

# Prédire l'humidité troposphérique en fonction de l'organisation de la convection et de la circulation de grande échelle

Félix Langot

---

*LMD - UVSQ/Paris-Saclay*

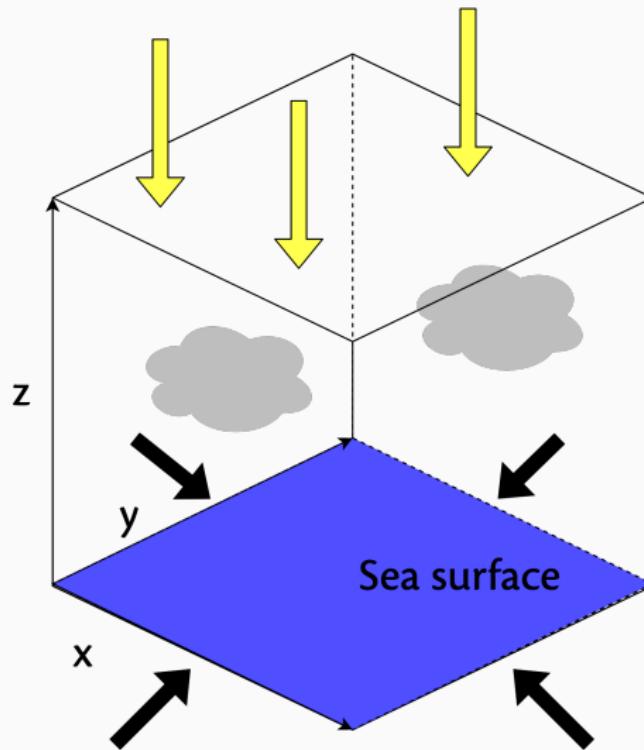
19 avril 2021

# Introduction

- **But du stage :** développer un modèle théorique simple pour quantifier l'effet de l'organisation de la convection et de la circulation de grande échelle sur l'humidité de la troposphère
- Utilisation de simulations CRMs → vérifier les hypothèses du modèle + évaluer son réalisme.
- Différentes distributions de l'humidité relative (RH) dans la troposphère, dues à :
  - l'agrégation de la convection : fait baisser la RH
  - l'ascendance : humidifie la troposphère(TOBIN, BONY et Remy ROCA 2012)

# Introduction

- Simulation en équilibre radiatif-convectif (RCE) sur Cloud-Resolving Model (CRM) :



# Introduction

- Pourquoi et comment représenter la circulation de grande-échelle :
  - Impacte l'humidité de l'atmosphère par advection mais aussi l'organisation de la convection (DUFaux 2021), qui à son tour modifie la RH.
  - Représenter l'ascendance de grande échelle → ajout d'un terme d'advection verticale d'humidité et de température.

- Obtention de différents types d'organisation : On ajoute au RCE un forçage différent en fonction du type d'organisation que l'on veut favoriser

