

# Tests de la chaîne ALADIN 3D-Var dans le cadre de la préparation de la campagne AMMA

Fatima-Zahra HDIDOU (Toulouse, 2005)

## 1. Contexte de l'étude

Mon étude se situe dans le cadre de la préparation du projet international AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine). Ce projet rassemble des communautés africaines, européennes et américaines pour essayer de mieux comprendre la mousson africaine et sa variabilité de l'échelle locale aux échelles inter-annuelles. Différentes périodes d'observations spécifiques (SOP) correspondant aux différentes phases de la mousson seront réalisées sur le terrain en 2006. Avant le début des différentes SOP, une simulation (Dry-Run) a été faite sur une période de deux semaines allant du 21/8/2005/ au 04/9/2005 (Mousson 2005). Un des objectifs du Dry-Run est d'évaluer la capacité des modèles actuels à prévoir le phénomène de mousson africaine. Cet exercice permettra de qualifier les produits disponibles en 2006 et savoir les limites de prédictabilité de la mousson. Ainsi, les prévisions issues de différents modèles ont été archivés pendant cette période (ARPEGE, ECMWF, UK-LAM, NCEP, ALADIN/NORAF...) sur le site (<http://www.cnrm.meteo.fr/amma-moana>). L'évaluation de ces prévisions est en cours.

Le but de mon stage est d'essayer d'améliorer la prévision des systèmes convectifs sur l'Afrique de l'Ouest et de tester l'apport de l'assimilation variationnelle 3D-Var ALADIN. Une nouveauté importante du 3D-Var ALADIN, mis en opérationnel à METEO-France en juin 2005, est la possibilité d'assimiler les données issues de METEOSAT-8 (SEVIRI). La période choisie est celle du 21 au 24 Août 2005.

## 2. Expériences réalisées

### 2.1. Les outils numériques

#### 2.1.a. ALADIN/AMMA

Le modèle utilisé dans mon stage est le modèle ALADIN adapté pour le projet AMMA. La grille est centrée sur l'Afrique de l'ouest et occupe la région allant de  $-1,37^{\circ}\text{S}$  et  $27,7^{\circ}\text{N}$  et de  $-20^{\circ}\text{W}$  à  $20^{\circ}\text{E}$ . La résolution horizontale est de 10km et contient 300 (lat) $\times$ 480(lon) points. Il possède 41 niveaux verticaux. Le pas de temps est de 6 à 7 min. Le cycle utilisé dans la présente étude est le cycle opérationnel AL29T1. Le modèle est couplée par les prévisions ARPEGE interpolées sur la grille ALADIN.

#### 2.1.b. Assimilation / observations utilisées

Le schéma d'assimilation utilisé est le 3D-Var avec une analyse chaque 6h (00, 06, 12 et 18 UTC). La fenêtre d'assimilation est de 3 heures. Les fonctions de structure (matrice Jb) ont été calculées sur le domaine AMMA en utilisant la méthode « lagged-NMC » (Montmerle et al, 2005).

Les données que nous avons utilisé dans cette étude sont:

- Les observations conventionnelles: SYNOP, AIREP, SATOB, DRIBU, TEMP et PILOT.

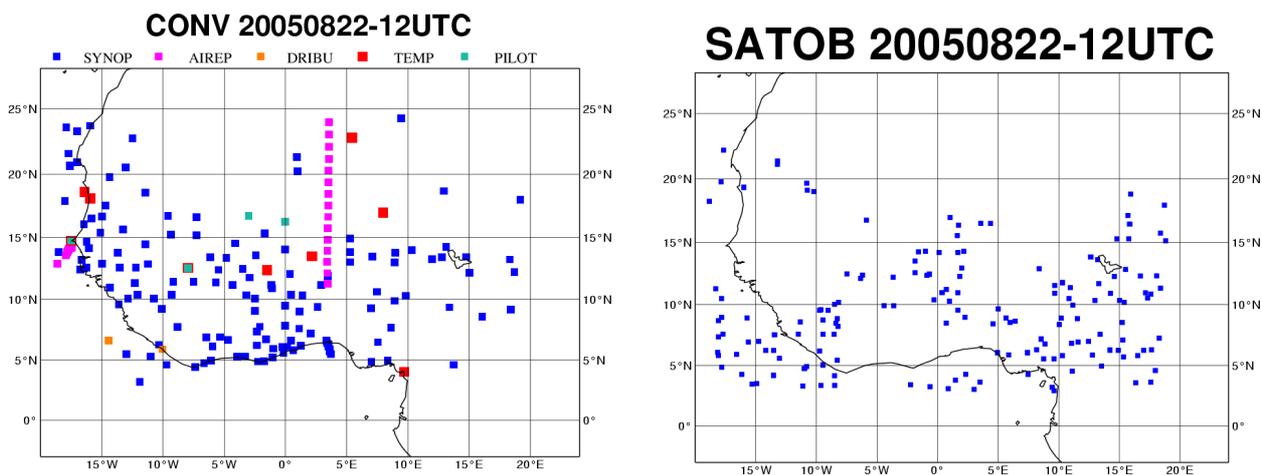


Figure 1: Données conventionnelles (SYNOP, SHIP, DRIBU, TEMP, PILOT, AIREP - figure de gauche) et vents satellite (SATOB - figure de droite) acceptées après le contrôle de qualité (screening) pour le 22/08/2005 à 12UTC.

- Les données satellitaires sont directement assimilées par le 3D-Var ALADIN (opérateur d'observation basé sur RTTOV) ; pour ces données, on peut distinguer:

**Les données NOAA :** ce sont les radiances mesurées par les sondeurs satellitaires embarqués sur NOAA. Dans notre cas, on utilise les données ATOVS, qui contiennent les données AMSU-A et HIRS. Les canaux AMSU-A (micro-onde) et HIRS (Infra-rouge) apportent essentiellement une information sur la température de l'atmosphère, même en ciel couvert. Les canaux AMSU-B (micro-onde) sont eux sensibles à l'humidité et à la température.

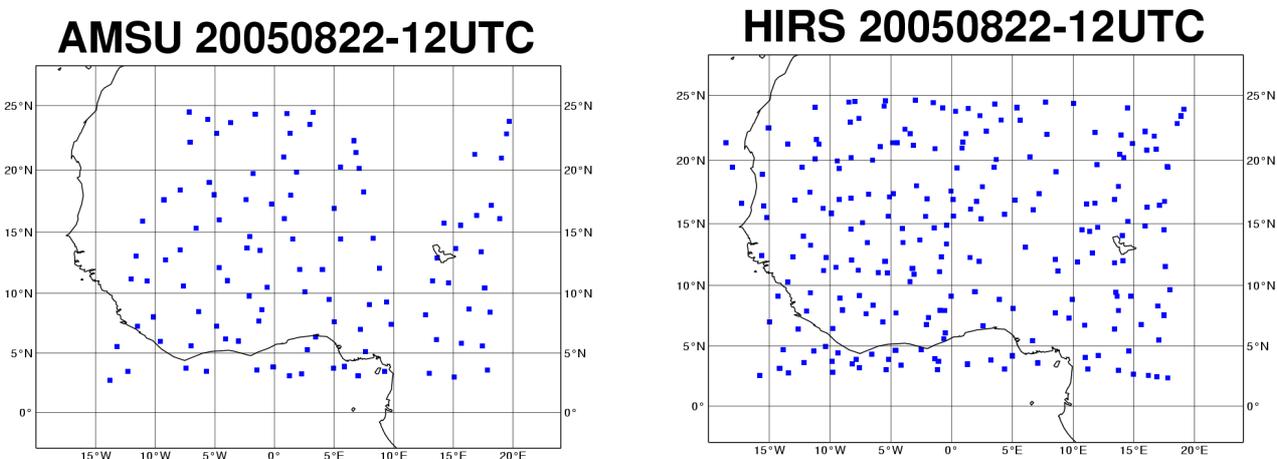


Figure 2: Données satellites (AMSU - figure de gauche) et (HIRS - figure de droite) acceptées après le contrôle de qualité (screening) pour le 22/08/2005 à 12UTC.

