

Les paramétrisations physiques de LMDZ

LMD

Laboratoire de Météorologie Dynamique

Equations de GCM atmosphérique (extraits)

Equations dynamiques en coordonnées pression

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

\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 :

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

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 *radlws* (bis)

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

Structure de physiq.F - II

Processus orographiques : traînée *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

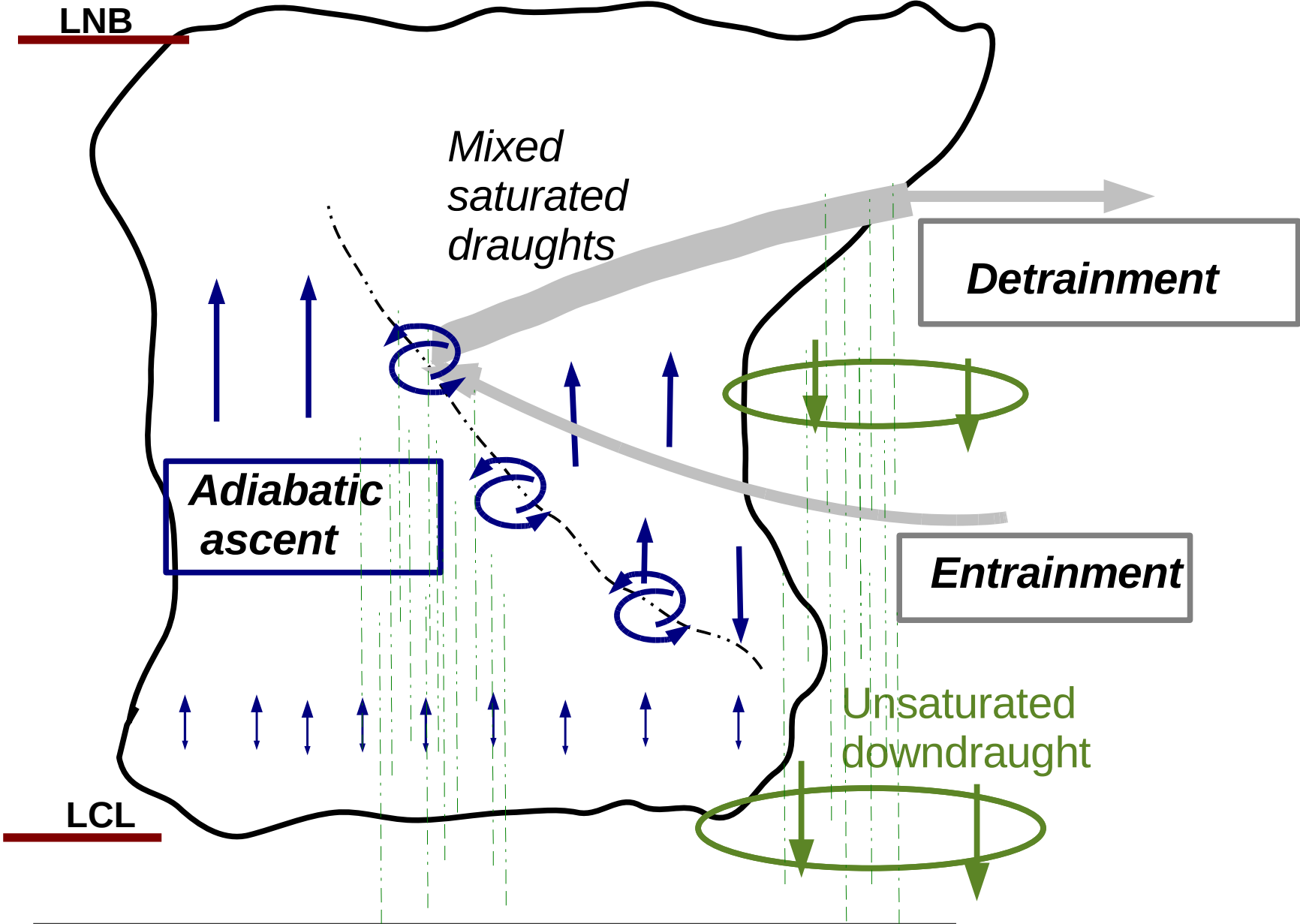
Tendances :

