



UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER



Impacts des schémas de convection profonde du modèle ARPEGE sur la zone d'ascendance de la bande transporteuse d'air chaud du Stalactite Cyclone

Meryl WIMMER[†] et Gwendal RIVIERE^{*}

[†]*Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse*

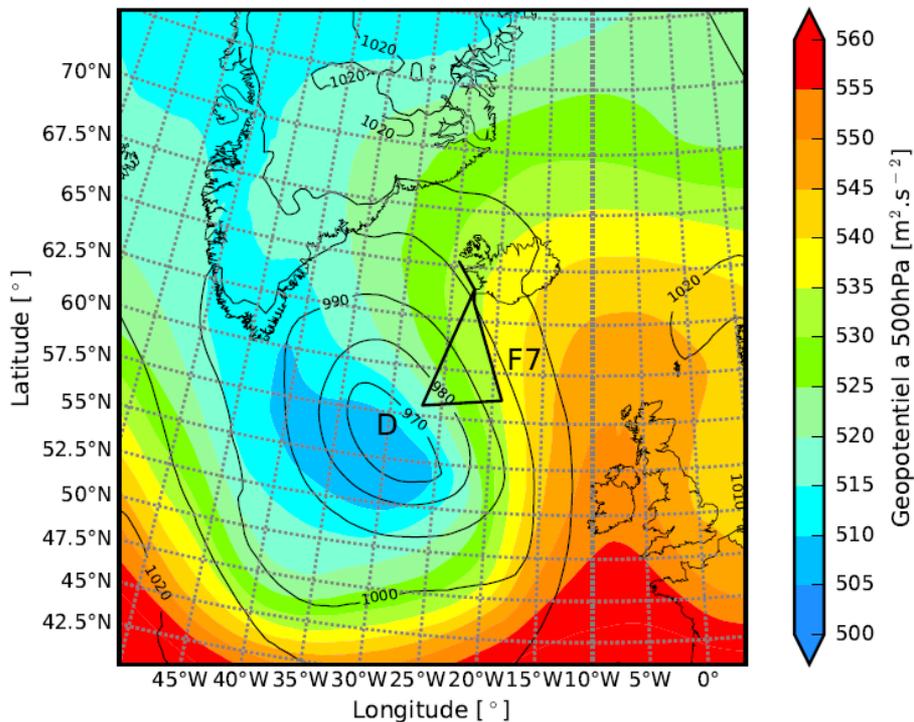
^{*}*Laboratoire de Météorologie Dynamique, Paris*

P. Arbogast, J.-M. Piriou, J. Delanoë, Q. Cazenave, J. Pelon, C. Labadie

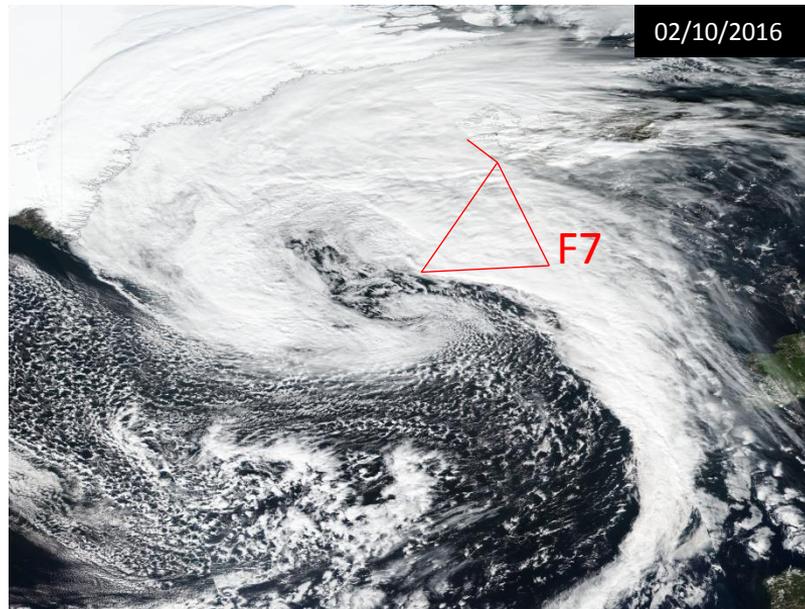
Réunion ANR DIP-NAWDEX, 09/02/2021, Toulouse

Stalactite Cyclone

Geopotentiel à 500 hPa (couleur)
et Pression au niveau de la mer (contour)



Analyse ARPEGE, 02/10/2016 à 12h UTC



MODIS, Nasa Worldview Application

ARPEGE-EPS (cy41t1.op1)

NWP :

- Résolution horizontale : 10km sur la France, 20km sur l'Islande (TL798 C2.4)
- Résolution verticale : 90 niveaux de 14m à 50km (1hPa)
- Pas de temps : 450s
- Condition initiale : Analyse ARPEGE du 01/10/2016 à 12h UTC

Sortie modèle :

- Résolution horizontale : 0,5°
- Résolution verticale : grille verticale du modèle
- Pas de temps : 15min
- Chauffage et tendance de PV

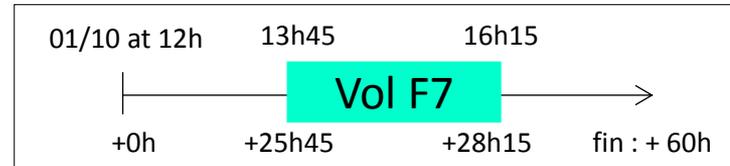


Schéma de convection profonde dans ARPEGE-EPS

Bougeault, 1985 (B85)

- Schéma en flux de masse
- Fermeture en humidité

 Utilisation en opérationnel

Piriou et al, 2007 (PCMT)

- Schéma en flux de masse
- Fermeture en CAPE
- Microphysique et transport
- Fort entrainement

 Utilisation pour ARPEGE-Climat

Objectif : Influence de ces deux schémas de convection sur la bande transporteuse d'air chaud

Questions scientifiques

Quelles sont les différences entre les 2 schémas de convection profonde sur le vent et PV, le long du vol F7 ?

En particulier dans l'intersection avec la WCB ?

Les mesures in-situ peuvent-elles déterminer quel schéma donne la circulation la plus réaliste pour ce cas ?

Questions scientifiques

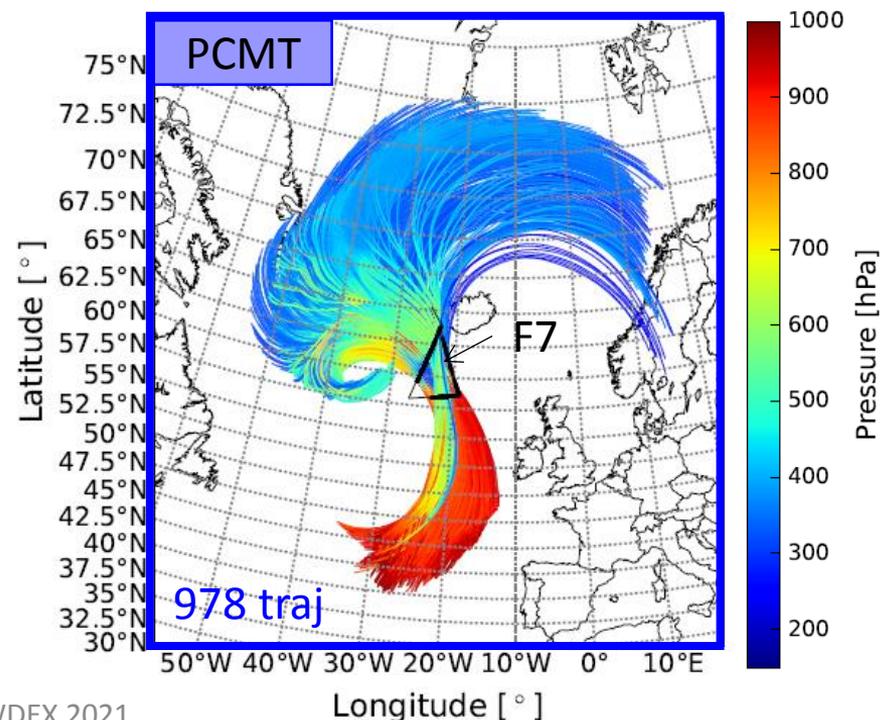
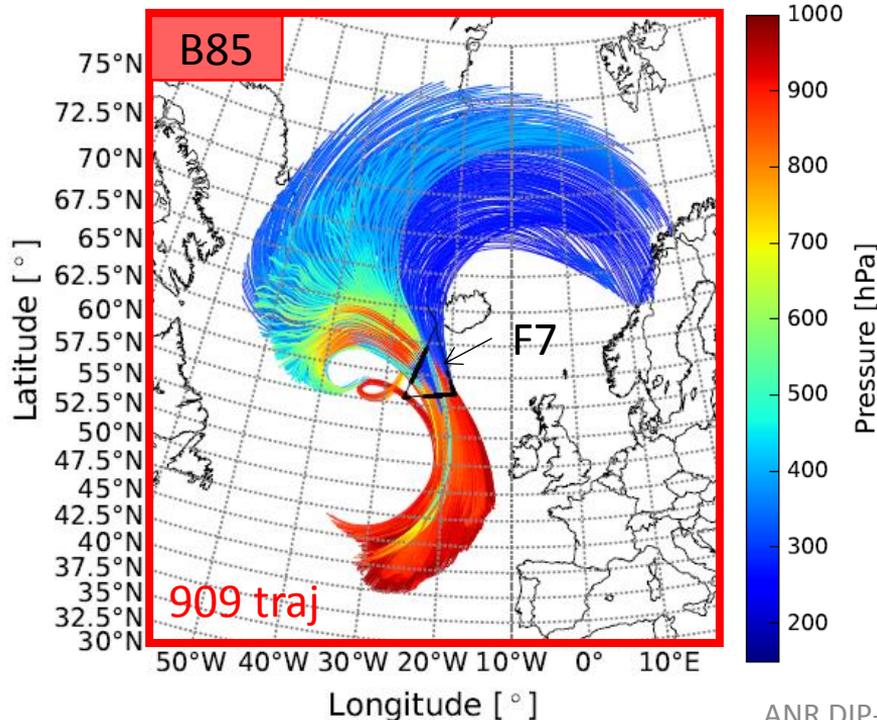
Quelles sont les différences entre les 2 schémas de convection profonde sur le vent et PV, le long du vol F7 ?

En particulier dans **l'intersection avec la WCB** ?

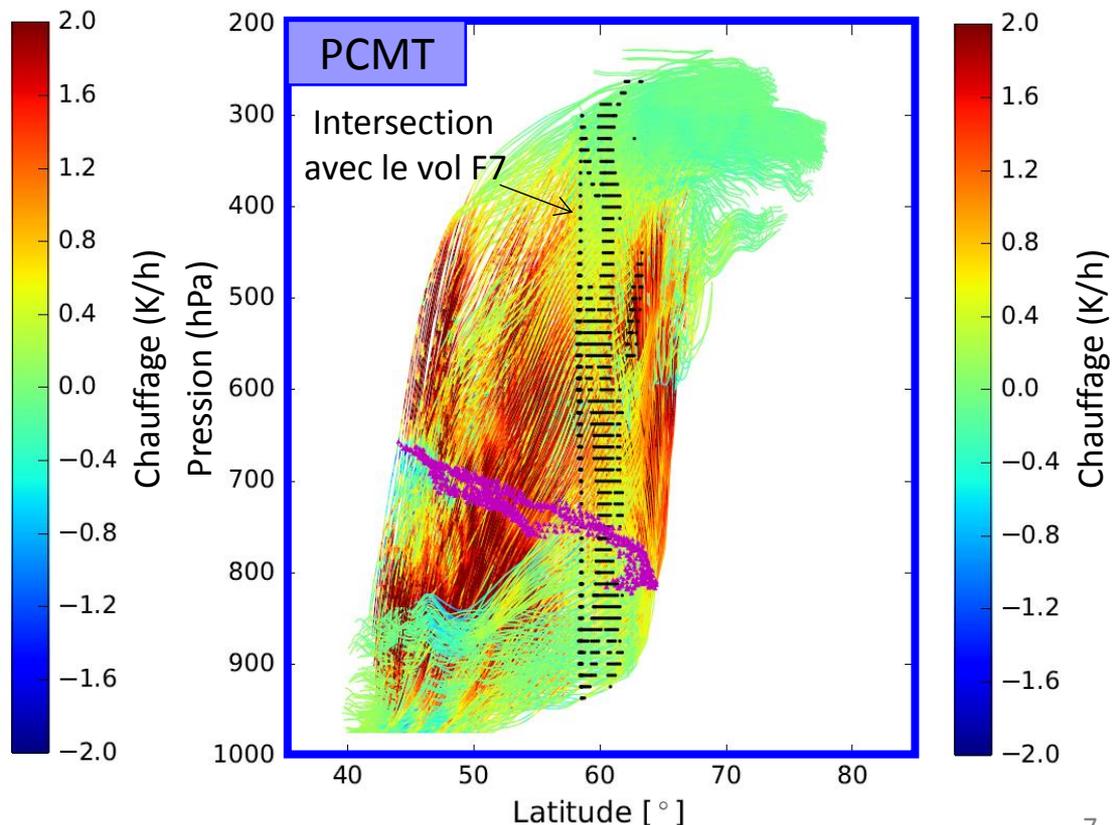
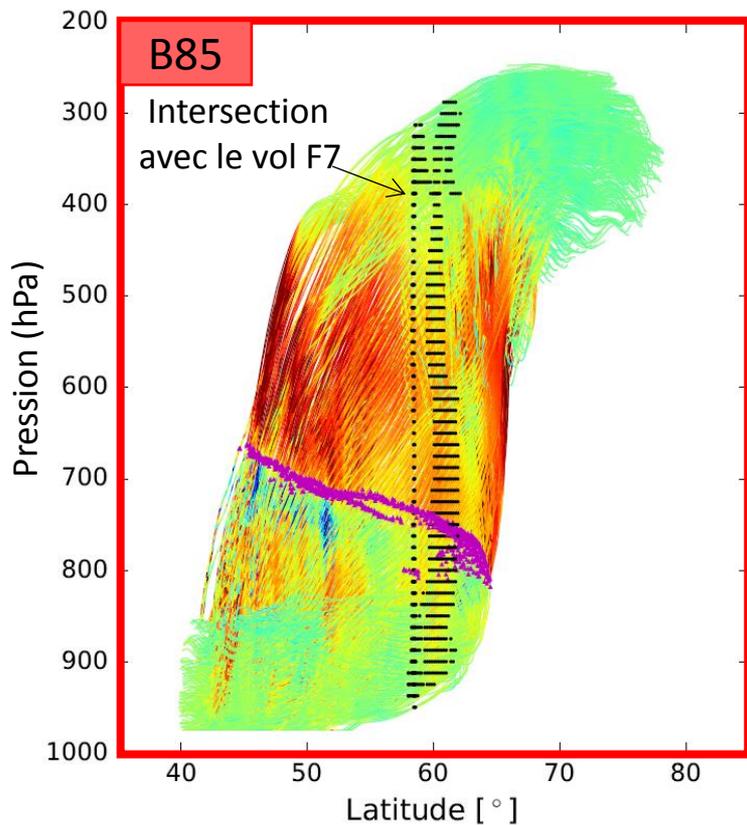
Les mesures in-situ peuvent-elles déterminer quel schéma donne la circulation la plus réaliste pour ce cas ?

Warm Conveyor Belt – Vol F7

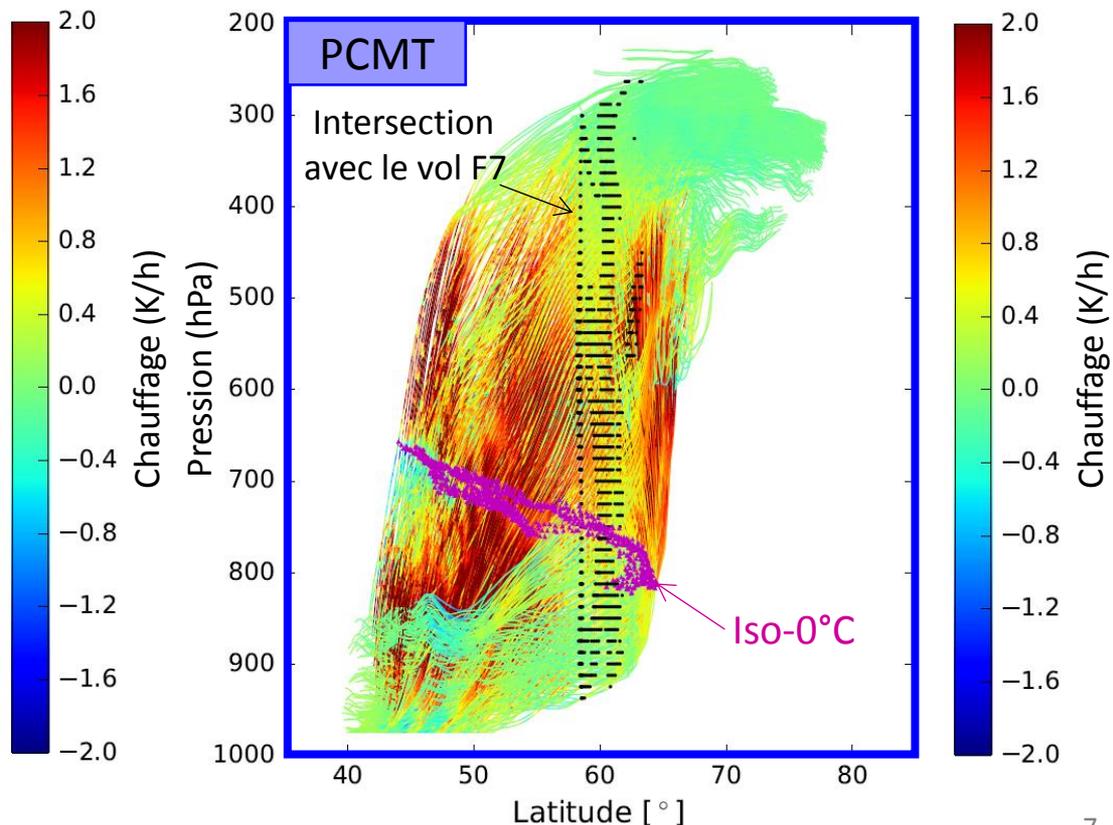
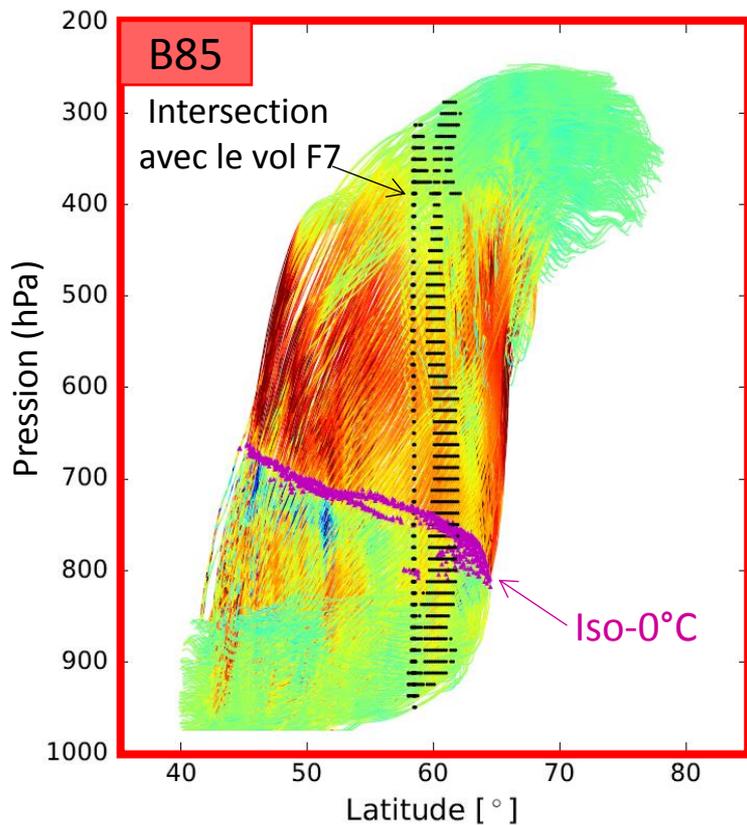
Trajectoires : -24h / +24h
WCB : -300hPa en 24h glissant + $P_0 > 850$ hPa



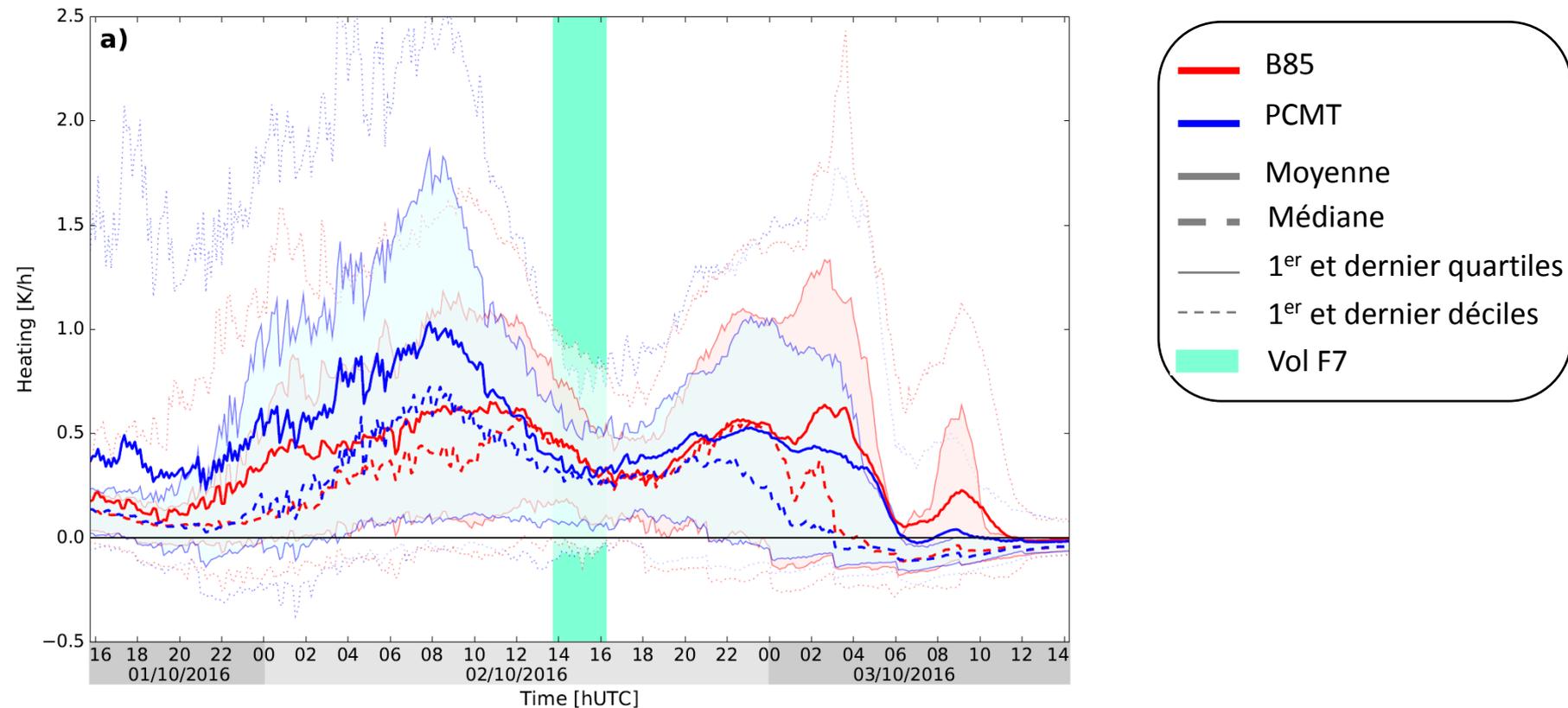
Difference de chauffage en phase liquide



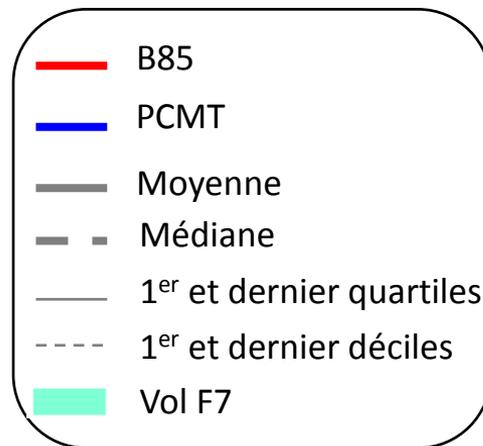
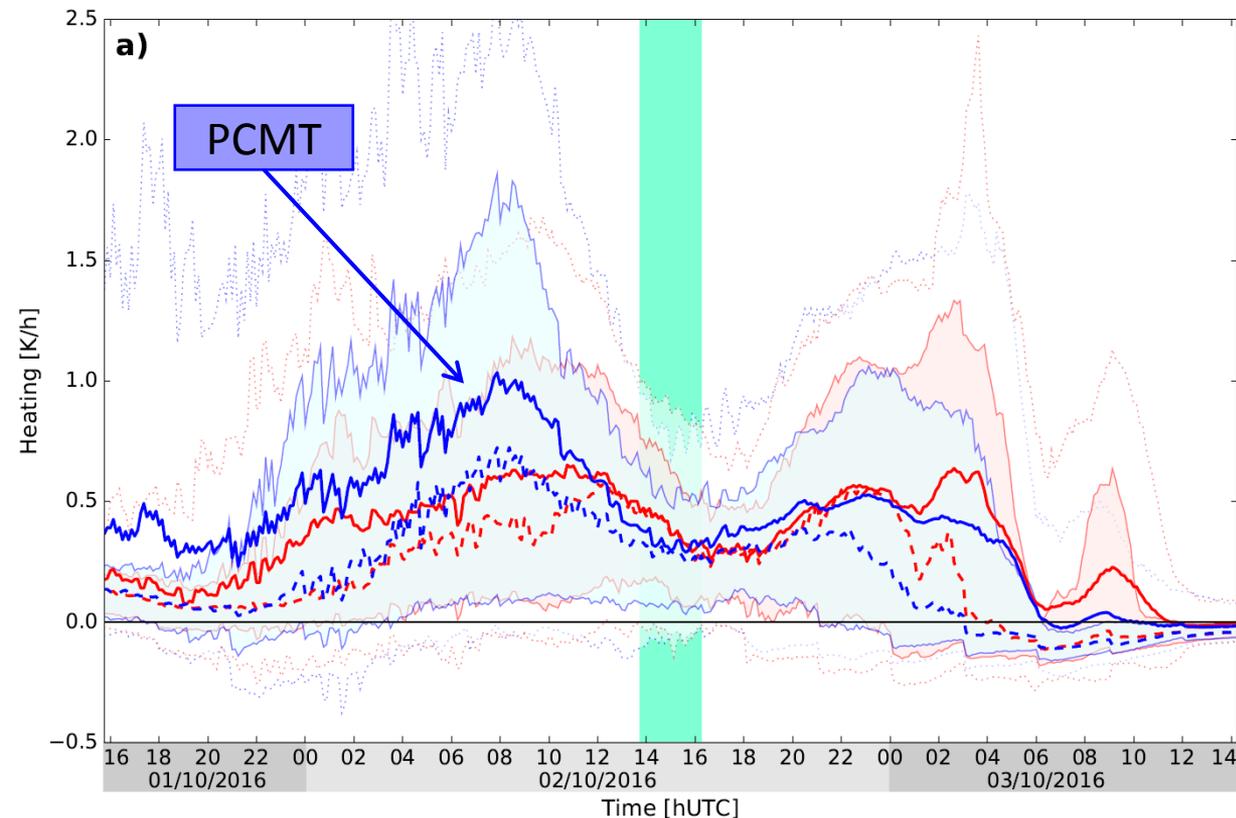
Difference de chauffage en phase liquide



Evolution temporelle du chauffage

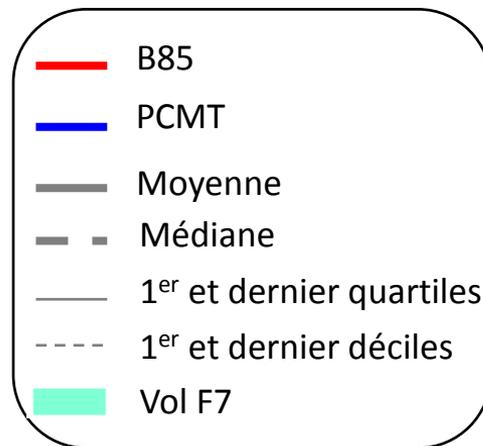
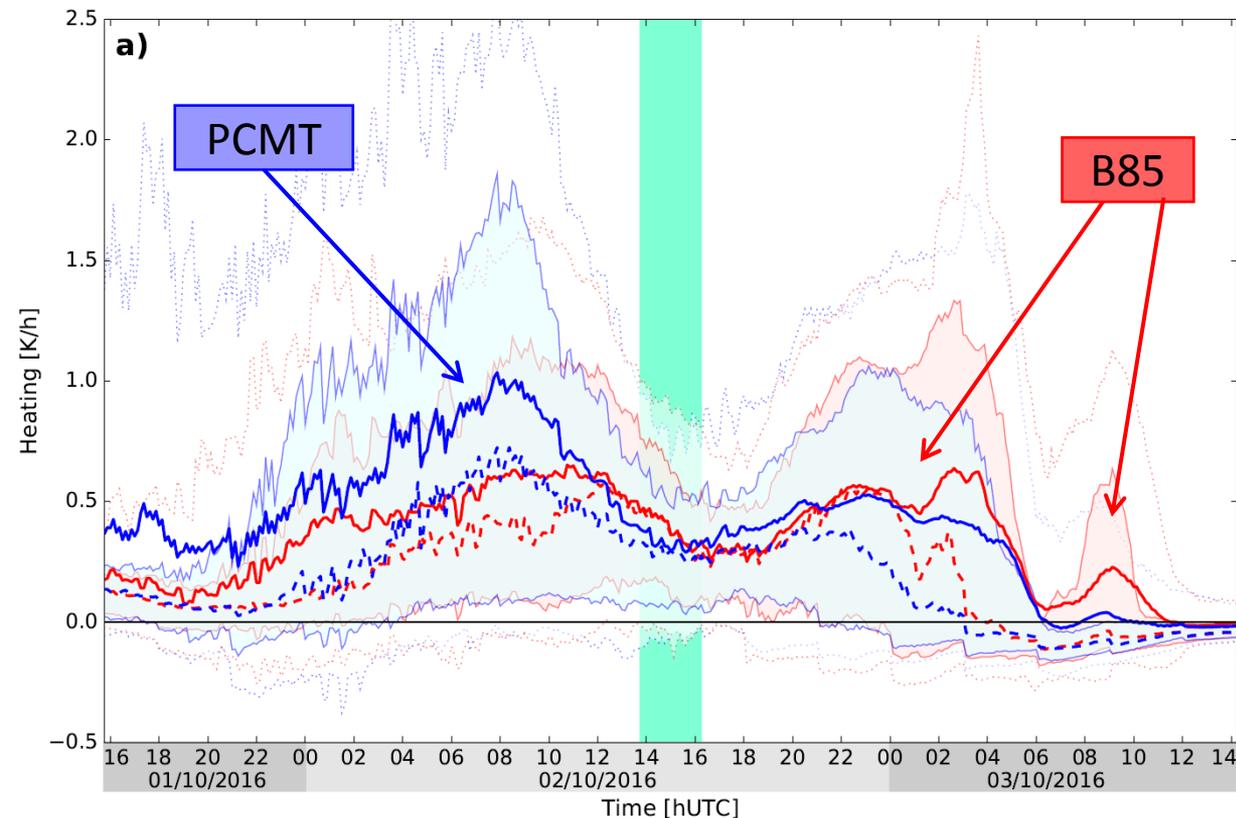


