

Implantation opérationnelle de l'analyse globale 4D-Var

par

Stéphane Laroche, Pierre Gauthier, Monique Tanguay
Simon Pellerin, Josée Morneau
Pierre Koclas, Réal Sarrazin, Nils Ek

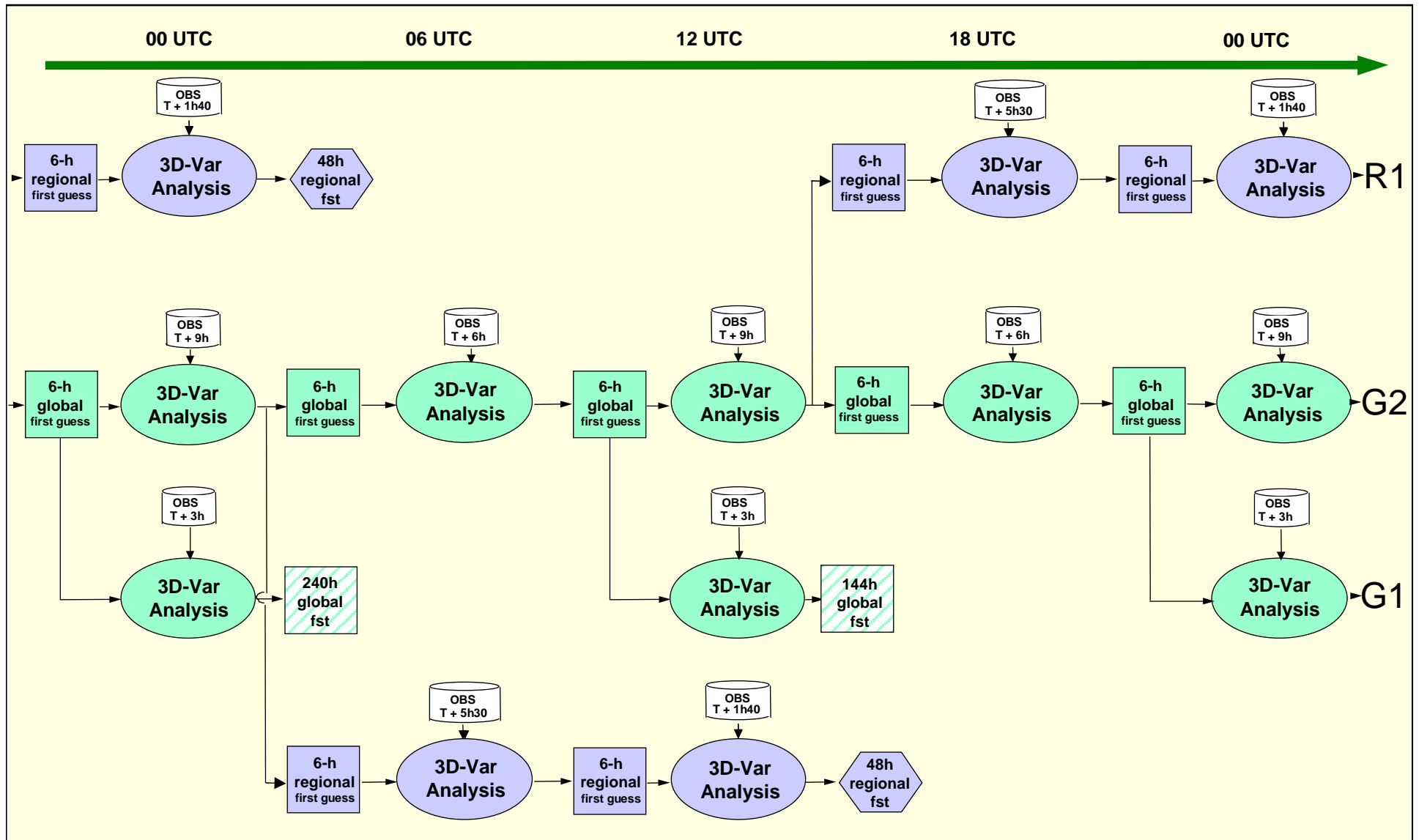
et bien d'autres...

Séminaire interne
18 février 2005

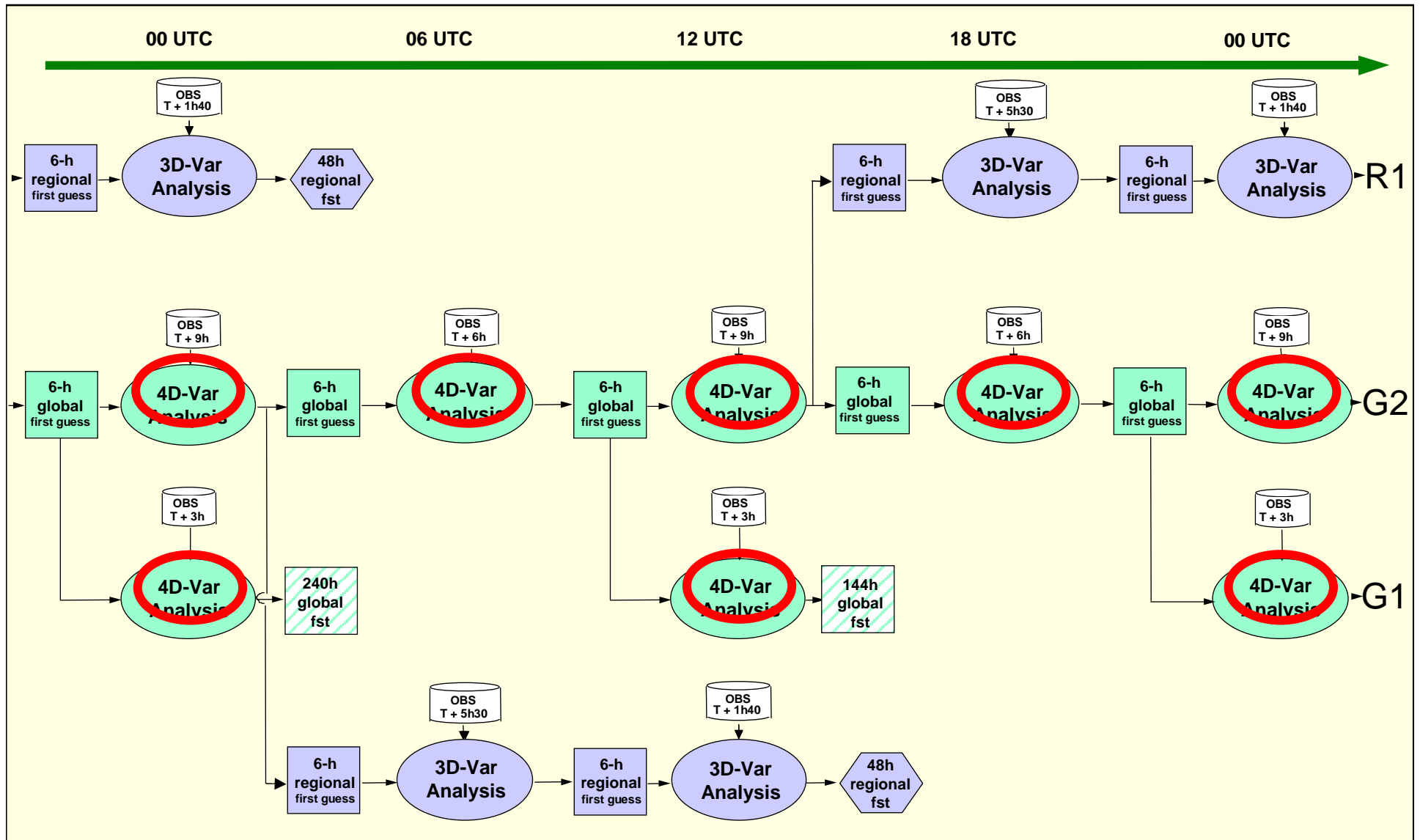
Sommaire

- Cycles d'assimilation de données aux CMC.
- Description de l'analyse variationnelle 3D et 4D.
- Détails d'implantation.
- Résultats des cycles expérimentaux (références).
- Études d'impact des diverses composantes du 4D-Var.
- Impact de l'analyse 4D-Var globale sur le cycle régional (et quelques suggestions).
- Résultats de la passe parallèle.
- Conclusions et perspectives.

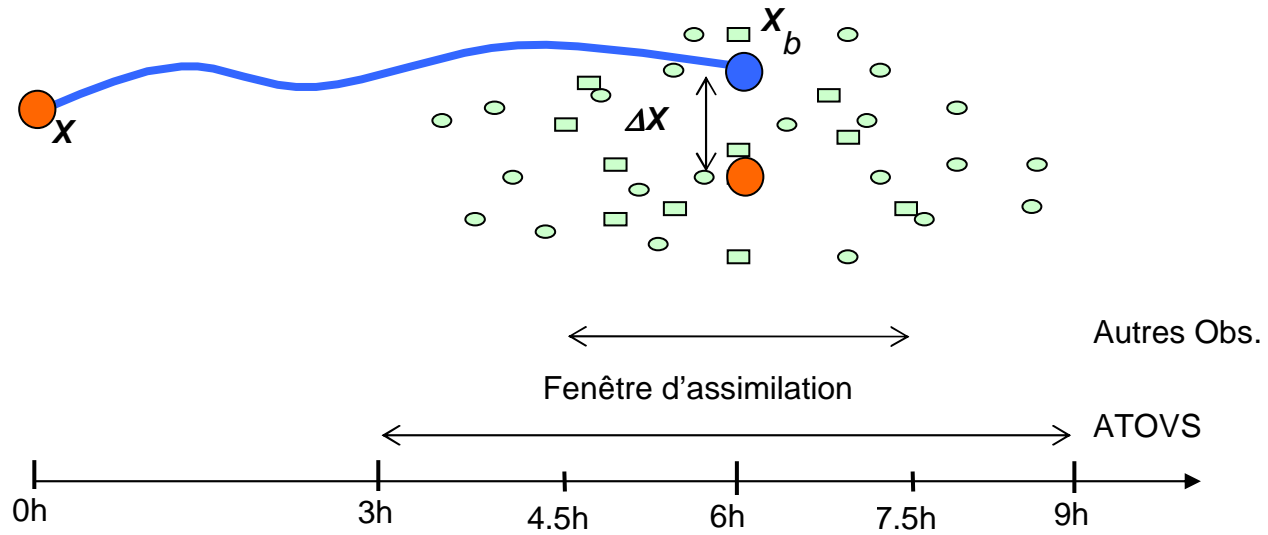
Cycles d'assimilation au CMC



Introduction de l'analyse 4D-Var dans le système de prévision global



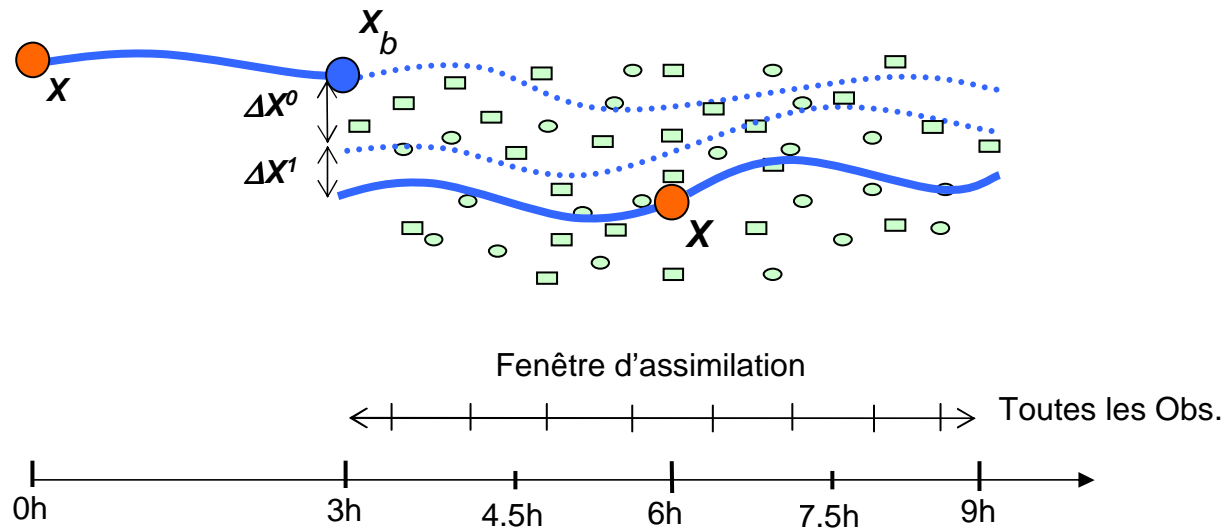
3D-Var



- Analyse
- Champ d'essai
- ATOVS
- Autres Observations

— Intégration du modèle opérationnel pour générer le champ d'essai.

4D-Var

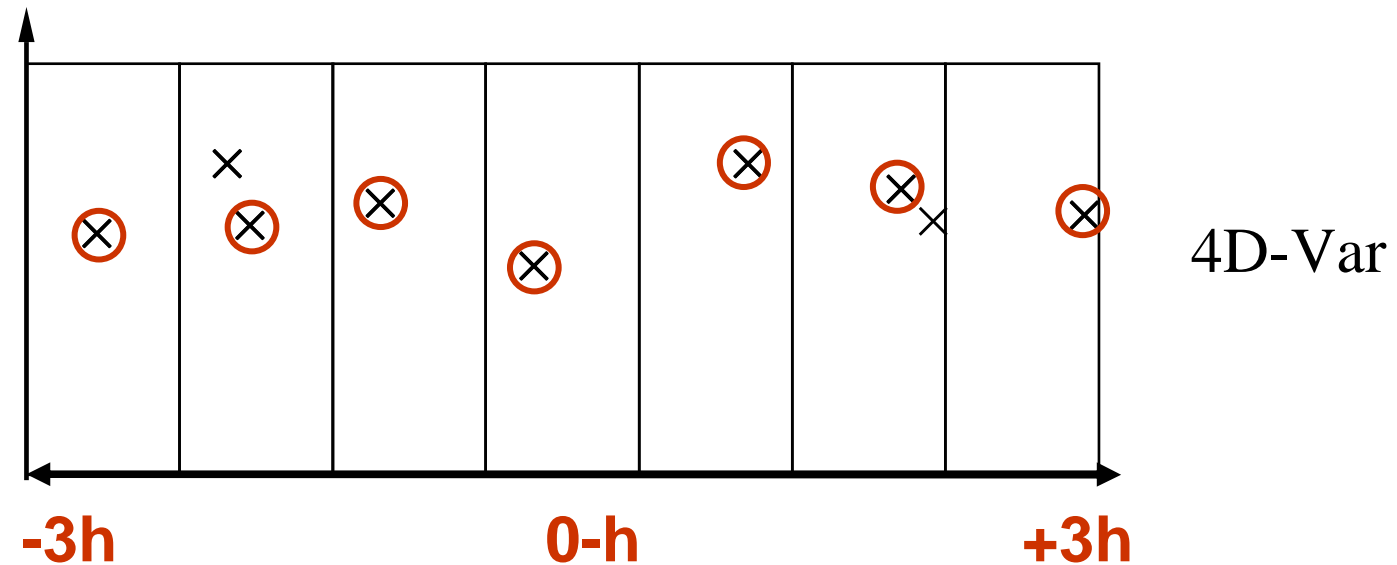
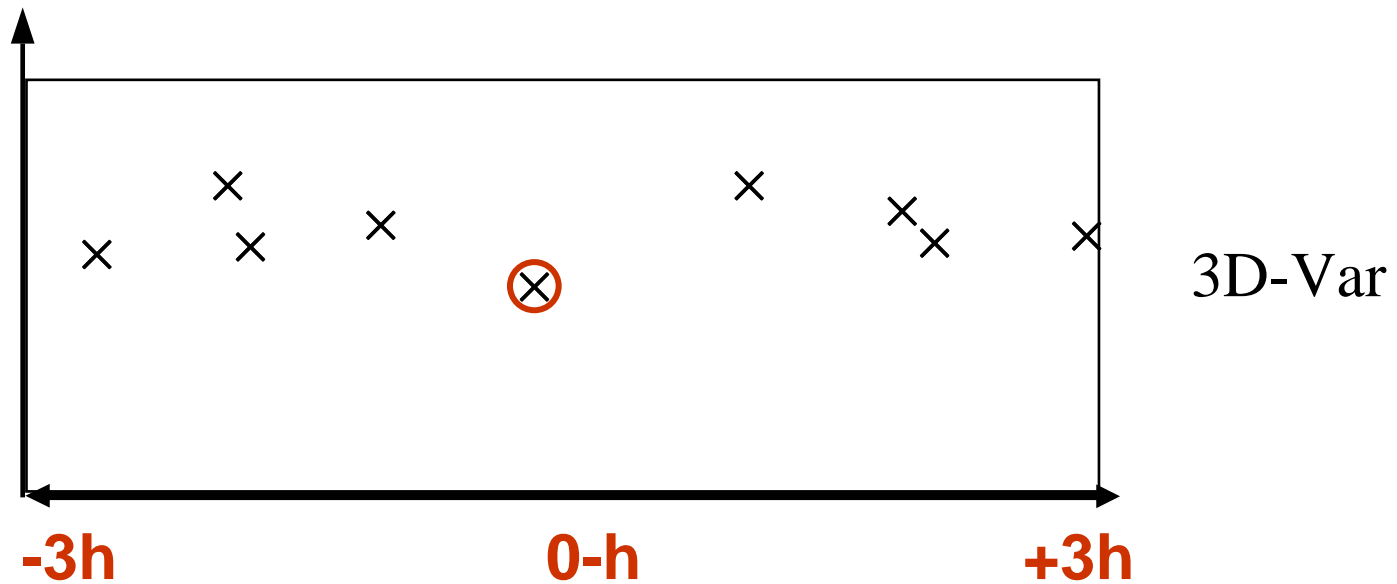


- Analyse
 - Champ d'essai
 - ATOVS
 - Autres Observations
- Intégration du modèle opérationnel pour générer le champ d'essai ou l'analyse finale.
- ⋯ Intégration du modèle opérationnel (ou trajectoire pleine résolution) pour le calcul des innovations (O-P) au temps approprié.

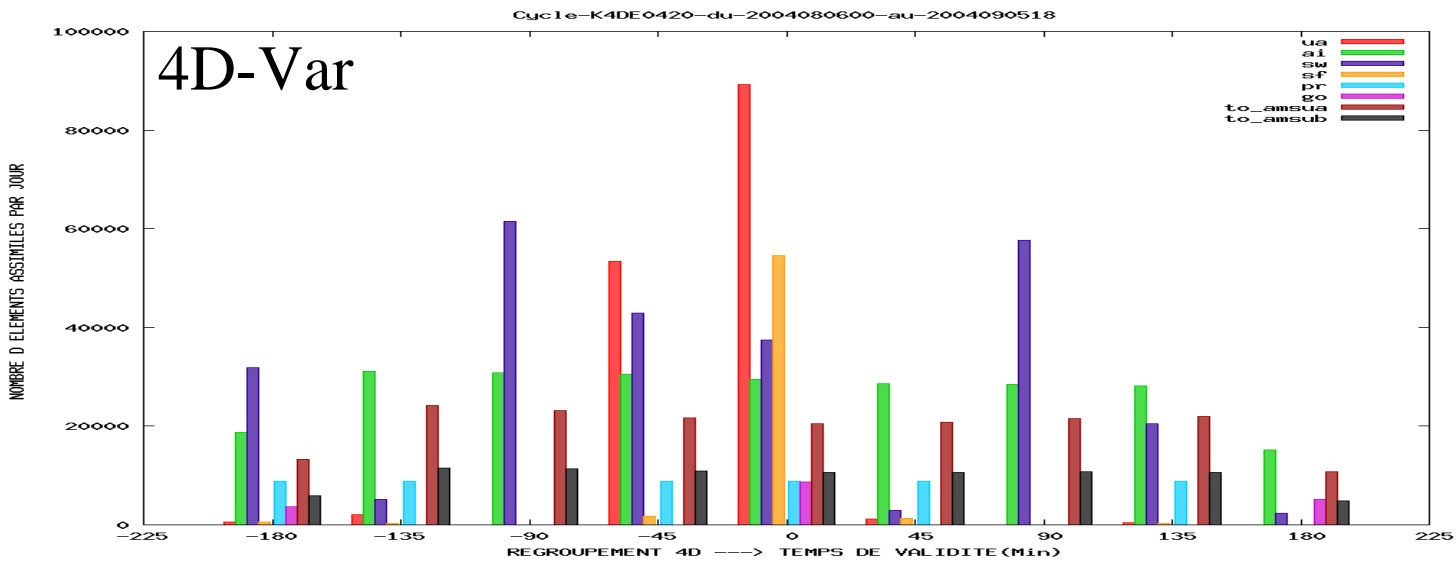
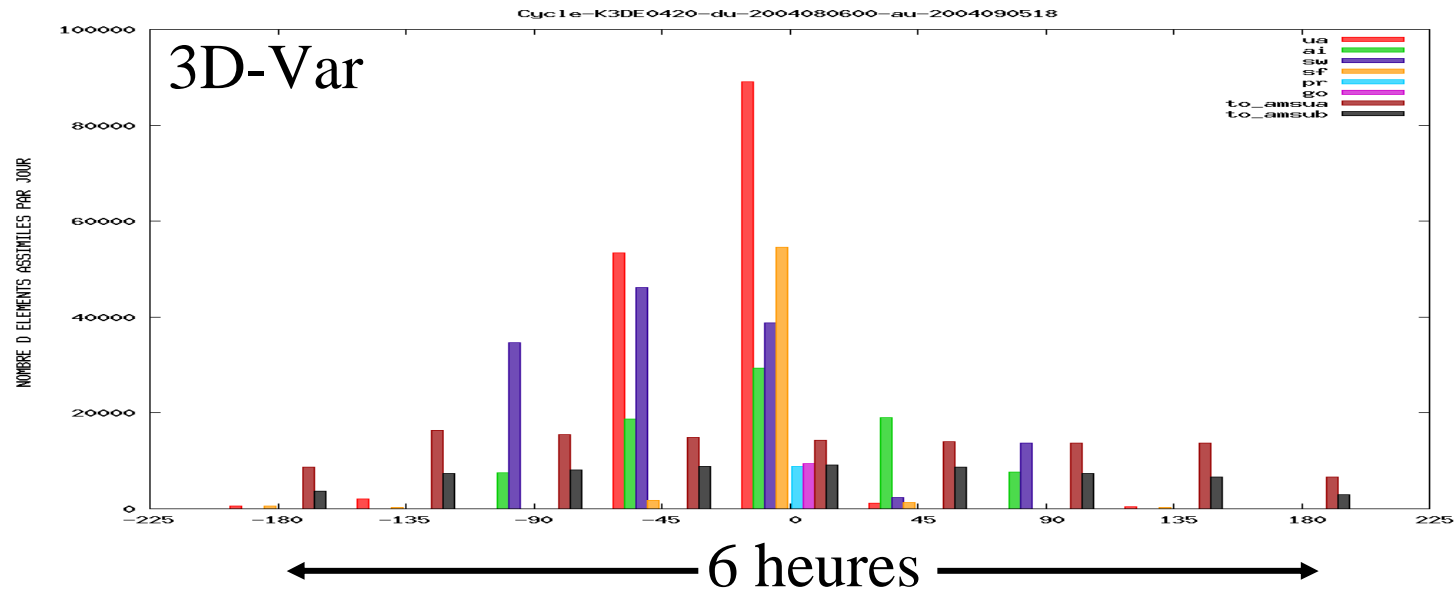
Tableau IV : Principales étapes d'analyse à 00Z et 12Z pour la prévision moyenne échéance, suivant le calcul du champ d'essai.

