

**Calcul de covariances d'erreur d'ébauche
pour le 3D-Var Aladin L60**

période du 12 novembre au 21 décembre 2007

Présenté par : **Razagui** Abdelhak
Office National de la Météorologie - Algérie

Encadreur : Loïl **Berre**
Météo-France CNRM/GMAP

Toulouse le 20 décembre 2007

Résumé:

L'objectif est de construire de nouveaux fichiers stabal en utilisant le modèle Aladin France 60 niveaux, et les validés par la suite dans un but de les mettre dans la chaîne en double en premier lieu et dans la chaîne opérationnelle par la suite.

Introduction

L'objectif de ce travail est l'utilisation d'un ensemble d'assimilation perturbées (3Dvar Aladin France) avec la nouvelle version ALADIN France (60 niveaux) dans le but de fabriquer des nouveaux fichiers stabals. Le principe est d'ajouter aux différentes données d'observation des perturbations générés à partir de six (06) grain différents grâce à un algorithme de génération de nombres aléatoires. Ces perturbations ont un écart type du même ordre que celui des erreurs d'observation, et suivent la même loi de probabilité (supposée être la loi normale). les perturbation ainsi ajoutés sont sensées simuler les erreurs du à la mesure instrumentale. Pour cela Six (06) expériences olive ont tourné.

Le modèle utilisé est le mode ALADIN France 60 niveaux, couvrant le domaine de 289x289 points de grille domaine de sortie (Fullpost) et de 300x300 point de grille domaine de calcul. Les troncatures sont égales selon l'axe x et y à savoir 149. La période de l'étude s'étend du 09 septembre au 04 octobre 2007.

Le modèle de couplage est le modèle global Arpege de Météo-France, dont les coupleurs au nombre de six, sont générées à partir des mêmes grain que ceux utilisé par le modèle de prévision Aladin.

Enfin, un run d'impact a été lancé, pour quantifier l'apport du fichier de balance dans la chaîne d'assimilation 3Dvar.

Une deuxième expérience à été faite pour valider la robustesse de la méthode à savoir la perturbation des données d'observation. Celle ci consiste à faire la même expérience que précédemment, mais cette fois ci, les erreurs de covariance sont calculées quotidiennement sur deux fichiers différents, générés chacun à partir d'une expérience différente à partir uniquement de trois grain parmi les six (06). l'évolution dans le temps de l'humidité à la 850mb et du tourbillon à la 500mb sont tracer pour mesuré la corrélation des même champs issus des deux dernières expériences et ainsi tester la robustesse de la méthode utilisée. Dans le cas de faible corrélation, cela veut dire que les perturbations introduites dans les données d'observations, représentent uniquement un bruit,

1. Principe de la Méthode d'assimilation 3D-Var

La méthode d'assimilation variationnelle 3D-Var (3Dimensional Variational Assimilation), consiste à chercher l'état de l'atmosphère le plus vraisemblable à partir des connaissances statistiques sur les lois de probabilités des erreurs d'observation et d'ébauche.

le 3D-Var consiste à minimiser la distance au sens des moindres carrés entre l'état estimé et les différentes sources d'informations telles que la prévision précédente et les observations. Le nouvel état analysé est, en général, utilisé comme point de départ de la prévision suivante.

La fonction coût s'écrit alors :

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b)^T B^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b) + \frac{1}{2}(\mathbf{y}^o - H\mathbf{x})^T R^{-1}(\mathbf{y}^o - H\mathbf{x}) \quad (1)$$

$$J(\mathbf{x}) = J^b(\mathbf{x}) + J^o(\mathbf{x}) \quad (2)$$

L'équilibre entre le terme d'écart aux observations J^o et celui de l'ébauche J^b est effectué grâce aux inverses des matrices de covariances d'erreur d'observation et d'ébauche. C'est-à-dire grâce à la confiance portée dans les observations et l'ébauche.

La minimisation se fait à l'aide du gradient égale à

$$\nabla J(\mathbf{x}) = B^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b) - H^T R^{-1}(\mathbf{y}^o - H\mathbf{x}) \quad (3)$$

B est la matrice de covariance des erreurs de prévisions

R est le matrice de covariance des erreurs d'observations \mathbf{y}^o

H est l'opérateur d'observation

1.1 Variances d'erreur d'observation

Les variances d'erreur d'observation sont le plus souvent estimées à l'aide des connaissances sur les caractéristiques techniques des instruments de mesures. Ces caractéristiques peuvent être, par exemple, déterminées par des observations positionnées au même endroit. Ces variances doivent aussi inclure les variances d'erreur de représentativité qui sont loin d'être négligeables tant qu'il existe des phénomènes physiques qui ne sont pas bien représentés dans l'espace du modèle.

D'autre part, il ne faut absolument pas considérer qu'un biais puisse être considéré comme une contribution aux variances d'erreur d'observation. En effet, il occasionnerait un biais dans l'incrément d'analyse. Ainsi, à chaque fois qu'un biais est mis en évidence, il doit être retiré des observations ou de l'état d'ébauche en fonction de son origine supposée. Il est cependant souvent difficile de déterminer son origine.

1.2 Covariances d'erreur d'observation

Les covariances d'erreur d'observation sont le plus souvent considérées comme nulles, en supposant que les mesures sont faites à l'aide des instruments de mesures de types différents affectées par des erreurs physiques indépendantes. Cette hypothèse paraît moins évidente quand un jeu d'observations est obtenu par le même instrument de mesure (mesures satellite, bouées dérivant es...).

Produire des observations transformés (données radar, données satellites), donne lieu à des erreurs biaisés et se traduit par une corrélation d'erreur permanente.

Enfin, les erreurs de représentativité sont corrélées par nature. Les d'erreurs d'interpolation sont toujours corrélées quelque soit la densité des observations vis-à-vis de la résolution du modèle.

1.3 Variances d'erreur d'ébauche

En général, l'ébauche provient d'une prévision obtenue avec le modèle de prévision. Les variances d'erreur d'ébauche sont donc les variances d'erreur de la prévision utilisée pour obtenir l'état d'ébauche initial x^b .

plusieurs méthode peuvent être utilisées pour l'estimation des variances d'erreurs. Une première peut être obtenue en prenant une fraction des variances climatologiques des champs des variables du vecteur d'état.

Une autre possibilité est d'utiliser les méthodes, les plus connues à savoir, la méthode NMC ou la méthode d'ensemble. Une des hypothèses de ces méthodes est que l'analyse soit de bonne qualité. C'est-à-dire, en d'autres termes, que les observations soient nombreuses.

Enfin, une autre méthode qui utilise l'innovation (d) pour estimer les variances d'erreurs. Cette méthode repose sur l'hypothèse que les erreurs d'observation ne sont pas corrélées.

$$d = y^o - H x^b \quad (4)$$

l'analyse peut s'écrire alors :

$$x^a = x^b + K . d \quad (5)$$

où :

$$K = B H^T (H B H^T + R)^{-1} \quad \text{est la matrice gain} \quad (6)$$

1.4 Covariances d'erreur d'ébauche

Les covariances d'erreur d'ébauche sont essentielles pour faire une bonne analyse.

1.5 Propagation des informations

Dans les régions pauvres en observations, la forme de l'incrément d'analyse est complètement déterminée par les structures de covariances d'erreur d'ébauche. Ainsi, la forme de l'incrément d'analyse d'une observation esseulée est donnée directement par BH^T . C'est donc les corrélations de B qui propagent l'information spatialement autour du point d'observation.

1.6 Lissage des informations

Dans les régions riches en observations, le lissage des informations est gouverné par les corrélations de la matrice de covariances d'erreur d'ébauche B . Ceci est clairement mis en évidence au regard du gain d'analyse optimal K dont le dernier terme à être utilisé, celui le plus à gauche, est B . Le lissage de l'incrément d'analyse est très important en ceci qu'il doit permettre à l'analyse d'avoir des échelles statistiquement compatibles avec les propriétés des champs physiques. La spécification des corrélations d'erreur d'ébauche est donc à la fois importante et délicate, car les échelles spatiales des champs physiques sont diverses et variables.

1.7 Propriétés d'équilibre

Le nombre de degrés de liberté d'un modèle est souvent supérieur à celui de la réalité. Des propriétés statistiques qui lient les différentes variables du modèle, ou s'il existe des relations d'équilibre physique entre les différentes variables du modèle, il doit donc y avoir aussi des relations d'équilibre linéarisés dans la matrice de covariances d'erreur d'ébauche. Ces équilibres sont très intéressants car ils permettent d'apporter des informations sur toutes les variables en équilibre avec celle observée. Ces propriétés d'équilibre peuvent avoir un impact considérable sur la qualité de l'analyse.

1.8 Filtre de Kalman d'ensemble (EnKF)

Le filtre de Kalman d'ensemble a été proposé par Evensen en 1994, puis corrigé en 1998. Cette méthode a d'abord été présentée comme une alternative stochastique au filtre de Kalman étendu qui est déterministe. L'utilisation d'une méthode de Monte Carlo a été imaginée pour résoudre les deux principaux problèmes du filtre de Kalman étendu dans le cadre de système de grande taille non linéaire qui sont son coût très important et sa mauvaise réponse en cas de forte non-linéarité.

Le filtre de Kalman d'ensemble est très populaire car il est conceptuellement très simple et sa mise en oeuvre est aisée. En effet, il ne nécessite ni dérivation des opérateurs tangent-linéaires et des équations adjointes, ni intégration rétrograde du modèle d'évolution.

Le filtre de Kalman d'ensemble reste un filtre Gaussien et n'est pas un filtre particulière malgré l'emprunt de la notion de particule (comme le filtre SEIK) car il ne gère les statistiques d'erreur que jusqu'à l'ordre deux. Au lieu de propager une matrice de covariance, les erreurs sont représentées statistiquement par un nuage de points propagés par le modèle d'évolution, sans aucune linéarisation. L'étape d'analyse est ensuite celle d'un filtre de Kalman standard.

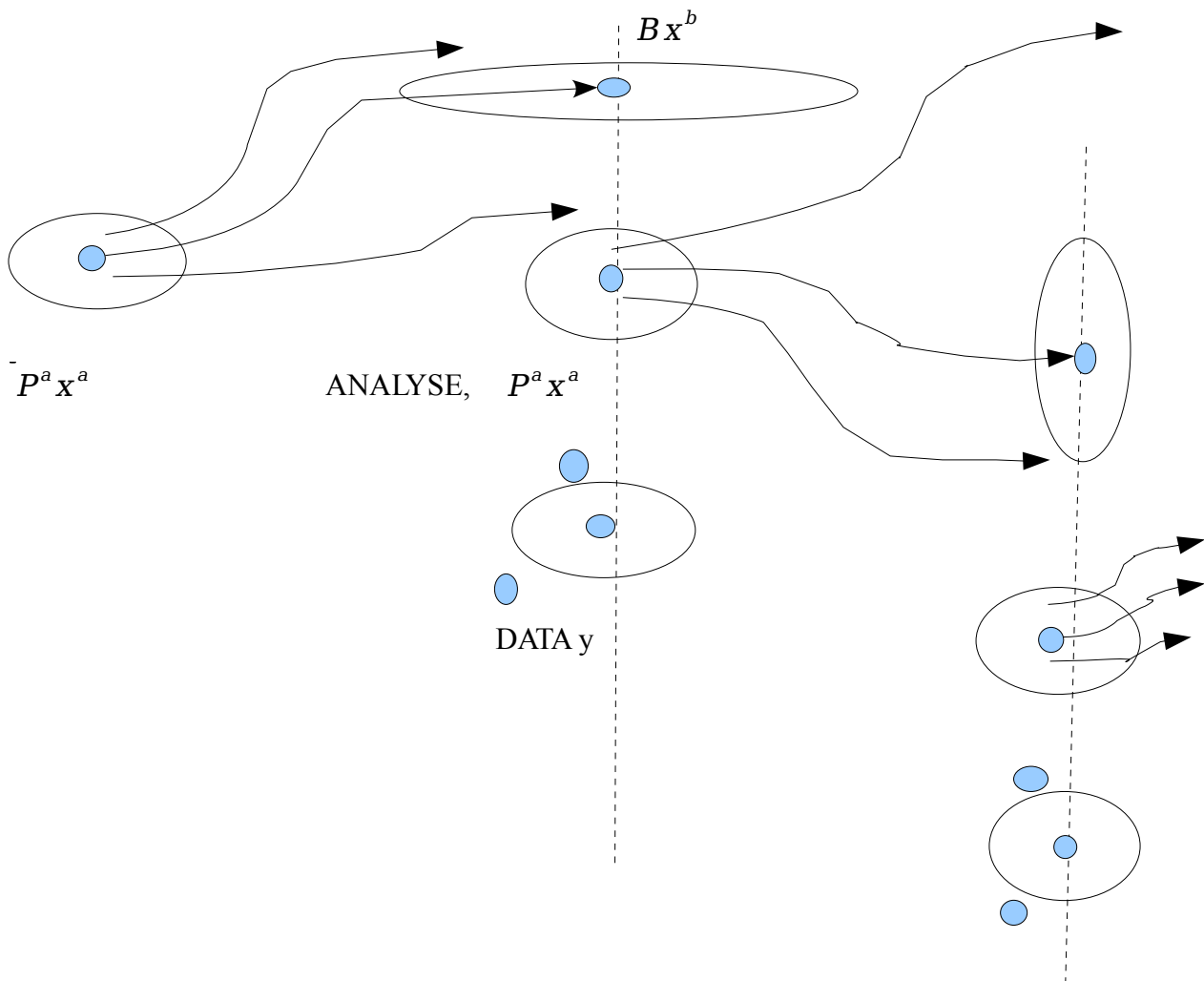
Comme la montré Burgers *et al.* (1998), il est essentiel de perturber les observations pour chacun des membres de l'ensemble avec l'estimation de la matrice de covariance d'erreur d'observation R . En effet, comme un échantillon statistique a tendance à s'appauvrir par coalescence des points, l'ajout de bruit dans les observations peut être interprété comme l'adjonction d'une partie stochastique permettant d'enrichir l'échantillon.

