



# Impact des schémas de nuages d'ARPEGE et LMDZ sur la dynamique des Dépressions Arctiques:

Comparaison avec des données CloudSat-CALIPSO

**Meryl WIMMER<sup>1,2</sup>, Clémantyne AUBRY<sup>3,4</sup>**

Gwendal RIVIERE<sup>2</sup>, Julien DELANOË<sup>4</sup>, Éric BAZILE<sup>5</sup>, Etienne VIGNON<sup>2</sup>, Lukas HOFMANN<sup>2</sup>

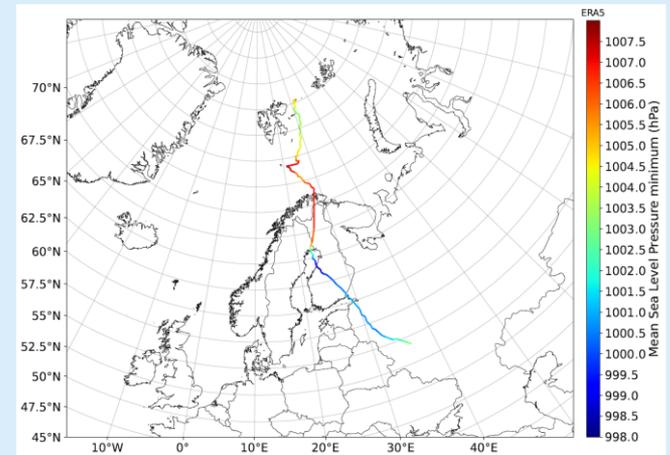
<sup>1</sup> CNES, <sup>2</sup> LMD-CNRS, <sup>3</sup> DLR, <sup>4</sup> LATMOS, <sup>5</sup> CNRM / Météo-France & CNRS

Contact : [meryl.wimmer@lmd.ipsl.fr](mailto:meryl.wimmer@lmd.ipsl.fr)

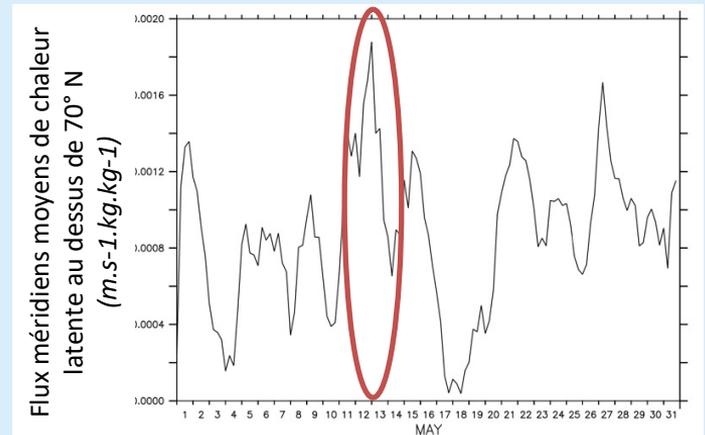
# Etude de cas

## Mai 2019

- Début: 09/05/2019 en Russie
- Fin: 16/05/2019 vers le Svalbard
- Caractéristique de la dépression :
  - Longue durée de vie
  - Faible creusement
  - Apport d'humidité en Arctique
  - Dépression arctique dans la zone de vol de la campagne de mesure RALI-THINICE
  - Mesurée 20 fois par CloudSat et CALIPSO



Minimum de MSLP de la dépression (données ERA5)



Flux méridiens moyens de chaleur latente au delà de 70°N (données ERA5)

# Comparaison Observations/Modèles

## Données Satellites : DARDAR



 CloudSat : radar  
CALIPSO : lidar 

VarCloud

- Contenu en glace
- Catégorisation des hydrométéores

Delanoë and Hogan (2008, 2010),

## Modèles atmosphériques globaux :

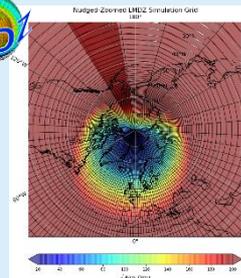


### ARPEGE

Résolution : 5-24km, 105 niveaux

Initialisation : 4DVAR

Simulation : Prévision "libre"



### LMDZ

Résolution : 50km mini au Svalbard,  
95 niveaux

Initialisation : ERA5

Simulation : guidage vers ERA5 en  
dehors du zoom

**Sortie** : temps : 3h ; lonxlat : 0,5° x 0,5° ; 18 niveaux pression

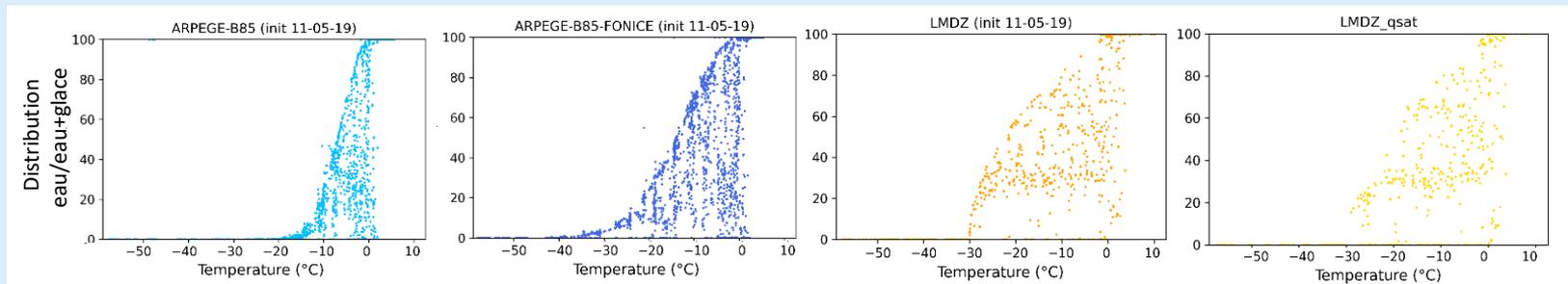
# Différentes conditions initiales et fonction de répartition eau/glace

## ARPEGE :

- Fonction de répartition eau/glace opérationnelle
  - 11/05/2019 à OUTC
  - 12/05/2019 à OUTC
  - 13/05/2019 à OUTC
- Fonction de répartition eau/glace testée par Ricaud et al. (2020)
  - 11/05/2019 à OUTC
  - 12/05/2019 à OUTC
  - 13/05/2019 à OUTC

## LMDZ :

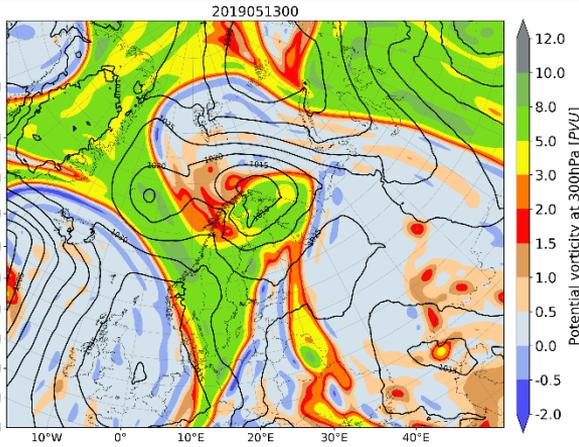
- CTRL
  - 11/05/2019 à OUTC
  - 12/05/2019 à OUTC
  - 13/05/2019 à OUTC
- Ratqs=0.002 (var. de la distrib. d'humidité)
  - 11/05/2019 à OUTC



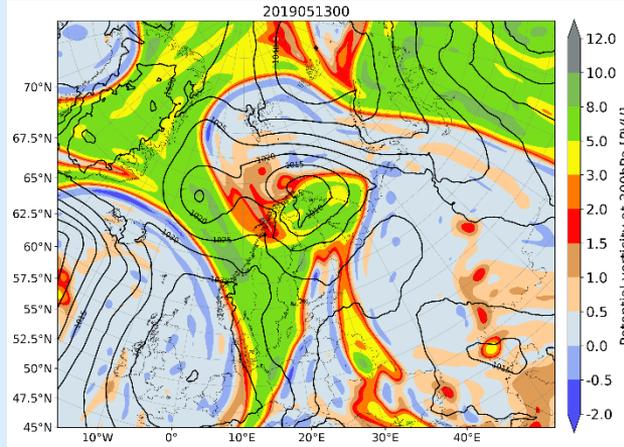
# Etude de la dynamique à +48h

## PV @300hPa + MSLP à 0UTC le 13/05/2019

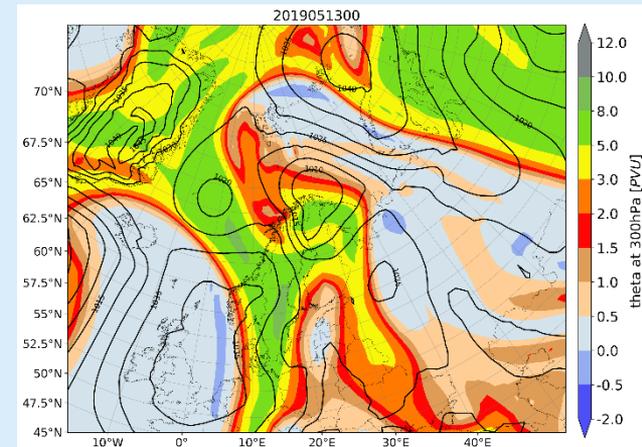
ARPEGE



ARPEGE modified



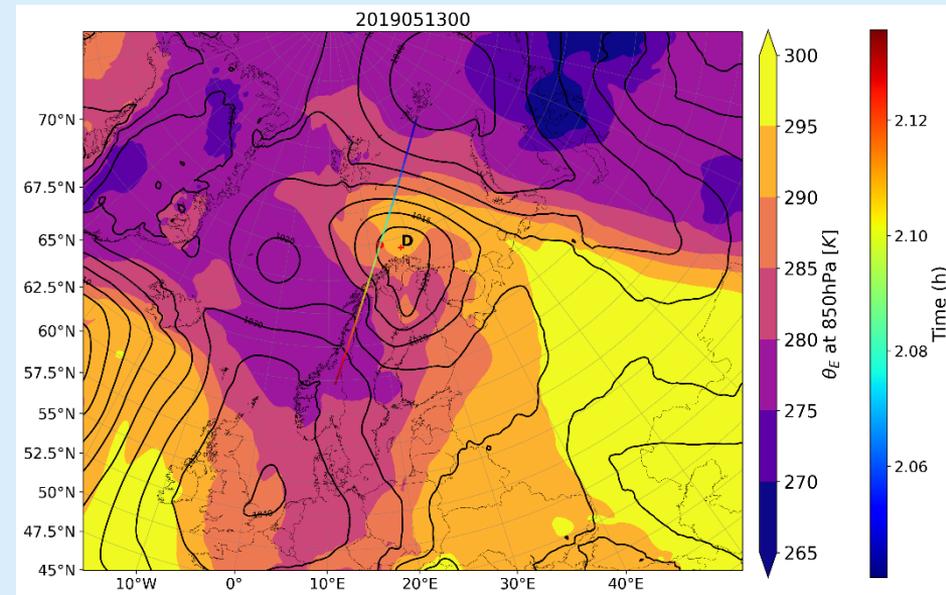
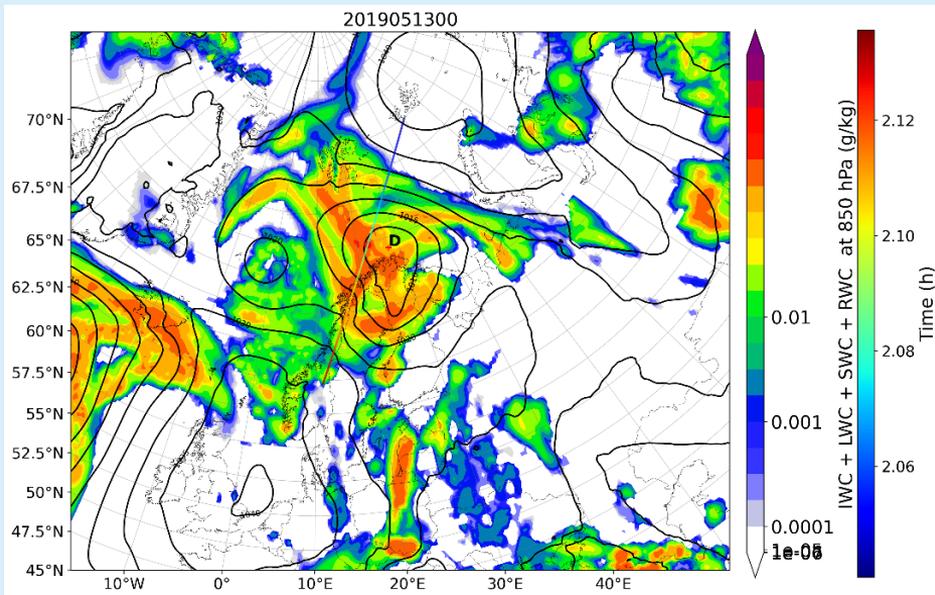
LMDZ - CTRL