**Données SEVIRI:** le radiomètre METEOSAT-8 appelé SEVIRI est le premier satellite européen de seconde génération dite MSG. Le radiomètre SEVIRI est composé de 11 canaux, dont six infrarouges, 2 vapeur d'eau et trois visibles dont un est à haute résolution VHR. Il effectue un balayage avec un cycle répétitif chaque 15min dans un spectre de 11 fenêtres spectrales. Ces diverses bandes spectrales donnent des informations sur les différentes couches de l'atmosphère via les fonctions de contribution spectrales.

Les données SEVIRI utilisées ont été fournies par le Centre de Météorologie Spatiale (CMS) de Lannion, sous format GRIB chaque 6 heures et pour le domaine AMMA. Ces données subissent un pré-traitement, qui consiste à garder que les observations non-corrélés : un pixel sur 5 est extrait,

ce qui donne approximativement une résolution de 25km. Elles sont échantillonnées par la suite (thinning) en ne gardant qu'une observation par carré de ~70km de coté.

Les informations disponibles sont :

- température de brillance de 8 canaux IR SEVIRI (de 3.8  $\mu\text{m}$  à 13.4  $\mu\text{m}$ ). Sur la figure 3, on présente un exemple de température de brillance (canal IR8.7) pour le 22/08/2005 à 12 UTC.
- date correspondante et angles de vision de satellite.
- type de nuage (produit Cloud Type CT). Sur la figure 4, on donne un exemple de la classification nuageuse pour la journée du 22/08/2005 à 12 UTC.
- pression du sommet du nuage (produit CTTH).

### METEOSAT-8 IR8.7 20050822 12UTC

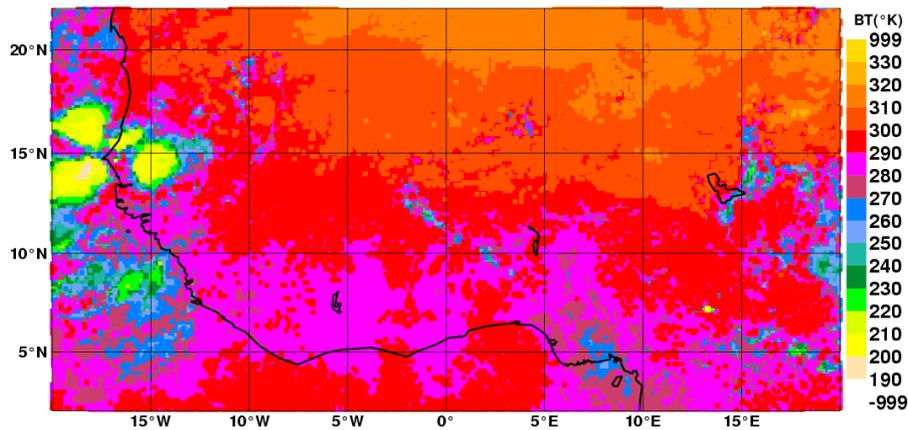


Figure 3: Température de brillance dans le canal IR8.7 de METEOSAT-8 le 22/08/2005 à 12UTC.

### METEOSAT-8 CT 20050822 12UTC

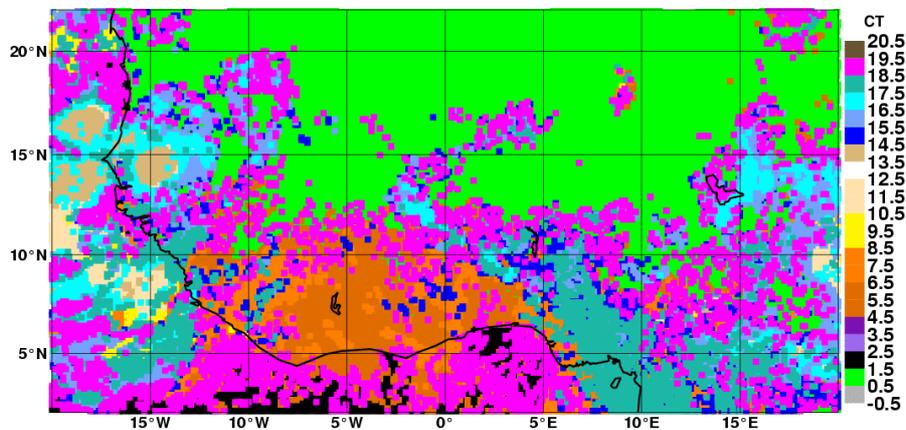


Figure 4: Classification nuageuse donnée par METEOSAT-8 le 22/08/2005 à 12UTC ( En vert ciel clair, violet indéterminé, noir mer, orange nuages bas, marron jaune nuages moyens, bleu nuages hauts).

Dans notre étude, on a utilisé les trois canaux infrarouges SEVIRI IR8.7, IR10.8, IR12.1 et les deux canaux vapeur d'eau WV6.2 et WV7.3 . Les canaux infrarouges (IR) des données SEVIRI sont utilisés en ciel clair sur mer, et les canaux vapeur d'eau (WV) sont utilisées sur mer/terre (la présence de nuage bas est tolérée compte-tenu des fonctions de contribution des canaux WV). L'impact de l'assimilation des canaux SEVIRI est présenté en Annexe 1 et 2 à travers les résultats d'OBSTAT qui calcule les statistiques sur les écarts obs-guess et obs-analyse.

