

Assimilation 4D-VAR de données radar et disdromètre pour la restitution des distributions en taille des gouttes de pluie



F. Mercier^{*1}, L. Barthes¹, A. Chazottes¹, C. Mallet¹



1 LATMOS/IPSL/UVSQ/CNRS

* francois.mercier@latmos.ipsl.fr



Résumé

Nous présentons une nouvelle méthode permettant de restituer les profils verticaux de distribution en taille des gouttes de pluie (DSD – Drop Size Distribution) et les vents verticaux. Cette méthode utilise les mesures d'un radar Doppler à visée verticale et de disdromètres. Elle fusionne ces observations dans un algorithme d'assimilation 4D-VAR utilisant un modèle simple de propagation des DSD. Elle permet de rendre comparables des observations de natures très différentes (en vue par exemple de calibration des instruments) et d'effectuer des analyses physiques des événements pluvieux (quels processus prédominent ?). Elle pourrait être utilisée pour paramétrer ces phénomènes (selon le contexte météo) ou dans les modèles de prévision.

Contexte et objectifs

Microphysique de la pluie

Etude des processus affectant les gouttes :

- Télédétection / télécoms
- Intercomparaison / calibration d'instruments
- Modélisation (formation / évolution des précipitations)



Fig. : Collisions entre gouttes (adapté de Barros et al. 2008)

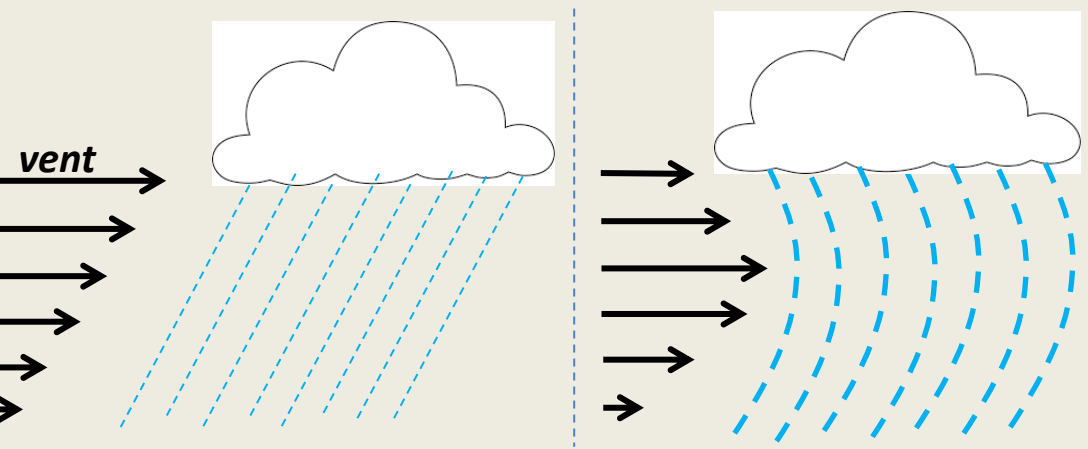


Fig. : Effet du vent horizontal

Étude de la DSD

Observations

- Natures différentes
- Echelles spatiales différentes
- Différents lieux
- Difficiles à fusionner.

Modèles

- Difficiles à paramétrer.
- Difficiles à valider.

➔ Nouvelle approche : **assimilation de données**

Observations

• **Mesure disdromètre** N_{disdro}



Fig. : Disdromètre optique du LATMOS

$$N_{disdro} = n \cdot v \cdot S \cdot dt \cdot dD$$

surface de collecte, pas de diamètre, vitesse de chute, pas de temps

• **Spectres Doppler** η_v



Fig. : Radar KAZR en Oklahoma

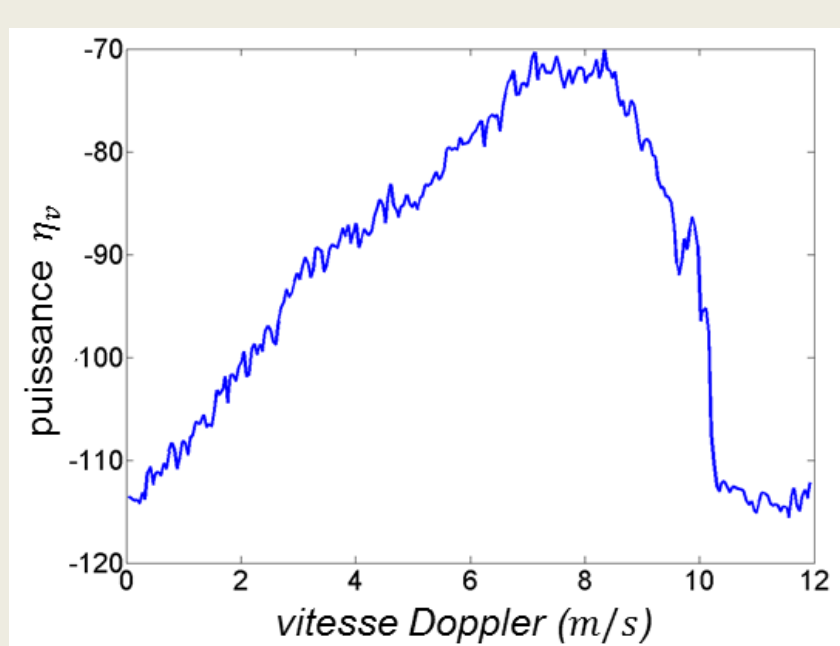


Fig. : Exemple spectre Doppler mesuré par le KAZR.

