

Energie Totale Turbulente dans ARPEGE: premiers résultats

E. Bazile
CNRM/GMAP

Merci à J. F. Geleyn, F. Bouyssel et Y. Bouteloup

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère
Toulouse 18-22 Janvier 2016

Introduction

- Pourquoi TTE (Total Turbulent Energy) / EFB (Energy Flux Budget) ?
- Test 1D : *GABLS1*, *GABLS3*
- Evaluation dans le modèle ARPEGE en T1198L105 (~7.5km sur la France)
- Quelques perspectives éventuelles ?

Pourquoi TTE / EFB ?

- Motivation: améliorer la prévision des cas stables, éviter d'avoir un effondrement de la turbulence (TKE) via le terme de production thermique (<0). Augmenter le mélange du vent entre 700hPa et 300hPa...
- Mauritsen et al. (2007) propose de remplacer l'équation pronostique de TKE par une équation en TTE. Angevine et al. (2010) couple une équation en TTE avec un flux de masse (TÉMF)
- Mars 2012 = organisation d'une « working week » sous l'impulsion de Zilitinkevich avec V. Masson, F. Bouyssel, J.F. Geleyn etc ...
 - Les - : hypothèse pas d'humidité dans la fermeture, 5 eq. pronostiques (TKE, TPE, $u'w'$, $v'w'$, $w'\theta'$ + taux de dissipation ($1/\sqrt{E}$))
 - Les + : prise en compte de l'anisotropie, possibilité de coder une version « light » pour commencer à tester le principe

Energy Flux Budget Closure (Zilitinkevitch et al, 2013)

TPE : Turbulent Potential Energy

$$E_P = \frac{1}{2} \left(\frac{\beta}{\frac{\partial \theta}{\partial z}} \right) \cdot \theta'^2$$

$$\frac{\partial E_P}{\partial t} = \text{advec} - \beta(\overline{w'\theta'}) - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \overline{\rho w' E'_P}}{\partial z} - c_P \cdot \frac{E_P^{3/2}}{l}$$

$$\frac{\partial e_T}{\partial t} = \text{advec} + P_d + \beta(\overline{w'\theta'}) - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \overline{\rho w' e'_T}}{\partial z} - c_\varepsilon \cdot \frac{\overline{e_T}^{3/2}}{l}$$

The buoyancy flux appears with opposite signs and describes nothing but the energy exchange between TKE and TPE. For stable conditions and during transition in late afternoon the Buoyancy flux becomes negative and can be considered as an ultimate killer of turbulence (Zilitinkevitch et al, 2013)

Energy Flux Budget Closure (Zilitinkevitch et al, 2013)