Evolution temporelle du chauffage



PCMT : fort chauffage plus tôt,
avant le vol F7

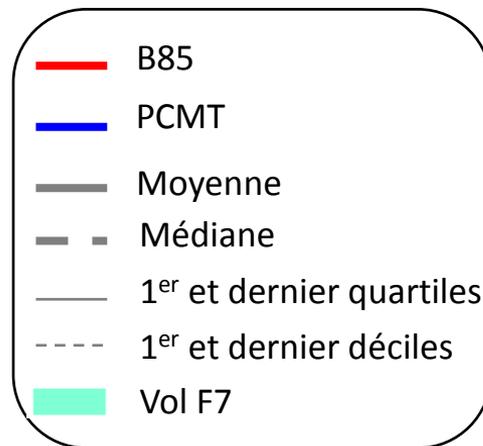
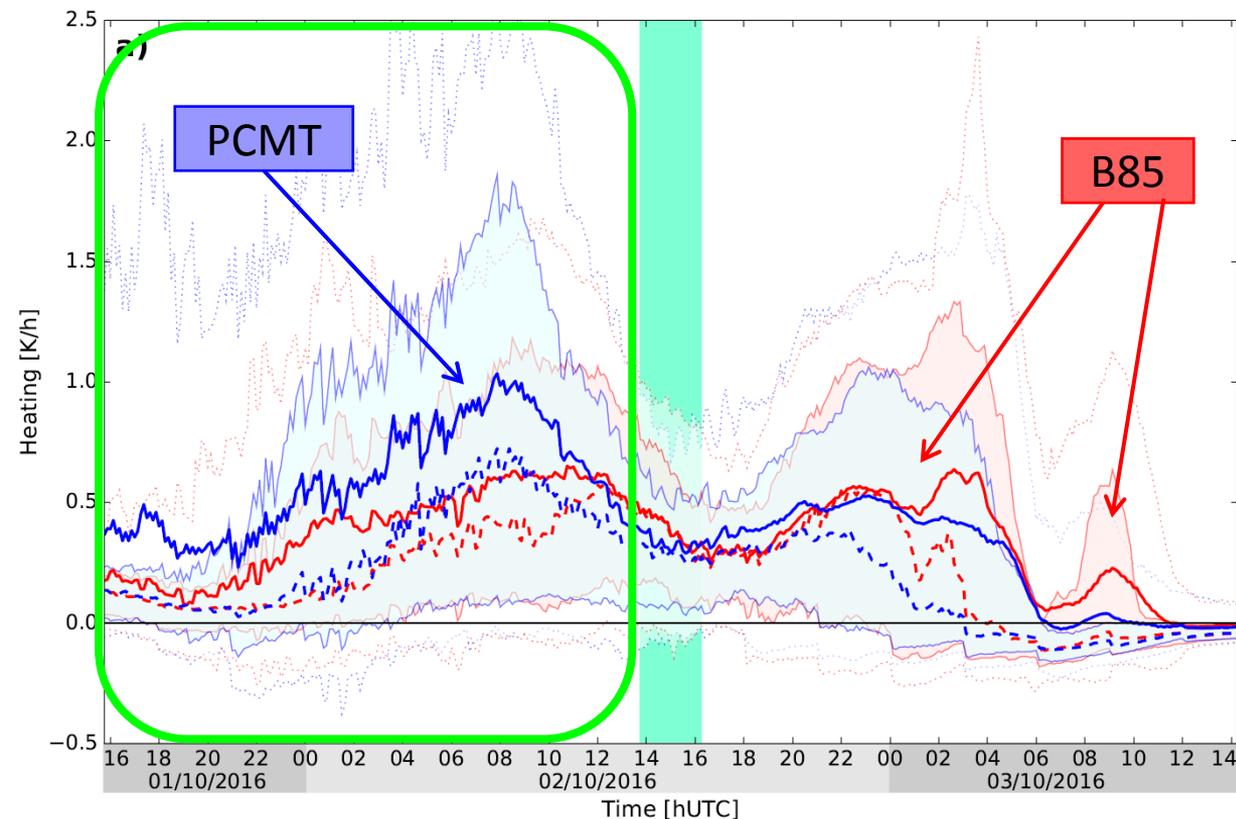
Evolution temporelle du chauffage



PCMT : fort chauffage plus tôt,
avant le vol F7

B85 : fort chauffage plus tard,
après le vol F7

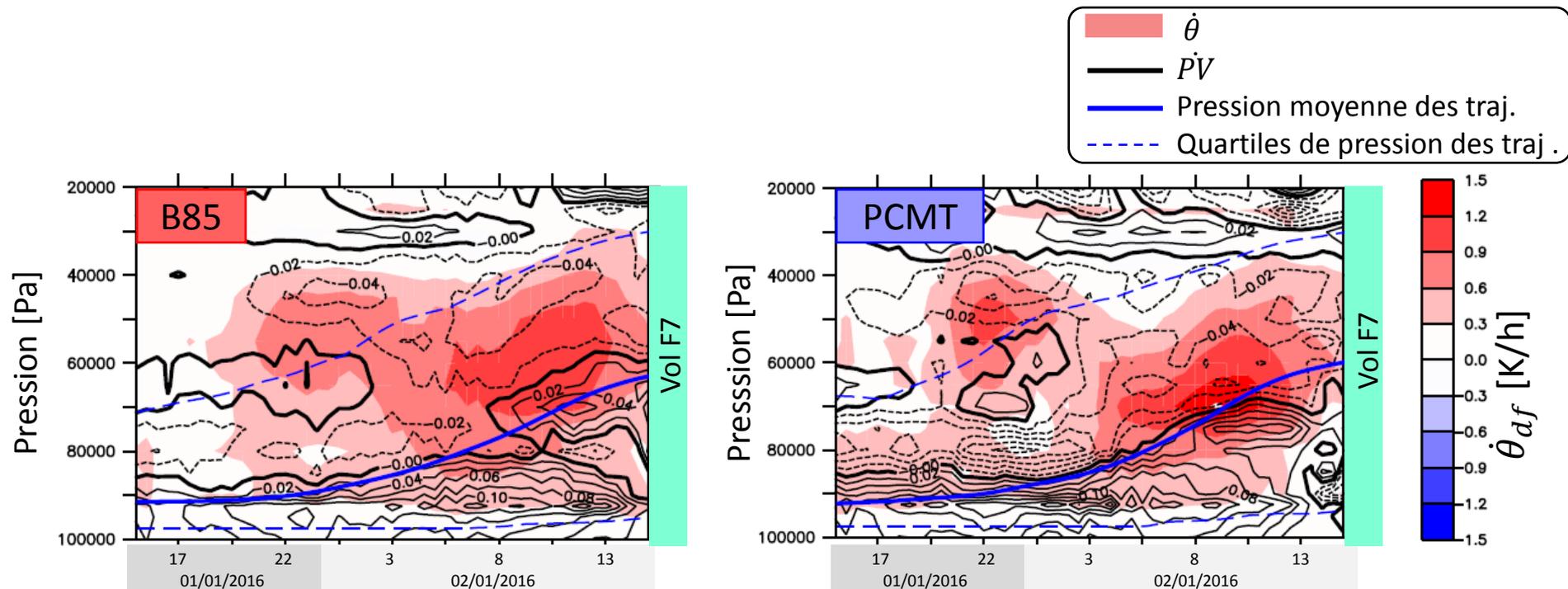
Evolution temporelle du chauffage



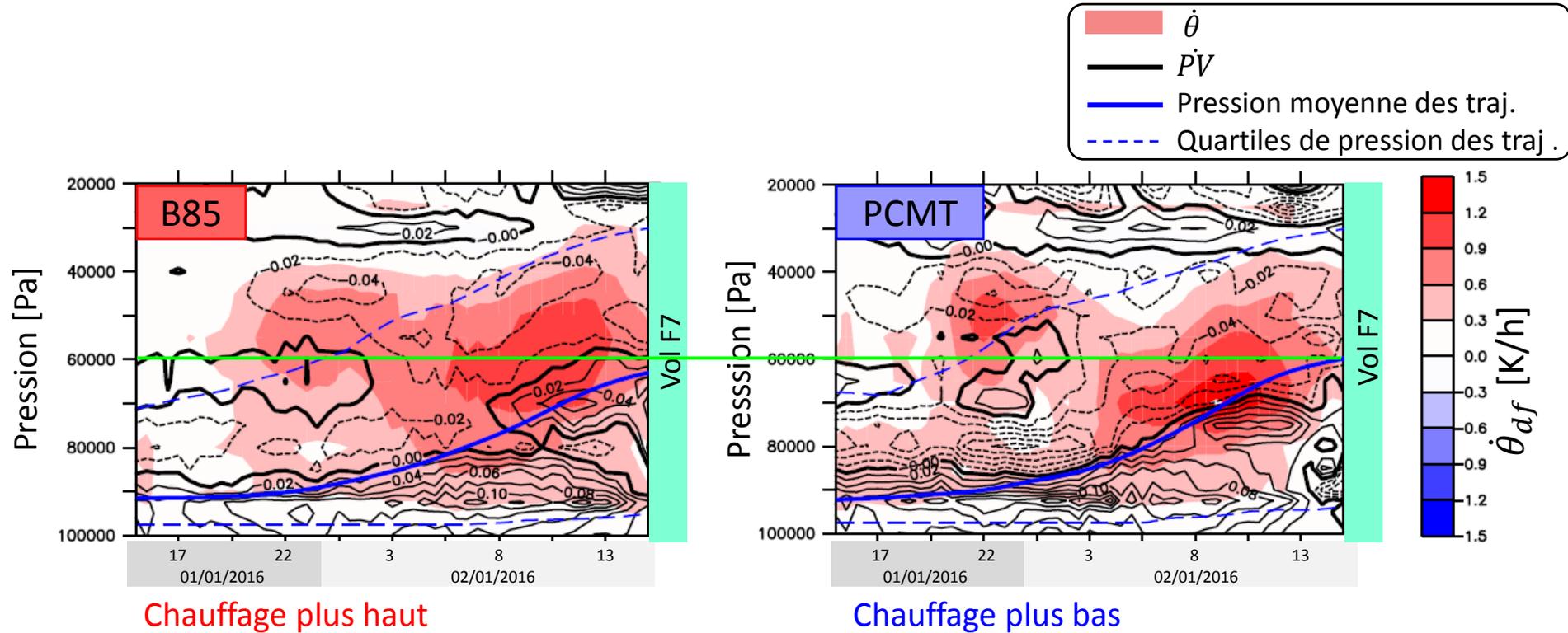
PCMT : fort chauffage plus tôt,
avant le vol F7

B85 : fort chauffage plus tard,
après le vol F7

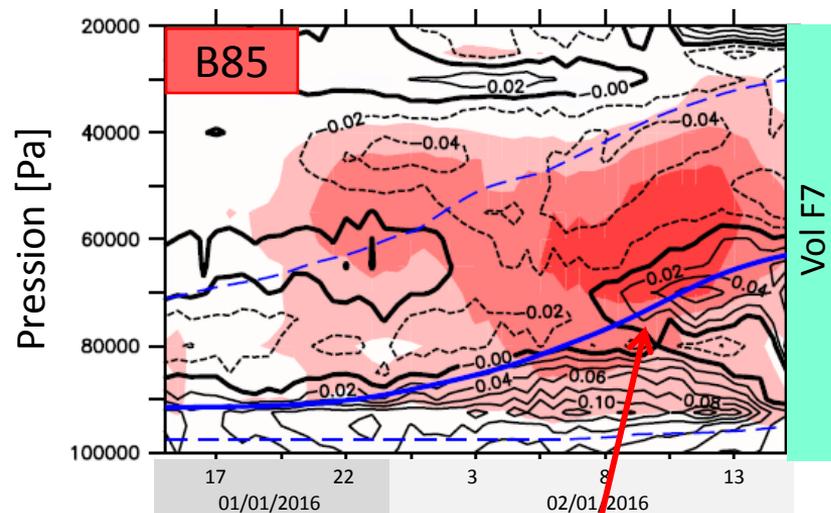
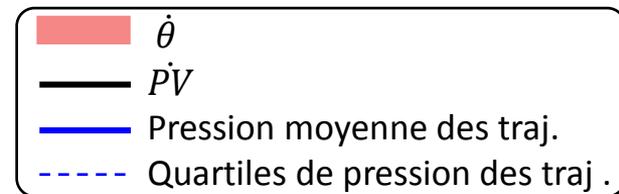
Profil vertical de $\dot{\theta}$ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7



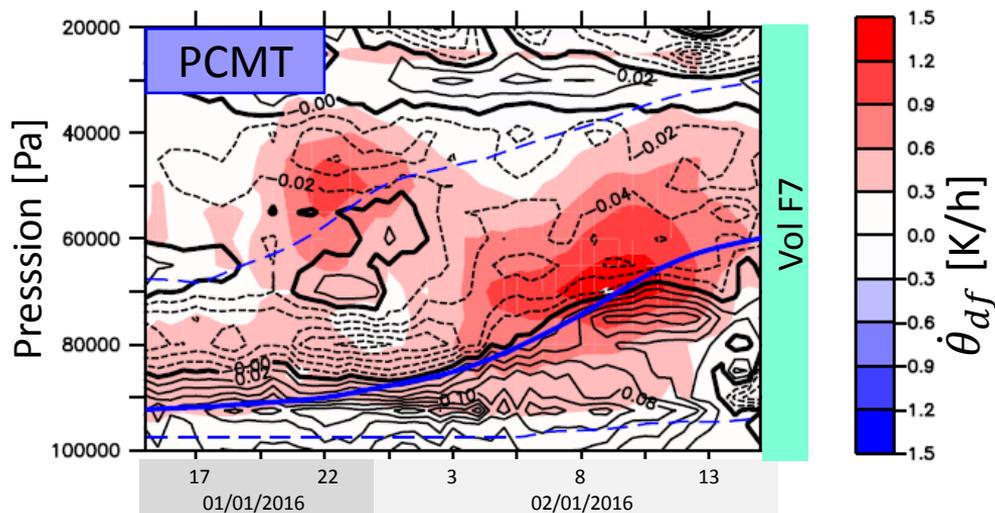
Profil vertical de $\dot{\theta}$ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7



Profil vertical de $\dot{\theta}$ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7

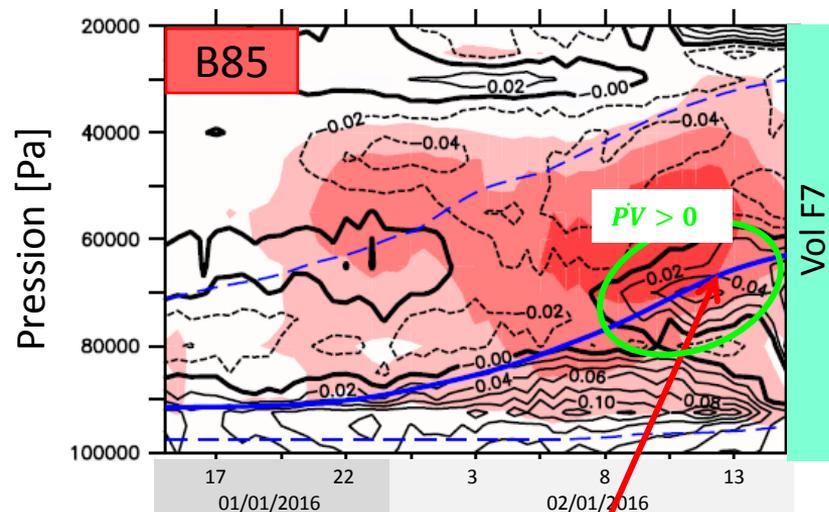
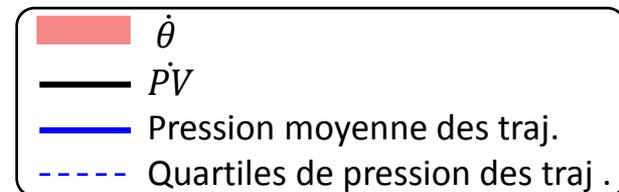


Chauffage plus haut :
-> Trajectoires en dessous du chauffage

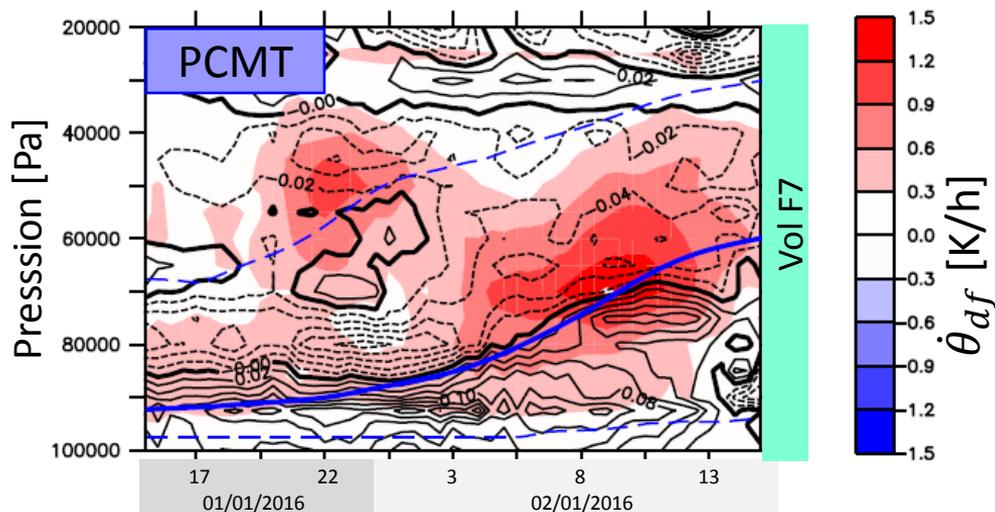


Chauffage plus bas

Profil vertical de $\dot{\theta}$ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7

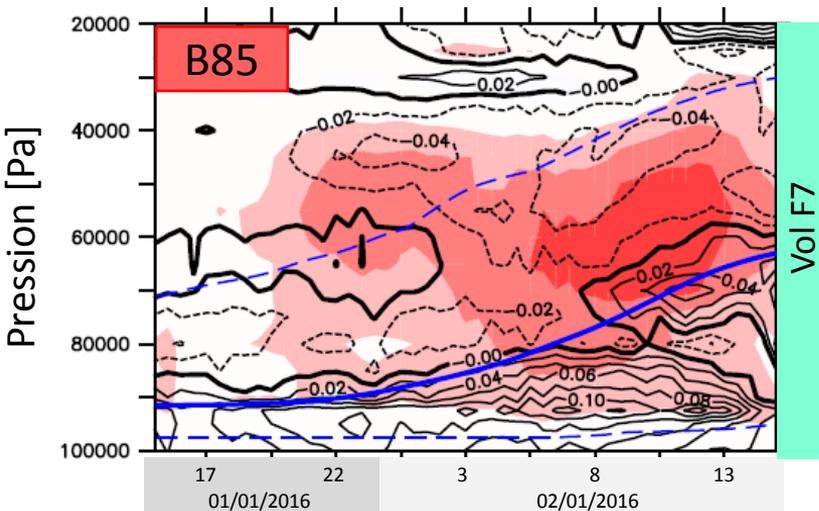
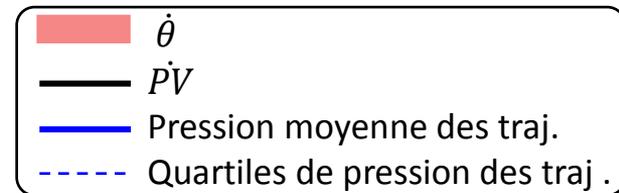


Chauffage plus haut :
 -> Trajectoires en dessous du chauffage
 -> $P\dot{V} > 0$

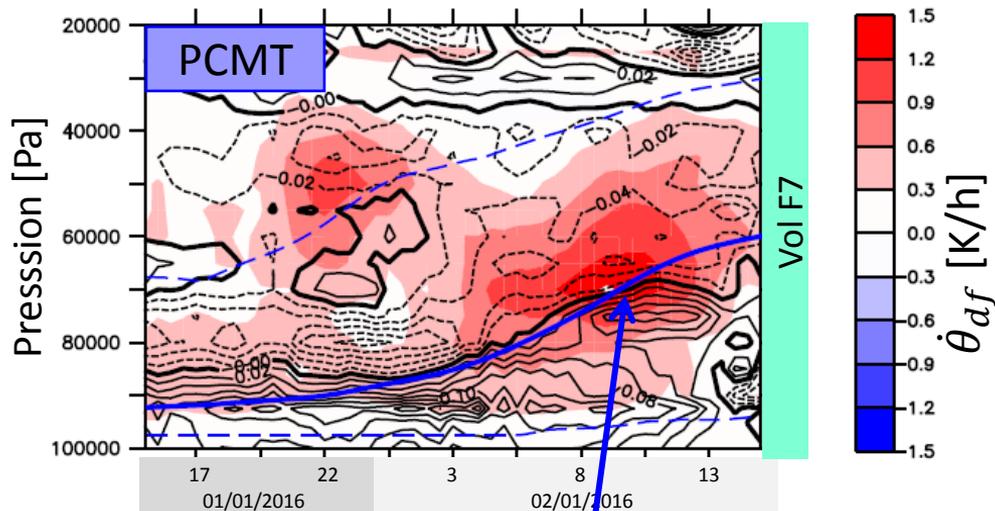


Chauffage plus bas

Profil vertical de $\dot{\theta}$ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7

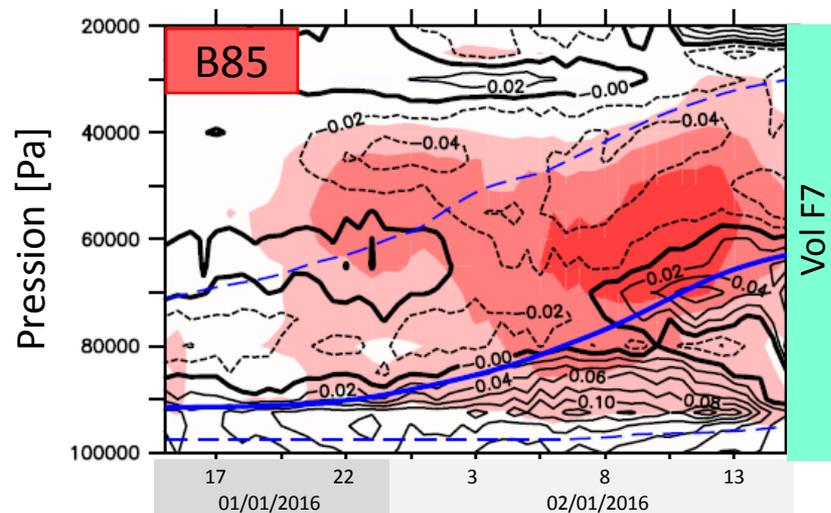
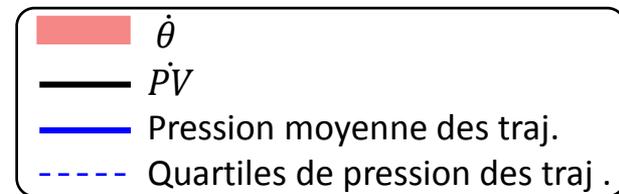


Chauffage plus haut :
 -> Trajectoires en dessous du chauffage
 -> $P\dot{V} > 0$

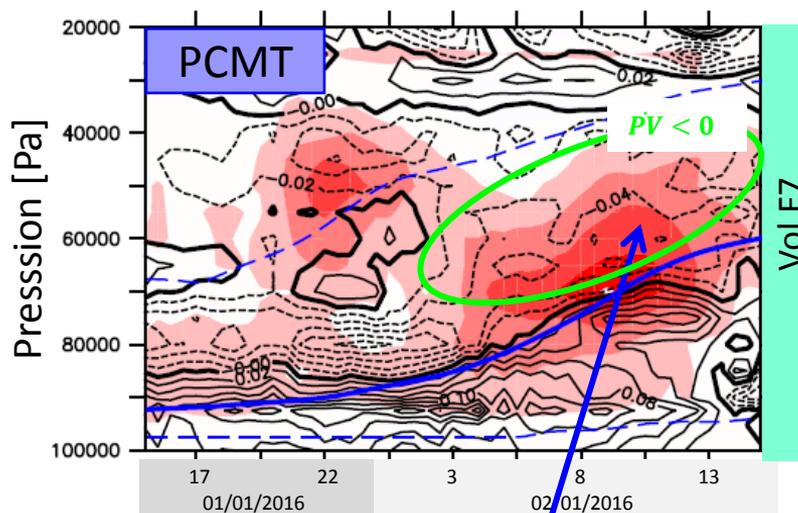


Chauffage plus bas
 -> Trajectoires dans le chauffage

Profil vertical de θ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7

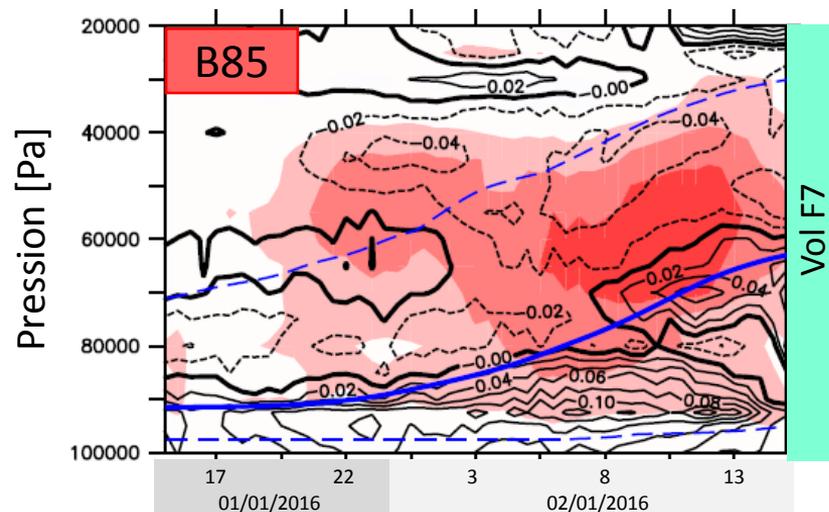
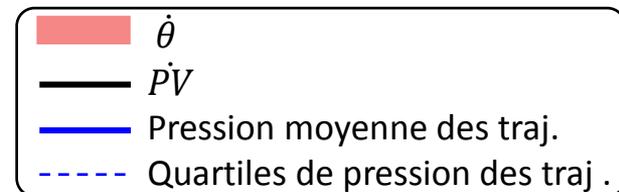


Chauffage plus haut :
-> Trajectoires en dessous du chauffage
-> $P\dot{V} > 0$

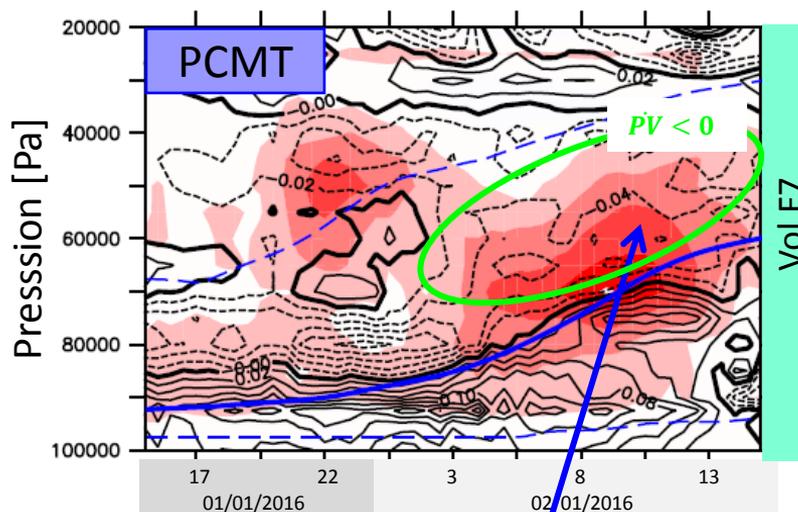


Chauffage plus bas
-> Trajectoires dans le chauffage
-> $P\dot{V} < 0$

Profil vertical de θ et de $P\dot{V}$, moyennés sur toutes les trajectoires WCB, pendant les 24h avant le vol F7



Chauffage plus haut :
-> Trajectoires en dessous du chauffage
-> $P\dot{V} > 0$

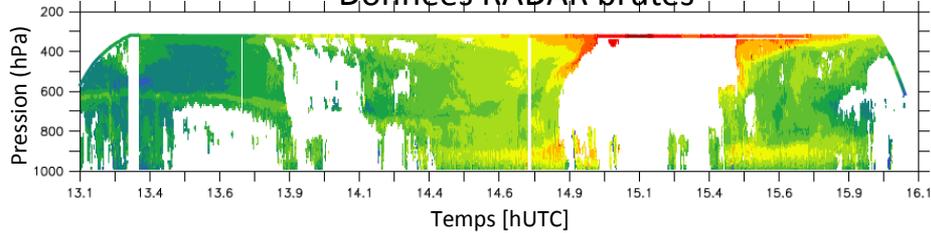


Chauffage plus bas
-> Trajectoires dans le chauffage
-> $P\dot{V} < 0$ -> anticyclonisation

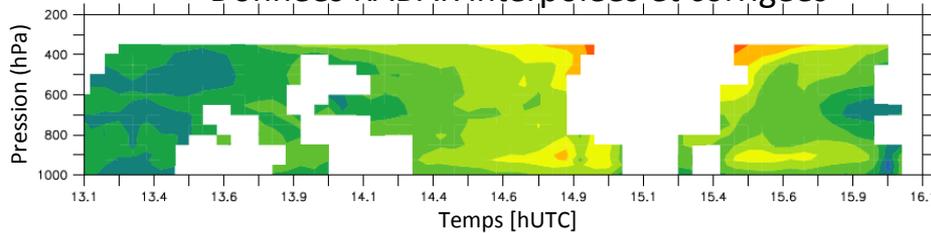
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

Données RADAR brutes

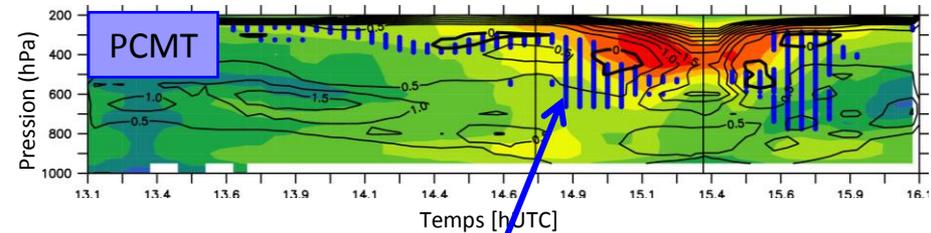
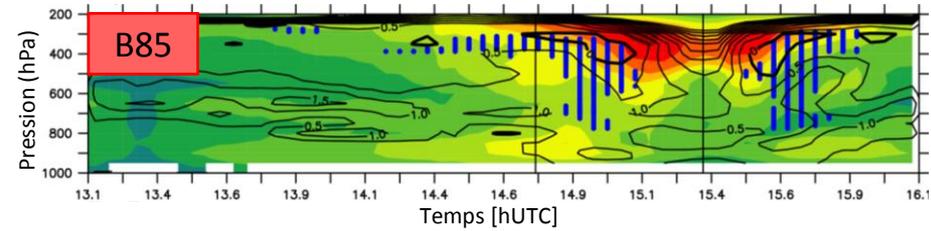


Données RADAR interpolées et corrigées



Vent horizontal (m/s)

