

Rapport de Stage

Mise en place d'une configuration Assimilation de données AROME-TOY

Elaboré par
Wafa Khalfaoui

**Institut National de la
Météorologie, Tunisie**

Sous l'encadrement de
Pierre Brousseau

**CNRM / GMAP / ALGO
Météo-France**

Toulouse
**15 Septembre – 10 Octobre
2014**

Sommaire

Sommaire	2
Introduction	3
I. La configuration AROME-TOY	4
1. Le domaine SUDE	4
2. Les adaptations relatives au domaine réduit	4
3. La situation du 17 Septembre 2014	8
II. Les Tests	9
1. Cadre & Méthodologie	9
2. Test-Radar	10
3. Test-REDNMC	17
Conclusion & Perspectives	22

Introduction

Avec une résolution de 1.3 km, faire tourner la version du modèle AROME, qui est actuellement en phase de test et qui devrait devenir opérationnel en 2015, sur tout le domaine est très coûteux en terme de calcul. Il devient délicat de mener des activités de recherche avec de nombreux tests et expériences.

Ainsi fallait-il trouver un moyen de réduire le coût de calcul tout en préservant les caractéristiques du modèle nécessaires pour avoir des résultats concluants. Etant donné la nécessité d'étudier des phénomènes avec un cycle d'assimilation horaire et l'influence remarquable qu'aurait la diminution de la résolution spatiale sur les résultats, on a songé plutôt à réduire l'étendue du domaine géographique. Mais cela sous-entant que les résultats obtenus sur le « petit » domaine soient généralisables sur le domaine tout entier pour pouvoir adopter ce compromis.

C'est dans ce contexte que s'insère ce stage. En effet, l'objectif de mon séjour à Météo-France était de mettre en place et tester une configuration d'assimilation de données « jouet », appelée AROME-TOY sur un domaine réduit et d'étudier au moyen de deux tests si cette configuration reproduit assez fidèlement les résultats obtenus dans des tests similaires sur le domaine entier. Dans ce rapport, on présente dans une première partie la configuration AROME-TOY construite, et elle est illustrée par une situation convective à forte précipitation. Puis dans une seconde partie, on présente le jeu de tests entrepris et la comparaison faite entre les résultats des expériences sur les deux domaines.

I. La configuration AROME-TOY

1. Le domaine SUDE

En terme d'ordre de grandeur, le domaine réduit « Sude » (469 points x 469 points) fait le dixième du domaine entier « France » (1429 points x 1525 points). Situé au sud-ouest, le domaine s'étale aussi bien sur une partie continentale renfermant les Pyrénées que sur une partie maritime s'ouvrant sur la Méditerranée assurant ainsi une certaine diversité qu'on retrouve dans le domaine France. Dans la figure 1, on a illustré les deux domaines France (à droite) et Sude (à gauche) sur un fond topographique.

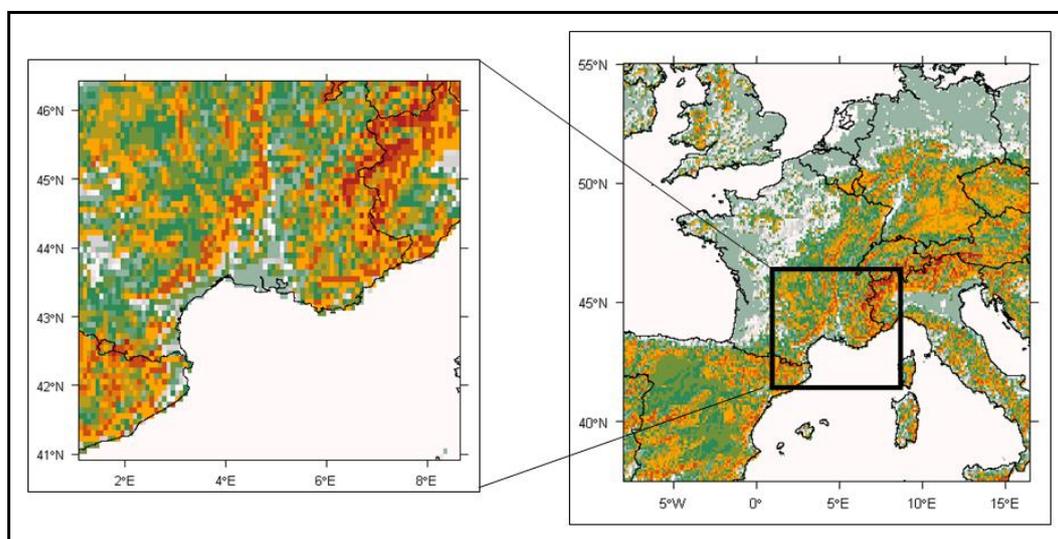


Figure 1: Domaines Sude et France

2. Les adaptations relatives au changement de domaine

Un travail préalable a été fait pour préparer la matrice B et les configurations de démarrage d'une prévision AROME-TOY à partir d'AROME-France ou d'ARPEGE, pour fournir la première ébauche au cycle d'assimilation. Mon travail a consisté à construire les tâches du cycle d'assimilation à partir de la configuration AROME-France existante. Les expériences et les tests ont été menés depuis l'interface Olive. La soumission de jobs et leur gestion se font avec le logiciel SMS et son interface XCDP. Dans la figure 2, on présente un exemple de séquence de job d'une expérience sur Xcdp. Les principales tâches qu'on a modifiées sont encadrées en rouge bordeaux.

