

# Prévisibilité du cas de Valence avec des systèmes de prévisions à base physique et IA

---

Thomas Rieutord\*<sup>†</sup>, Benjamin Devillers\*, Laurent Descamps\*, Carole Labadie\*, Sara Akodad, Clément Brochet, Eliott Lumet, Olivier Pannekoucke, Grégory Roux, David Salas y Melia, Corentin Seznec, Laure Raynaud

DESR/CNRM/GMAP/PREVISIBILITÉ

\*Contributions égales

<sup>†</sup>Correspondance : thomas.rieutord@meteo.fr

Mars 2026



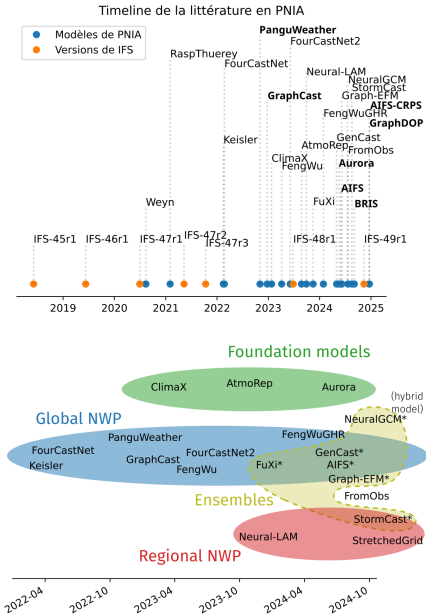
1. Introduction
2. Méthode
3. Résultats
4. Conclusion

# Introduction

---

# Introduction : contexte

- La prévision numérique par intelligence artificielle (PNIA) s'impose dans l'état de l'art.
- Initialement concentrée sur la prévision globale, presque **tous les sujets de prévision numérique** (prévision régionale, assimilation, ensembles...) sont maintenant abordés.
- Les progrès sont très rapides



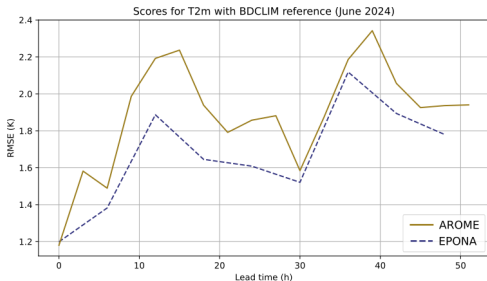


Modèle de PNIA à grille étirée pour la prévision déterministe régionale (Nipen et al., 2025).

**Tout premier prototype de PNIA à Météo-France**

- **Résolution** : 2.5 km (régional) et 0.25° (global), 13 niveaux,  $\Delta t = 6$  h
- **Variables** :  $d = 72$ 
  - Surface (7 pronostiques) :  $t_2, u_{10}, v_{10}, p_{mer}, p_{surf}, t_{surf}, td_2$
  - Surface (1 diagnostique) : précipitations totales
  - Altitude (5) :  $t, u, v, z, q$
- **Entraîné sur** :
  1. ERA5, 1979–2022 (43 ans)
  2. AROME archive BDAP d'analyses opérationnelles (dataset TITAN), 2020–2024 (4.5 ans)

# Un premier modèle avec de bons scores...



## Score card sur juin 2024

		REQM	Réussite	
			Toutes les erreurs	Fortes erreurs
T	850hPa	▼▼▼▼▼	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲
FF	850hPa	▼▼▲▲▲	▼▼▼▼▼	▲▲▲▲▲
DD	850hPa	▼▼▼▼▼	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼
Z	850hPa	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼
Q	850hPa	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼	