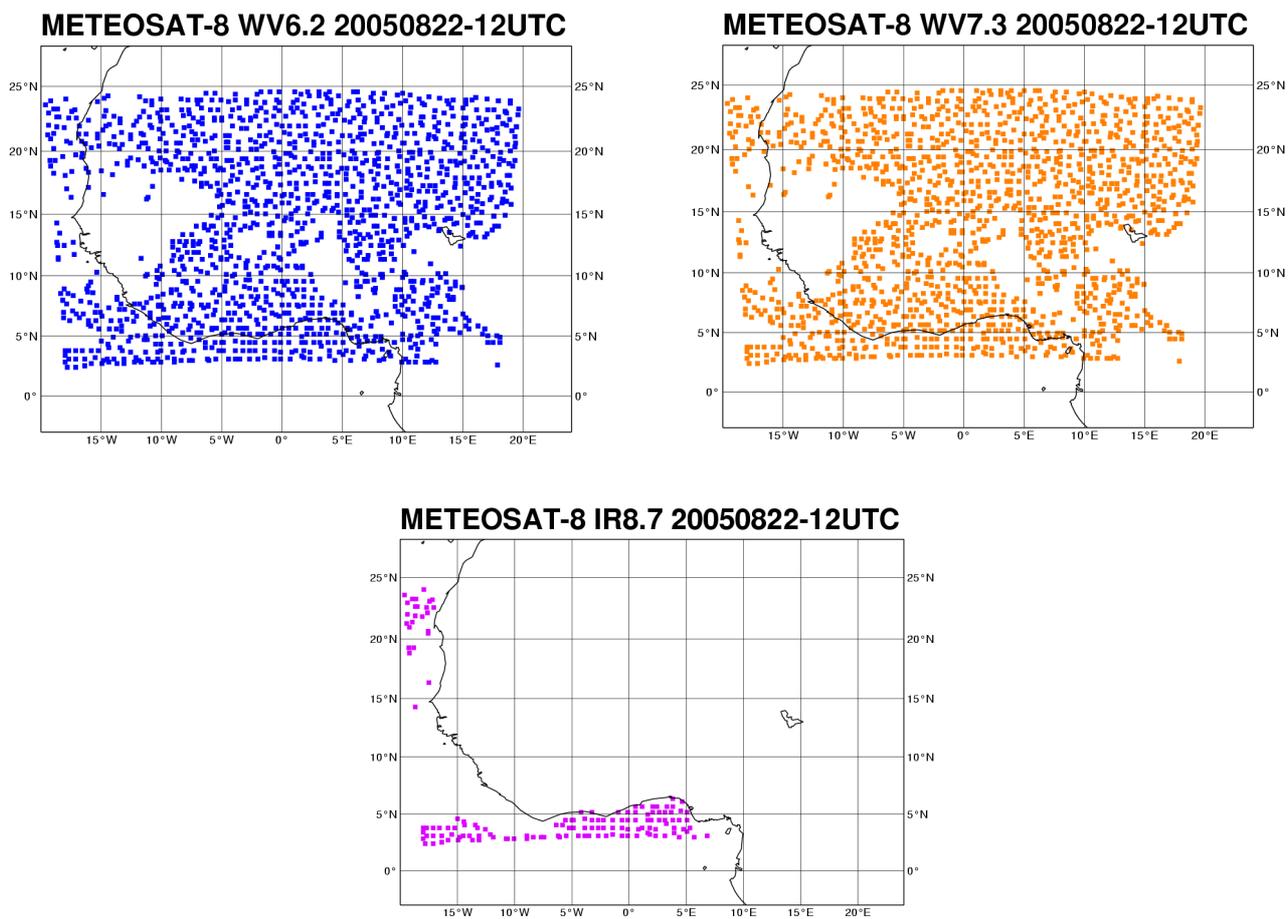


Figure 5: Données SEVIRI (canaux vapeur d'eau - figures de haut) et (canal infrarouge - figure de bas) acceptées après le contrôle de qualité (screening) pour le 22/08/2005 à 12UTC.

**Données QUIKSCAT:** les données QUIKSCAT procurent des mesures du vent sur mer fournis par des satellites défilants. Pour la zone AMMA les données sont disponibles pour les réseaux de 06 et 18UTC uniquement.

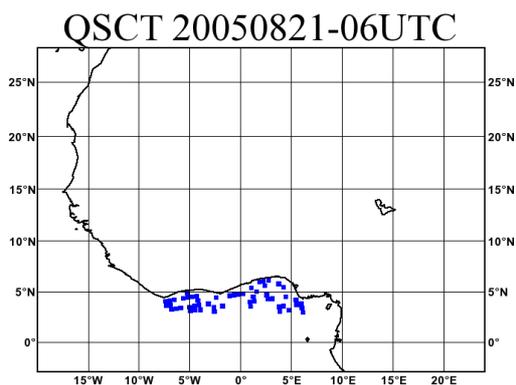


Figure 6: Données QUIKSCAT acceptées après le contrôle de qualité (screening) pour le 21/08/2005 à 06 UTC.

## 2.2. Les modifications apportées au code opérationnel

### 2.2.a. SURFMIX:

Avant d'introduire les données SEVIRI, on a commencé tout d'abord par faire tourner le modèle ALADIN/AMMA avec le nouveau cycle AL29T1. Le changement qu'on a introduit par rapport à l'opérationnel est de modifier l'exécutable de surfmix. Le surfmix est l'étape qui remplace l'analyse des champs de surface, qui n'est pas faite dans l'assimilation ALADIN 3D-Var, elle produit un fichier contenant les champs de surface analysés d'ARPEGE et les champs d'altitude spectraux de l'ébauche ALADIN. Vu la taille de notre domaine, nous avons augmenté le nombre NSPEC, correspondant au nombre des coefficients spectraux, dans la routine blend.F90.

### 2.2.b. Fichiers climatologiques:

Pour faire tourner le post-processing sur le domaine AMMA, on a lancé la configuration e923 pour faire les fichiers climatologiques. Le domaine choisi pour le calcul de ces fichiers s'étend de  $-18^{\circ}\text{W}$  à  $18^{\circ}\text{E}$  et de  $3^{\circ}\text{N}$  à  $21^{\circ}\text{N}$ .

### 2.2.c. Données SEVIRI:

L'introduction des données SEVIRI a nécessité le changement du fichier de configuration « namelist\_rgb » et de la librairie « librgb.a » pour tenir en compte des dimensions de notre domaine AMMA (plus grand que le domaine France opérationnel).

Il a fallu aussi changer la date des fichiers GRIB, puisque la date figurant dans les fichiers GRIB reçus de Lannion correspond à la date de création des fichiers et non pas à celle de l'observation.

### 2.2.d. Description des expériences réalisées

Dans notre étude, on a lancé quatre expériences sur la période allant du 21-08-2005 au 24-08-2005. Dans La première expérience ALA\_ADAP, on ne fait pas d'assimilation, on initialise le modèle ALADIN par une analyse 4D-var ARPEGE, c'est le mode « adaptation dynamique ».

Expériences	Etat initial	Observations assimilées
ALA_ADAP	ARPEGE 4d-var	Analyse ARPEGE
ALA_CONV	ALADIN 3d-var	CONV+ATOVS
ALA_MSG1	ALADIN 3d-var	CONV+ATOVS+MSG
ALA_QSCT	ALADIN 3d-var	CONV+ATOVS+MSG+QUIKSCAT

Tableau 1: Description des expériences réalisées.

Dans les trois autres expériences, on a lancé un cycle d'assimilation 3D-Var chaque 6h avec une production à 00h et 12h. Dans la première ALA\_CONV, on n'intègre que les données conventionnelles et les données ATOVS dans l'assimilation. La deuxième ALA\_MSG1 assimile en plus des données conventionnelles et ATOVS les radiances METEOSAT-8, SEVIRI pour étudier l'impact de l'introduction de ces radiances sur la prévision. Dans la dernière expérience ALA\_QSCT, on assimile en plus, les données de vent QUIKSCAT qui ne sont pas encore assimilé dans la version opérationnelle d'ALADIN. Le tableau 1 résume les expériences réalisées.

Ces expériences ont été réalisées avec le gestionnaire interactif OLIVE (Outil de Visualisation Interactif et de Visualisation d'Expérience) qui permet de faciliter à l'utilisateur la création, le contrôle et le lancement des expériences.