Dynamique peu différente -> intérêt pour physique nuageuse

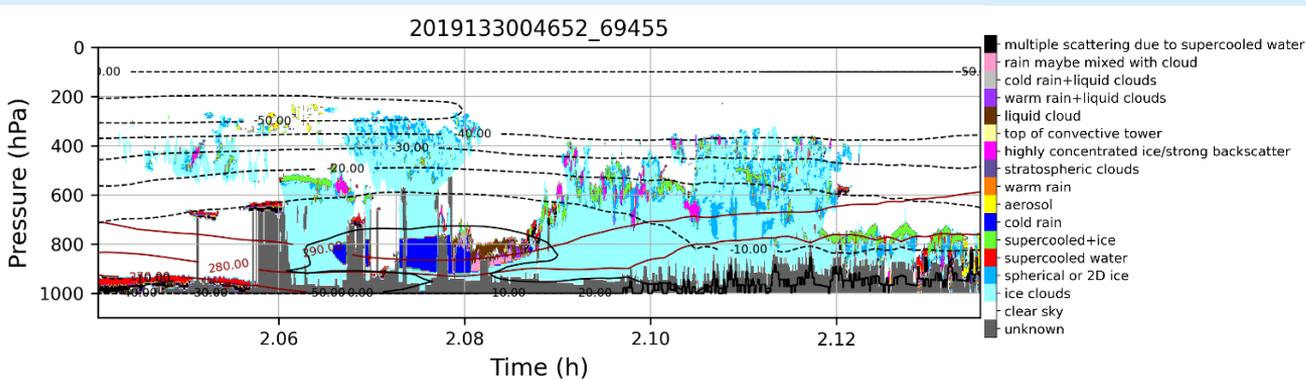
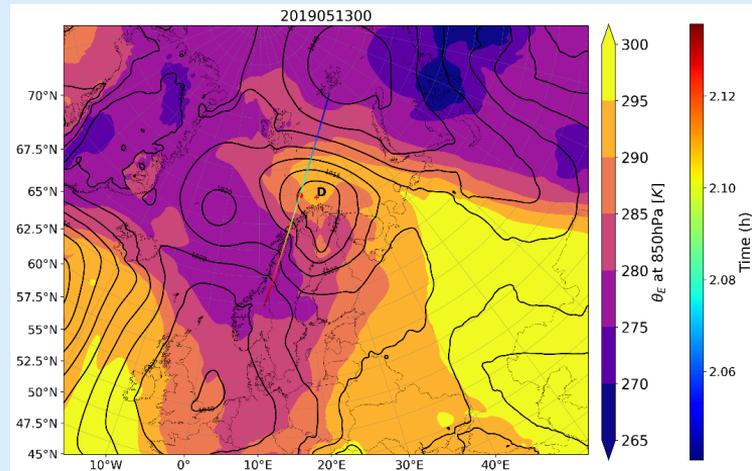
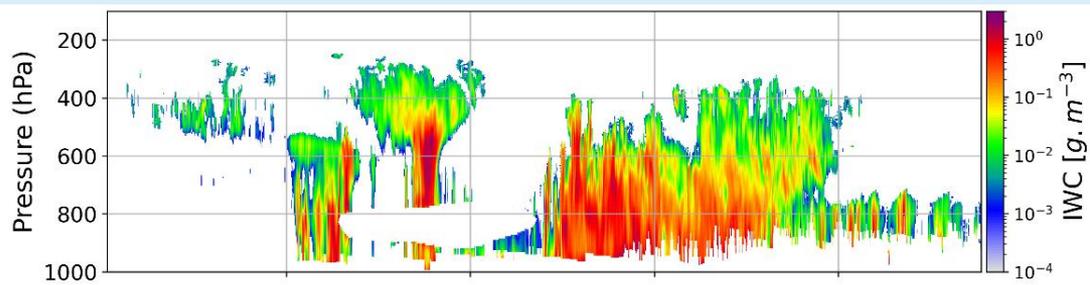
# Etude d'une granule : 2019133004652\_69455

ERA5 : 20190513 OUTC



Granule 2019133004652\_69455 : croise front chaud et froid

# Données DARDAR disponibles



# Synergie radar-lidar

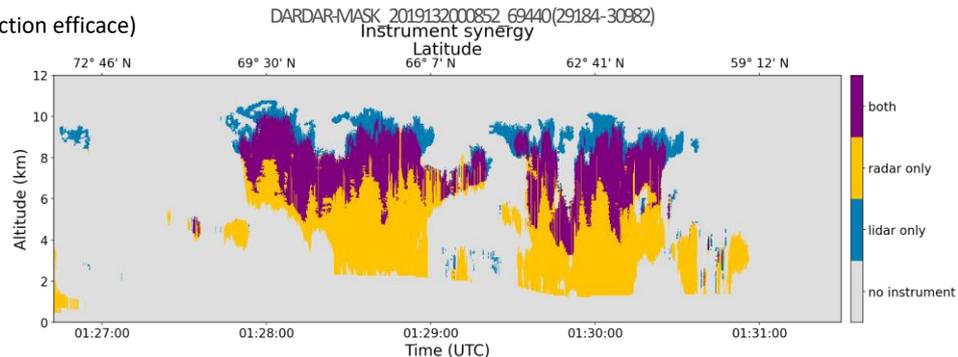
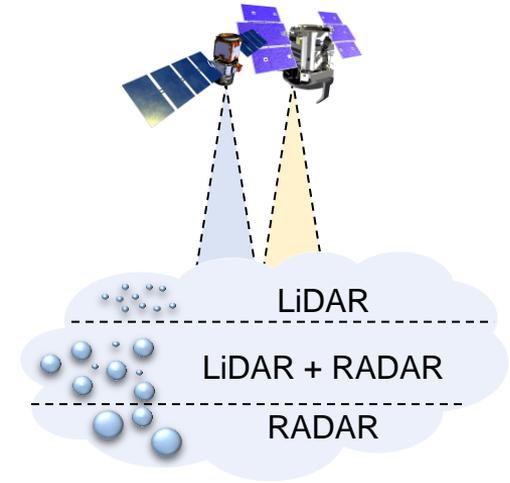
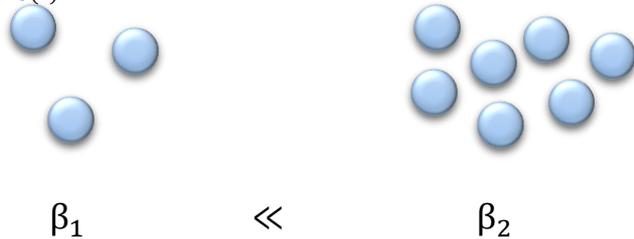
- Le **radar** est plus sensible à la **taille** des particules

$(Z \propto \int_0^\infty n(D) D^6 dD, \text{ forte pondération sur le diamètre})$

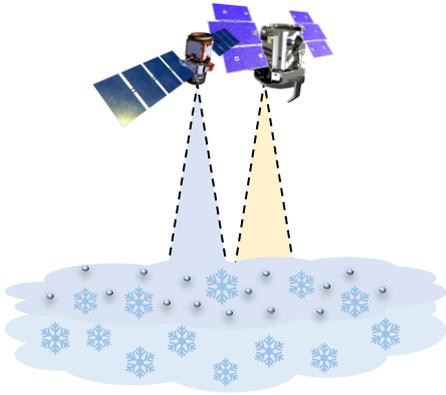


- Le **lidar** est plus sensible à la **concentration** des particules

$(\beta(r) = \frac{\alpha(r)}{S(r)} e^{-2 \int_0^r \alpha(r') dr'}, \alpha \propto \int N(D) A(D) dD, A(D): \text{ surface projetée de la section efficace})$



# Cas de la phase mixte

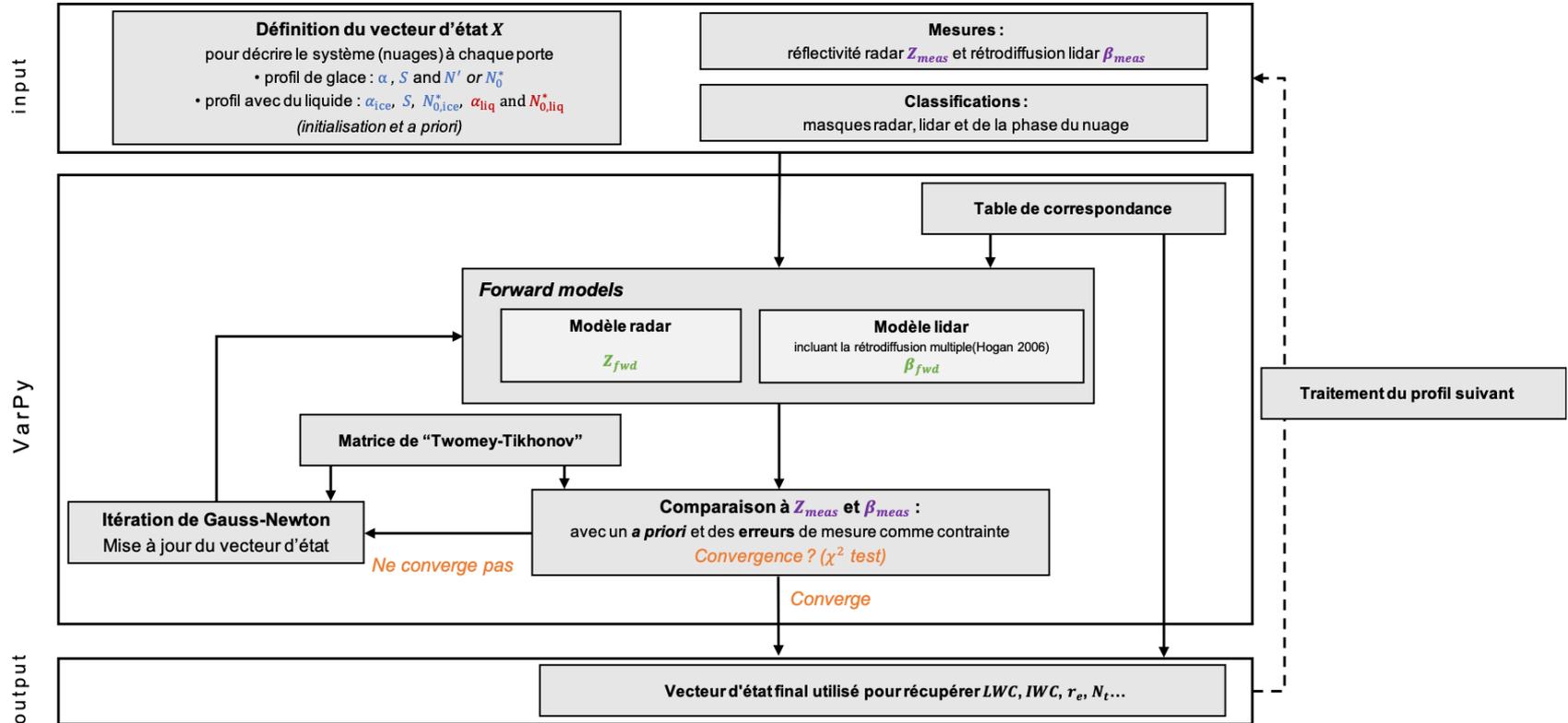


Pour la phase mixte (cristaux + eau surfondue) :

- le **lidar** est très sensible à la forte concentration des **gouttes d'eau surfondue**
- le **radar** est plus sensible à la présence des **cristaux de glace**, qui sont plus gros que les gouttes d'eau

→ Hypothèse :  
    ↙ eau surfondue restituée à partir du signal lidar  
    ↘ glace restituée à partir du signal radar