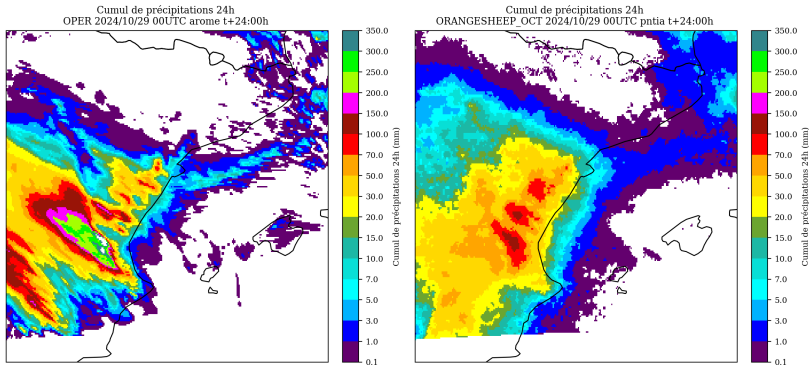
		REQM	Réussite	
			Toutes les erreurs	Fortes erreurs
Température	2m	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼
Humidité rel.	2m	▼▼▼▼▼	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲
Force vent moyen	10m	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼
Direction vent moyen	10m	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼
Pmer	Mer	▲▲▲▲▲	▼▼▼▼▼	▼▼▼▼▼

Couleurs : EPONA

meilleur/moins bon que AROME.

- EPONA est **meilleur en surface** qu'en altitude
- Performances **varient beaucoup selon les variables**
  - **Meilleur sur** température, humidité, direction du vent
  - **Moins bon sur** sur pression, géopotential, force du vent

## ...mais qui peine à représenter les événements extrêmes



- **Intensité largement sous-estimée** : au max, EPONA < 150 mm alors que AROME > 350 mm et observations = 771 mm (Turís)
- **Positionnement correct. Texture irréaliste** (mou et bruité)

## Peut-on prévoir des événements extrêmes avec de la PNIA ?

La prévisibilité des événements extrêmes est intrinsèquement faible, quelque soit le modèle de prévision. Cette difficulté est exacerbée pour la PNIA. De fait, les événements extrêmes sont peu nombreux dans les bases d'apprentissage.

### Dans cette présentation :

- La version actuelle de EPONA est-elle capable de donner des cumuls importants ?
- Est-elle sensible à la condition initiale ?
- Sa sensibilité est-elle comparable à celle d'un modèle physique ?

# Méthode

---

## PEARP

- Prévision **globale**
- **35 membres**
- **Résolution** : 5 km à 25 km
- **Réseaux** : 00Z, 06Z, 12Z, 18Z
- **Perturbations** : EDA<sup>1</sup>, VS<sup>2</sup>, RPP<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>EDA : assimilation de données d'ensemble, pour représenter l'incertitude sur la condition initiale

<sup>2</sup>VS : vecteurs singuliers (perturbations initiales à croissance rapide sur le début de la prévision)

<sup>3</sup>RPP : perturbation stationnaire des paramètres des paramétrisations physiques, pour représenter l'incertitude du modèle

<sup>4</sup>SPPT : perturbation non-stationnaire des tendances des paramétrisations physiques, pour représenter l'incertitude du modèle

## PEARO

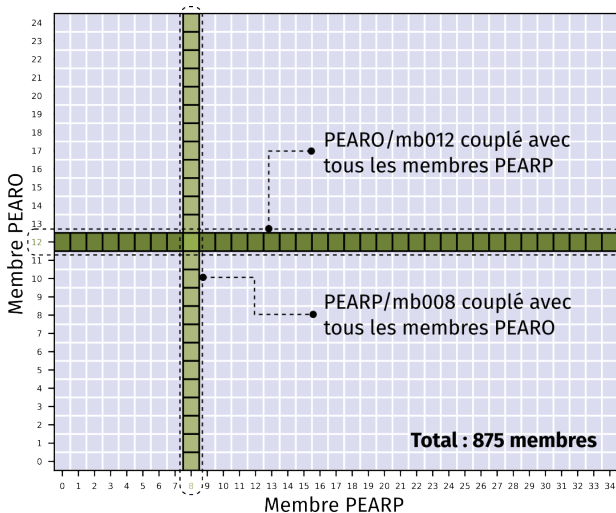
- Prévision **régionale**
- **25 membres**
- **Résolution** : 1.3 km
- **Réseaux** : 03Z, 09Z, 15Z, 21Z
- **Perturbations** : couplage PEARP, EDA<sup>1</sup>, SPPT<sup>4</sup> (RPP<sup>3</sup> dans la chaîne double)

# Construction du grand ensemble

Pour les événements extrêmes, la taille de l'ensemble est critique car elle permet de mieux échantillonner les queues de distributions.

