



Prévision Immédiate ensembliste des précipitations en complément du service APIC

Thibaut Montmerle, Renaud Tzanos

AMA, Toulouse, le 17 mars 2026

Introduction

A MF, les activités de DirOP/PI regroupent :

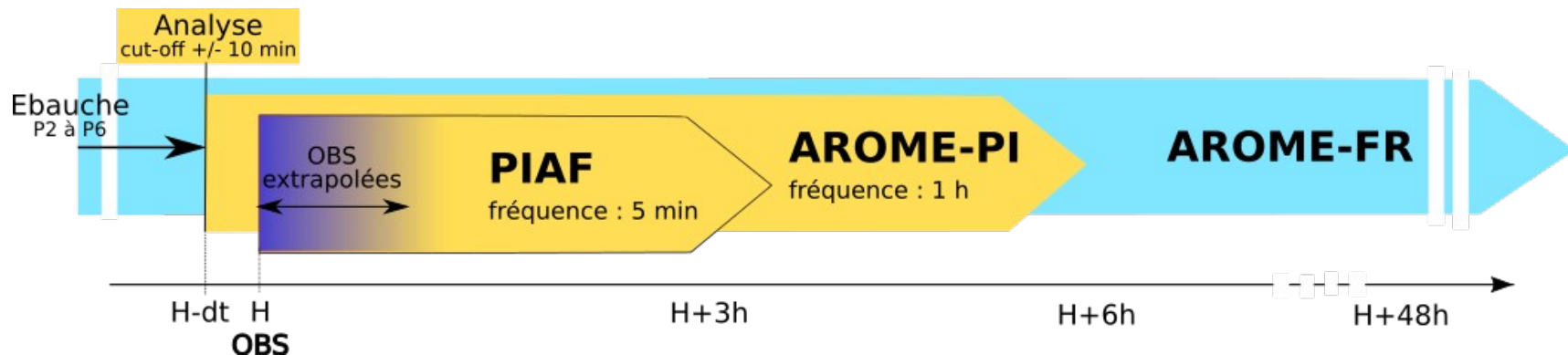
- des avertissements basés sur des observations
- des prévisions à haute cadence de 1 à 3h d'échéances, permettant d'anticiper les orages (et leurs aléas), les fortes précipitations, le type d'hydrométéores au sol et le type de nuages
- Les prévisions AROME-PI à 6h d'échéance, issues de maj horaire de AROME-FR

Les produits de PI doivent être efficaces numériquement, et mis à jour très fréquemment et régulièrement (typiquement toutes les 5 min)

→ pour les 1^{ères} échéances, ils se basent sur des algorithmes basés sur du traitement d'image ou de l'IA

→ pour les échéances suivantes, ils se basent sur la PNT

→ le “sans couture” est assuré par la fusion PIAF :



