

Les paramétrisations physiques de LMDZ

LMD

Laboratoire de Météorologie Dynamique

Equations de GCM atmosphérique (extraits)

Equations dynamiques en coordonnées pression

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial_t \vec{V} = \underbrace{-(\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V}}_{\text{transport}} - \underbrace{\omega \partial_p \vec{V}}_{\text{gravité}} - \underbrace{f \vec{k} \times \vec{V}}_{\text{Coriolis}} + \tilde{S}_V \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{V} + \partial_p \omega = 0 \\ \partial_t q = -\vec{V} \cdot \vec{\nabla} q - \omega \partial_p q + S_q \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \Phi = gz \quad \text{geopotentiel} \\ \omega = \partial_t p \quad \text{vitesse vert.} \\ q = \text{humidite specifique} \end{array} \right. \quad (1)$$

$\vec{S}_v$ et S_q : termes source déterminés par les **paramétrisations physiques** :

- couche limite planétaire
- convection profonde (Gros cumulus et cumulonimbus)
- nuages
- processus radiatifs
- orographie
- sol

Les paramétrisations

Principe

- Chaque paramétrisation : (1) fonctionne quasi-indépendamment des autres ; (2) dépend des profils de u , v , w , T , q et de quelques variables d'interface avec les autres paramétrisations ; (3) ne voit pas les hétérogénéités spatiales associées aux autres processus (sauf wakes).
- La tendance totale due aux processus sous-maille est la somme des tendances dues aux divers processus :

$$\begin{aligned}(\partial_t T)_\varphi &= (\partial_t T)_{\text{eva}} + (\partial_t T)_{\text{lsc}} + (\partial_t T)_{\text{diff turb}} + (\partial_t T)_{\text{Th}} + (\partial_t T)_{\text{conv}} \\ &\quad + (\partial_t T)_{\text{rad}} + (\partial_t T)_{\text{ajs}} + (\partial_t T)_{\text{oro}}\end{aligned}$$

Structure de physiq.F - I

Initialisation : *phyetat0*, *phys_output_open*

Début *change_srf_frac*, *solarlong*, *évap. eau nuageuse*

Diffusion verticale (mélange turbulent) *pbl_surface*

Convection profonde *conflx* (Tiedtke) ou *concvl*
(Emanuel) ou *conema3* (Emanuel ancien)

Nuages convectifs profonds *clouds_gno*

Courants de densité (wakes) *calwake*

Strato-cumulus *stratocu_if*

Thermiques *calltherm* et *ajsec*

Nuages des thermiques *clouds_gno*

Condensation de grande échelle *fisrtlp*

Nuages diagnostiques pour Tiedtke *diagcld1*

Aérosols *readaerosol_optic*

Nuages stratiformes *diagcld2*

Paramètres optiques des nuages *newmicro* ou *nuage*

Processus radiatifs *radlwsu* (bis)

En bleu : ce qui agit sur les variables d'état

Structure de physiq.F - II

Processus orographiques : trainée *drag_noro_strato*
ou *drag_noro*

Processus orographiques : portance *lift_noro_strato*
ou *lift_noro*

Processus orographiques : déferlement GW
hines_gwd

???? Composantes axiales du moment angulaire et couple
des montagnes : *aaam_bud*

Simulateur Cosp *phys_cosp*

Traceurs *phytrac*

Traceurs off-line *phystokenc*

Transport eau et énergie *transp* et *transp_lay*

Sorties

Statistiques

Ecriture état final pour redémarrage *phyredem*

- Diffusion turbulente ou "**mélange turbulent**" : transport par les petits mouvements aléatoires. Semblable à la diffusion moléculaire.

$$Dq/Dt = S_q \quad \text{où} \quad S_q = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial q}{\partial z} \right)$$

