

Résumé

Paramétrisation bi-colonne d'une brise méso-échelle

Nathan Philippot

Les circulations méso-échelles sont absentes des modèles de climat à large maille car elles ne sont ni résolues ni paramétrisées. Et pourtant elles jouent un rôle climatique important à travers l'organisation à méso-échelle de la convection nuageuse, favorisant les précipitations et modifiant le bilan radiatif.

Nous étudions différentes LES idéalisées de brises méso-échelles créés par des hétérogénéités de flux de surface ou par le relief, et conduisant parfois à l'initiation de convection profonde.

Nous avons développé une paramétrisation 1D bi-colonne capable de reproduire le comportement des différentes LES, notamment l'évolution diurne du profil de vitesse de la brise et des hétérogénéités de la couche limite convective, reproduisant ainsi les processus favorable à l'initiation de convection profonde.

Nous pensons que cette paramétrisation pourrait aussi être utilisée pour modéliser les circulations méso-échelles d'origine purement nuageuses: SMOCs et MCS.

Lien google slide :

https://docs.google.com/presentation/d/1AgA9NqniJfedAeSCjw9oydDsWMA_g-pCwgmiKLgyTxQ/edit?usp=sharing



Paramétrisation bi-colonne d'une brise méso-échelle



Thèse encadrée par Catherine Rio, Fleur Couvreur et Martin Ménégoz

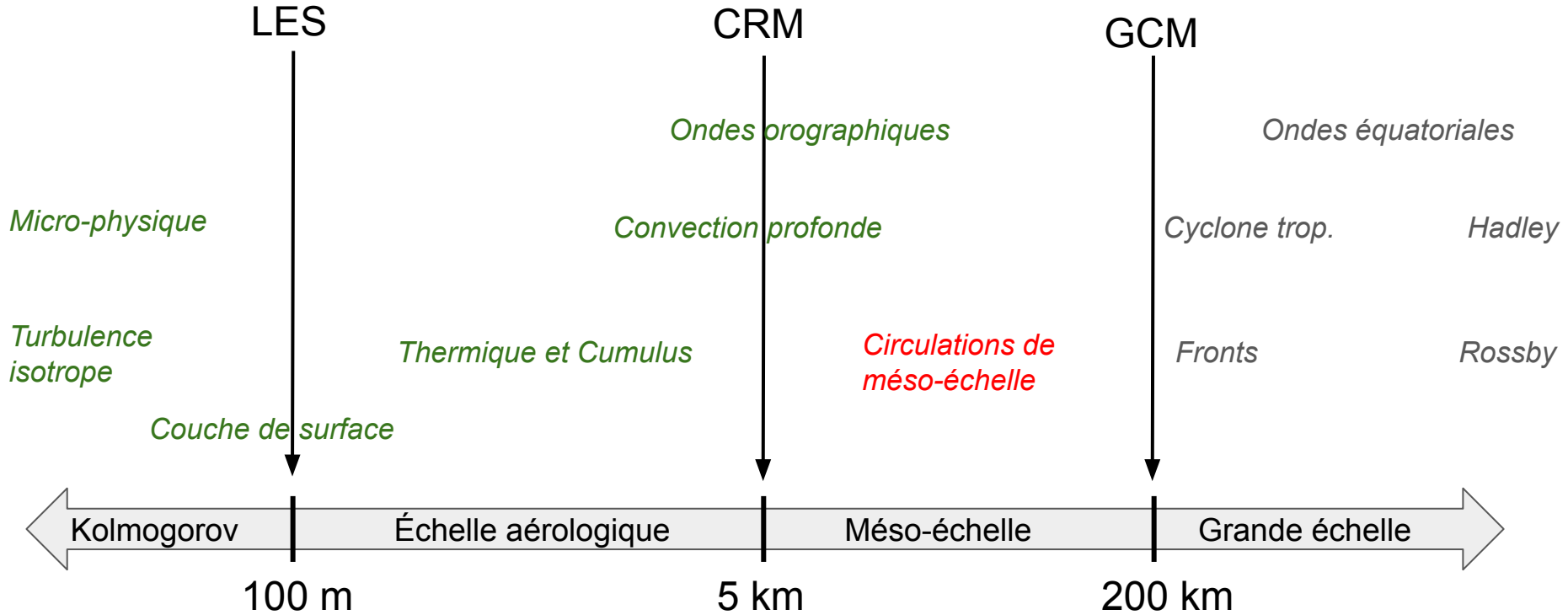


Nathan Philippot - 19 Mars 2026

Plan

1. **Introduction : circulations méso-échelles absentes des GCM**
2. LES de brises en plaine
3. Paramétrisation bi-colonne
4. Ouverture : brises en montagne

Une paramétrisation manquante pour les GCM ?



Échelles des circulations de l'atmosphère

Circulations méso-échelle

= Circulation créée par une différence horizontale de température à méso-échelle



Méso-échelle → Diurne + Coriolis négligeable + Quasi-hydrostatique

Les sources possibles de différence de température définissent deux familles :

