



Prévision opérationnelle pluie-débit fondée sur l'IA : évaluations et perspectives.

Bob E. SAINT-FLEUR⁽¹⁾, Eric GAUME⁽¹⁾, Otis COOPER⁽¹⁾, Nicolas AKIL⁽²⁾

¹ Université Gustave Eiffel (UGE)

(Allée des Ponts et Chaussées,
44340 Bouguenais, France)



² Entreprise AQuasys

(2 Route de Nantes,
44170 Port-Sain-Père, France)

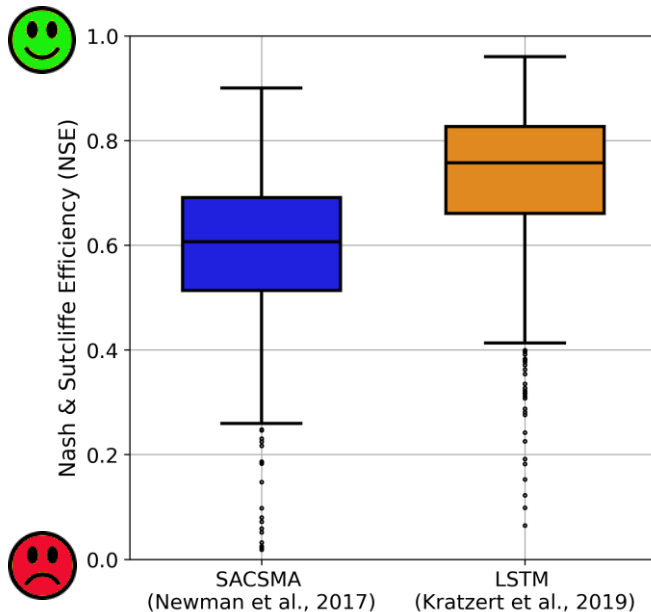


Modélisation hydrologique basée sur l'IA

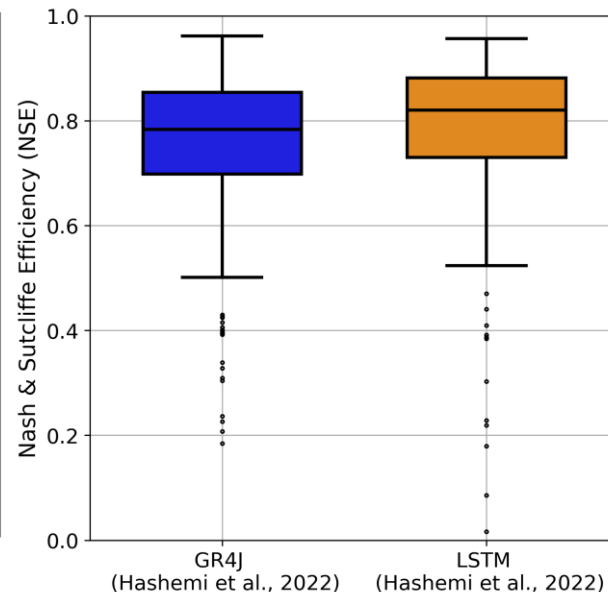
Etat de l'art: Focus sur le Monde et la France

■ Modèle pluie débit classique ■ Modèle IA (LSTM)

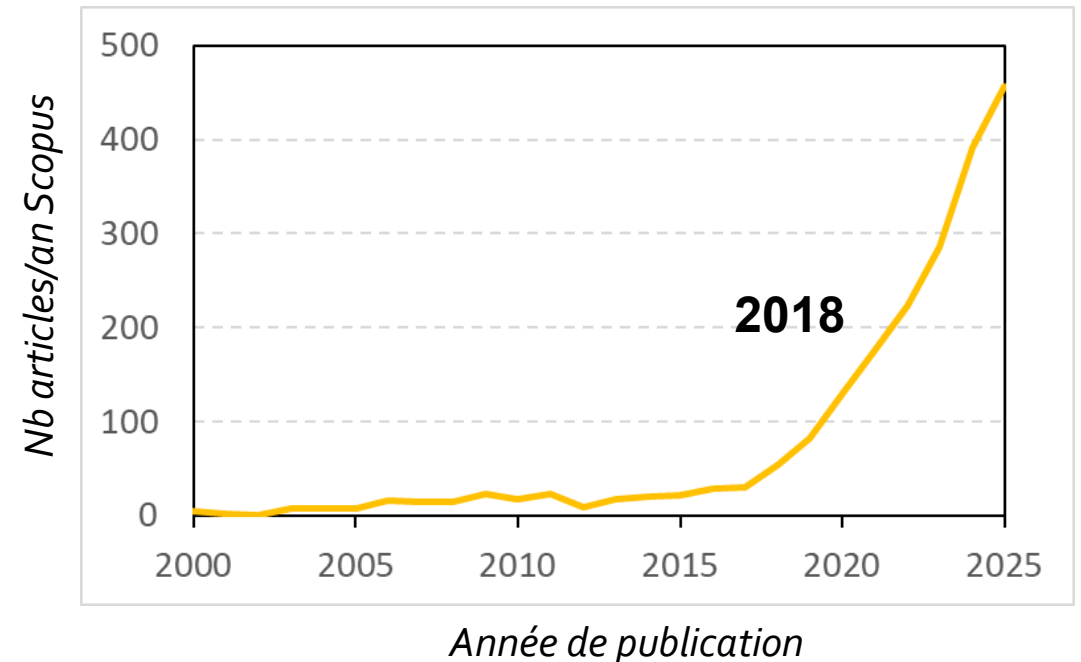
531 bassins versants *USA*
(Kratzert et al., 2019)



365 bassins versants *France*
(Hashemi et al., 2022)



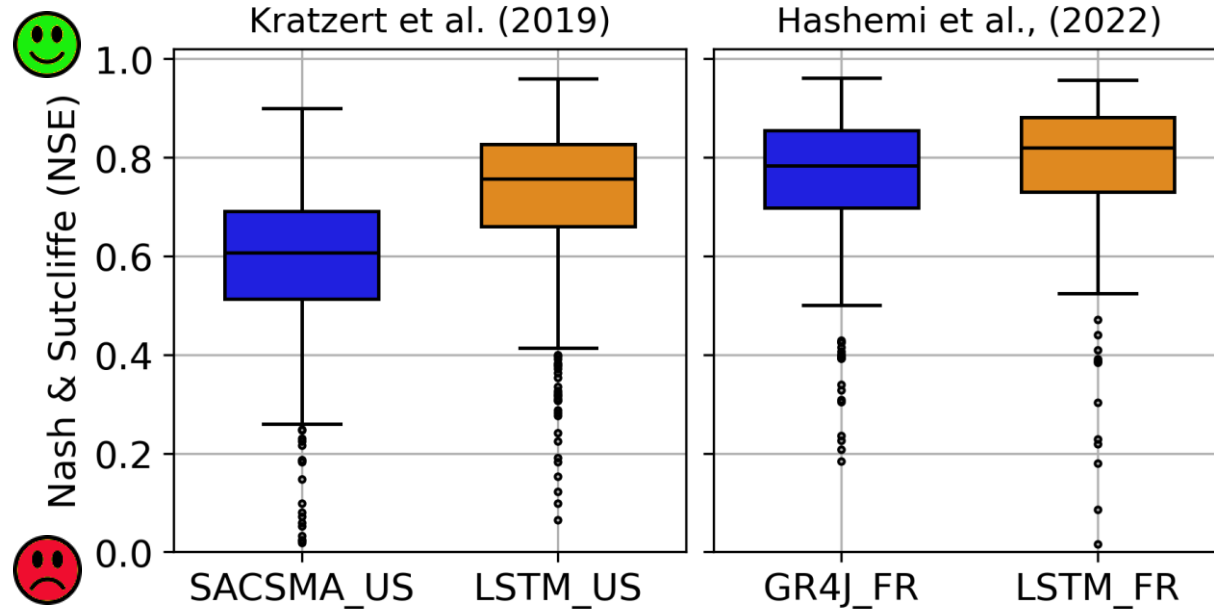
Explosion du nombre de publications sur l'IA en hydrologie depuis 2018



Modélisation hydrologique basée sur l'IA

Où en sommes-nous au sein du GERS-EE à l'UGE (2026 ...) ?

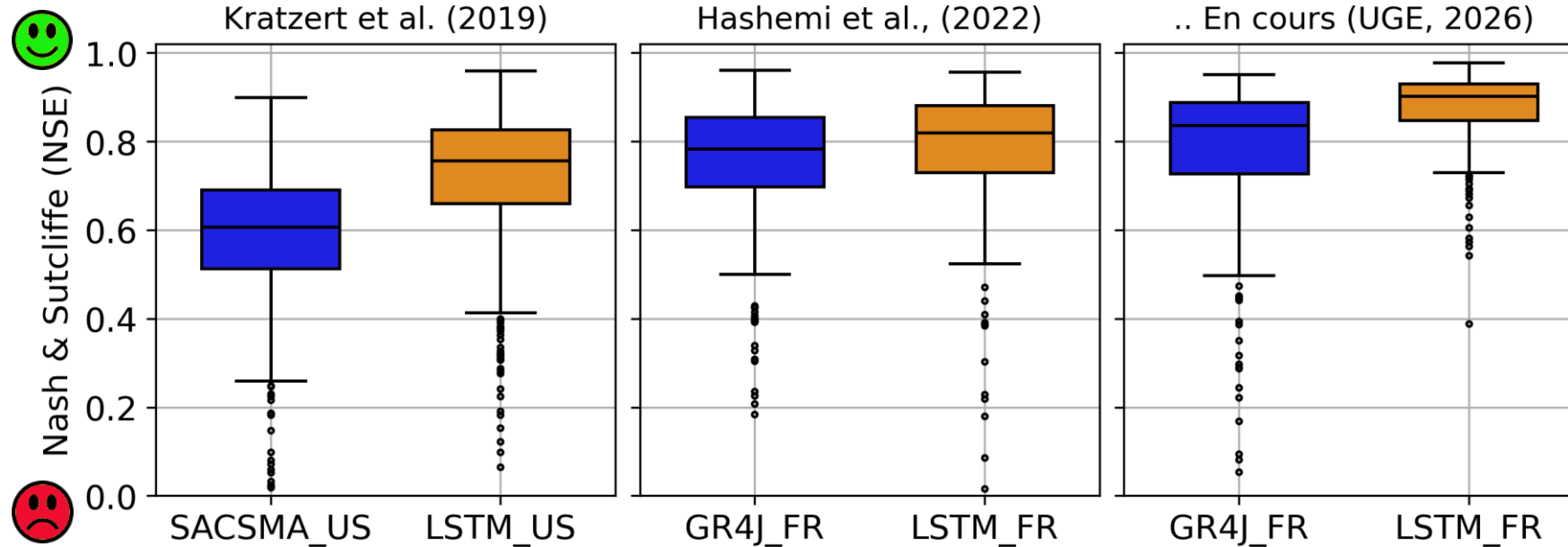
■ Modèle pluie débit classique ■ Modèle IA (LSTM)



Modélisation hydrologique basée sur l'IA

Où en sommes-nous au sein du GERS-EE à l'UGE (2026 ...) ?

