité d'intégrer facilement les données d'un nouvel instrument.

Le VarBC peut aussi distinguer les erreurs de l'observation de celles du modèle, afin de ne corriger que celles de l'observation et ne pas renforcer l'erreur du modèle.

Données Satellitaires Utilisées

La correction de Biais variationnelle porte sur l'imageur SSM/I à bords des satellites de la défense américaine (DMSP) et sur les sondeurs embarqués à bord des satellites à défilement (NOAA-15/16/17/18, METOP-2 et AQUA), avec des capteurs passifs qui mesurent le rayonnement électromagnétique émis par différentes couches de l'atmosphère, dans le but de fournir des profils de température et d'humidité. Le tableau 1 décrit les fonctionnalités de quelques instruments (sondeurs).

Table 2 : Les sondeurs utilisés

NOAA-KLM Etats-Unis	Metop EUMETSAT	Fonction
AMSU-A	AMSU-A	Températures atmosphériques, même en conditions nuageuses
HIRS/3	HIRS/4	Températures atmosphériques, en conditions dégagées
	IASI	Sondage atmosphérique avancé
AMSU-B	MHS	Humidité atmosphérique
AVHRR/3	AVHRR/3	Images des nuages et de la surface

AMSU : Advanced microwave sounding unit

HIRS : High Resolution InfraRed Sounding

AVHRR : Advanced Very High Resolution Radiometer

AIRS : Advanced InfraRed Sounder

IASI : Infrared Atmospheric Sounding Interferometer

MHS : Moisture Hyper frequency Sounder

Contrôle (Monitoring)

On appelle monitoring la comparaison systématique des observations avec l'équivalent modèle des observations obtenu en appliquant l'opérateur d'observation à l'ébauche (modèle de transfert radiatif).

Figure.1 représente l'évolution statistique (biais, écart-type) des écarts à l'ébauche, pour les observations non corrigées (en rouge), et celles corrigées par VarBC en vert, la courbe en bleu représente la variation de la valeur moyenne de VarBC.

On remarque que la courbe qui représente l'écart entre l'ébauche et l'observation corrigée est plus stable, avec des erreurs beaucoup plus faibles par rapport à celles des observations non corrigées.

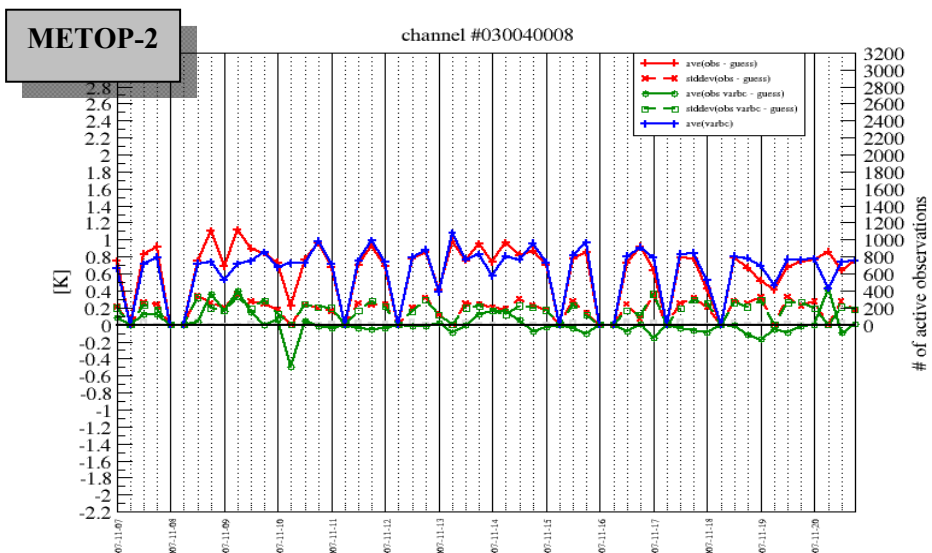
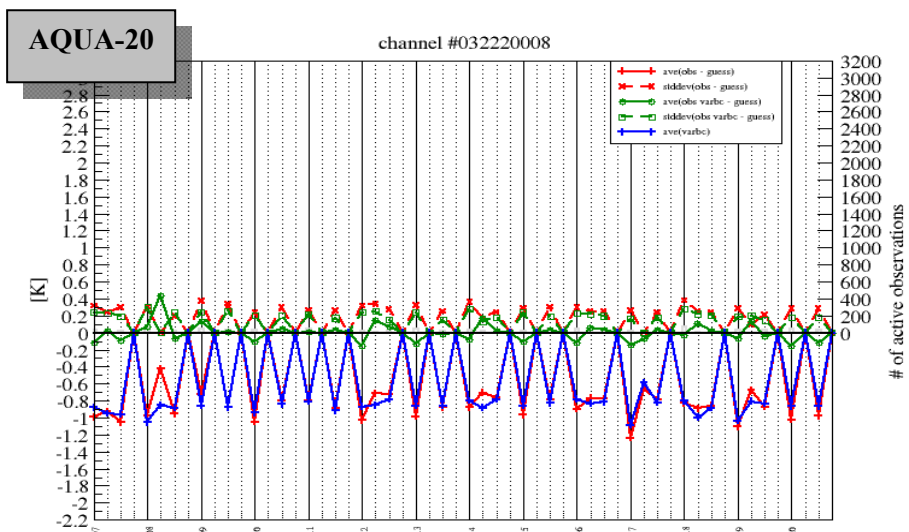
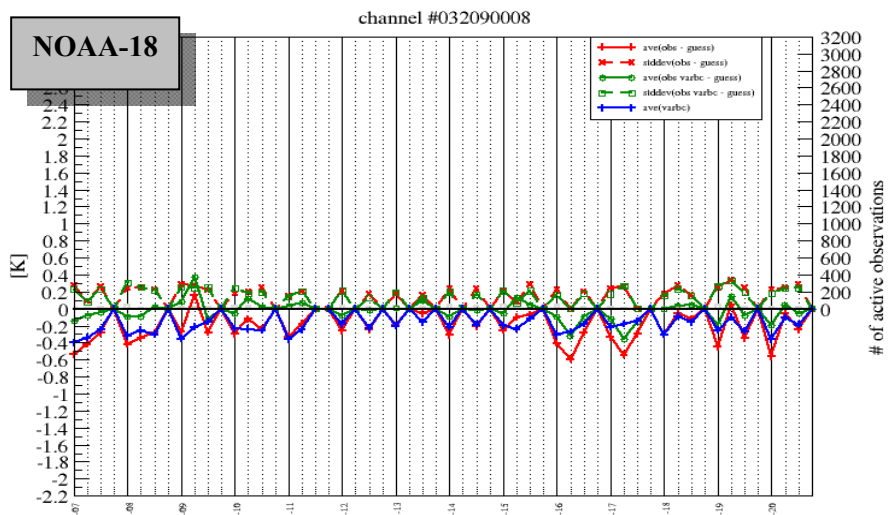


Figure.1 : Biais et Ecart types des températures de brillance du canal 8 de AMSU-A non corrigées et celles corrigées par VarBC par rapport à l'ébauche et l'analyse ((a) : NOAA-18, (b) : du AQUA-20 et (c) : METOP-2).

III. Résultats et Analyse

Le but de notre travail est d'étudier l'impact en appliquant les différents coefficients du schéma de correction VarBC dans le modèle ALADIN, ceci pour une période allant du 7 au 30 Novembre 2007.

- les coefficients Calculés par le modèle Global ARPEGE.
- les coefficients Calculés par le modèle ALADIN lui même.

Nous utiliserons dans ce qui suit :

B08L : l'expérience de référence :

" Les coefficients de correction de biais sont ceux adaptés à l'analyse du modèle à partir des coefficients de VarBC du modèle AREPGE".

B08T : Notre expérience :

" Les coefficients sont recalculés à chaque cycle d'assimilation ALADIN (on applique VarBC dans l'assimilation ALADIN)".

Résultats

Les sorties de l'expérience (B08T) sont comparées avec celles de la chaîne opérationnelle ALADIN qui n'utilise pas VarBC, ensuite on compare les sorties de notre expérience (B08T) avec l'expérience B08L (référence), et les résultats de contrôle via différents diagnostics sont présentés dans ce qui suit :

1- contrôle des analyses : les analyses et les ébauches du modèle sont contrôlées par rapport aux observations utilisant l'outil de diagnostic OBSTAT

2- contrôle des prévisions : les prévisions de chaque expérience de 12, 24 et 48h sont contrôlées par rapport aux propres analyses et par rapport aux observations SYNOP et TEMP.

1) Contrôle des Analyses :

Dans le contrôle de l'ébauche et de l'analyse du modèle par rapport aux observations, on calcule le Biais et EQM pour les différentes observations conventionnelles et satellitaires.

