

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

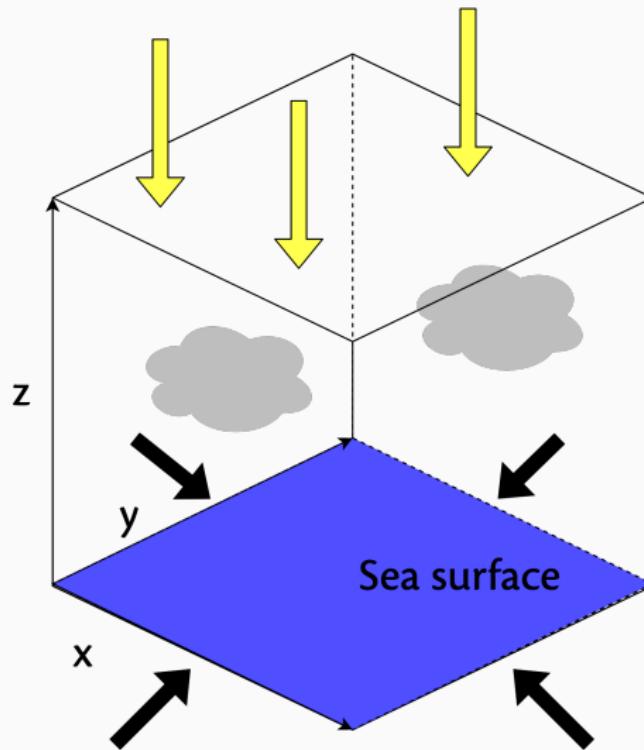
17 avril 2021

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

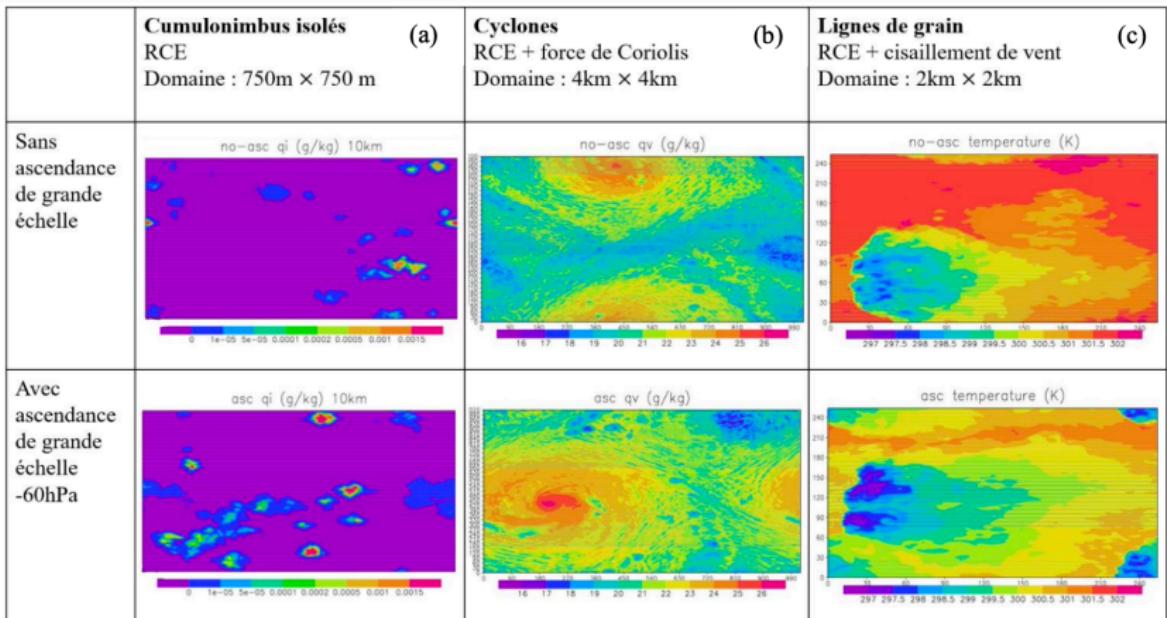
- Simulation en équilibre radiatif-convectif (RCE) sur Cloud-Resolving Model (CRM) :



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.