■ Modèle pluie débit classique ■ Modèle IA (LSTM)



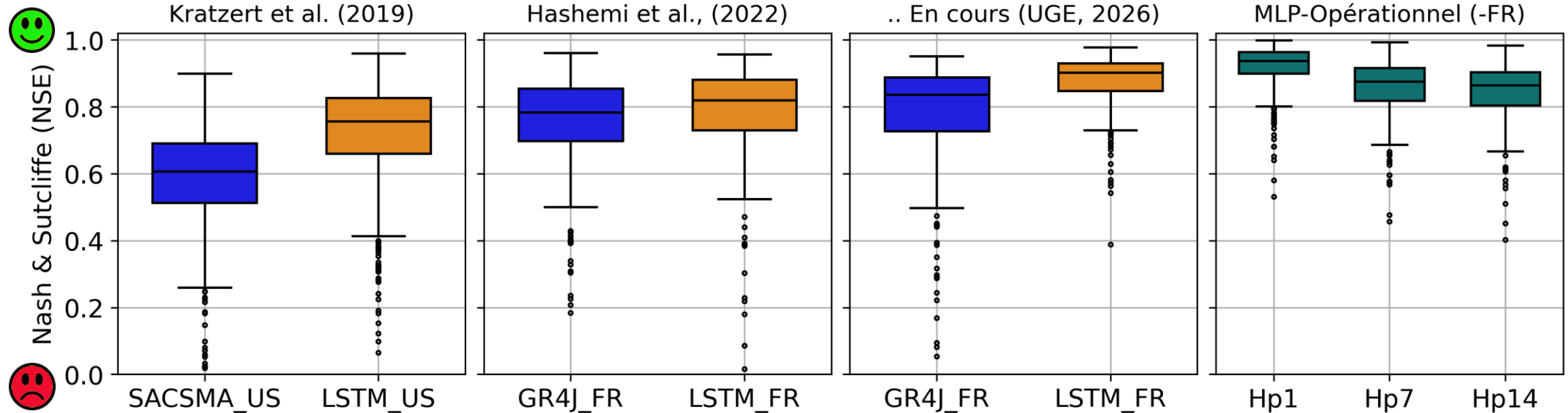
Modélisation hydrologique basée sur l'IA

Où en sommes-nous au sein du GERS-EE à l'UGE (2026 ...) ?

■ Modèle pluie débit classique

■ Modèle IA (LSTM)

■ Modèle IA (MLP)

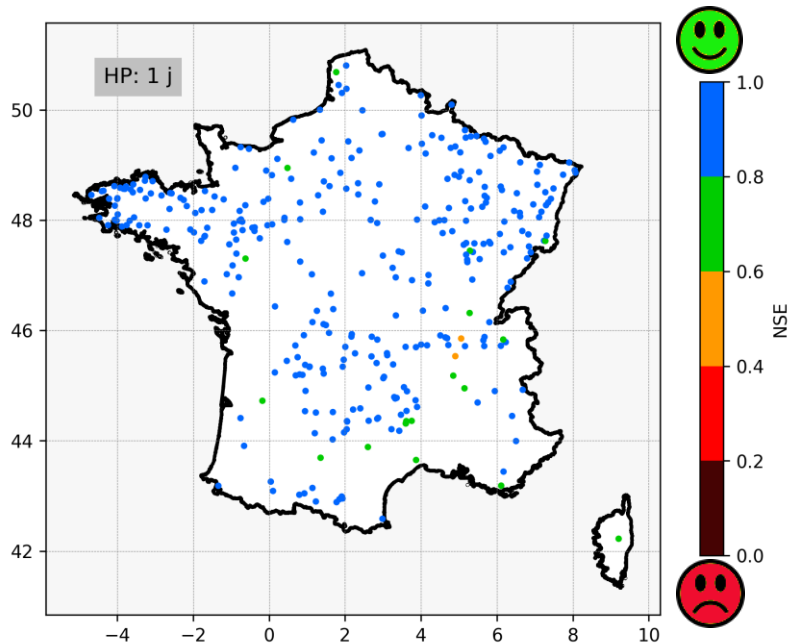


Modélisation hydrologique basée sur l'IA

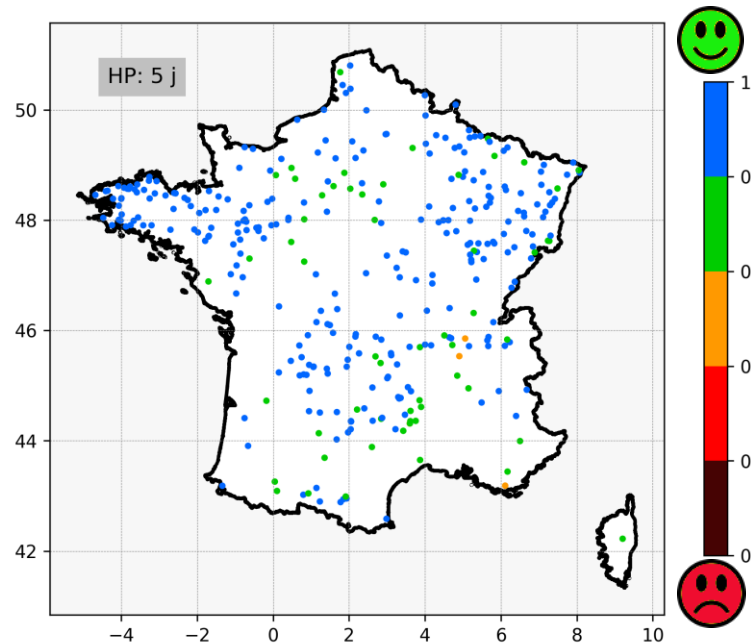
Résultats: une analyse prédictive à courtes échéances

Modèles IA (MLP) avec assimilation des débits : 338 bassins versants **France (CAMELS-FR)**