- **Longueur de mélange de Prandtl** : $K_z = l |w|$

l : longueur caractéristique des petits mouvements

w : vitesse caractéristique

- **Energie cinétique turbulente (TKE)** : $K_z = l \sqrt{e}$

$$De/Dt = f(dU/dz, d\theta/dz, e, \dots)$$

$$Dl/Dt = \dots$$

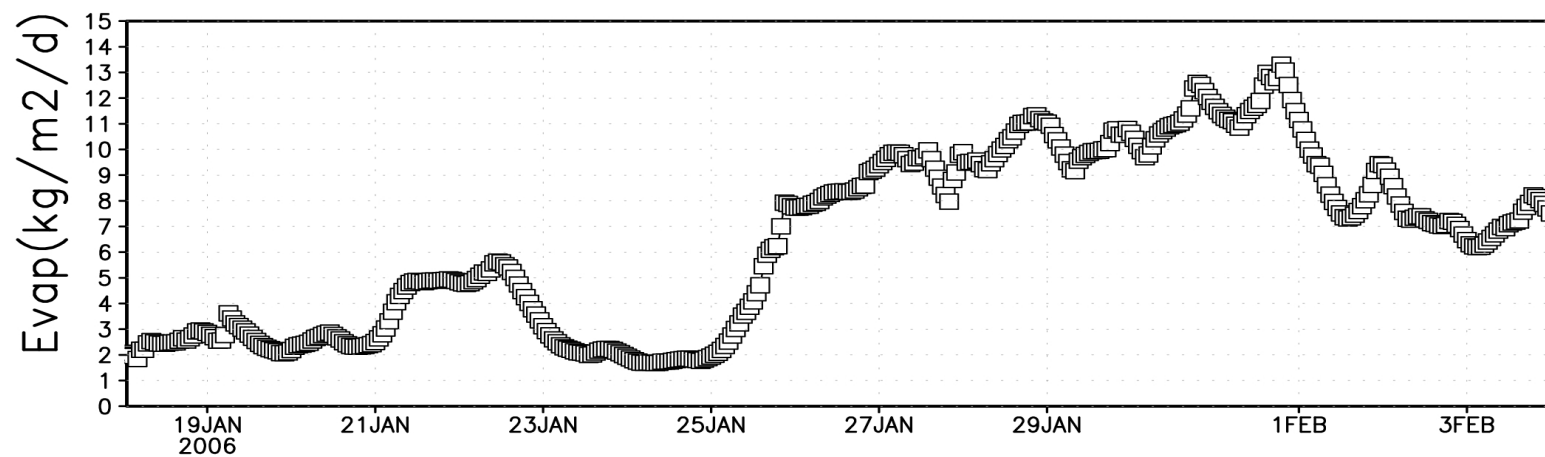
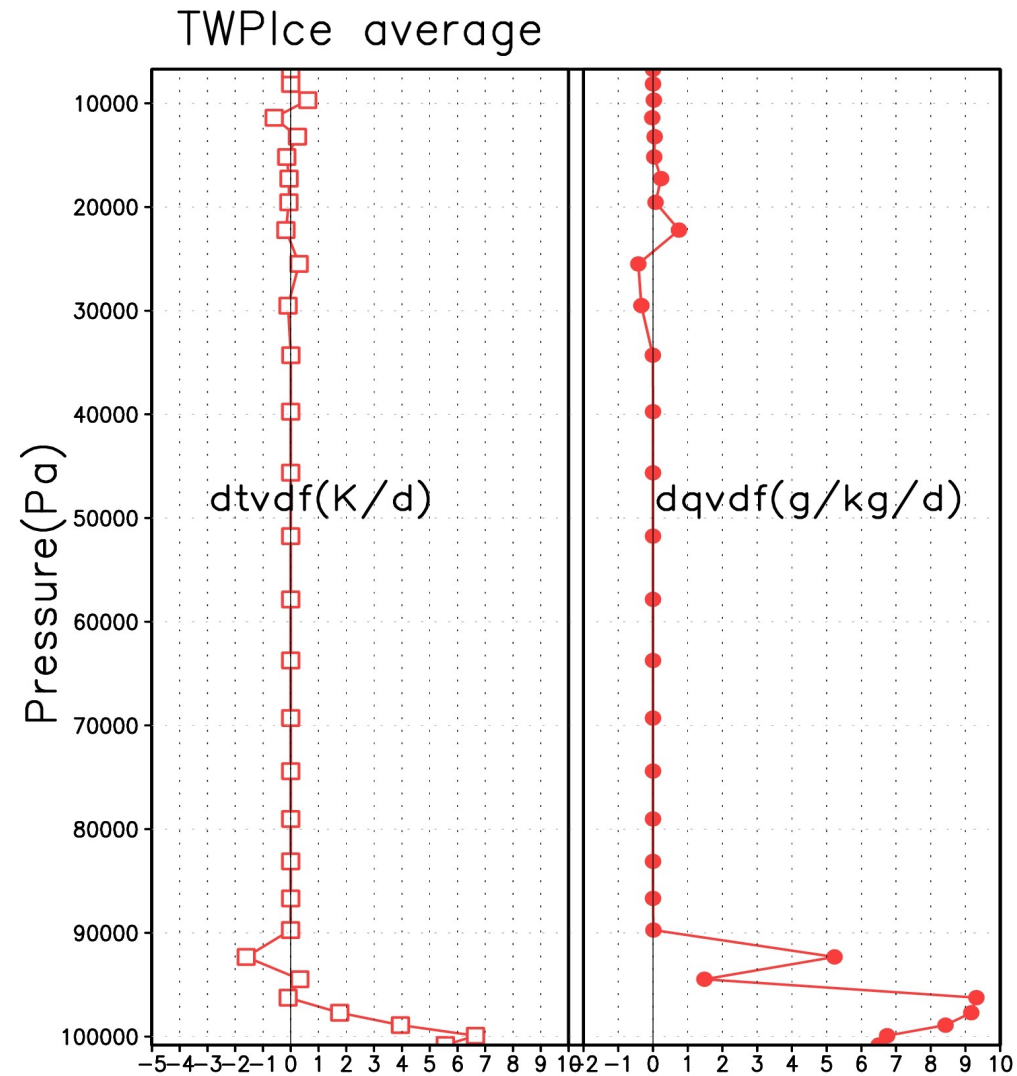
Diffusion verticale

Tendances :

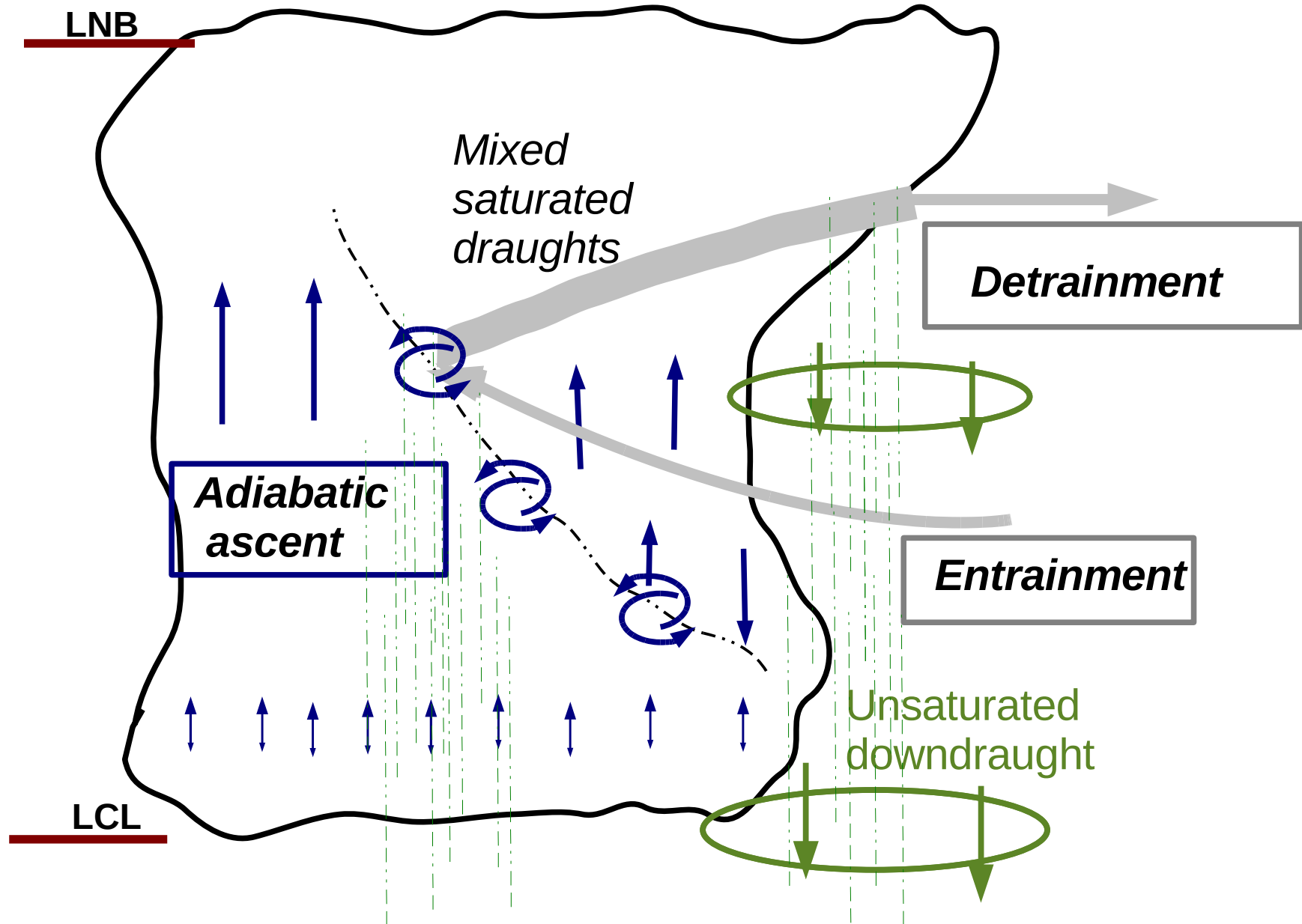
dtvdf, dqvdf, duvdf, dvvdf

Autres variables

- sens : flux sensible à la surface (vers le haut)
- evap : flux de vapeur d'eau à la surface (vers le haut)
- flat : flux latent à la surface (vers le bas)
- taux, tauy : tensions de vent à la surface