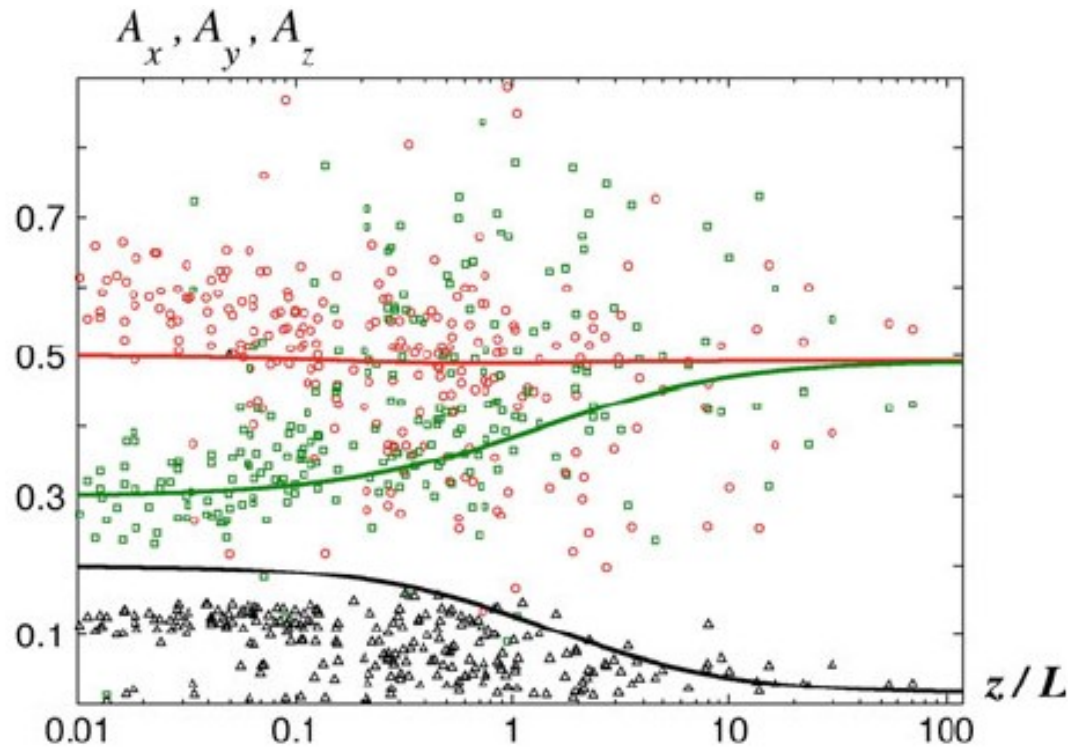


Fig. 3 The shares of the turbulent kinetic energy E_K : longitudinal $A_x = E_x/E_K$ (along the mean wind, *red circles*), transverse $A_y = E_y/E_K$ (*green squares*) and vertical $A_z = E_z/E_K$ (*black triangles*), after the Kalmykia-2007 field campaign of the A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of the Russian Academy of Sciences (courtesy of Rostislav Kouznetsov). The *lines* show our inter-component energy exchange model, Eq. 50, with $C_0 = 0.125$, $C_1 = 0.5$ and $C_2 = 0.72$, converted into z/L dependences with the aid of Eq. 71

Energy Flux Budget Closure dans ARPEGE

Basé en partie sur la section 4.2 du papier de (Zilitinkevitch et al, 2013) :

- Ajout d'une équation pronostique pour E_p
- Ajout d'une équation pronostique pour le taux de dissipation ou la longueur de mélange.
- Composante E_z calculé de manière diag. par Eq: 92
- Nouvelle formulation pour K_M/K_h

$$K_M = \alpha_M \cdot l \cdot \sqrt{e_T} \quad \longrightarrow \quad K_M = 2 \cdot C_\tau \cdot E_z \cdot \frac{l}{\sqrt{e_T}}$$

$$K_{\theta/q} = \alpha_\theta \cdot K_M \cdot \phi_3 \quad \longrightarrow \quad K_{\theta/q} = 2 \cdot C_F \cdot E_z \cdot \frac{l}{\sqrt{e_T}} \cdot \left(1 - C_\theta \frac{E_P}{E_z}\right)$$

Energy Flux Budget Closure dans ARPEGE

Basé en partie sur la section 4.2 du papier de (Zilitinkevitch et al, 2013) :

- Ajout d'une équation pronostique pour E_p
 - Pas d'ajout d'une équation pronostique pour le taux de dissipation. A ce stade longueur de mélange BL89 utilisé !
- Composante E_z calculé de manière diag. par Eq: 92
- Nouvelle formulation pour K_m/K_h

$$K_M = \alpha_M \cdot l \cdot \sqrt{e_T} \quad \longrightarrow \quad K_M = 2 \cdot C_\tau \cdot E_z \cdot \frac{l}{\sqrt{e_T}}$$

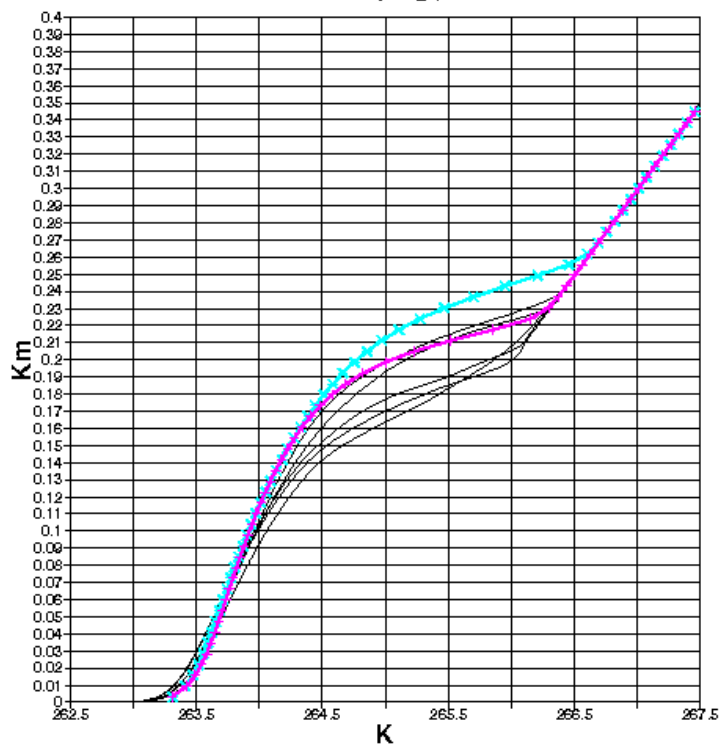
$$K_{\theta/q} = \alpha_\theta \cdot K_M \cdot \phi_3 \quad \longrightarrow \quad K_{\theta/q} = 2 \cdot C_F \cdot E_z \cdot \frac{l}{\sqrt{e_T}} \cdot \left(1 - C_\theta \frac{E_P}{E_z}\right)$$