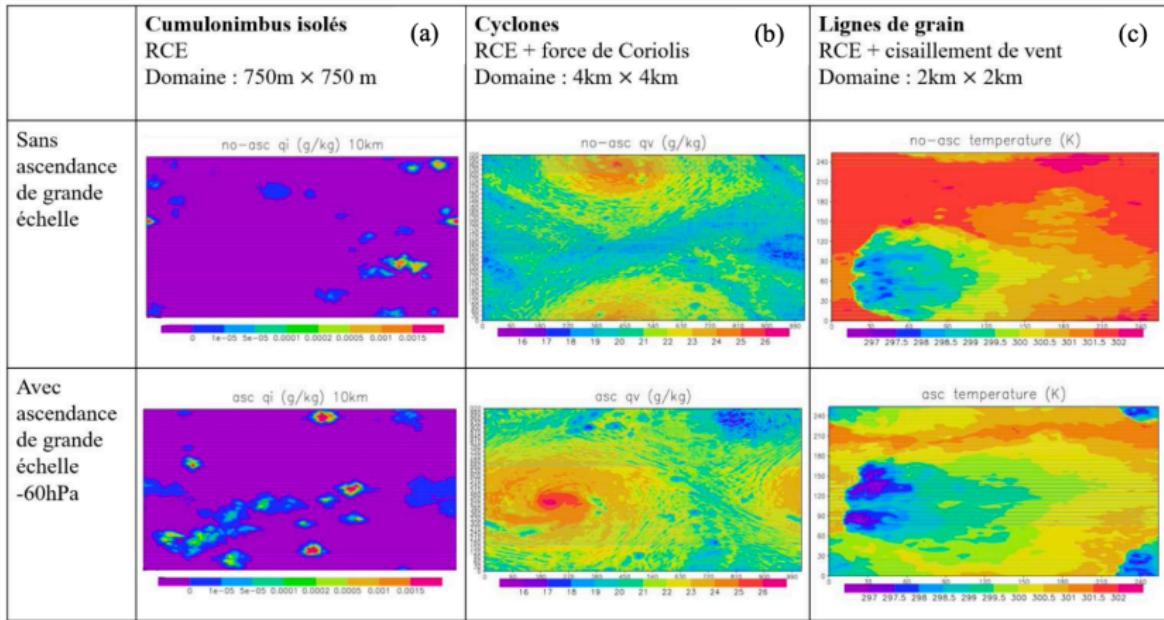
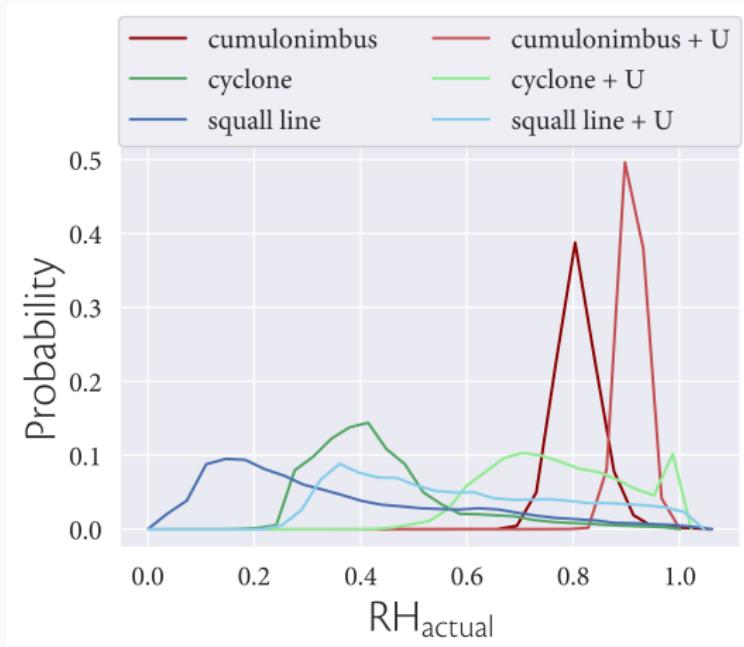


Figure issue de DUFAUX (2021)

# Introduction

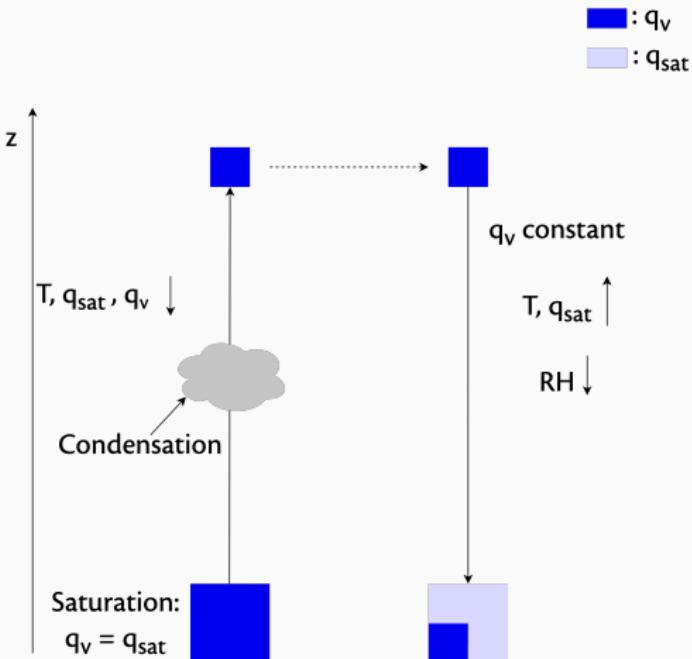
- Effets vérifiés par le CRM SAM, avec lequel on calcule l'humidité