Emanuel scheme



Convection profonde

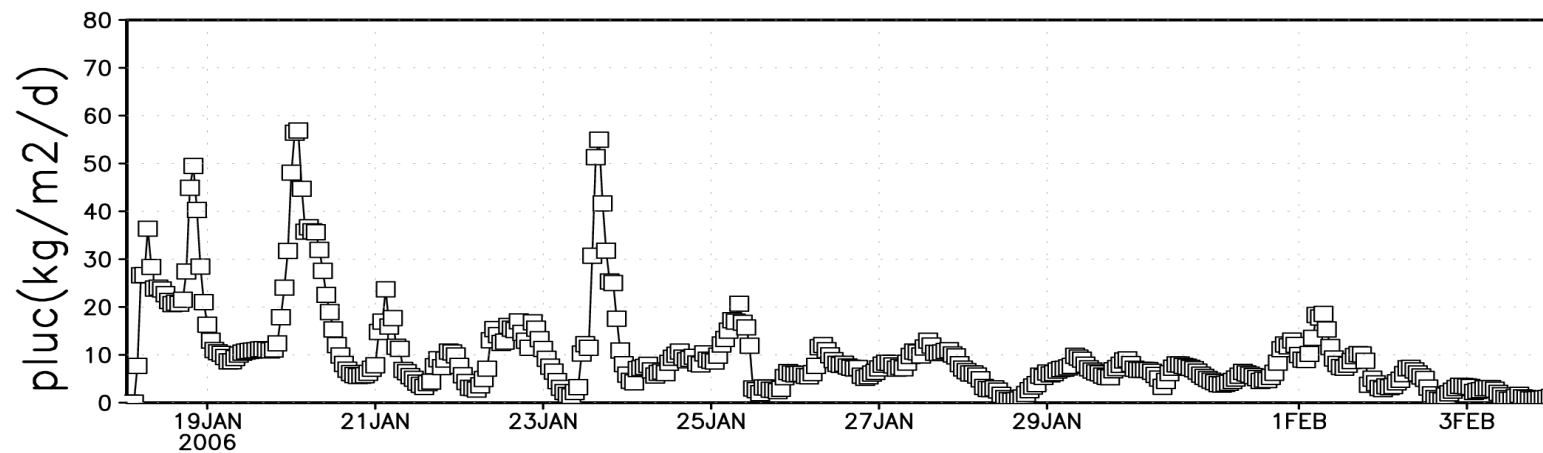
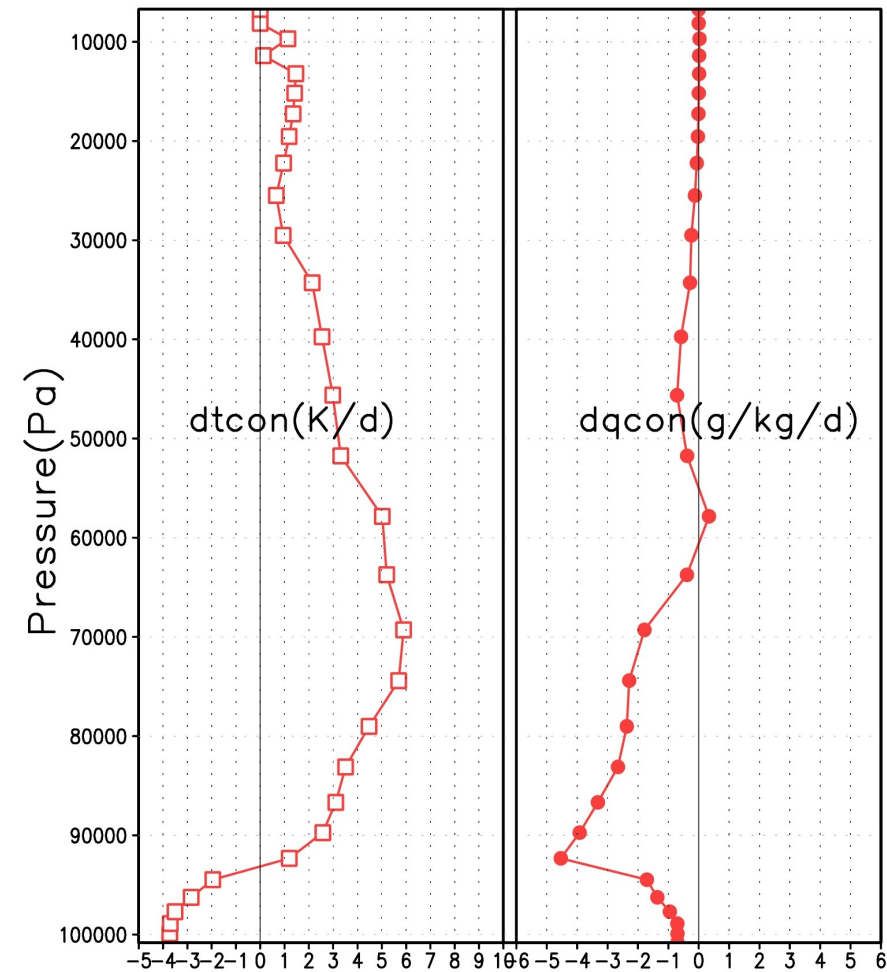
Tendances :

dtcon, dqcon, ducon, dvcon

Autres variables

- pluc : précipitation convective à la surface
- ftd : tendance de température due aux seules descentes insaturées
- fqd : tendance d'humidité due aux seules descentes insaturées
- clwcon : eau condensée du nuage convectif ("in cloud" condensed water content)
- Ma : flux de masse de l'ascendance adiabatique
- upwd : flux de masse ascendant saturé
- dnwd : flux de masse descendant saturé
- dnwd0 : flux de masse descendant insaturé (descentes précipitantes)
- Vprecip : profil vertical de précipitation convective

