



# Turbulence en présence de convection

---

*Jean-François Guérémy*  
*jean-francois.gueremy@meteo.fr*

# Contexte

## Nébulosité haute trop élevée en présence de convection.

$N_{tot} = \max(N_t, N_c)$  ;  $N_t$  surtout car  $N_c$  faible en haut (max 40 % à la base et décroissant avec l'altitude) et  $N_t$  dépend de la turbulence (Sommeria and Deardorff (1977) et Bougeault (1981)) :

Variable  $s$  distance locale à saturation de l'état thermodynamique  $s = \frac{a}{2}(q'_w - \alpha_1 \theta'_l)$

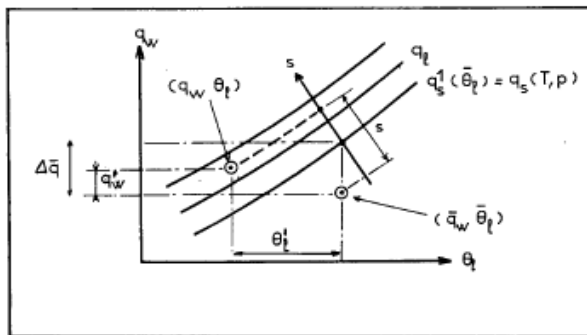


FIG. 1. Saturation curve and the isolines  $q_t = \text{Constant}$  plotted on a  $(\theta, q_w)$  diagram. They are parallel, almost straight lines, and  $q_t$  depends only on the variable  $s$ , which is measured on a perpendicular axis.

et  $Q_1$  écart à saturation à l'échelle de la maille  $Q_1 = \frac{a \Delta \bar{q}}{2 \sigma_s}$  avec  $\Delta \bar{q} = \bar{q}_w - q_s(\bar{T}_l)$ . Il y a condensation locale si  $t = \frac{s}{\sigma_s} > -Q_1$ .

Pour la maille,  $C_d = F_0(Q_1) = \int_{-Q_1}^{+\infty} G(t) dt$  et  $\frac{\bar{q}_l}{2 \sigma_s} = F_1(Q_1) = \int_{-Q_1}^{+\infty} (Q_1 + t) G(t) dt$

la distribution  $G(t)$  est exponentielle pour  $Q_1$  faible (Cu) et gaussienne pour  $Q_1$  élevé (Sc).  $\sigma_s$  est fonction des

gradients verticaux de  $q_t$  et  $\theta_l$  et de l'ECT  $e_t$ .

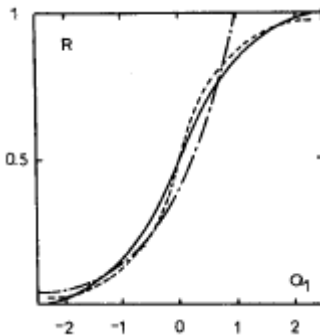
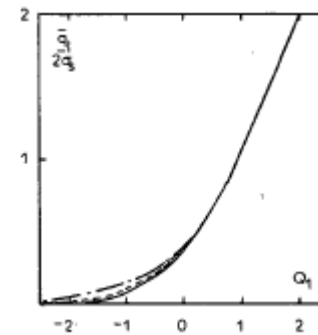


FIG. 3. Parameterized cloud fraction. (a)  $Q_1$  ranges from  $-2$  to  $+2$ , (b)  $Q_1$  ranges from  $-5$  to  $-1$ . Solid line: Gaussian model (15); dashed line: exponential model (16); dash-dotted line: skewed model (17).