Introduction

Illustration PIAF sur le cas du 17/09/2023

Obs

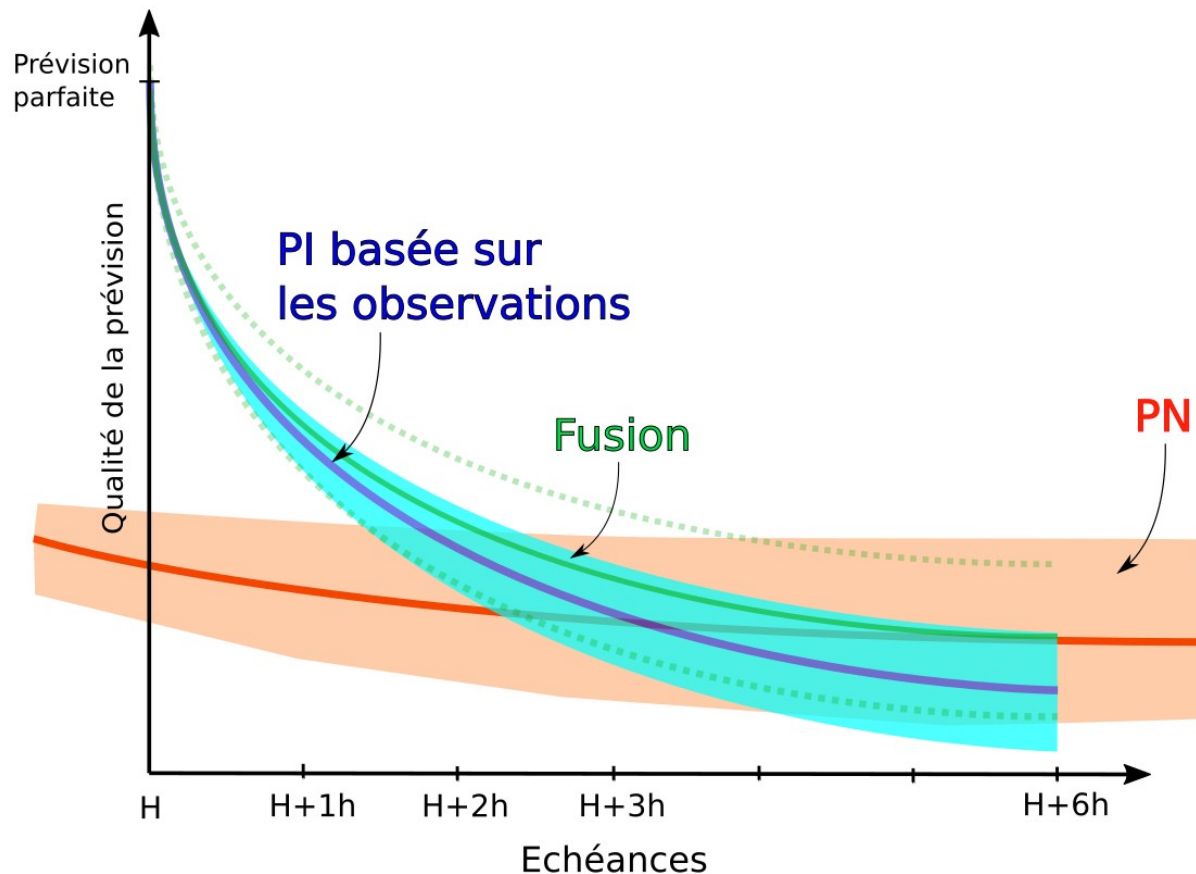
Extrapolation

AROME-PI

PIAF

Introduction

- **La PI déterministe des précipitations basée sur les obs** reste plus performante que la PN jusqu'à ~2/3h d'échéance,
- **La PI probabiliste des précipitations** se caractérise par une dispersion initiale quasi nulle, qui s'amplifie avec l'échéance tout en restant moins dispersée que la PN aux 1^{ères} échéances :

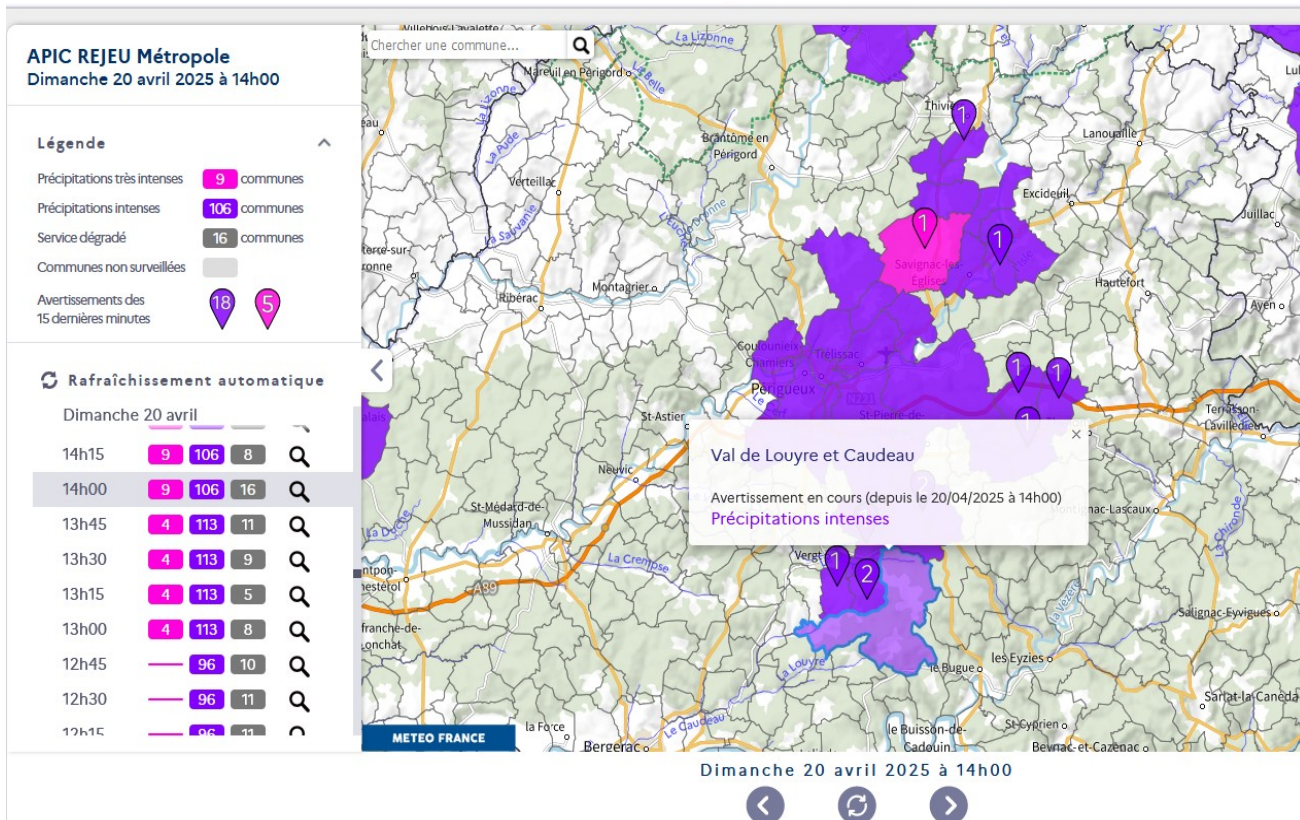


Contexte : APIC

Avertissements aux Pluies Intenses à l'échelle de la Commune

Agrégation sur la commune des risques AIGA (dépassements de multi-cumuls pour différentes durées de retours au km², mis à jour toutes les 15 min)