Comment créer un grand ensemble de prévisions ?  
Exploiter tous les couplages possibles.

→

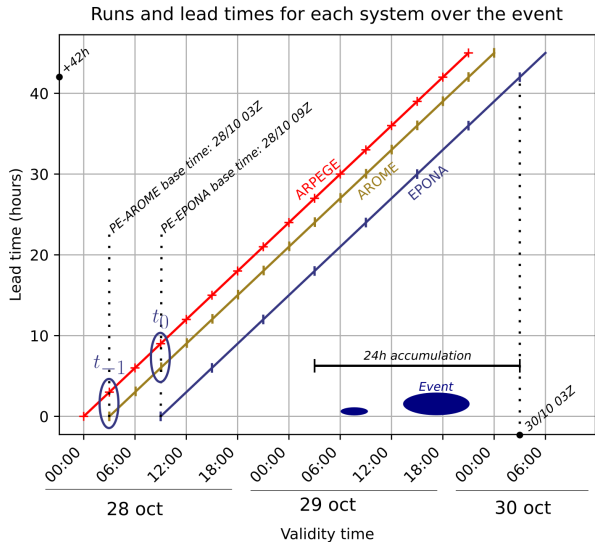


# Construire un grand ensemble avec EPONA

Avec EPONA,  
seules les  
conditions  
initiales sont  
perturbées.

Même  
méthode :  
on prend  
tous les  
couplages  
possibles à  
 $t_0$  et  $t_{-1}$ .

→



# Résultats

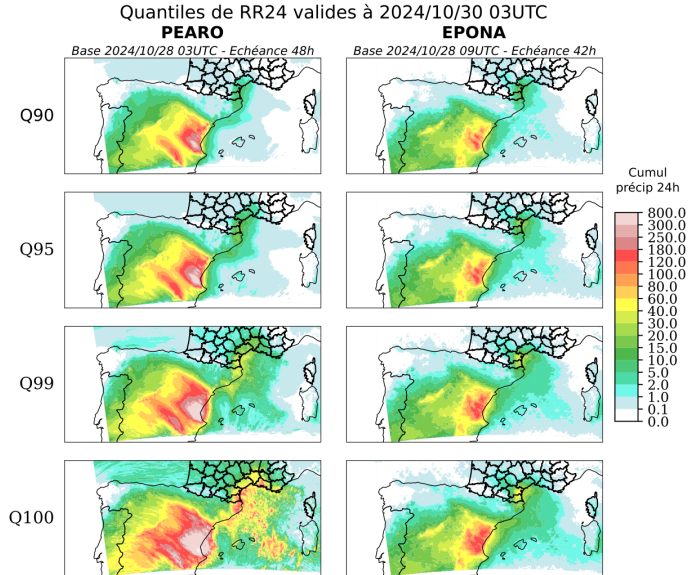
---

# Quantiles extrêmes sur les grands ensembles

**PEARO :**  
Dépasse  
300mm dès  
le Q95.  
Qmax>800mm.

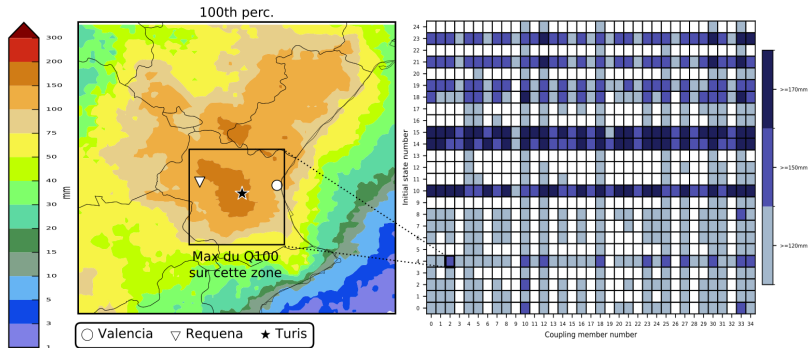
**EPONA :**  
Qmax ne  
dépasse pas  
250mm mais  
l'évènement  
est bien  
localisé.