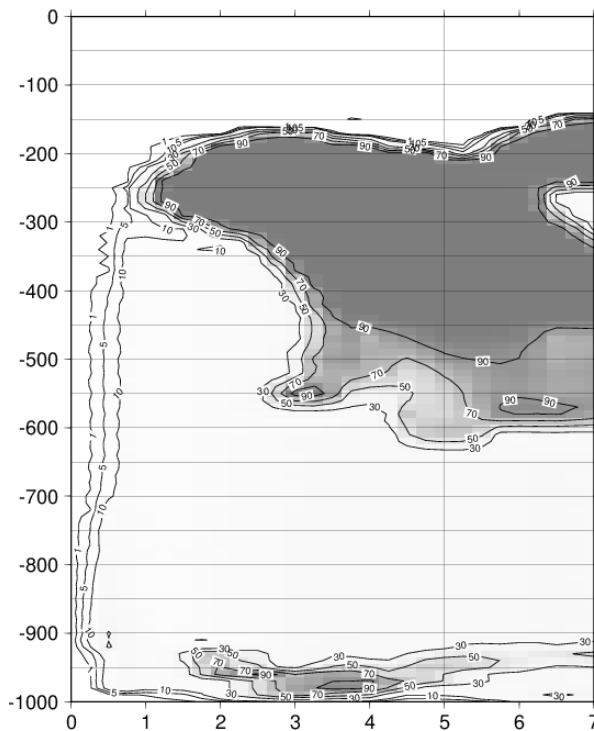


AMA 12/02/2018

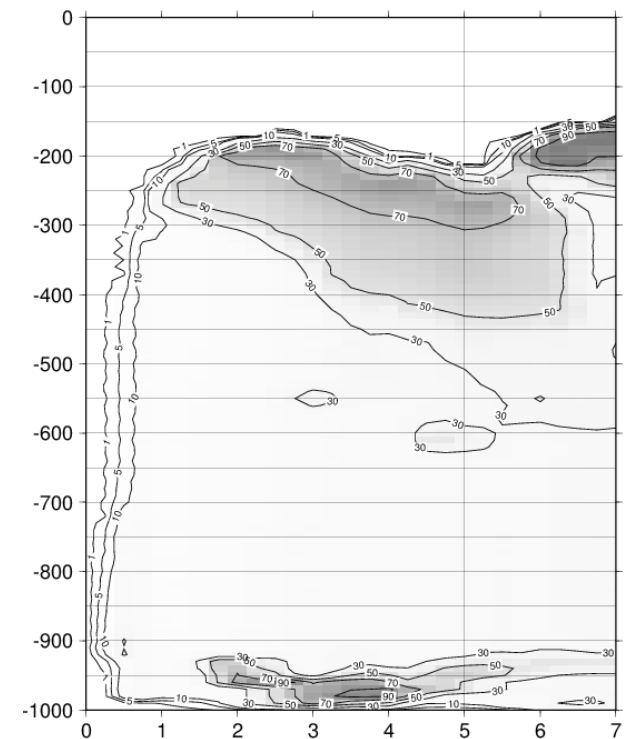
# Formulations

$\sigma_s$  est fonction des gradients verticaux de  $q_t$  et  $\theta_l$  et de l'ECT  $e_t$  :  $\sigma_s = \frac{a}{2} \sqrt{C(L_m)^2 \phi_3} \left| \frac{\partial q_t}{\partial z} - \alpha_1 \frac{\partial \theta_l}{\partial z} \right|$   
 avec  $\sqrt{C(L_m)^2 \phi_3} = \frac{1}{\sqrt{C_{e\theta}}} \sqrt{\frac{L_m K_T}{\sqrt{\epsilon}}}$  et  $K_T = C_\theta L_m \sqrt{\epsilon} \phi_3$

Première formulation approximative : Valeur seuil minimale pour  $\sigma_s$ , présence de condensat convectif et  $p < 650 \text{ hPa}$  et  $\Delta q > 0$



*Évolution temporelle de la Nébulosité ; à gauche sans la correction, à droite avec*



# Formulations

Seconde formulation : Ajout de termes de production thermique et dynamique provenant de la convection PCMT dans l'équation d'évolution de  $e_t$ .