EFB dans ARPEGE: GABLS1

Résultats très préliminaires sur GABLS1 mais légèrement positif

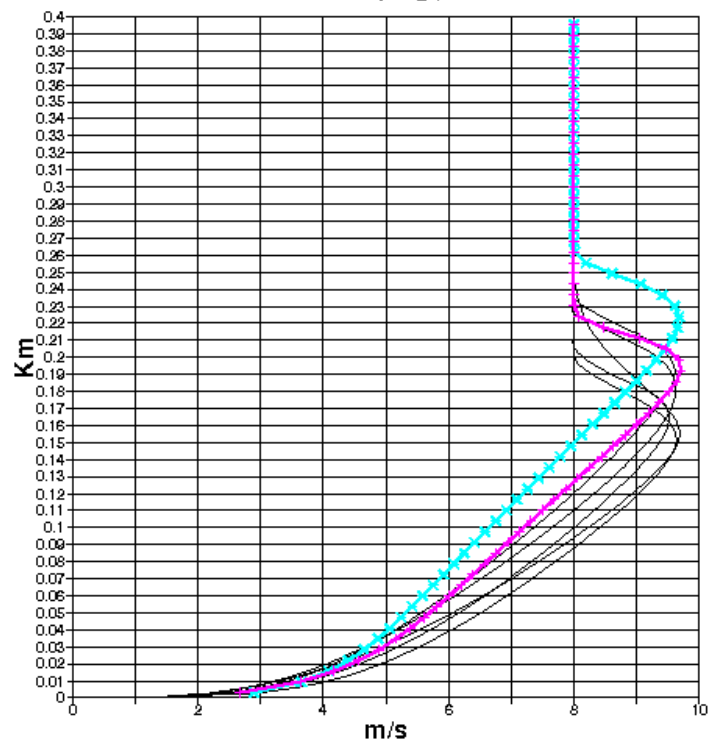
EFB Closure Violet
Oper Cyan

THETA A 0H
ARPEGE/ALADIN
MUSC cy38t1_op1

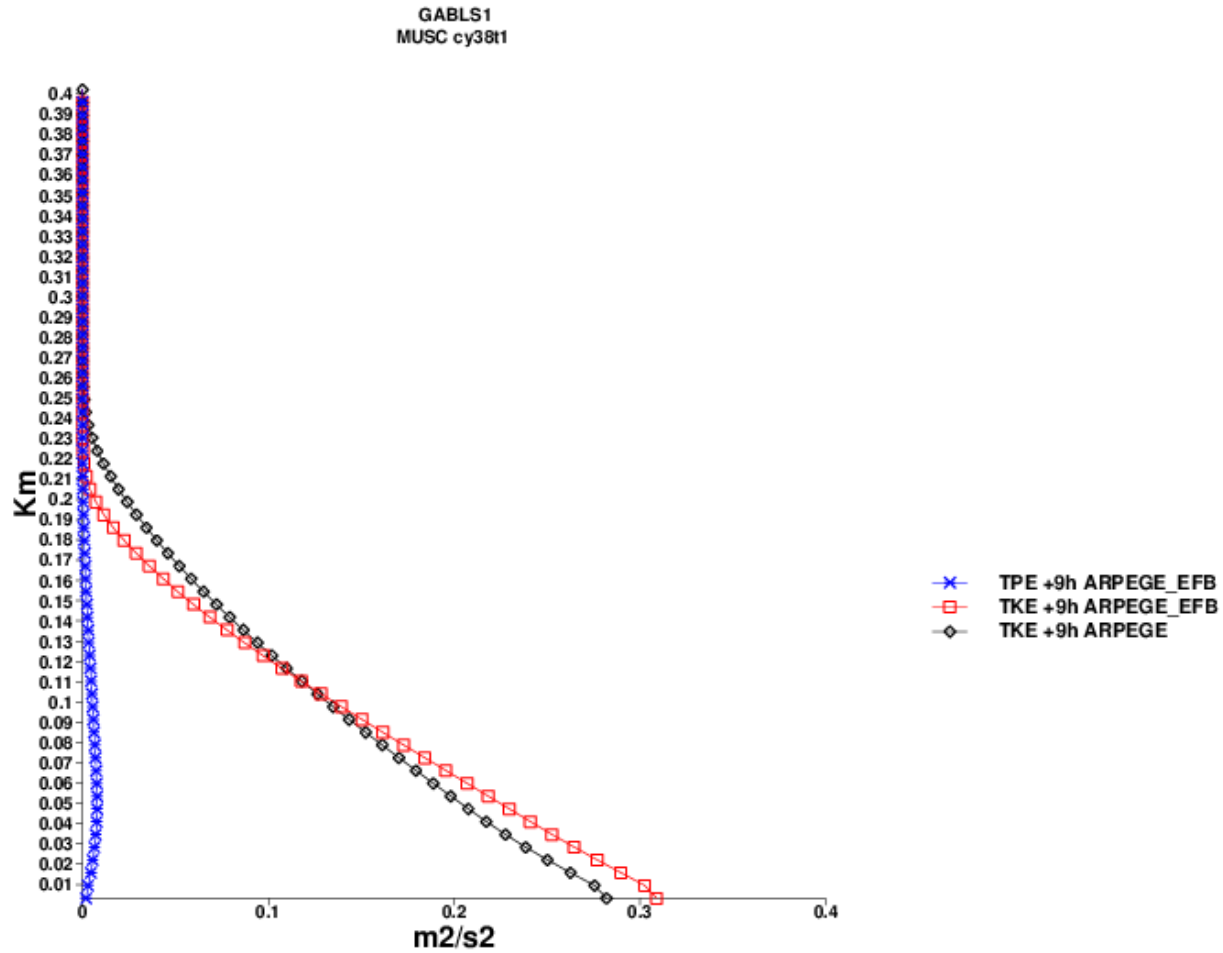


+ 3811 ARPEGE EFB
* 3811 ARPEGE 60s_L6
— les
— les
— les
— les
— les

WIND SPEED AT 0H
ARPEGE/ALADIN
MUSC cy38t1_op1