L'algorithme du filtre de Kalman d'ensemble peut être décrit de la manière suivante (cf. Fig. 1). A partir d'un ensemble de conditions initiales, un ensemble d'états d'ébauche à l'instant t_i est

construit par de courtes intégrations du modèle d'évolution. La matrice de covariance d'erreur de prévision P_i^f est calculée à partir de cet échantillon de telle manière que

$$P^f = E[(x^f - \bar{x}^f)(x^f - \bar{x}^f)^T]$$

La matrice de gain K peut alors être calculée. Chaque ébauche est utilisée pour effectuer une analyse à l'instant t_i comme décrit par l'Eq (5). Les analyses sont obtenues avec des données bruitées. L'ensemble de ces états analysés est ensuite propagé jusqu'à l'instant t_{i+1} et permet alors d'estimer la matrice P_{i+1}^f . Le rang des matrices ainsi estimées est inférieur ou égal à la taille de l'échantillon stochastique, c'est-à-dire très largement inférieur à la taille du vecteur d'état. Cette déficience de rang signifie que l'utilisation directe de la matrice P^f dans l'algorithme d'assimilation contraint les corrections identifiées par l'analyse à être définies dans l'espace des membres de l'échantillon. Afin de palier à ce problème, le vecteur d'état x peut être séparé en un vecteur x^p projeté sur le sous-espace constitué par les échantillons et un vecteur orthogonal. La matrice estimée P^f est alors liée dans l'algorithme à x^p et une matrice de covariance d'erreur statique est liée au vecteur orthogonal à x^p . Outre la conséquente économie de calcul et de stockage par rapport au filtre de Kalman étendu, l'algorithme du filtre de Kalman d'ensemble présente l'avantage d'être particulièrement adapté aux machines de calcul parallèle puisque chaque membre de l'échantillon d'analyse peut être calculé indépendamment des autres, et donc simultanément.



Ensemble KF EnKF - Conceptually

2. Diagnostic des stabls climatologiques

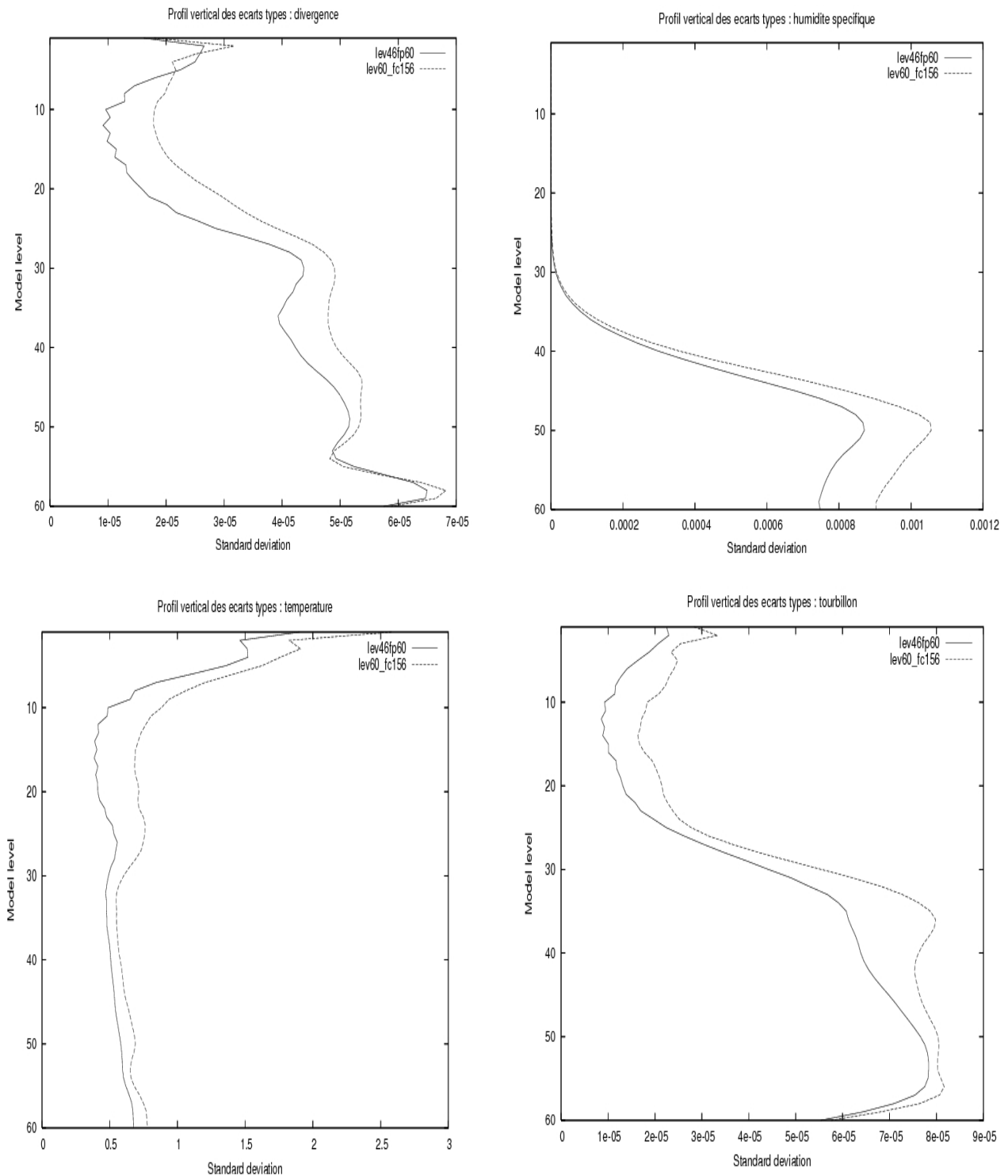


Fig 2.1 Profils Verticaux des écarts types pour la divergence (en haut à gauche; unité s^{-1}), l'humidité spécifique (en haut à droite; unité $kg\ kg^{-1}$), la température (en bas à gauche; unité K), et le tourbillon(en bas à droite; unité $J\ kg^{-1}\ s$)

N.B :

std46fp60 : stabal Aladin 46 niveaux fullpos 60 niveaux

std_fc156lev60 : stabal Aladin 60 niveaux sur une périodes de 26 jours

tous en étant bien corrélées, les deux courbes (utilisation des fichiers stabal lev46fp60 et lev60_fc156) et à l'exception de la température ou l'écart type des erreurs de prévision augmente à partir de 10mb, les écart types des erreurs des autres champs (humidité spécifique, divergence et le tourbillon), eux par contre diminuent vers les niveaux supérieurs du modèle. Cette croissance des écarts types vers la stratosphère pour le champs de température, peut s'expliquer par le manque d'observations notamment les radio-sondages dans cette partie de l'atmosphère.

Pour le champ d'humidité, une croissance des écarts type jusqu'à la 850mb la limite supérieure de la couche atmosphérique, puis une décroissance rapide jusqu'à devenir nulle vers le niveau 250mb au delà duquel il n'y a plus d'humidité.

Pour le tourbillon, l'écart type augmente rapidement jusqu'au niveau 970mb à cause des phénomènes de turbulence dans les parties les plus basses (500 mètres) de la couche limite, puis devient constant avec une légère hausse au niveau du jet stream, puis encore une décroissante bien marquée jusqu'au niveau 10mb à partir du quel on remarque une croissance comme pour le cas de la température.

Enfin pour la divergence les mêmes remarques peuvent être faites comme pour le tourbillon sauf que, on observe une croissance (beaucoup de divergence dans cette partie) vers la limite supérieure de la couche limite atmosphérique comme pour le champs d'humidité puis une décroissante dans les couches supérieurs de l'atmosphère ou il y a moins de divergence.

On peut dire qu'en générale qu'il y a une augmentation des variances dans notre cas (std_fc156lev60 voir profiles verticaux des écarts types).

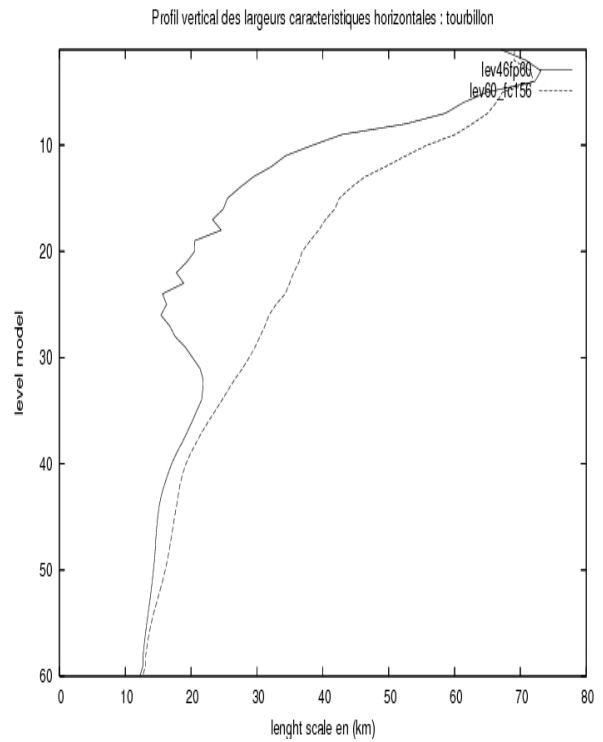
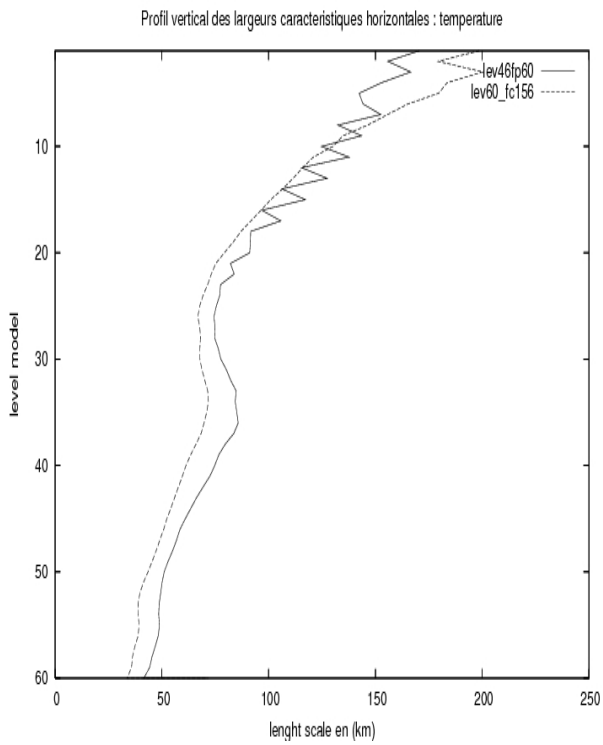
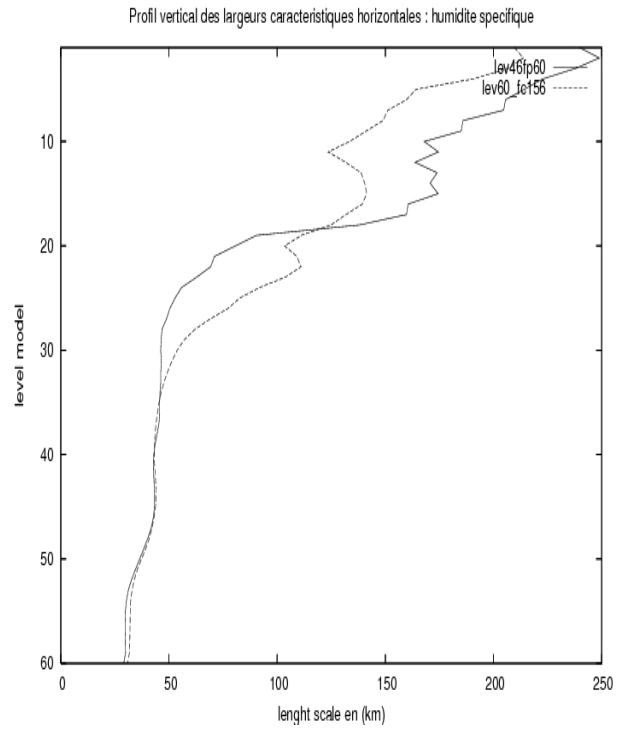
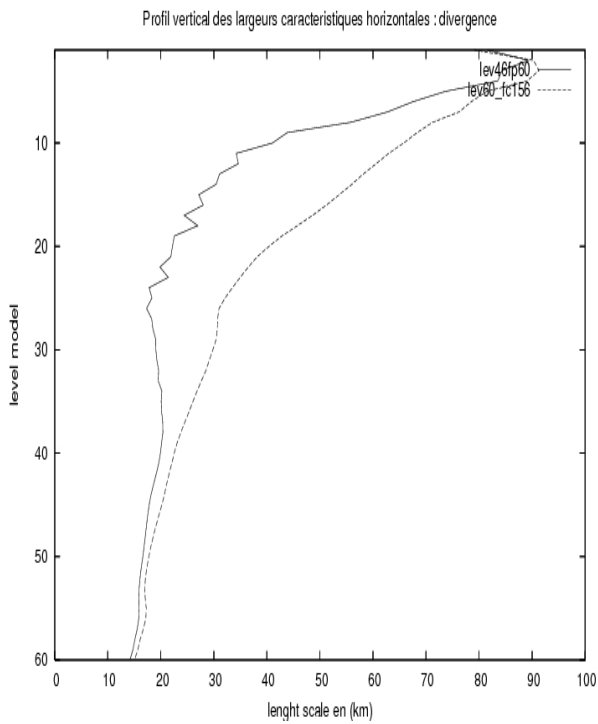


Figure 2.2: Profils verticaux des largeurs caractéristiques horizontales la divergence (en haut à gauche; unité s^{-1}), l'humidité spécifique (en haut à droite; unité $kg\ kg^{-1}$), la température (en bas à gauche; unité K), et le tourbillon(en bas à droite; unité $J\ kg^{-1}\ s$)

Pour les quatre paramètres à savoir la température, le tourbillon, la divergence et l'humidité spécifique, les profils verticaux des largeurs caractéristiques augmentent vers les niveaux les plus élevés du modèle. La seule différence résulte dans le fait que pour la température et l'humidité spécifique, la croissance tend vers les grands nombres d'onde caractérisant l'échelle synoptiques de ces deux paramètres, alors que pour le tourbillon et la divergence la croissance tend vers des largeurs caractéristiques largement inférieure reflétant le caractère discret et l'échelle moyen de ces paramètres