$dtvdf$, $dqvdf$, $duvdf$, $dvvdf$

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

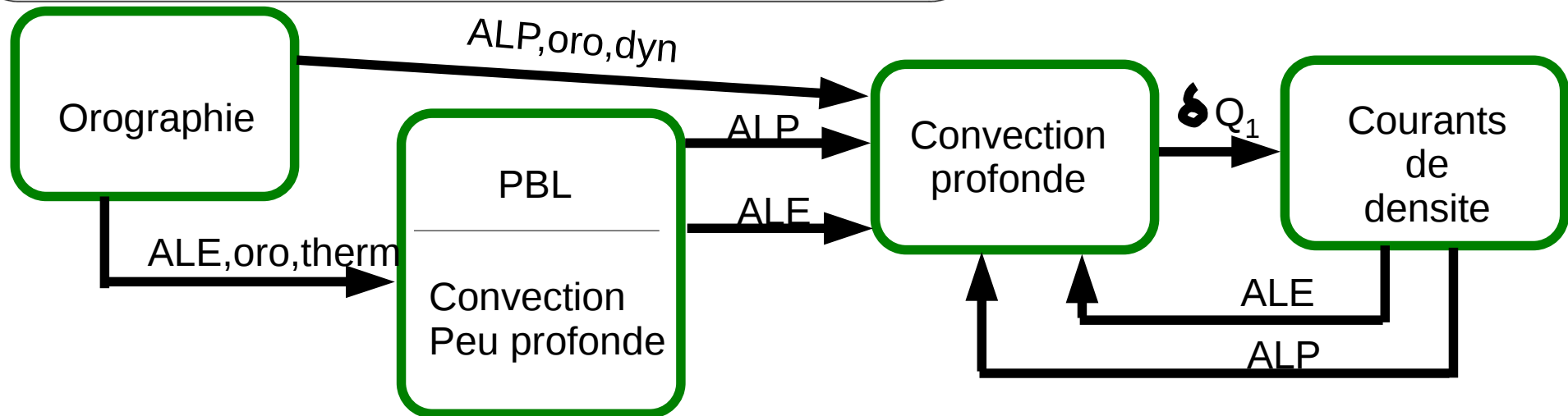
Convection profonde

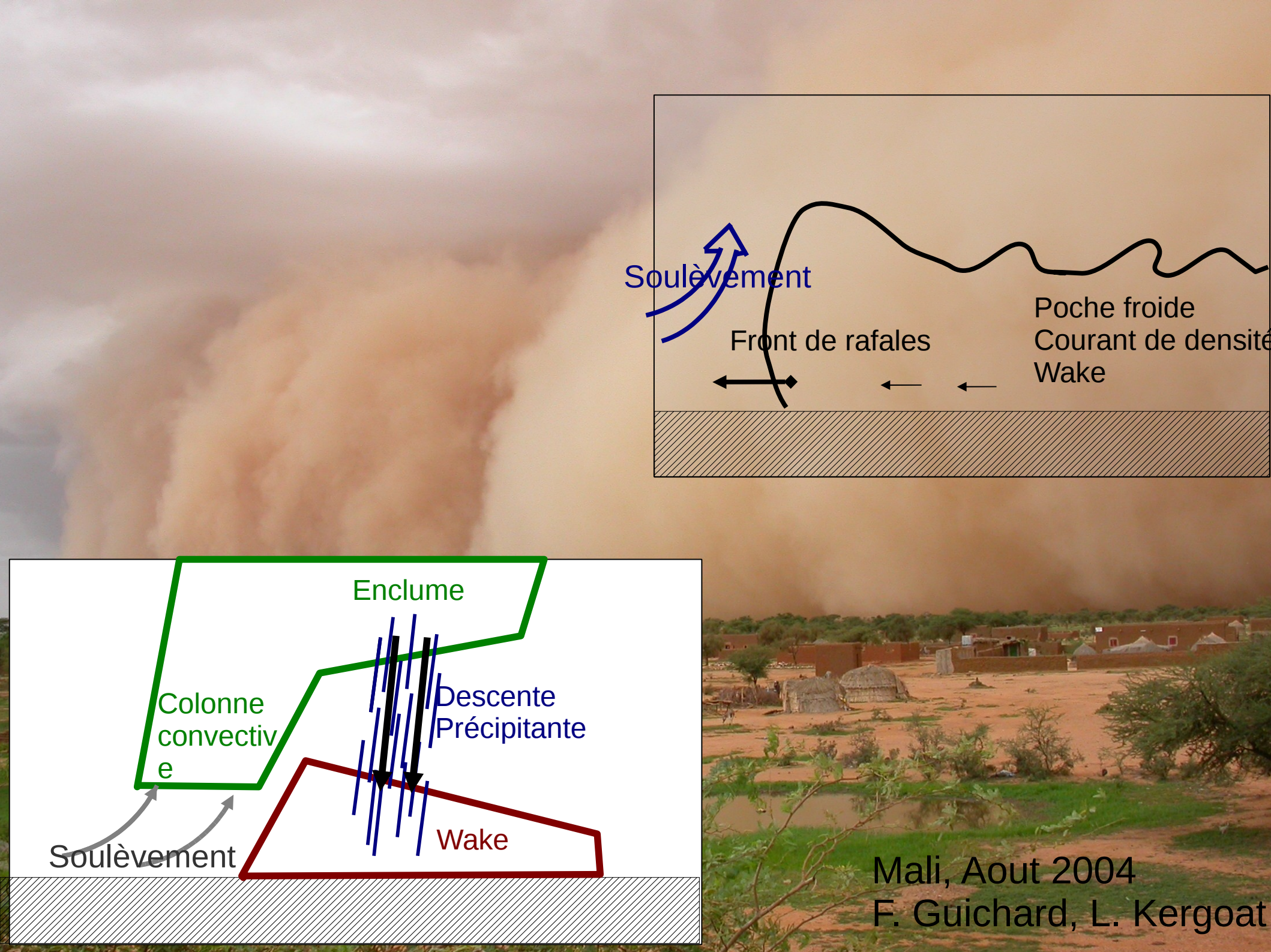
Tendances :