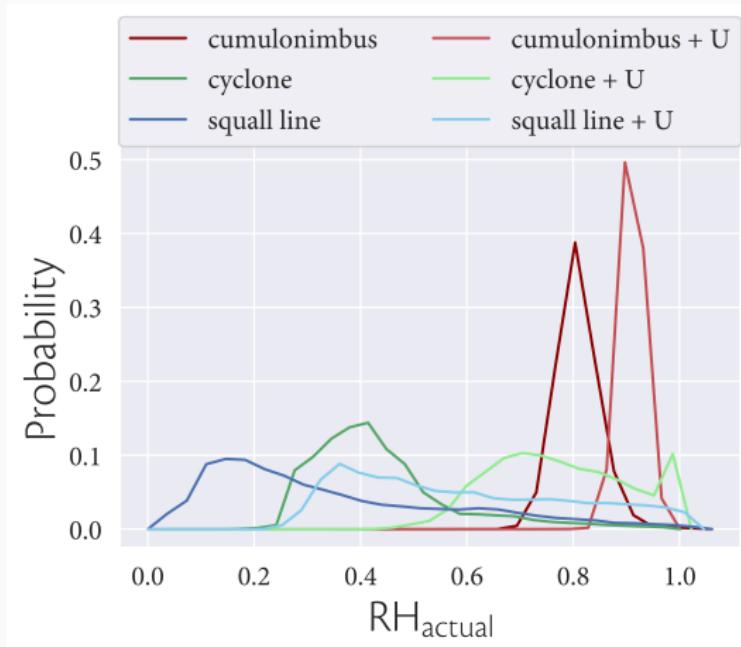
- Obtention de différents types d'organisation : On ajoute au RCE un forçage différent en fonction du type d'organisation que l'on veut favoriser



Introduction

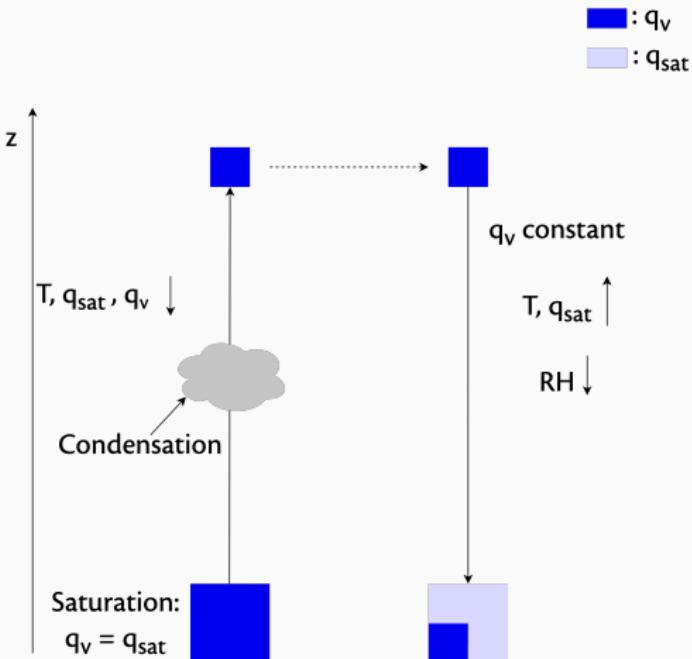
- Effets vérifiés par le CRM SAM, avec lequel on calcule l'humidité

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



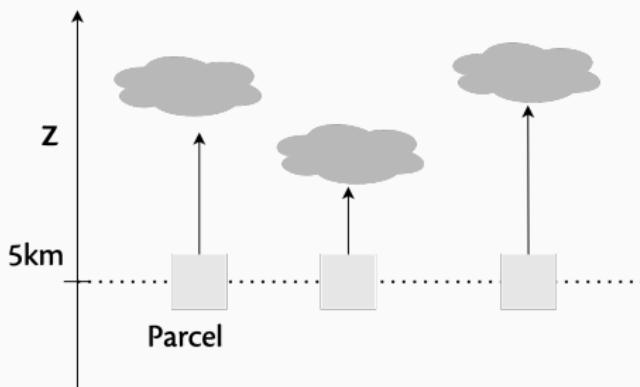
Comment prédire les distributions de RH?