$$\frac{\partial \bar{e}}{\partial t} = [\text{Advect.}] + \text{Diff}_{\text{vert}} + P_{\text{dyn.}} + P_{\text{ther.}} - \text{Diss} \quad \text{avec} \quad P_{\text{dyn.}} = - \left[ \overline{u'w'} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \overline{v'w'} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \right] \quad \text{et} \quad P_{\text{ther.}} = \beta \overline{w'\theta'_{vt}}, \quad \bar{\theta}_{vt} = \bar{\theta} (1 + 0.608 \bar{q}_v - \bar{q}_e), \quad \beta = \frac{g}{\bar{\theta}}$$

Dans le schéma de convection sont calculés les flux de transport pour le vent et les variables thermodynamiques :

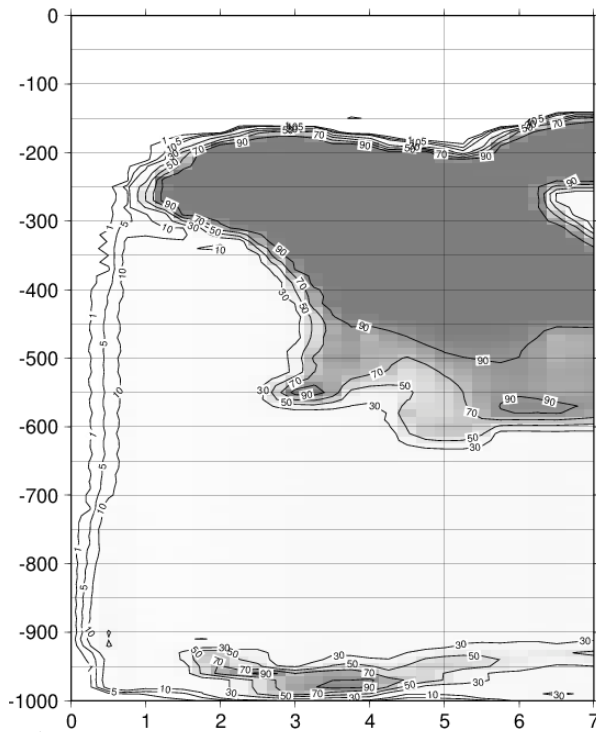
$$\overline{w'X'} = -M(\chi_c - \bar{X}) \quad \text{avec} \quad M = -\alpha\sigma\omega_c, \quad \text{soit} \quad \overline{w'X'} = \frac{1}{\rho g} M(\chi_c - \bar{X}) \quad \text{pour} \quad X = u, v \quad \text{et} \quad \theta_{vt} \quad \text{ici.}$$

---> Ainsi, il est possible d'ajouter aux termes turbulents de production thermique et dynamique, une part (à déterminer) des termes convectifs de production calculés à l'aide de ces flux convectifs de transport. [Déjà codé pour la CVPP KFB et EDKF].

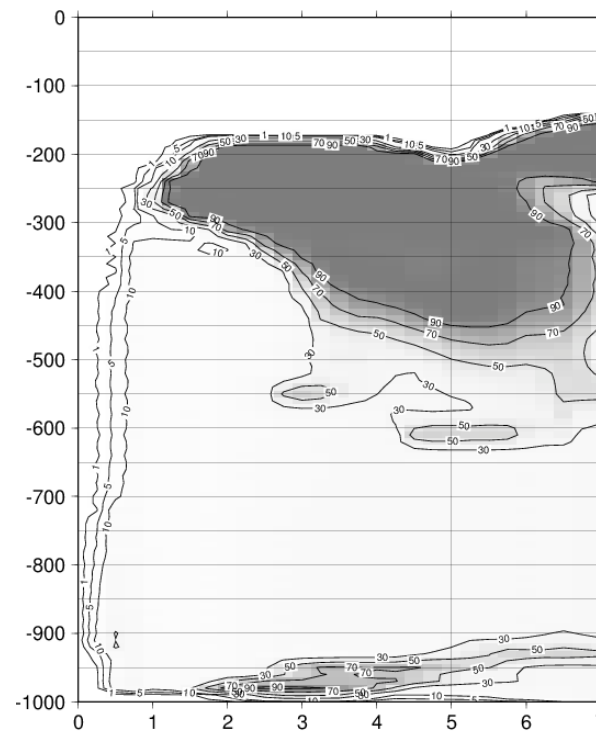
--->  $\beta \overline{w'\theta'_{vt}}$  **calculé dans PCMT.**