$$\eta_v(v + w, z) = \left[n(D, z) \sigma(D) \frac{dD}{dv} e^{-2 \int_0^z \kappa(r) dr} \right] * \eta_{air}(v)$$

vent vertical, diffusion Mie, atténuation, spectre Doppler, DSD, relation vitesse/diamètre, turbulence

Modèle dynamique

➔ Représenter l'évolution de la DSD n durant la chute des gouttes.

- Processus pris en compte :
 - Gravité
 - Vent vertical (freine ou accélère la chute des gouttes)
 - Evaporation
- Processus négligés :
 - Vent horizontal
 - Collisions entre gouttes

$$n = n(t, z, D)$$

temps, diamètre, altitude

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} ([v_{th} + w]n) + \frac{\partial}{\partial D} (\xi_D n)$$

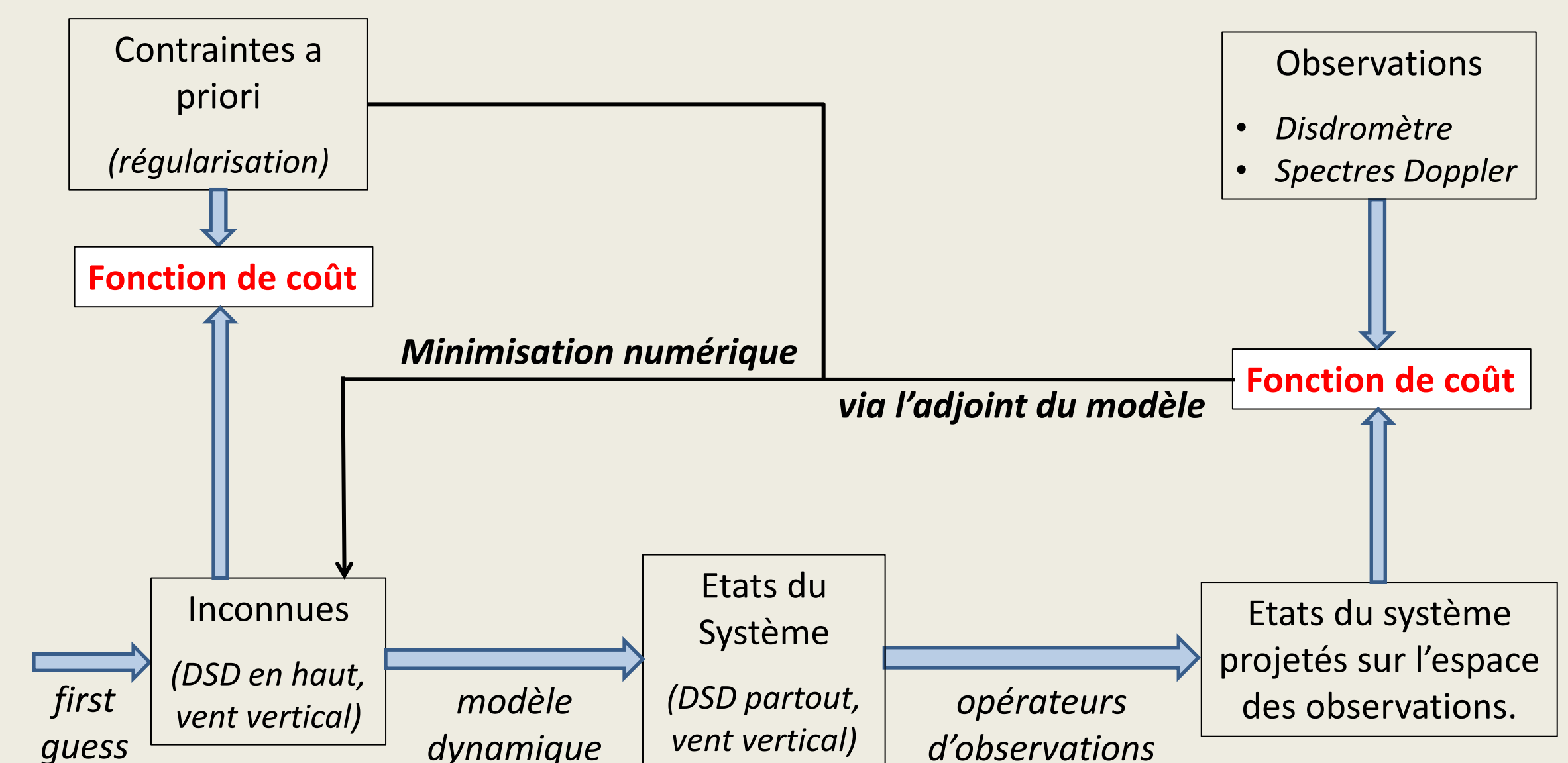
mouvements verticaux, évaporation

$v_{th}(D, z)$: connu
 $\xi_D(h_r, T, P, D)$: connu

$w(t, z)$: inconnu
 $n(t, z = z_{max})$: inconnu

Algorithme 4D-VAR

➔ Retrouver les variables d'état ou les paramètres de modèles dynamiques les mieux à-mêmes d'expliquer des observations réparties dans le temps.



Logiciel d'aide à la programmation d'algorithmes 4D-VAR : YAO (LOCEAN)

Ici, on restitue :

- **DSD n** en haut de la colonne atmosphérique (et donc partout via le modèle dynamique)
- **Vent vertical w**

Résultats

• **Validation**



➢ Validation des restitutions de VAMOS face à Tridon et Battaglia 2015 (TB2015)