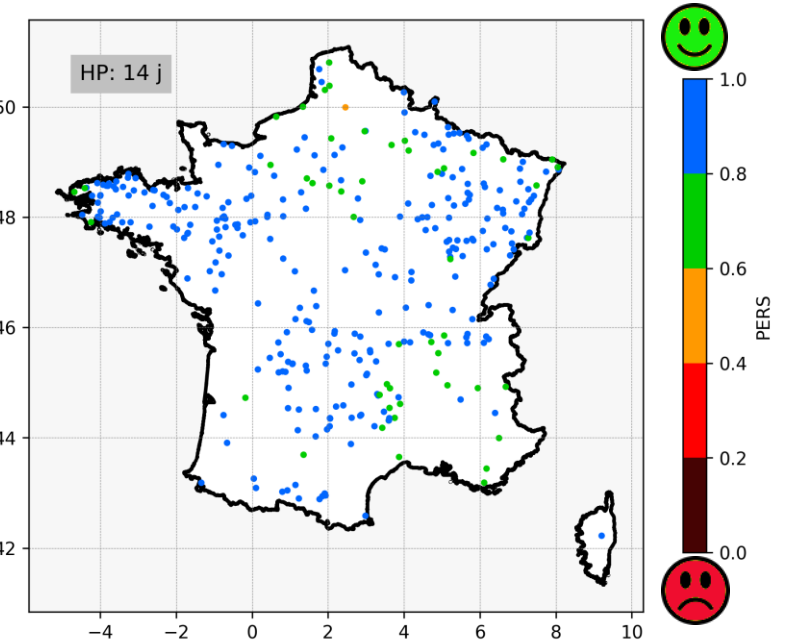
Prévisions à 1 jour



Prévisions à 5 jours

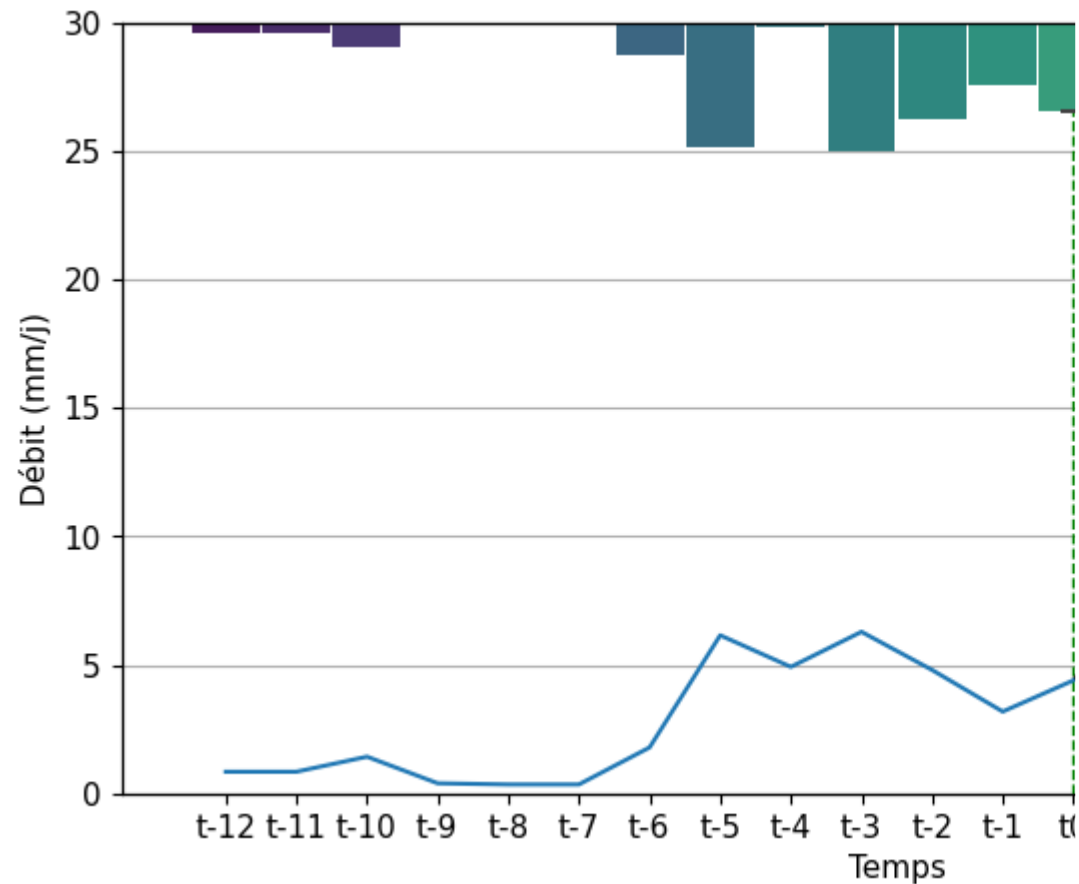


Prévisions à 14 jours



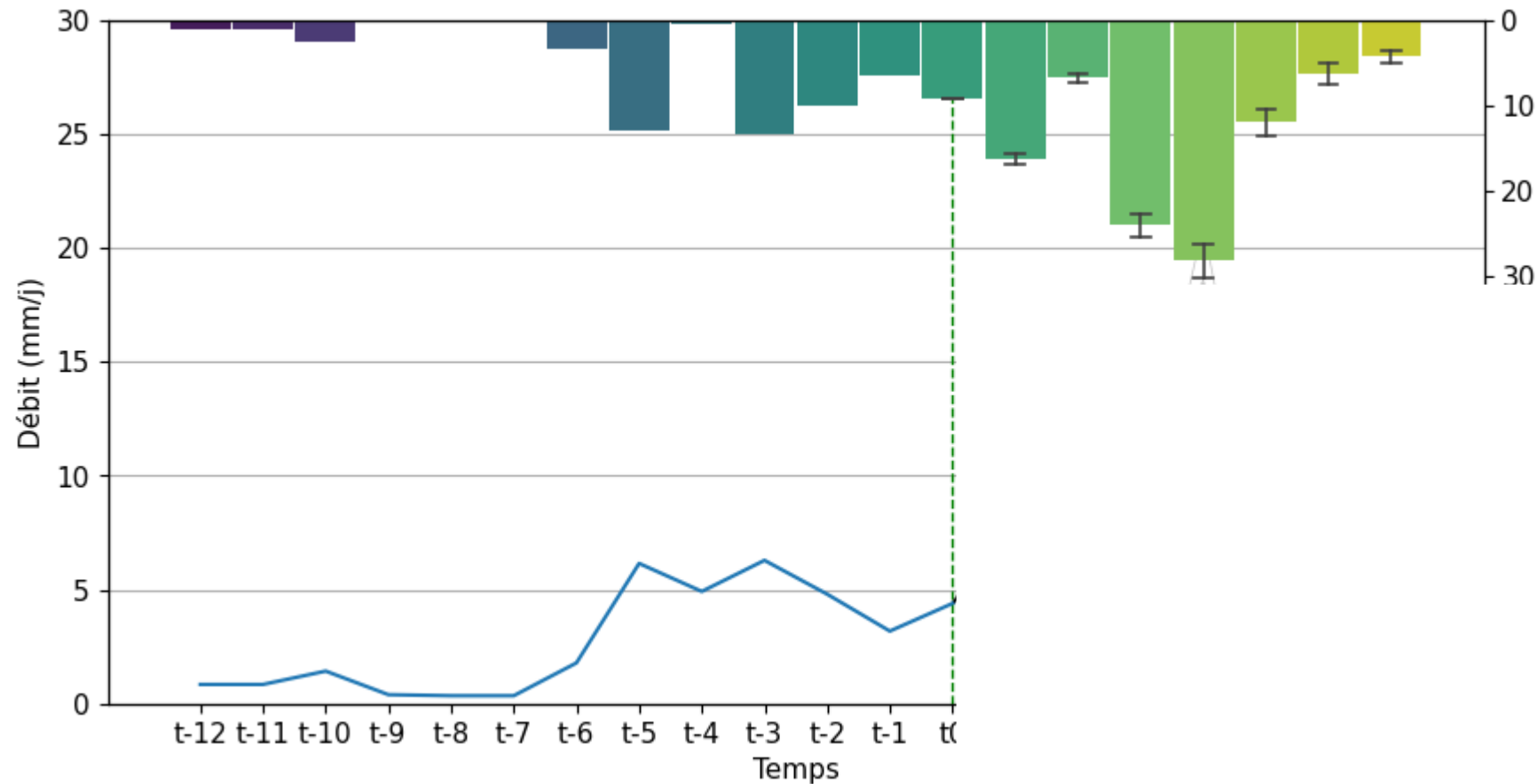
Quid de la prévision dans l'incertain ??

- Qui pense prévision, pense probabilité, pense incertitude.
- Déterminisme vs probabiliste ?



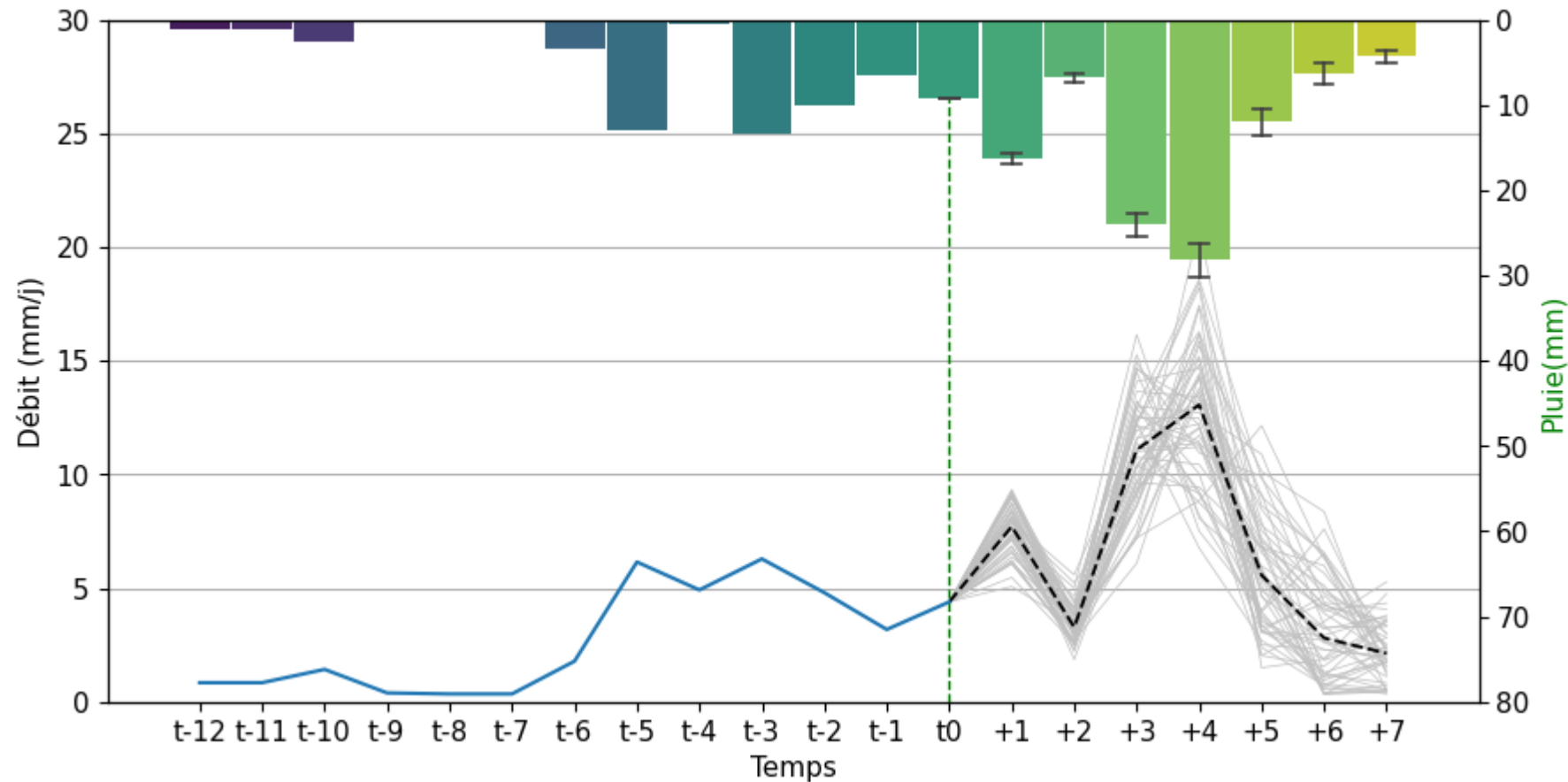
Quid de la prévision dans l'incertain ??

- Qui pense prévision, pense probabilité, pense incertitude.
- Déterminisme vs probabiliste ?



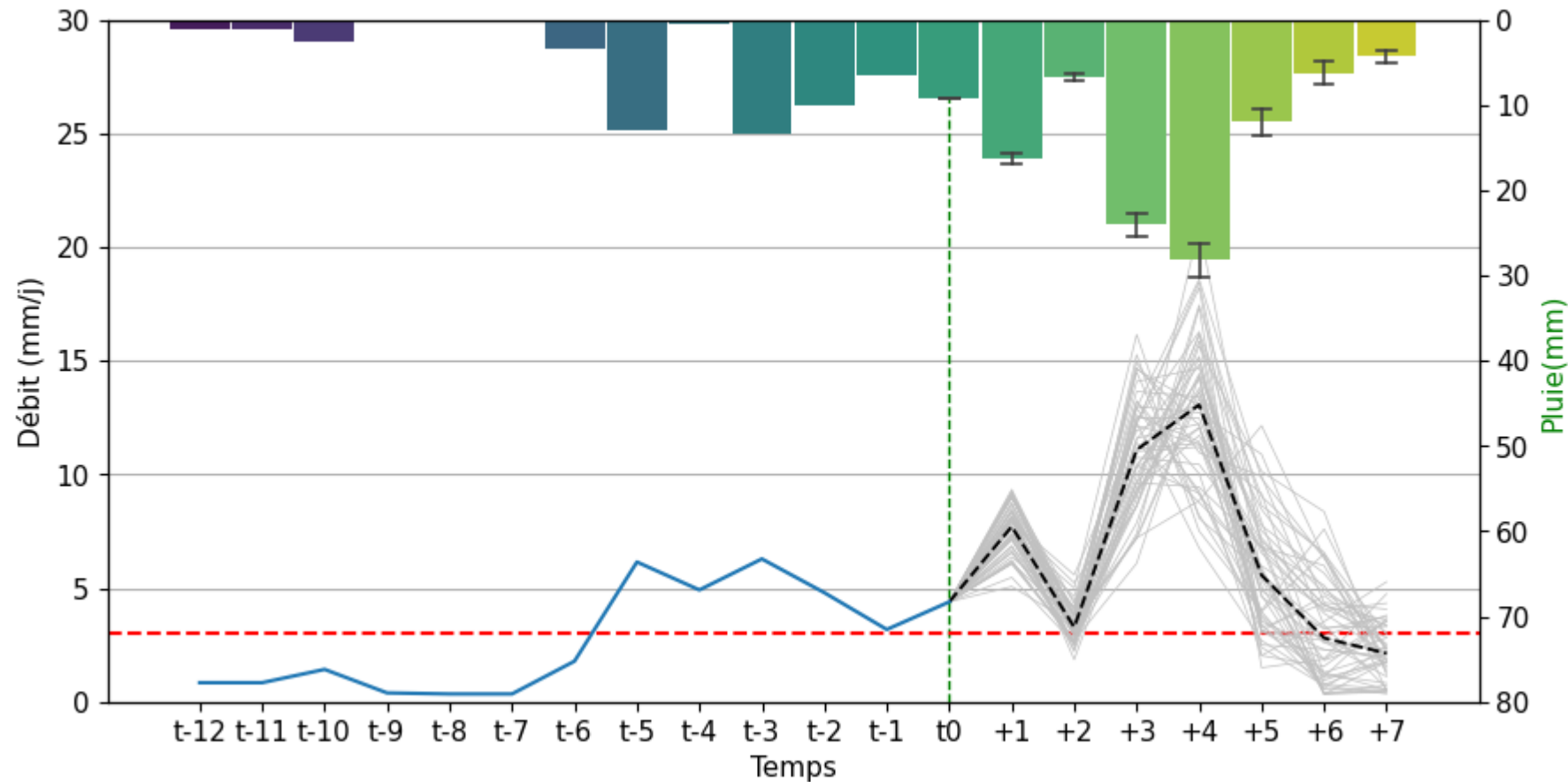
Quid de la prévision dans l'incertain ??