## 3. Résultats

La validation des résultats a essentiellement été faite sur le champ de précipitation prévu par les différentes configurations. Les analyses de précipitations de NOAA-CPC (Climate Prediction Center) ont été utilisées pour cette validation. Le CPC produit une estimation des précipitations à 10km de résolution géographique à partir de données sol et satellite. Le cumul couvre la période

06UTC du jour J à 06UTC du jour J+1 (estimation jour J). Une première évaluation (subjective) a consisté à comparer les cumuls 24h prévus issus du réseau de 00UTC (cumul +30h – cumul +6h). Dans une approche objective un calcul de score entre pluies prévues et observées a été fait (biais, coefficient de corrélation, Equitable Threat Score (ETS)).

### 3.1. Comparaison subjective

La figure 7 représente les cumuls journaliers du CPC pour la période d'étude : 22, 23, 24 et 25 Août 2005. et sur les figures 8, 9 et 10 on représente les cumuls prévus par les différentes expériences, respectivement pour les journées du 22, 23 et 24.

Pour le 22, on observe sur les précipitations du CPC, qu'on est en présence de deux systèmes convectifs : un sur les cotes sénégalaises et l'autre centré sur le Bénin vers le (5°E,5°N) et on constate aussi qu'on a une zone où, il n'y a pas de précipitations entre le 5°W et 5°E. Pour les simulations réalisées, on constate que le modèle ALADIN, fait deux systèmes qui sont un peu décalés de la réalité ; il fait un système sur le Cameroun et un autre sur les cotes Guinéennes. En plus, on constate aussi que le modèle a tendance à trop humidifier vers le Nord et qu'il n'arrive pas à bien simuler la zone sèche (entre 5°W et 5°E). En introduisant les données SEVIRI et QUIKSCAT, on arrive à améliorer un peu la simulation en asséchant un peu la zone indiquée. L'assimilation de ces observations permet aussi, de diminuer l'intensité du système situé sur le Cameroun et de le déplacer un peu vers le Nord, ce qui va dans le bon sens.

Pour la journée du 23, on constate que ALADIN garde encore ces systèmes qui se sont dissipés en réalité. Cela est dû au schéma de convection qui ne permet pas de bien simuler le déplacement des systèmes convectifs. En général, il les déplace lentement par rapport à la réalité. Un gain constaté de l'assimilation est de simuler le système qui est centré sur le 15°N mais avec un petit décalage. En assimilant les radiances SEVIRI et les vents QUIKSCAT, nous avons apportées un peu d'assèchement au centre.

Pour le 24, on constate de même que ALADIN donne plus de précipitations : il fait un système, qui n'existe pas en réalité, sur la chaîne montagneuse du Cameroun. En plus avec l'ajout des données SEVIRI et QUIKSCAT, on rajoute plus d'humidité dans la zone de suppression au centre.

Il semble donc que le modèle ALADIN donne beaucoup trop de précipitations par rapport à la réalité estimée (données CPC) ; il n'arrive pas à simuler la zone d'assèchement située entre le 5°W et 5°E. Par ailleurs, il maintient un système sur les chaînes montagneuses du Cameroun tout au long de l'expérience. En assimilant les radiances SEVIRI et les vents QUIKSCAT, on arrive à améliorer un peu la prévision surtout pour les deux premières journées, en asséchant un peu au centre du domaine et en améliorant la simulation des deux systèmes observés respectivement sur les cotes sénégalaises et celui centré sur le 15°N.

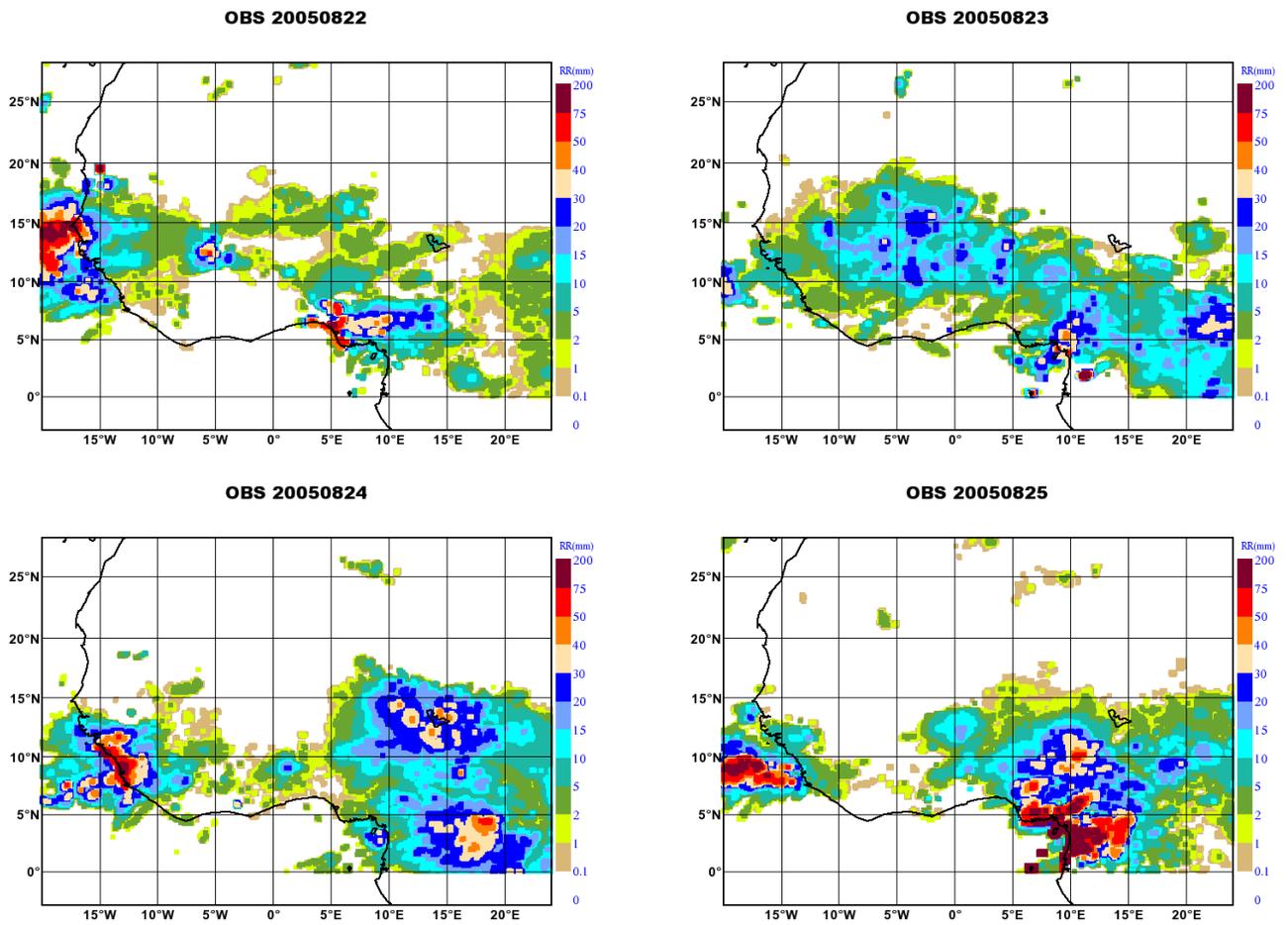
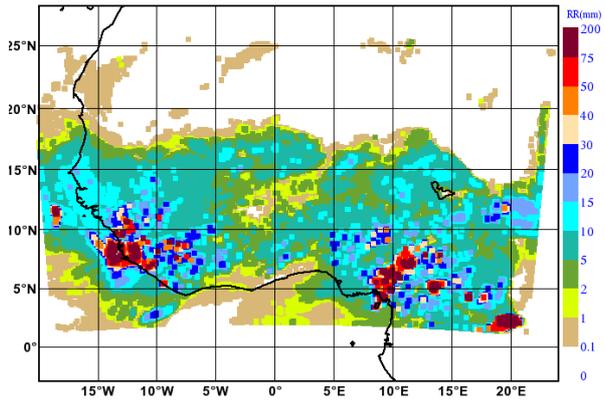
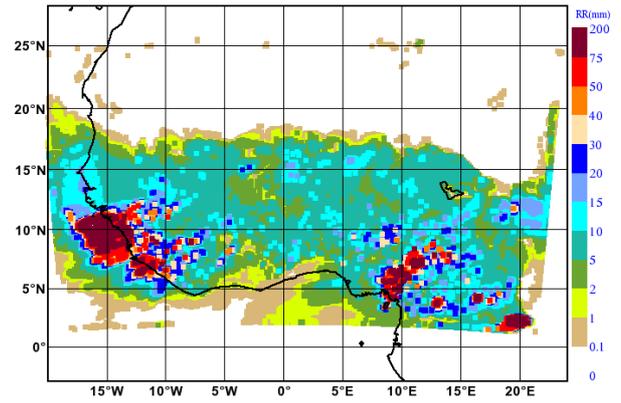