$$RH_{actual} = \frac{q_v}{q_{sat}} \Big|_{z_{parcel}=5km}$$



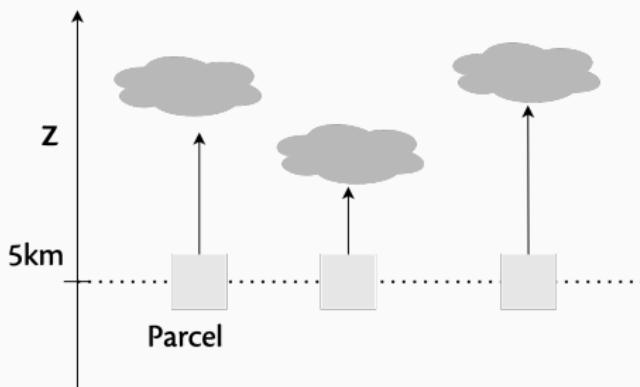
# Comment prédire les distributions de RH?

- Pour prédire les distributions de RH, on utilise le modèle d'advection-condensation (PIERREHUMBERT, BROGNIEZ et Rémy Roca 2007; VALLIS 2017)
- Ascendance + Organisation  
→ probabilité d'humidification



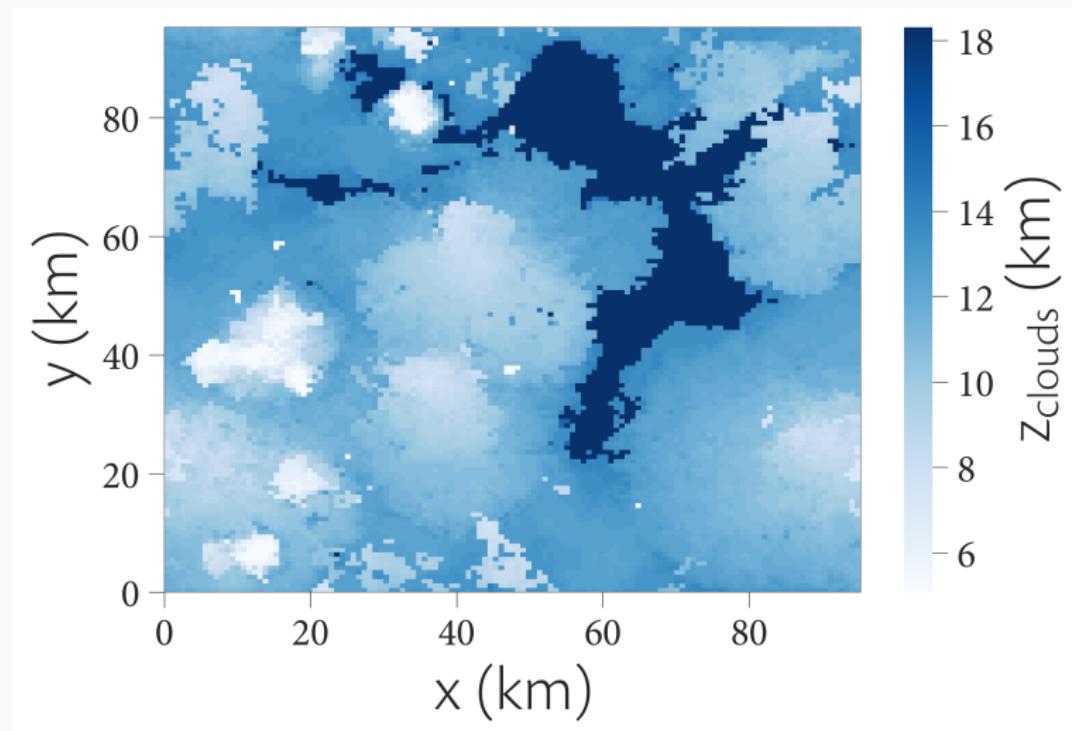
# Altitude de dernière saturation - Approche statique

