



Interaction entre physique et assimilation dans le modèle global ARPEGE, le cas de la convection profonde

Yves Bouteloup, Philippe Chambon, Cécile Loo, Pascal Marquet,
Jean-Marcel Piriou, Floriant Suzat
CNRM (Météo-France/CNRS)
13 Mars 2019



Plan

- 1 Description rapide de la partie profonde du schéma de convection d'IFS
- 2 Impact en 1D et 3D avec assimilation
- 3 Tentative d'explication de ce comportement paradoxal
- 4 Conclusion et perspectives

Description rapide du schéma dit de Tiedtke/Bechtold

- Schéma diagnostic en flux de masse ancien mais qui a profondément évolué
- Fermeture en CAPE fonction de la résolution locale via le temps de relaxation τ
- Entrainement fonction de l'humidité relative de l'environnement

$$E_{up} = \epsilon_{up} \frac{M_{up}}{\bar{\rho}} (1.3 - RH) \left(\frac{q_{sat}(\bar{T})}{q_{sat}(\bar{T}_{base})} \right)$$

Avec $\epsilon_{up} = 1.75 \times 10^{-3} m^{-1}$

- Downdraft dont l'intensité est directement fonction de l'intensité de l'updraft

$$(M_{down})_{LFS} = -\eta (M_{up})_{base}$$

Avec $\eta = 0.3$ dans IFS mais réglé dans ARPEGE à $\eta = 0.15$ pour supprimer un biais froid dans la couche limite tropicale

- L'efficacité de la conversion des condensats nuageux en précipitation est piloté par la formulation de Sundqvist :

$$G^{precip} = \frac{M_{up}}{\bar{\rho}} \frac{c_0}{0.75 w_{up}} l_{up} \left[1 - \exp \left(-(l_{up}/l_{crit})^2 \right) \right]$$

Avec $c_0 = 1.4 \times 10^{-3} s^{-1}$ dans IFS mais réglé dans ARPEGE à $4 \times 10^{-3} s^{-1}$ pour réduire le détournement d'eau à haute altitude détrimental pour l'assimilation.



Recalage du cycle diurne de la convection (Bechtold et al 2014)

- L'écart à l'hypothèse du quasi-équilibre se fait via une modification de la fermeture en CAPE :

$$CAPE = \int_{P_{base}}^{P_{top}} \left(\frac{T_{v,up} - \bar{T}_v}{\bar{T}_v} - l_{up} \right) dp$$

- La fermeture en CAPE prend cette forme :

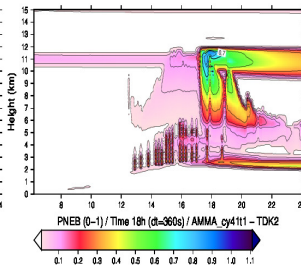
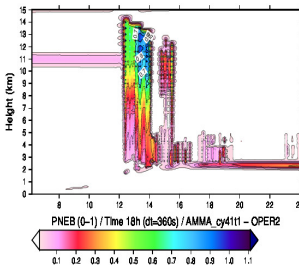
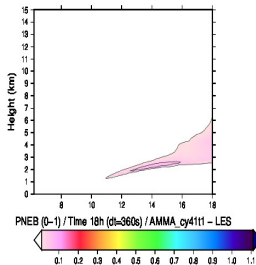
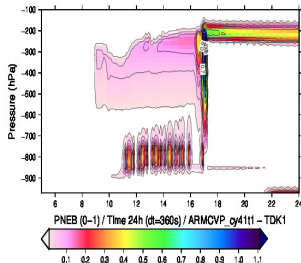
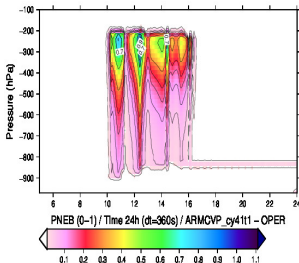
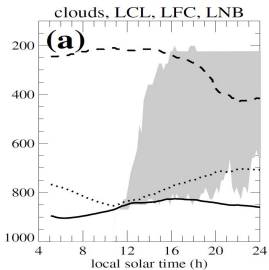
$$\left(\frac{\partial CAPE}{\partial t} \right)_{cu} = - \frac{CAPE - CAPE_{bl}}{\tau} = - \int_{z_{base}}^{z_{top}} \frac{g}{\bar{T}_v} \bar{\rho} \left(\frac{\partial \bar{T}_v}{\partial t} \right)_{cu} dz$$

Avec :

$$CAPE_{bl} = -\tau_{bl} \frac{1}{\bar{T}_*} \int_{P_{surf}}^{P_{base}} \frac{\partial \bar{T}_v}{\partial t} \Big|_{bl} dp$$

