

Impact de l'organisation de la convection profonde sur l'humidité troposphérique

Félix Langot

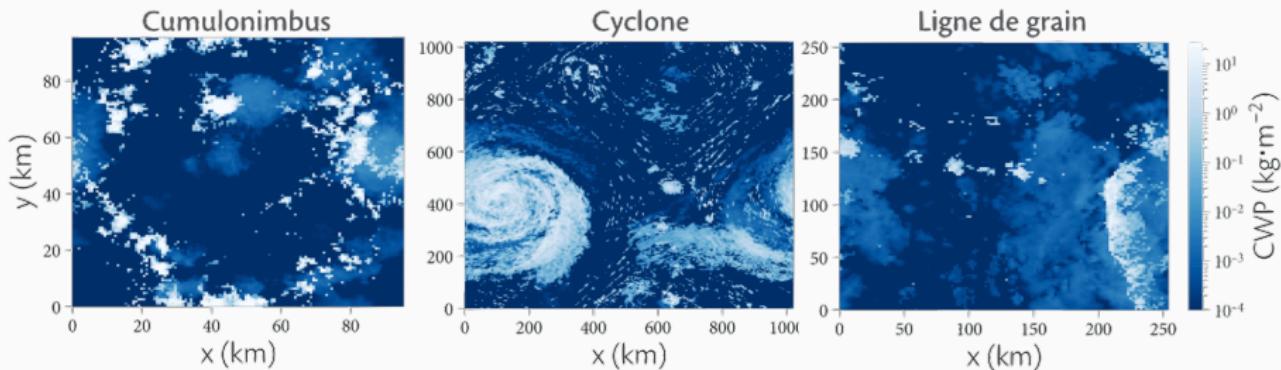
Supervisé par C. Risi
LMD - UVSQ/Paris-Saclay
28 juin 2021



Introduction

- Convection profonde = grands nuages, associés aux orages
- Différentes organisation de la convection profonde (HOUZE 2004)
- SST ↑ : Organisation + forte (KHAIROUTDINOV et EMANUEL 2010)
- + d'organisation → assèchement de la troposphère (TOBIN, BONY et ROCA 2012)

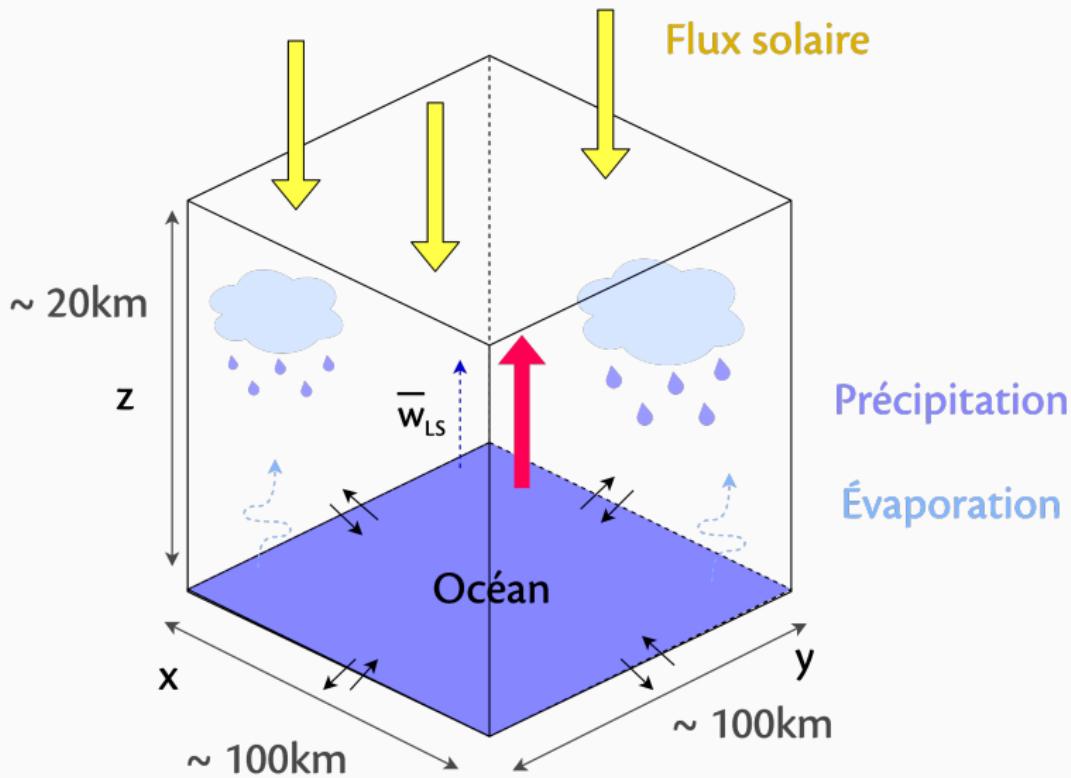
→ Potentielle rétroaction climatique



But du stage : développer un modèle analytique simple pour comprendre l'effet de l'organisation de la convection sur l'humidité de la troposphère

