

Impact de la convection profonde
sur le bilan de glace dans la TTL
pendant un épisode MJO
au-dessus de l'océan Indien

- AMA 2021 -

Iris Dion
et Jean-Pierre Chaboureau

- 9 Mars 2021 -

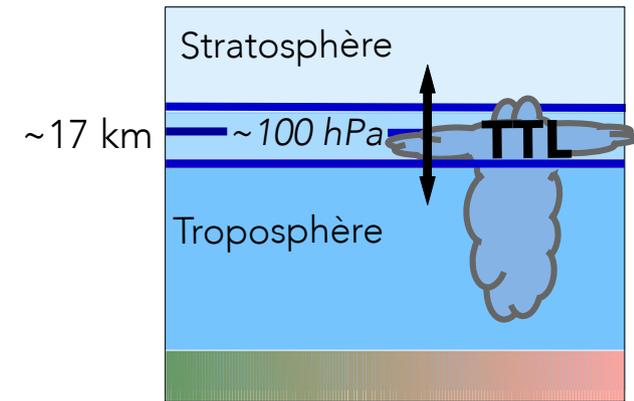
Laboratoire d'Aérodologie, Université de Toulouse, CNRS, UPS, Toulouse, France
Correspondence: Iris Dion (Iris-Amata.dion@aero.obs-mip.fr)

Introduction

Contexte :

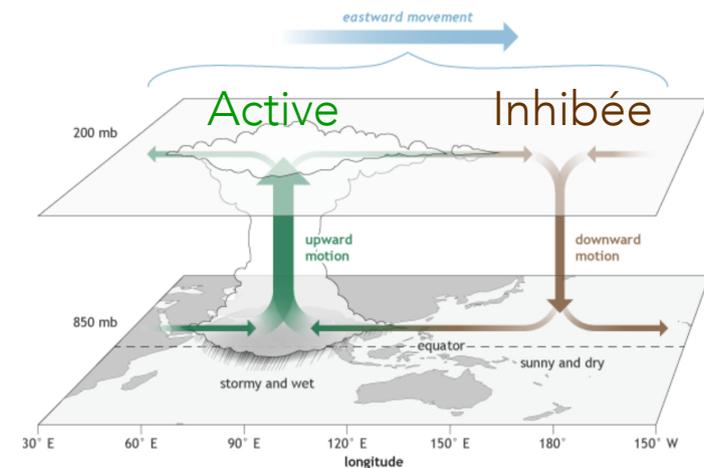
- Tropical Tropopause Layer (TTL) :
échange de masses d'air entre troposphère et stratosphère
- Vapeur d'eau et glace dans la TTL :
 - effet radiatif sur le climat,
 - impact sur la couche d'ozone stratosphérique
- Bilan hydrique de la TTL → impacté en partie par l'activité convective profonde
(e.g., Liu and Zipser, 2005; Jensen et al., 2017; Dauhut et al., 2018; Dion et al., 2019)

↳ processus encore peu quantifiés.



Objectif :

- Quantifier les processus impactant le bilan de glace dans la TTL durant l'activité convective profonde
- MJO : phase active → épisode de convection profonde
phase inhibée → convection inhibée



Madden Julian Oscillation (MJO)
Climate.gov drawing by Fiona Martin.

TRMM-3B42

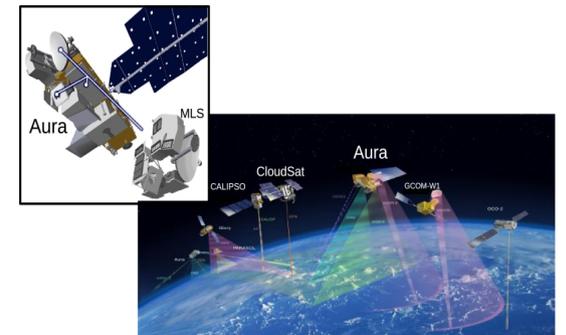
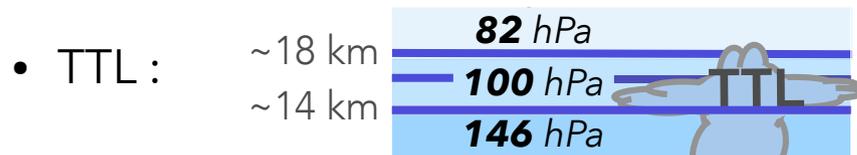
- Analyse de précipitation multi-satellite (micro-onde et infrarouge)
- Produit des **précipitations** tropicales : analyse l'**activité convective**
- Résolution temporelle **3 h**, résolution spatiale $0,25^\circ \times 0,25^\circ$

MSG

- Météosat Seconde Génération : indicateurs de nuages convectifs (Temp. de brillance : $10.8 \mu\text{m}$) et des percées nuageuses atteignant TTL (Diff TB : $10.8-6.2 \mu\text{m}$)
- 41.5° E sur l'Océan Indien.
- Résolution temporelle **3 h**, résolution spatiale **4 km** ($0,035^\circ \times 0,035^\circ$)

MLS

- **température, vapeur d'eau (WV) et contenu en glace (IWC) : informe sur le bilan hydrique en TTL**
- Héliosynchrone : 2 mesures/j dans les tropiques : 01:30 LT et 13h30 LT



