



Journée de l'Observation

Prospective sur l'estimation des précipitations

DSO/CMR/DEP Nicolas Gaussiat
Toulouse, 20/05/2022

Estimer la pluie par radars, une longue histoire ...

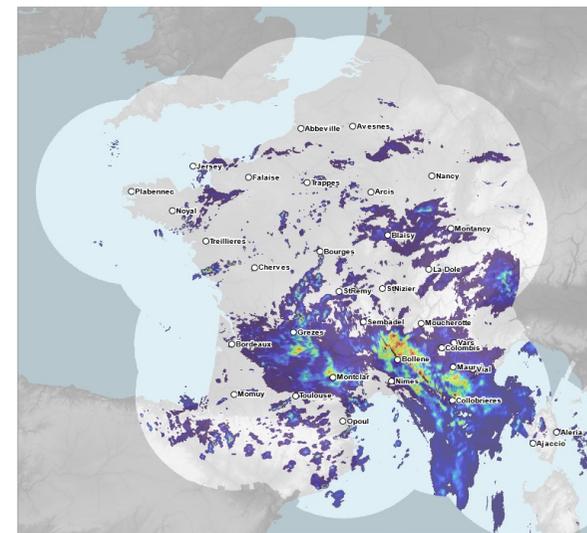
- 1947 : première publication de J. S Marshall
- ...
- 1997 - 2005 : la lame d'eau HYDRAM (Chèze et al.).
- 2006 - 2017 : la lame d'eau PANTHERE (Tabary et al.)
 - Mars 2007 : Ajustement aux pluviomètres. (Fradon et al.)
 - Aout 2009 : Nouveaux paramétrages. (Guéguen et al.)
 - Fév 2012 : Traitements polarimétriques V1 (Gourley et al.)
 - Déc 2014 : Ajout des lames d'eau de Jersey et La Dole (Faure et al.)
 - Juillet 2015 : Ajout des radars en bande X du projet RYTHMME (Figueras et al.)
 - Février 2017 : Ajout du radar X partenaire du Mt Vial de Novimet
- 2018 - ... : la lame d'eau « SERVAL »
 - Décembre 2019 : Traitements polarimétriques V2 (Yu et al.)
 -

Les lames d'eau radars de la DSO

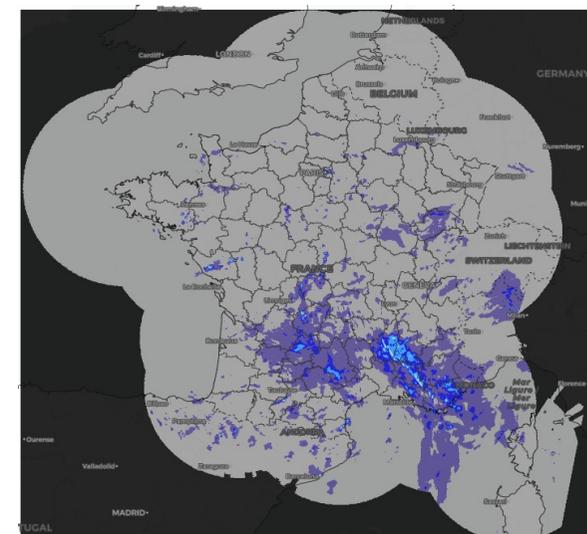
- DSO/CMR produit la lame d'eau radar SERVAL :
 - Cumul de précipitations 5 mn à 1km et 500m de résolution et code qualité associé
 - Lames d'eau individuelles ajustées aux pluviomètres
 - Depuis 2022 cumuls CMR 30min, 1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 12h, 24h, 48h et 72h associés
 - Produit 5mn disponible à **T+3mn** sur Synopsis

- DSO/MSO produit la lame d'eau radar ANTILOPE :
 - Cumuls de précipitations 5mn, 15mn, 1H, 24H et code qualité associé
 - Produit de fusion radar-pluvió.
 - Produit cumuls « AIGA-PLUVIO » PI 30min, 1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 12h, 24h, 48h et 72h associés
 - Produit 5mn disponible à **T+9mn** sur synopsis