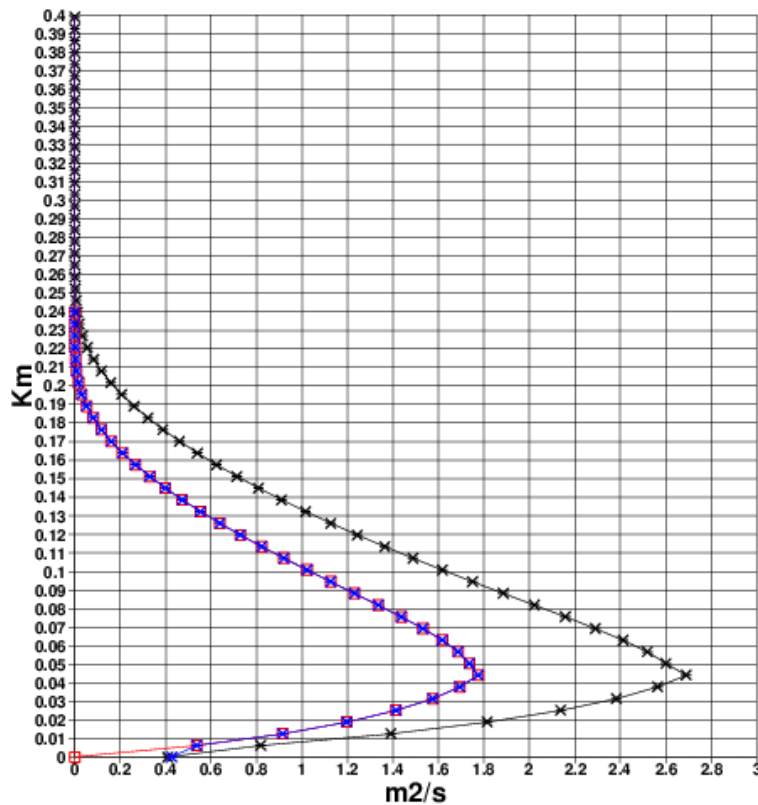


EFB dans ARPEGE: GABLS1

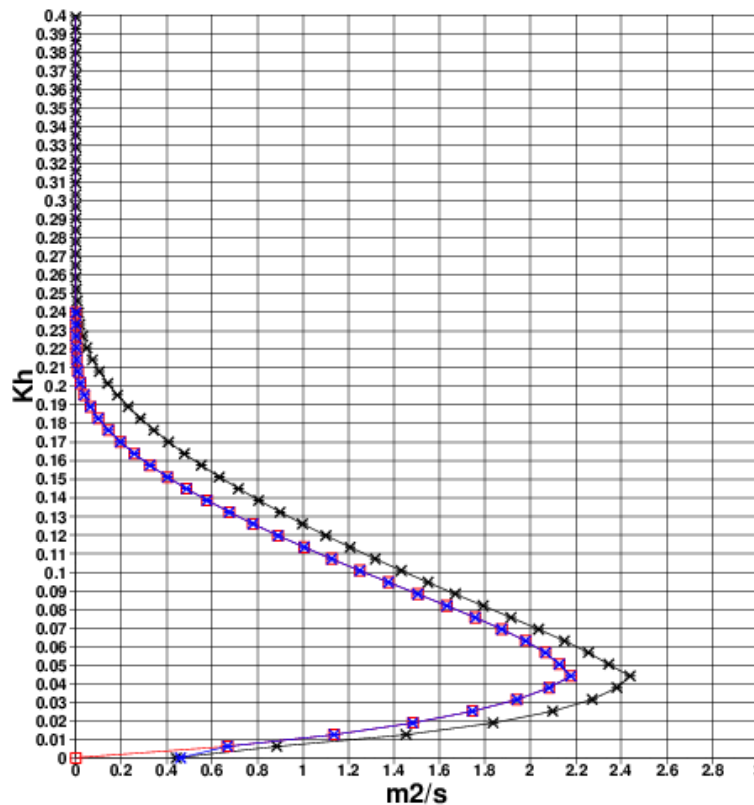


EFB dans ARPEGE: GABLS1

Km (m2/s)
ARPEGE
MUSC cy38t1_op1



Kh (m2/s)
ARPEGE
MUSC cy38t1_op1



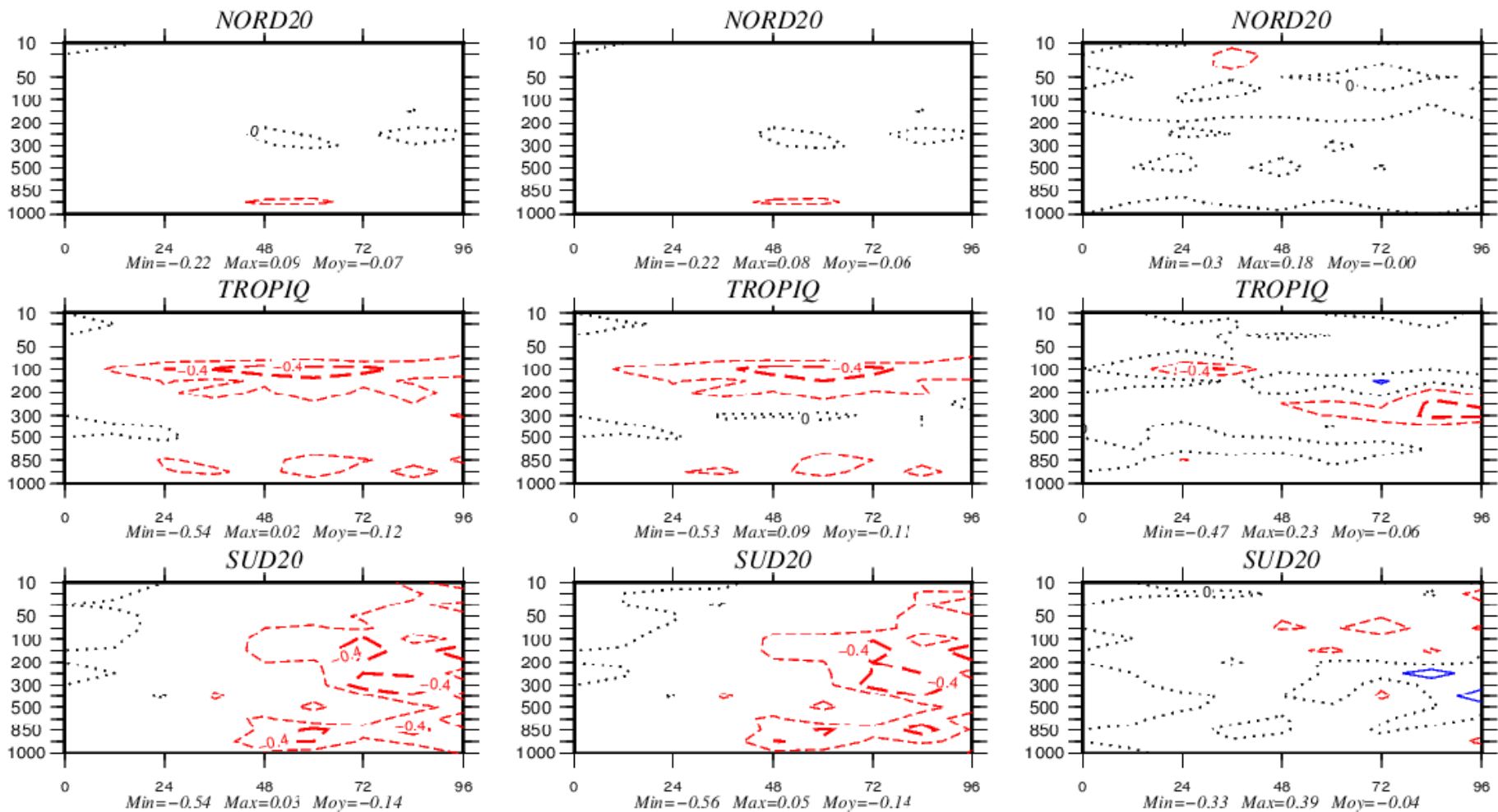
- ARPEGE EFB K_h (blue asterisk)
- ARPEGE EFB K_h EFB (red square)
- ARPEGE (black cross)

EFB dans ARPEGE Global T1198L105

- 10 premières prévisions 96h basées sur du cy41t1op1 en configuration oper avec dt=360s du 21/05/2015 au 31/05/2015:
 - Les + : aucun plantage pas d'instabilité numérique !
 - Les - : trop de nuages bas, scores dégradés, vent pas ralenti !
- DDH pour des bilans moyens, calcul de score, ajout de diagnostique supplémentaire (Lm, Km, Kh) dans les DDH flexibles MAIS mais pas possible de les activer en multi-proc !