- Qui pense prévision, pense probabilité, pense incertitude.
- Déterminisme vs probabiliste ?



Quid de la prévision dans l'incertain ??

- Qui pense prévision, pense probabilité, pense incertitude.
- Déterminisme vs probabiliste ?



Quid de la prévision dans l'incertain ??

- Évaluer la capacité du modèle à anticiper le dépassement d'un seuil de débit futur

Score de Brier (Brier, 1950).

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\mathbf{1}_{\{q \geq \hat{Q}_t^i\}} - \mathbf{1}_{\{q \geq Q_t\}} \right)^2$$

T, t : Période d'évaluation et compteur du temps

N, i : Taille et compteur des membres de l'ensemble

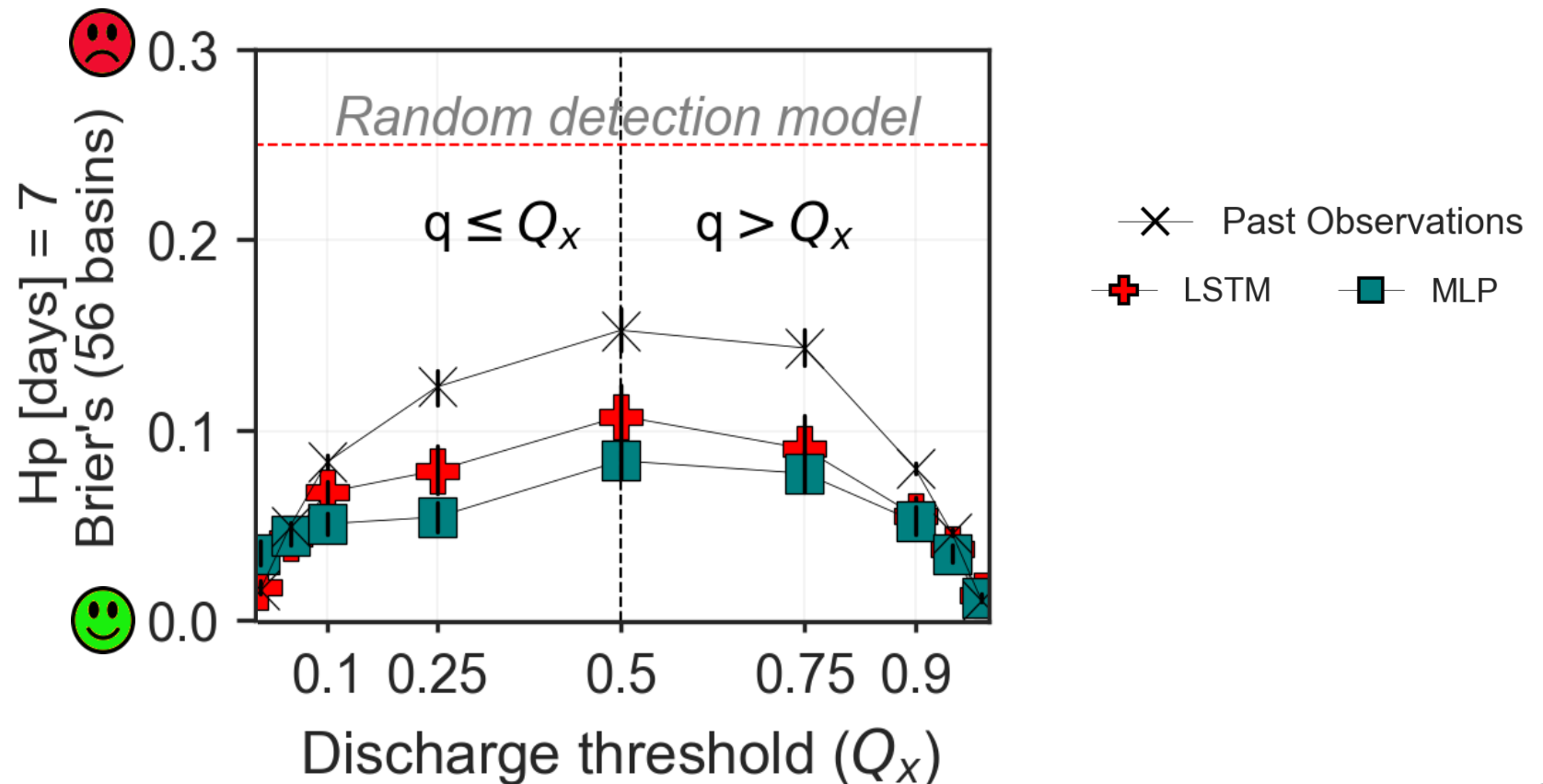
$Q, \hat{Q}, q$: Débit observé, prédit et seuil

Quid de la prévision dans l'incertain ??

Anticipation des dépassements de seuil de débit

→ Score de Brier (Brier, 1950)

Prévisions basées
sur les archives de
prévision
(ECMWF)



Déploiement en opérationnel: LabCom AiQUA



Université de rang international qui fait le lien entre monde académique, public et industriel

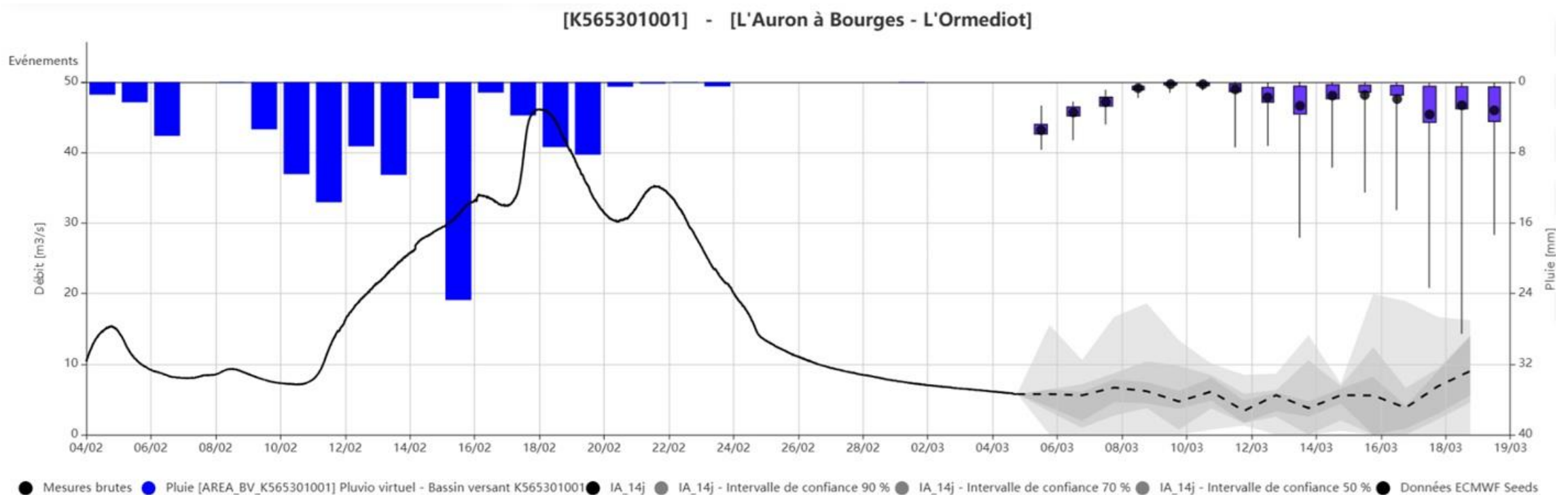


Solution SaaS de gestion dynamique de la ressource en eau



Déploiement en opérationnel (aQuasys)

Le service numérique : représentation d'une prévision en temps réel



Déploiement en opérationnel (aQuasys)