# Schéma de la méthode variationnelle :



- R. J. Hogan et al. (2006), Independent evaluation of the ability of spaceborne radar and lidar to retrieve the microphysical and radiative properties of ice clouds, J. Atmos. Oceanic Technol., 23 (2), 211–227, <https://doi.org/10.1175/JTECH1837.1>
- Delanoë, J., and R. J. Hogan (2008), A variational scheme for retrieving ice cloud properties from combined radar, lidar, and infrared radiometer, J. Geophys. Res., 113, D07204, <https://doi.org/10.1029/2007JD009000>
- Delanoë, J., and R. J. Hogan (2010), Combined CloudSat-CALIPSO-MODIS retrievals of the properties of ice clouds, J. Geophys. Res., 115, D00H29, <https://doi.org/10.1029/2009JD012346>
- Q. Cazenave et al. (2019) Evolution of DARDAR-CLOUD ice cloud retrievals: new parameters and impacts on the retrieved microphysical properties. Atmos. Meas. Tech., EGU, 12 (5), pp.2819-2835 <https://doi.org/10.5194/amt-12-2819-2019>

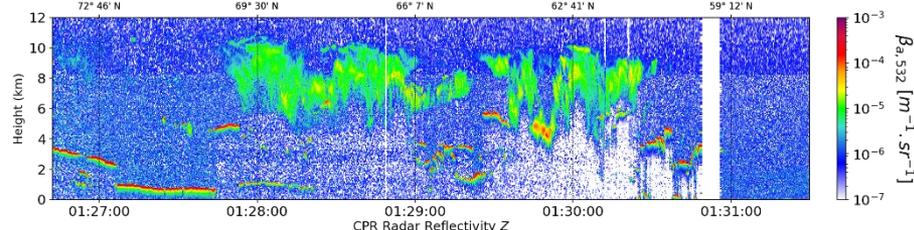
# Entrées de VarPy - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440(29184-30982)

## Mesures

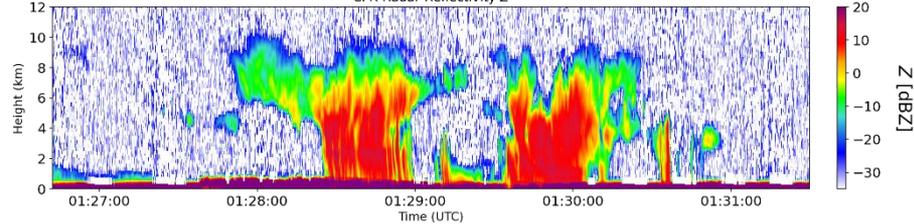
A-Train: CloudSat and CALIPSO

CALIOP Lidar Attenuated Backscatter  $\beta_a$  at 532nm

Latitude



CPR Radar Reflectivity Z

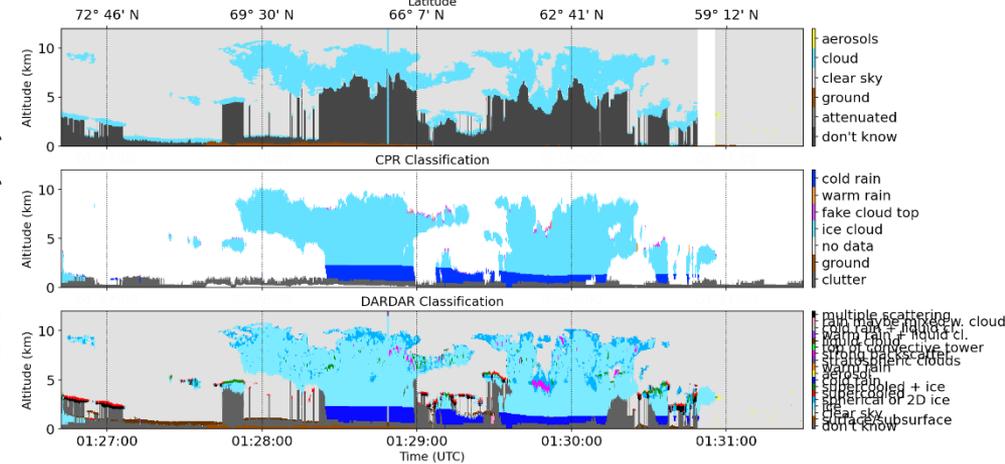


## Masques

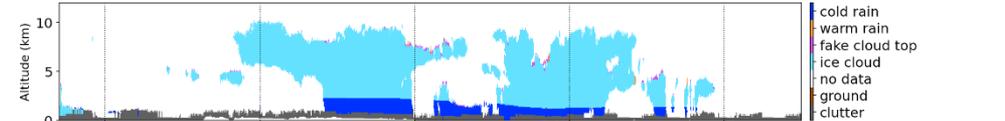
A-Train: CloudSat and CALIPSO

CALIOP Classification

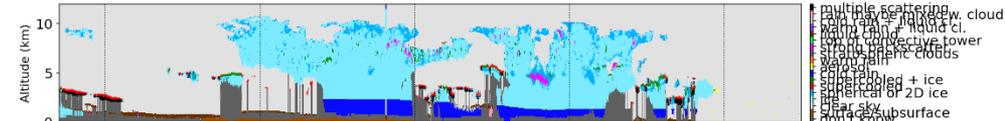
Latitude



CPR Classification



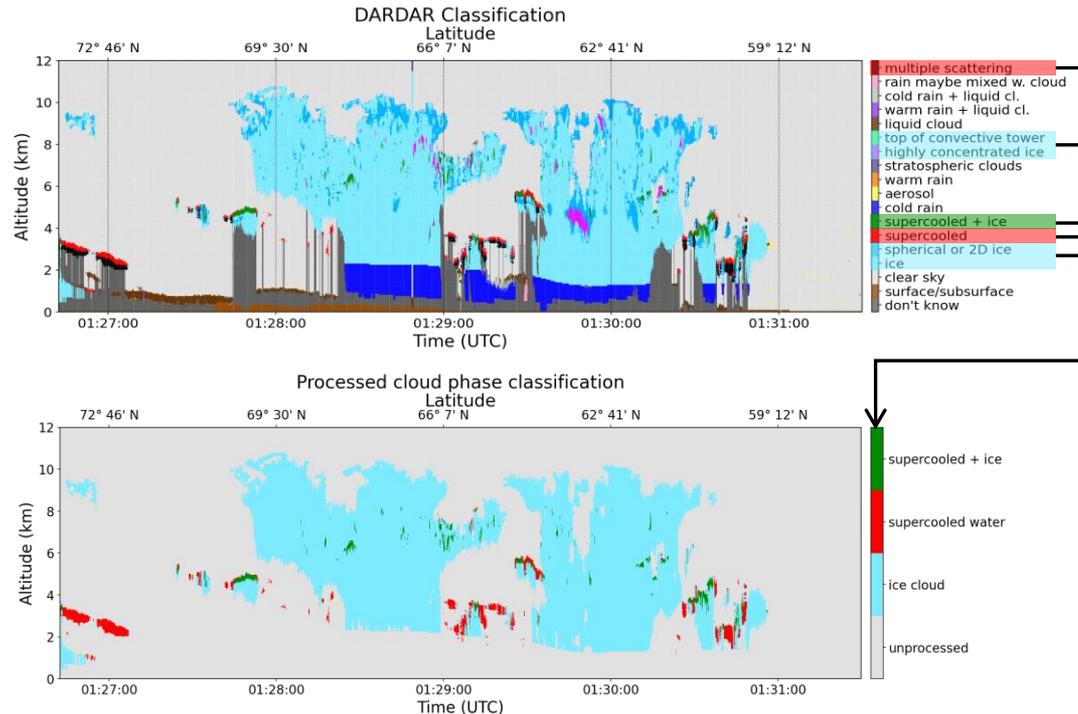
DARDAR Classification



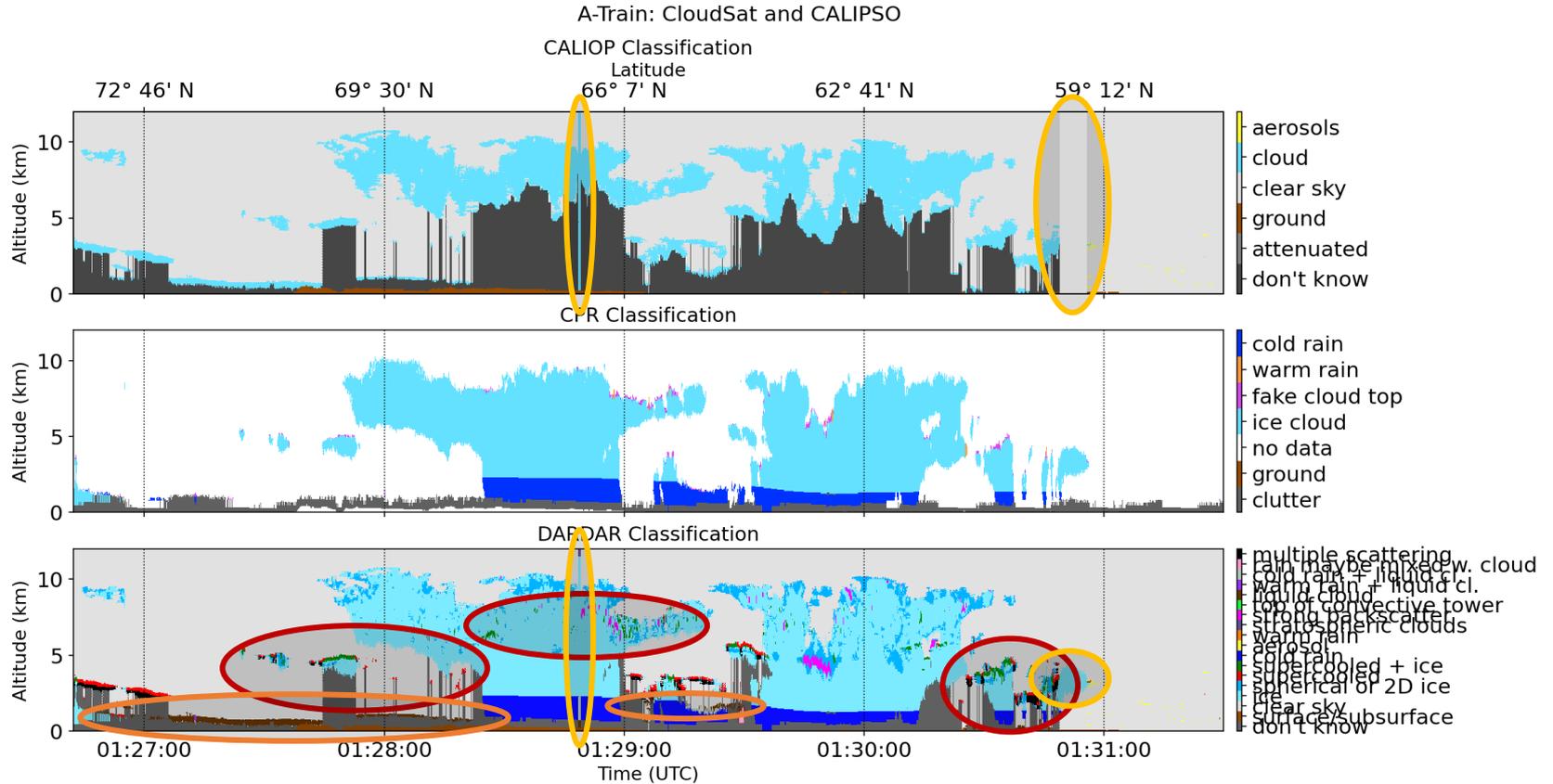
- Élaboration des masques à partir des mesures
- Les masques sont une entrées importantes de l'algorithme
- Certaines corrections sont nécessaires