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





Soulèvement

Front de rafales

Poche froide
Courant de densité
Wake

Enclume

Colonne convective

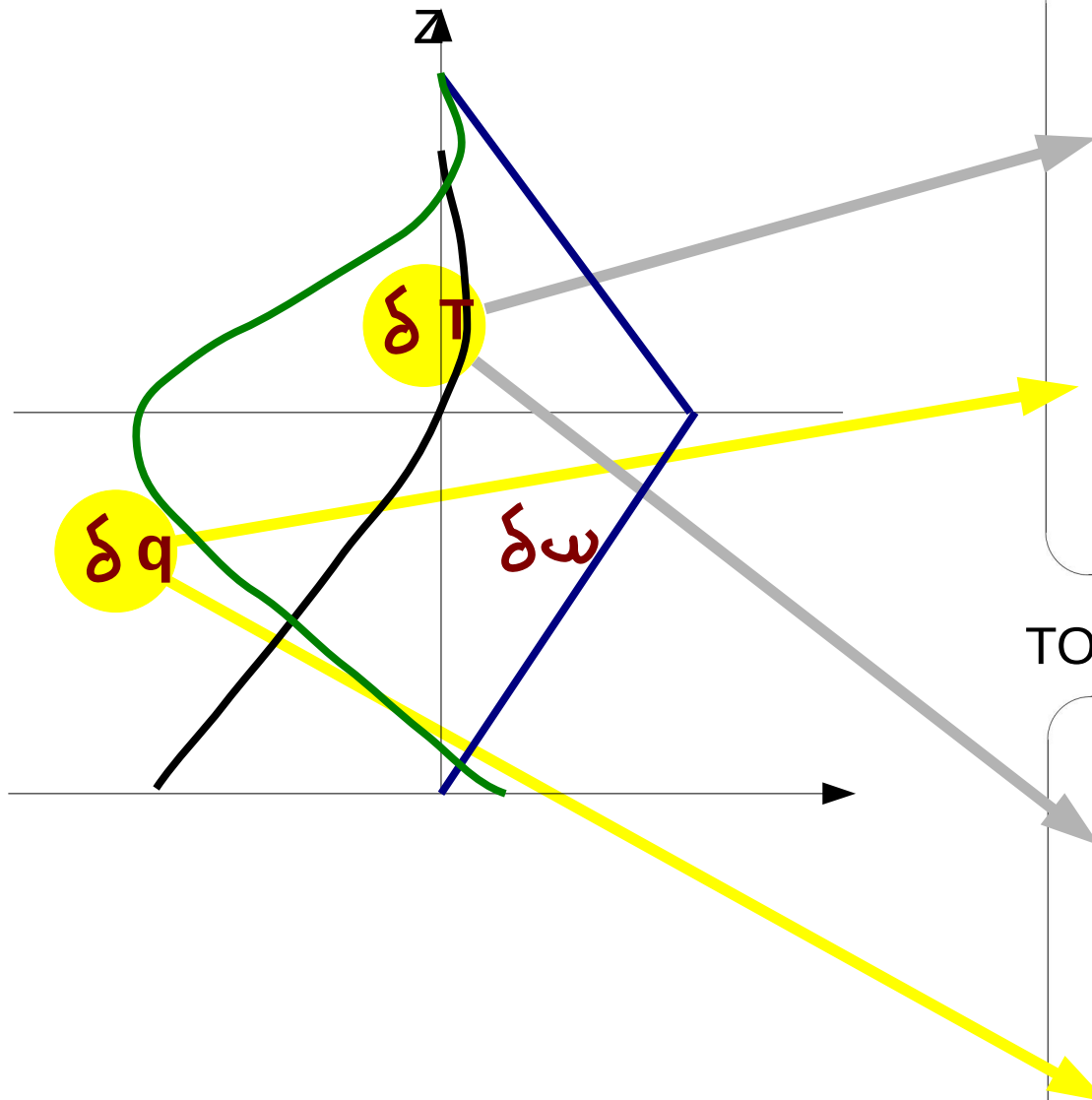
Descente
Précipitante

Wake

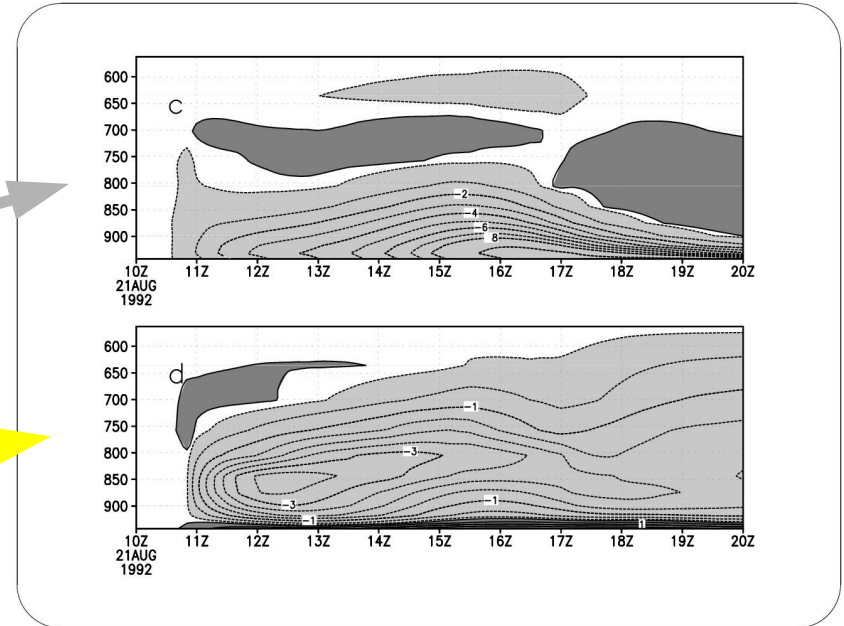
Soulèvement

