

Évaluation de l'impact de la méthode d'assimilation utilisée sur la phase de démarrage d'un modèle atmosphérique

Kamel CHIKHAR

**Collaborations: Pierre Gauthier, Bernard Dugas,
Katja Winger**

**Département des sciences de la terre et de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal**

Le Projet

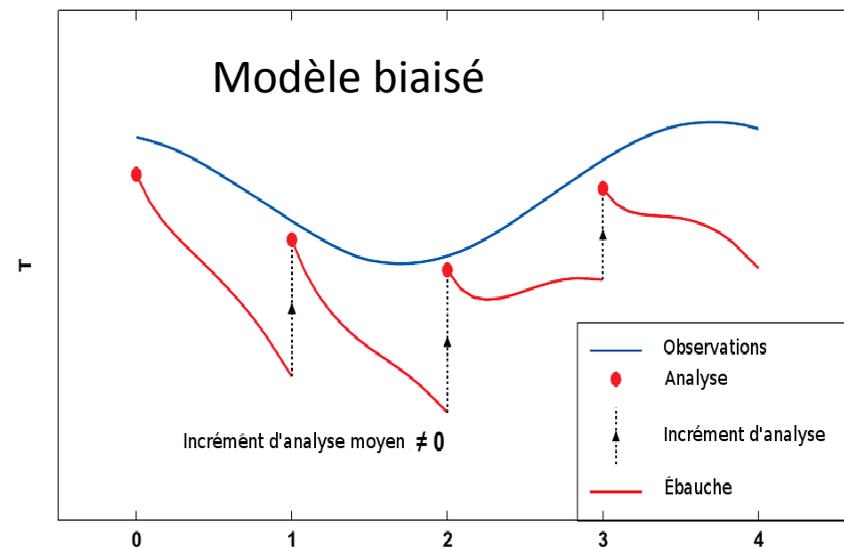
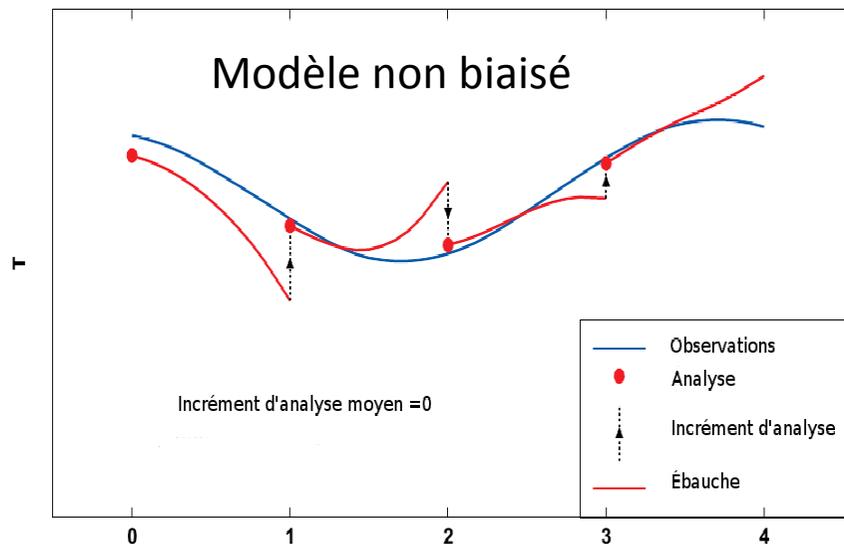
- Objectifs
- Tendances initiales
- Modèle et simulations
- Résultats et discussion
- Conclusions

Objectifs

- Étude de l'équilibre d'un modèle atmosphérique pendant les premiers instants de l'intégration
 - Comportement des différents processus physiques
 - Évolution de l'équilibre entre les processus
 - Évaluation de l'allure de cet équilibre pour des régions ciblées
- Évaluation de l'effet d'utiliser des systèmes d'assimilation différents
- Examiner l'équilibre du Modèle Régional Canadien du Climat (MRCC)

Tendance systématique initiale

- Équivalence de ce diagnostic avec l'incrément d'analyse moyen (Rodwell et Palmer, 2007)
- Moyenne des corrections apportées par l'assimilation doit être nulle
- Une tendance initiale faible \longleftrightarrow bonne qualité du modèle



Tendance systématique initiale

Définitions

Tendance moyenne temporelle totale :
$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \dot{T}_i^{totale} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^k \dot{T}_i^p$$

m : nombre total de simulations

\dot{T}_i^p : tendance individuelle moyennée sur 6 heures, associée au processus physique p

- Dynamique (advection)
- Convection
- Radiation
- Condensation de grande échelle
- Diffusion verticale

} cas de la température

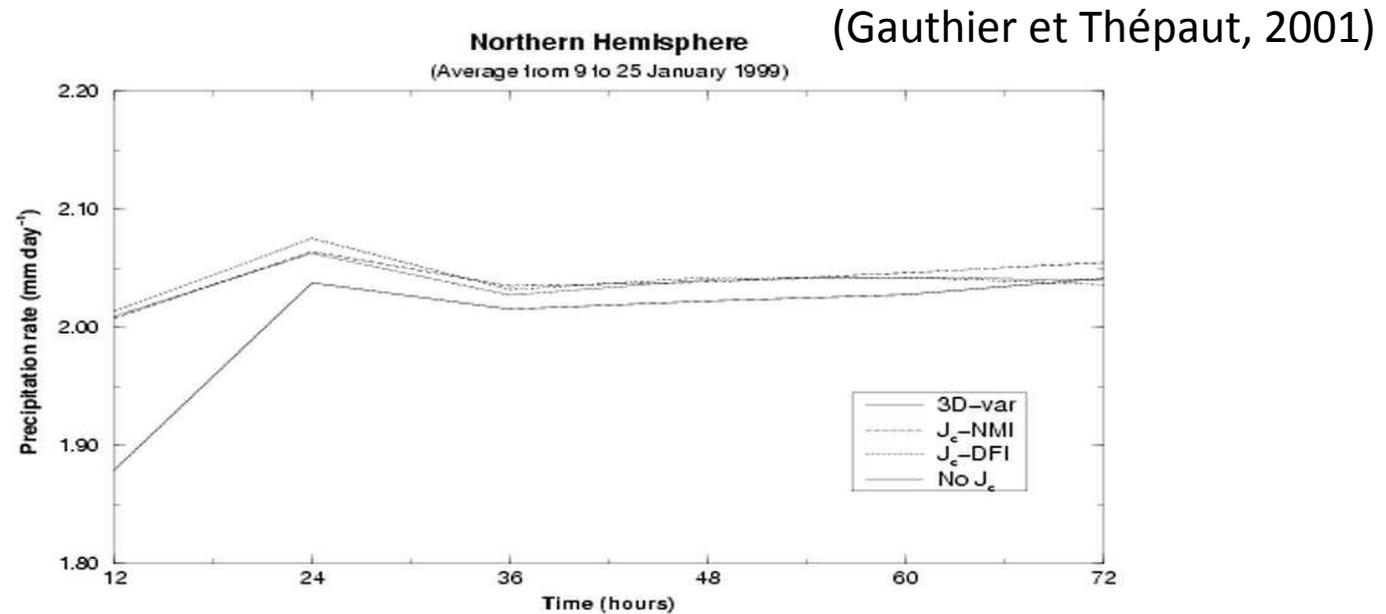
Simulations

- Plusieurs ensembles de (31 x 4) simulations démarrant à 00Z, 06Z, 12Z et 18Z entre le 01 et le 31 janvier 2009
- Utilisation d'un type d'analyse pour chaque ensemble
- Analyses 3D-Var (Service météorologique Canadien, SMC)
- Analyses 4D-Var (SMC)
- Analyses Era-Interim (CEPMMT)
- Modèle utilisé dans les analyses SMC : GEM-global
- Données utilisées : chaîne opérationnelle EC

Le modèle

- ❑ Gemclim (version 3.3.2)
- ❑ Configuration globale uniforme (800x600)
- ❑ Résolution horizontale \approx 35 kms
- ❑ 80 niveaux (toit à 0.1 hPa)
- ❑ Pas de temps : 900 s
- ❑ Paramétrisations physiques
 - Radiation : cccmarad
 - Convection profonde : Kain-Fritch
 - Convection restreinte : Kuo Transient
 - Surface : ISBA
 - Condensation grande échelle : Sundqvist
 - Diffusion verticale : Mailhot et Benoit