- **Visualisation** grand public sur apic-vigicruesflash.fr
- **Diffusion des alertes à l'institutionnel** (mails, SMS, appels vocaux, plus de 14 000 abonnés) : apic-pro.meteofrance.fr
- **Service partagé avec VigicruesFlash** depuis 2017 (SCV)



PI des précipitations pour APIC

→ **APIC n'est pas un produit de prévision**, même s'il peut y avoir une légère anticipation sur les dégâts éventuels (ruissellement)

→ **L'information APIC est parfois mal comprise** : la fin des précipitations ne signifie pas forcément que les cumuls observés depuis le début de l'épisode repassent sous les valeurs climatologiques

Besoin exprimé : informer la commune avertie, en temps quasi-réel, de la probabilité que des précipitations supplémentaires s'ajoutent aux cumuls ayant déclenché l'APIC jusqu'à 3h d'échéance

Méthodologie :

- Mise en place oper de « PIAF2 », fusionnant la lame d'eau ANTILOPE 15 min (DSO/MSO/PPC) extrapolée avec l'équivalent prévu par AROME-PI
- Constitution d'un ensemble de prévision PIAF2, mis à jour toutes les 15 min
- Agrégation de l'information probabiliste à l'échelle de la commune
- Prise en compte de cette information dans les interfaces APIC-VF

PI des précipitations pour APIC

Travaux préliminaires effectués dès 2022 pour l'extension à 3h de Pluie dans l'Heure:

- Collaborations avec CNRM/GMME/PRECIP sur les aspects méthodologiques et techniques,
- R&D basés sur PIAF-RR initialement effectués par Adrien Warnan, dans le cadre d'un CDD DGPR,
- Production "Pluie dans les 3h" en intégration depuis début 2024

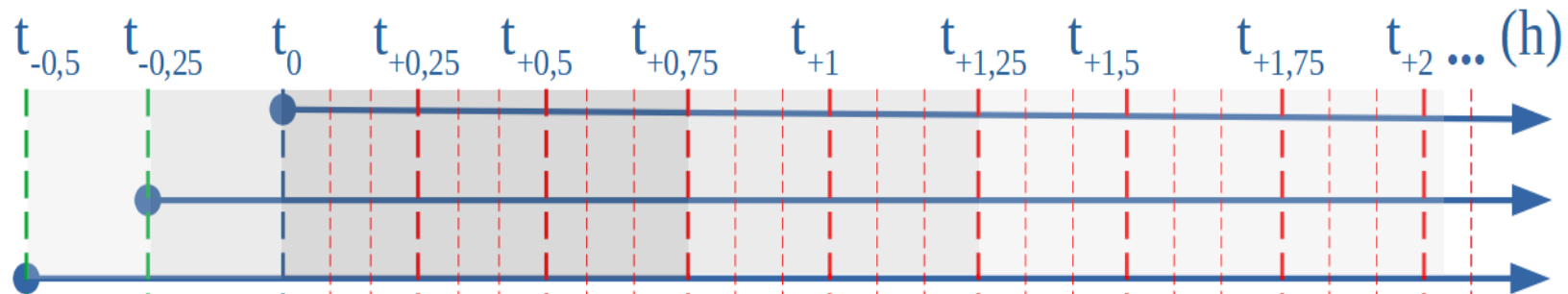
Production amont pour APIC

- PIAF2 mis en place à DirOP/PI par Philippe Cau
- Code entièrement revu, adapté à PIAF2 et recodé dans l'environnement SOPRANO par Renaud Tzanos suite au départ d'Adrien fin août 2024
- 1^{ère} version passée en intégration en mai 2025, basculée oper en octobre

PI ensembliste des précipitations : PIE

Toutes les 15 min et en 20s, l'ensemble PIE est déduit de la prévision PIAF2 déterministe par :