Mali, Aout 2004
F. Guichard, L. Kergoat

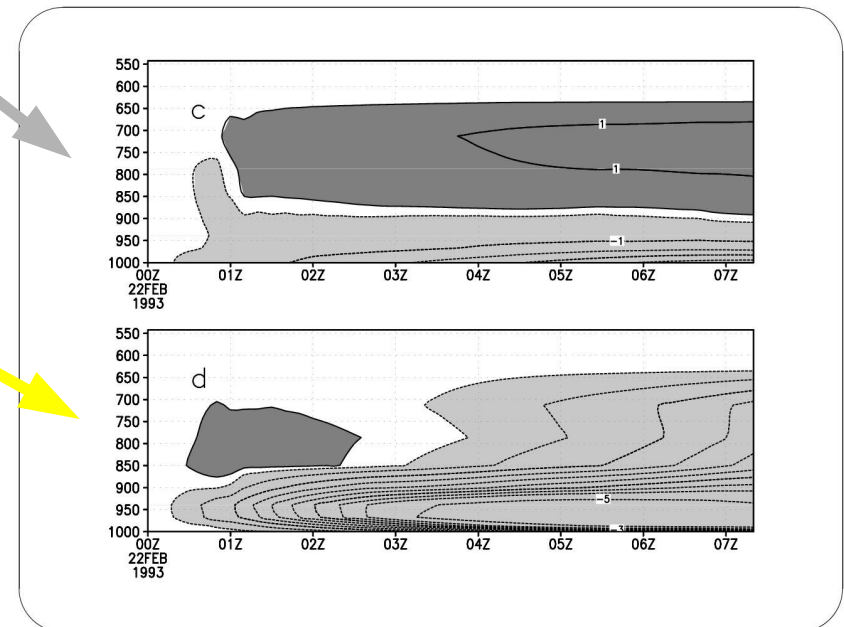
Simulated wake properties



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, dqsc : 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

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