- **Hypothèse 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 :  $q_c + q_i > 10^{-6}$  alors le point de grille est dans un nuage (RISI, MULLER et BLOSSEY 2021)



## Altitude de dernière saturation - Approche statique

On peut donc mesurer l'altitude du nuage le plus proche de chaque point de grille à chaque pas de temps des simulations



## Altitude de dernière saturation - Approche statique

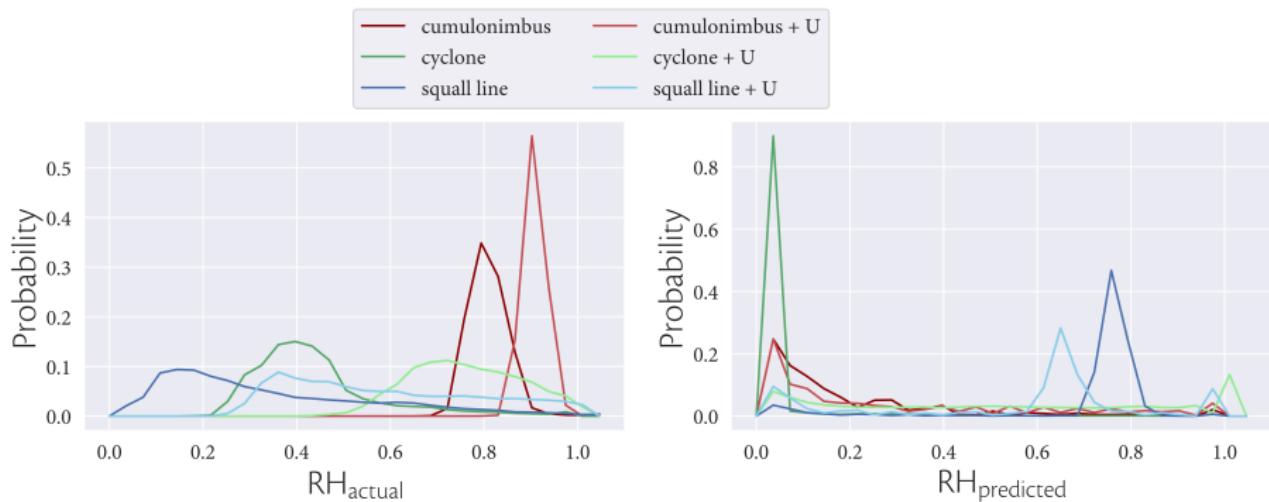
L'humidité relative prédictive  $RH_p$  peut ensuite être calculée en fonction de  $q_{sat}$  seulement :

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

où  $z_{clouds}$  est l'altitude des nuages les plus proches de la troposphère au-dessus des points de grille à  $z_{parcel} = 5\text{km}$ , l'altitude choisie dans la troposphère

# Altitude de dernière saturation - Approche statique

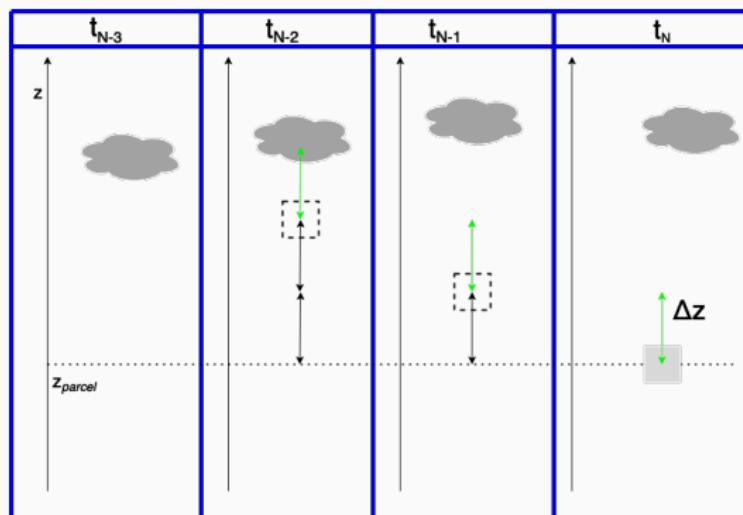
On peut comparer la distribution obtenue avec cette méthode à la distribution réelle de la RH