Brise méso-échelle

- Hétérogénéités du flux de surface
- Relief

Brise de mer

Brise de montagne

Brise de forêt

Gradient de SST

Circulation d'origine nuageuse

- Condensation et évaporation
- Radiatif

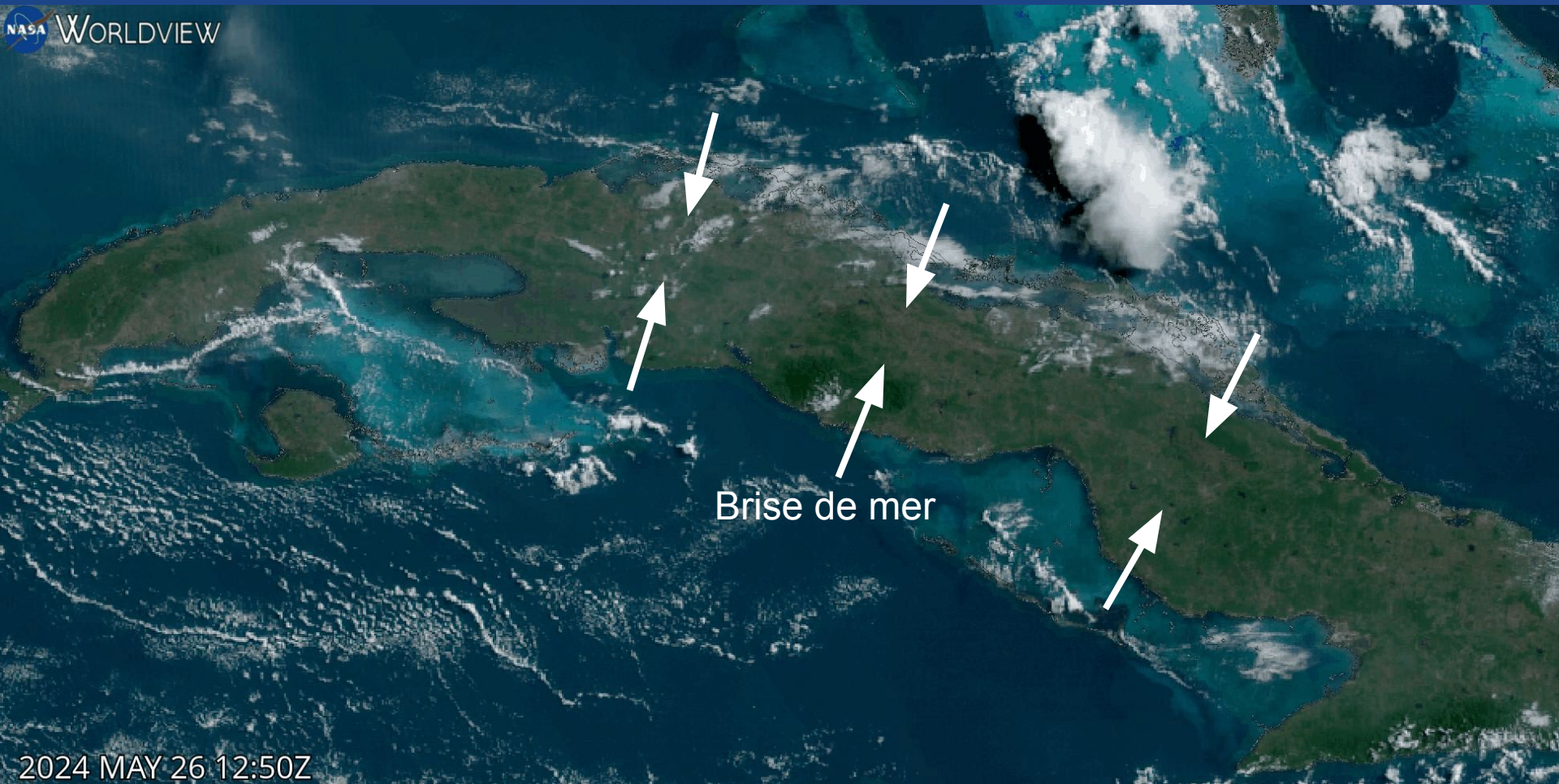
Poches froides

SMOCs

MCS

Convergence de brises de mer à Cuba

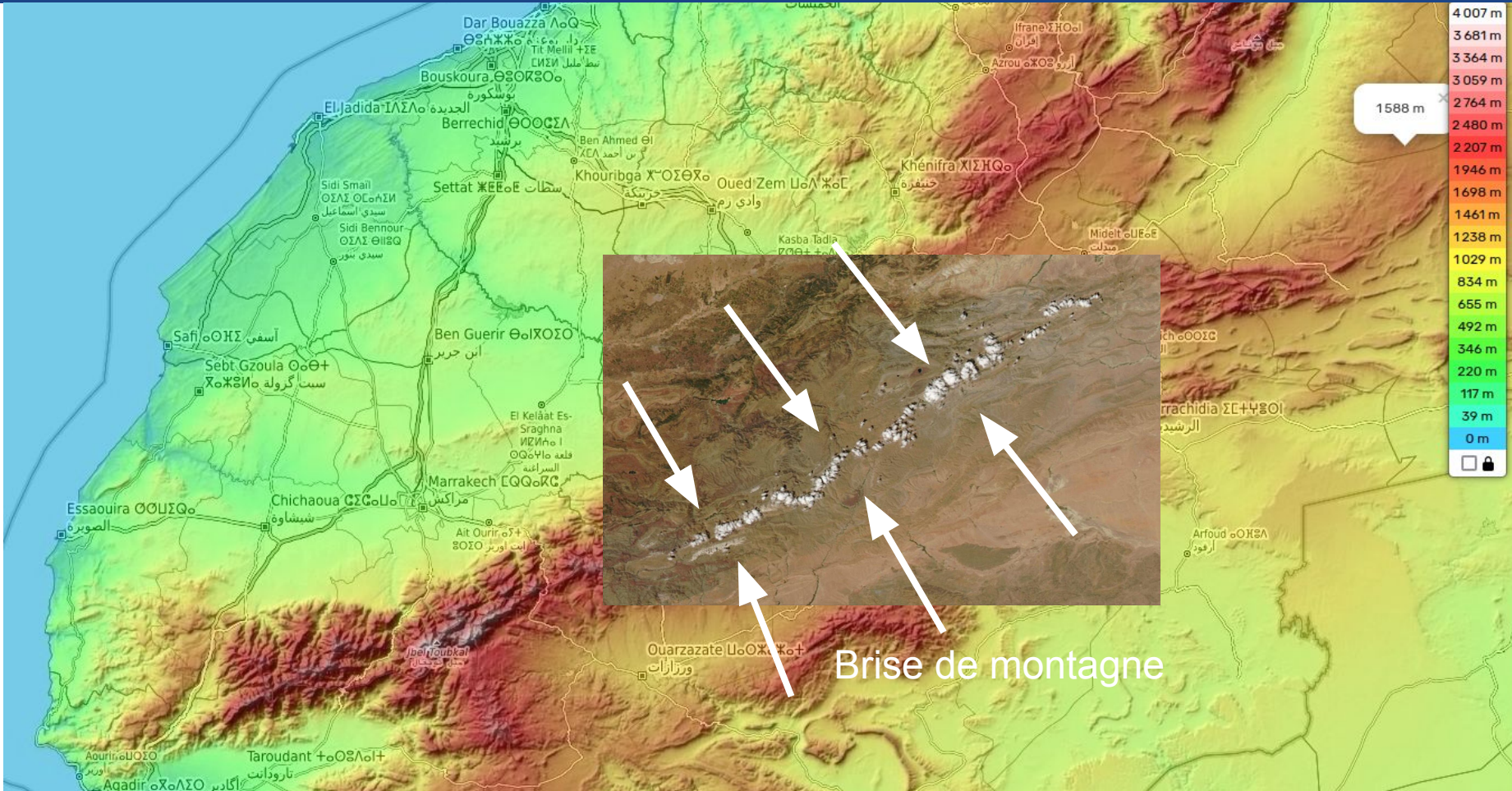
NASA WORLDVIEW



Brise de mer

2024 MAY 26 12:50Z

Convergence de brise de montagne au Maroc



Plan

1. Introduction : circulations méso-échelles absentes des GCM
- 2. LES de brises en plaine**
3. Paramétrisation bi-colonne
4. Ouverture : brises en montagne

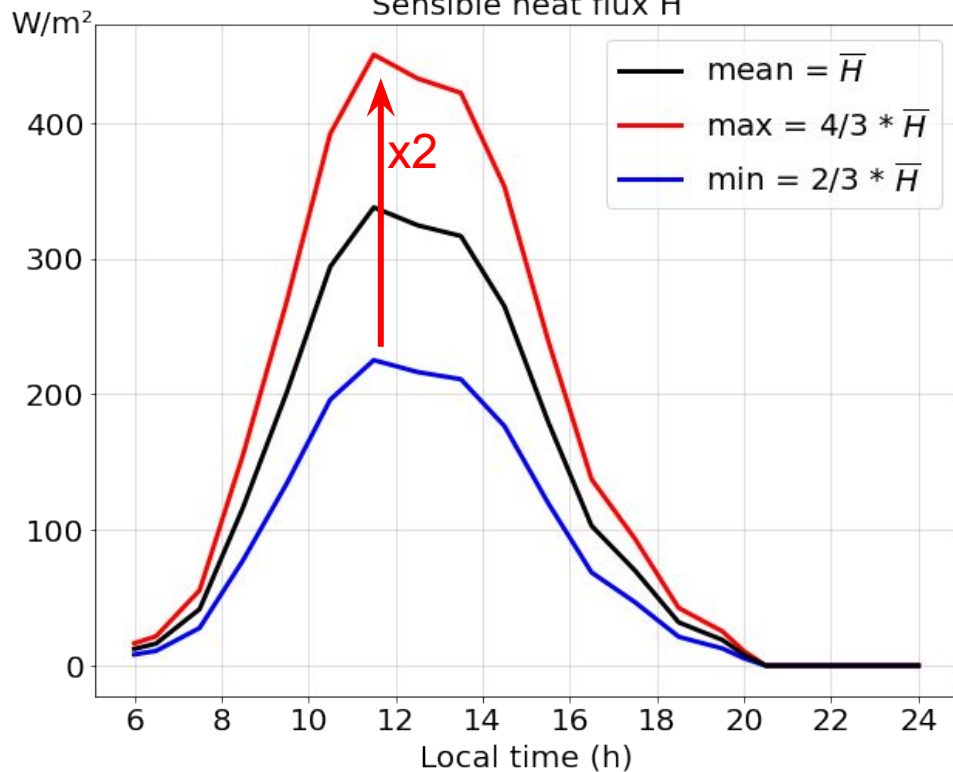
LES de brise en plaine par flux de chaleur sensible hétérogène