- 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



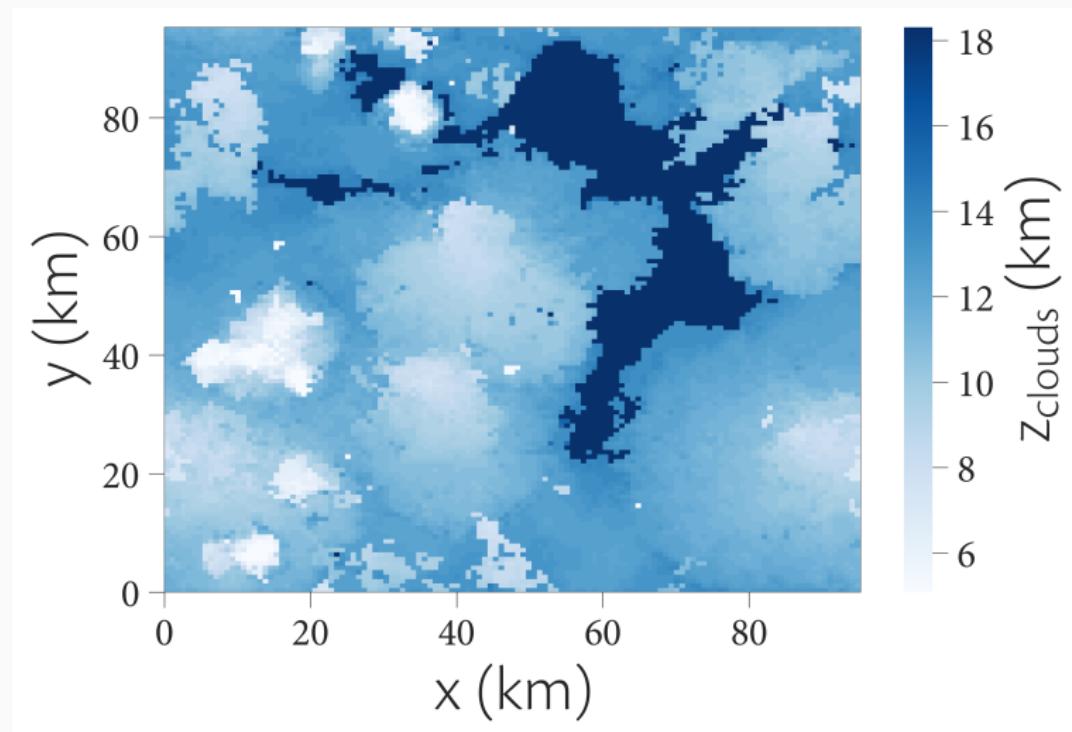
Altitude de dernière saturation - Approche statique