Figure 7: Cumuls journaliers des précipitations CPC à partir du 06 UTC pour les journées du 22, 23, 24 et 25 Août 2005

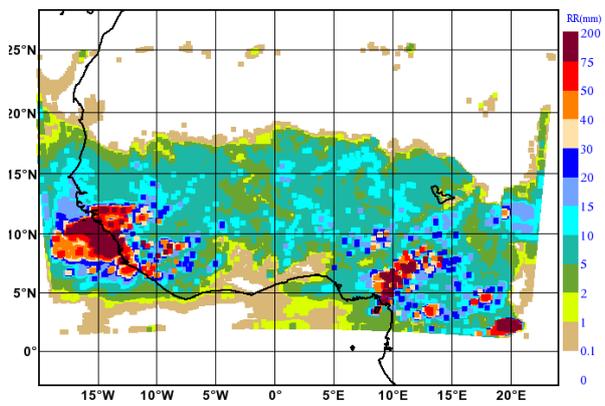
**A a)** ALA\_ADAP 20050822 (06-30)



**Bb)** ALA\_CONV 20050822 (06-30)



**A c)** ALA\_MSG1 20050822 (06-30)



**A d)** ALA\_QSCT 20050822 (06-30)

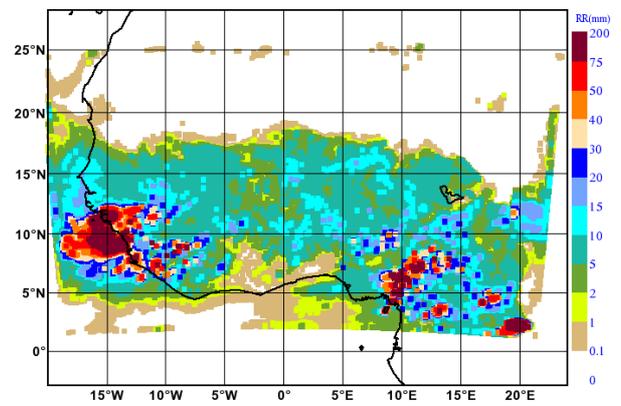
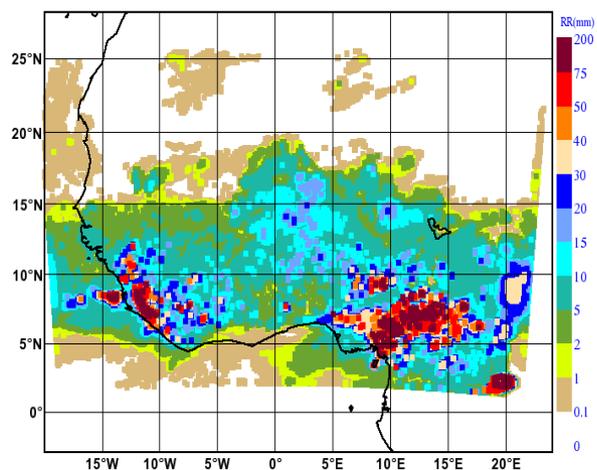
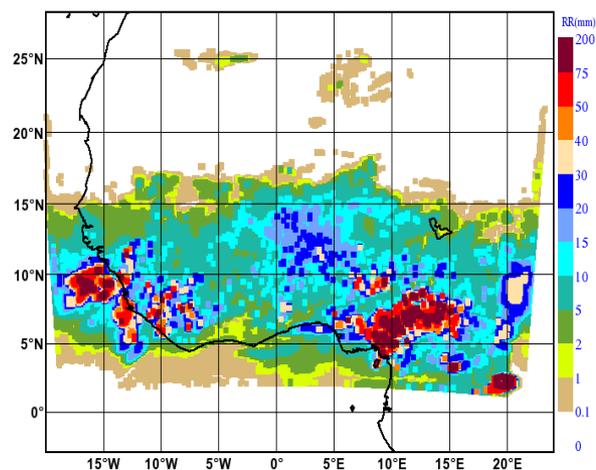


Figure 8: Cumuls journaliers de précipitations prévus du 06UTC du 22 /08 à 06UTC du 23/08 : a) ALA\_ADAP , b) ALA\_CONV, c) ALA\_MSG1 , d) ALA\_QSCT

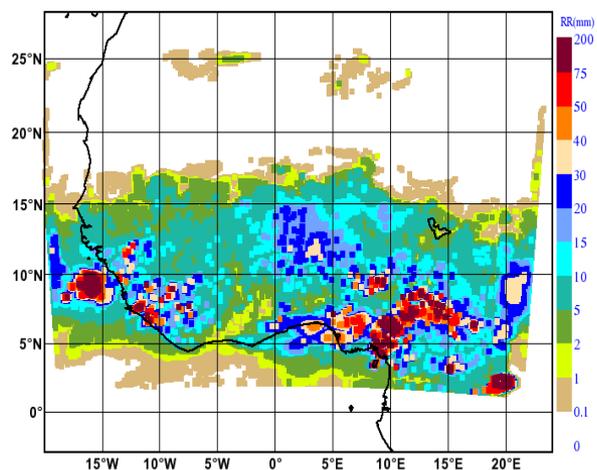
A **a)** ALA\_ADAP 20050823 (06-30)



A **b)** ALA\_CONV 20050823 (06-30)



A **c)** ALA\_MSG1 20050823 (06-30)



A **d)** ALA\_QSCT 20050823 (06-30)