Profils initiaux du cas AMMA mais sans vent

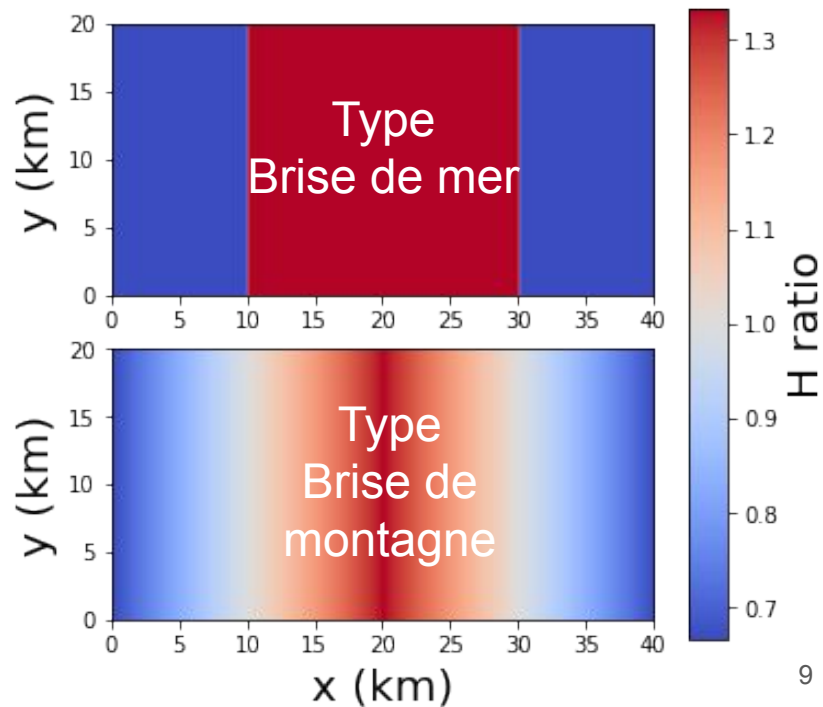
Domaine périodique

Forçage uniquement en flux sensible

Sensible heat flux H



Carte de l'hétérogénéité de H



Varier l'échelle horizontale L de l'hétérogénéité de H

L = distance entre zone chaude et zone froide

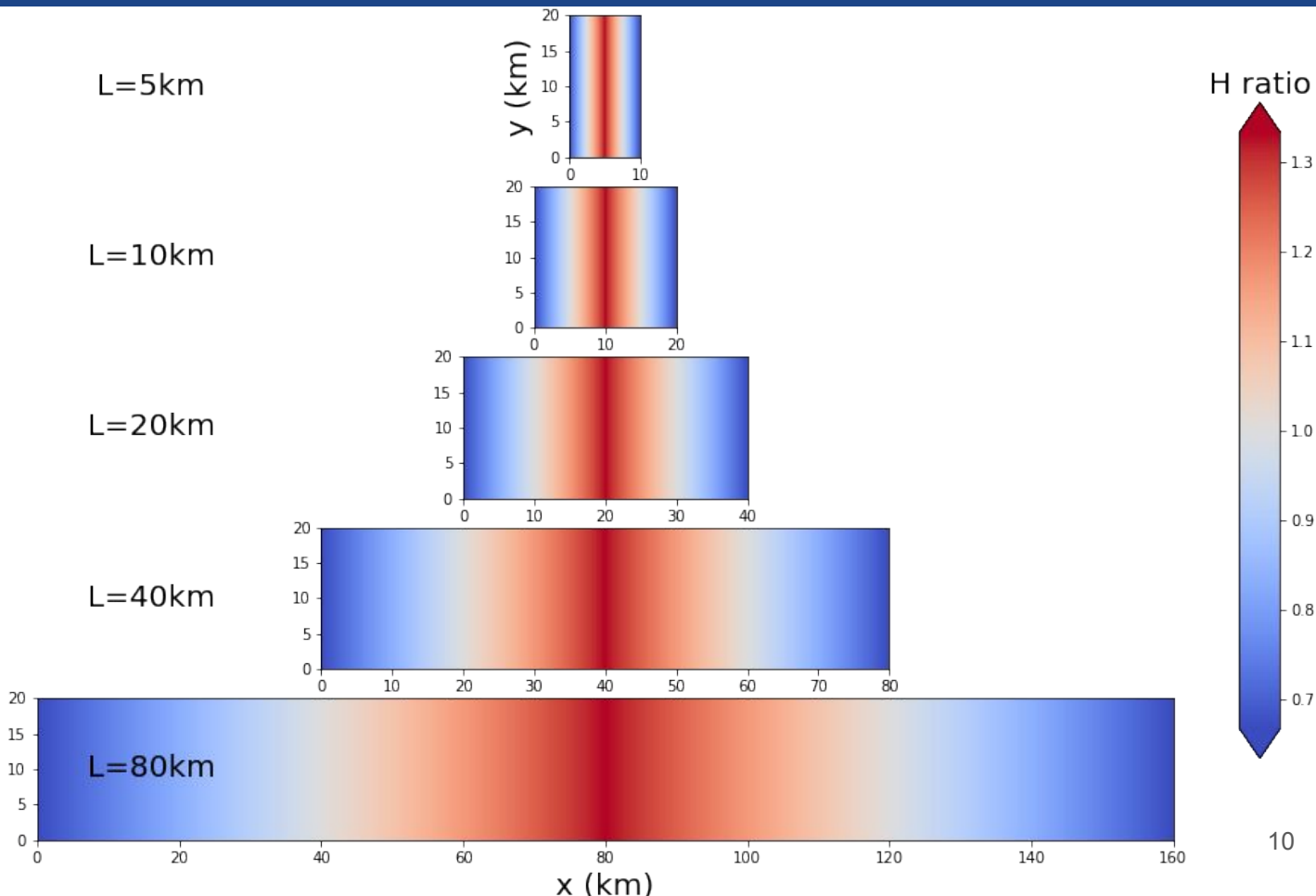
L=5km

L=10km

L=20km

L=40km

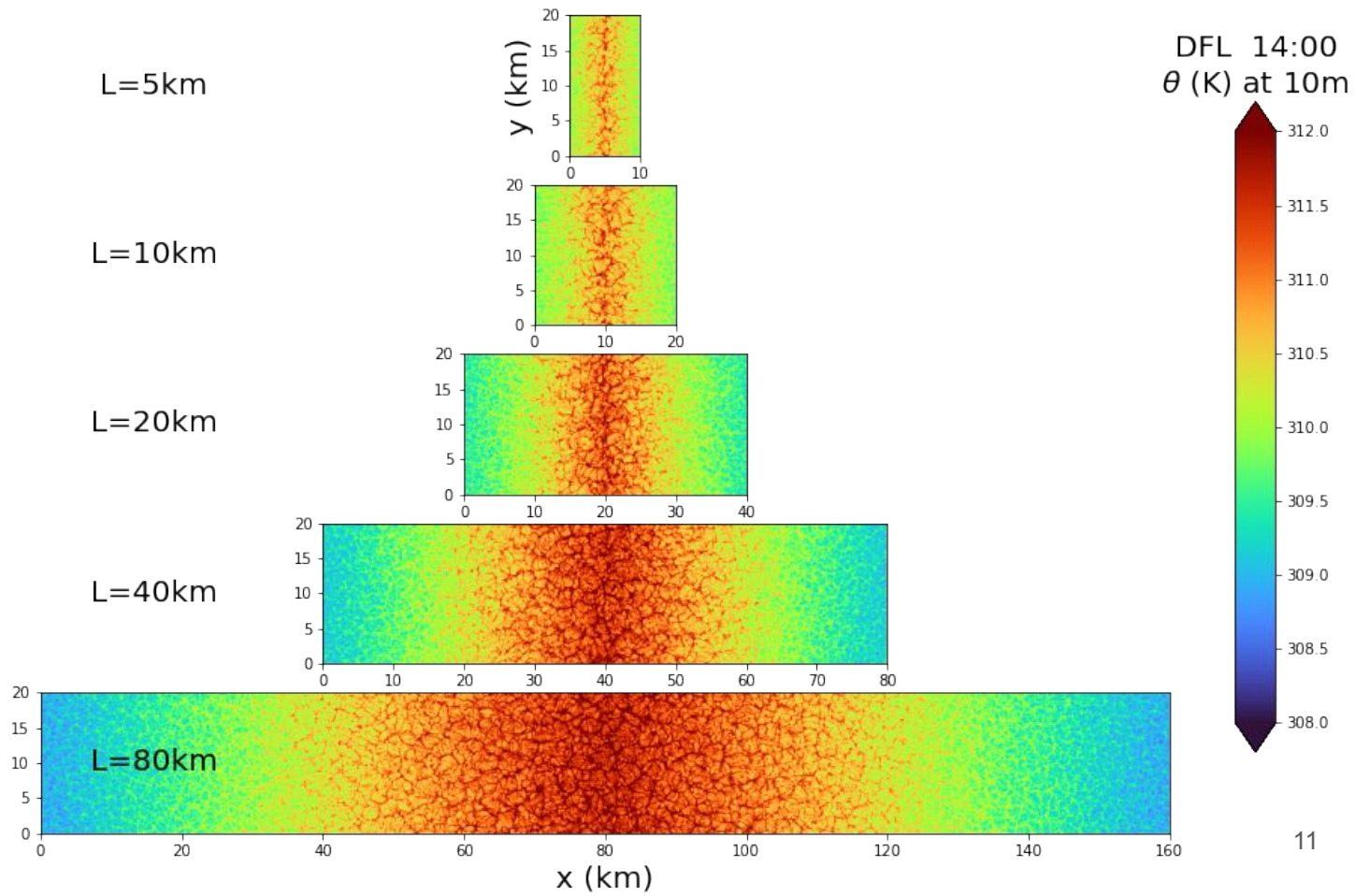
L=80km



On a développé la paramétrisation bi-colonne où L est le paramètre principal avant de faire ces LES

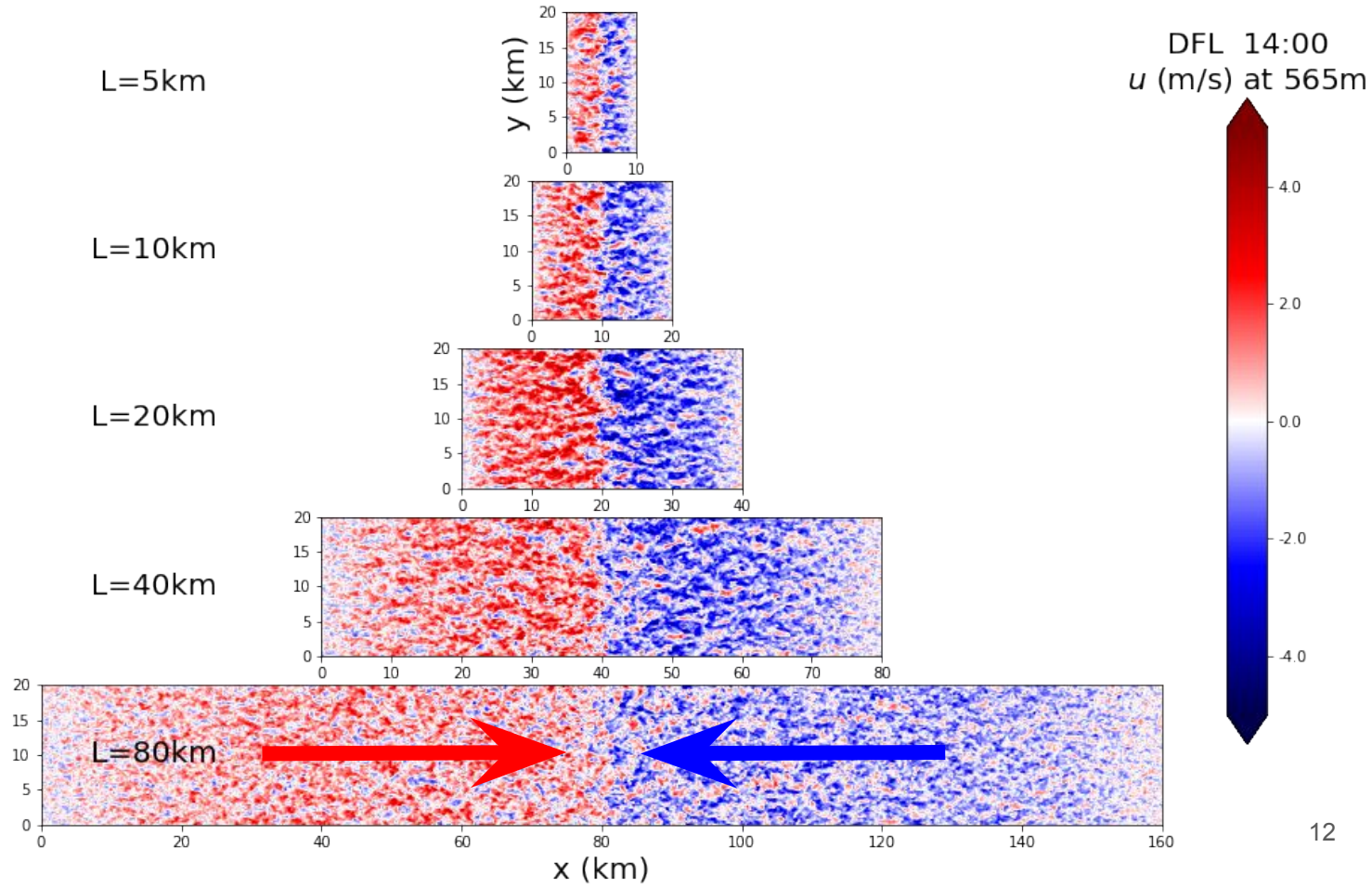
Hétérogénéité de température à 10m selon L

$$L \nearrow \implies \Delta\theta_v \nearrow$$



Brise visible à 500m

La brise est fortement freinée par la convection dans la couche limite.