Introduction

Simulation en équilibre radiatif-convectif (RCE) avec le Cloud-Resolving Model (CRM) SAM :

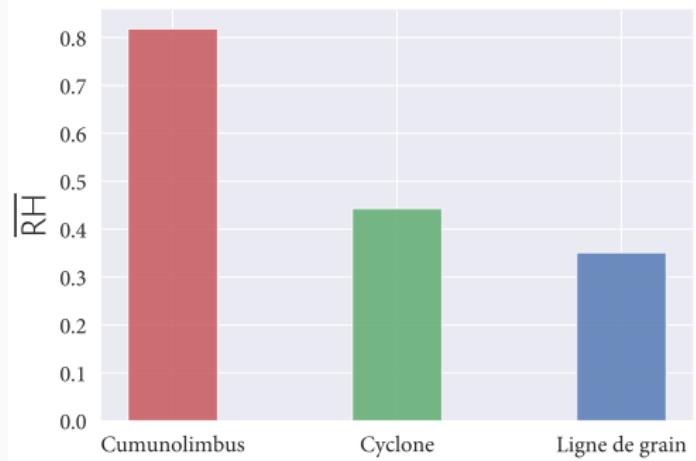


Introduction

Simulation en équilibre radiatif-convectif (RCE) avec le Cloud-Resolving Model (CRM) SAM :

Simulation	Résolution ($x \times y \times z$) (px)	Dimensions ($x \times y \times z$) (km)	Forçage	Ascendance
Cumulonimbus	$128 \times 128 \times 96$	$96 \times 96 \times 40$	Aucun	Non
Cumulonimbus + \bar{w}_{LS}	$128 \times 128 \times 96$	$96 \times 96 \times 40$	Aucun	Oui
Cyclone	$256 \times 256 \times 96$	$1024 \times 1024 \times 40$	Coriolis	Non
Cyclone + \bar{w}_{LS}	$256 \times 256 \times 96$	$1024 \times 1024 \times 40$	Coriolis	Oui
Ligne de grain	$128 \times 128 \times 64$	$256 \times 256 \times 27$	Cisaillement	Non
Ligne de grain + \bar{w}_{LS}	$128 \times 128 \times 64$	$256 \times 256 \times 27$	Cisaillement	Oui

$$RH_a = \left. \frac{q_v}{q_{sat}} \right|_{z_{parcel}=5\text{km}}$$



Comment prédire la *RH* troposphérique ?

- **Hypothèse 1 :** Les changements d'humidité sont liés aux effets dynamiques de l'organisation de la convection
- **Hypothèse 2 :** Les effets microphysiques liés à l'évaporation de la pluie ou au détrainement de la convection gouvernent l'humidité

Comment prédire la RH troposphérique ?

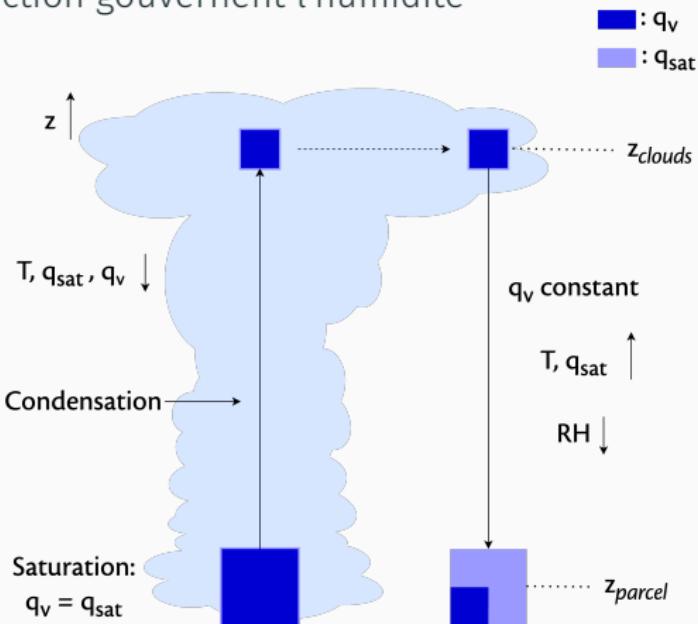
- Hypothèse 1 : Les changements d'humidité sont liés aux effets dynamiques de l'organisation de la convection
- Hypothèse 2 : Les effets microphysiques liés à l'évaporation de la pluie ou au détrainement de la convection gouvernent l'humidité