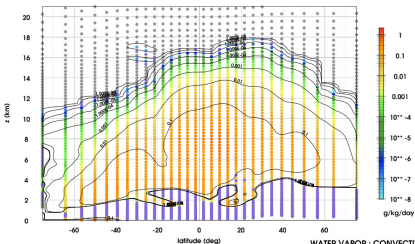
Dans cette équation $\partial \bar{T}_v / \partial t|_{bl}$ est sensé prendre en compte l'ensemble des processus de couche limite autres que la convection (diffusion turbulente, convection peu profonde, rayonnement, ...)

Tests en 1D : ARM CVP et AMMA (Pascal Marquet)

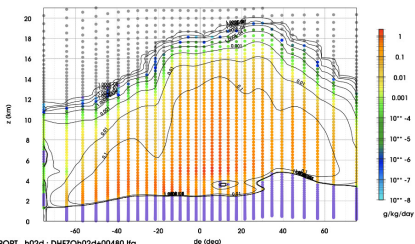


Transport convectif d'humidité (J.M. Piriou)

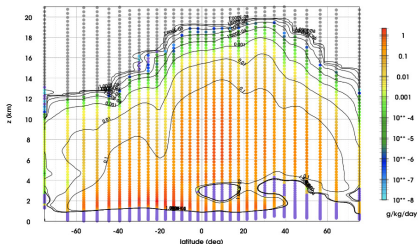
WATER VAPOR : CONVECTIVE TRANSPORT , oper : 20180701.oper.DHFZOARPE+0096.Ita
 BASE 2018-07-01 00:00 - ECH 4 J
 Min=-3.58 Max=0.623 Moy=-0.0620 Ect=0.346 Rcm=0.351



WATER VAPOR : CONVECTIVE TRANSPORT , 7IDX : 20180701.7IDX.DHFZFCST+0096.Ita
 BASE 2018-07-01 00:00 - ECH 4 J
 Min=-4.26 Max=1.91 Moy=-0.161 Ect=0.663 Rcm=0.683



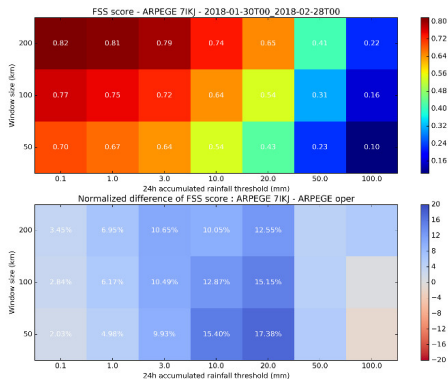
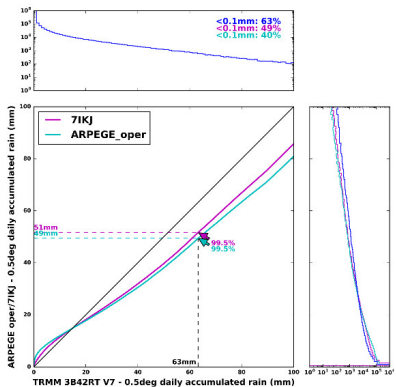
WATER VAPOR : CONVECTIVE TRANSPORT , h02d : DHFZOh02d+00480.Ita
 BASE 2018-07-01 00:00 - ECH 4 J
 Min=-7.99 Max=2.13 Moy=-0.383 Ect=1.47 Rcm=1.52



FSS score pluie cumulée 0h 24h (P. Chambon)

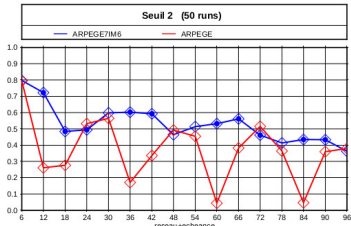
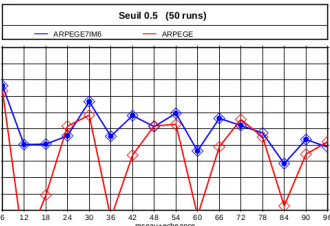
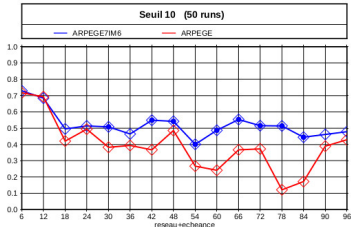
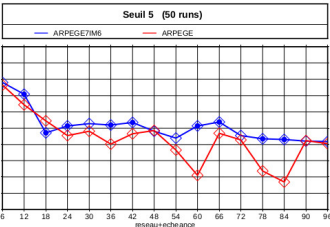
Comparaisons des pluies cumulées sur 24h à 0.5° entre l'expériences 7IKJ/7IDK et l'oper pour le mois de Février 2018 par rapport au produit TRMM 3B42 V7, dans la bande 30° Sud 30° N