TWPlce average



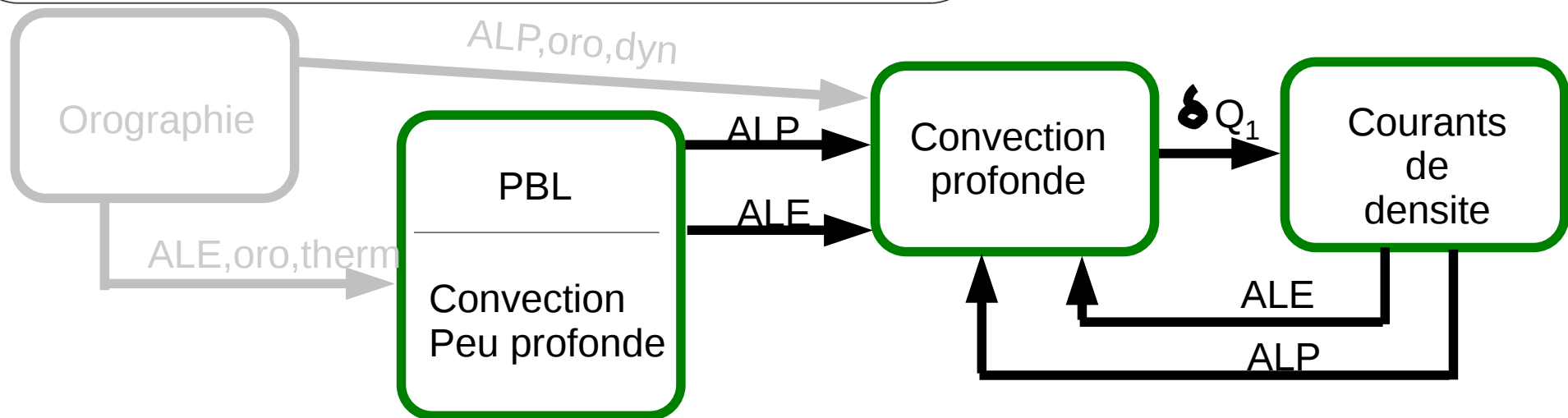
Convection profonde

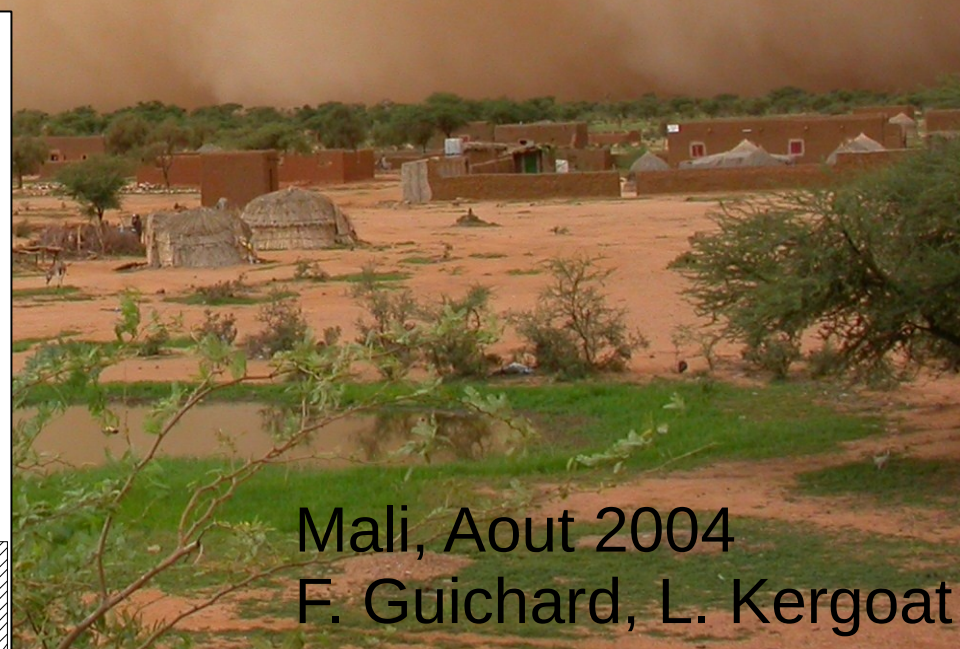
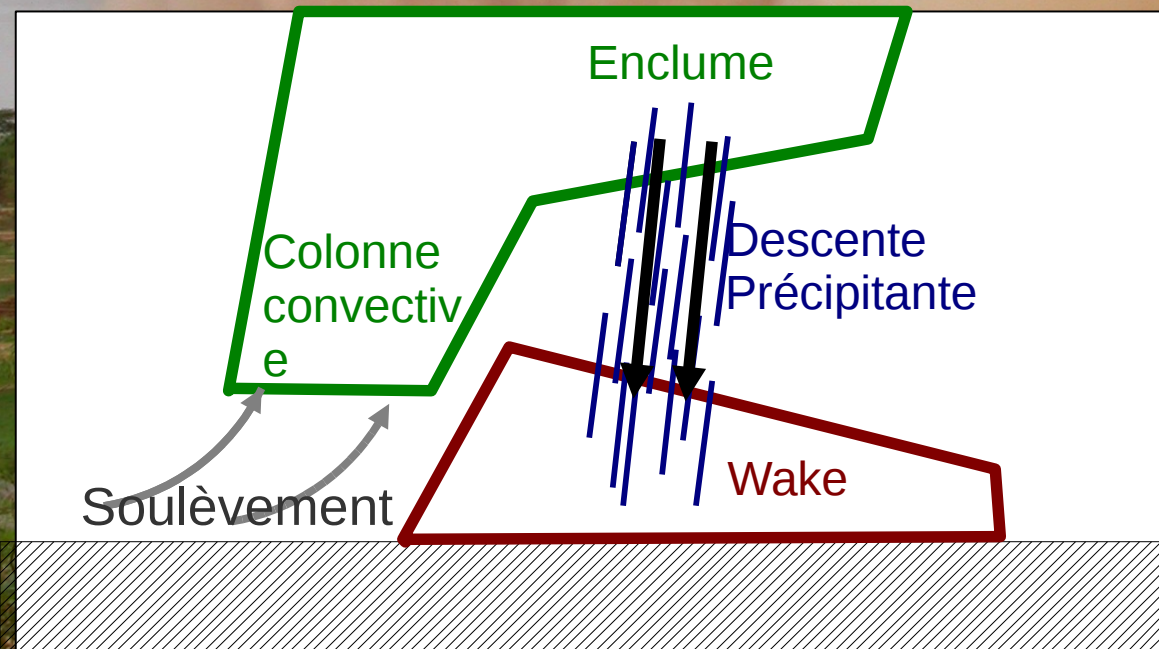
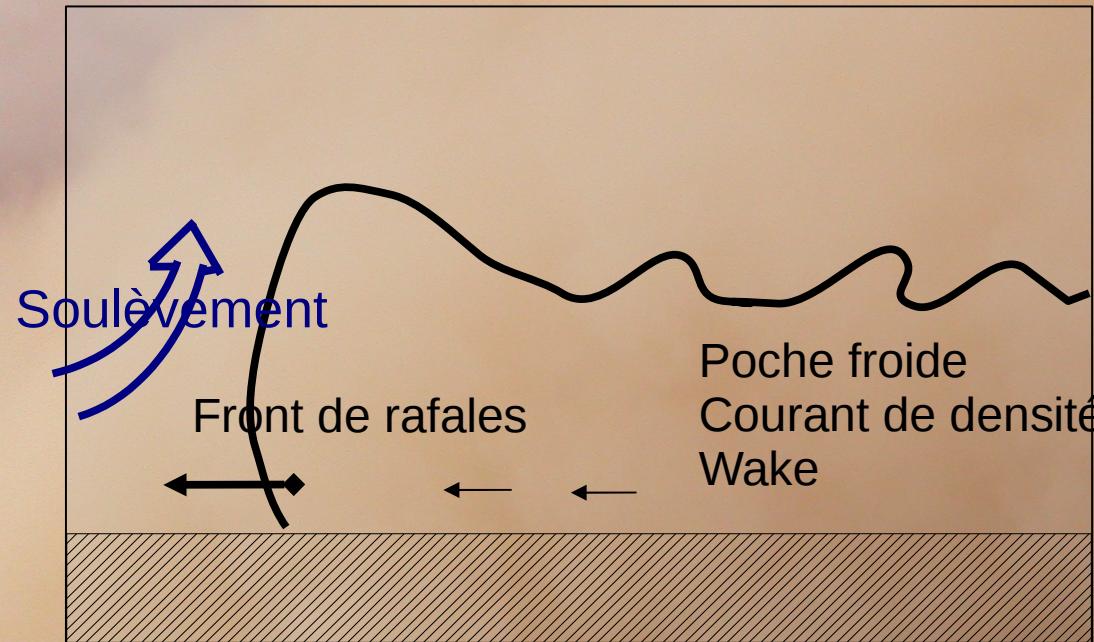
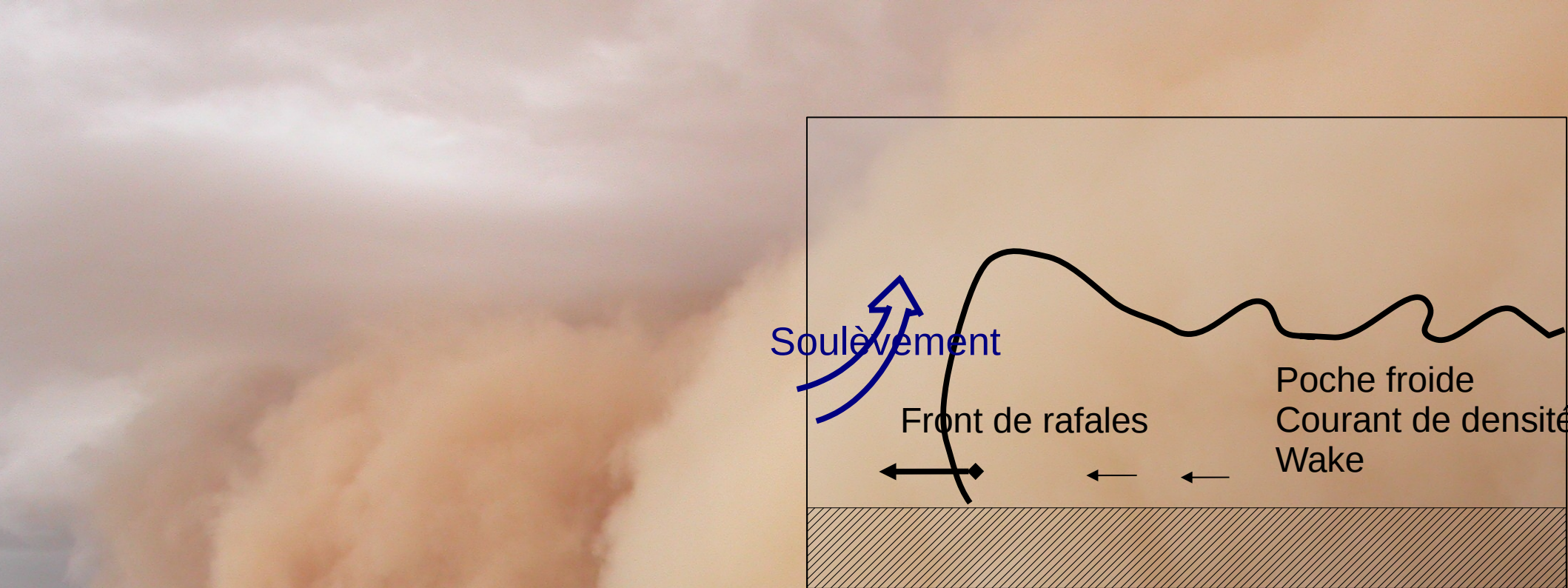
Tendances :