- Modèle d'advection-condensation (AC) (BROGNIEZ et ROCA 2007; SHERWOOD 1996)

- Prédiction de l'humidité :

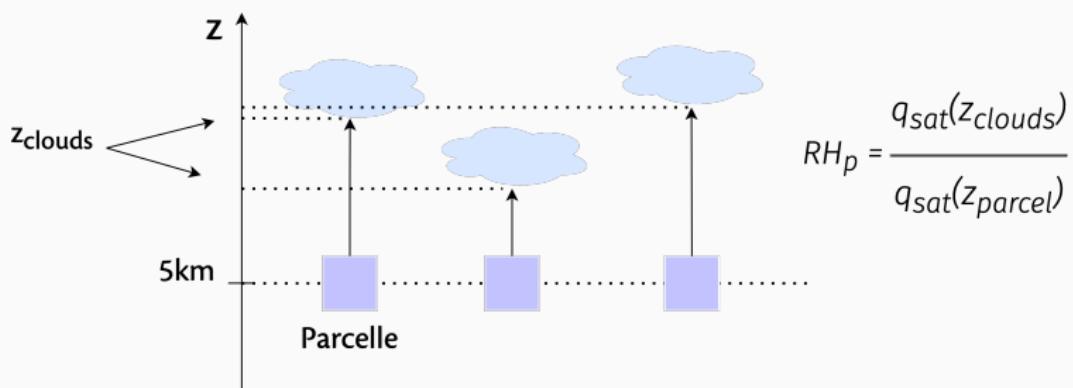
$$RH_p = \frac{q_{sat}(z_{clouds})}{q_{sat}(z_{parcel})}$$

- Organisation → probabilité de saturation



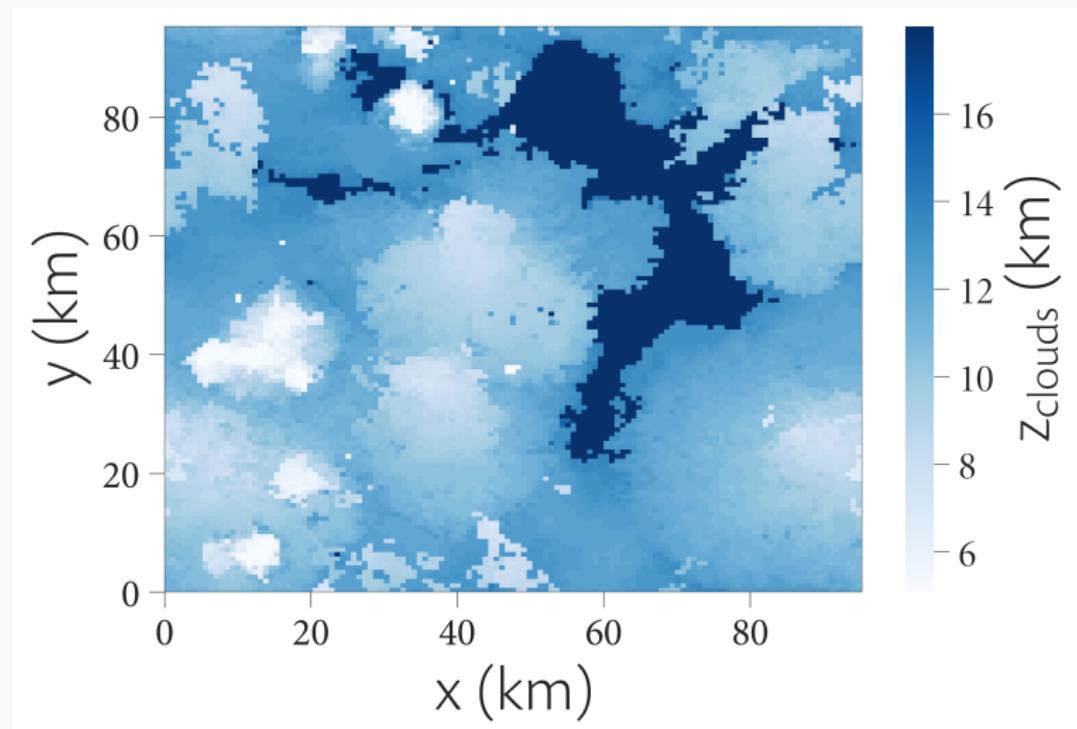
Altitude de dernière saturation - Approche statique