Temps après l'heure synoptique	3D-Var	4D-Var
2h30		<ul style="list-style-type: none"> -Préparation des observations -Background check
2h38		<ul style="list-style-type: none"> -Première boucle externe $J(\xi^0), \nabla J(\xi^0)$ -40 boucles internes (itérations) -Physique simplifiée : -Diffusion verticale
3h00	<ul style="list-style-type: none"> -Préparation des observations -Background check 	
3h10	<ul style="list-style-type: none"> -Une boucle externe $J(\xi^0), \nabla J(\xi^0)$ environ 100 boucles internes (itérations) 	<ul style="list-style-type: none"> -Calcul de $M(X^k)$ -Ajout des observations (2h30-3h10) -Background check
3h15		<ul style="list-style-type: none"> -Deuxième boucle externe $J(\xi^1), \nabla J(\xi^1)$ -30 boucles internes (itérations) -Physique simplifiée : -Diffusion verticale
3h25	<ul style="list-style-type: none"> -Calcul : $X = X_b + \mathbf{S}^{-1} \mathbf{B}^{1/2} \xi^0$	<ul style="list-style-type: none"> -SGO -Précipitation stratiforme -Convection
3h45		<ul style="list-style-type: none"> -Calcul :
3h50		$X = M_{3h} \left(X_b + \mathbf{S}^{-1} \mathbf{B}^{1/2} (\xi^0 + \xi^1) \right)$

Sélection temporelle des observations



Quantité typique de données sur la fenêtre d'assimilation



Données assimilées 4D-Var vs 3D-Var

(12Z 16 février 2005)

Type	4D-Var	3D-Var	Différence
Avion	75707	26147	+189%
Radiosonde	66605	66603	~0%
Satwind	82160	41604	+97%
ATOVS	71517	46832	+53%
GOES	3612	1979	+83%
Profileur	13040	2196	+494%

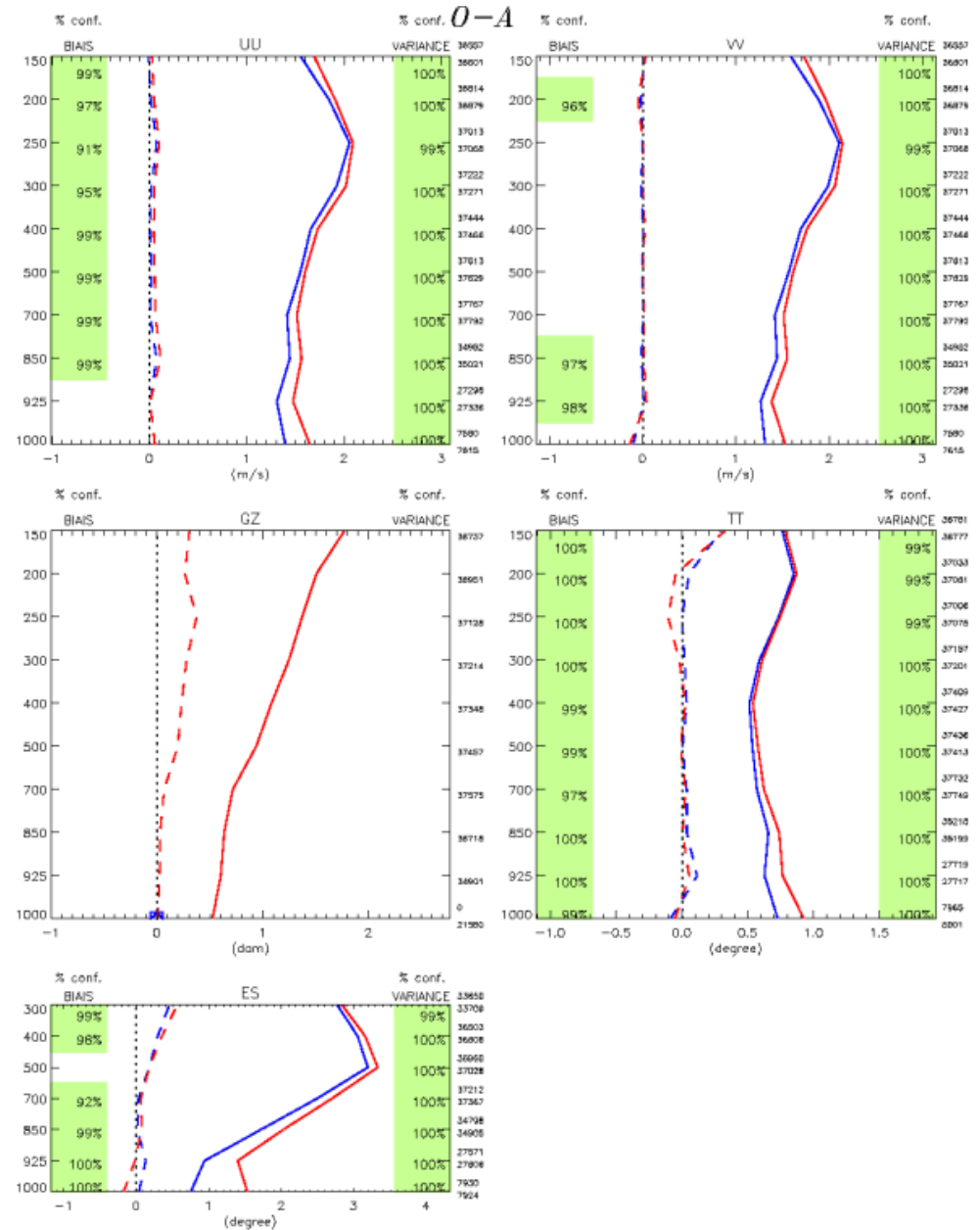
Cycles d'assimilation expérimentaux

Périodes: 11 décembre 2003 - 11 février 2004
15 juillet 2004 - 15 septembre 2004

Cycle d'été 2003-2004

Vérification contre observations
Analyse 0h
sur le monde

— 3D-Var
— 4D-Var

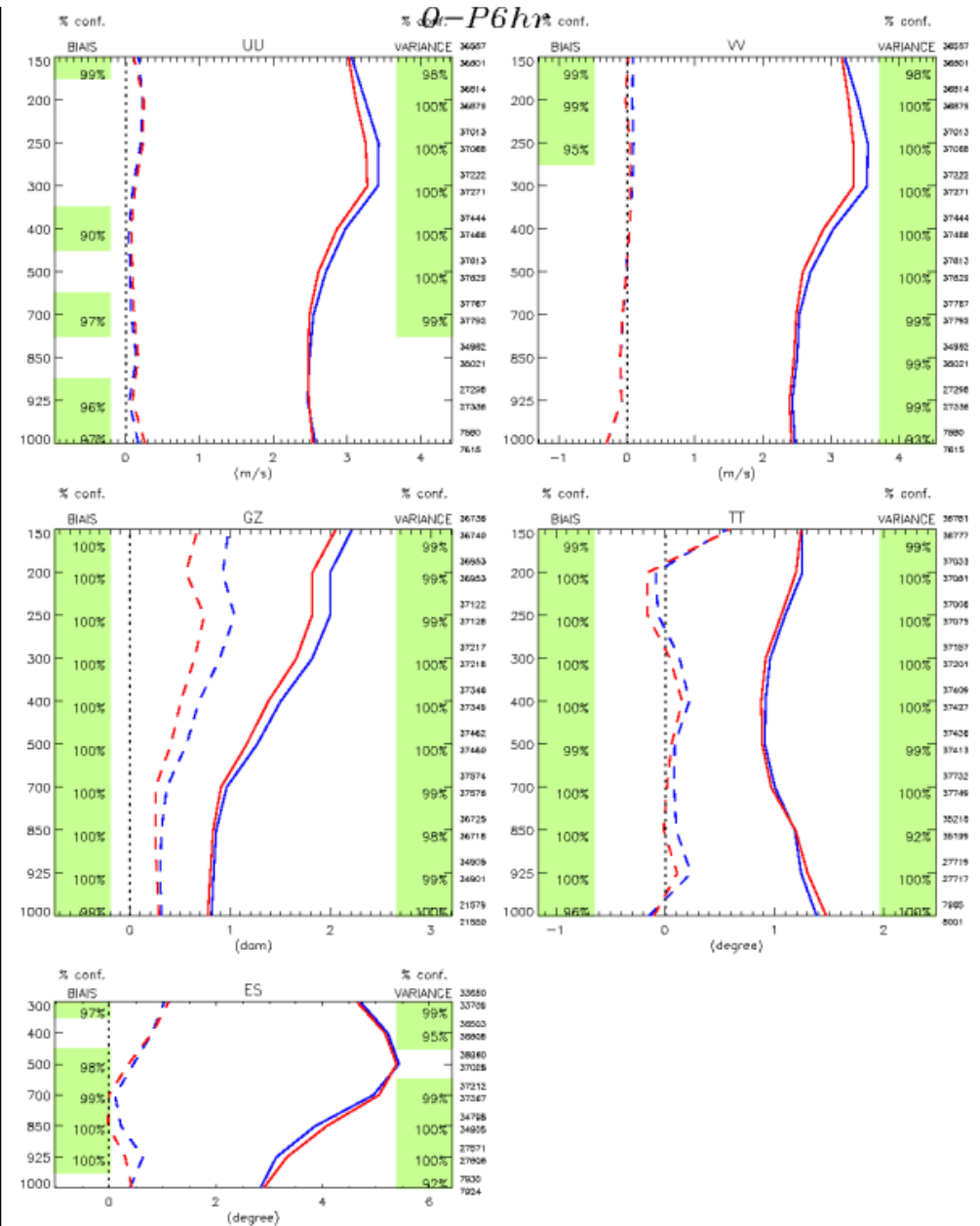


◇	—	E-T m_uu040715_040915_000_k3de0420 (126)	Type : O-A
□	- - -	BIAIS m_uu040715_040915_000_k3de0420	Region : Monde
◇	—	E-T m_uu040715_040915_000_k4de0420 (126)	Lat-lon : (90S, 180W) (90N, 180E)
□	- - -	BIAIS m_uu040715_040915_000_k4de0420	Stat.

Cycle d'été 2003-2004

Vérification contre observations
Champs d'essai 6h
sur le monde

— 3D-Var
— 4D-Var



◊ — 3D-Var EQM m_uu040715_040915_000_k3de0420 (126)
 ◊ - - - BIAIS m_uu040715_040915_000_k3de0420
 ◊ — 4D-Var EQM m_uv040715_040915_000_k4de0420 (126)
 ◊ - - - BIAIS m_uv040715_040915_000_k4de0420

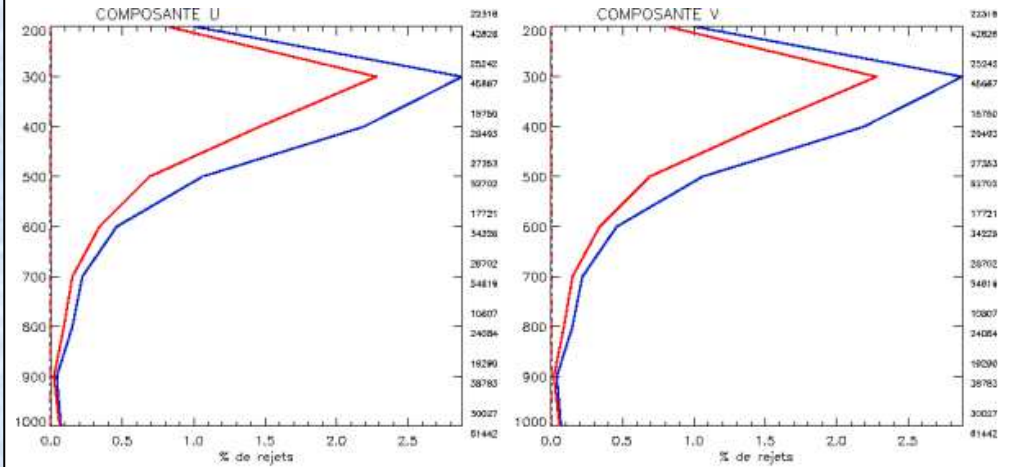
Type : 0-P6hr
 Region : Monde
 Lat-lon : (90S, 180W) (90N, 180E)
 Stat.