1. Time-lagging, avec une pondération privilégiant les réseaux récents :



Réseaux PIAF toutes les 15 min

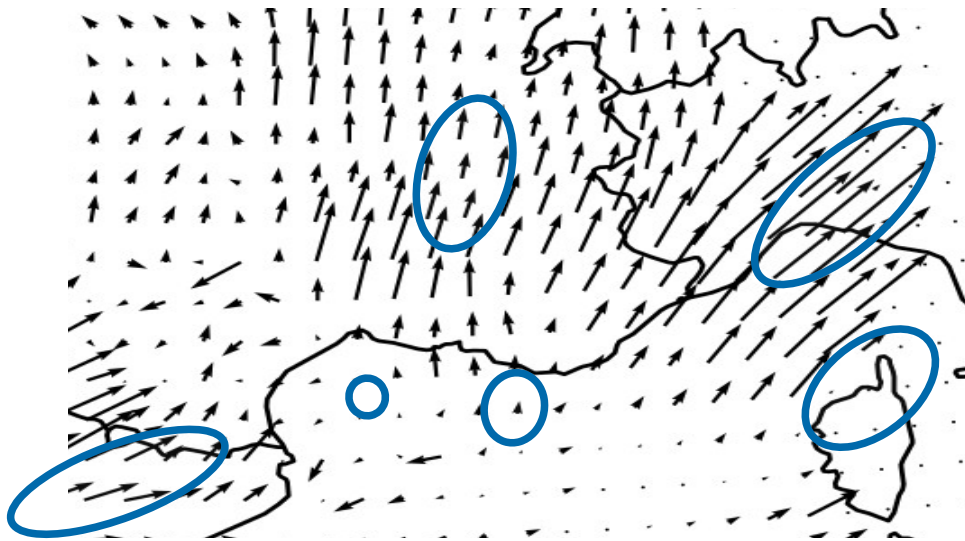
Échéances	Réseau(x) PIAF2 exploité(s)
$\leq 45'$	H (pas de <i>time lagging</i>)
$] 45' ; 75']$	H et H-15min
$] 75' ; 165']$	H, H-15 et H-30min
$] 165' ; 180']$	H et H-15min *
$> 180'$	H *

+ poids dépendant de l'ancienneté du réseau

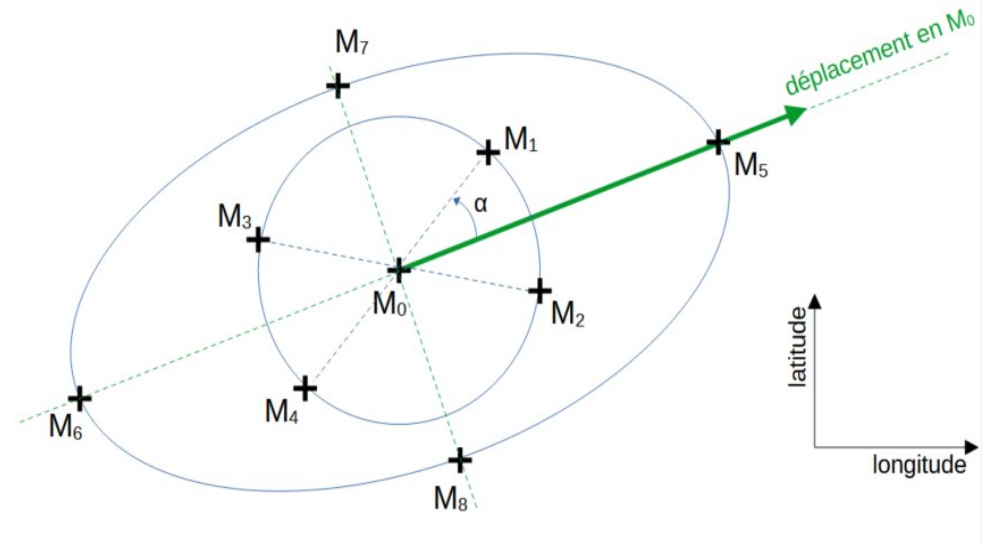
* échéance max de PIAF2 : 195 min

PI ensembliste des précipitations : PIE

2. **Perturbations spatiales** utilisant (i) le déplacement des précipitations entre 2 échéances de PIAF2 au point de grille considéré, (ii) une amplification de l'éloignement au pixel de référence avec l'échéance



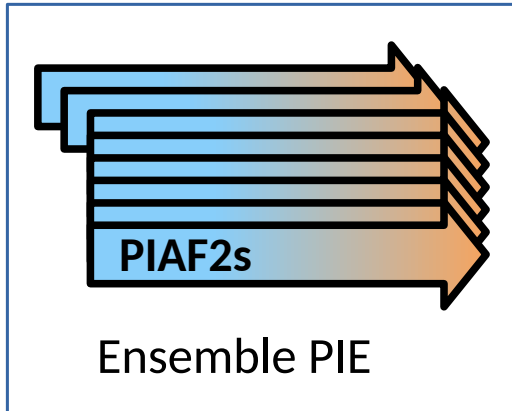
Champs de déplacements calculé entre 2 échéances PIAF2 et exemples de voisinage de perturbations spatiales (I. Bernard-Bouissieres)



Échantillonnage des 9 perturbations spatiales anisotropes par rapport au point M_0

→ du fait du time-lagging, le nombre de membres dépend de l'échéance. À raison de 9 membres par réseau PIAF2 exploité, il peut être de 9, 18 ou 27 membres.