http://sval.meteo.fr/~dep/serval_test/

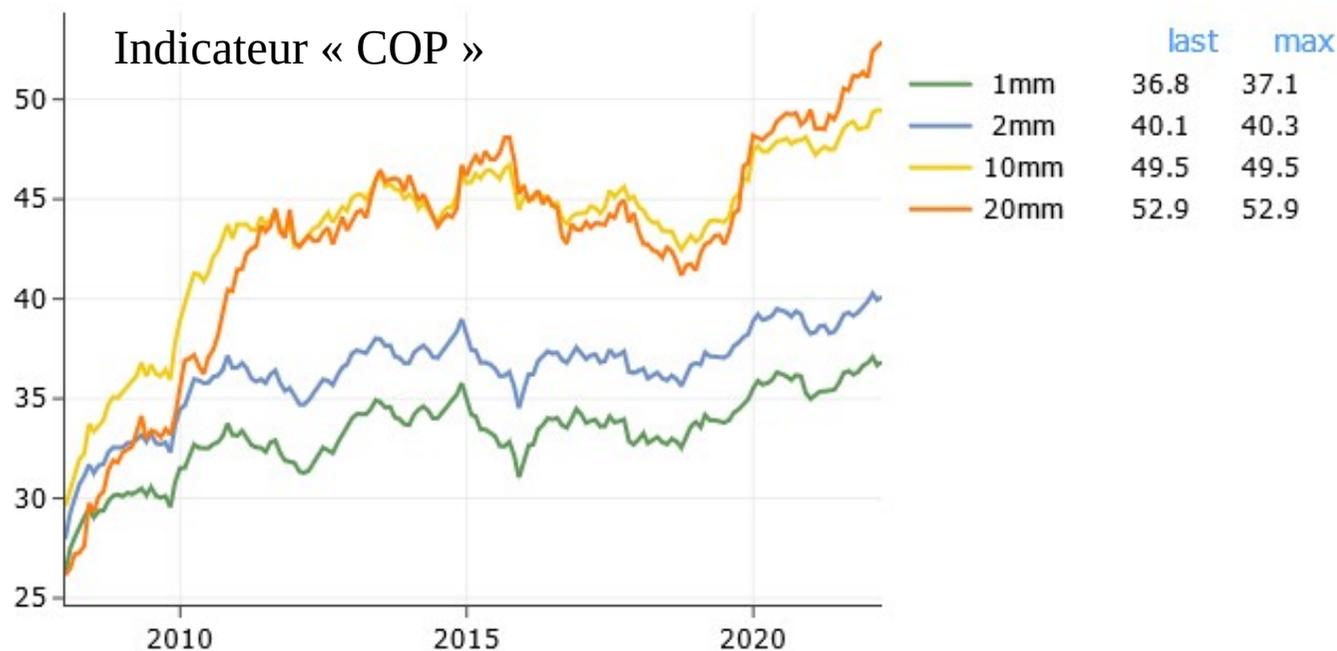


<http://produits-composites.meteo.fr/ANTILOPE/>



Scores de la lame d'eau SERVAL

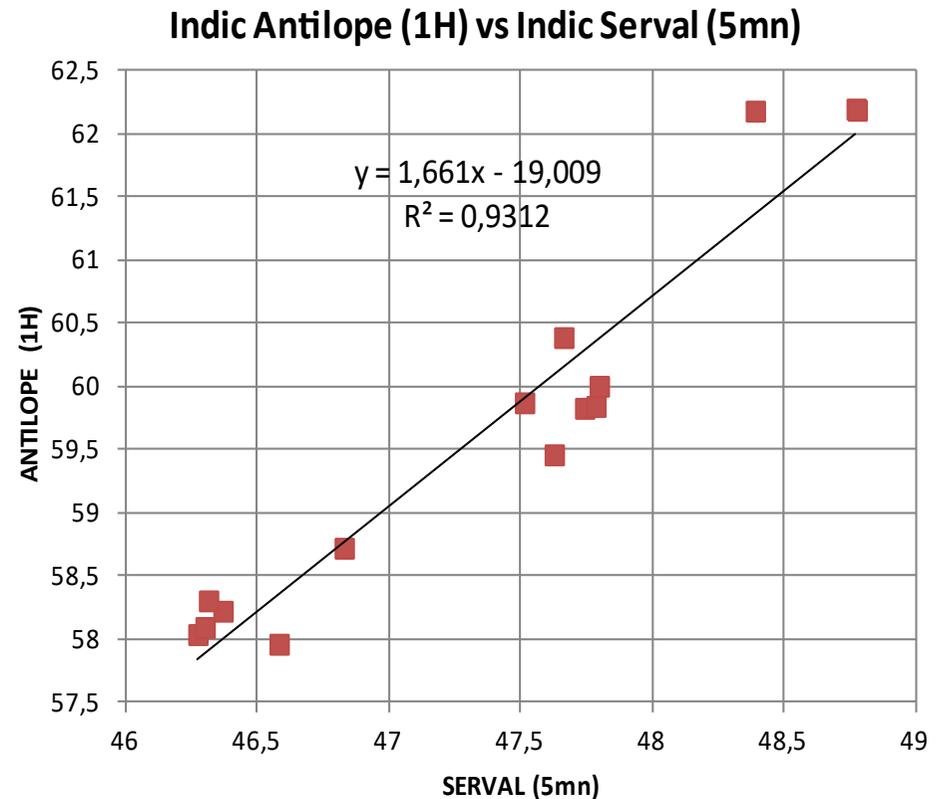
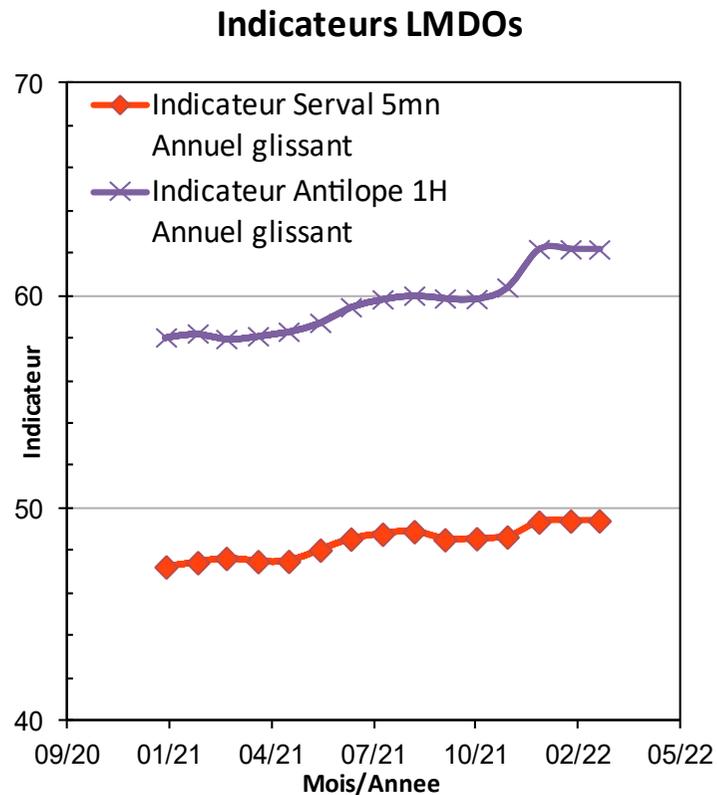
- Les scores globaux de la mosaïque (Corse comprise) sont calculés en utilisant tous les pluviométriques disponibles de classe <5
- Les scores sont très variables d'un mois sur l'autre donc on réalise un calcul annuel glissant.
- L'un des scores utilisés est l'indicateur COP qui est le taux de rapport RADAR/PLUVIO dans l'intervalle [0.8 1.25] pour des cumuls pluviométriques > 10 mm



- Amélioration globale de cet indicateur pour tous les seuils, mais plus marquée 2009-10 (Lame d'eau PANTHERE) et depuis 2019-20 (Lame d'eau SERVAL).

Performance des lames d'eau SERVAL et ANTILOPE

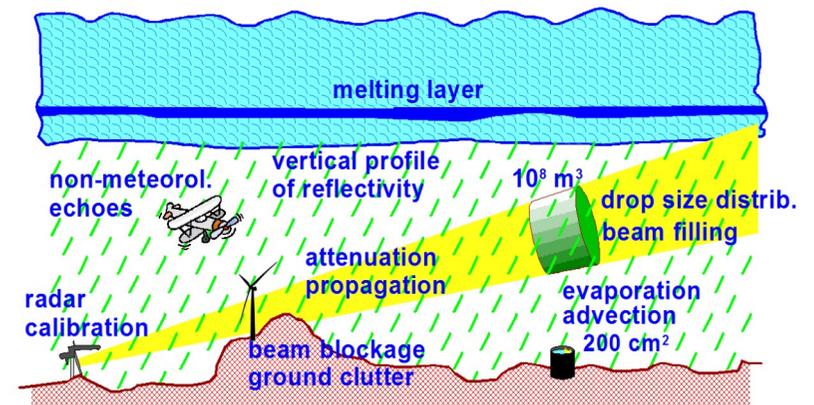
- L'indicateur COP est utilisé également pas MSO pour évaluer la lame d'eau ANTILOPE.



- Les améliorations de la lame d'eau ANTILOPE sont parfaitement corrélées aux améliorations de la lame d'eau SERVAL mais avec un coefficient amplificateur de 1,7 !
=> Il y a donc un intérêt fondamental à continuer à investir dans le lame d'eau SERVAL

Les causes d'erreur la lame d'eau SERVAL

- Calibration de l'électronique du récepteur
- Échos fixes/Insectes/oiseaux/bateaux/éoliennes/leurres/échos de mer/émetteurs
- Masques (orographiques et non orographiques)
- Temps de revisite /Advection
- Relation observable radar ↔ taux de précipitations liquides/solides
- Atténuation par le radôme mouillé, la couche de mélange en bande X
- Altitude de la mesure (PVR)
- Taille du faisceau
- Remplissage partiel du faisceau / gradients de réflectivité
- Représentativité (spatiale / temporelle)
- ...