- Utilise 2 radars Doppler (Ka + W)
- Pas de modèle de propagation

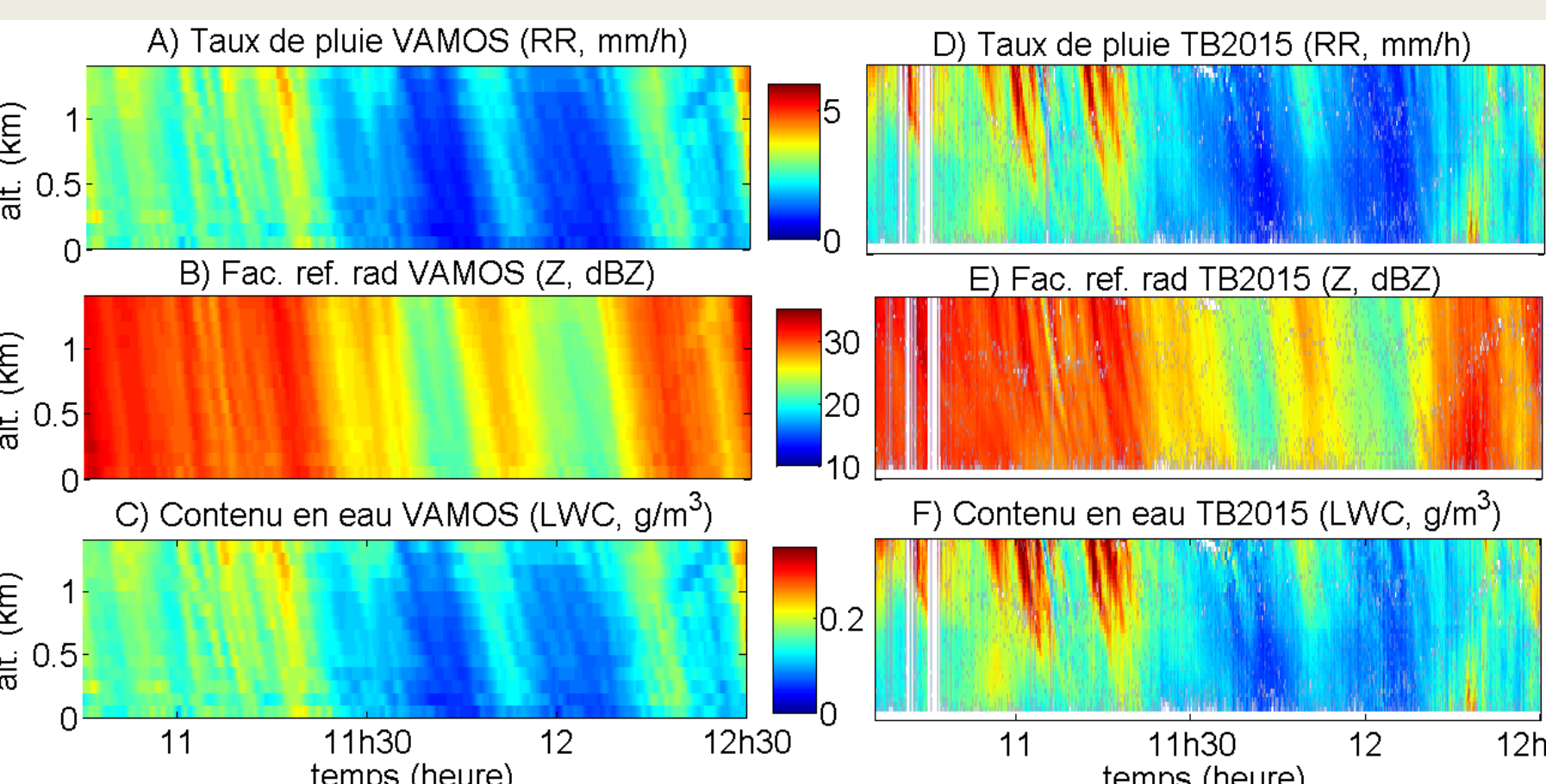


Fig. : Moments de la DSD, Hyttiälä, Finlande, 12/06/2014