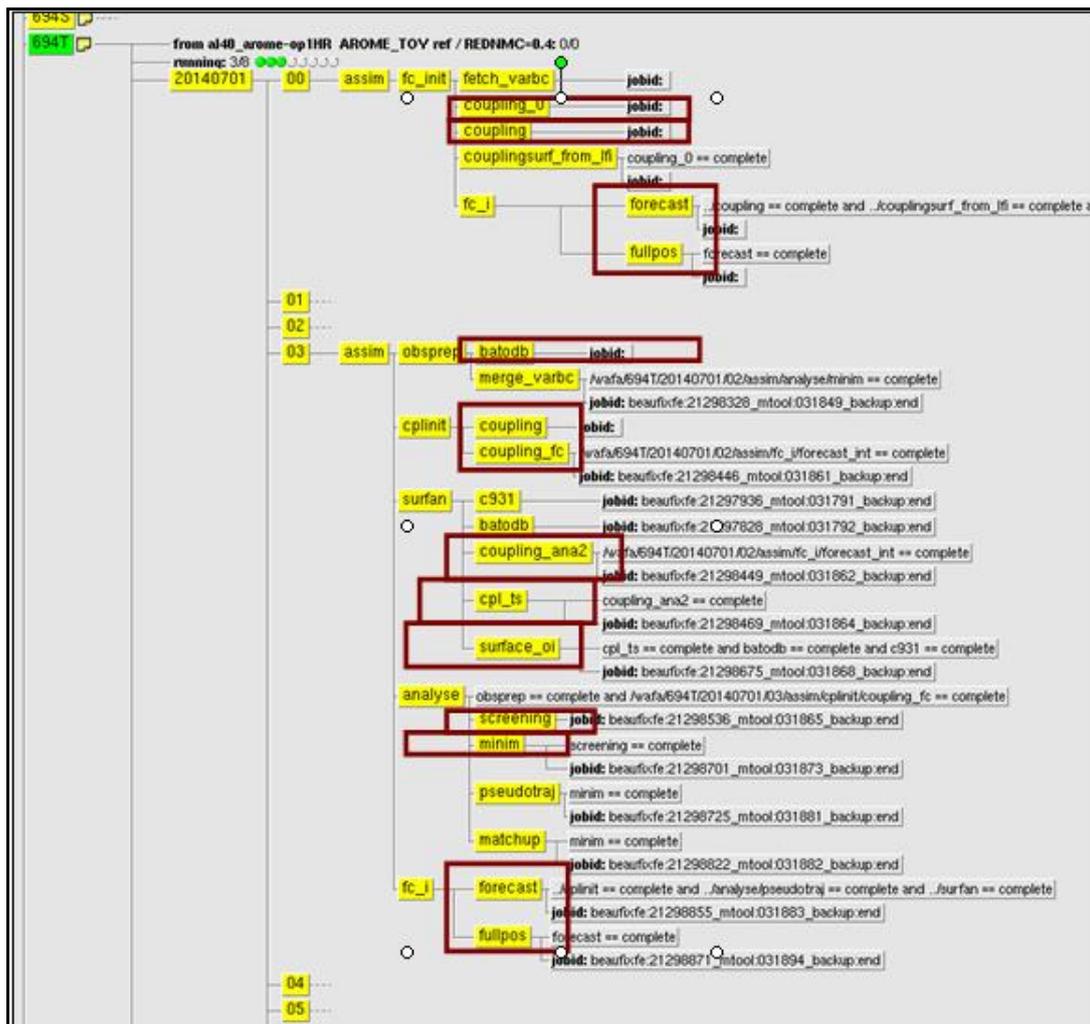


Figure 2: Interface Xcdp

La majeure partie des modifications qui ont été faites pour la mise en place de la configuration AROME-TOY se rapportent principalement aux :

- fichiers Input : namelists, Clims, PGD, xxt.def, stabal,...
- paramètres de profil : nombre de processeurs, nombre de nœuds par tâche, ...

Pour les paramètres de profil, on a dû diminuer le nombre de processeurs pour les tâches de couplage, surfan, analyse et forecast. En effet en diminuant le domaine, le nombre de points répartis sur les processeurs et les nœuds a diminué et par conséquent, le calcul se plante à cause du ratio nombre de point / nœud. En changeant le nombre de processeurs (NPROC), il faut penser à adapter le nombre de nœuds par tâche (tasks_pn) et également le découpage des processeurs selon les deux directions nord-sud (NPRGPNS) et est-ouest (NPRGPEW) de façon à toujours avoir $NPROC = NPRGPNS \times NPRGPEW$. On procède à ces changements au niveau des variables dans l'interface Olive.

Dans le tableau 1, on présente les changements dans deux réseaux horaires 00 (initialisation) et 03 (analyse atmosphérique et présence de l'analyse de surface) qui englobent à eux deux la majorité des modifications dans les fichiers input.

Tableau 1: Les modifications apportées aux fichiers input dans la configuration d'assimilation AROME-TOY

Réseau Horaire	Etape	Job	Tâche	Modifications
00	Coupling	coupling_0	Initialisation à partir d'AROME (domaine France)	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine et ajouter la lecture des hydrométéores spécifiques à AROME - fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clim d'AROME (local) et d'ARPEGE (Global)
		Coupling	Préparation des fichiers de couplage à partir d'ARPEGE	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine - fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clim d'AROME (local) et d'ARPEGE (Global)
	Forecast	Forecast	Préparation des fichiers de prévision ICMSH* et GRID* pour le réseau 00	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine et ajouter la lecture des hydrométéores spécifiques à AROME - PGD file : définir le chemin - xxt.def : définir le chemin
		Fullpos		- fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clim d'AROME (local) et d'ARPEGE (Global)
03	Obsprep	batodb	Sélection géographique des observations et fabrication des bases ODB ECMA	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine
	Coupling	coupling	Préparation des fichiers coupleurs	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine - fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clim d'AROME (local) et d'ARPEGE (Global)
		coupling_fc	Préparation du guess AROME en entrée de screening et minim	

	Surfan	coupling_ana 2	Préparation du guess AROME en entrée de surface-OI	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine - fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clims
		cpl_ts	Remplacement du champ de température de surface prévu par Surfex par celui de l'analyse du réseau précédent (pour canari)	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine
		surface_oi	Analyse de surface par interpolation optimale	- PGD file : définir le chemin
	Analyse	Screening	Ecrémage des observations et création des bases réduites	- namelist : modifier les paramètres liés au thinning pour le Test_Radar - script shell : ajout d'un script shell avant le binaire du screening pour enlever les bases d'observation ECMA vides
		Minim	Minimisation	- namelist : modifier le coefficient REDNMC pour le Test_REDNMC - fichier STABAL : définir les chemins des fichiers stabal.bal (corrélations entre les prédicteurs) et stabal.cv (covariances entre les prédicteurs) relatifs à la matrice B du domaine Sude
	Forecast	Forecast	Préparation des fichiers de prévision ICMSH* et GRID* pour le réseau 03	- namelist : modifier les paramètres liés au domaine et ajouter la lecture des hydrométéores spécifiques à AROME - PGD file : définir le chemin - xxt.def : définir le chemin
		Fullpos		- fichiers Clim (local et global) : définir le chemin ou le cycle pour les fichiers Clims d'AROME (local) et d'ARPEGE (Global)

3. La situation du 17 Septembre 2014

Pour tester la configuration d'assimilation AROME-TOY, on a fait tourner une expérience (694Y) sur la situation du 17/09/2014 où on a enregistré de fortes quantités de précipitation (dépassant les 200 mm) sur le domaine Sude pour la comparer avec l'expérience 68YY AROME HR sur le domaine France et les données pluviométriques des stations. L'expérience 694Y démarre le 16/09/2014 au réseau 00 UTC à partir d'une expérience AROME HR, enchaîne 8 réseaux d'assimilation et produit une prévision 30H au réseau de 00 UTC le 17/09/2014.

Dans la figure 3, on a juxtaposé les graphes des cumuls 24H de précipitation de l'expérience 694Y AROME-TOY en haut à gauche, les données pluviométriques des stations extraites sur le domaine Sude en haut à droite, l'expérience 68YY AROME HR en bas à gauche et les stations pluviométriques sur tout le domaine en bas à droite. L'expérience 694Y de AROME-TOY a bien prévu la situation du 17 septembre en terme de localisation spatiale et d'intensité des cellules convectives. En comparant les résultats des deux expériences sur les deux domaines, on remarque qu'on a des prévisions de précipitation très proches dans les deux configurations.