Taux de rejets

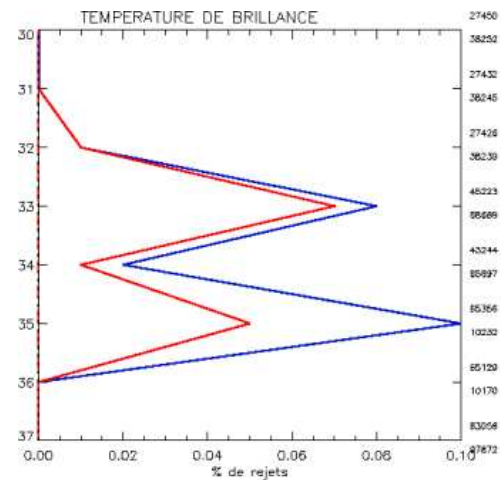
Cycle d'été 2004

- 3D-Var
- 4D-Var
- - - - - BGCK
- QC-Var

Satwinds



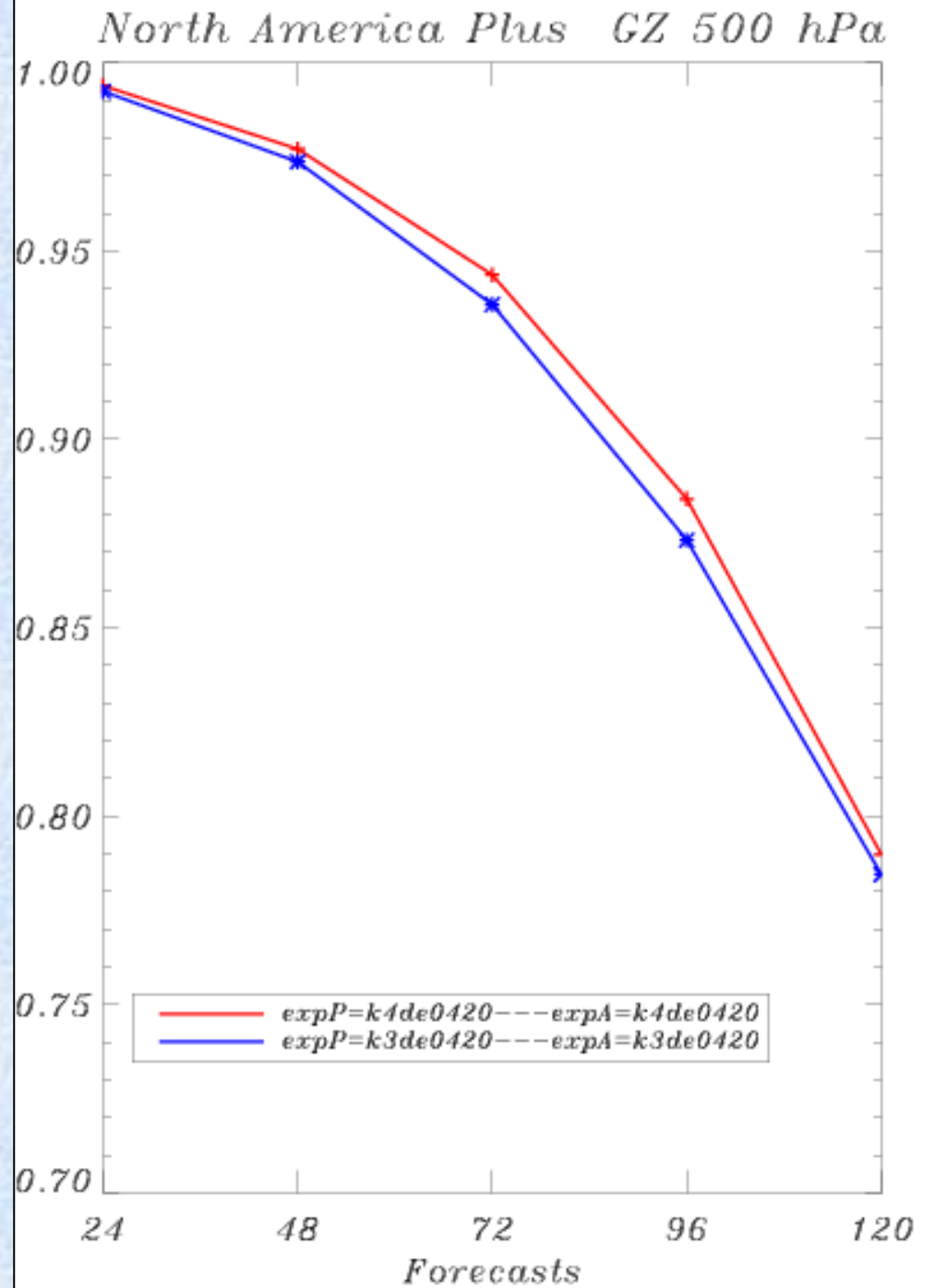
AMSU-A



Cycle d'été 2004

Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Amérique du Nord

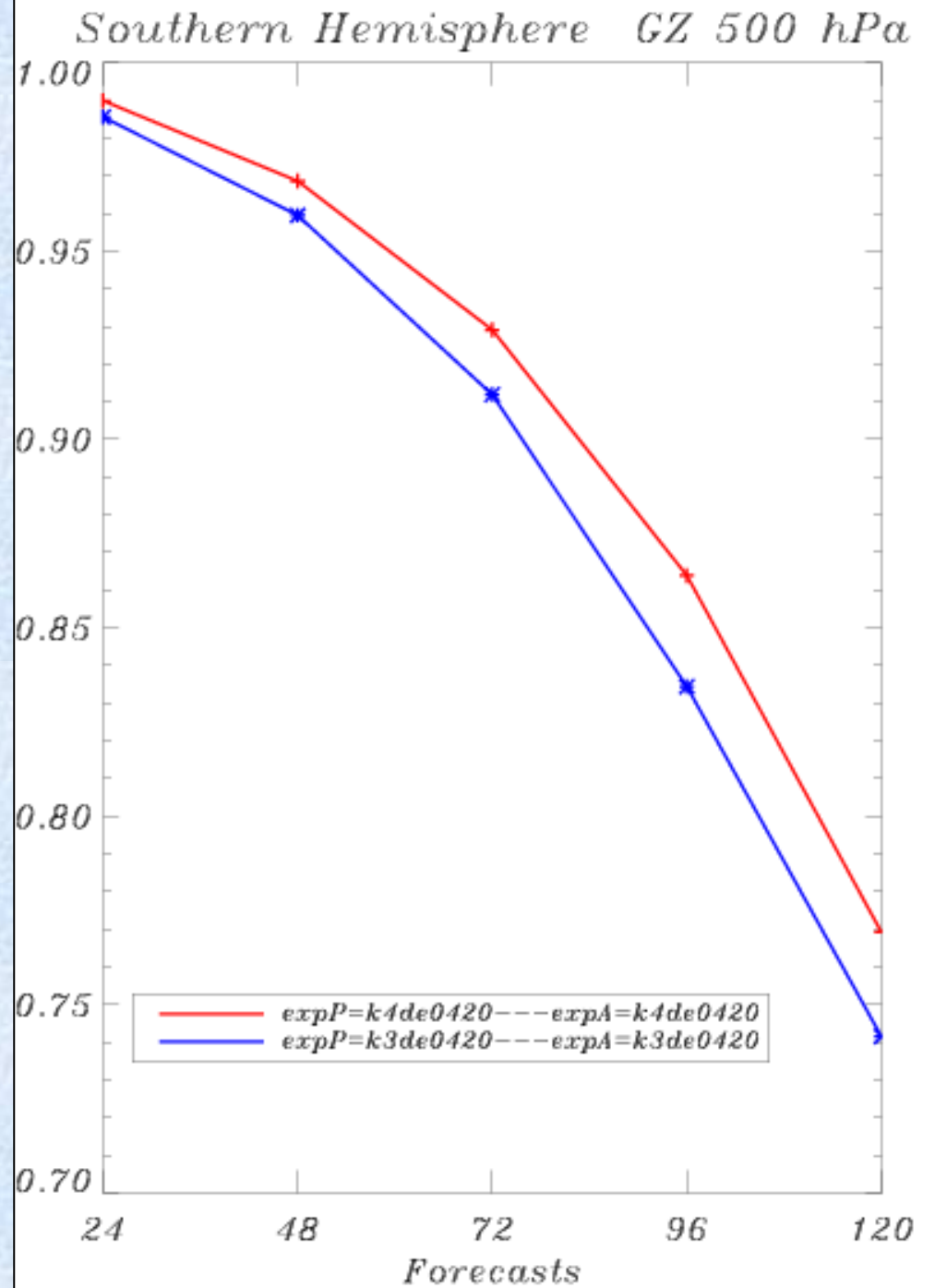
— 3D-Var
— 4D-Var



Cycle d'été 2004

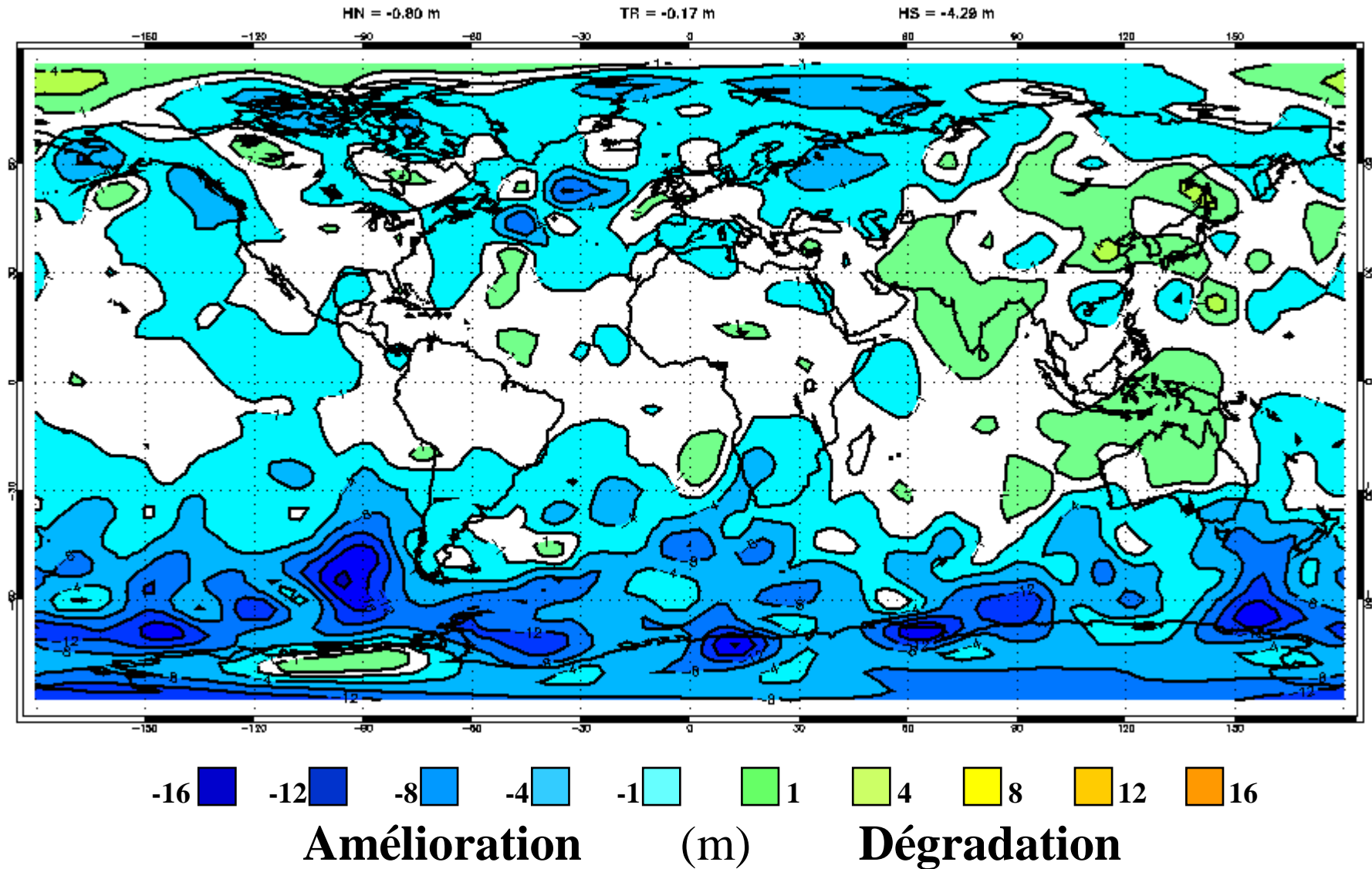
Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Hémisphère Sud

- 3D-Var
- 4D-Var



Cycle d'été 2003-2004

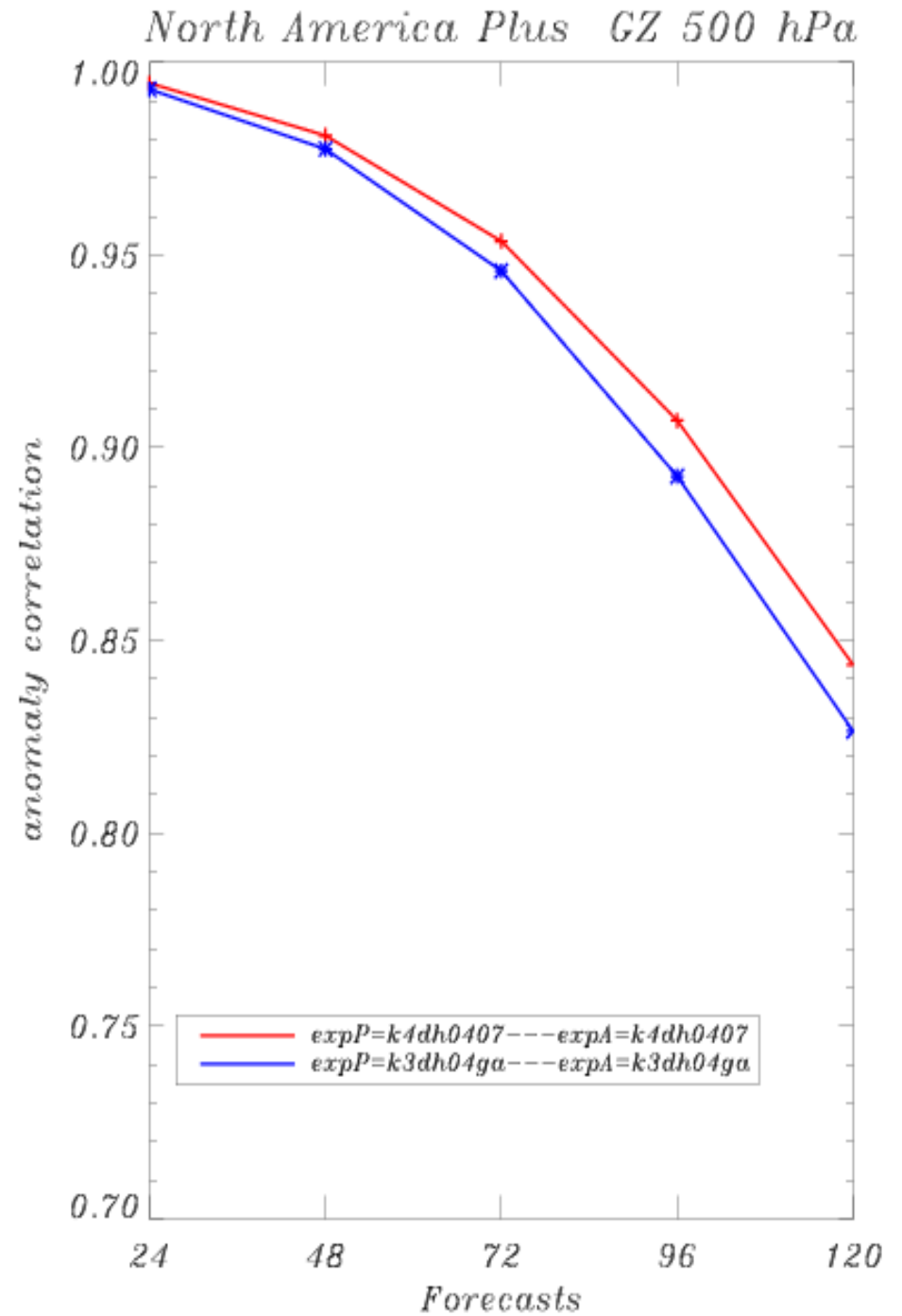
Différence de vérifications (4D-Var – 3D-Var) GZ 500 hPa à 72h



Cycle d'hiver 2003-2004

Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Amérique du Nord

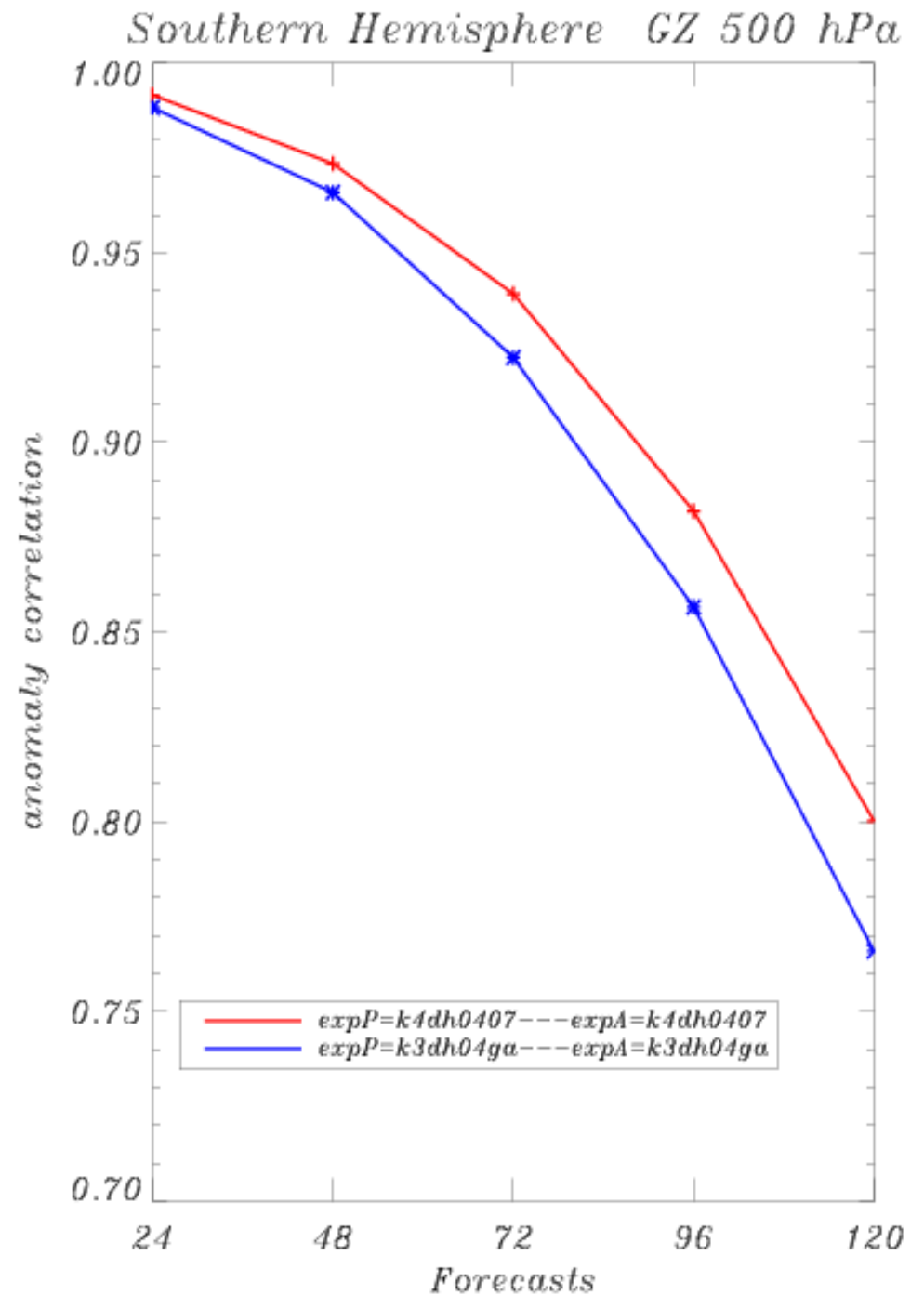
- 3D-Var
- 4D-Var



Cycle d'hiver 2003-2004

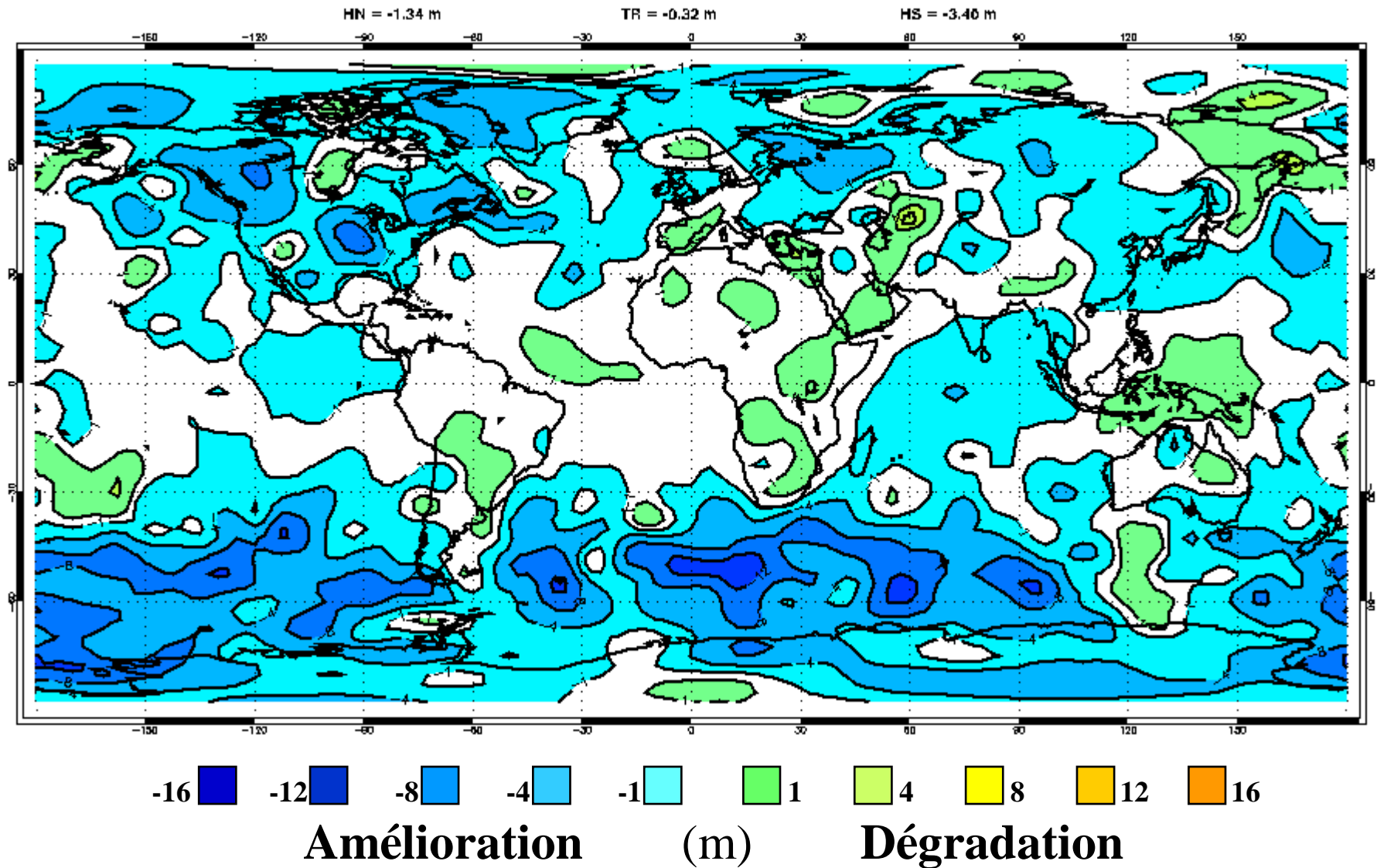
Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Hémisphère du Sud

- 3D-Var
- 4D-Var

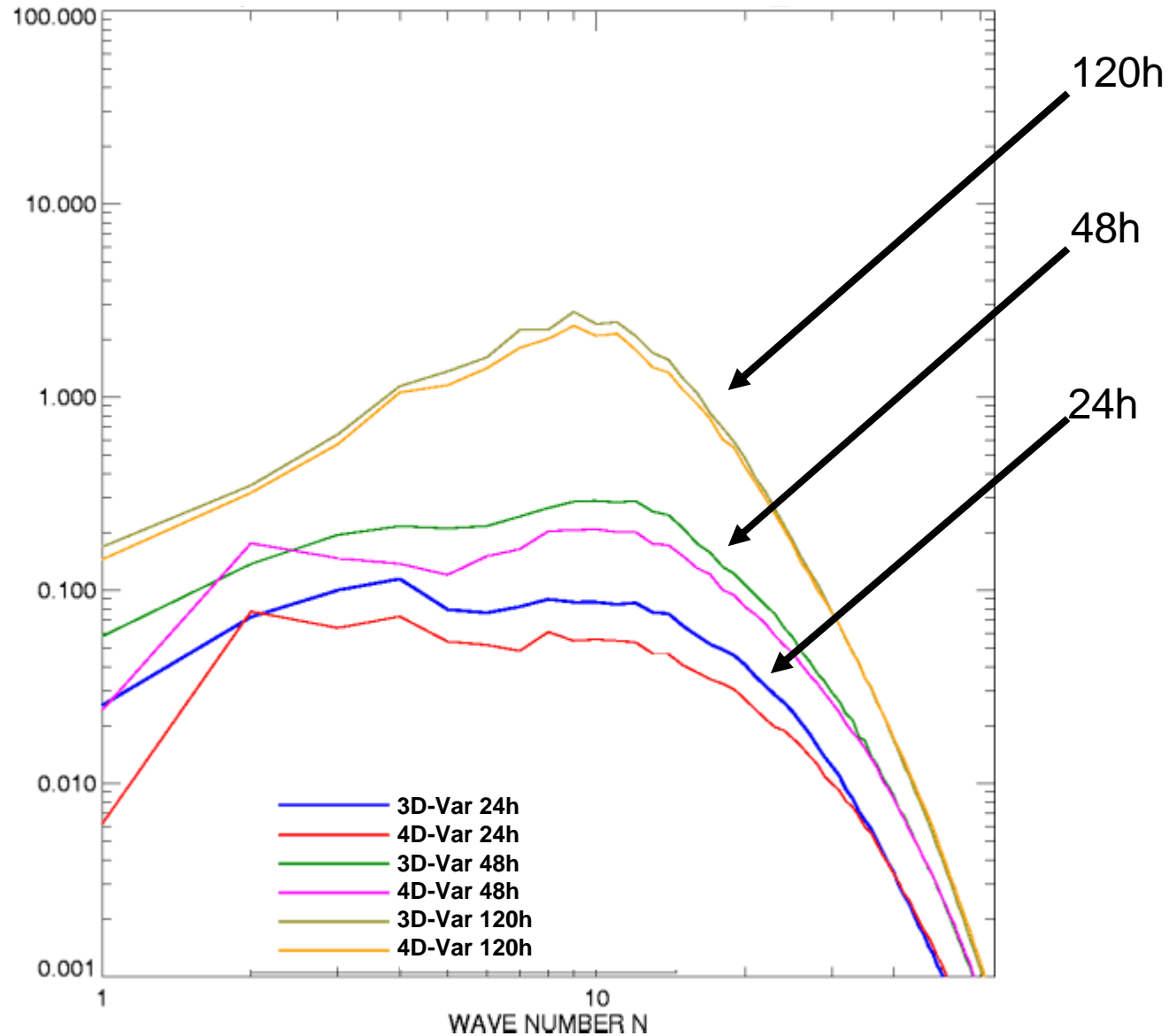


Cycle d'hiver 2003-2004

Différence de vérifications (4D-Var – 3D-Var) GZ 500 hPa à 72h



Spectre d'erreur GZ 500 hPa (été 2003)



Cycles supplémentaires sur août 2004

-Cycles réalisés avec deux jeux d'observations

-cycle de référence 3D-Var (thinning 3D)

-cycle de référence 4D-Var (thinning 4D)

-4D-Var (2 boucles, (diff,diff), thinning 4D)

-4D-Var (1 boucle, (diff), thinning 4D)

-4D-Var (2 boucles, (diff,phy), thinning 3D)

-3D-Var (1 boucle, FGAT, thinning 3D)

-3D-Var (1 boucle, FGAT, thinning 4D)