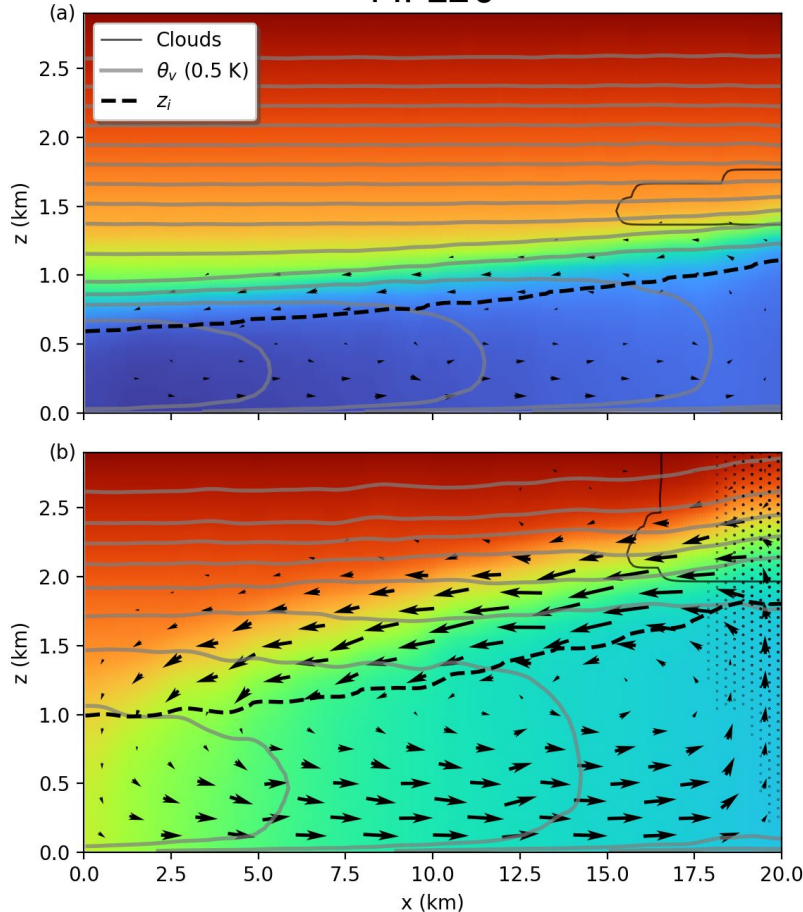


Moyenne selon y pour L=20km

MFL20

Symétrie → moyenne des deux moitiés

11:00



à 11h :

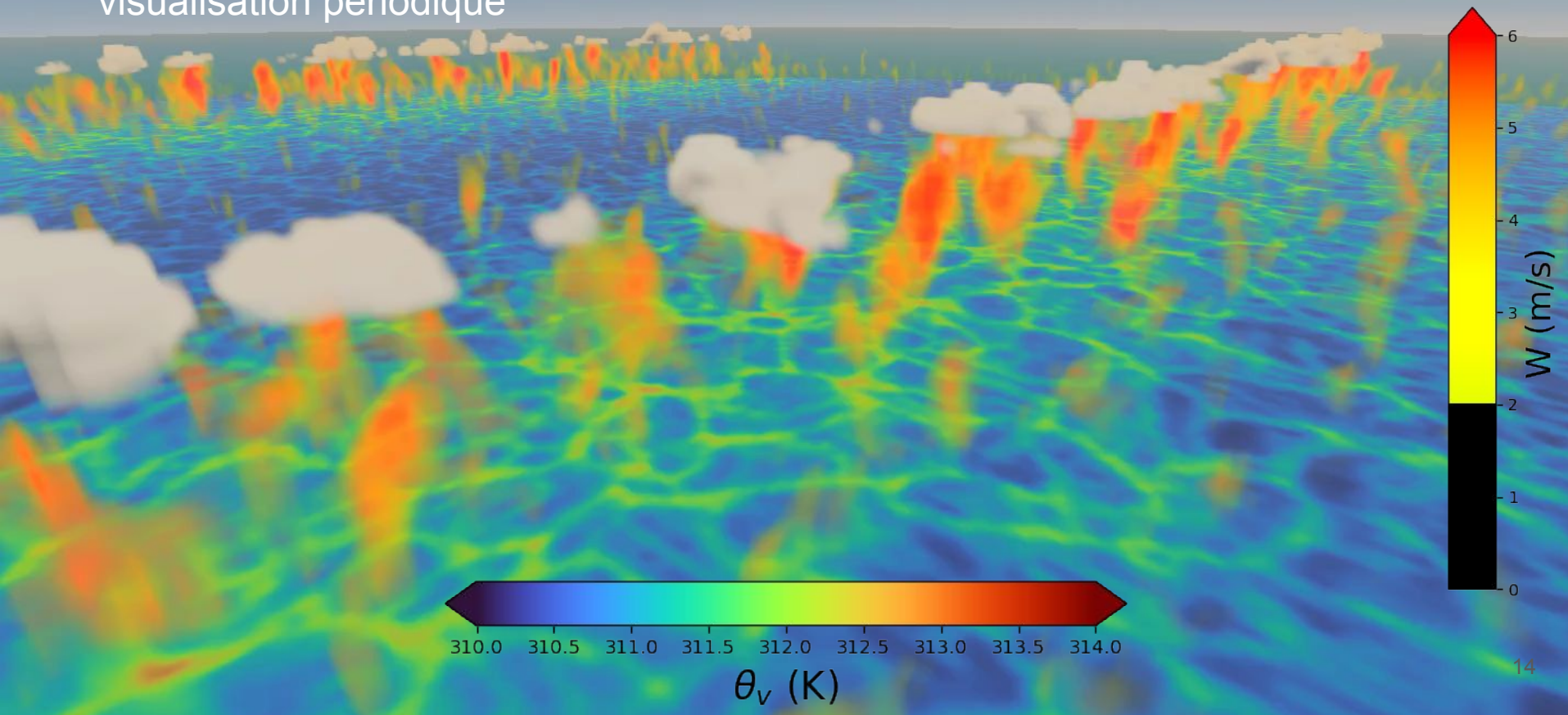
Couche limite plus développée
dans la zone chaude
→ + haute mais - humide
→ petits cumulus

à 14h :

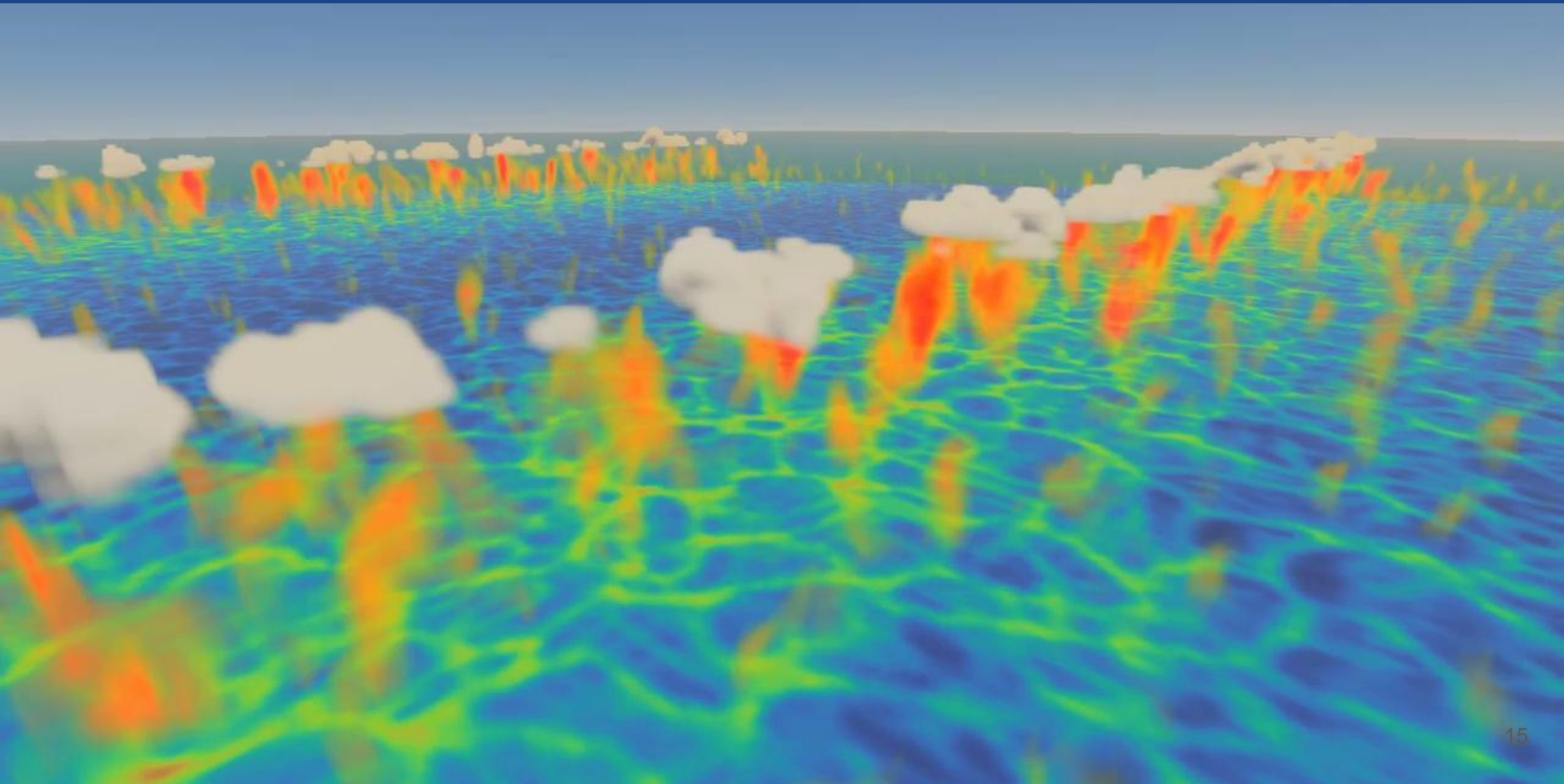
La brise fait converger l'humidité
dans la zone chaude
→ + haute et + humide !
→ congestus précipitants