- **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

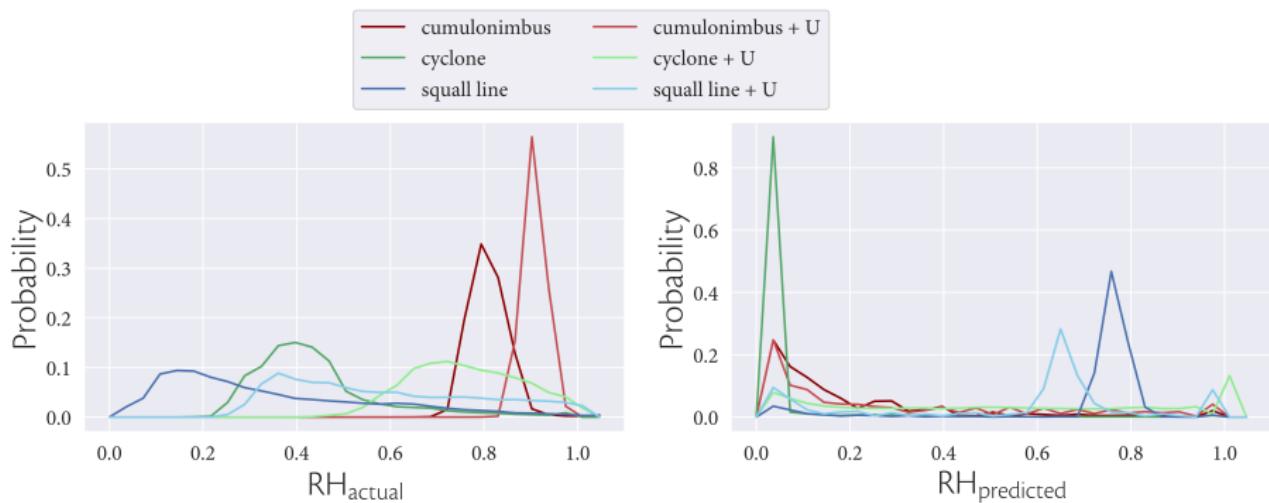
L'humidité relative prédictive RH_p peut ensuite être calculée en fonction de q_{sat} seulement :

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

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

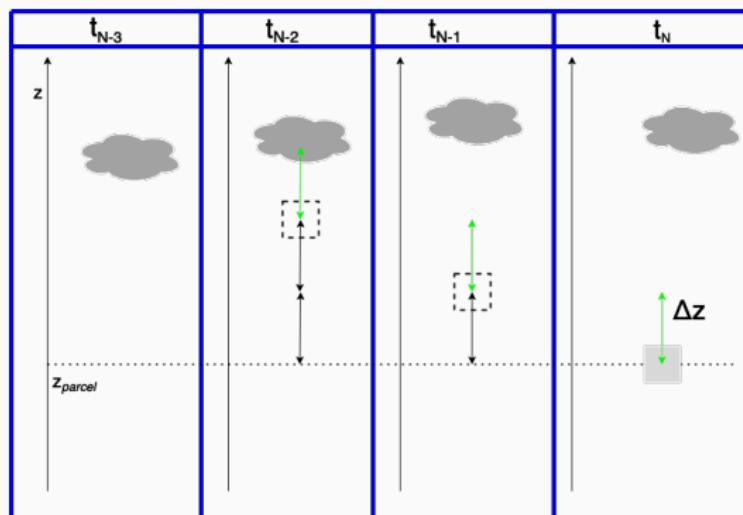
On peut comparer la distribution obtenue avec cette méthode à la distribution réelle de la RH



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

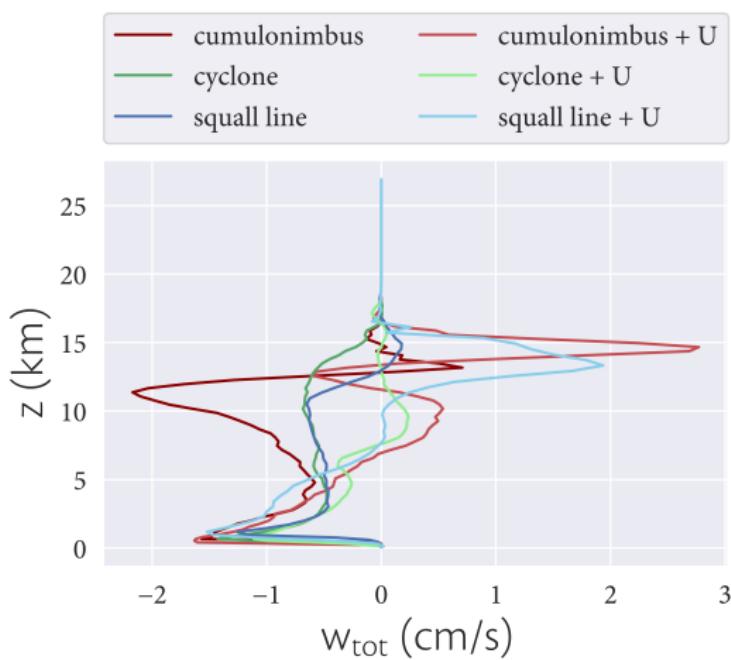
Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

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 $t - \Delta T$.



