



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Intercomparaison de différentes méthodes IA de prévision immédiate de lame d'eau menée par DSM/LABIA, DirOP/COMPAS/COM et DirOP/PI

Nicolas Merlet*, Thibaut Montmerle*, Véronique Lion**, Théo Tournier***,
Léa Berthomier***, Bruno Pradel***, Frank Guibert***

Toulouse, le 13 Février 2025

* DirOP/PI
** DirOP/COMPAS/COM
*** DSM/LABIA

Plan

1. Contexte
2. DeepLabV3+ RR
3. DGMR
4. LDCAST
5. Scores
6. Conclusions et perspectives

1. Contexte

- Souhait d'ajouter un prédicteur à PIAF RR et Z (agrégation d'expertise advection + AromePI)
- Projet « deeprain » de prévision de réflectivités à partir de mosaïques radar Serval 5'
 - Développé par DSM/LabIA (Bruno Pradel de DSM/LABIA) (architecture DeepLabV3+)
 - En intégration depuis Décembre 2022
 - Maintenance assurée par DirOP/PI
- Prévision de lames d'eau à partir de lames d'eau Antilope 5'
 - Développé à DirOP/PI (architecture DeepLabV3+)
 - En intégration depuis Septembre 2023
- Désir de tester de nouvelles architectures pour la prévision de lames d'eau

2. DeepLabV3+

Liang-Chieh Chen et al. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation (2018)

Encoder-decoder convolutif développé pour la segmentation sémantique multi-classe

- Convolution Atrous
- Spatial pyramid pooling

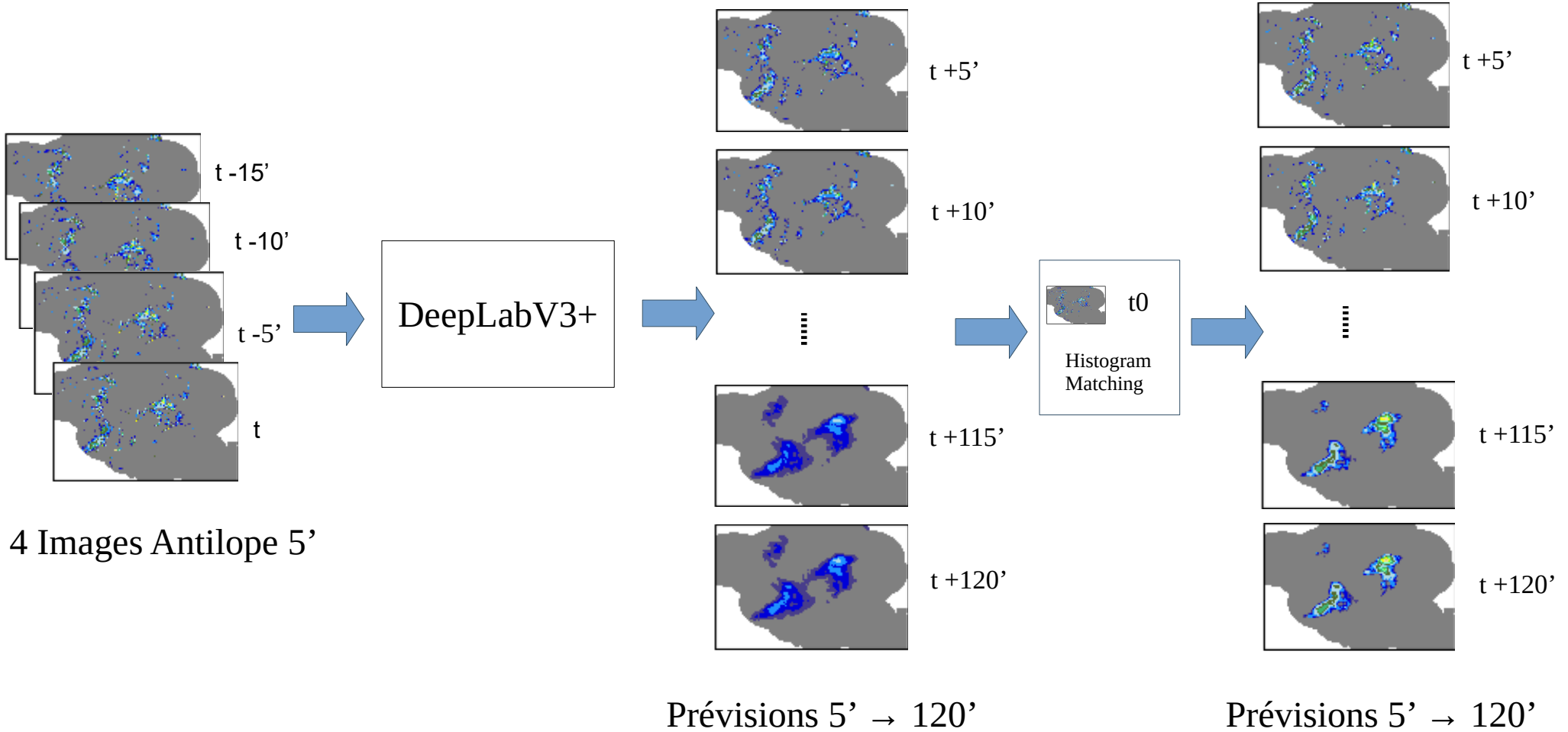
Entraîné sur 2 ans de lame d'eau SERVAL 5' :