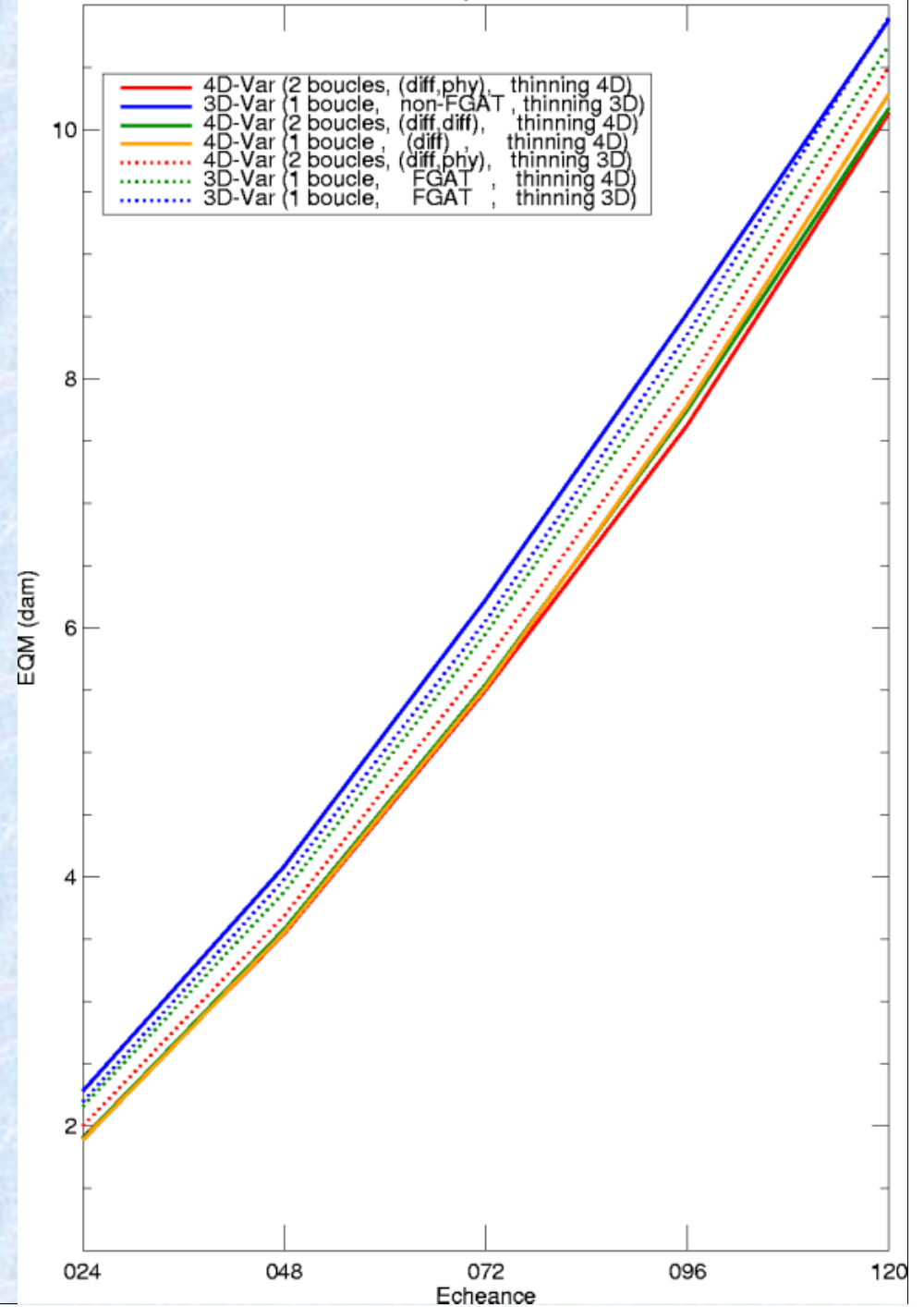
Étude d'impact des diverses composantes 4D-Var

(août 2004)

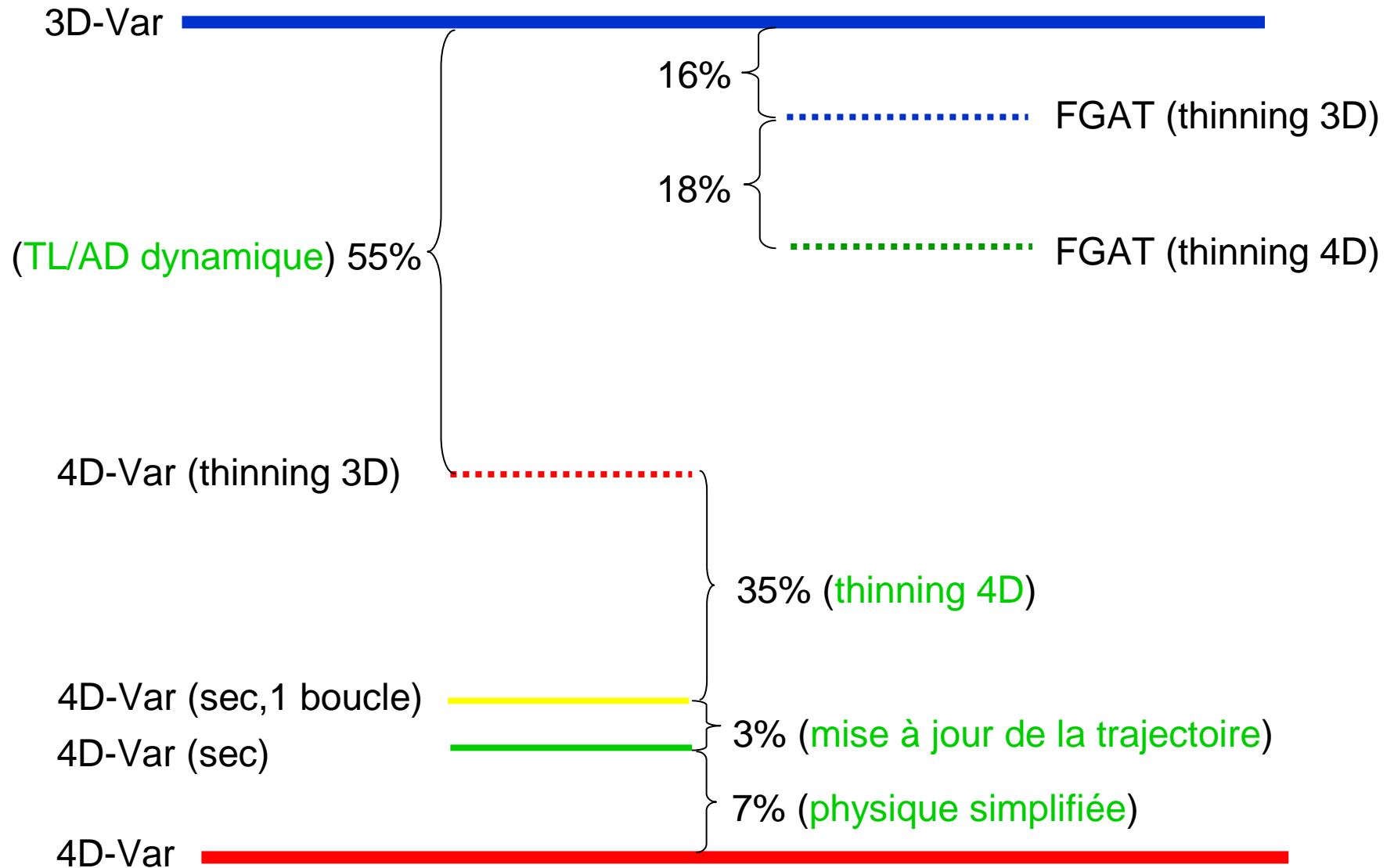
Erreur quadratique moyenne

GZ 500 hPa

sur l'hémisphère sud



Impact des diverses composantes de l'analyse 4D-Var



Trajectoires de tous les typhons en 2004

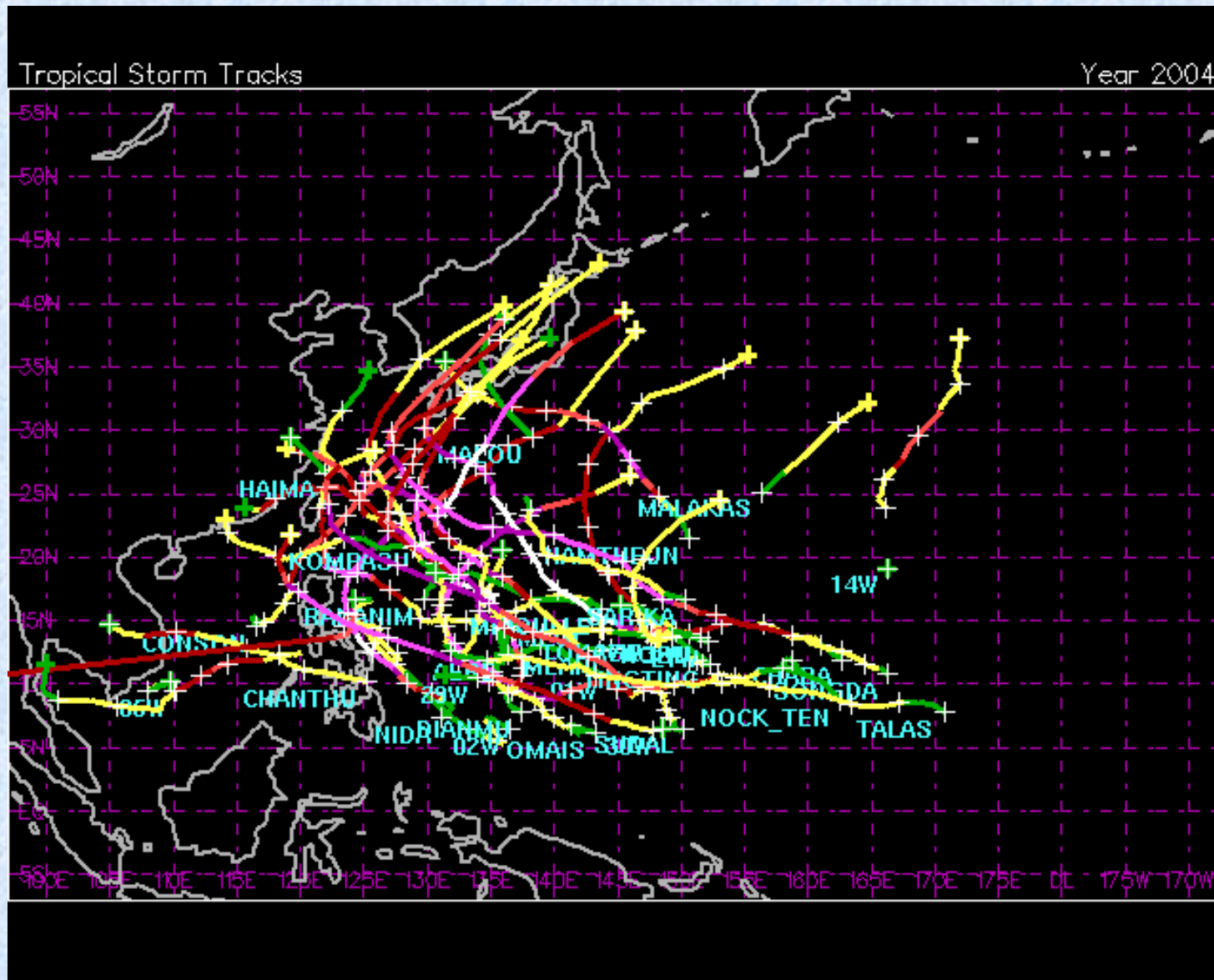


Image de unisys

Les typhons du mois d'août 2004

13	Typhoon NAMTHEUN	25 JUL-01 AUG	115	4
14	Tropical Depression 14W	03-03 AUG	30	-
15	Tropical Depression MALOU	04-05 AUG	30	-
16	Typhoon MERANTI	04-08 AUG	90	2
17	Typhoon RANANIM	07-13 AUG	90	2
18	Tropical Storm MALAKAS	10-12 AUG	35	-
19	Typhoon MEGI	14-19 AUG	65	1
20	Super Typhoon CHABA	18-31 AUG	155	5
21	Typhoon AERE	19-26 AUG	85	2
22	Tropical Storm 21W	26-28 AUG	35	-
23	Super Typhoon SONGDA	27 AUG-07 SEP	130	4

Trajectoire du typhon Chaba du 18-31 août 2004

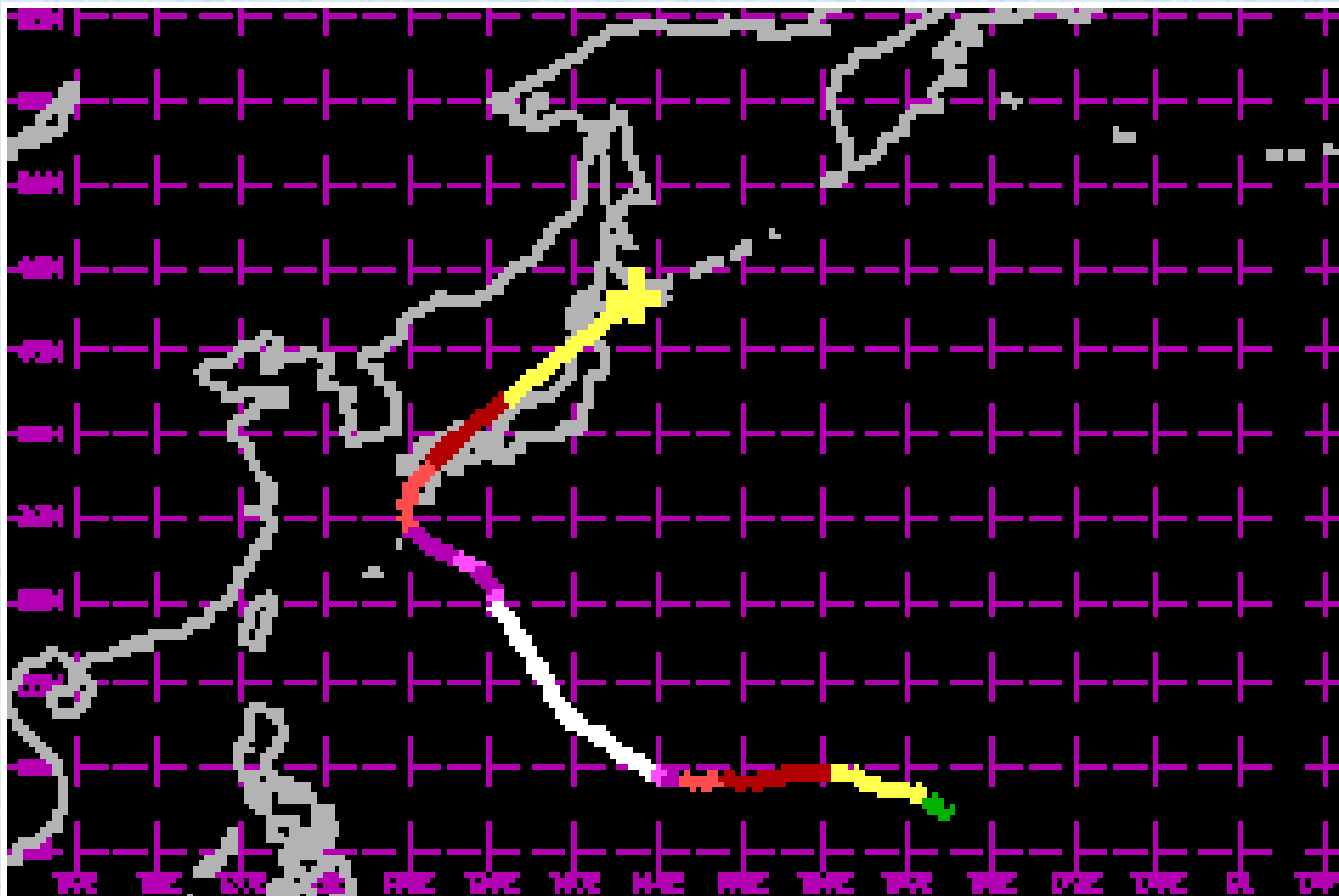
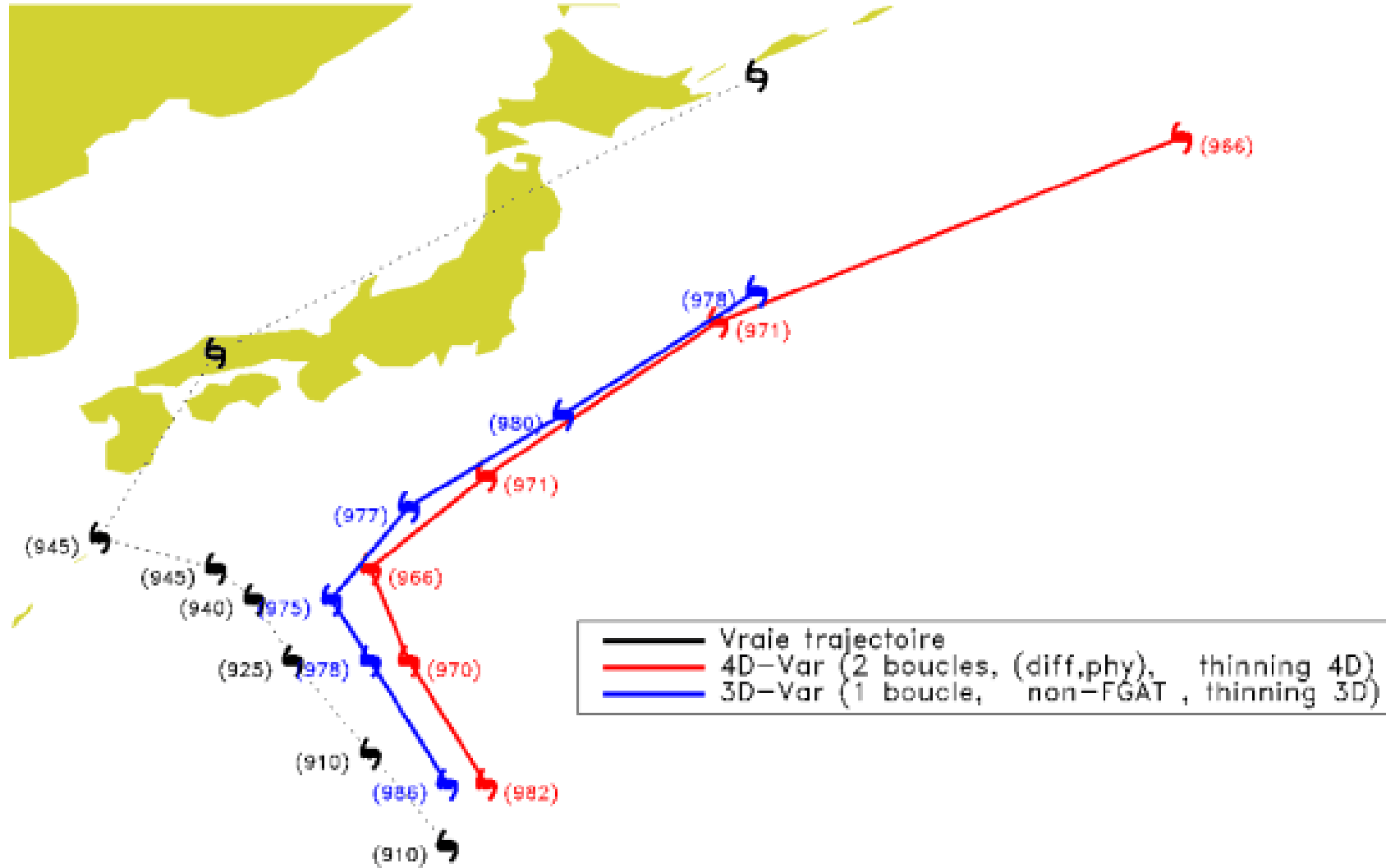


Image de unisys

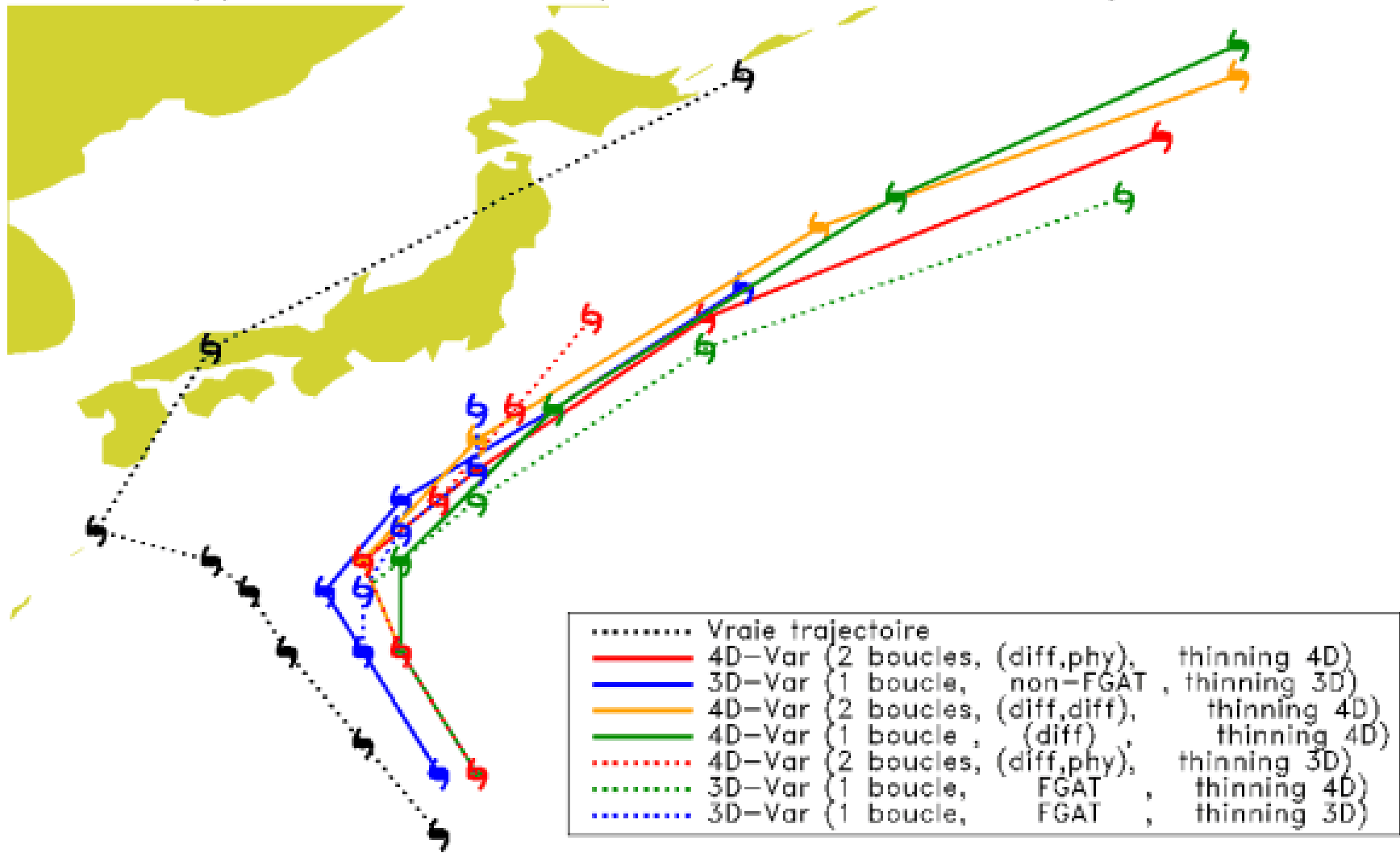
Prévisions 0-120h 3D-Var et 4D-Var

Typhon Chaba (24-29 aout 2004)