Visualisation 3D de la ligne de convergence pour L=10km

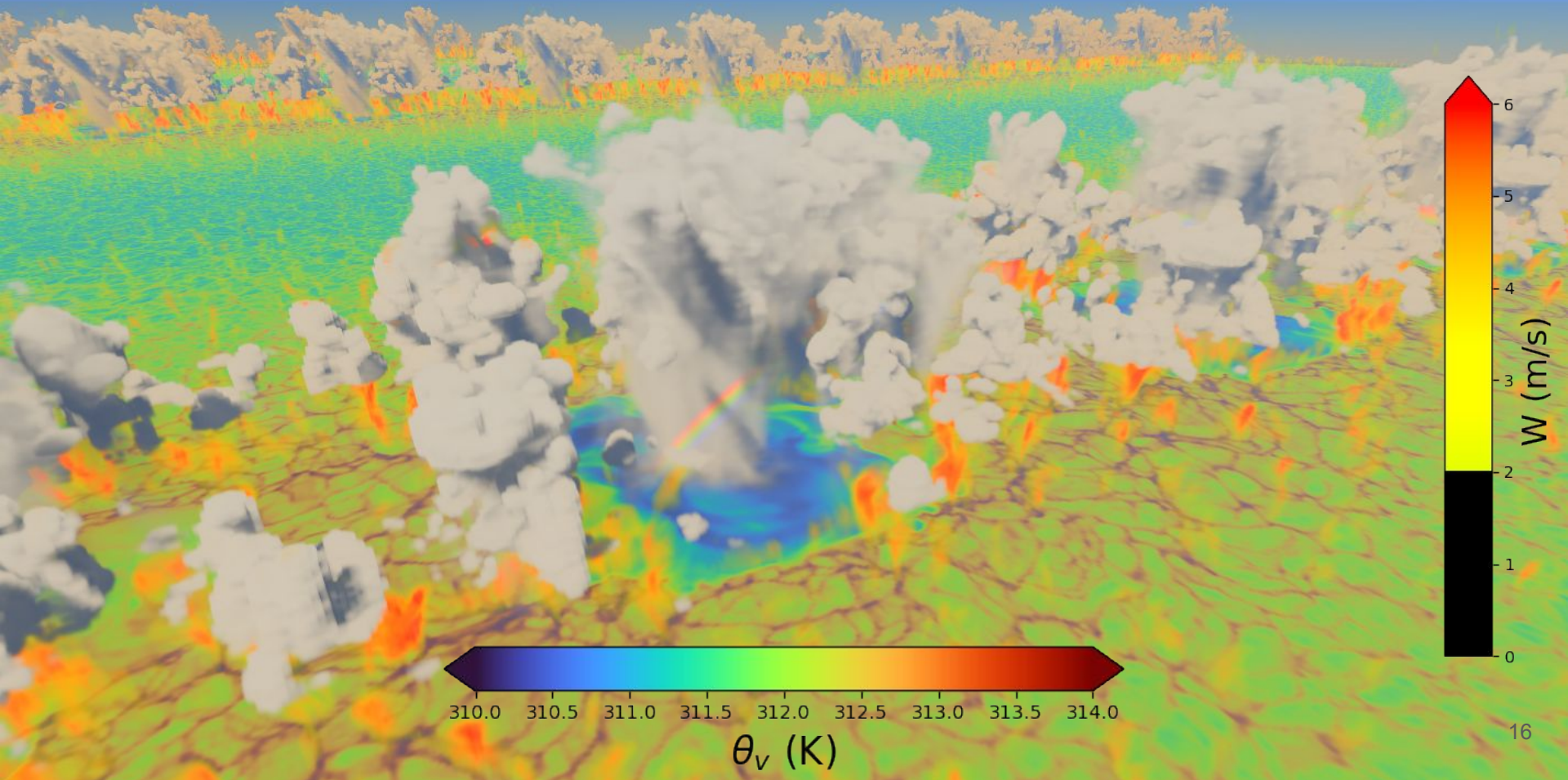
visualisation périodique



Visualisation 3D de la ligne de convergence pour $L=10\text{km}$



Convection profonde et poches froides pour $L=40\text{km}$



Conclusion sur la dépendance à L

Brise max:

midi = max(H)



après-midi



nuit

L



$$0 \Leftrightarrow H = H^{ref}$$

→ Pas de nuage

5 ou 10 km

→ Cumulus

20 km

→ Congestus

40 ou 80 km

→ Convection profonde

$$\infty \Leftrightarrow H = \frac{4}{3} H^{ref}$$

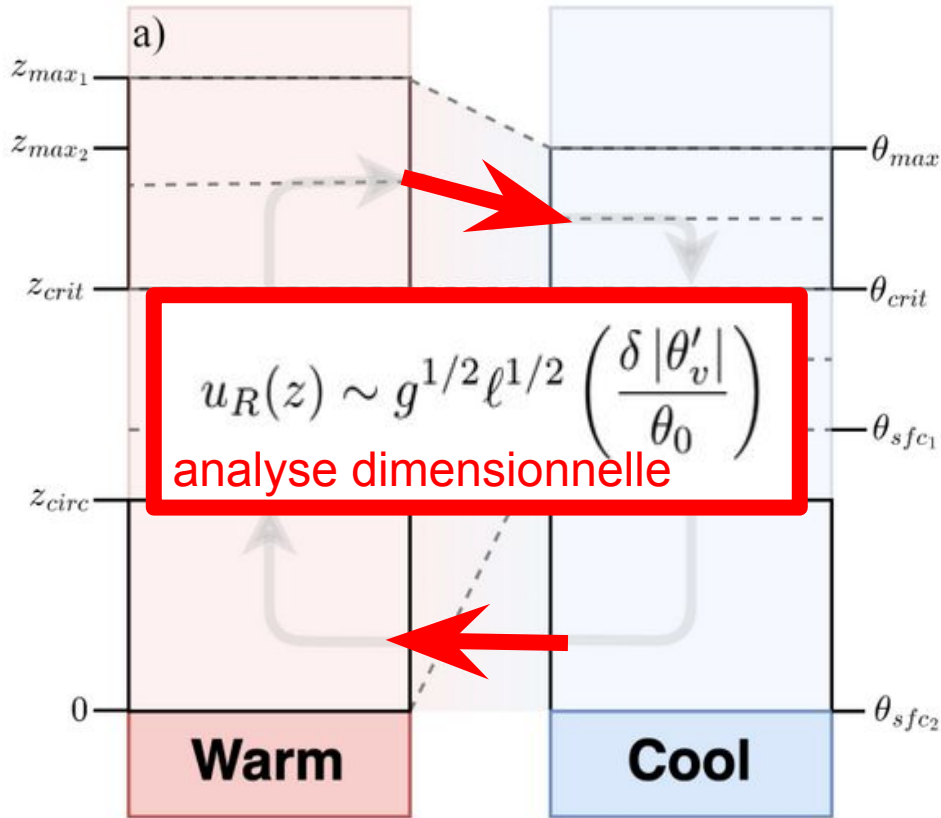
→ Congestus

(car pas de convergence d'humidité !)

