

Version stratosphérique du modèle GEMDM hybride

Sandrine Edouard

Bernard Dugas

RPN-MRB, Dorval

Motivations

- Repousser plus haut les problèmes au toit du modèle !!
 - *Améliorer la stratosphère du modèle*
- Assimiler de nouvelles données dans les hauts niveaux
 - *Canaux supplémentaires AMSU-A , données AIRS, etc..*
- Construire un système d'assimilation de l'ozone stratosphérique
 - *Extraire des informations sur la circulation stratosphérique*

La coordonnée hybride: Une étape préliminaire

- Relaxe rapidement de niveaux sigma vers des niveaux pression dans la basse stratosphère
 - *Réduit les erreurs d'interpolation lors de l'assimilation de données dans les hauts niveaux*
- Permet de s'affranchir de la signature topographique dans les hauts niveaux
 - *Evite une détérioration de la circulation stratosphérique*

Hybrid coordinate system

1. Definitions

- Operational version

$$\pi = (\pi_s - \pi_t)\eta + \pi_t$$

$$z = (z_s - z_t)\eta + z_t$$

with

$$\pi_s = \text{cste}, \pi_t = \text{cste}, z_s = \text{cste}, z_t = \text{cste}$$

- Hybrid version

$$\pi = A(\eta) + B(\eta)\pi_s$$

$$z = A(\eta) + b(\eta) \quad b(\eta) = B(\eta)z_s$$

with A, B such that $\frac{\partial A}{\partial \eta} + \pi_s \frac{\partial B}{\partial \eta} > 0$

and,

π : hydrostatic pressure, $\rho g = -\frac{\partial \pi}{\partial z}$

z : hydrostatic reference pressure,

$$z = \pi - \pi'$$

Generalized pressure coordinate

- We use the Laprise & Girard (1990) hybrid coordinate where the local pressure is defined as follows:

$$\pi(\eta) = A(\eta) + B(\eta)\pi_s$$

with,

$$\begin{cases} A(\eta) = [\eta - B(\eta)]p_{ref} & p_{ref} = 800mb \\ B(\eta) = \left(\frac{\eta - \eta_t}{1 - \eta_t}\right)^r & r \geq 1 \end{cases}$$

NB: Using $r = 1$, the hybrid system reverts to the operational system $\eta_{oper} = \frac{\pi - \pi_t}{\pi_s - \pi_t}$

- The η levels are distributed such that

$$\eta = \eta_{oper} + \frac{\pi_t}{p_{ref}}(1 - \eta_{oper})$$

- For stability constraining, $r = 1.6$

GEMDM stratosphérique

Validation en mode climat

- Configuration:

Choisie la plus proche possible de la version eta opérationnelle avec toit à 10mb.

- GEMDM v3.0.1, Phys 3.72
- Grille 400 x 200
- $\Delta t = 45$ mn
- Grille **non tournée** (schéma de diffusion aux pôles)
- Eponge au toit (del-2 sur les 6 derniers niveaux)
- Formitchev
- Schéma **GWD** et **terme de blocage** (Zadra et al., 2003)

GEMDM stratosphérique

Validation en mode climat

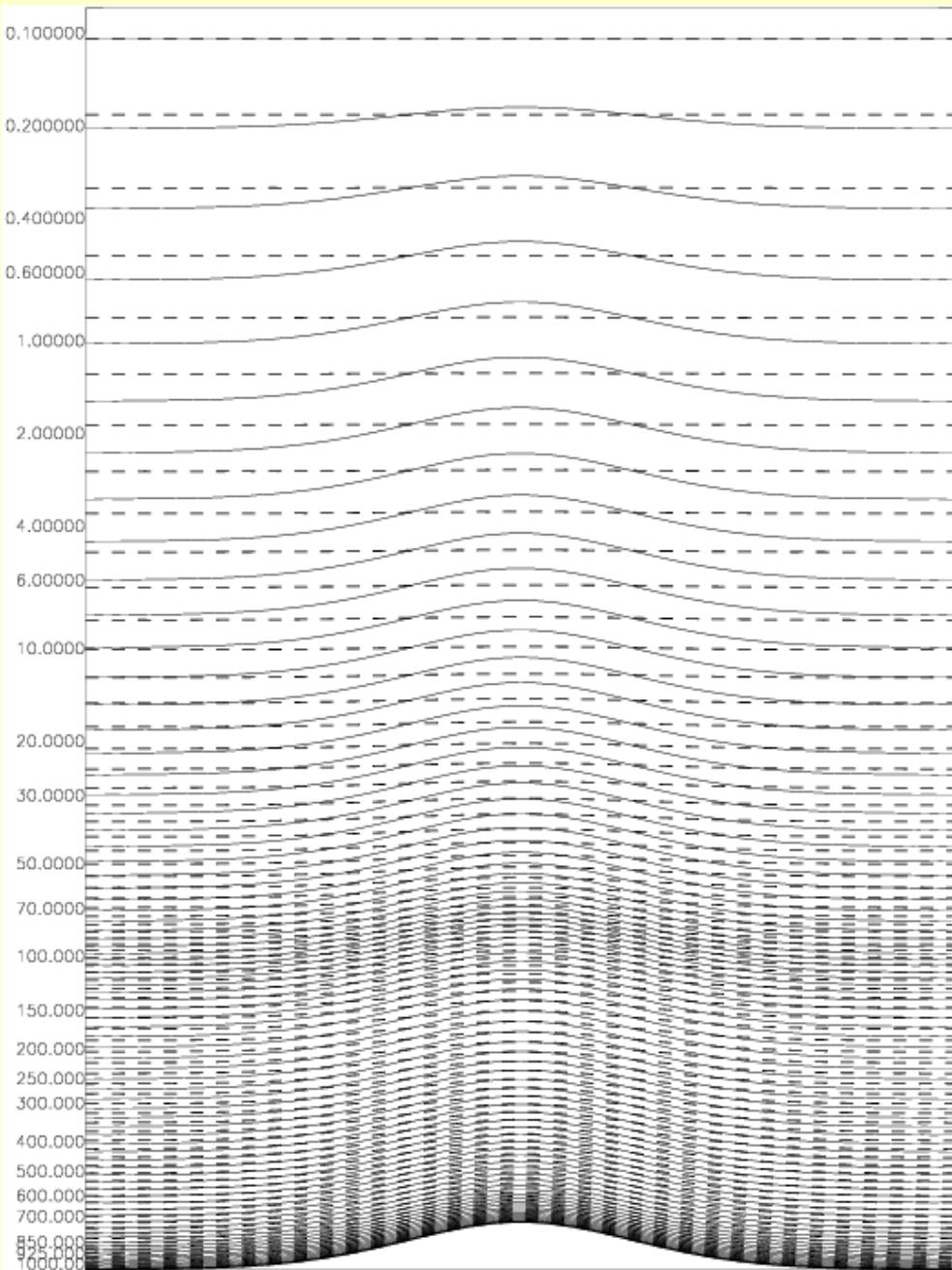
- Discrétisation verticale:

→ **80 niveaux** avec toit à **0.1mb** (~ 65km)

- 1000mb à 100mb : **49** niveaux (global-meso)
 $\delta h < 600\text{m}$

- 100mb à 10mb : **20** niveaux
 $\delta h < 1.5\text{km}$

- 10mb à 0.1mb : **11** niveaux (analyse)
6 niveaux entre 1mb et 0.1mb
 $\delta h < 5\text{km}$



Discretisation verticale

Version stratosphérique

80 niveaux
ptop = 0.1mb

—— niveaux eta

---- niveaux hybrides

GEMDM stratosphérique

Validation en mode climat

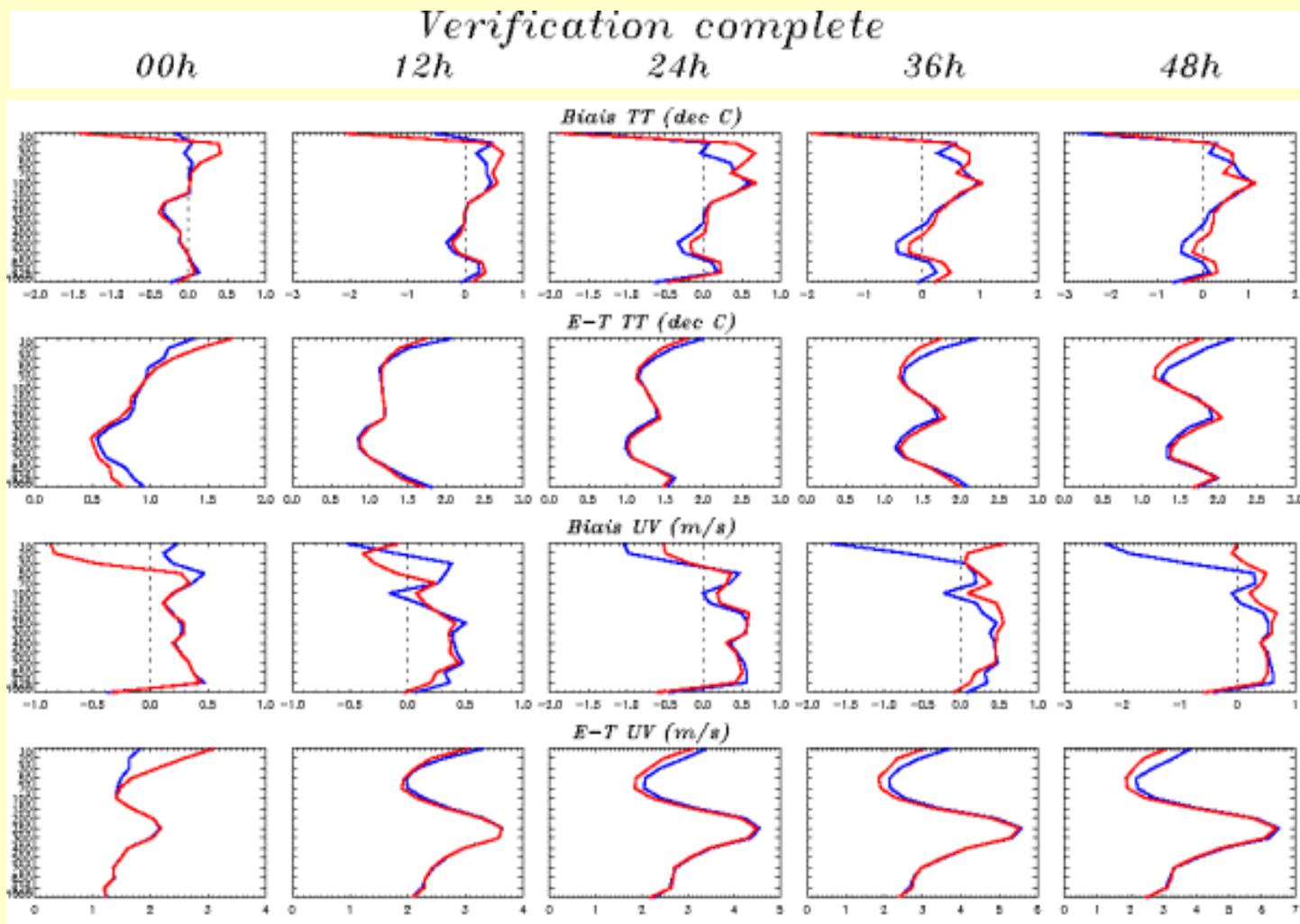
- Niveaux radiatifs:

Calcul radiatif sur tous les niveaux trop couteux

- 1er au 40ème niveau : calcul sur tous les niveaux
~ 1000mb à 150mb
- 41ème au 77ème niveau : calcul 1 niveau sur 2
~ 150mb à 1mb
- 78ème au 80ème niveau : calcul sur tous les niveaux
~ 1mb à 0.1mb