# Classes traitées - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440 (29184-30982)

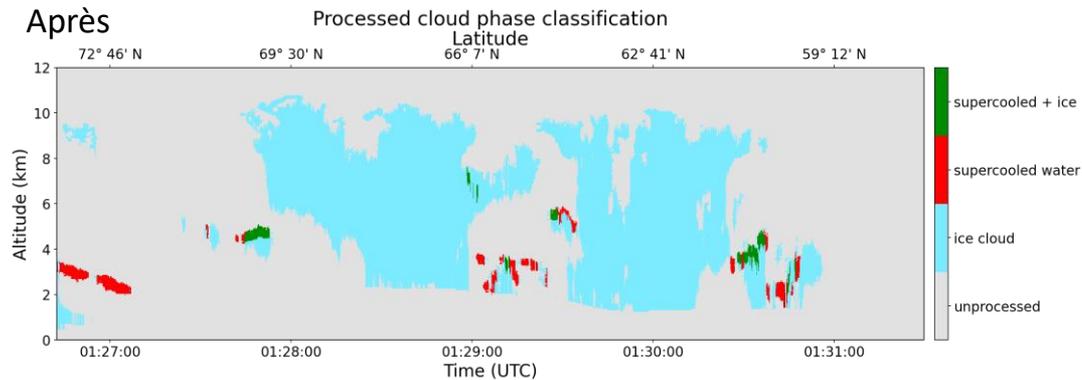
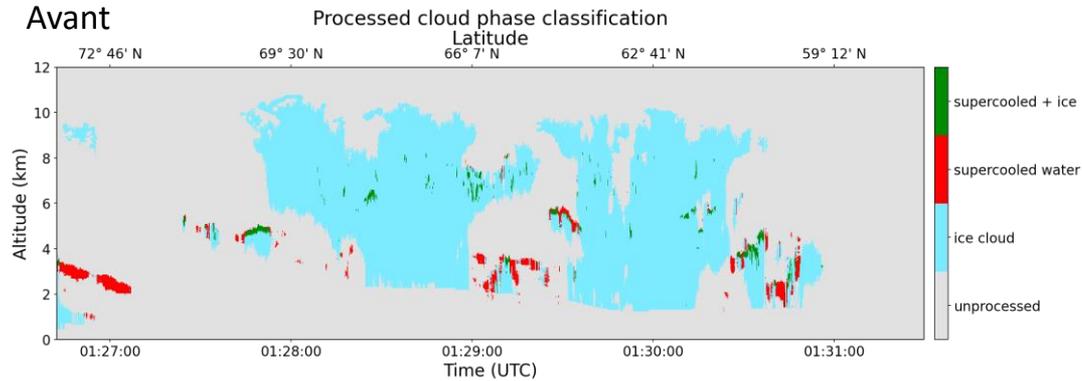
- VarPy traite simultanément les nuages de glace, l'eau surfondue ainsi que les nuages de phase mixte.
- Ces trois grandes classes sont traitées différemment par l'algorithme : utilisation d'un masque intermédiaire



# Classifications - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440 (29184-30982)



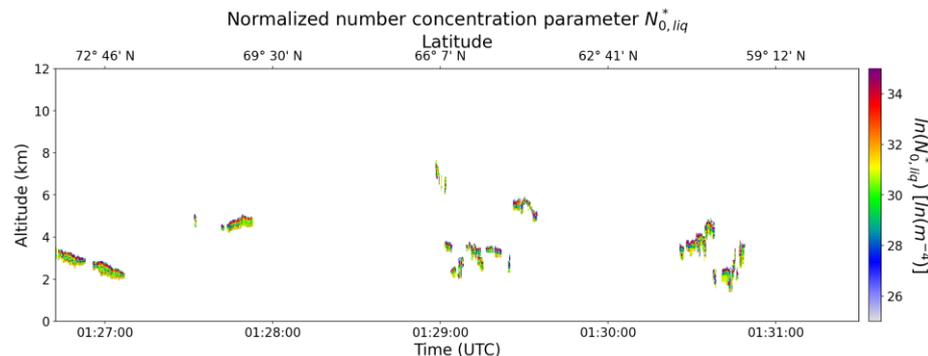
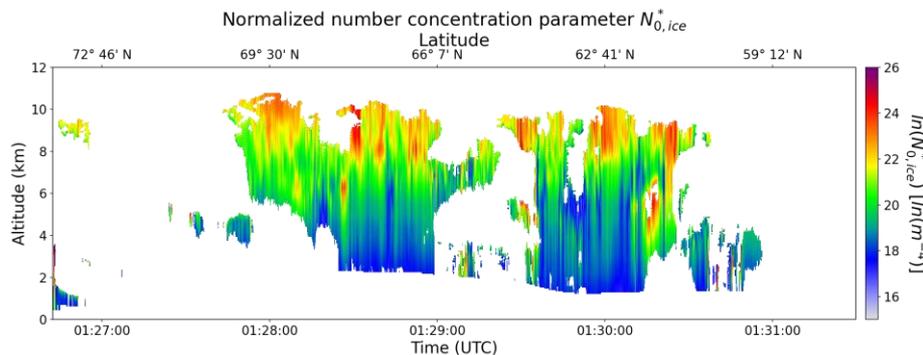
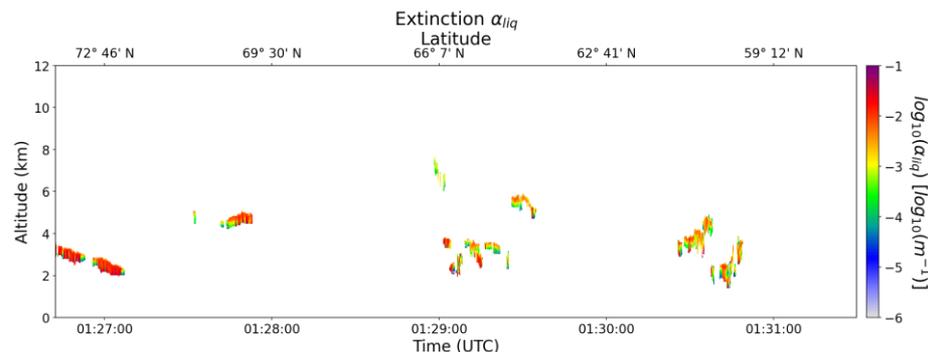
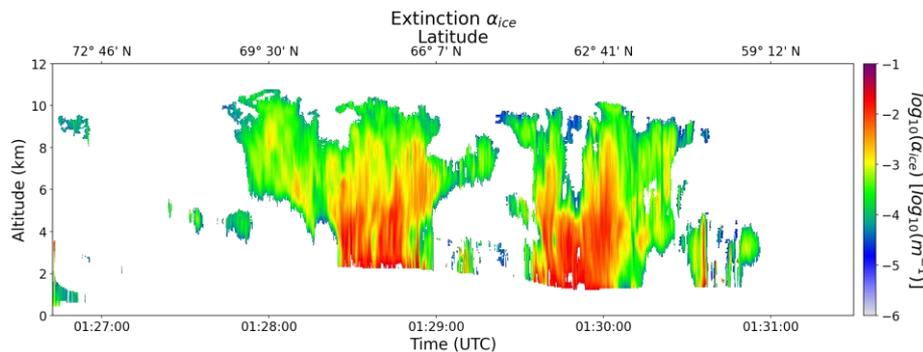
# Après corrections - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440 (29184-30982)



- Érosion des pixels d'eau surfondue  
→ Changés en ciel clair
- Érosion des pixels de phase mixte  
→ Changés en "cristaux hautement concentrés"
- Ajout de portes de phase mixte pour correspondre aux portes lidar (5 maximum)
- Paramètres actuellement arbitraire et faits au cas par cas

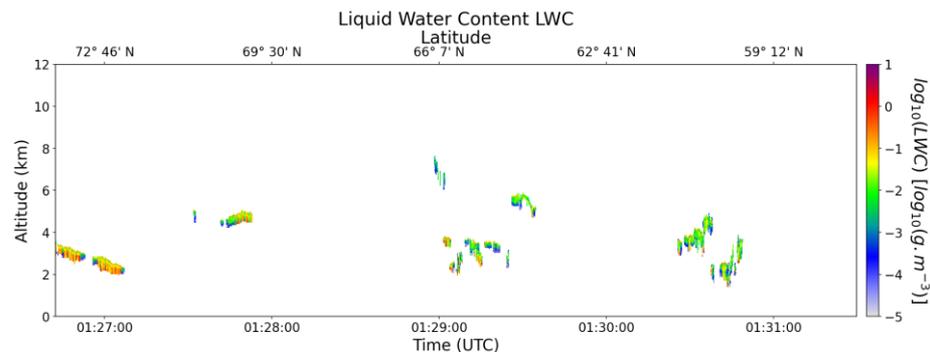
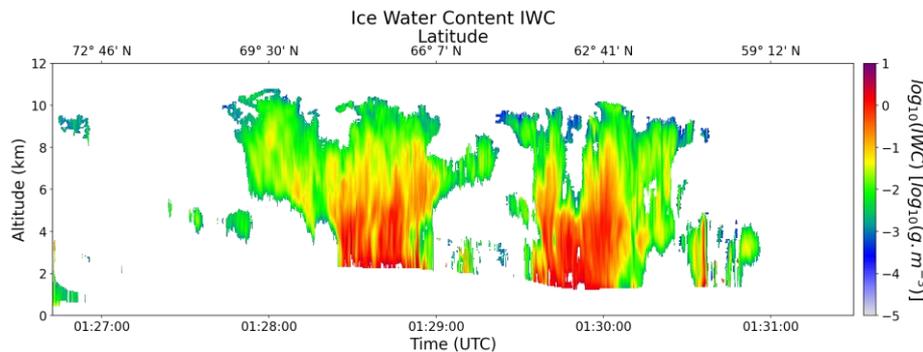
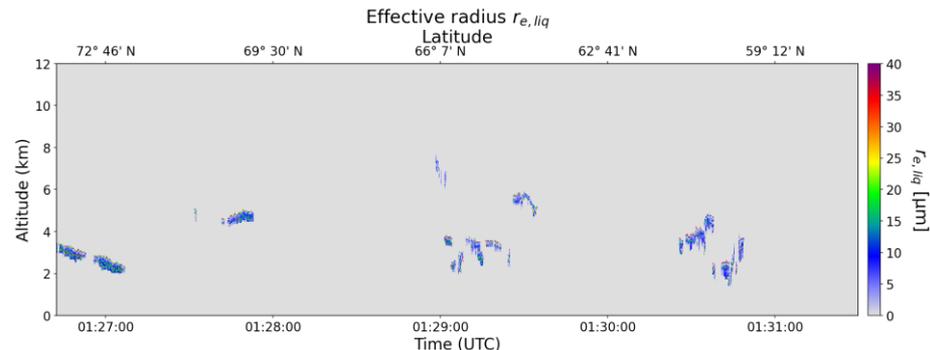
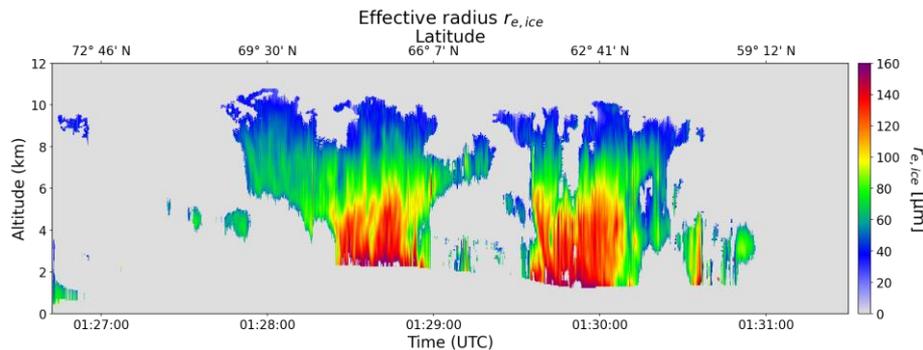
# Résultats - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440(29184-30982)

- Restitution séparée des propriétés de la glace et de l'eau liquide
- $\alpha$  et  $N_0^*$  permettent de restituer IWC, LWC, les rayons effectifs  $r_e$  et les concentrations totales  $N_{\text{tot}}$



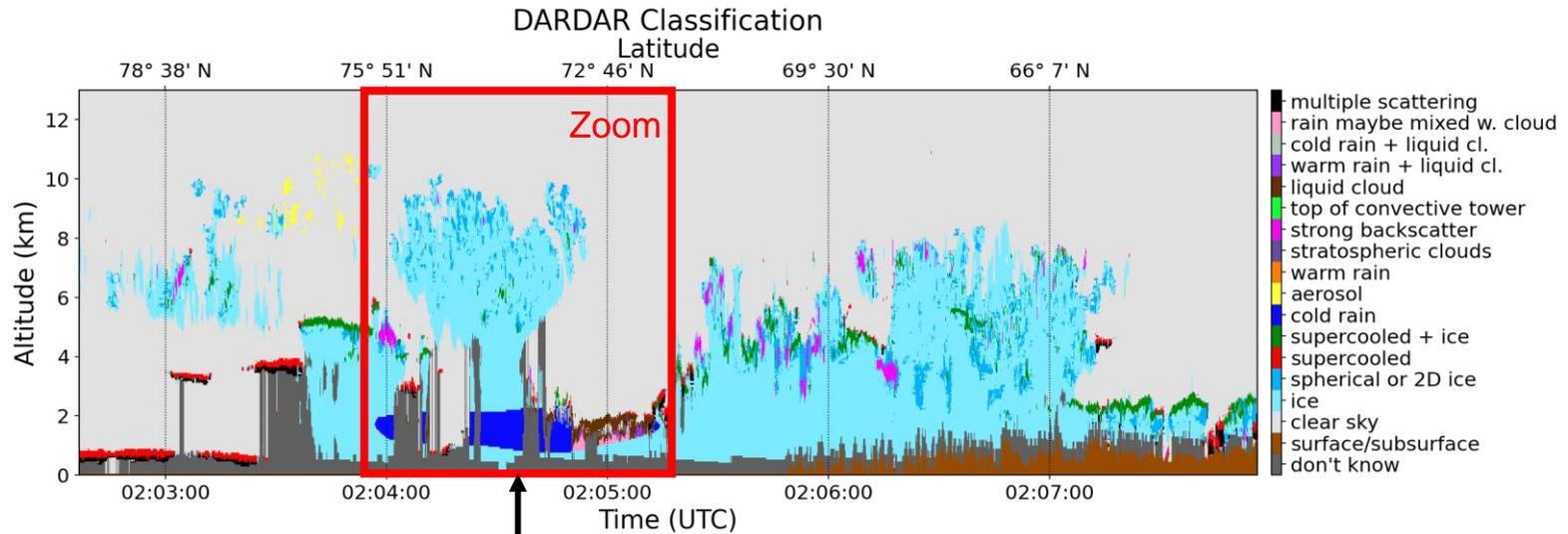
# Résultats - DARDAR-MASK\_2019132000852\_69440(29184-30982)