3D-Var vs 4D-Var... Pourquoi

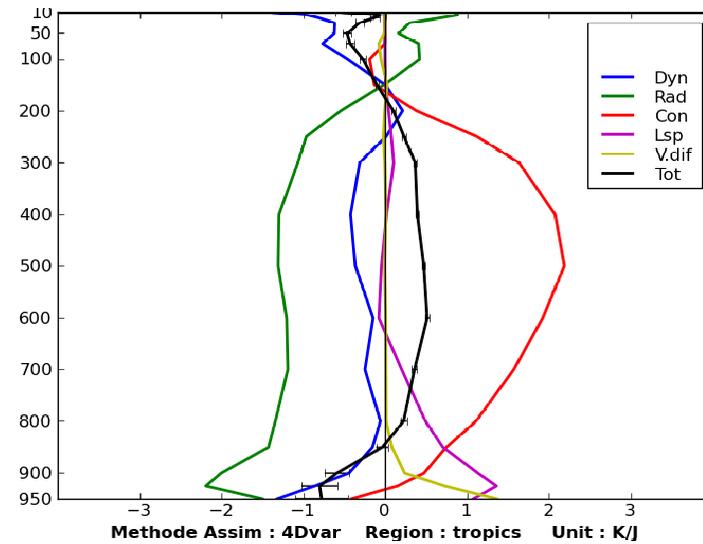
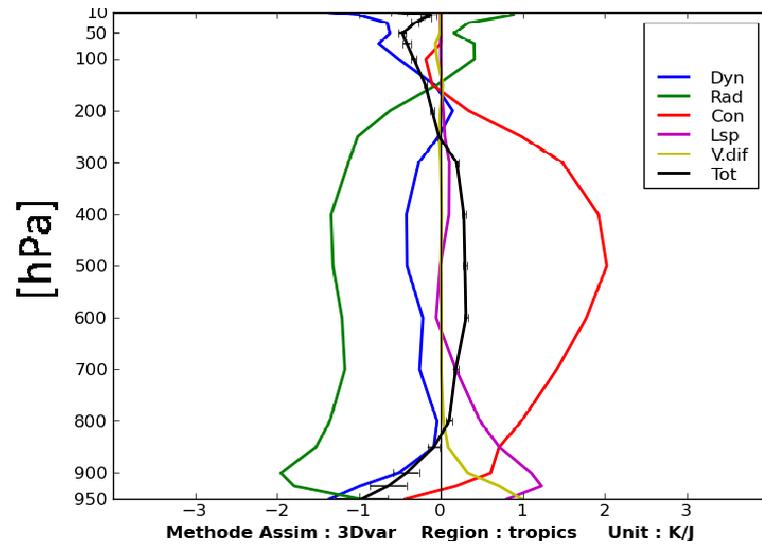
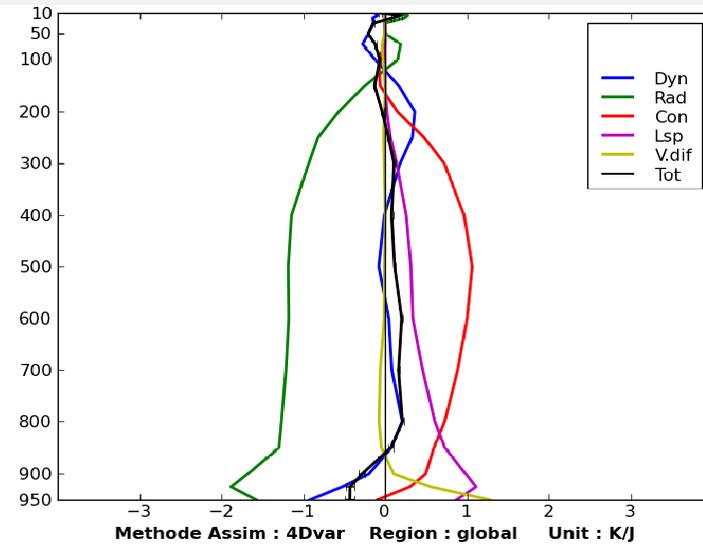
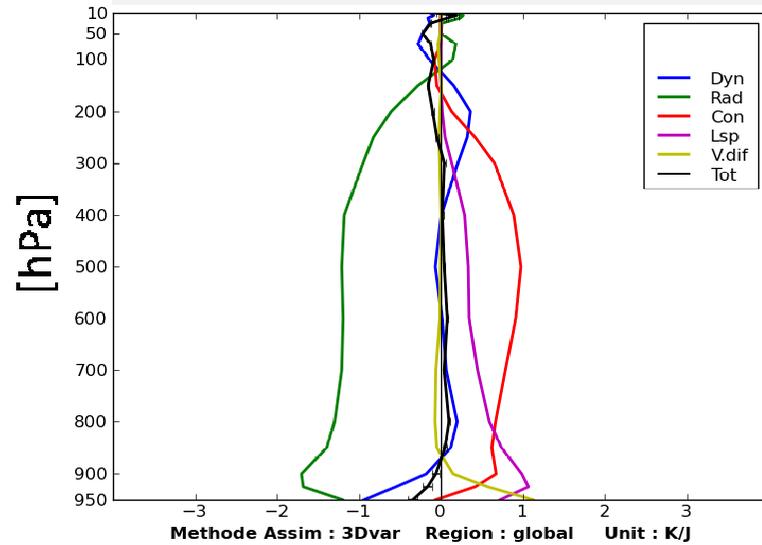


- Les analyses peuvent créer un déséquilibre du modèle
- Spinup plus important dans le cas du 3Dvar
- Impact du type d'analyse sur nos diagnostics

3D-Var vs 4D-Var

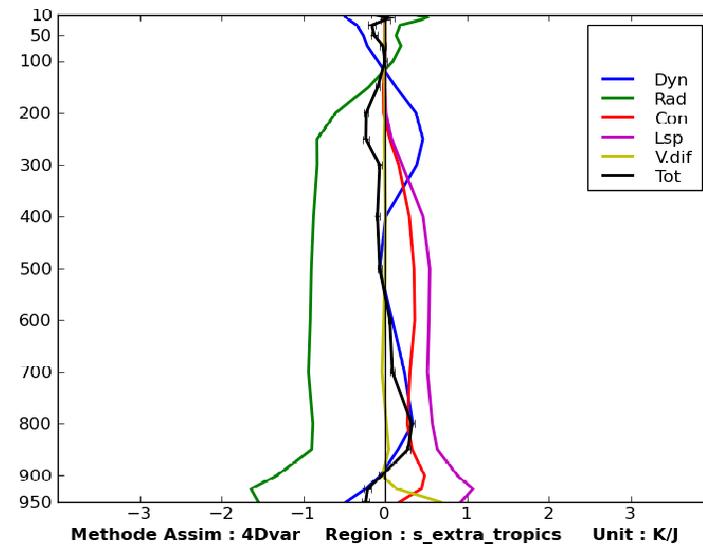
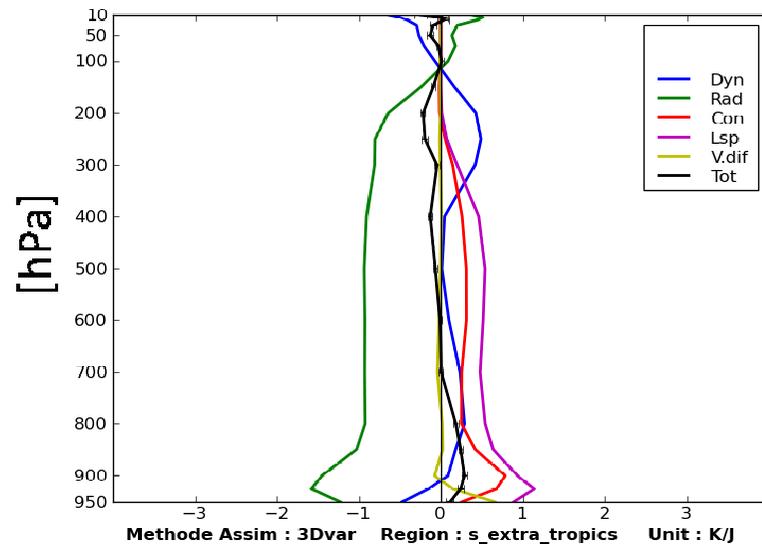
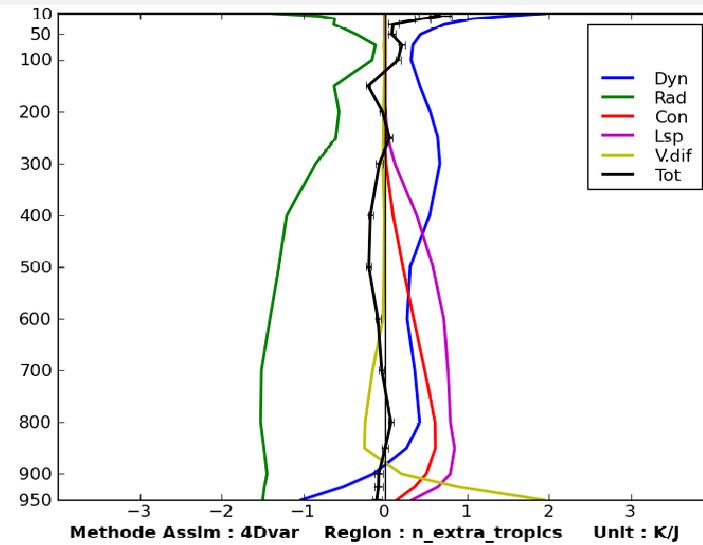
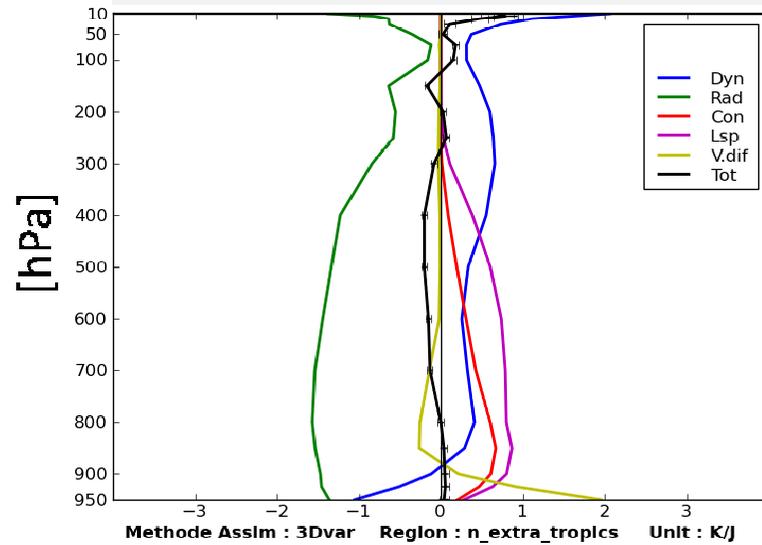
Température

Tendances moyennes sur 6 heures (après le 1^{er} pas de temps)