Le service numérique : tableau de bord de pilotage

Indicateurs
agrégés à l'échelle
du territoire



Synthèse des indicateurs par unité de gestion au 4 avril



Indicateurs
détaillés par
unité de gestion



Détail par unité de gestion 12 UG

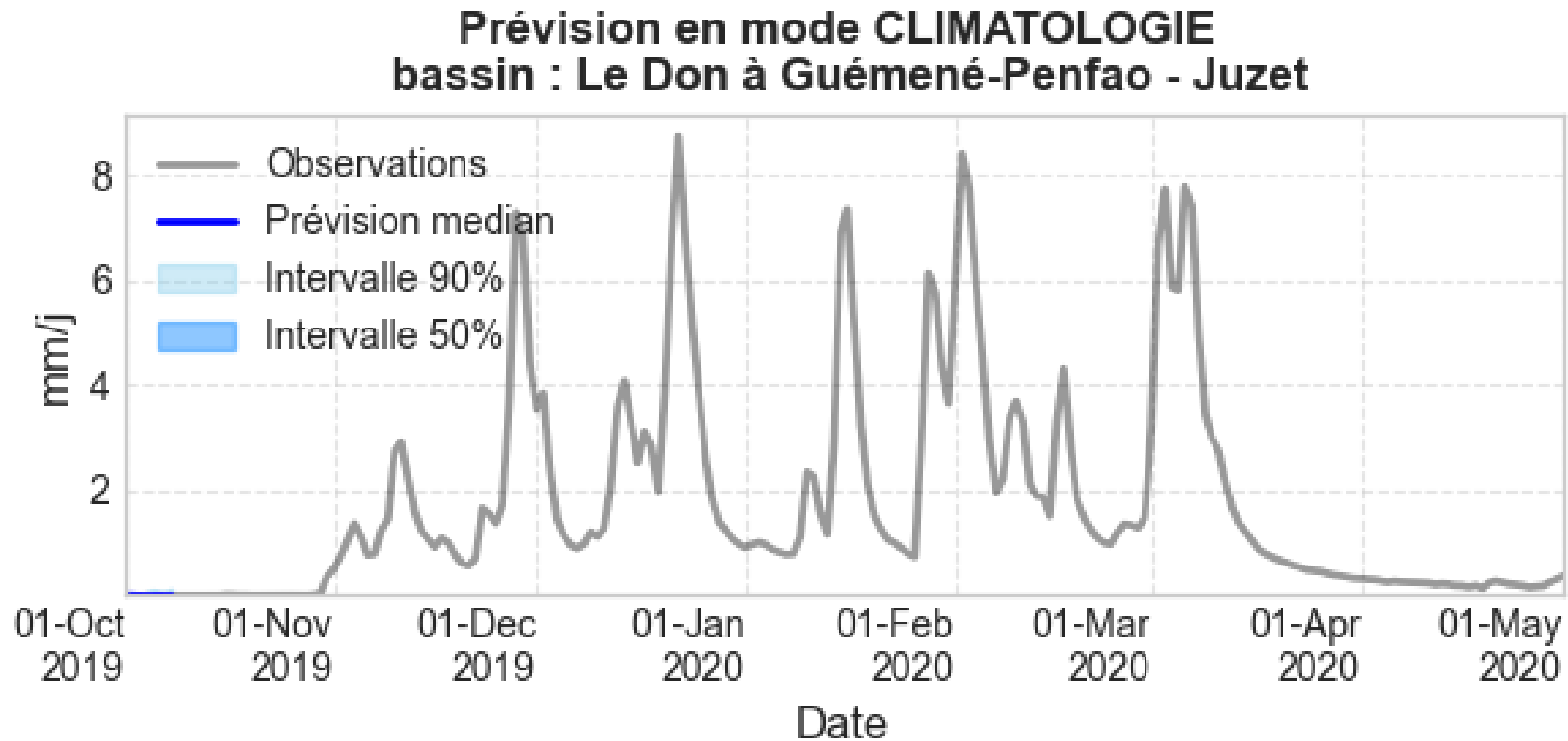
Filtres

Unité de gestion	Dispo. ESUP	Dispo. ESOUT	% du VP consommé	Écart conso.	Couv. besoins	Risque de pénurie	Volume prélevable	Reco.
val_authion_aval	○ Moyen		63%	-9%	109%	Nul	■ Élevé	Maintenir
val_authion_moyen	● Haut		74%	-8%	105%	Nul	■ Moyen	Maintenir
lane_et_changeon_av..	● Moyen	● Moyen	80%	-6%	100%	Nul	■ Moyen	Maintenir

Conclusions et perspectives ...

- Prévisions saisonnières (1 - 6 mois)
- Prévisions de niveaux de nappes
- Apport du filtrage des signaux
- Décision dans l'incertain

Merci de votre présence



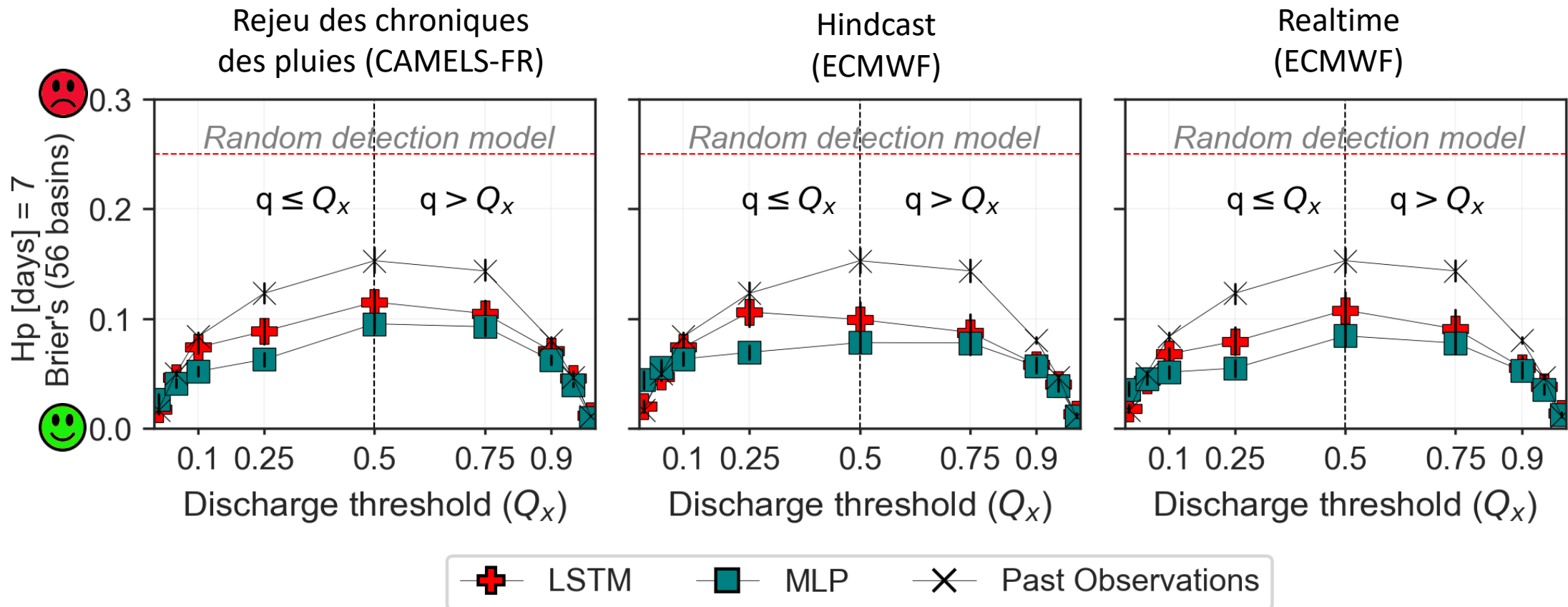
Références

- [1] N ADDOR et al. In : (2017). DOI : 10.5194/hess-21-5293-2017.
- [2] G. W. BRIER. In : (1950). DOI : 10.1175/1520-0493(1950)078<0001:VOFEIT>2.0.CO.
- [3] Martyn P. CLARK et al. In : (2008). DOI : 10.1016/j.advwatres.2008.06.005.
- [4] O DELAIGUE et al. In : (2025). DOI : 10.5194/essd-17-1461-2025.
- [5] R HASHEMI et al. In : (2022). DOI : 10.5194/hess-26-5793-2022.
- [6] Peter K KITANIDIS et Rafael L BRAS. In : (1980). DOI : 10.1029/WR016i006p01034.
- [7] F KRATZERT et al. In : (2019). DOI : 10.5194/hess-23-5089-2019.
- [8] Frederik KRATZERT. 2019. DOI : 10.4211/hs.17c896843cf940339c3c3496d0c1c077.
- [9] J E NASH et J V SUTCLIFFE. In : (1970). DOI : 10.1016/0022-1694(70)90255-6.
- [10] Grey S. NEARING et al. In : (2022). DOI : 10.5194/hess-26-5493-2022.

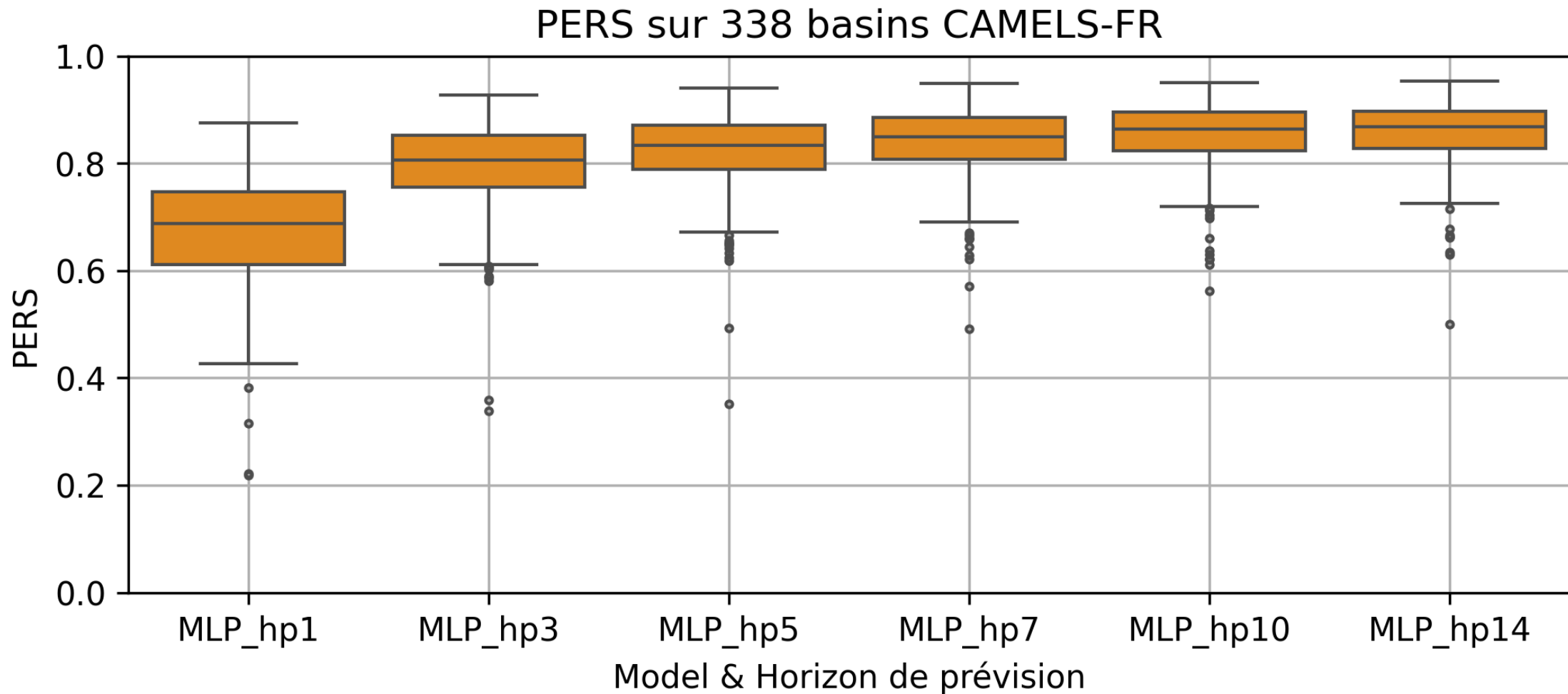
Quid de la prévision dans l'incertain ??