- La RH ne peut pas être prédite par un modèle statique
- Intermittence des nuages + mouvement de la parcelle importants.

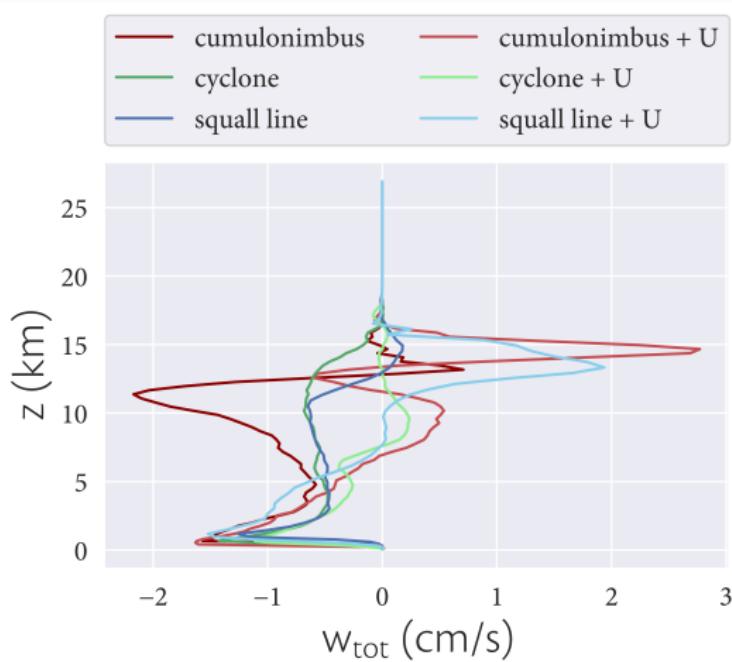
# Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

**Approche dynamique :** On considère le mouvement vertical d'une parcelle au-dessus de la troposphère. L'altitude de dernière saturation d'une parcelle à 5km au pas de temps  $t$  est l'altitude à laquelle elle a rencontré un nuage pour la dernière fois le long de sa trajectoire à  $t - \Delta T$ .



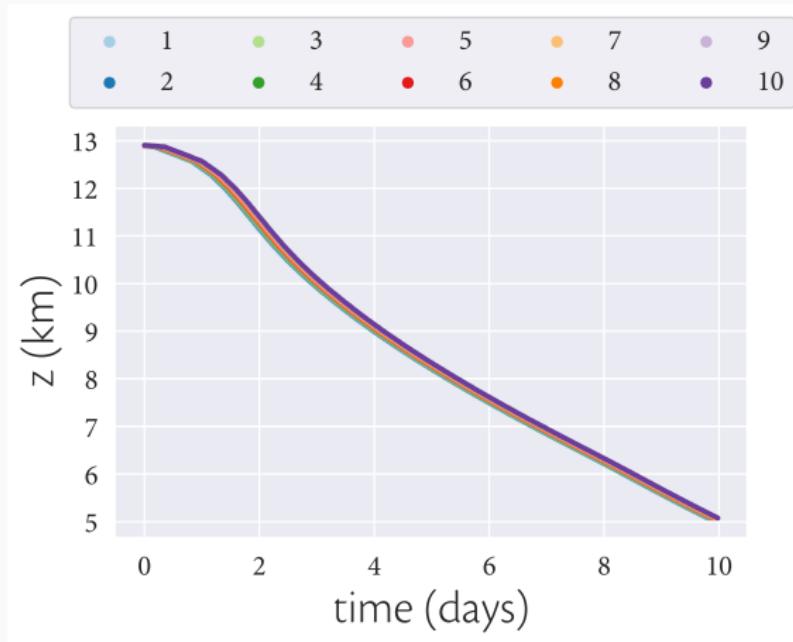
# Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

- SAM  $\rightarrow w \rightarrow w_{env}$
- Simulations avec ascendance :  $w_{tot} = w_{env} + w_{LS}$ , où  $w_{LS}$  est l'ascendance imposée.