- **Approche statique :** L'altitude de dernière saturation d'une parcelle troposphérique correspond à l'altitude du nuage le plus proche au-dessus de la parcelle.
- SAM : $q_c + q_i > 10^{-6} \text{ g/kg}$ alors le point de grille est dans un nuage (THAYER-CALDER et RANDALL 2015)

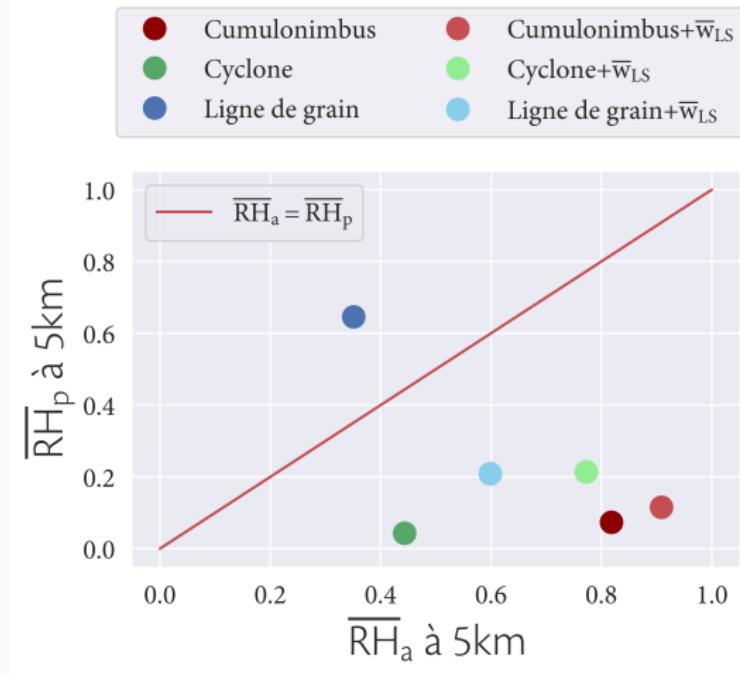


Altitude de dernière saturation - Approche statique

Altitude du nuage le plus proche de chaque point de grille à chaque pas de temps (simulation cumulonimbus) :



Altitude de dernière saturation - Approche statique

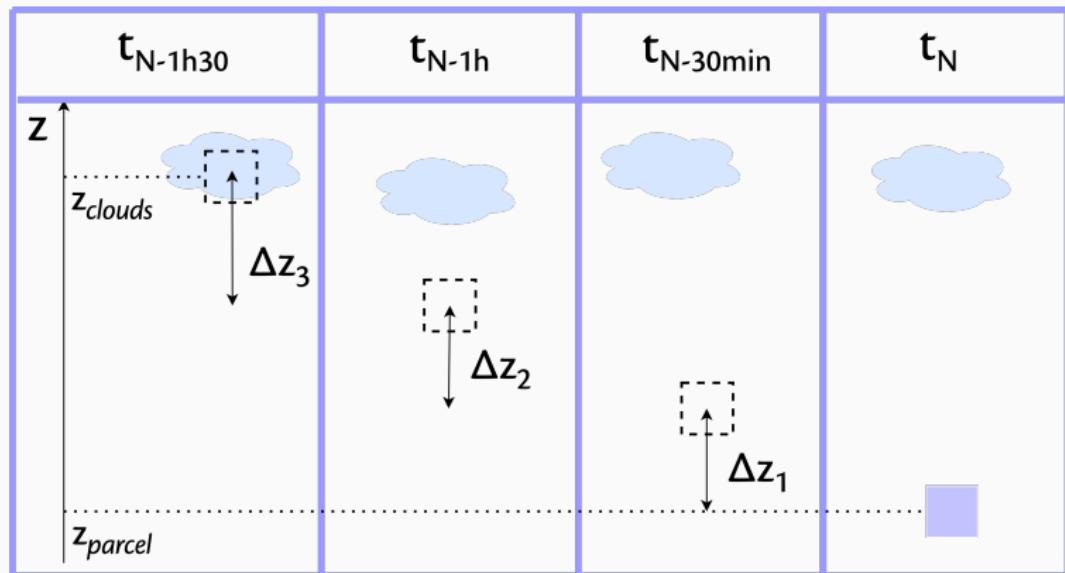


- La RH ne peut pas être prédite par un modèle statique
- Intermittence des nuages + mouvement des parcelles important.

Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

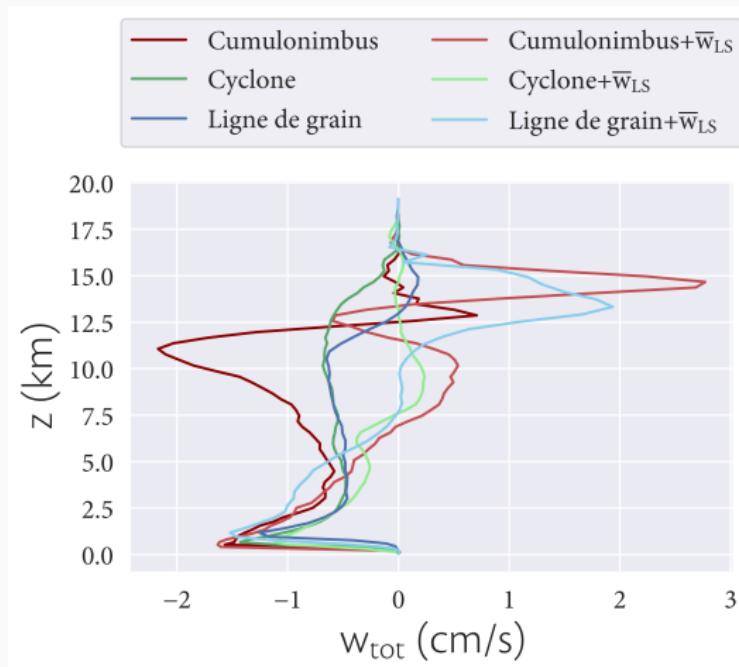
Approche dynamique : ✓ mouvement vertical des parcelles, ✗ mouvement horizontal, ✗ variations en (x, y, t) de la vitesse verticale

→ L'altitude de dernière saturation d'une parcelle à 5km est l'altitude à laquelle elle a rencontré un nuage pour la dernière fois le long de sa trajectoire.



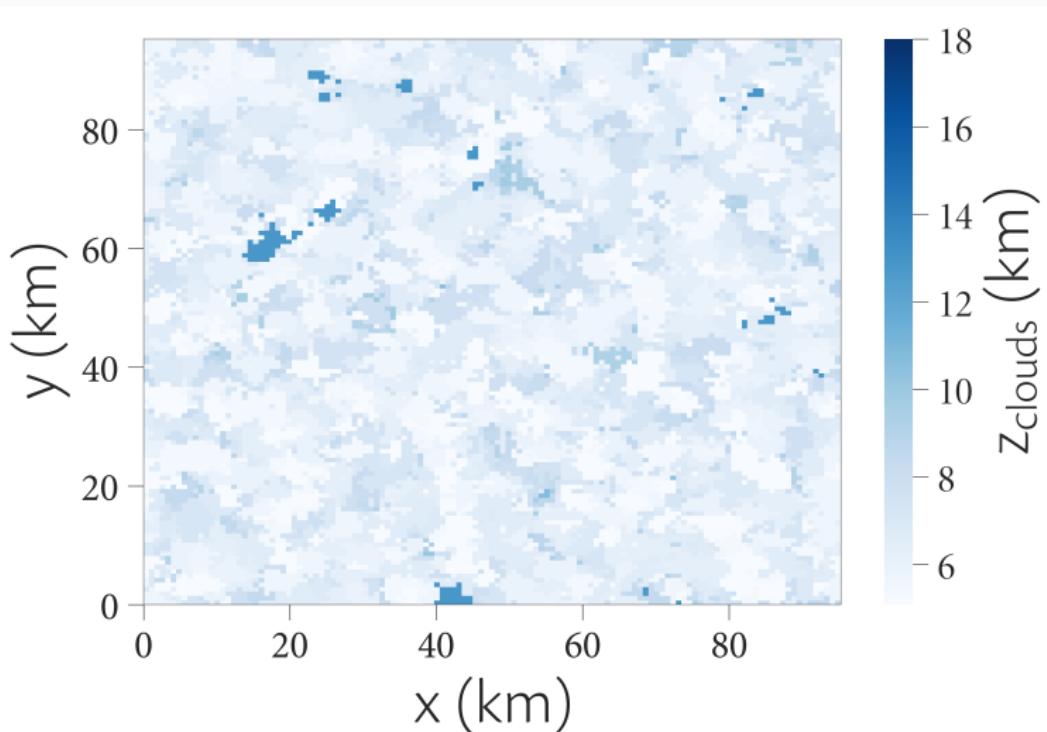
Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

- SAM $\rightarrow w(t, x, y, z) \rightarrow w_{env}(z)$
- Temps descente des parcelles ~ 10 jours