Anticipation des dépassements de seuil de débit

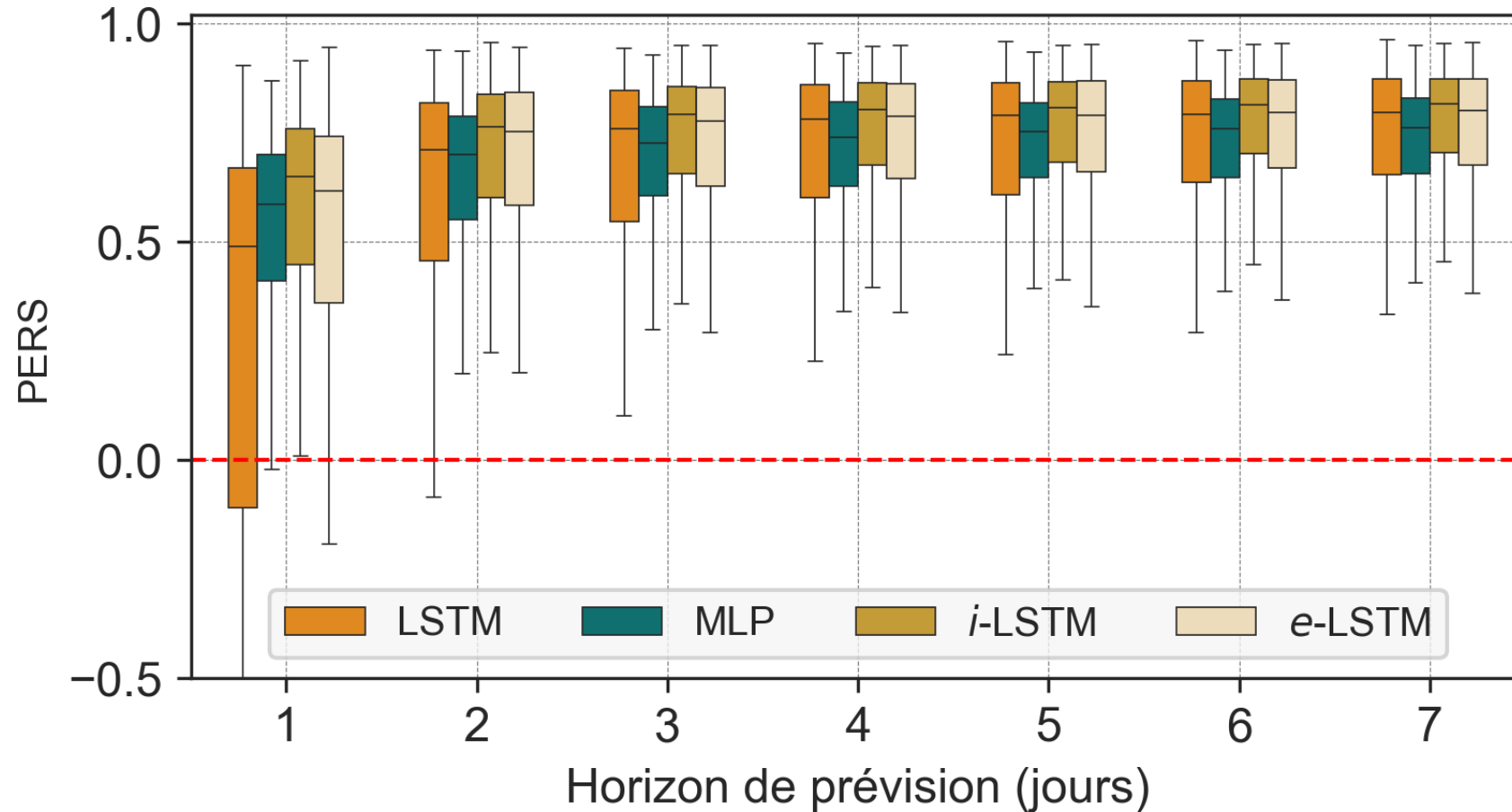
→ Score de Brier (Brier, 1950)

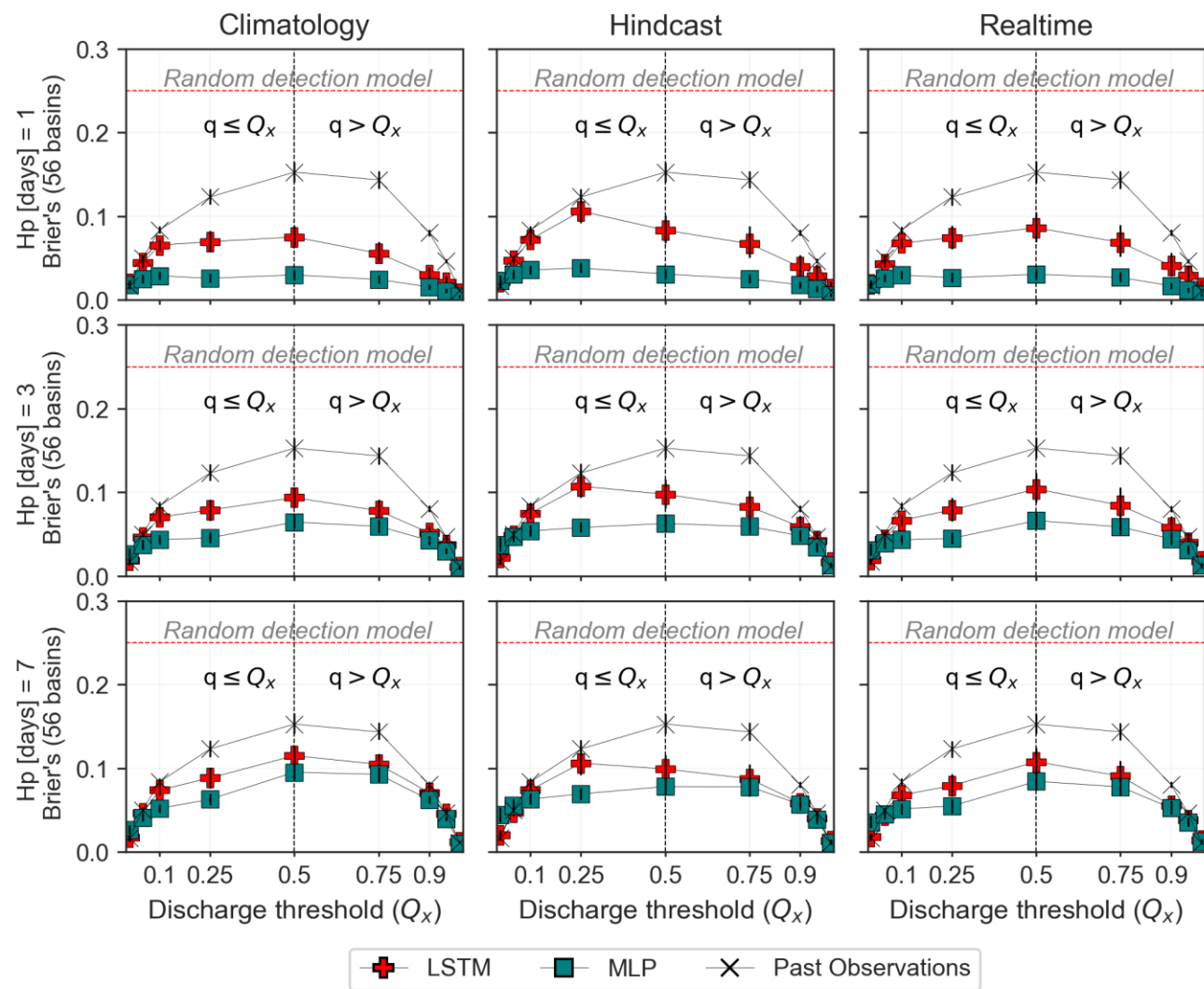


[FR] Performances en prévision: Pers.



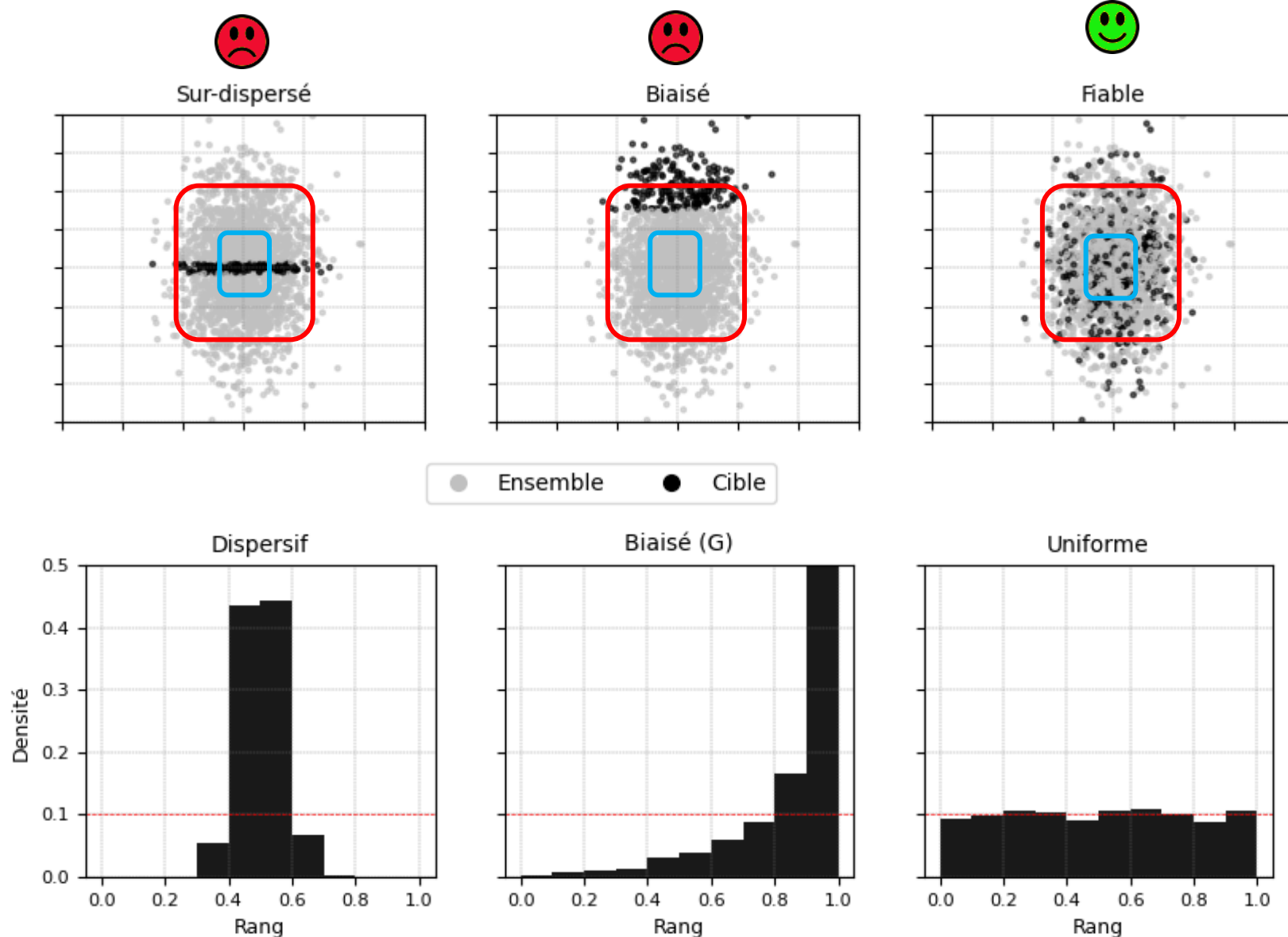
[US] Performances en prévision: Pers.