A) B08L (référence) par rapport à OPER

Il y a un impact positif pour l'humidité via les sondeurs AMSU-B du NOAA 16, 17 et 18, et MHS du METOP. En revanche, une dégradation du biais est à constater pour les canaux humidité 11 et 12 de HIRS NOAA-17 voir figure.2. Par rapport aux TEMP (voir fig.3), le biais est réduit dans la couche 500-850 hPa.

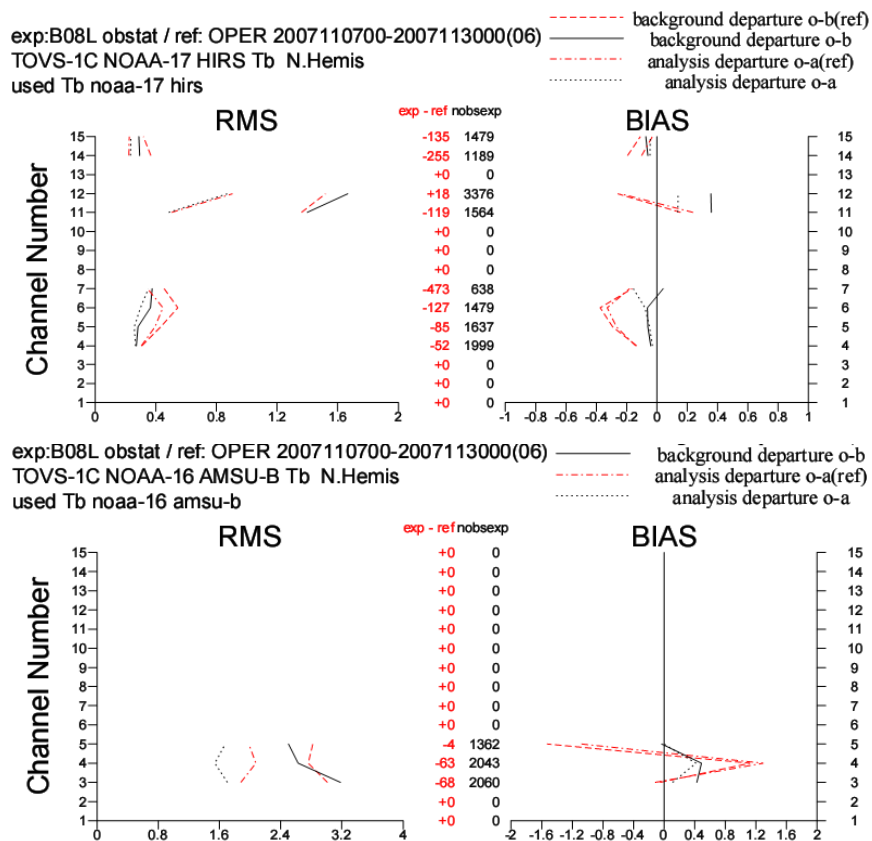


Figure.2 : Contrôle de l'ébauche et l'analyse du modèle (RMS et Biais) par rapport aux températures de brillance de HIRS du NOAA-17, et AMSU-B du NOAA-16.

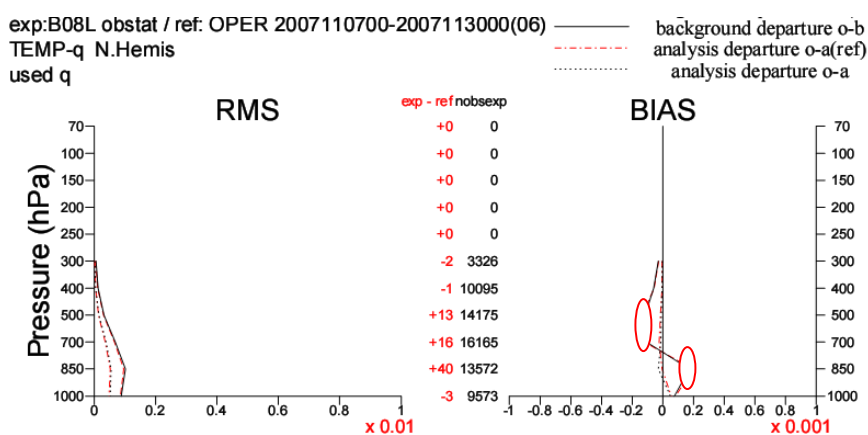


Figure.3 : Contrôle de l'ébauche et l'analyse du modèle (RMS et Biais) par rapport aux radiosondages pour humidité.

Concernant le vent, on remarque une légère amélioration dans la couche 200-700hPa, par rapport aux TEMP voir figure.4 avec un léger impact dans les bases couches, à l'exception d'un impact négatif de la composante V par rapport aux EuProfiler.

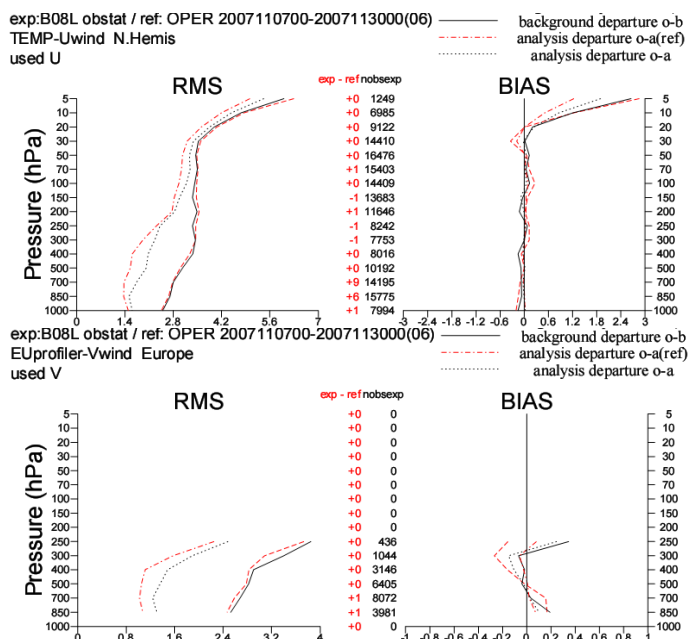


Figure.4 : Même légende que Figure.3, mais pour le vent.

Pour la température, l'impact est nettement positif pour la couche 300-700 hPa fig(), on remarque aussi que le biais est réduit en changeant de signe pour les canaux 9, 10, 11 et 12 du AMSU-A fig.5.

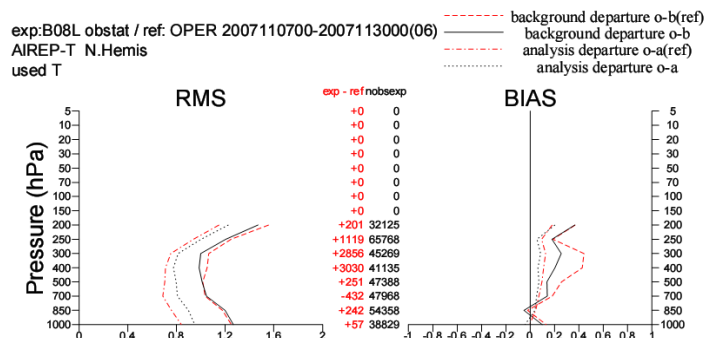


Figure.5 : Contrôle de l'ébauche et l'analyse du modèle par rapport aux Airep, du paramètre température.

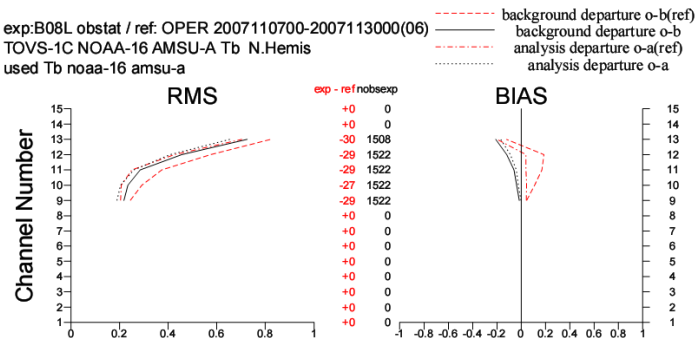


Figure.6 : Même légende que Figure.2, mais pour AMSU-A du NOAA-16

B) B08T (expérience) par rapport à B08L (référence)

On peut noter un impact très positif pour l'humidité via les sondeurs AMSU-B du NOAA 16, 17 et 18, et MHS du NOAA 18 et du METOP, et encore les canaux d'humidité 11 et 12 de HIRS du NOAA 17, le fait qu'ils sondent aux alentours de fréquence de vapeur d'eau voir figure.7.

Par contre l'impact est neutre dans le contrôle par rapport aux TEMP (voir fig.8).

