

# **Utilisation combinée des observations radar et des simulations AROME pour une meilleure estimation de la lame d'eau en montagne**

**Tony Le Bastard**

---

Thèse encadrée par :

- Fatima KARBOU (CNRM/CEN – Grenoble)
- Olivier Caumont (CNRM/GMME – Toulouse)
- Nicolas Gaussiat (DSO/CMR – Toulouse)

# Plan de la présentation

**I. Introduction**

**II. Une nouvelle approche**

**III. Application au radar du Moucherotte**

**IV. Conclusion et perspectives**

## I. Introduction

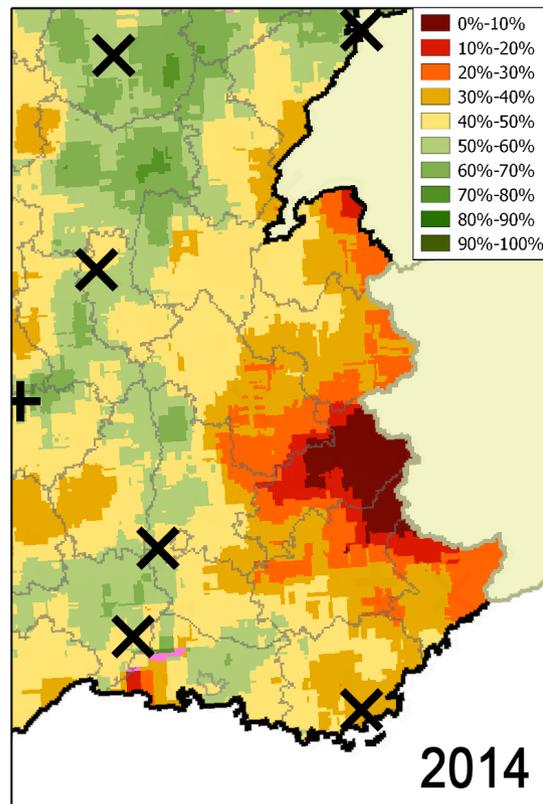
## II. Une nouvelle approche

## III. Application au radar du Moucherotte

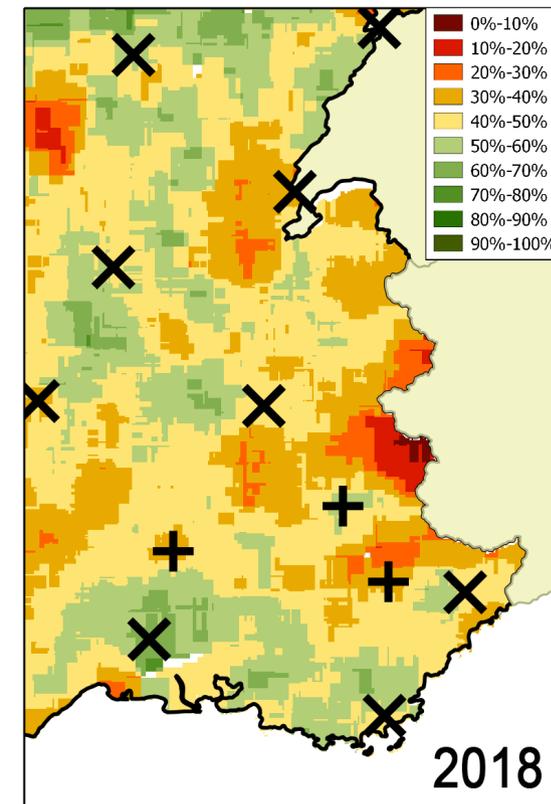
## IV. Conclusion et perspectives

# Qualité de la lame d'eau radar en montagne

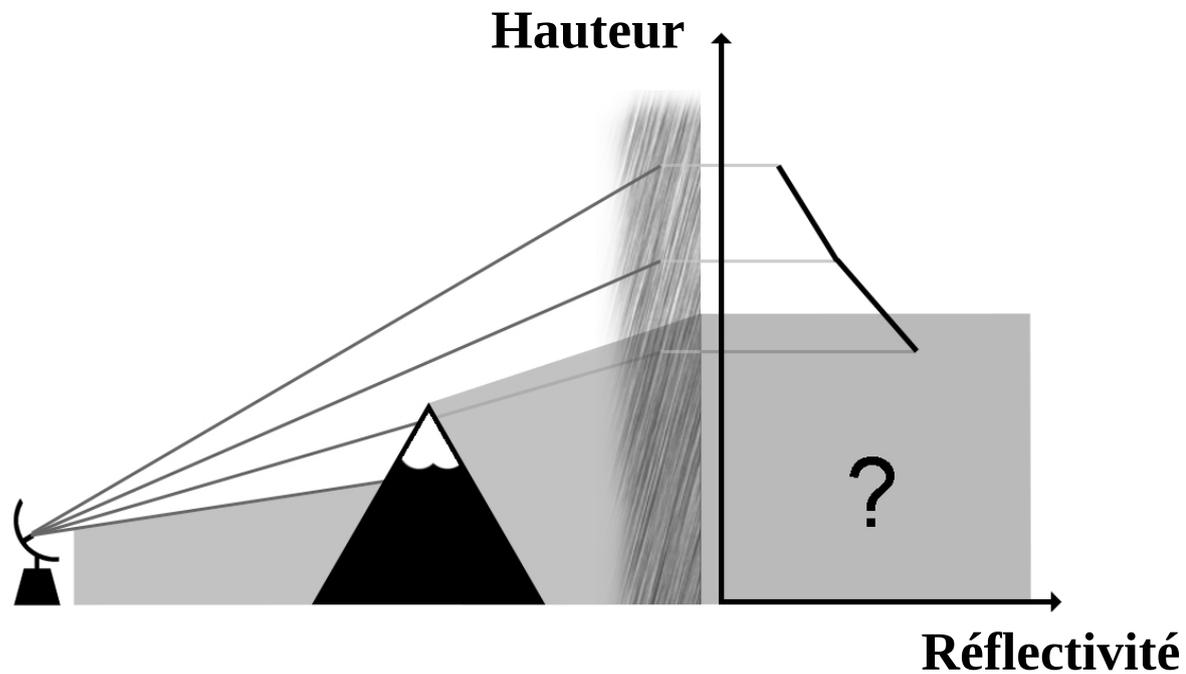
Pourcentage des rapports radar/pluvió entre 0,8 et 1,25 pour les cumuls 24 h supérieurs à 10 mm.



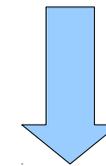
Extension du  
réseau  
radar sur les Alpes



# Le profil vertical de Réflectivité (PVR)

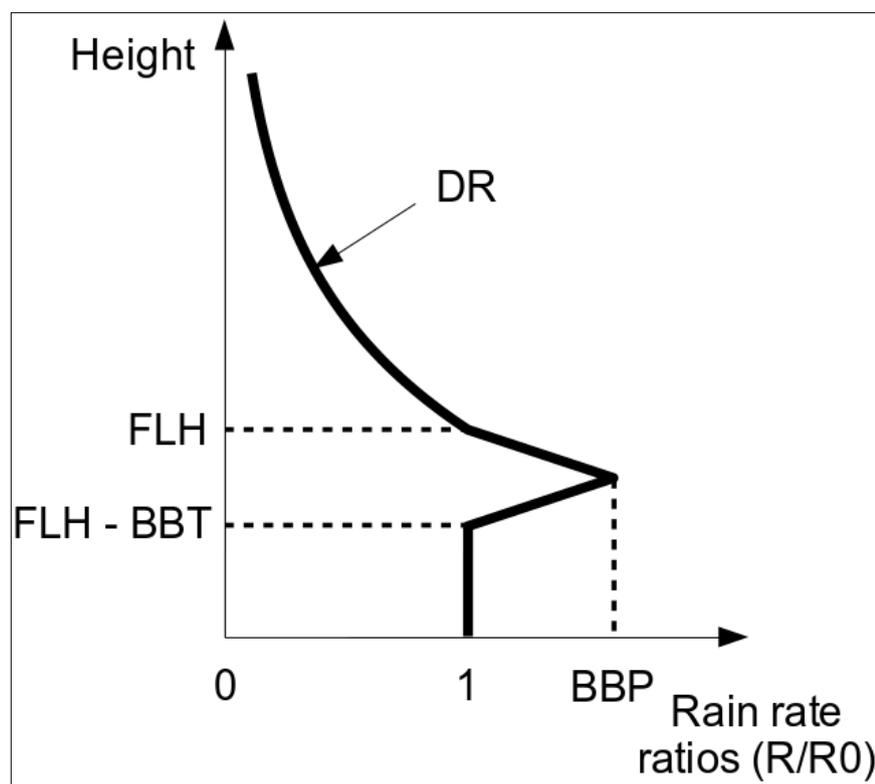


Comment estimer les précipitations au sol ?



**PVR**

# Méthode opérationnelle de détermination du PVR



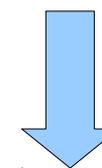
Tabary, 2007

$FLH$  initial déterminé à partir de  $\rho_{hv}$  où à défaut par ARPEGE.  
 $BBT$  initial déterminé par  $\rho_{hv}$  si possible.

**288 modèles théoriques** définis en faisant varier **4 paramètres**

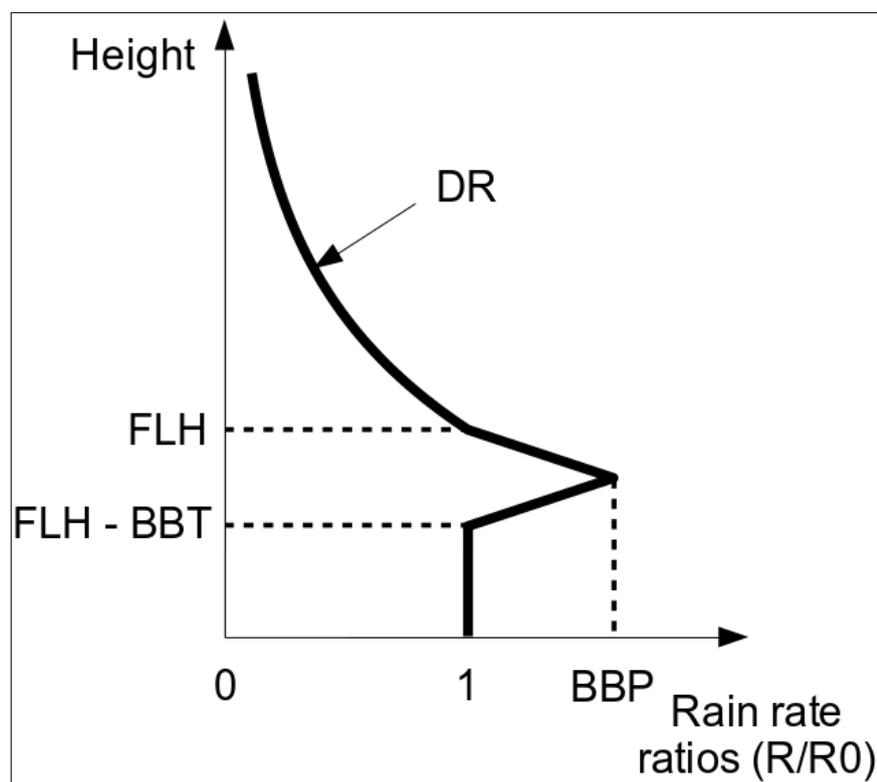


**Comparaison** aux observations (courbes de ratios)



**Un seul PVR**  
 appliqué sans distinction à tous les pixels du domaine

# Méthode opérationnelle de détermination du PVR



Tabary, 2007

## Limitations :

- Pas de prise en compte de l'**évaporation** ou du **renforcement** des précipitations sous la bande brillante
- **PVR climatologique** ( $DR = -4,5 \text{ dB km}^{-1}$  et  $BBP = 1$ ) si nombre d'observations insuffisantes
- **Unicité** sur tout le domaine du PVR choisi