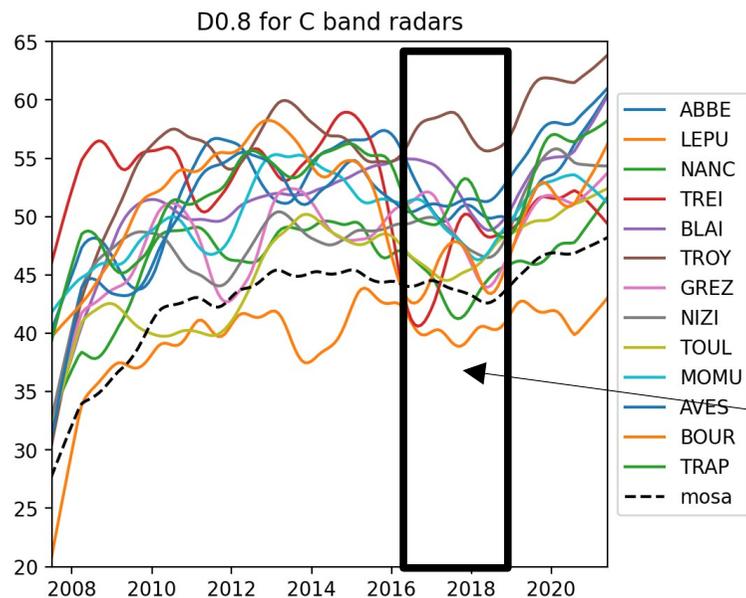


Courtesy of Martin Hagen (DLR)

Les leviers d'amélioration des lames d'eau radars

- Mieux suivre les indicateurs réseau et de production :
 - **PIEUVRE**
- Améliorer la couverture radar :
 - **Intégration de nouveaux radars**
- Améliorer l'estimateur radar :
 - **Polarimétrie V3**
 - Exploite la relation d'auto-consistance Z-KDP dans la pluie.
 - Typage des précipitations plus réaliste.
 - Estimateur pour les précipitations solides.
 - **Filtrage Doppler (= abaisser l'altitude de la mesure en zones d'échos fixes)**
- Amélioration de la correction PVR :
 - **Spatialisation du PVR**
 - **Méthodes hybrides Modèles/Observations**
- Amélioration de la pondération entre radars :
 - **Découplage Lames d'eau individuelles/mosaïques**
 - **Modèles de cascade d'erreur pour caractériser les incertitudes**
- Exploitation d'autres réseaux de mesures pluviométriques (dans ANTILOPE) :
 - **Pluvios, Liens hertziens, ...**

- Pieuvre est une plateforme qui doit permettre d'automatiser au maximum le suivi de l'état du réseau et de la production radar.
- Outils disponibles fin 2022 via l'IHM PIEUVRE:
 - Suivi des indicateurs mensuels de production.
 - Monitoring quotidien des brouillages et qualité des vitesses radiales.
 - Production de cartes de métadonnées (échos sol, masques, échos d'éoliennes)
 - Suivi des scores annuels glissants de la mosaïques et bientôt par radar

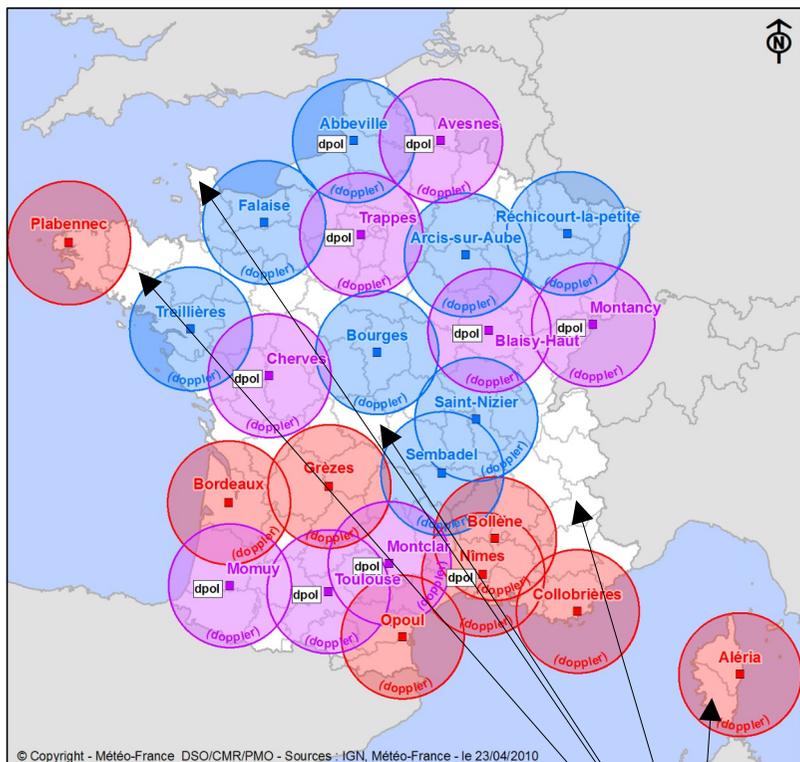


**Performance très variable d'un radar à l'autre
et d'une année à l'autre => importance du
suivi de chaque radar pour anticiper éviter la
superposition de problèmes**