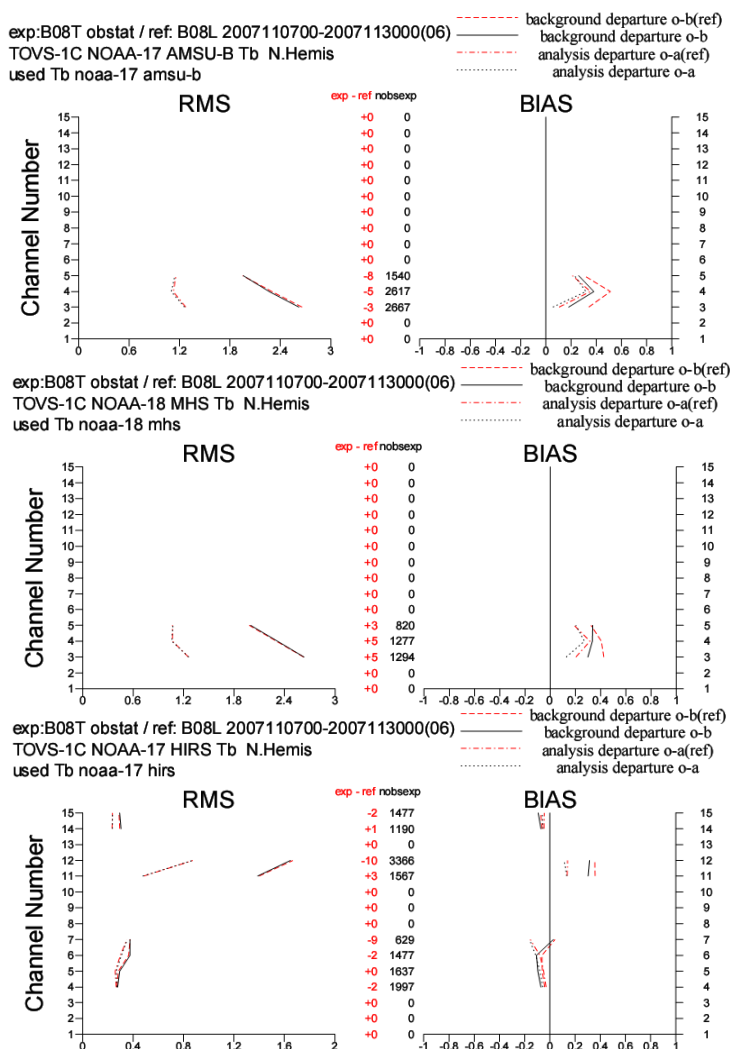


Figure.7 : Même légende que Figure.2, mais pour AMSU-B et HIRS du NOAA-17, et MHS du NOAA18

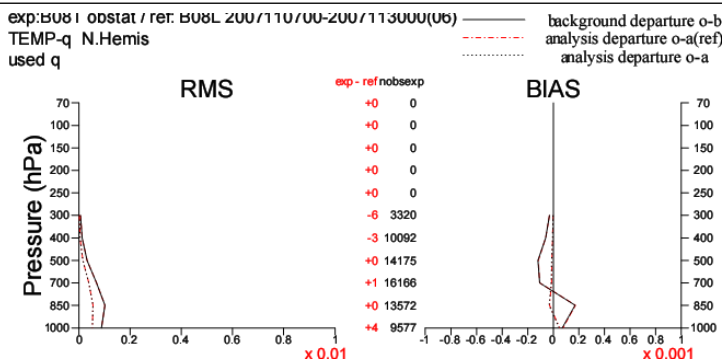


Figure.8 : Même légende que Figure.3.

L'impact est globalement neutre pour la température et le vent, voir Fig.9 et Fig.10.

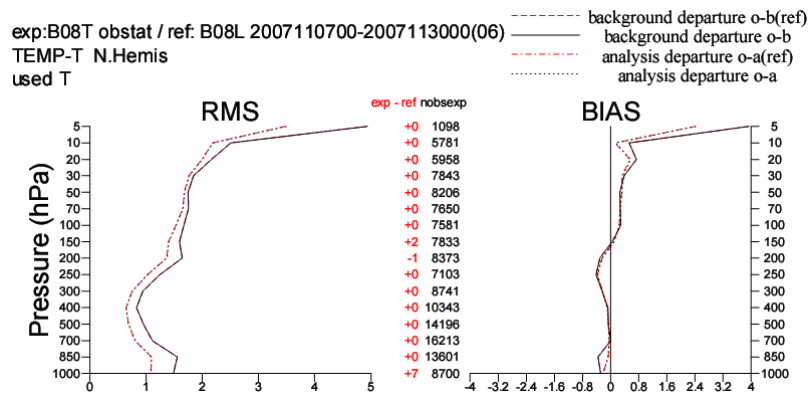


Figure.9 : Même légende que Figure.3, mais pour la température.

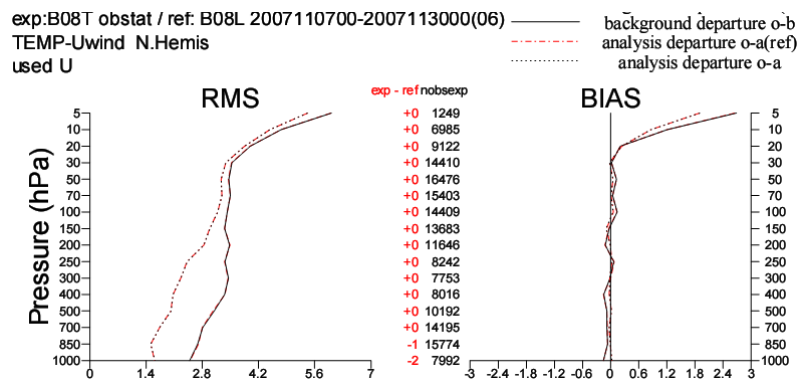


Figure.10 : Même légende que Figure.3, mais pour le Vent.

2) Contrôle des prévisions :

La prévision au-delà de 06h d'échéance a été contrôlée par rapport aux mesures de radiosondages, en calculant les différents de scores de prévision,

A) B08L (référence) par rapport à OPER

1. Par rapport aux analyses

Afin d'évaluer les performances de prévisions lors de l'assimilation des données satellitaires après une correction statique de biais ou une VarBC, une comparaison entre les scores des prévisions de B08L et ceux de OPER par rapport à leurs propres analyses est réalisée.

Sur les scores de 12 à 48heures de prévision du paramètre géopotentiel par rapport à l'analyse, on constate une amélioration des prévisions produites par l'expérience B08L dans la couche 250-850hPa avec une légère dégradation dans les couches proches de la surface (augmentation du RMSE) et dans la haute stratosphère (augmentation du biais).

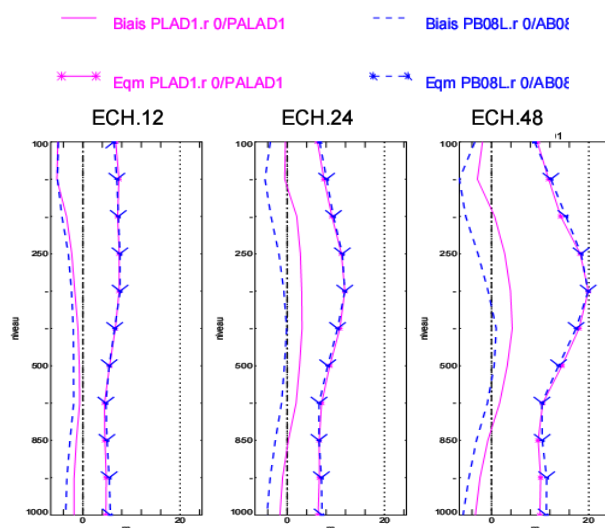


Figure.11: Scores de prévision par rapport aux analyse : pour le géopotentiel.

A noter aussi un impact légèrement positif pour la température, sauf dans la couche 200-300hPa où nous avons un biais plus fort au-delà de 24 heures de prévision.

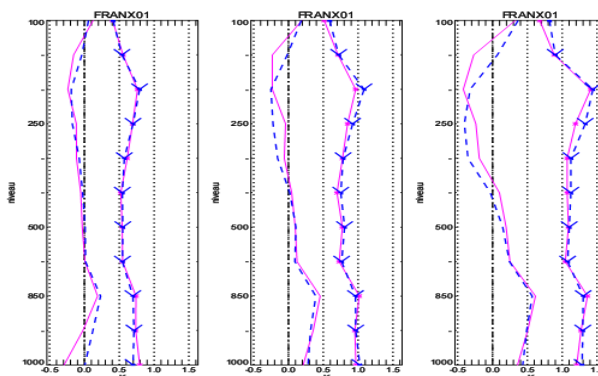


Figure.12: Même Légende que Figure.11, mais pour la température.

En ce qui concerne le vent l'impact est moins neutre en terme de biais avec quelques fortes valeurs du RMSE de la couche 200-400 hPa à partir de 24 heures d'échéance, ceci pour le vecteur de vent. Notons que l'impact en termes de biais est très positif pour la force de vent, notamment dans les basses couches et dans la stratosphère, et ce, quelque soit l'échéance de prévision.