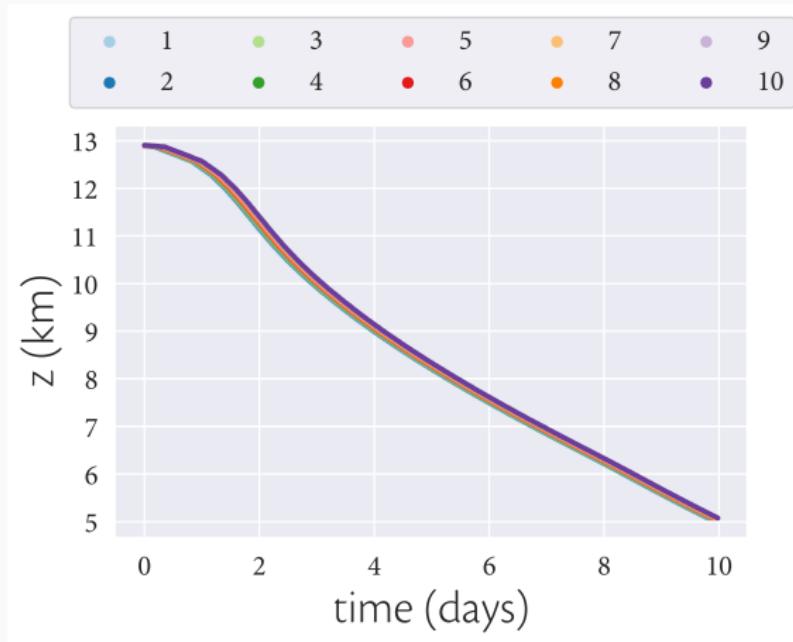
Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

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



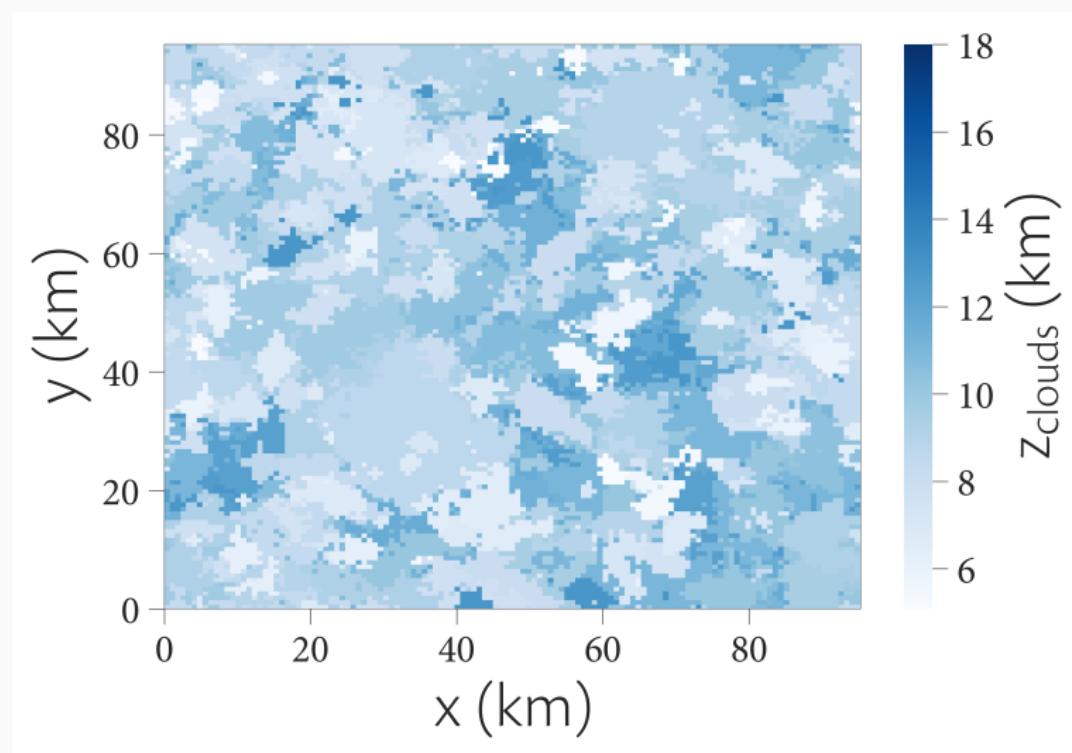
Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