Intégration de nouveaux radars

Le réseau ARAMIS en 2010

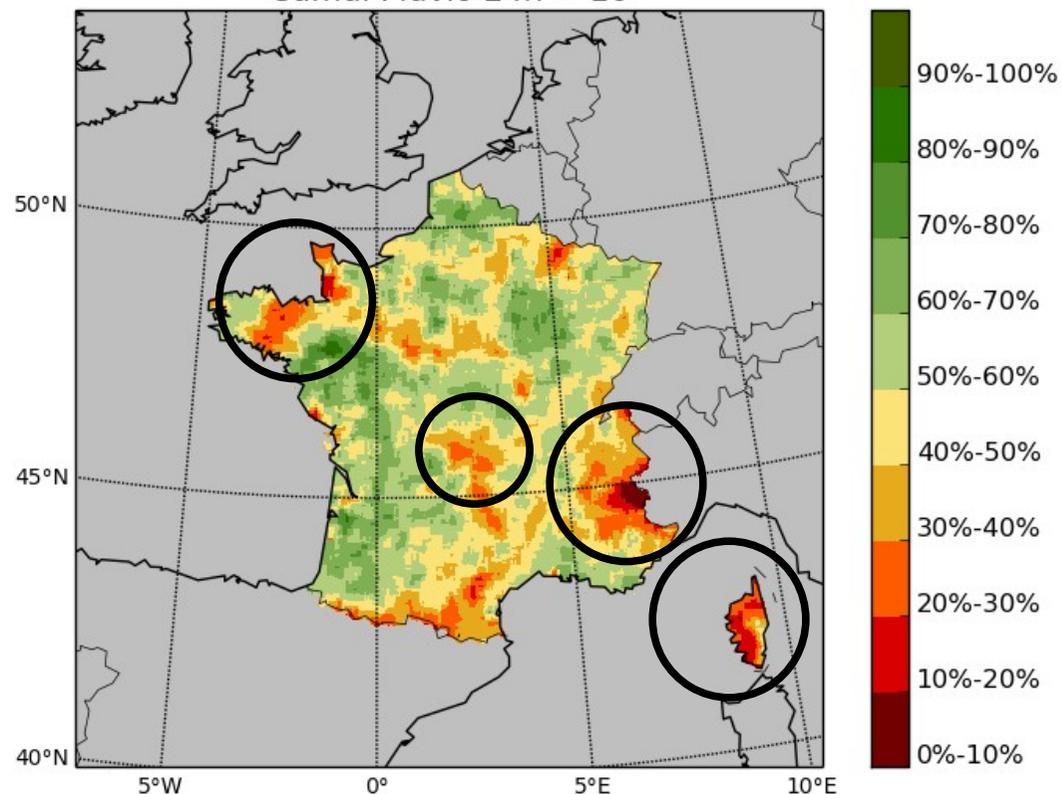


Légende

Type de radar

- bande S (10 cm)
- bande C (5 cm)
- bande C (5 cm), radar PANTHERE

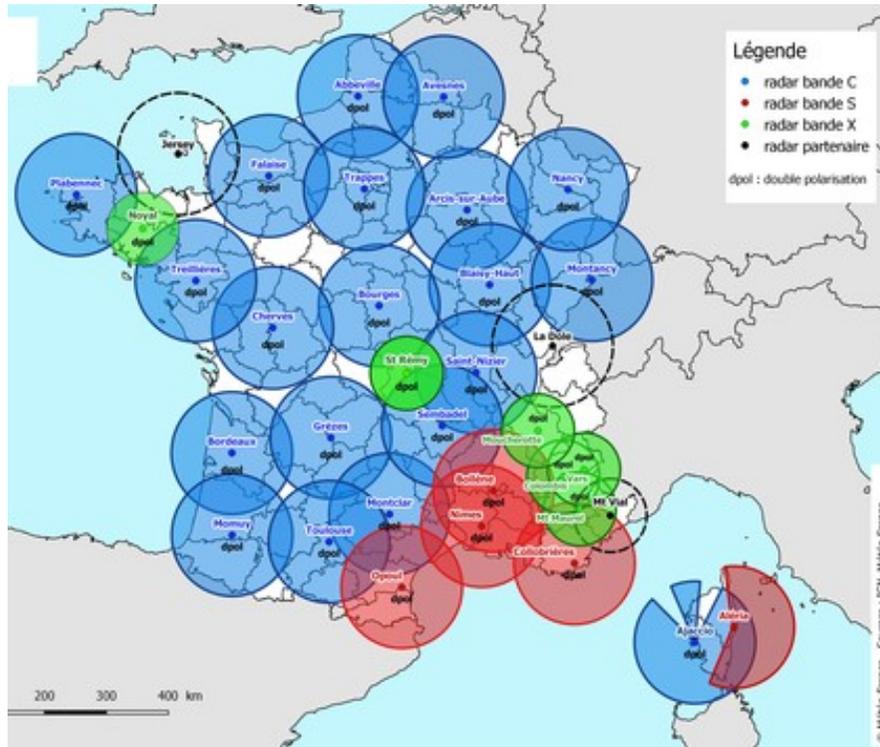
Pourcentage radar/pluvio entre 0.8 et 1.25
20100101 - 20101231
Cumul Pluvio 24h > 10



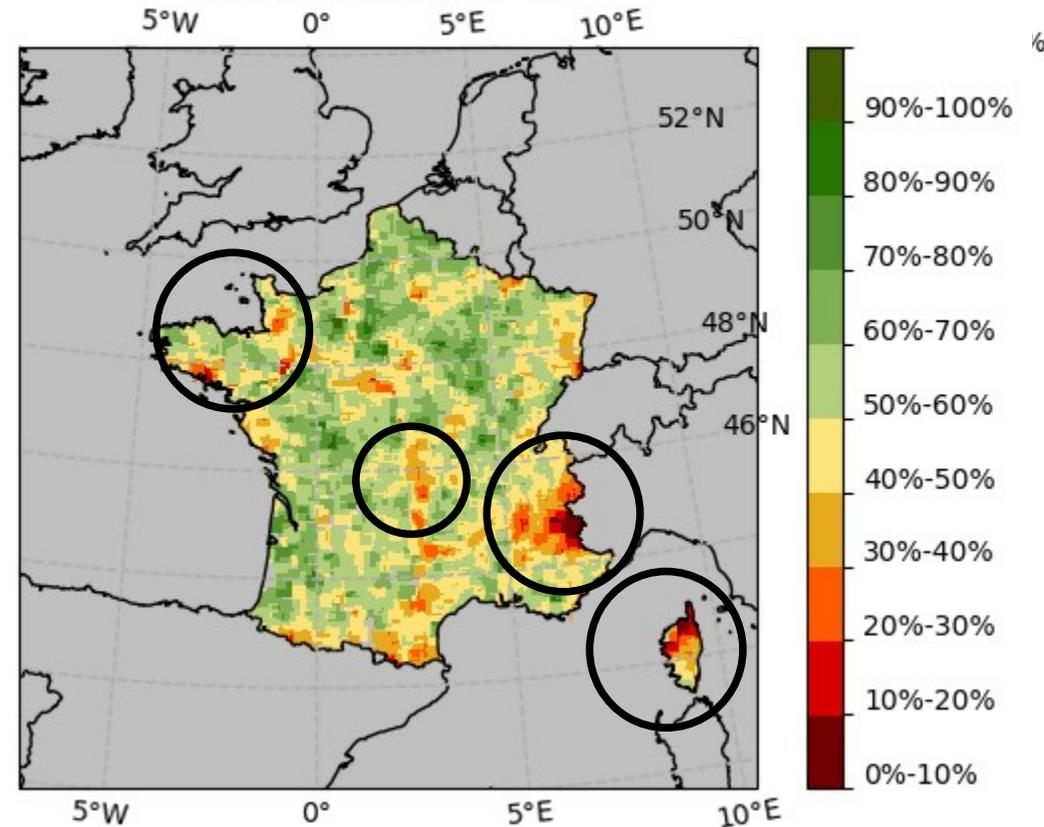
Zones cibles ont été identifiées au début du projet PUMA (2012-2018).

Intégration de nouveaux radars

Le réseau ARAMIS le 2022



Pourcentage radar/pluvio entre 0.8 et 1.25
20210101 - 20211231
Cumul Pluvio 24h > 10

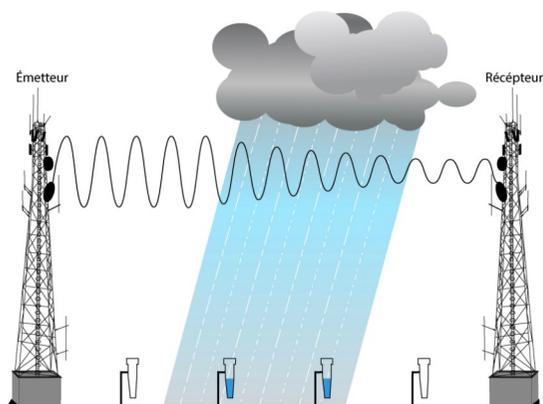


10 ans plus tard...l'ajout de radars dans la mosaïque de lame d'eau a contribué à une amélioration assez notable dans les zones mal couvertes :

- Impact très positif des radars en bande C de Jersey, La Dole et Ajaccio
- Impact plus modéré des radars en bande X...