PI ensembliste des précipitations : agrégation

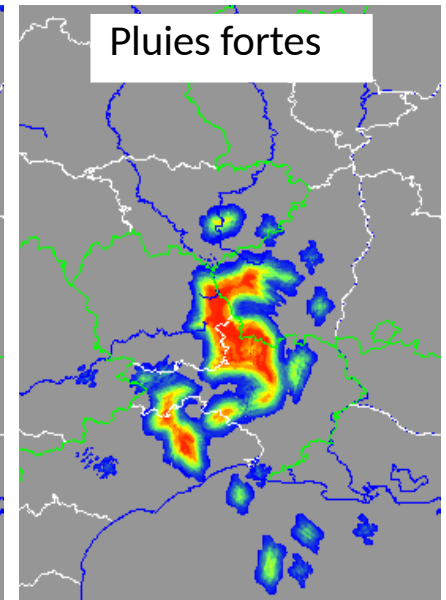
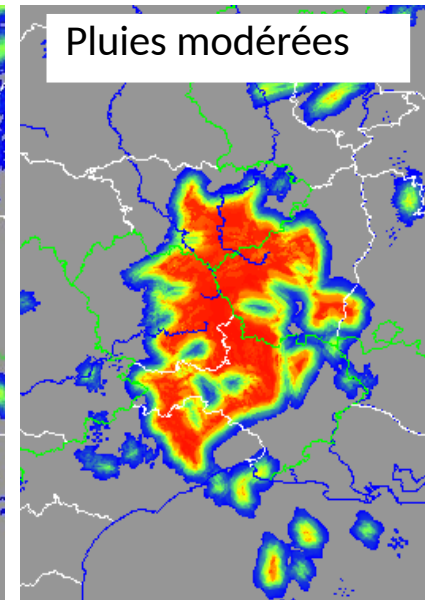
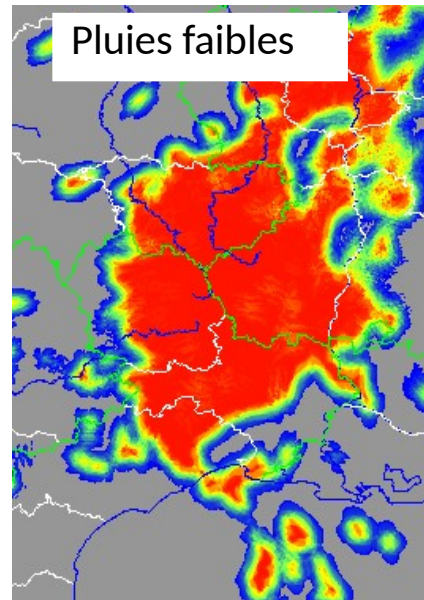
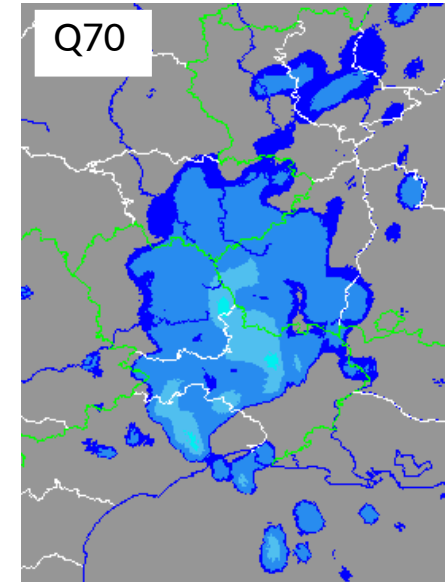


Agrégation à l'échelle communale :

- **VP15'** déduite du comptage des valeurs de dépassement
- Moyenne des probabilités associées à la VP retenue
- Calcul de :
 $VP1h = \max_{0 \rightarrow 1h}(VP15')$
 $VP2h = \max_{1 \rightarrow 3h}(VP15')$

A chaque échéance, au km² :