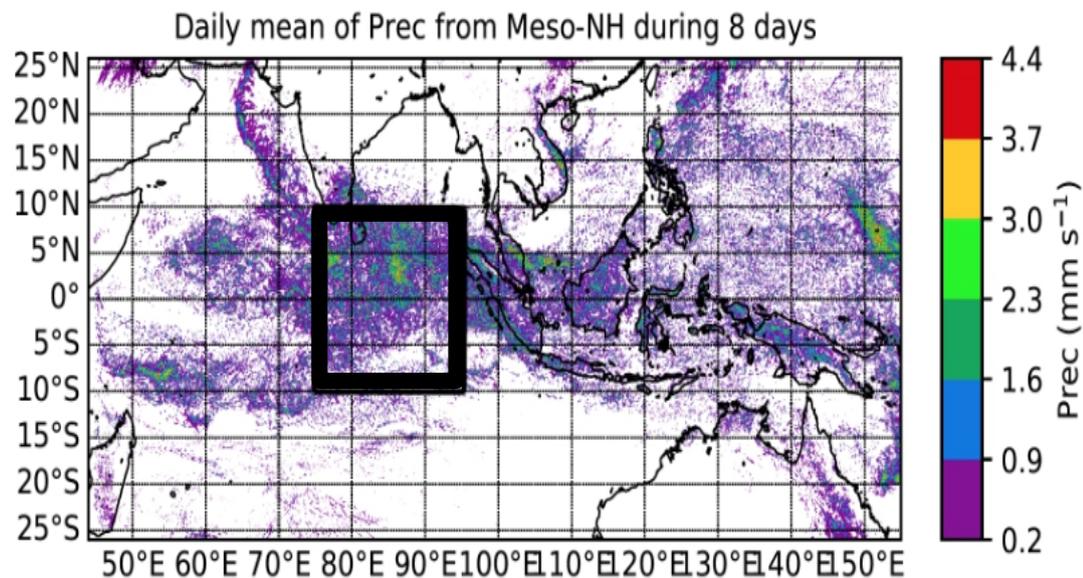
Aura satellite sur le groupe A-train

ECMWF

- température **et** WV, résolution temporelle de 6 h

Meso-NH

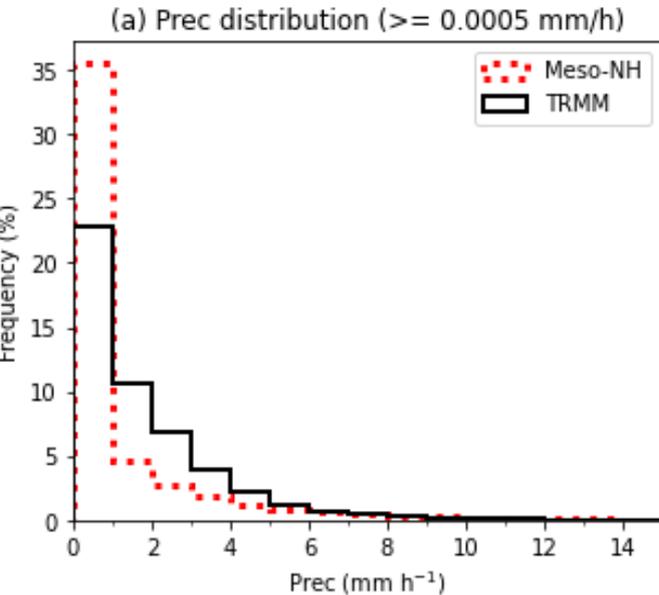
- **Analyse comparative** avec une simulation du modèle
- Kuznetsova et al. (2019)
- Océan Indien
- **8 jours**: 23 au 30 Novembre 2011 (= MJO)
- Simulation à activité convective explicite (pas de paramétrisation de la convection profonde)
- Basé sur les analyses ECMWF
- Haute résolution - temporelle **3 h**,
- spatiale **4 km** ($0,035^\circ \times 0,035^\circ$)
- **340 millions** de points de grille



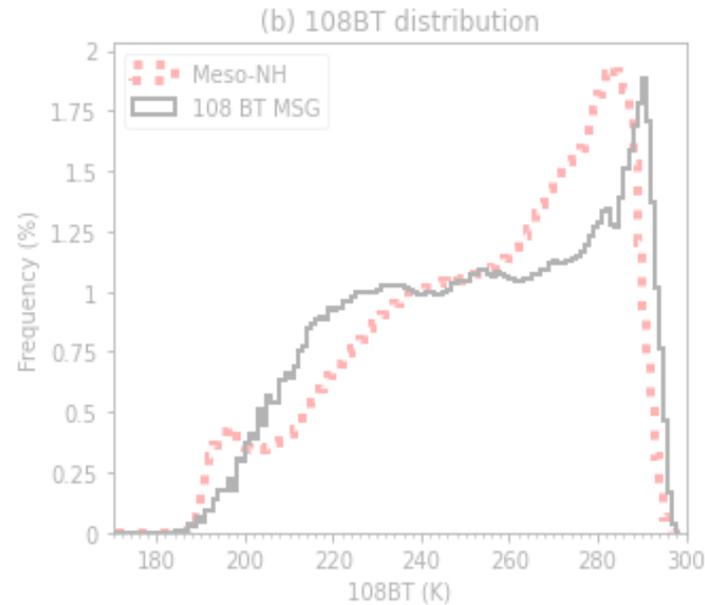
- ↳ Encadré en noir :
- Max de Prec sur les 8 jours
 - zone d'étude de la convection profonde **océanique**

Evaluation de la convection profonde atteignant la TTL

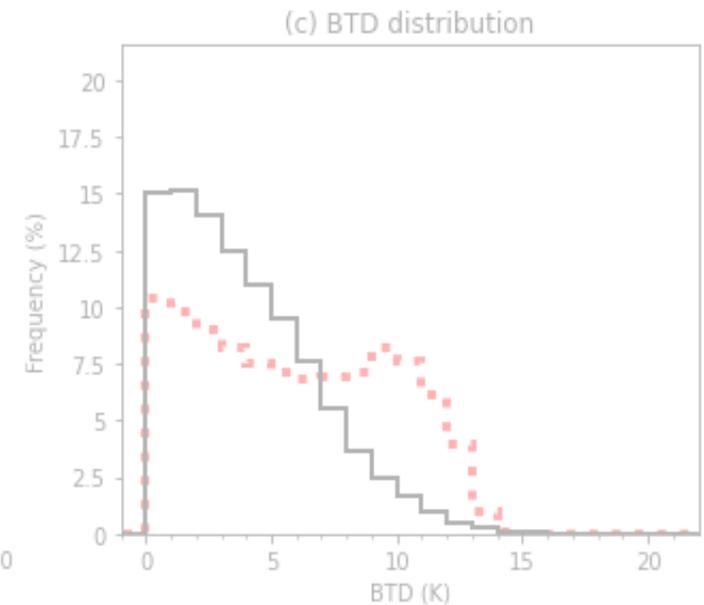
Précipitations



Nuages convectifs



Percées nuageuses



108BT = température du sommet du nuages convectifs ; BTD = transport vertical de WV par convection profonde ; BTD TTL = percées nuageuses atteignant la TTL

Résultats:

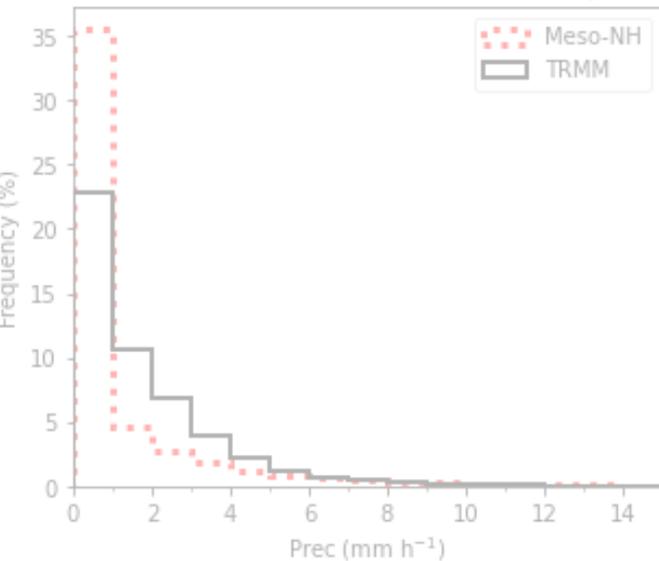
- Plus de précipitations convectives pour TRMM que Meso-NH
(Prec > 1 mm/h \rightarrow 23% pour TRMM et 12% pour Meso-NH)

Résultats : 1. Distributions des précipitations et de l'activité convective profonde dans la TTL