→ **58 niveaux** radiatifs

Amérique du nord plus

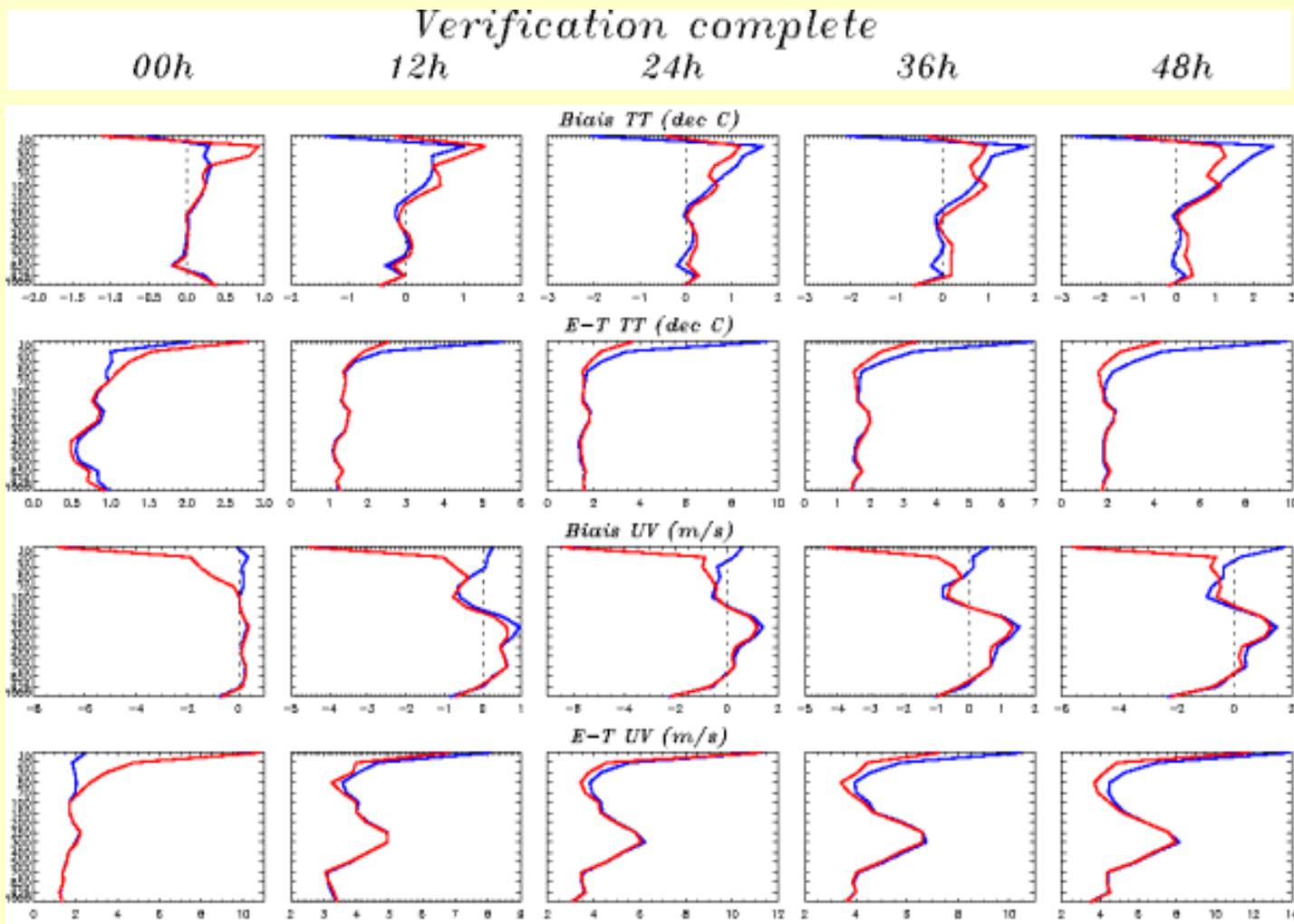


- GEM_eta_oper , ptop=10mb
- GEMDM_hybride , ptop=0.1mb

Eté 2002

C. Charette, C. Chouinard

Hémisphère sud



— GEM_eta_oper , ptop=10mb
— GEMDM_hybride , ptop=0.1mb

Eté 2002

C. Charette, C. Chouinard

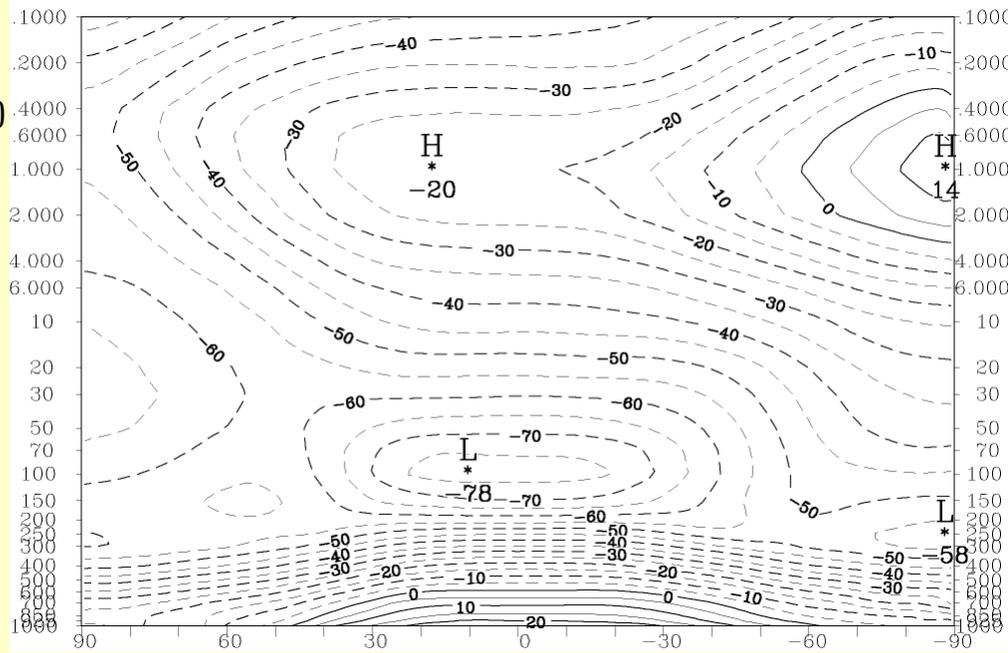
GEMDM stratosphérique

Validation en mode climat

Expérience:

- **18 hivers** (DJF) de 1978-79 à 1995-96
- Ré-analyses **NCEP** : T62, 28 niveaux sigma, ptop = 3mb
Disponibles au CMC jusqu' à 10mb
- Statistiques sur niveaux pression pour **Janvier** et les **10ers jours de Décembre** (période de “spinup”)
- **Contrôle** : GEMDM , r =1 (eta version)

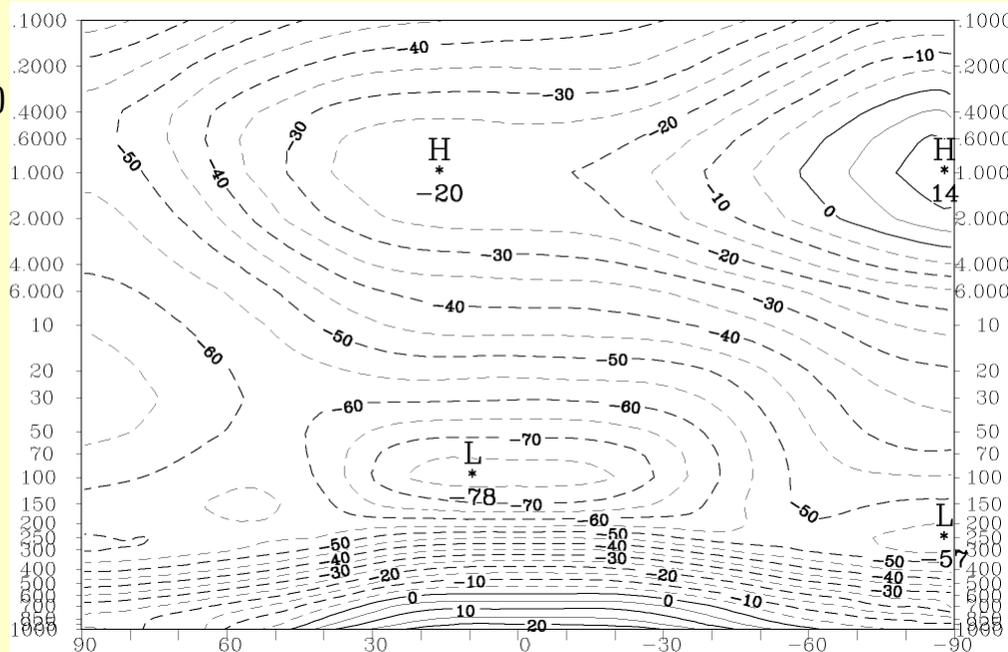
TT
(degC)



**Moyenne des prévisions
à 10 jours
18 hivers 1978 -1995**

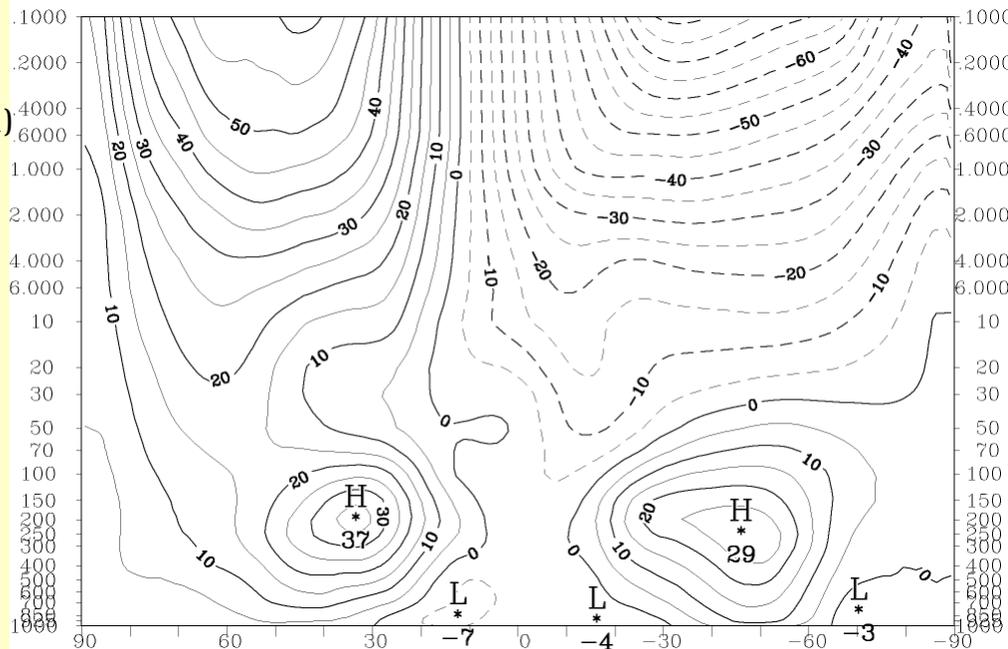
GEMDM_eta

TT
(degC)