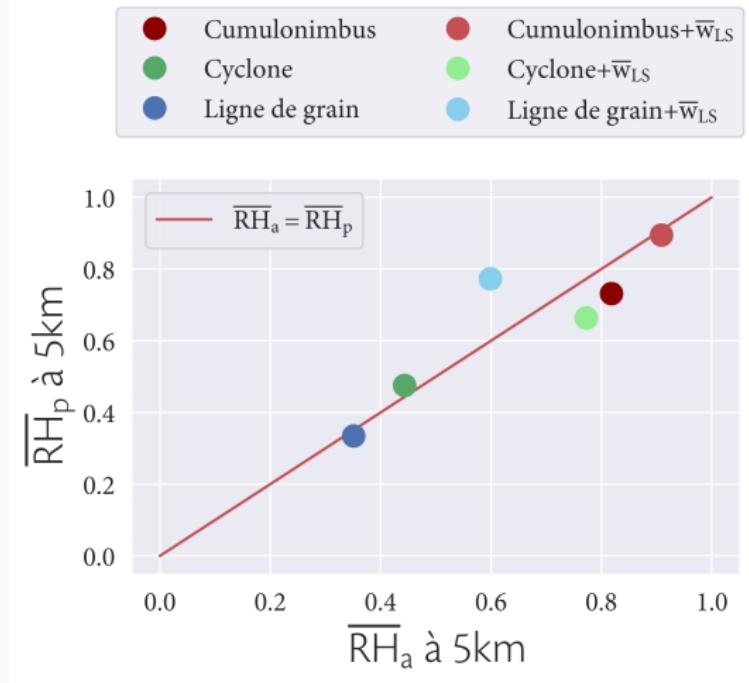


Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

En utilisant les mêmes conditions pour détecter les nuages, on obtient les altitudes de dernières saturations suivantes (simulation cumulonimbus) :



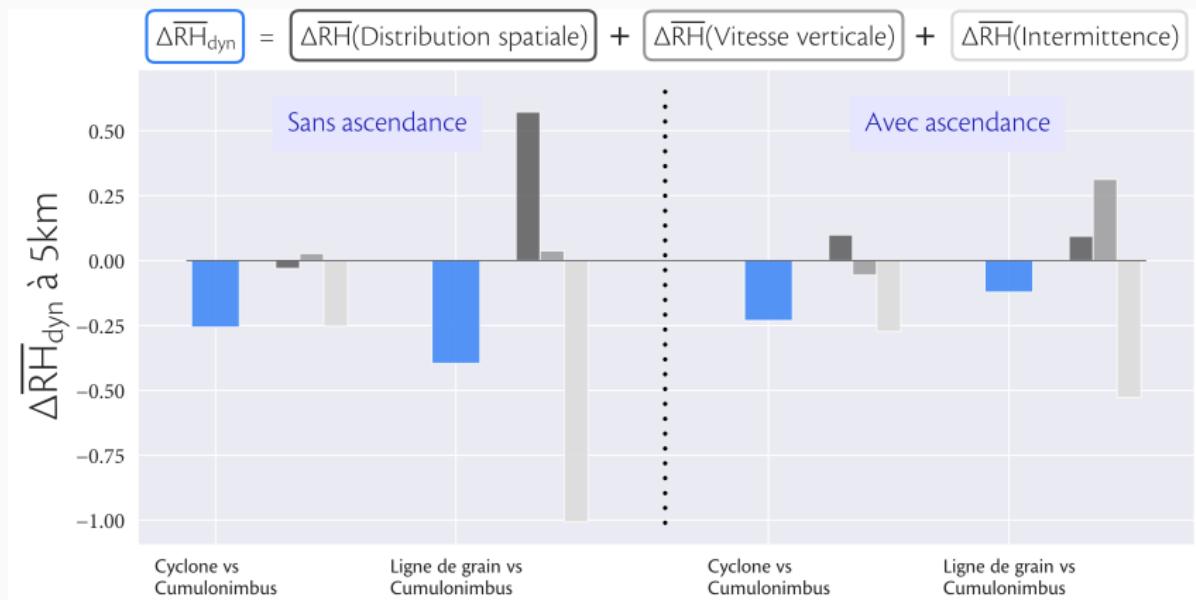
Résultats



- \overline{RH} prédite par le modèle AC correspond à \overline{RH} du CRM
→ hypothèse valide : \overline{RH} prédite sans considérer la microphysique.