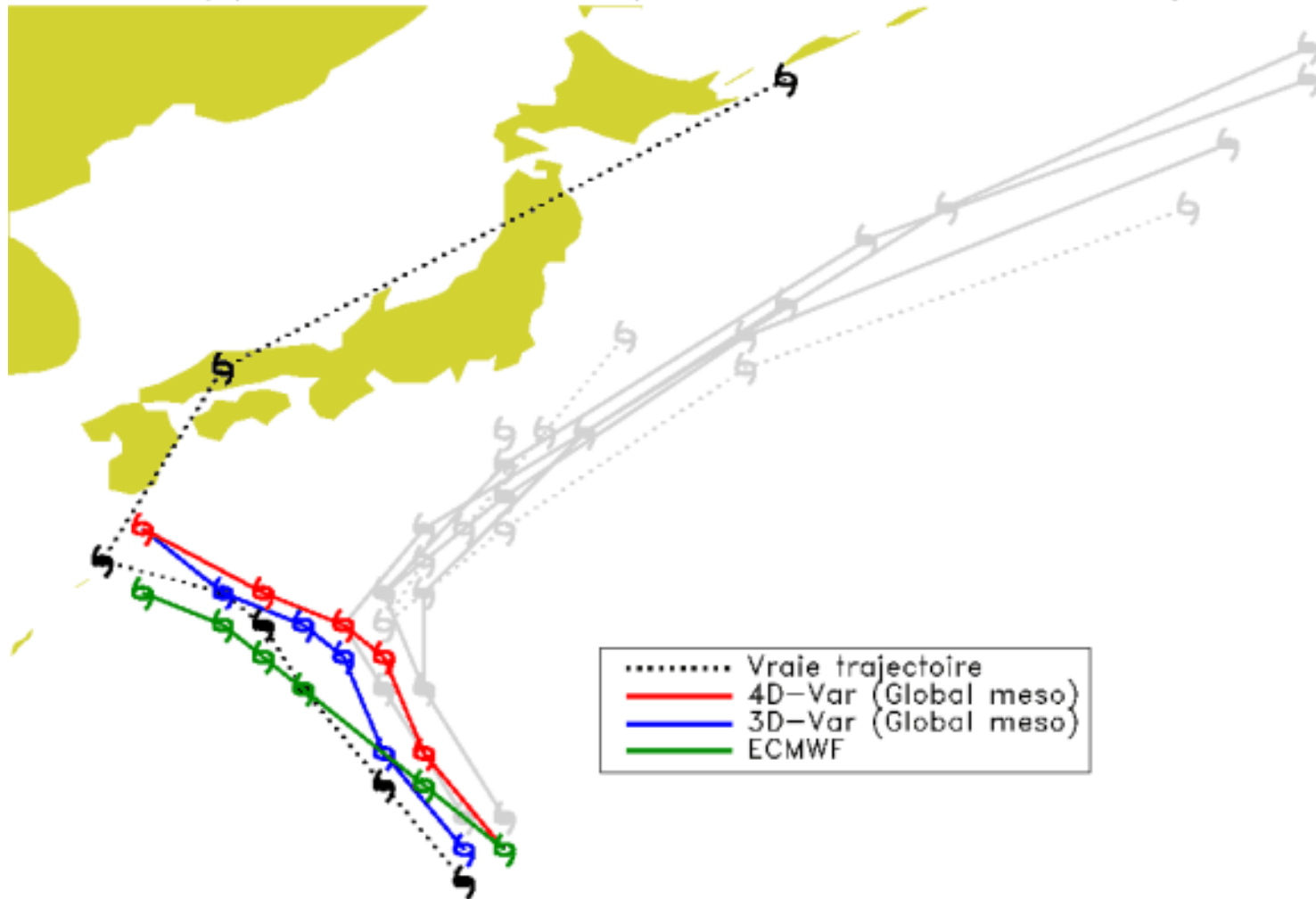
Prévisions 0-120h variantes 3D/4D-Var

Typhon Chaba (24-29 août 2004)



Prévisions 0-120h Global méso à partir du 3D-Var et 4D-var

Typhon Chaba (24–29 août 2004)



Les typhons du mois d'août 2004

13	Typhoon NAMTHEUN	25 JUL-01 AUG	115	4
14	Tropical Depression 14W	03-03 AUG	30	-
15	Tropical Depression MALOU	04-05 AUG	30	-
16	Typhoon MERANTI	04-08 AUG	90	2
17	Typhoon RANANIM	07-13 AUG	90	2
18	Tropical Storm MALAKAS	10-12 AUG	35	-
19	Typhoon MEGI	14-19 AUG	65	1
20	Super Typhoon CHABA	18-31 AUG	155	5
21	Typhoon AERE	19-26 AUG	85	2
22	Tropical Storm 21W	26-28 AUG	35	-
23	Super Typhoon SONGDA	27 AUG-07 SEP	130	4

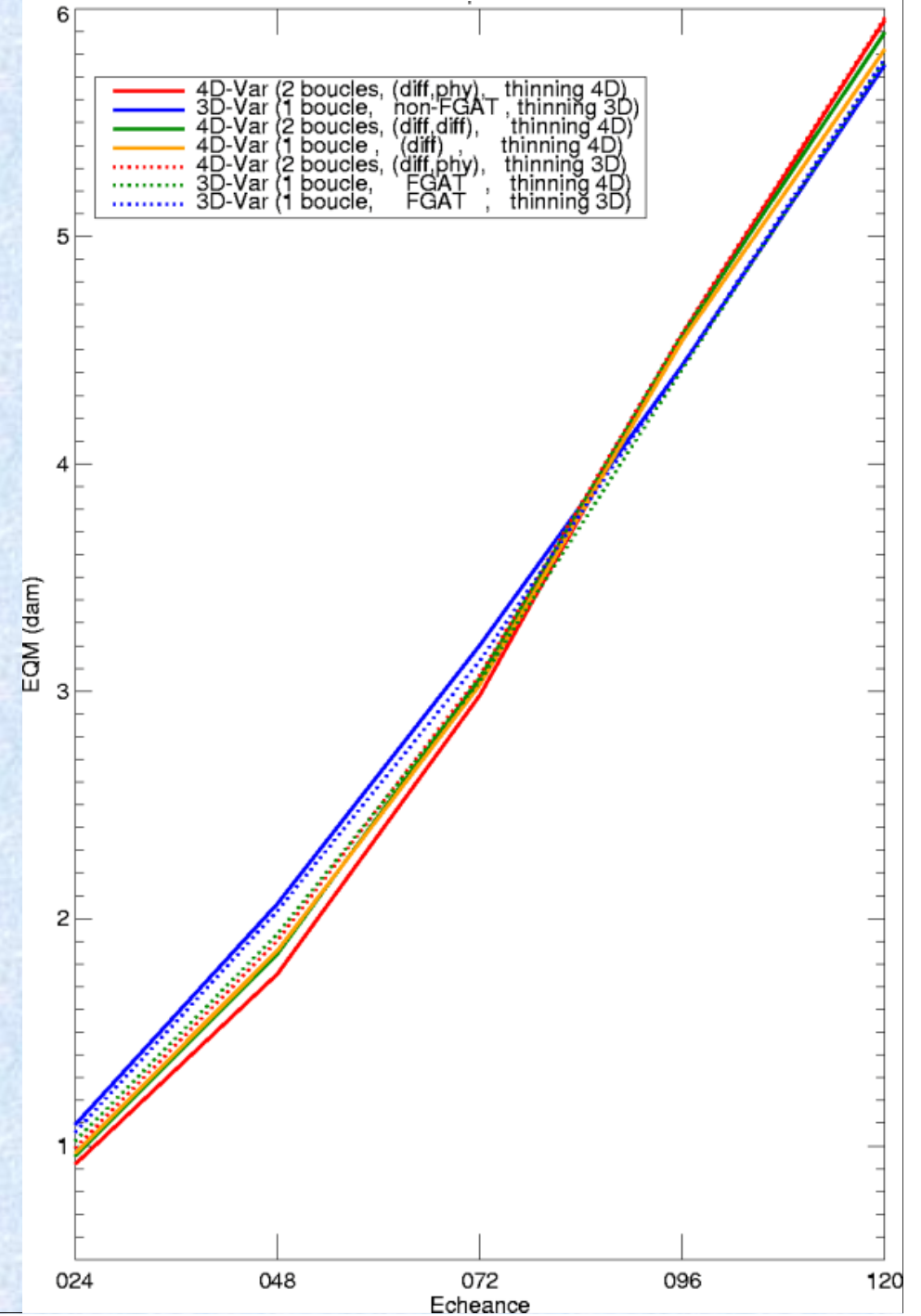
Étude d'impact des diverses composantes 4D-Var

(août 2004)

Erreur quadratique moyenne

GZ 500 hPa

sur le Pacifique nord



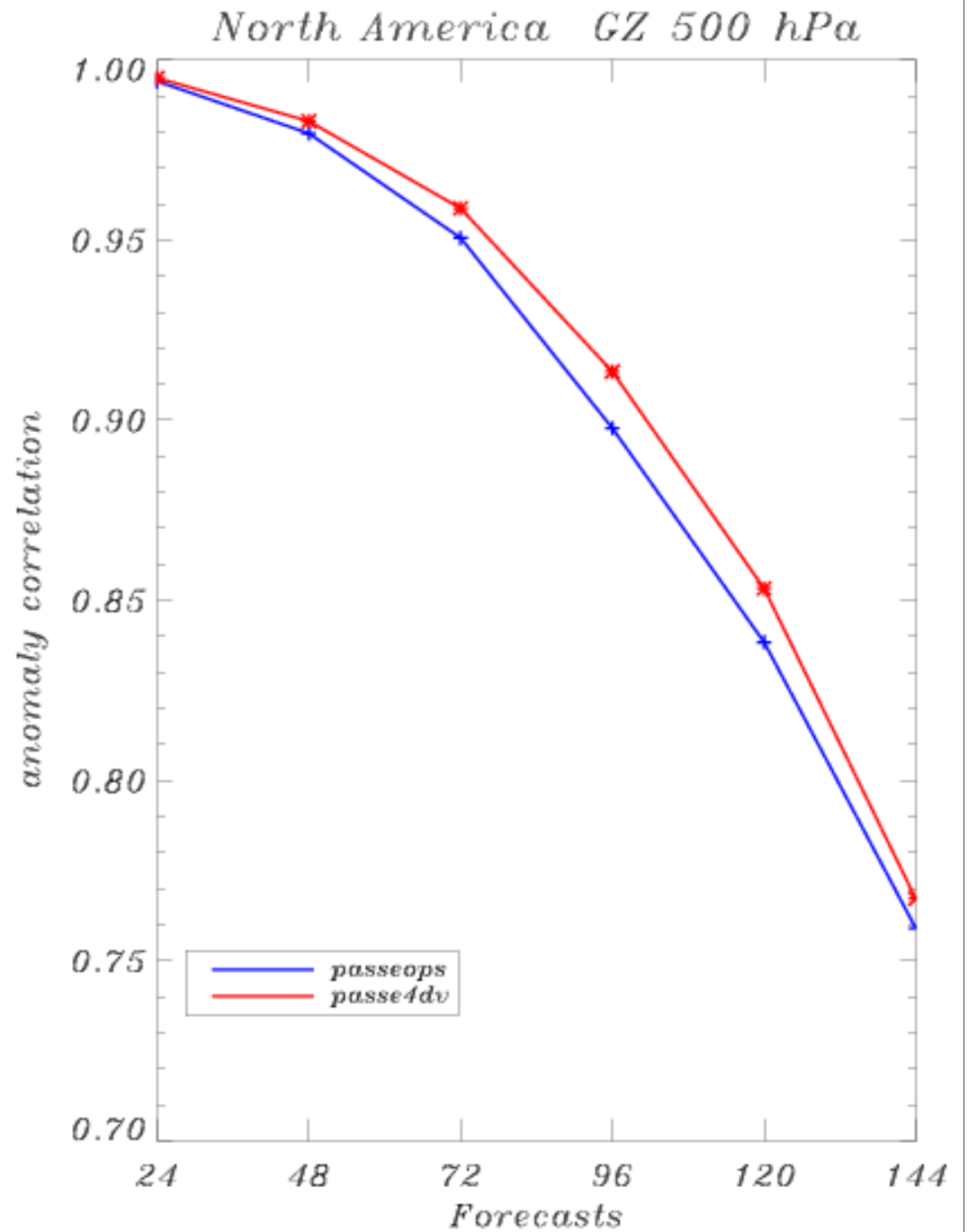
Quelques résultats de la passe parallèle

En cours depuis le 2 décembre

Passe Parallèle

Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Amérique du Nord

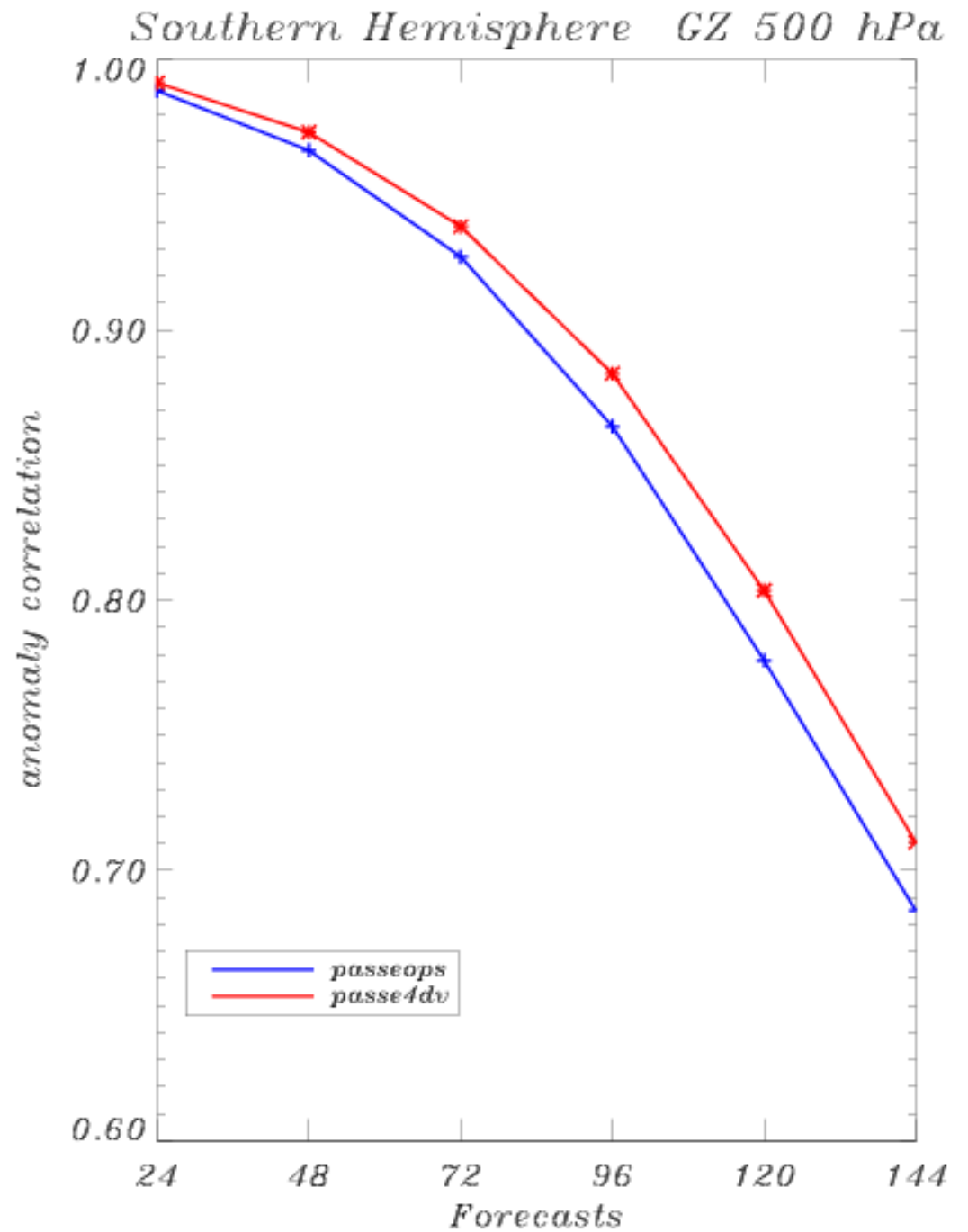
— 3D-Var
— 4D-Var



Passe Parallèle

Corrélation d'anomalies
GZ 500 hPa
sur l'Hémisphère Sud

- 3D-Var
- 4D-Var



Différence de vérifications
(4D-Var – 3D-Var)
GZ 500 hPa à 72h

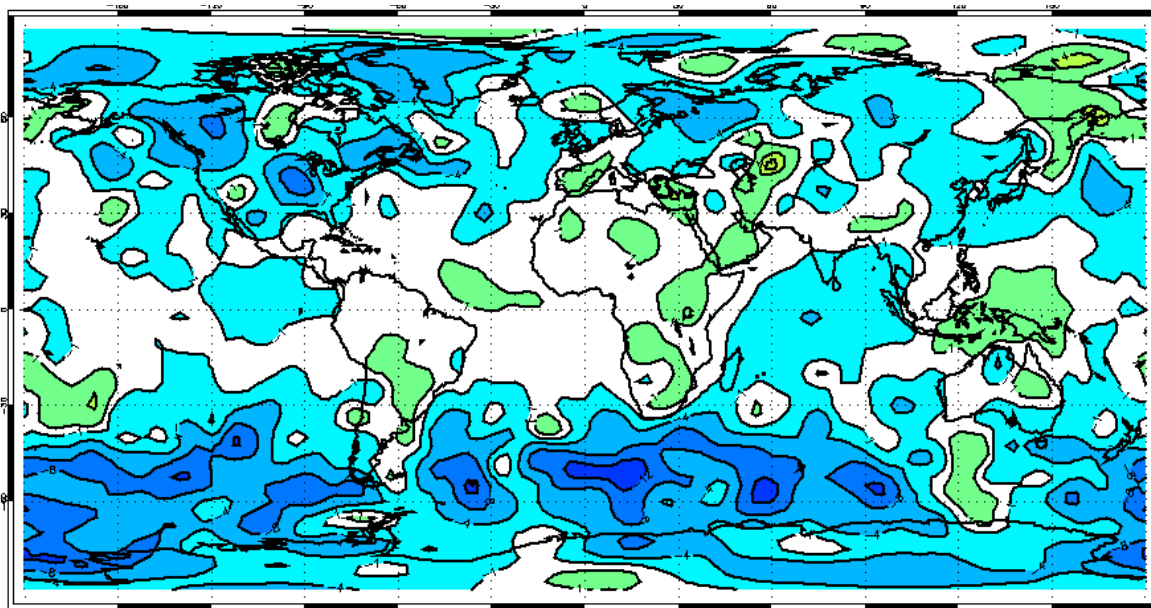
Cycle de référence (G2)
11 déc. 2003 – 11 fév. 2004