GEMDM_hybride

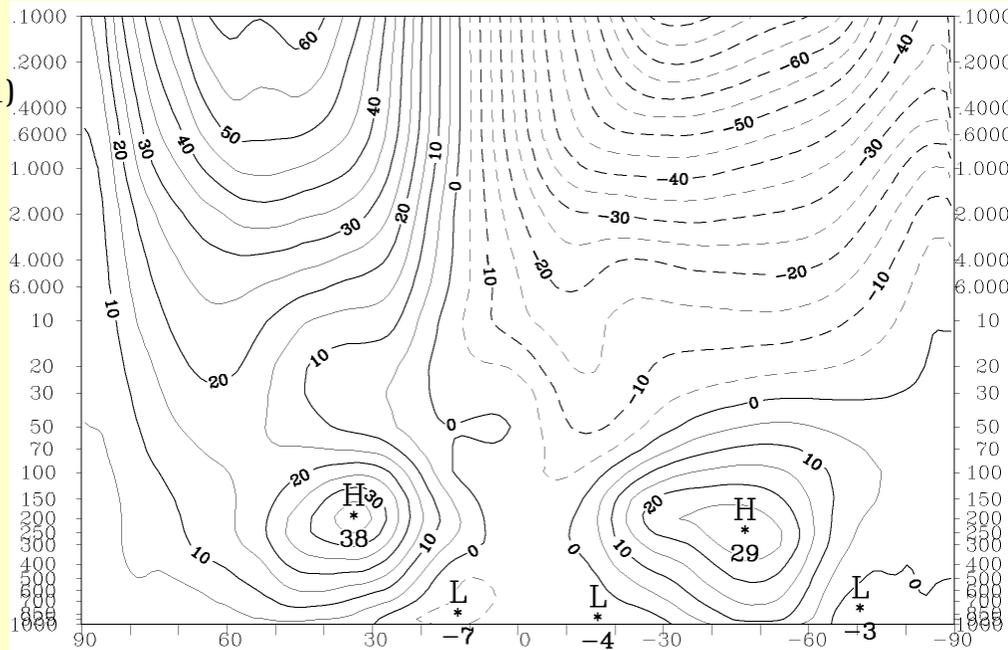
UU
(m.s-1)



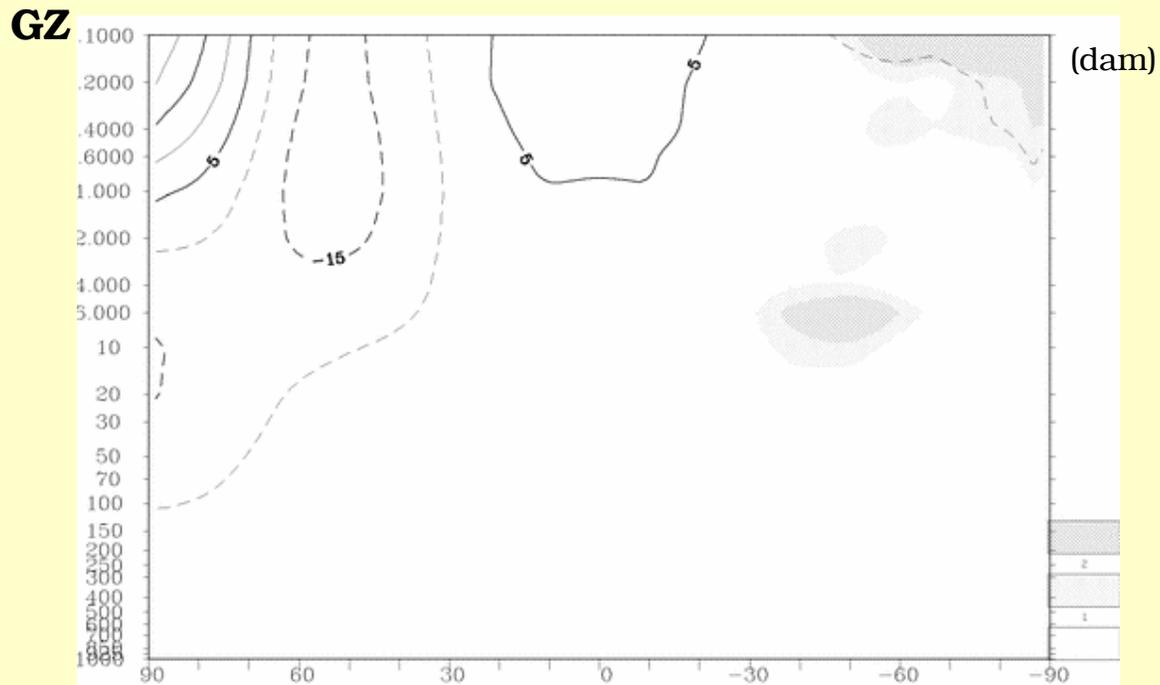
**Moyenne des prévisions
à 10 jours
18 hivers 1978 -1995**

GEMDM_eta

UU
(m.s-1)