Résultats

On utilise la simplicité du modèle AC pour décortiquer les différences d'humidités entre simulations désorganisées et organisées



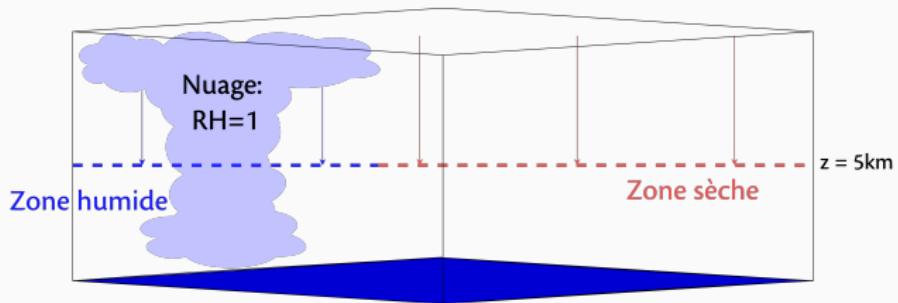
Conclusion

L'assèchement moyen de la troposphère avec l'organisation est prédict avec un modèle sans considérations microphysiques

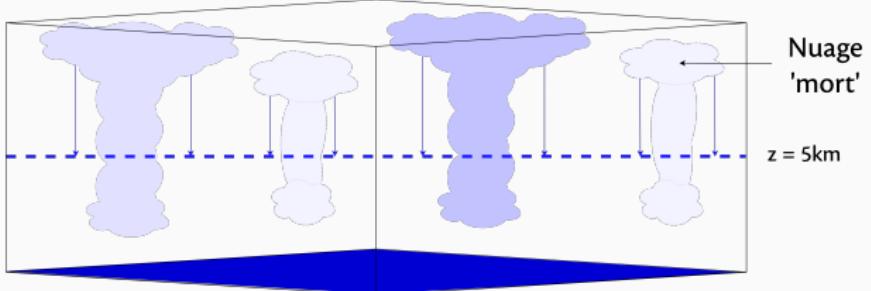
Conclusion

L'assèchement moyen de la troposphère avec l'organisation est prédict avec un modèle sans considérations microphysiques

Le changement d'intermittence des nuages est le principal facteur d'assèchement de la troposphère