Modèle

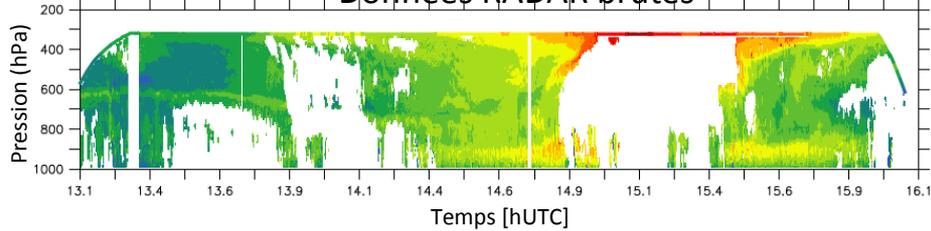


Intersection avec les
trajectoires WCB

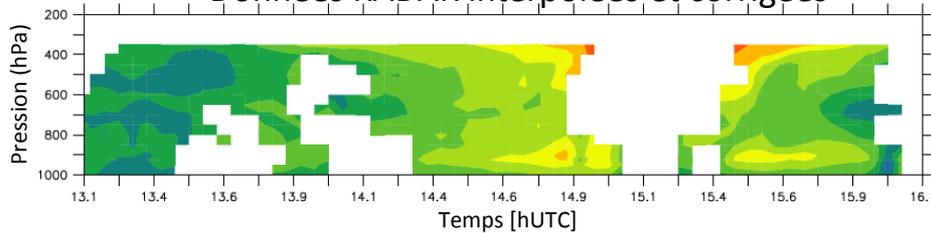
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

Données RADAR brutes



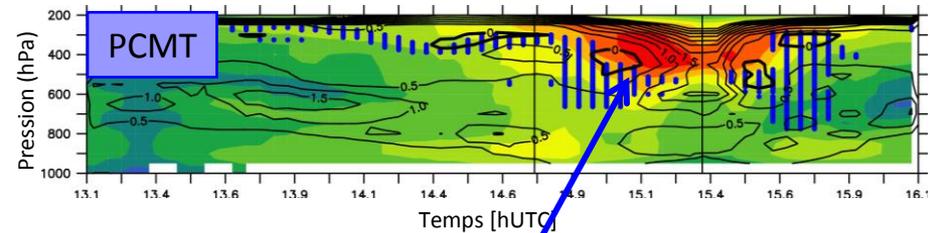
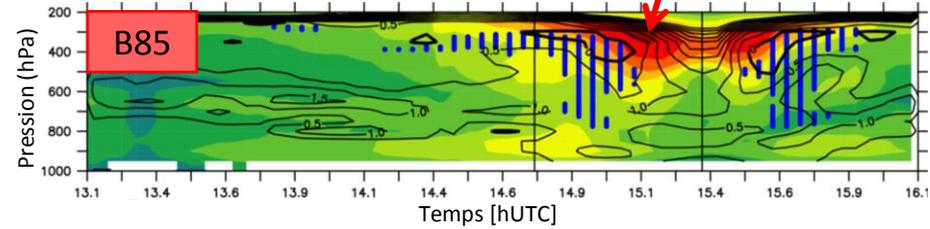
Données RADAR interpolées et corrigées



Vent horizontal (m/s)

Modèle

Jet plus fort dans B85

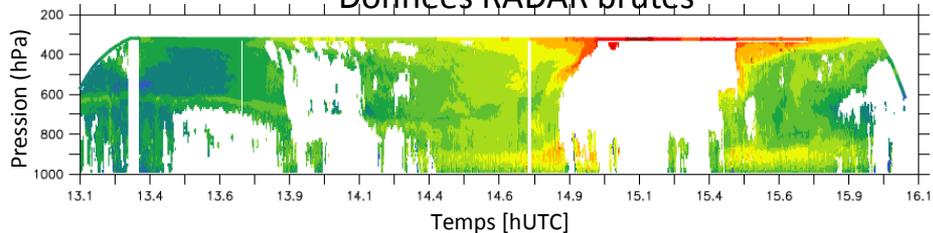


Jet plus bas dans PCMT

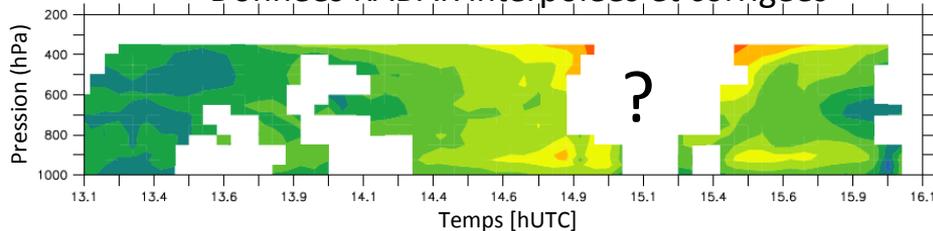
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

Données RADAR brutes



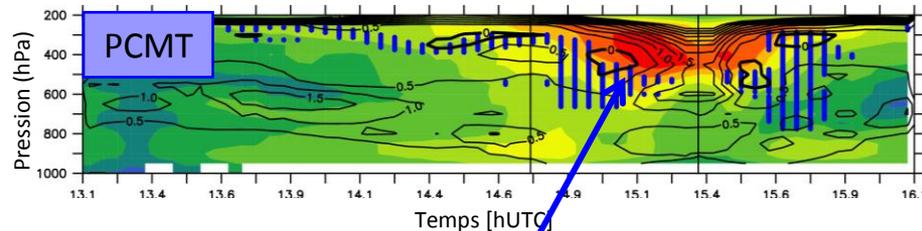
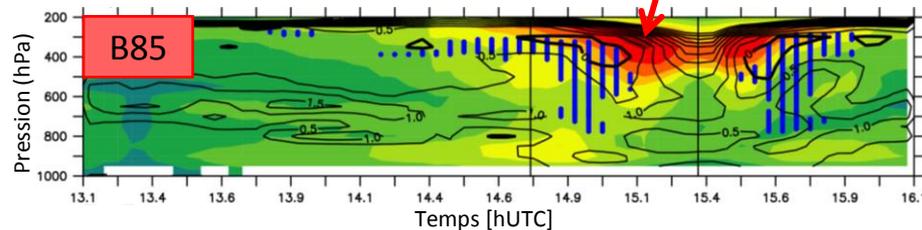
Données RADAR interpolées et corrigées



Vent horizontal (m/s)

Modèle

Jet plus fort dans B85

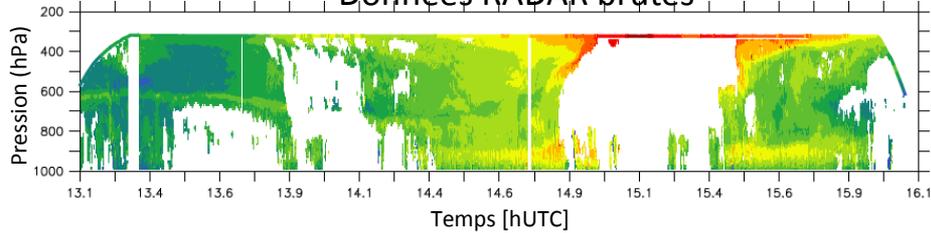


Jet plus bas dans PCMT

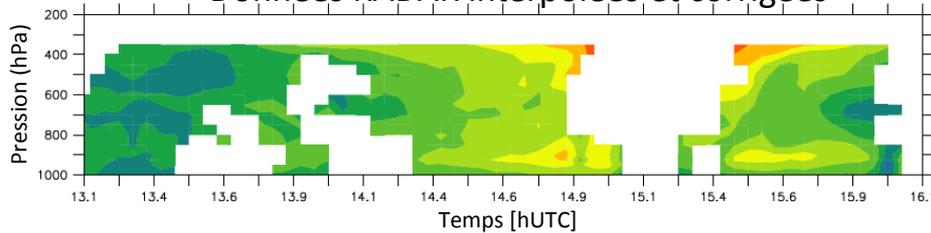
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

Données RADAR brutes

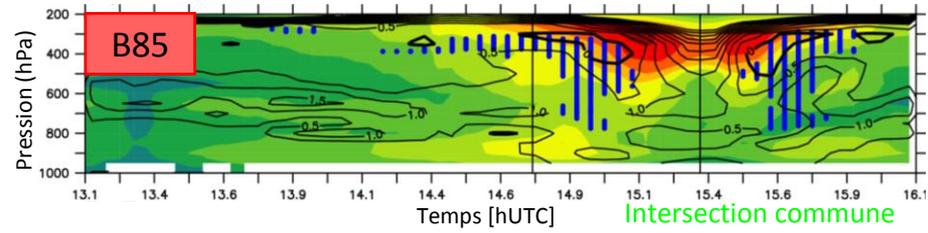


Données RADAR interpolées et corrigées

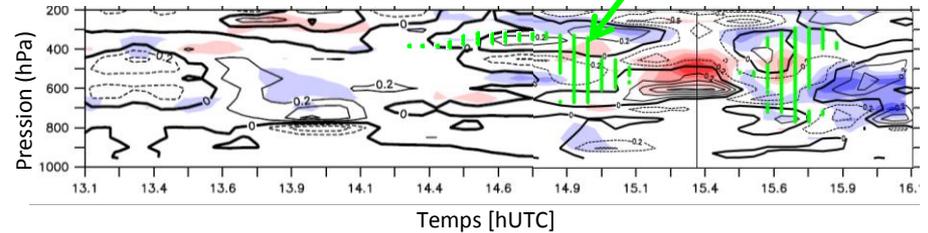


Vent horizontal (m/s)

Modèle



Intersection commune avec les trajectoires WCB



B85 PCMT

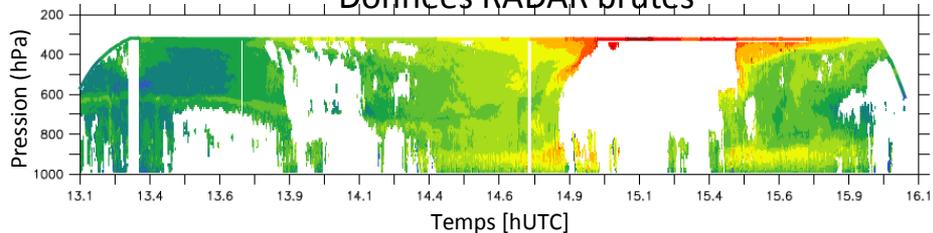
-12 8 4 0 4 8 12
V(PCMT) - V(B85) (couleur; m/s)

PV(PCMT) - PV(B85)(contours; PVU)

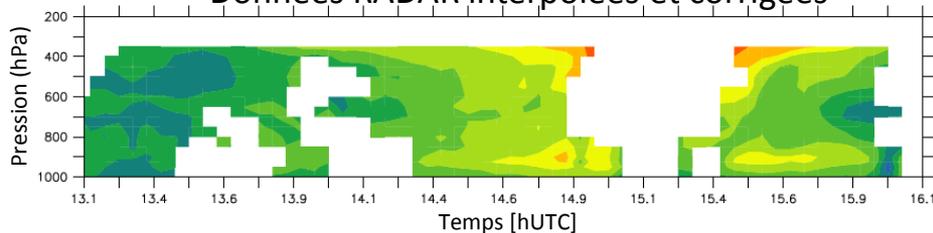
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

Données RADAR brutes

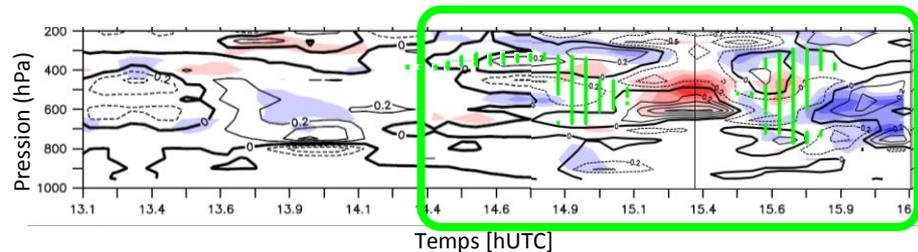
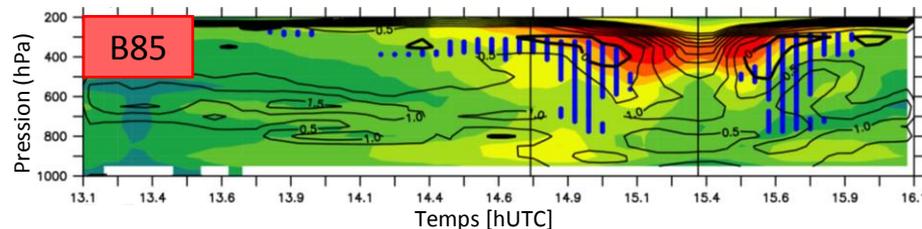


Données RADAR interpolées et corrigées



Vent horizontal (m/s)

Modèle

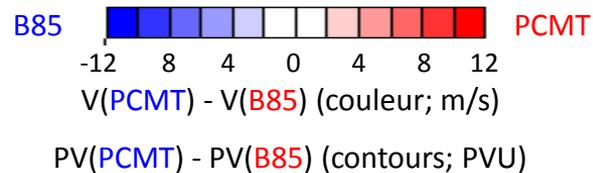
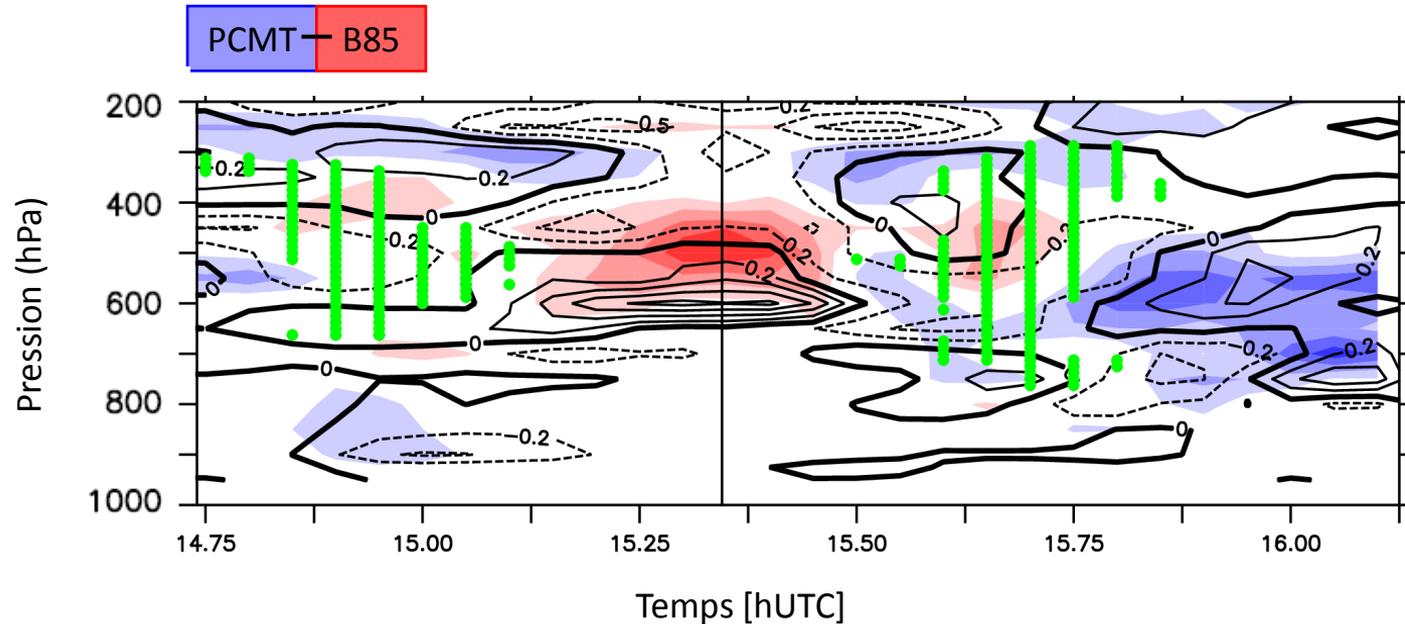


B85 PCMT

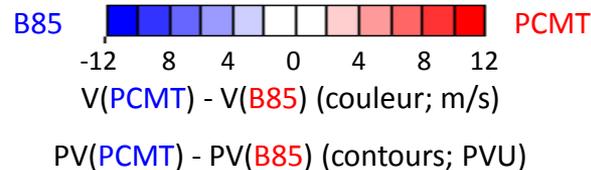
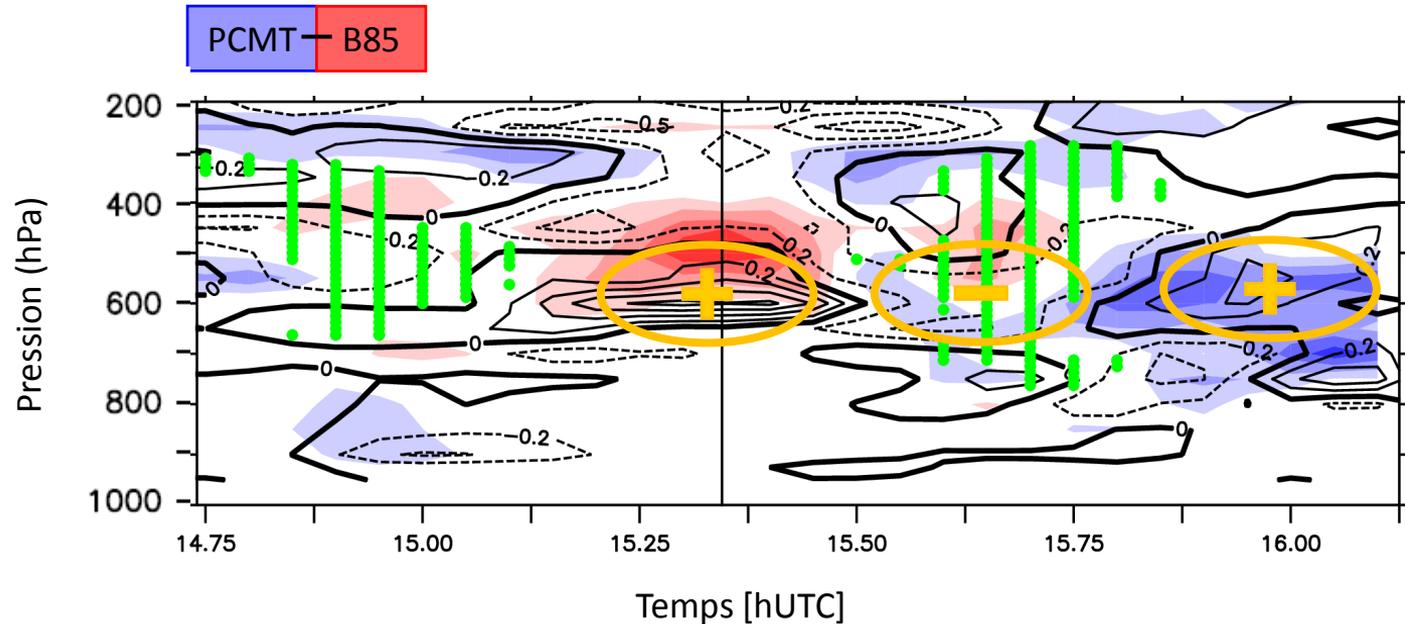
-12 8 4 0 4 8 12
V(PCMT) - V(B85) (couleur; m/s)

PV(PCMT) - PV(B85)(contours; PVU)

Différence Vent/PV

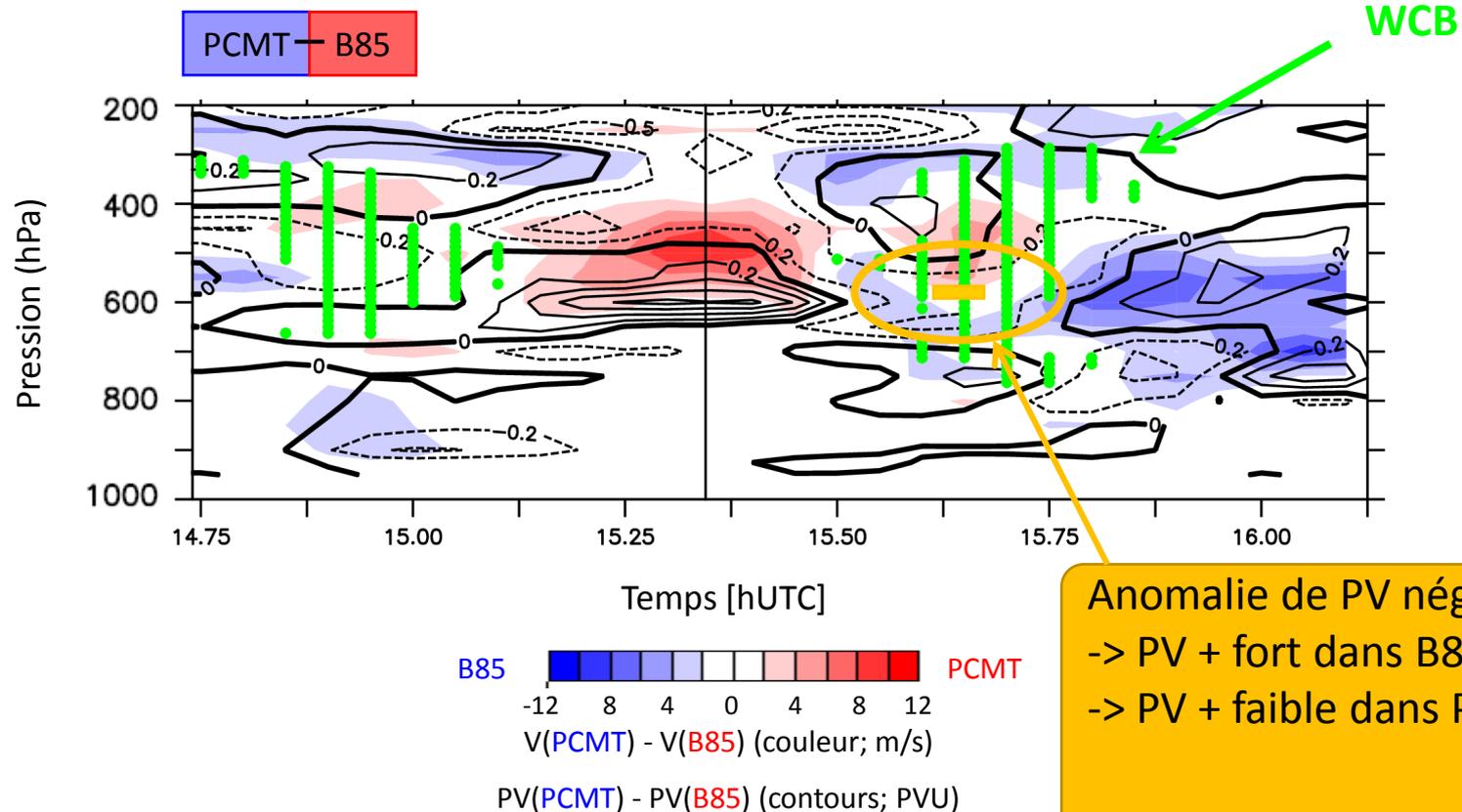


Différence Vent/PV

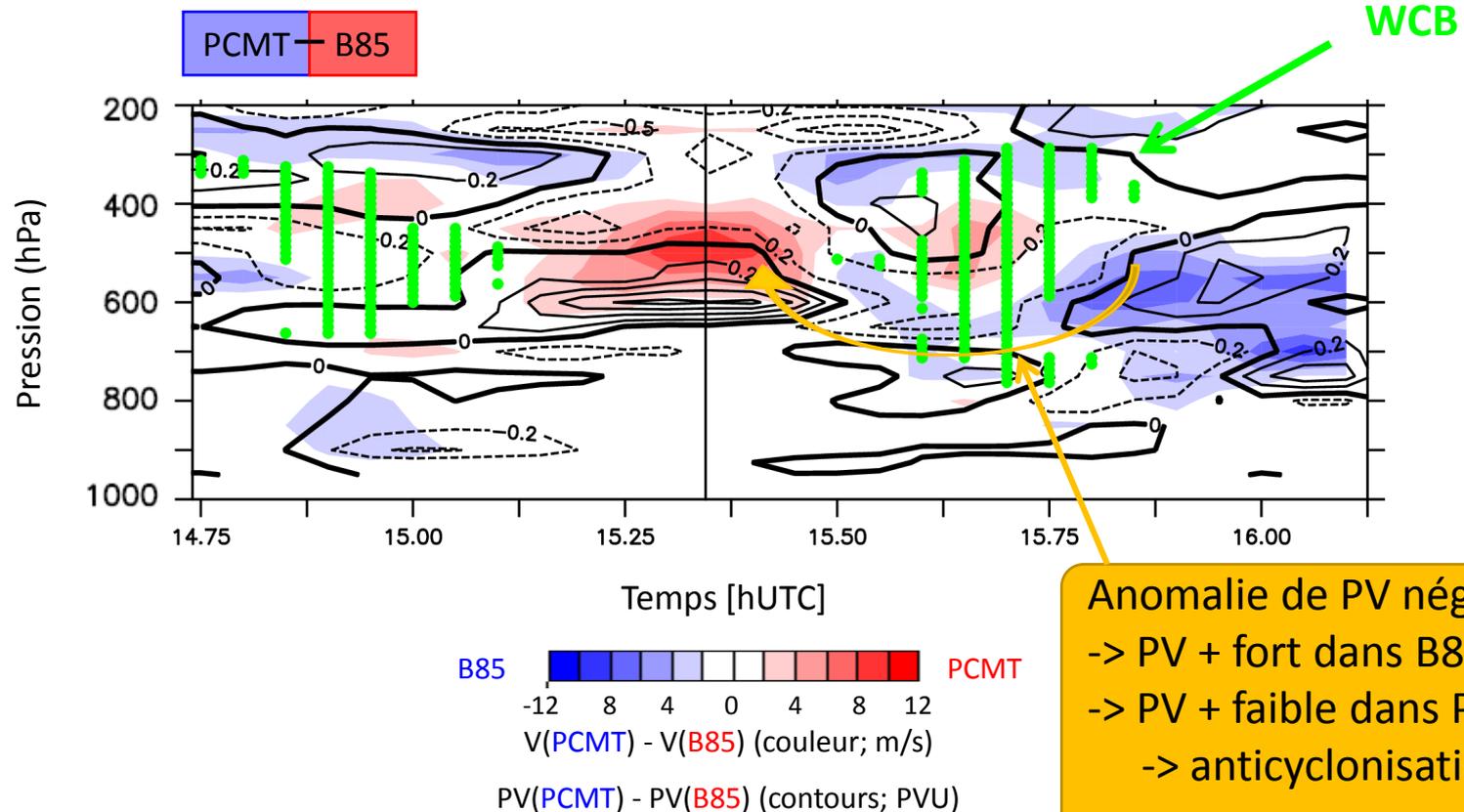


Présence d'un tripôle
de PV à 600 hPa

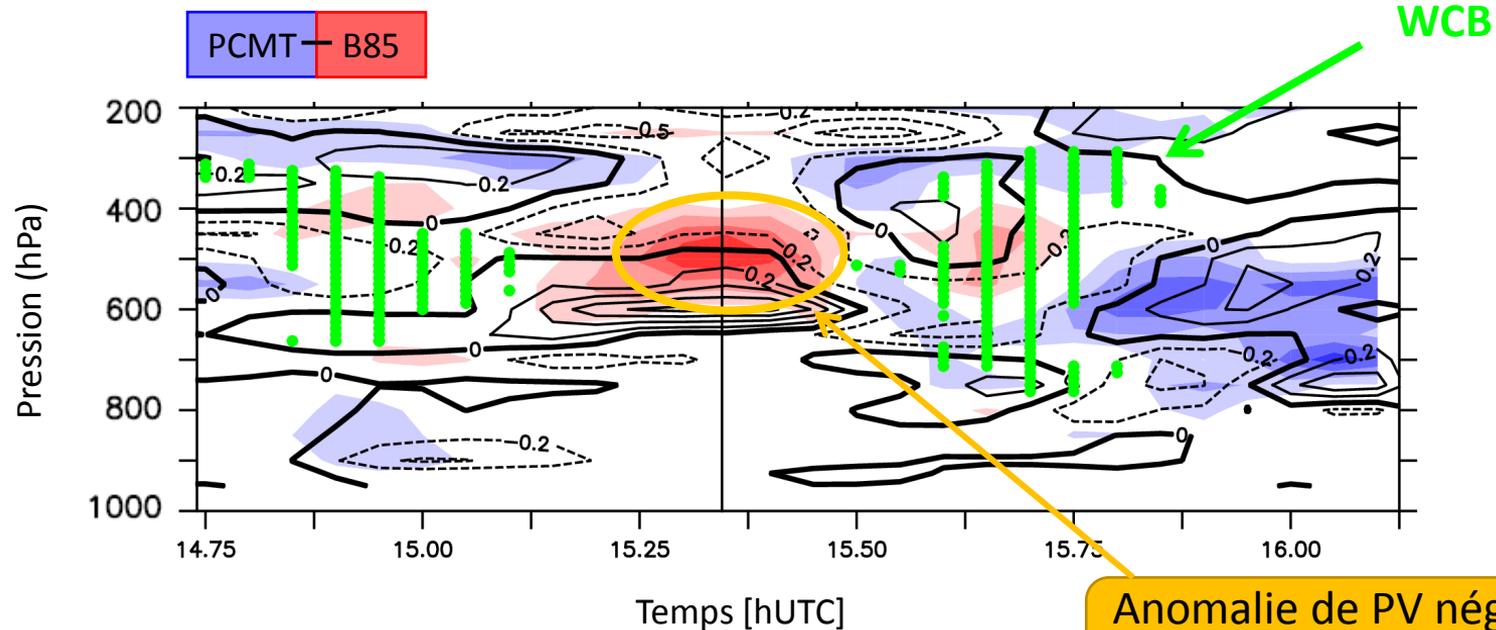
Différence Vent/PV

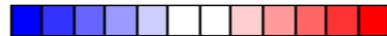


Différence Vent/PV



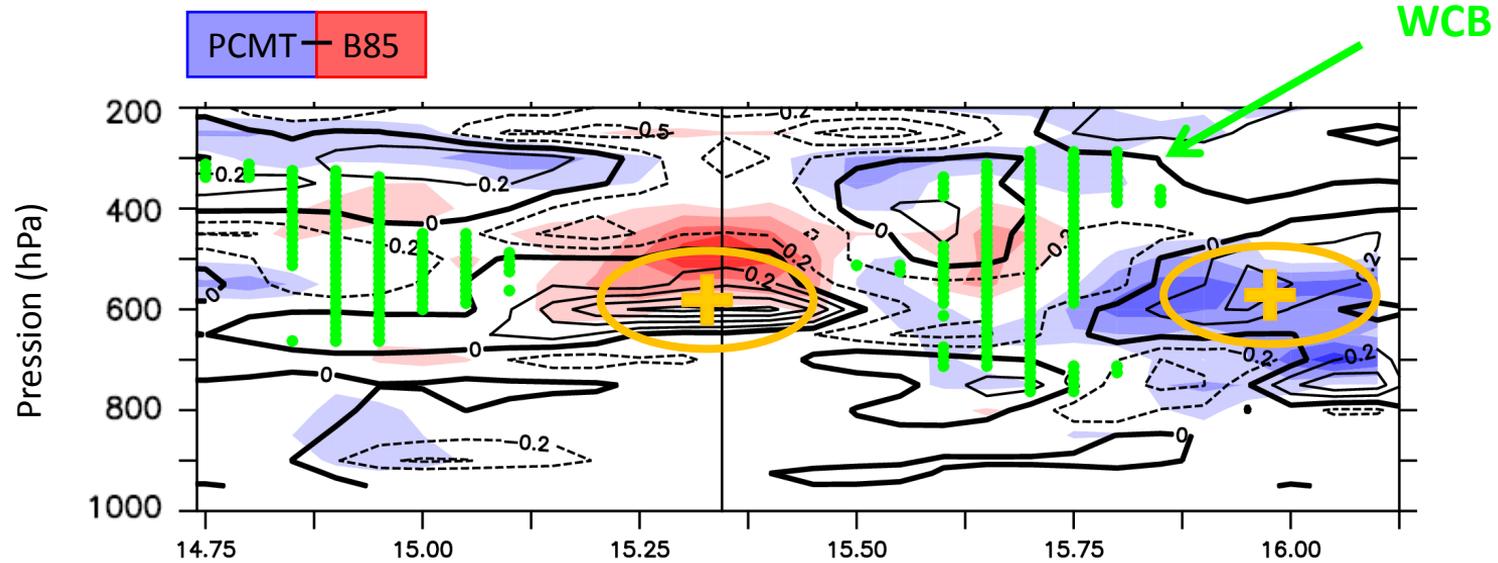
Différence Vent/PV



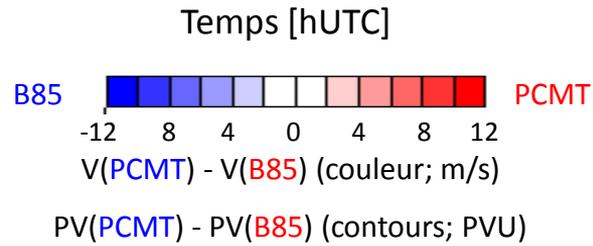
B85  PCMT
-12 8 4 0 4 8 12
 $V(\text{PCMT}) - V(\text{B85})$ (couleur; m/s)
 $PV(\text{PCMT}) - PV(\text{B85})$ (contours; PVU)