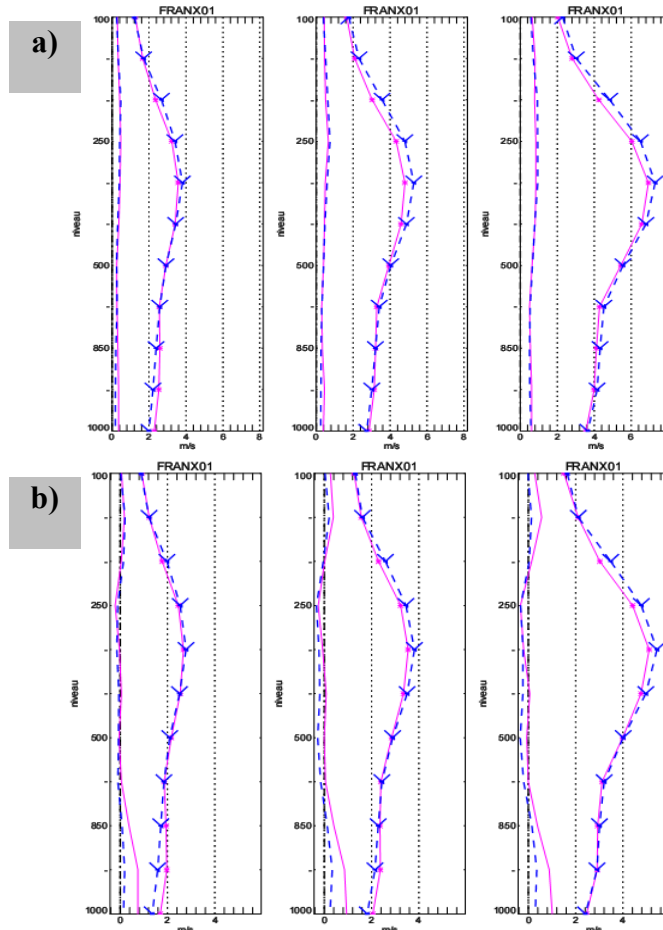


Figure.13: Même Légende que Figure.11 : mais pour (a)vecteur et (b) force du vent.

On constate que pour le paramètre humidité, les prévisions de B08L donnent un biais moins important que celles de l'OPER, mais avec des valeurs de RMSE plus grandes dans les couches supérieures.

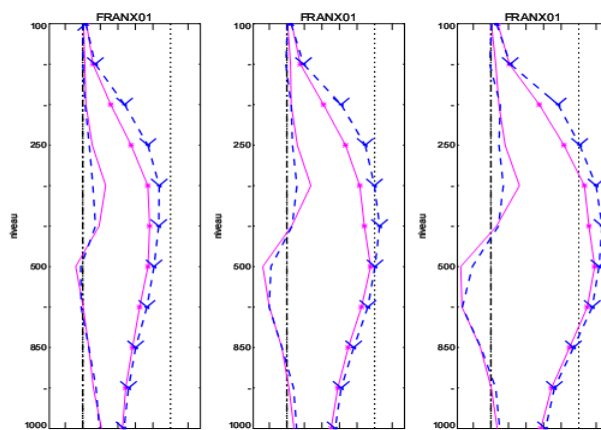


Figure.14: Même Légende que Figure.11, mais pour l'humidité.

Différence de score par rapport aux analyses

D'après la figure.15, on note une nette amélioration en RMSE du paramètre température et du vecteur et force du vent dans les basses couches, matérialisée par les isolignes bleues, et dans la stratosphère en termes de biais uniquement. L'impact est globalement positif pour le géopotentiel à partir de l'échéance 12h, mais négatif en termes de RMSE pour l'humidité (bien que positif en biais)

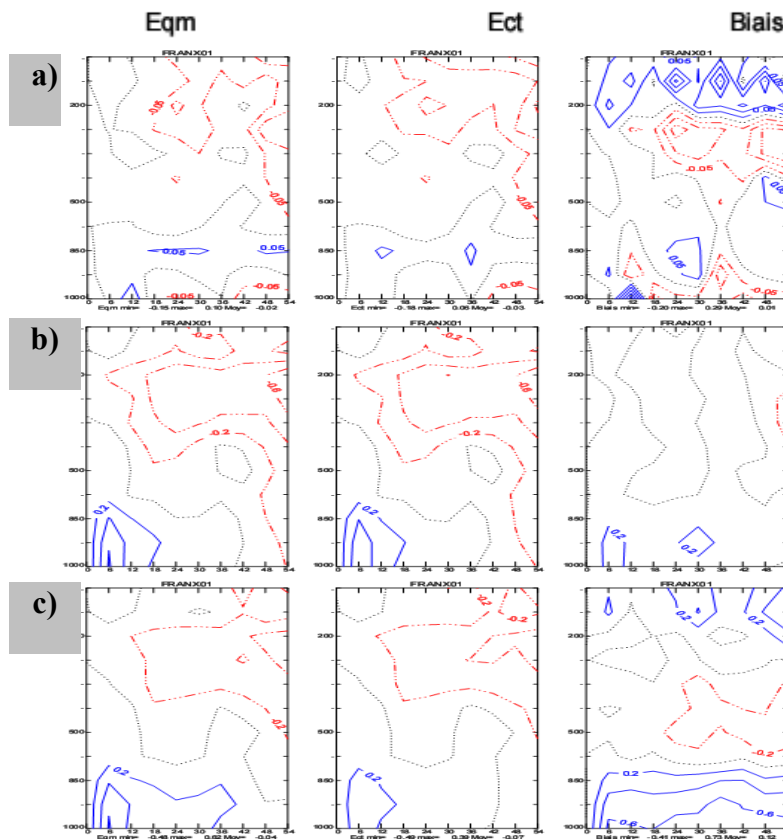


Figure.15: Différence de Scores (OPER-B08L) par rapport aux analyses :
(a)Température, (b) Vecteur du vent et (c) force du vent.

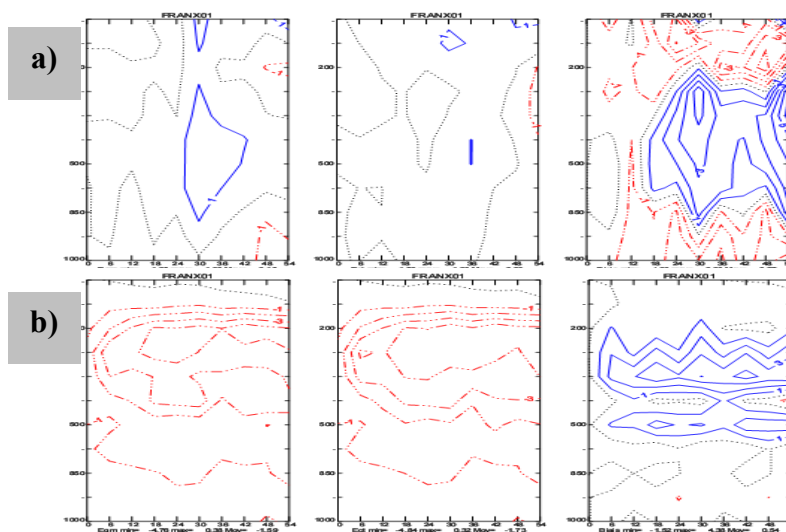


Figure.16: Même légende que Figure.15, mais pour : a) géopotentiel,
b)humidité.

2. Par rapport aux observations SYNOP

Figure.17 représente la série temporelle du biais et RMS moyenné sur toute la période des prévisions jusqu'à 54heures d'échéance de notre expérience et celle de référence par rapport aux SYNOP.

On note un impact positif pour la nébulosité durant toutes les échéances (voir fig.17.(a)), ce résultat est aussi valable pour les précipitations (voir figure.17.(b)).

Concernant le vent, l'impact est globalement neutre (fig.17.(c)), et pour l'humidité, le biais est réduit durant les premières 24heures de prévision (voir figure.17.(d)).

Par contre, l'impact est neutre puis devient négatif au-delà de 48heures de prévision pour la température (fig.17.(e)). Pour la pression, les prévisions de l'expérience B08L ont tendance à la sous-estimer par rapport aux SYNOP, quelle que soit l'échéance (voir fig.17.(f)).