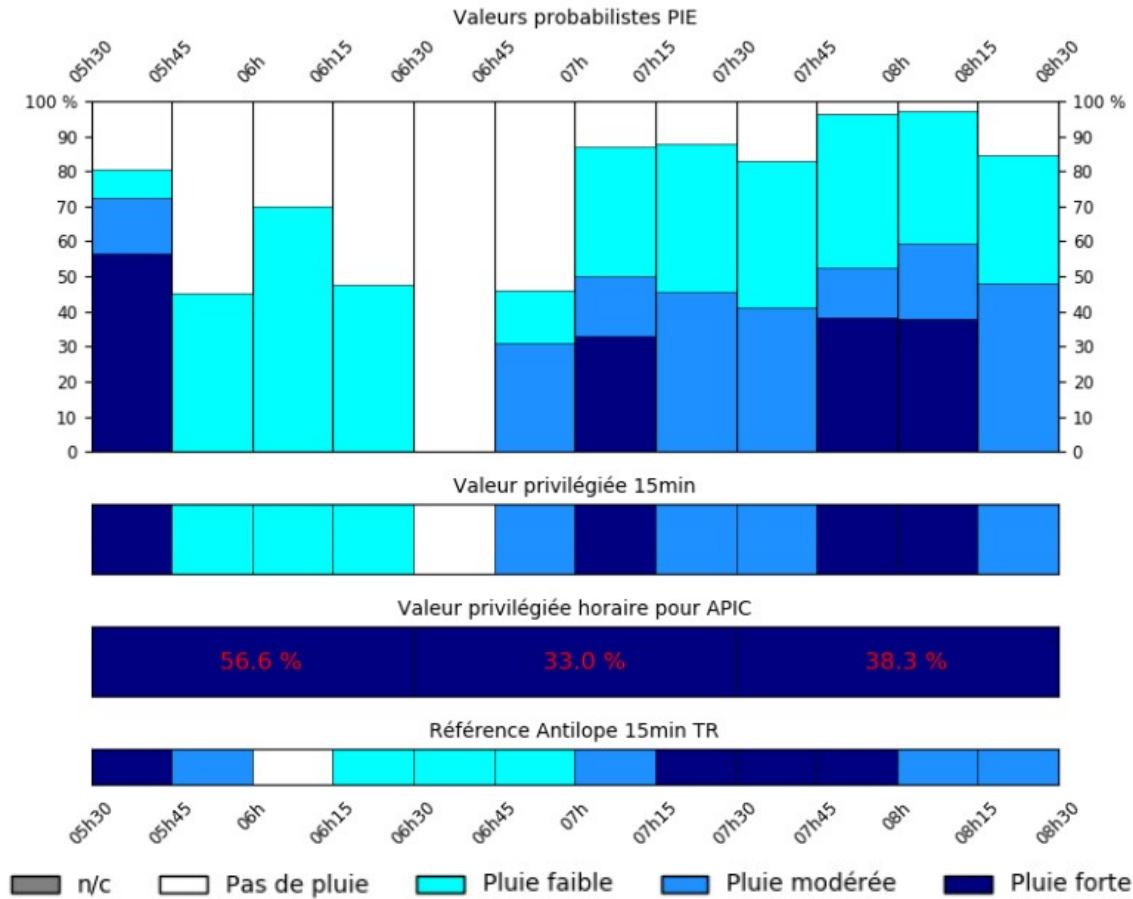
- **Calcul de la CDF des cumuls 15'**, après tri, fusion des membres identiques, cumul des poids (assimilés à la probabilité relative)
- **Depuis le Q70**, classement du pixel en pluie faible/modérée/forte, ou pas de pluie (seuils de 0,04/0,4/1,2 mm/15')
- Calcul des **probabilités** de dépasser chacun des seuils correspondants



PI ensembliste des précipitations : agrégation

Exemple de prévision illustrant les différents produits pour une commune :

Prévision de pluie pour APIC sur Aix-en-Provence (13001)
réseau du 01/09/2025 à 05h30 loc



Probabilités de
dépassement de seuil
sur 15' déduites de PIE

VP15 min

VP1h + **proba**

REF*

→ La VP1h indique que le seuil devrait être atteint au moins une fois au cours de l'heure

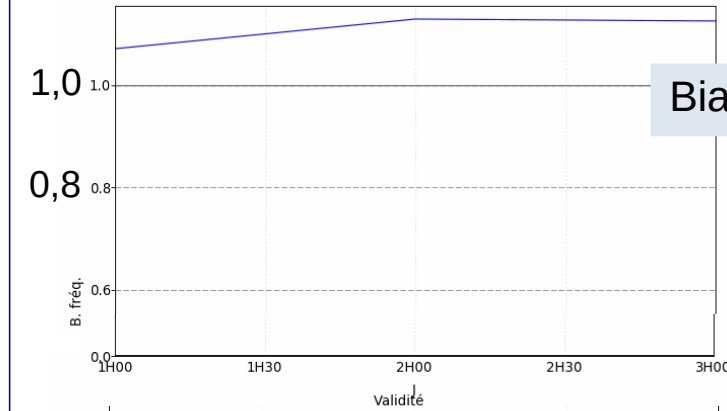
* dépassements de seuils calculés sur la LE ANTILOPE 15min, agrégés à l'échelle de la commune

PI ensembliste des précipitations

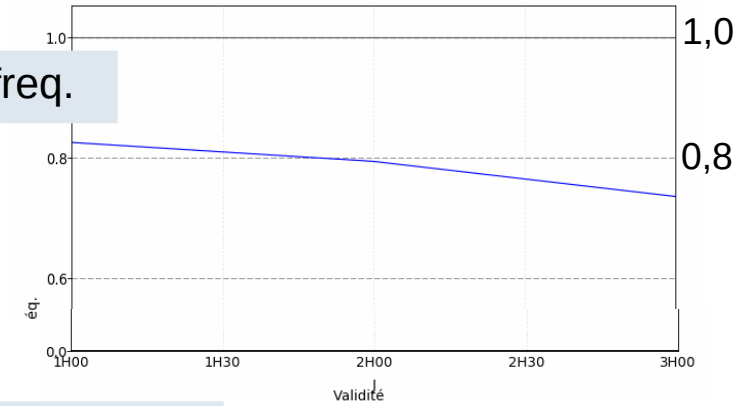
Scores de la VP1h sur le S1 2025 :

- Très bonnes performances pour l'occurrence de pluies
- Scores corrects pour l'occurrence de pluies modérées et fortes
- Sur-estimation des pluies faibles, sous estimation des pluies fortes