- Restitution séparée des propriétés de la glace et de l'eau liquide
- $\alpha$  et  $N_0^*$  permettent de restituer IWC, LWC, TWC, les rayons effectifs  $r_e$  et les concentrations totales  $N_{\text{tot}}$

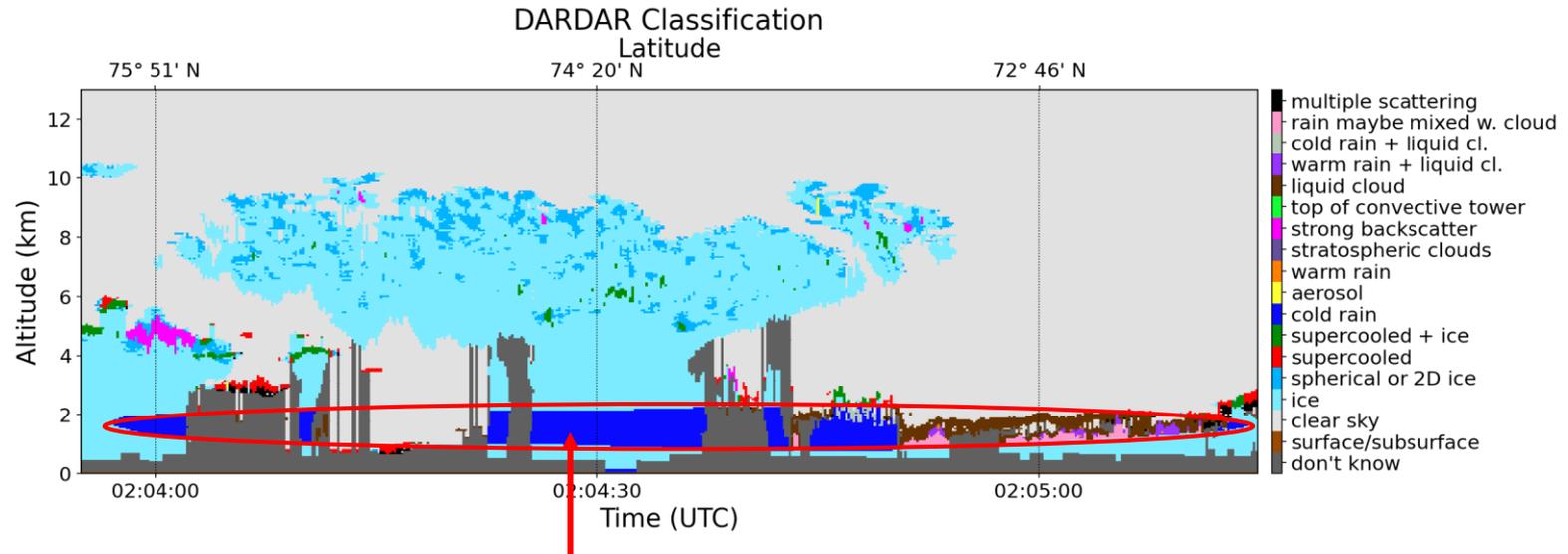


# Classification - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28400-30400)

Autre exemple de correction de masque



# Classification (Zoom) - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28890-29390)

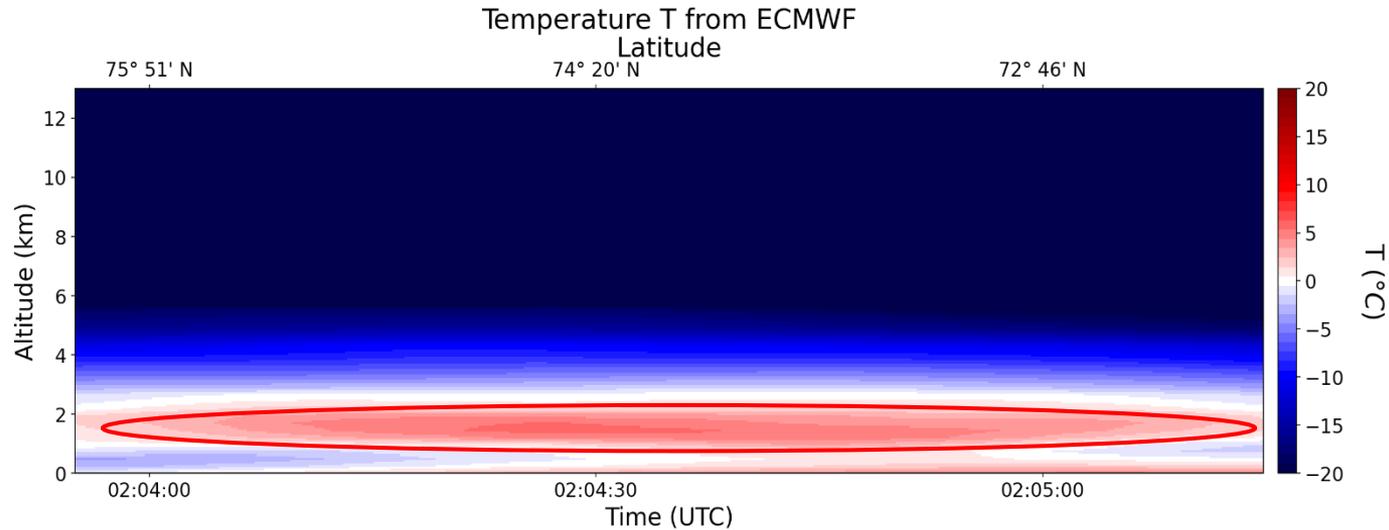


Pourquoi cette zone est identifiée « pluie froide » ?

D'après Ceccaldi et al. (2013), les conditions qui définissent la « pluie froide » dans DARDAR-MASK:

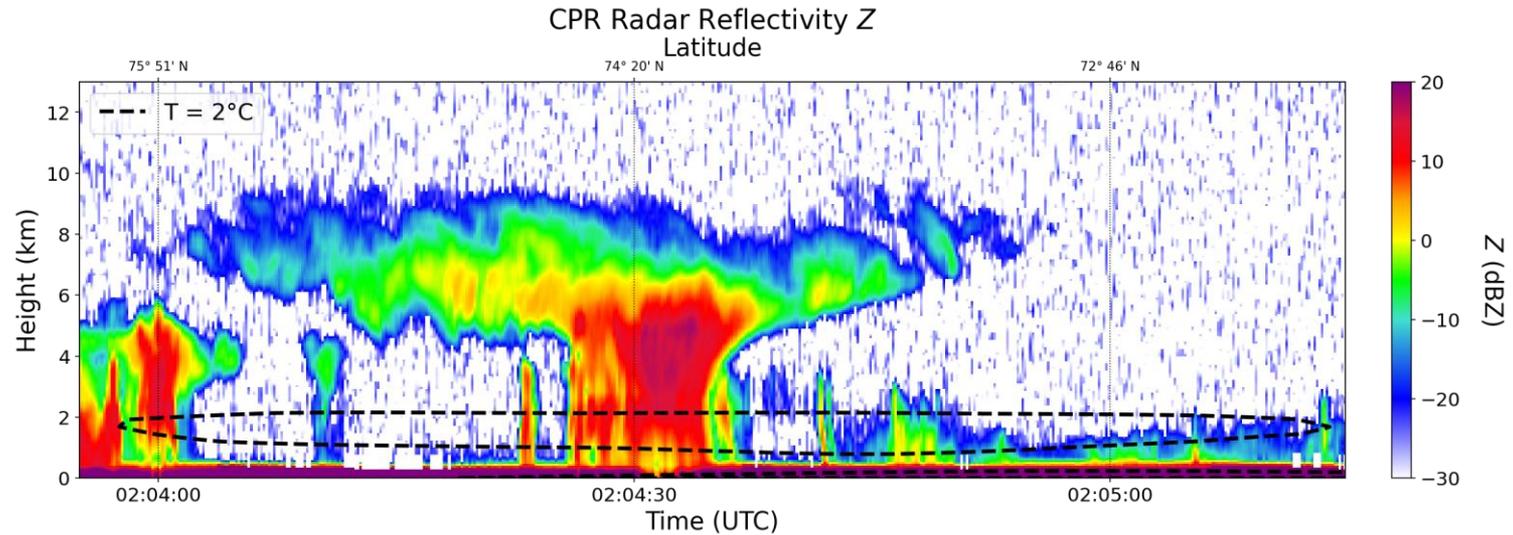
- dans une « atmosphère chaude » ( $T > 0^{\circ}\text{C}$ )
- lorsque  $Z \geq -17$  dBZ
- venant d'un nuage de glace

# Température - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28890 - 29390)



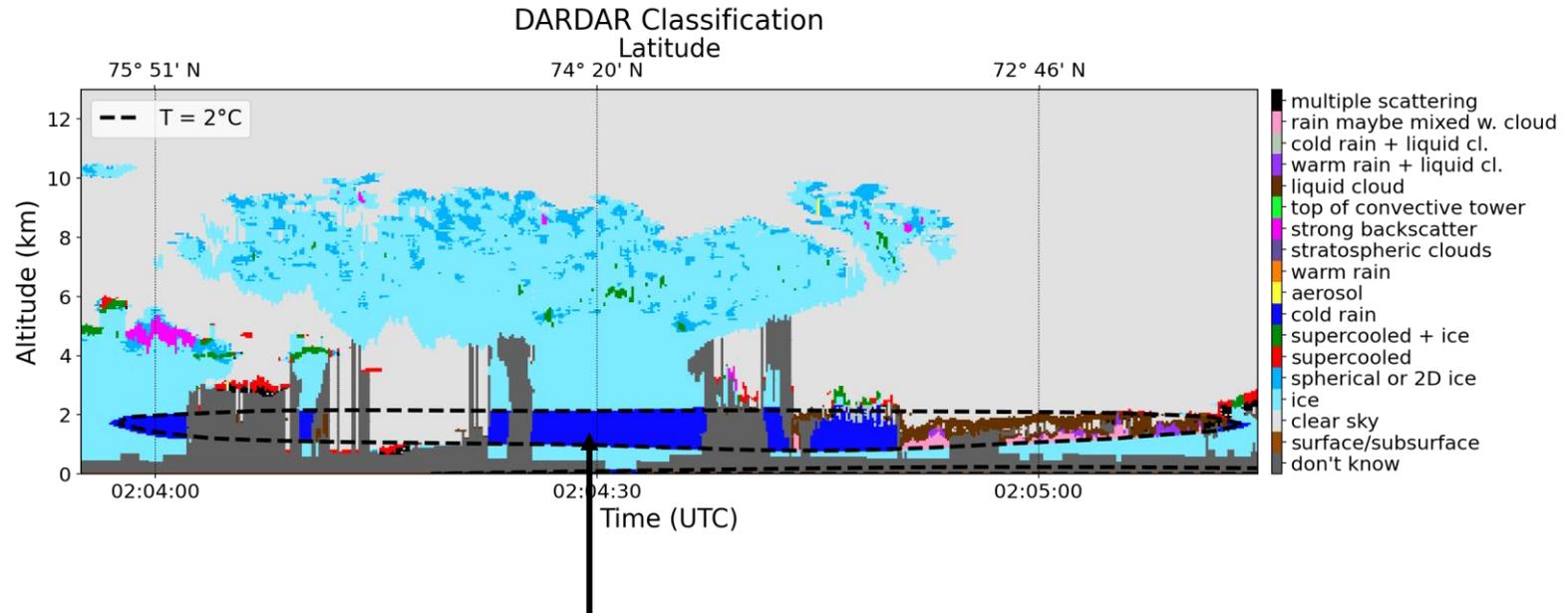
- Températures positives ( $> 2^{\circ}\text{C}$ )
- Valeurs de réflectivité ? (zone de fonte ?)