Anomalie de PV négative
-> PV + fort dans B85
-> PV + faible dans PCMT
-> anticyclonisation
-> Renforcement du jet

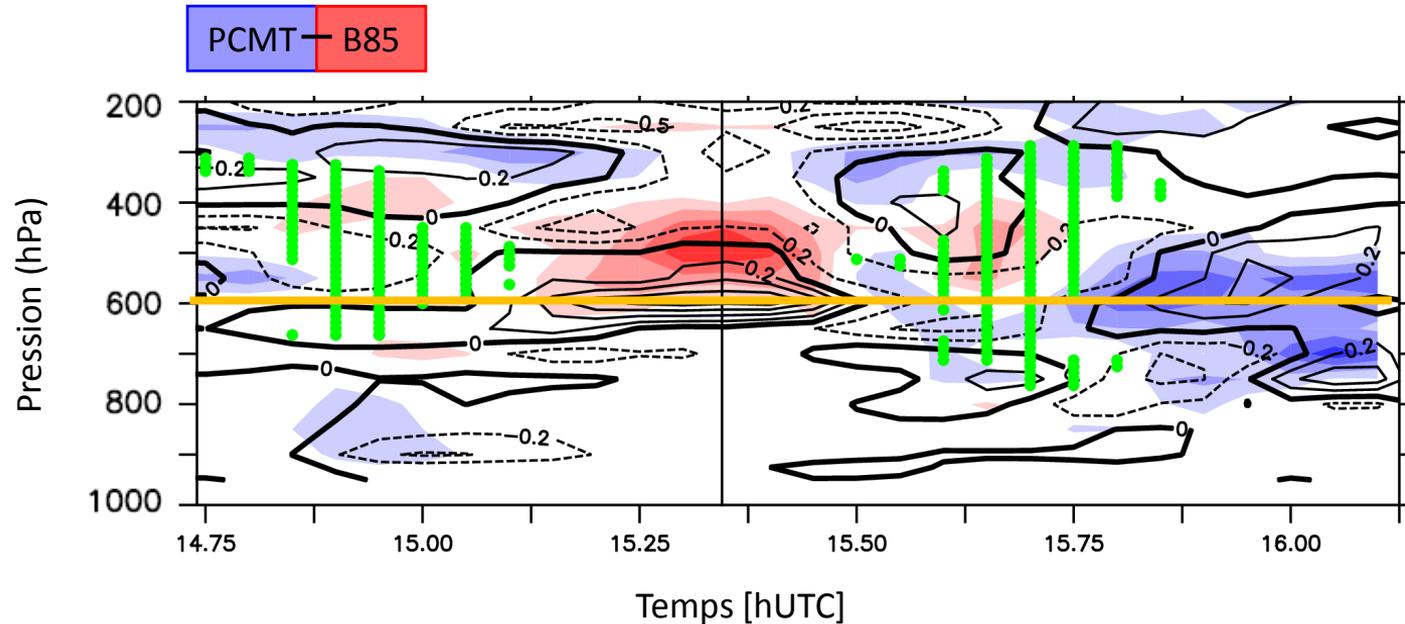
Différence Vent/PV

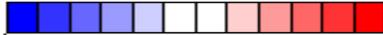


Raisonnement identique pour les anomalies positives



Différence Vent/PV



B85  PCMT

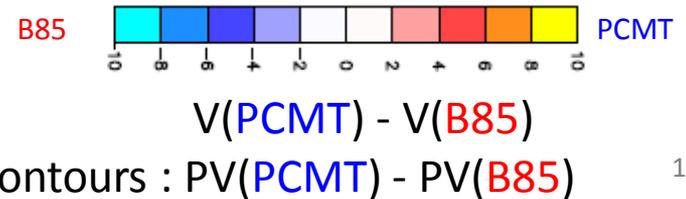
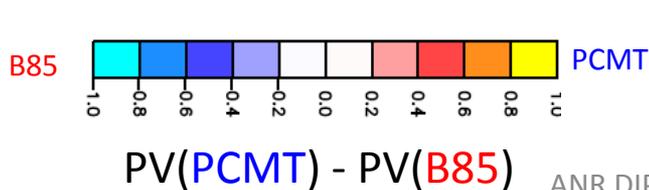
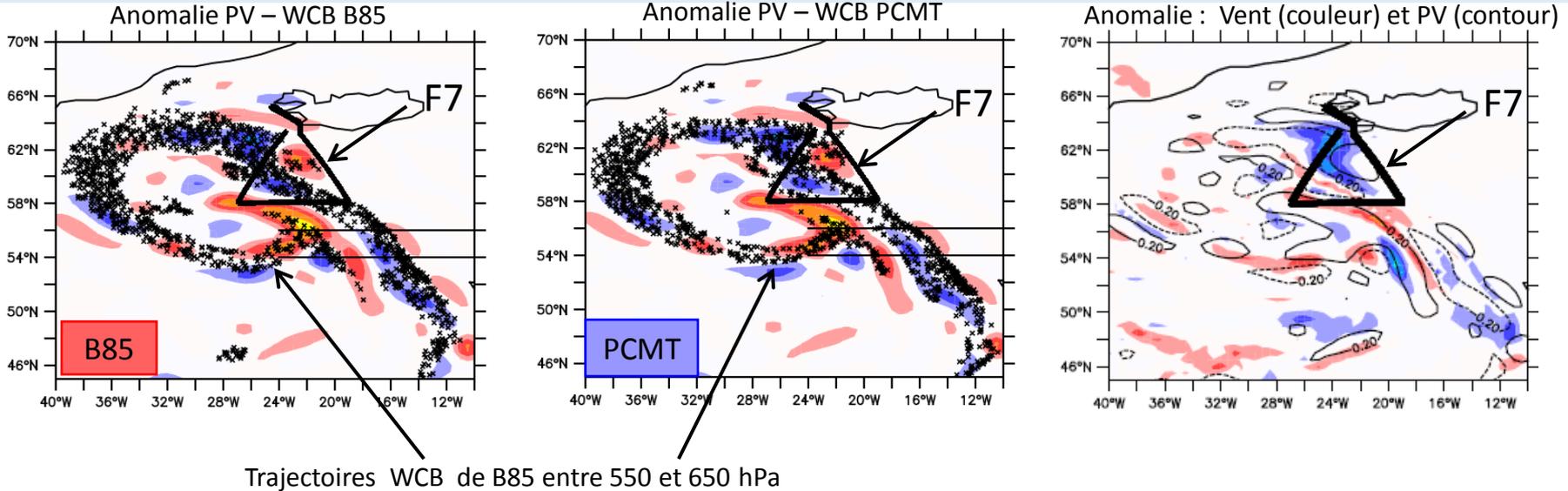
-12 8 4 0 4 8 12

$V(\text{PCMT}) - V(\text{B85})$ (couleur; m/s)

$PV(\text{PCMT}) - PV(\text{B85})$ (contours; PVU)

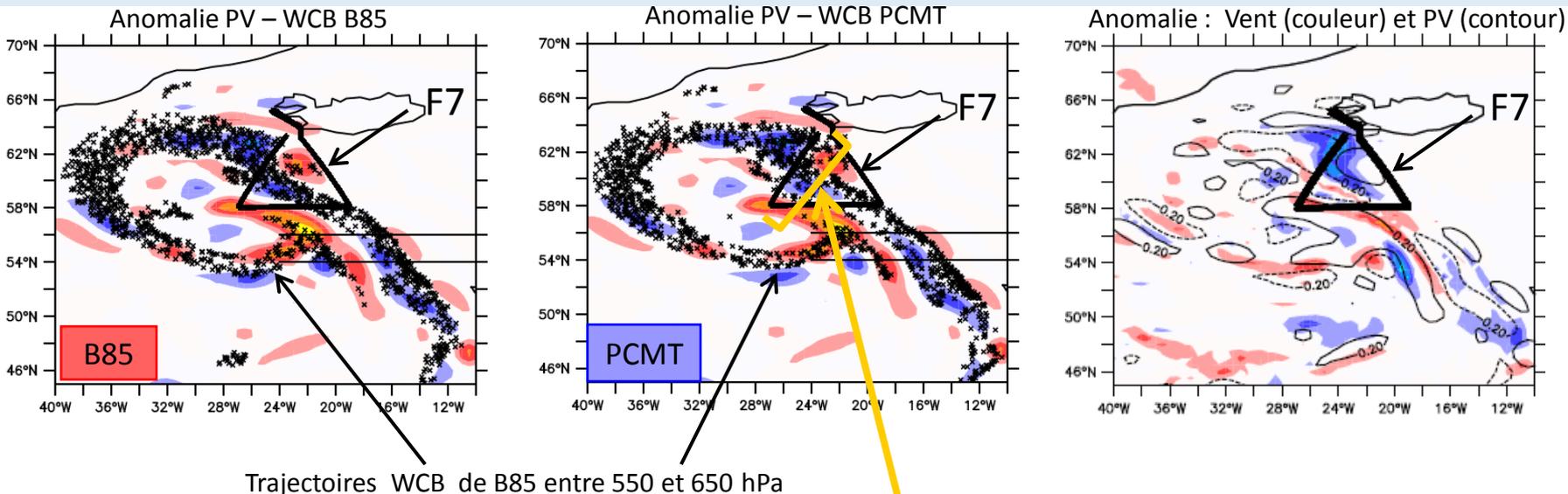
Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)

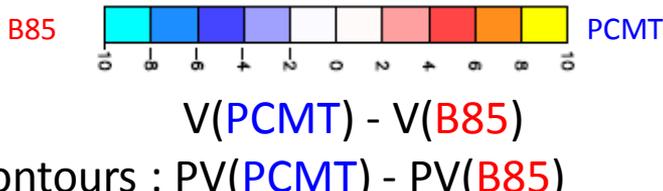
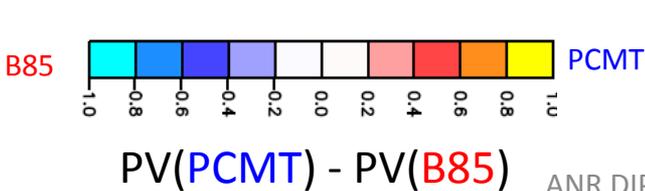


Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)

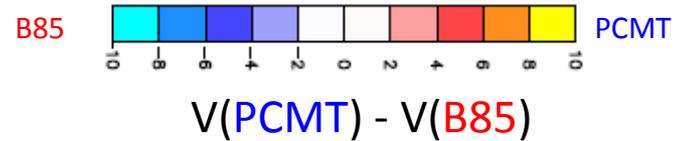
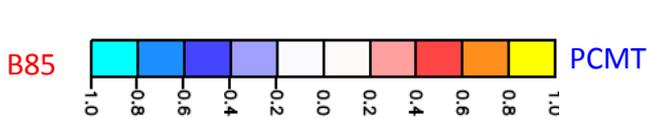
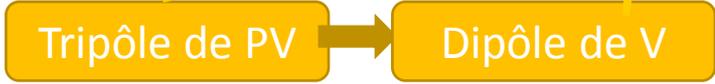
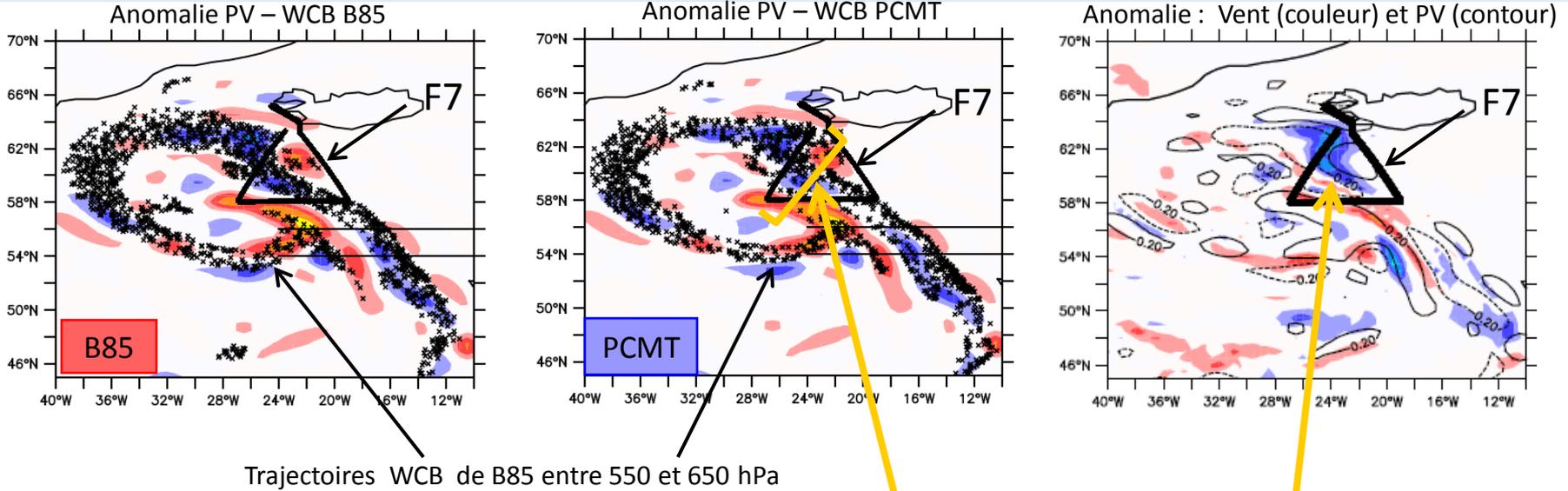


Tripôle de PV



Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)



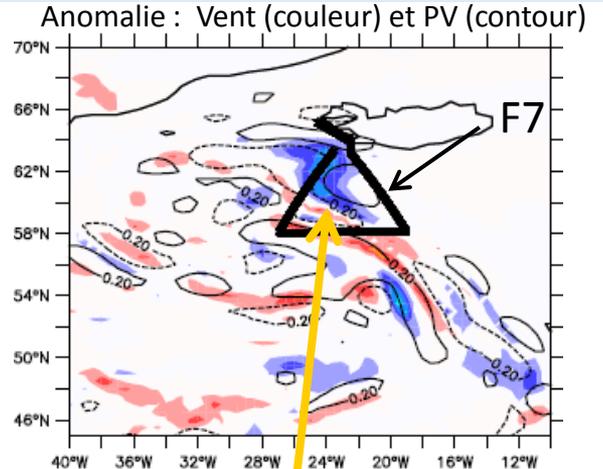
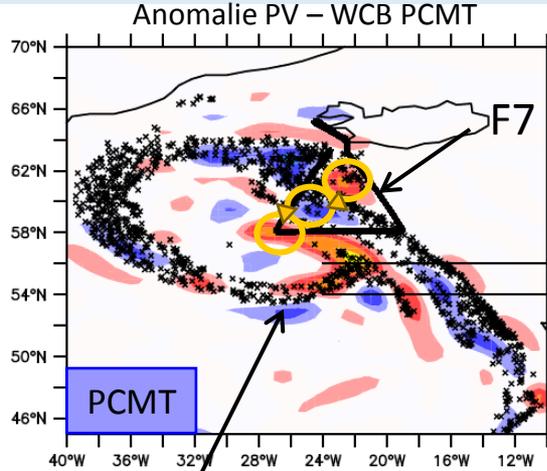
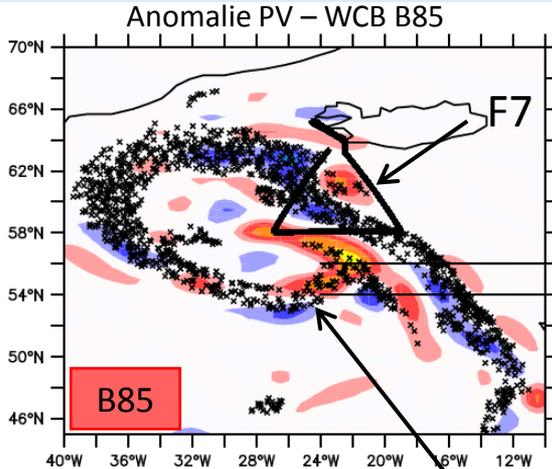
PV(PCMT) - PV(B85)

ANR DIP-NAWDEX 2021

Contours : PV(PCMT) - PV(B85)

Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

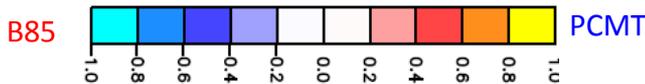
02/10/2016 à 15UTC (+27h)



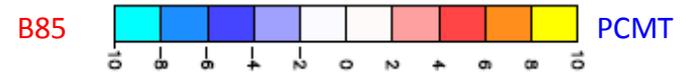
Trajectoires WCB de B85 entre 550 et 650 hPa

Tripôle de PV

Dipôle de V



PV(PCMT) - PV(B85)

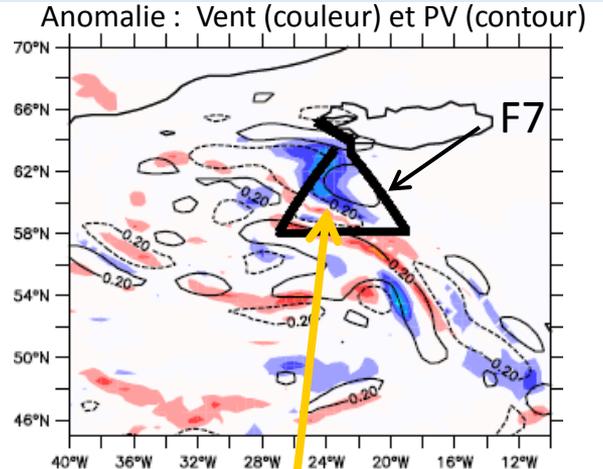
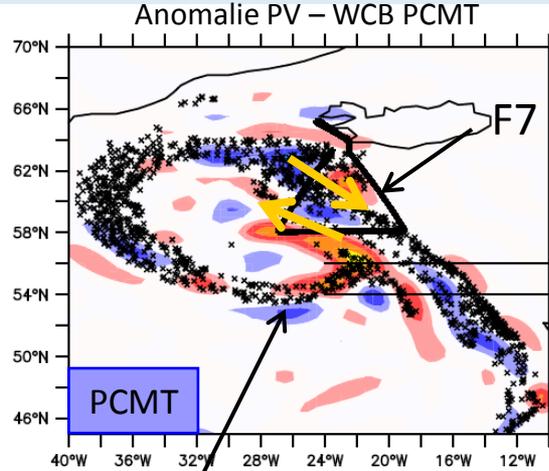
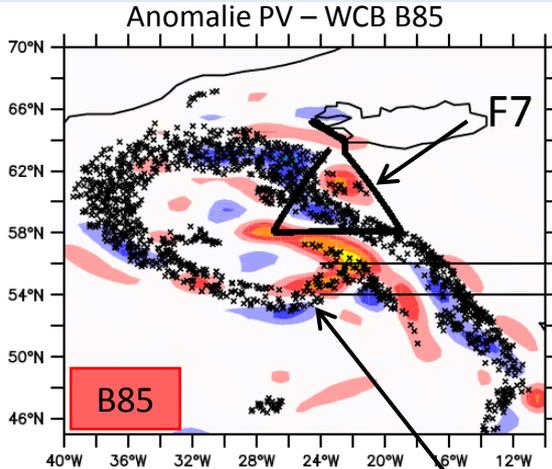


$V(PCMT) - V(B85)$

Contours : PV(PCMT) - PV(B85)

Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

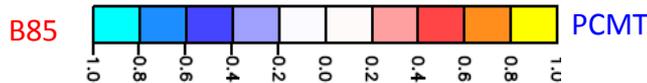
02/10/2016 à 15UTC (+27h)



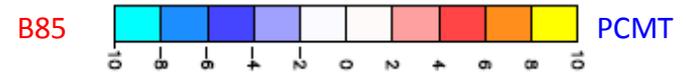
Trajectoires WCB de B85 entre 550 et 650 hPa

Tripôle de PV

Dipôle de V



PV(PCMT) - PV(B85)

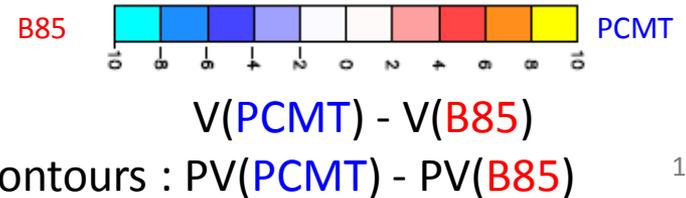
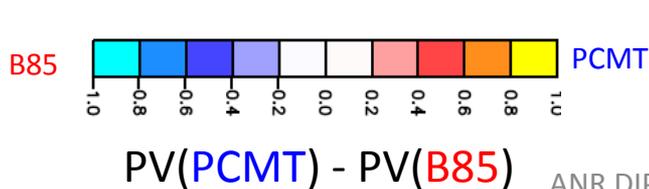
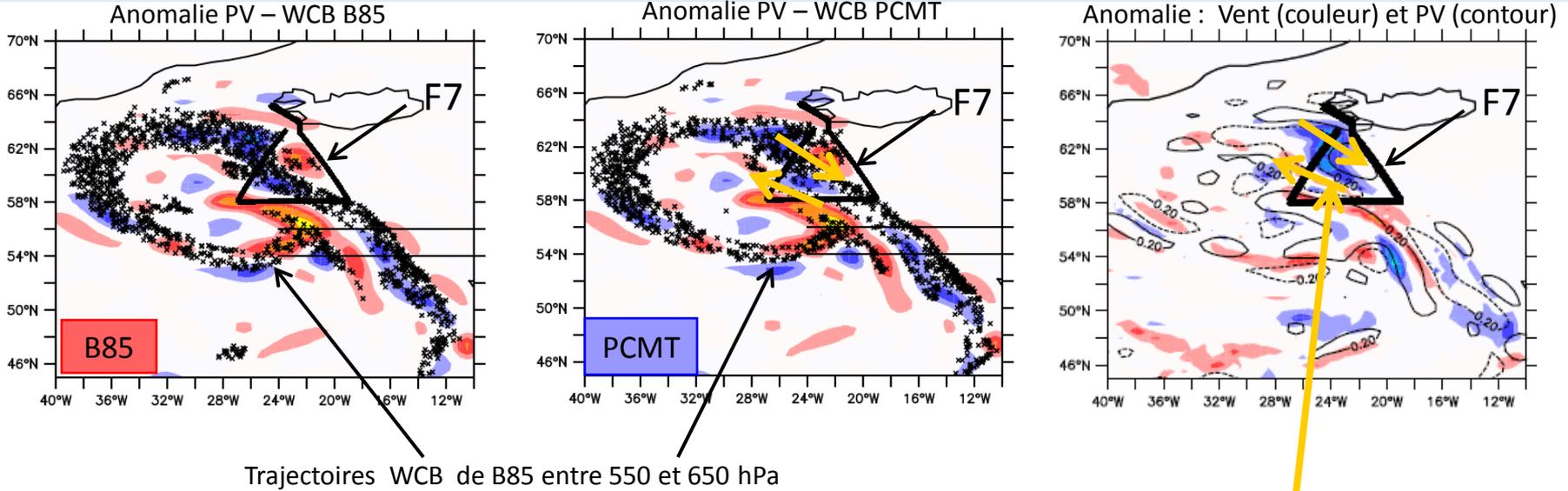


V(PCMT) - V(B85)

Contours : PV(PCMT) - PV(B85)

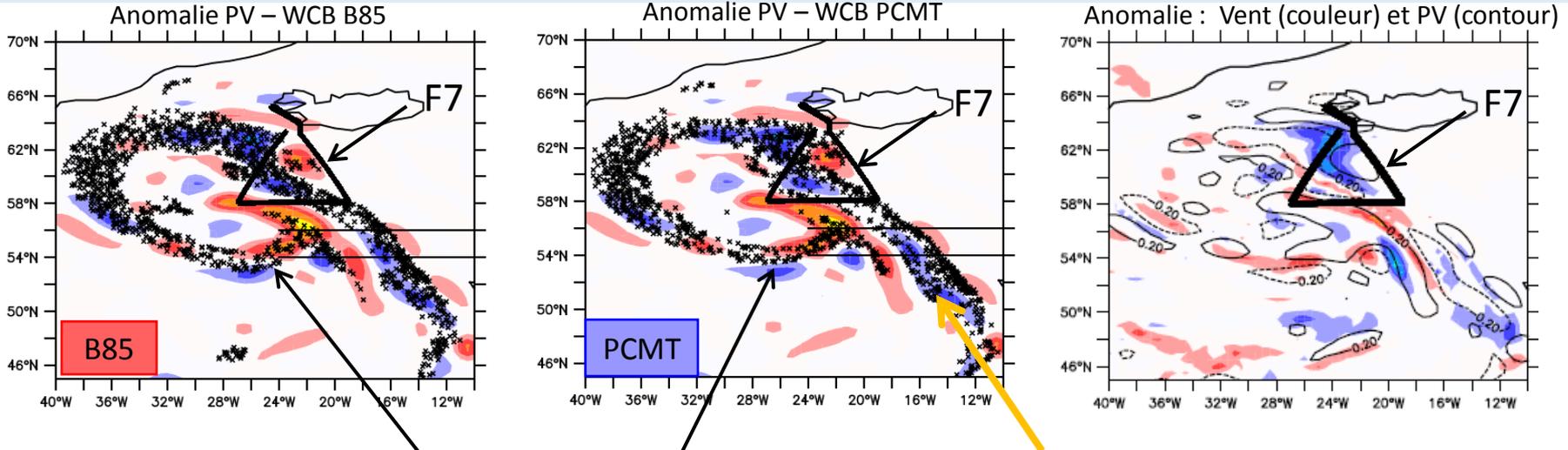
Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)



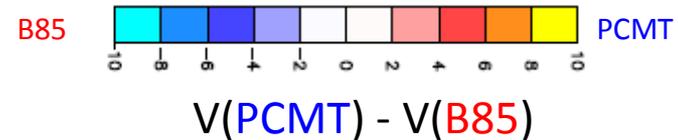
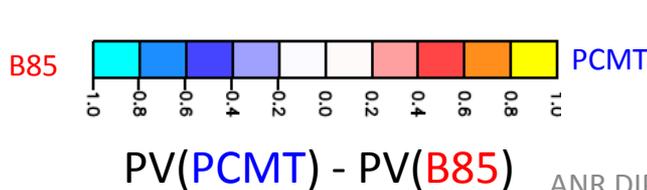
Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)



Trajectoires WCB de B85 entre 550 et 650 hPa

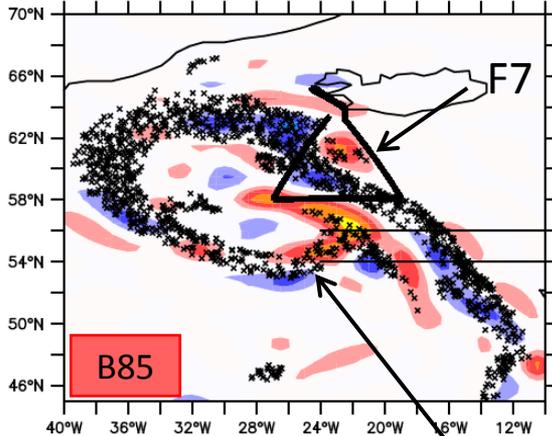
Tripôte de PV le long du front froid :
WCB dans anomalie négative de PV



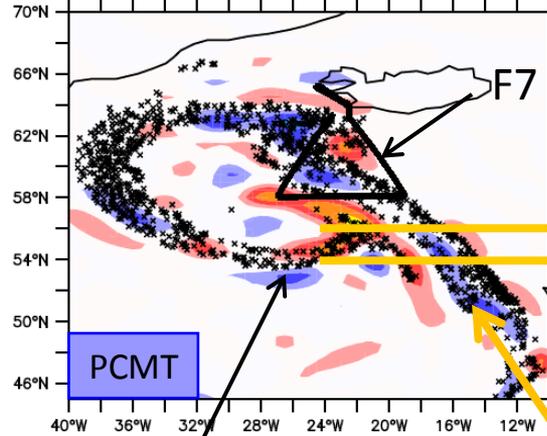
Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

02/10/2016 à 15UTC (+27h)

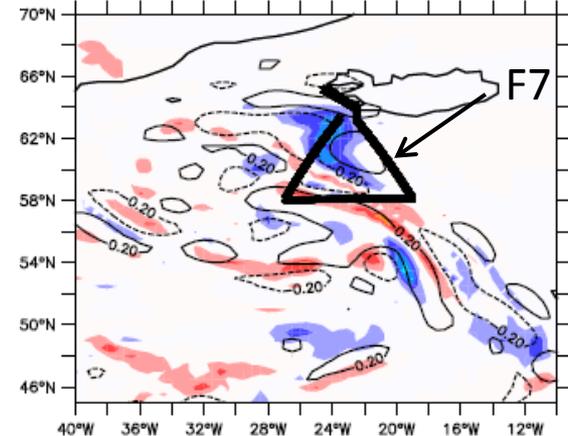
Anomalie PV – WCB B85



Anomalie PV – WCB PCMT

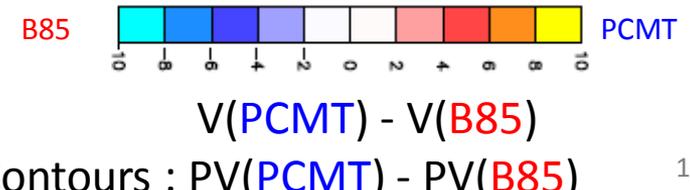
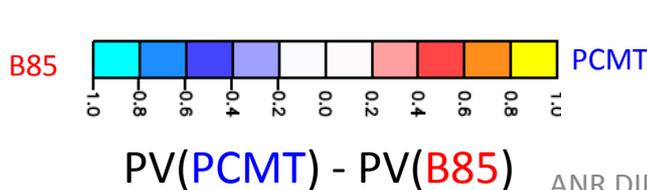


Anomalie : Vent (couleur) et PV (contour)