Evaluation de la convection profonde atteignant la TTL

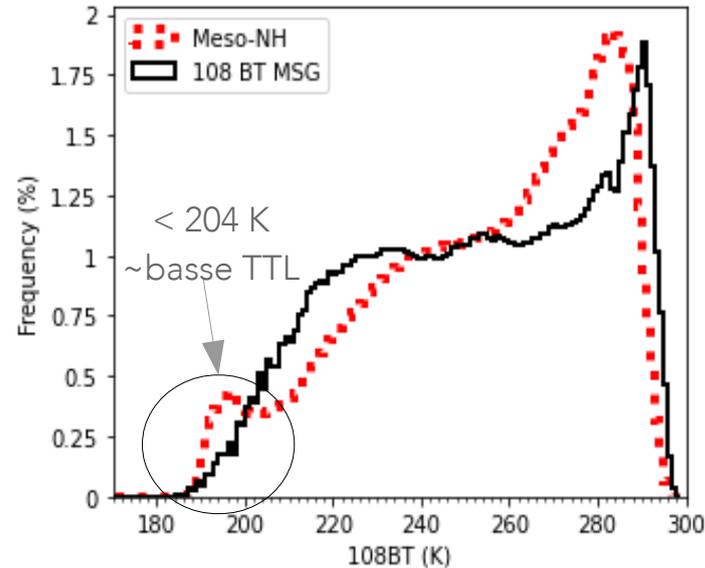
Précipitations

(a) Prec distribution (≥ 0.0005 mm/h)



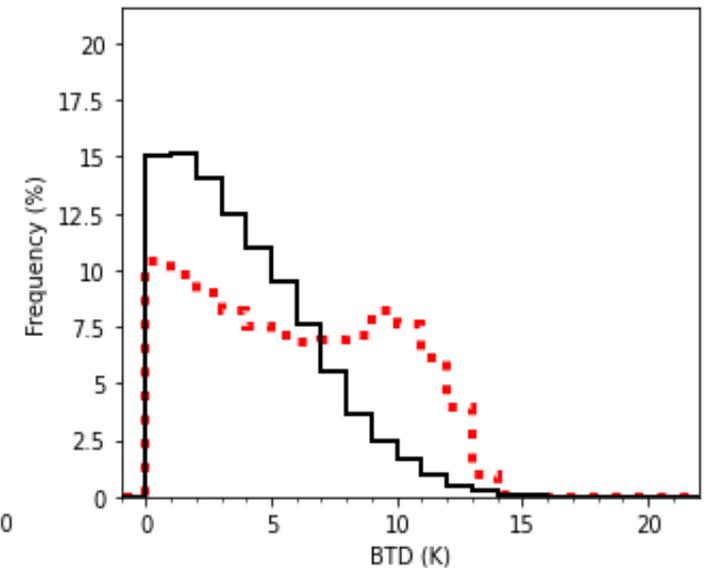
Nuages convectifs

(b) 108BT distribution



Percées nuageuses

(c) BTD distribution



108BT = température du sommet du nuages convectifs ; BTD = transport vertical de WV par convection profonde ; BTD TTL = percées nuageuses atteignant la TTL

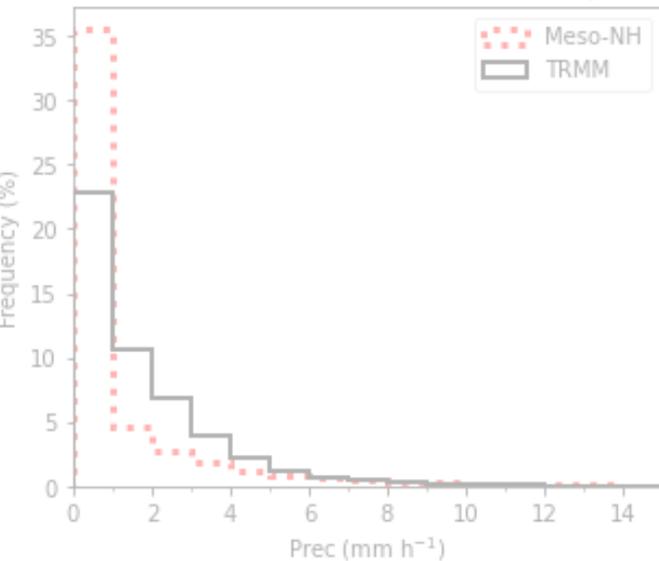
Résultats:

- Plus de précipitations convectives pour TRMM que Meso-NH
(Prec >1 mm/h \rightarrow 23% pour TRMM et 12% pour Meso-NH)
- $\sim 5\%$ du domaine couvert par des nuages convectifs atteignant la TTL
- $\sim 5\%$ du domaine couvert par des percées nuageuses atteignant la TTL
 ↳ tous les nuages convectifs atteignant la TTL sont des percées nuageuses.

Evaluation de la convection profonde atteignant la TTL

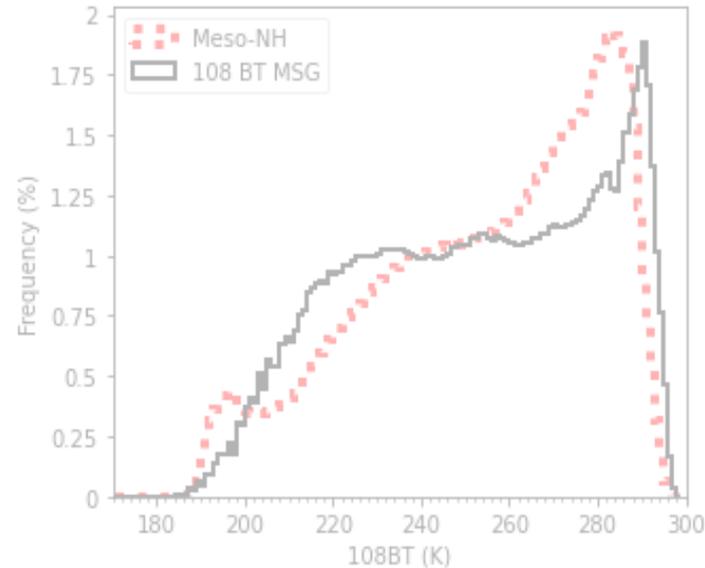
Précipitations

(a) Prec distribution (≥ 0.0005 mm/h)