Pluies / non pluie

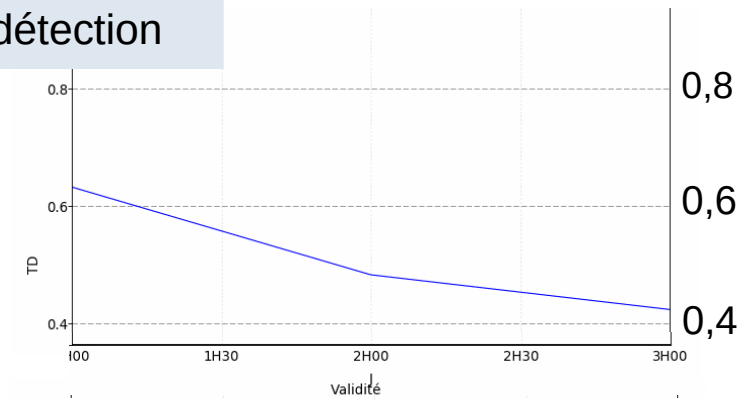
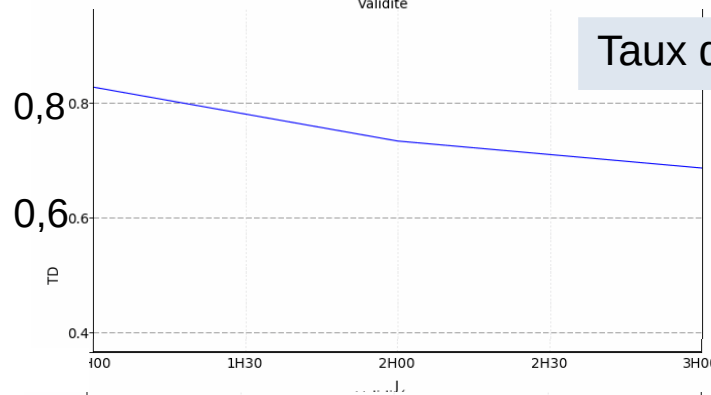


Pluies modérées et fortes

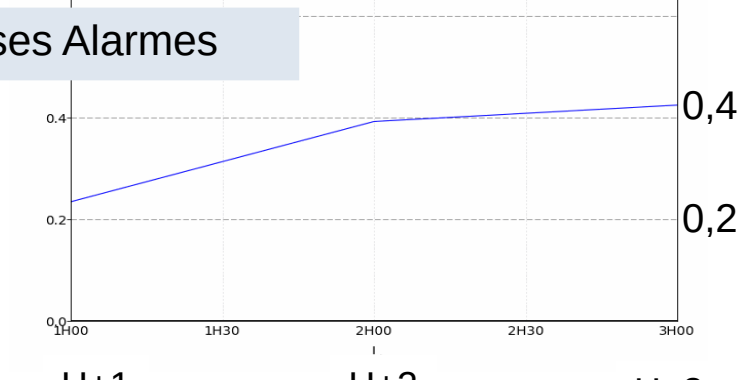
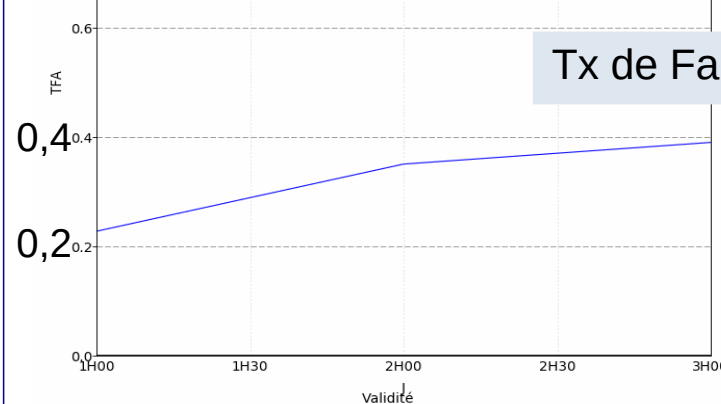


Biais fréq.

Taux de détection



Tx de Fausses Alarmes



PI des précipitations pour APIC

Évaluation subjective sur un certain nombre de situations étudiées : orages isolés, fronts, MCS etc.