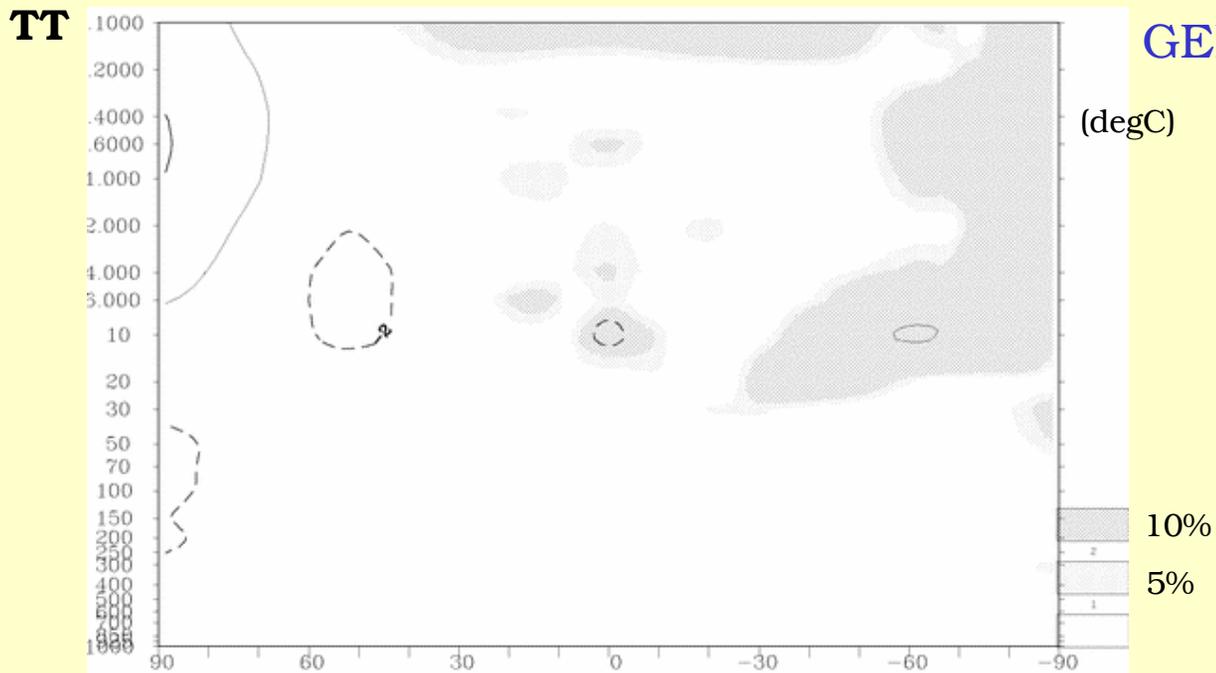


GEMDM_hybride

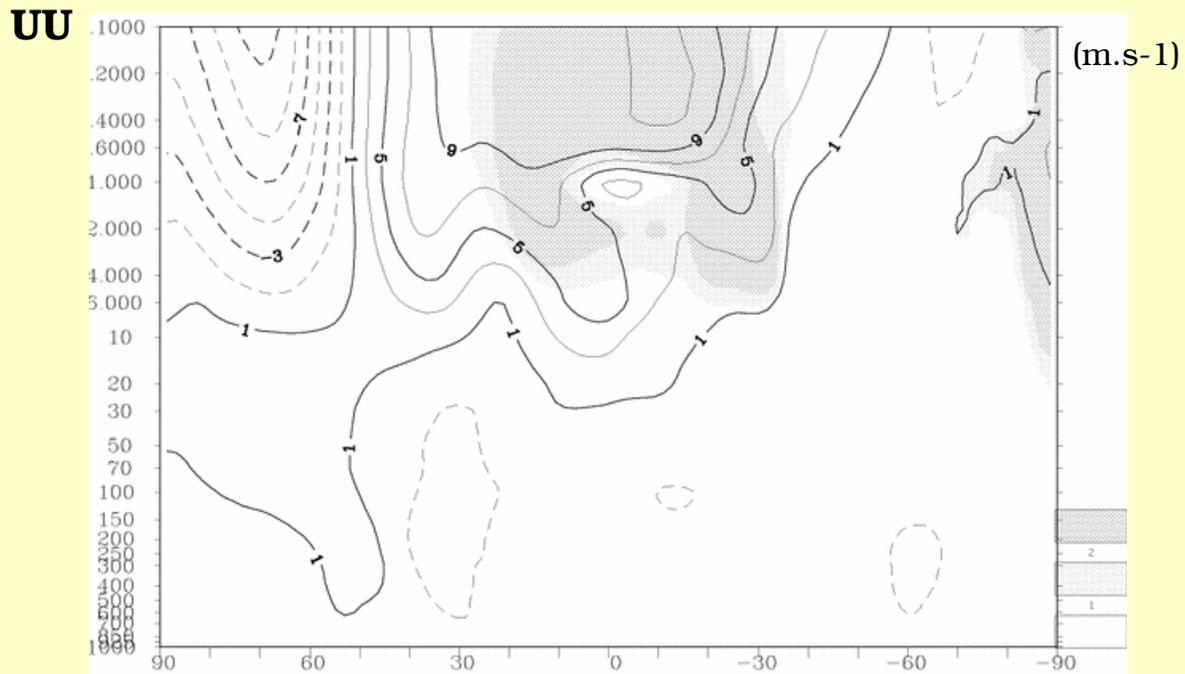


Test de Student

**Moyenne des prévisions
pour Janvier
18 hivers 1978 -1995**

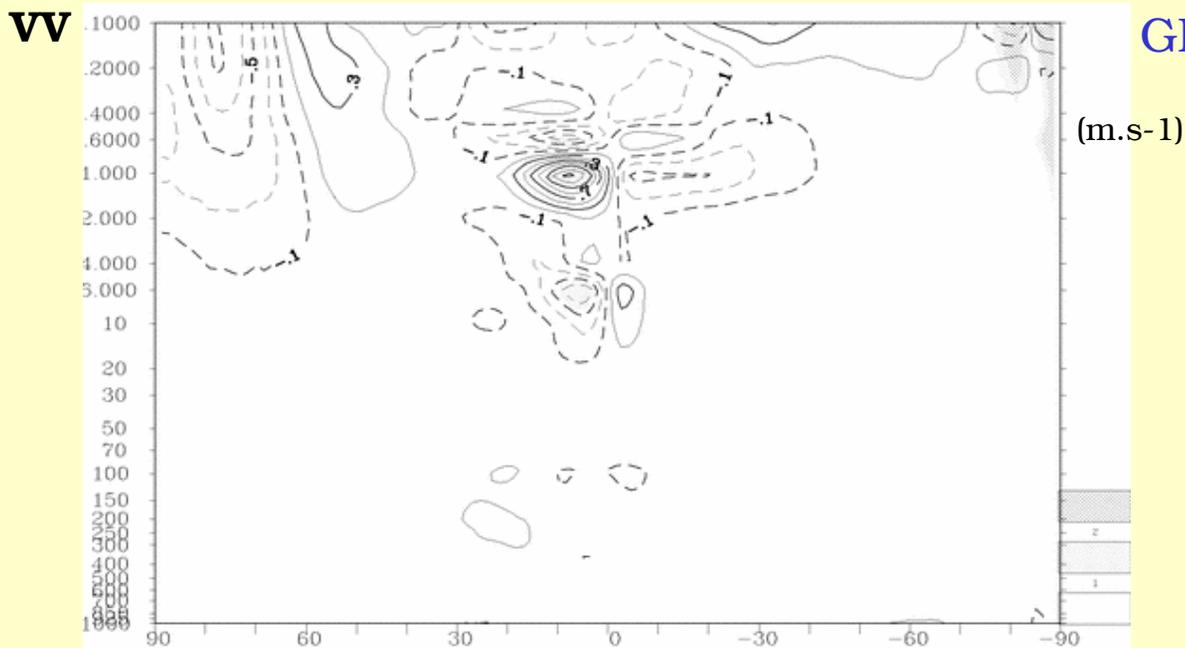


GEMDM_eta - GEMDM_hybride

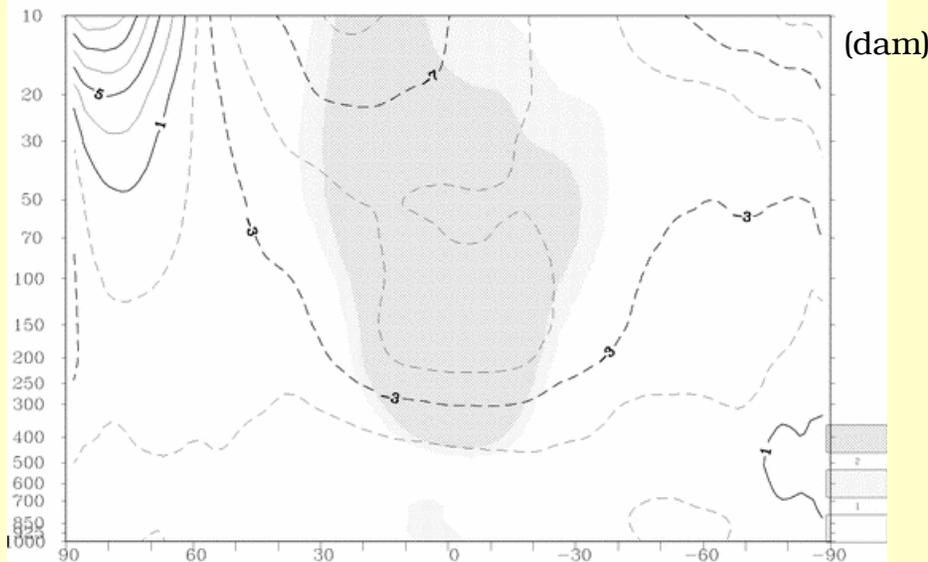


Test de Student

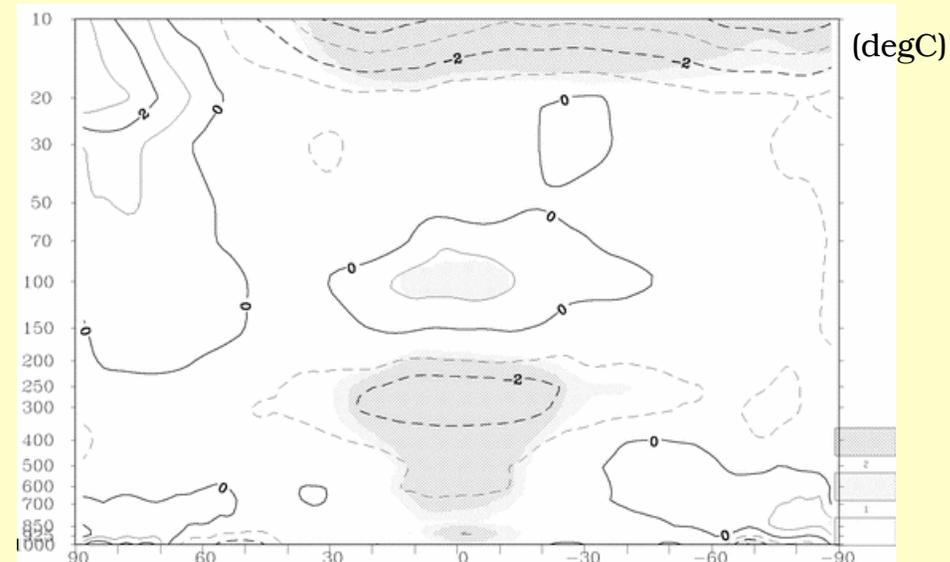
**Moyenne des prévisions
pour Janvier
18 hivers 1978 -1995**



GEMDM_eta - GEMDM_hybride



GZ

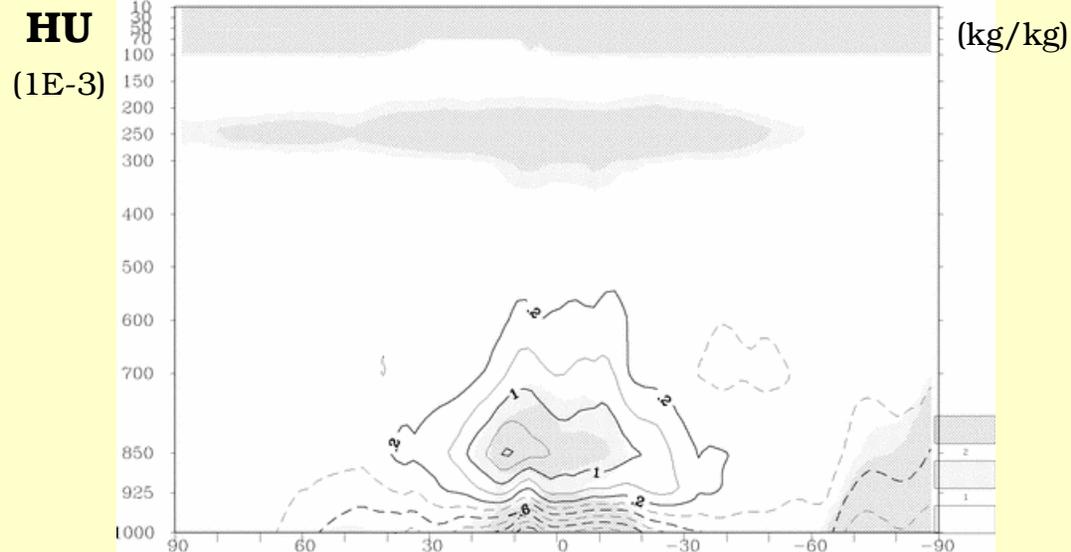


TT

**Moyenne des prévisions à 48h
18 hivers 1978 -1995**

Test de Student

GEMDM_hybride - NCEP

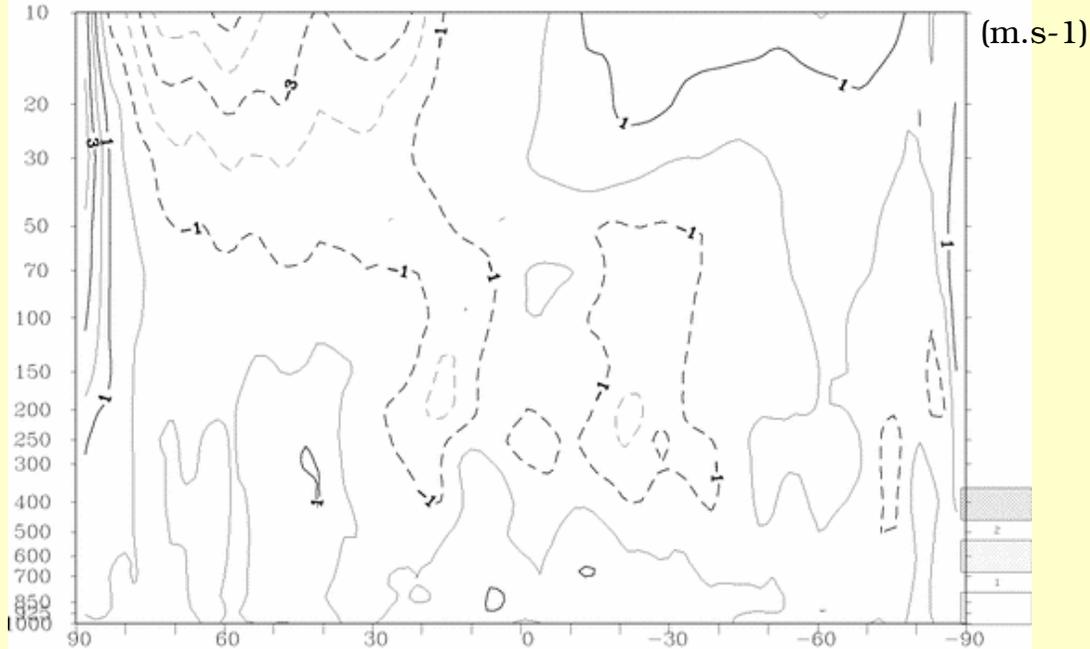


HU

(1E-3)

(kg/kg)