# Résultats cas 1D TOGA (Bechtold et al., 2000)

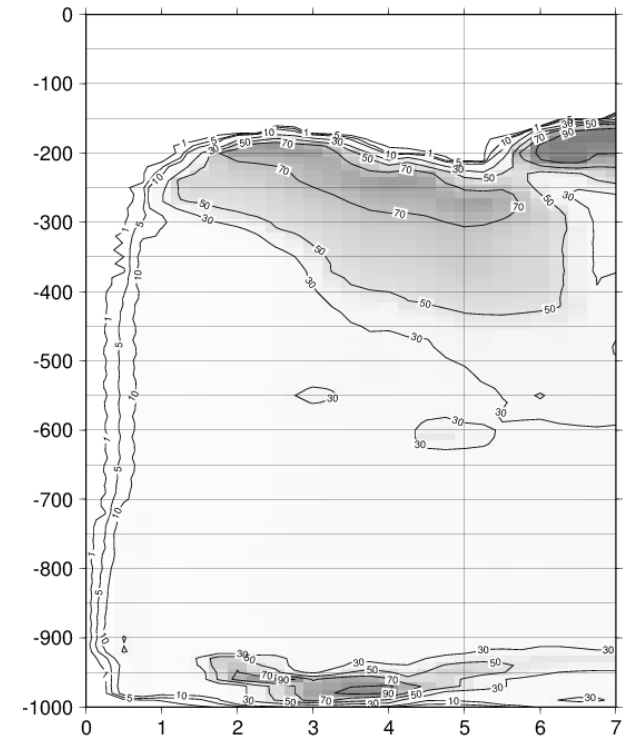
## Évolution temporelle de la nébulosité



Brut (1)



PT conv (2)



Seuil  $\sigma_s$  (3)