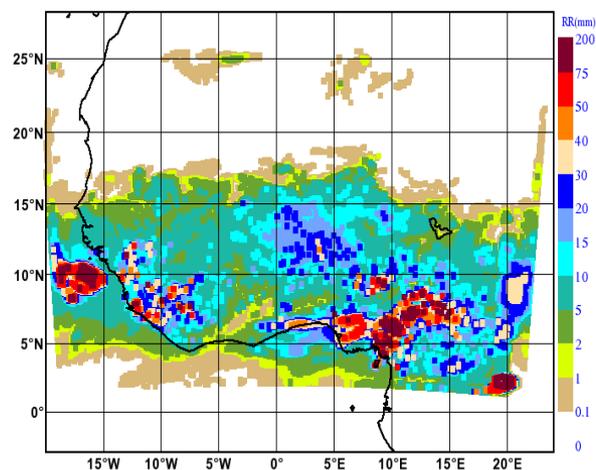


Figure 9: Cumuls journaliers de précipitations prévus du 06UTC du 23 /08 à 06UTC du 24/08 : a) ALA\_ADAP , b) ALA\_CONV, c) ALA\_MSG1 , d) ALA\_QSCT

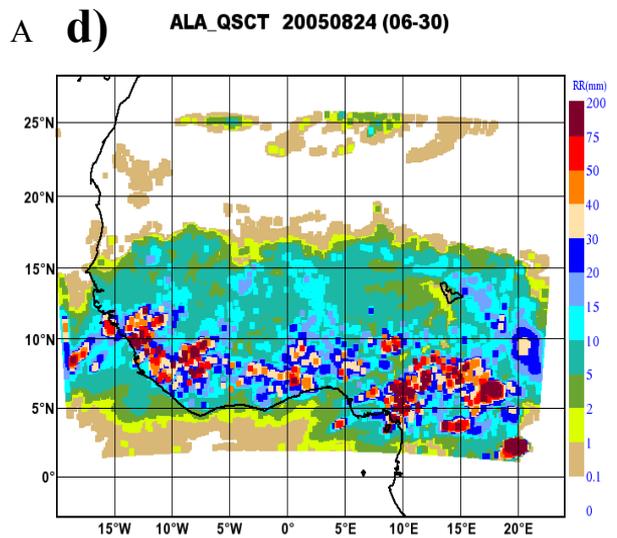
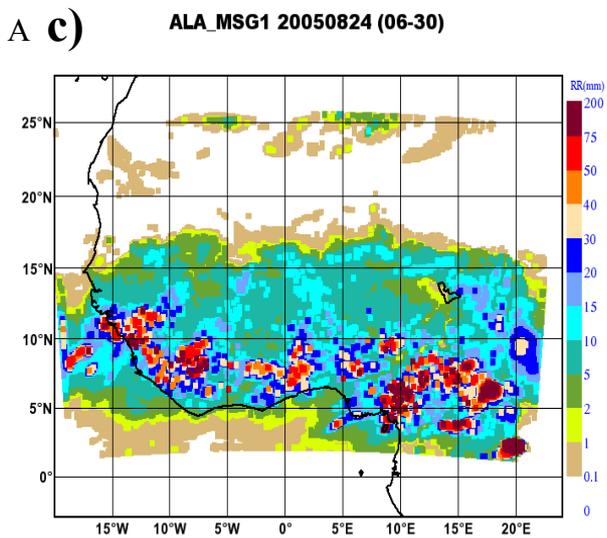
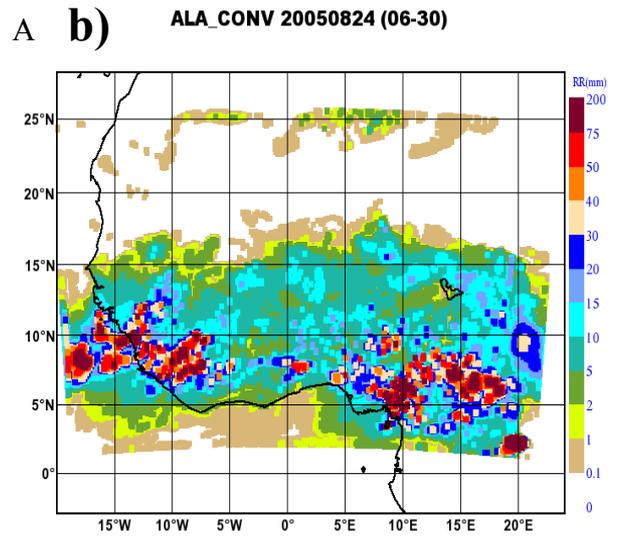
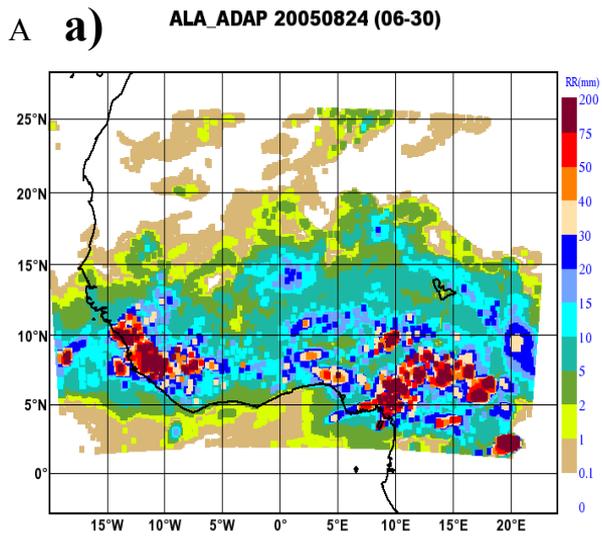


Figure 10 : Cumuls journaliers de précipitations prévus du 06UTC du 24 /08 à 06UTC du 25/08 : a) ALA\_ADAP , b) ALA\_CONV, c) ALA\_MSG1 , d) ALA\_QSCT

### 3-2 Comparaison objective

Pour comparer plus objectivement les résultats des différentes expériences lancées, nous avons calculé les coefficients de corrélation entre les observations de précipitations CPC et les précipitations prévues. Pour calculer ces corrélations, on a procédé d'abord à faire une interpolation de la prévision aux points d'observation pour avoir les données sur la même grille. En plus des corrélations, nous avons calculé aussi l'ETS (Equitable Threat Score) qui est un score bien adapté à la validation des prévisions de précipitations ; une prévision parfaite est caractérisée par un ETS=1.0. Ce score prend en compte les fausses et mauvaises détections.

	22/08/2005		23/08/2005		24/08/2005	
	CORR	BIAIS	CORR	BIAIS	CORR	BIAIS
<b>ADAP</b>	0.24	50%	0.36	41%	0.34	12%
<b>CONV</b>	0.26	83%	0.36	55%	0.33	7%
<b>MSG1</b>	0.28	43%	0.35	49%	0.30	7%
<b>QSCT</b>	0.31	68%	0.37	51%	0.29	8%

Tableau 2 : Coefficients de corrélations et biais des cumuls journaliers des précipitations pour les différentes expériences et pour la période du 22 au 24 Août 2005.

Le tableau 2 présentant les coefficients de corrélations entre les cumuls journaliers des précipitations observées et celles prévues confirme ce qu'on a dit précédemment. On remarque tout d'abord que la corrélation est assez faible, ainsi qu'un biais de l'ordre de +50% (variable suivant les dates). Pour les deux journées du 22 et 23, on remarque une légère augmentation du coefficient de corrélation en assimilant les données QUIKSCAT et SEVIRI, mais on remarque aussi une détérioration dans le biais. Tandis que, Pour la journée du 24, on a une diminution du coefficient de corrélation et une amélioration du biais (en fait induite par une journée avec plus de précipitations observées).