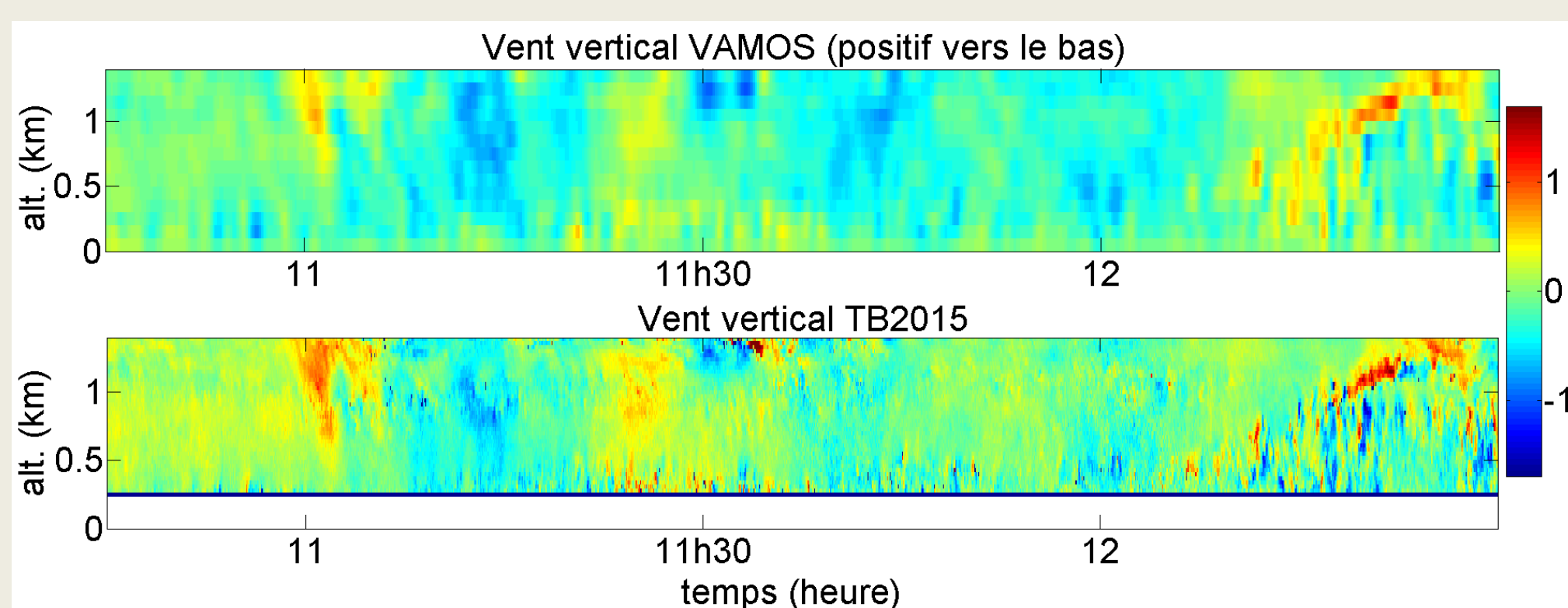
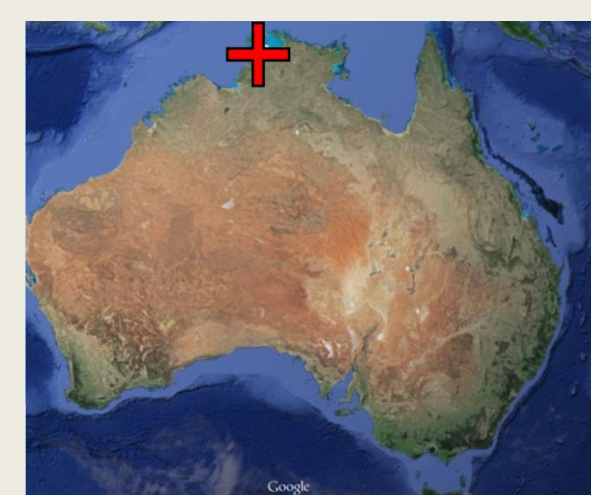
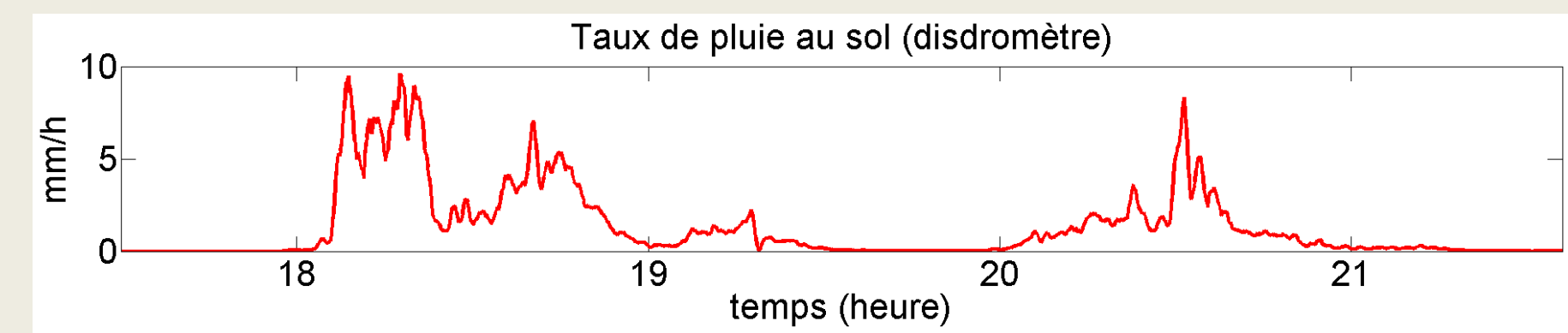