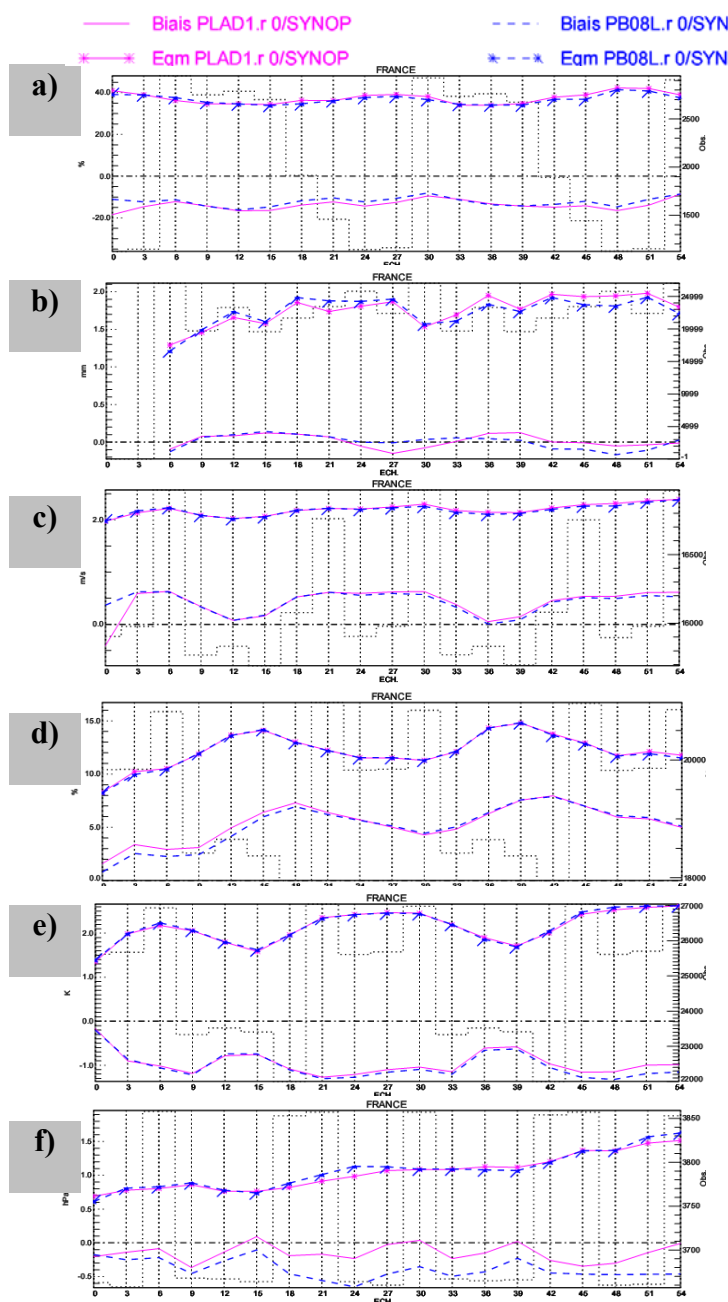


Figure.17: Scores de prévision par rapport aux SYNOP : (a) Nébulosité, (b) Précipitation (c) Force du vent, (d) Humidité, (e) Température, (f) Pression.

3. Par rapport aux TEMP

Le contrôle par rapport aux radiosondages indique un impact globalement positif pour tous les paramètres (Fig.18). De façon générale, la courbe de biais est plus lisse et « redressée » dans l'expérience B08L.

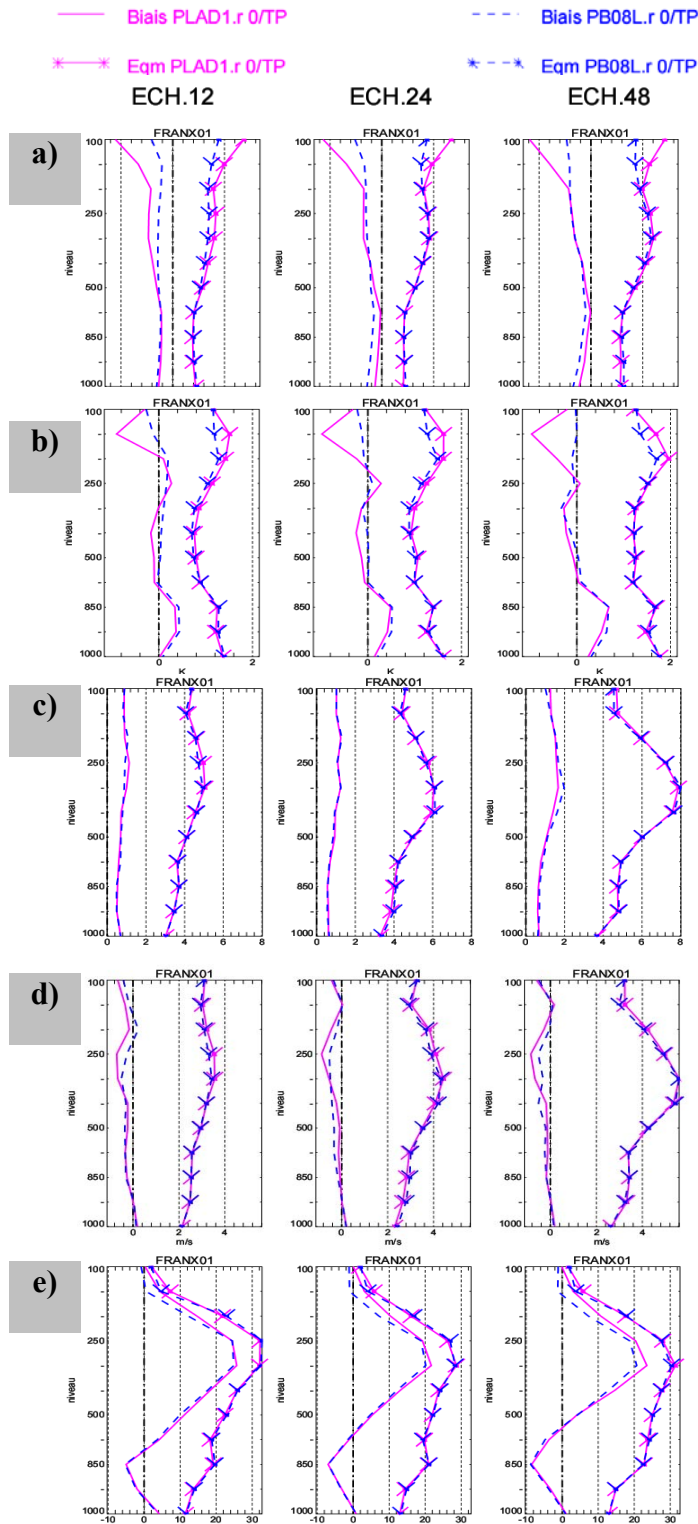


Figure.18: Scores de prévision par rapport aux radiosondages : (a) Géopotentiel, (b) Température, (c) Vecteur du vent (d) Force du vent, (e) Humidité.

Différence de Score par rapport aux TEMP

Les scores des prévision par rapport aux radiosondages sont largement positifs pour tout paramètre au-dessus de 500 hPa (voir fig.19): amélioration non seulement du biais, mais aussi de l'écart-type, dans une moindre mesure. Un petit bémol pour l'humidité: l'amélioration se situe davantage au-delà de 24 heures. Les résultats dans les basses couches sont plus mitigés; le biais est généralement dégradé et semble aggravé avec les prévisions.