Passe Parallèle (G1)
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

HN = -1.34 m

TR = -0.32 m

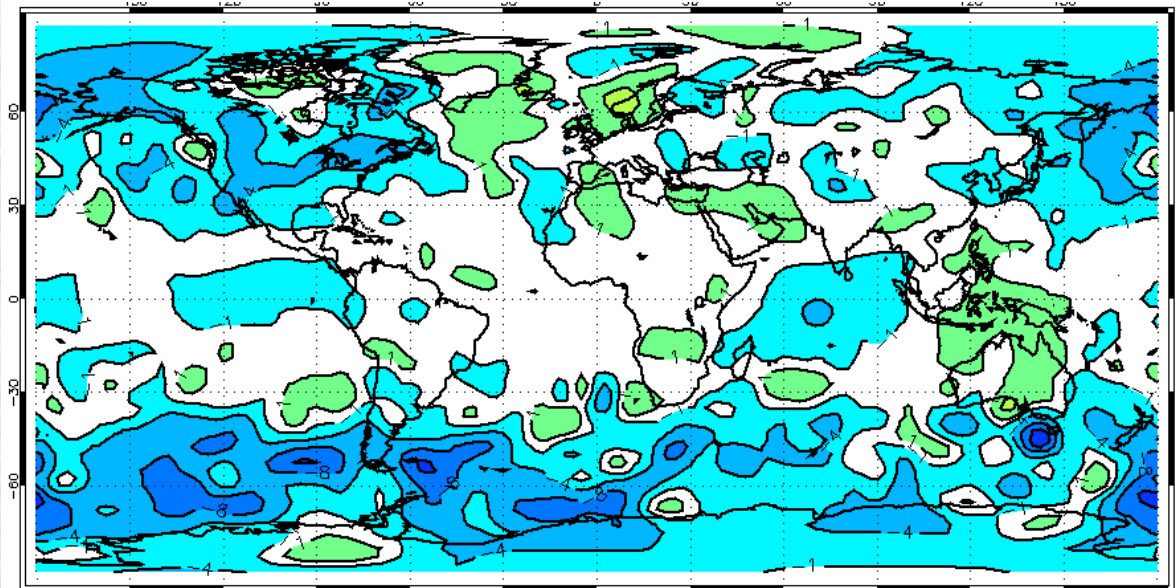
HS = -3.46 m



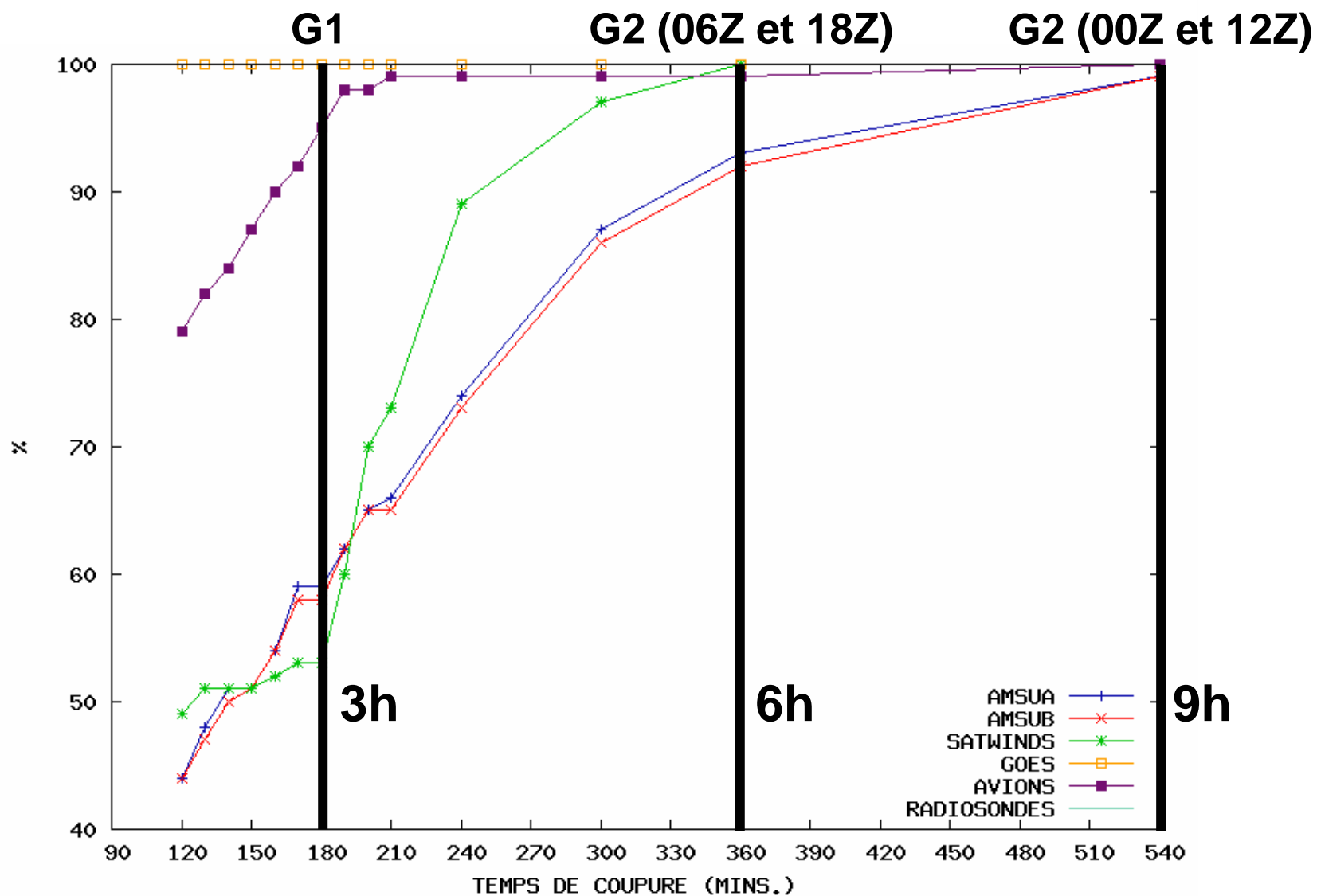
HN = -1.13 m

TR = -0.25 m

HS = -2.31 m

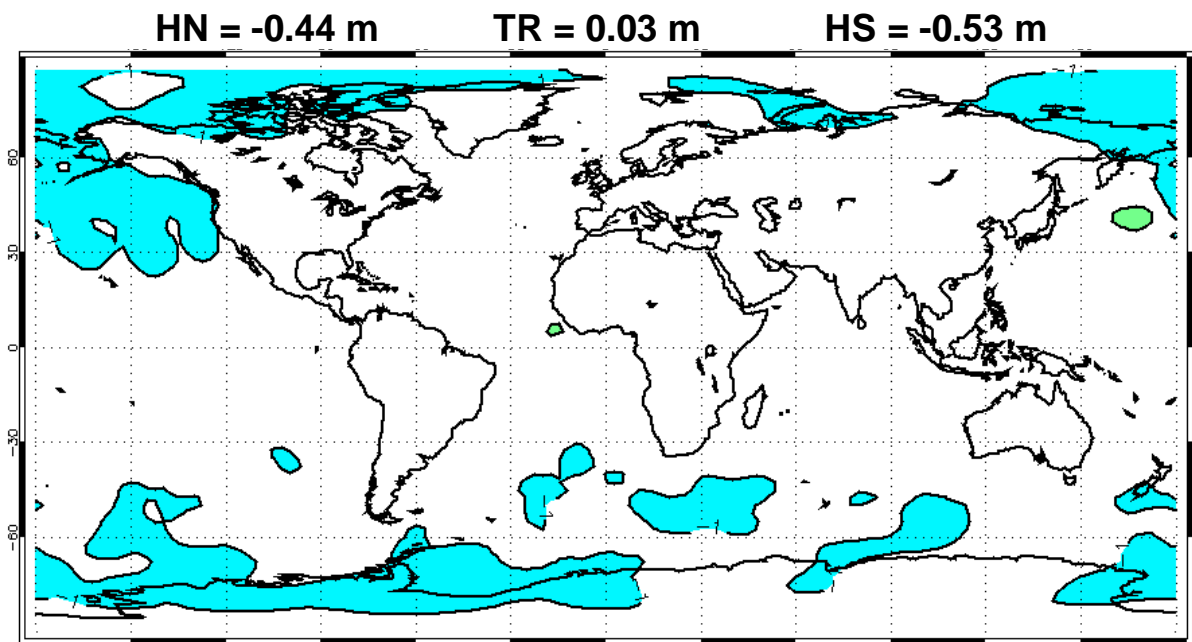


Pourcentage d'observations reçues dans la fenêtre d'assimilation en fonction du temps de coupure

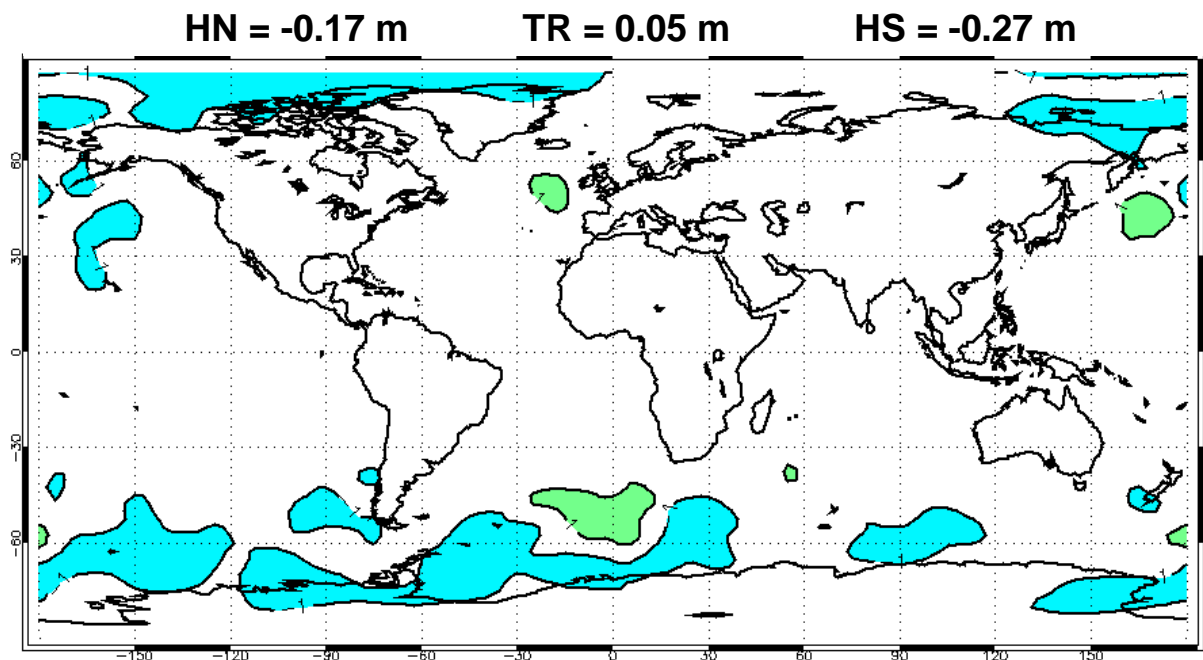


Différence de vérifications
G1/G2
GZ 500 hPa à 24h

4D-Var G2 vs 4D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

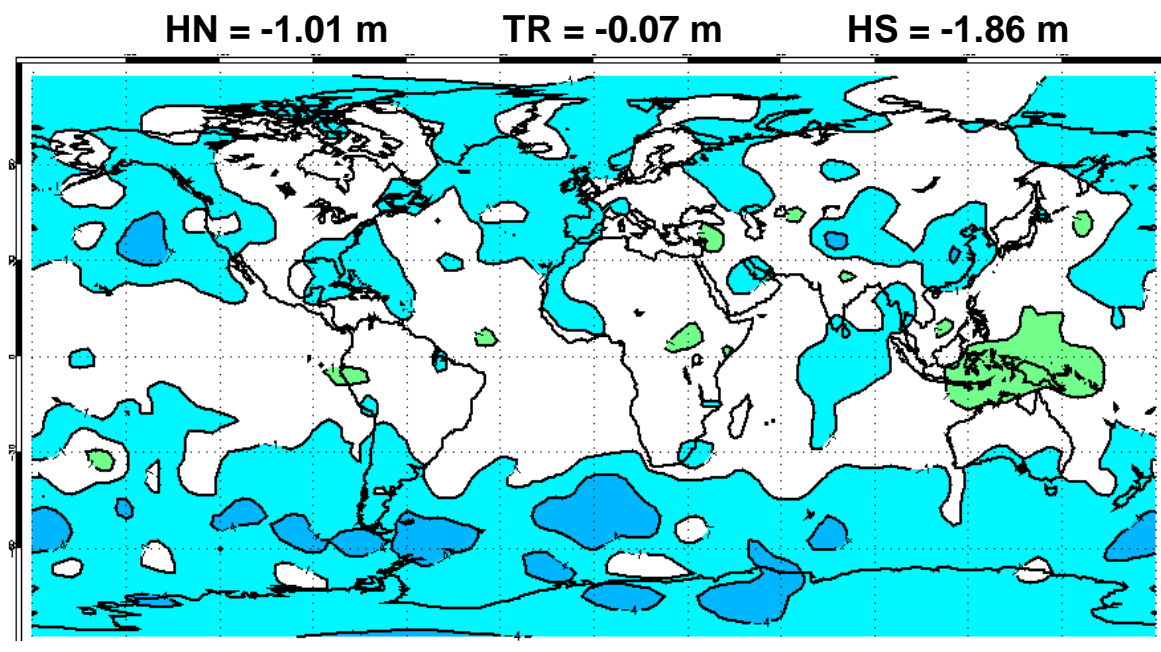


3D-Var G2 vs 3D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

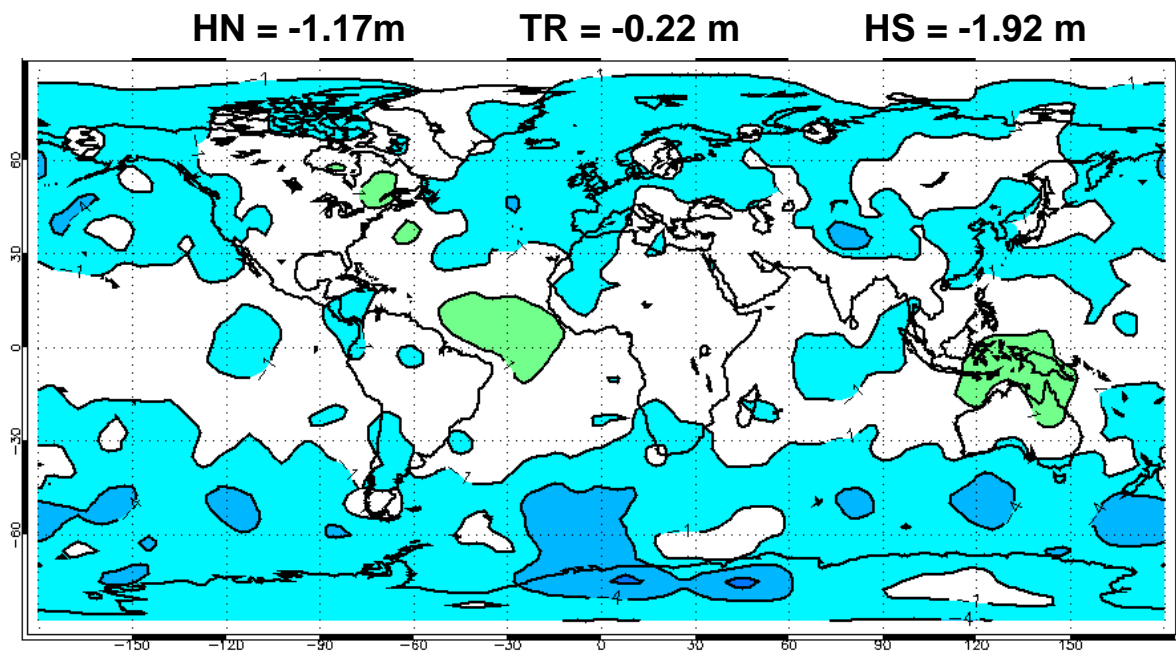


Différence de vérifications
(4D-Var – 3D-Var)
GZ 500 hPa à 24h

Cycle de référence (G2)
11 déc. 2003 – 11 fév. 2004



Passe Parallèle (G2)
2 déc. 2004 – 31 jan 2005



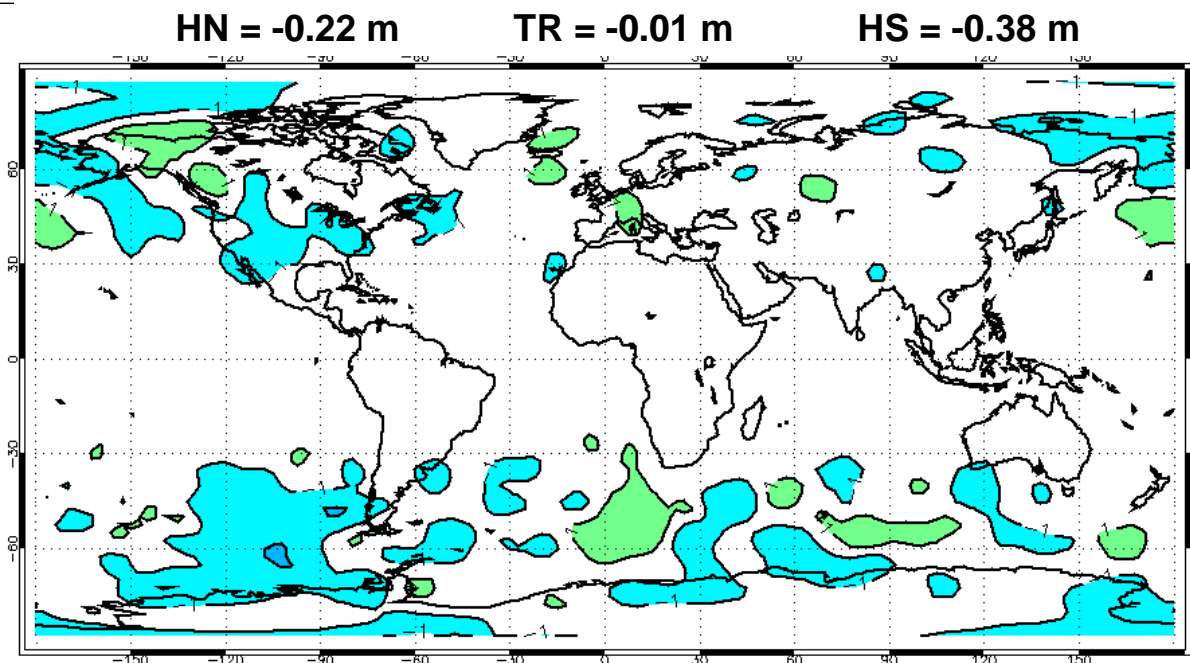
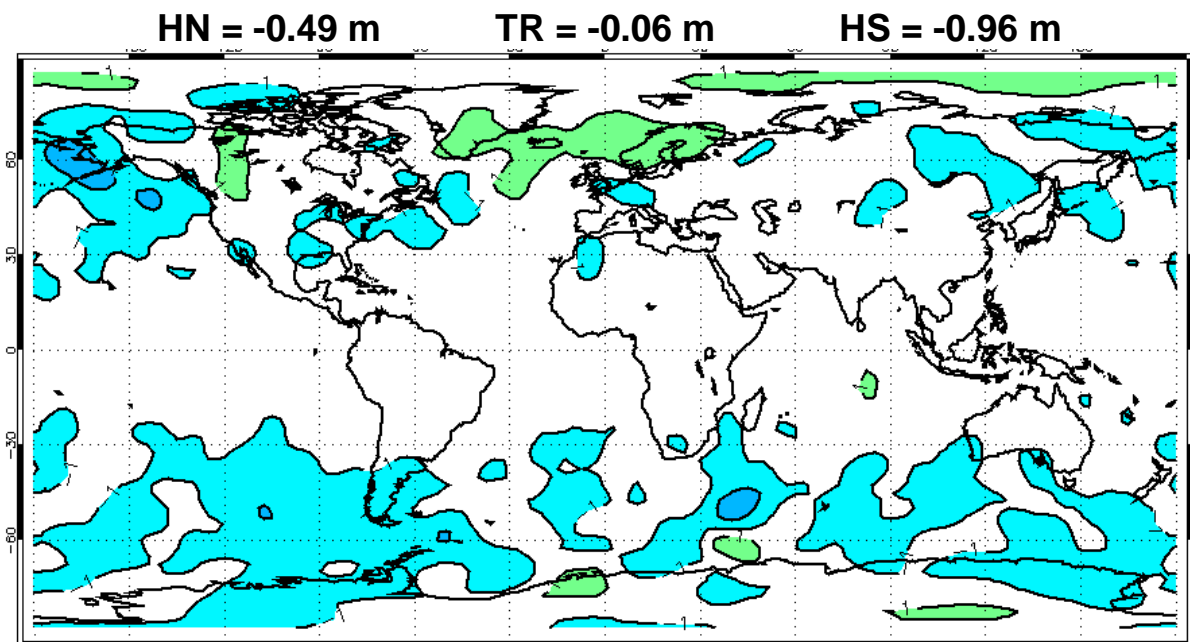
Différence de vérifications

G1/G2

GZ 500 hPa à 72h

4D-Var G2 vs 4D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

3D-Var G2 vs 3D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005



Différence de vérifications
(4D-Var – 3D-Var)
GZ 500 hPa à 72h

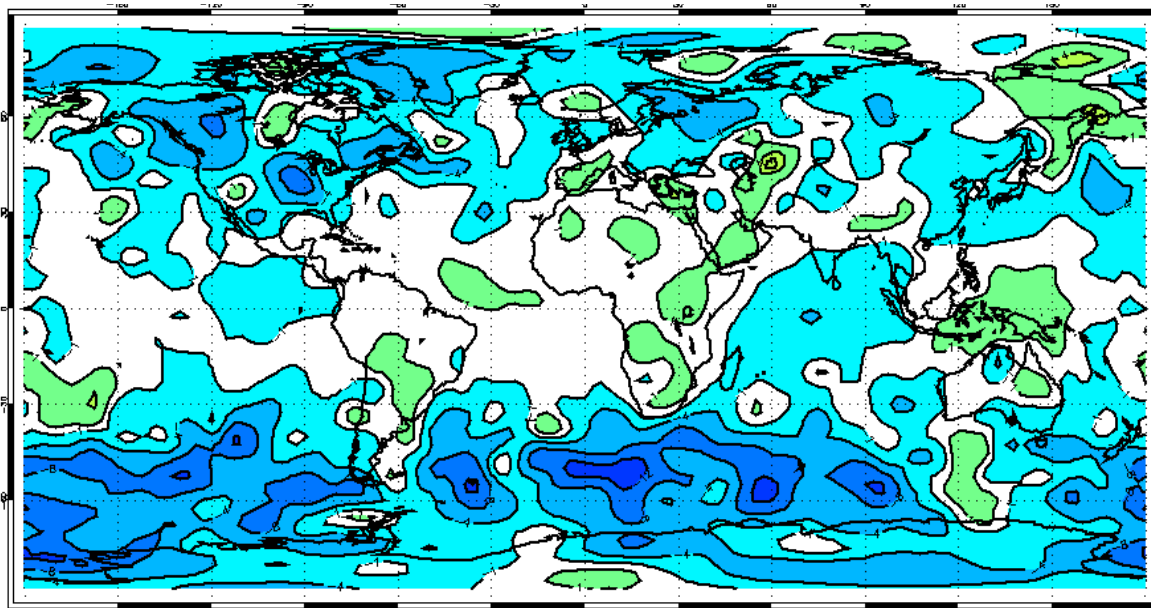
Cycle de référence (G2)
11 déc. 2003 – 11 fév. 2004