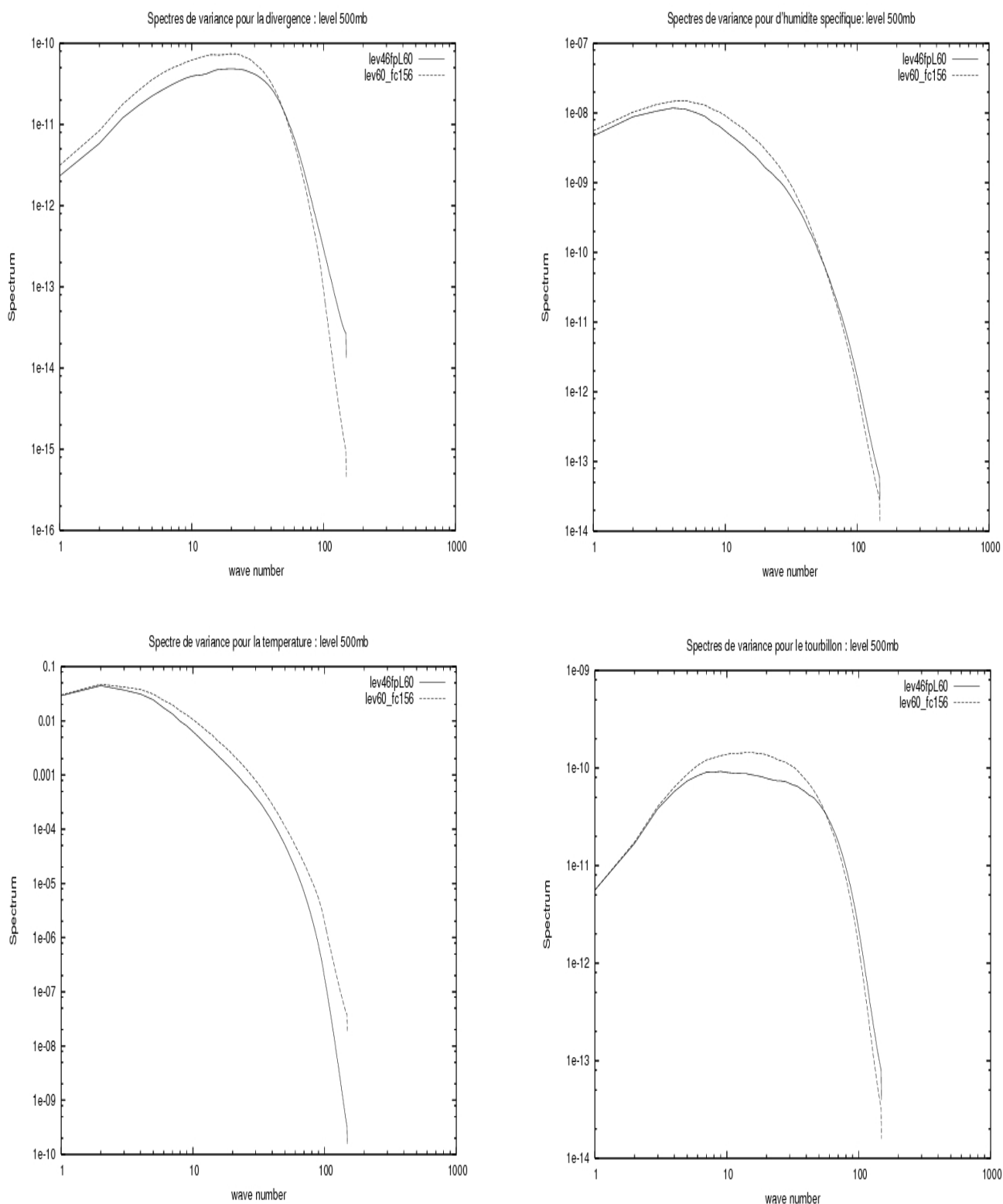


figure 2.3 Spectres de corrélation horizontale à la 500 mb la divergence (en haut à gauche; unité s^{-1}), l'humidité spécifique (en haut à droite; unité $kg\ kg^{-1}$), la température (en bas à gauche; unité K), et le tourbillon(en bas à droite; unité $J\ kg^{-1}\ s$)

la figure 2.3 représente les spectres de corrélation horizontales pour les quatre champs. Encore une fois pour la température et l'humidité spécifique, le spectre tend à se déplacer vers grande échelle en allant vers les niveaux supérieurs du modèle montrant ainsi l'échelle synoptique du champs de température. la divergence et le tourbillon, le maximum est observé pour les faible largeurs caractéristiques ou petite échelle, et par conséquent les faibles nombres d'ondes

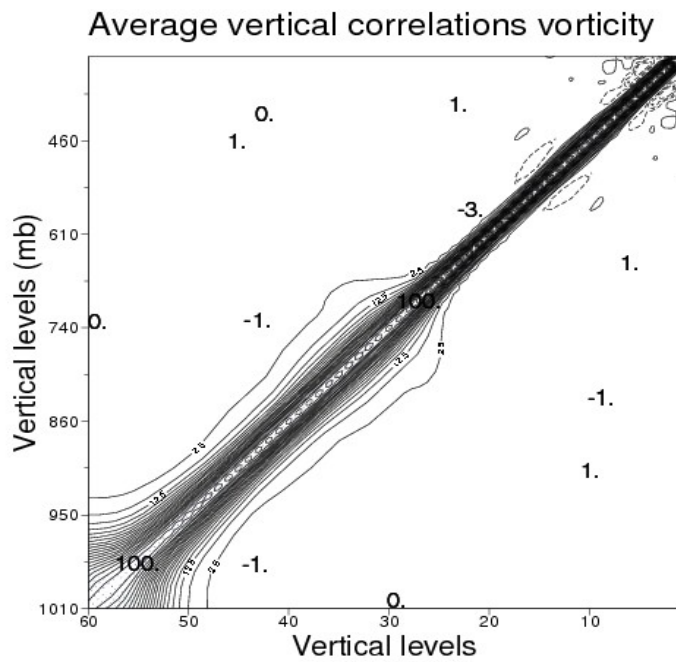
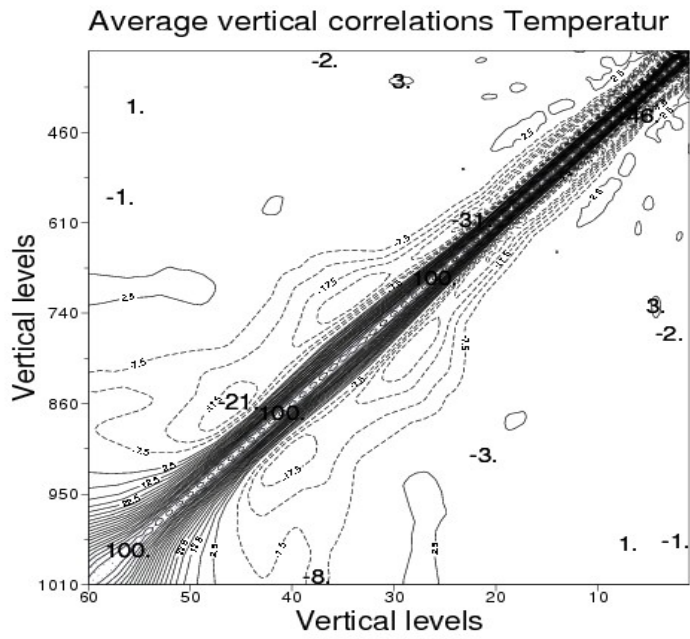


figure 2.4 : corrélations verticales "totales" (divergence, humidité, température et le tourbillon)

la figure 2.4 représente le champs de corrélations verticales entre les soixante niveaux du modèle, la matrice de corrélation étant symétrique, les valeurs de la diagonale représentent la corrélation de chaque niveau avec lui même. Comme on s'y attendez, les fortes valeurs sont observées sur la diagonale c'est à dire pour un niveau donné, puis décroisse d'une façon gaussienne plus au moins fort selon que les niveaux sont ou pas corrélés entre eux en fonction du champs étudié et de sa variabilité verticale.

Vent : P72IL.r0/TP-P736E.r0/TP

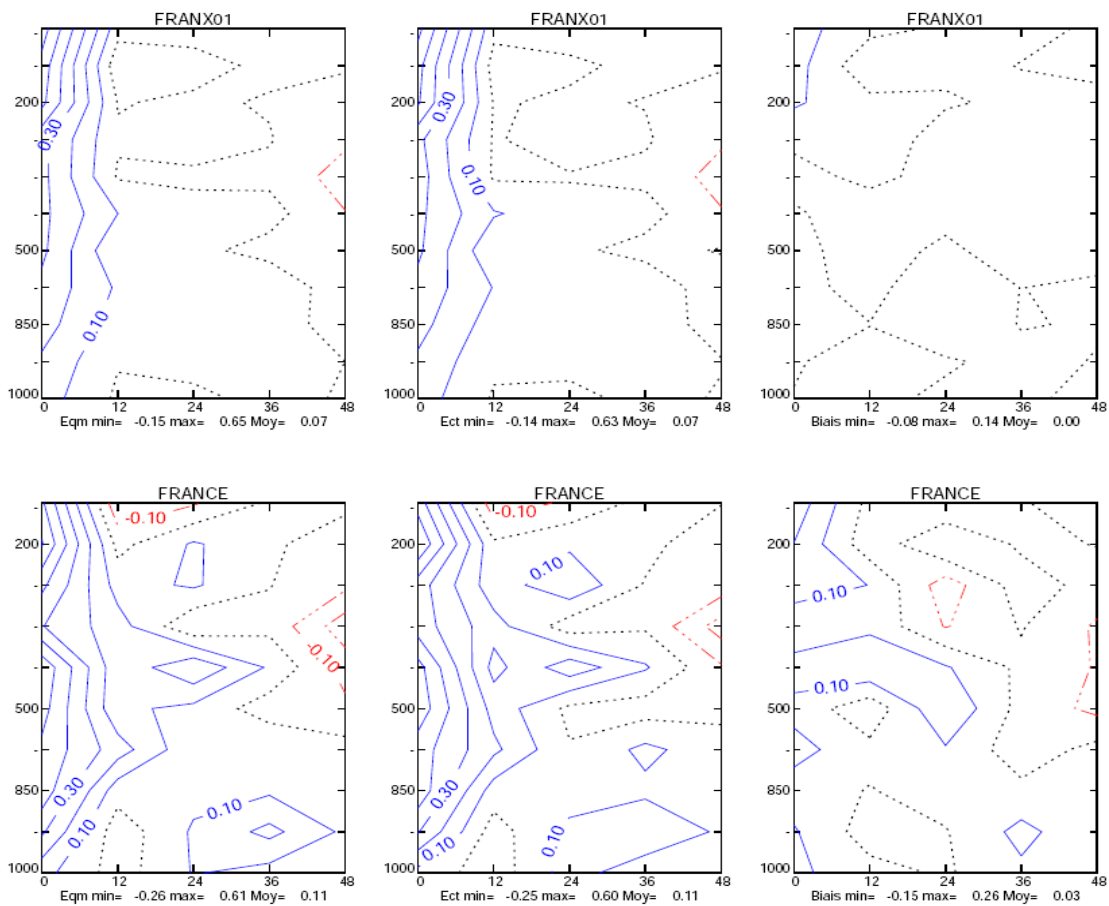
(/0.10m/s)

19 cas, 07/01/2007_00UTC -> 27/01/2007_00UTC

Eqm

Ect

|Biais|



Humidité : P72IL.r0/TP-P736E.r0/TP

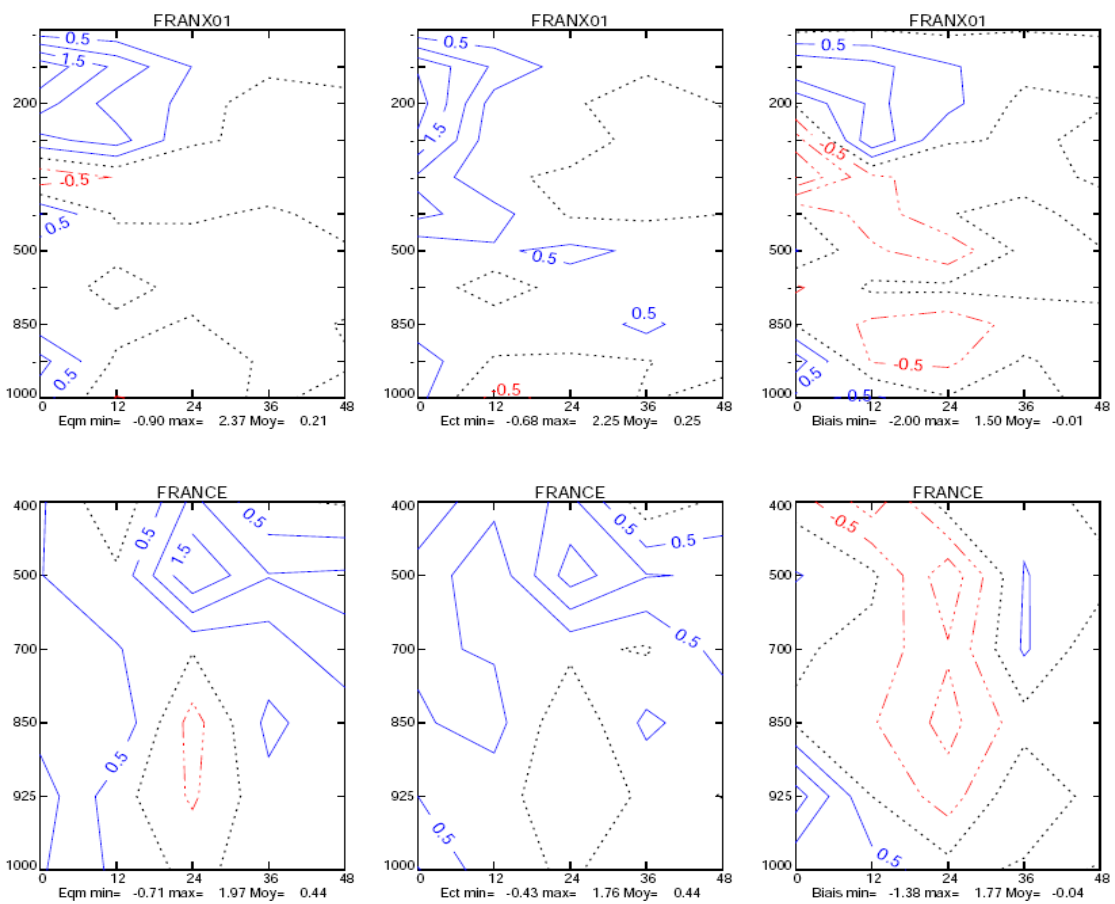
(/0.50%)