- 4 images lames d'eau 5'
- Prévisions des 24 images suivantes

Production :

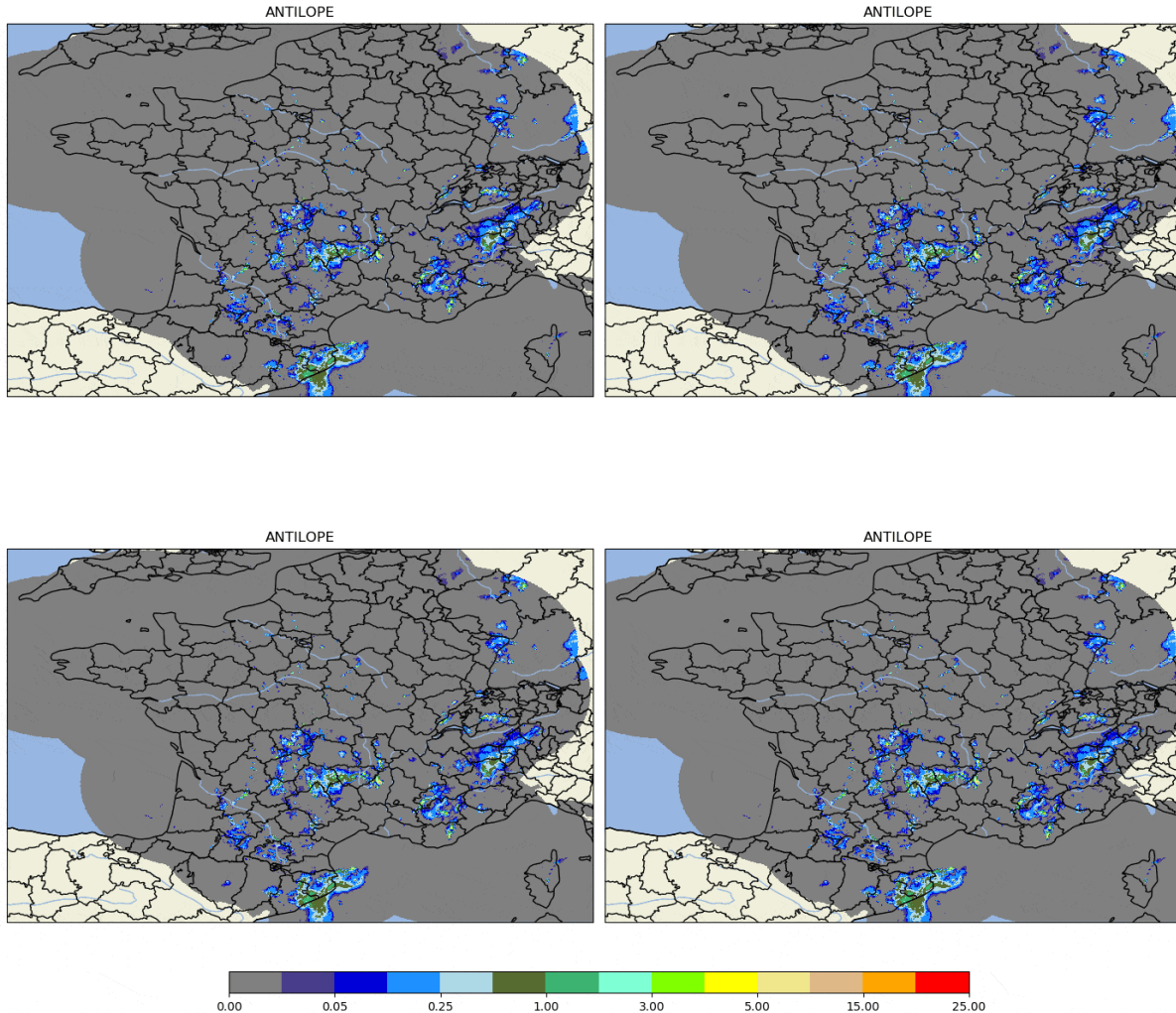
- 5' en intégration à partir d'images Antilope 5'
- horaire à partir du modèle entraîné à partir de réflectivités prenant en entrée des images Antilope transformées en utilisant la loi de Marshall Palmer