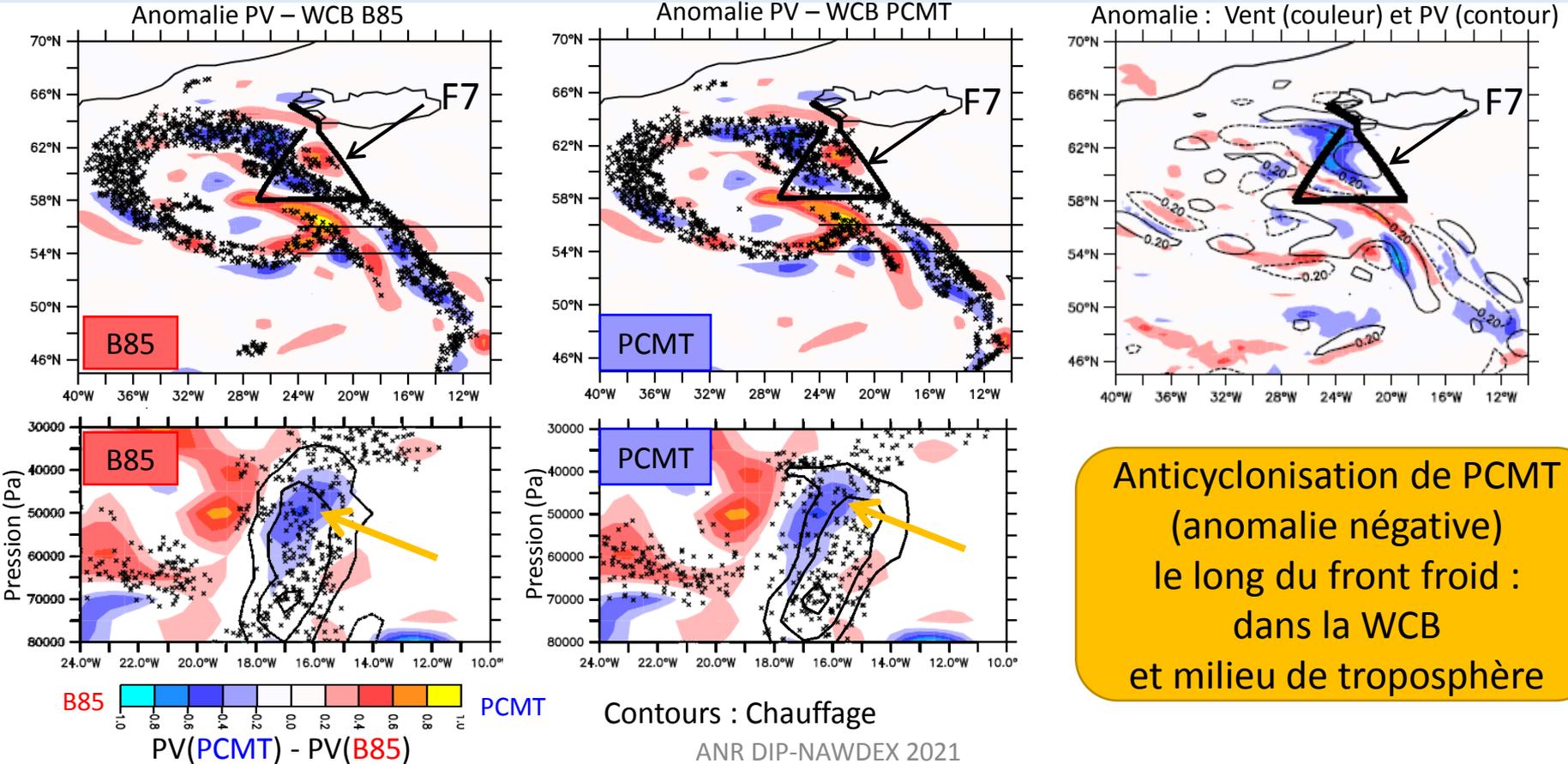
Trajectoires WCB de B85 entre 550 et 650 hPa

Tripôte de PV le long du front froid :
WCB dans anomalie négative de PV

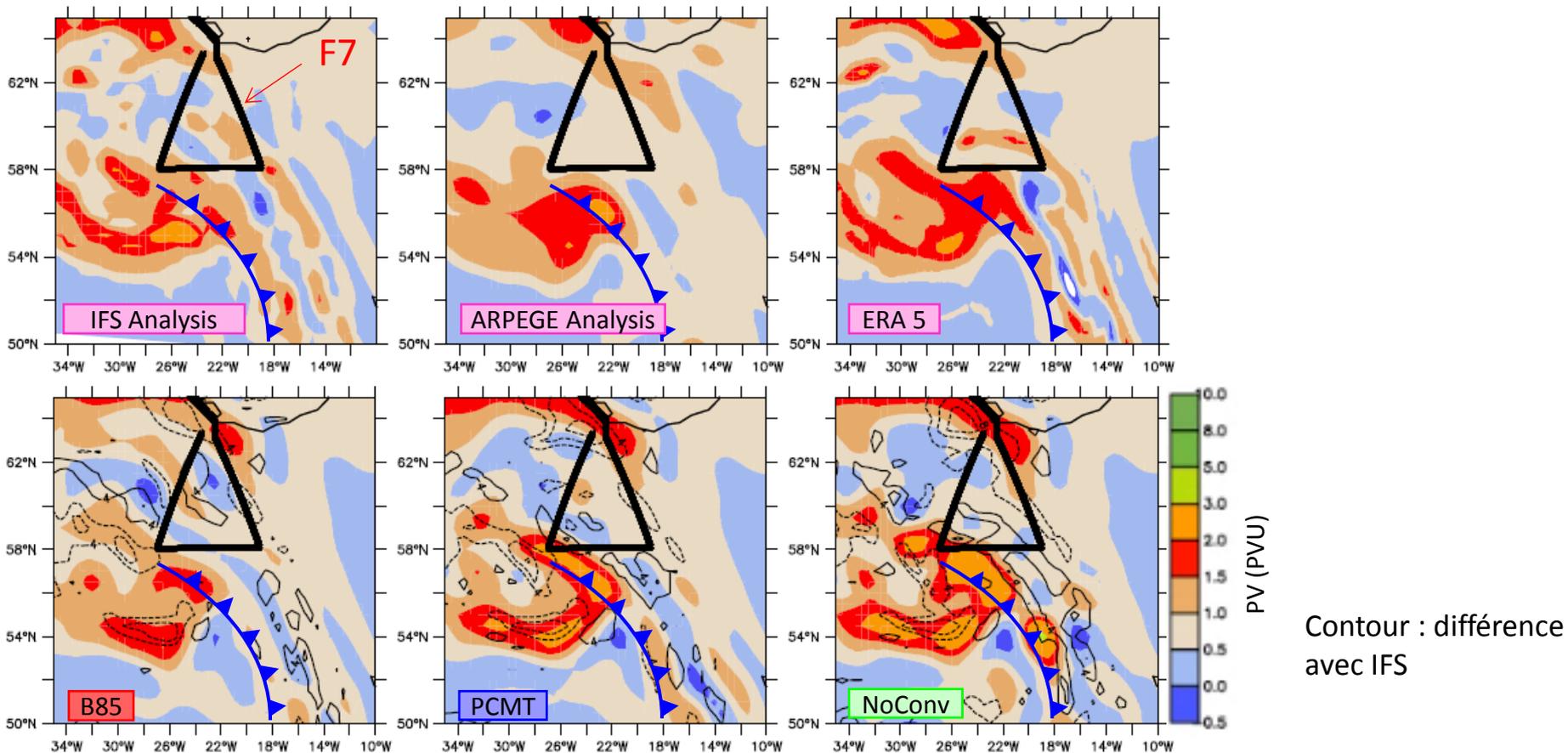


Structure 3D des anomalies de PV à 600 hPa

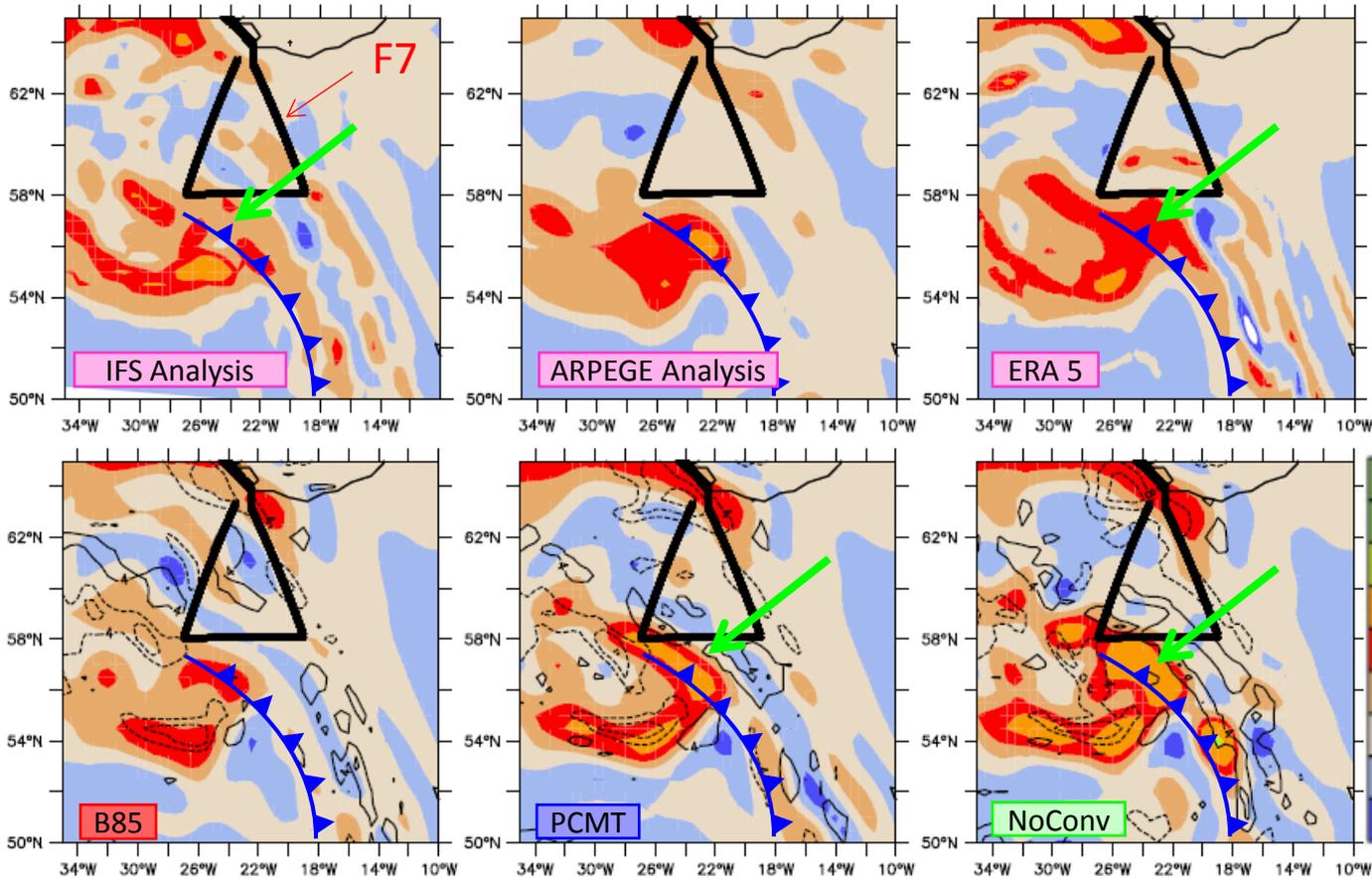
02/10/2016 à 15UTC (+27h)



PV à 600 hPa – Comparaison avec analyse



PV à 600 hPa – Comparaison avec analyse

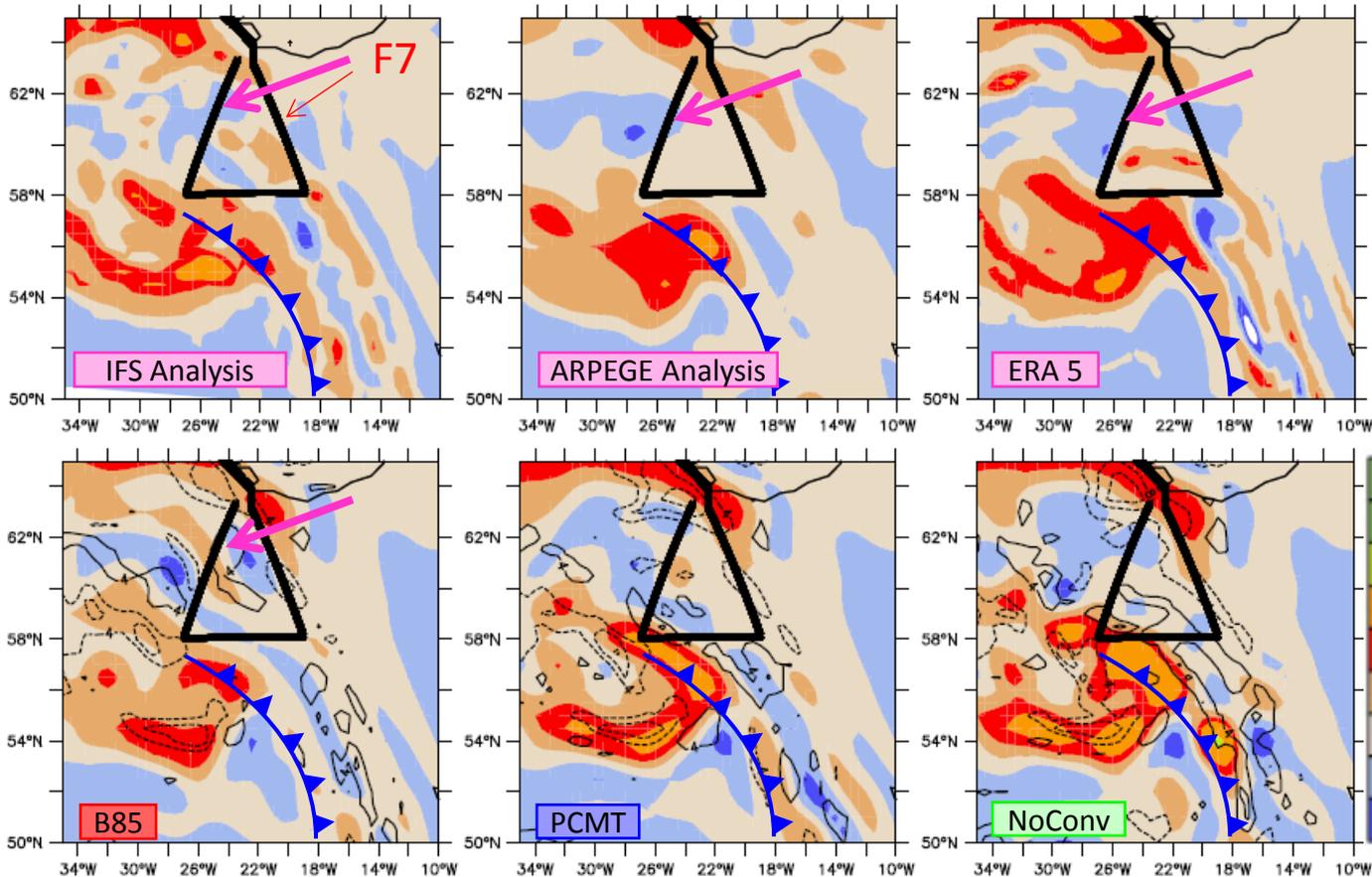


PV trop fort le long du front froid dans PCMT et NoConv

PV (PVU)

Contour : différence avec IFS

PV à 600 hPa – Comparaison avec analyse

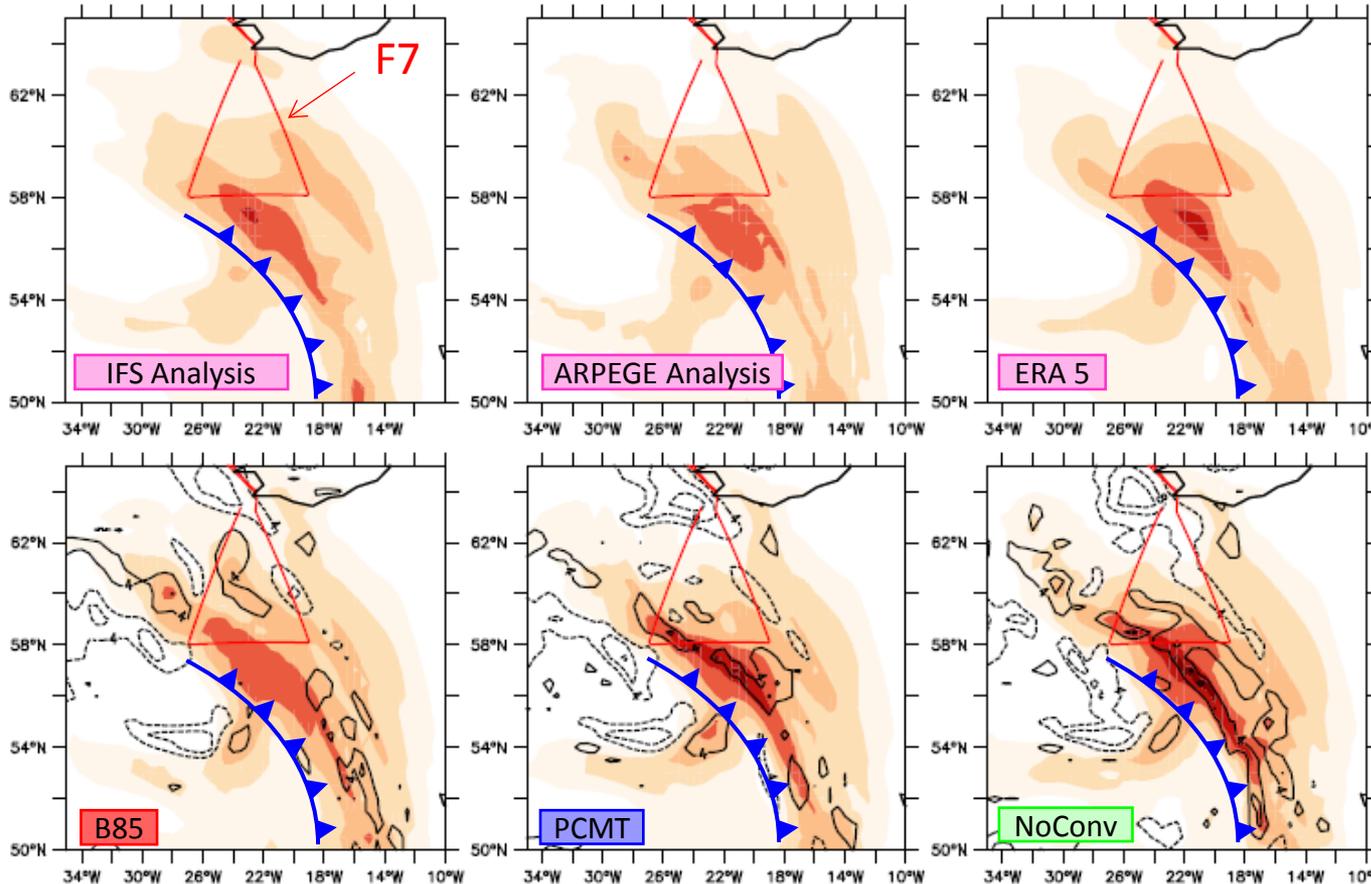


PV trop fort le long du front froid dans PCMT et NoConv

Zone de PV trop fort dans B85

Contour : différence avec IFS

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse

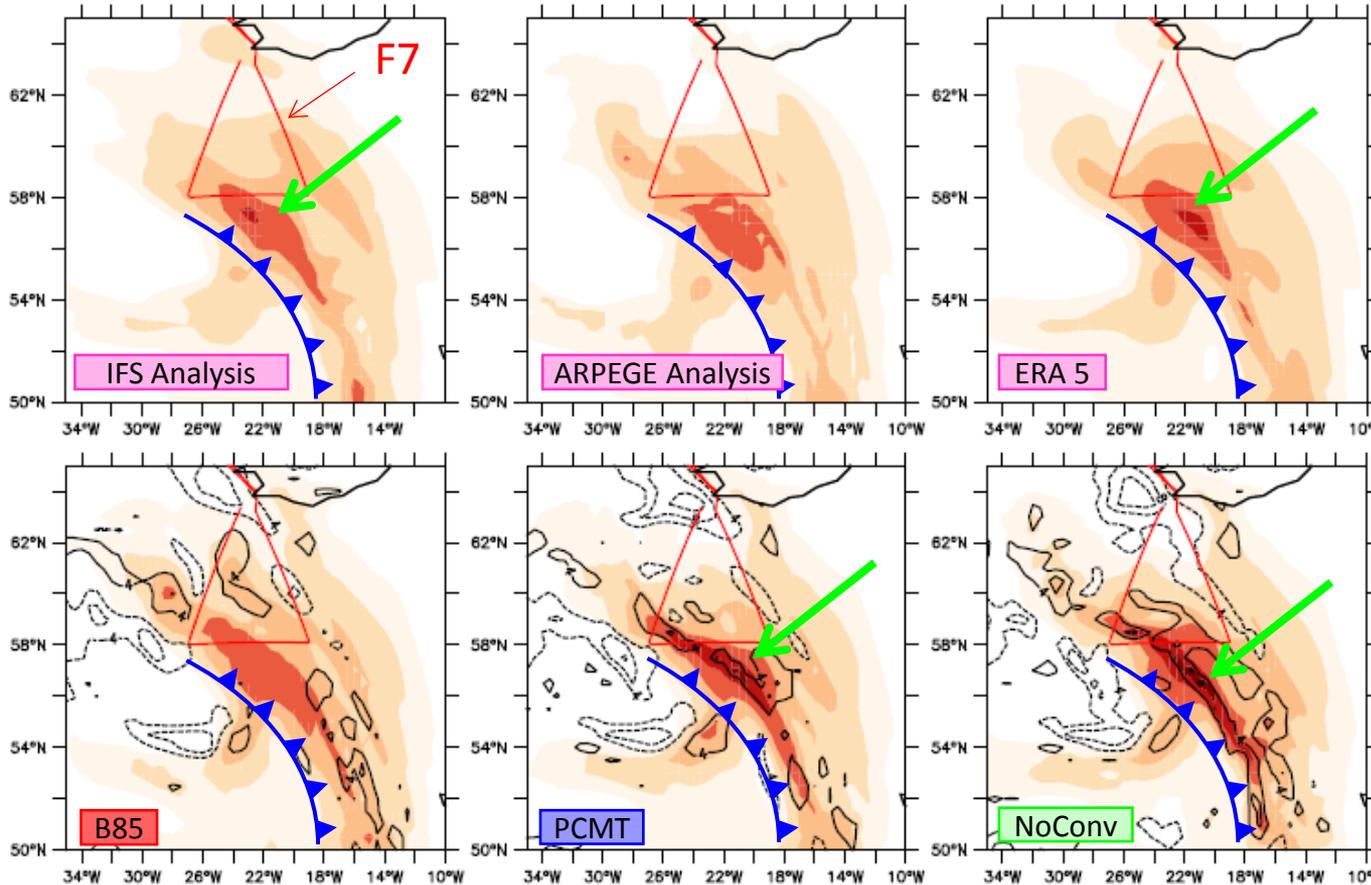


PV trop fort le long du front froid dans PCMT et NoConv

Zone de PV trop fort dans B85

Contour : différence avec IFS

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse



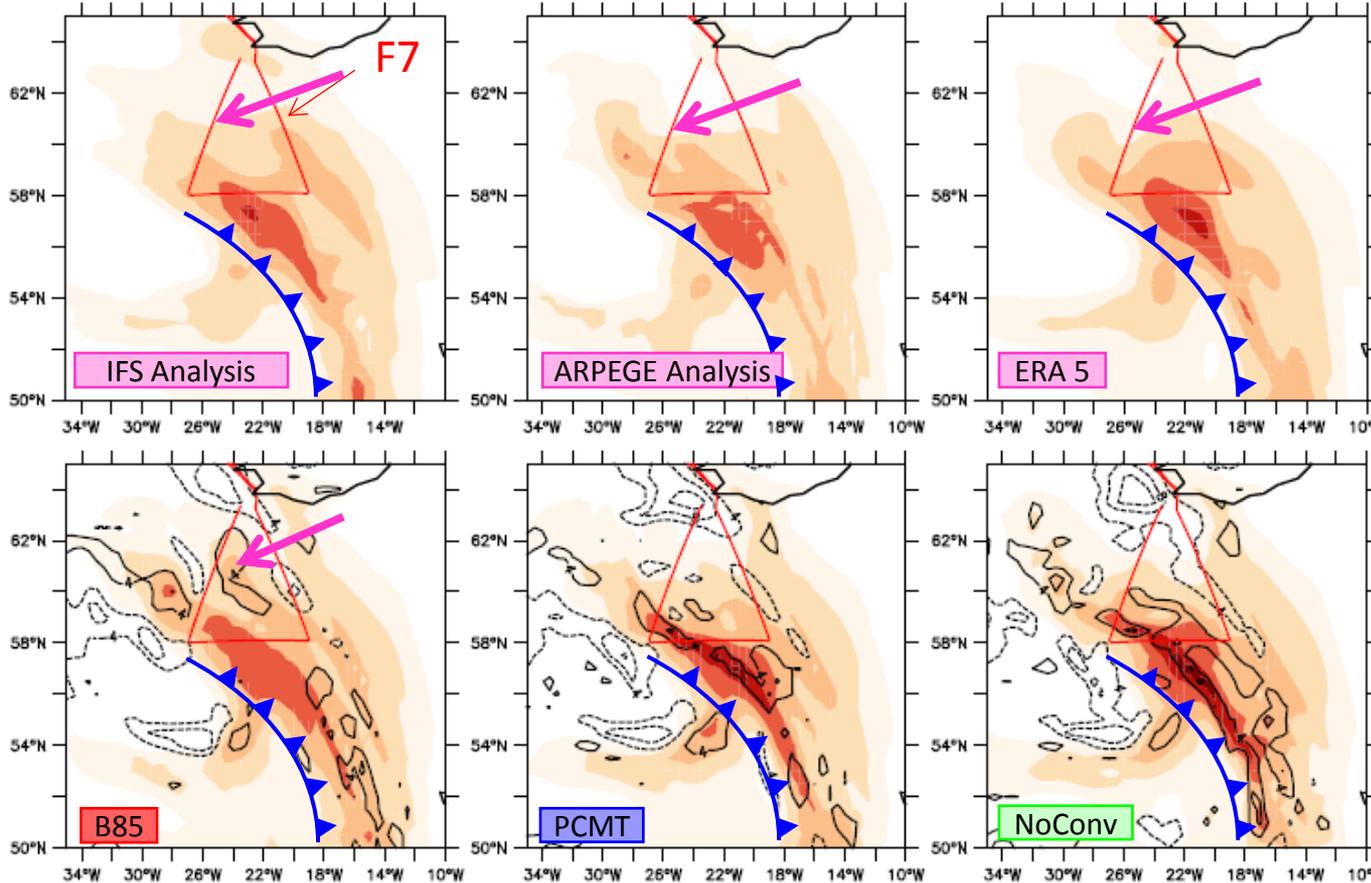
PV trop fort le long du front froid dans PCMT et NoConv

Vent trop fort

Zone de PV trop fort dans B85

Contour : différence avec IFS

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse



PV trop fort le long du front froid dans PCMT et NoConv

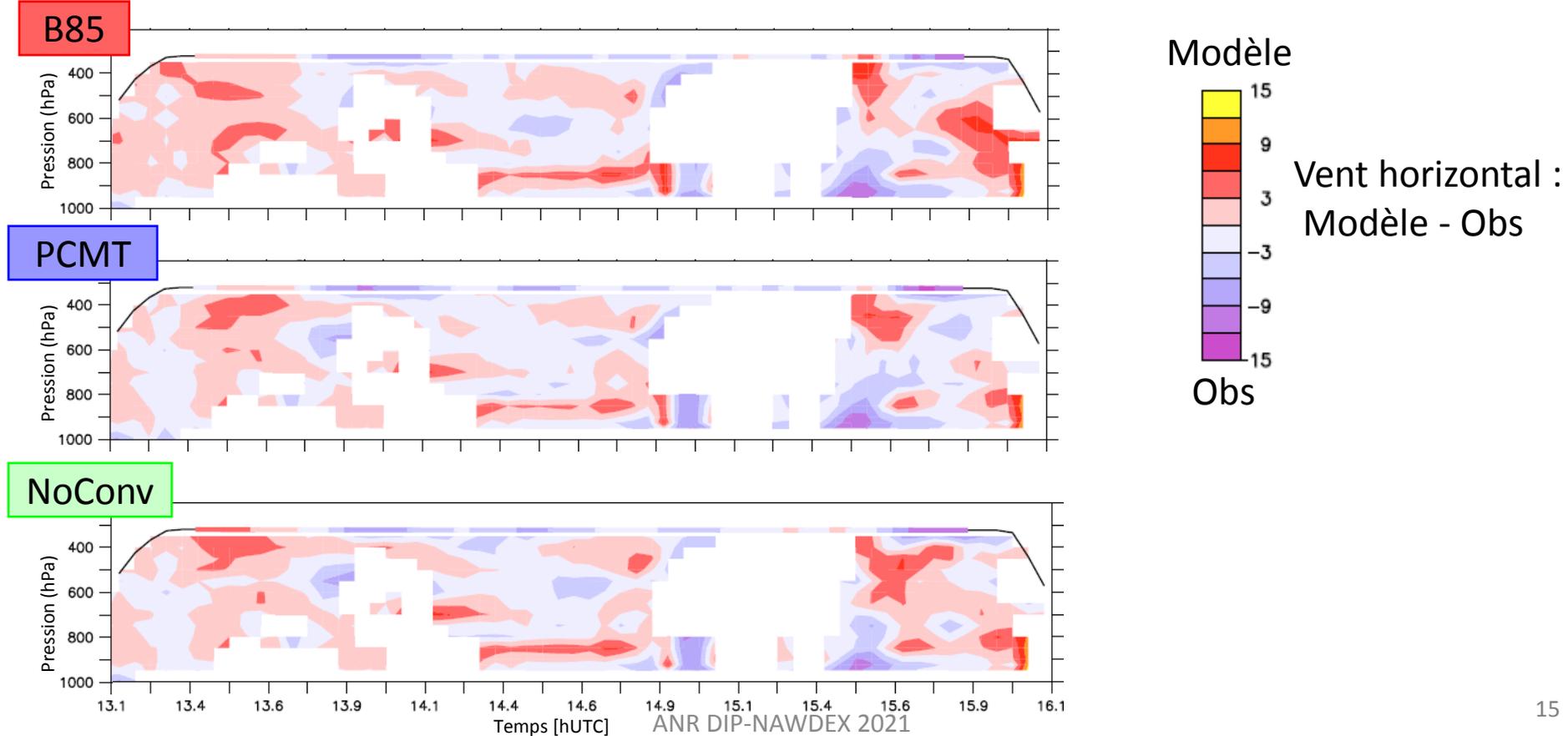
Vent trop fort

Zone de PV trop fort dans B85

Zone de vent fort

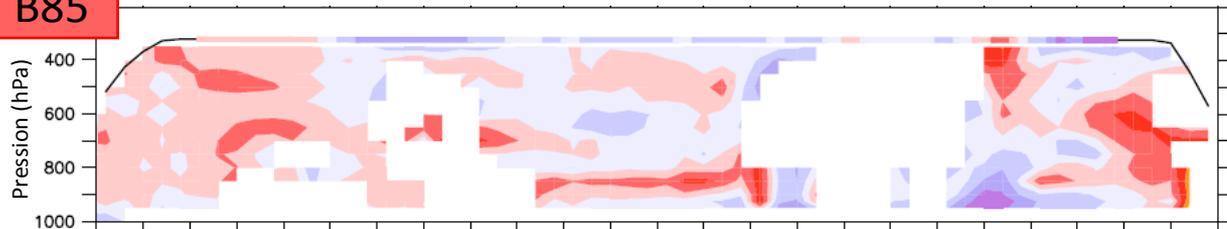
Contour : différence avec IFS

Comparaison modèle/RADAR

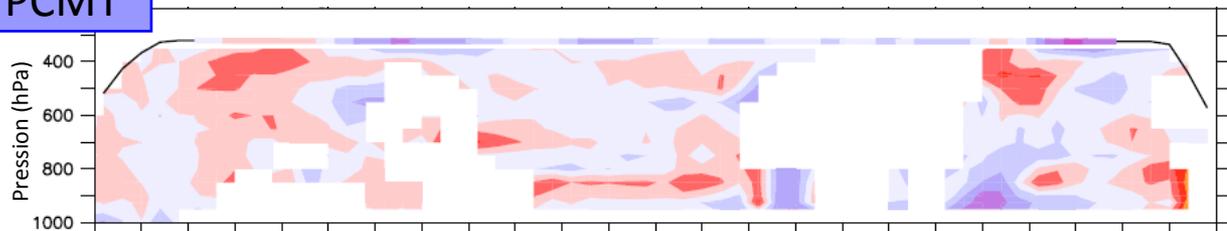


Comparaison modèle/RADAR

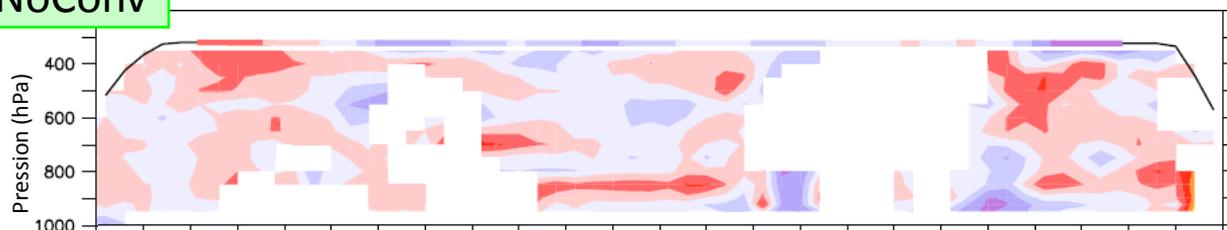
B85



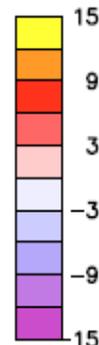
PCMT



NoConv



Modèle



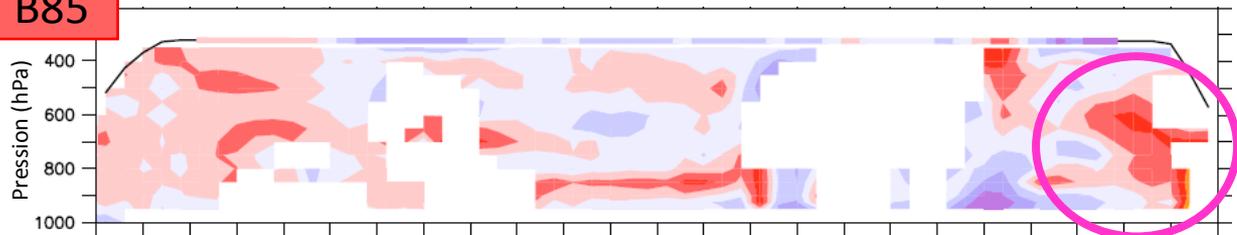
Vent horizontal :
Modèle - Obs

Obs

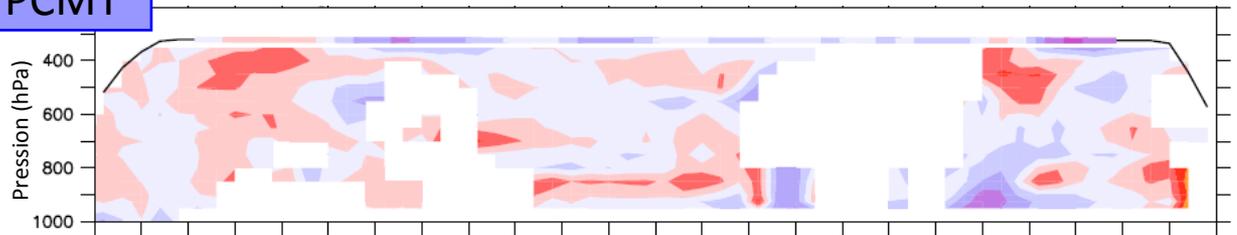
Modèles peu différents
sauf...