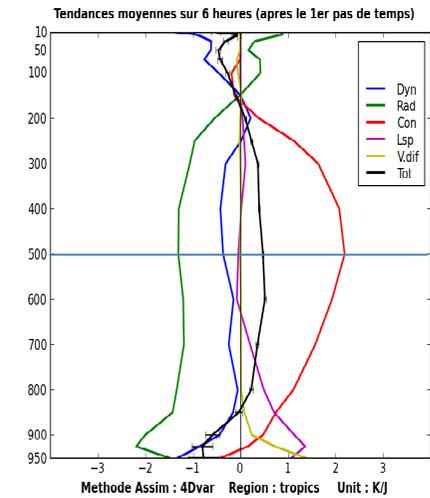
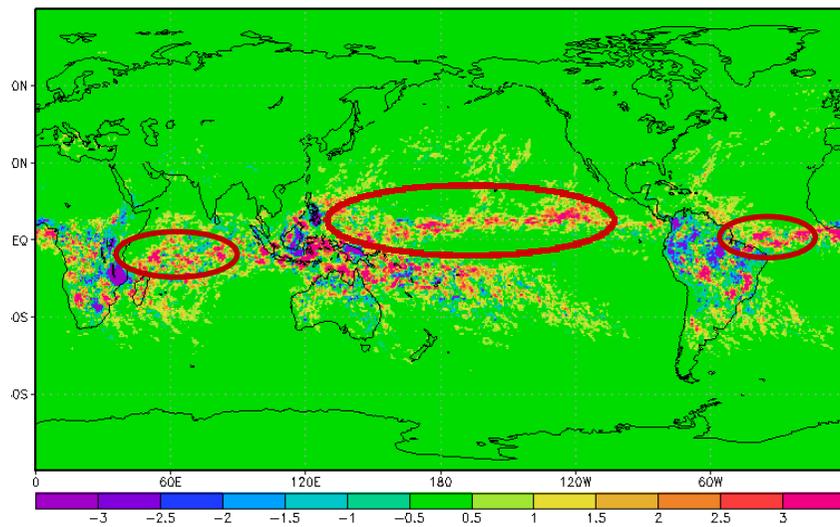
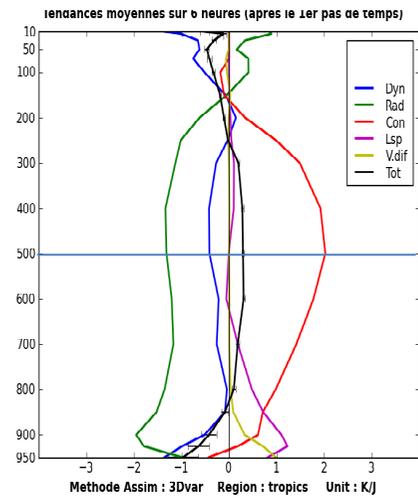
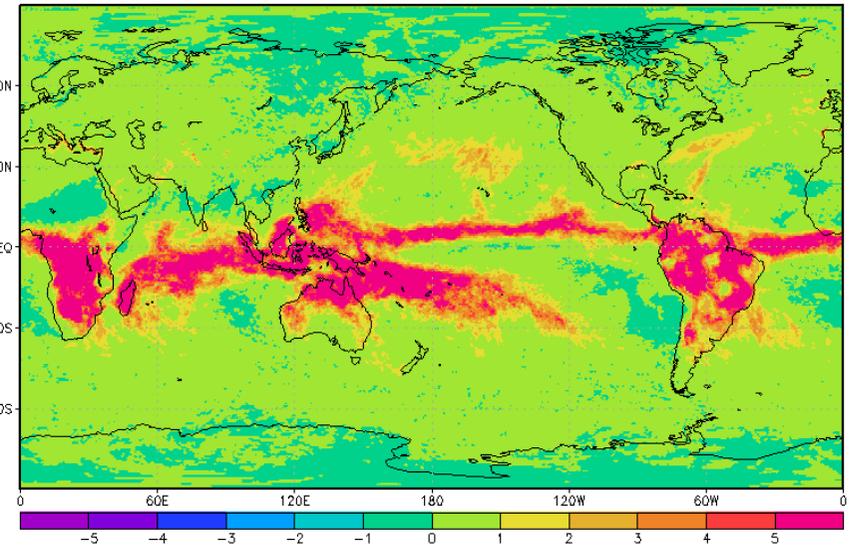
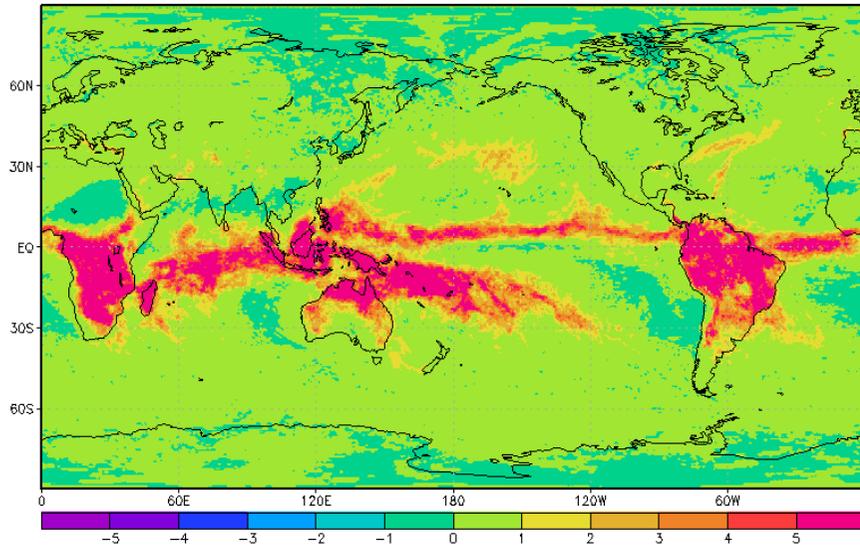
3D-Var vs 4D-Var

Tendances moyennes sur 6 heures (après le 1^{er} pas de temps)



3D-Var vs 4D-Var

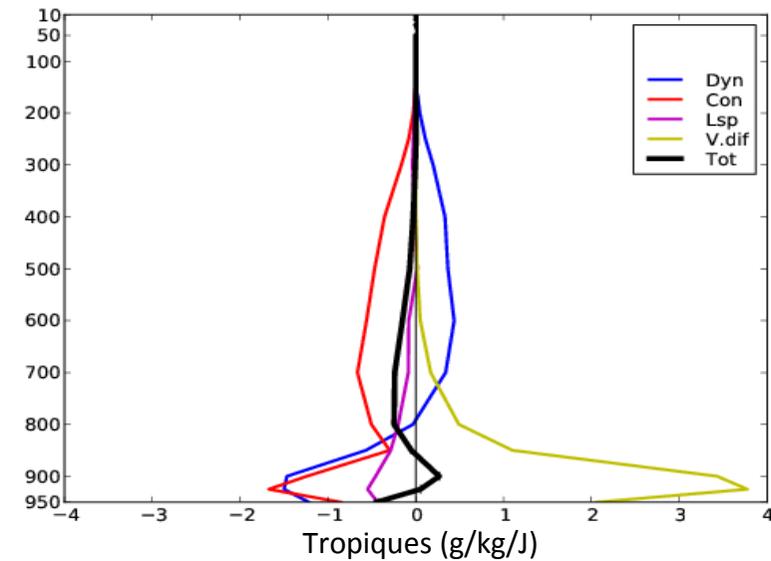
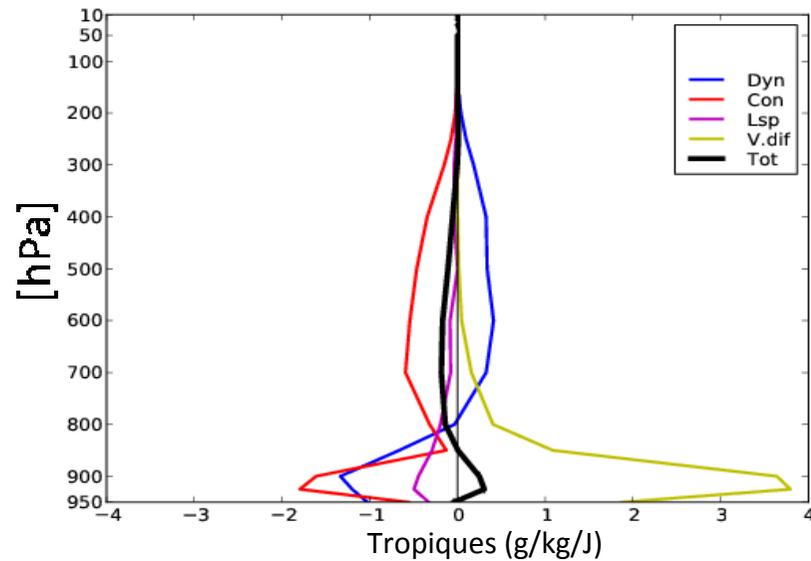
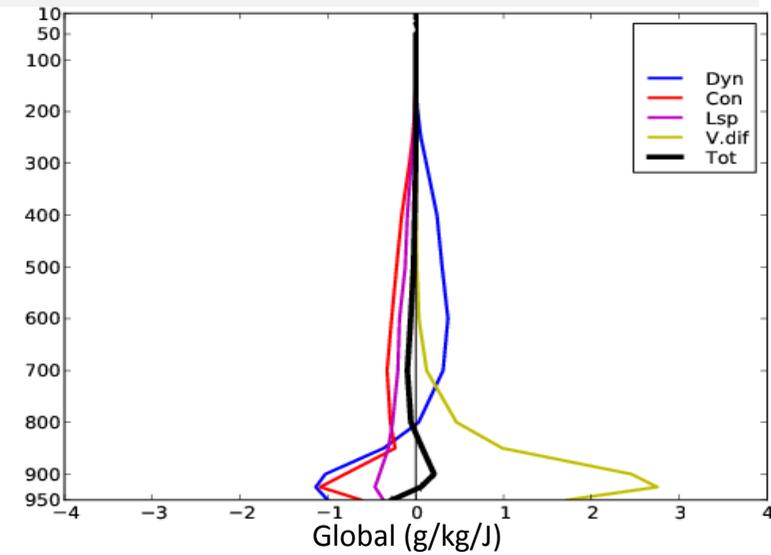
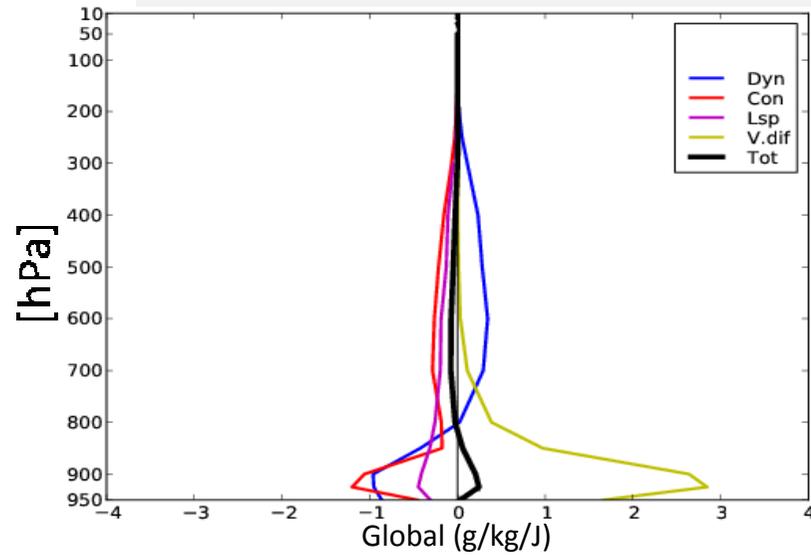
3D-Var Tendance due à la convection au niveau 500 mb 4D-Var