## I. Introduction

## II. Une nouvelle approche

## III. Application au radar du Moucherotte

## IV. Conclusion et perspectives

# Principe de la méthode (POVPR)

## Idée :

Utiliser des **PVRs simulés** par le modèle AROME pour estimer le **profil de précipitations en chaque pixel**

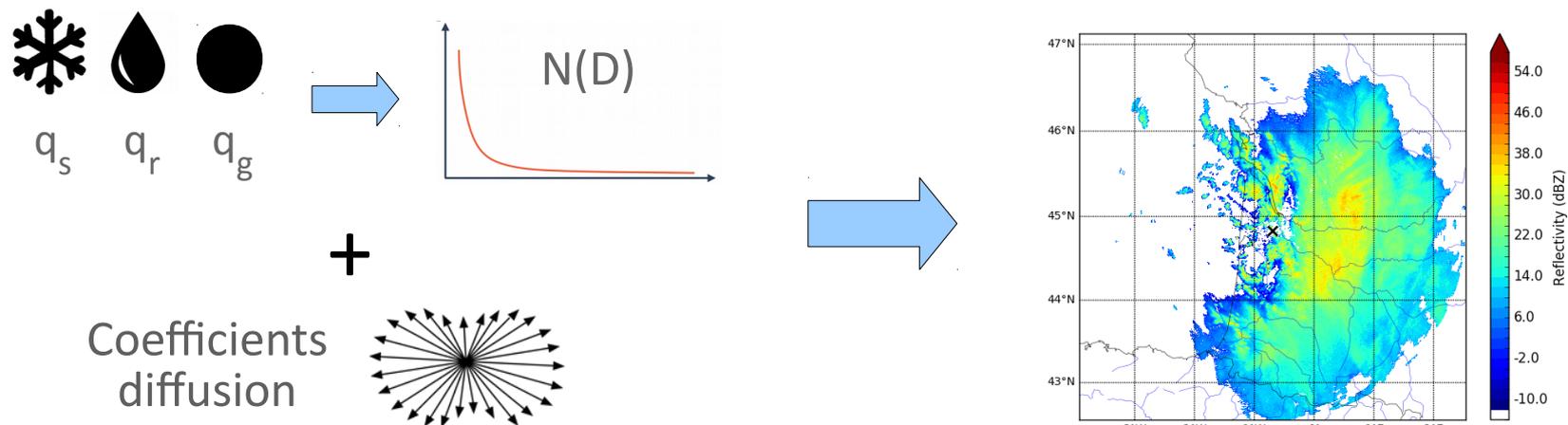
## Avantages :

**Profils de précipitations simulés *a priori* réalistes** (basés sur des schémas dynamiques et microphysiques complexes) et **disponibles partout**

## Comment :

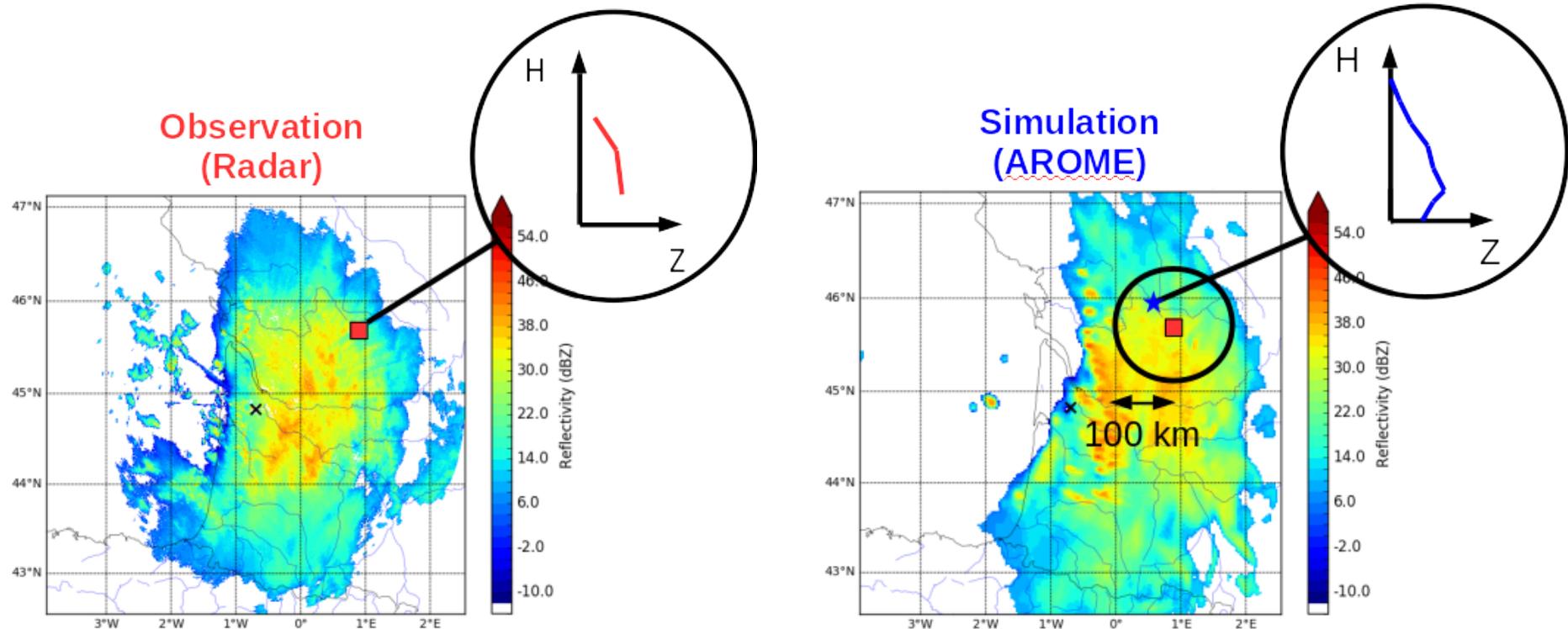
**AROME-PI (+2h) + Opérateur d'observation radar**

(Caumont et al., 2006 ; Augros et al., 2016)



# Principe de la méthode (POVPR)

Pour chaque pixel radar  $p_i$  (■), **comparaison** de tous les **PVR simulés** du voisinage (★) avec le **PVR apparent observé**.



# Principe de la méthode (POVPR)

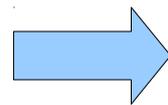
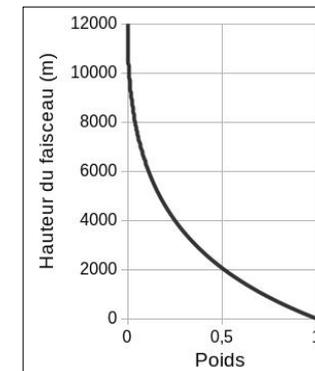
A chaque PVR apparent simulé est attribué un **poids**  $P_j$  en fonction de son **écart à l'observation**  $d$

$$P_j = \exp\left(-\frac{1}{2} d[PVR_{\text{mod, app}}(j)]\right)$$

$$d[PVR_{\text{mod, app}}(j)] = \frac{1}{n_{\text{elev}}} \sum_{n_{\text{elev}}} \left[ \frac{Z_{\text{hh\_mod, elev}} - Z_{\text{hh\_radd, elev}}}{\sigma(h_{\text{elev}})} \right]^2$$

Pondération de chaque élévation en fonction de sa hauteur :

$$\frac{1}{\sigma(h_{\text{elev}})^2} = \left[ \frac{2}{\frac{h_{\text{elev}}}{12000} + 1} - 1 \right]^2$$



Si  $d = 0$ , alors  $P_j = 1$   
Si  $d \rightarrow \infty$ , alors  $P_j \rightarrow 0$

## Paramètres de recherche

- Voisinage de **100 km**

- **Sous-échantillonnage** du modèle (1 point sur 4 selon x et y)

➔ **1200 profils** maximum

- Filtrage des profils dont l'**isotherme 0 °C** est trop éloigné de celui du pixel considéré ( $\pm 300$  m)

- Filtrage des profils dont l'**altitude du sol** est trop haute par rapport à celle du pixel considéré ( $< \text{alt\_sol\_pix} + 300$  m)

## Calcul de la lame d'eau

$$\text{Taux de précipitations : } RR_{rad}(p_i) = \frac{1}{\sum_j P_j} \sum_j P_j \cdot RR_{mod}(j, alt_{p_i})$$

$$\text{Lame d'eau 5 min : } ACC(p_i) = RR_{rad}(p_i) \cdot 5 \text{ min}$$

# Pour plus de détails...

Atmos. Meas. Tech., 12, 5669–5684, 2019  
<https://doi.org/10.5194/amt-12-5669-2019>  
 © Author(s) 2019. This work is distributed under  
 the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Atmospheric  
 Measurement  
 Techniques 

## Combined use of volume radar observations and high-resolution numerical weather predictions to estimate precipitation at the ground: methodology and proof of concept

Tony Le Bastard<sup>1</sup>, Olivier Caumont<sup>2</sup>, Nicolas Gaussiat<sup>1</sup>, and Fatima Karbou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DSO-CMR, Météo-France, Toulouse, France

<sup>2</sup>CNRM, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, France

<sup>3</sup>CNRM-CEN, UMR 3589, Météo-France, CNRS, Saint-Martin-d'Hères, France

**Correspondence:** Tony Le Bastard ([tony.lebastard@meteo.fr](mailto:tony.lebastard@meteo.fr))

Received: 18 April 2019 – Discussion started: 17 May 2019

Revised: 21 August 2019 – Accepted: 16 September 2019 – Published: 25 October 2019

**Abstract.** The extrapolation of the precipitation to the ground from radar reflectivities measured at the beam altitude is one of the most delicate phases of radar data processing for producing quantitative precipitation estimations (QPEs) and remains a major scientific issue. In many operational meteorological services such as Météo-France, a vertical profile of reflectivity (VPR) correction is uniformly applied over a large part or the entire radar domain. This method is computationally efficient, and the overall bias induced by the bright band is most of the time well corrected. However, this way of proceeding is questionable in situations with high spatial and vertical variability of precipitation (during the passage of a cold front or in a complex terrain, for example).

This study initiates from two statements: first, radars pro-

and 6 h accumulations compared to the operational QPEs, showing the relevance of this new approach.

### 1 Introduction

Precise quantitative precipitation estimates (QPEs) are critical for many applications including nowcasting, hydrology and flood forecasts. For instance, high-resolution QPEs are necessary to correctly predict the occurrence and intensity of heavy rainfall events and flash floods. Operational rain gauges can provide accurate measurements of the rainfall, but the operational networks are generally too sparse to capture the high spatial and temporal variability of precipitation.