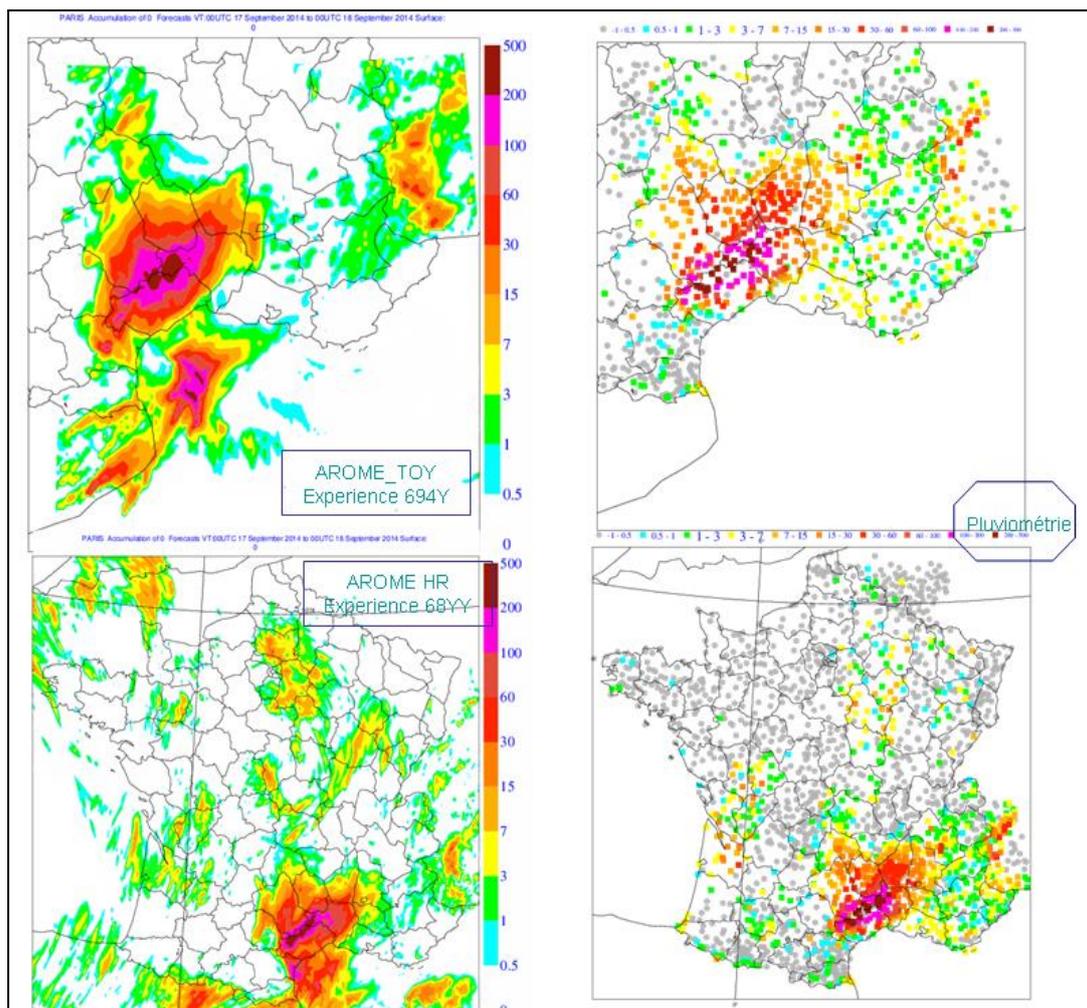


Figure 3 : Cumul 24H de précipitation pour le 17 Septembre 2014

II. Les Tests

1. Cadre & Méthodologie

Pour tester la capacité de la configuration AROME-TOY à reproduire le comportement du domaine France, on a jugé utile de reconduire deux expériences qui ont déjà été faites sur le grand domaine et qui touchent à deux aspects différents :

- une expérience-observation où on change de thinning (distance minimale entre deux observations d'un même type) dans l'assimilation des données radar et on compare un thinning de 8 km (en test) par rapport à 15 km (opérationnel).
- une expérience-minimisation où on donne plus de poids à l'ébauche par rapport aux observations en changeant le coefficient REDNMC (facteur multiplicatif des écart-types d'erreur d'ébauche) de 0.5 à 0.4 au niveau de la namelist de la minimisation.

Pour les deux tests, les expériences ont été construites en démarrant d'une expérience AROME HR et en se couplant à Arpège.

Afin de comparer les performances des expériences, on a eu recours à trois outils :

- **obstat** : un diagnostic sur Olive qui calcule l'écart type et le biais des différences (observation - ébauche) et (observation - analyse) entre deux expériences différentes pour les différents types d'observations.
- **scores** : un diagnostic sur Olive qui permet de comparer les prévisions par rapport aux observations en utilisant l'erreur quadratique moyenne et le biais pour différents paramètres
- **scores_pluvio** : un script qui permet de comparer les observations pluviométriques avec les prévisions à l'aide du diagramme des scores POD en fonction du FAR pour des différents seuils de précipitation cumulée.

On a commencé par comparer les réponses des expériences en prenant toutes les observations sur le grand domaine (France) ce qui a pu biaiser la comparaison tenant compte des tailles respectives des échantillons et des différents régimes qui régissent le grand domaine. Une extraction des résultats des expériences du domaine France sur le domaine Sude s'est alors imposée, ce qui nous a permis d'avoir un cadre de comparaison plus adéquat.

2. Test-Radar

2.1. Expériences

Les expériences sur les domaines France et Sude qu'on a utilisées sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Les expériences du Test-Radar sur les domaines France et Sude

Période	Du 01/08/2014 au 31/08/2014	
Domaine	France	Sude
Expérience	7D2Z radar 8 km initialisée avec la 68YW et couplée à la B4J5	694M radar 8 km initialisée avec la 7D2Z et couplée à la B4J5
Expérience de référence	7D2P radar 15 km initialisée avec la 68YW et couplée à la B4J5	694N radar 15 km initialisée avec la 7D2P et couplée à la B4J5
Remarques	La 68YW est une expérience d'AROME double en temps réel. La B4J5 est une expérience d'ARPEGE double en temps réel.	

2.2. Résultats

2.2.1 Scores-Pluvio

On a commencé par lancer les expériences sur le domaine Sude pour la quinzaine 01-15/08/2014 et après avoir visualisé les résultats (voir Figure 5), on a décidé de prolonger la période pour avoir un échantillon plus conséquent à traiter.

En se basant sur les résultats du domaine France qui ont montré qu'on a des comportements différents pour les 3 cumuls 0 – 24H, 0 - 12H et 12 - 24H, on a procédé de même pour le domaine Sude.

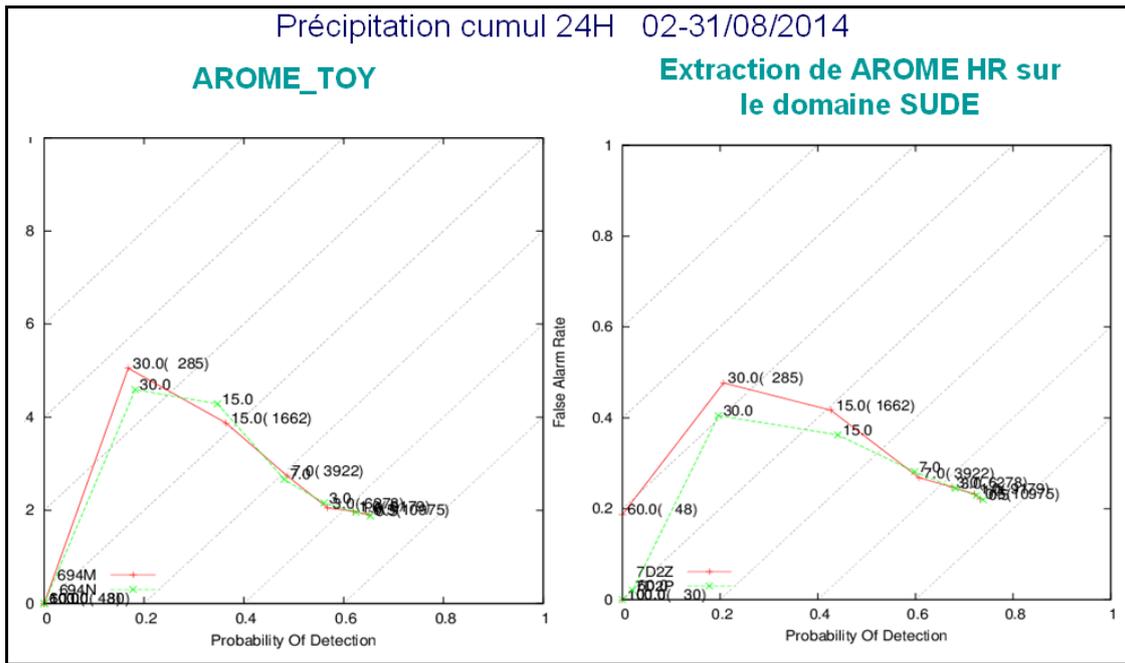


Figure 4 : Scores_pluvio du cumul 24H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 02 au 31/08/2014