4D-Var-3D-

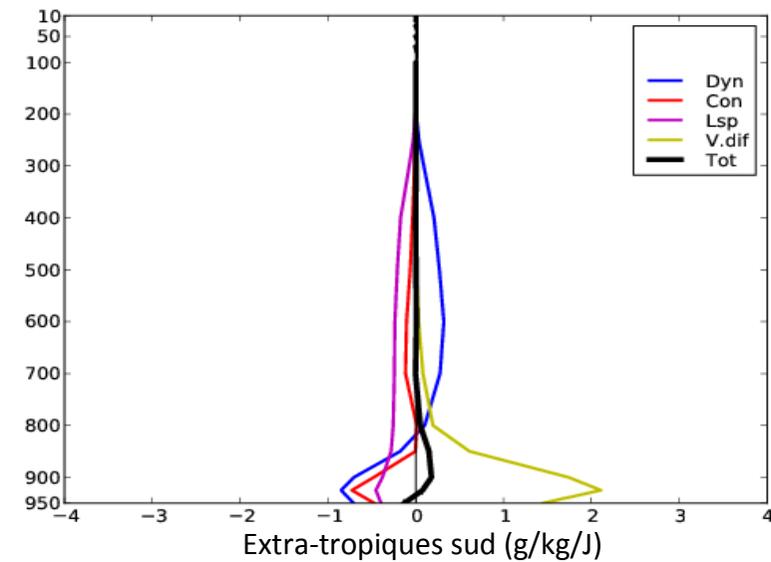
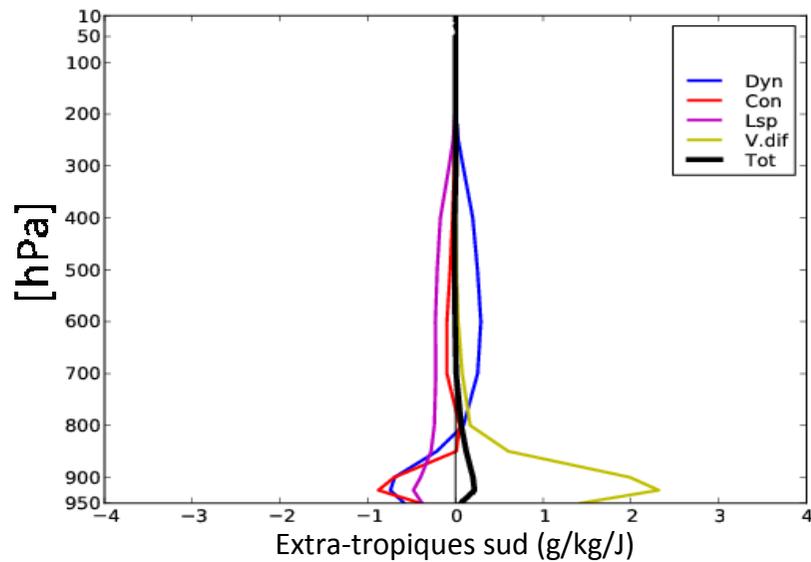
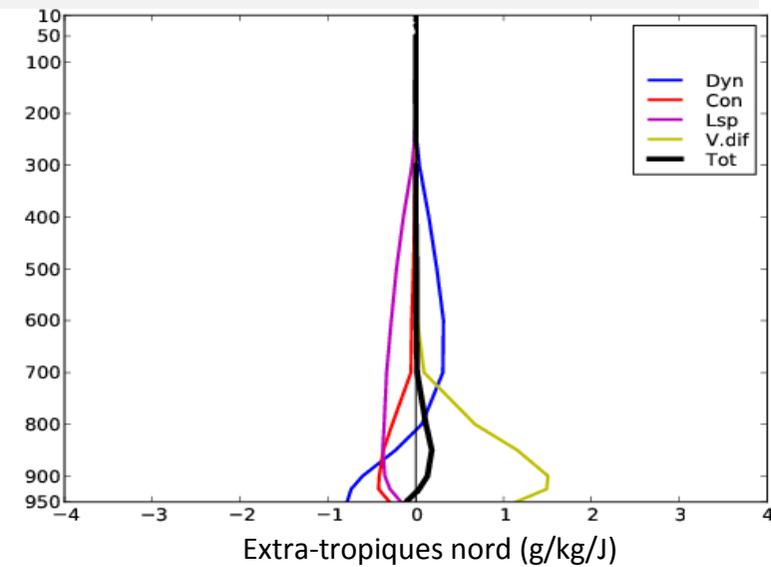
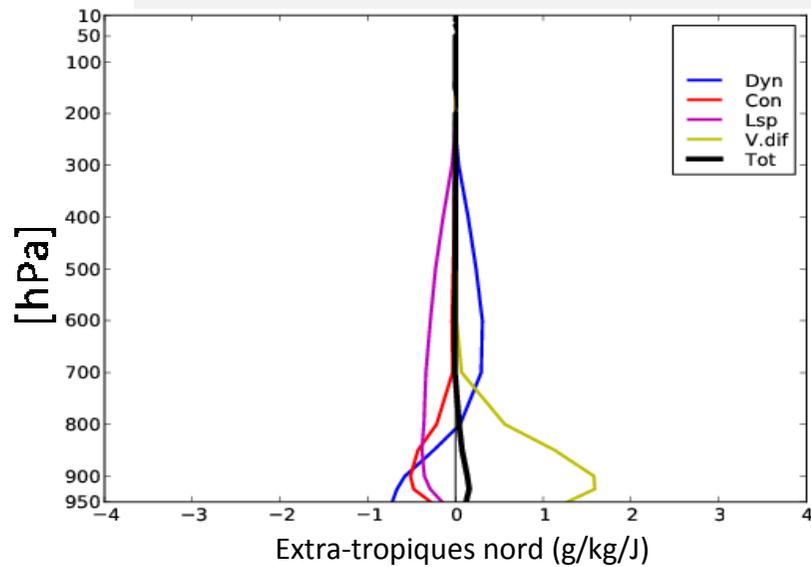
3D-Var vs 4D-Var

Tendances moyennes sur 6 heures (Humidité spécifique)



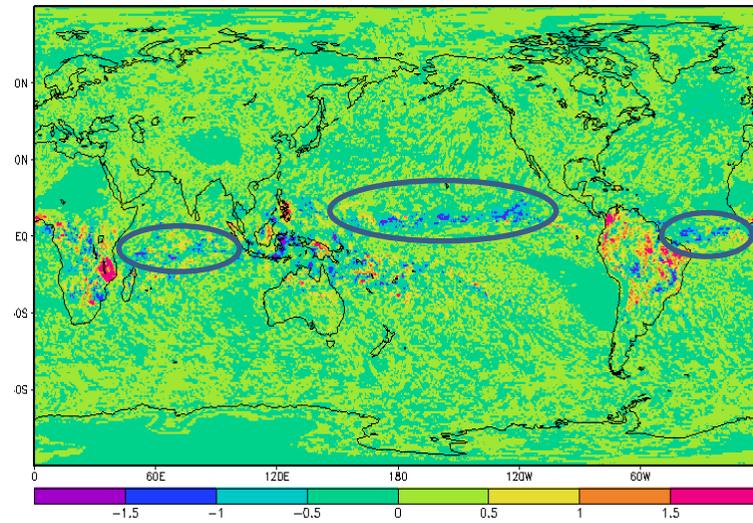
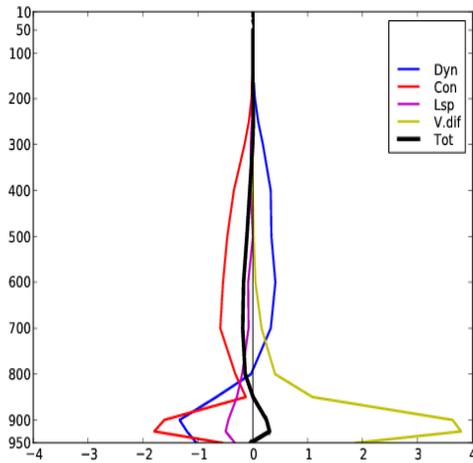
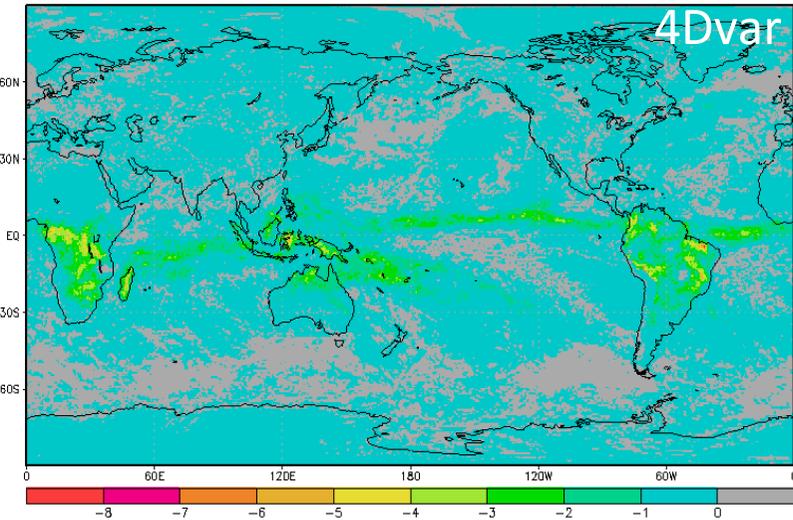
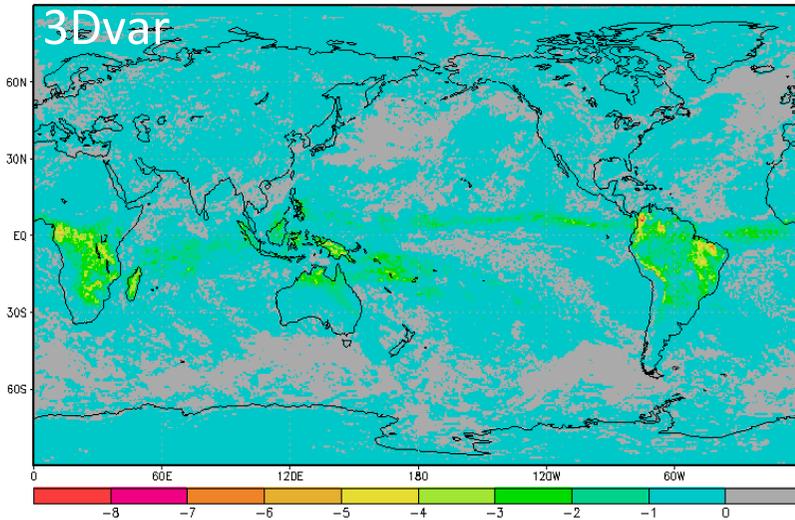
3D-Var vs 4D-Var

Tendances moyennes sur 6 heures (Humidité spécifique)

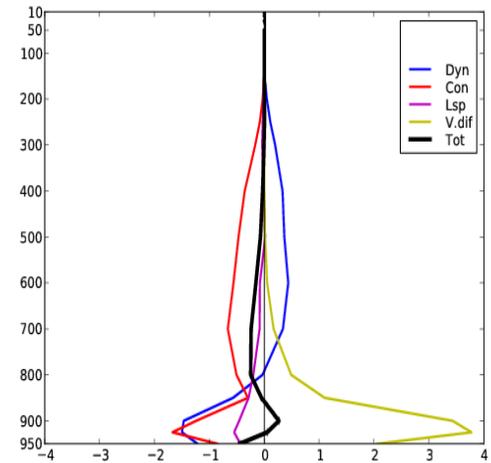


3D-Var vs 4D-Var

Tendance de l'humidité spécifique due à la convection au niveau 700 hPa



4Dvar-3Dvar



Conclusions (partie 1)