Quid de la prévision dans l'incertain ??

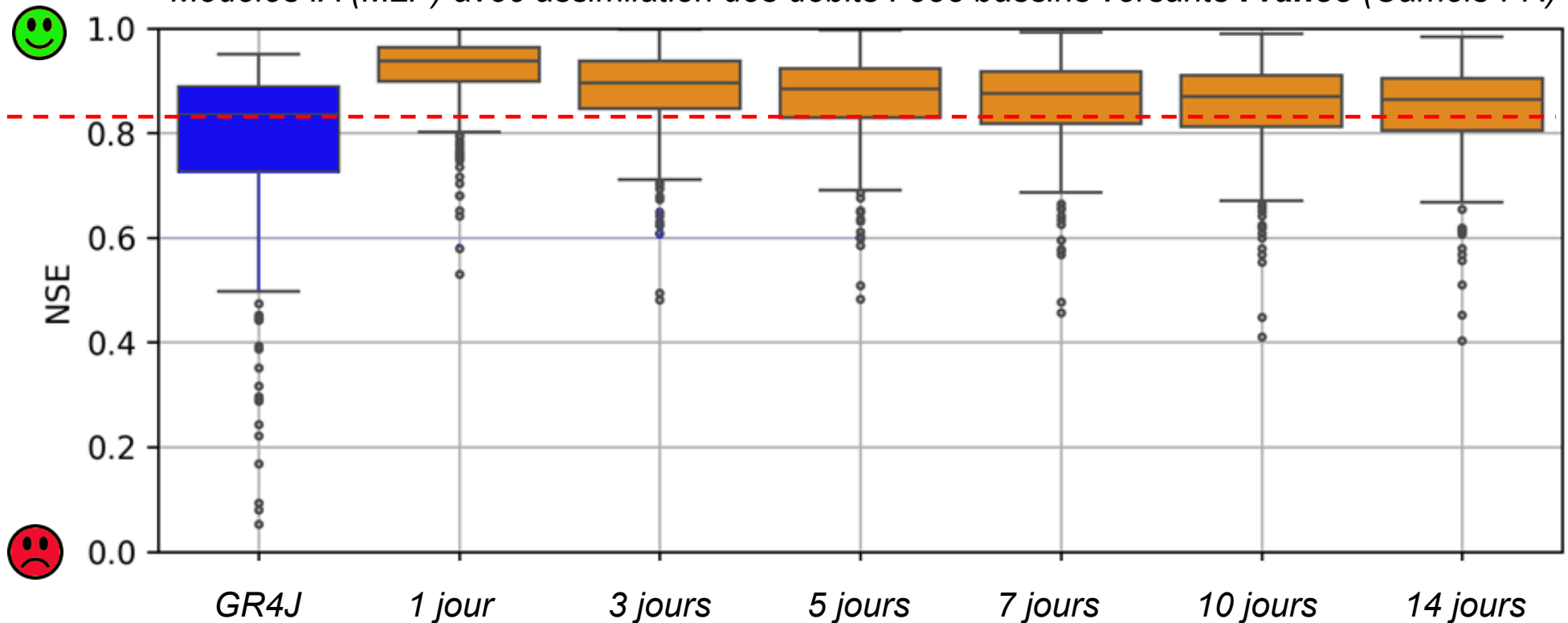
Quelles qualités
recherchées
dans une
prévision
ensembliste
(probabiliste)
?



Opérationnalisation : Collaboration LabCom (AiQua)

Résultats: une analyse prédictive à courtes échéances

Modèles IA (MLP) avec assimilation des débits : 338 bassins versants **France** (Camels-FR)

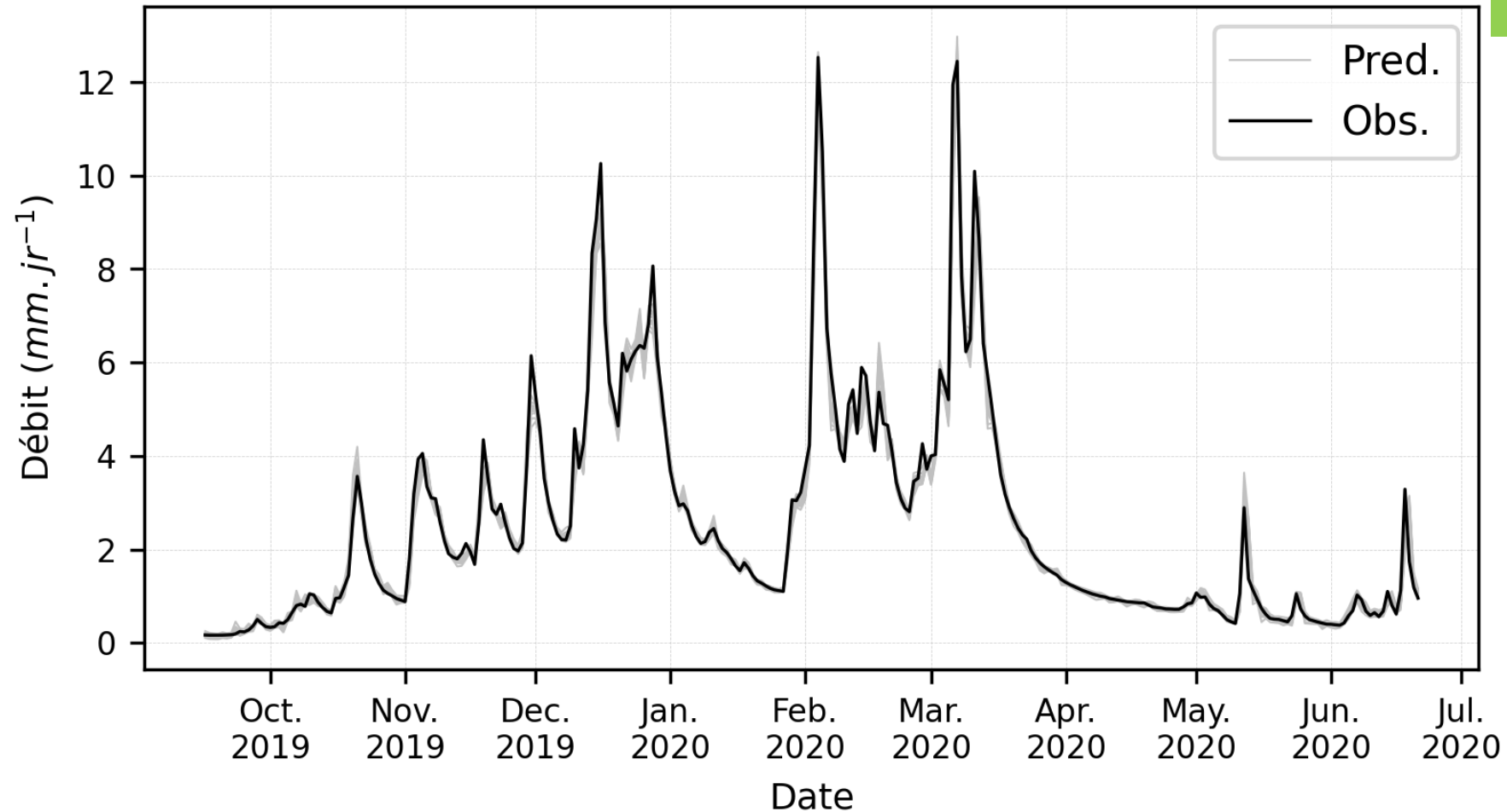


médiane
GR4J

Quid de la prévision dans l'incertain ??