Seuil  $\sigma_s = 5.e-5$

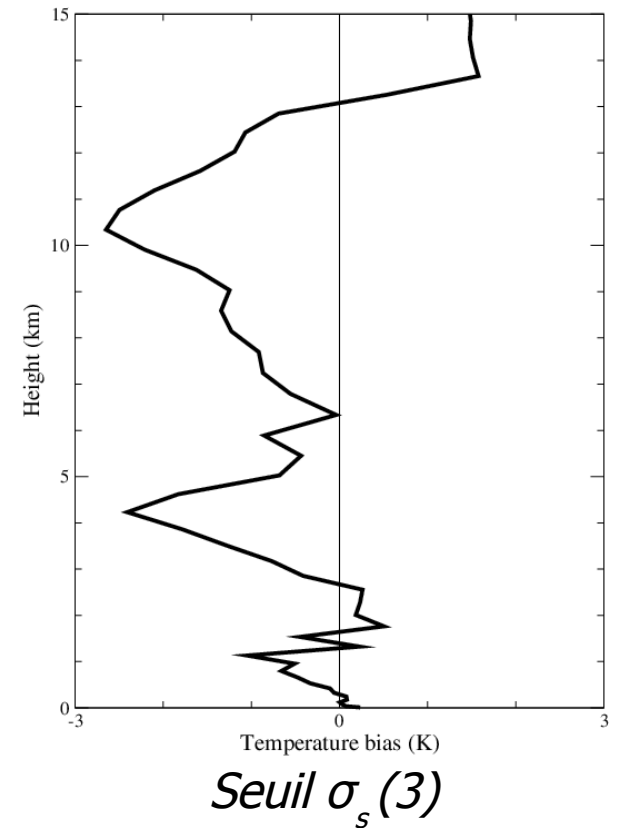
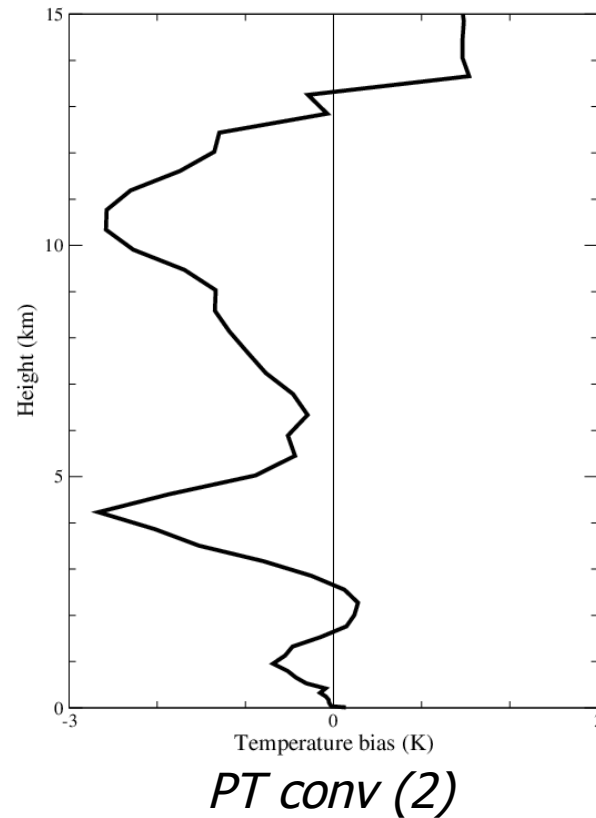
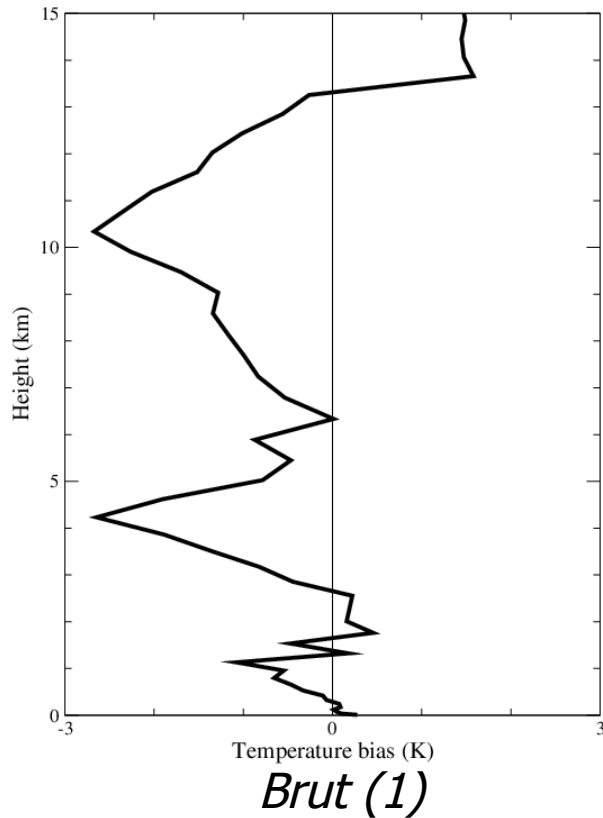
En fin de simulation (heure 7):

A 950 hpa, PT turb =  $1.e-3 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  , PT conv =  $1.e-3 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  ,  $\sigma_s(1) = 3.e-9$  ,  $\sigma_s(1) = 3.e-9$

A 500 hpa, PT turb =  $-1.e-11 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  , PT conv =  $3.e-3 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  ,  $\sigma_s(1) = 1.e-6$  ,  $\sigma_s(1) = 1.3e-5$