- Différences notables entre les tendances obtenues dans les tropiques entre analyses 3D-Var et 4D-Var
- Les simulations 4D-Var présentent une activité convective plus intense dans les tropiques (ZCIT)
- Examiner le schéma de convection dans les tropiques

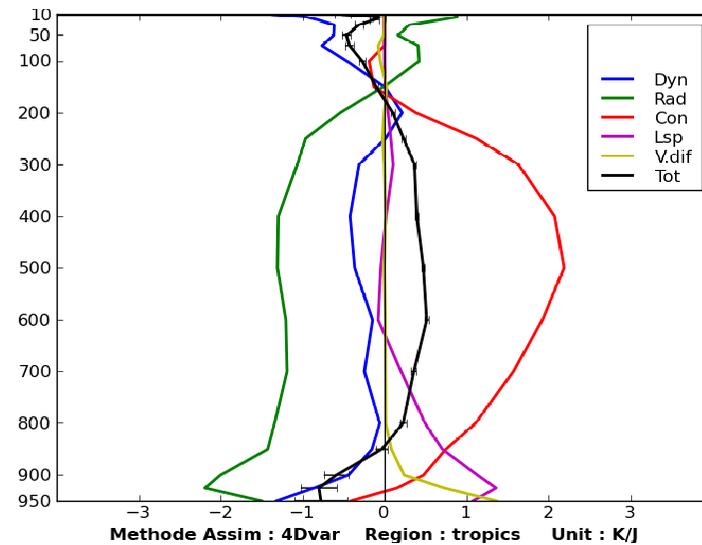
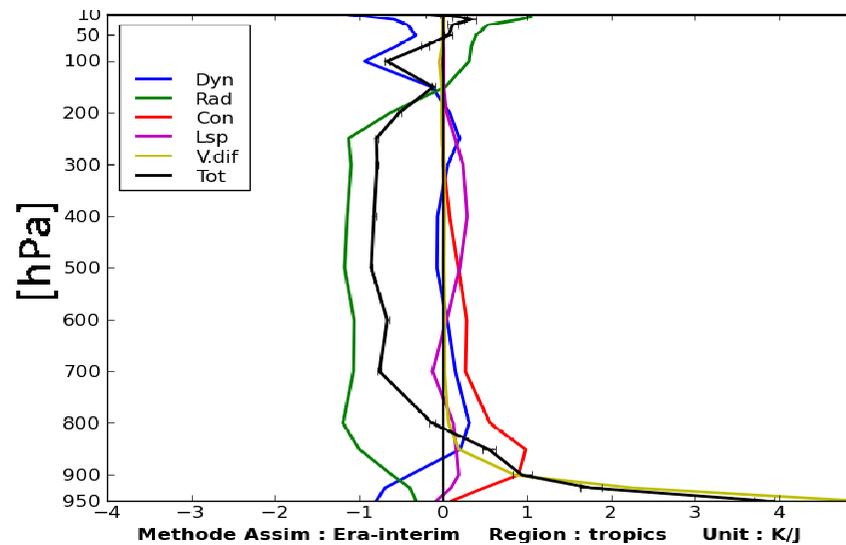
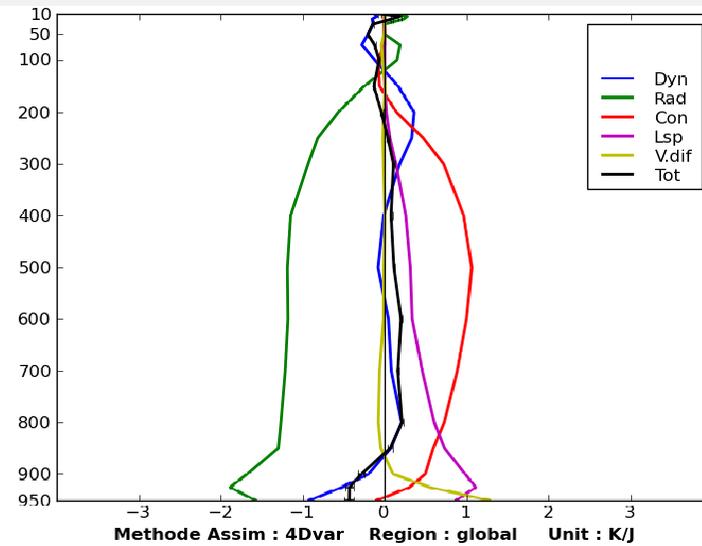
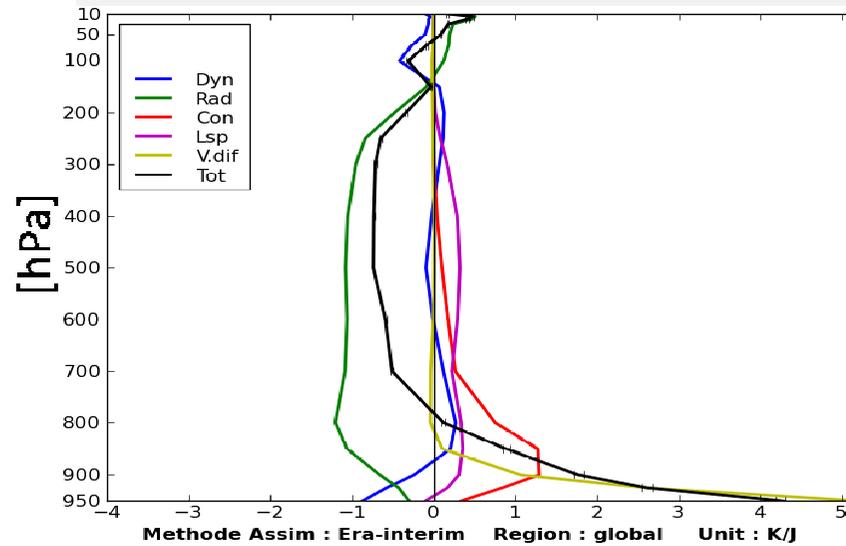
Era-Interim vs 4D-Var (SMC)

Quelques caractéristiques d'Era-Interim

- 4D-Var sur une fenêtre de 12h
- Résolution horizontale (T255) ~100 kms à l'équateur
 - Analyses sont archivées à une résolution de 150 km
- 60 niveaux verticaux avec un toit à 0.1 hPa
 - Archives : 37 niveaux jusqu'à 1 hPa
- Amélioration de la représentation des statistiques d'erreur du background
- Nouvelle analyse de l'humidité
- Paramétrages physiques améliorés
- Augmentation du volume d'observations

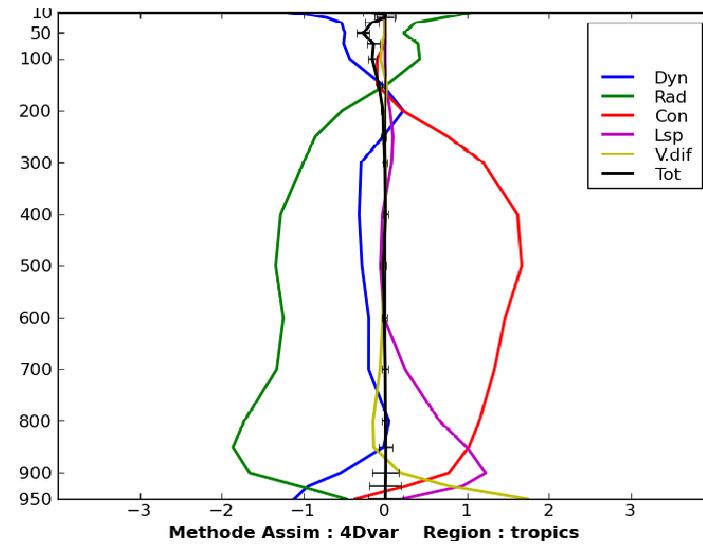
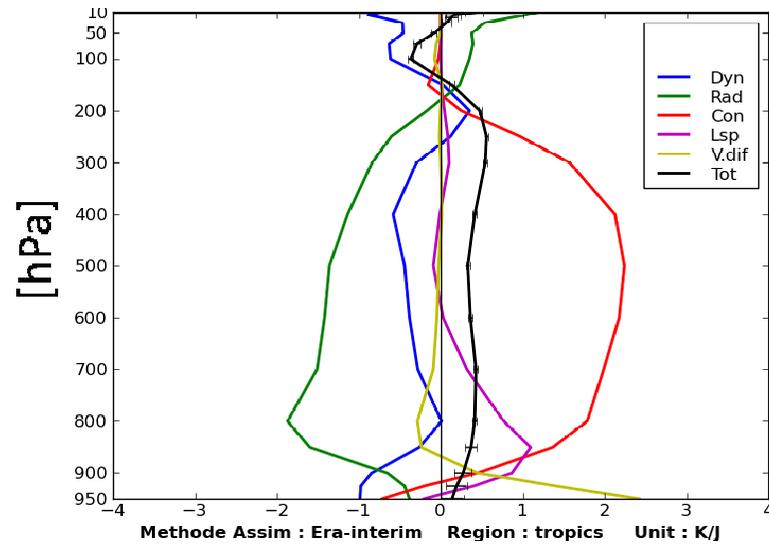
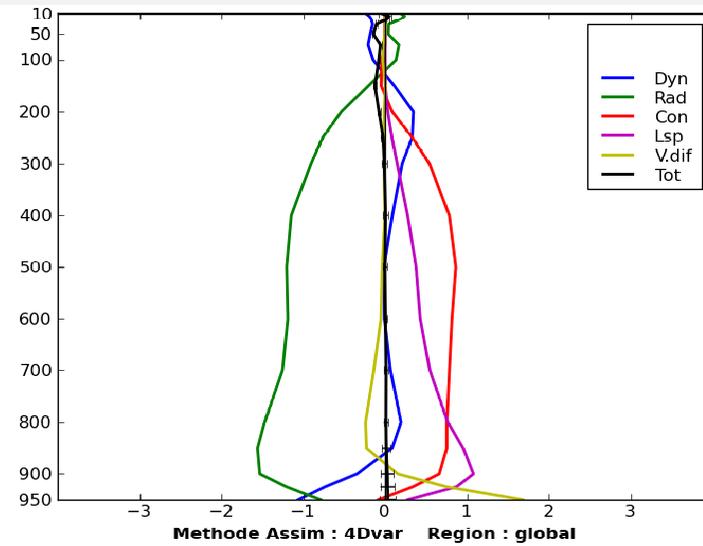
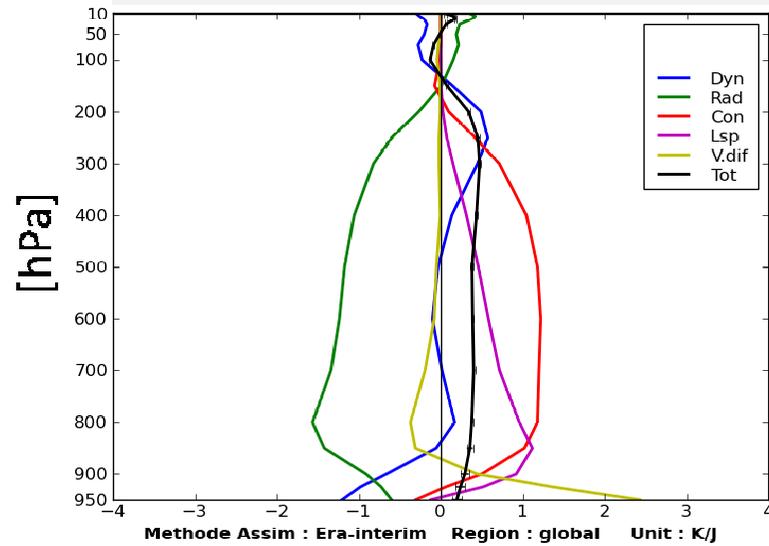
Era-Interim vs 4D-Var (SMC)