UU

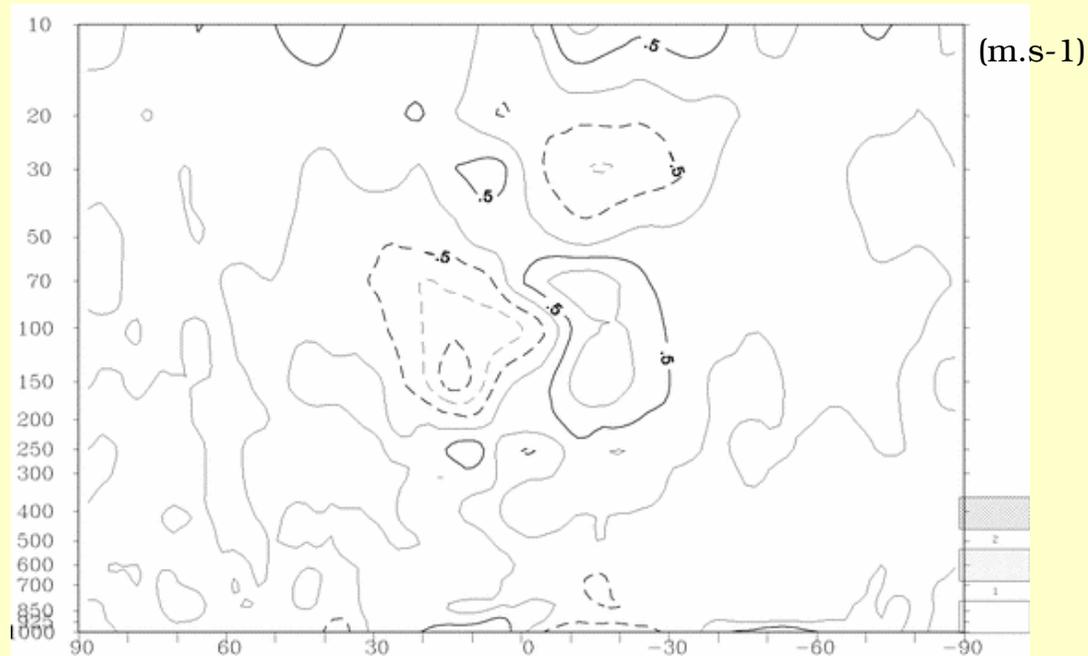


Test de Student

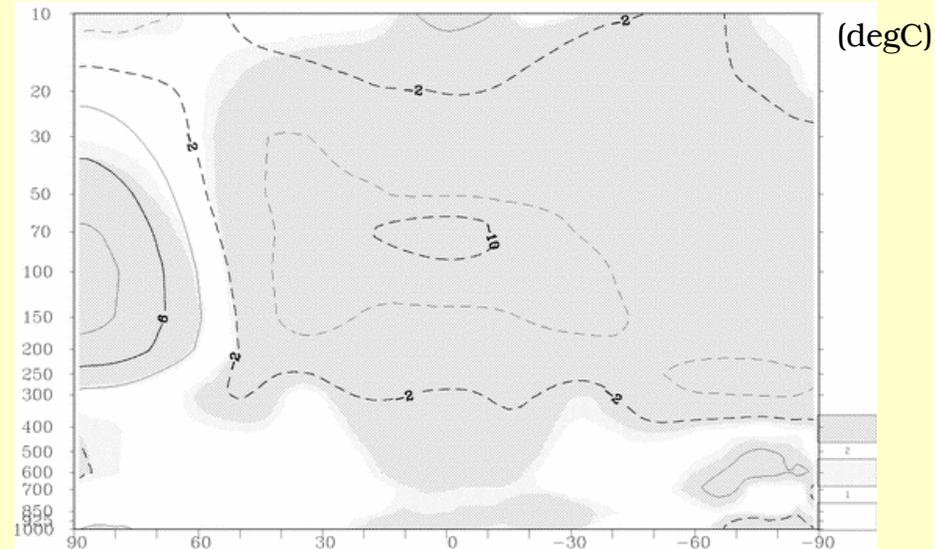
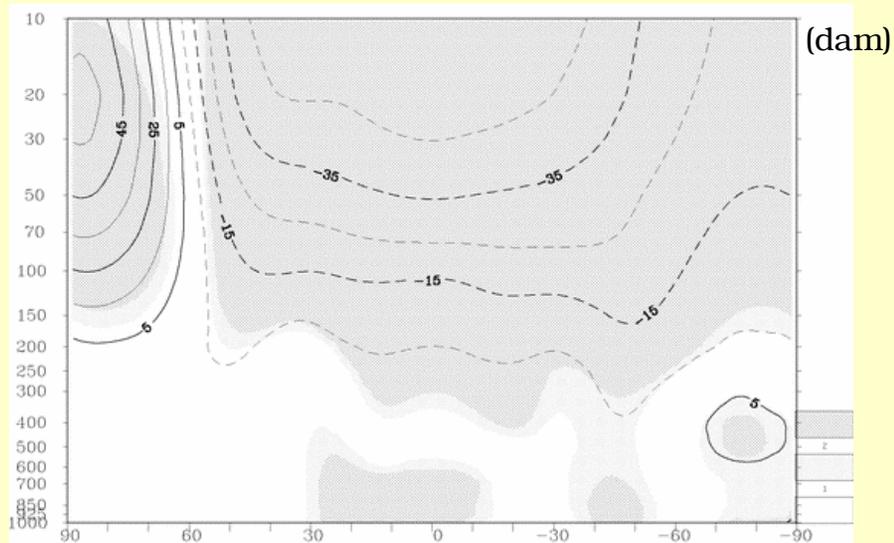
**Moyenne des prévisions
à 48h**

18 hivers 1978 -1995

VV



GEMDM_hybride - NCEP



GZ

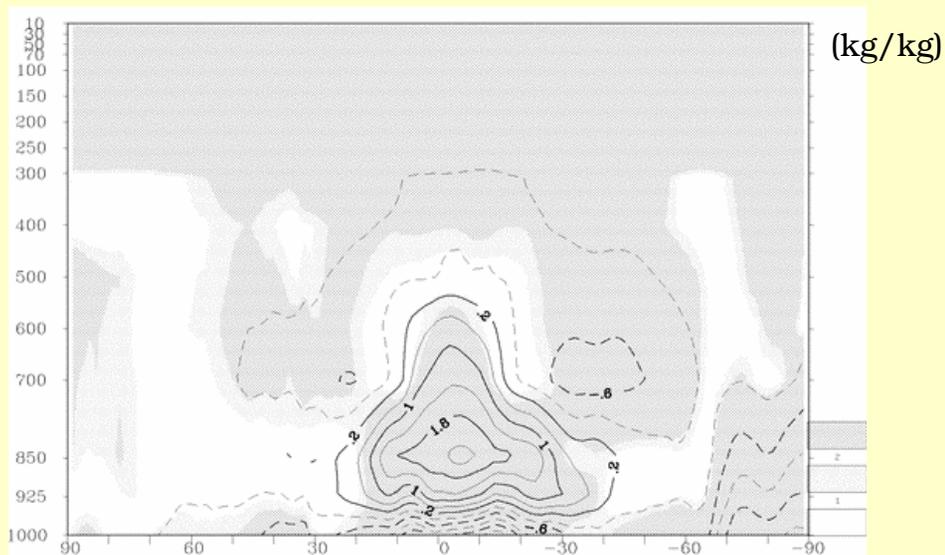
TT

**Moyenne des prévisions pour Janvier
18 hivers 1978 -1995**

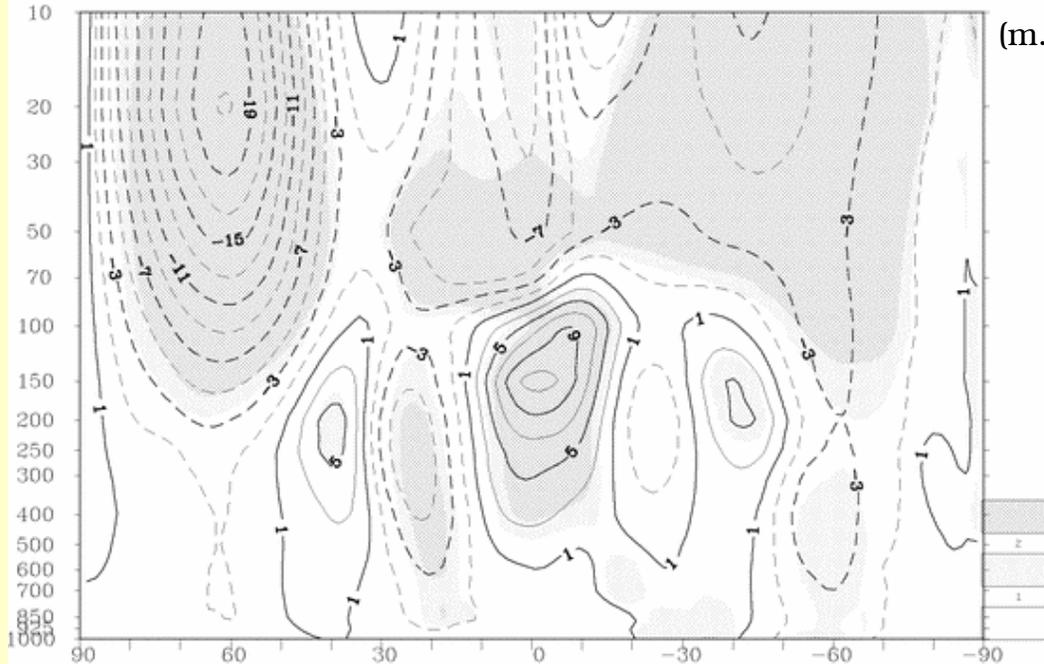
Test de Student

GEMDM_hybride - NCEP

HU
(1E-3)



UU

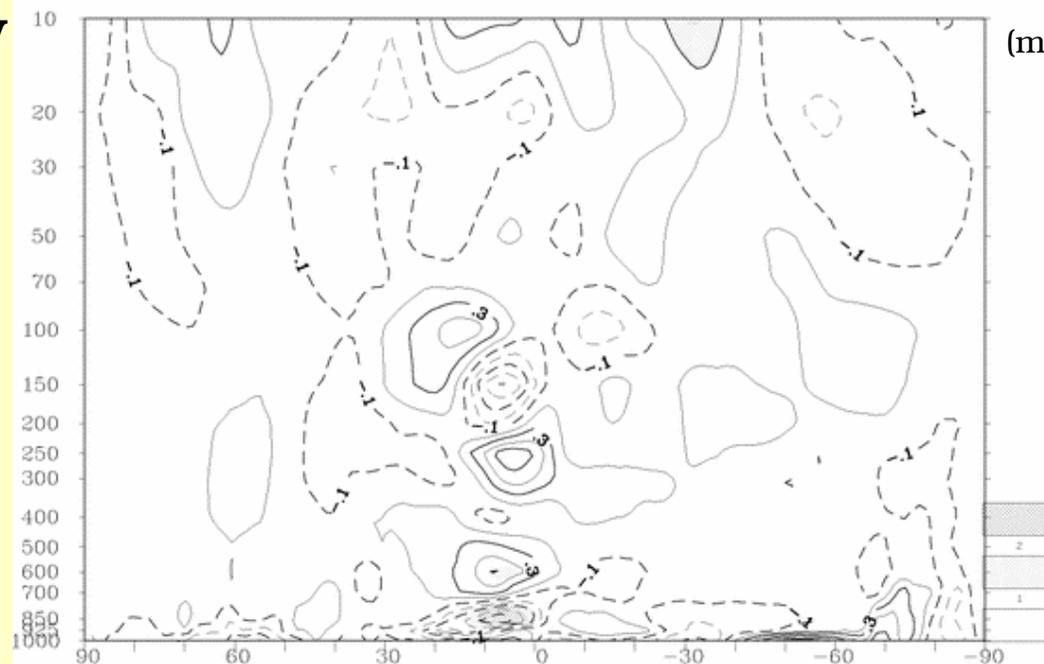


(m.s-1)

Test de Student

**Moyenne des prévisions
pour Janvier
18 hivers 1978 -1995**

VV



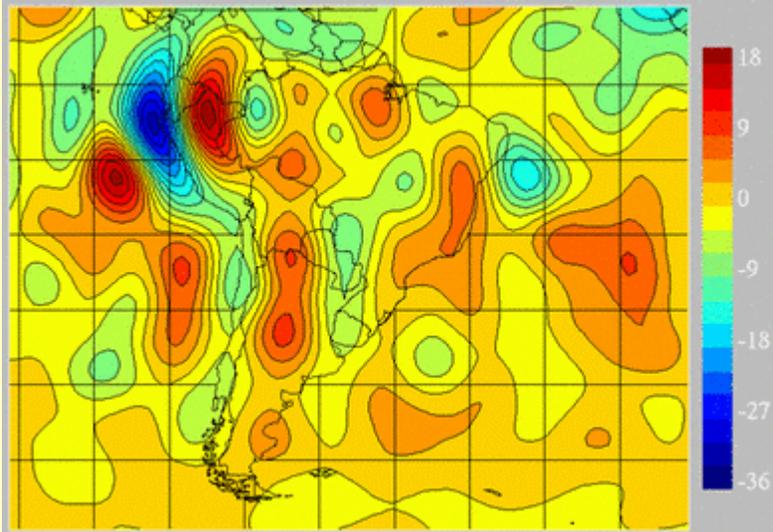
(m.s-1)

GEMDM_hybride - NCEP

Moyenne au jour 11

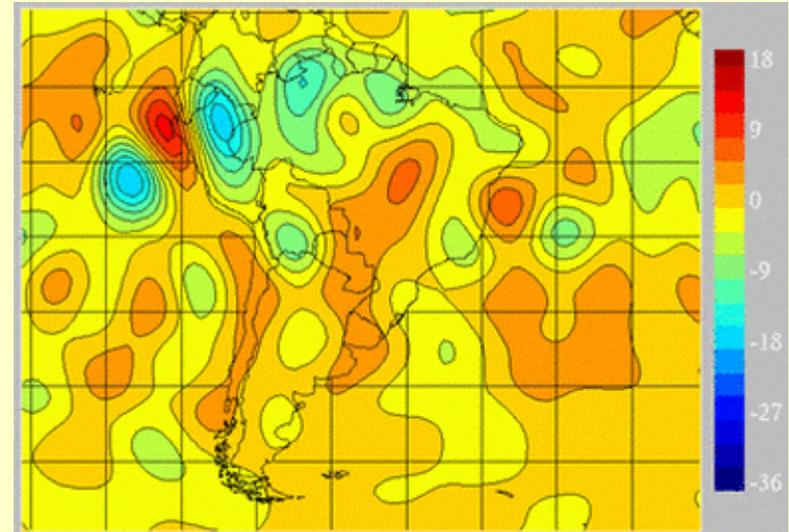
18 hivers 1978 -1995

Divergence horizontale NCEP



10mb

$\times 10^{-5}$ (s⁻¹)