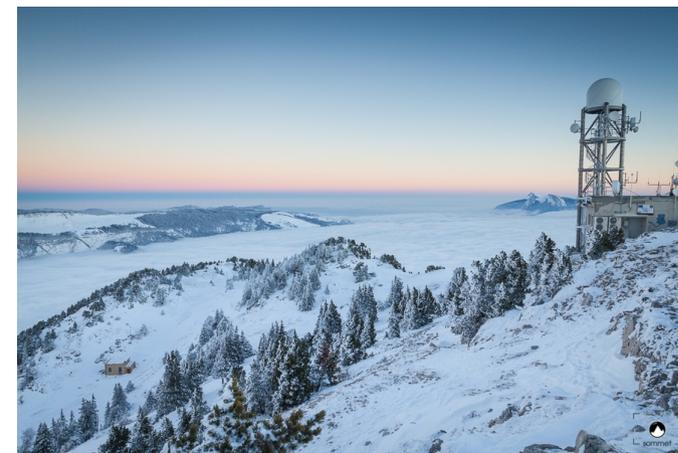
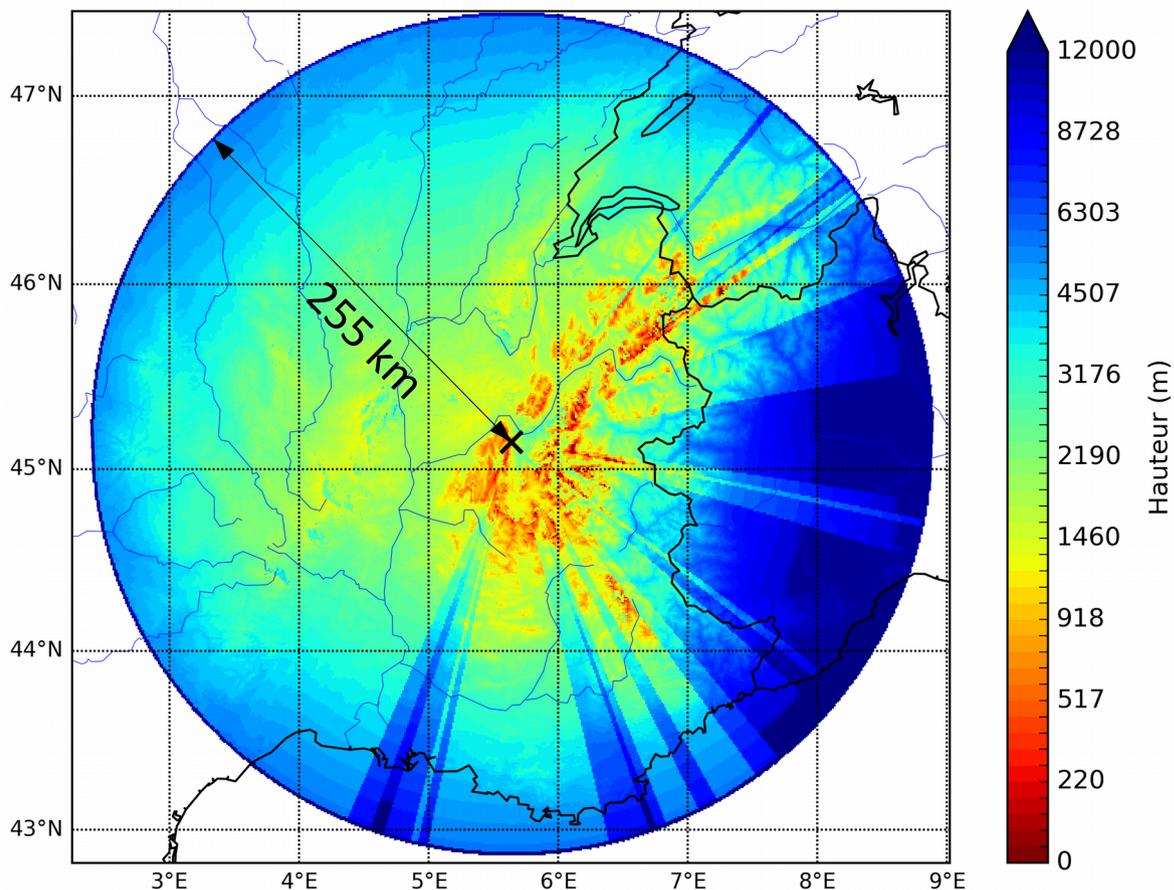
## I. Introduction

## II. Une nouvelle approche

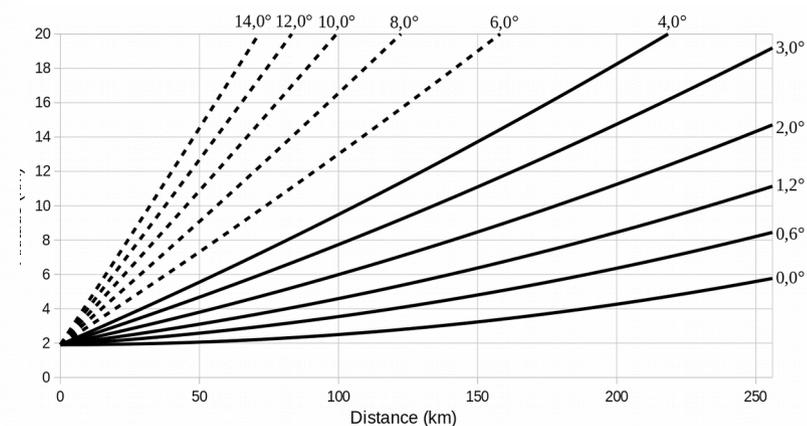
## III. Application au radar du Moucherotte

## IV. Conclusion et perspectives

# Radar du Moucherotte



© Nicolas Bohere



Hauteur des données valides les plus basses sur le domaine du radar du Moucherotte

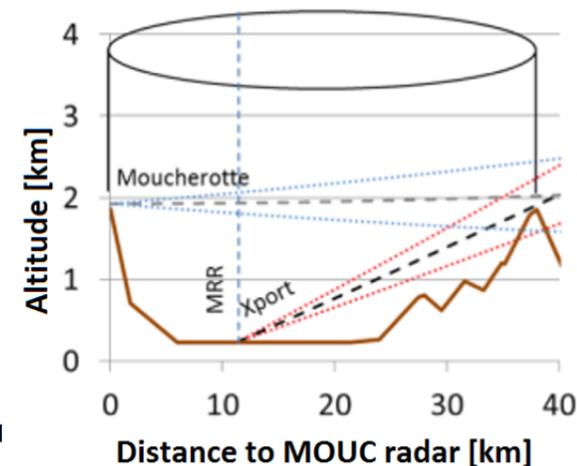
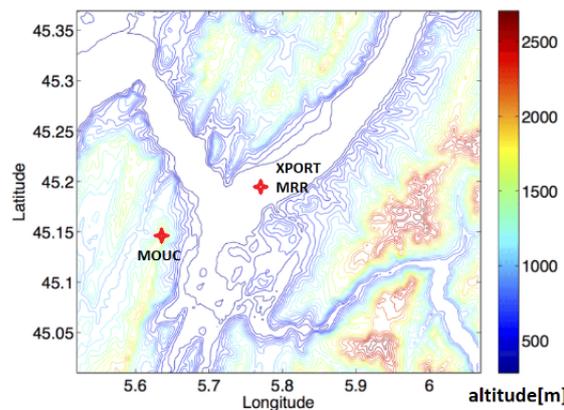
Altitude du faisceau en fonction de la distance pour chacune des élévations du radar du Moucherotte

## Validation de la méthode

### - Profils de réflectivité :

Profils POVPR vs.  
profils quasi-verticaux (25°) radar  
Xport (IGE)

→ Evaluation de la **pertinence**  
des profils simulés  
sélectionnés par la méthode



Khanal et al., 2019.

### - Lames d'eau :

→ Comparaison avec les cumuls  
du réseau de **pluviomètres**



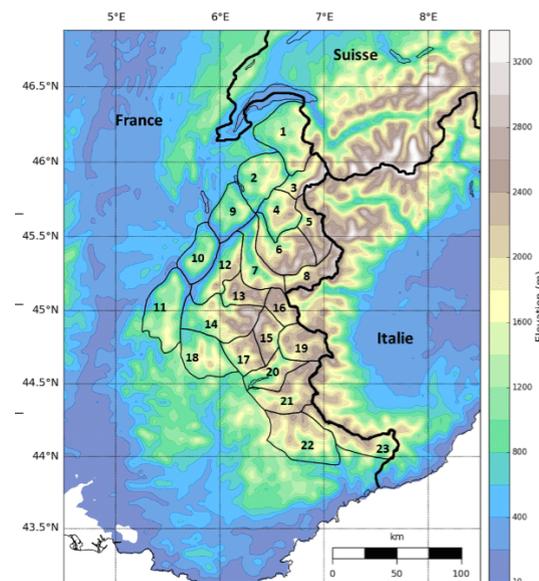
**Représentativité** en  
montagne et en conditions  
difficiles (neige, vent fort) ?

→ Comparaison avec les **profils**  
**de précipitations** par massif  
réanalysés par le système



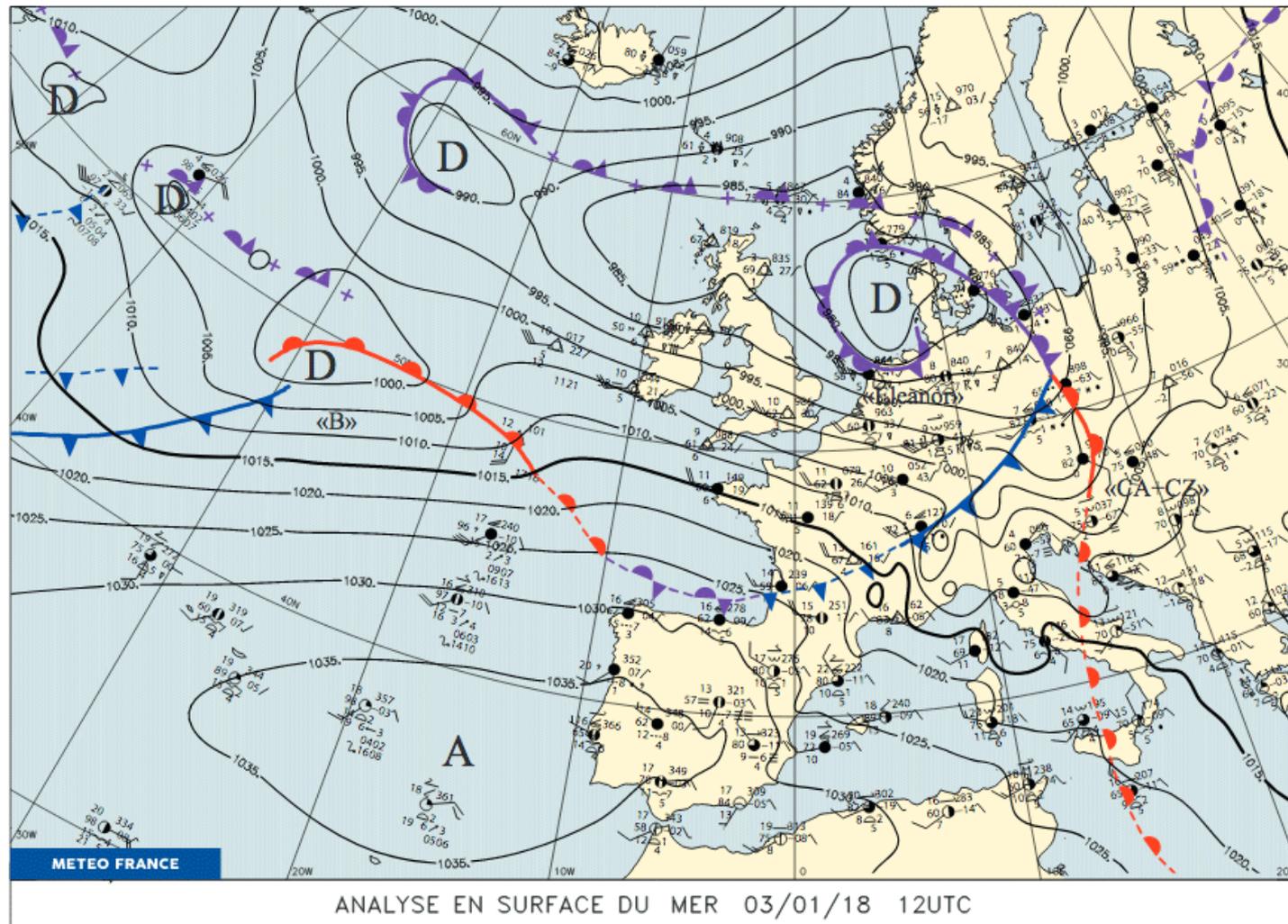
**Plus robuste** en montagne  
(pluvios + profils par type  
de temps).