→

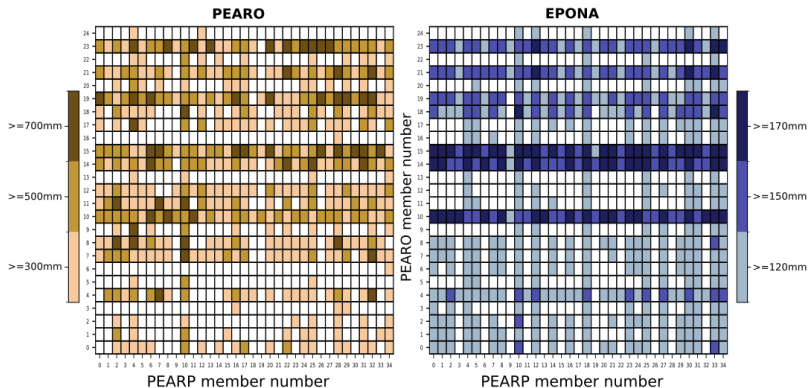


# Sensibilités aux perturbations ("tétris") : construction

Pour évaluer la sensibilité aux perturbations, on visualise les membres du grand ensemble qui donnent les plus forts cumuls sur la zone de l'évènement.



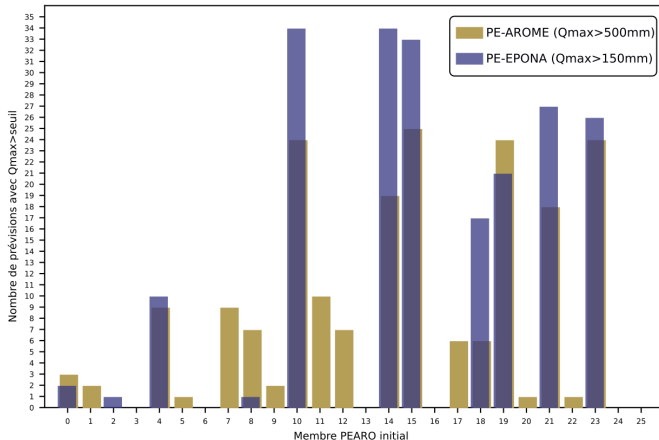
# Sensibilités aux perturbations ("tétris") : résultats



- Climats modèles différents, donc seuils différents
- Mêmes lignes ou colonnes avec de forts cumuls  
→ sensibilité similaire pour PEARO et EPONA
- Lignes plus marquées que les colonnes  
→ sensibilité plus forte à la PEARO qu'à la PEARP

# Similarité de la sensibilité à la condition initiale

Répartition par état initial du nombre de prévision avec  $Q_{max} > \text{seuil}$



Les membres qui réagissent dans la PE-EPONA sont les mêmes que ceux qui réagissent dans la PE-AROME.

# Conclusion

---

## Conclusions

- **Étude exploratoire** sur la prévisibilité en PNIA : version préliminaire d'EPONA, ensemble simplifié...
- **La version actuelle d'EPONA est-elle capable de donner des cumuls importants ?**
  - Pas aussi importants que ceux d'AROME, mais l'événement est bien détecté.
- **Est-elle sensible à la condition initiale ?**
  - Oui. Plus sensible à la composante régionale que globale.
- **Sa sensibilité est-elle comparable à celle d'un modèle physique ?**
  - Plutôt oui : les membres qui réagissent sont les mêmes dans les deux systèmes, mais il faudrait une étude plus approfondie pour l'affirmer.

## Perspectives

- Entraînement long sur la réanalyse régionale ARRA (>50 ans)
- Sur-échantillonnage des événements extrêmes
- Analyse causale : quels ingrédients font réagir le modèle de PNIA ?