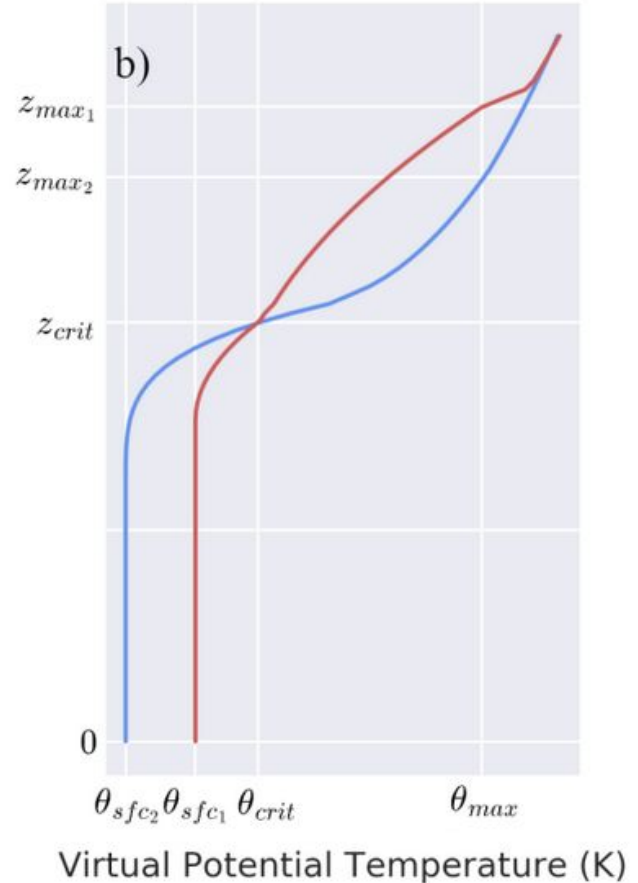
Plan

1. Introduction : circulations méso-échelles absentes des GCM
2. LES de brises en plaine
- 3. Paramétrisation bi-colonne**
4. Ouverture : brises en montagne

Modèle bi-colonne : Poche froide LMDZ et Waterman 2023



Adapted from Waterman et al. 2023



Quelle est l'équation de la circulation de brise ?

Le terme d'advection $\partial_t u$ est négligeable au "centre" de la couche équivalente

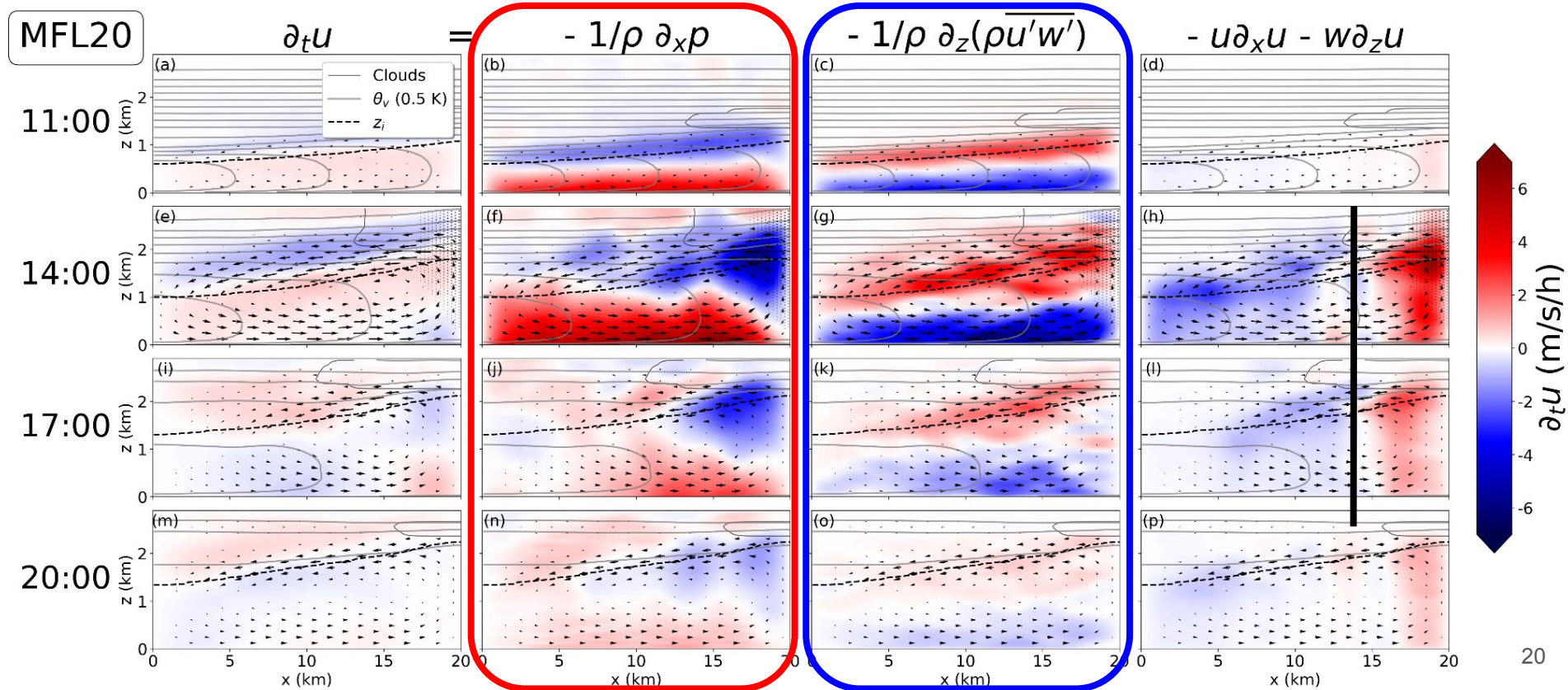


Schéma de la paramétrisation bi-colonne

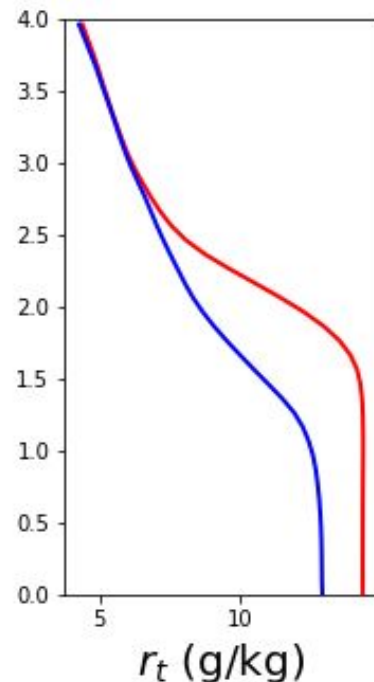
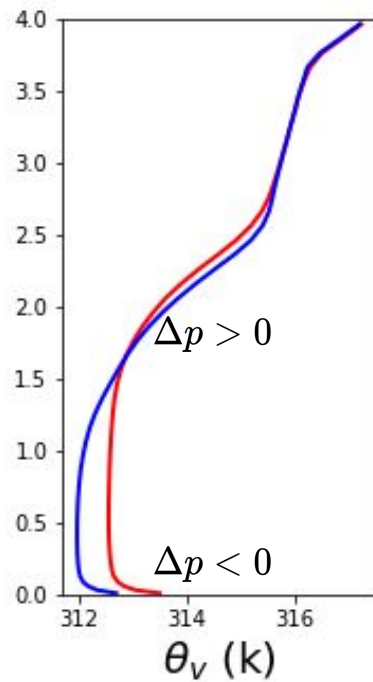
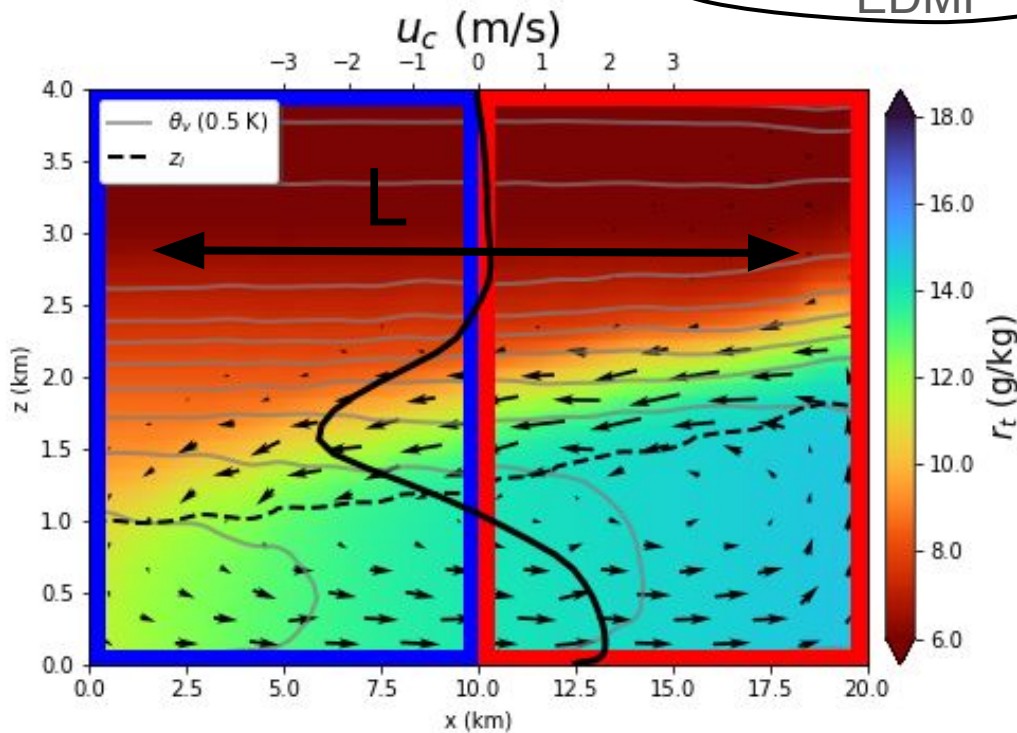
$$\partial_t u_c = -\frac{\Delta p}{\rho L} - \frac{1}{\rho} \partial_z (\overline{\rho w' u'^c})$$