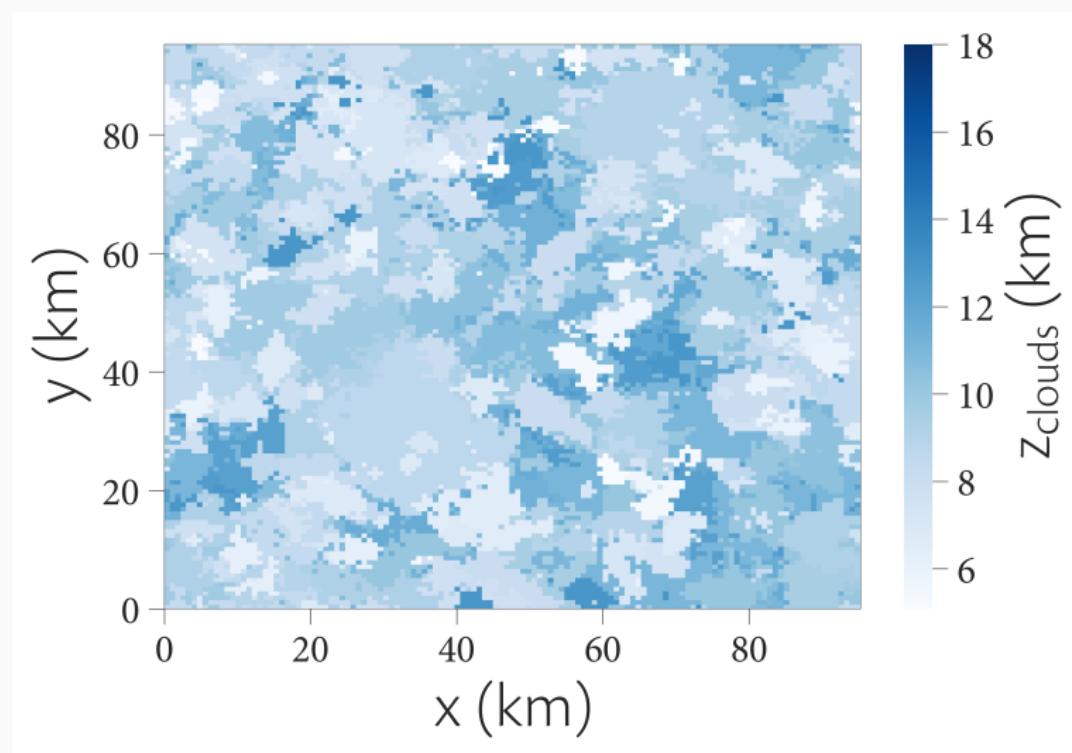
# Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

- On trace la trajectoire de la parcelle, gouvernée par  $w_{tot}$ .



## Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

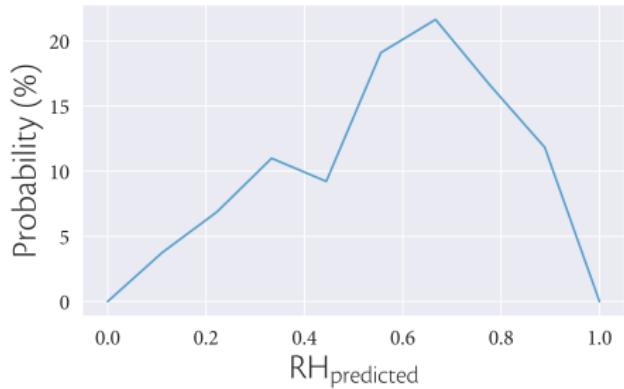
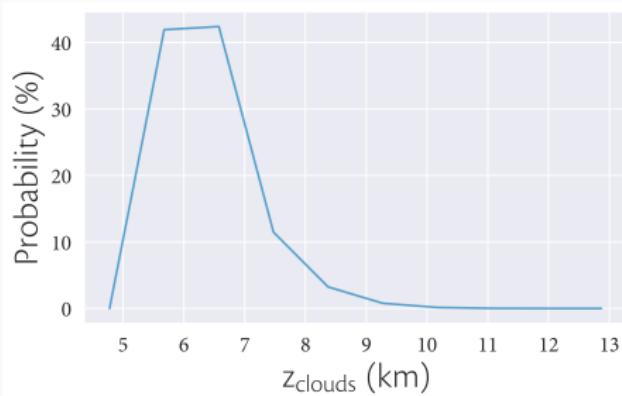
En utilisant les mêmes conditions pour détecter les nuages, on obtient les altitudes de dernières saturations suivantes :