19 cas, 07/01/2007_00UTC -> 27/01/2007_00UTC

Eqm

Ect

|Biais|

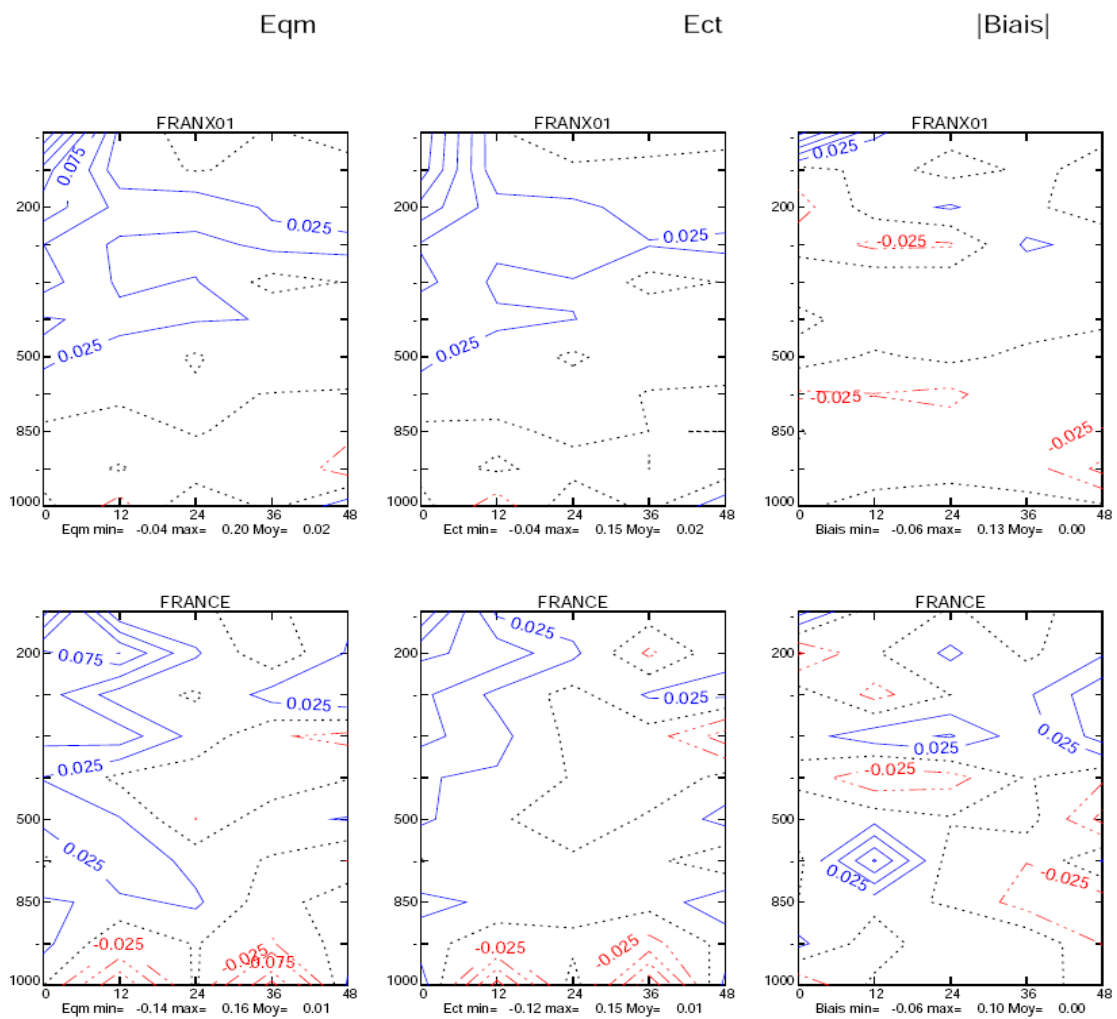


3.2 Situations d'été

Température : P72TW.r0/TP-P736Fr.0/TP

(/0.03K)

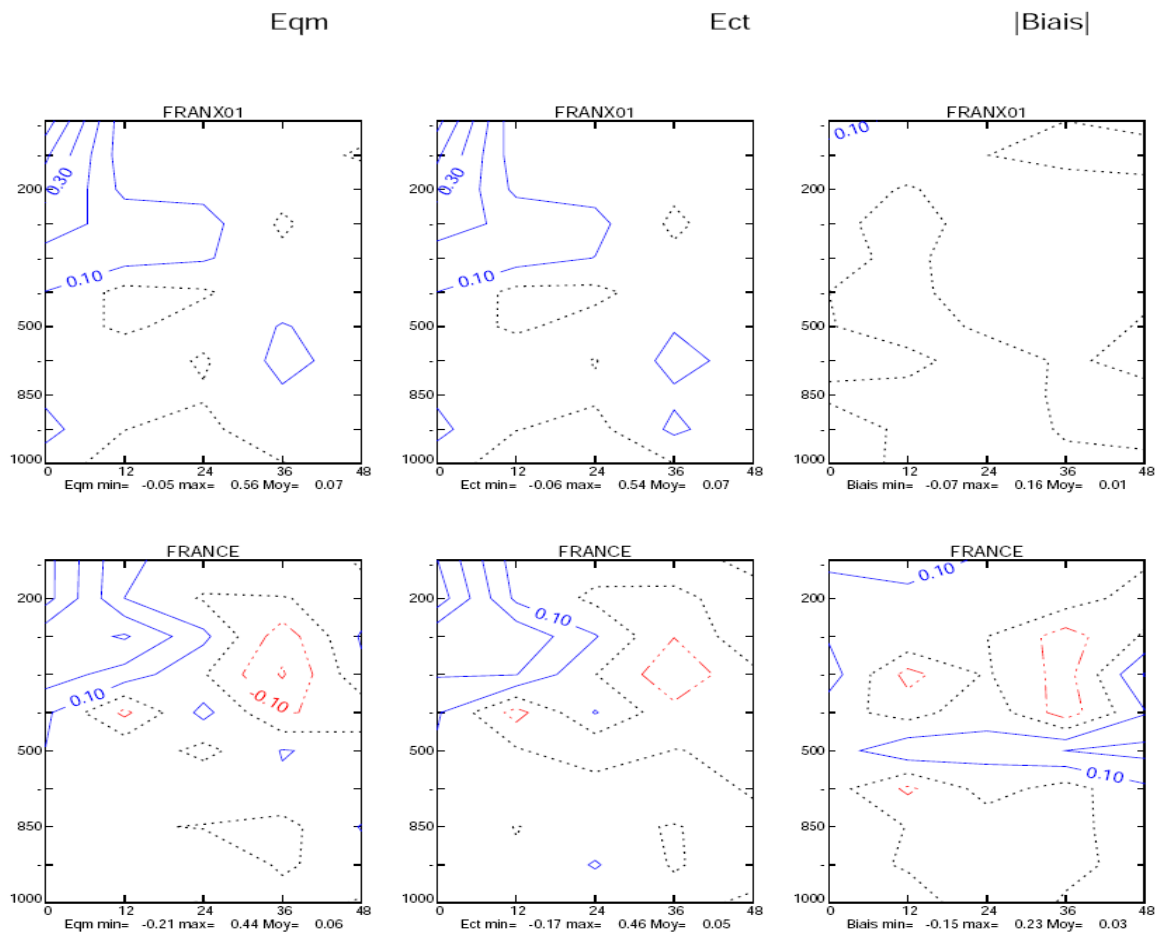
22 cas, 18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC



Vent : P72TW.r0/TP-P736Fr0/TP

(/0.10m/s)

22 cas, 18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC



Humidité : P72TW.r0/TP-P736F.r0/TP

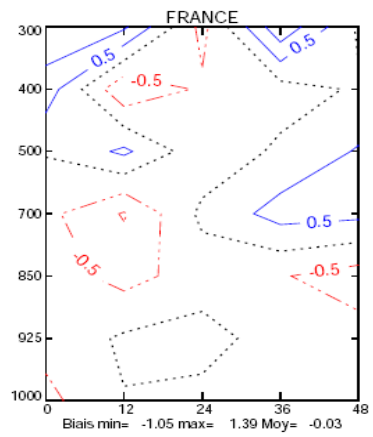
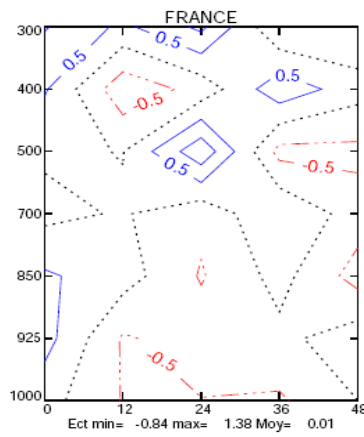
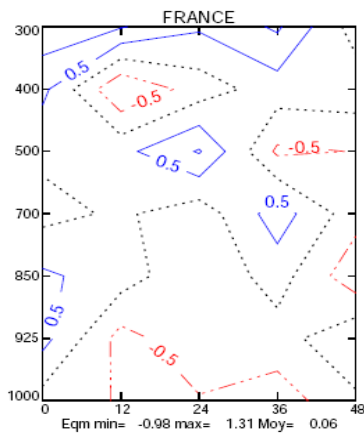
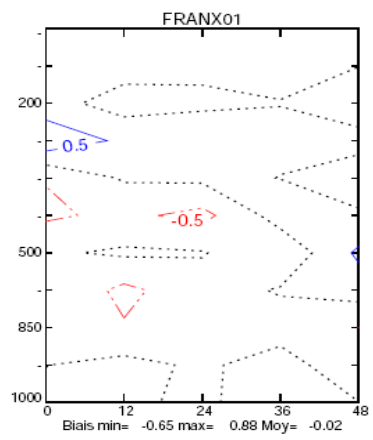
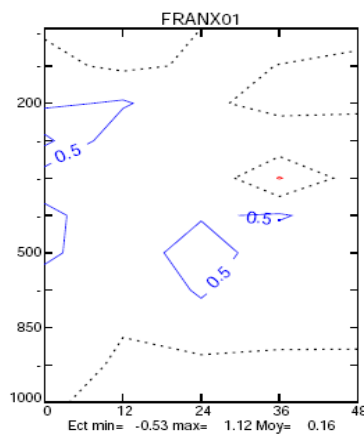
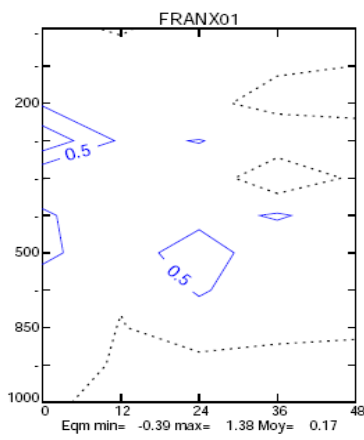
(/0.50%)

22 cas, 18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC

Eqm

Ect

|Biais|

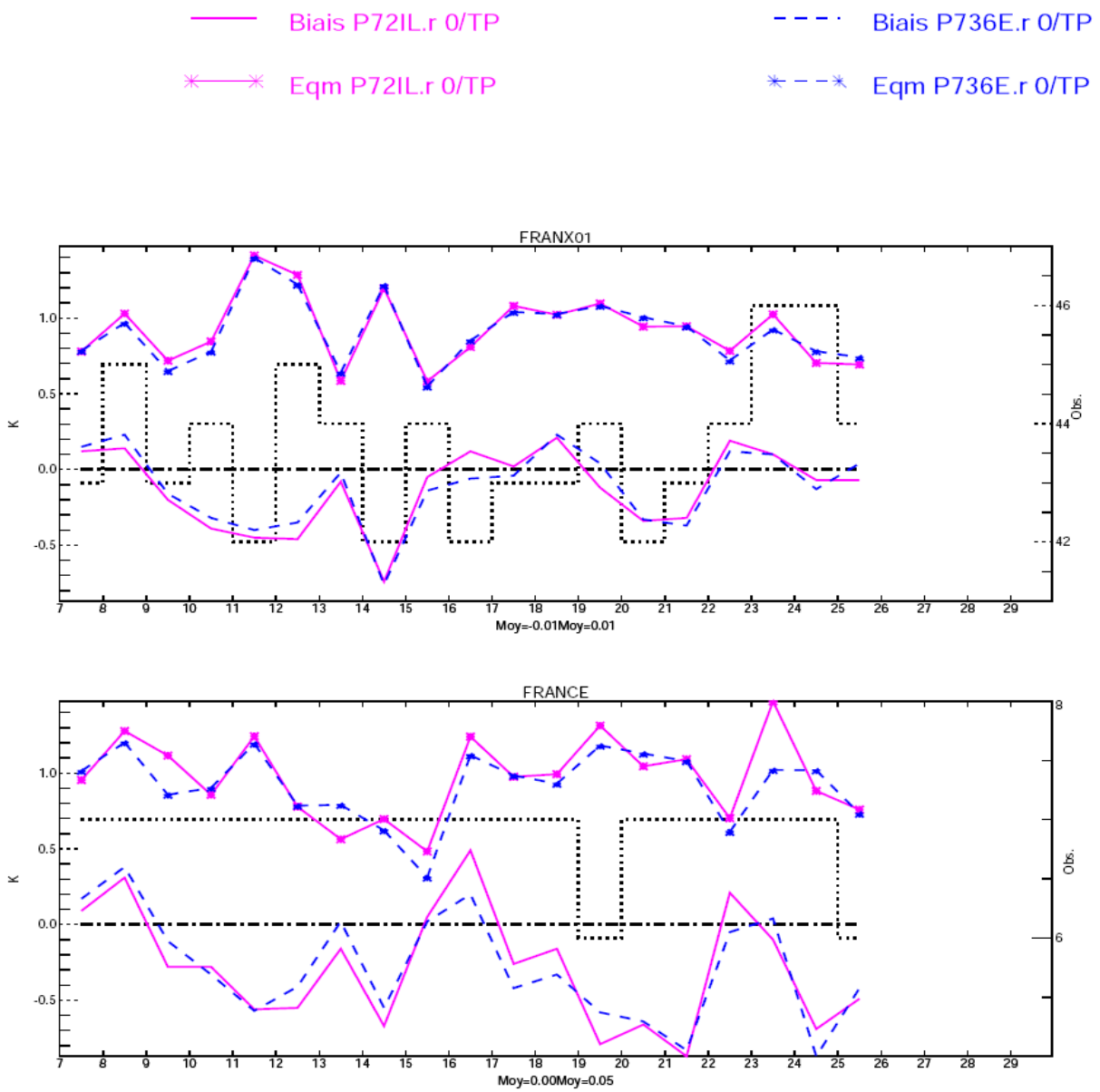


3.3 Évolution temporelle

3.1.1 Situation d'hiver

Température 700hPa : Ech 12h

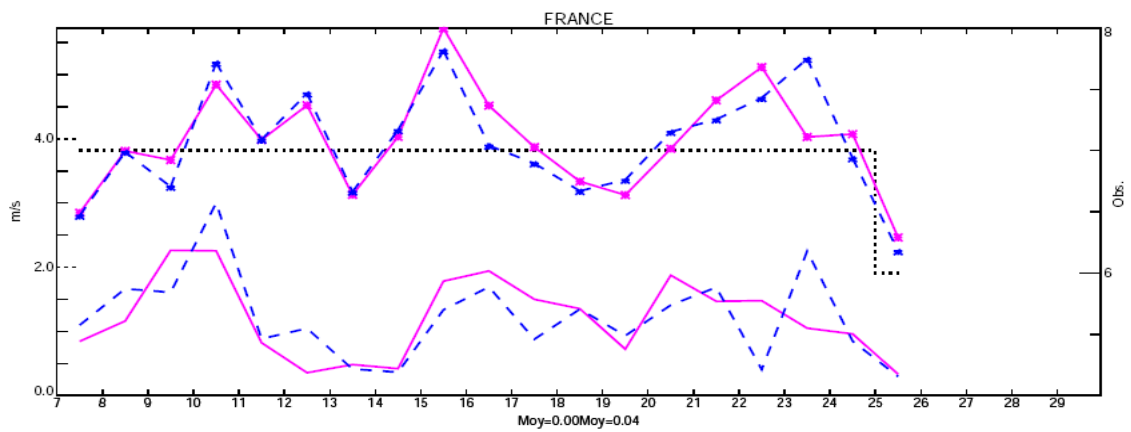
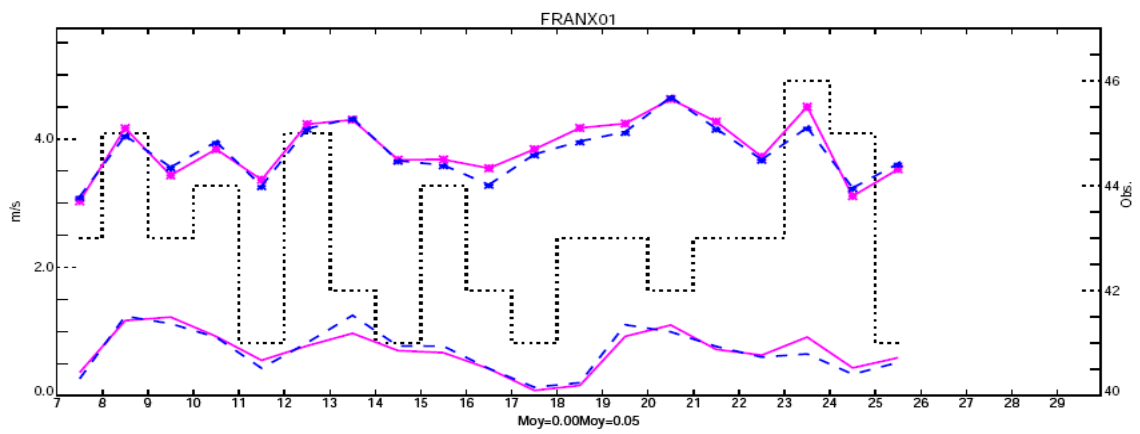
07/01/2007_00UTC -> 27/01/2007_00UTC