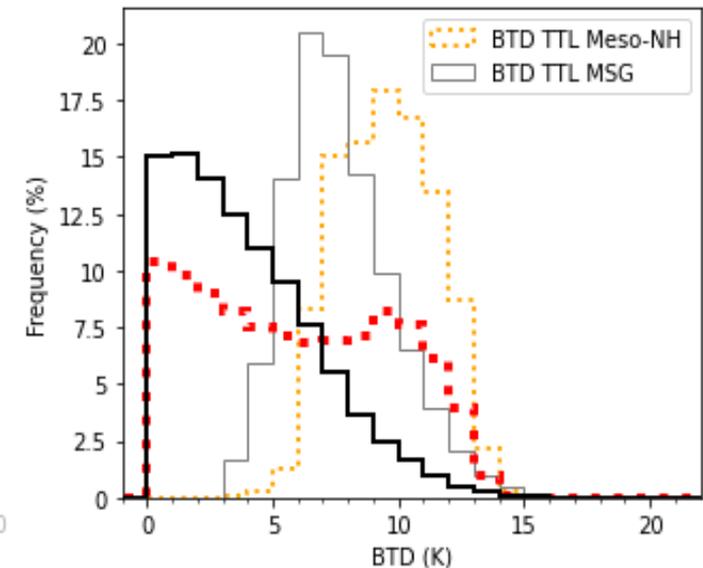
Nuages convectifs

(b) 108BT distribution



Percées nuageuses

(c) BTD distribution



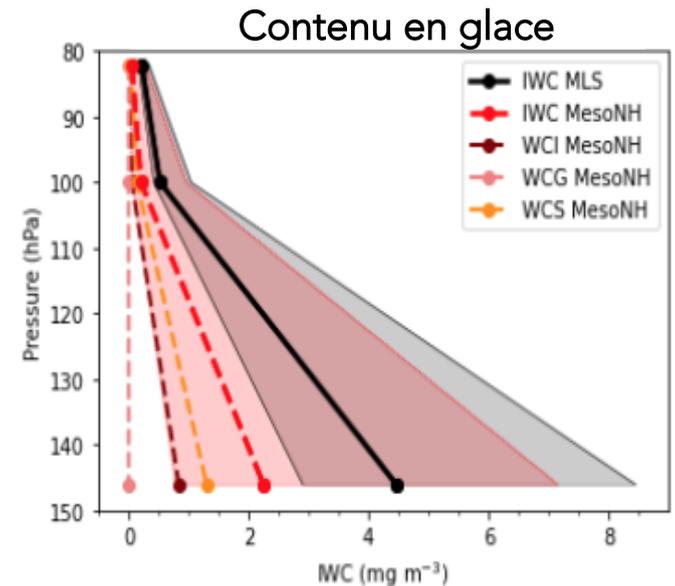
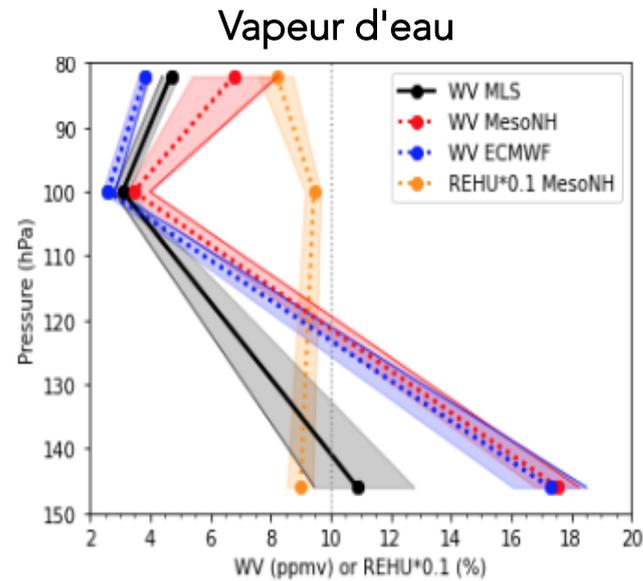
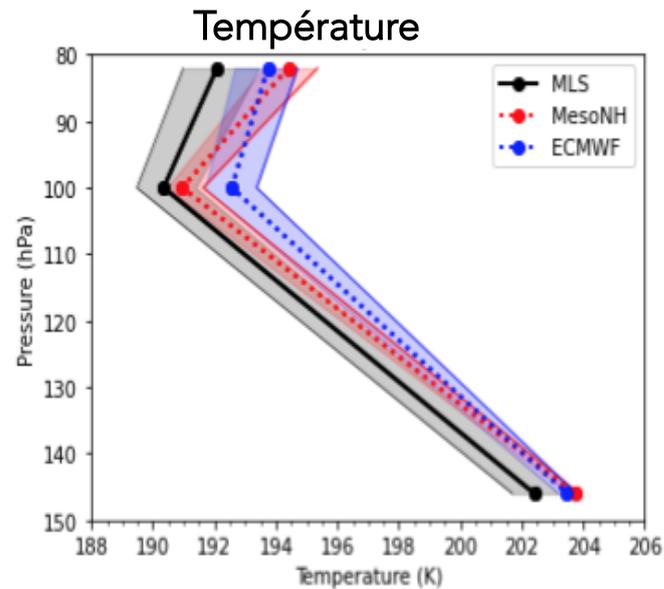
108BT = température du sommet du nuages convectifs ; BTD = transport vertical de WV par convection profonde ; BTD TTL = percées nuageuses atteignant la TTL

Résultats:

- Plus de précipitations convectives pour TRMM que Meso-NH
(Prec > 1 mm/h \rightarrow 23% pour TRMM et 12% pour Meso-NH)
- $\sim 5\%$ du domaine couvert par des nuages convectifs atteignent la TTL
- Les percées nuageuses atteignant la TTL sont plus intenses pour Meso-NH que MSG

Résultats : 2. Profils verticaux des variables relatives à l'eau et aux nuages dans la TTL

Bilan hydrique dans la TTL



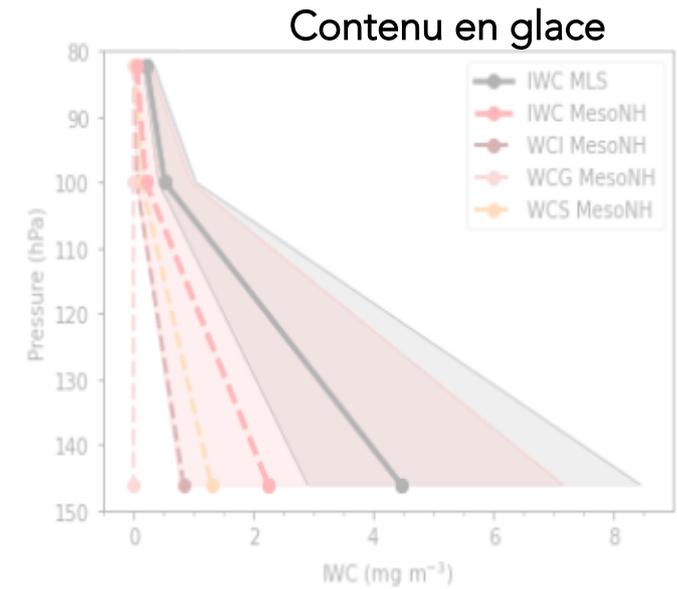
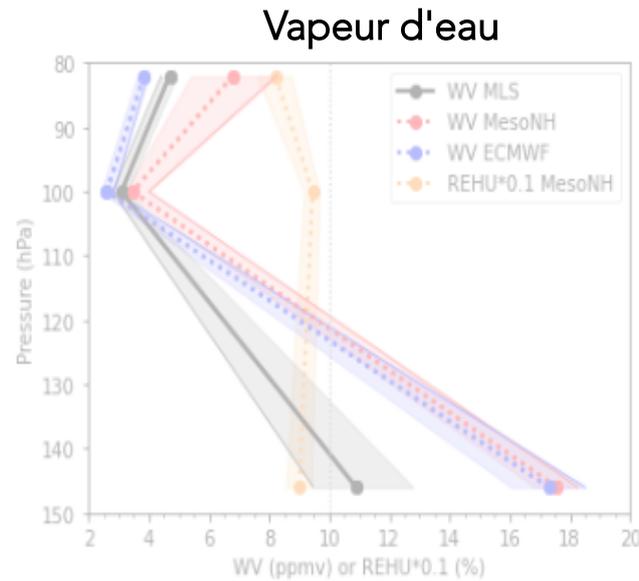
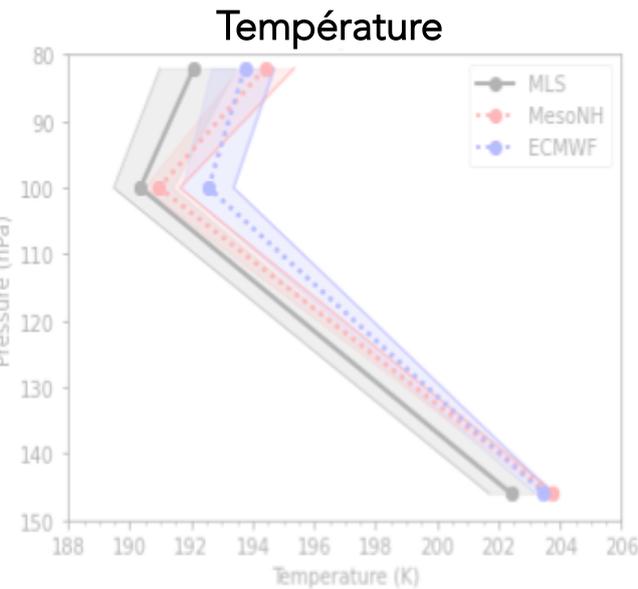
REHU = humidité relative ; *IWC* = teneur en eau de la glace ;
WCI = Glace ; *WCG* = Grésil ; *WCS* = Neige