**SAFRAN**



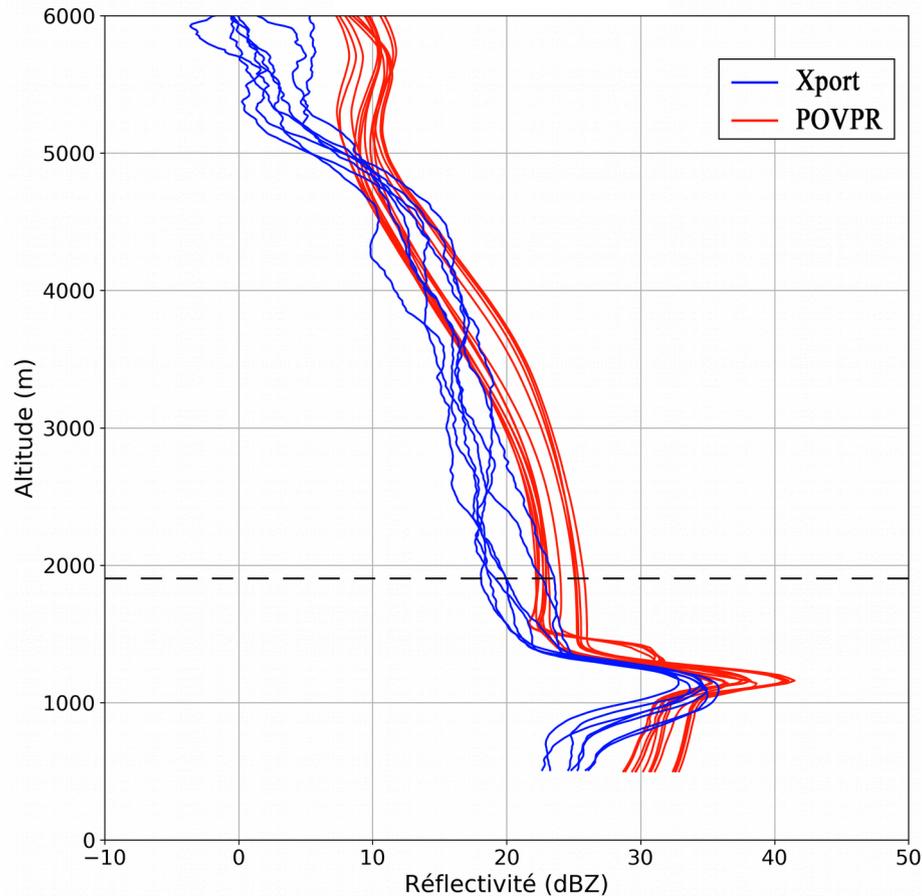
Quéno, 2017.

# Situation stratiforme des 3 et 4 janvier 2018



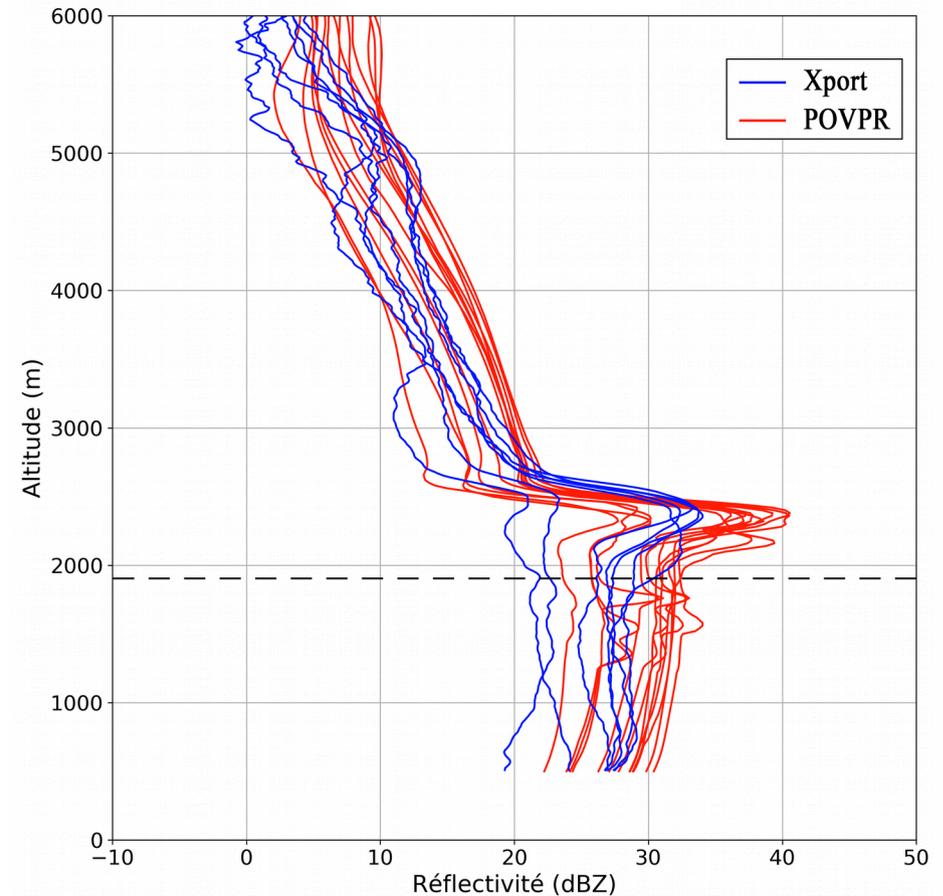
# Comparaison profils Xport et POVPR

22 – 23 UTC



**Avant** le passage du front chaud

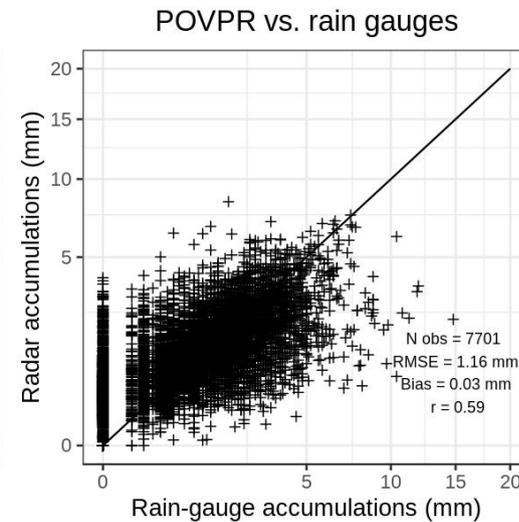
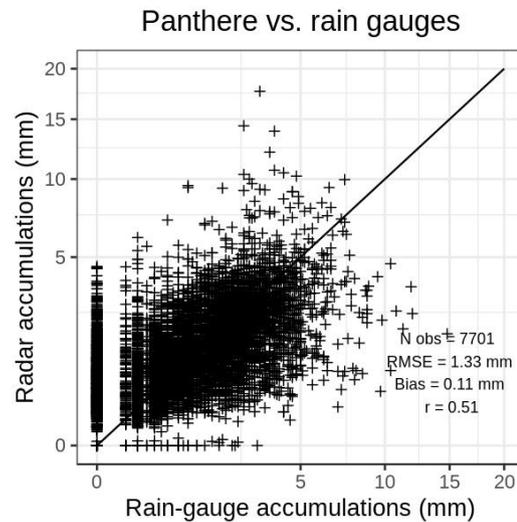
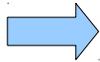
04 – 05 UTC



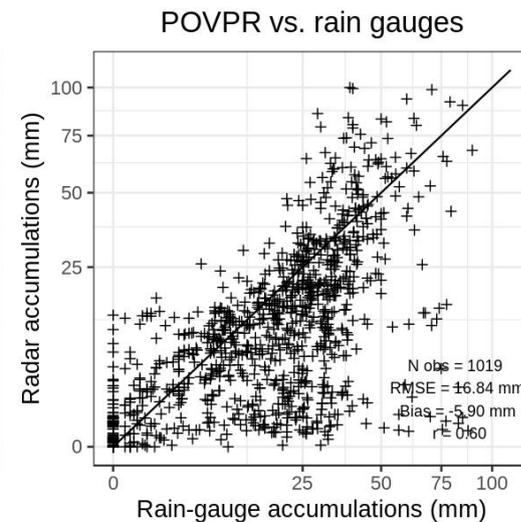
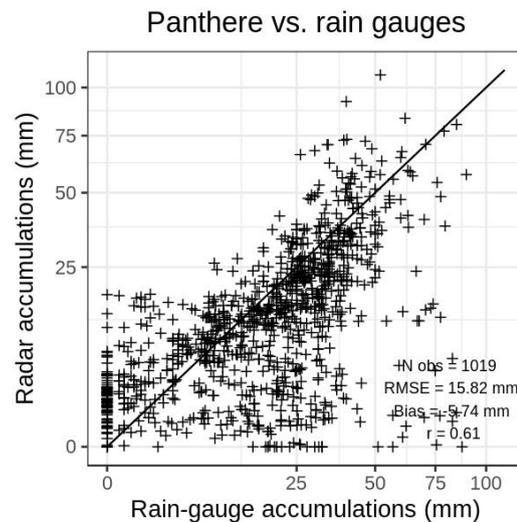
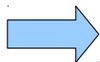
**Après** le passage du front chaud