# Résultats

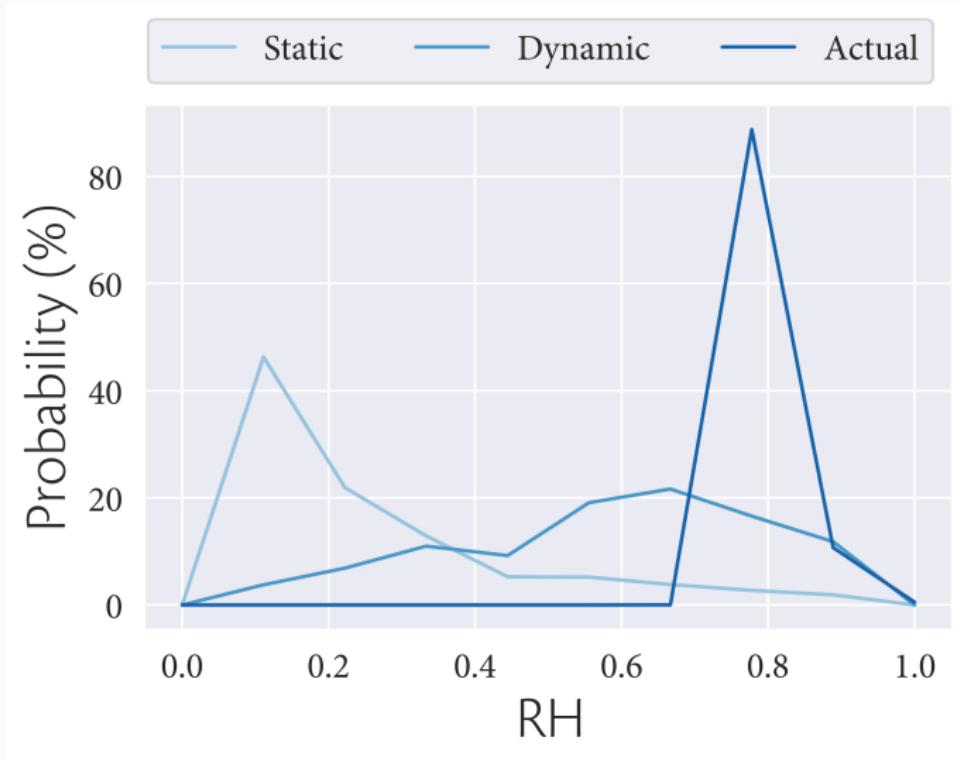
Et l'humidité correspondante avec

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

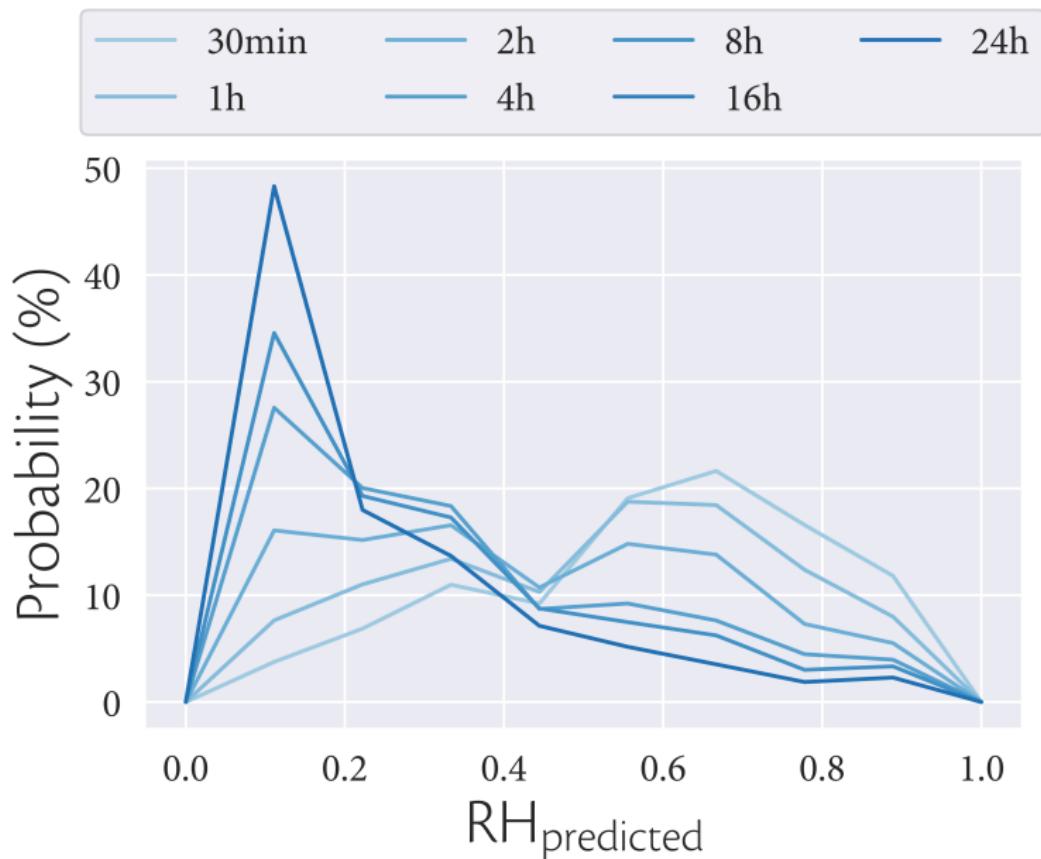


# Résultats

On compare les distributions obtenues avec les différents calculs d'humidité



# Influence du pas de temps



# Bibliographie i

---

-  DUFAUX, Clémence (2021). « Rapport de stage de licence 3 : l'impact de l'ascendance de grande échelle sur l'organisation de la convection ». fr. Report. Paris.
-  PIERREHUMBERT, Raymond T., Hélène BROGNIEZ et Rémy ROCA (2007). « On the Relative Humidity of the Atmosphere ». eng. In : The Global Circulation of the Atmosphere. Sous la dir. de Tapio SCHNEIDER, Adam H. SOBEL et CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Princeton : Princeton Univ. Press. ISBN : 978-0-691-12181-9.
-  RISI, Camille, Caroline MULLER et BLOSSEY (2021). « Rain Evaporation, Snow Melt and Entrainment at the Heart of Water Vapor Isotopic Variations in the Tropical Troposphere, According to Large-Eddy Simulations and a Two-Column Model ». In : Journal of Advances in Modeling Earth Systems.

## Bibliographie ii

-  TOBIN, Isabelle, Sandrine BONY et Remy ROCA (oct. 2012). « Observational Evidence for Relationships between the Degree of Aggregation of Deep Convection, Water Vapor, Surface Fluxes, and Radiation ». In : Journal of Climate 25.20, p. 6885-6904. ISSN : 08948755. DOI : [10.1175/JCLI-D-11-00258.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00258.1).
-  VALLIS, Geoffrey K (2017). Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. en. Second. Cambridge University Press.