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



Altitude de dernière saturation - Approche dynamique

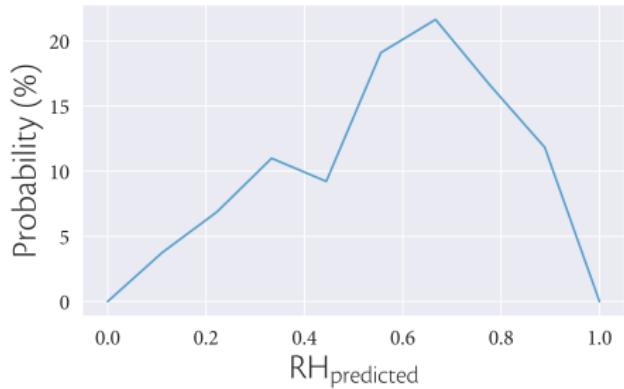
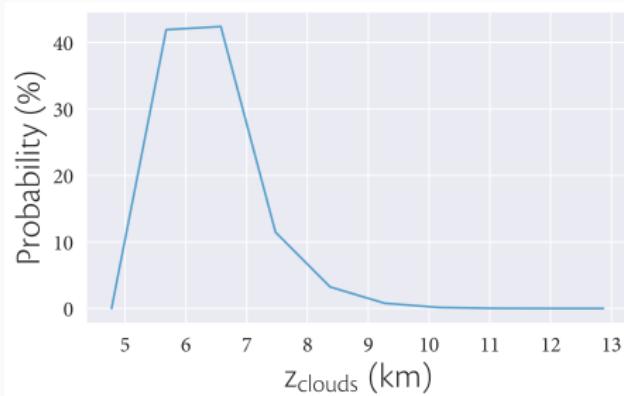
En utilisant les mêmes conditions pour détecter les nuages, on obtient les altitudes de dernières saturations suivantes :