Passe Parallèle (G2)
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

HN = -1.34 m

TR = -0.32 m

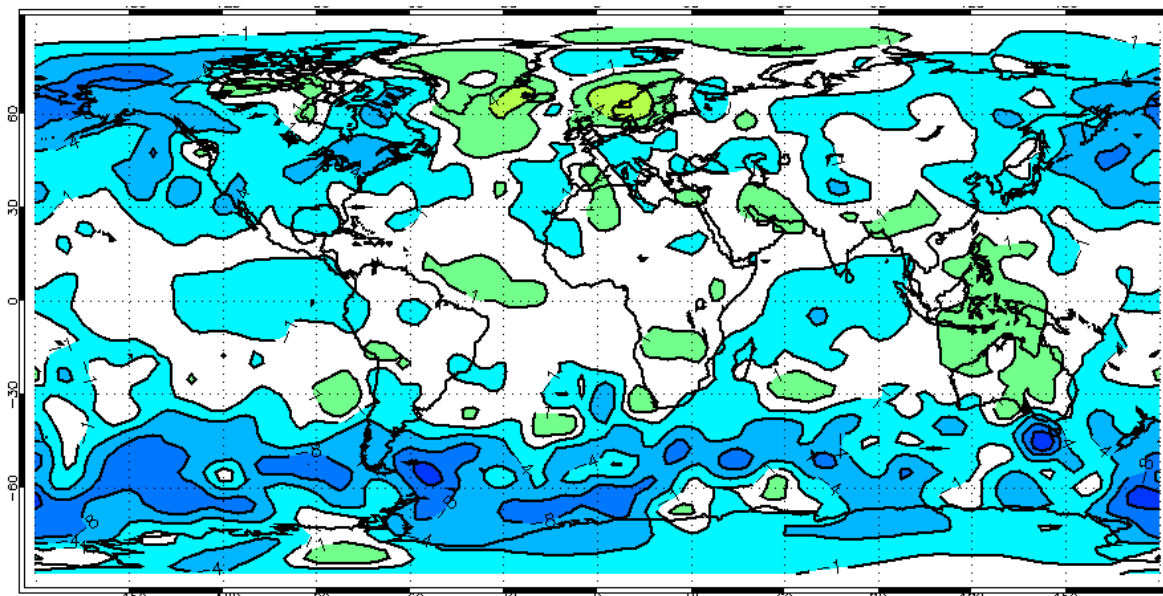
HS = -3.46 m



HN = -1.40m

TR = -0.30 m

HS = -2.89 m



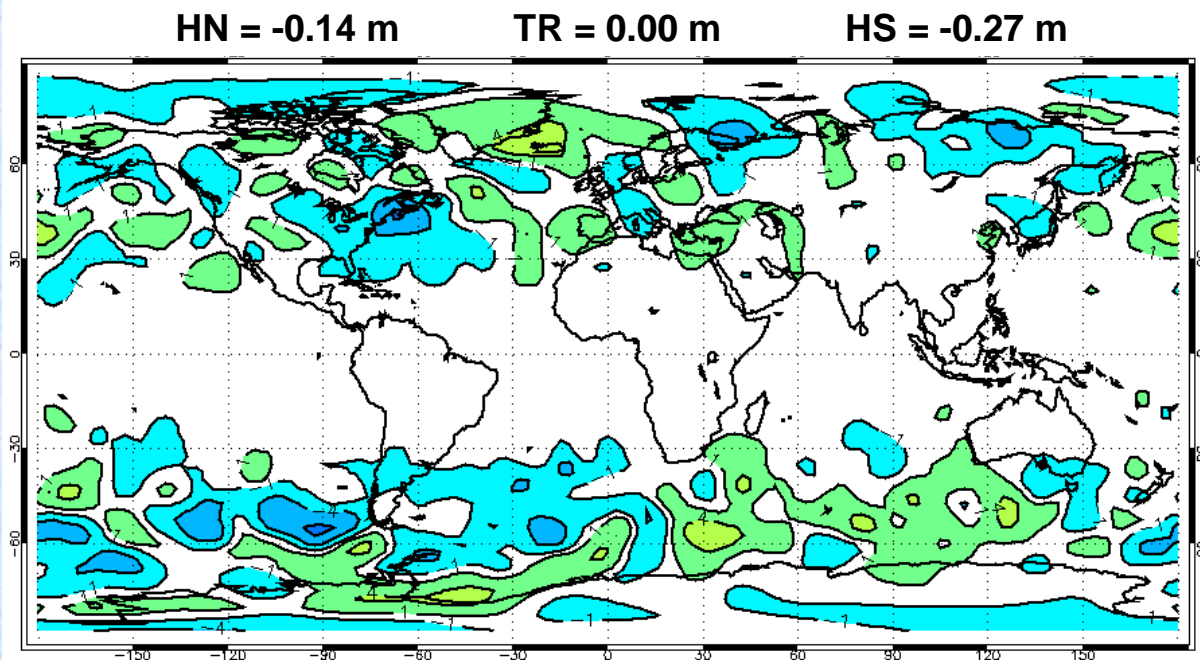
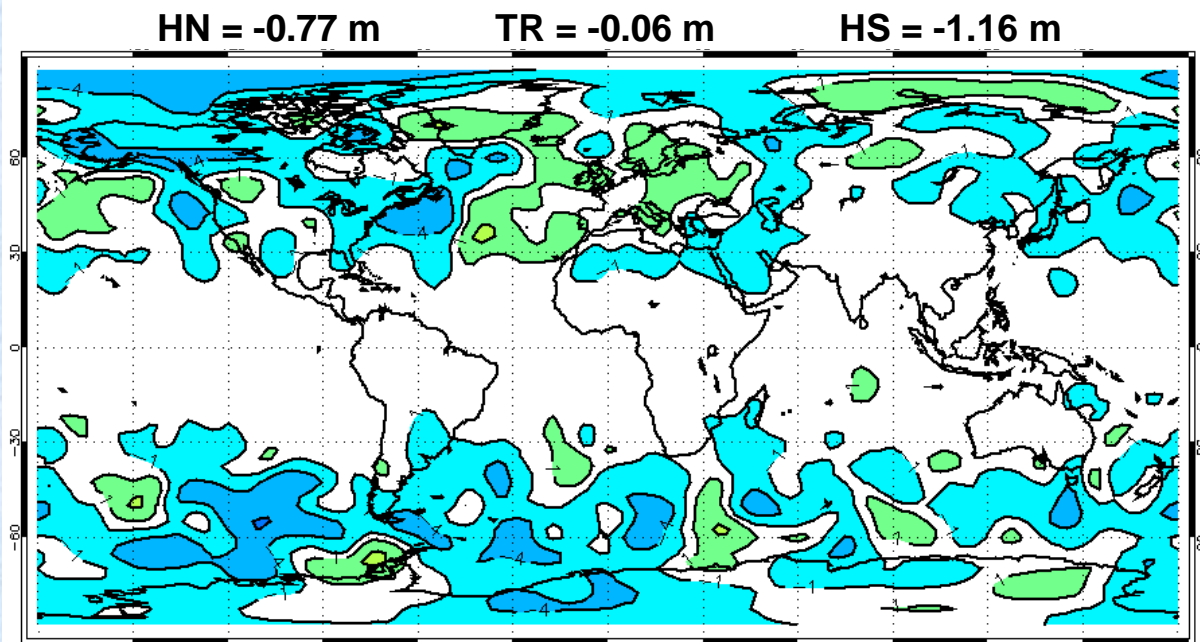
Différence de vérifications

G1/G2

GZ 500 hPa à 120h

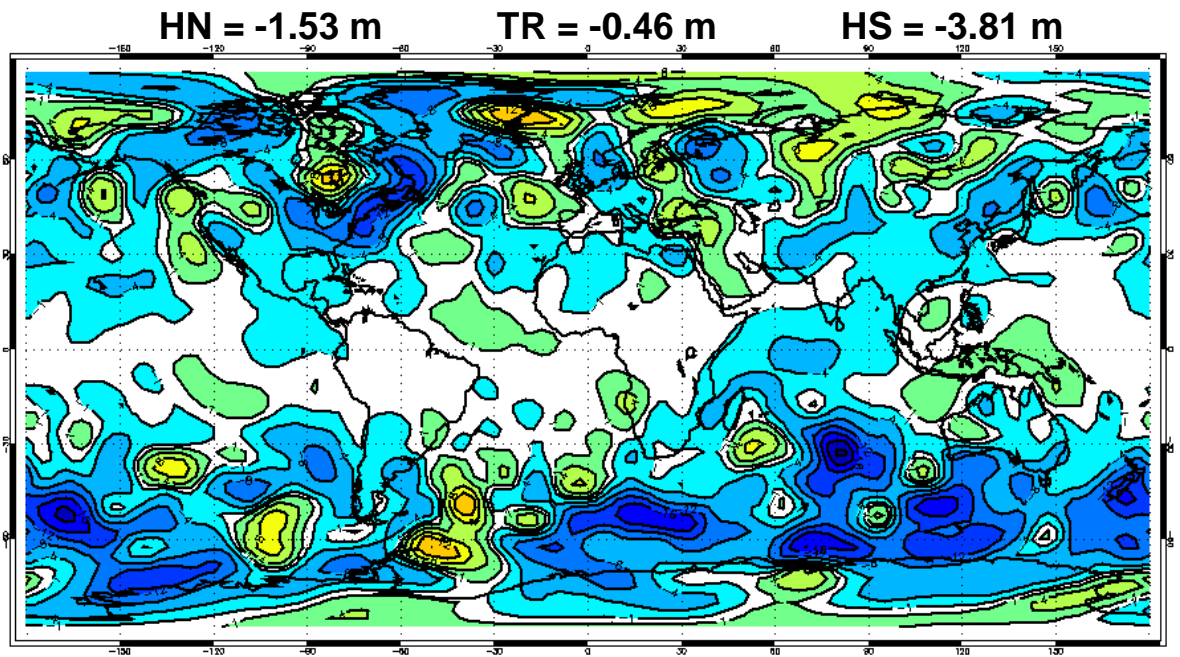
4D-Var G2 vs 4D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

3D-Var G2 vs 3D-Var G1
2 déc. 2004 – 31 jan 2005

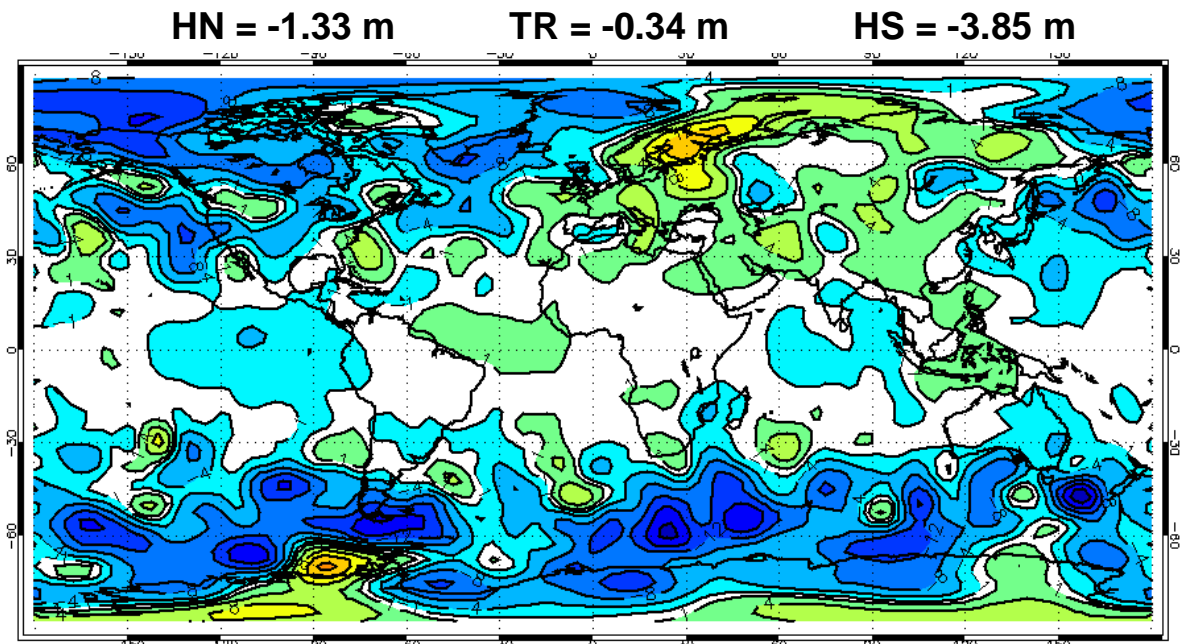


Différence de vérifications
(4D-Var – 3D-Var)
GZ 500 hPa à 120h

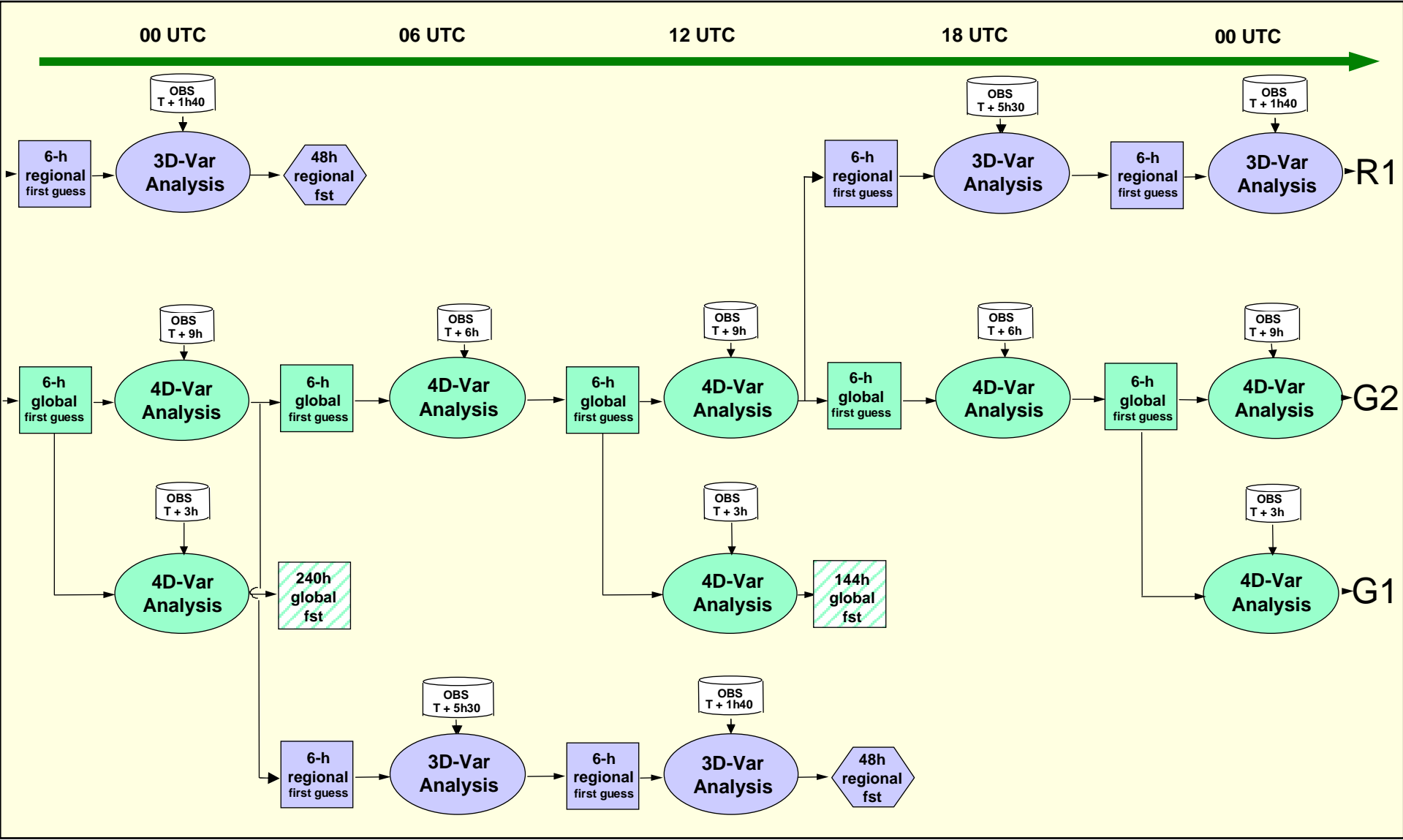
Cycle de référence (G2)
11 déc. 2003 – 11 fév. 2004



Passe Parallèle (G2)
2 déc. 2004 – 31 jan 2005





Impact sur le cycle d'assimilation régional

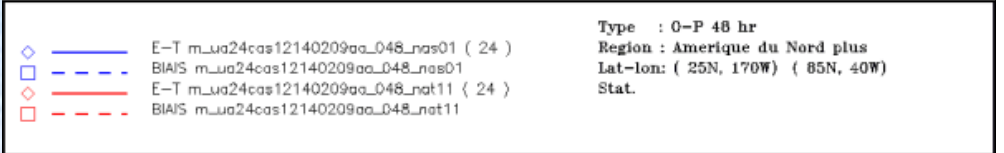
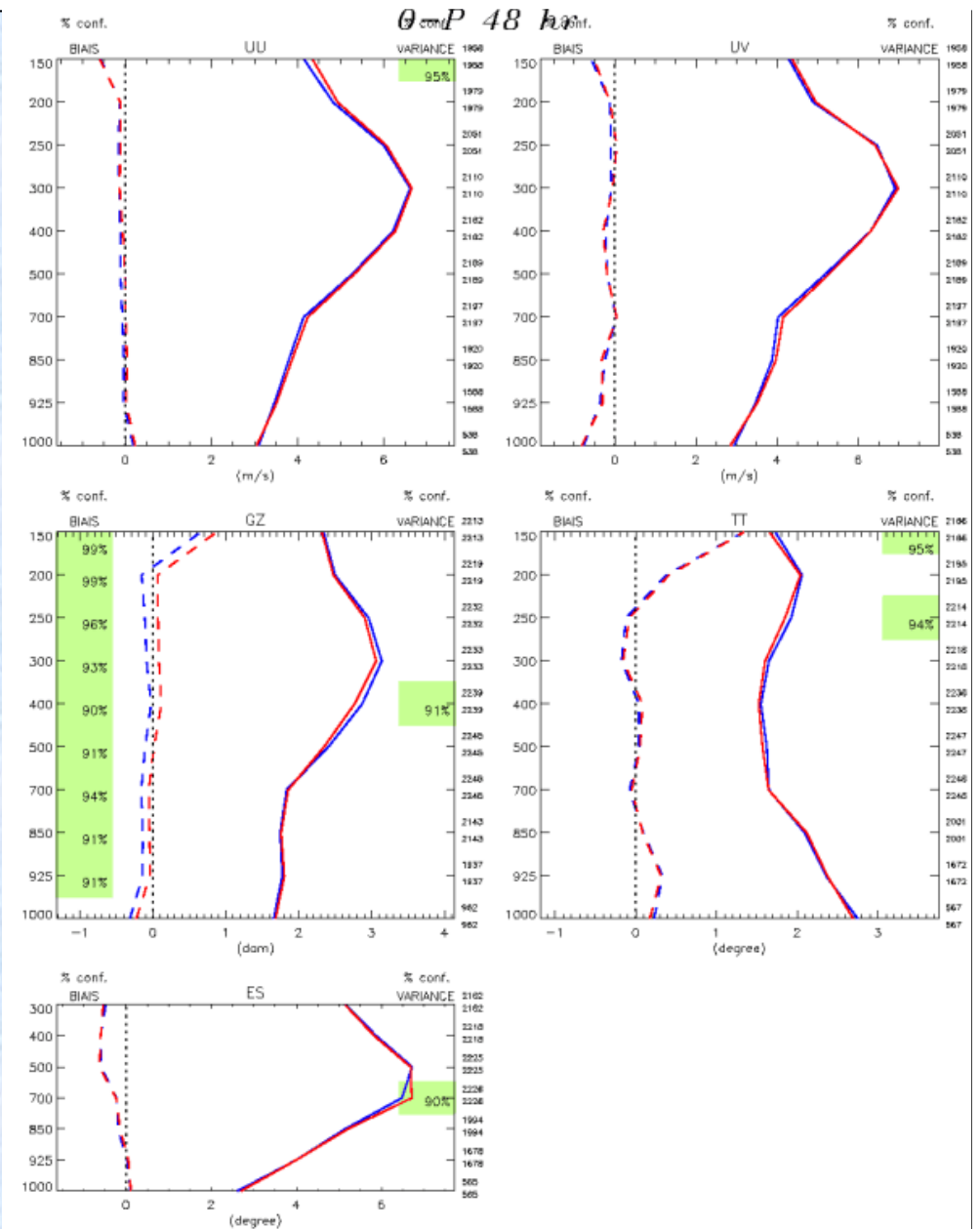


Cycles régionaux (24 cas d'hiver)

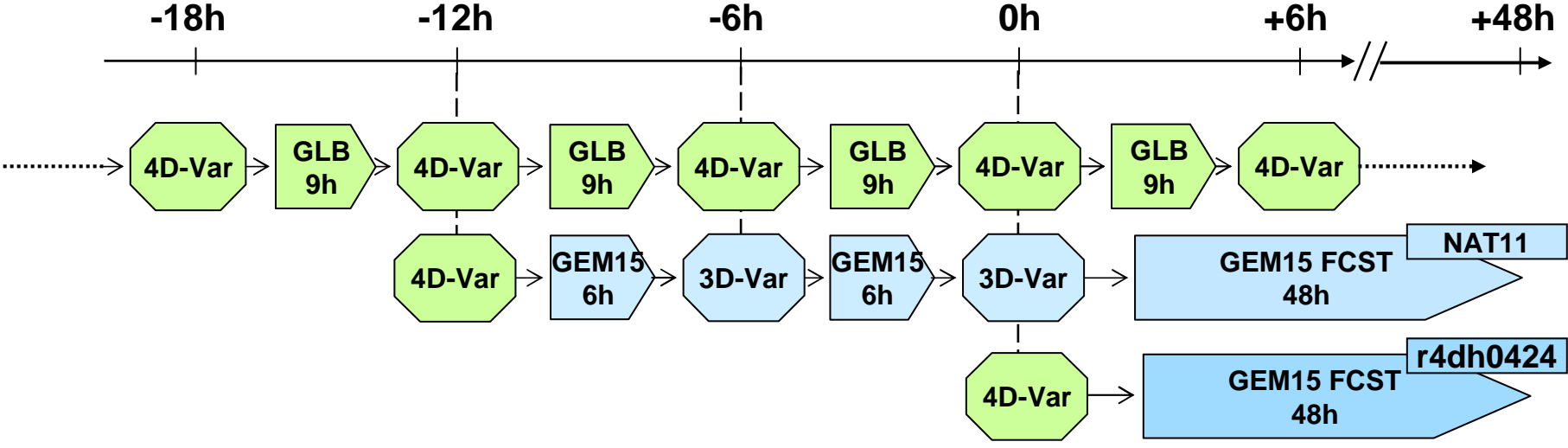
Vérification contre observations
48h
sur l'Amérique du Nord