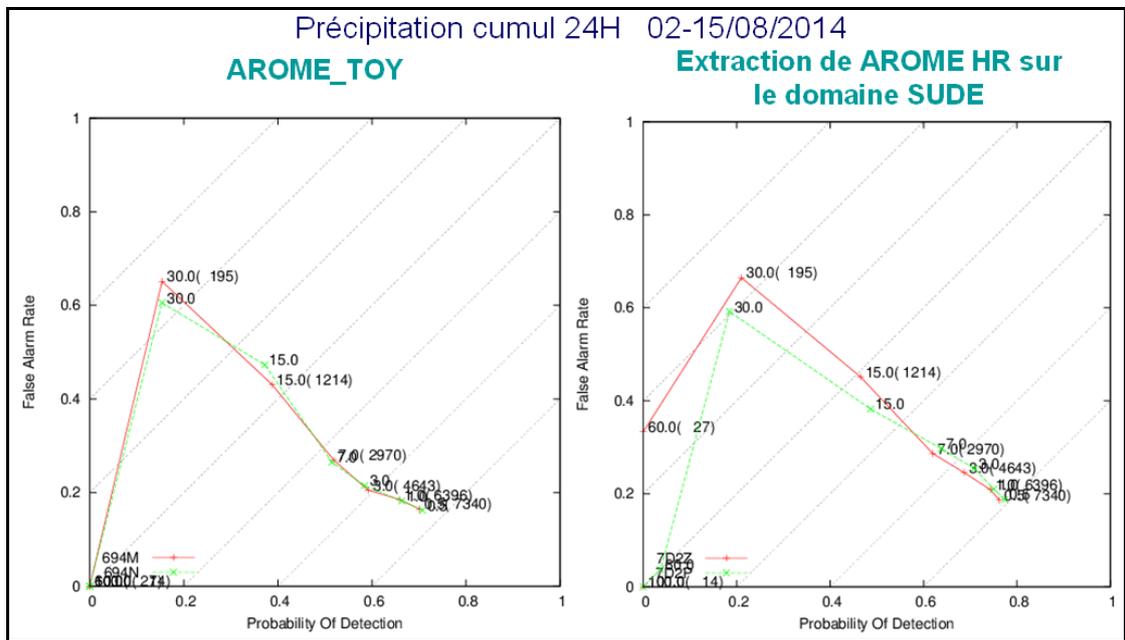


Figure 5 : Scores_pluvio du cumul 24H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 02 au 15/08/2014

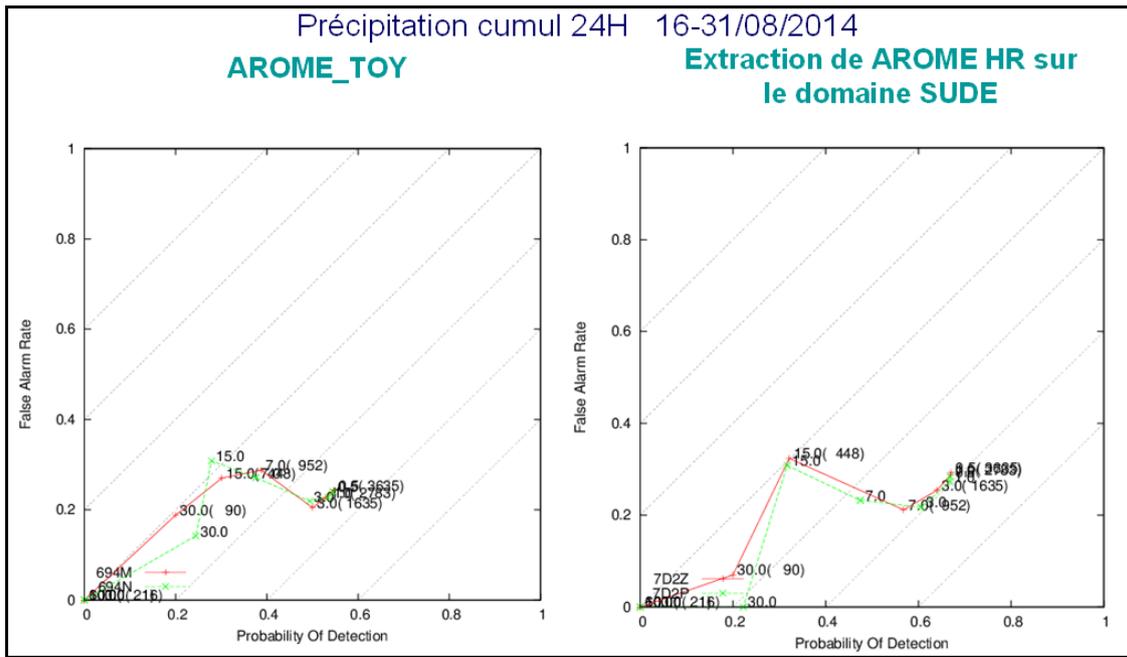


Figure 6: Scores_pluvisio du cumul 24H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 16 au 31/08/2014

En examinant les deux périodes 2-15 et 16-31 séparément, on se rend compte que, vu qu'il a plu, relativement, moins pendant la 2^{ème} quinzaine d'Août, faire les scores sur tout le mois n'a fait que baisser les FAR par rapport à la 1^{ère} quinzaine sans changer vraiment l'allure de la courbe (voir Figures 4, 5 et 6). Dans ce qui suit, on va s'intéresser aux scores faits sur toute la période.

Pour le cumul 24H (Figure 4), on a des comportements similaires entre les deux domaines, à part pour le seuil 15 mm. En effet, au dessous du seuil 7mm, les expériences radar avec le thinning 8km et 15km sont presque à des POD et des FAR égaux aussi bien sur le domaine France que sur le Sude. Mais pour le seuil 15mm, on a une inversion de signal entre les deux domaines : alors que sur le domaine France, le thinning 8 km, à un POD comparable à celui du thinning 15 km, produit plus de fausses alertes, il améliore nettement le FAR sur le domaine Sude. Pour le seuil 30 mm, on retrouve le même signal sur les deux domaines. Au seuil 60mm, et c'est valable pour tous les cumuls, on n'a pas assez d'observations pour pouvoir déceler une tendance.