# Comparaison lames d'eau horaires et 24h (06 – 06 UTC)

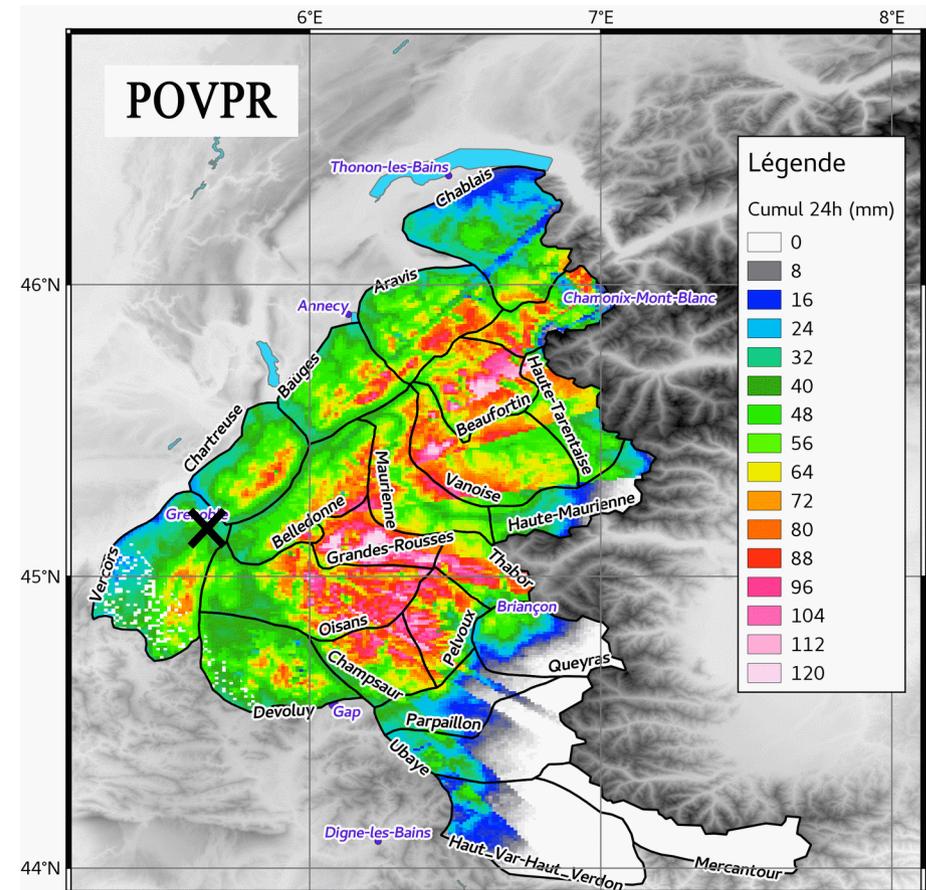
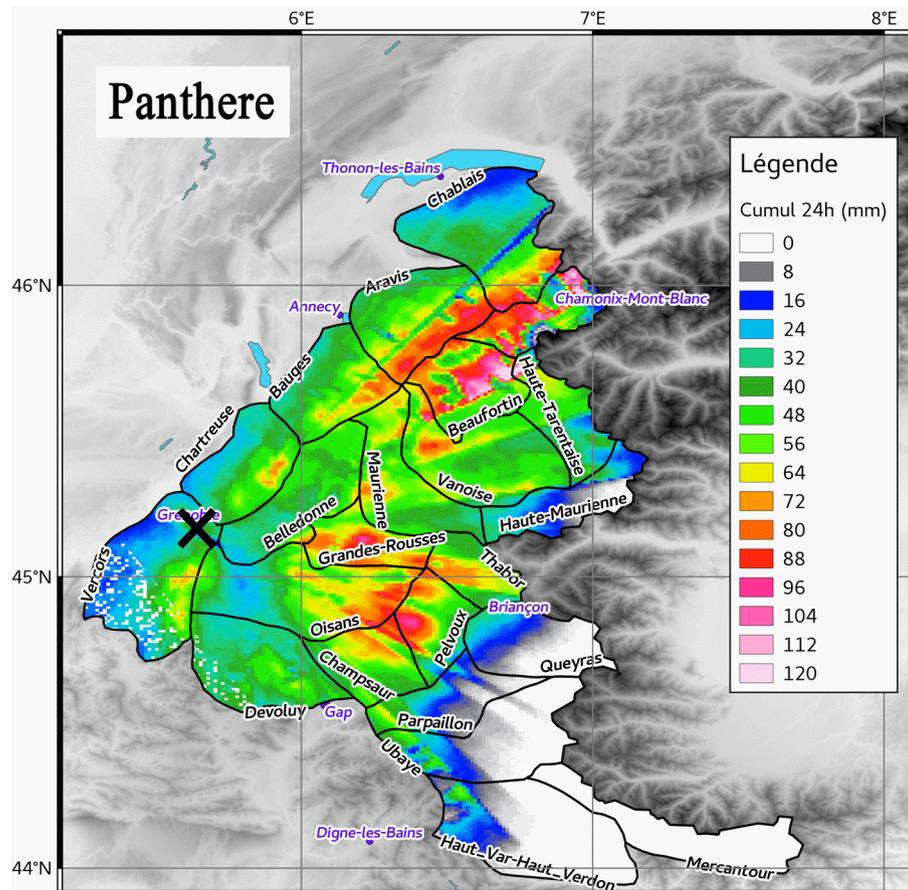
Cumuls 1h



Cumuls 24h

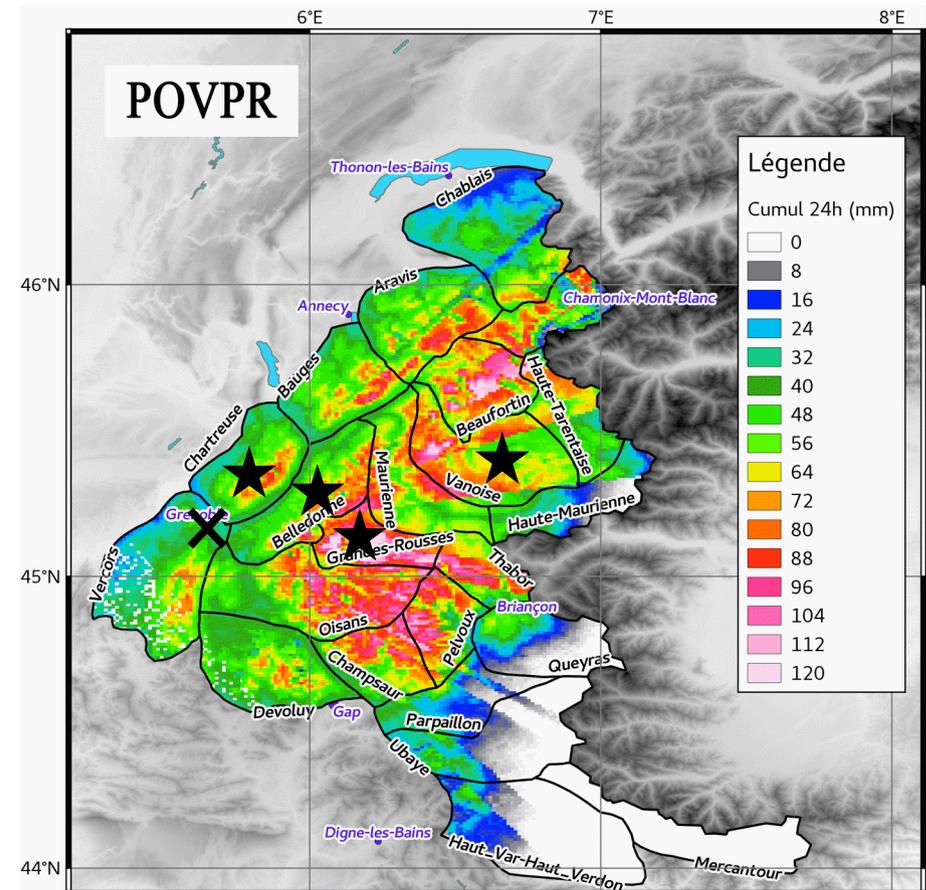
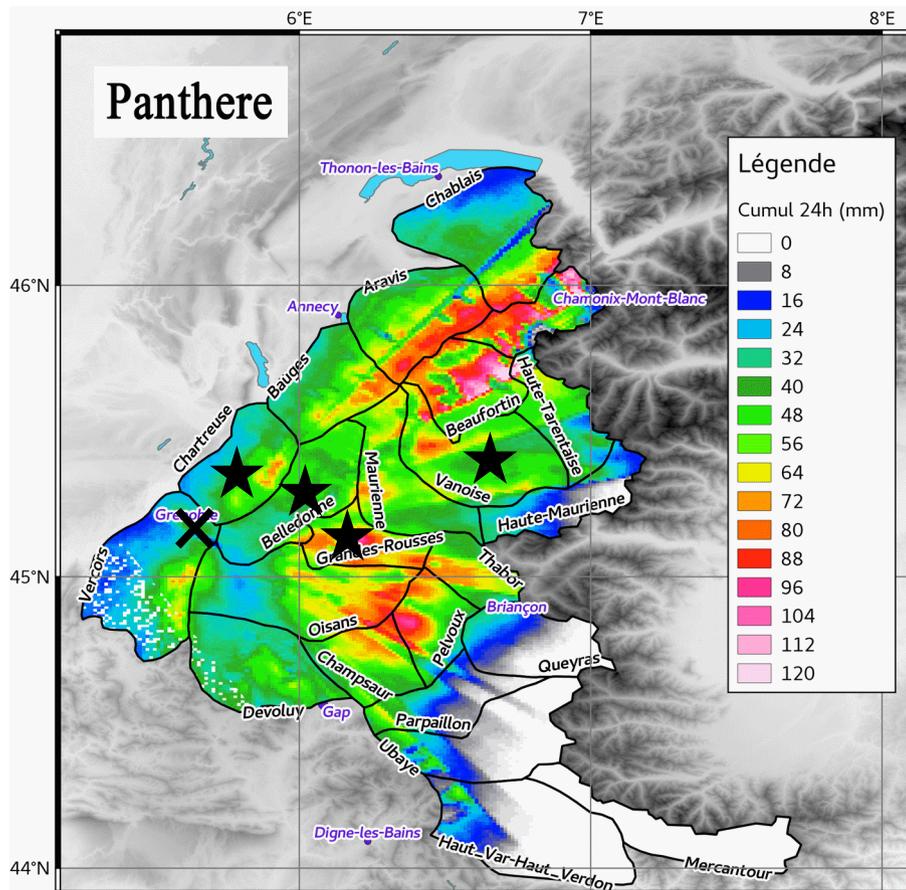