EFB dans ARPEGE Global T1198L105

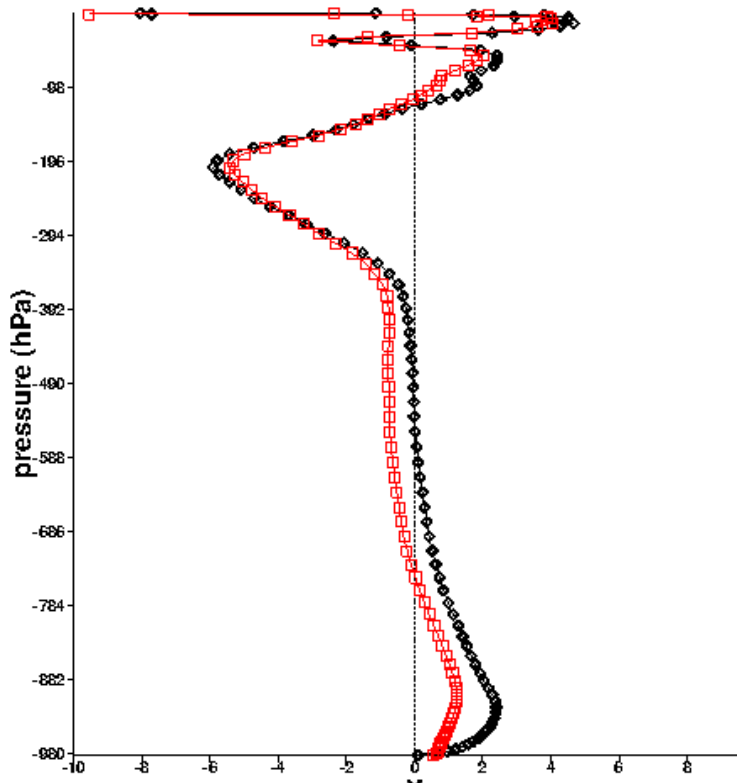
Vent par rapport aux TEMP 21052015/31052015



EFB dégrade les scores en vent

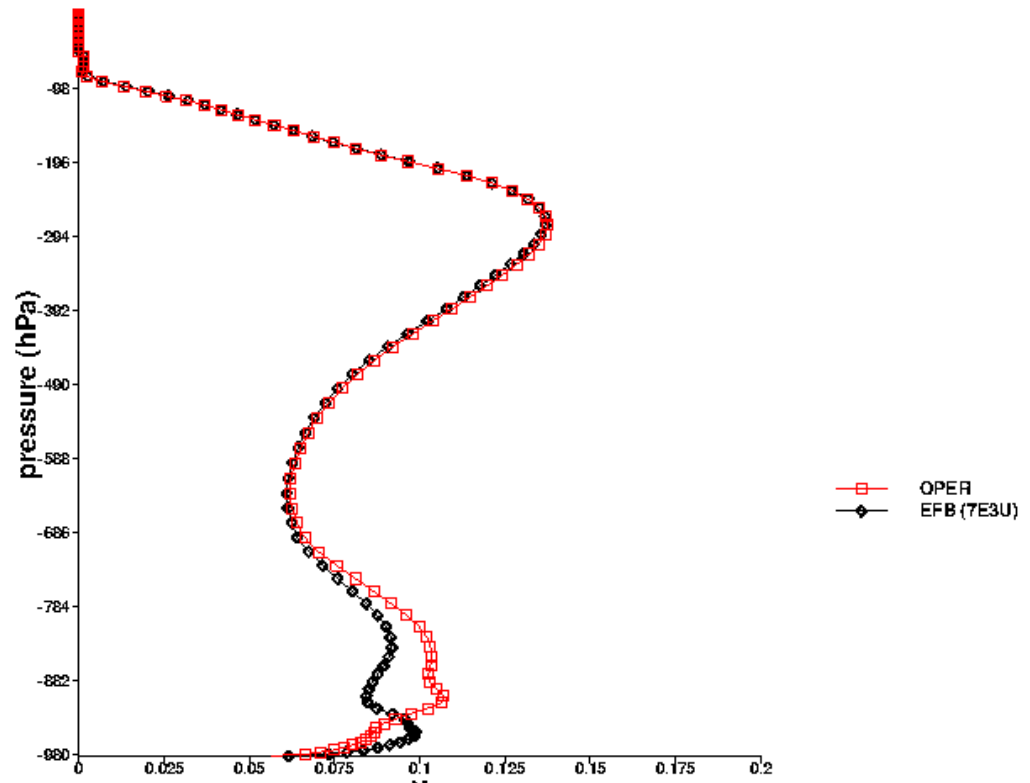
EFB dans ARPEGE Global T1198L105

KINETIC ENERGY : MEAN TENDENCY (J/kg/day)
ARPE : ddheum06_201505.mh
BASE 2015-05-21 00:00 - ECH 44 J