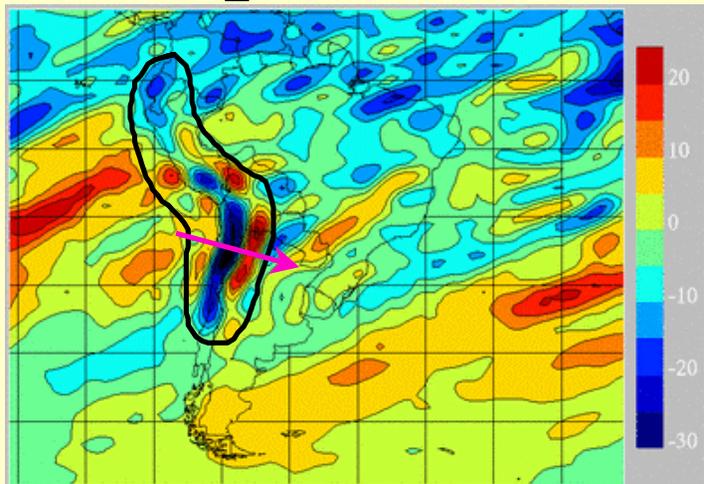
20mb

$\times 10^{-5}$ (s⁻¹)

Moyenne des prévisions à 10 jours

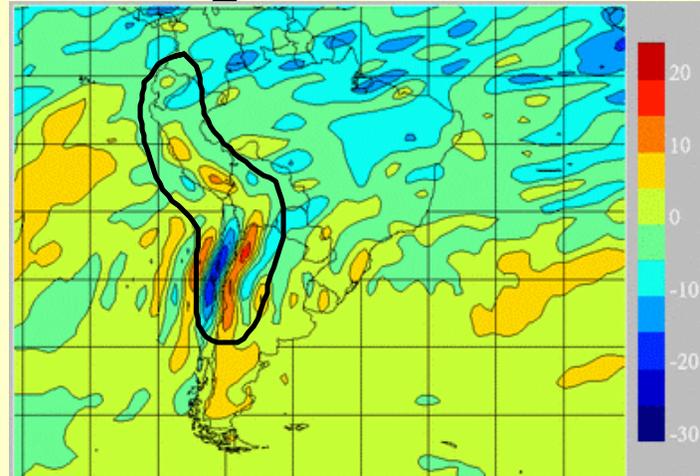
Divergence horizontale

GEMDM_eta 0.1mb



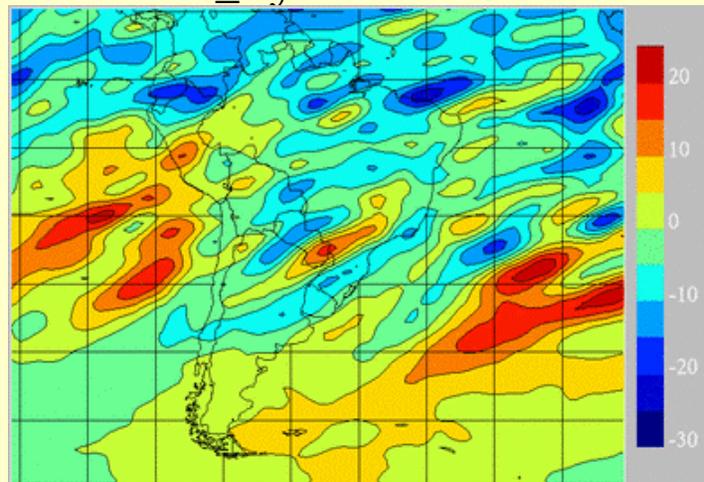
$\times 10^{-5} \text{ (s-1)}$

GEMDM_eta 0.2mb



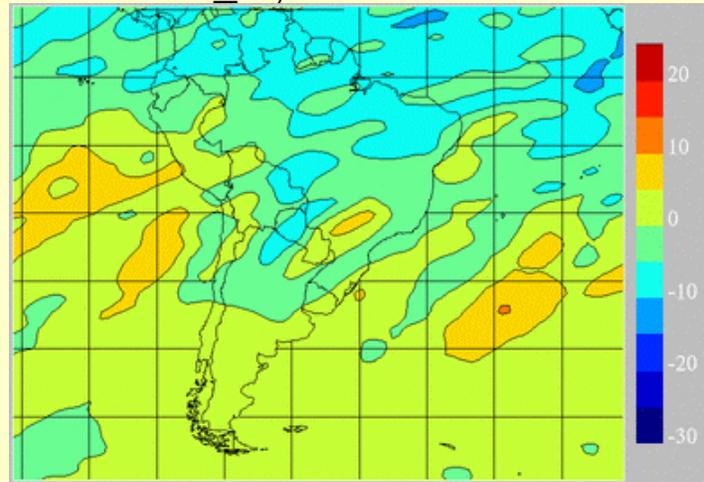
$\times 10^{-5} \text{ (s-1)}$

GEMDM_hybride 0.1mb



$\times 10^{-5} \text{ (s-1)}$

GEMDM_hybride 0.2mb

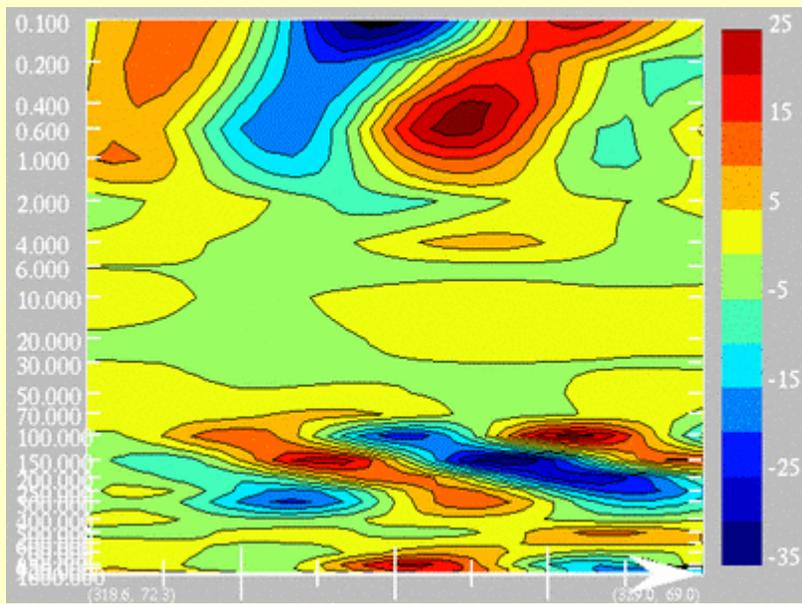


$\times 10^{-5} \text{ (s-1)}$

Coupe verticale sur les Andes

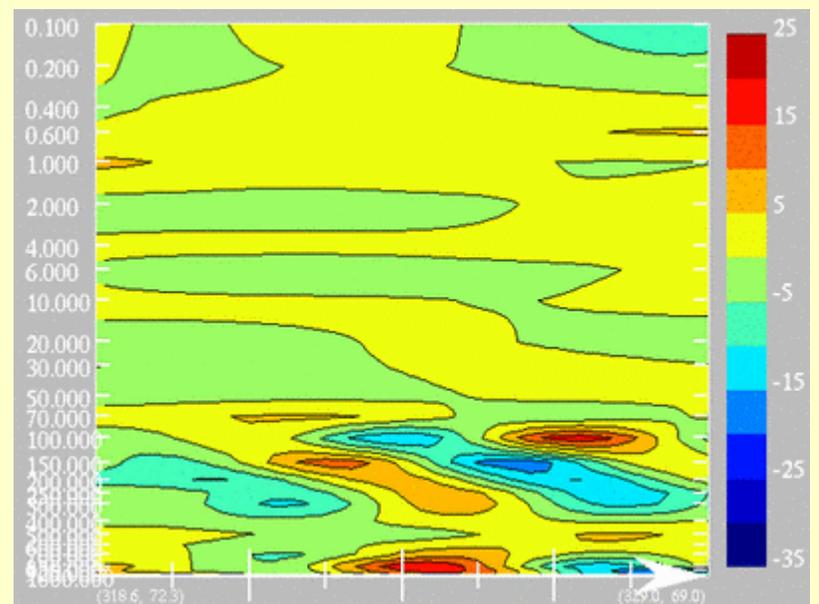
Divergence horizontale

GEMDM_eta



x1E-5 (s-1)

GEMDM_hybride



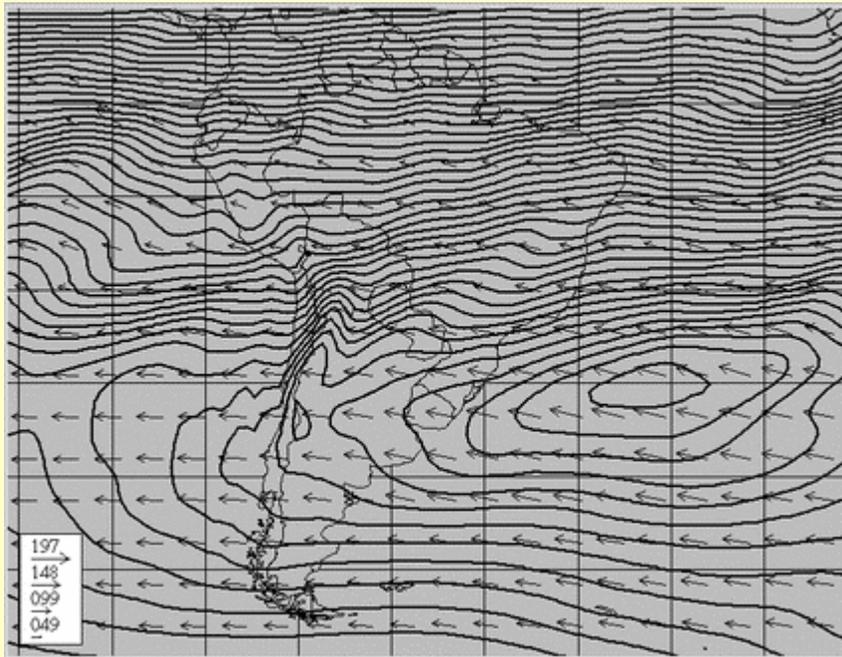
x1E-5 (s-1)

Moyenne des prévisions à 10 jours

Moyenne des prévisions à 10 jours 1978 - 1995

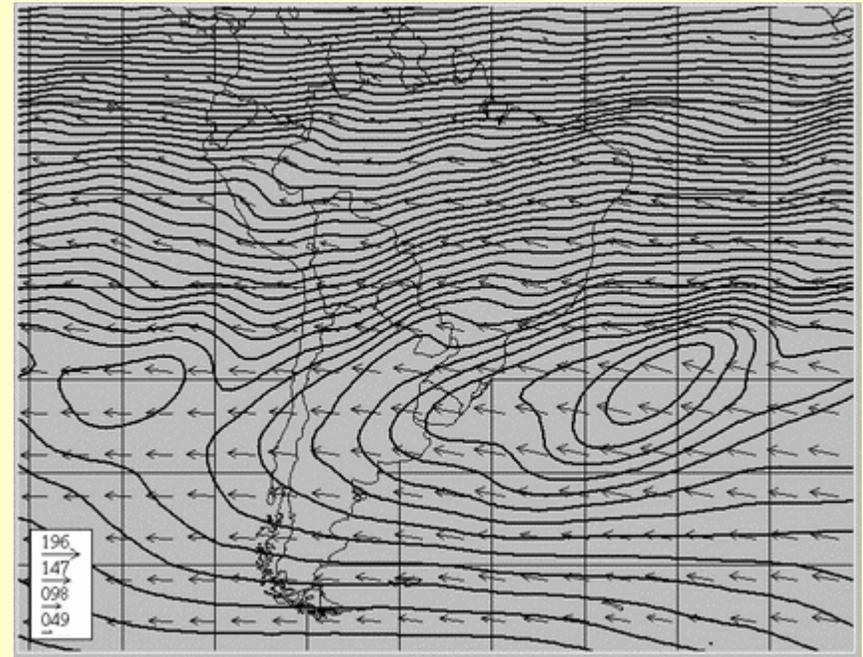
Vent horizontal - 0.1mb

GEMDM_eta



(m.s-1)