# Réflexivité radar Z - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28890-29390)



- Températures positives
- Pas de zone de fonte distincte

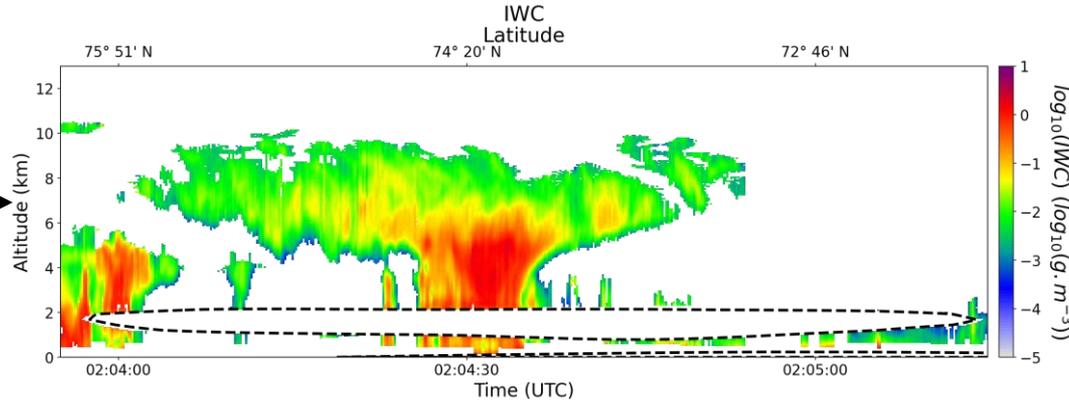
# Classification (Zoom) - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28890-29390)



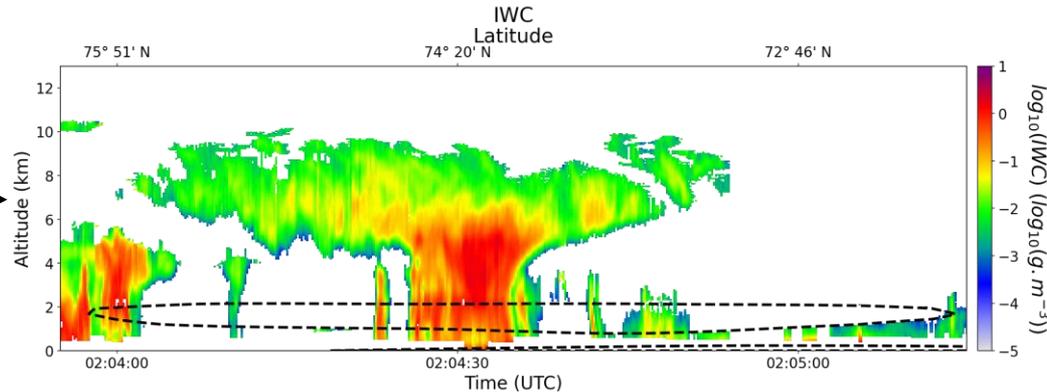
« pluie froide » traitée comme de la glace

# Résultats - DARDAR-MASK\_2019133004652\_69455\_V2-23 (28890-29390)

Pluie non traitée  
par VarPy\*



Pluie traitée  
comme de la glace  
par VarPy\*

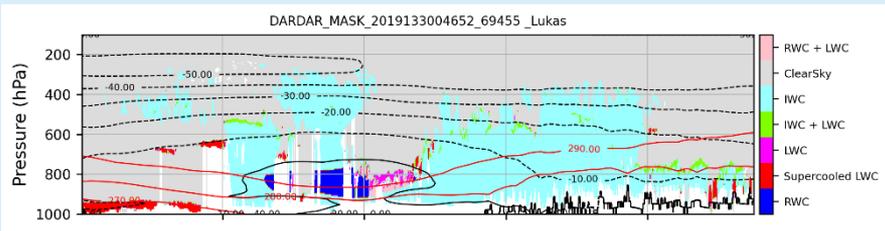
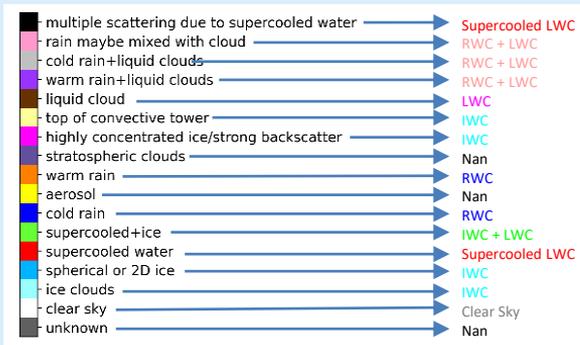
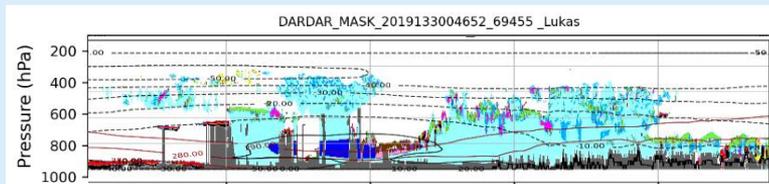


Restitution des propriétés  
( $\alpha$ , IWC,  $r_e$ , ...) pour les  
zones qui n'étaient pas  
traitées avant

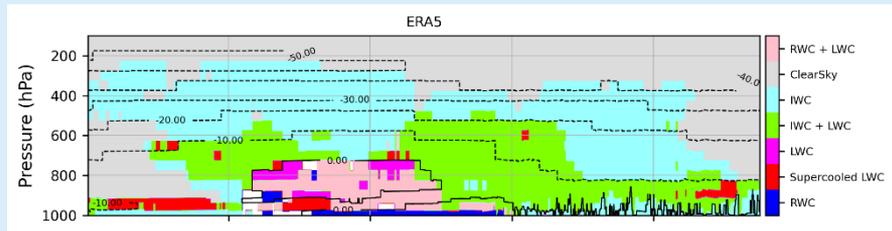
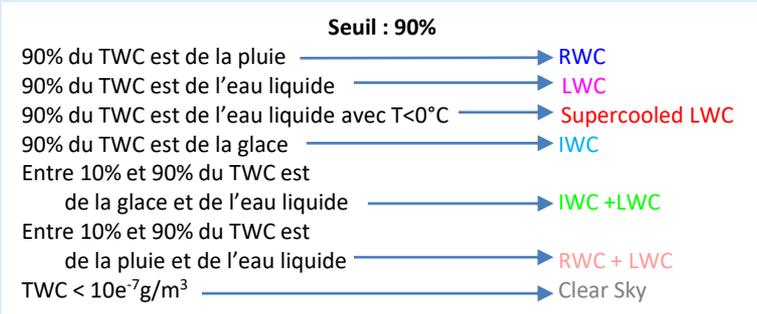
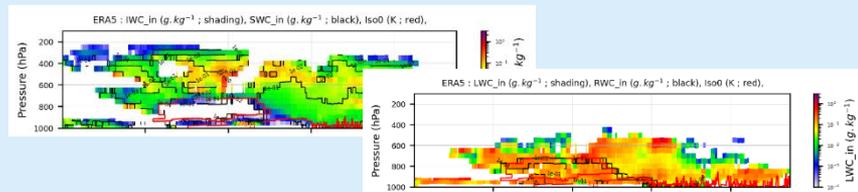
\*version "glace uniquement", Delanoë and Hogan 2008

# Comparaison d'occurrences :

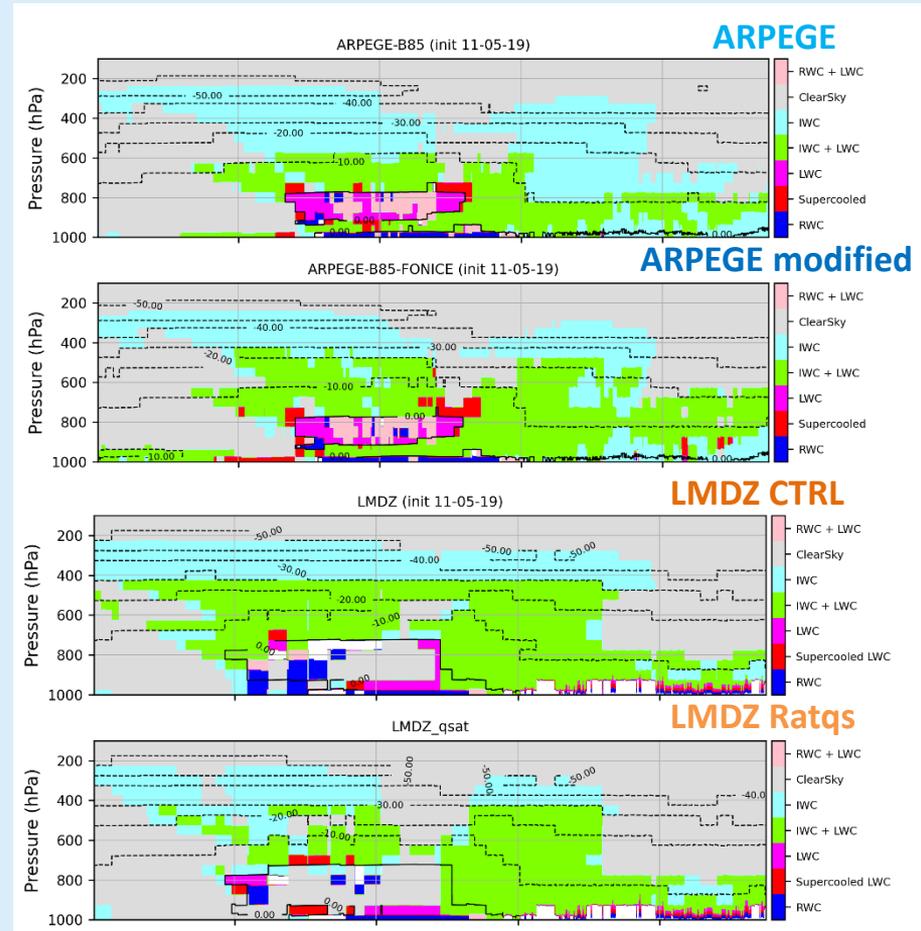
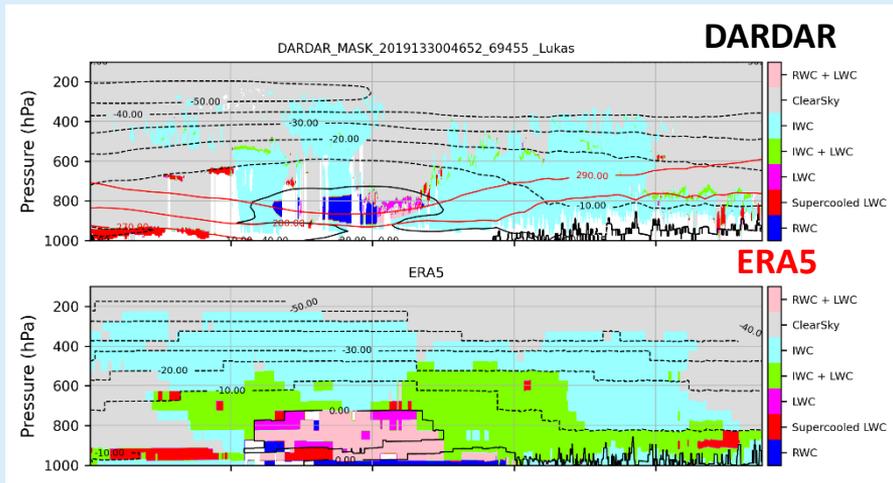
## Catégorisation DARDAR



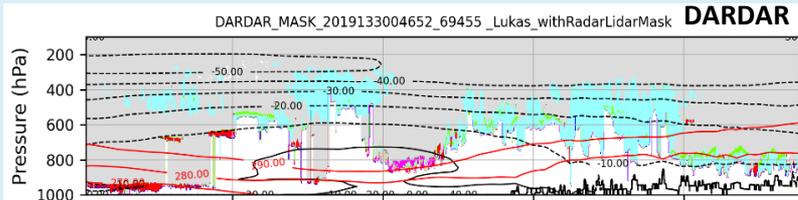
## Catégorisation dans modèle (ex : ERA5)



# Sensibilité à la fonction de répartition eau/glace



# Sur-représentation de la glace en milieu de troposphère



## Observations :

Suppression des données pour ne garder que données avec signal des deux instruments