Vent 850hPa : Ech 12H

07/01/2007_00UTC -> 27/01/2007_00UTC

— Biais P72IL.r 0/TP - - - Biais P736E.r 0/TP
— Eqm P72IL.r 0/TP * - - * Eqm P736E.r 0/TP

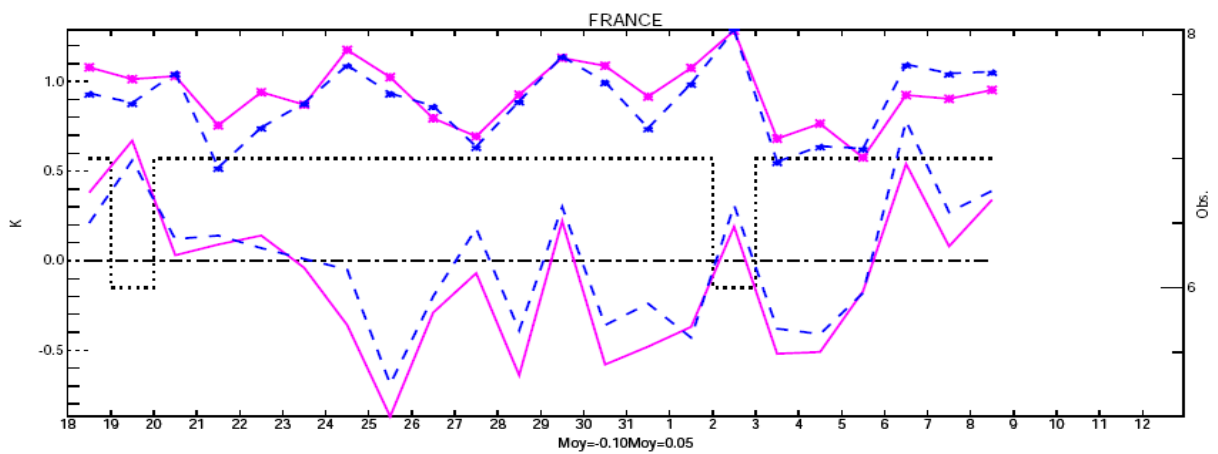
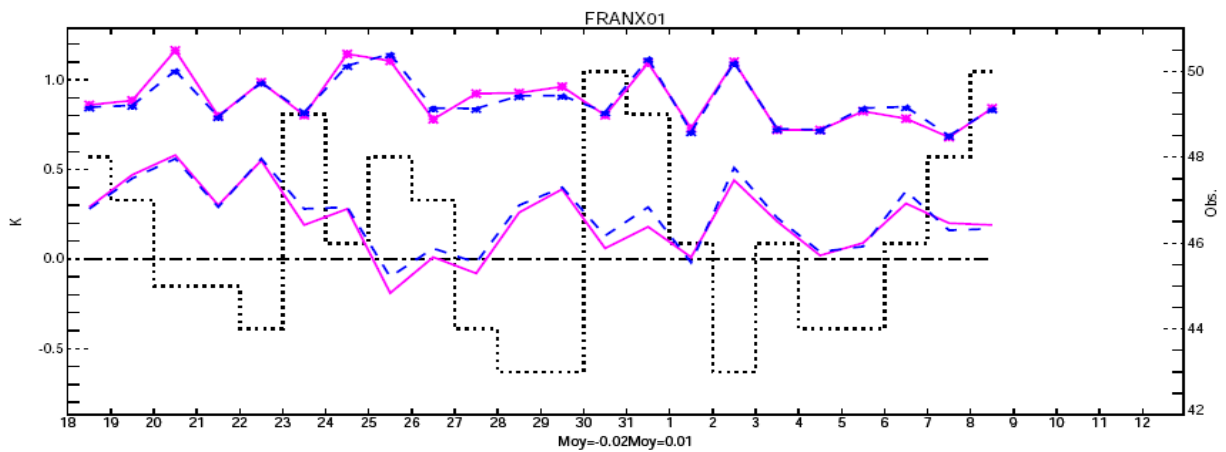


3.1.2 Situation d'été

Température 700hPa : Ech 12H

18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC

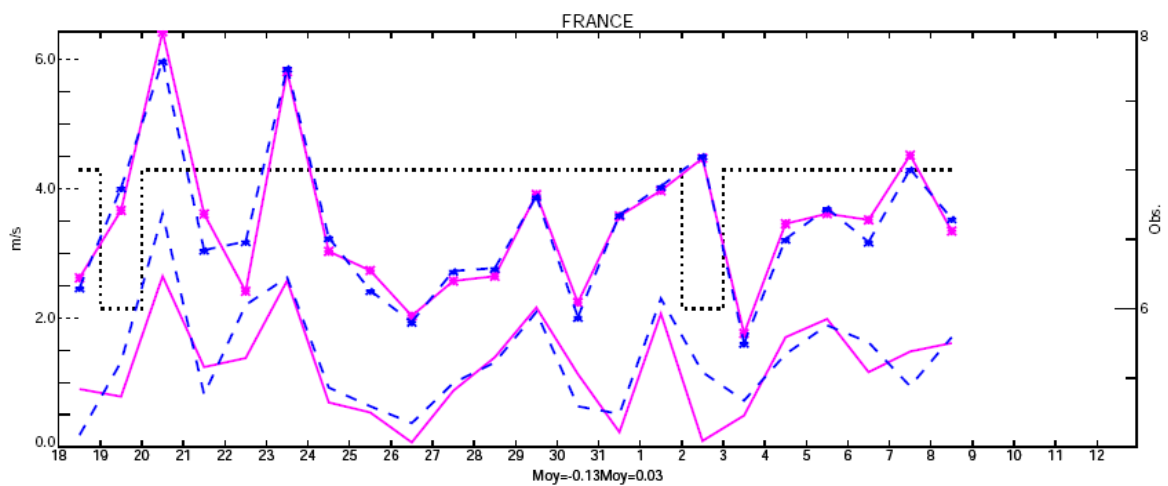
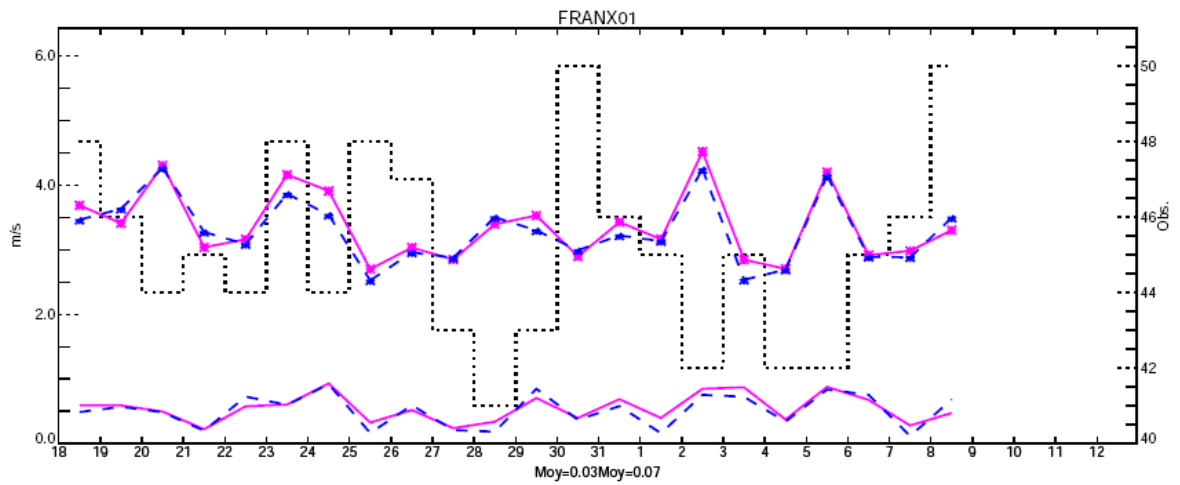
— Biais P72TW.r 0/TP - - - Biais P736F.r 0/TP
* — * Eqm P72TW.r 0/TP * - - * Eqm P736F.r 0/TP



Vent 700hPa : Ech 12H

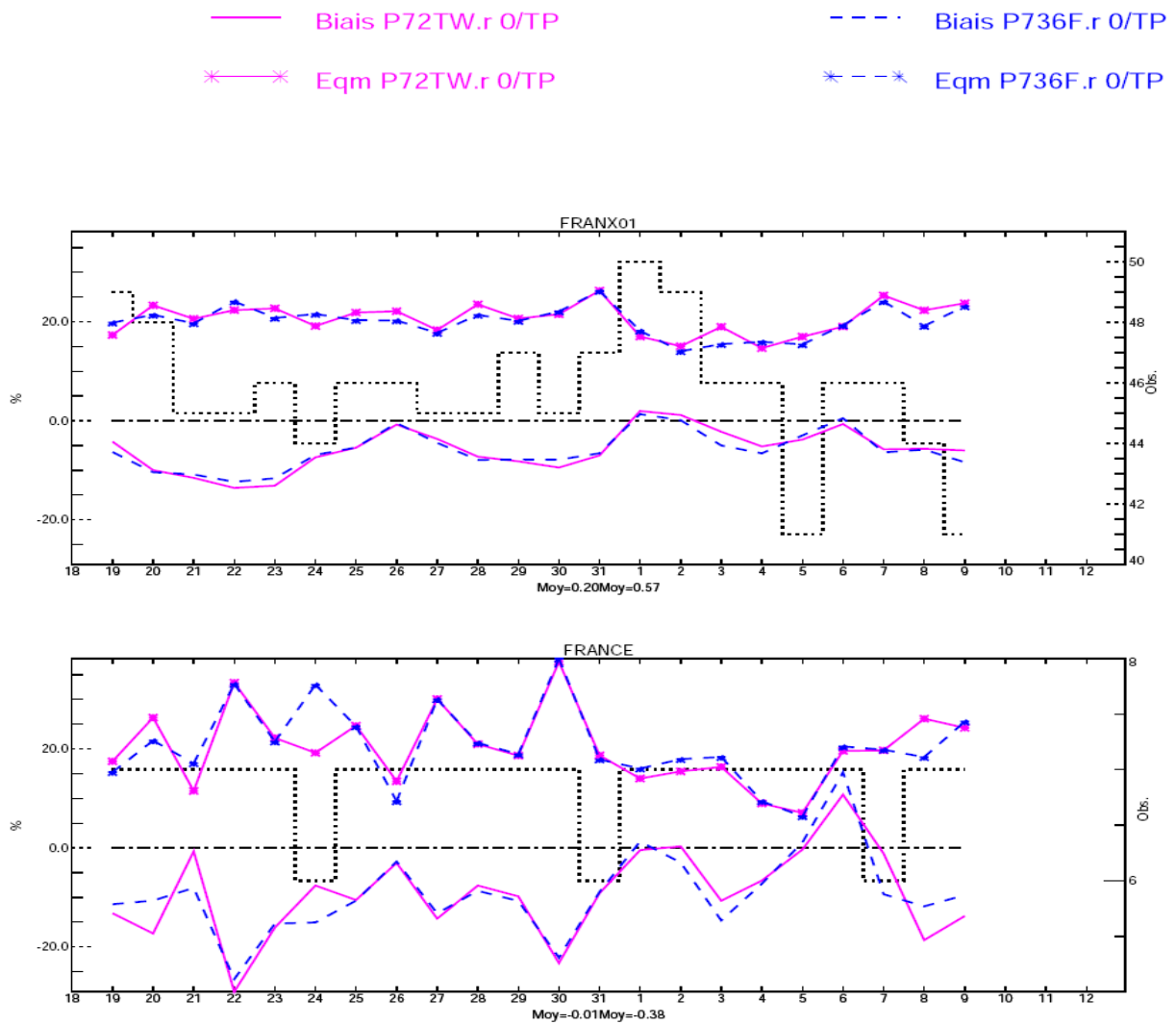
18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC

— Biais P72TW.r 0/TP - - - Biais P736F.r 0/TP
— Eqm P72TW.r 0/TP * - - * Eqm P736F.r 0/TP



Humidité 700hPa : Ech 12H

18/07/2007_00UTC -> 10/08/2007_00UTC



Hiver:

Impact légèrement positif globalement

Été :