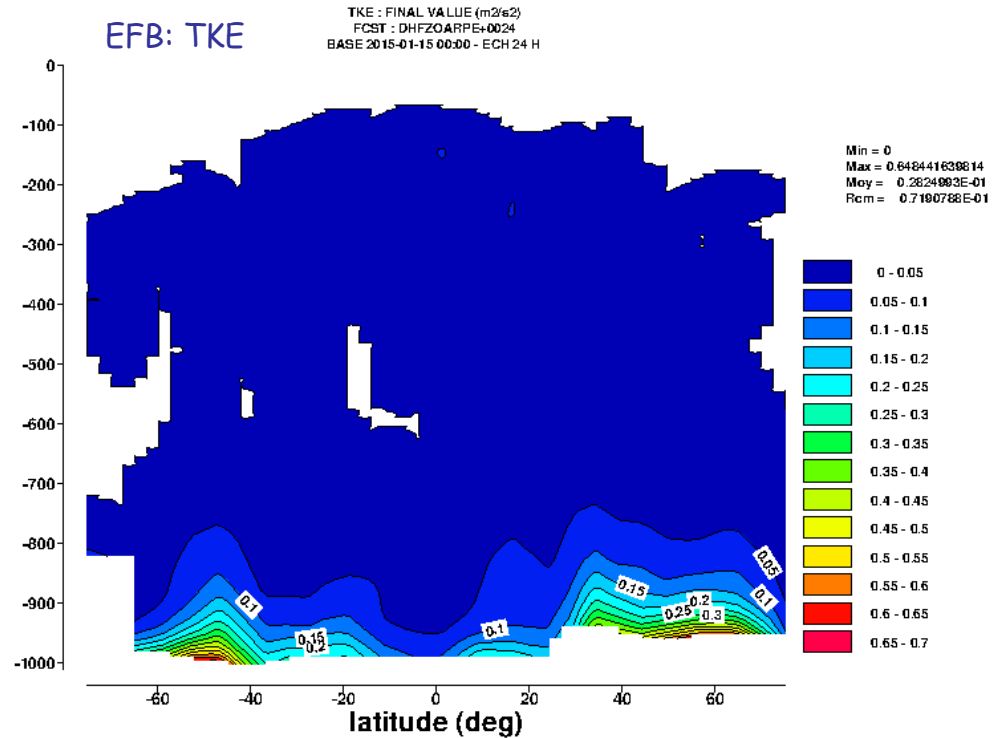
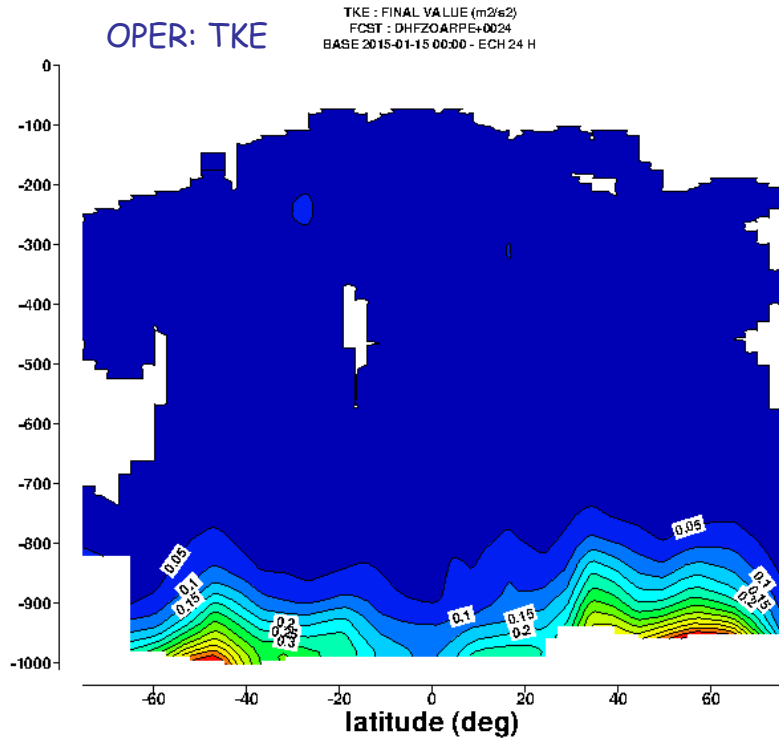
Energie cinétique augmentée

CLOUD COVER
ARPE : ddhcum06_201505.mh
BASE 2015-05-21 00:00 - ECH 44 J



Impact assez important sur les nuages bas. Est-ce lié à la non prise en compte de Q_v ?