Résultats:

- Temp et WV minimum à 100 hPa : cold point température (CPT)
- Glace au delà du CPT (jusqu'à 82 hPa)
- Contenu en glace : principalement composé de **neige** (~63 %) > **glace** (~36 %) > **grésil** (~0.03 %)

Résultats : 2. Profils verticaux des variables relatives à l'eau et aux nuages dans la TTL

Bilan hydrique dans la TTL

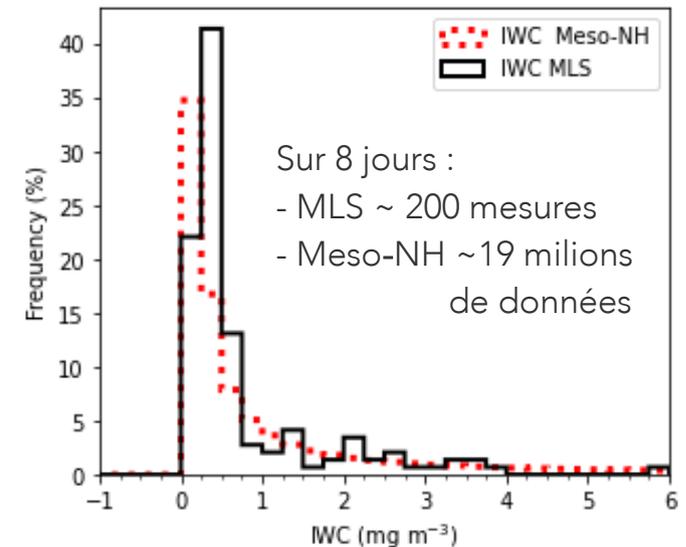


REHU = humidité relative ; *IWC* = teneur en eau de la glace ;
WCI = Glace ; *WCG* = Grésil ; *WCS* = Neige

Résultats:

- Temp et WV minimum à 100 hPa :
 → cold point température (CPT)
- Glace au delà du CPT (jusqu'à 82 hPa)
- Contenu en glace : principalement composé de **neige** (~63 %) > **glace** (~36 %) > **grésil** (~0.03 %)
- Distribution **uni-modale** de la **glace** dans la TTL pour les deux jeux de données.