DeepLabV3+ RR – chaîne de production



DeepLabV3+ - exemple du 14 Août 2024 à 17h00

Réseau 14/08/2024 17:00 UTC - Echeance 0 min



DeepLabV3+ vs. DeepLabV3 MP

« Score Card » tolérance 20 km pour le réseau 15h00

			TD 20km	TFA 20km	PSS 20km	HSS 20km
RR1	Sol	≥0.2mm				
		≥0.5mm				
		≥2.0mm				
		≥5.0mm				
		≥10.0mm				
RR15m	Sol	≥0.2mm				
		≥0.5mm				
		≥2.0mm				
		≥5.0mm				
		≥10.0mm				

Bleu : DeepLabV3+ MP meilleur

Rouge : DeepLabV3+ MP moins bon

La version utilisant le modèle entraîné avec les réflectivités est meilleurs à toutes les échéances pour toutes les intensités

Avantages et inconvénients

- Facile à entraîner
- Bon comportement pour les blocages orographiques
- Inférence rapide sur CPUs

- Perte des petites cellules et lissage au fil des échéances (malgré « l'histogram matching »)

3. DGMR

Développé et entraîné par Deepmind :

Ravuri, S., Lenc, K., Willson, M. et al. Skilful precipitation nowcasting using deep generative models of radar. *Nature* 597, 672–677 (2021)

- Modèle génératif de type GAN (Generative Adversarial Network)
 - 2 pertes pour contraindre la séquence prévue à ressembler à une séquence Radar
 - 1 terme de régularisation pour contraindre les prévisions à être proche des observations
- Entraîné avec 4 années d'images (256 x 256 pixels) de taux de précipitation (mm.h⁻¹) sur le Royaume-Uni
 - 4 images Radar 5' en entrée (séquence de 20')
 - 18 images prévues (séquence de 90')
- Entraînement sur 16 TPUs pendant 1 semaine

DGMR - Utilisation sur la France

Deepmind fournit son modèle pré-entraîné pour

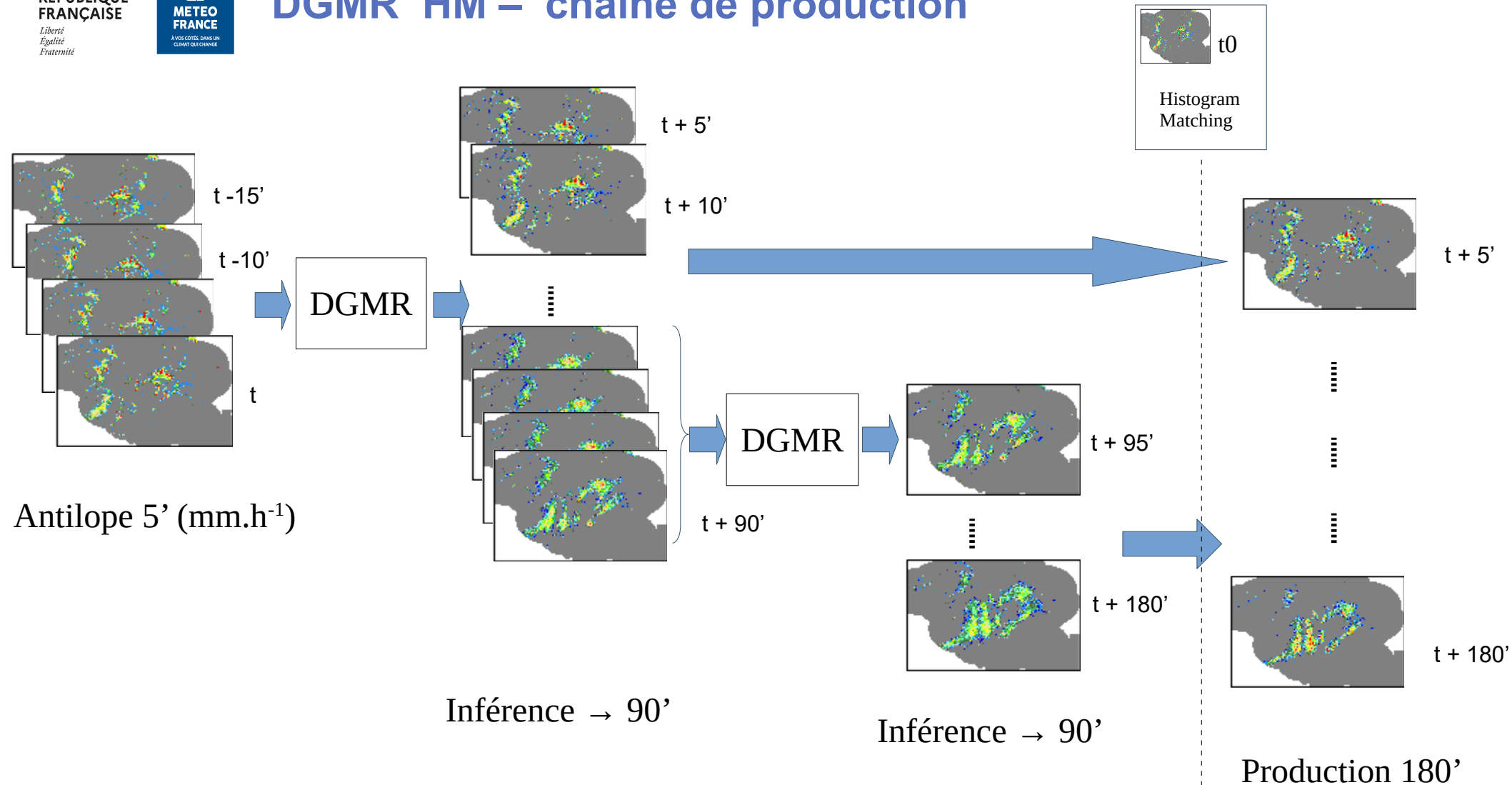
- générer des séquences sur un domaine de 1536 x 1280 pixels ;
- jusqu'à l'échéance 90' par pas de temps 5'