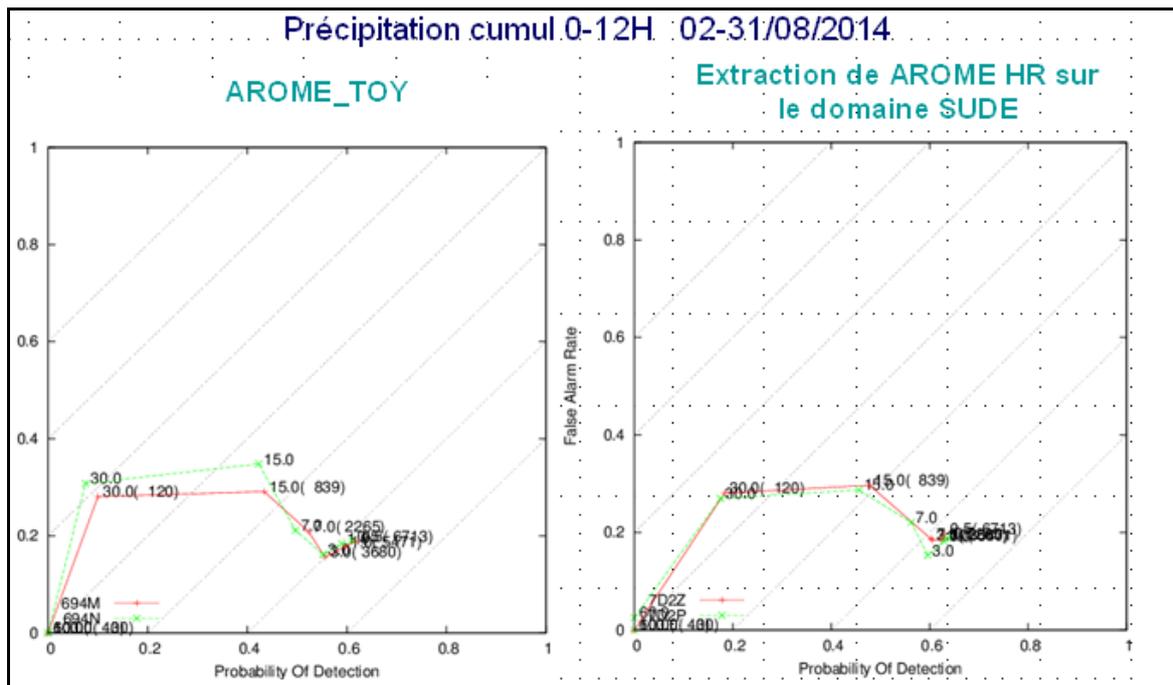


Figure 7: Scores_pluio du cumul 0-12H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 02 au 31/08/2014

Pour le cumul 0-12H, sur les deux domaines, le thinning 8 km améliore légèrement le POD pour tous les seuils. Cependant, là où on ne retrouve pas le même signal, c'est au niveau des fausses alertes. Alors que sur le domaine France, le thinning 8km produit plus de fausses alertes par rapport au thinning 15 km, sur le domaine Sude, on en a moins (voir Figure 7).

Pour le cumul 12-24H, pour les seuils inférieurs à 3mm, on a le même comportement pour les deux domaines. Au dessus du seuil 7 mm, le thinning 8 km dégrade le POD sur le domaine France et introduit plus de fausses alertes alors que sur le domaine Sude, les POD sont similaires et les FAR baissent (voir Figure 8).

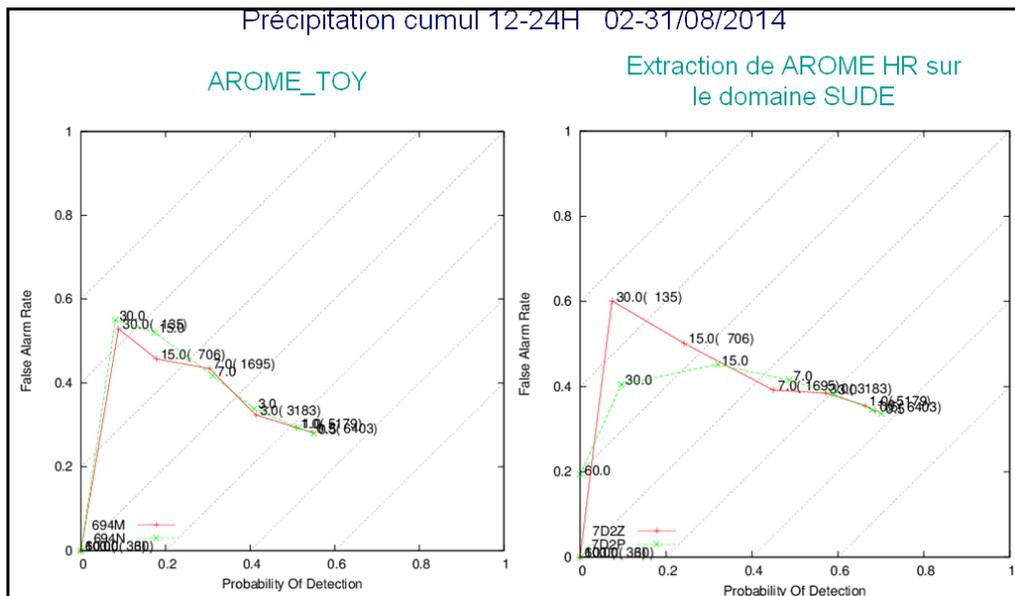


Figure 8: Scores_pluivio du cumul 12-24H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 02 au 31/08/2014

Pour les trois cumuls, on remarque que la majorité des divergences des réponses des deux domaines sont notées pour les grands seuils (supérieurs à 15mm) qui sont plus présents dans le cumul 12-24H étant donné la nature des phénomènes convectifs qui caractérisent le mois d’Août. Ainsi, un cutoff Production au réseau 12H pourrait peut être nous éclairer plus sur les seuils de précipitation supérieurs à 15mm. Sans oublier de préciser que l’échantillon examiné pourrait être insuffisant pour caractériser les grands seuils.

2.2.2 Obstat

En calculant des obstats à partir des observations sur le domaine Sude pour les expériences AROME-TOY et AROME-HR, on remarque qu’on retrouve pratiquement les mêmes résultats. Ce qui pourrait être encore plus vrai si on augmentait encore la taille de l’échantillon en prolongeant la période de test.

Pour les données radar, l’humidité relative présente des tendances similaires sur les deux domaines. Le thinning 8 km semble diminuer l’erreur quadratique moyenne pour l’analyse et l’ébauche avec une amélioration plus nette pour cette dernière. De même pour le vent radial, on retrouve pratiquement des réponses comparables sur les deux domaines en changeant de thinning (voir Figure 9).