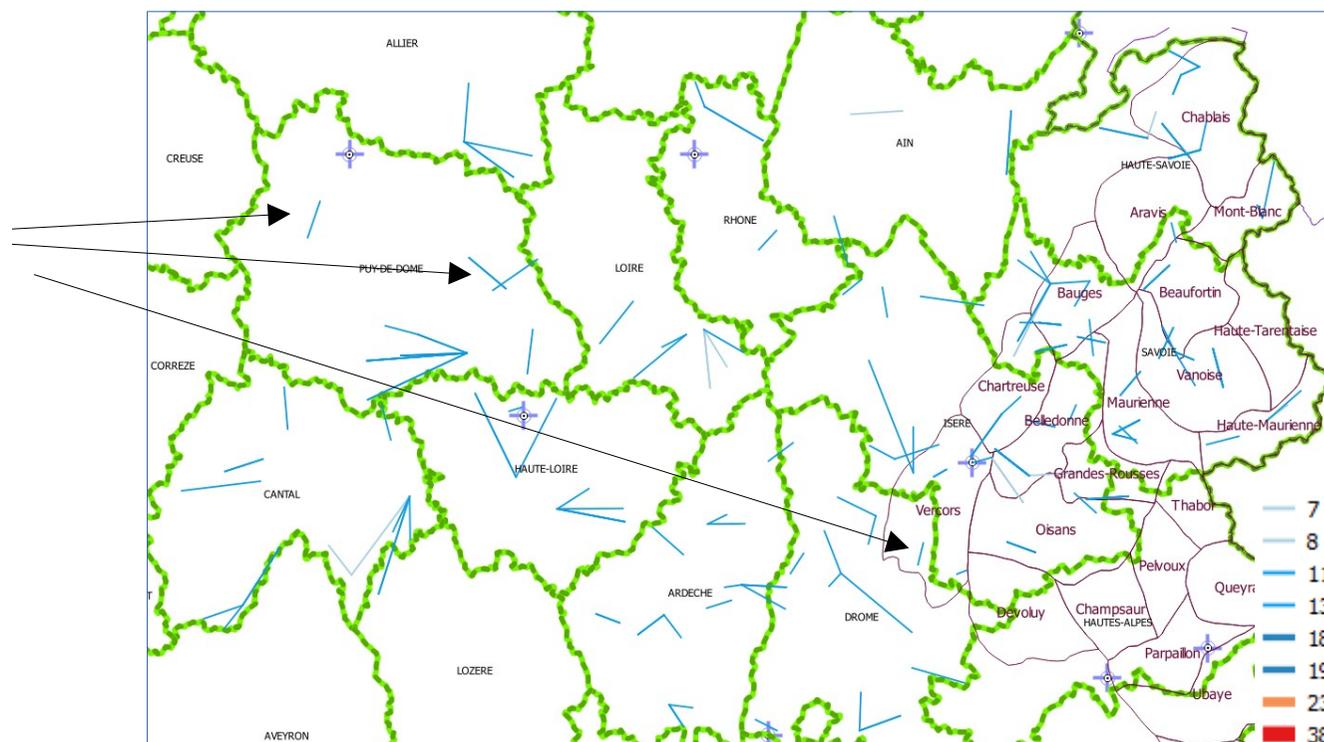
Exploitation des liens hertziens en zones montagneuses

- De nombreux liens sont déployés par les opérateurs télécoms sur les reliefs



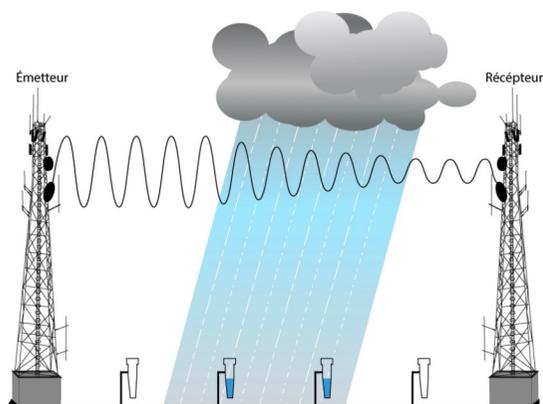
Répartition des 197 liens disponibles à plus faible fréquence (7 à 13 GHz).

Région Auvergne-Rhône-Alpes

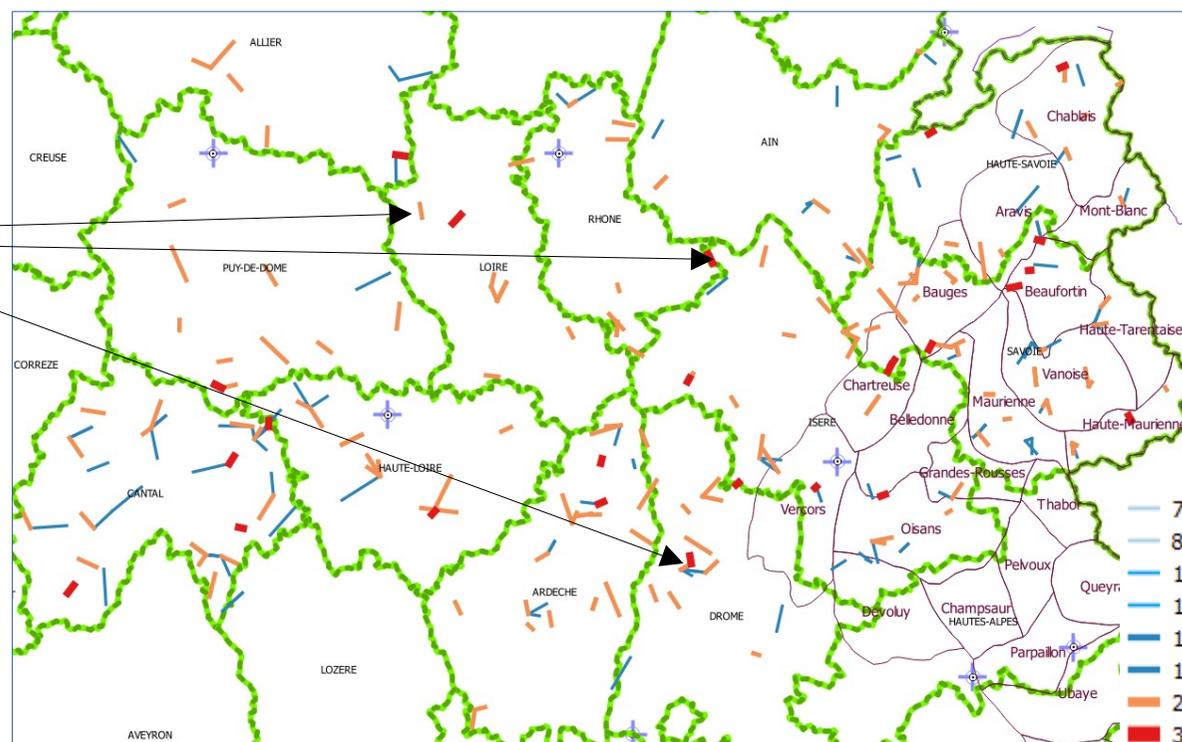


Exploitation des liens hertziens en zones montagneuses

- De nombreux liens sont déployés par les opérateurs télécoms sur les reliefs



Région Auvergne-Rhône-Alpes

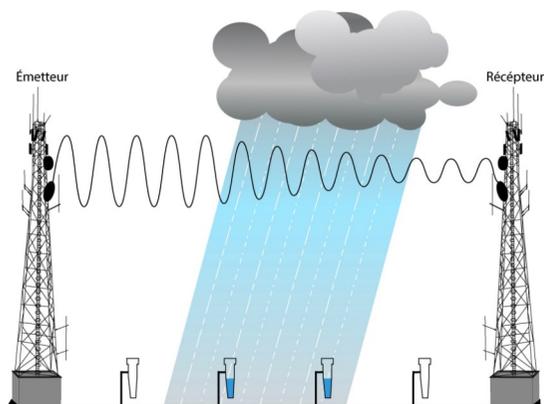


Répartition des 316 liens disponibles à plus forte fréquence (18 à 38 GHz).