# Comparaison lames d'eau 24h (06 – 06 UTC)



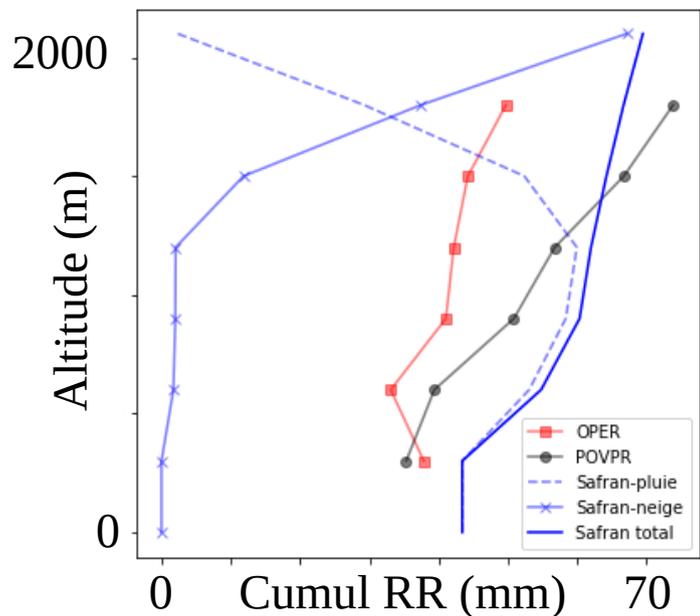
✘ Radar du Mouchetotte

# Comparaison lames d'eau 24h (06 – 06 UTC)

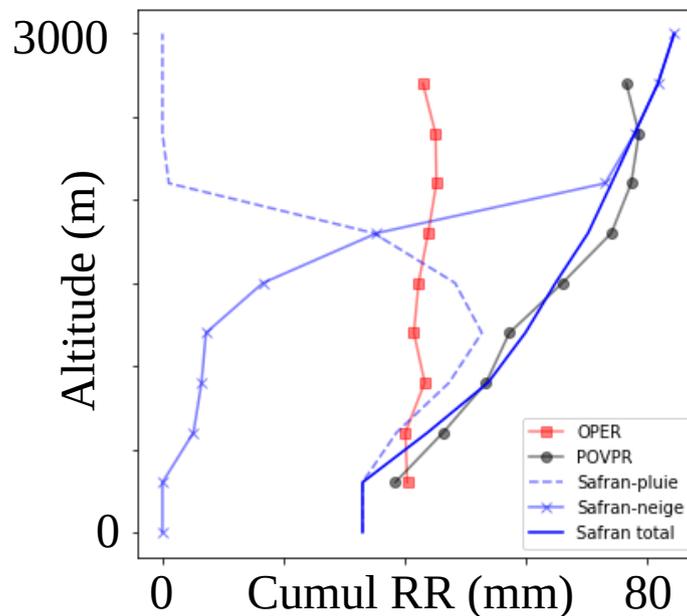


✘ Radar du Mouchetotte

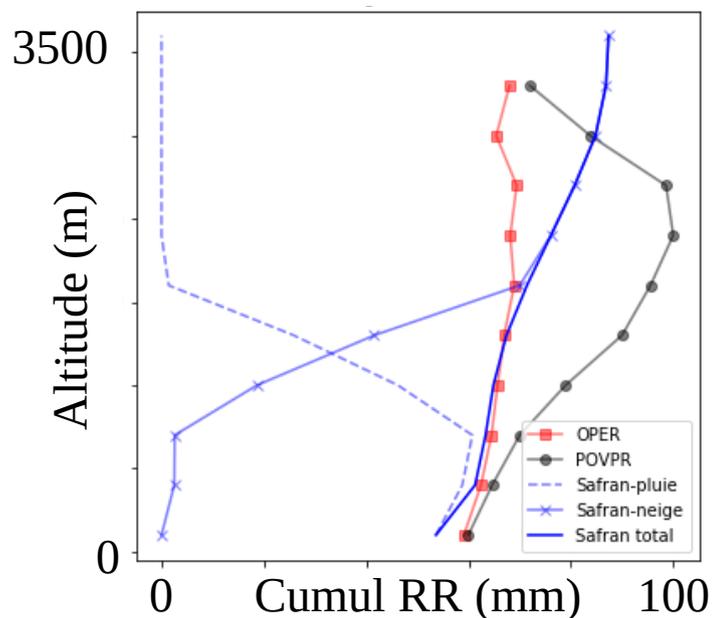
Chartreuse



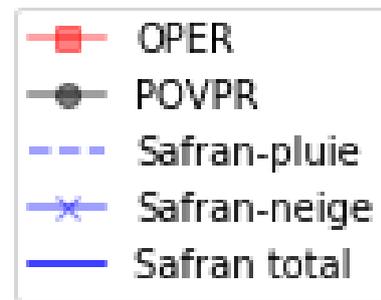
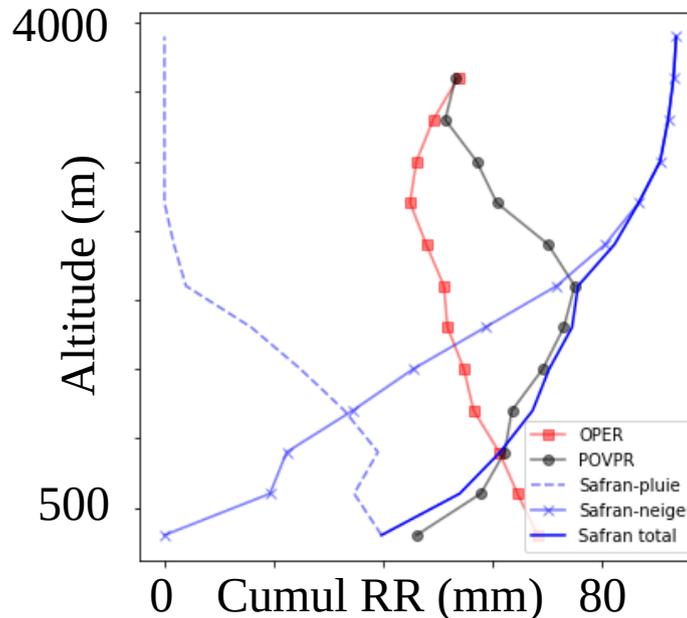
Belledonne



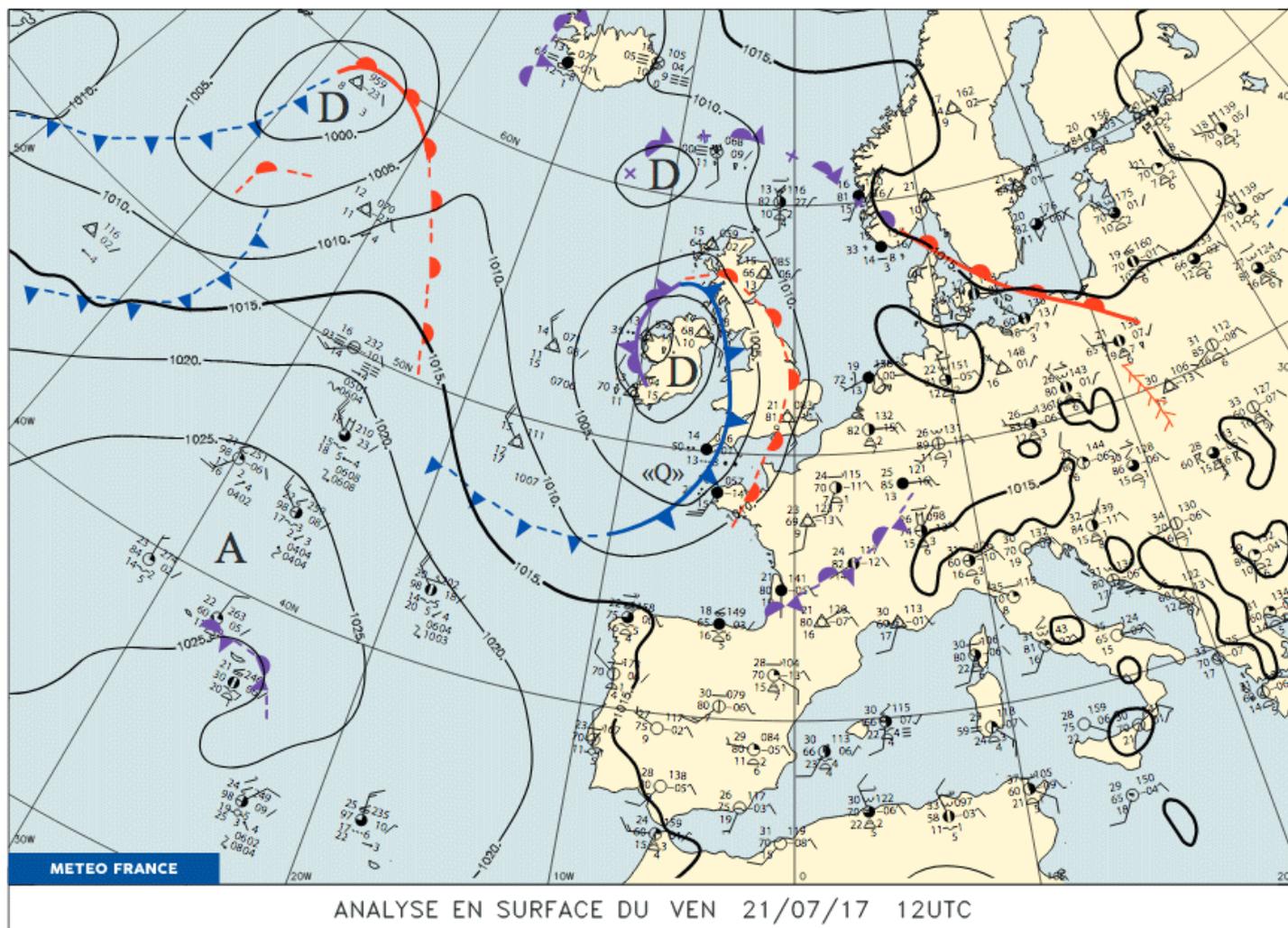
Grande-Rousses



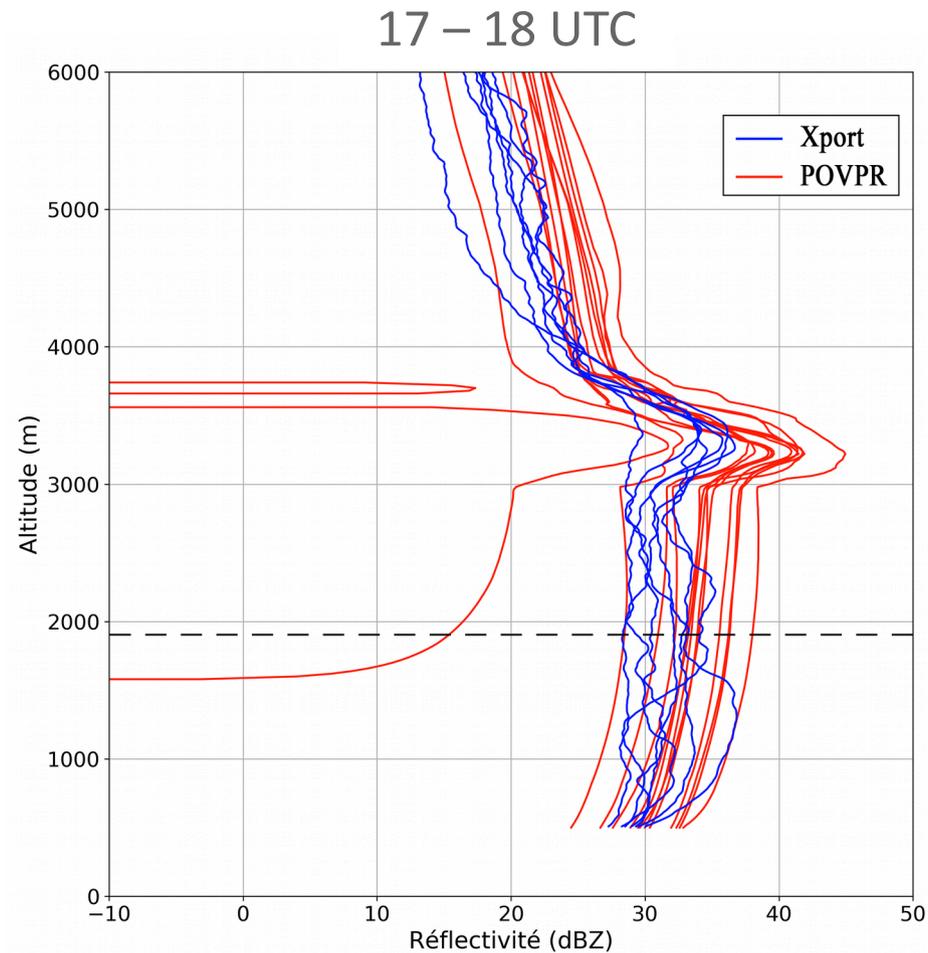
Vanoise



# Situation convective du 21 juillet 2017

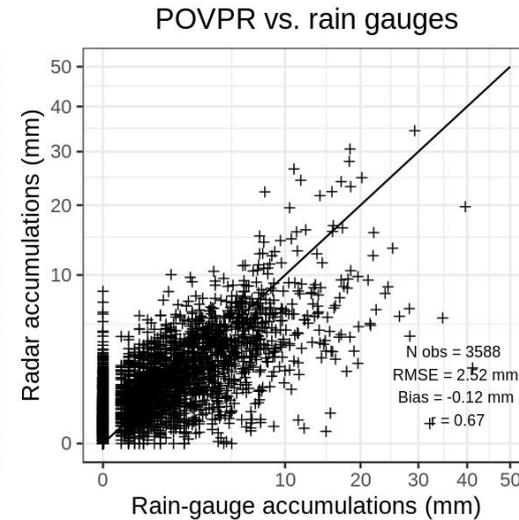
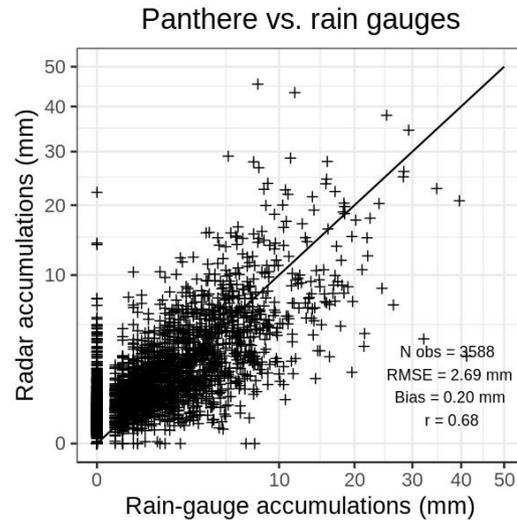
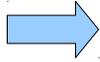