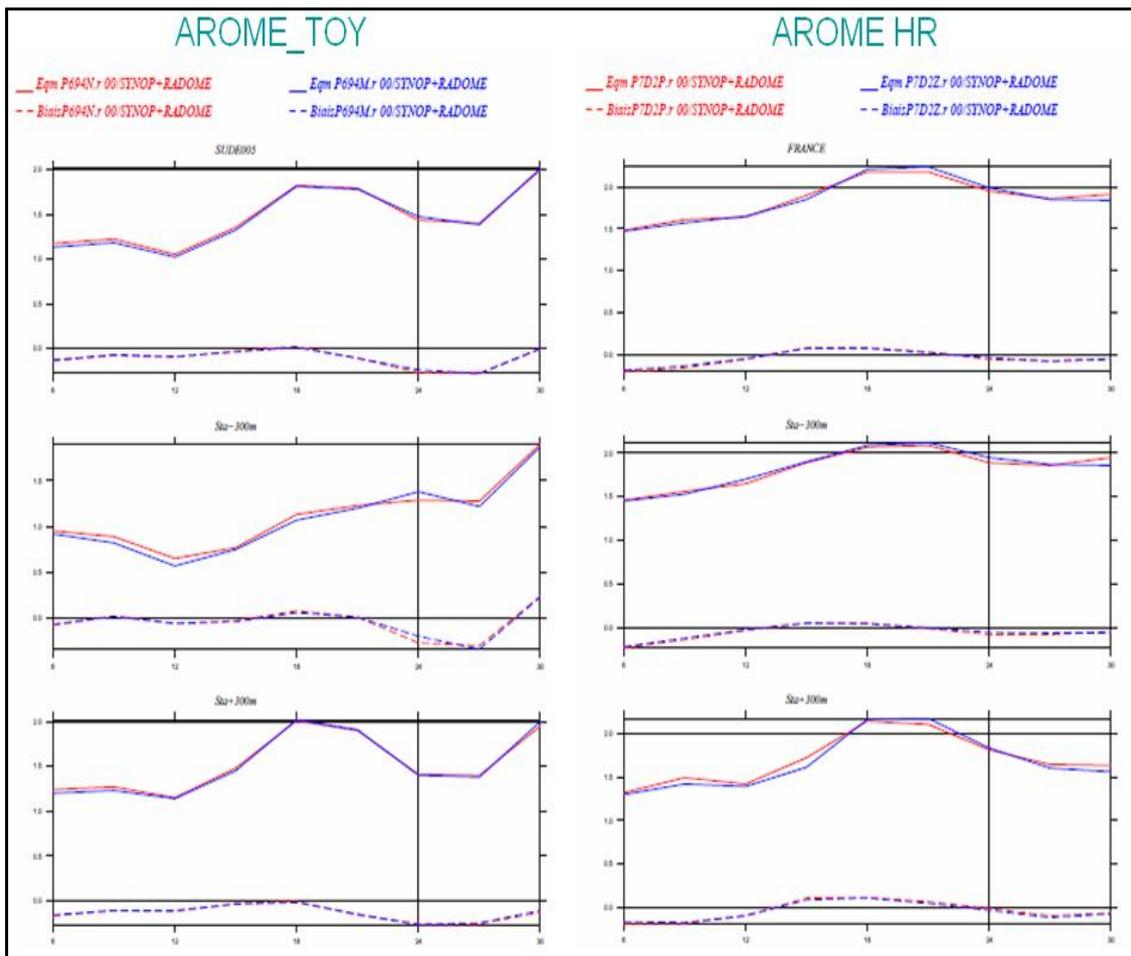


Figure 10: Scores du cumul 6H de la précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-Radar du 02 au 31/08/2014

3. Test-REDNMC

3.1 Expériences

Les expériences sur les domaines France et Sude qu'on a utilisées pour ce test sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3: Les expériences du Test-REDNMC sur les domaines France et Sude

Période Du 01/07/2014 au 15/07/2014		
Domaine	France	Sude
Expérience	6930 (cutoff assimilation) 693U (cutoff production) REDNMC=0.4	694T REDNMC=0.4 initialisée avec la 68YW et couplée à la B4J5
Expérience de référence	68YW (cutoff assimilation) 68YY (cutoff production) REDNMC=0.5	694L REDNMC=0.5 initialisée avec la 68YW et couplée à la B4J5

3.2 Résultats

3.2.1 Scores-Pluvio

Pour les seuils au-dessous de 15mm, les expériences de AROME-TOY reproduisent les mêmes résultats que les expériences sur le domaine entier. Pour les seuils 3 et 7 mm, même si en modifiant le RDNMC les différences sont faibles, les réponses sont toujours dans le même sens dans les deux domaines, à savoir plus de POD et moins de FAR avec un REDNMC égal à 0.4. Pour le seuil 15mm, en donnant moins de poids aux observations par rapport à l'ébauche, on améliore légèrement la probabilité de détection sur les deux domaines avec une baisse du taux de fausse alerte sur le domaine France. Par contre, pour le seuil 30 mm, avec un REDNMC égal à 0.4, alors qu'on améliore le POD tout en préservant le même FAR sur le grand domaine, on génère plus de fausse alerte en maintenant le même POD sur le domaine Sude (voir Figure 11). Mais faut-il toujours rappeler que l'échantillon n'est pas assez conséquent pour pouvoir se fier à ces résultats pour les grands seuils.

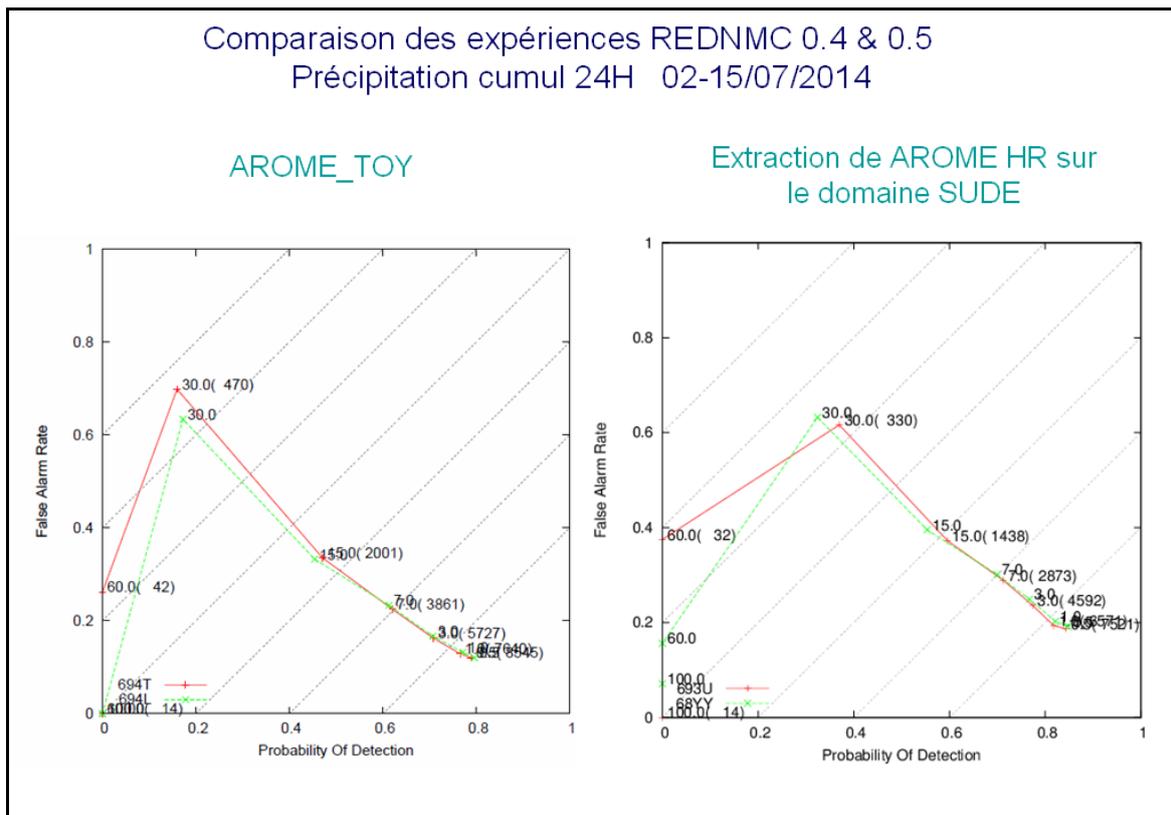


Figure 11: Score_pluvio du cumul 24H de précipitation des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

3.2.2 Obstat

L'augmentation des écart-types des différences (observation – analyse) en augmentant le poids de l'ébauche par rapport à l'observation est remarquable pour l'humidité relative et la vitesse radiale du vent pour les observations radar sur les deux domaines, ce qui est tout à fait attendu (l'analyse « colle » moins aux observations). Cependant pour (observation – ébauche), les RMS sont assez proches pour les deux domaines (voir Figure 12).