Sur la France réseaux horaires de février 2024 à décembre 2024 :

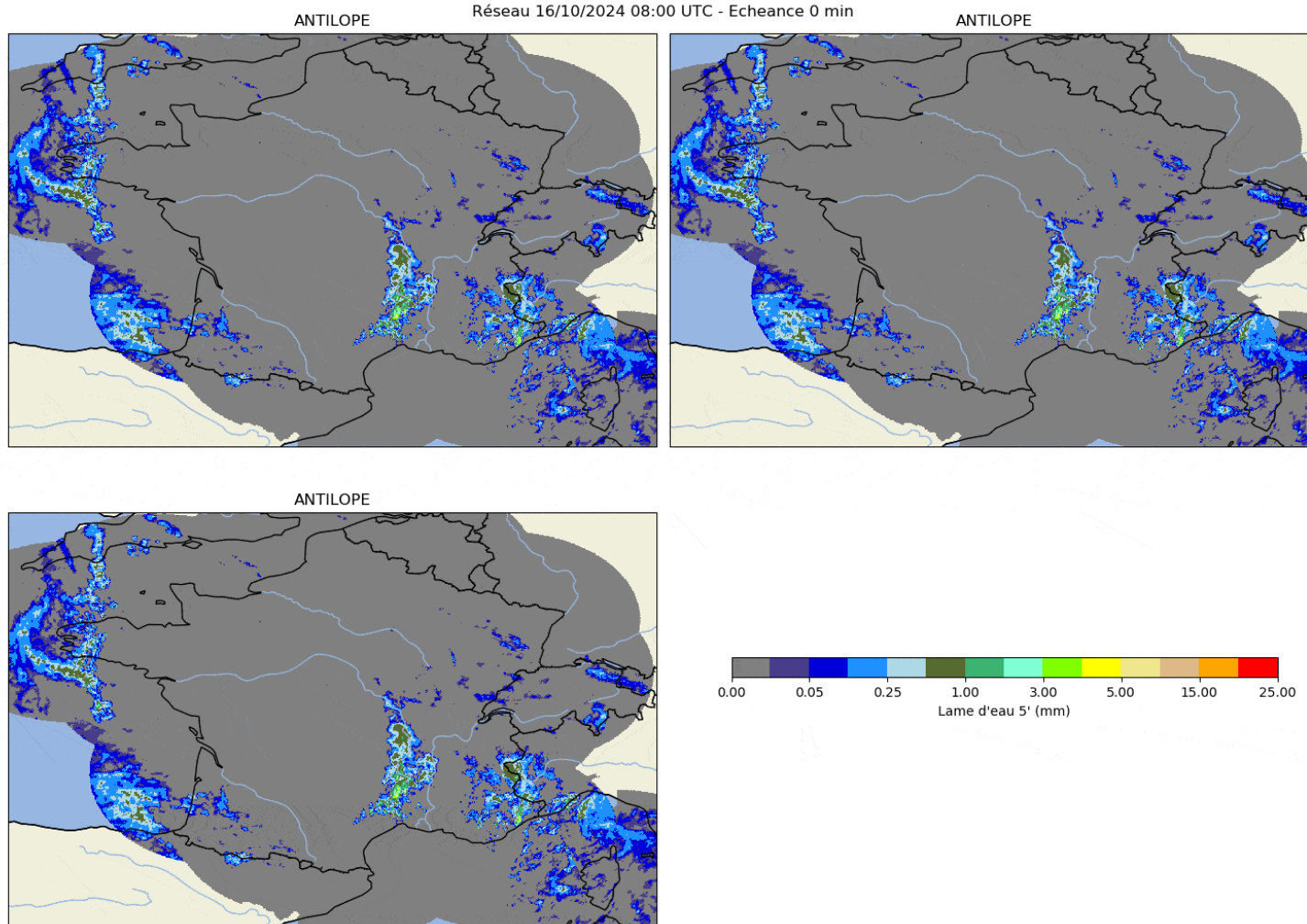
- domaine 1051 x 1651 coupé en deux
- jusqu'à 180' d'échéances en deux « passes »