dtcon, dqcon, ducon, dvcon

Autres variables

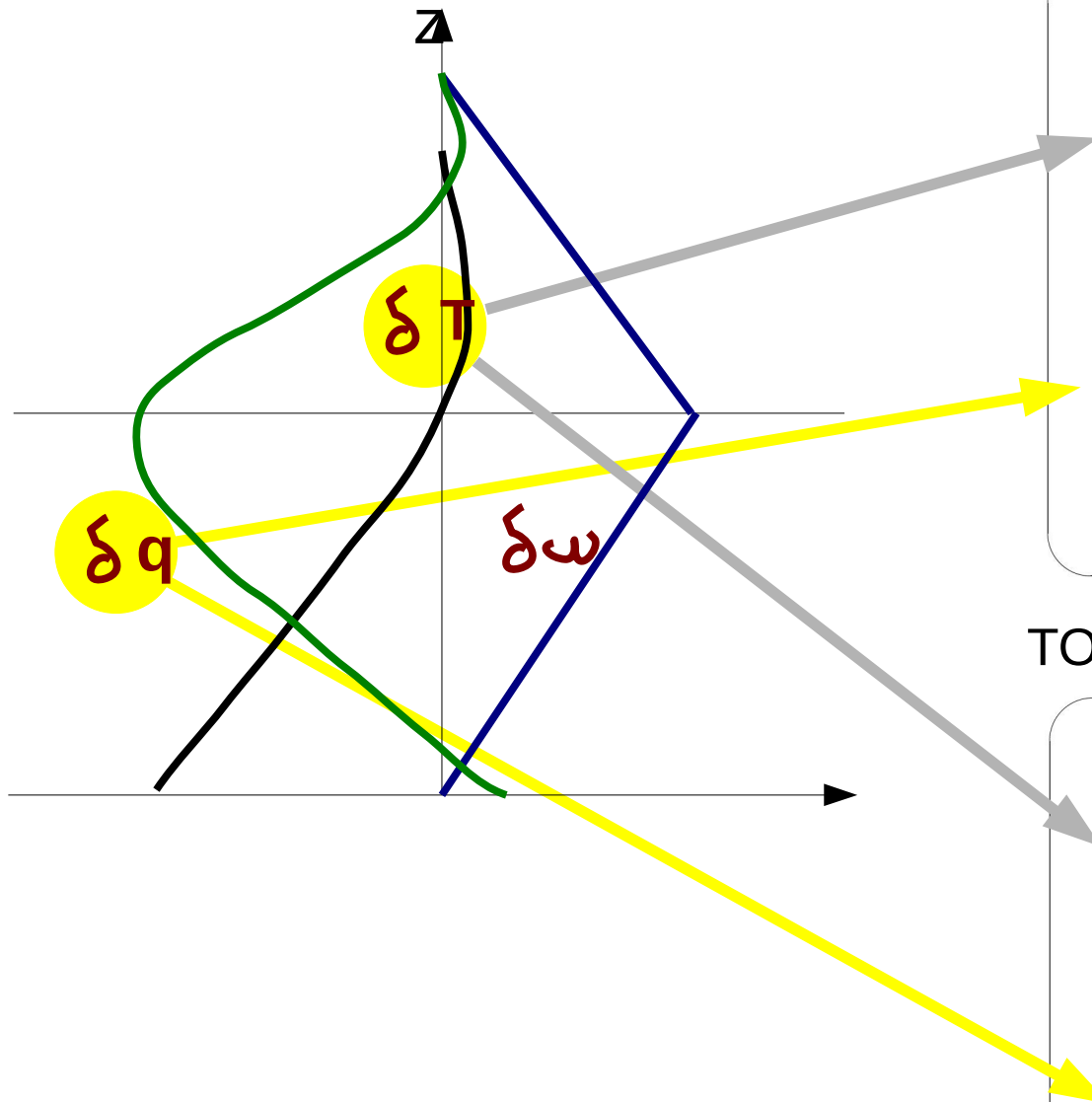
- pluc : précipitation convective à la surface
- ftd : tendance de température due aux seules descentes insaturées
- fqd : tendance d'humidité due aux seules descentes insaturées
- clwcon : eau condensée du nuage convectif ("in cloud" condensed water content)
- Ma : flux de masse de l'ascendance adiabatique
- upwd : flux de masse ascendant saturé
- dnwd : flux de masse descendant saturé
- dnwd0 : flux de masse descendant insaturé (descentes précipitantes)
- Vprecip : profil vertical de précipitation convective