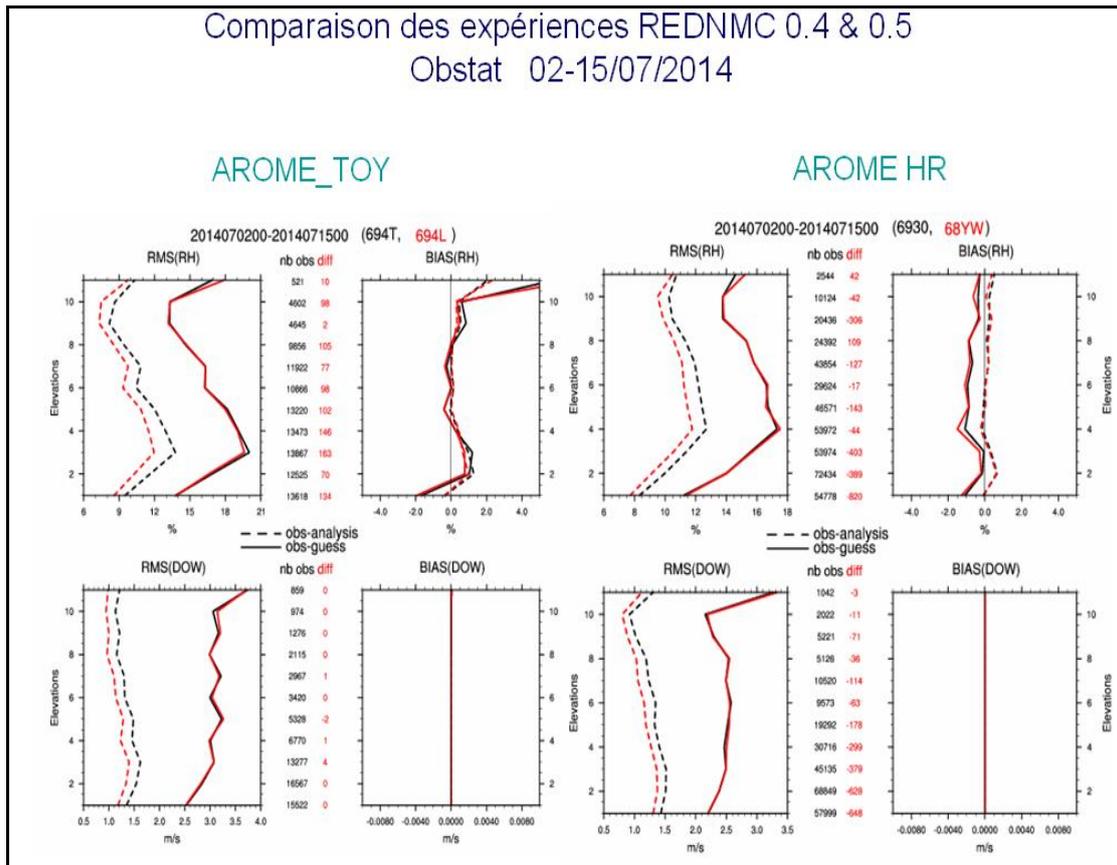


Figure 12: Obstat des données radar des expériences de AROME-TOY et de AROME HR du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

On retrouve le même genre de comportement avec l'écart type pour les autres types d'observation notamment pour les données satellites. Ci-après, on a les obstats des données satellites SEVERI (voir Figure 13) et des données avions AIREP (voir Figure 14) qui présentent un nombre assez important d'observation pour constituer un échantillon assez représentatif : le fait d'avoir une analyse moins proche des observations n'entraîne pas une dégradation de l'ébauche.

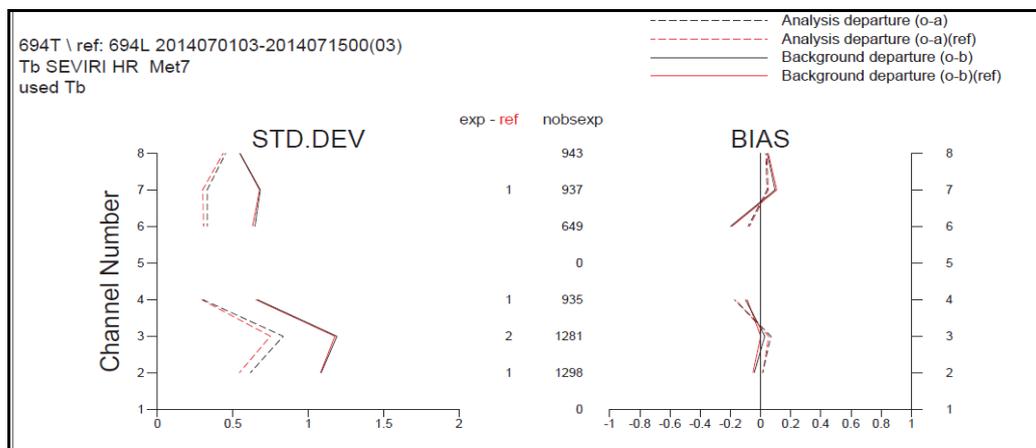


Figure 13: Obstat des données satellites SEVERI des expériences de AROME-TOY du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

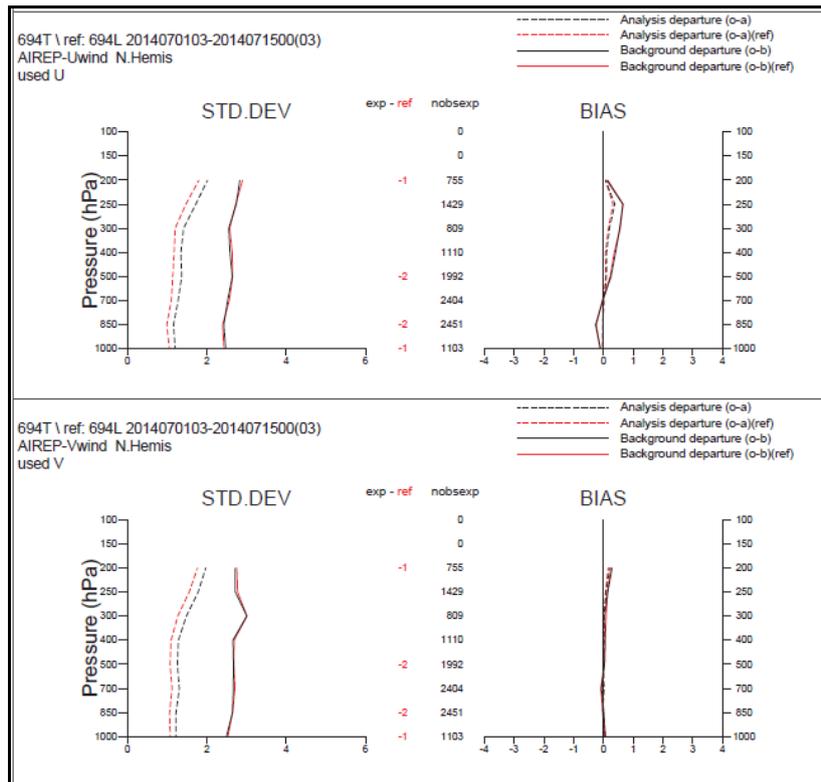


Figure 14: Obstat des données AIREP des expériences de AROME-TOY du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