Impact neutre ou légèrement positif

4. Dépendance à la situation météorologique et robustesse

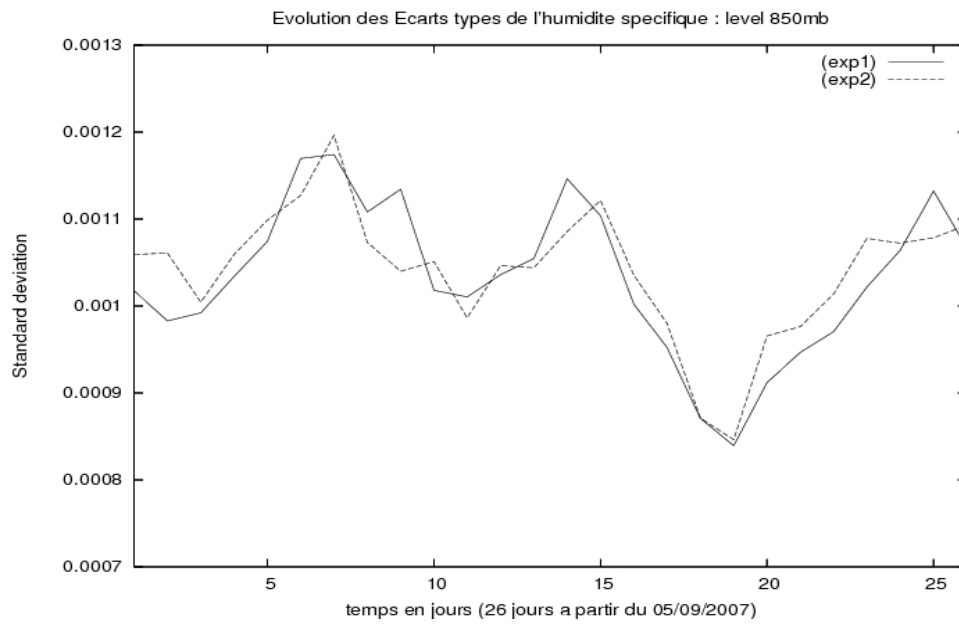


Figure 4.1 : Évolution des écarts types de l'humidité spécifique

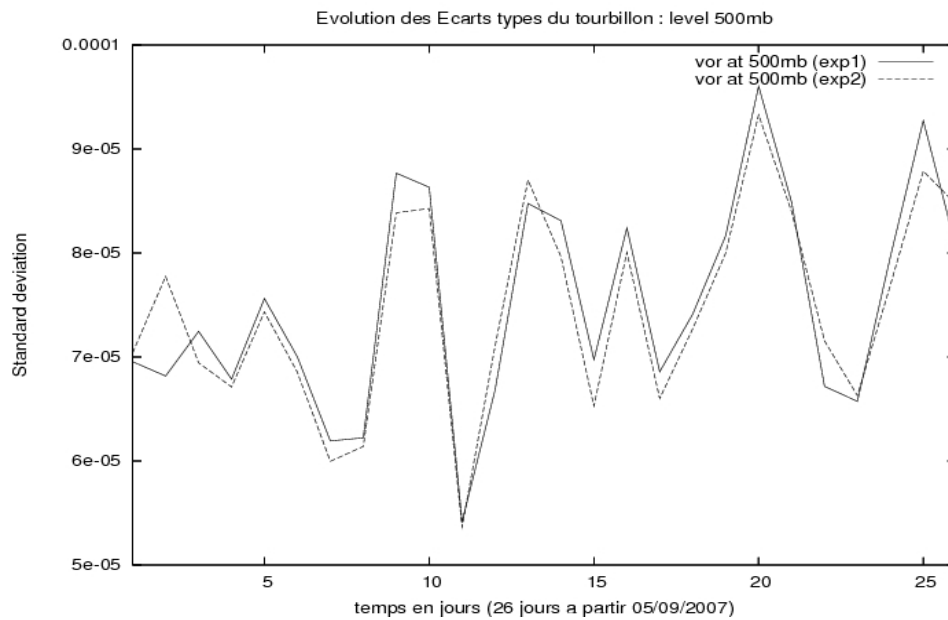


Figure 4.2 : Évolution des écarts types du tourbillon

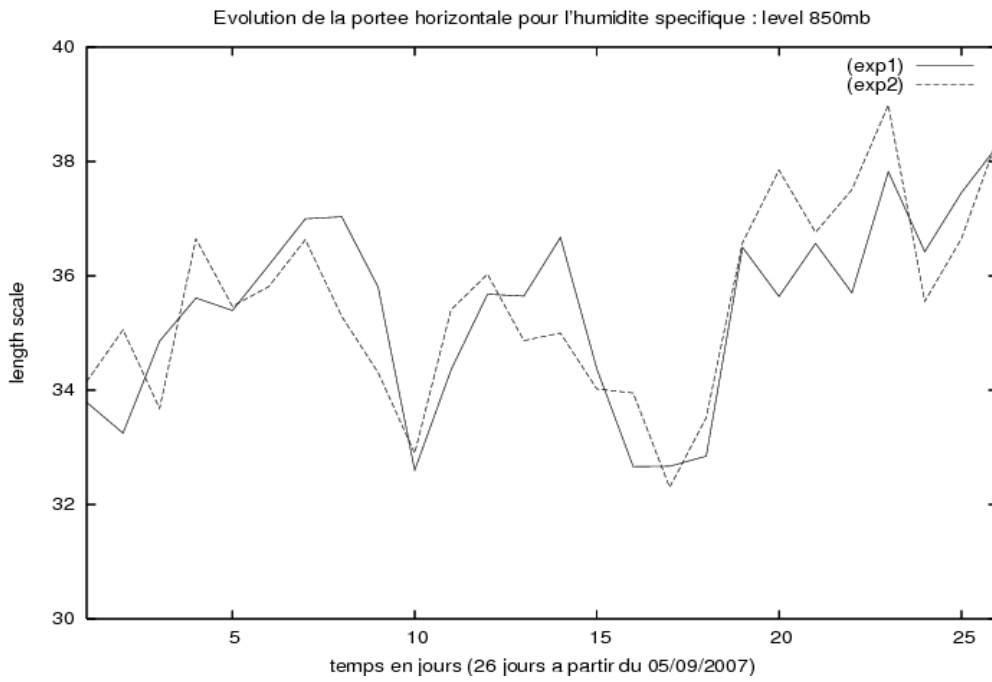


Figure 4.3 Évolution des portées horizontales de l'humidité spécifique

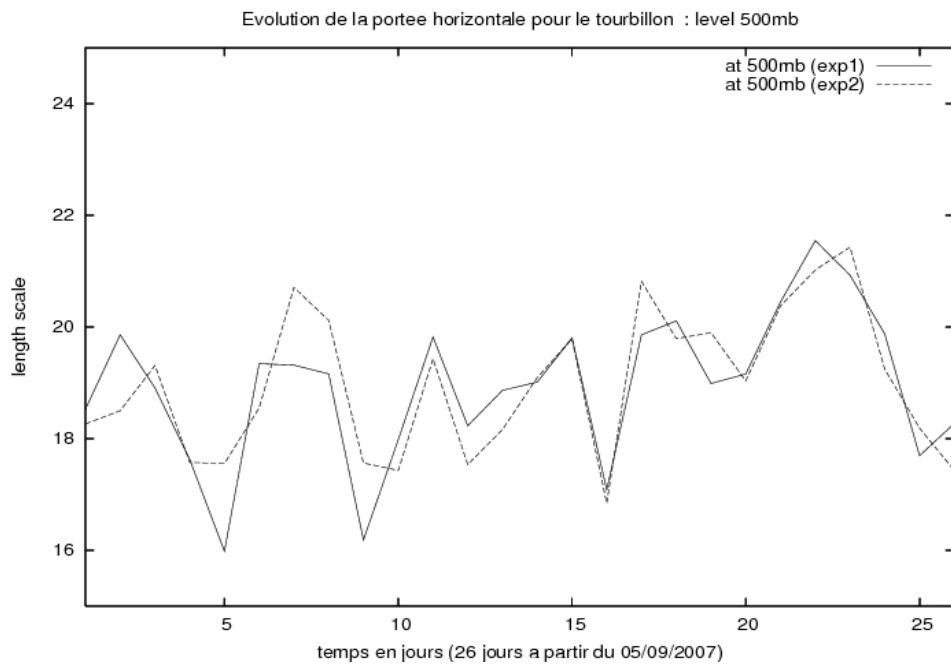


Figure 4.4 Évolution des portées horizontales du tourbillon

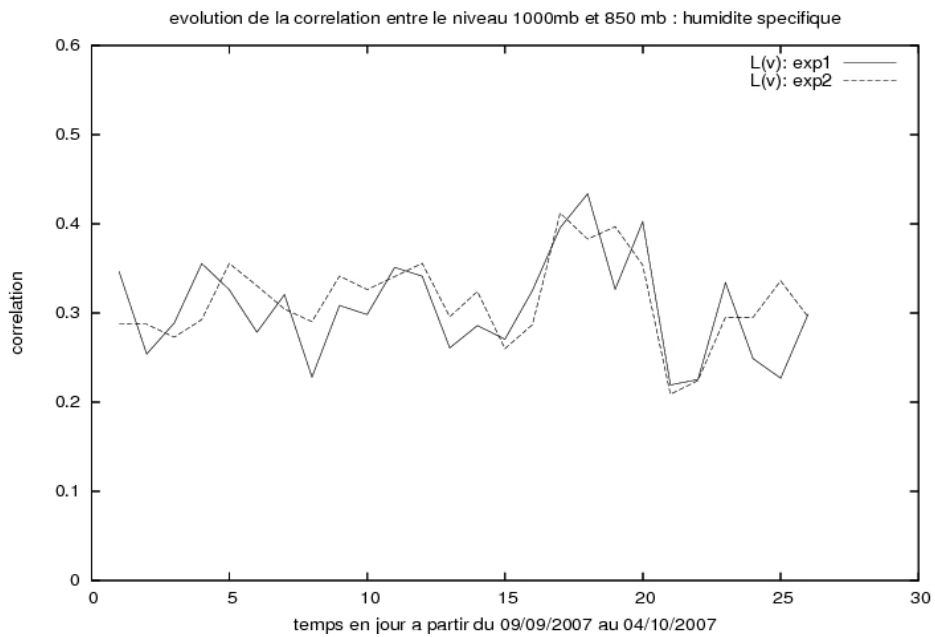


figure 4.5 Évolution de la corrélation entre les niveaux 1000 et 850mb pour l'humidité spécifique

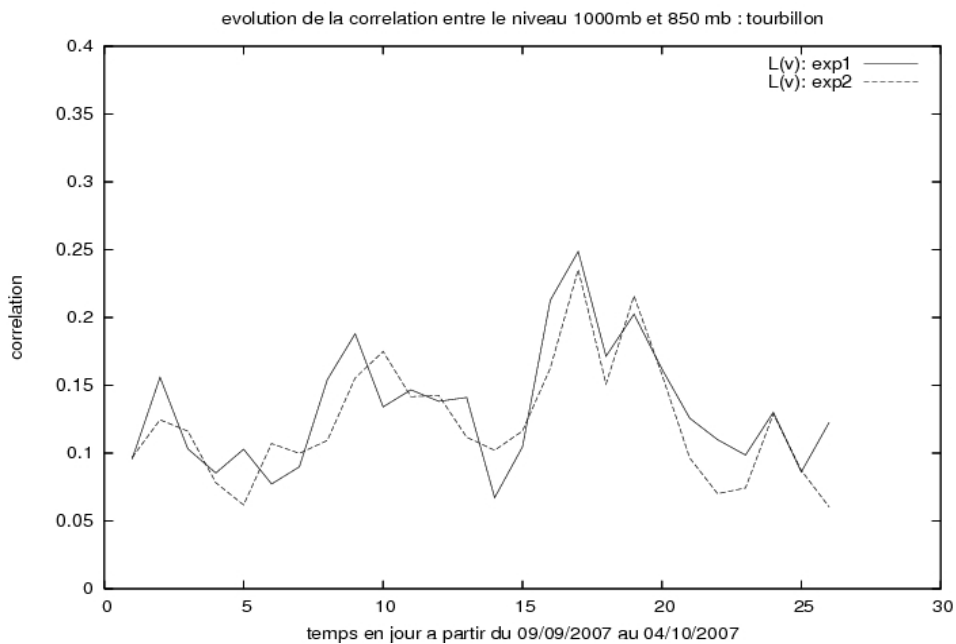


figure 4.6 Évolution de la corrélation entre les niveaux 1000 et 850mb pour tourbillon

Les figures 4.1 et 4.2 représentent l'évolution des écart types de l'humidité spécifique à la 850 mb et du tourbillon à la 500mb pour les deux expériences décrits précédemment. Une première constatation peut être faite sur la bonne corrélation entre les deux courbes pour les deux champs montrant la robustesse de la technique (perturbation des champs d'observation). Cette robustesse à l'échelle journalière peut ouvrir la voie à l'utilisation des fichiers stables journaliers dans l'assimilation 3Dvar Aladin après évidemment la validation des résultats par un run d'impact.

L'interprétation des champs d'humidité montre une décroissance du 22 jusqu'au 28 septembre des écarts types des erreurs de prévision (bonne performance du modèle), ceci est en conformité avec la diminution des portées horizontales (figure 2.2) faisant ressortir le caractère synoptique anticyclonique de la situation météorologique du 22 évoluant vers une situation dépressionnaire avec des structures bien localisées le 28 septembre.

Pour mieux expliquer cette différence dans les écarts types des erreurs de prévision, nous avons essayé de regarder de plus près les situations météorologiques observées durant cette période.