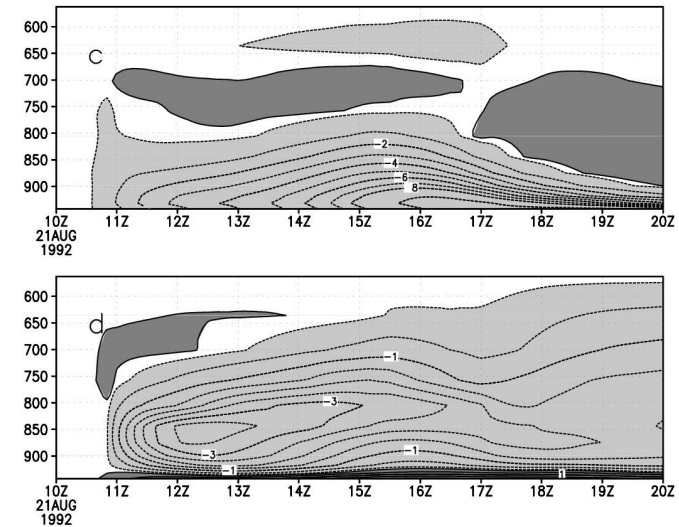


Mali, Aout 2004
F. Guichard, L. Kergoat

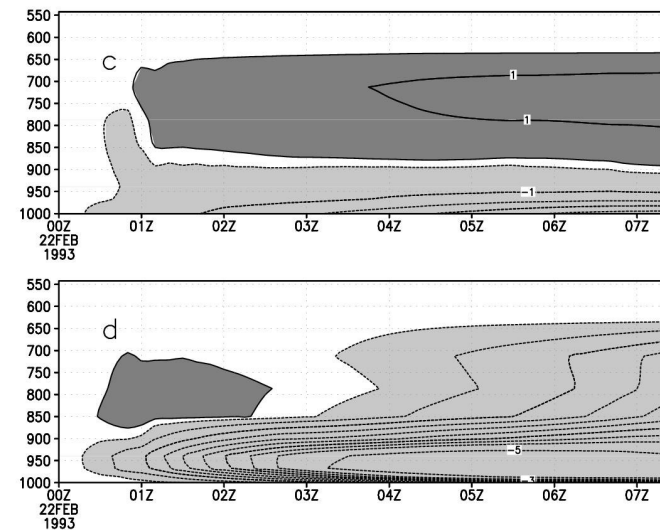
Simulated wake properties



HAPEX92: 21 Aug 1992 squall line case



TOGA-COARE: 22 Feb 1993 squall line case



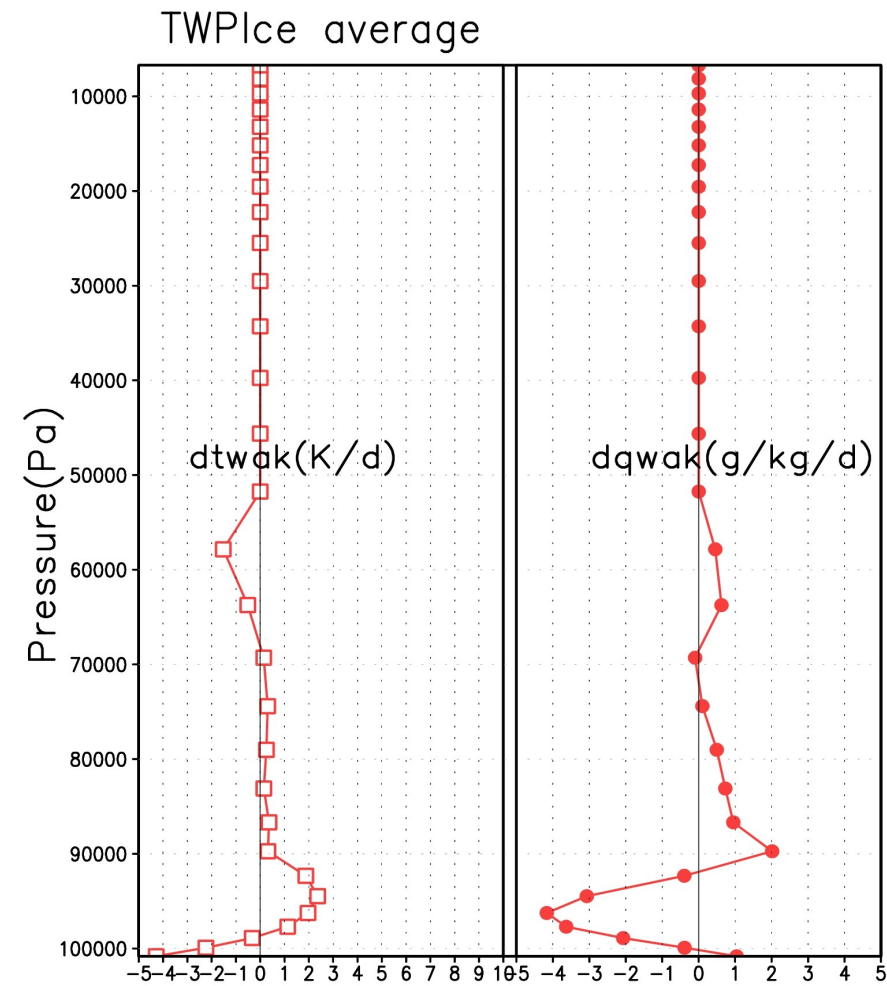
poches froides (wakes)

Tendances :

dtwak, dqwak

Autres variables

- Alp_wk : puissance de soulèvement due aux poches froides
- Ale_wk : énergie de soulèvement due aux poches froides
- wake_s : fraction surfacique des poches
- wake_h : hauteur des poches
- wape : WAKE Potential Energy
- wake_deltat : profil vertical d'écart de température $T_w - T_x$
- wake_deltaq : profil vertical d'écart d'humidité $q_w - q_x$
- wake_omg : profil vertical d'écart de vitesse verticale $\omega_w - \omega_x$



Orographie

Tendances :

dtoro, duoro, dvaro : tendances de température et de vitesse dues à la trainée

dtlif, dulif, dvlif : tendances de température et de vitesse dues à la portance

Les tendances totales sont les sommes des tendances dues à la trainée et à la portance.