[+0h ; +24h]



Scores pluie 71M6 RR6

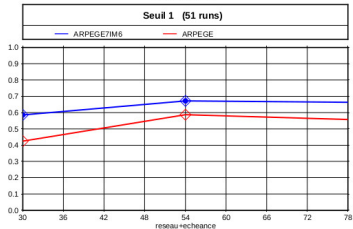
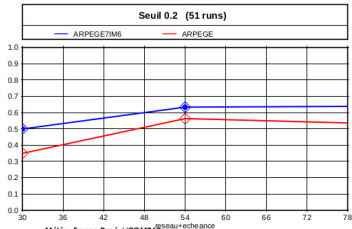
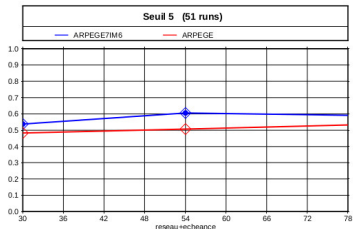
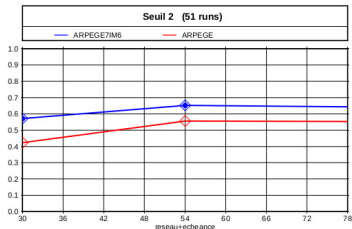
Contrôle probabiliste des précipitations 6h : Comparaison des modèles Réseau de 0 heure Voisinage 82.5 km
 Grille FRANGP01 BSS_NO en fonction de l'échéance+réseau / Période 20180501 - 20180624 / Référence BDCLIMH



Météo-France Dprévi/COMPAS
 Actualisé le 01/12/2018

Scores pluie 71M6 RR24

Contrôle probabiliste des précipitations 24h : Comparaison des modèles Réseau de 0 heure Voisinage 31.1 km
Grille FRANGP01 BSS_NO en fonction de l'échéance+réseau / Période 20180501 - 20180624 / Référence BDCLIMQ



Météo-France Dprévi/COMPAS
Actualisé le 01/12/2018



Student 7IM6 (Mai et juin 2018)

Domaine EUROPE (51 cas)

	Réf. Grille	Radiosondages	Analyses CEP	SYNOpS
		GLOB05 0H à 108H pas de 12H	GLOB05 0H à 114H pas de 6H	GLOB05 0H à 114H pas de 6H
	Éch.			
Géopotentiel	100hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
	850hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
	1000hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
Pression	Mer			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
Température	100hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	
	850hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
	1000hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
Température corrigée	2m			▼ ▲ ▲ ▲ ▼ ▲ ▼ ▲ ▼ ▲
Vent	250hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▲ ■ ▲ ■
	500hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
FF	10m			▼ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Humidité	400hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
	700hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	
	2m			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Domaine NORD20 (51 cas)

	Réf. Grille	Radiosondages	Analyses CEP
		GLOB05 0H à 108H pas de 12H	GLOB05 0H à 114H pas de 6H
	Éch.		
Géopotentiel	100hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	500hPa	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	1000hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
Température	100hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	850hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	1000hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Vent	250hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	500hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	400hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Humidité	700hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲

Domaine SUD20 (51 cas)

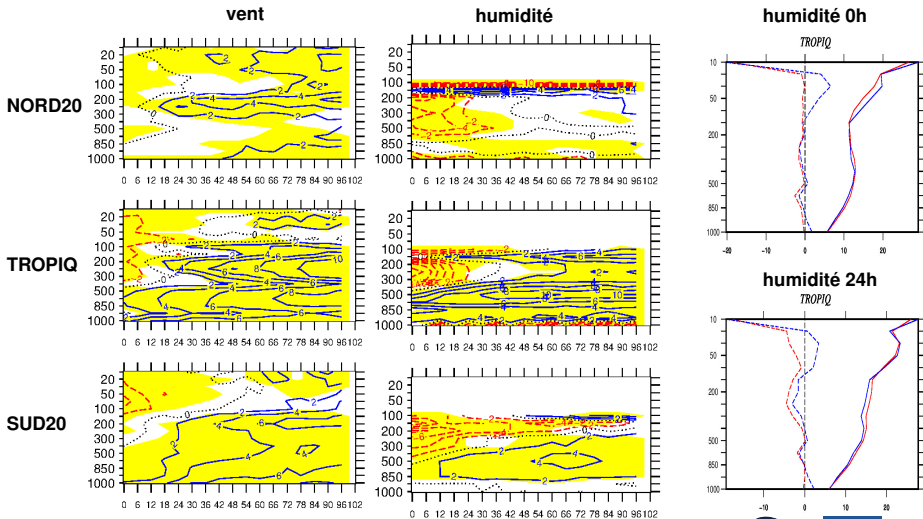
	Réf. Grille	Radiosondages	Analyses CEP
		GLOB05 0H à 108H pas de 12H	GLOB05 0H à 114H pas de 6H
	Éch.		
Géopotentiel	100hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	1000hPa	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Température	100hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
	500hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	1000hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Vent	250hPa	▼ ▼ ▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	400hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
Humidité	700hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲