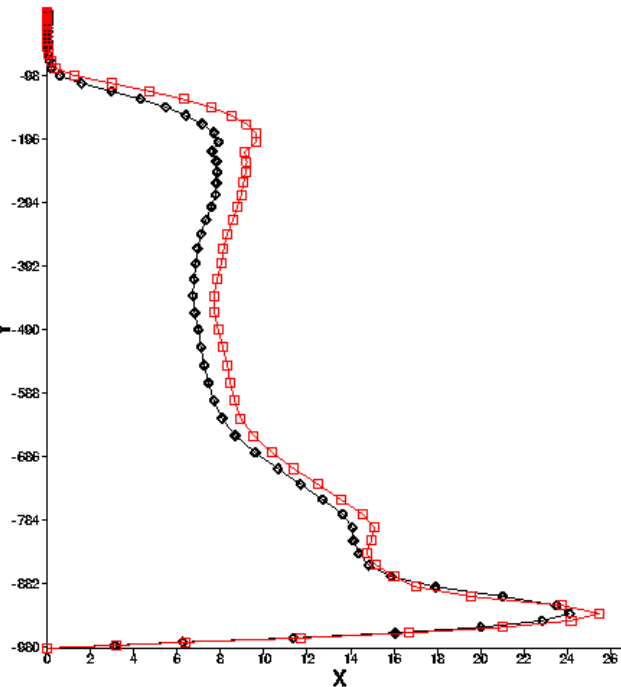
EFB dans ARPEGE Global T1198L105



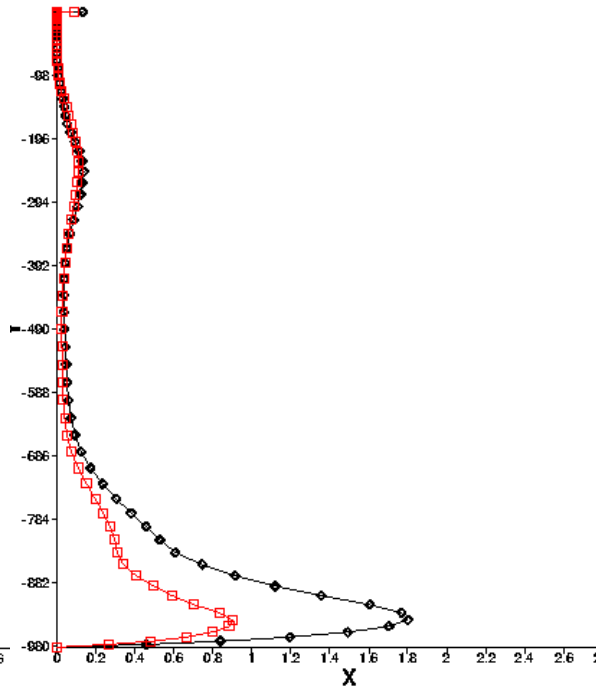
Moins de TKE avec EFB ? mais la TPE ne compense pas !

EFB dans ARPEGE Global T1198L105

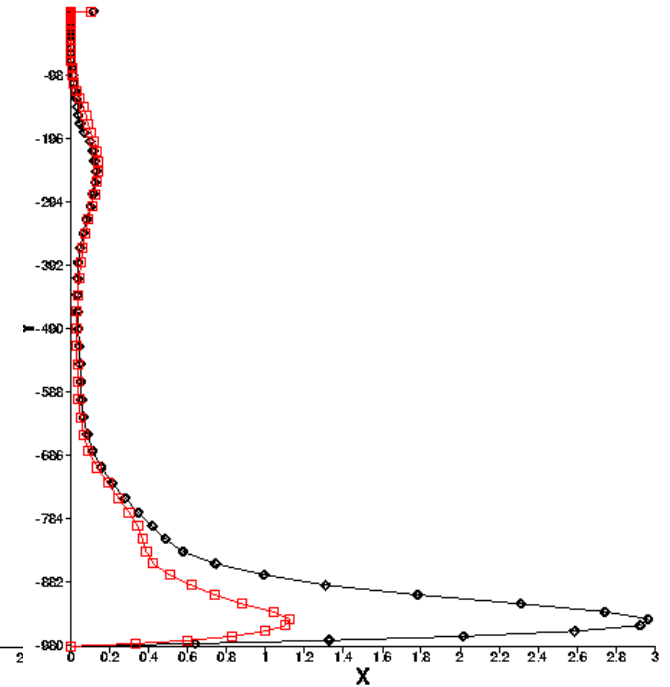
Longueur de mélange



Km (m2s-1)



Kh (m2s-1)



Coefficients d'échange beaucoup faible avec EFB !
Erreur(s) de codage ? Pas d'équation pronostique pour
L ou t_{turb} ? A cause de l'humidité ... ?

Conclusions et perspectives...

- Bon résultat sur GABLS1 , pas d'impact sur GABLS3 (non montré), peut-être le tester sur GABLS4 ...
- En 3D: 10 prévisions 96h basées sur du cy41t1op1 en configuration oper avec dt=360s du 21/05/2015 au 31/05/2015:
 - Les + : aucun plantage pas d'instabilité numérique !
 - Les - : trop de nuages bas, scores dégradés, vent pas ralenti !
- Pourquoi E_p est négligeable par rapport E_k ? Km/Kh trop faible ? Bug de codage ? Coder l'eq. Pro pour t_{turb} ?
- Quid de l'impact de Q_v ? Comment l'intégrer ?

Conclusions et perspectives...

- Bon résultat sur GABLS1 , pas d'impact sur GABLS3 (non montré), le tester sur GABLS4 ...
- En 3D: 10 prévisions 96h basées sur du cy41t1op1 en configuration oper avec dt=360s du 21/05/2015 au 31/05/2015:
 - Les + : aucun plantage pas d'instabilité numérique !
 - Les - : trop de nuages bas, scores dégradés, vent pas ralenti !
- Pourquoi E_p est négligeable par rapport E_k ? Km/Kh trop faible ? Bug de codage ? Coder l'eq. Pro pour t_{turb} ?
- Quid de l'impact de Q_v ? Comment l'intégrer ?
- Ou alors EFB une Fausse Bonne Idée ? (IFB in english !)