Les liens 18 à 38 GHz sont plus courts et plus sensibles à l'atténuation donc ils sont **à priori** plus appropriés à l'estimation des précipitations

Exploitation des liens hertziens en zones montagneuses

- Certains de ces liens se trouvent dans des zones de fortes sous-estimations (mal couvertes par les radars)

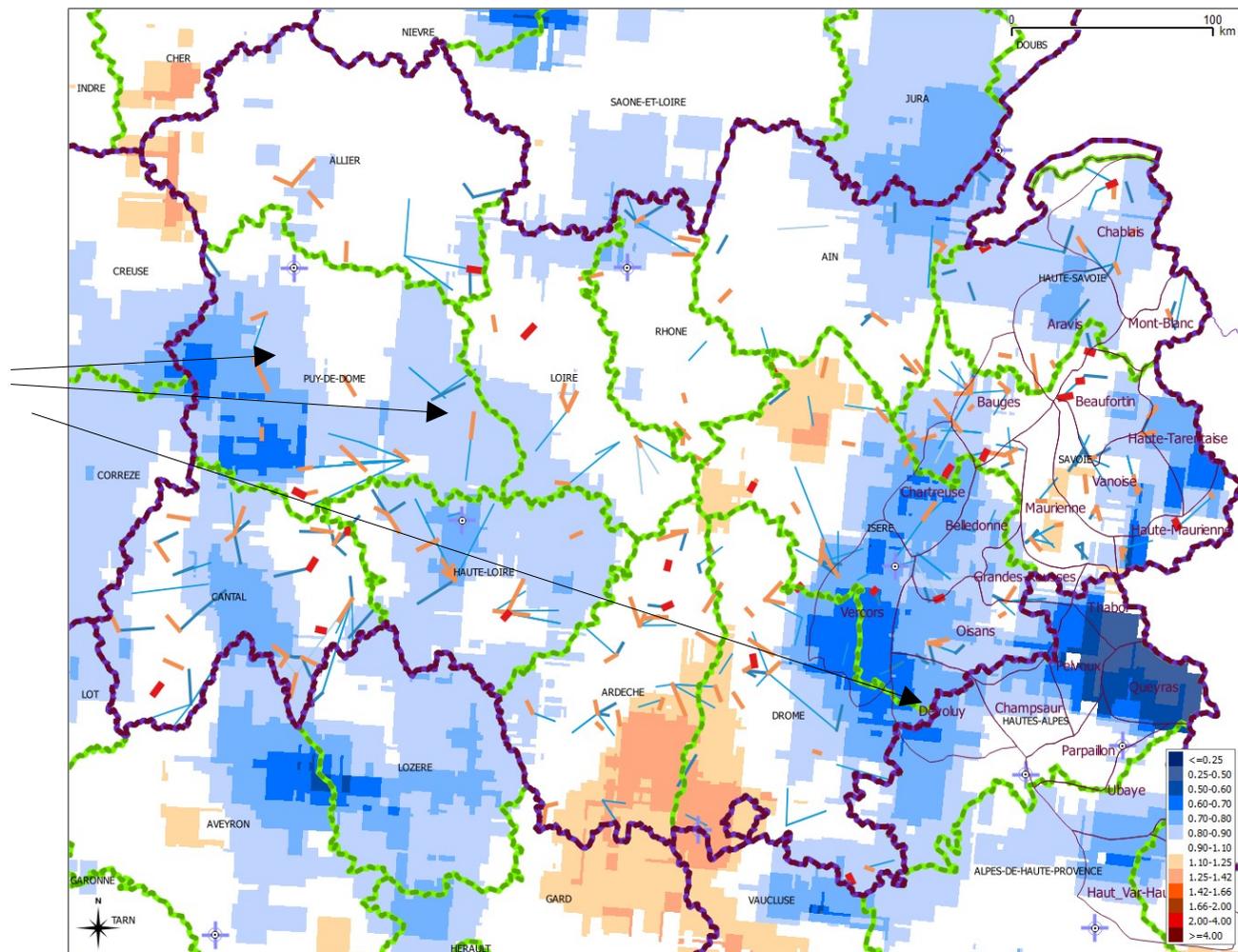


2019 – 2020 POC IRD–Météo–France–Orange :

→ **Peut-on estimer la pluie à partir des liens ? => OUI**

2022 – 2023 RAINCELL

→ Développement d'une chaîne opérationnelle pour exploiter les liens dans ANTILOPE



Conclusions

- La qualité des lames d'eau radars a fortement progressé ces dernières années. Ces progrès matérialisent le retour sur l'investissement R&D réalisé depuis près de vingt ans dans l'exploitation de la polarimétrie.
- Les améliorations du réseau radar et des algorithmes de traitements bénéficient autant à la lame d'eau ANTILOPE qu'à la lame d'eau SERVAL.
- Il est tout aussi important d'investir dès aujourd'hui dans la maîtrise du suivi de production et le contrôle de la qualité que dans les nouvelles techniques radars.
- L'exploitation des radars frontaliers doit être poursuivie (c'est gratuit !)
- Des méthodes plus spécifiques aux zones montagneuses et les îles d'outre-mer sont à l'étude pour améliorer l'estimation des précipitations sur ces territoires.



Journée de l'Observation

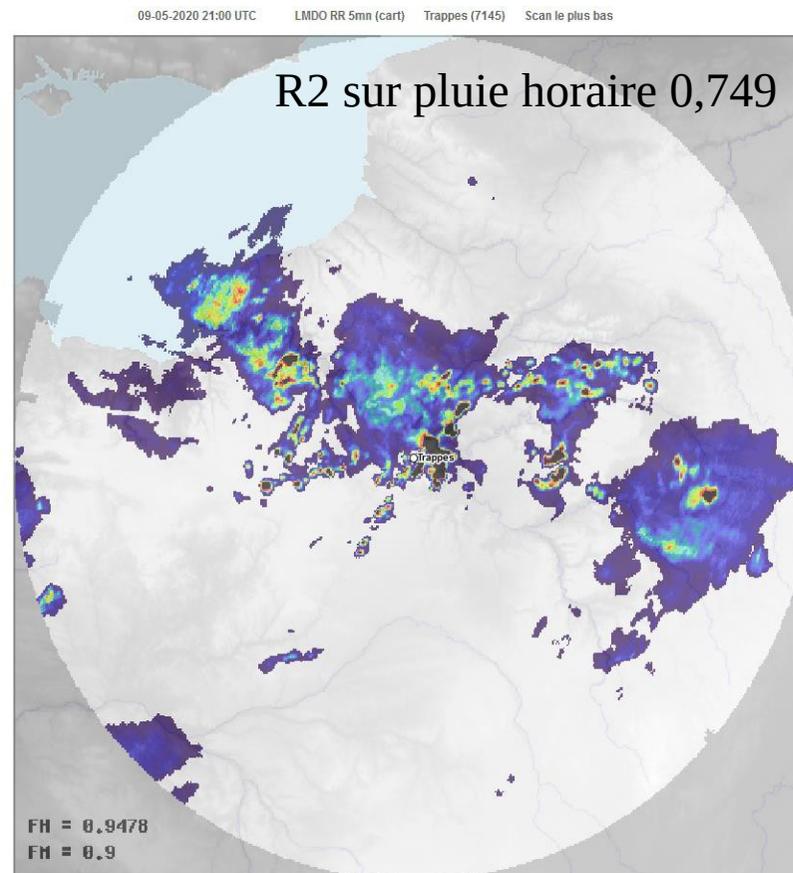
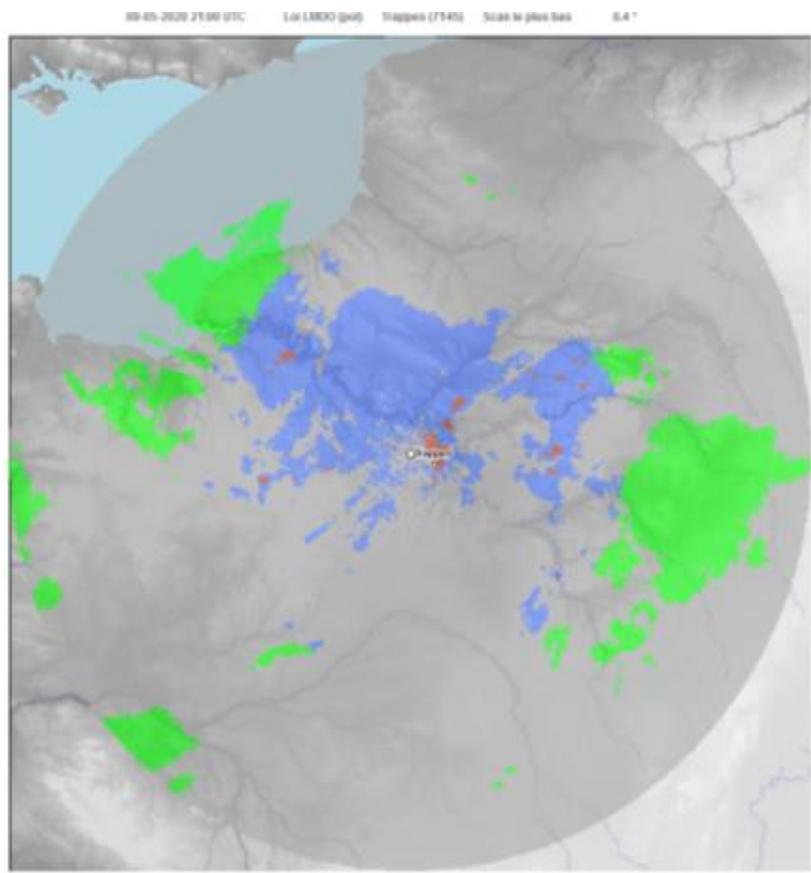
Des questions ?