Domaine TROPIQ (51 cas)

	Réf. Grille	Radiosondages	Analyses CEP
		GLOB05 0H à 108H pas de 12H	GLOB05 0H à 114H pas de 6H
	Éch.		
Température	100hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
	500hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	850hPa	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	1000hPa	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Vent	250hPa	▼ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼
	500hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
Humidité	400hPa	▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼	▼ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	700hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	850hPa	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲



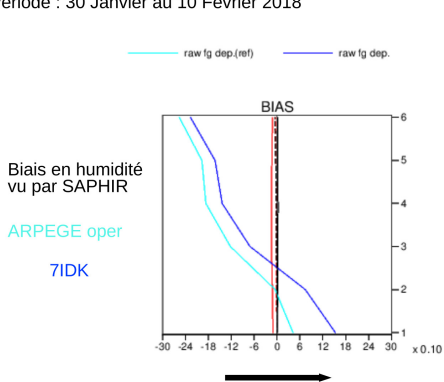
Scores normalisés aux AC : vent et humidité



Ébauche et Sondeur SAPHIR (P. Chambon)

Prévisions d' HUMDITE/TEMPERATURE, données SAPHIR (sondeur)

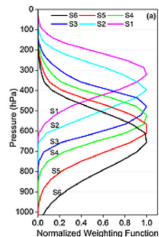
Expériences 7IDK, 7IKJ, 7IKI, 7IKK en comparaison d'ARPEGE oper
 Période : 30 Janvier au 10 Février 2018



Biais en humidité
 vu par SAPHIR

ARPEGE oper

7IDK



$$\langle \text{TB_OBS} - \text{TB_EBAUCHE} \rangle_{7\text{IDK}} \geq \langle \text{TB_OBS} - \text{TB_EBAUCHE} \rangle_{\text{oper}}$$

$$\text{TB_EBAUCHE}_{7\text{IDK}} \leq \text{TB_EBAUCHE}_{\text{oper}}$$

=> prévisions 6h d'humidité plus humide ou de température plus froide (cohérent avec les biais vus par AMSU-A)

Résumé des premières investigations

- Les prévisions dont l'ébauche sont moins humides que l'analyse (dans la haute troposphère tropicale)
- L'ébauche est plus humide que les observations
- Comme cela est-il possible ? Comment l'analyse dont les deux seules sources d'informations sont l'ébauche et les observations peut-elle être plus humide que ces deux sources ?
- Nous allons examiner les différents processus qui constituent le système d'analyse 4DVAR d'Arpege (Assimilation variationnelle incrémentale 4D à deux boucles externes)

Structure schématique du 4DVAR ARPEGE

Guess3

$$stpmin1br = fph2l1(Guess3)$$

$$anamin1br = minim1(stpmin1br)$$

$$stpmin1hr = fpl12h(stpmin1br)$$

$$anamin1hr = fpl12h(anamin1br)$$

$$anatraj1 = Guess3 + (anamin1hr - stpmin1hr)$$

$$stpmin2br = fph2l2(Guess3)$$

$$anamin2br = minim2(stpmin2br)$$

$$stpmin2hr = fpl22h(stpmin2br)$$

$$anamin2hr = fpl22h(anamin2br)$$

$$anatraj2 = anatraj1 + (anamin2hr - stpmin2hr)$$

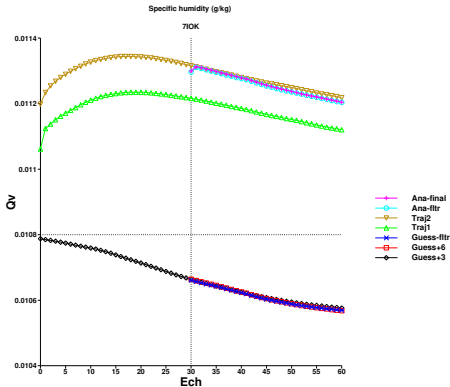
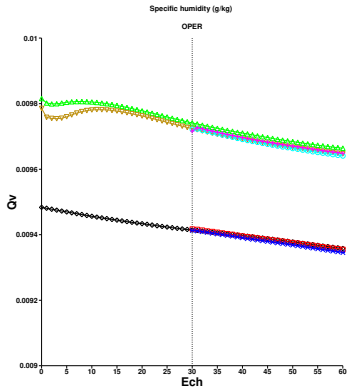
Guess6