- produit par le DSM/LABIA à partir de lames d'eaux Antilope 5',
- et application d'un « Histogram matching » par DirOP/PI à cette production

DGMR HM – chaîne de production

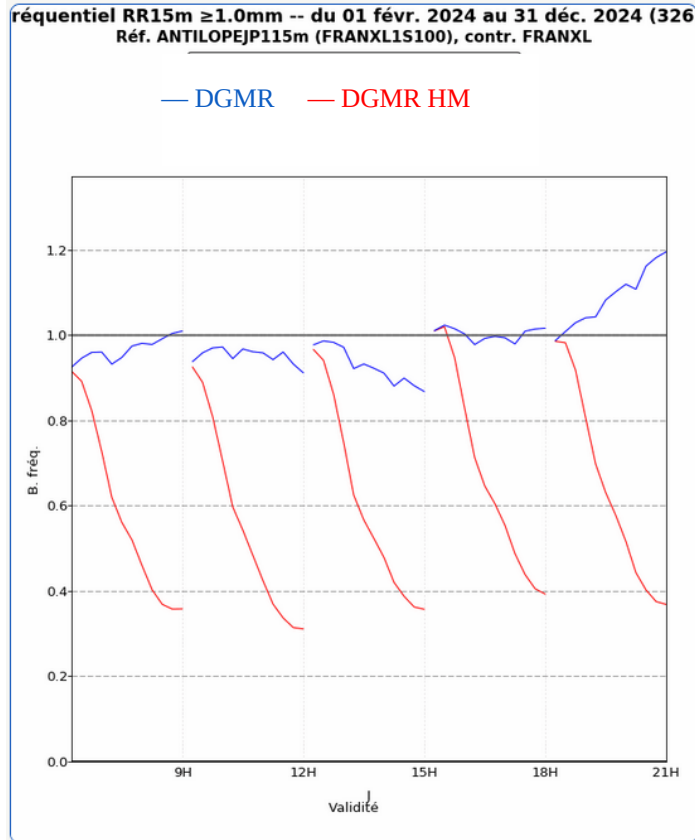


DGMR – exemple du 16 Octobre 2024 à 08h00



DGMR vs. DGMR avec Histogram Matching

Bias fréquentiels RR15m ≥ 2 mm



Score card » tolérance 20 km pour le réseau 15h00

		TD 20km	TFA 20km	HSS 20km
RR1	Sol	≥ 0.2 mm		
		≥ 0.5 mm		
		≥ 2.0 mm		
		≥ 5.0 mm		
		≥ 10.0 mm		
RR15m	Sol	≥ 0.2 mm		
		≥ 0.5 mm		
		≥ 2.0 mm		
		≥ 5.0 mm		
		≥ 10.0 mm		

Bleu : DGMR HM meilleur
Rouge : DGMR HM moins bon

L'« histogram matching » corrige les sous estimations des forts cumuls de DGMR. Il améliore les détections et dégrade les fausses alarmes avec tout de même l'amélioration des HSS pour les seuils élevés

Avantages et inconvénients

- Inférence rapide sur CPUs
- Bon comportement pour les blocages orographiques
- Déjà entraîné (sur le Royaume-Uni)
- Les séquences ressemblent bien à des séquences Radars

- Lourd à entraîner ou à ré-entraîner

4. LDACST

Développé et entraîné par MétéoSuisse :

Leinonen, J et al. Latent diffusion models for generative precipitation nowcasting with accurate uncertainty quantification (2023)