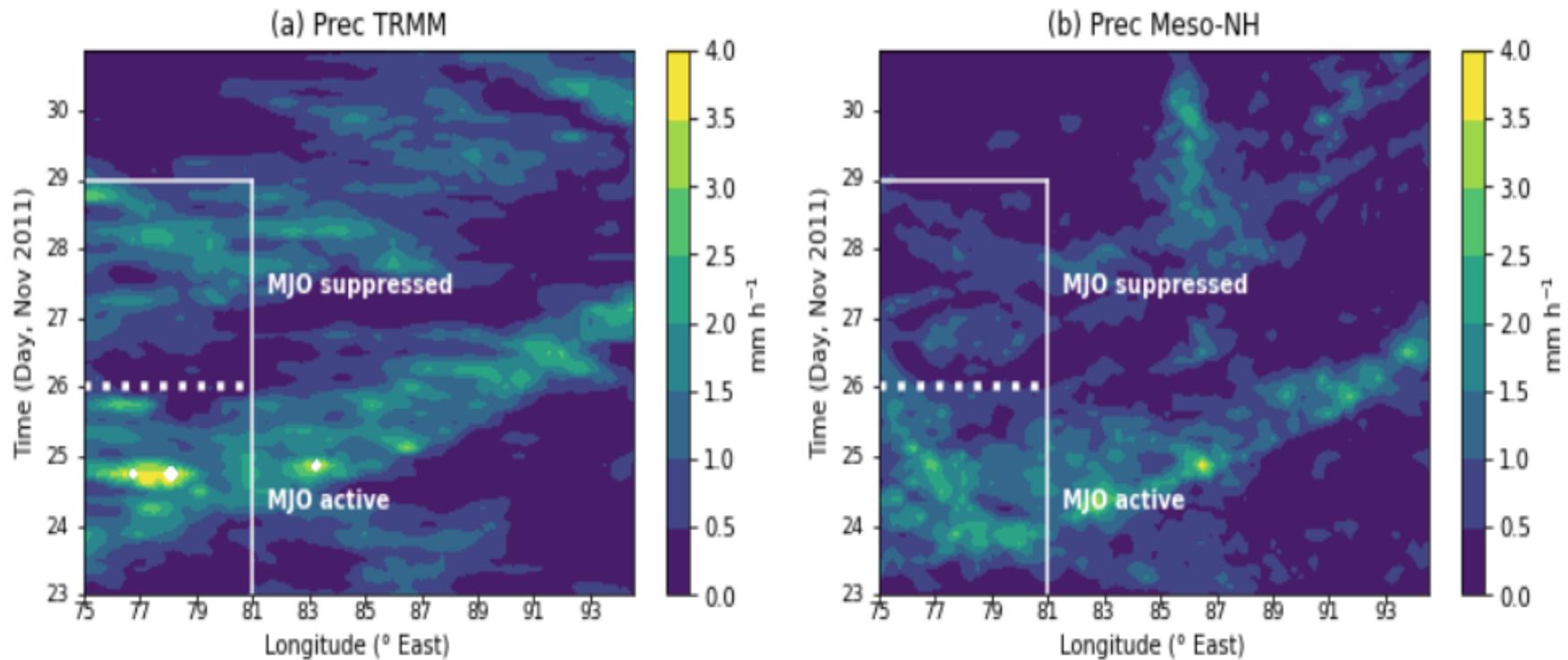
(f) IWC distribution, 100 hPa



Sur 8 jours :
 - MLS ~ 200 mesures
 - Meso-NH ~ 19 millions de données

Distribution de la glace à 100 hPa ⁹

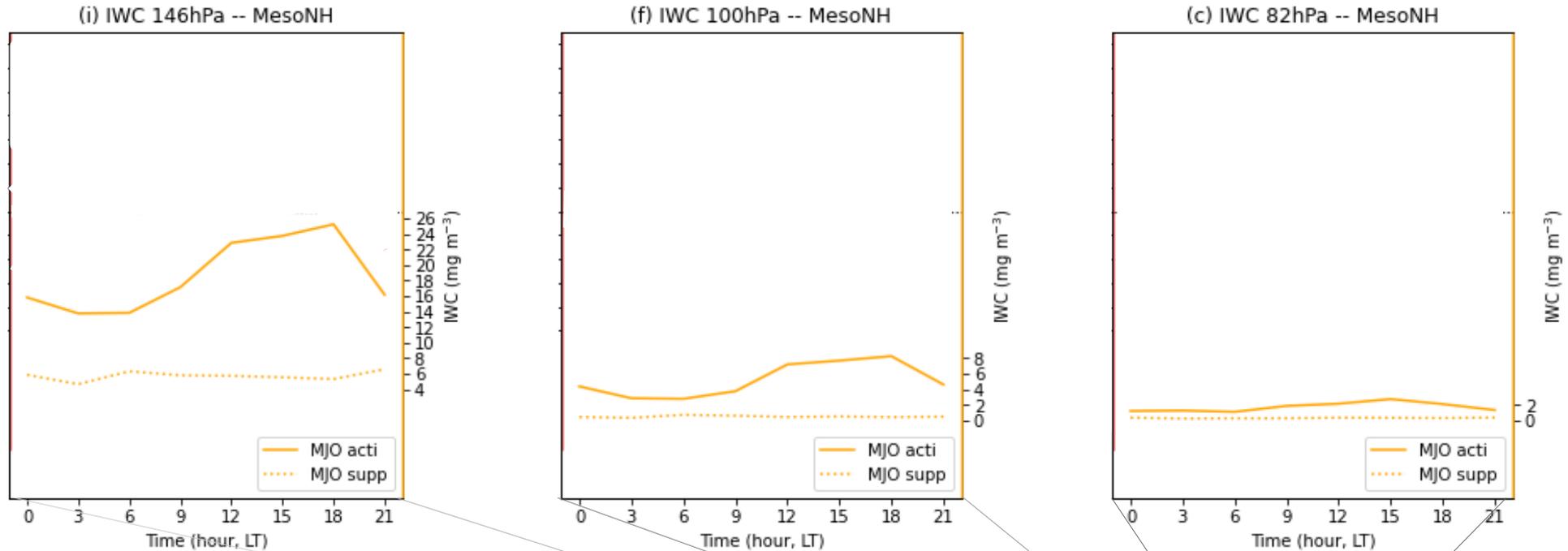
Distinction d'une période de MJO active et inhibée



Résultats:

- Bonne **représentation spatiale et temporelle** des précipitations par le Modèle.
- Définition de deux périodes de la MJO :
 - MJO **active** : max de précipitation atteignant **4 mm h⁻¹**
 - MJO **inhibée** : max de précipitation atteignant **1.5-2.5 mm h⁻¹**

Résultats : 4. Cycles diurnes de la glace durant la MJO active et inhibée



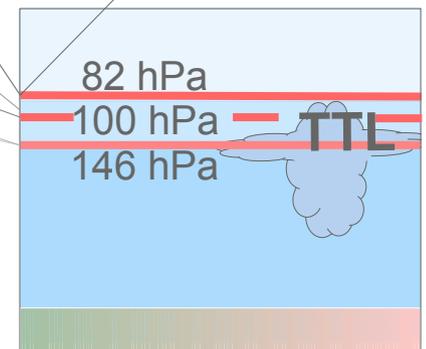
Résultats:

- Valeurs absolues : active > inhibée
- Amplitude diurne : active > inhibée => Injection de glace : active > inhibée

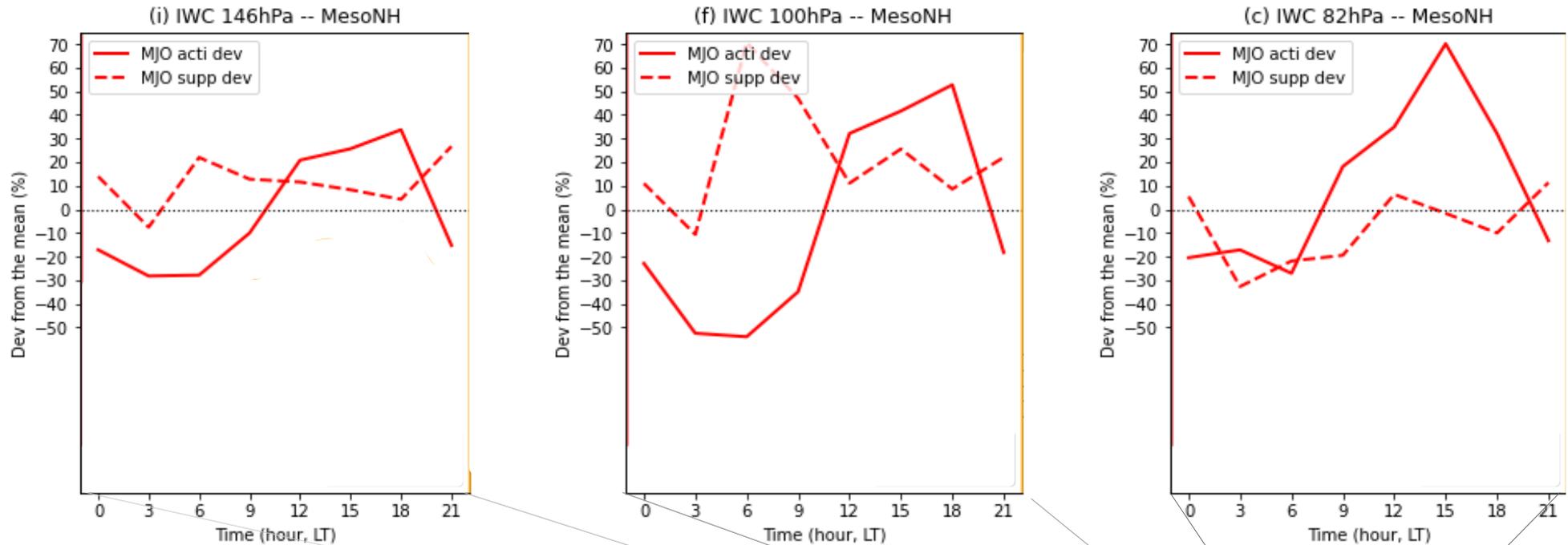
82 hPa : $\sim 1.6 \text{ mg m}^{-3} > \sim 0.1 \text{ mg m}^{-3}$
 100 hPa : $\sim 5.5 \text{ mg m}^{-3} > \sim 0.4 \text{ mg m}^{-3}$
 146 hPa : $\sim 11.5 \text{ mg m}^{-3} > \sim 1.9 \text{ mg m}^{-3}$

(Ordre de grandeur trouvé dans Dion et al. 2019 et 2021 à partir d'obs. MLS, moyennées sur 13 ans sur océans, en saison convective ;

sur continents.)