Comparaison modèle/RADAR

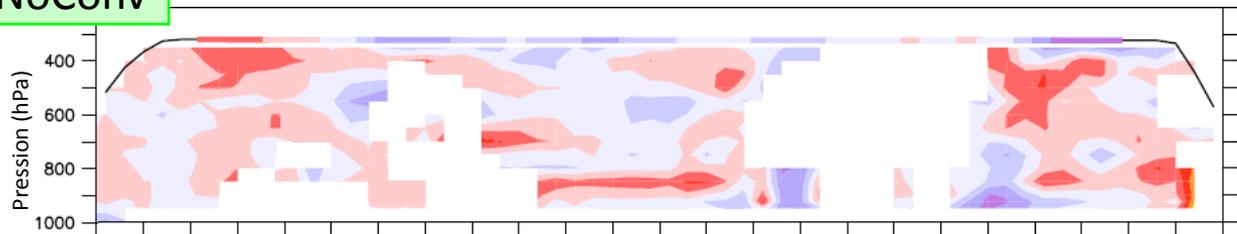
B85



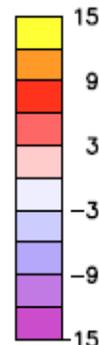
PCMT



NoConv



Modèle

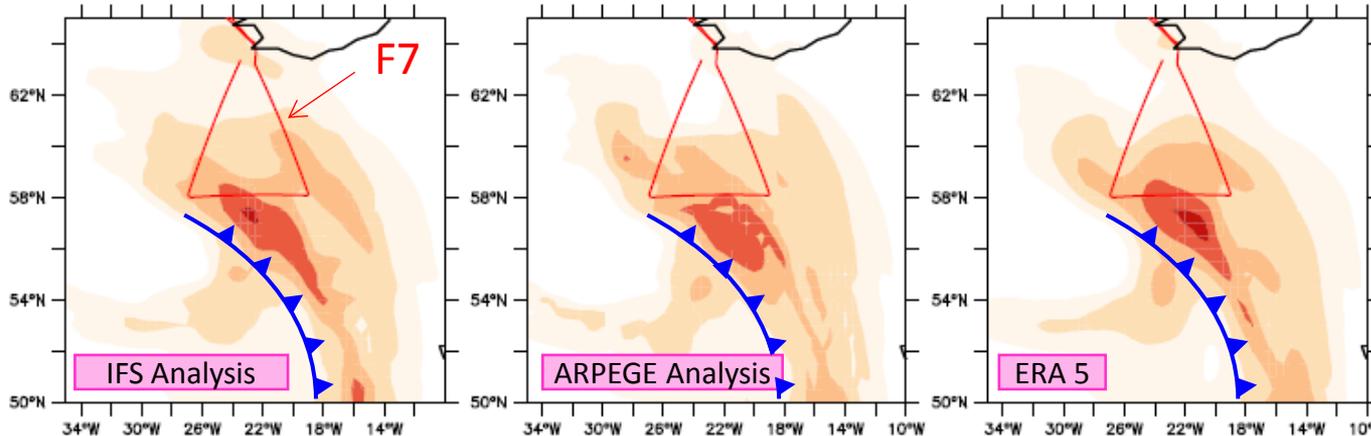


Vent horizontal :
Modèle - Obs

Obs

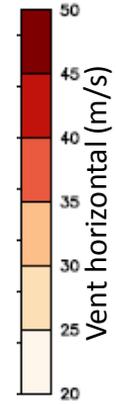
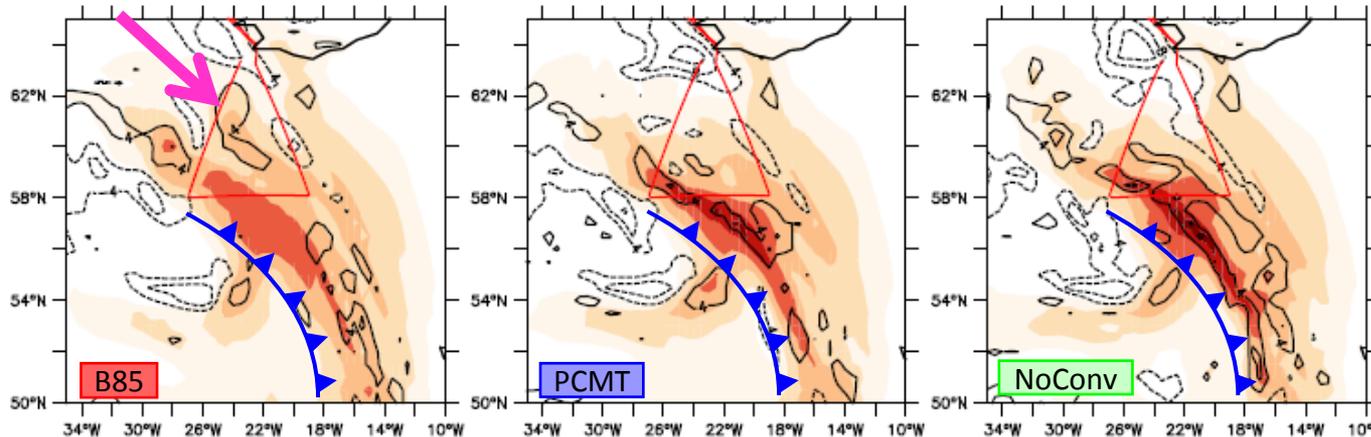
Modèles peu différents
sauf...

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse



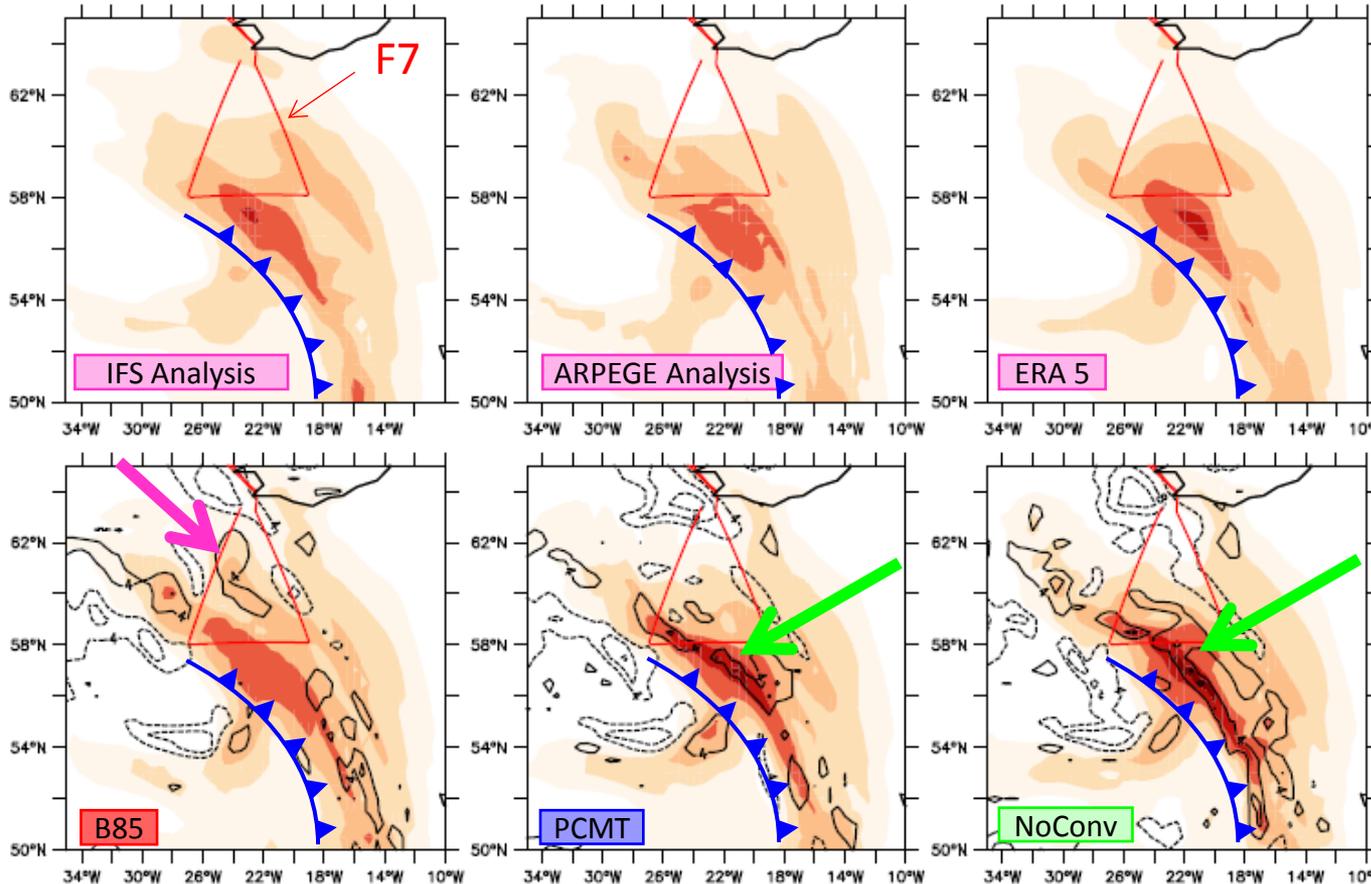
Génération d'un jet inexistant avec B85

B85 anticyclonise pas assez
PCMT anticyclonise bien



Contour : différence avec ERA5

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse



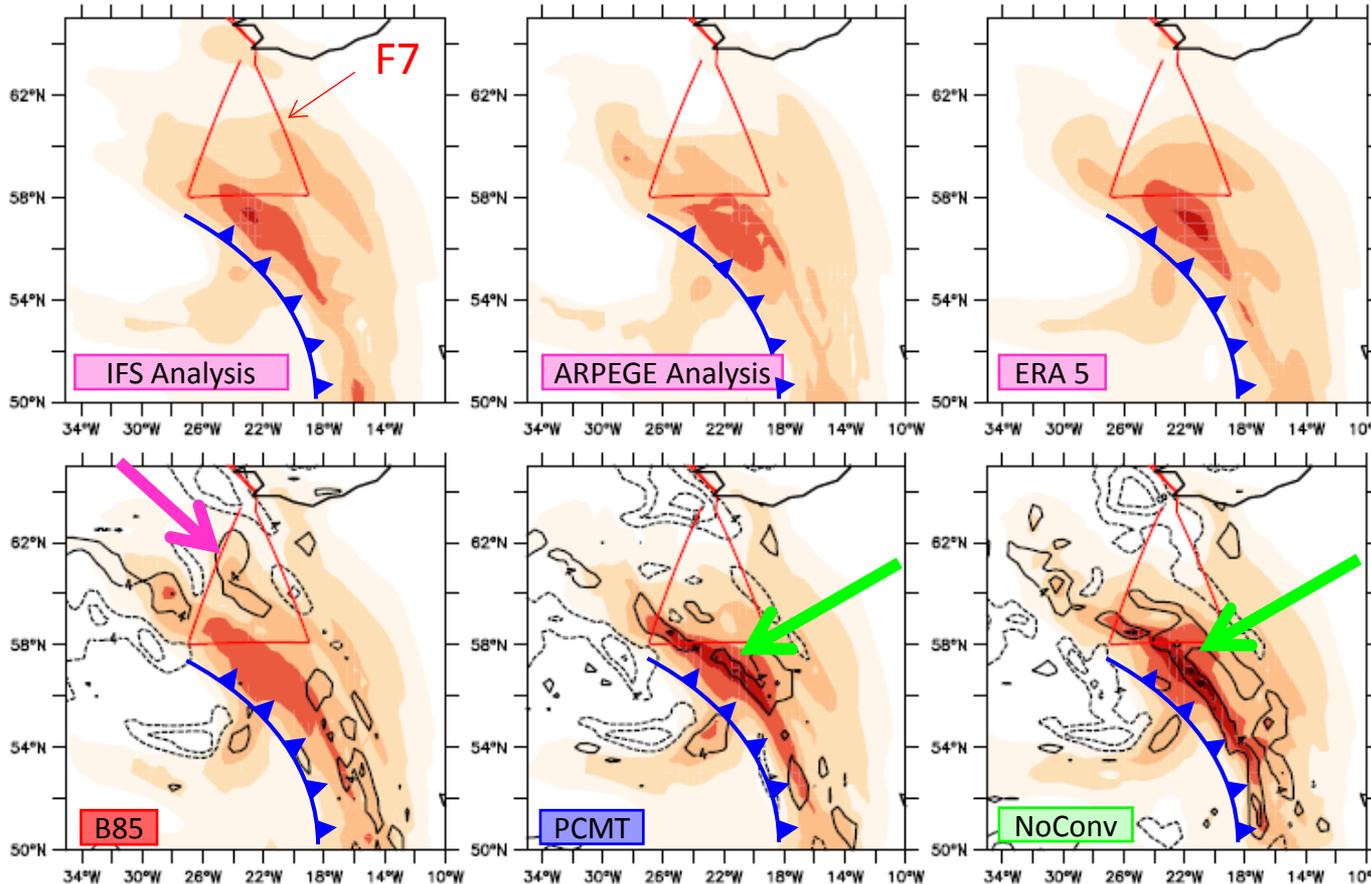
Génération d'un jet inexistant avec B85

B85 anticyclonise pas assez
PCMT anticyclonise bien

PCMT et NoConv
ont un PV trop fort

Contour : différence
avec ERA5

Jet à 600 hPa – Comparaison avec analyse



Génération d'un jet inexistant avec B85

B85 anticyclonise pas assez
PCMT anticyclonise bien

PCMT et NoConv
ont un PV trop fort

Analyses
consistantes avec
mesures in-situ

Contour : différence
avec ERA5

Rédaction de 2 articles

➡ Matière pour 2 articles

Mais comment décomposer le travail en 2 parties ?

Proposition n°1 : décomposition comme les présentations d'aujourd'hui

- 1) Impact sur la partie ascendante de la WCB (vol F7) -> Meryl
- 2) Impact sur le jet altitude (vol F6) -> Gwendal

Proposition n°2 :

- 1) Bilan lagrangien de PV des trajectoires secteur chaud :
vision générale ➡ ajout des résultats sur les gradients horizontaux/verticaux de chauffage
- 2) Comparaison aux mesures in-situ et analyses
vent, ➡ ajout des résultats sur l'IWC -> microphysique

Quelles sont vos suggestions ?

Pour plus tard : Comparer avec d'autres schémas de convection profonde (nouveau PCMT et Tiedke)

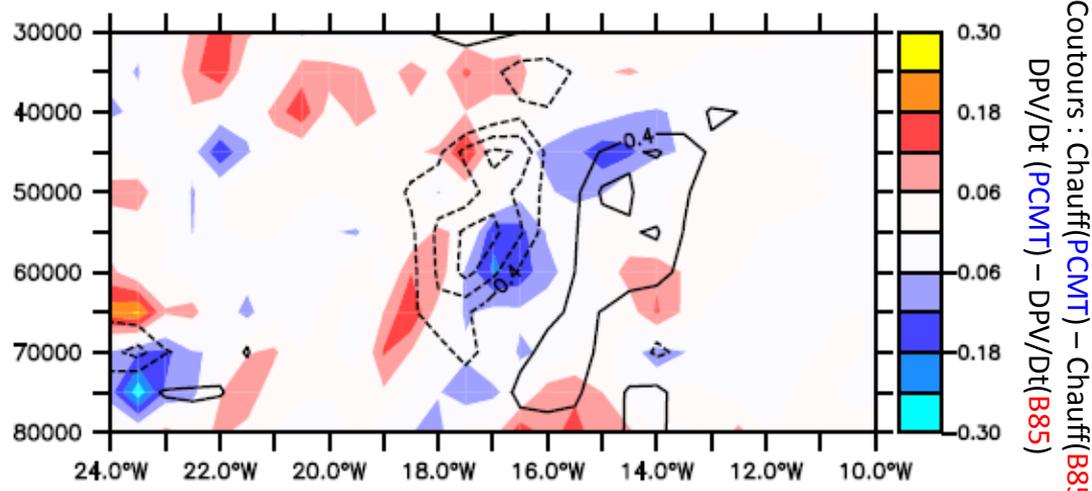


UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER

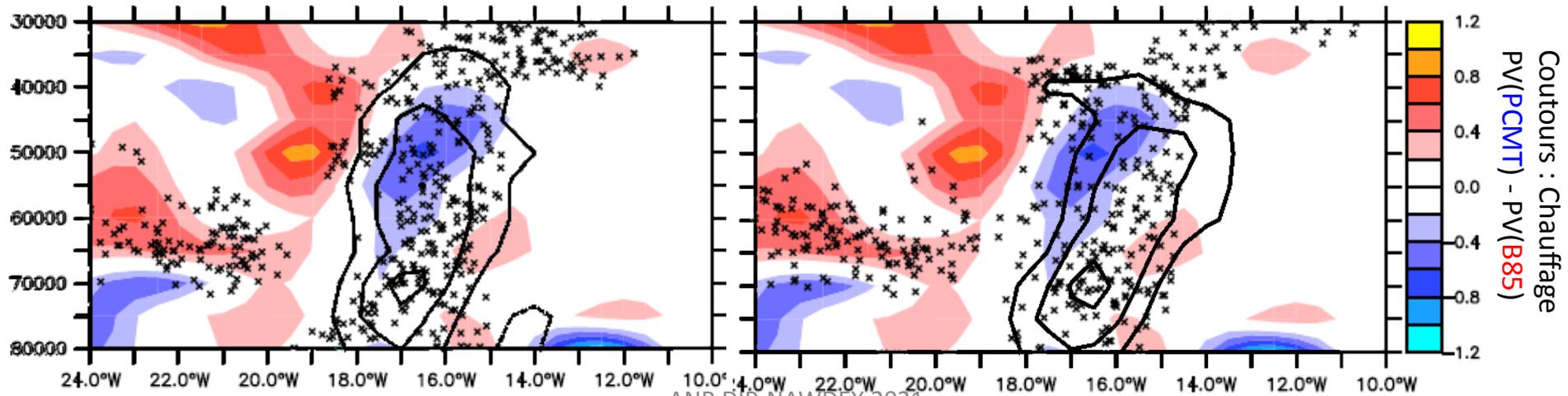


Merci pour votre attention

Coupe verticale dans le front froid

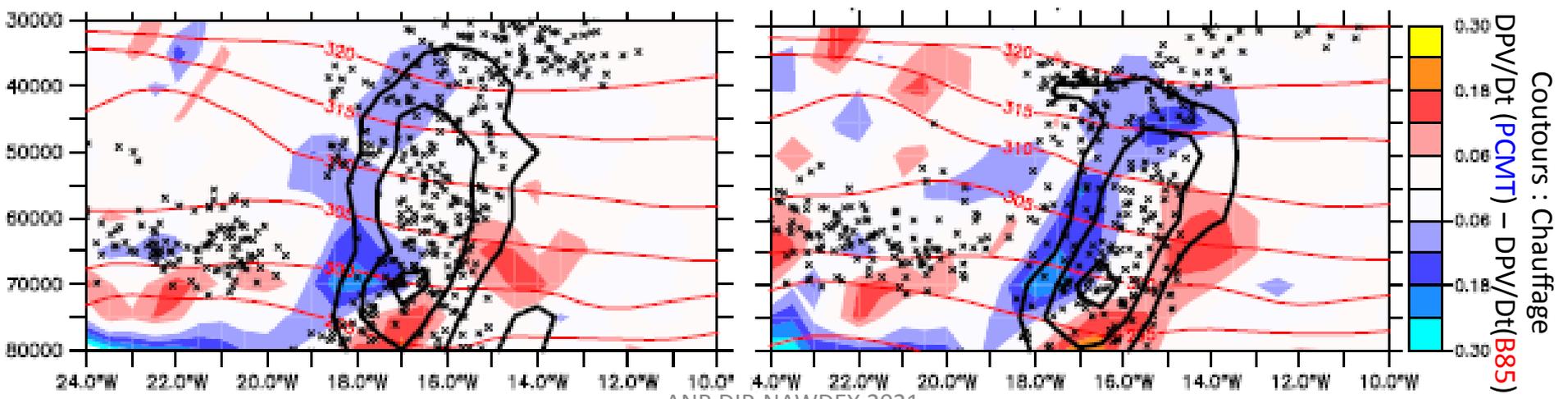
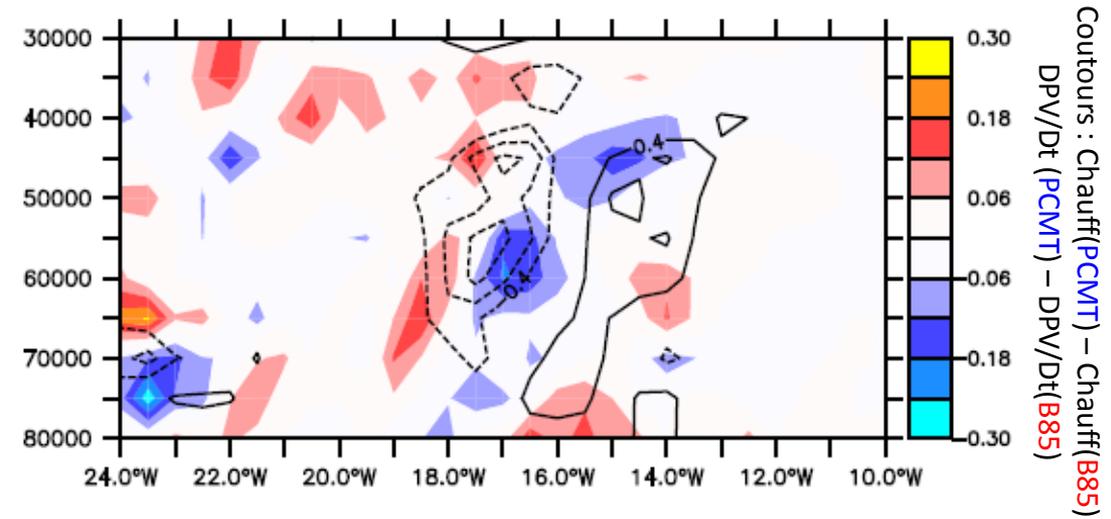


Coutours : $\text{Chauff}(\text{PCMT}) - \text{Chauff}(\text{B85})$
 $\text{DPV}/\text{Dt}(\text{PCMT}) - \text{DPV}/\text{Dt}(\text{B85})$

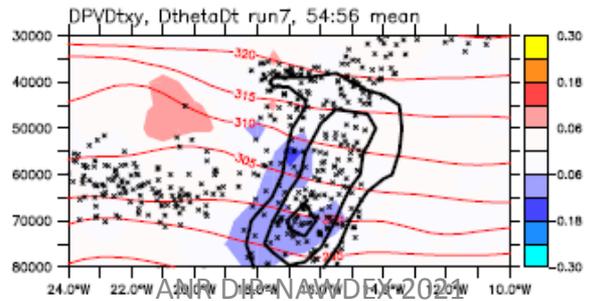
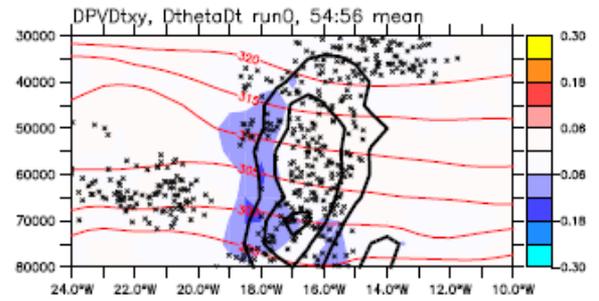
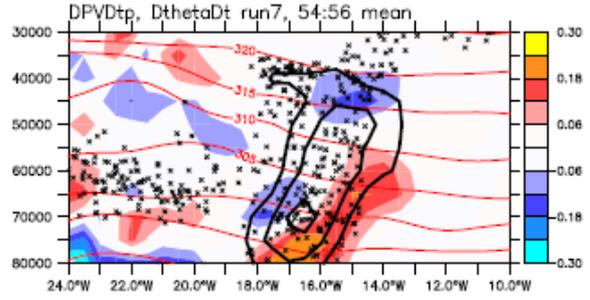
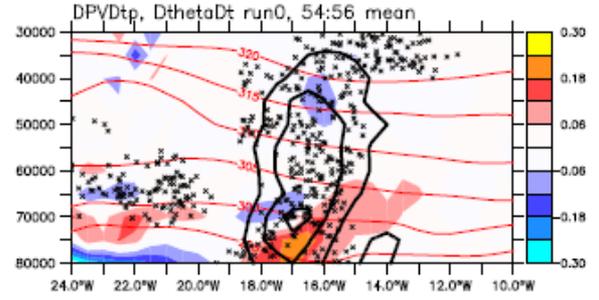
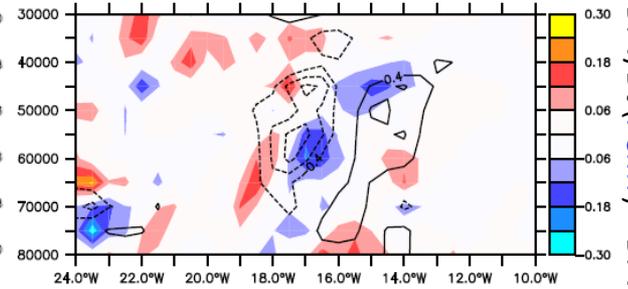
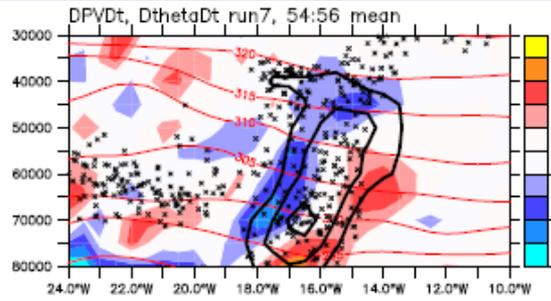
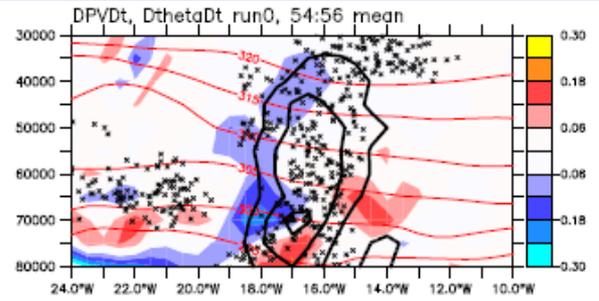


Coutours : $\text{Chauff}(\text{PCMT}) - \text{Chauff}(\text{B85})$
 $\text{PV}(\text{PCMT}) - \text{PV}(\text{B85})$

Coupe verticale dans le front froid



Coupe verticale dans le front froid



Coutours : Chauffage(PCMT) – DPV/Dt(B85)
 DPV/Dt (PCMT) – DPV/Dt(B85)

Coutours : Chauffage
 DPV/Dt (PCMT) – DPV/Dt(B85)

Perspectives

Long terme :

- Etude d'autres vols (-> Gwendal Rivière : + tard)
- Comparer d'autres schémas de convection profonde:
nouveau PCMT
Tiedke

Problème : Pas de cy41 sur belenos et taranis

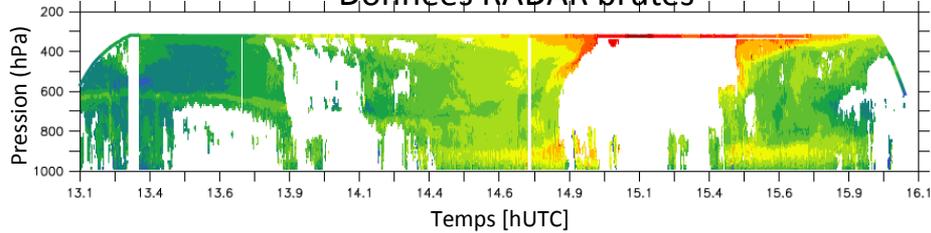
Court terme:

- Utiliser les trajectoires du secteur chaud au lieu de F7
- Retrouver différence liquide/glace avec les secteur chaud
- Préparation AMA 2021