# Comparaison profils Xport et POVPR

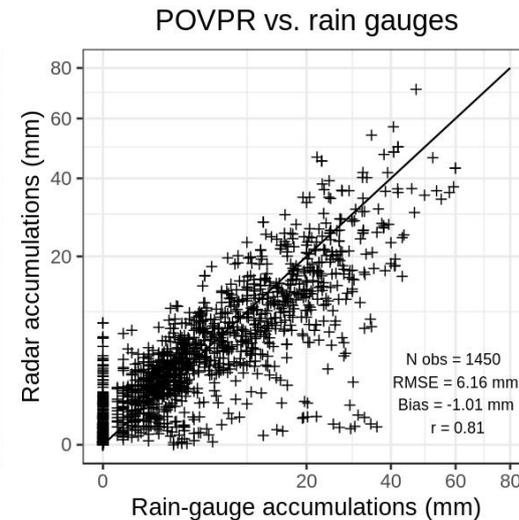
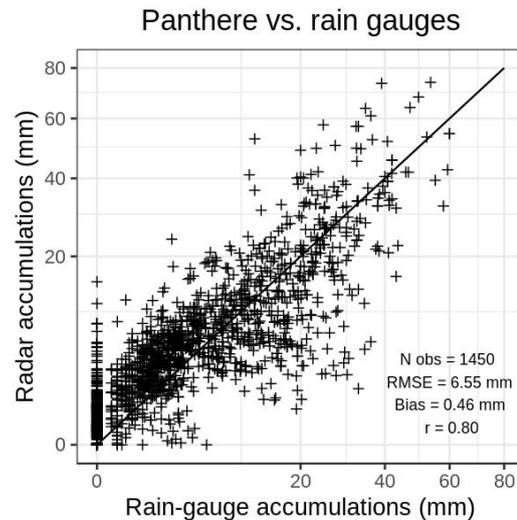
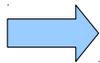


# Comparaison lames d'eau horaires et 24h (06 – 06 UTC)

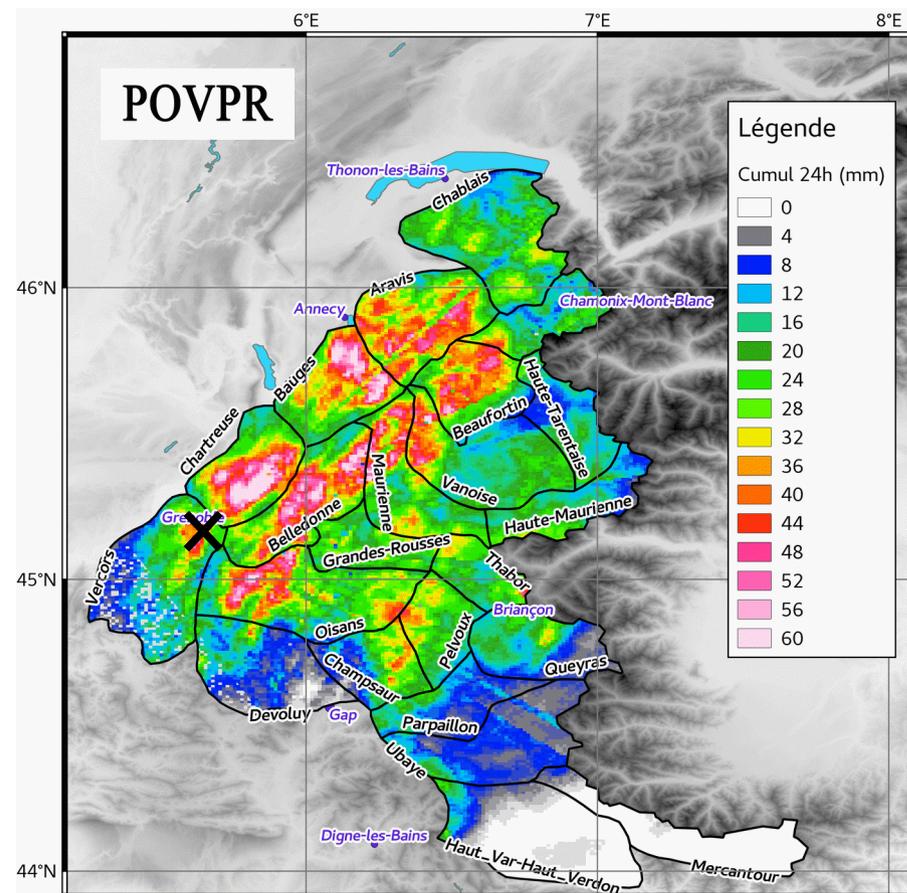
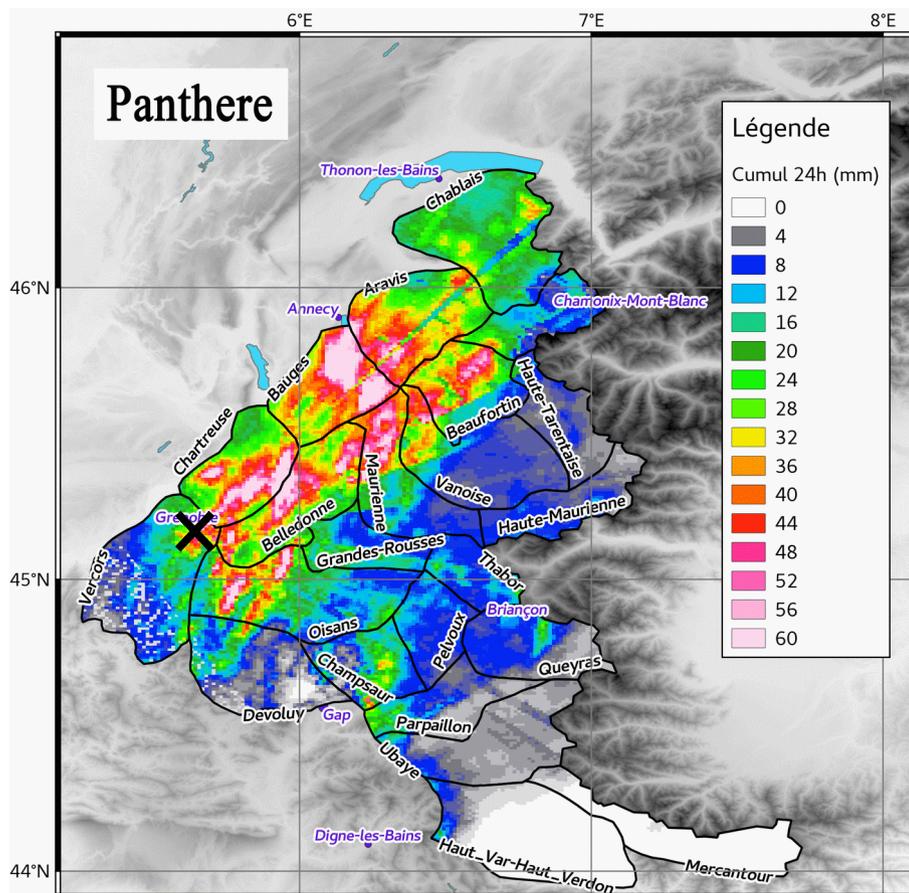
Cumuls 1h



Cumuls 24h

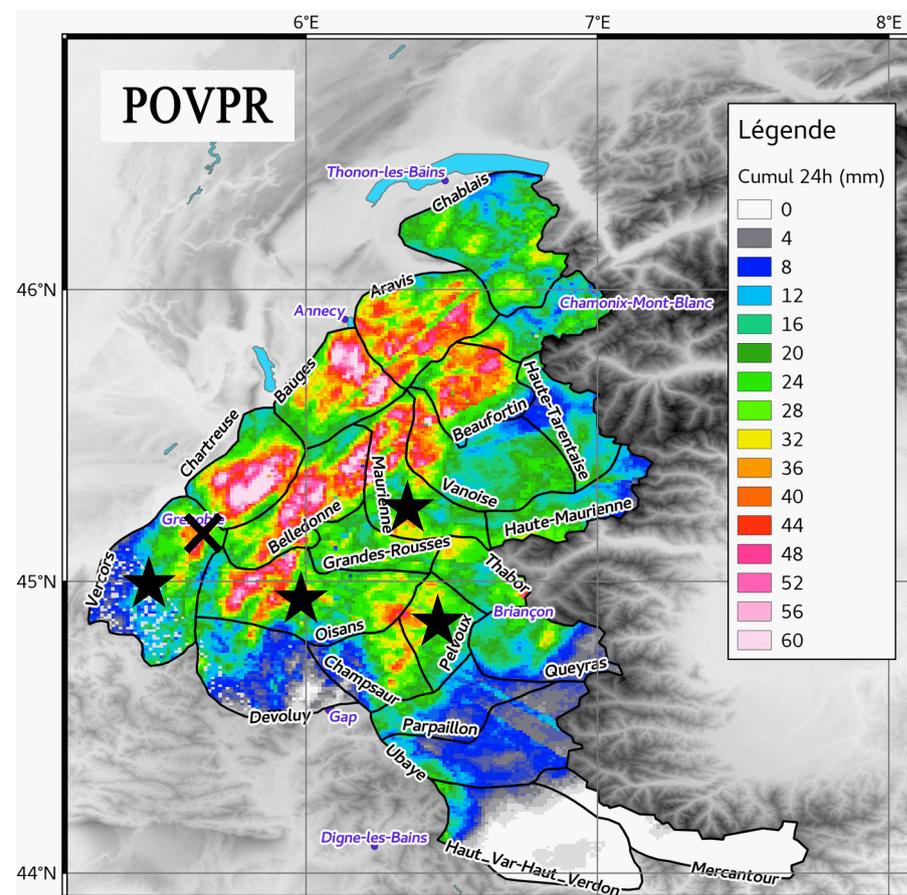
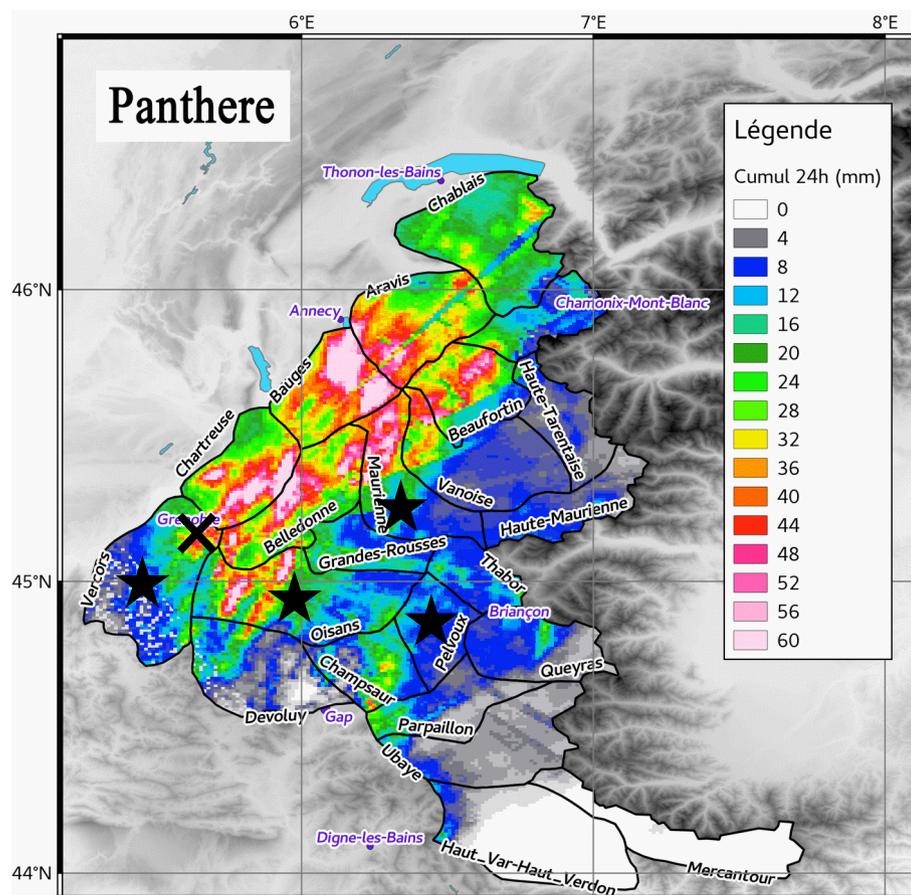