# Résultats

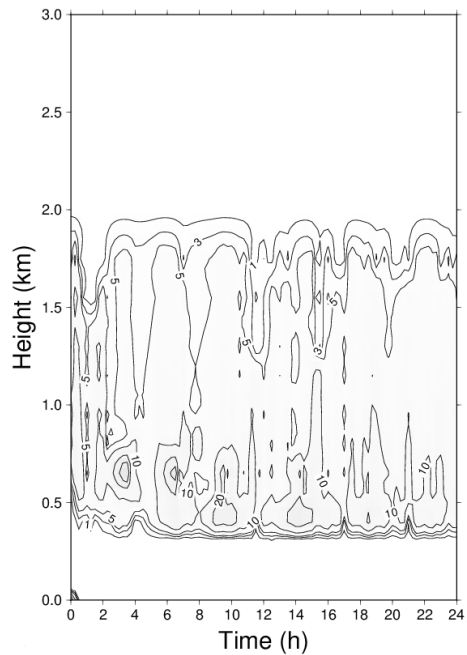
Biais de température en fin de simulation (heure 7) par rapport au CRM de référence



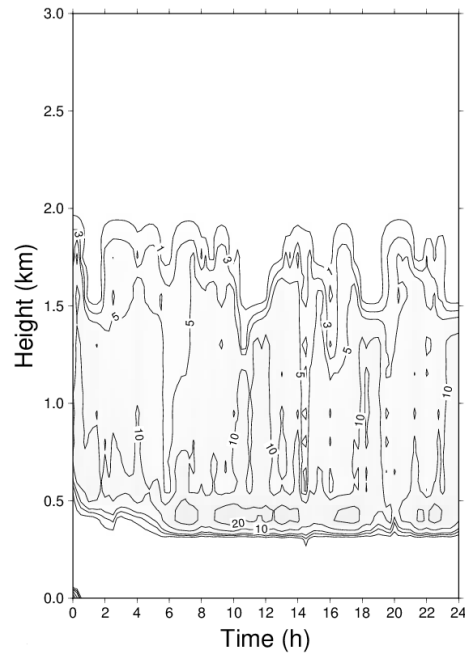
Profil plus lisse avec la prise en compte de la PT conv

# Résultats cas 1D BOMEX (Siebesma et al., 1995)

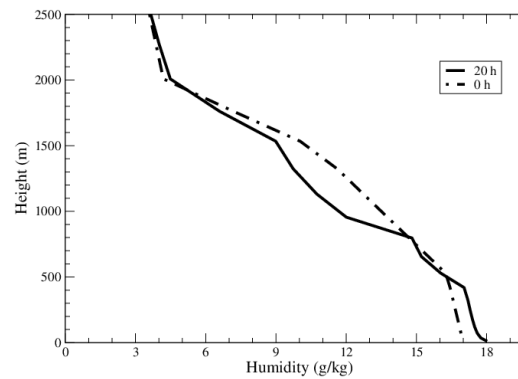
Évolution temporelle de la nébulosité ----- Profil d'humidité spécifique au bout de 20h