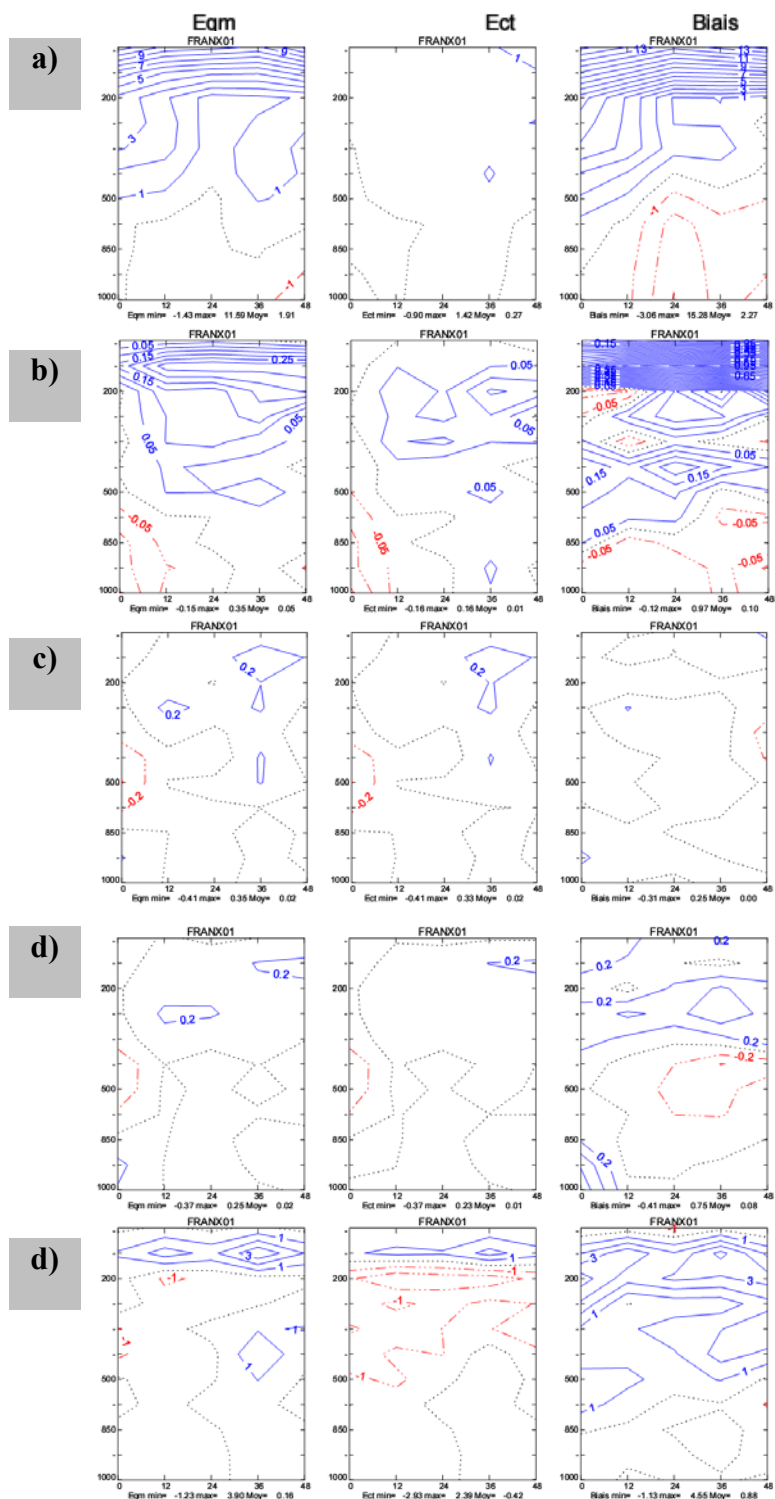


Figure.19: différence de Score (OPER-B08L) par rapport aux analyses : (a) géopotentiel, (b)Température, (c) vecteur du vent (d)Force du vent, (e) Humidité.

B) B08T par rapport à B08L

Concernant la différence (moyennée sur toute la période) entre les prévisions et les analyses des deux expériences, on constate un impact globalement très neutre pour tout les paramètres, et toutes les échéances (voir fig.20 et fig.21). Cette remarque est également valable pour les scores aux SYNOP (voir fig.22) et TEMP (voir fig.23 et fig.24).

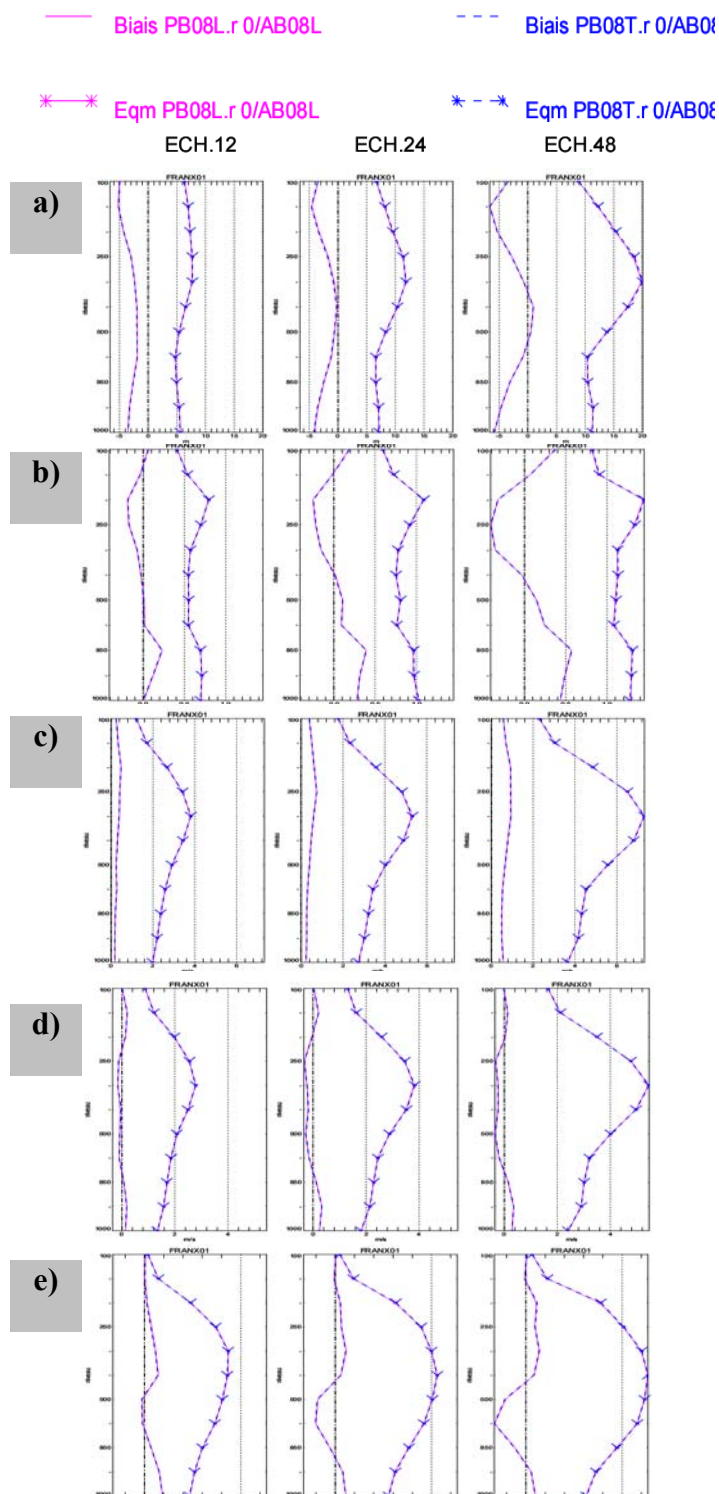


Figure.20: Scores de prévision par rapport aux analyses : (a) Géopotentiel, (b)Température, (c) Vecteur du vent (d)Force du vent, (e) Humidité.