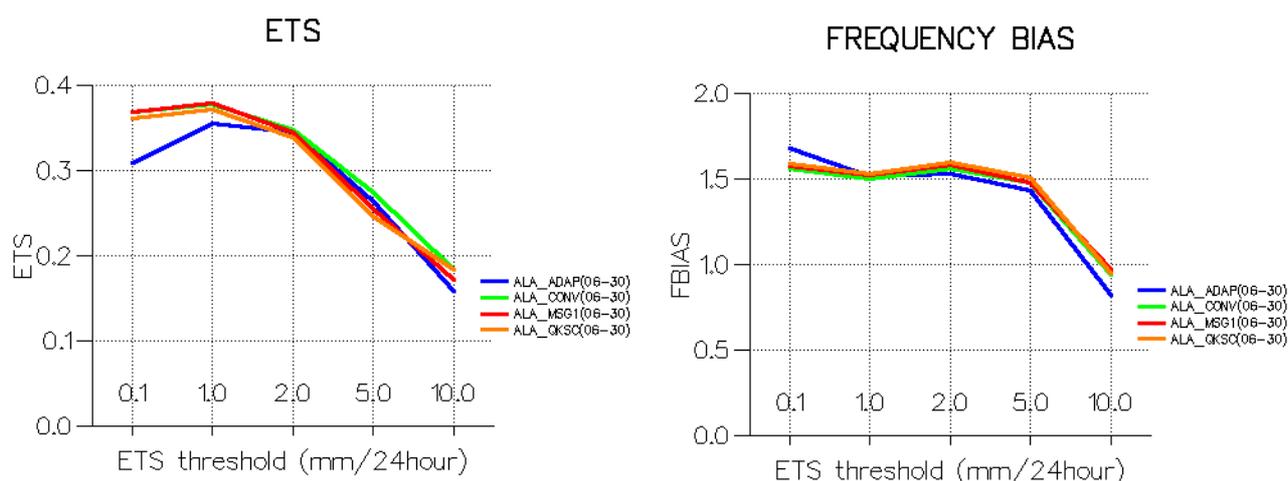


Figure 11 :ETS et biais calculés pour les cumuls 24h de précipitations prévus, pour la période du 22 au 24 Août 2005.

D'après la figure 11, qui représente le calcul d'ETS et de biais pour toute la période de simulation, on remarque que pour les faibles seuils d'ETS (0.1mm/24h et 1.0mm/24h) l'ETS des expériences ALA\_CONV, ALA\_MSG1, ALA\_QSCT est plus grand que celui de ALA\_ADAP, tandis que pour les autres seuils (>1.0mm/24h), les courbes sont confondues. Cela signifie que l'assimilation des observations améliore la discrimination pluie/non pluie mais ne change pas significativement la qualité des prévisions de précipitations pour les fortes valeurs.

Pour le biais, on remarque que pour les faibles précipitations (seuil d'ETS = 0.1mm/24h et 1.0mm/24h), ainsi que pour les fortes précipitations (seuil ETS>5mm/24h), le biais des expériences avec assimilation de données est amélioré (plus proche de 1).

#### **4. Conclusion**

La présente étude a consisté à tester l'assimilation 3D-Var ALADIN qui est désormais opérationnelle depuis Juillet 2005 à METEO-France sur la zone AMMA. La grande nouveauté est la prise en compte des radiances MSG-1 (SEVIRI), notamment de 2 canaux « vapeur d'eau ». L'apport des vents QUIKSCAT a lui aussi été testé. Le but est d'essayer d'améliorer la prévision des systèmes convectifs sur le domaine AMMA, pour préparer la campagne AMMA qui commencera en 2006. Les prévisions ALADIN serviront notamment de soutien prévision numérique à l'AOC de Niamey. Ainsi, on a lancé quatre cycles d'assimilation de quatre jours sur un cas de Dry-Run.

Pour valider les simulations, les précipitations prévues par ALADIN ont été comparées aux observations CPC. En général, on constate que le modèle fait beaucoup trop de précipitations par rapport à la réalité, quelque soit l'état initial. De plus, il n'arrive pas à bien déplacer les systèmes convectifs paramétrés à cette échelle; un décalage des systèmes vers l'est est souvent observé. Néanmoins l'assimilation des radiances SEVIRI et des vents QUIKSCAT permet une légère amélioration de la prévision des précipitations pour les deux premières journées. Les statistiques calculées sur la période totale simulée montrent que l'insertion d'observations dans l'état initial permettent une meilleure discrimination pluie-non pluie.

Les défauts systématiques du modèle ne peuvent pas être réglés en agissant seulement sur l'assimilation de données, mais on doit aussi agir en amont sur la physique du modèle.

Le travail sur la physique du modèle pour la région AMMA est donc prioritaire. En parallèle, d'autres tests doivent être faits pour essayer d'améliorer l'assimilation des données pour ALADIN/AMMA, à savoir:

- Mise en place d'un débiaisage des données SEVIRI sur le domaine AMMA.
- Amélioration de la sélection des radiances, de tel façon que les données échantillonnées ne soient pas trop proches du guess.
- Application du bogusing, qui consiste à produire des profils d'humidité à partir de la classification nuageuse fournies par le SAF Nowcasting (CMS Lannion) . Cette étape devrait permettre de recalibrer géographiquement les systèmes convectifs à l'instant initial.
- Simulation de toute la période du « Dry-Run 2005 »

La campagne AMMA sera une bonne référence pour faire ces tests, en essayant de faire des cas d'études avant et après la SOP.

## Références:

- **Kasmi A., 2005** : Utilisation des données MSG-1 pour initialiser et valider des simulations de systèmes convectifs sur l'Afrique de l'ouest. Rapport de stage de fin d'études n°996.
- Kevin B. Laws, J.E. Janowiak and G. J. Huffman, 2004** : Verification of rainfall estimates over Africa using RFE, NASA MPA-RT and CMORPH, 18<sup>th</sup> conference on hydrology.
- Montmerle T., J.P. Lafore, L. Berre and C.Fischer, 2005** : Limited area model statistics over Western Africa: comparison with mid-latitude results. Submitted to *Q.J.Roy. Meteorol. Soc.*
- Montmerle T., 2005** : Impact of SEVIRI IR radiances in Mété-France operational 3d-var analysis system at regional scale. Proceedings of the EUMETSAT sat. met. Conf., Dubrovnik, croatia.
- Validation de l'analyse 3d-var cycle 29t1: **Note interne METEO-France.**