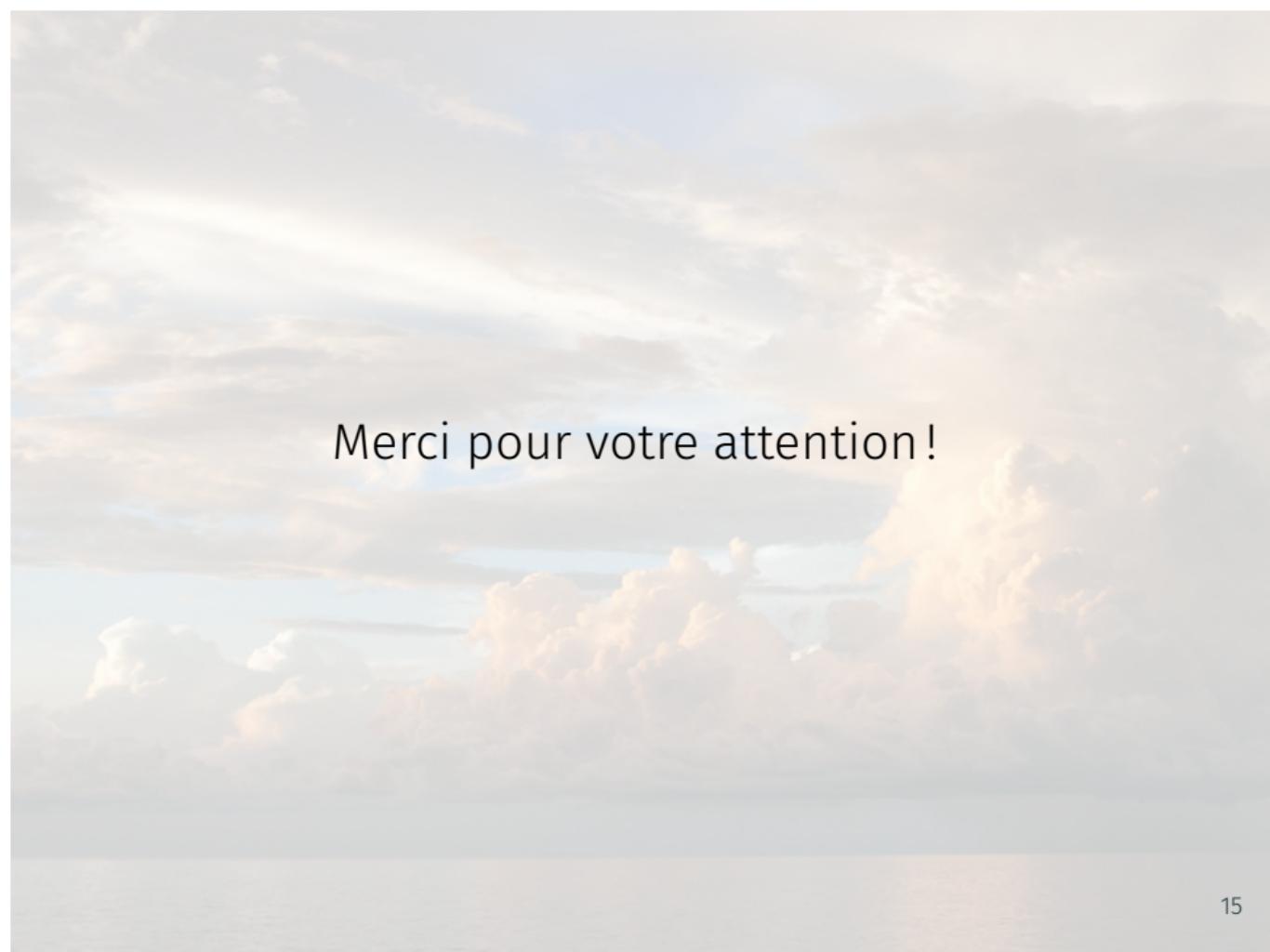


Convection
organisée



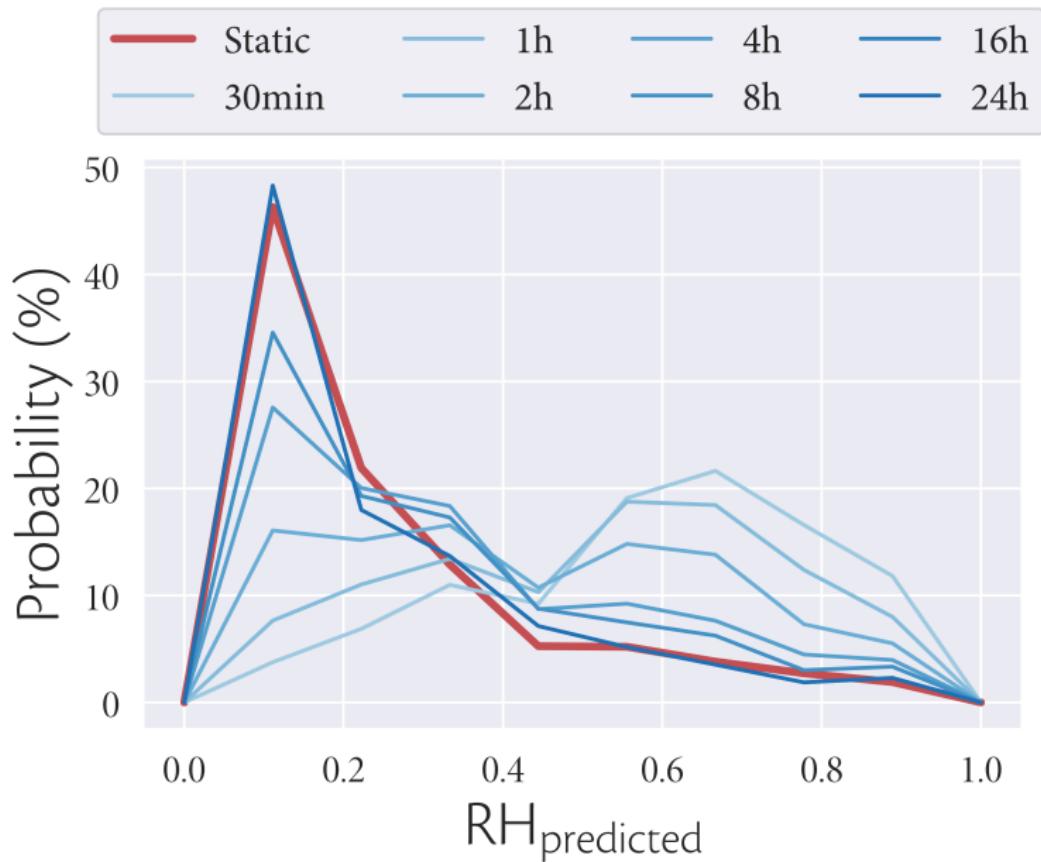
Convection
désorganisée

- Importance de la durée de vie des systèmes vs agrégation spatiale
- Réinterprétation de la corrélation agrégation spatiale/humidité
→ systèmes + gros = + grande durée de vie
- À confirmer avec les observations
- Étendre l'expérience sur toute la troposphère
- Prédictions des moments d'ordre supérieur de RH_p → considérer la microphysique ?

A landscape photograph of a cloudy sky over water at sunset. The sky is filled with various types of clouds, from wispy cirrus to large, billowing cumulus. The colors range from deep blue at the top to warm orange and yellow near the horizon, where the sun is partially visible. The water in the foreground is calm, reflecting the light from the sky.

Merci pour votre attention!

Influence du pas de temps



Influence du pas de temps