GEMDM_hybride

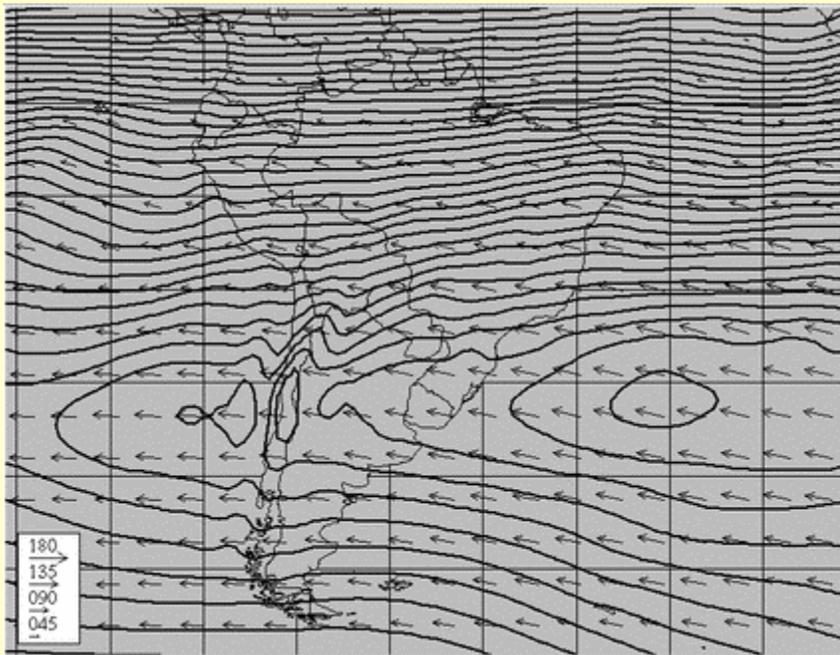


(m.s-1)

Moyenne des prévisions à 10 jours 1978 - 1995

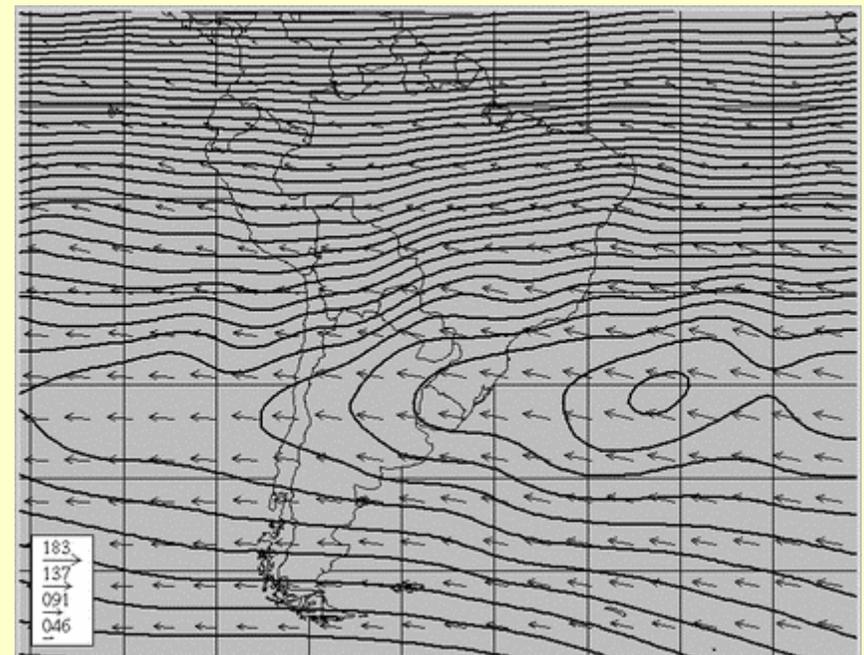
Vent horizontal - 0.2mb

GEMDM_eta



(m.s-1)

GEMDM_hybride

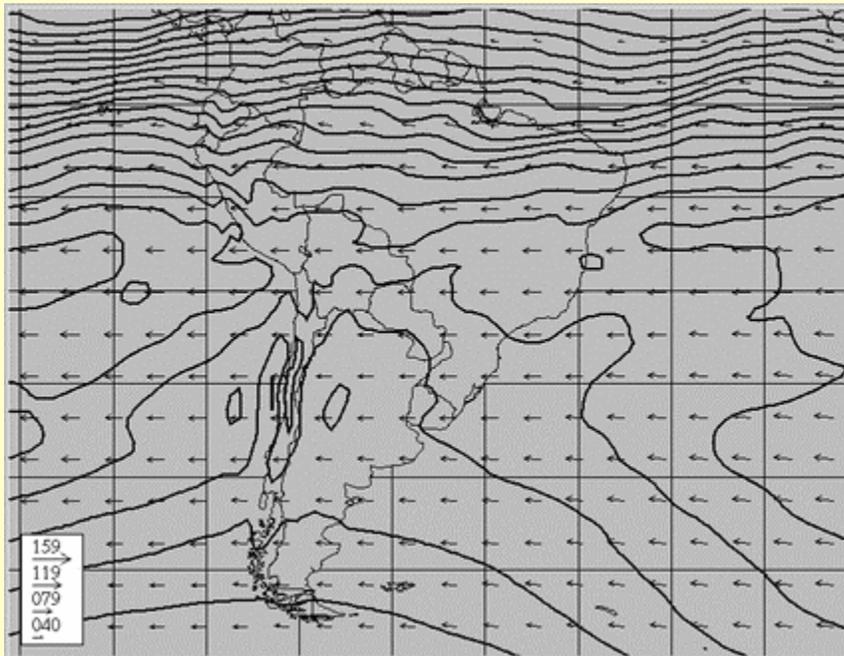


(m.s-1)

Moyenne des prévisions à 10 jours 1978 - 1995

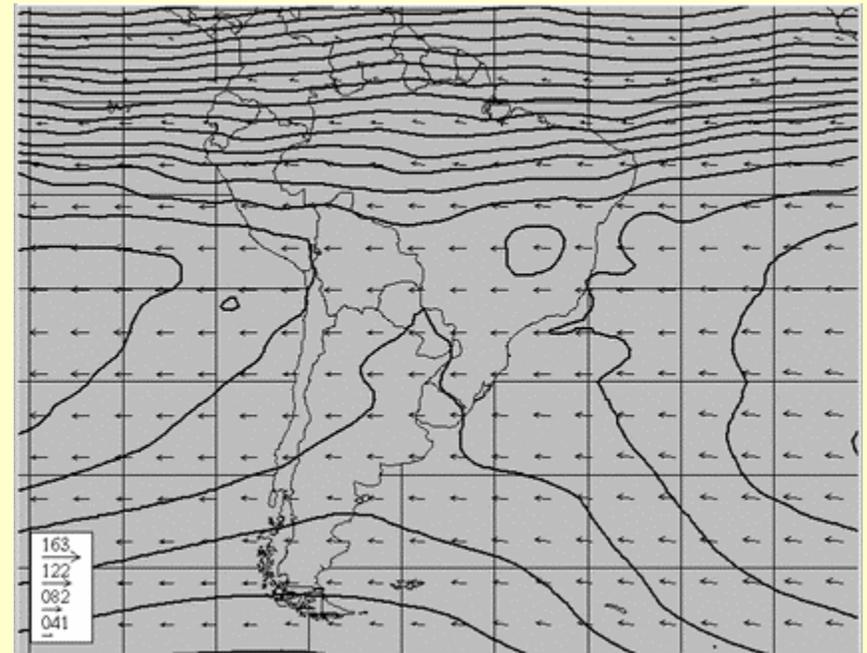
Vent horizontal - 1mb

GEMDM_eta



(m.s-1)

GEMDM_hybride

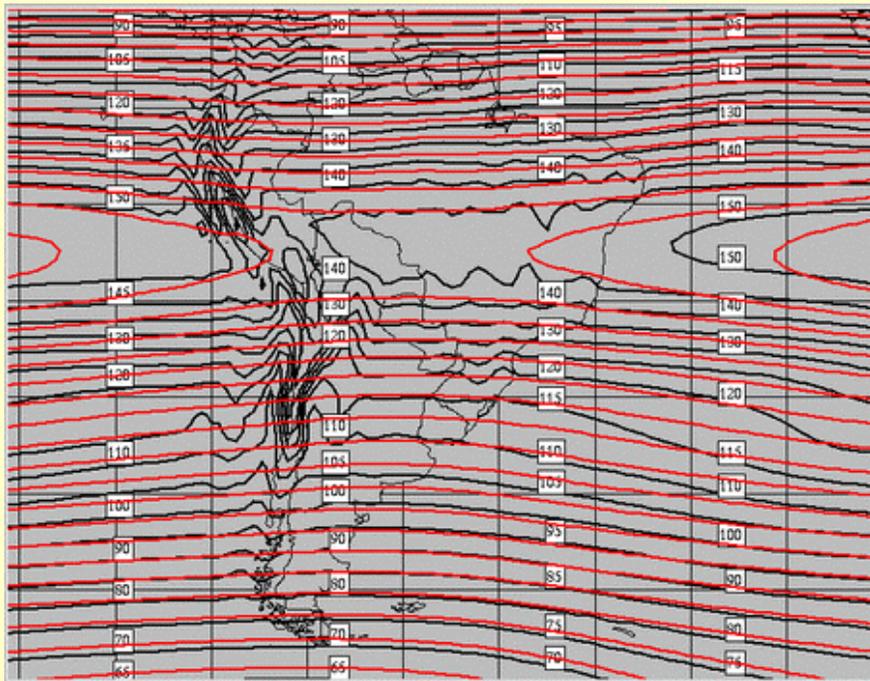


(m.s-1)

Moyenne des prévisions pour Janvier 1978 - 1995

1mb

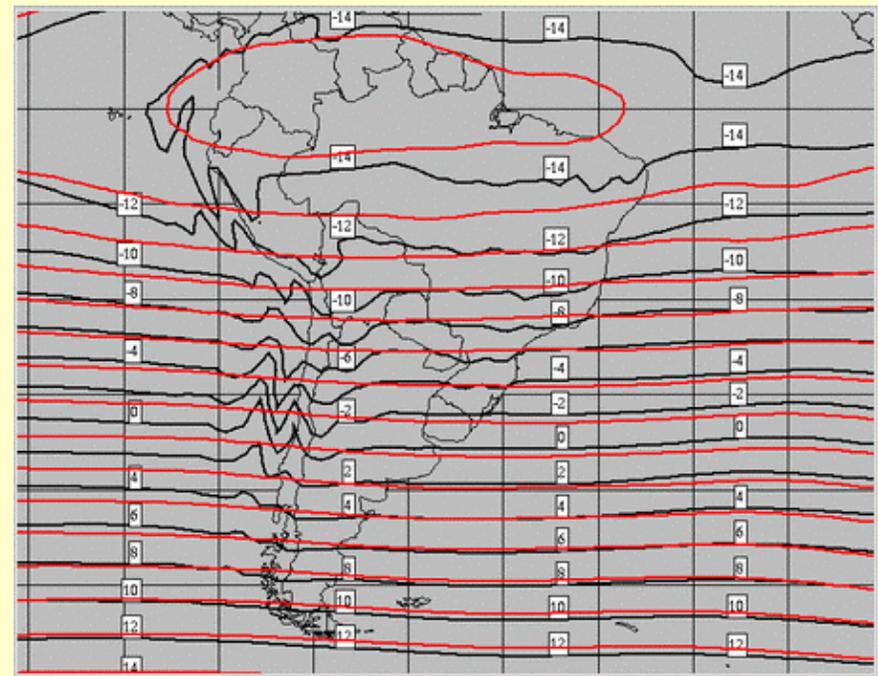
Vent horizontal



(m.s-1)