Fig. : Vents verticaux, Hyttiälä, Finlande, 12/06/2014

• **Analyse physique des événements**



Darwin, Australie, 04/11/2014



Importance vent horizontal **Importance évaporation**

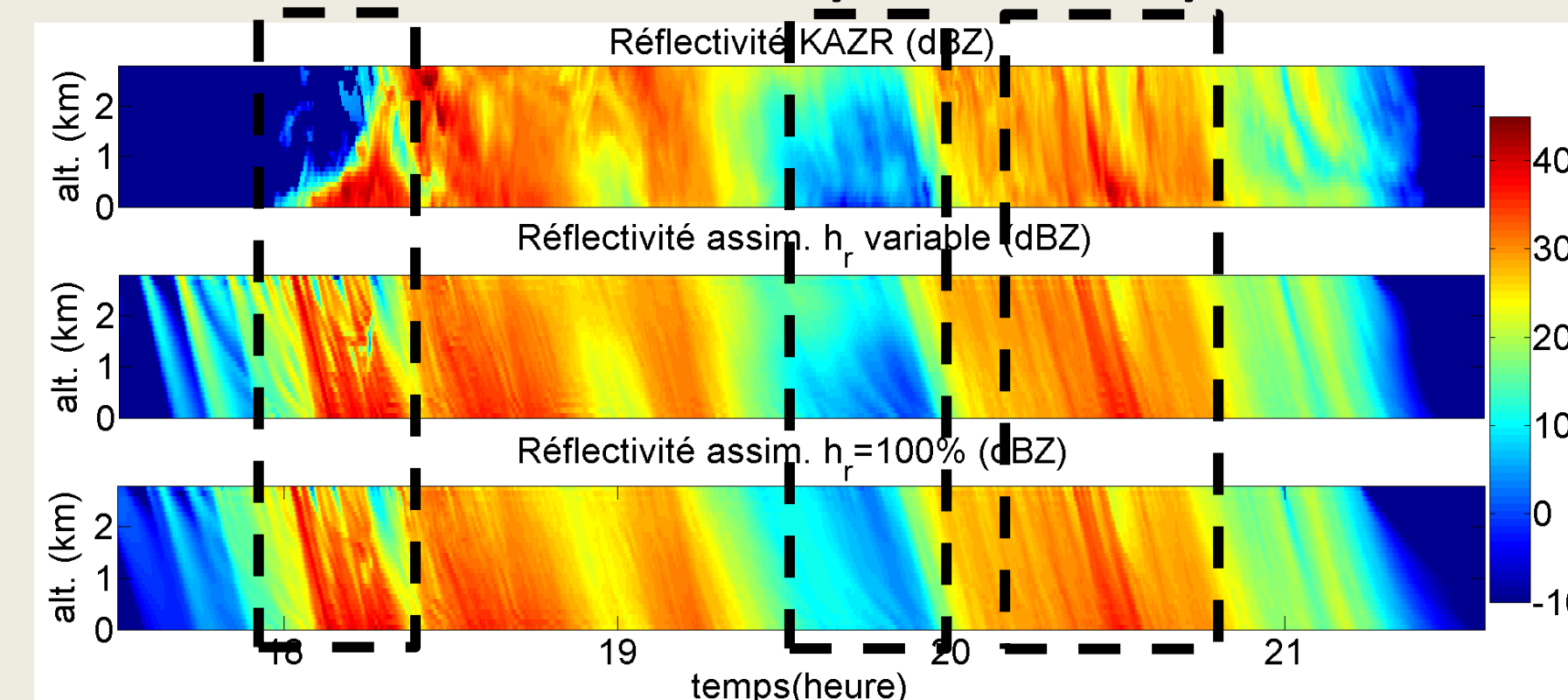


Fig. : Réflectivités observées et restituées

Importance évaporation

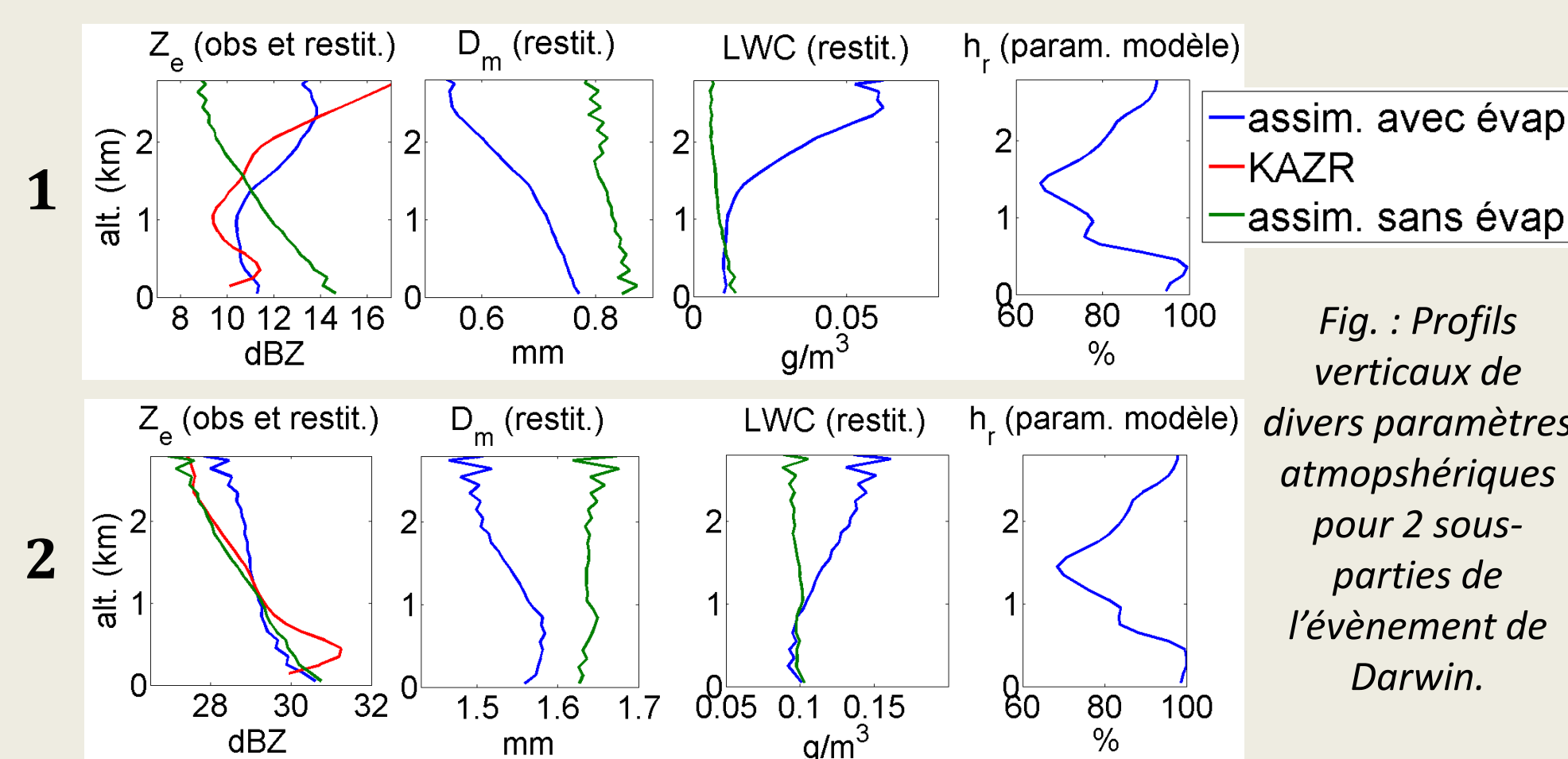
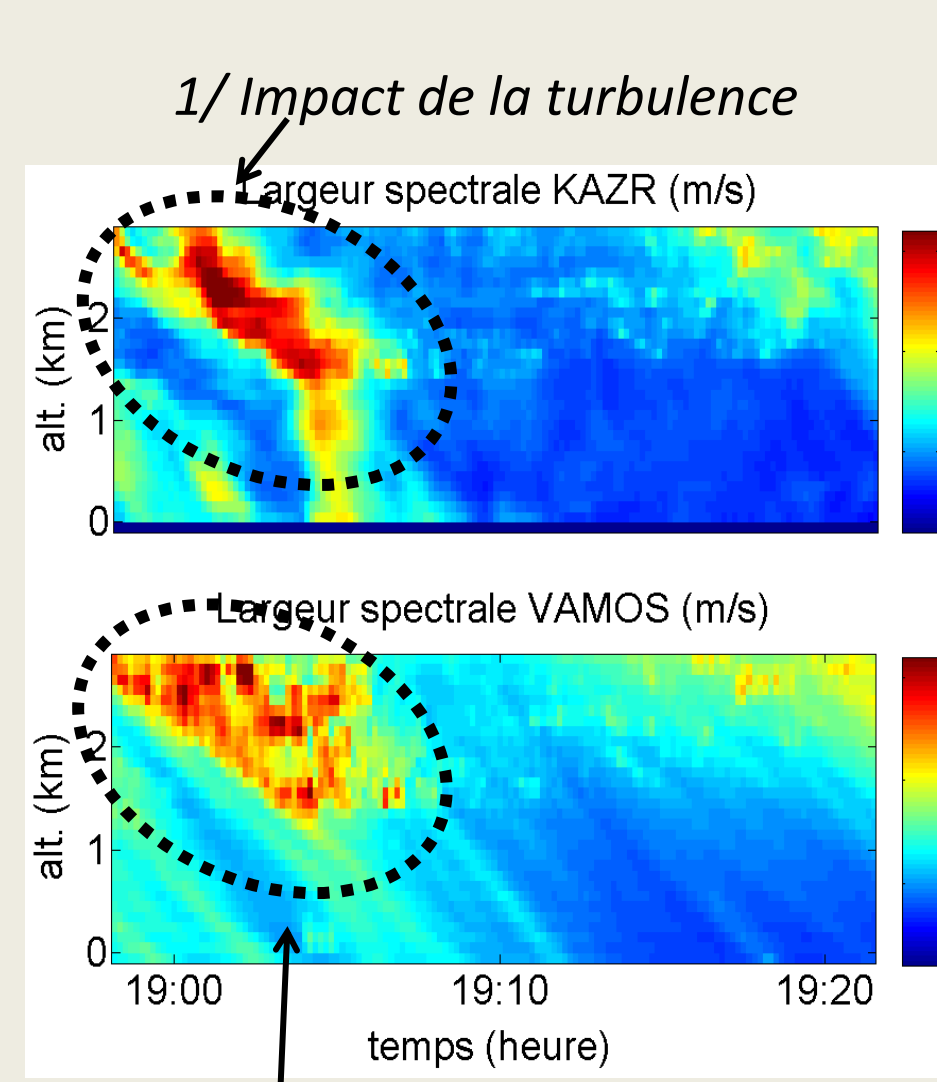