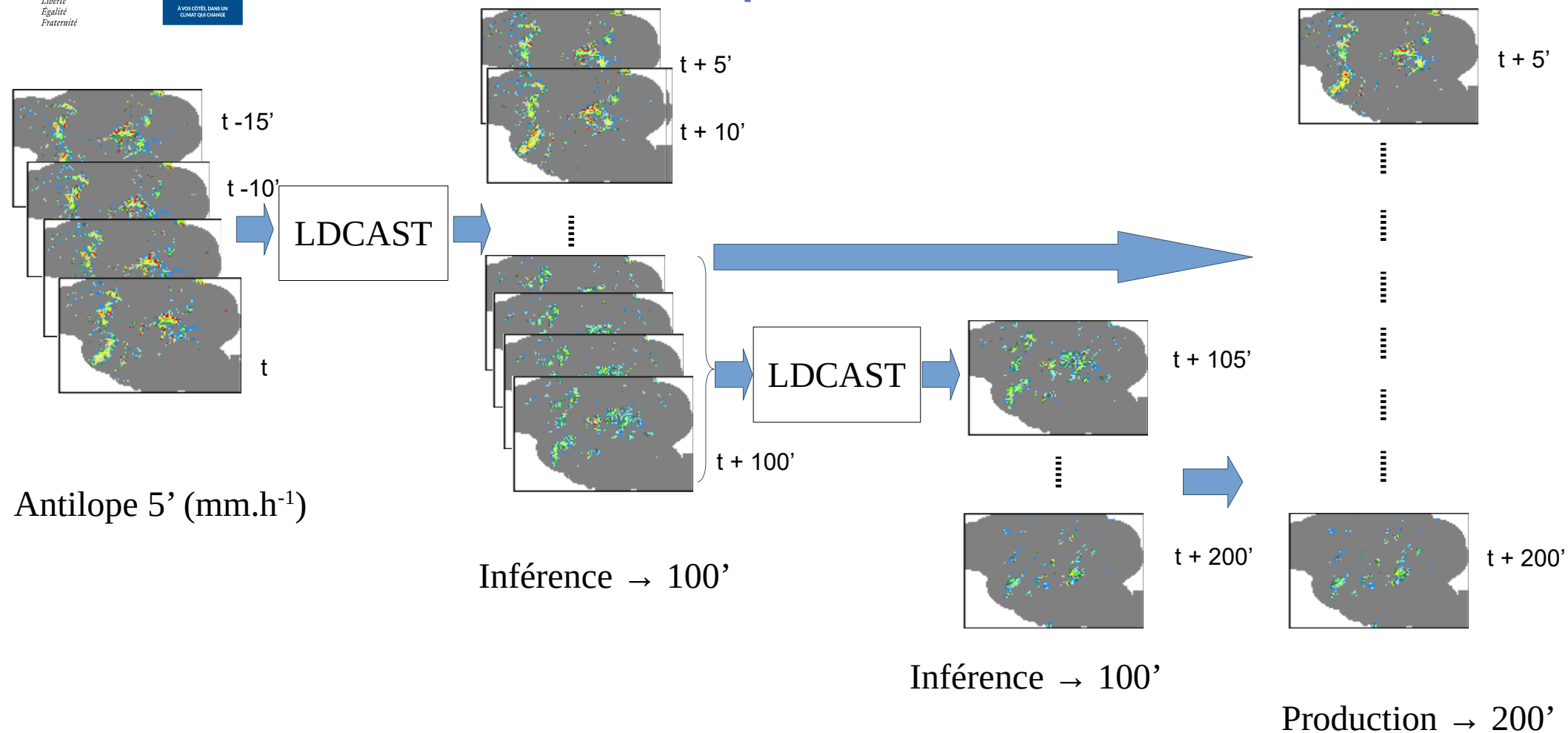
- Utilisation d'un modèle de diffusion latente pour générer des ensembles de prévisions de précipitations réalistes. Composé de 3 éléments principaux :
 - Prédicteur (Forecaster stack) produit une séquence de prévisions
 - Débruiteur (Denoiser stack) génère un ensemble de prévisions réalistes
 - Variational Autoencoder pour réduire la dimension des données
- Entraîné avec des images de taux de précipitation sur la Suisse pour faire des prévisions 5' → +100' d'abord avec des images de taille 128 x 128 pixels puis ré-entraîné avec des images de taille 256 x 256
- Génère des ensembles bien dispersés

LDCAST - Utilisation sur la France

Utilisation du modèle pré-entraîné par MétéoSuisse pour les réseaux horaires de février 2024 à octobre 2024 :

- à partir d'images Antilope 5'
- sur deux domaines 1056 x 1088 pixels (France coupée en deux)
- jusqu'à 200' d'échéances en deux passes
- sur un GPU du serveur du LABIA