Hydrostatique

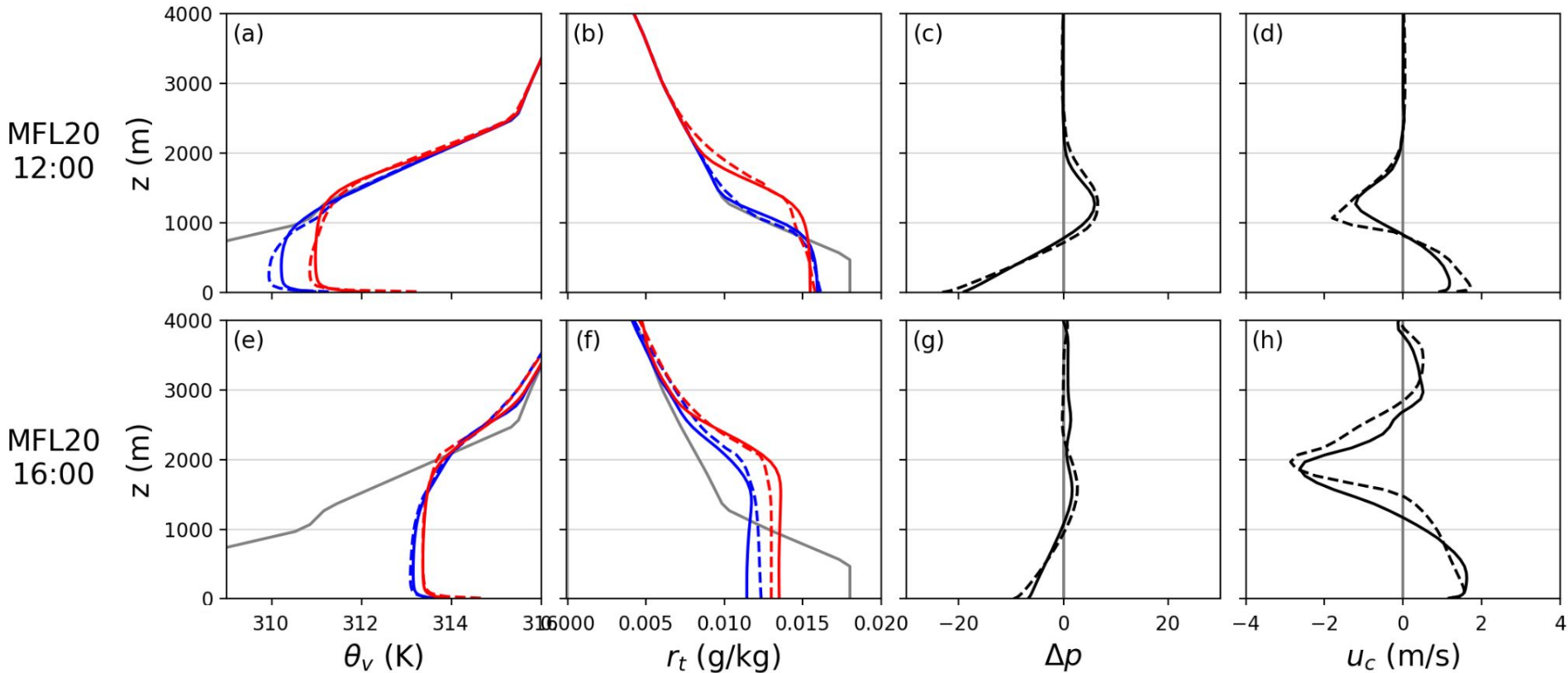
$$\Delta p(z) = - \int_z^\infty \frac{\rho g}{\theta_v} \Delta \theta_v dz$$

EDMF

$$\overline{\rho w' u'^c} = -\rho K \partial_z u_c + f_{t_c} (u_{t_c} - u_c)$$



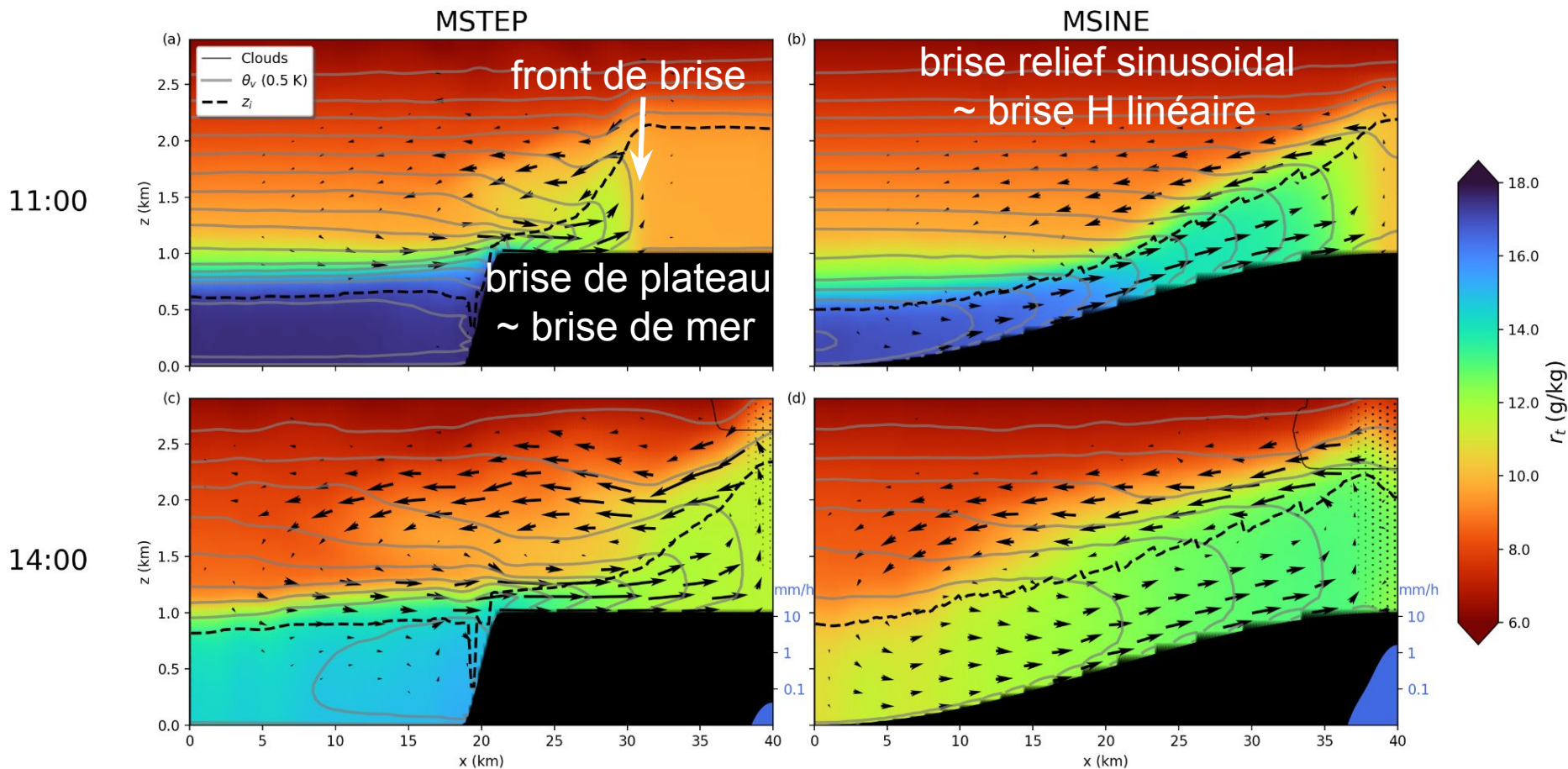
Résultat de la paramétrisation pour L=20km