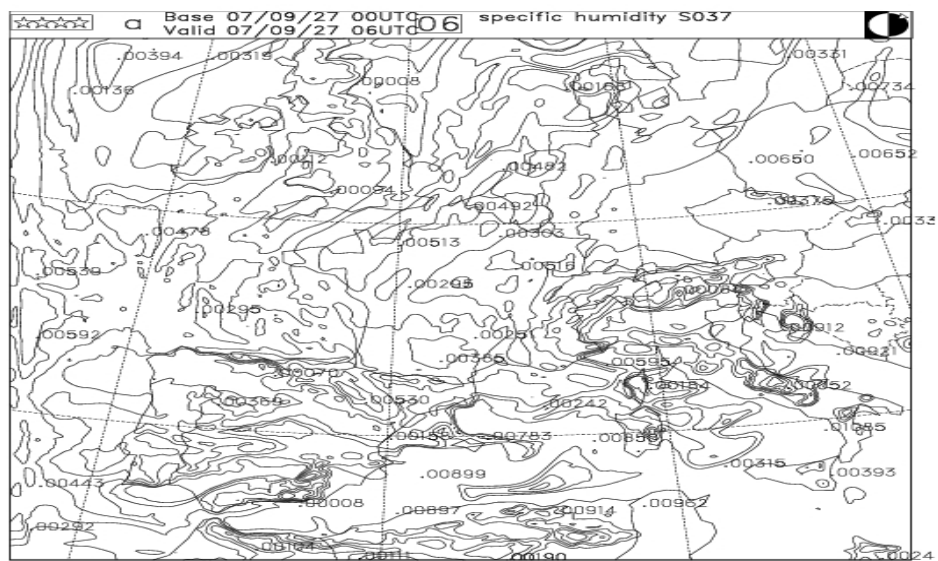
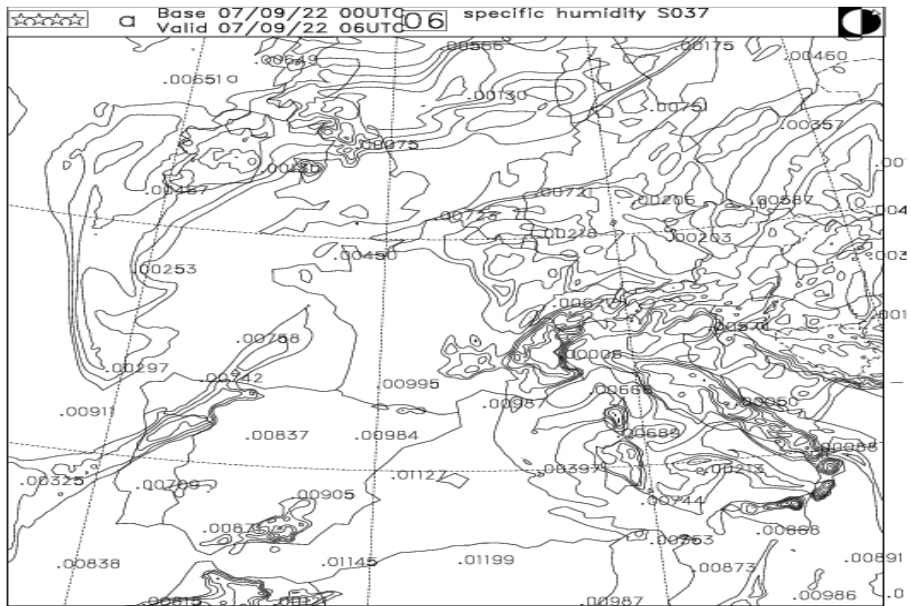
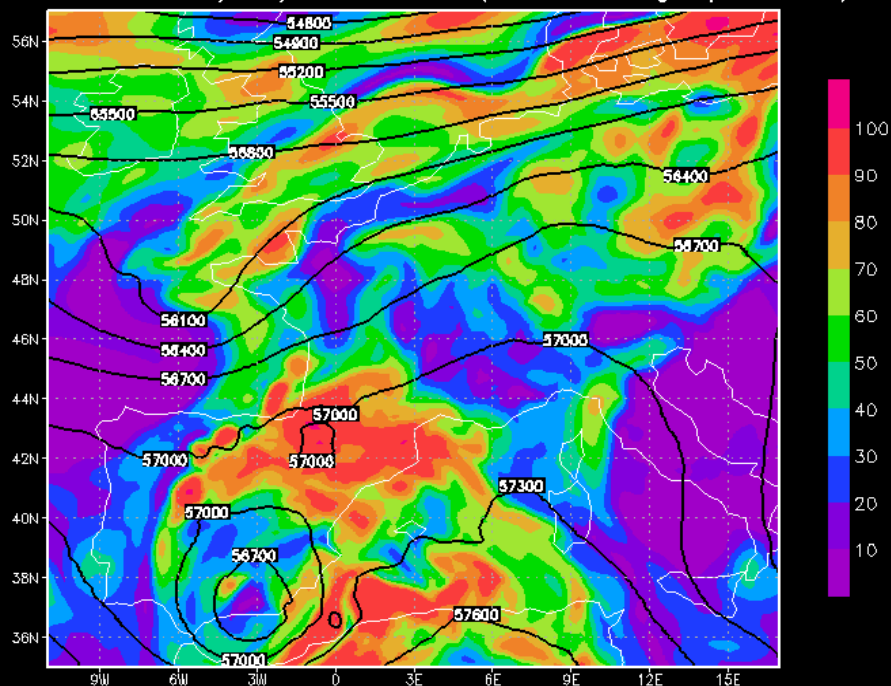


Figure 4.7 Champs d'humidité spécifique 850mb pour la journée (en haut le 22 et en bas le 28 septembre 2007) on note que l'isolignage est différent pour les deux graphes. Les valeurs tracées montrent que l'humidité spécifique est plus grande le 22 que le 27

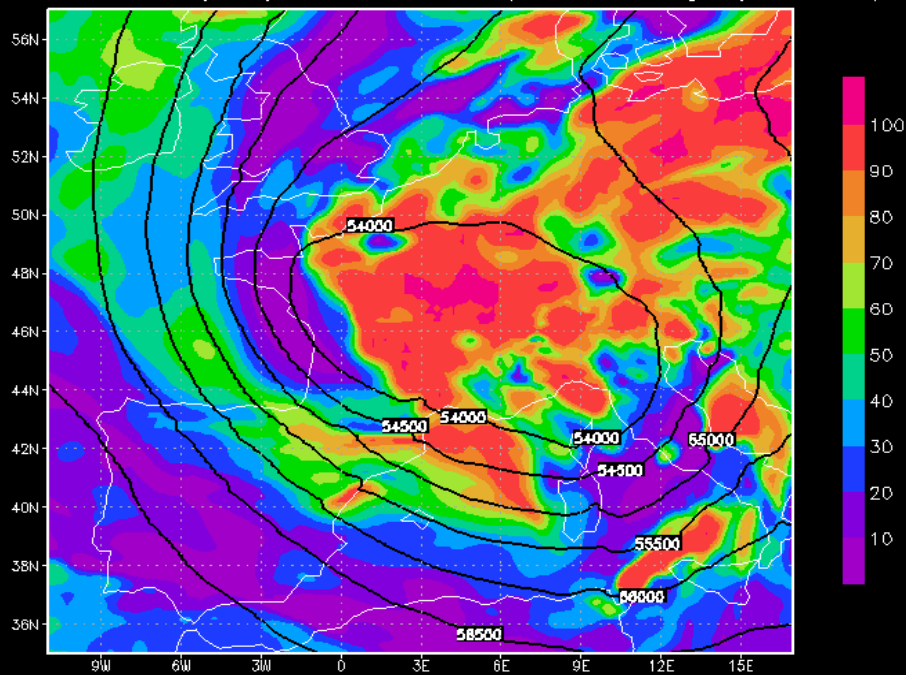
situation du 22/09/2007 00h (h:relative+geopotential)



GRADS: COLA/IGES

2007-12-19-11:10

situation du 27/09/2007 00h (h:relative+geopotential)



GRADS: COLA/IGES

2007-12-18-20:07

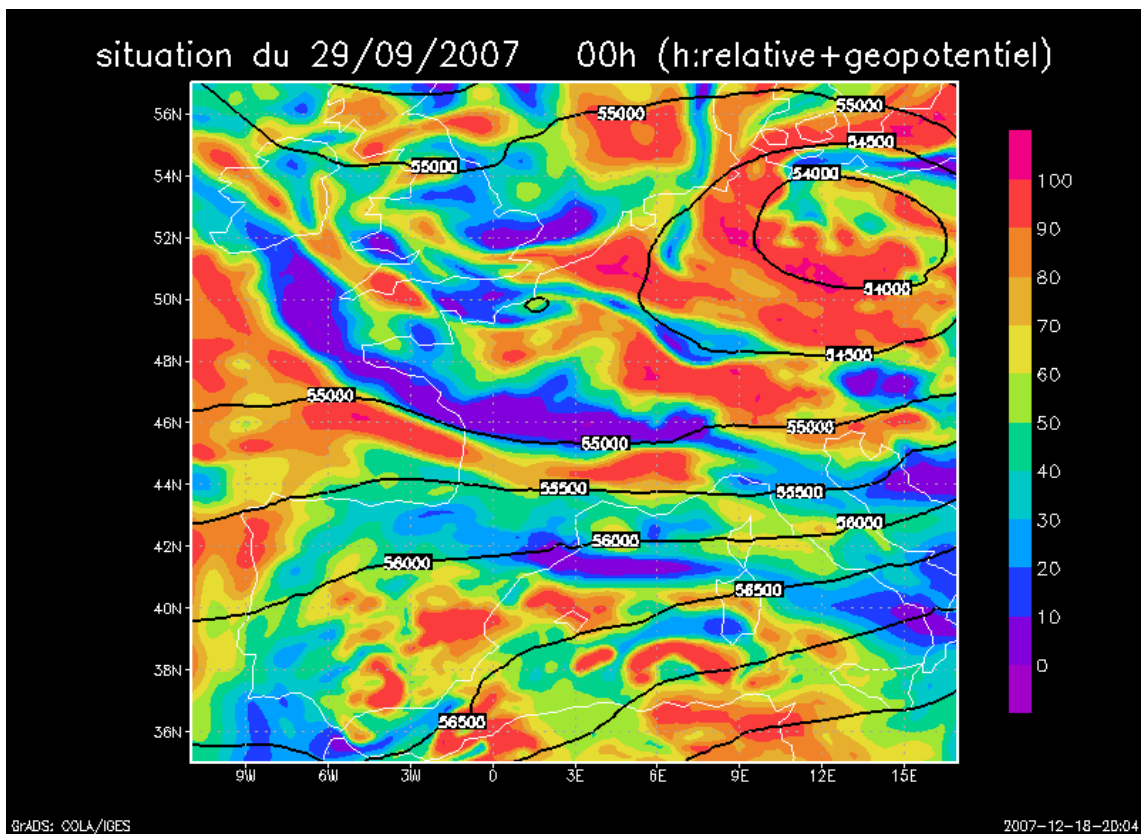
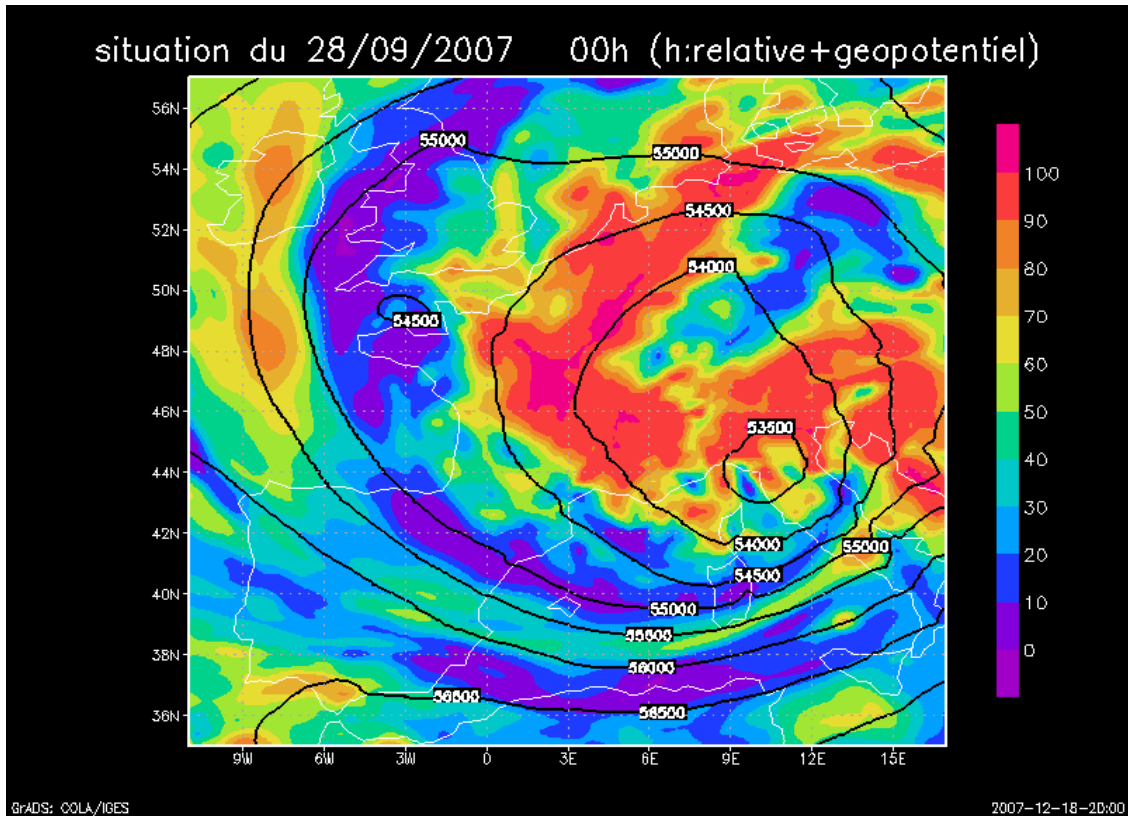


Figure 4.8 geopotentiel et l'humidité relative à la 500mb

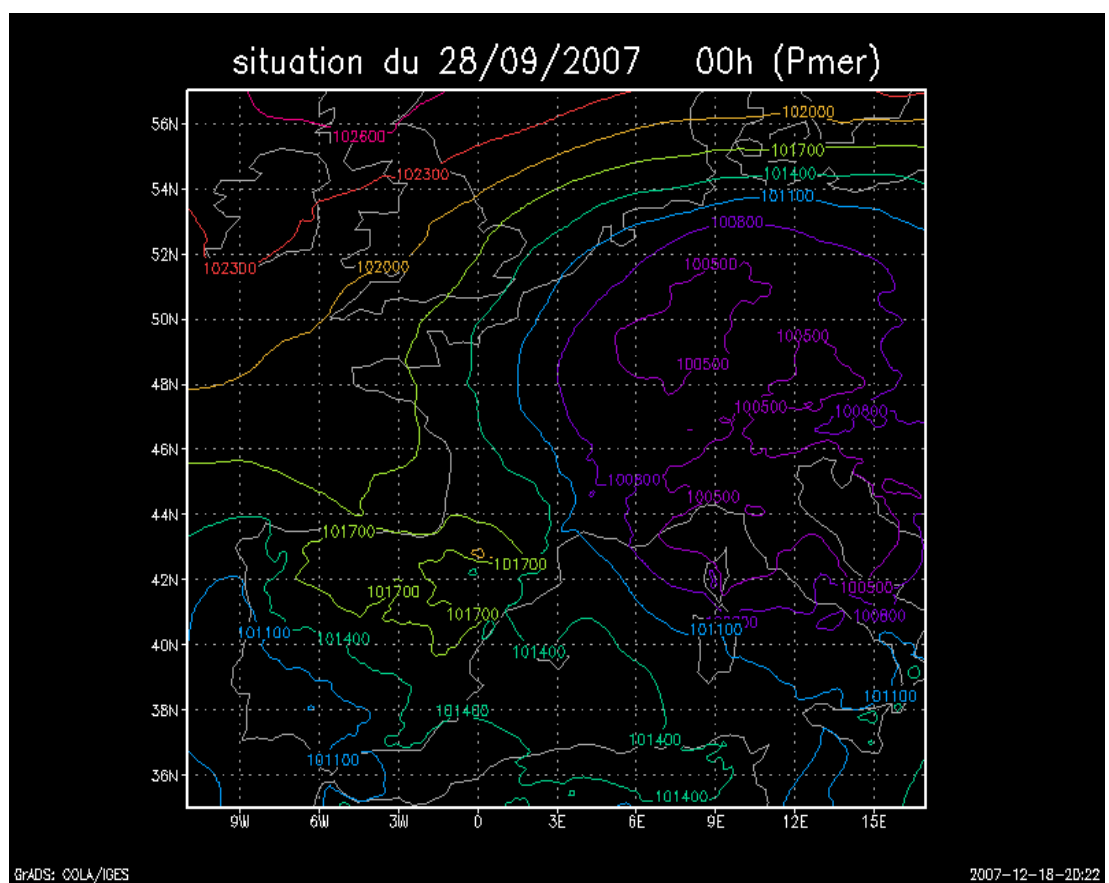
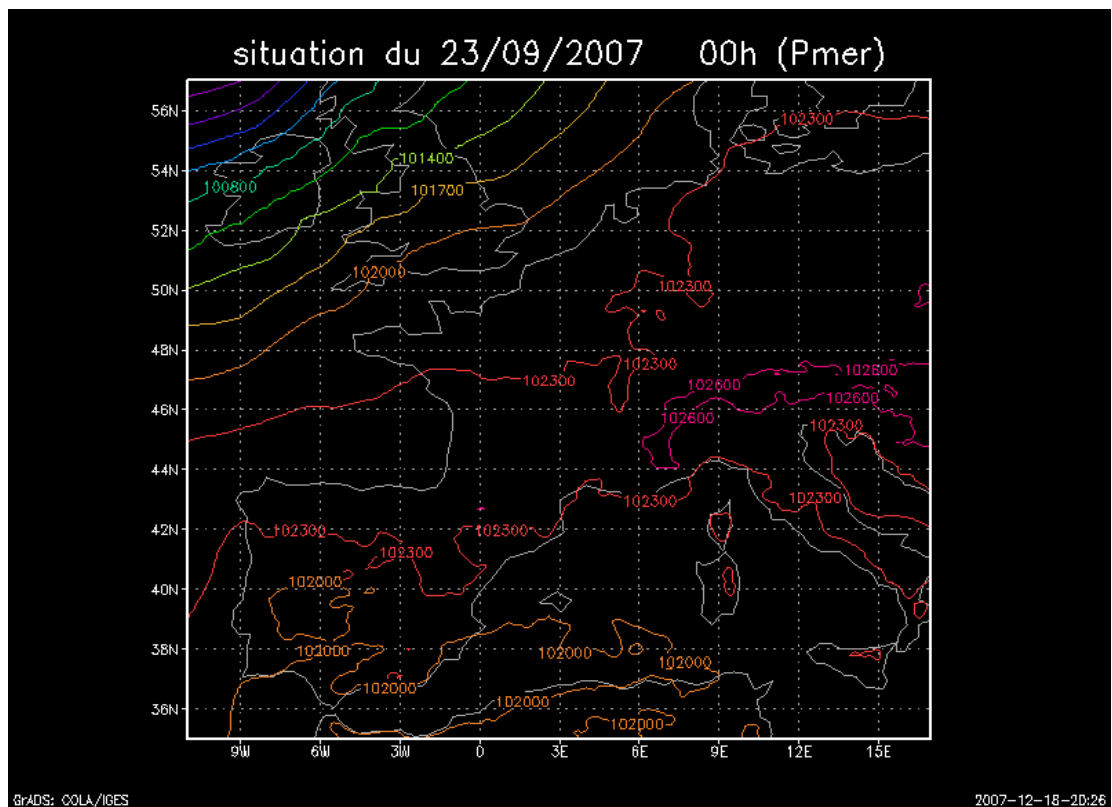