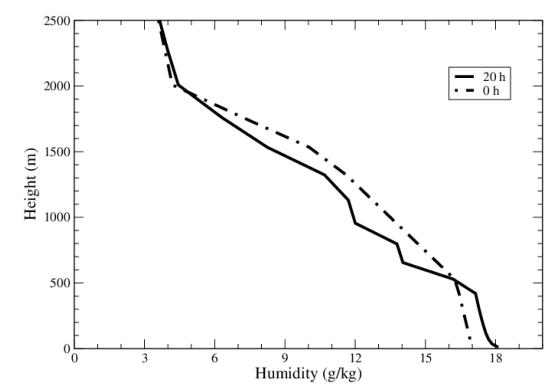
*Brut*



*PT conv*



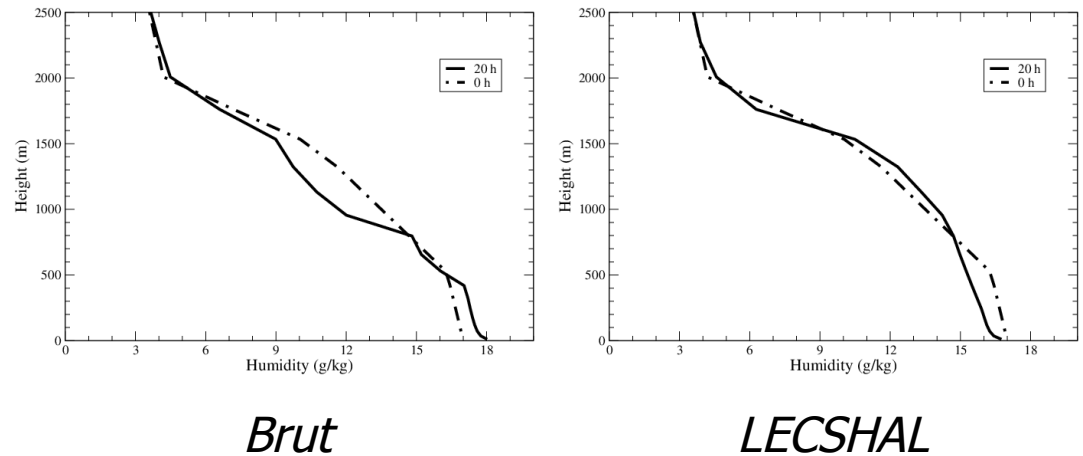
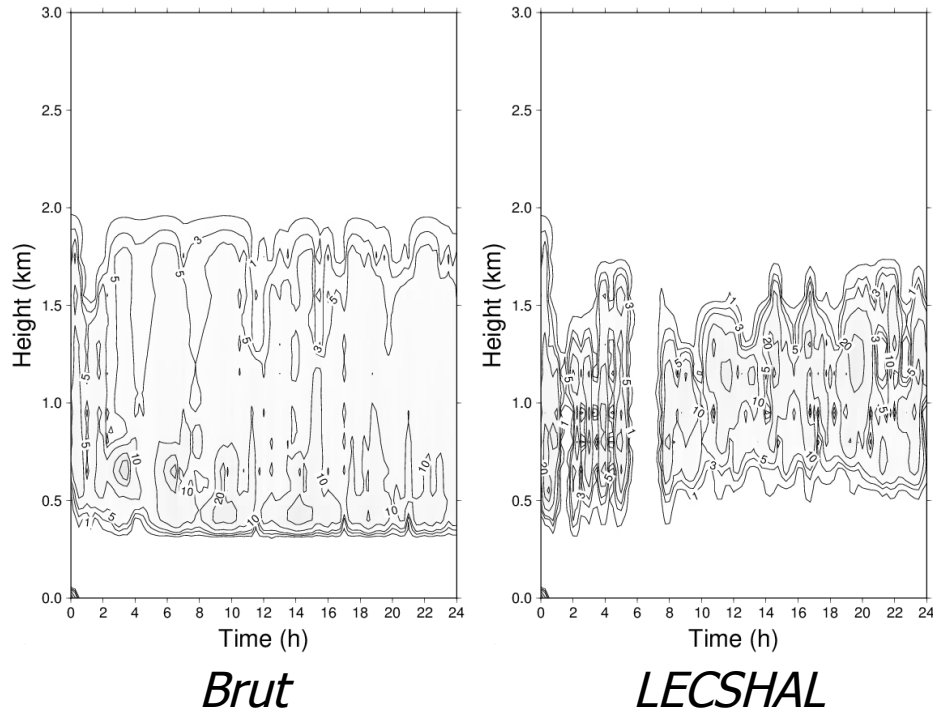
*Brut*



*PT conv*

# Résultats

Évolution temporelle de la nébulosité ----- Profil d'humidité spécifique au bout de 20h



LECSHAL : longueur de mélange = épaisseur de la convection

Résultats similaires avec LECDEEP : longueur de mélange = épaisseur de la convection limitée à 1km (par défaut)