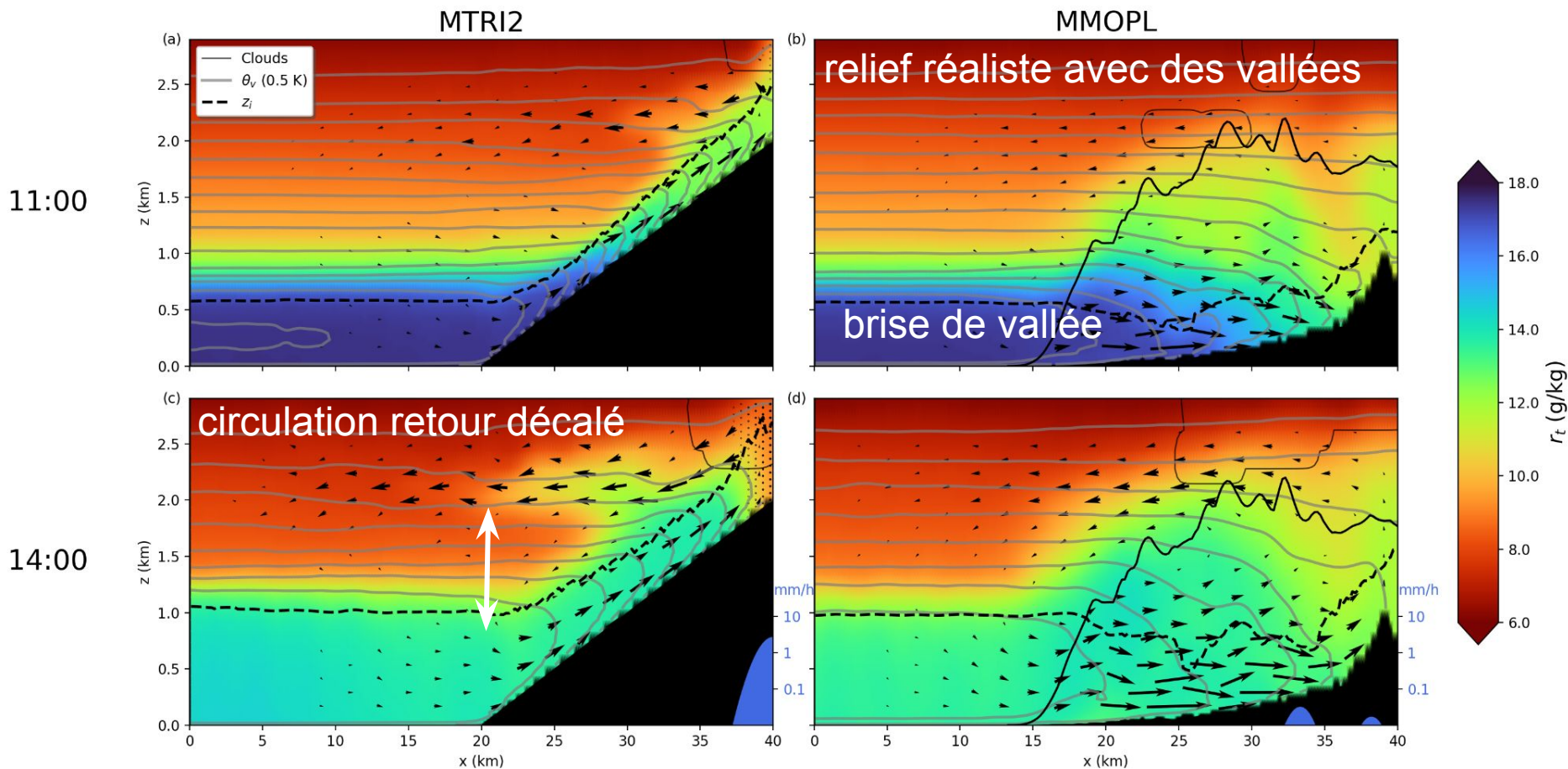
Plan

1. Introduction : circulations méso-échelles absentes des GCM
2. LES de brises en plaine
3. Paramétrisation bi-colonne
4. **Ouverture : brises en montagne**

LES avec différents reliefs L=40km et H homogène $\frac{2}{3}$



LES avec différents reliefs L=40km et H homogène $\frac{2}{3}$



Travail en cours

Paramétrisation bi-colonne avec du relief

→ combiner l'approche bi-colonne avec celle de mon premier papier :

"A Parametrization of the Convective Boundary Layer with Subgrid Orography"

Accepté ce mois-ci chez JAS

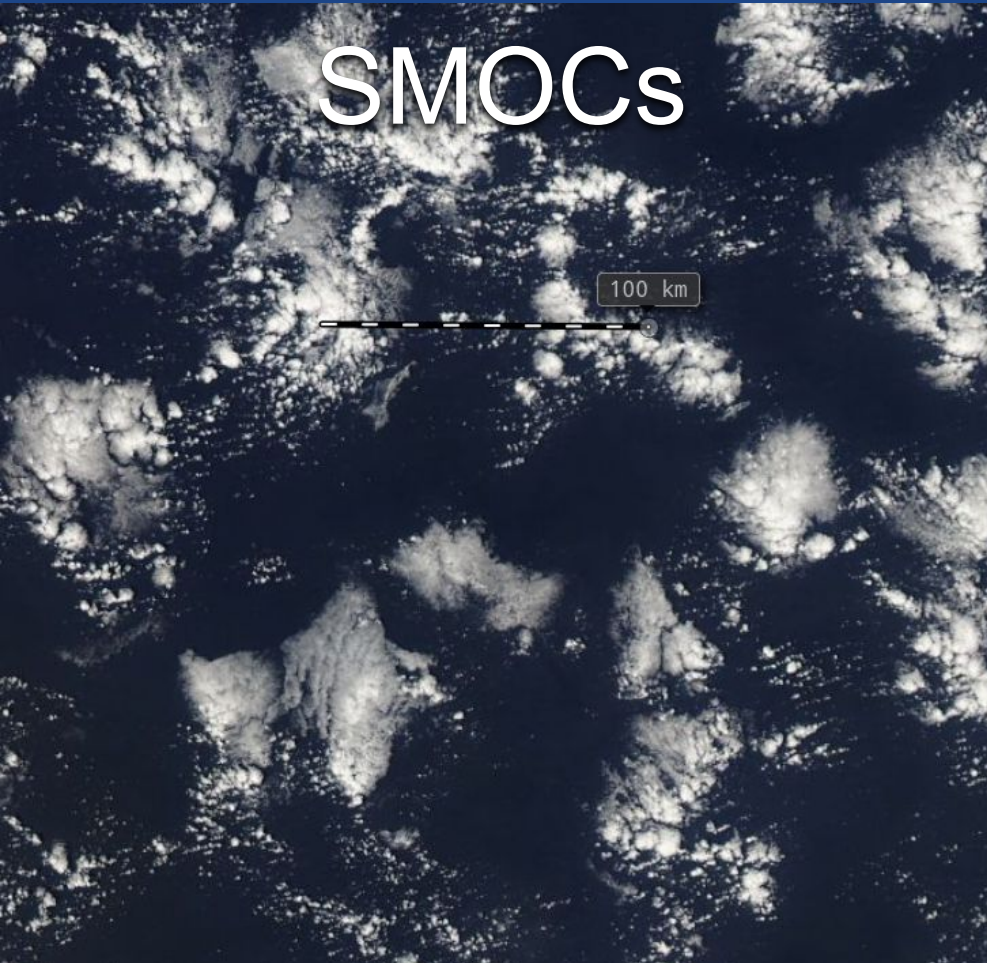
The logo for the Journal of the Atmospheric Sciences, featuring the text "Journal of the Atmospheric Sciences" in a light blue font against a dark, atmospheric background with purple and white clouds.

Journal of the
Atmospheric Sciences

Le code tourne bien avec des flux ED mais pas encore avec MF

Méso-échelle d'origine nuageuse

SMOCs

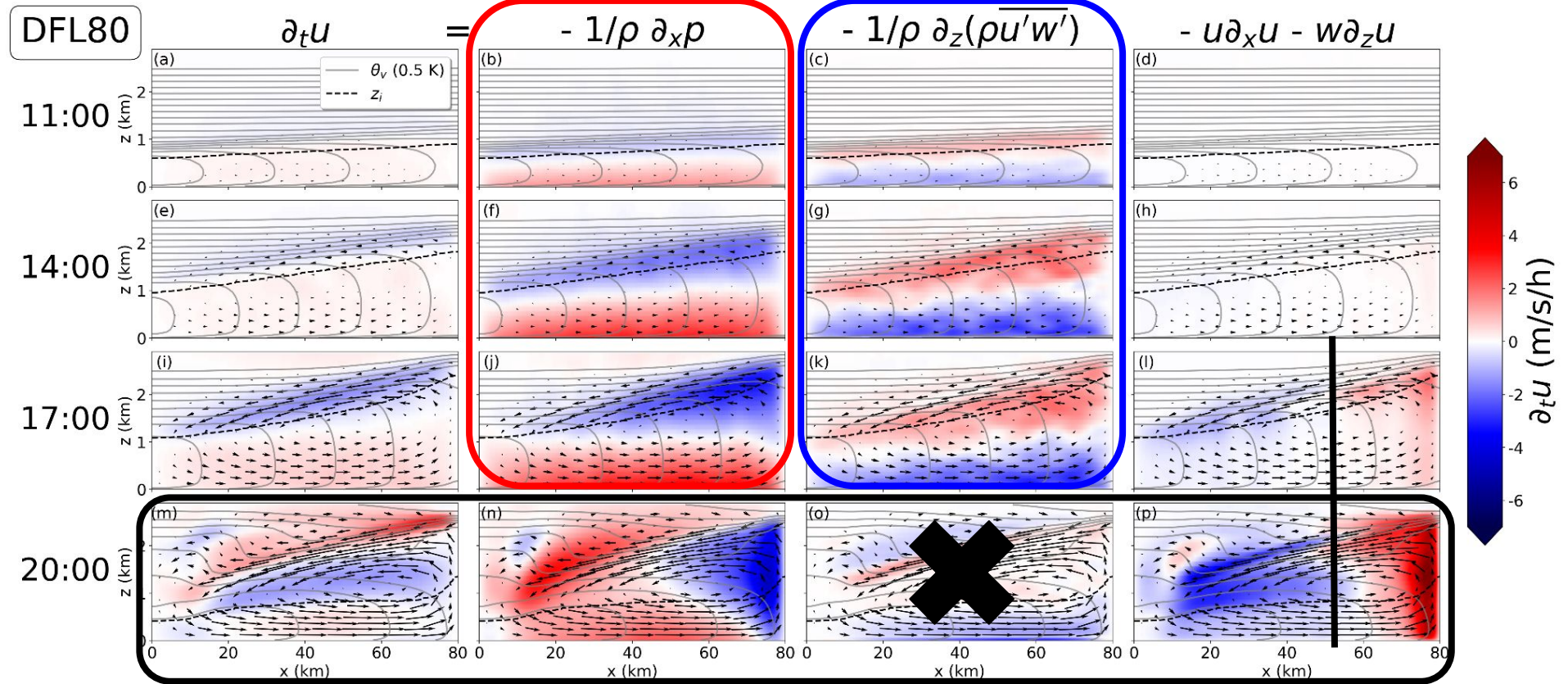


Poches froides
et MCS



Brise forte le soir pour L=80km

Le soir la convection s'arrête et l'équilibre pression VS turbulence est rompu



Convection profonde et poches froides pour $L = 80\text{km}$