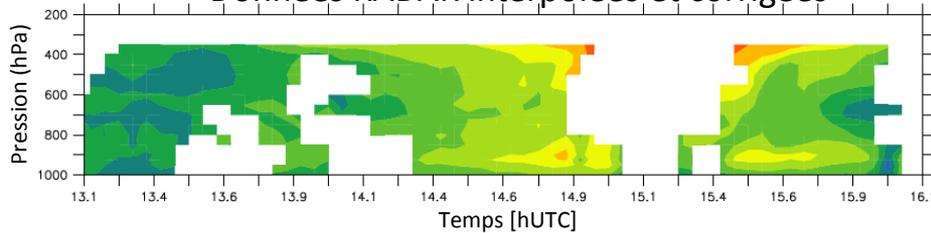
Mesure du vent par le RADAR / Modèle

Observations

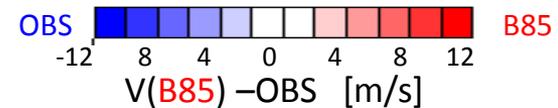
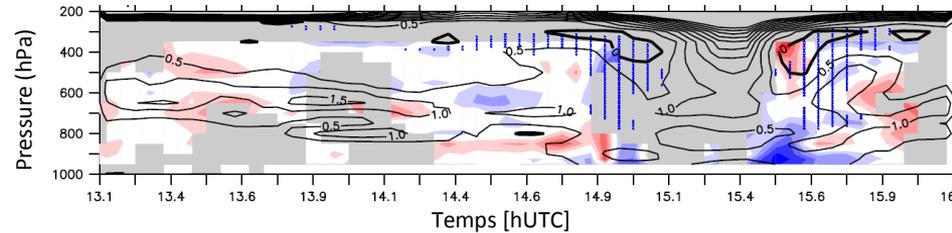
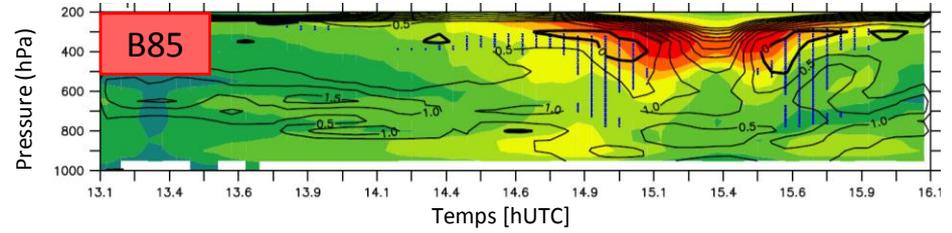
Données RADAR brutes



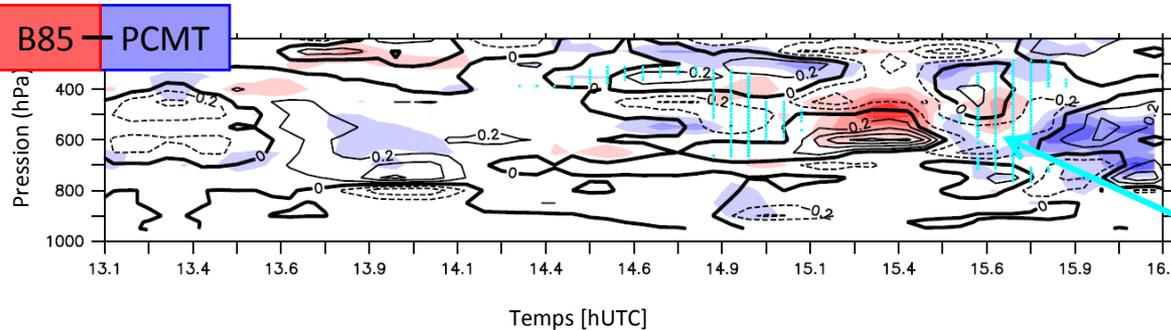
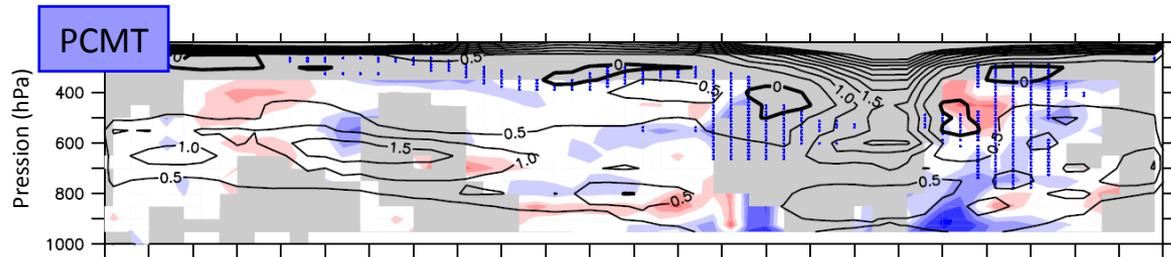
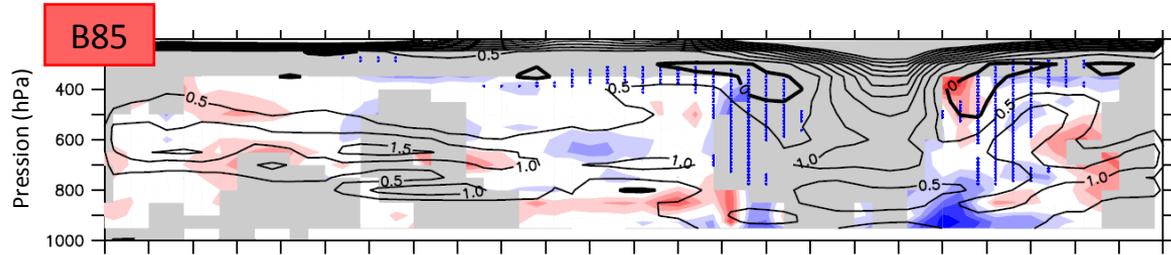
Données RADAR interpolées et corrigées



Modèle



Anomalie de vent selon obs

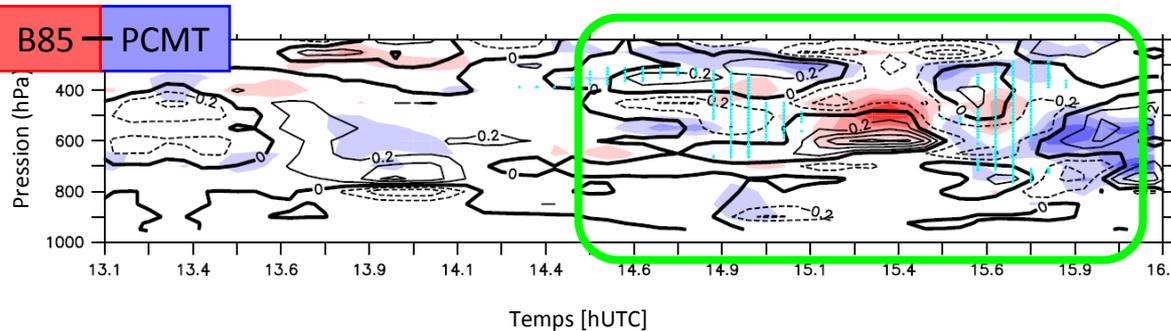
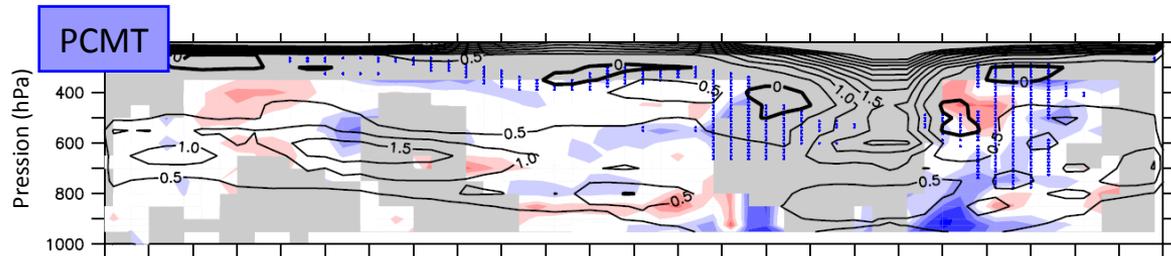
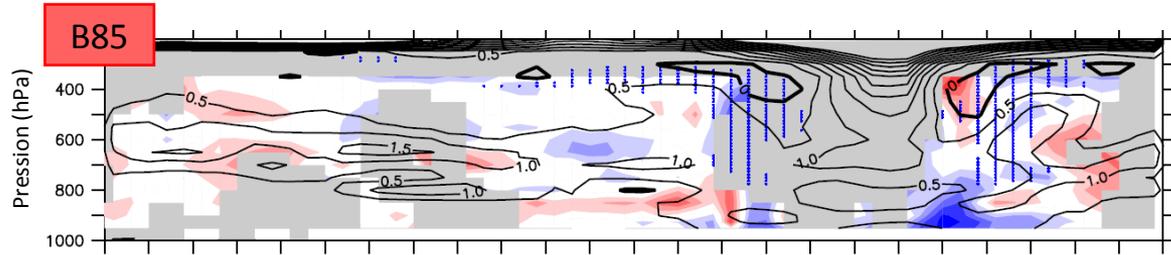


Vent horizontal – Obs (couleur; m/s)

Vorticité Potentielle (contours; PVU)

Intersection commune
avec les trajectoires WCB

Anomalie de vent selon obs



Vent horizontal - Obs (couleur; m/s)

Vorticité Potentielle (contours; PVU)

Differences entre B85/PCMT

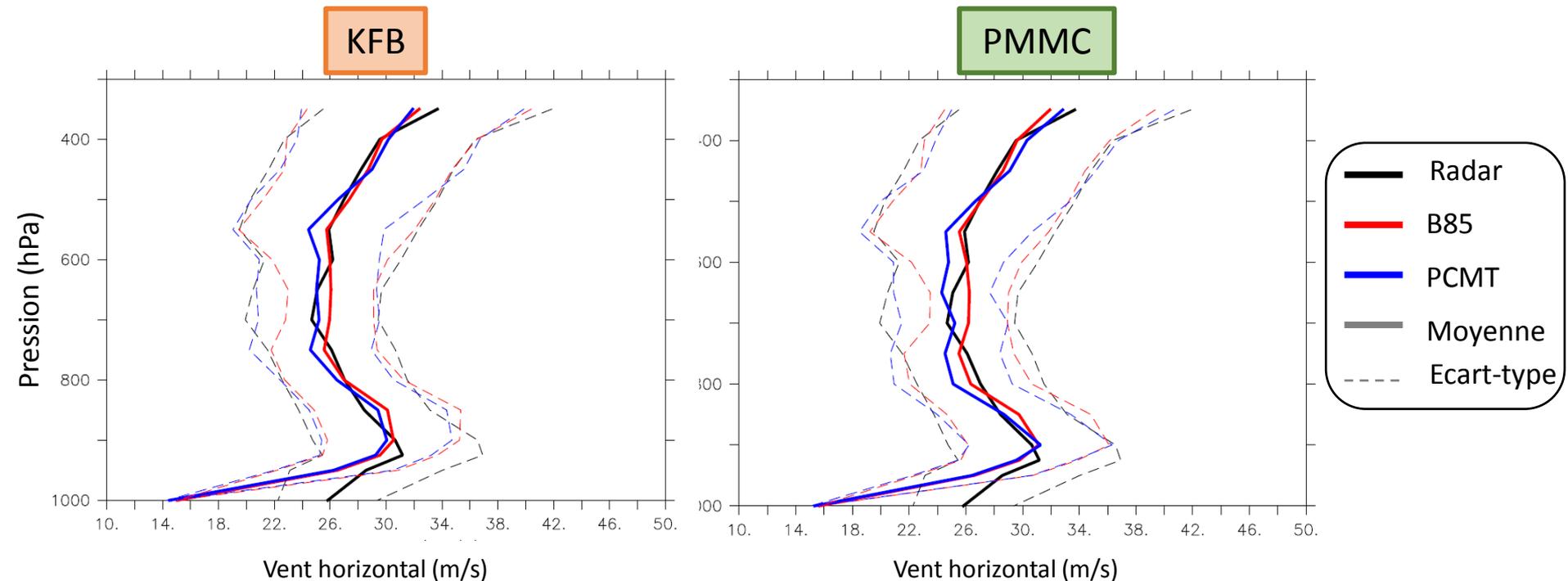
B85

- Chauffage en altitude
- Chauffage en phase glace (plus fort IWC)
- Durant le vol F7:
 - Trajectoires toujours sous le chauffage
 - Toujours production de PV
- Après le vol:
 - Chauffage dû à la phase glace
 - Plus de trajectoires en haute altitude apportant du PV faible en haute altitude
 - Anticyclone plus haut et plus fort par la suite

PCMT

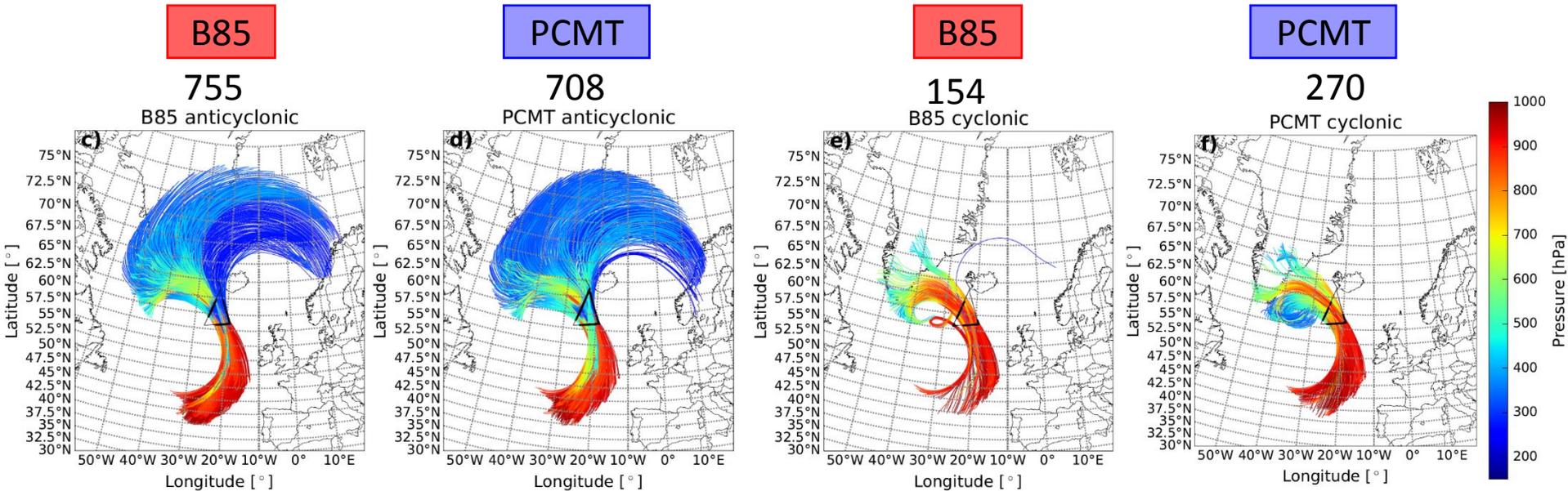
- Earlier and lower Heating
- Liquid phase heating
- In the flight:
 - Trajectories inside the heating
 - More destruction of PV
- After the flight:
 - Less trajectories in upper levels
 - Weaker anticyclone at later stage

Profil de vent au niveau des mesures

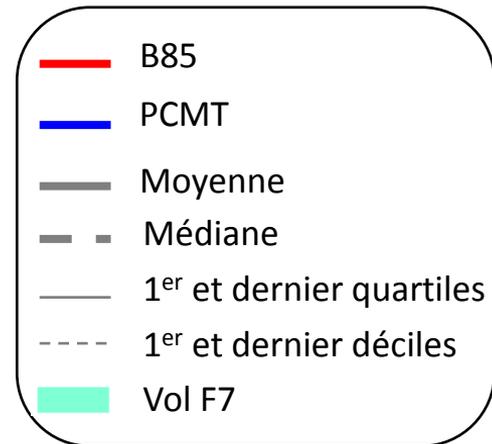
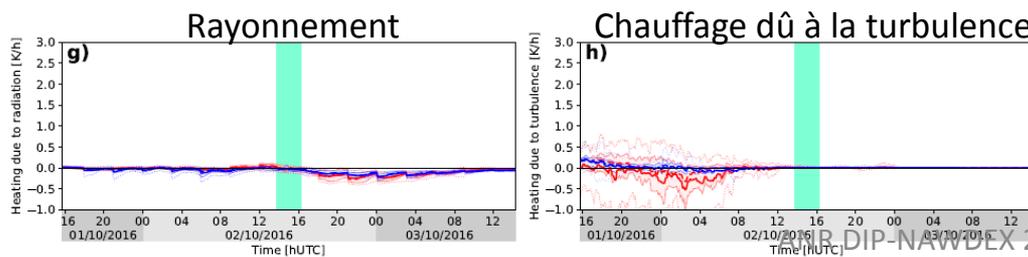
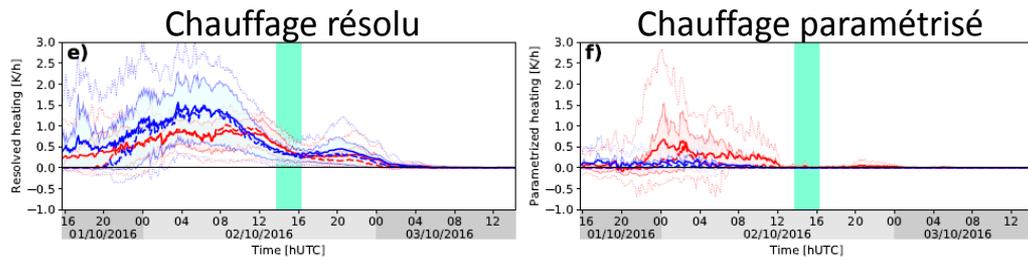
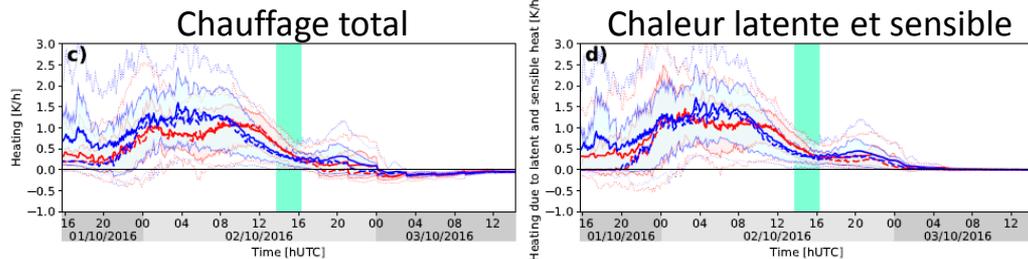
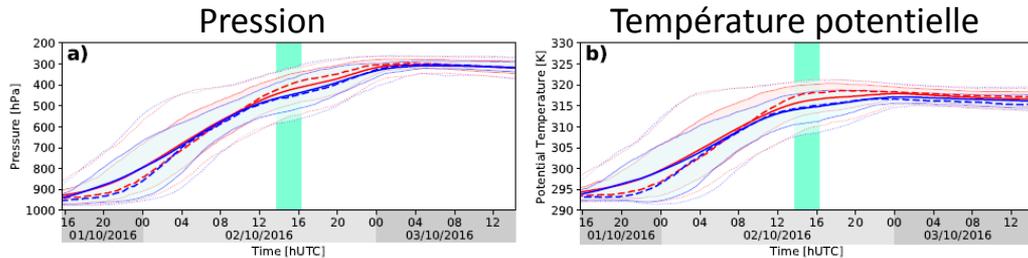


Séparation trajectoires anticycloniques/cycloniques

Direction moyenne pendant 3h -> vers la gauche : cyclonique
-> vers la droite : anticyclonique



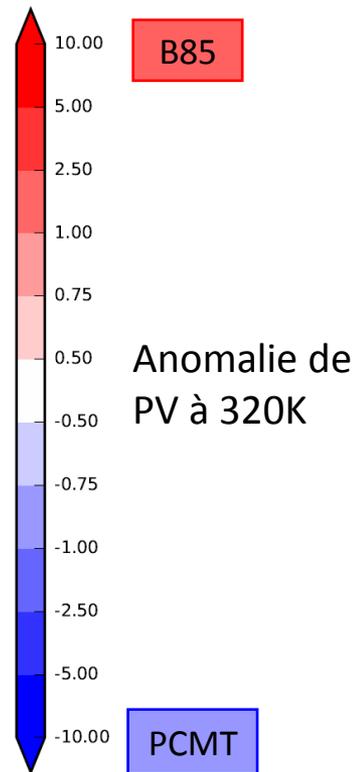
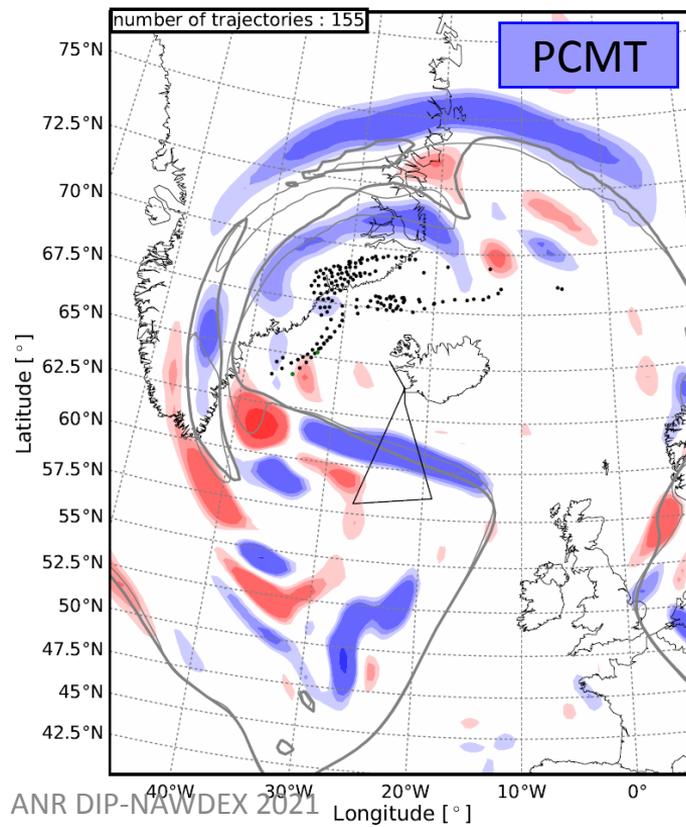
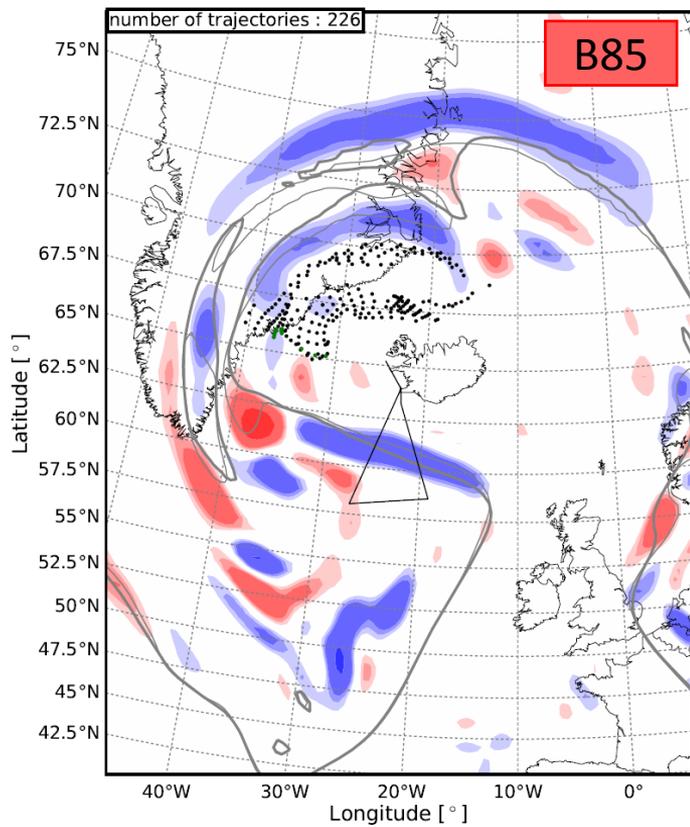
Bilan de chauffage des trajectoires anticycloniques atteignant l'isentrope 315K



➔ Chauffage en phase glace dans B85

Formation de l'anticyclone

Trajectoires entre 317-323K (+36h)



Profile vertical de chauffage moyen et de $P\dot{V}$ le long des trajectoires WCB

Différences finies

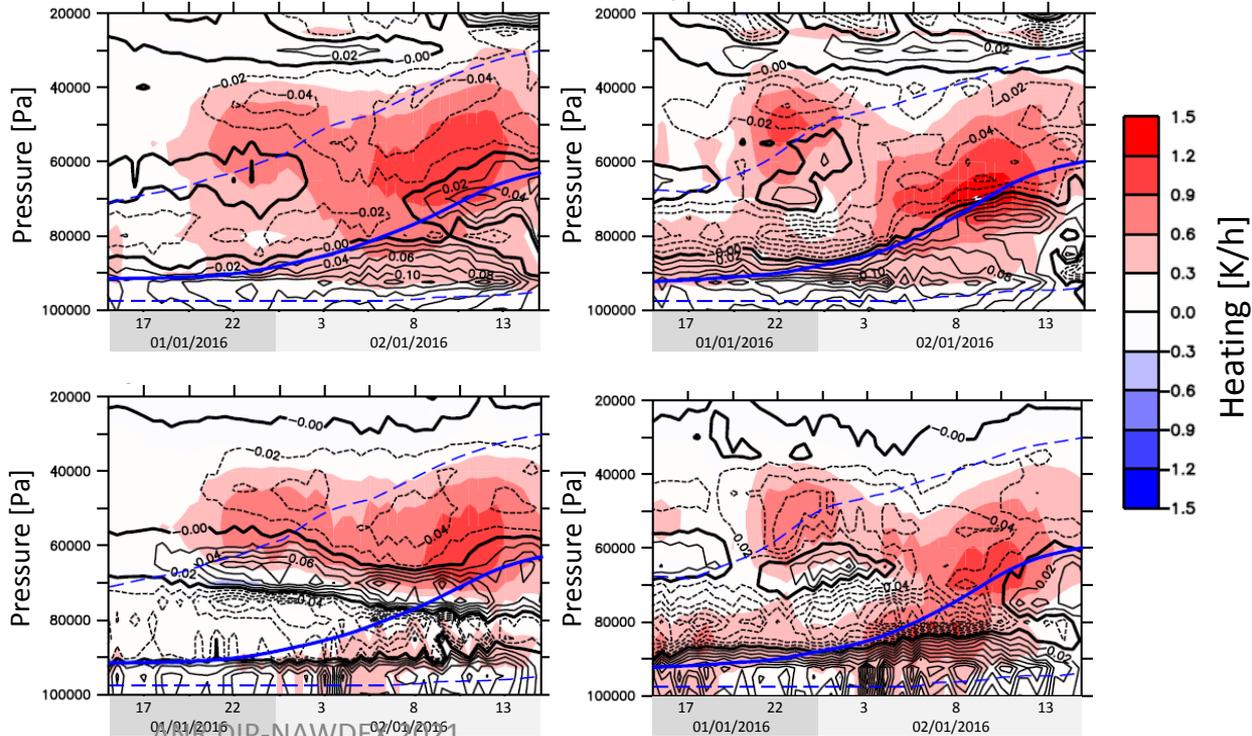
$$\frac{\theta(t + 15mn) - \theta(t - 15mn)}{\Delta t}$$

$$+u \frac{\Delta\theta}{\Delta x} + v \frac{\Delta\theta}{\Delta y} + \omega \frac{\Delta\theta}{\Delta P}$$

$\dot{\theta}$ des DDH

B85

PCMT

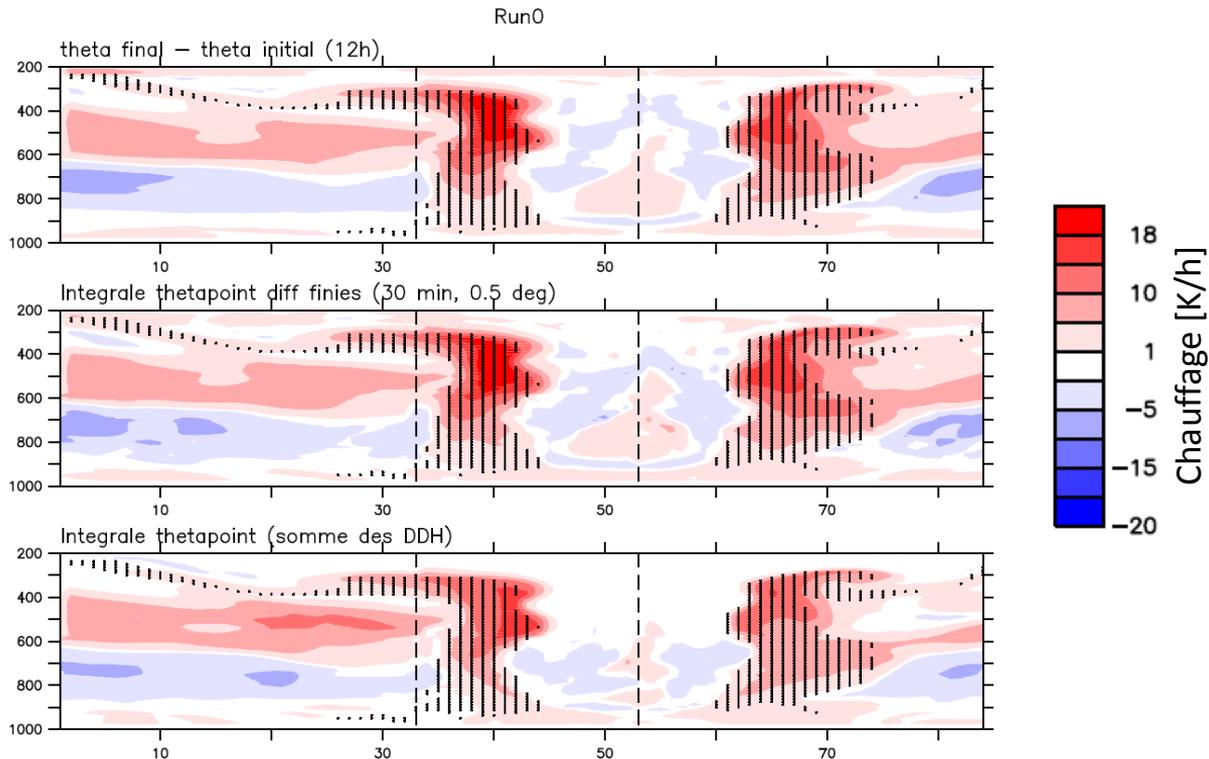


Chauffage intégré sur les 12h avant le vol F7

Différences finies

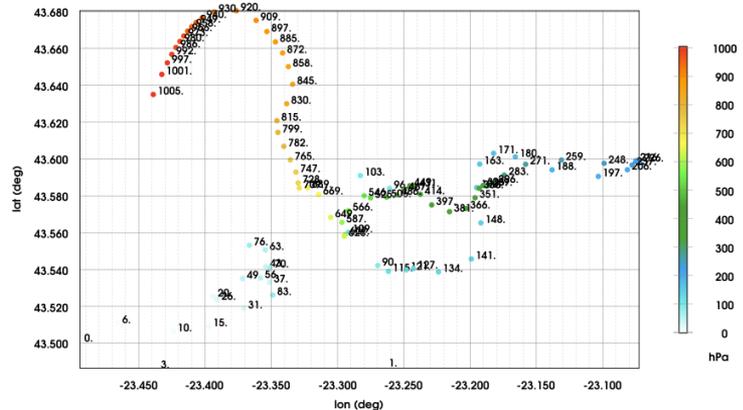
$$\int \left(\frac{\theta(t + 15mn) - \theta(t - 15mn)}{\Delta t} + u \frac{\Delta \theta}{\Delta x} + v \frac{\Delta \theta}{\Delta y} + \omega \frac{\Delta \theta}{\Delta P} \right) dt$$

$\int \dot{\theta} dt$ des DDH



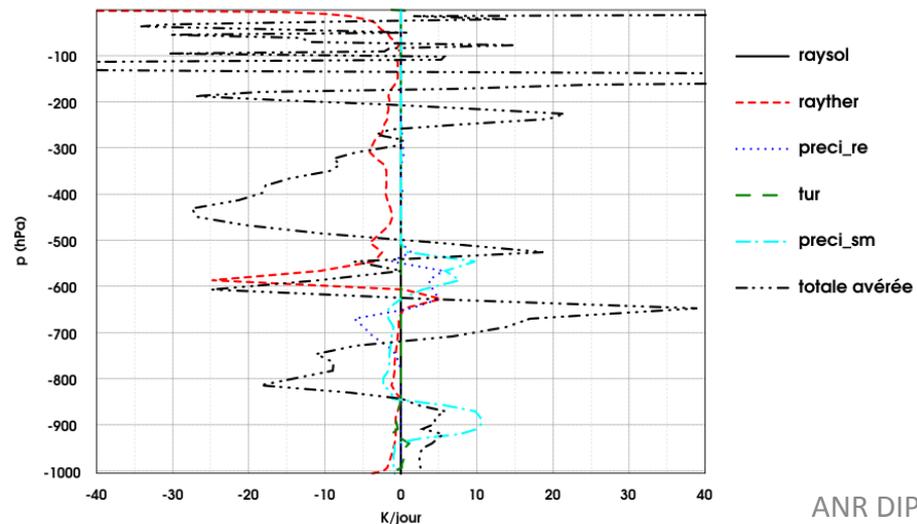
Point B en fonction de p (couleur des points)

Min=0. Max=1010. Moy=437. Ect=342. Rcm=555.