## Annexel

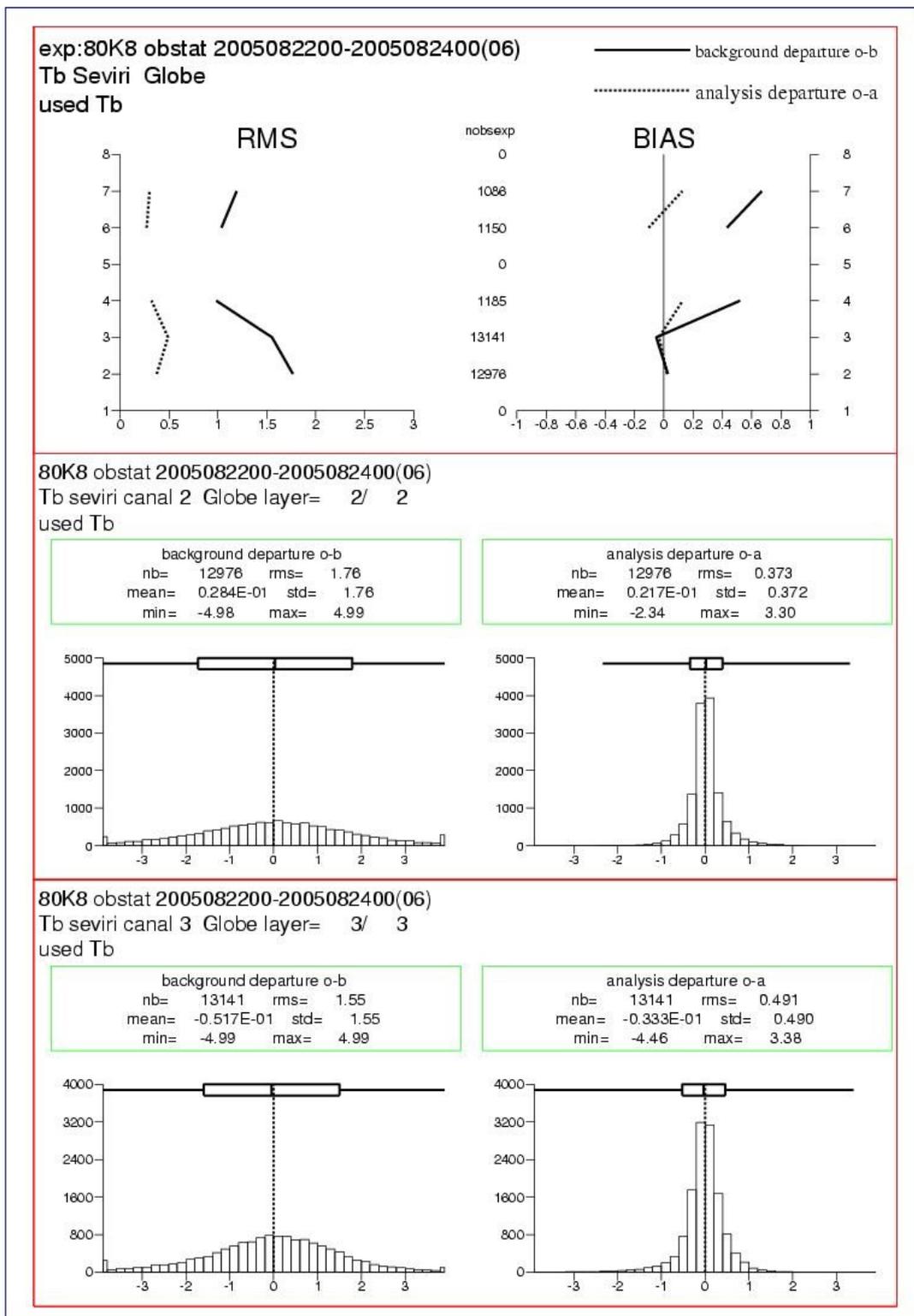


Figure 12: RMS et biais des écarts (obs-guess) en trait plein et (obs-analyse) en trait pointillé. Les ordonnées représentent les huit canaux SEVIRI. Au centre le nombre des observations sélectionnées après screening (figure du haut) et histogrammes de ces écarts pour les canaux 2 et 3 (figures de bas).

## Annexe2

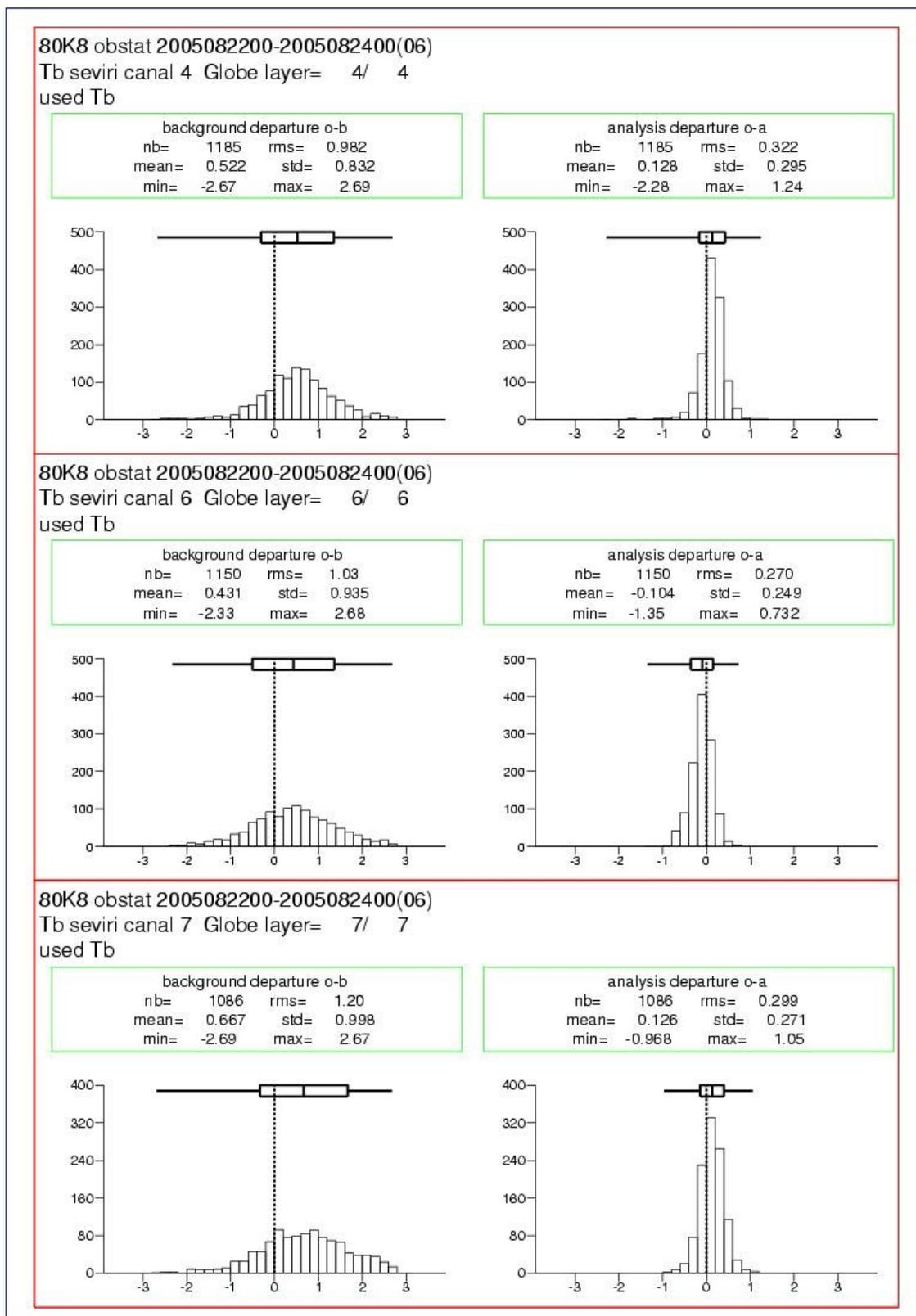


Figure 13: Histogrammes des écarts (obs-guess) et (obs-analyse) pour les données acceptées après screening pour les canaux 4, 6 et 7.