Tendances moyennes sur 6 heures (après le 1^{er} pas de temps)



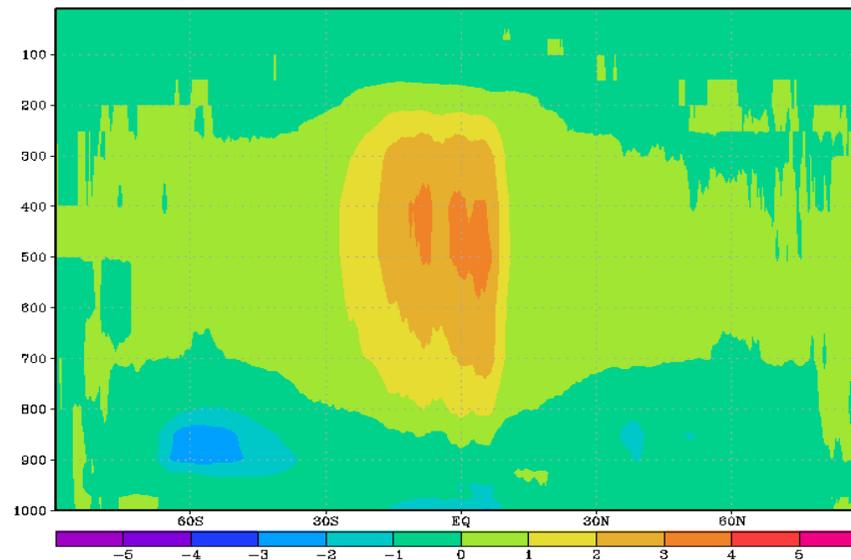
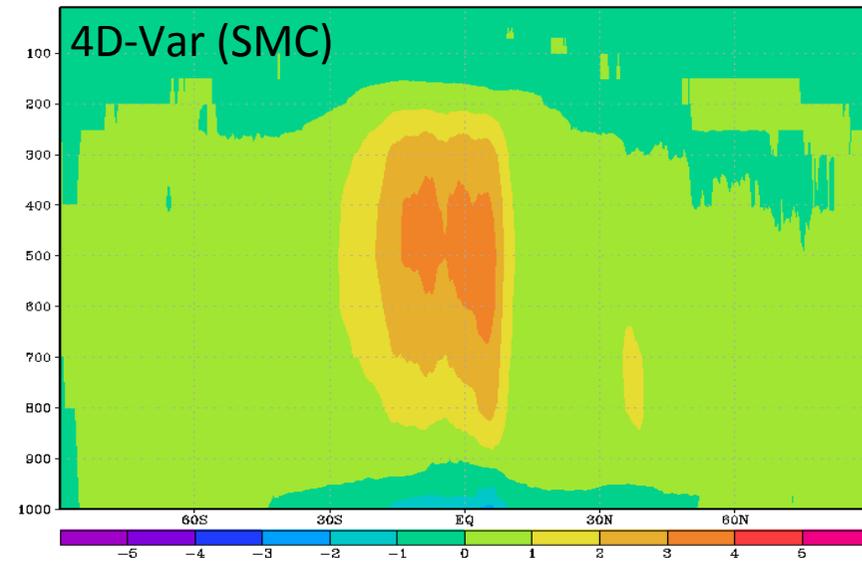
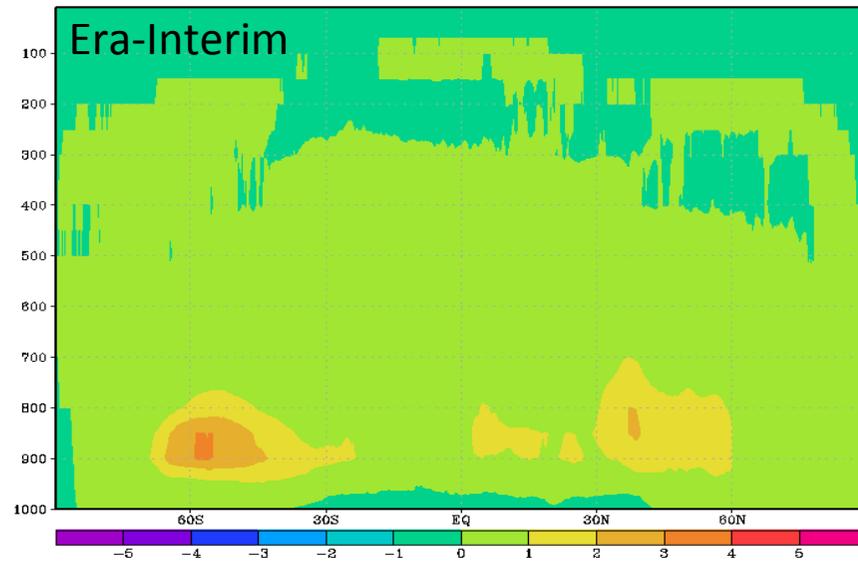
Era-Interim vs 4D-Var (SMC)

Tendances moyennes sur 6 heures (après cinq jours)



Era-Interim vs 4D-Var (SMC)

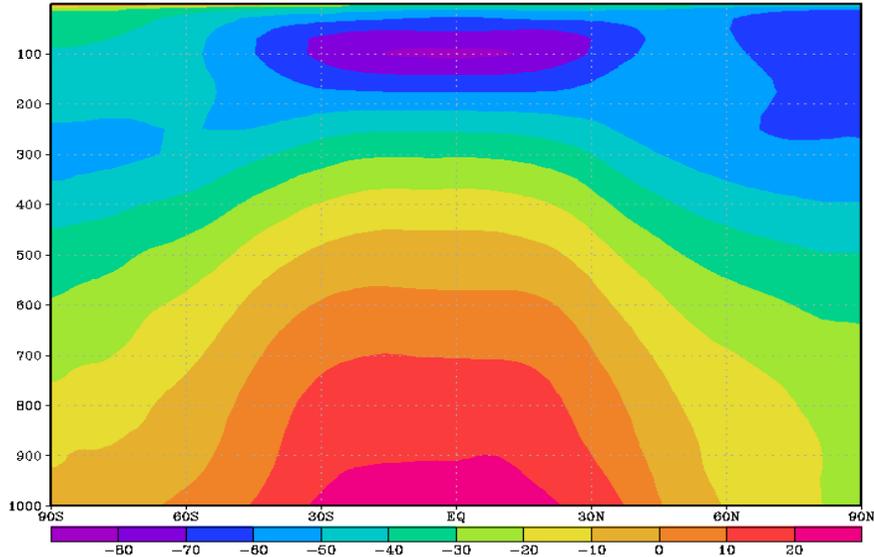
Tendance due à la convection



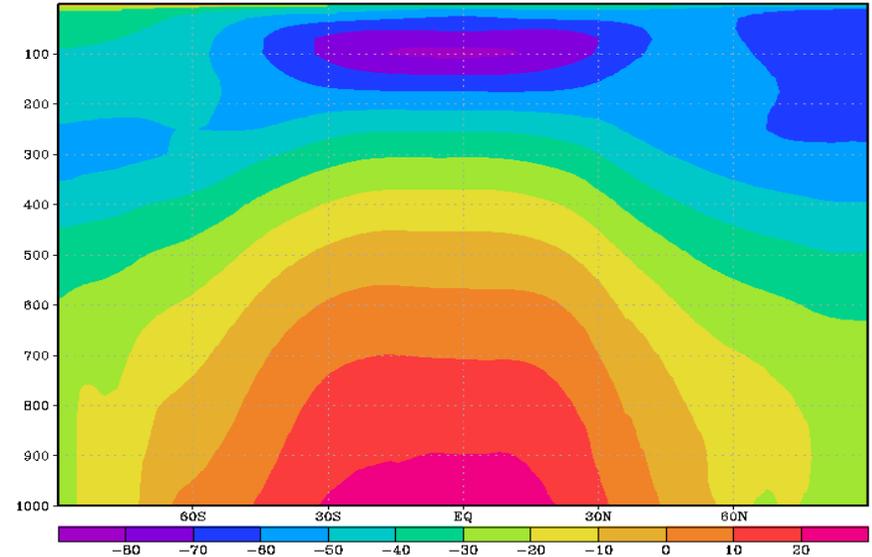
4Dvar/SMC – Era-Interim

Era-Interim vs 4Dvar (SMC)

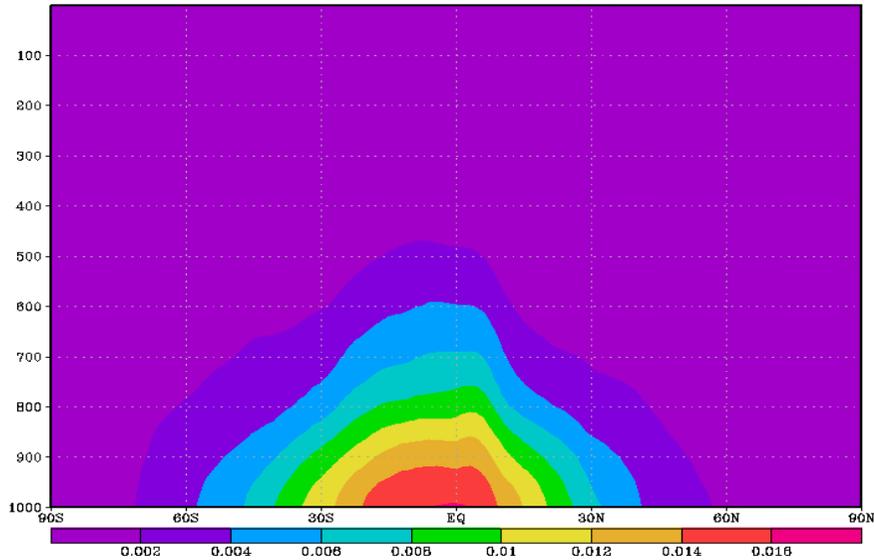
TEMPERATURE MOYENNE (Era-Interim)