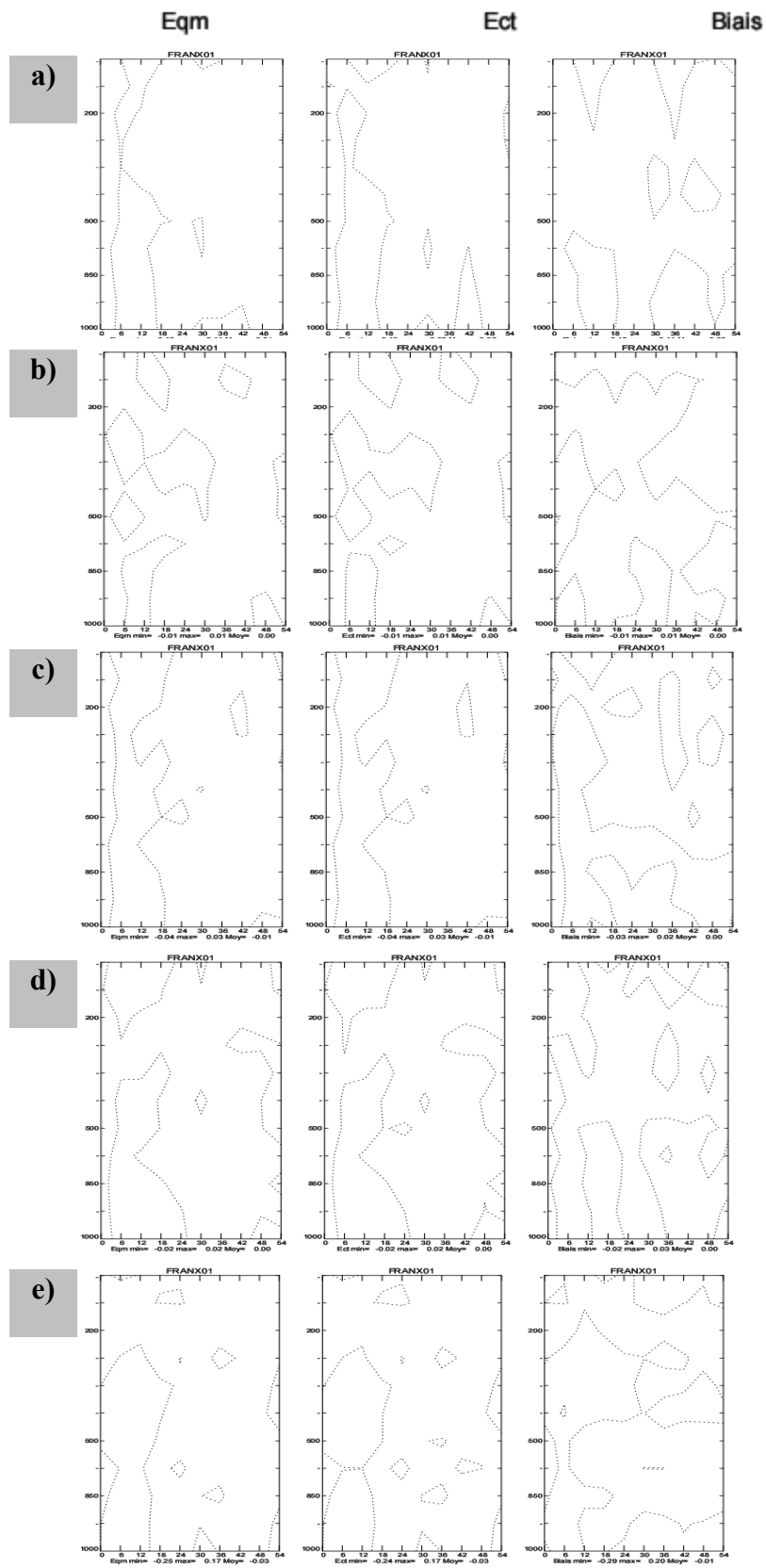


Figure.21: Différence de Scores (B08L-B08T) par rapport aux analyses : (a)Géopotential, (b)Température, (c)Vecteur du vent (d)Force du vent, (e) Humidité.

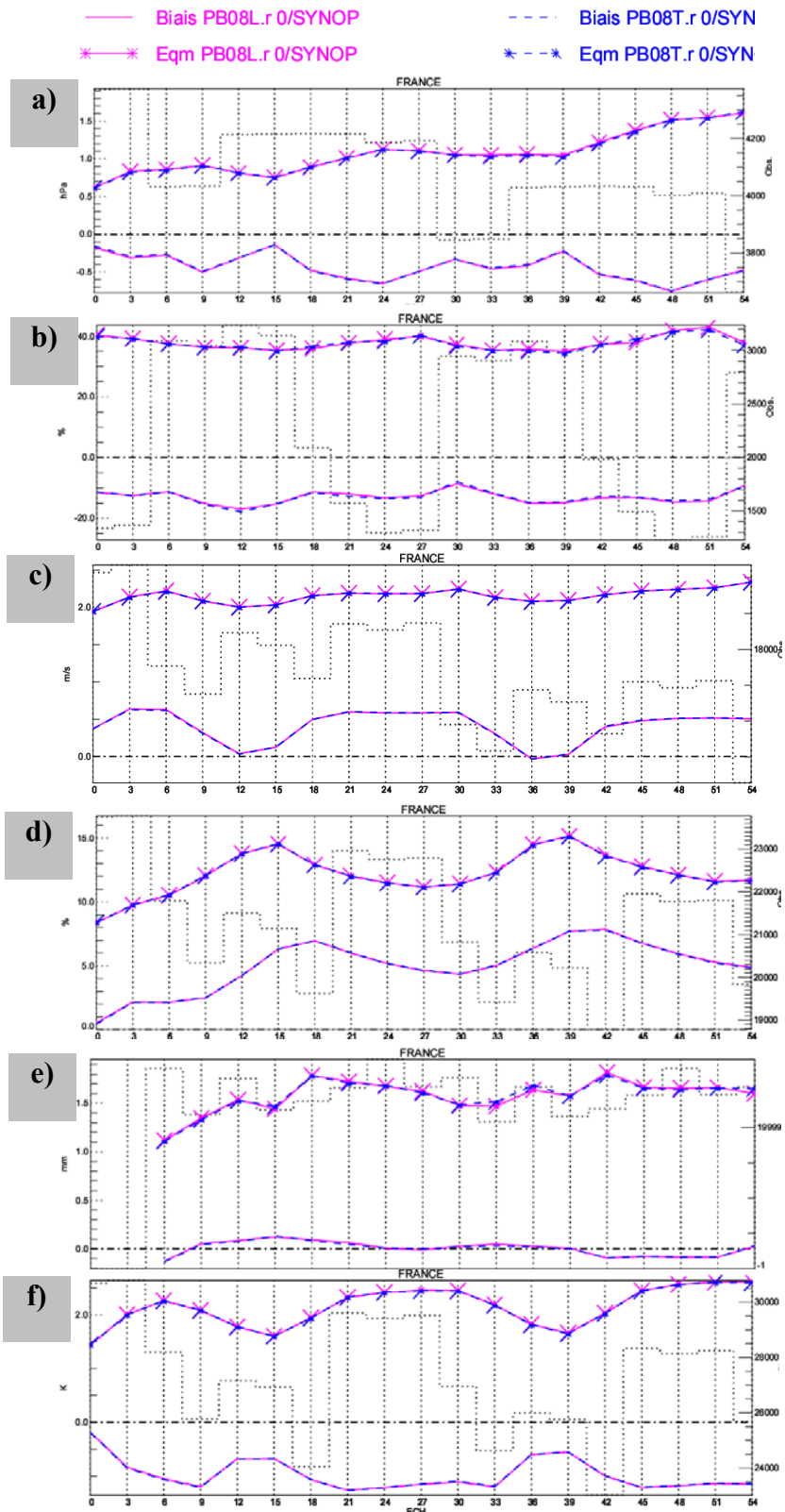


Figure.22: Scores de prévision par rapport aux SYNOP : (a) Pression, (b) Nébulosité (c)Force du vent, (d) Humidité, (e) Précipitation, (f) Température.

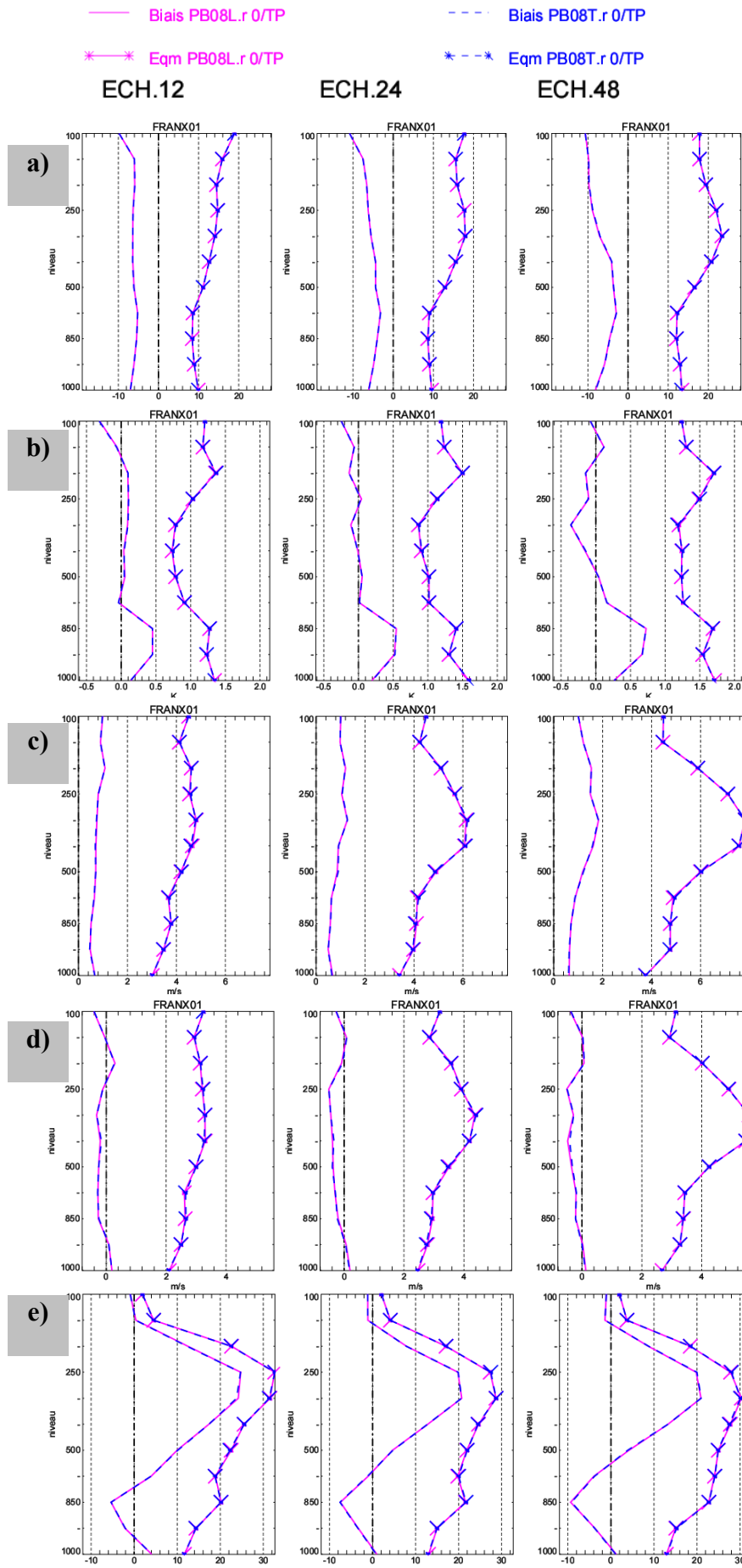


Figure.23: Scores de prévision par rapport aux radiosondages : (a)Géopotentiel, (b)Température, (c)Vecteur du vent (d)Force du vent, (e) Humidité.