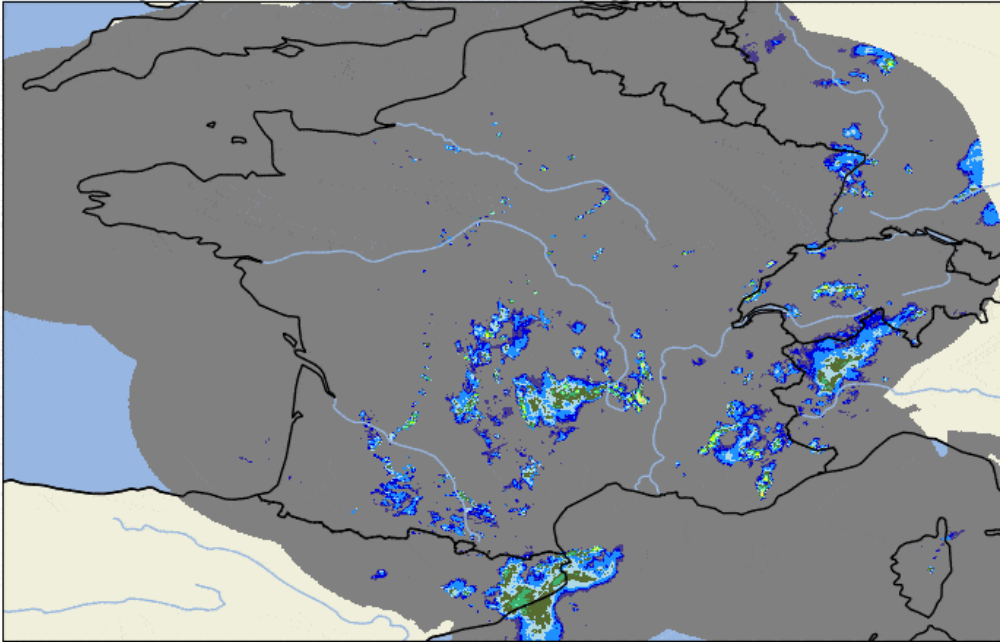
LDCAST – chaîne de production



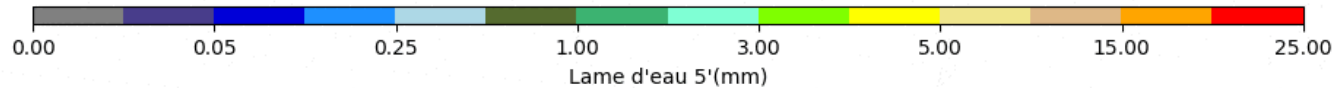
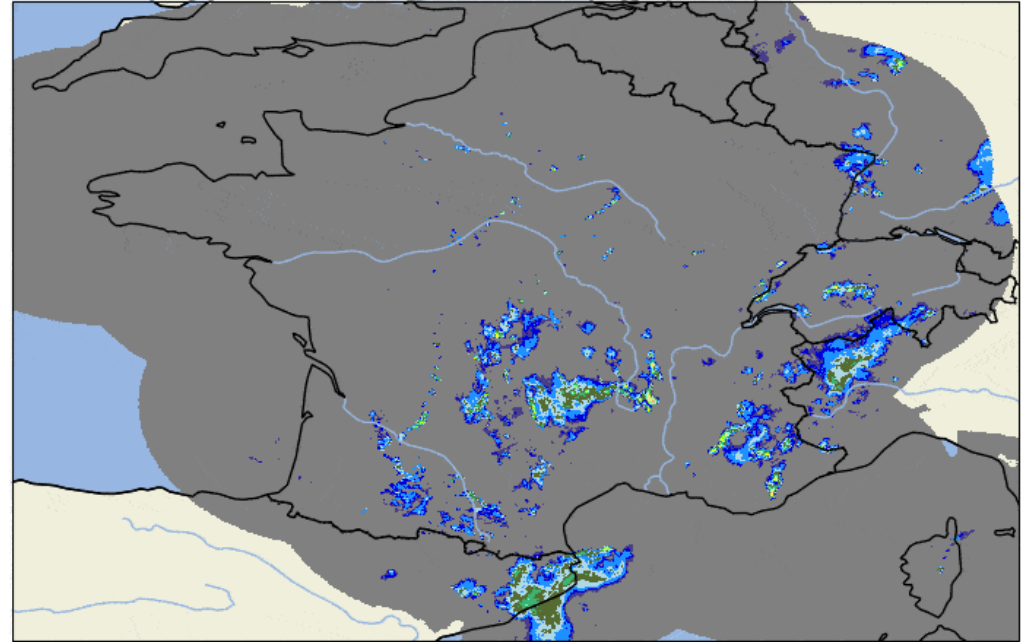
LDCAST – Exemple du 14 Août 2024 à 17h00