Figure 4.9 Pression Mer pour la journée (en haut le 22 et en bas le 28 septembre 2007)

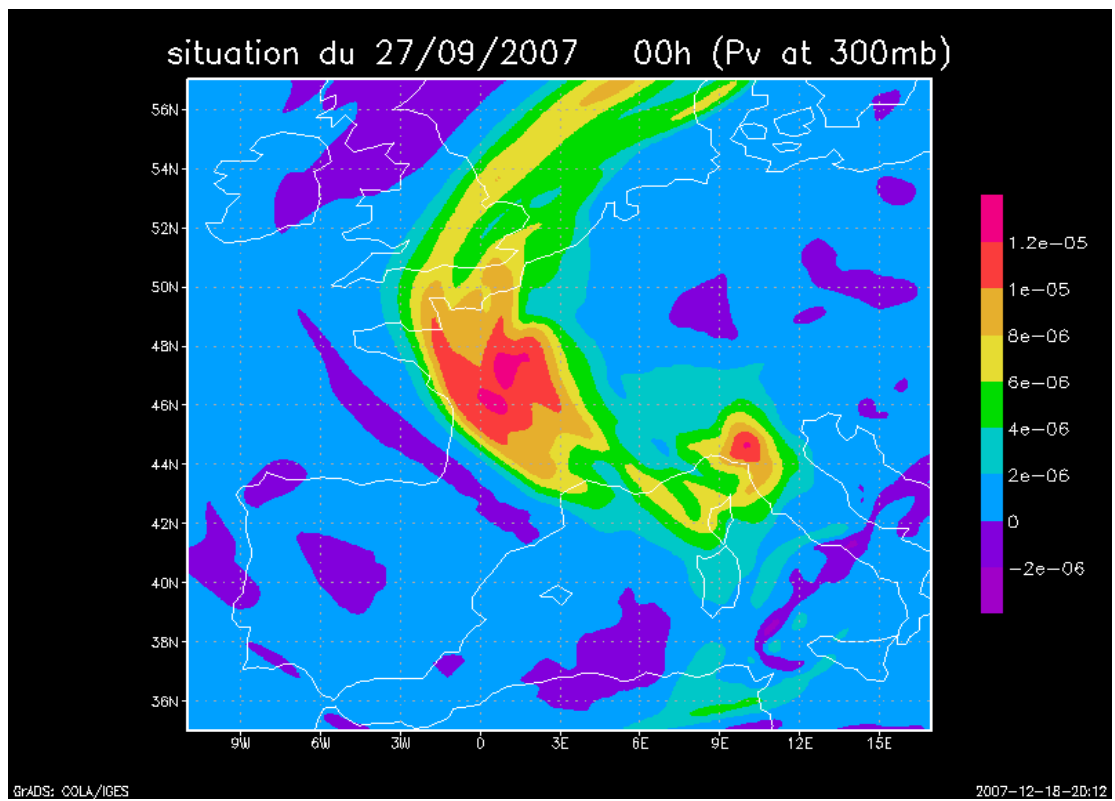
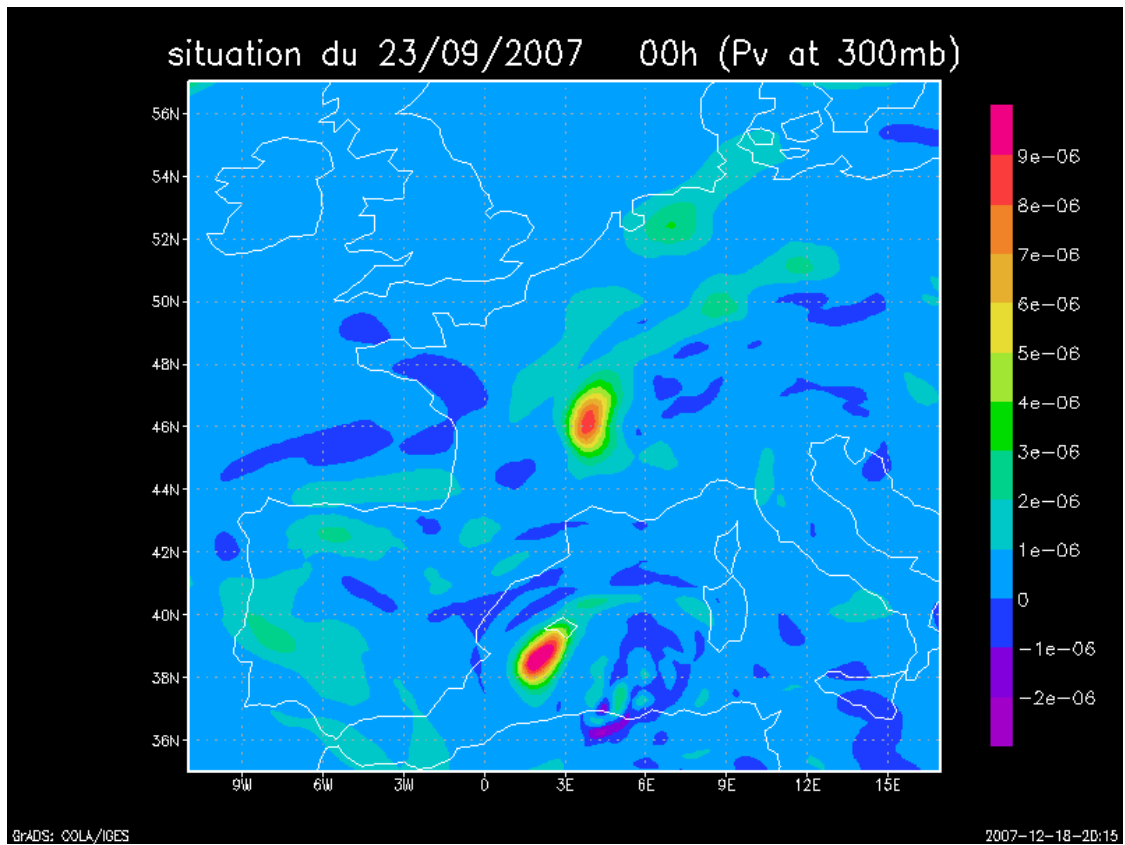


Figure 4.10 Tourbillon potentiel à la 300mb pour la journée
(en haut le 23 et en bas le 27 septembre 2007)

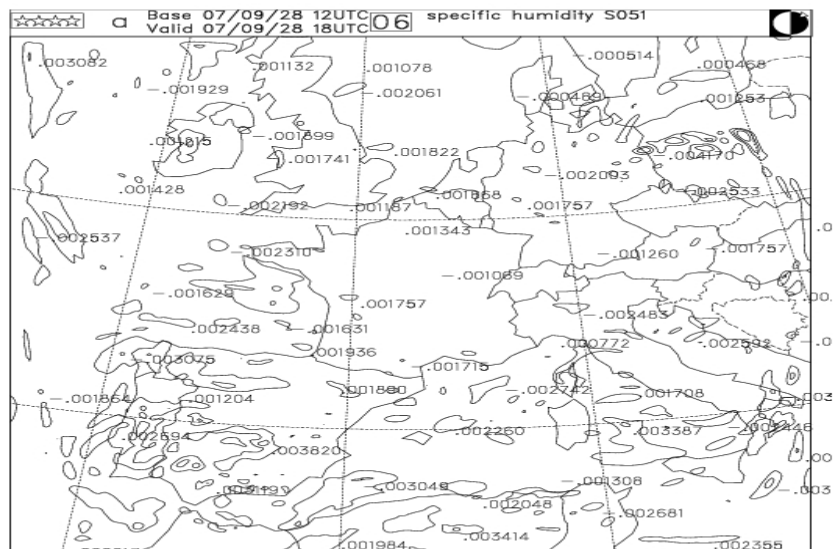
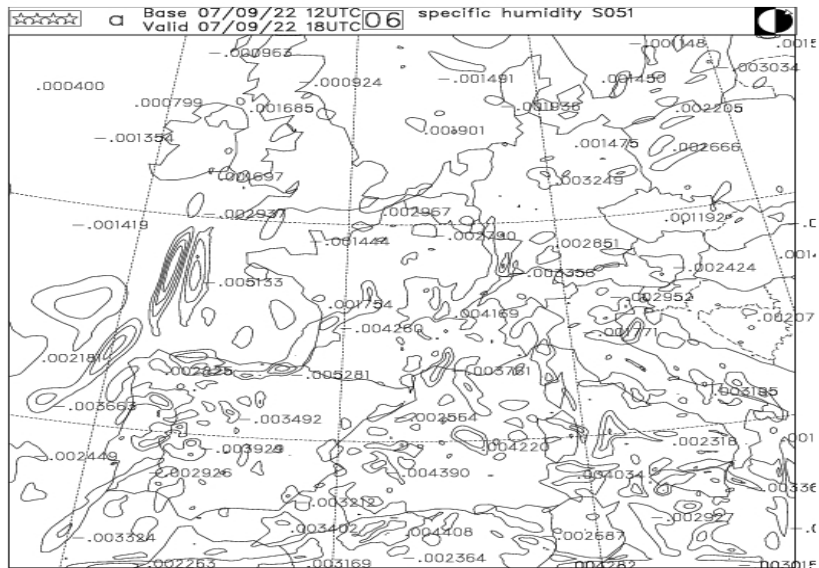


Figure 4.11 différence entre deux prévisions perturbées d'humidité 850mb entre deux expériences à savoir la B07K et B08K pour les journées du (en haut le 22 et en bas le 28 septembre 2007). l'isolignage est le même pour les graphes.

Comme on peut le constater sur l'ensemble des cartes ci dessus, un creusement progressif d'un talweg au niveau de la 500mb avec une advection du tourbillon potentiel bien marquée dans les niveaux supérieurs et une forte baisse de pression au niveau du sol. Pour la situation du 22 nous pouvons constater sur les cartes d'humidité spécifique (figure 4.7) une répartition spatiale uniforme de fortes valeurs sont observées notamment sur la France du a un flux d'ouest chaud et chargé en humidité spécifique alors que pour la journée du 27 et 28, une advection d'air polaire froid et sec moins chargé en humidité spécifique donnant lieu à de petites structures réparties spatialement sur l'ensemble du domaine, ceci étant en bon accord avec les cartes (2.1 et 4.3) du profil vertical des écarts types des erreurs de prévision et l'évolution des portées horizontales vers des échelles les plus petits.

La figure 4.12 montre bien une différence bien marquée entre les deux situation (22 et 28), c'est à dire pour la situation du 22, nous observons des noyaux d'écart réparties sur l'ensemble du domaine notamment sur la France c'est à dire sur l'axe du talweg et qui disparaissent le 28.

Conclusion

quatre remarques importantes peuvent être faites, 1) Augmentation des variances dans notre cas (voir profils verticaux des écarts types, std_fc156lev60).

2) la méthode de perturbation des données d'observations semble être parfaitement stable et robuste. Les résultats obtenus à travers les différents tracés que se soit celui des spectres de corrélation horizontale, des profils verticaux des largeurs caractéristiques, des corrélations verticales ou des profils verticaux des écarts types, sont en parfaite conformité avec les résultats espérés. Aussi le run des deux expériences par groupe de trois perturbations différentes, montre bien la stabilité ainsi que la robustesse de la méthode et que les erreurs d'observation introduites dans le champ observé, génèrent peu de bruit et représentent bien les erreurs instrumentales.

3) Les deux runs d'impact faits sur une période de 20 jours, l'un en hiver et l'autre en été avec les nouveaux fichiers stables générés par le modèle Aladin France 60 niveaux, paraissent légèrement positifs globalement pendant l'hiver et globalement neutres à légèrement positifs pendant l'été.

4) L'étude des covariances "du jour" indique qu'un ensemble de 3 membres fournit une information robuste et pertinente sur la dépendance des covariances à la situation météorologique.

Références

Nicolas, Daget., 2007-11-16 :

http://www.cerfacs.fr/globc/publication/technicalreport/2007/revue_methodes_assimilation/node1.html

Berre, Loïk., 2001: Présentation des covariances spatiales des erreurs de prévision pour une assimilation variationnelle dans un modèle atmosphérique à aire limitée, thèse de doctorat, 19 avril 2001.

Gérald, Desroziers. : Cours d'assimilation de données, Météo-France CNRM