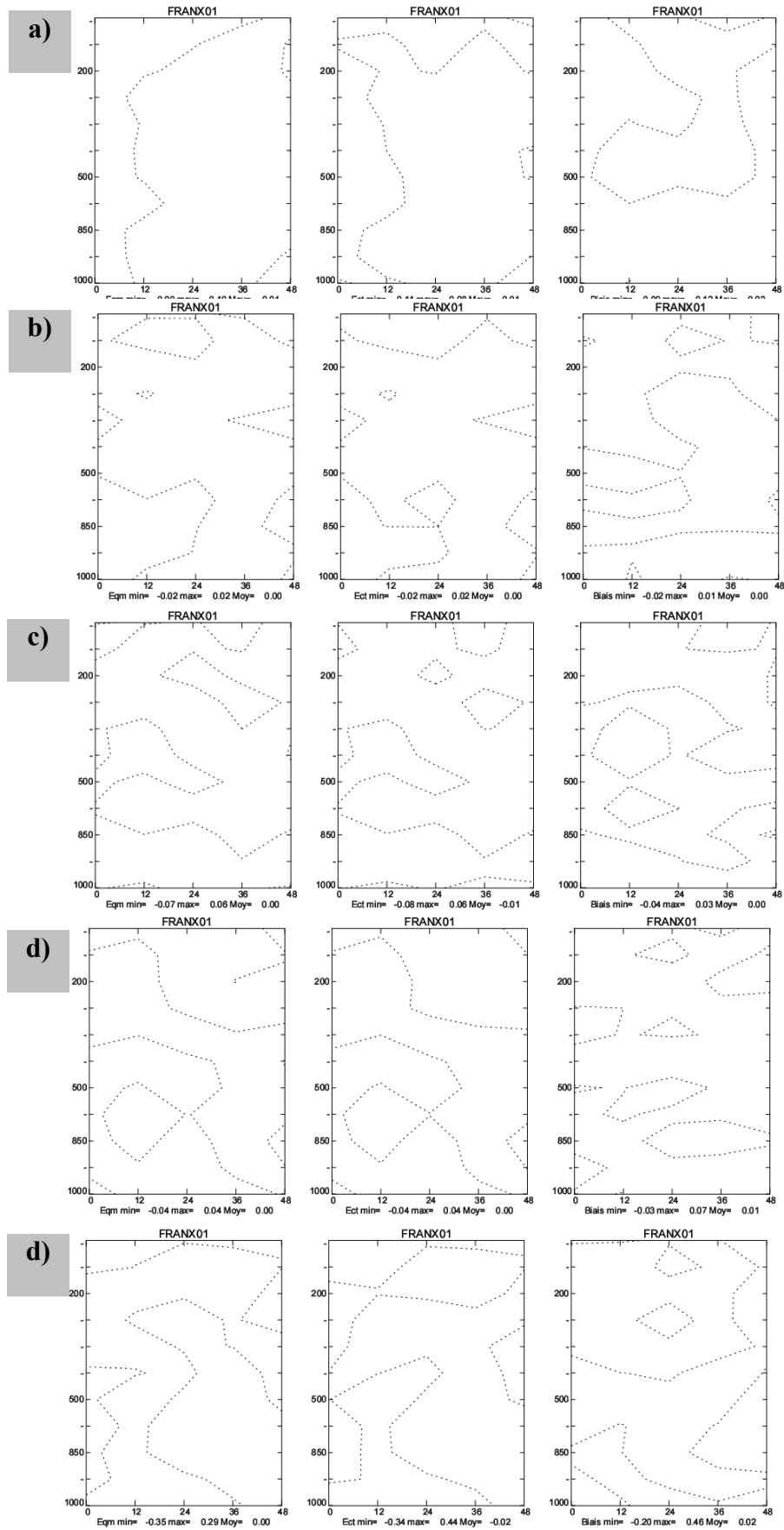


Figure.24: différence de Scores (OPER-B08L) par rapport aux radiosondages :
 (a)Géopotential, (b)Température, (c)Vecteur du vent (d)Force du vent, (e) Humidité.

III Conclusion et Perspectives

Le travail dans ce stage a porté essentiellement sur la correction des radiances satellitaires qui intervient dans l'assimilation variationnelle de données dans le modèle ALADIN de Météo-France. L'objectif était l'étude de l'impact de la correction de biais variationnelle de ces données dans l'analyse et la prévision du modèle.

La première expérience a visé l'étude de l'impact des coefficients de correction issus de l'analyse du modèle global ARPEGE double qui utilise le VarBC, les résultats de cette expérience ont montré un impact très positif par rapport à l'opérationnel, ceci pour l'analyse et les prévisions du modèle ALADIN.

Dans la deuxième expérience nous avons étudié l'impact de l'adaptation de VarBC dans la chaîne d'assimilation du modèle ALADIN lui-même, il s'est avéré qu'il n'a pas eu un grand impact pour l'ensemble des paramètres par rapport à l'expérience de référence, sauf pour l'humidité où les résultats ont montré un impact positif lors de la comparaison des données des sondeurs AMSU-B et HIRS - qui sont sensibles au paramètre humidité - l'ébauche et l'analyse du modèle. Ceci est motivant pour une prochaine implémentation de la version adaptative de VarBC dans La chaîne ALADIN.

En remarquant que l'étude dans ce stage a été effectuée durant une période de mois d'un mois, il est souhaitable d'effectuer une étude analogue mais pour une plus longue période. Il est aussi intéressant de la refaire à différentes périodes durant toute l'année.

Nous pouvons également envisager de choisir d'autres prédicteurs davantage sensibles aux masses d'air propres au domaine ALADIN.

Faute de temps, nous n'avons pas pu regarder plus en détail deux études de cas sur la France (nette amélioration des scores du vecteur et force du vent à la 500 hPa à 24 heures de prévision) portant sur les prévisions débutant les 15 et 17 Novembre 2007 à 00 UTC (cf Fig.25).

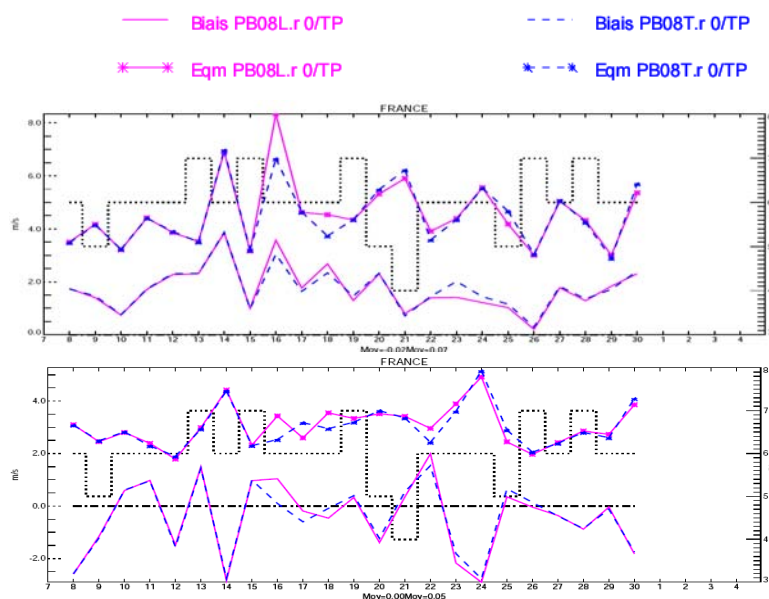


Figure.25 : Evolution du RMSE et du Biais du vecteur (en haut) et force du vent (en bas) à 500 hPa durant toute la période d'étude par rapport aux radiosondages.

Références

Auligné T., Mc Nally A. P. and Dee D., 2007: Adaptive bias correction for satellite data in a numerical weather prediction system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 133, 631-642.

Dee, D. P., 2004. Variational bias correction of radiance data in the ECMWF system. **Proceedings of the ECMWF workshop on assimilation of high spectral resolution sounders in NWP** . Reading, UK, 28 June - 1 July 2004.

Harris, B.A. and Kelly, G., 2001: A satellite radiance-bias correction scheme for data assimilation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 1453-1468.

Randriamampianina, R., 2005: Radiance-bias correction for a limited area model, **IDŐJÁRÁS** Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 109/3, pp.143-155.