Fig. : Profils verticaux de divers paramètres atmosphériques pour 2 sous-parties de l'événement de Darwin.

Importance turbulence



2/ Restitué par VAMOS...

Importance vent vertical

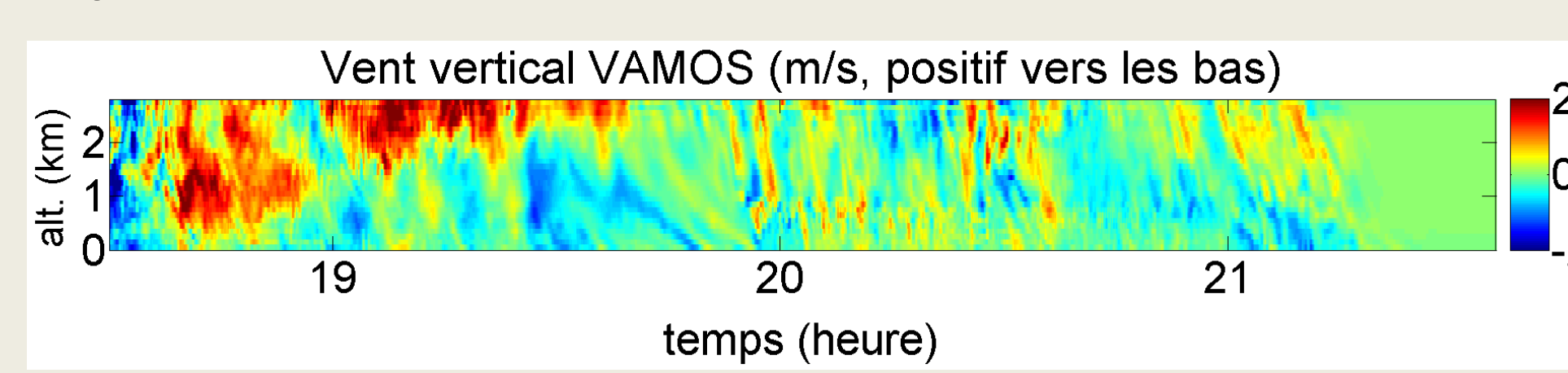
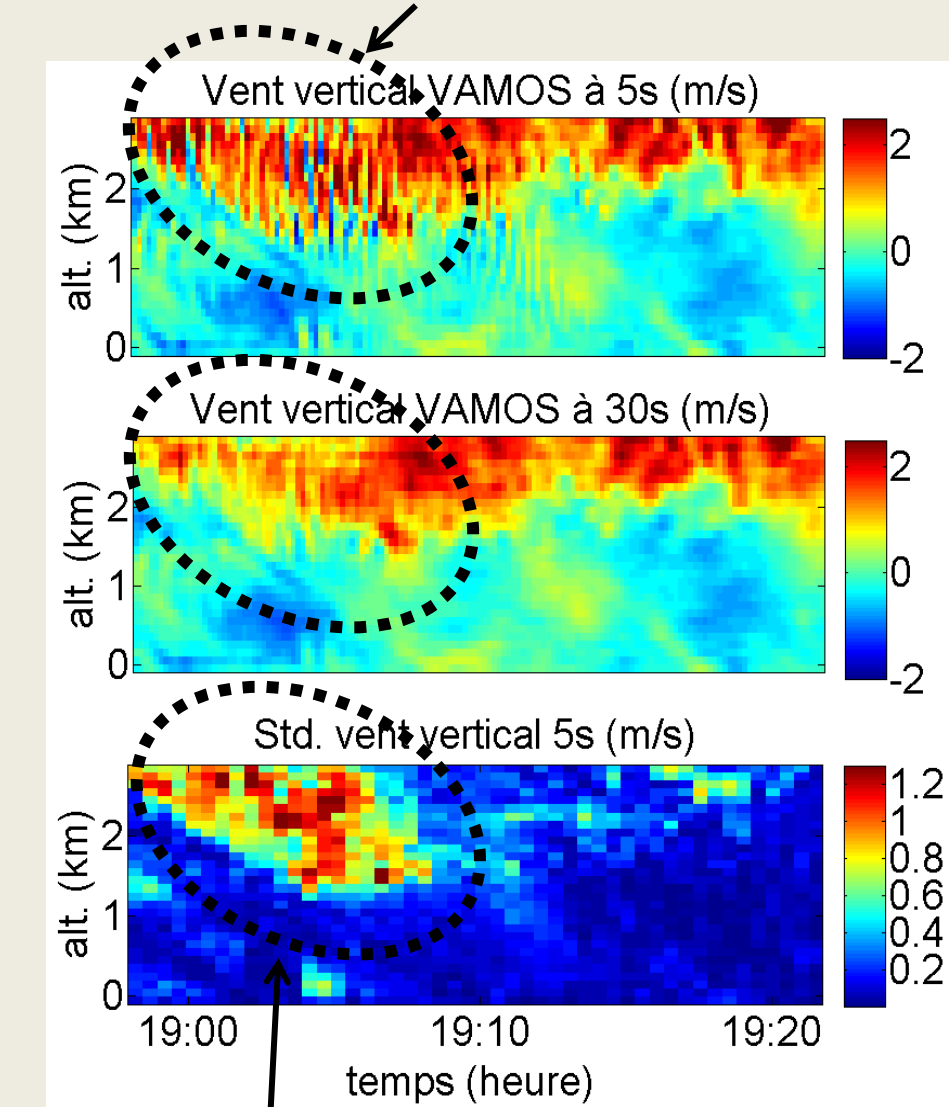


Fig. : Vents verticaux VAMOS

3/ Grâce aux fluctuations rapides du vent vertical



4/ Devrait permettre d'estimer une intensité de la turbulence

Conclusions / Perspectives

Conclusions / Résultats

- Algorithme restituant DSD + vent vertical :
 - à partir des données d'un seul radar Doppler et de mesures au sol.
 - Cohérence physique apportée par le modèle de propagation
- Validation des résultats et analyse physique d'événements de pluie faible.

Perspectives

- Restitution d'autres paramètres : intensité de turbulence, humidité relative, atténuation radôme.
- Ajout d'autres processus : vent horizontal (déjà abordé sur données simulées), collisions.
- Evaluation et/ou estimation de la paramétrisation des phénomènes.

Campagne SIRTA

Environnement instrumental exceptionnel pour étendre l'approche :

- 3 radars Doppler : ROXI (10GHz, spectres), MRR (24GHz, spectres), BASTA (94GHz, Z et W).
 - Tirer parti du multi-fréquences
 - Intérêt pour processus fortement dépendant de la gamme de taille (collisions, turbulence).
- Plusieurs disdromètres : DBS, Parsivel.
 - Combiné aux radars : contrôle humidité, atténuation radômes.
- Radar Météo France de Trappes à proximité
 - Bonne connaissance du contexte météorologique.
 - Pourrait éventuellement permettre de passer en 2D.