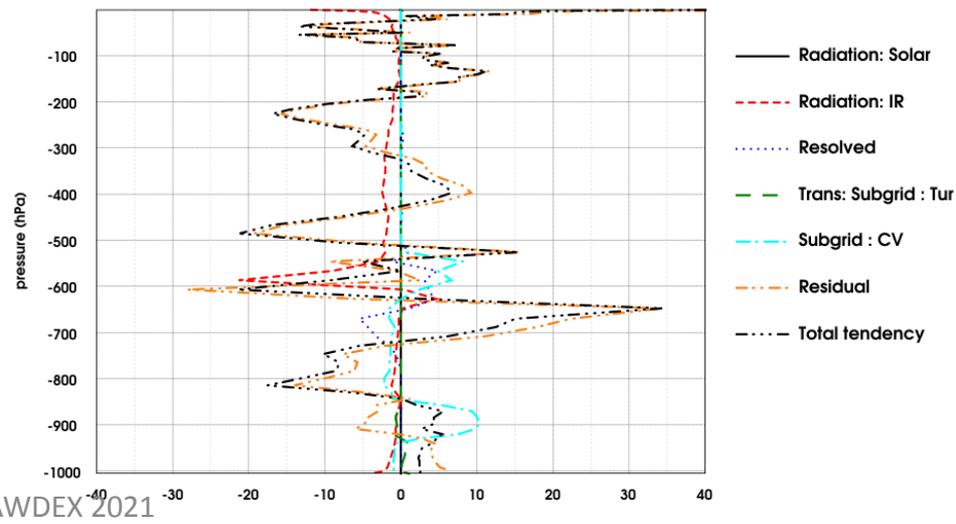
Tendance de theta en 15 mn, (lon,lat)=(-23.26692712,43.27491477)

DHFDLARPE+0076.ren.manq >>> DHFDLARPE+0078.ren.manq



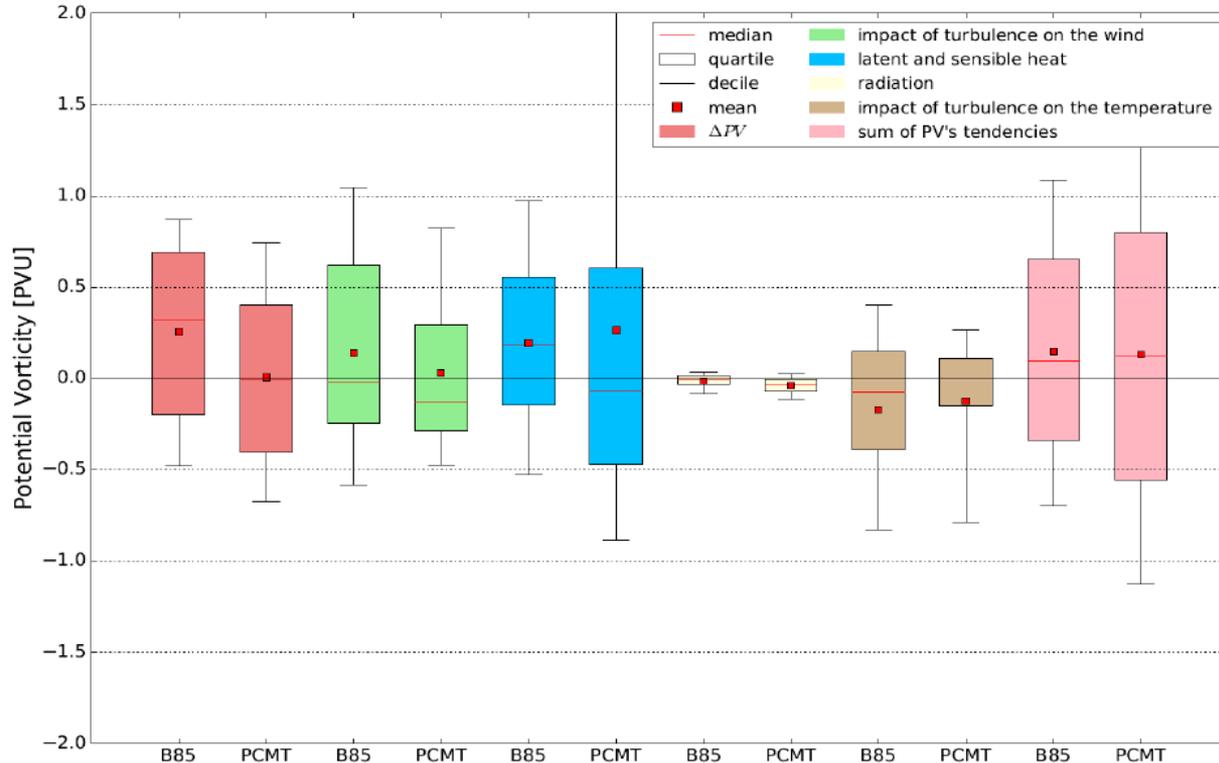
TEMPERATURE BUDGET (K/day) , FCST (fdiff2.lfa)

BASE 2016-10-01 21:30 ECH 0.25 H, 1 dom., 90 niv.



PV budget

12h before the flight, common WCB trajectories



Profile vertical de chauffage moyen et de $P\dot{V}$ le long des trajectoires WCB

Différences finies

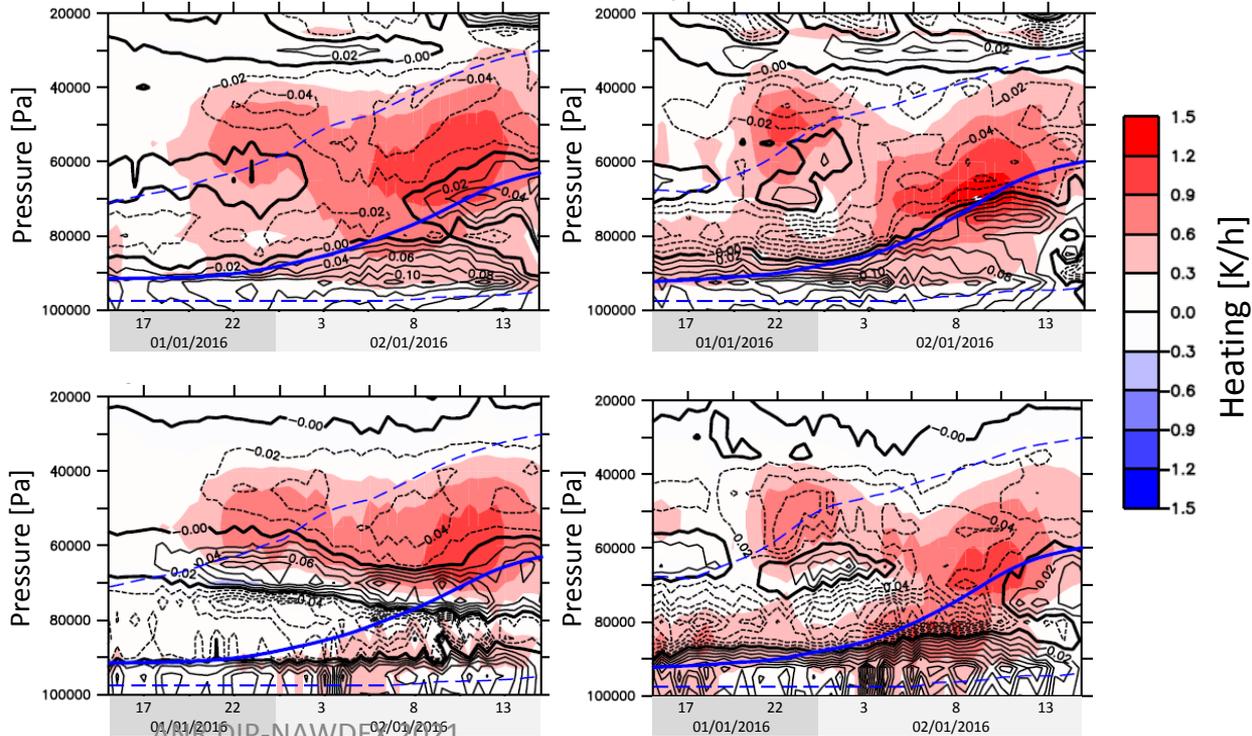
$$\frac{\theta(t + 15mn) - \theta(t - 15mn)}{\Delta t}$$

$$+u \frac{\Delta\theta}{\Delta x} + v \frac{\Delta\theta}{\Delta y} + \omega \frac{\Delta\theta}{\Delta P}$$

$\dot{\theta}$ des DDH

B85

PCMT



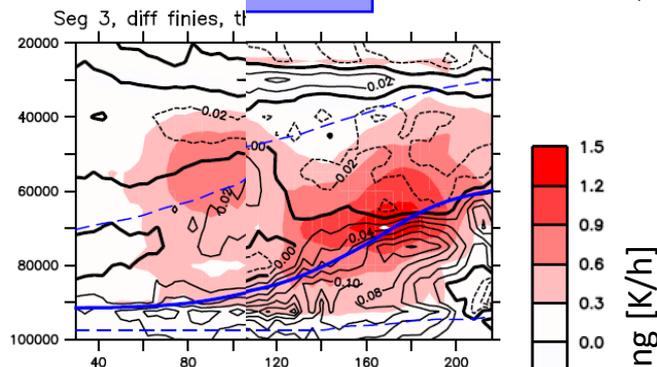
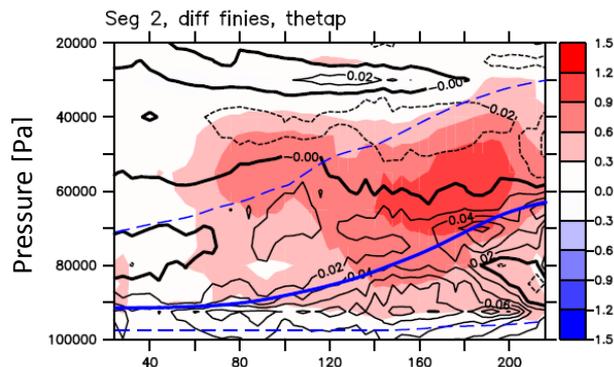
Vertical profile of mean heating and $P\dot{V}$ along S2 WCB trajectories

Run0, Vertical profiles PVpoint et thetapoint along trajectories, lisse0, iwcb1

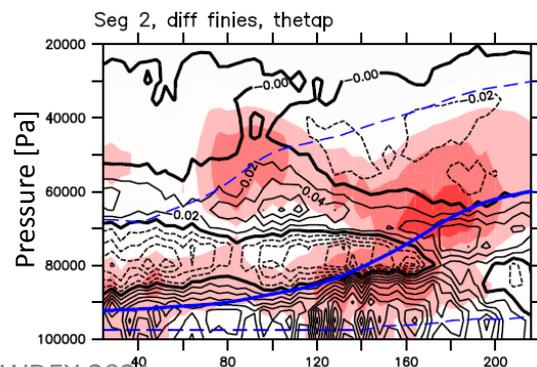
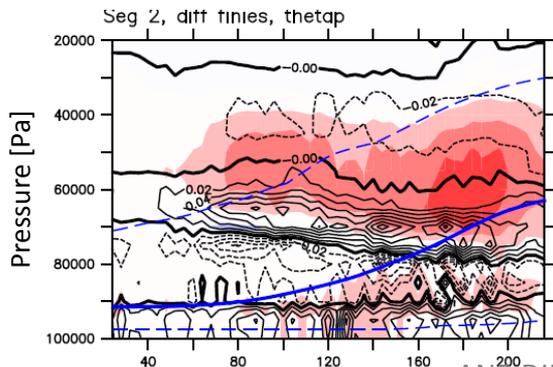
CMT

$$P\dot{V} = -g \left(- \frac{\partial \theta}{\partial P} \Big|_P (f + \xi) \right)$$

$$\frac{\partial \theta_{GRIB}}{\partial t}$$



$$\frac{\partial \theta_{DDH}}{\partial t}$$



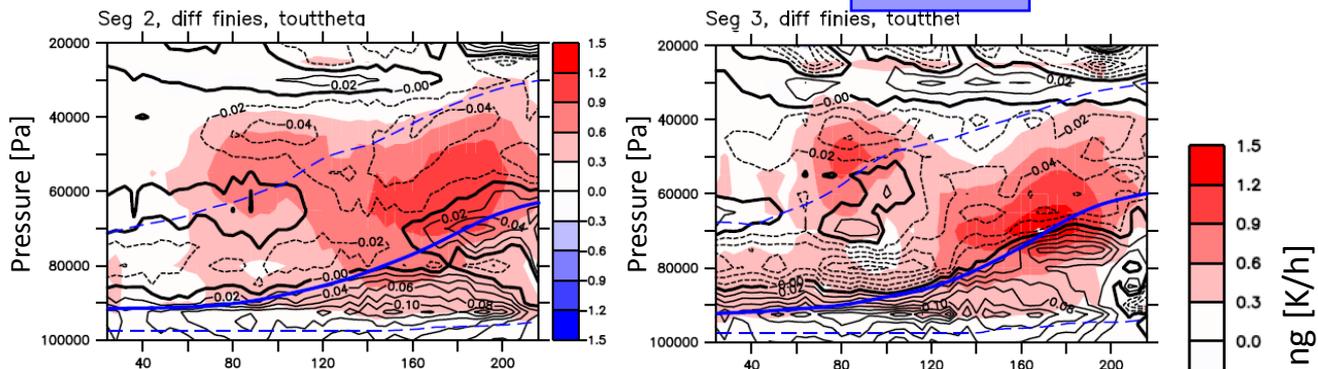
Vertical profile of mean heating and PV along S2 WCB trajectories

B85

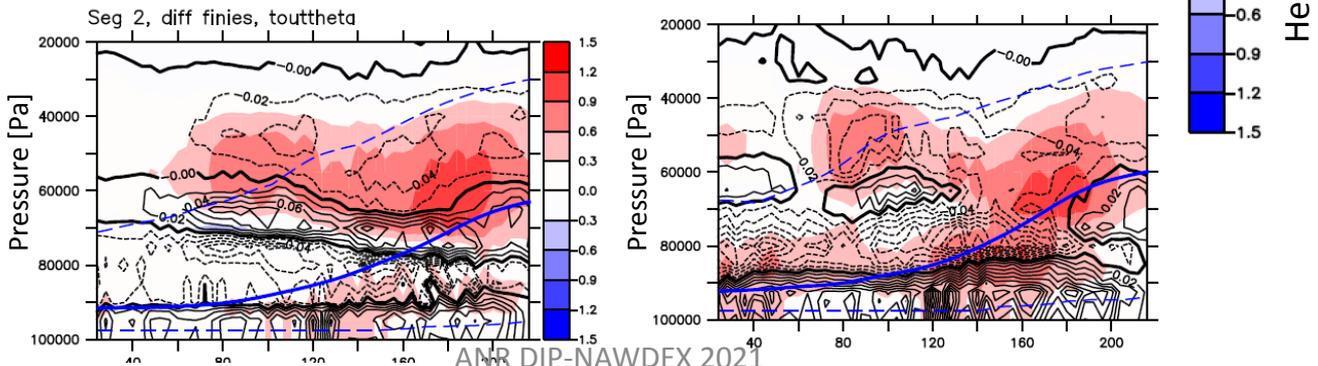
Run0, Vertical profiles PVpoint et thetapon along trajectories, lisse0, iwcb1

PCMT

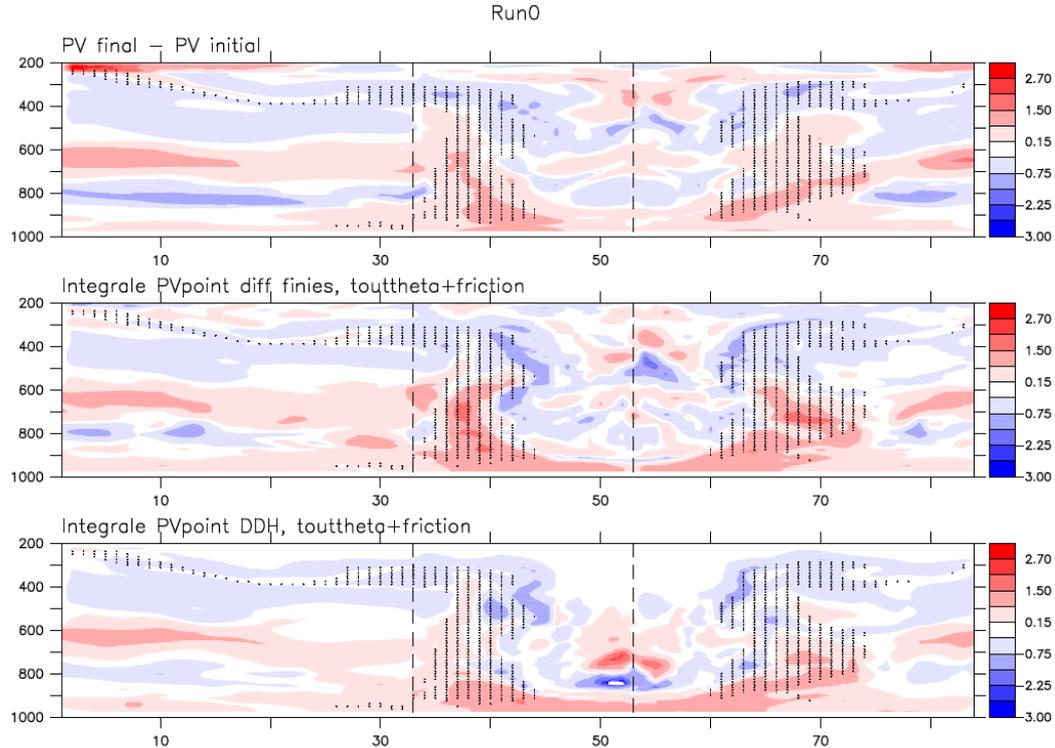
$$\frac{\partial \theta_{GRIB}}{\partial t}$$



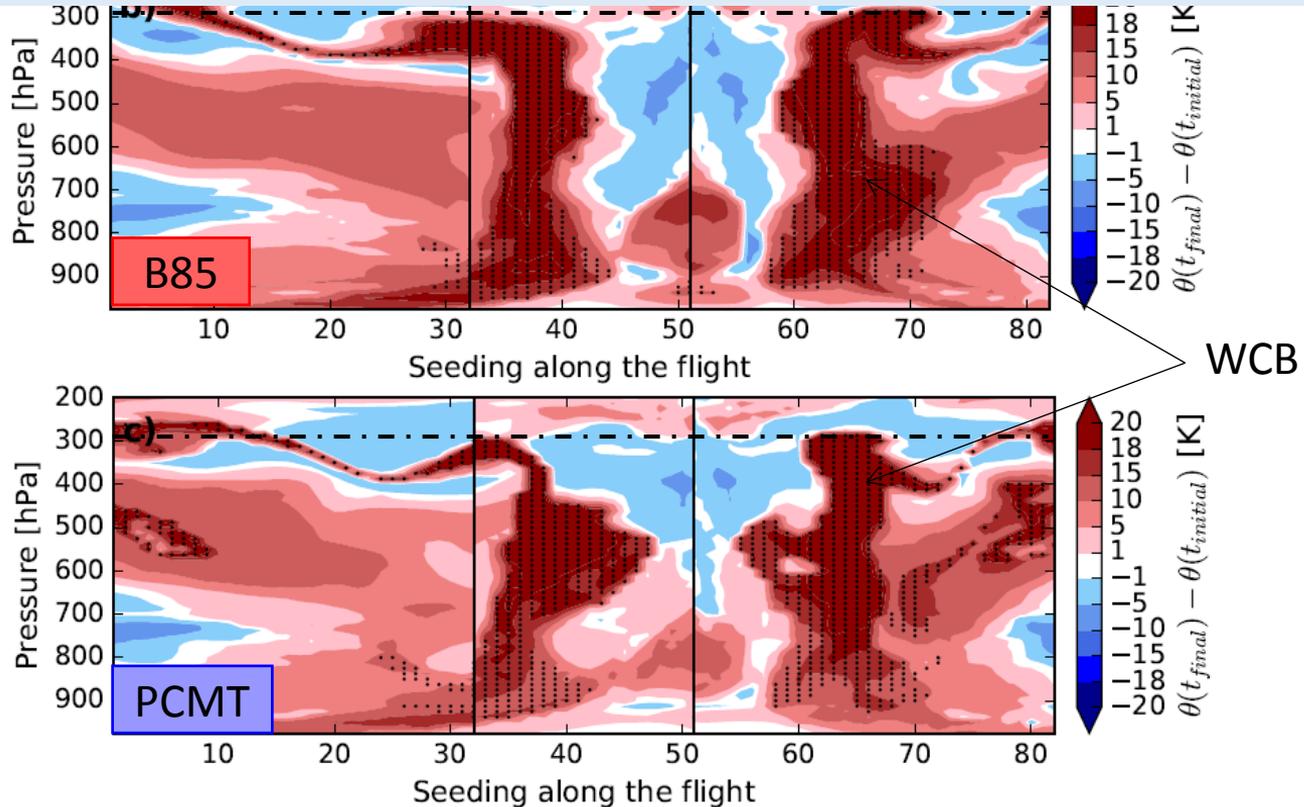
$$\frac{\partial \theta_{DDH}}{\partial t}$$



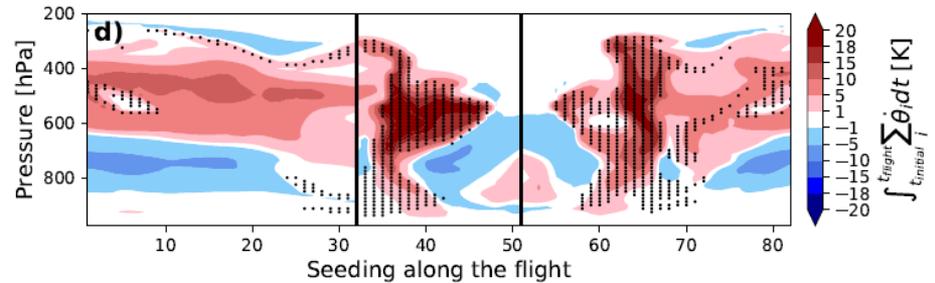
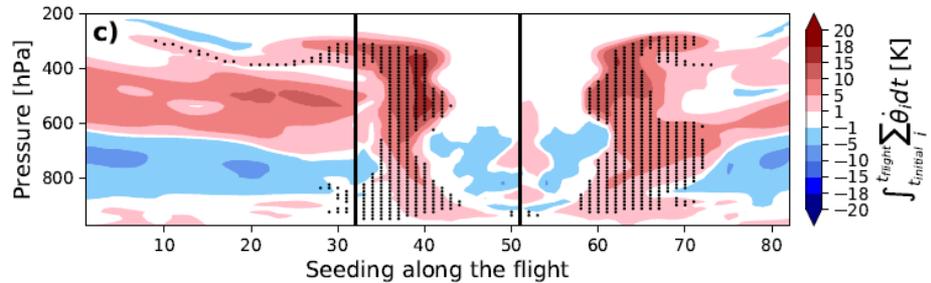
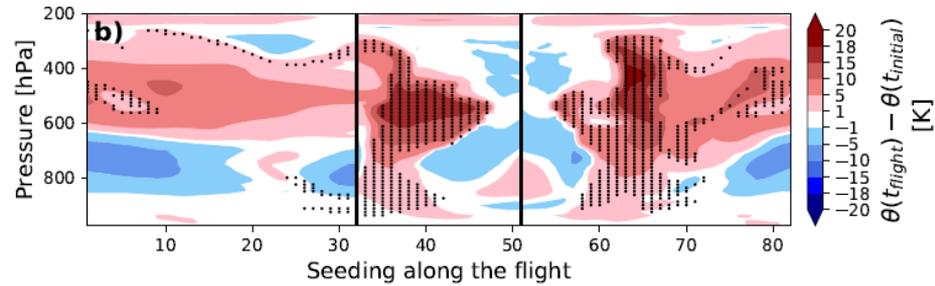
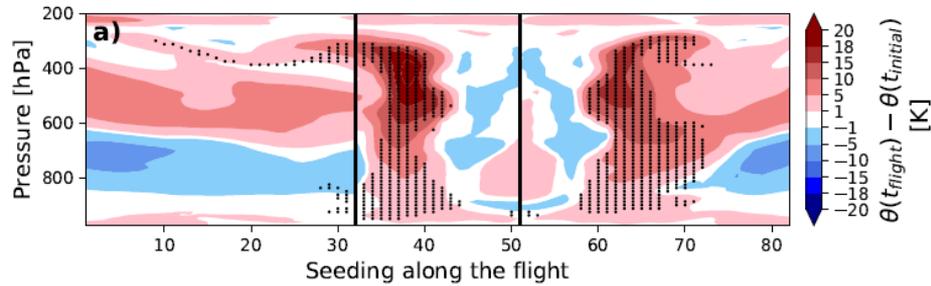
Integrated PV during the entire trajectories



Integrated heating along the total length of trajectories

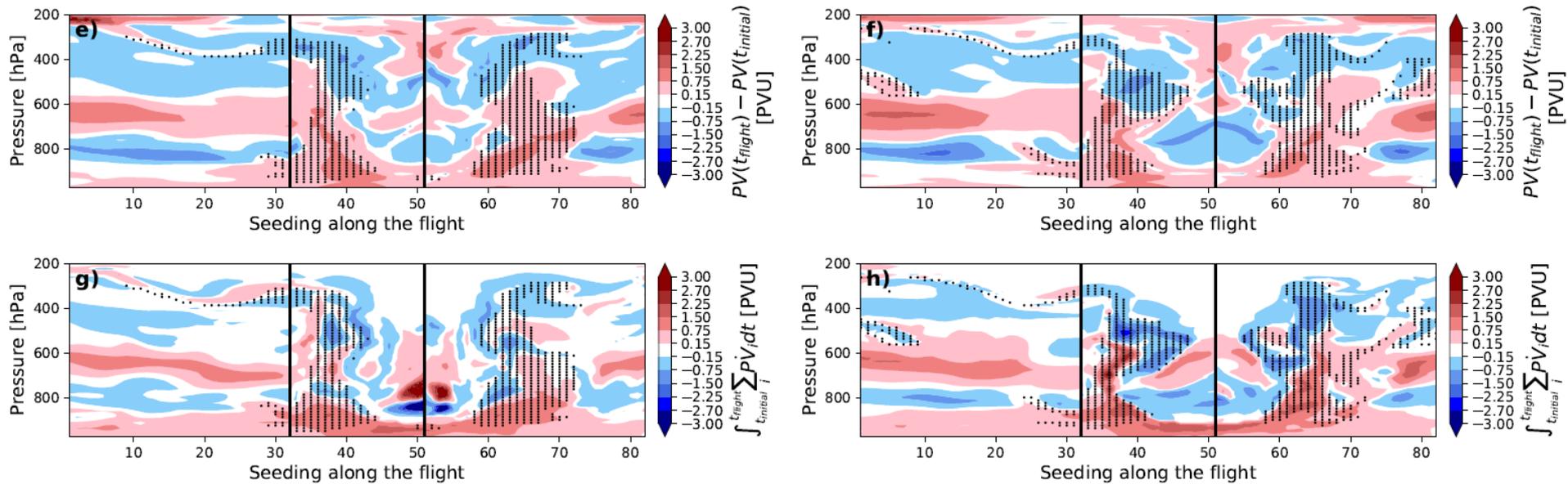


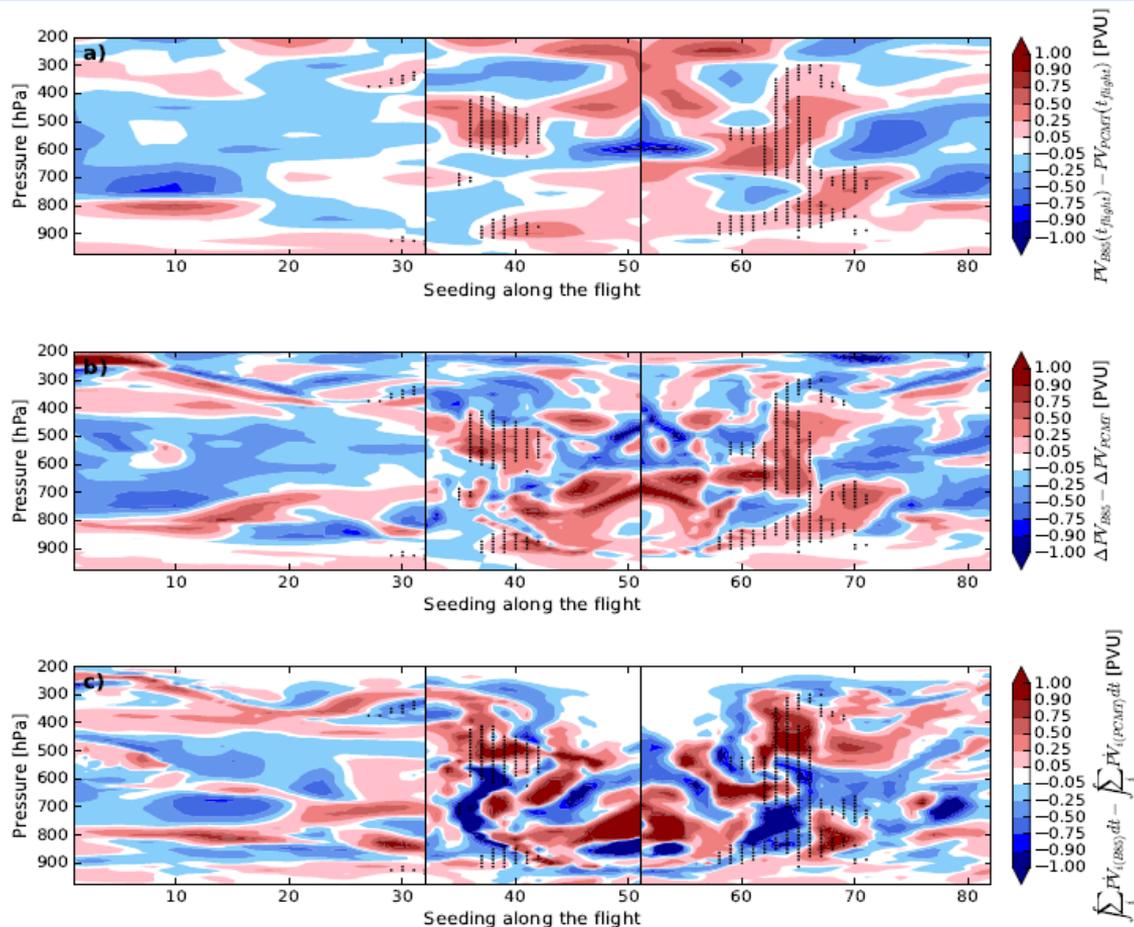
Heating budget 12h before the flight



PV budget

12h before the flight





Number of trajectories > 315K