Condensation de grande échelle (evap & lsc)

Tendances :

dteva, dqeva : tendances dues à l'évaporation de l'eau nuageuse

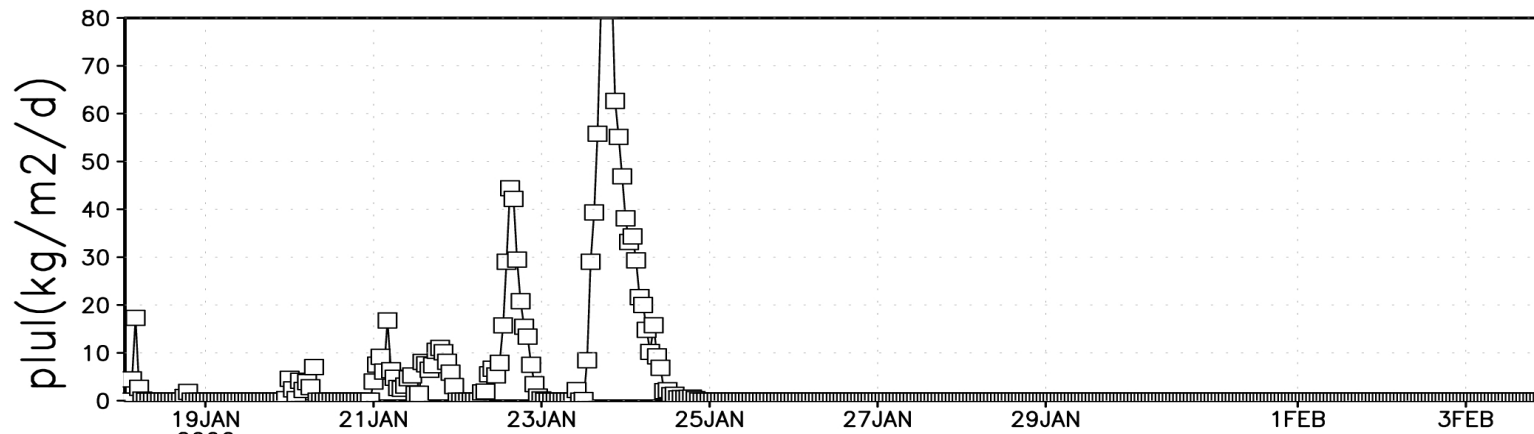
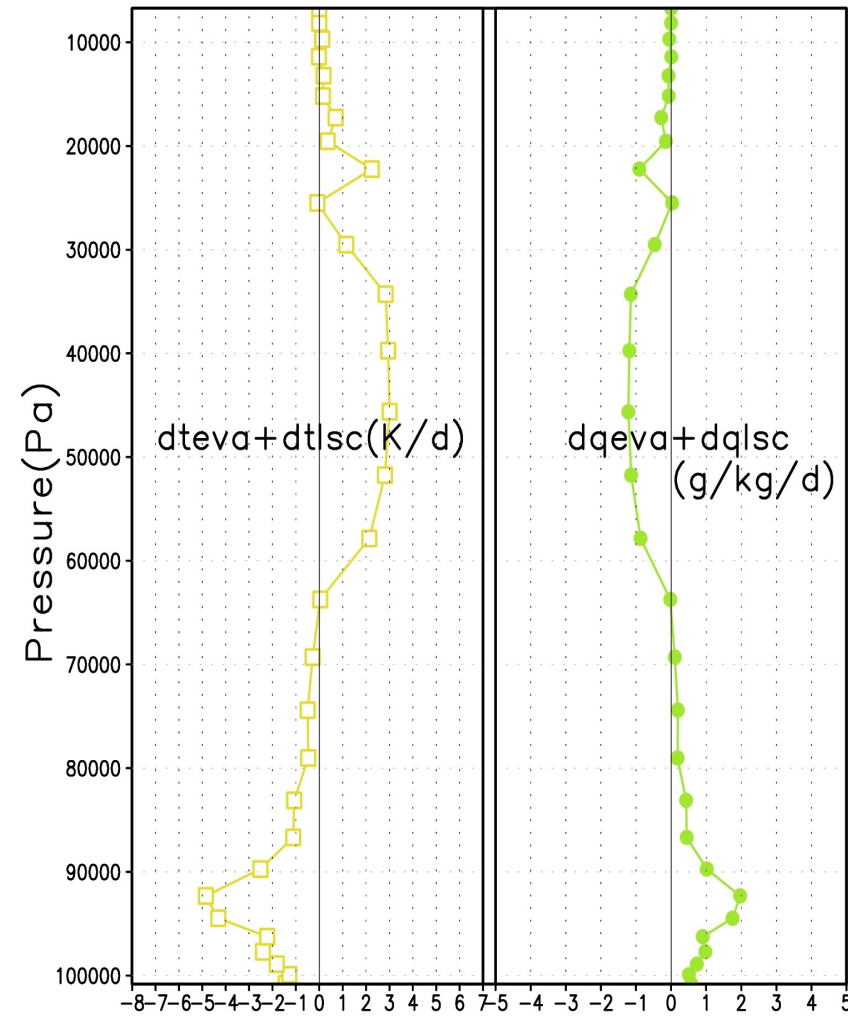
dtlsc, dqlsc : tendances dues à la condensation

Les tendances totales sont les sommes des tendances dues à l'évaporation et à la condensation.

Autres variables

- plul : précipitation dite "de grande échelle" ou "stratiforme" ; représente à la fois les précipitations stratiformes et celles des cumulus de couche limite.
- rneb : couverture nuageuse