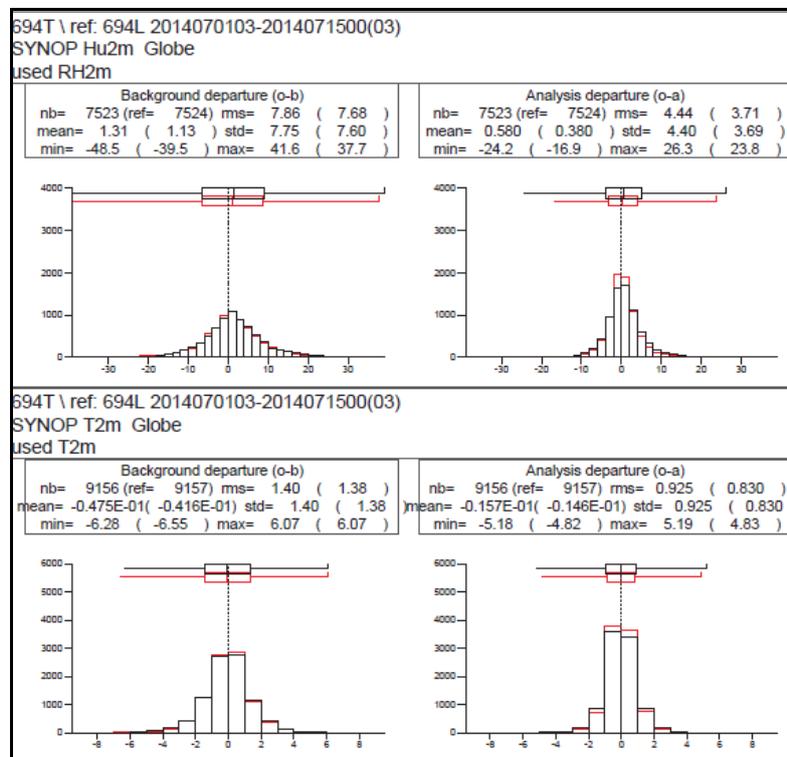


Figure 15: Obstat des données Synop des expériences de AROME-TOY du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

Les distributions de (observation – analyse) et (observation -ébauche) des SYNOP pour l’humidité et la température à 2m semblent confirmer la tendance des autres types d’observations.

3.2.3 Scores

L’erreur quadratique moyenne du cumul 6H de précipitation montre une légère amélioration avec le REDNMC passé à 0.4 pour les premières 10 heures de la prévision.

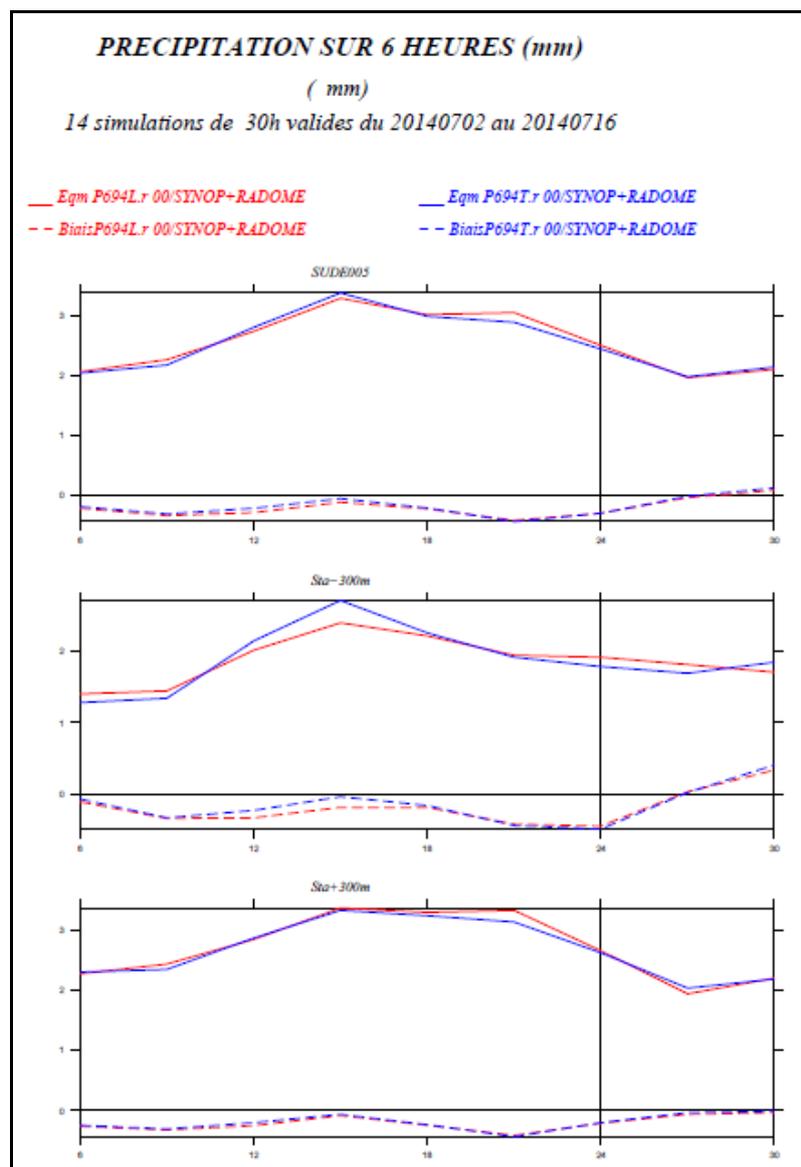


Figure 16: Scores du cumul 6H de la précipitation des expériences de AROME-TOY du Test-REDNMC du 02 au 15/07/2014

Conclusion & Perspectives

La mise en place de la configuration assimilation de données AROME-TOY, qui a fait l'objet de ce stage, a nécessité dans une première partie un travail technique d'adaptation des expériences de la configuration AROME-France pour qu'elles soient utilisables pour le « petit » domaine Sude.

Parti sur l'objectif de vérifier la capacité du domaine Sude à reproduire le même type de réponse que le grand domaine, on a testé la configuration AROME-TOY à l'aide de deux tests, un touchant au thinning des observations radar et l'autre modifiant le poids de l'ébauche par rapport aux observations.

Les résultats relatifs au Test-Radar sont mitigés. Sur quelques scores et notamment avec les obstats, la configuration AROME-TOY arrive à retrouver les mêmes tendances générales que celles des expériences sur le grand domaine. Néanmoins, si on se penche sur les scores de précipitation seuil par seuil, on décèle des différences de comportements non négligeables. Tenant compte de la durée et la période choisies (01-31/08/2014), on est tenté de reconduire ces tests sur une durée plus longue et sur une période hivernale pour voir si cela pourrait avoir un impact différent sur les résultats.

Le Test_REDNMC présentent des signaux assez similaires entre les deux domaines pour les obstats et les scores avec toujours quelques divergences pour les scores de précipitation du cumul 24H pour les grands seuils qui peuvent être attribuées à la faiblesse de l'échantillonnage. Ainsi, prolonger le test sur une période plus longue pourrait éliminer le bruit dû à l'échantillonnage.

Ce travail n'aurait pas pu s'accomplir sans l'encadrement de Pierre Brousseau à qui j'adresse ma plus grande gratitude pour sa disponibilité, ses conseils avisés et sa bonne humeur contagieuse. Mes remerciements vont également à tous les visiteurs de la Tchétchénie et à toute l'équipe de GMAP.