# Comparaison lames d'eau 24h (06 – 06 UTC)

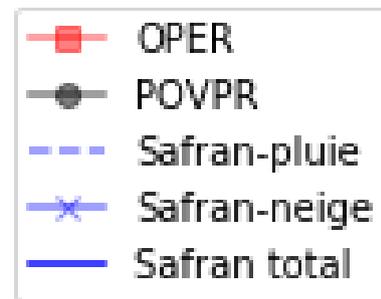
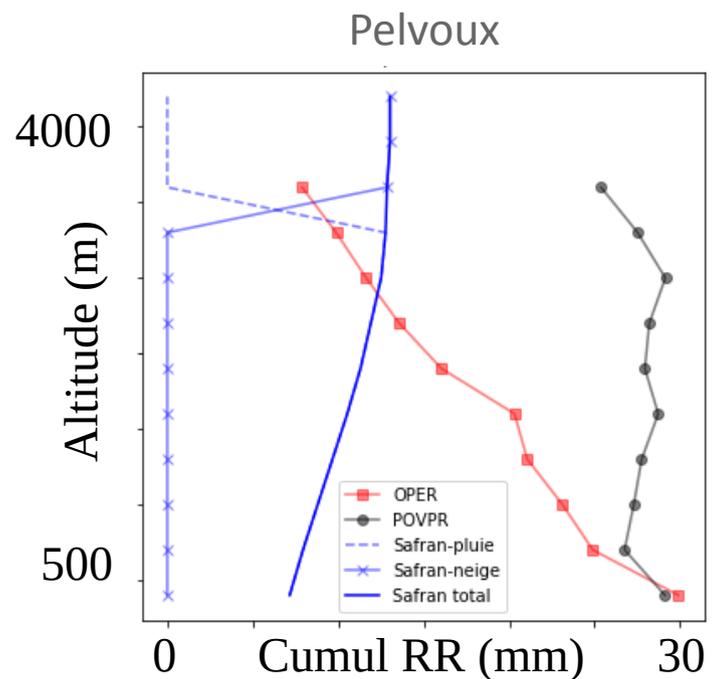
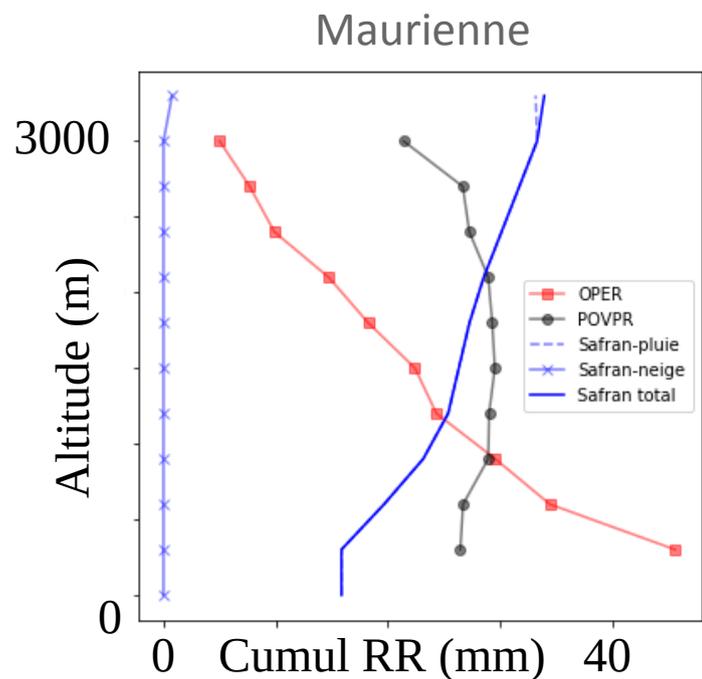
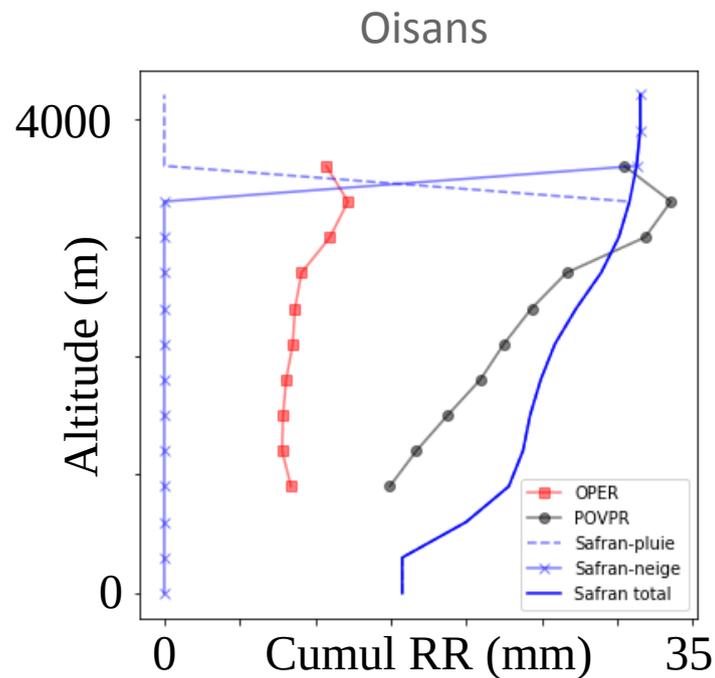
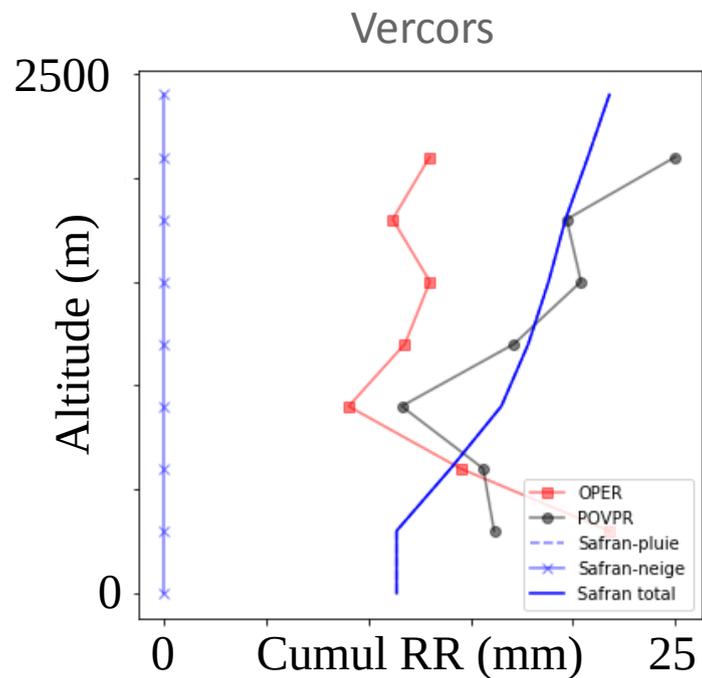


✘ Radar du Mouchet

# Comparaison lames d'eau 24h (06 – 06 UTC)



✘ Radar du Mouchetotte



## I. Introduction

## II. Une nouvelle approche

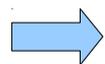
## III. Application au radar du Moucherotte

## IV. Conclusion et perspectives

# Conclusion

Le modèle AROME est en mesure de fournir des **profils verticaux de réflectivité cohérents** avec l'observation.

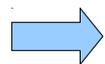
La méthode POVPR a montré tout son intérêt sur l'estimation des précipitations en plaine, notamment à **longue distance** (> 100 km).



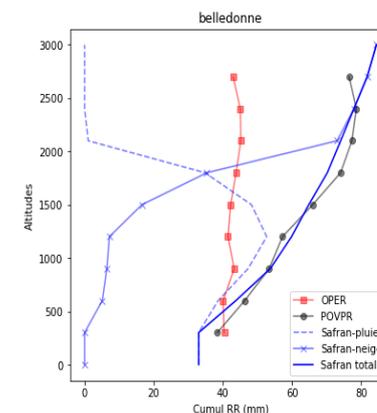
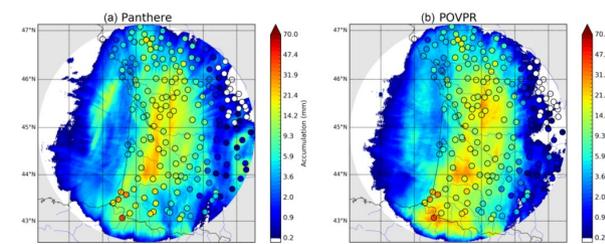
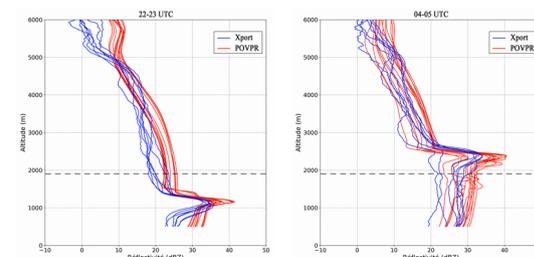
*Le Bastard, T., Caumont, O., Gaussiat, N., & Karbou, F. (2019). Combined use of volume radar observations and high-resolution numerical weather predictions to estimate precipitation at the ground: Methodology and proof of concept. Atmospheric Measurement Techniques, 12(10), 5669-5684.*

Sur les 2 cas de montagne étudiés, la méthode POVPR a globalement :

- un apport positif ou neutre sur l'estimation des **quantités de précipitations**
- un apport positif sur l'estimation du **gradient de précipitations** en fonction de l'altitude



Article en préparation.



# Perspectives

- **Autres cas** d'étude
  - Meilleure prise en compte de la **topographie** dans la recherche de profils (orientation de la pente).
  - Réduction de l'étendue du domaine de recherche pour une meilleure considération des **différences inter- et intra-massifs**.
  - Evaluation de la dépendance aux **performances du modèle** dans les secteurs fortement masqués
  - Utilisation de plusieurs radars (**mosaïquage**)
- **Optimisation**



Merci de votre  
attention.