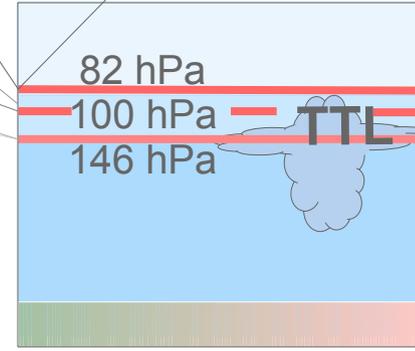


Résultats : 4. Cycles diurnes de la glace durant la MJO active et inhibée



Résultats:

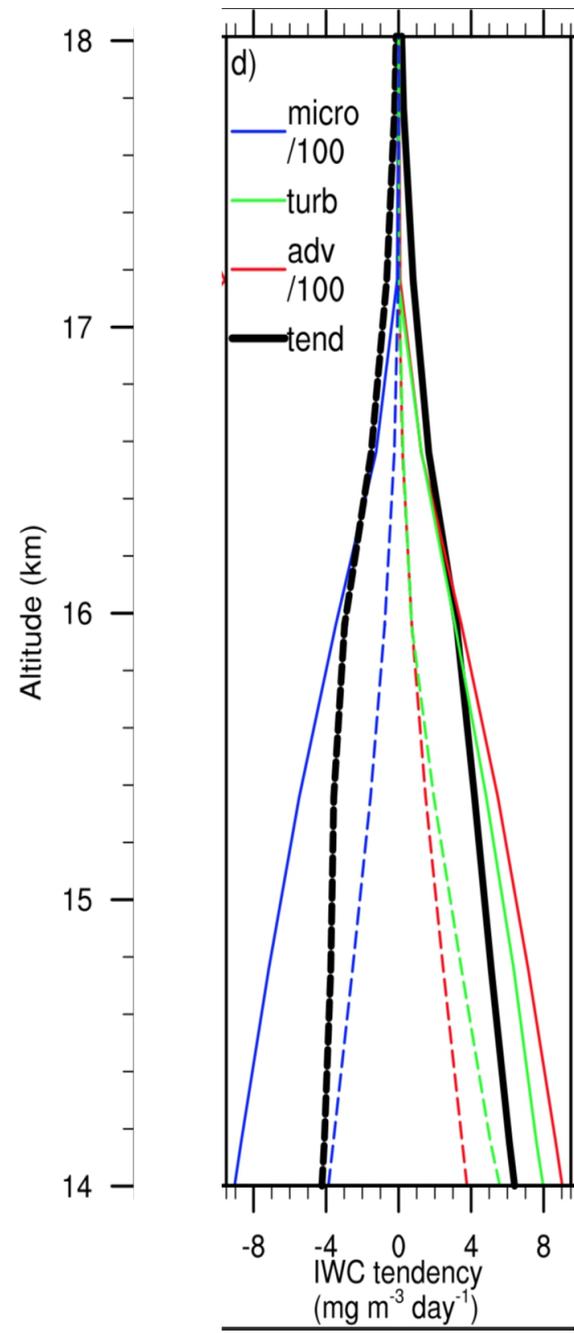
- Valeurs absolues : active > inhibée
- Amplitude diurne : active > inhibée => Injection de glace : active > inhibée
 - 82 hPa : $\sim 1.6 \text{ mg m}^{-3} > \sim 0.1 \text{ mg m}^{-3}$
 - 100 hPa : $\sim 5.5 \text{ mg m}^{-3} > \sim 0.4 \text{ mg m}^{-3}$
 - 146 hPa : $\sim 11.5 \text{ mg m}^{-3} > \sim 1.9 \text{ mg m}^{-3}$
- Phase du cycle : Active → Max l'après-midi 18:00 LT
 Inhibée → Max à 00:00 ou 06:00 LT



Cet épisode de MJO actif sur océan: phase du cycle et injection de glace similaire à ce qu'il est trouvé sur les zones continentales

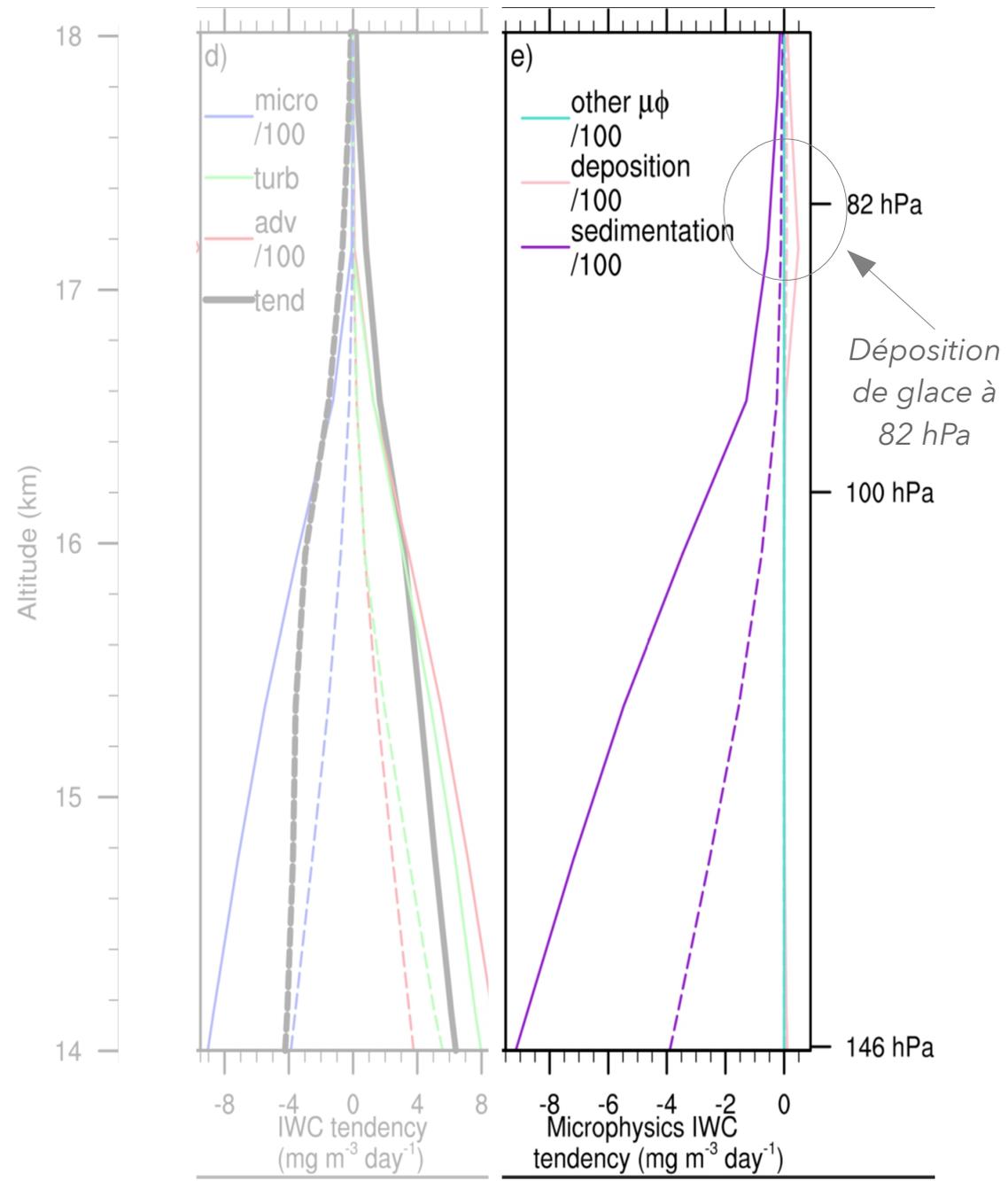
Résultats:

- MJO active : **—**
advection > sédimentation
→ tendance > 0
- MJO inhibée : **- - - - -**
micro-physique > advection
→ tendance < 0



Résultats:

- MJO active : **—**
 advection > sédimentation
 → tendance > 0
 (+déposition à 82 hPa)
- MJO inhibée : **- - - - -**
 sédimentation > advection
 → tendance < 0



● Caractérisation de la TTL sur l'Océan Indien du 23 au 30 Novembre 2011

- Minimum de température et de WV à 100 hPa bien reproduit par Méso-NH
- Présence de glace jusqu'à 82 hPa (MLS et Méso-NH).
- Distributions **uni-modales** de la glace aux 3 niveaux de la TTL.

● Impact de la convection sur la glace dans la TTL :

- Glace dans la TTL → principalement sous forme de **neige** (63%)
- Accroissement de glace dans la TTL par percée nuageuse :
 - MJO active : **l'après-midi** (amplitude diurne de 1.6 à 11.5 mg m⁻³)
le **transport convectif** domine la sédimentation
et une source de glace par **déposition** de vapeur à 82 hPa
 - **MJO inhibée** : la nuit et le matin (amplitude diurne de 0.1 à 1.9 mg m⁻³)
la **sédimentation** domine le transport convectif

● En cours :

- Impact de l'injection de glace sur la vapeur d'eau dans la TTL ?



Merci de votre attention !

- AMA 2021 -

Laboratoire d'Aérodynamique, Université de Toulouse, CNRS, UPS, Toulouse, France
Correspondence: Iris Dion (Iris-Amata.dion@aero.obs-mip.fr)

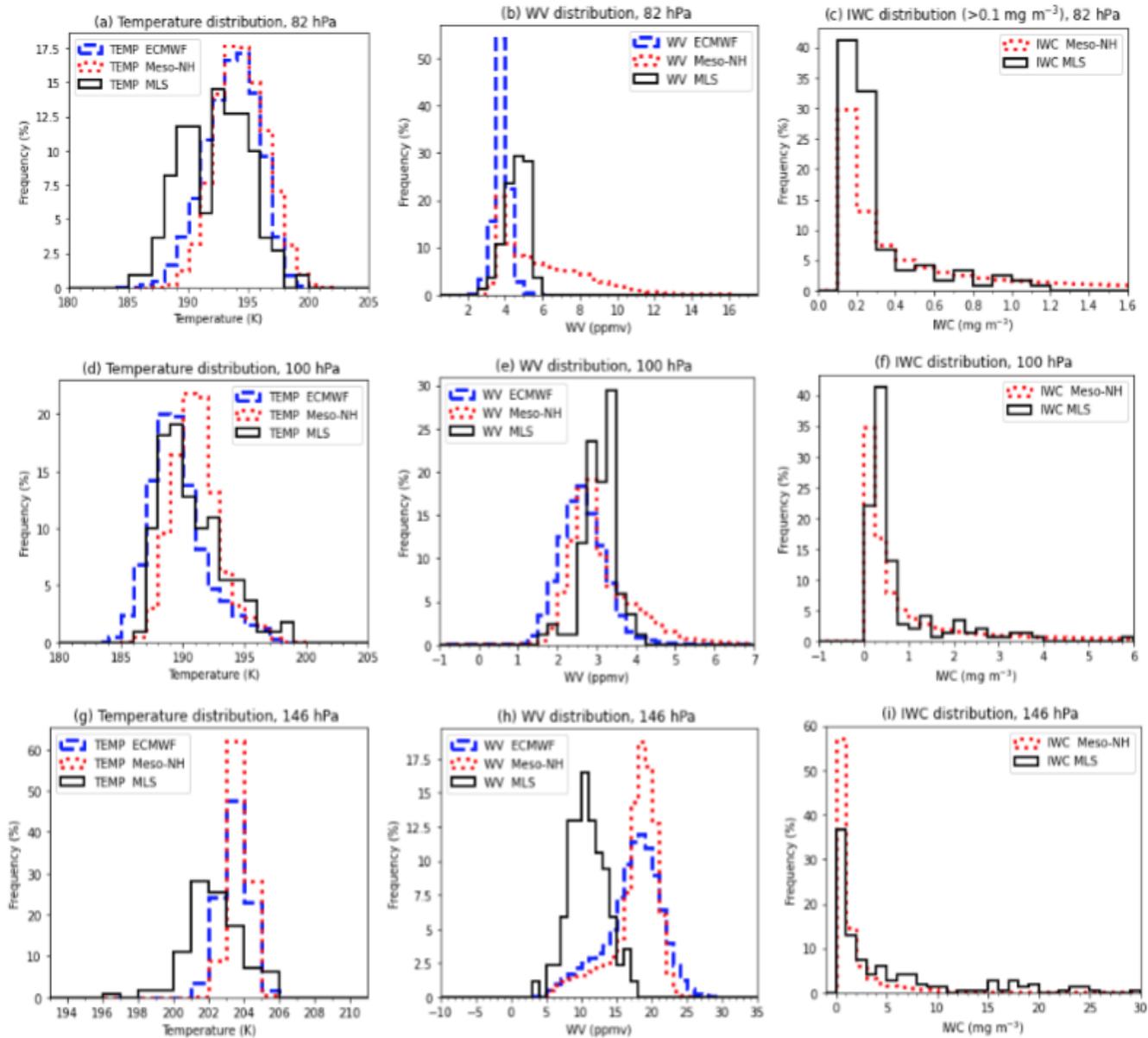


Figure 3. Frequency distribution (%) of temperature (TEMP), water vapor (WV) and ice water content (IWC) from Meso-NH, ECMWF and MLS at (a, d, g) 82, (b, e, h) 100 and (c, f, i) 146 hPa over the eastern equatorial Indian Ocean from 23 to 30 November 2011.