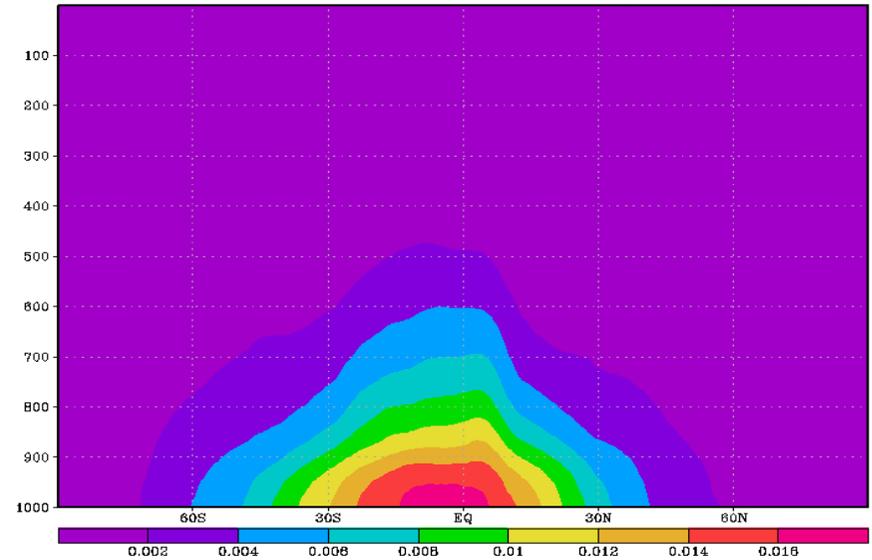
TEMPERATURE MOYENNE (4Dvar/CMC)



HUMIDITE SPECIFIQUE MOYENNE (Era-Interim)



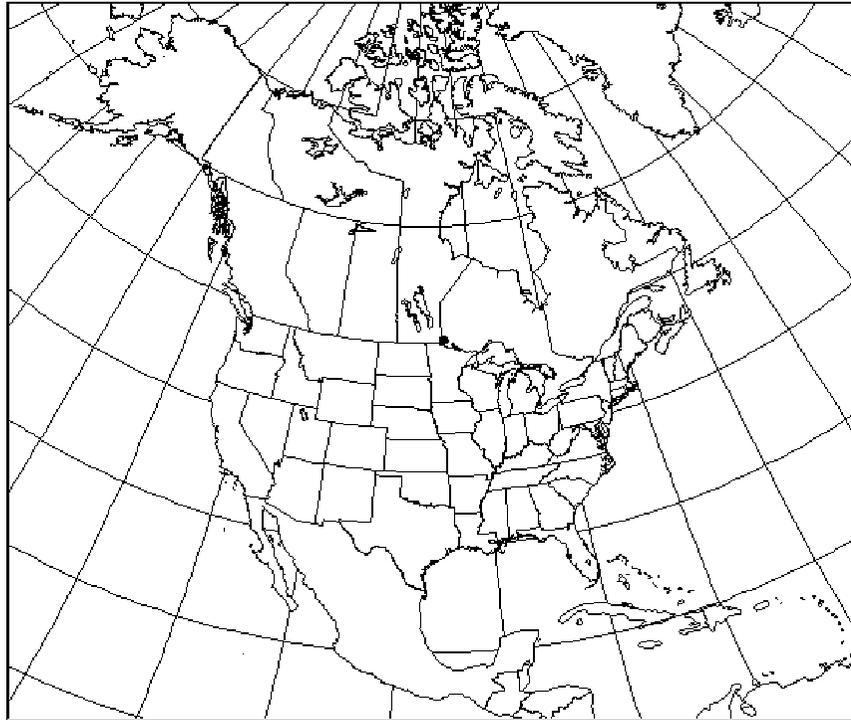
HUMIDITE SPECIFIQUE MOYENNE (4Dvar/CMC)



Conclusions (partie 2)

- Les simulations ERA-Interim indiquent un déséquilibre considérable
- Très faible activité convective (ERA-Interim)
- Modèle mieux équilibré quand il utilise les analyses SMC
- Problématique de la compatibilité du modèle avec le forçage qu'on lui applique

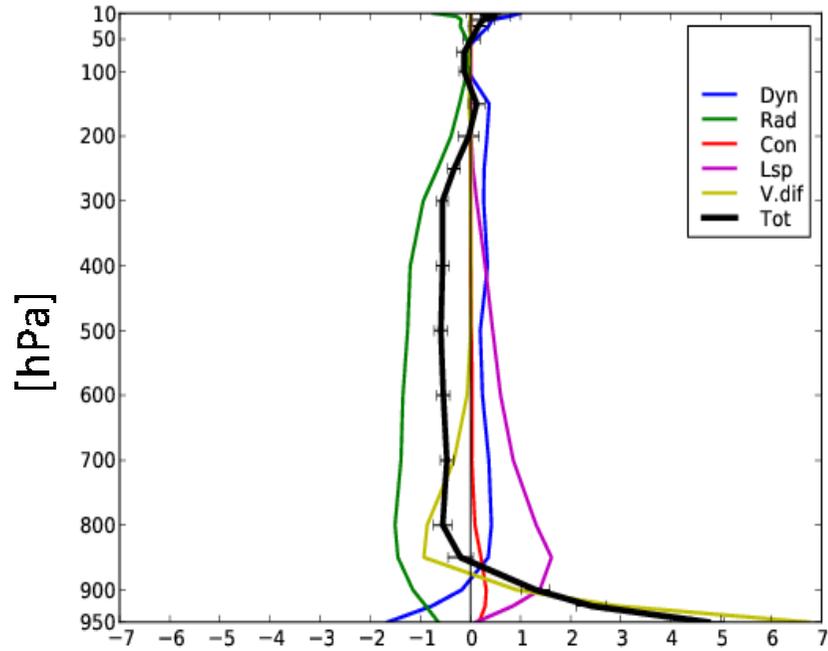
Application du diagnostic au MRCC



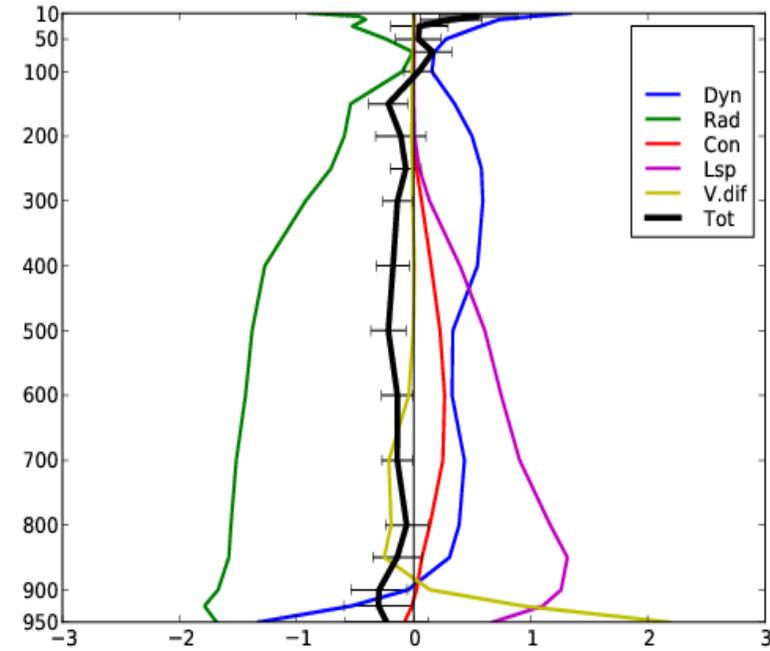
- Schémas identiques à Gemclim Global
- Résolution horizontale ~ 20 kms
- Deux types de simulations
 - ✓ Conditions initiales et pilotage par les analyses 4D-Var
 - ✓ Conditions initiales et pilotage par les réanalyses ERA-Interim