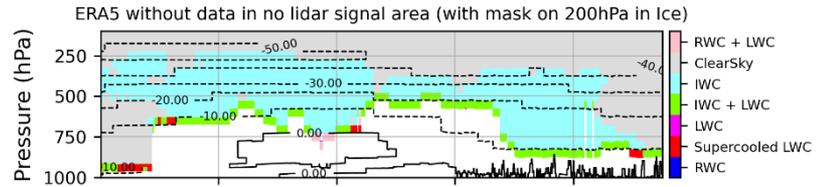
- lidar éteint, atténué
- radar (clutter)

## Modèles :

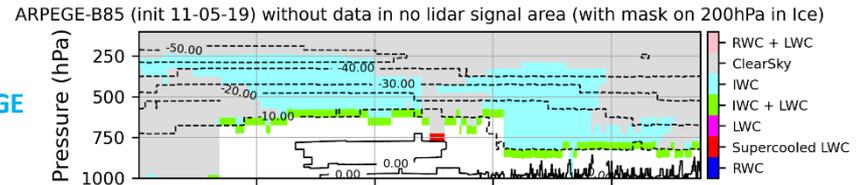
Simulateur simplifié de l'atténuation du signal lidar



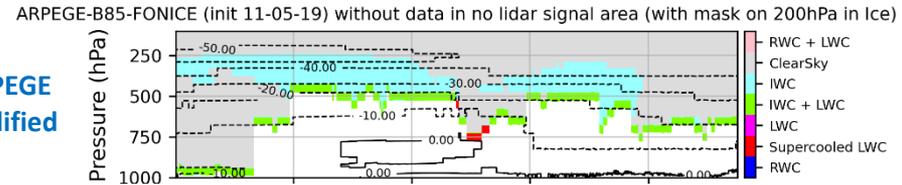
ERA5



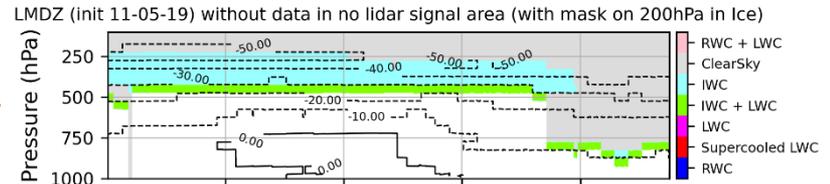
ARPEGE



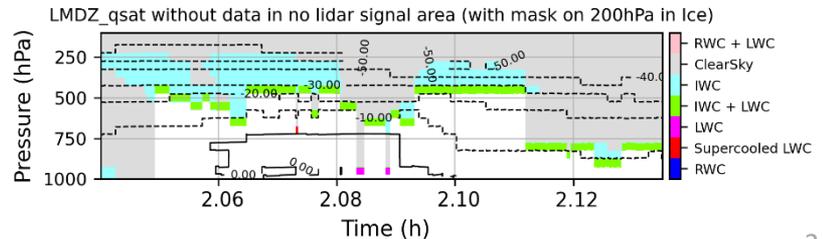
ARPEGE modified



LMDZ CTRL

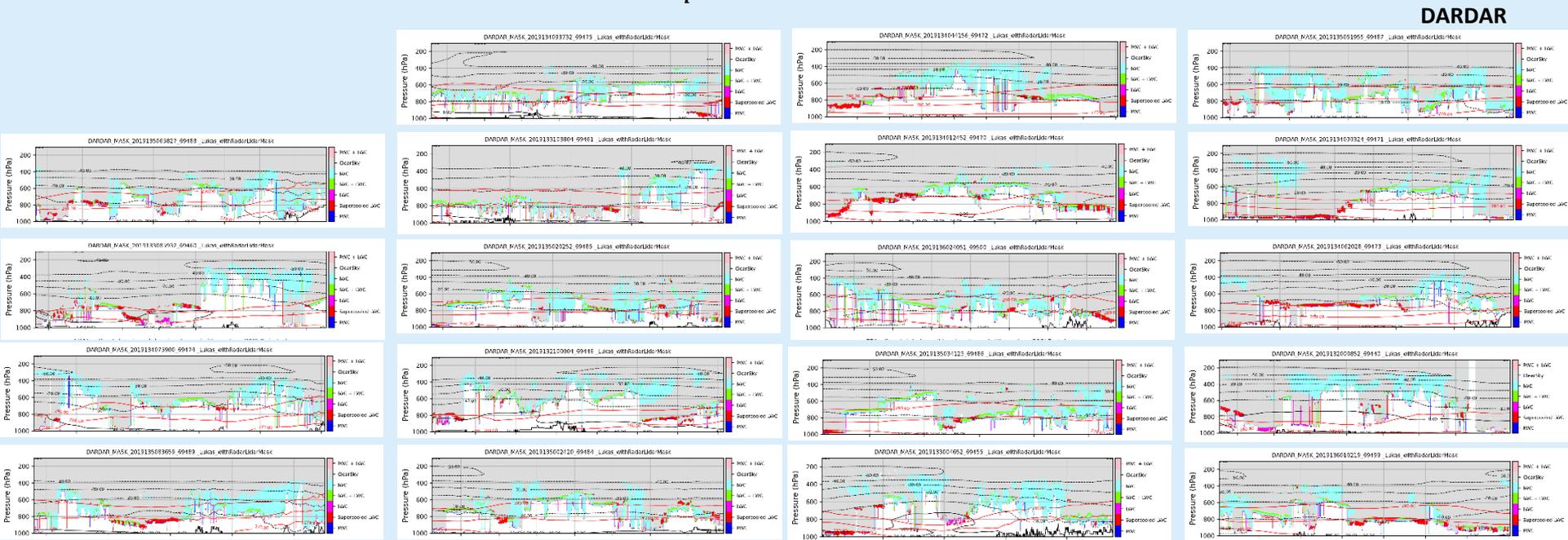


LMDZ Ratqs



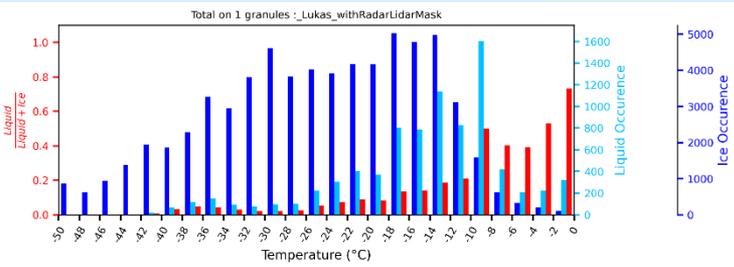
# Fonction de répartition eau/glace en occurrence: statistiques sur toutes les granules

$$r = \frac{\text{Liquid Occurences}}{\text{Liquid + Ice Occurences}}$$

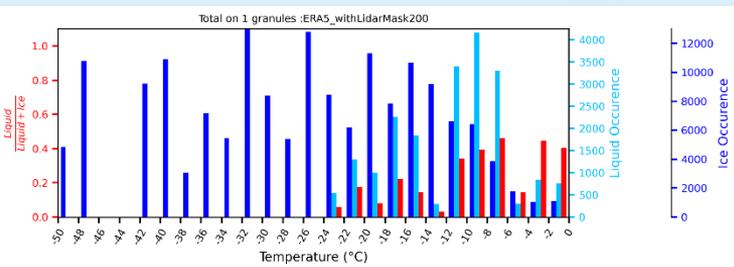


# Fonction de répartition eau/glace en occurrence: Prédicteur : Température

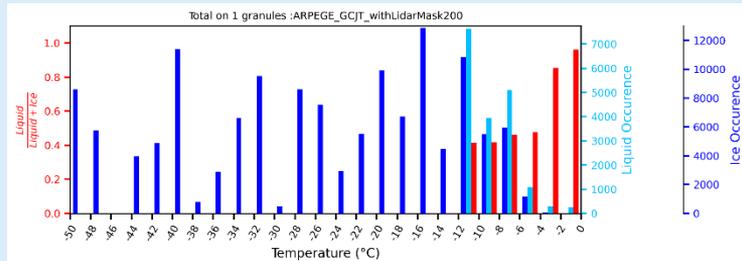
**DARDAR**



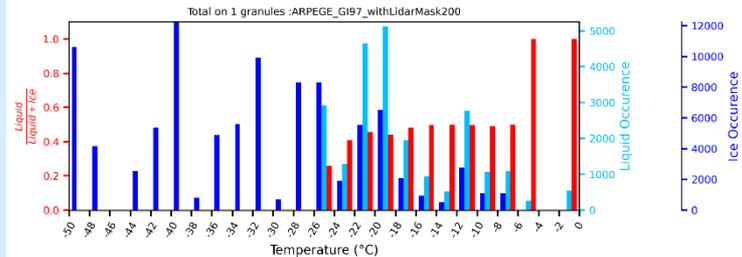
**ERA5**



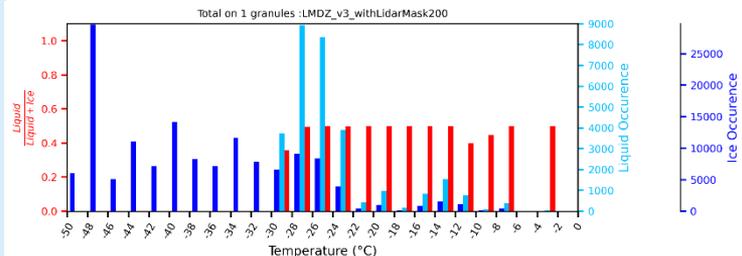
**ARPEGE**



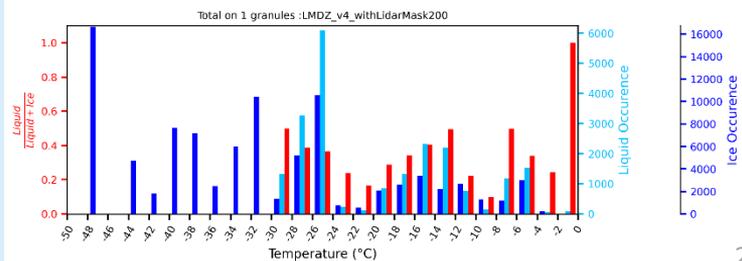
**ARPEGE modified**



**LMDZ CTRL**



**LMDZ Ratqs**

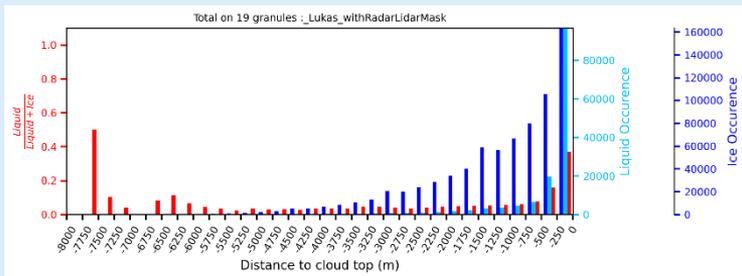


# Fonction de répartition eau/glace en occurrence:

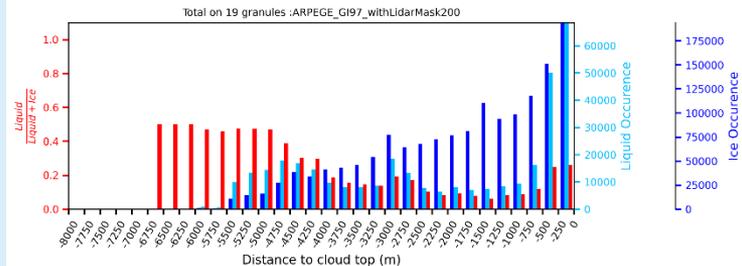
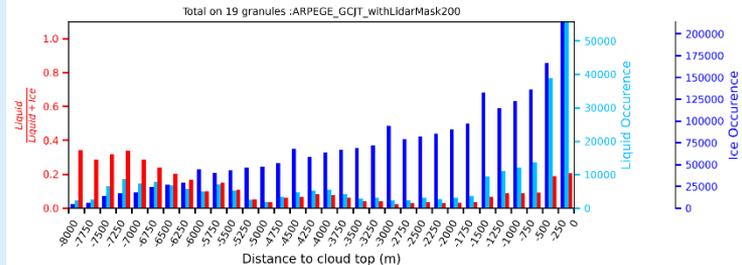
## Prédicteur : Distance au sommet du nuage