GEMDM_eta

Température

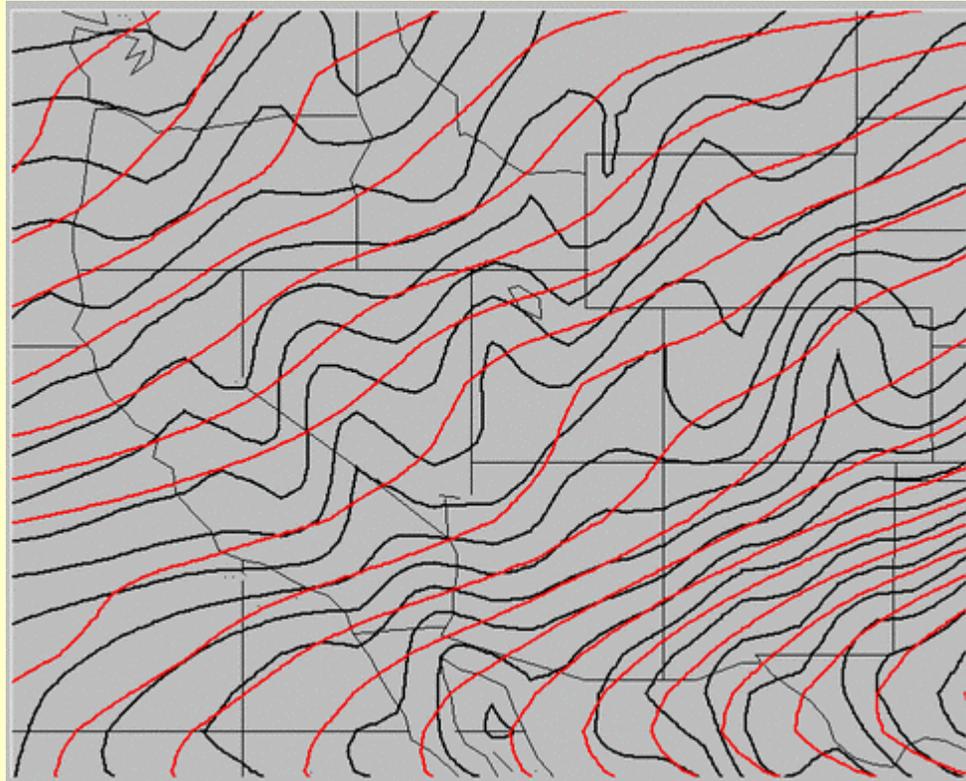


(degC
)

GEMDM_hybride

Moyenne des prévisions à 10 jours 1978 - 1995

Vent horizontal sur les Rocheuses - 1mb

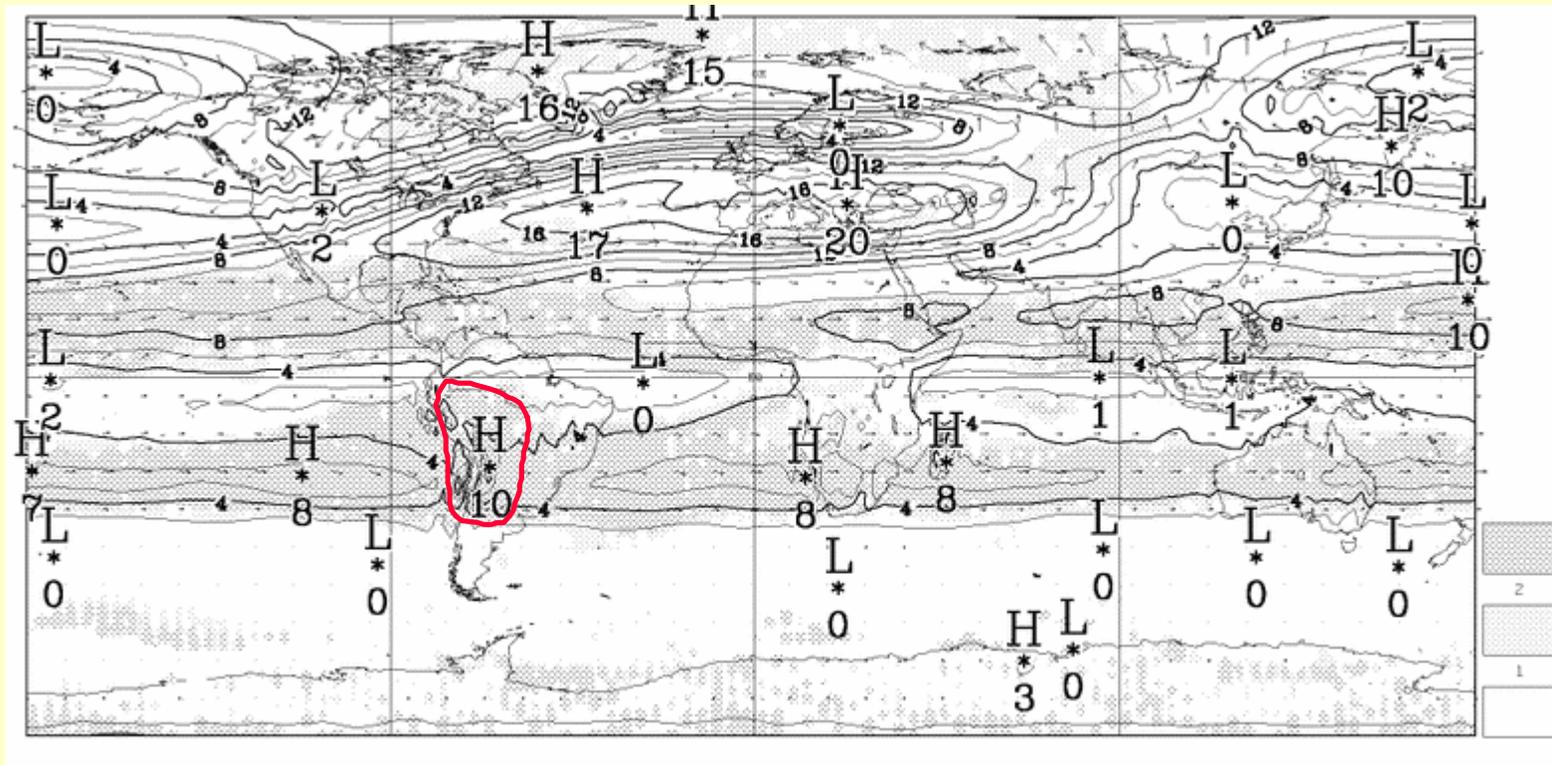


GEMDM_eta

GEMDM_hybride

Moyenne des prévisions pour Janvier 1978 - 1995

Vent horizontal



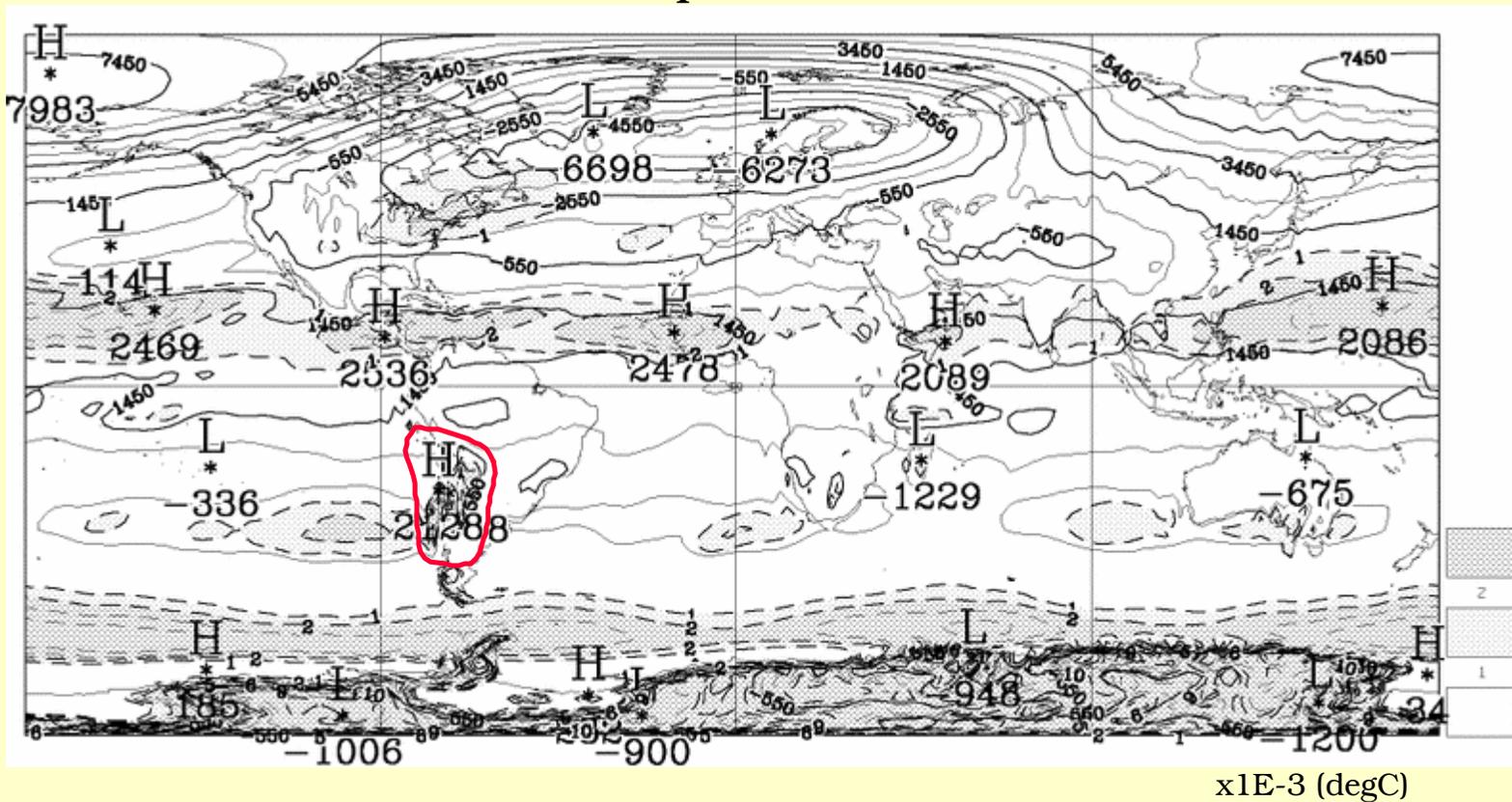
(m.s-1)

GEMDM_hybride - GEMDM_eta

Test de Student

Moyenne des prévisions pour Janvier 1978 - 1995

Température



GEMDM_hybride - GEMDM_eta

Test de Student

Conclusions

- En mode **climat**, comportement **satisfaisant** de la version GEMDM hybride stratosphérique
- *Comparaison GEMDM_eta versus GEMDM_hybride* :
 - **Statistiques zonales assez semblables**
 - Différences significatives dans le vent horizontal stratosphérique au niveau des Tropiques
- *Validation contre NCEP* :
 - Problèmes dans GEM liés à la **physique dans les Tropiques** (convection, etc..)
 - Sous-estimation du jet stratosphérique au pôle d'hiver (**traitement des ondes de gravité orographiques** et/ou non-orographiques ?)
- Apparition dans la version GEMDM_eta de structures ondulatoires au-dessus des montagnes dans les hauts niveaux :
 - Complètement **corrigé avec la coordonnée hybride**
 - Améliore la circulation dans les hauts niveaux

Perspectives

- Produire un **cycle d'assimilation** avec GEMDM stratosphérique hybride et le système 3D-Var, v9.2.0, hybride (Cecilien Charette, Clement Chouinard)
- Valider le modèle contre analyses
 - Scores Arcad
- Apporter les modifications nécessaires au niveau dynamique et physique :
 - Ajuster le schéma de **GWD** à la configuration stratosphérique
 - Améliorer la **radiation** dans le modèle
 - Améliorer le traitement de la **vapeur d'eau** (pour les besoins de chimie stratosphérique)
- Assimiler des nouvelles données au-dessus de 10mb (**AMSU-A, AIRS**, etc..)
- Coupler le système avec un modèle de **chimie stratosphérique** (J. Kaminsky, York University)
 - Développer un système d'assimilation de l'ozone