$$Guessfltr = screen(Guess3)$$

$$Anafiltr = traj2(anatraj2)$$

$$Analyse = Guess6 + (Anafiltr - Guessfltr)$$

Spinup humidité tropicale à 150hpa



Le débiaisage variationnel ou VarBC (Auligné et al 2007)

- Certaines observations (capteurs) sont biaisés.
- Le débiaisage statique devient ingérable avec un grand nombre de capteurs
- le débiaisage variationnel consiste à estimer les coefficients β_i de la régression pendant l'assimilation :

$$J_o(x) = \frac{1}{2} (y - H(x))^T R^{-1} (y - H(x))$$

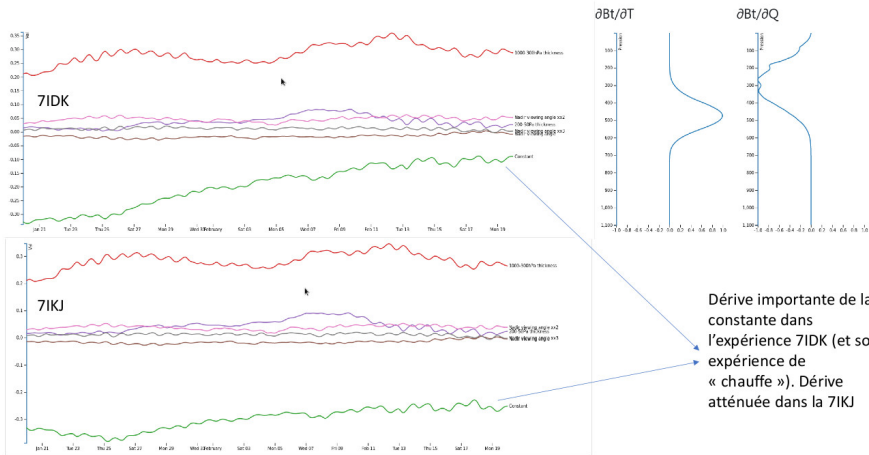
devient :

$$J_o(x) = \frac{1}{2} (y - \sum_i \beta_i p_i - H(x))^T R^{-1} (y - \sum_i \beta_i p_i - H(x))$$

- Comme c'est la fonction coût totale qui est minimisée, les β_i peuvent être impactés, via le J_b , par des modifications dans le modèle
- Cependant, des observations sont considérées comme des "ancres" et ne sont pas soumises à VarBC (radiosondes, avions, synop, ...)
- De plus on suppose que les observations soumises à VarBC ont une "intelligence de groupe". C'est à dire que les observations vont se débiaiser mutuellement, le modèle ne servant que d'interpolateur spatio-temporel permettant de les comparer les unes aux autres

Dérive du VarBC (F. Suzat) Impact de l'efficacité de l'autoconversion

Exemple d'évolution des coefficients du VarBC pour le canal 2991 de IASI/MetOp-A pour les expériences 7IDK et 7IKJ



Dérive importante de la constante dans l'expérience 7IDK (et son expérience de « chauffe »). Dérive atténuée dans la 7IKJ

Résumé des investigations et perspectives

- Les prévisions dont l'ébauche sont moins humides que l'analyse (dans la haute troposphère tropicale)
- L'ébauche est plus humide que les observations
- Un spinup dans les trajectoires internes au 4DVAR humidifie l'analyse donc l'ébauche
- Une ébauche systématiquement plus humide que les observations fait dériver le VarBC dans des régions où on manque d'observations d'ancrage
- Ce VarBC "débiaise" les observations en les rendant plus humides
- Ces observations "débiaisées" humidifient à leur tour l'analyse
- L'origine du problème semble être un spinup interne au 4DVAR ayant lieu durant les 3 heures de prévision entre le début et le milieu de la fenêtre d'assimilation
- Il reste à déterminer quels sont les incréments d'analyse à l'origine de cette sur-activité du schéma de convection profonde puis à trouver un réglage de la physique n'ayant pas ce défaut