Résultats

Profils des tendances initiales du MRCC



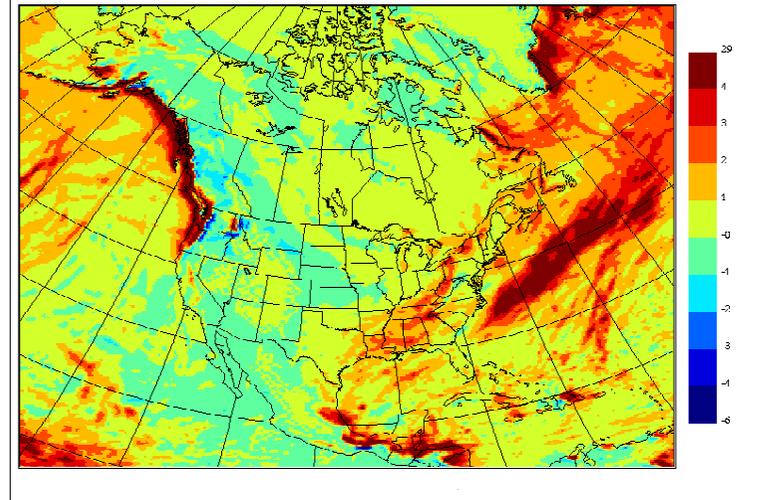
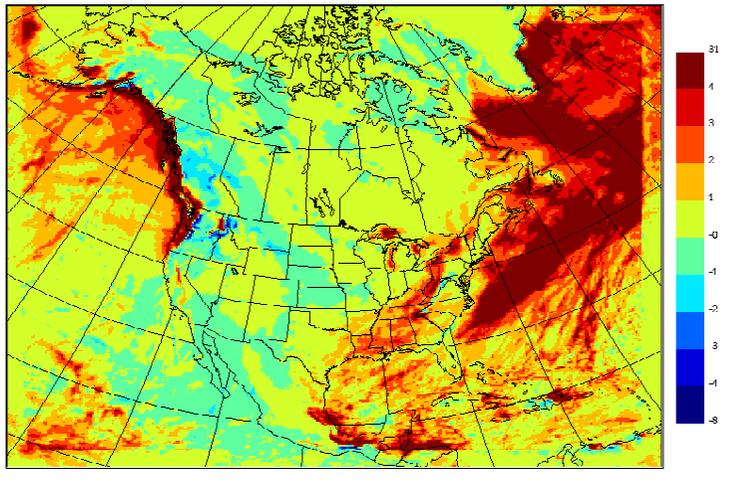
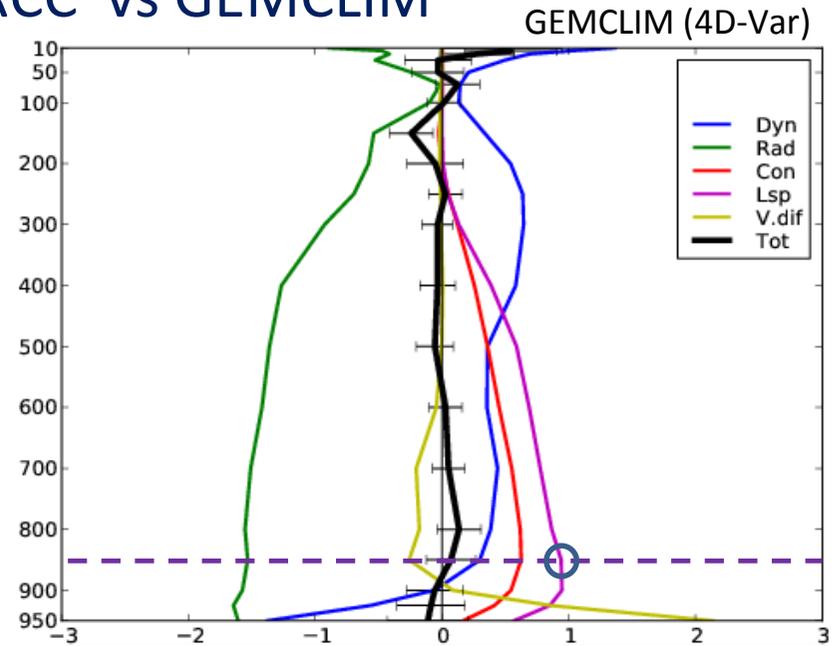
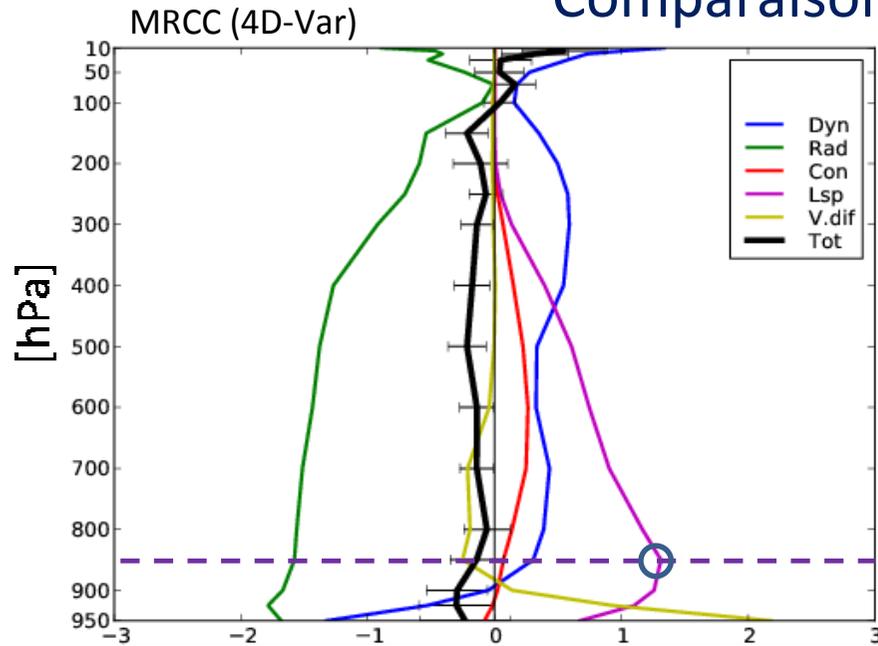
ERA-Interim



4D-Var

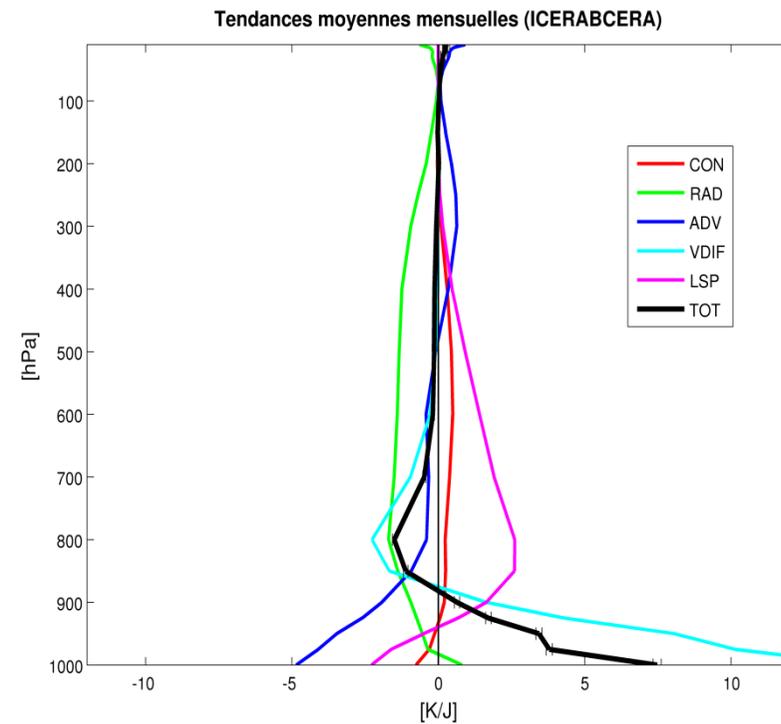
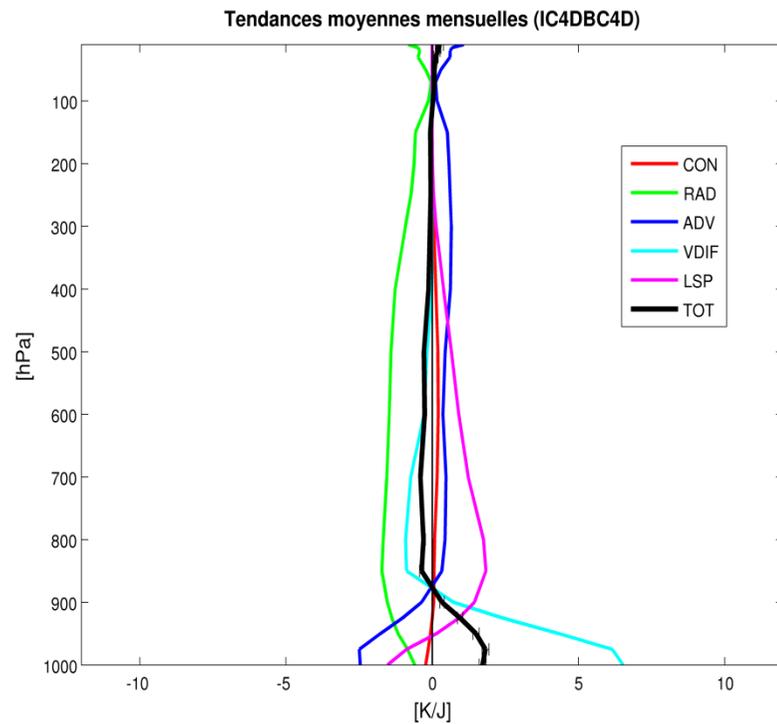
Résultats

Comparaison MRCC vs GEMCLIM



Résultats

(après un mois d'intégration)



Le déséquilibre persiste

Conclusions (partie 3)

- MRCC se comporte mieux quand il est initialisé et piloté par les analyses SMC (plus compatibles)
- La version globale (Gemclim) mieux équilibrée que le MRCC
- Intérêt d'une analyse régionale

Conclusions

- Différences significatives entre les tendances obtenues dans les tropiques entre analyses 3D-Var et 4D-Var
- Convection accentuée dans les tropiques (ZCIT) pour le 4D-Var
- Des ajustements sont requis pour le schéma de convection
- Déséquilibre important pour le cas ERA-Interim
- Convection profonde quasi-inexistante (ERA-Interim)
- Modèle mieux équilibré quand il est intégré à partir d'analyses SMC
- MRCC mieux équilibré quand il est initialisé et piloté par les analyses SMC
- La version globale est mieux balancée que le MRCC
- Une analyse régionale basée sur le MRCC serait plus adéquate
- Idéalement, un modèle de climat devrait avoir ses propres réanalyses

Conclusions

- Diagnostic des tendances initiales :
 - Détail et précision
 - Prospection progressive
 - Interprétation physique
 - Évaluation des versions d'un modèle climatique
 - Coût de calcul très bas comparé aux simulations climatiques

Perspectives

- Utilisation du diagnostic des tendances pour évaluer la compatibilité du type des conditions aux bords fournies aux modèles climatiques régionaux (MRCC)
- Évaluation du type de pilotage pour le MRCC
- Production d'analyses régionales basées sur le MRCC
- Appliquer le diagnostic à différentes versions du MRCC

Références

- Gauthier, P., C. Charette, L. Fillion, P. Koclas et S. Laroche, 1999: Implementation of a 3D variational data assimilation system at the Canadian Meteorological Centre. Part I : The global analysis. *Atmos.-Ocean*, **37**, 103-156.
- _____, et J.-N. Thépaut, 2001: Impact of the digital filter as a weak constraint in the preoperational 4D-Var assimilation system of Météo-France. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 2089- 2102.
- _____, M. Tanguay, S. Laroche, S. Pellerin, et J. Morneau, 2007: Extension of 3D-Var to 4D-Var : Implementation of 4D-Var at the Meteorological Service of Canada. *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 2339–2354.
- Dee, D. P., S. M. Uppala, A. J. Simmons, P. Berrisford, P. Poli, S. Kobayashi, U. Andrae, M. A. Balmaseda, G. Balsamo, P. Bauer, P. Bechtold, A. C. M. Beljaars, L. van de Berg, J. Bidlot, N. Bormann, C. Delsol, R. Dragani, M. Fuentes, A. J. Geer, L. Haimberger, S. B. Healy, H. Hersbach, E. V. Hólm, L. Isaksen, P. Kållberg, M. Köhler, M. Matricardi, A. P. McNally, B. M. Monge-Sanz, J.-J. Morcrette, B.-K. Park, C. Peubey, P. de Rosnay, C. Tavolato, J.-N. Thépaut et F. Vitart, 2011: The ERA-Interim reanalysis : configuration and performance of the data assimilation system. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **137**, 553-597.
- Rodwell, M. J. et T. N. Palmer, 2007: Using numerical weather prediction to assess climate models. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 129–146
- _____, et T. Jung, 2008: Understanding the local and global impacts of model physics changes: An aerosol example. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **134**, 1479–1497

Merci

Recherche financée en partie par
les organismes suivants:



Environnement
Canada

Environment
Canada



UQÀM

*Développement
économique, Innovation
et Exportation*

Québec 



Canadian Foundation for Climate
and Atmospheric Sciences (CFCAS)

Fondation canadienne pour les sciences
du climat et de l'atmosphère (FCSCA)