La polarimétrie V3

- La polarimétrie est exploitée opérationnellement depuis 2013 pour corriger la réflectivité mesurée de l'atténuation par les précipitations (DPOLV1).
- Depuis 2019, le KDP est utilisé pour estimer les pluies fortes (DPOLV2).
 - Pas ajustement au pluvio sur les pixels en KDP (estimateur non biaisé)
 - Le KDP est insensible aux masques.
 - Le KDP est insensible à la calibration des radars.
- La polarimétrie V3 doit permettre :
 - D'avoir un KDP spatialement mieux résolu.
 - D'abaisser le seuil de déclenchement de l'estimateur R-KDP.
 - De s'affranchir de la présence d'échos fixes.
 - D'exploiter l'estimateur polarimétrique plus près du radar.
 - D'estimer les précipitations solides.

La polarimétrie V3

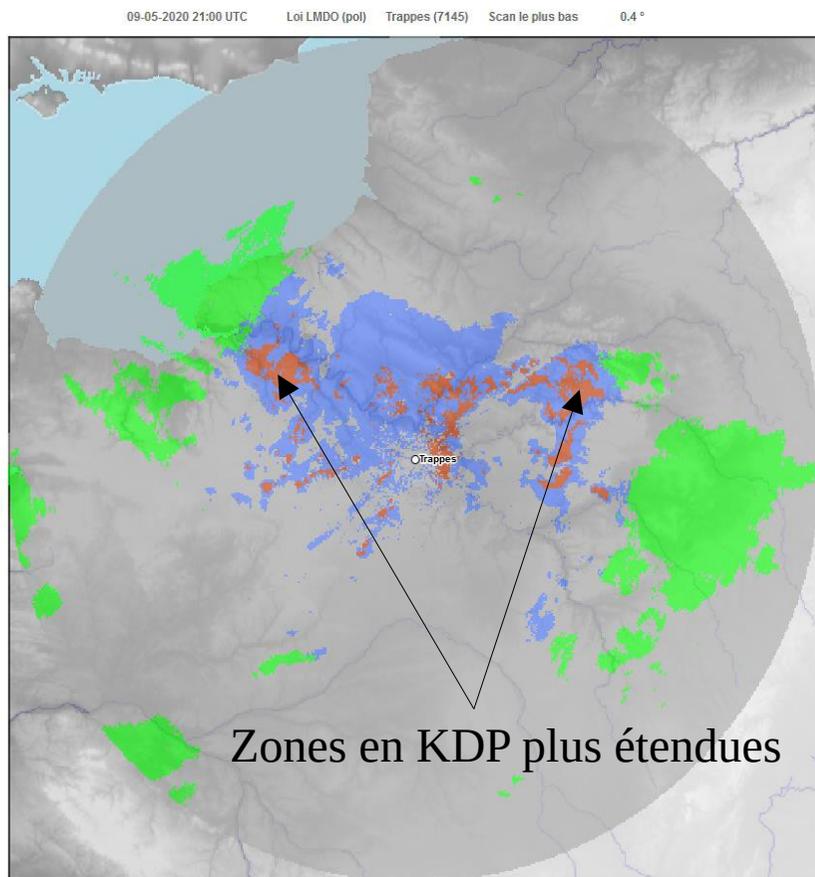
- Illustration sur le radar de Trappes - DPOLV2



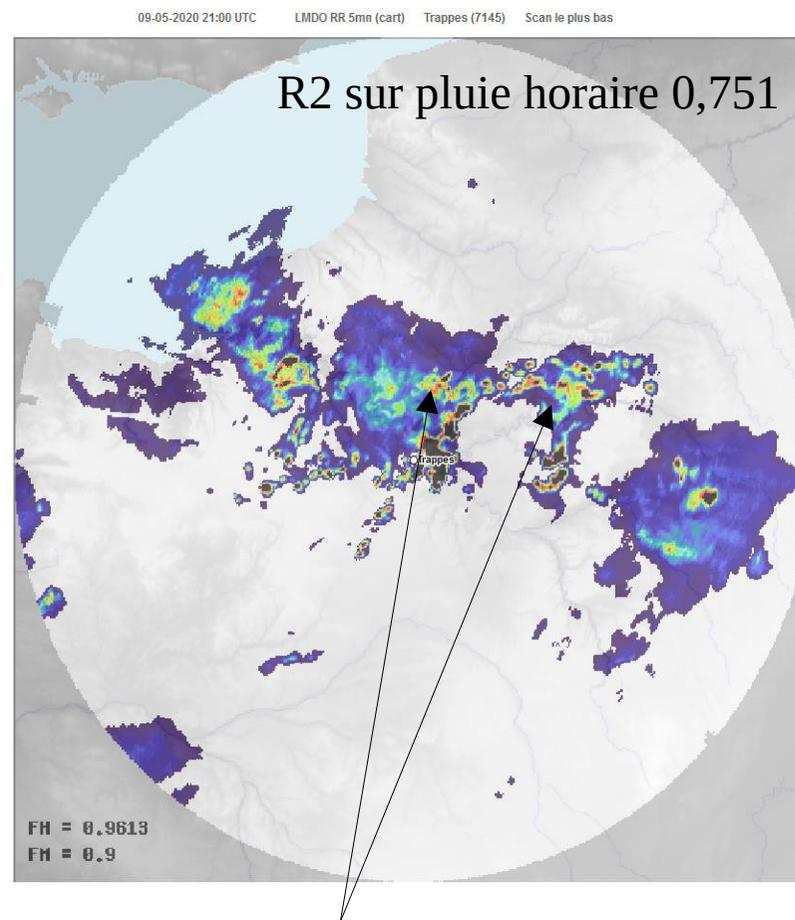
Bleu Z-R
Marron R-KDP
V2 pour activer R-KDP $KDP > 1,0^\circ/\text{km}$