TWPlce average



Rayonnement

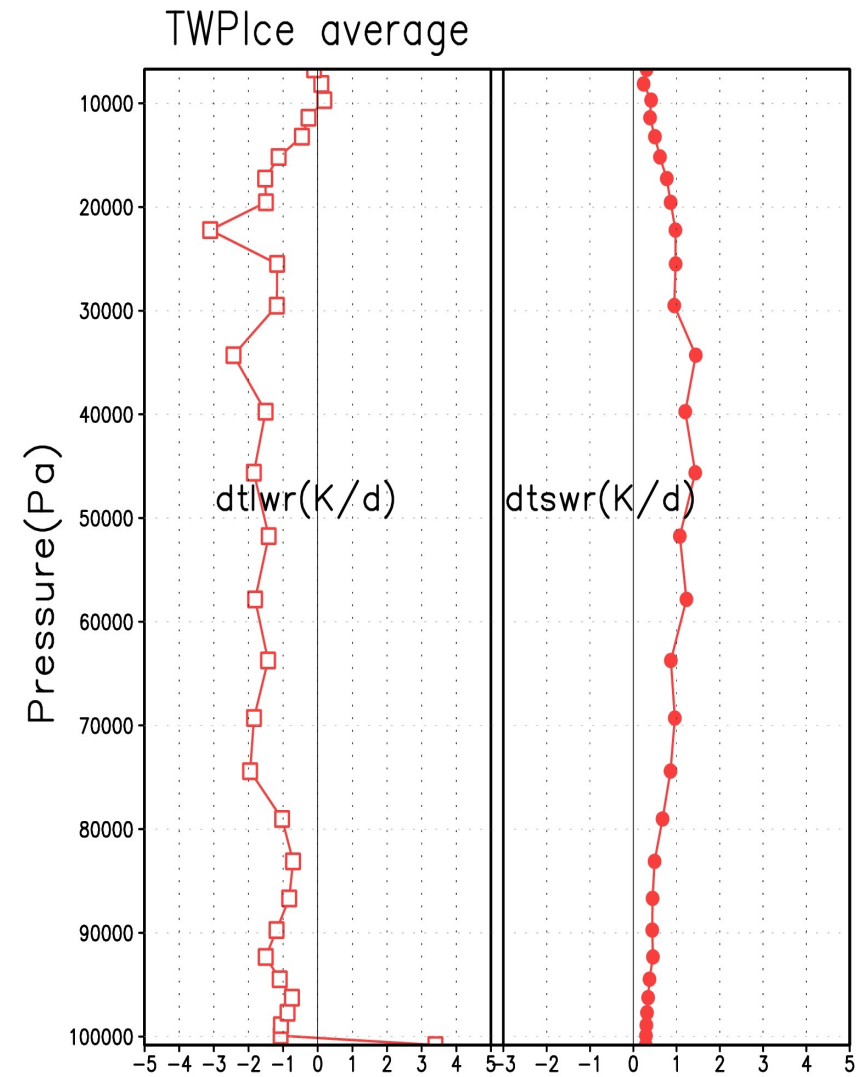
Tendances :

dtswr, dtlwr (tendances de température dues au rayonnement solaire (SW = short wave) et infra-rouge thermique (LW = long wave))

La tendance radiative totale est la somme des tendances SW et LW.

Autres variables

- dtsw0 : tendance SW en ciel clair
- dtlw0 : tendance LW en ciel clair
- tops : rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère
- topl : rayonnement infra-rouge au sommet de l'atmosphère
- tops0, topl0 : les mêmes en ciel clair
- sols : rayonnement solaire au sol
- soll : rayonnement infra-rouge au sol
- sols0, soll0 : les mêmes en ciel clair



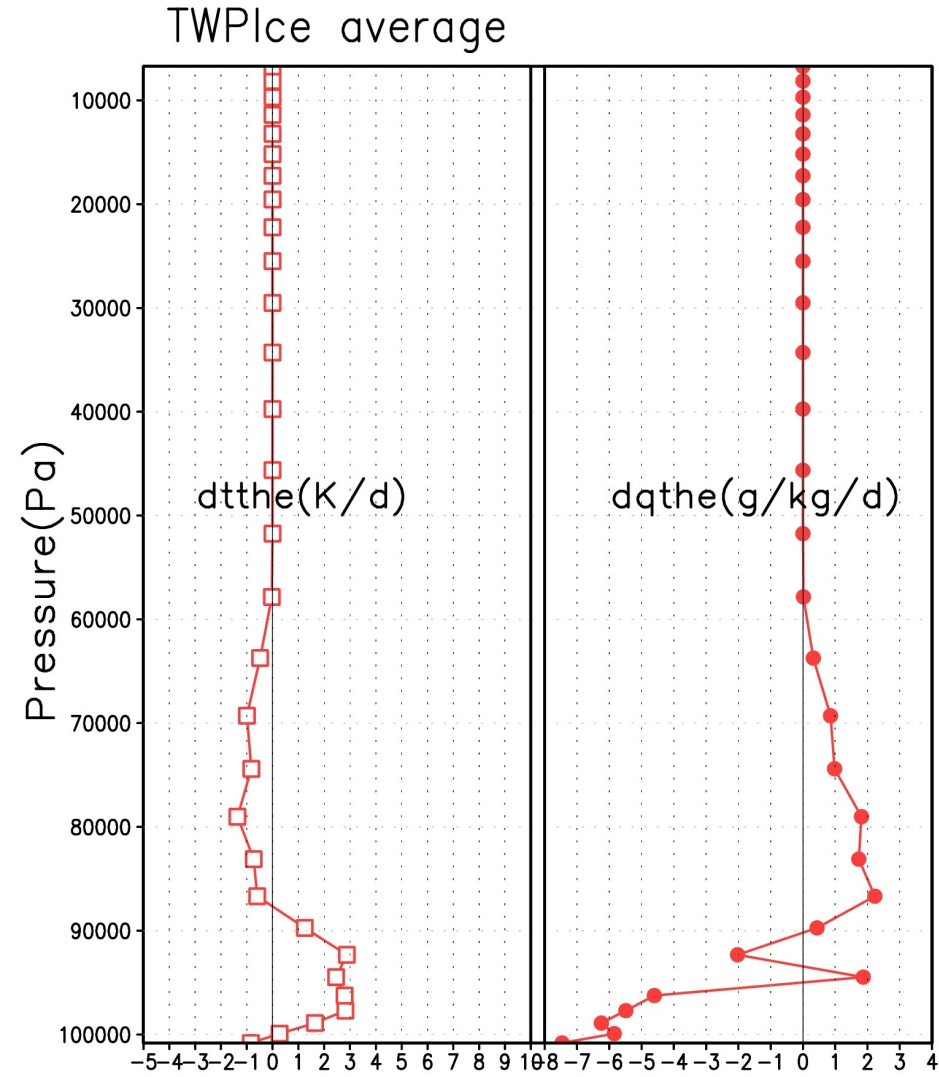
Thermiques et ajustement sec

Tendances :

dtthe, dqthe, duthe, dvthe

Autres variables

- dtajs : tendance de température due au seul ajustement sec
- dqajs : tendance d'humidité due au seul ajustement sec
- a_th : fraction surfacique des thermiques
- d_th : détrainement
- e_th : entrainement
- f_th : flux de masse
- w_th : vitesse verticale du thermique
- q_th : eau totale dans le thermique
- zmax_th : altitude du sommet du thermique



LMD	IPCC/AR4	Nouvelle physique
Couche limite	Diffusion turbulente + Contre gradient (Louis/Laval)	Diffusion turbulente (Mellor et Yamada) + Schéma en flux de masse couche limite convective (modèle du thermique)
Convection	Schéma en flux de masse d'Emanuel. Fermeture CAPE	Schéma d'Emanuel modifié. Decl./Fermeture en ALE/ALP Couplé au modèle du thermique + poches froides
Surface	Modèle Sechiba à 2 couches	Modèle Sechiba à 11 couches (Patricia de Rosnay)