Réseau 14/08/2024 17:00 UTC - Echeance 0 min

ANTILOPE



ANTILOPE



Avantages et inconvénients

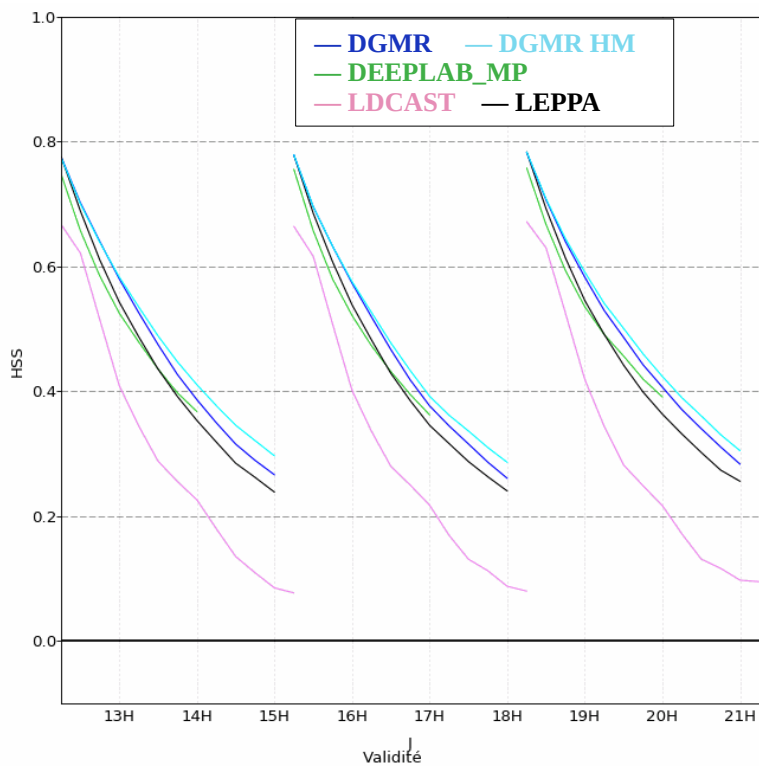
- Bon comportement pour les blocages orographiques
- Déjà entraîné (sur la Suisse)
- Les prévisions ressemblent à des images Radars

- Lourd à entraîner ou à ré-entraîner
- Inférence lente (processus itératif) et nécessitant un GPU

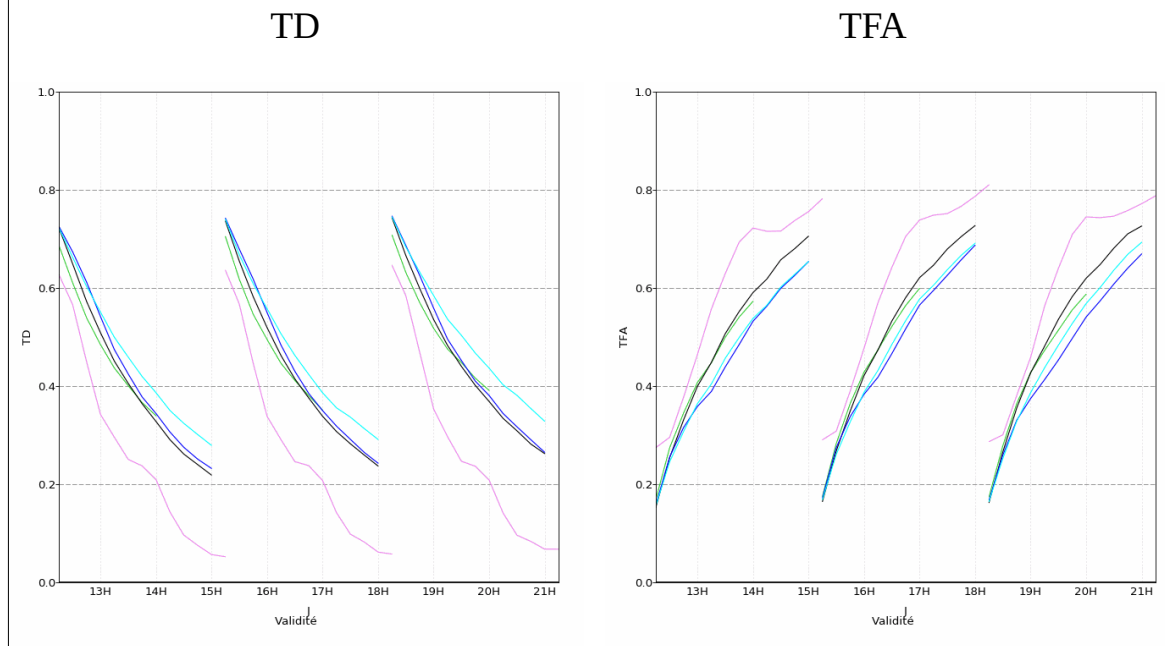
- A utiliser pour la génération d'ensembles

5. Scores

HSS RR15min ≥ 0.5 mm du 02/02/2024 au 31/07/2025
Réf. ANTILOPEJP1



RR15min ≥ 0.5 mm du 02/02/2024 au 31/07/2025
Réf. ANTILOPEJP1



DGMR avec « histogram matching » meilleur au fil des échéances malgré des fausses alarmes

6. Conclusions et perspectives

Choix de DGMR avec « histogram matching »

2025 :

- Arrêter l'intégration DeeplabV3+ RR
- Mettre en opérationnel le modèle DGMR HM
- Ré-entraîner DGMR sur la France
- Tests d'autres architectures (ViTransformer, ...)

Puis: tester des architectures utilisant d'autres observations et des champs modèles

Merci de votre attention