La polarimétrie V3

■ Illustration sur le radar de Trappes - DPOLV3



Bleu Z-R
Marron R-KDP
V3 pour activer R-KDP $KDP > 0,3^\circ/\text{km}$



L'exploitation du KDP
renforce la lame d'eau sur
ces zones

Amélioration de la correction PVR

- L'algorithme de lame d'eau est globalement inchangé depuis 2006.
- Enjeux de la correction PVR:
 - Meilleure représentation de l'accroissement orographique, de l'évaporation*
 - Meilleure représentation de l'erreur résiduelle dans le code qualité
 - Prise en compte du gradient altitudinal dans l'ajustement aux pluvios.**
- Mise en œuvre :
 - Ajustement à l'iso-zero spatialisé du modèle (POPVR).
 - Fit des données radars polarimétriques dans la couche de mélange.
 - Exploitation des composites 3D et des méthodes d'apprentissage profond.

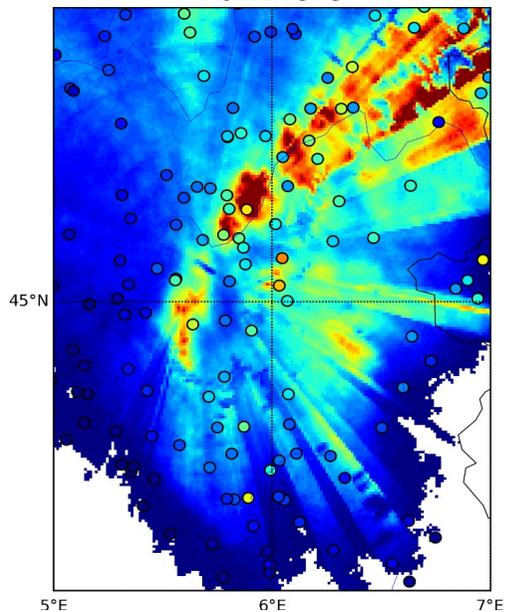
* Le Bastard, T., Caumont, O., Gaussiat, N., & Karbou, F. (2019). Combined use of volume radar observations and high-resolution numerical weather predictions to estimate precipitation at the ground: methodology and proof of concept. Atmospheric Measurement Techniques, 12(10), 5669-5684.

** Faure D, Delrieu G, Gaussiat N. Impact of the Altitudinal Gradients of Precipitation on the Radar QPE Bias in the French Alps. Atmosphere 2019; 10(6):306. <https://doi.org/10.3390/atmos10060306>

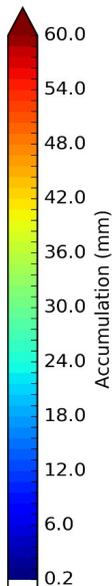
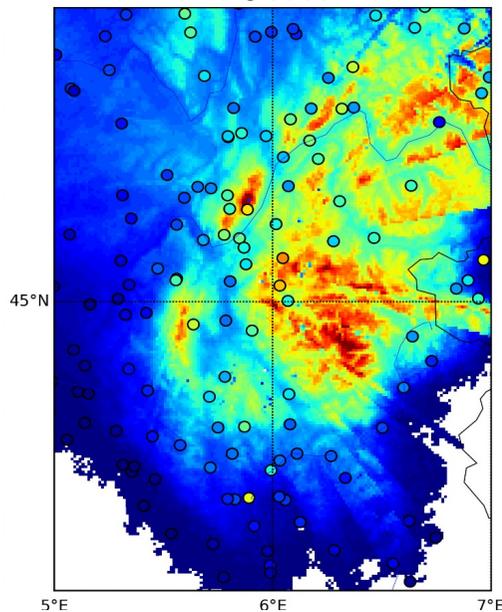
Amélioration de la correction PVR (POPVR)

- Illustration sur le cas du radar du Moucherotte le 04/01/2018

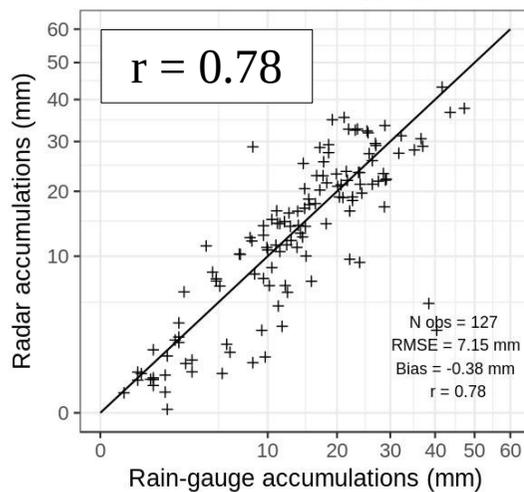
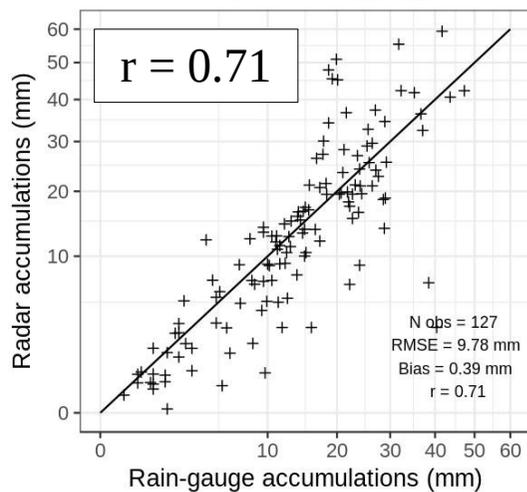
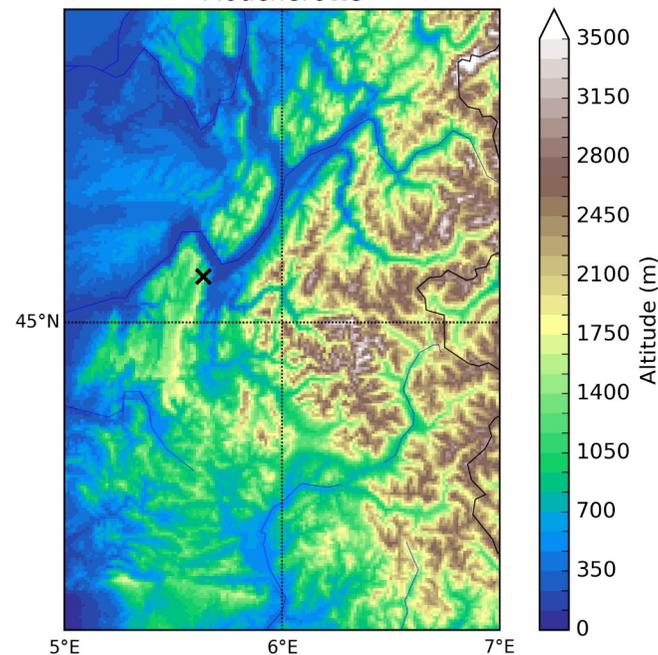
Panthere



POVPR



Moucherotte



- Réduction des effets des masques
- RR plus fortes sur le relief (évaporation dans les vallées)