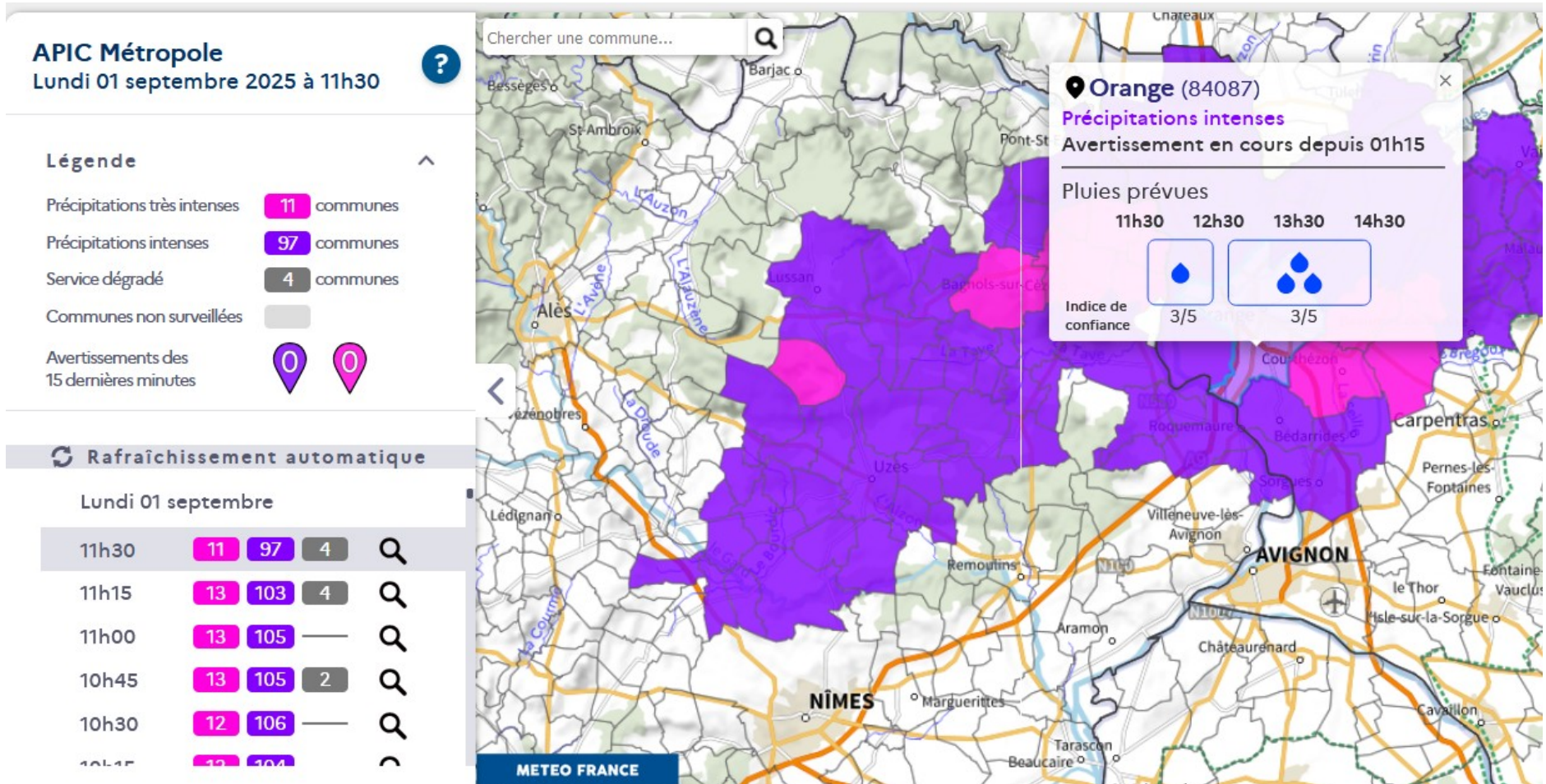
Pichanges (21483) le 4/06/2025
LE Antilope 15 min

Succession de plusieurs systèmes convectifs très localisés le long d'une étroite bande



Implémentation dans les Interfaces APIC-VF

- Depuis octobre 2025, ajout sur la cartographie, **pour les communes concernées par un APIC**, des VP1h et VP2h associées à un indice de confiance (/5)
- Cette prévision **n'est affichée que pour le réseau courant** : il n'est pas possible de consulter les prévisions antérieures en naviguant dans les réseaux



Implémentation dans les Interfaces APIC-VF

Ajout dans les avertissements, envoyés aux abonnés sur une unique commune, de la VP1h et de l'indice de confiance associé

« Météo-France Avertissement Précipitations Intenses à l'échelle des communes

<Date heure>

Attention: des cumuls de précipitations <intenses/très intenses> sont signalés sur votre abonnement "Metropole".

<Aucune pluie n'est prévue/**des pluies <faibles/modérées/fortes>> sont prévues dans l'heure. <cas pluvieux : L'indice de confiance qu'il pleuve est de <IC>>.**

Pour visualiser la carte des avertissements **<cas pluvieux : et accéder aux prévisions de pluie à 3h d'échéance tant que votre commune est concernée par un APIC>** , cliquez sur votre commune depuis la cartographie accessible sur le lien temporaire suivant: [Lien \(...\)](#)»

Perspectives

PI déterministe des précipitations : vers l'IA

Plusieurs modèles IA testés en collaboration avec DSM/LabIA

→ DGMR (GAN, DeepMind) en intégration depuis janvier 2026

→ vers une version souveraine : apprentissage d'une version PyTorch à partir de données SERVAL en cours

→ tests en cours d'un PIAF exploitant DGMR à la place de 2PIR

A plus long terme : **1^{er} cas d'usage du projet PI-IA**

PIE : Consolidation de la méthodologie

- Constitution de l'ensemble : tests de sensibilités aux divers paramètres empiriques (poids des réseaux dans le time-lagging, amplitude des perturbations spatiales, nombre de membres ...)
- Agrégation communale : Réglages des paramètres intervenant dans le calcul des VP et des probabilités associées

Merci de votre attention !