 Cycle de 12h régional à partir de l'analyse 3D-Var globale

 Cycle de 12h régional à partir de l'analyse 4D-Var globale



Prévision régionale initiée directement de l'analyse 4D-Var globale



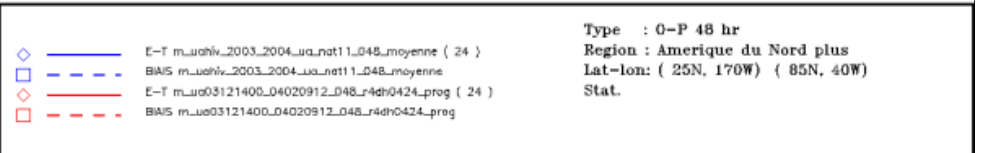
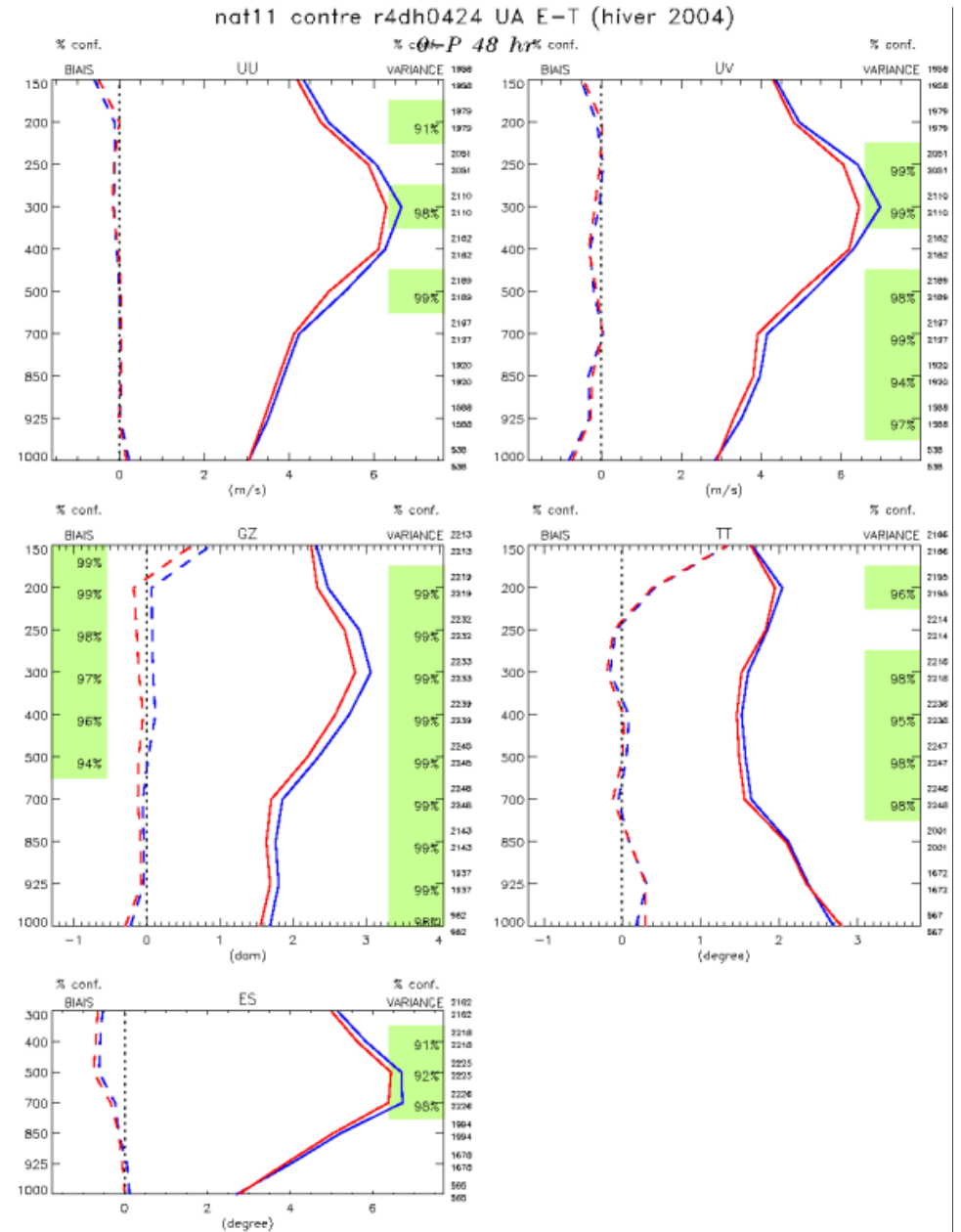
Pour la comparaison:
Temps de coupure
G2 utilisé pour les
analyses 3D et 4D

Cycles régionaux (24 cas d'hiver)

Vérification contre observations
48h
sur l'Amérique du Nord

— Cycle de 12h régional à partir de l'analyse 4D-Var globale

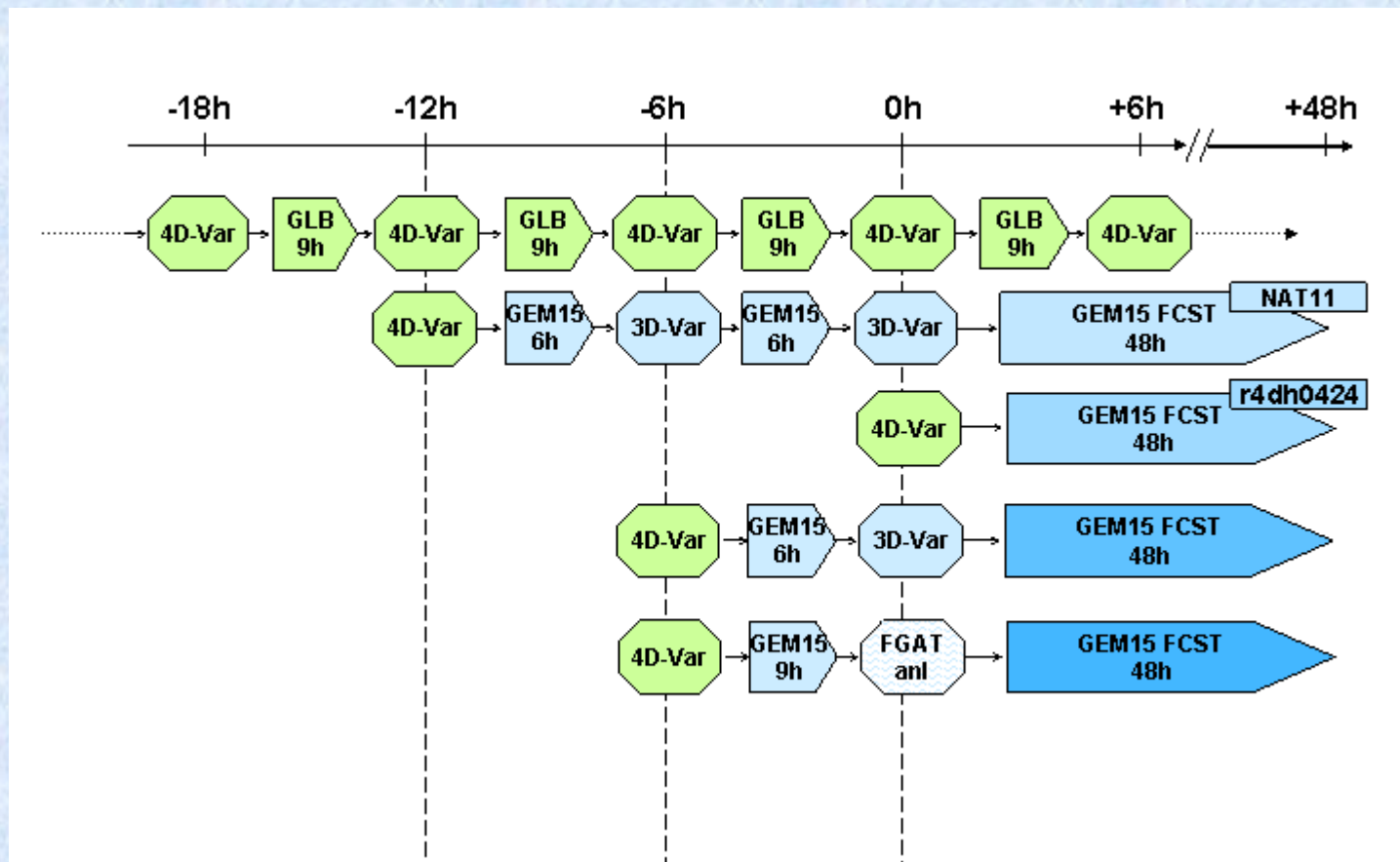
— Départ direct de la prévision régionale de l'analyse 4D-Var globale (G2)



Quelques propositions pour le cycle d'assimilation régional

Solutions intermédiaires en examen :

- cycle régional de 6h
- 3D-Var FGAT



Quelques résultats de la passe parallèle en cours

Comparaison avec les autres
centres de prévision

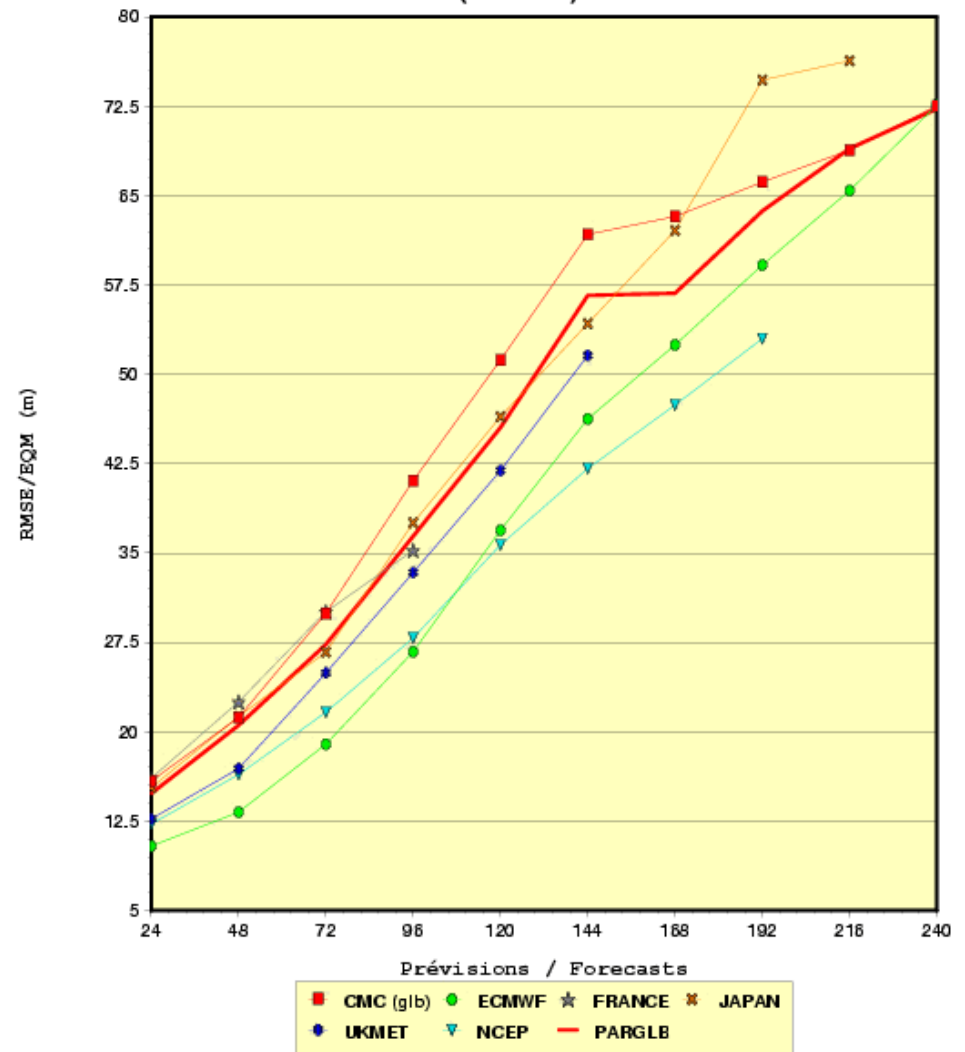
(janvier 2005)

Erreur quadratique moyenne

GZ 500 hPa

sur l'hémisphère sud

VERIFICATION vs RADIOSONDES
GZ 500 hPa 01/2005
Hémisphère Sud/Southern Hemisphere
RMSE (00Z+12Z)



Quelques résultats de la passe parallèle en cours

Comparaison avec les autres
centres de prévision

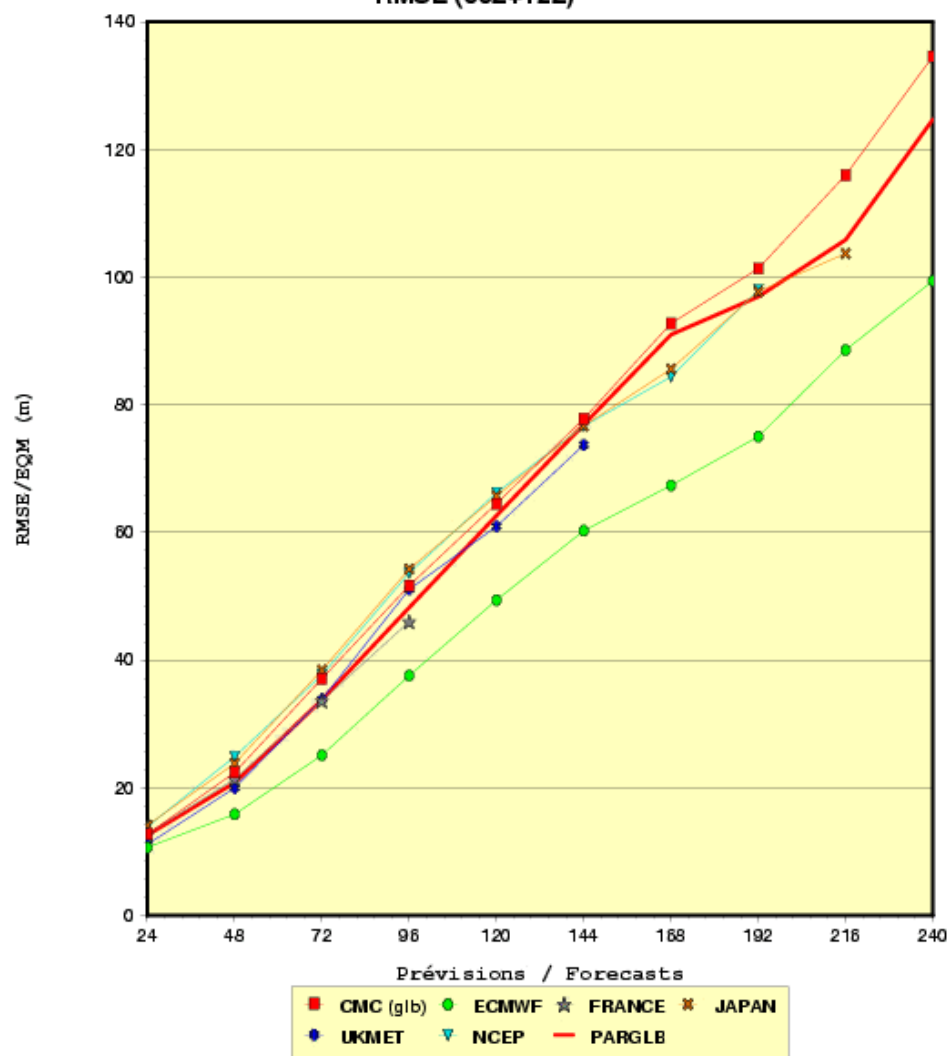
(janvier 2005)

Erreur quadratique moyenne

GZ 500 hPa

sur l'Amérique du Nord

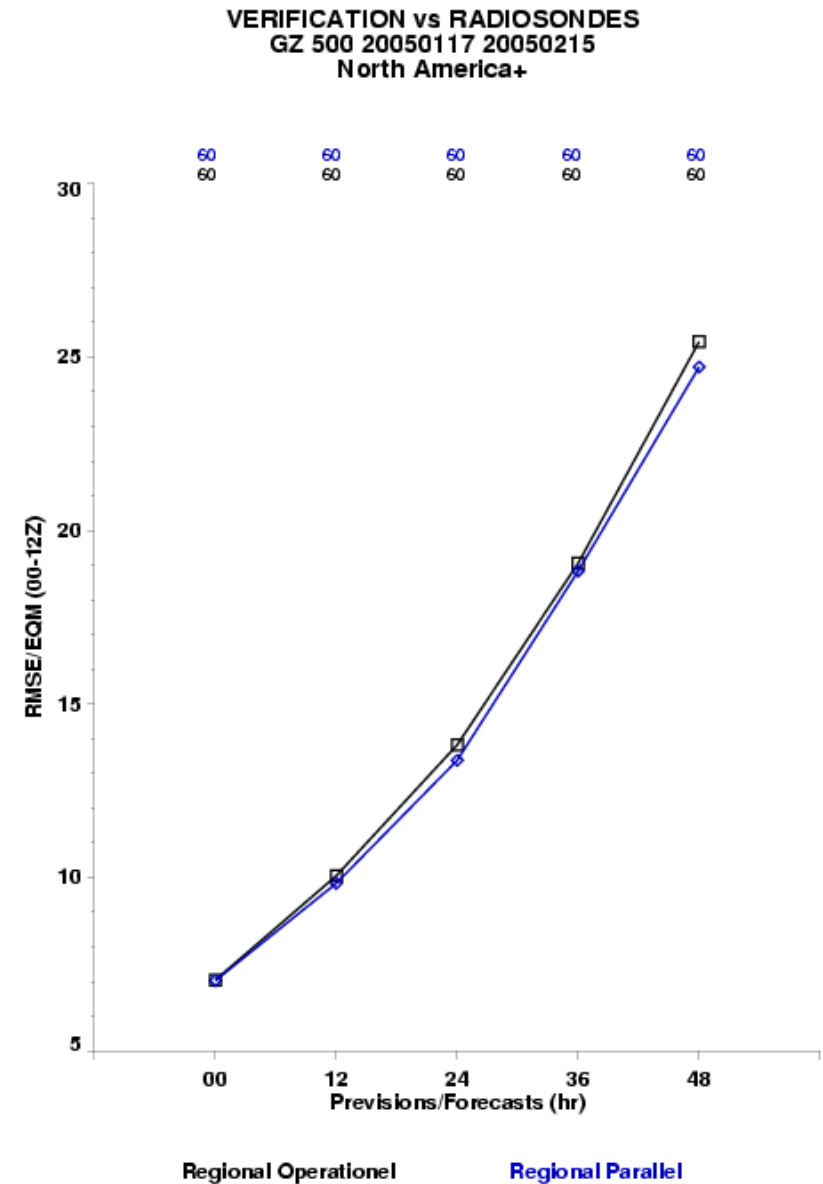
VERIFICATION vs RADIOSONDES
GZ 500 hPa 01/2005
Amérique du Nord/North America
RMSE (00Z+12Z)



Quelques résultats de la passe parallèle en cours

Impact sur le cycle régional
17 janvier au 15 février 2005

- Cycle de 12h régional à partir de l'analyse 3D-Var globale
- Cycle de 12h régional à partir de l'analyse 4D-Var globale



Conclusion

Forces

- Meilleure utilisation des observations.
- Permet d'assimiler plus d'observations sur la fenêtre temporelle.
- Améliorations généralisées des prévisions dans les régions extra-tropicales.
- Impacts plutôt positifs sur le cycle régional.

Faiblesses

- Performance plutôt neutre dans les Tropiques.
- Déplacement des tempêtes tropicales plus progressif en général (surtout à moyenne échéance).

Travaux en cours et à venir

Remplacement du modèle global opérationnel par la version global-méso:

- Optimisation du modèle GEM à basse-résolution.
- Utilisation d'un minimiseur plus performant.
- Développement d'un QcVar quadratique.
- Implantation de l'approche multi-incrémentale.
- Révision de la physique simplifiée.
- Amélioration des statistiques d'erreurs.

Remerciements

3D-Var

Pierre Gauthier, Simon Pellerin, Cécilien Charette, Clément Chouinard, Mark Buehner, Luc Fillion, Gilles Verner, Pierre Koclas, Bruce Brasnett, Jean-Marc Bélanger, Réal Sarrazin, Josée Morneau, Judy St-James, Jacques Hallé

TL/AD de GEM

Monique Tanguay, Stéphane Laroche, Vivian Lee, Michel Desgagné, Michel Valin, Abdessamad Qaddouri

Physique simplifiée

Stéphane Laroche, Ayrton Zadra, Jean-François Mahfouf, Bernard Bilodeau

Couplage 3D-Var/GEM

Simon Pellerin, Monique Tanguay, Pierre Gauthier, Michel Valin, Josée Morneau, Nils Ek

Remerciements

Traitement des observations

Gilles Verner, José Garcia, Lorraine Veillette, Réal Sarrazin,
Jacques Hallé, Nicolas Vagneur, Judy St-James, Josée Morneau

Implantation dans la suite opérationnelle

Richard Hogue, Ervig Lapalme, Paul Pestiau, Doug Bender
Ping-An Tan

Évaluation

Josée Morneau, Stéphane Laroche, Pierre Koclas, Nils Ek
Allan Rahill, Suzanne Roy, Équipe A&P
Donald Talbot, Rémi Montroty