ARPEGE

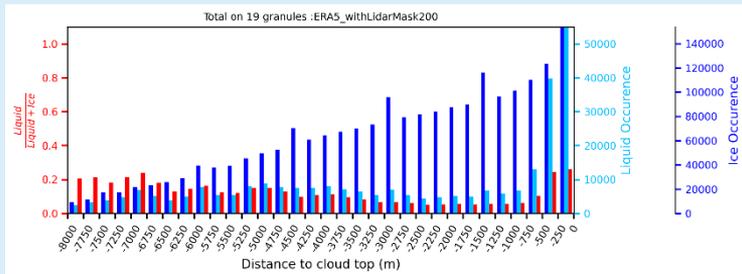
DARDAR



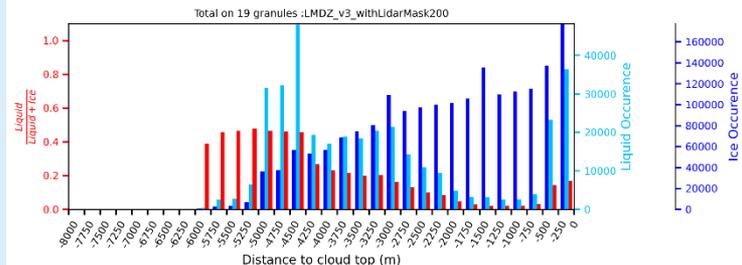
ARPEGE modified



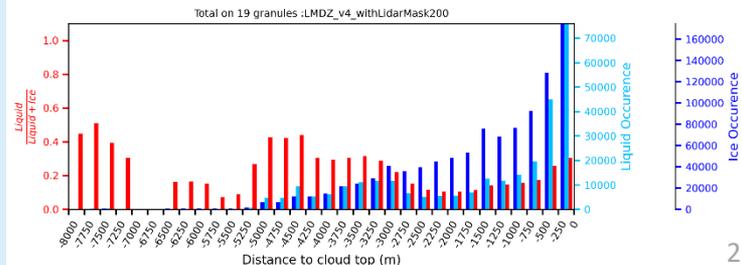
ERA5



LMDZ CTRL

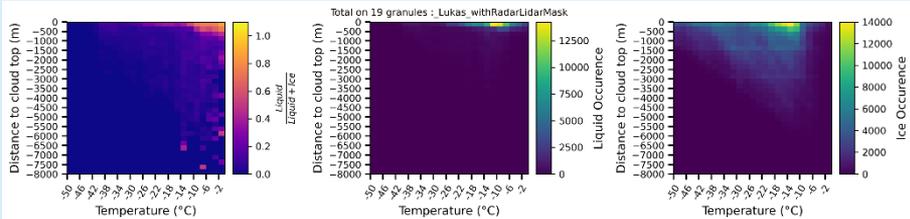


LMDZ Ratqs

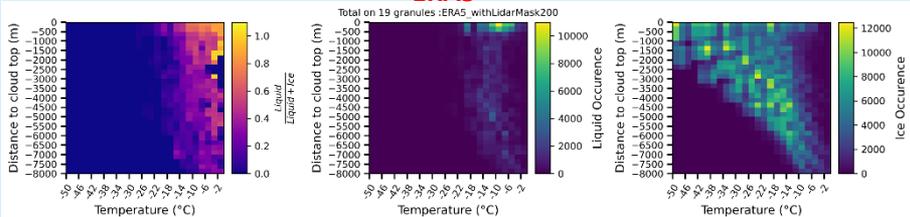


# Fonction de répartition eau/glace en occurrence: Prédicteurs : T et D

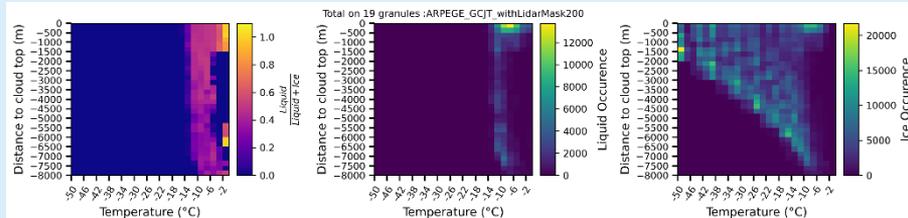
## DARDAR



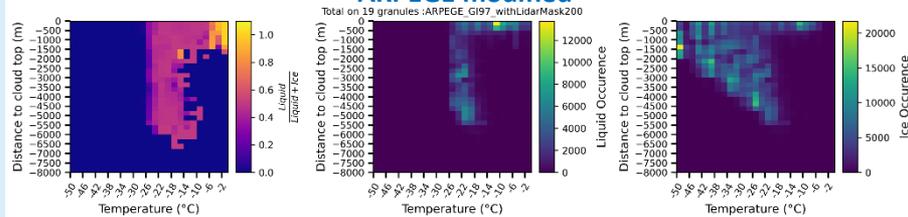
## ERAS



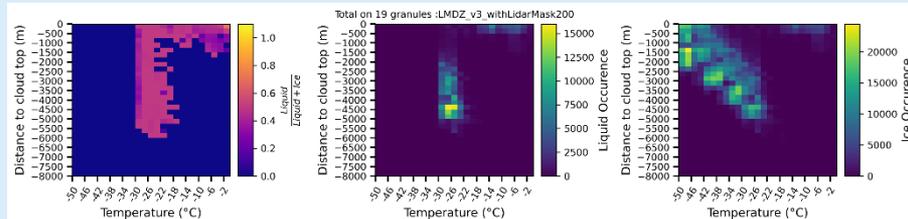
## ARPEGE



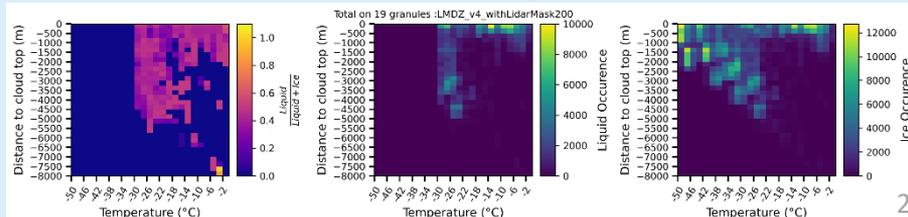
## ARPEGE modified



## LMDZ CTRL

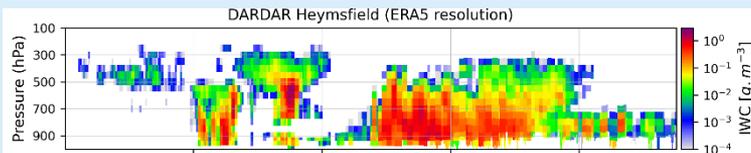


## LMDZ Ratqs

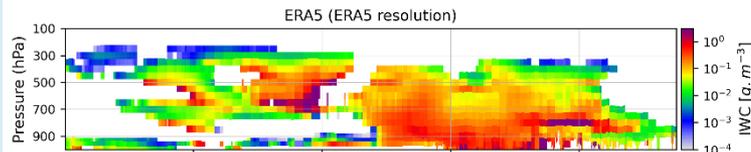


# IWC (cloud ice + snow)

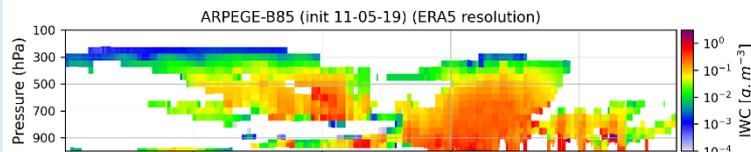
DARDAR



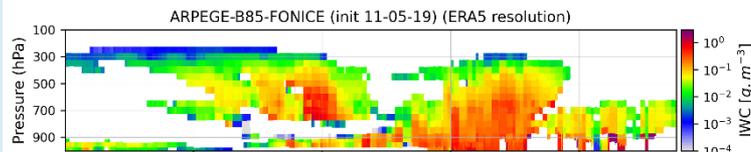
ERA5



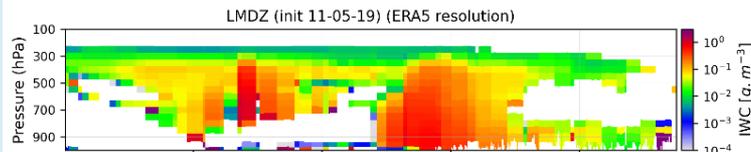
ARPEGE



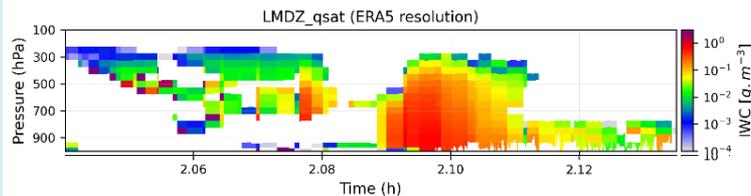
ARPEGE modified



LMDZ CTRL

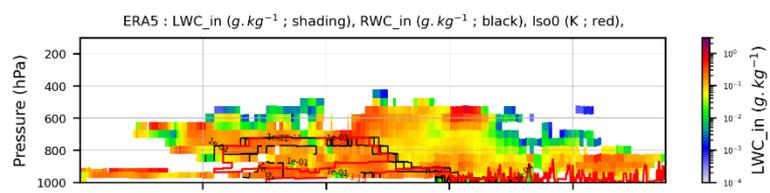


LMDZ Ratqs

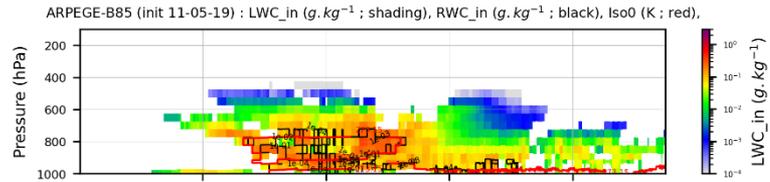


# LWC (cloud liquid)

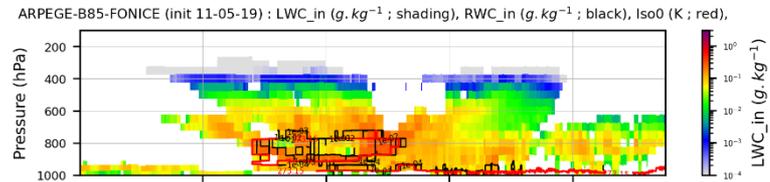
ERA5



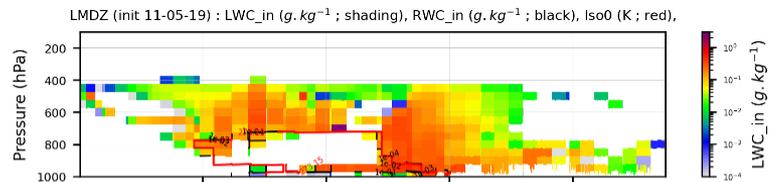
ARPEGE



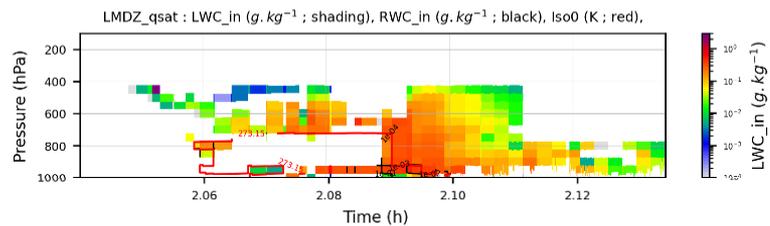
ARPEGE modified



LMDZ CTRL



LMDZ Ratqs



# Conclusion

- Modèles peinent à représenter les structures d'eau liquide surfondue
- Fonction de répartition eau/glace autorisant de l'eau liquide à plus faible température ne donne pas une meilleure structure de l'eau liquide surfondue
- Occurrences d'eau liquide :
  - Sur-estimation à basse température (-20° - 0°)
  - Sous-estimation à température très négative (-40°C)
  - Sur-estimation à forte distance au sommet du nuage
- IWC+SWC :
  - Contenus plus élevés avec LMDZ et plus proches de DARDAR
  - ARPEGE : Changement de fonction de répartition eau/glace augmente les contenus
  - LMDZ : Modification de Ratqs représente mieux les contenus en altitude
- LWC :
  - LMDZ plus proche d'ERA5
  - ARPEGE : Changement de fonction de répartition eau/glace n'augmente pas les contenus mais autorise de l'eau liquide surfondue à plus haute altitude
  - LMDZ : Modification de Ratqs limite l'eau liquide surfondue en altitude

# Perspectives

- Utilisation des sorties Varpy pour avoir le LWC de DARDAR
- Utilisation d'un simulateur CloudSat-CALIPSO dans LMDZ (COSP) pour valider le simulateur simplifié d'atténuation du signal lidar dans les modèles
- Vérification que les résultats sur la distance au sommet du nuage ne viennent pas de limite de détection des instruments
- Etablir une fonction de répartition eau/glace dépendant de T et D

Merci pour votre attention