Résultats

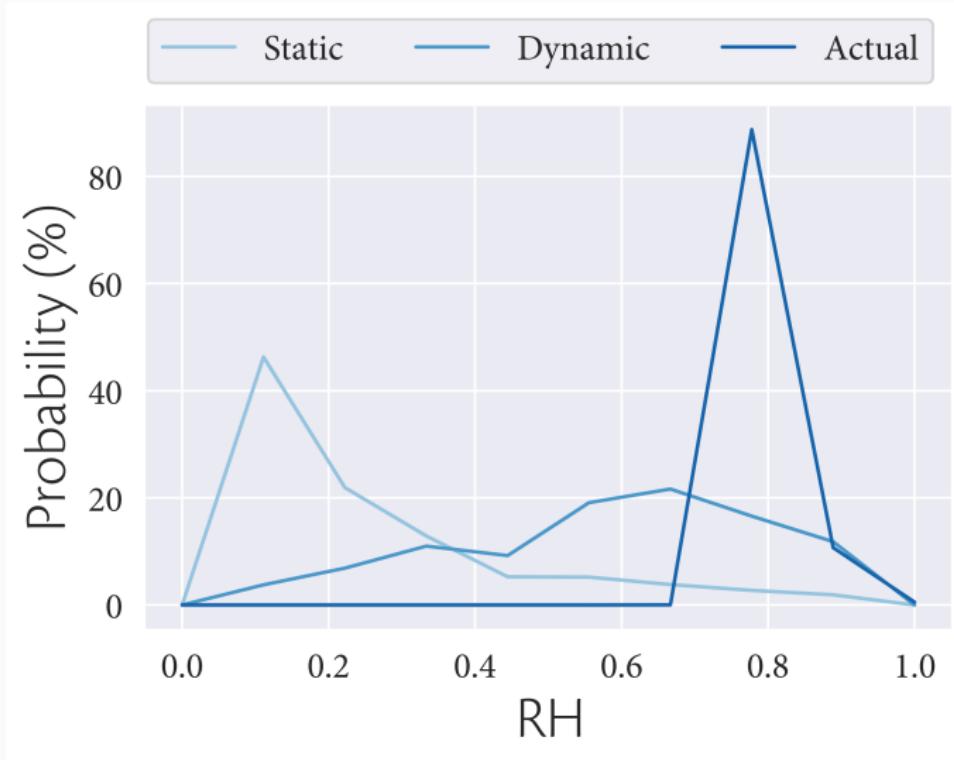
Et l'humidité correspondante avec

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

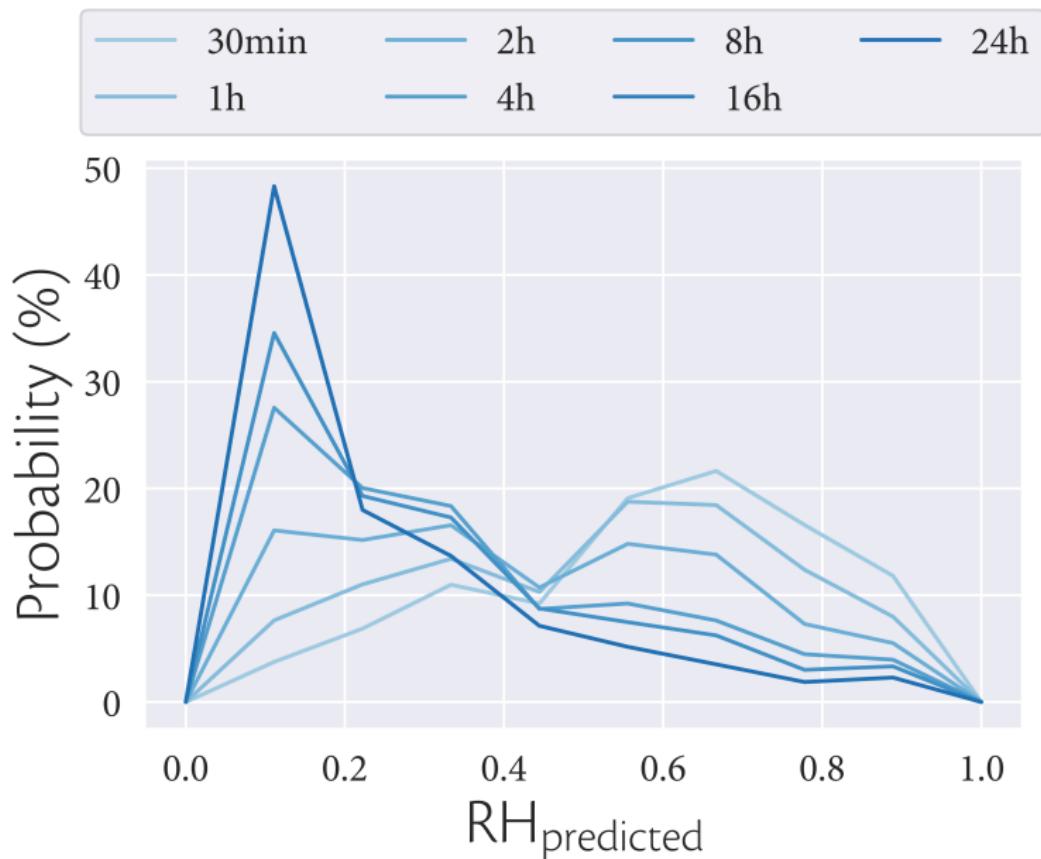


Résultats

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.