MLP

Prévision sur U047401001 pour 1 jours
en mode PERF



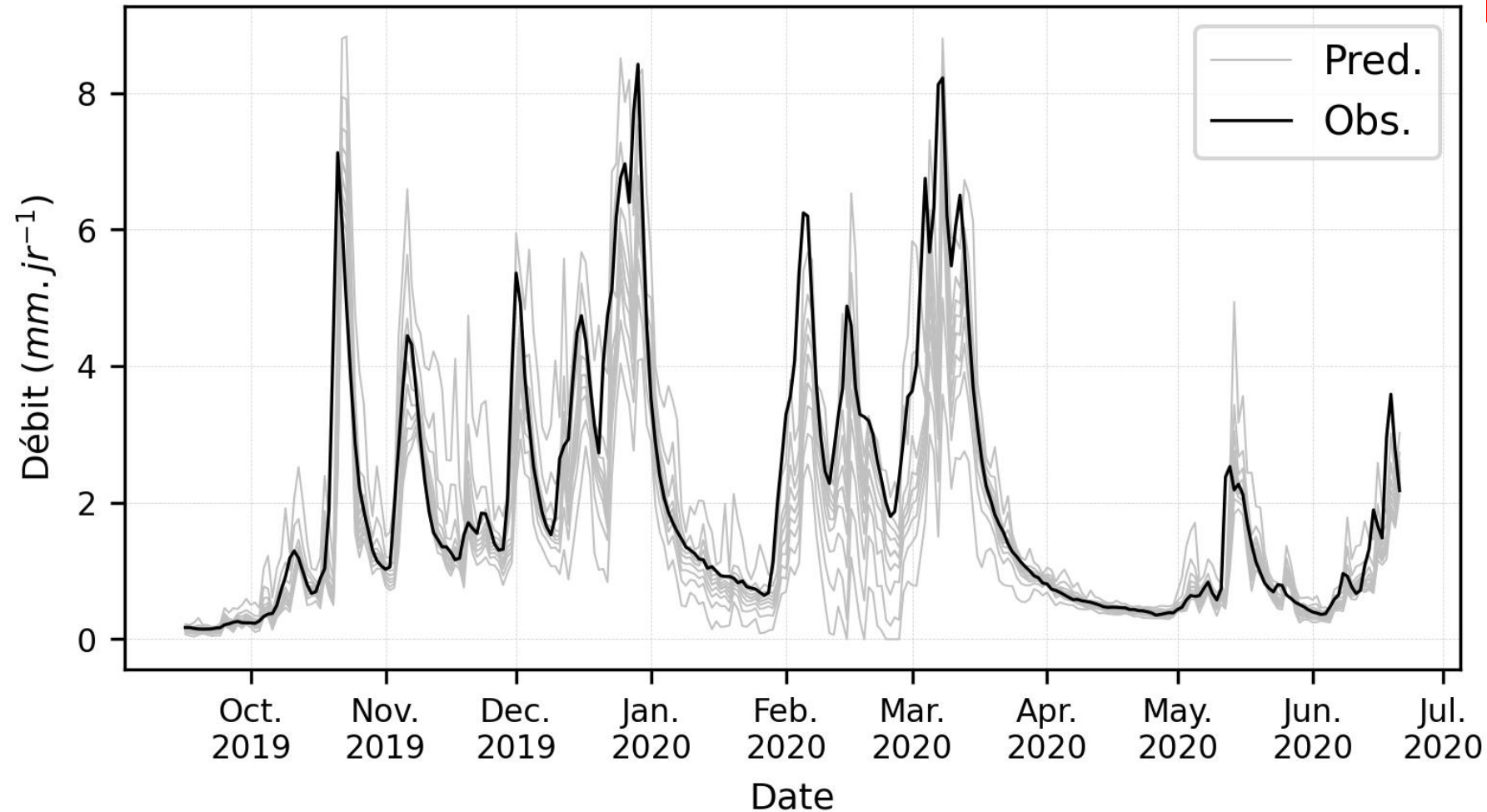
Scenarior en
Pluie-Parfaite



Quid de la prévision dans l'incertain ??

MLP

Prévision sur U272201001 pour 3 jours
en mode CLIM



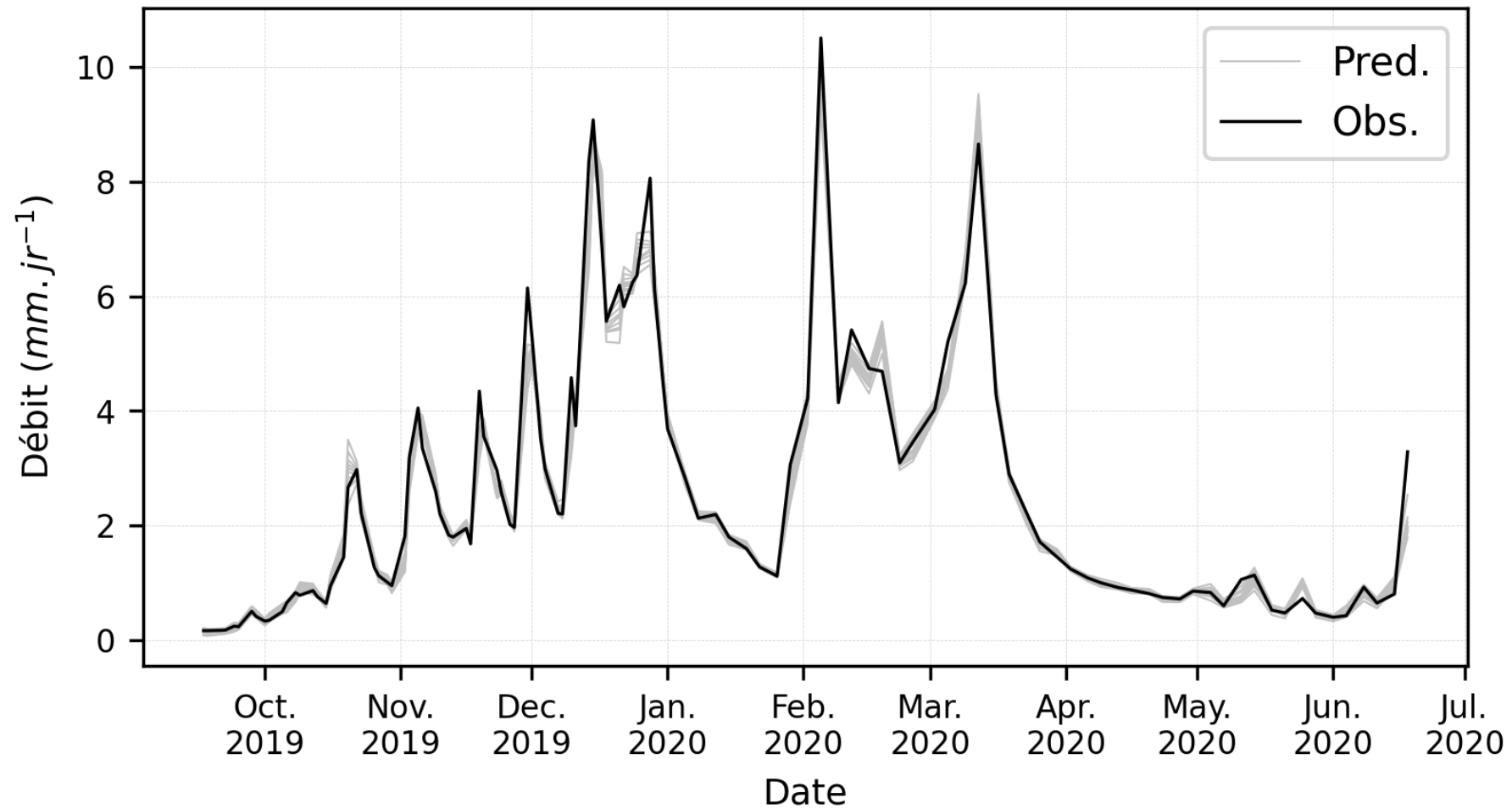
**Scenario très
incertain**



Quid de la prévision dans l'incertain ??

MLP

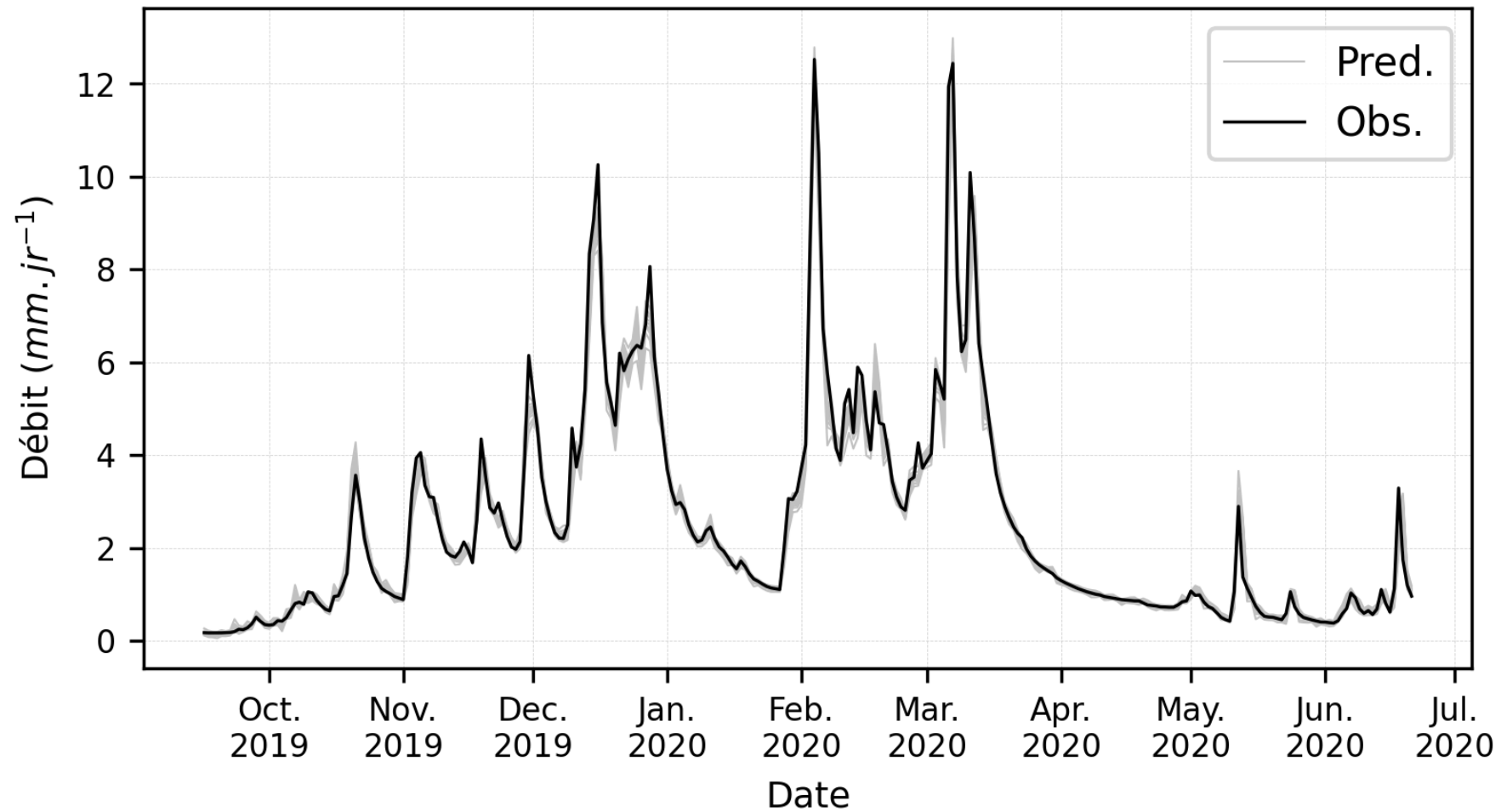
Prévision sur U047401001 pour 1 jours
en mode HIND



Quid de la prévision dans l'incertain ??

MLP

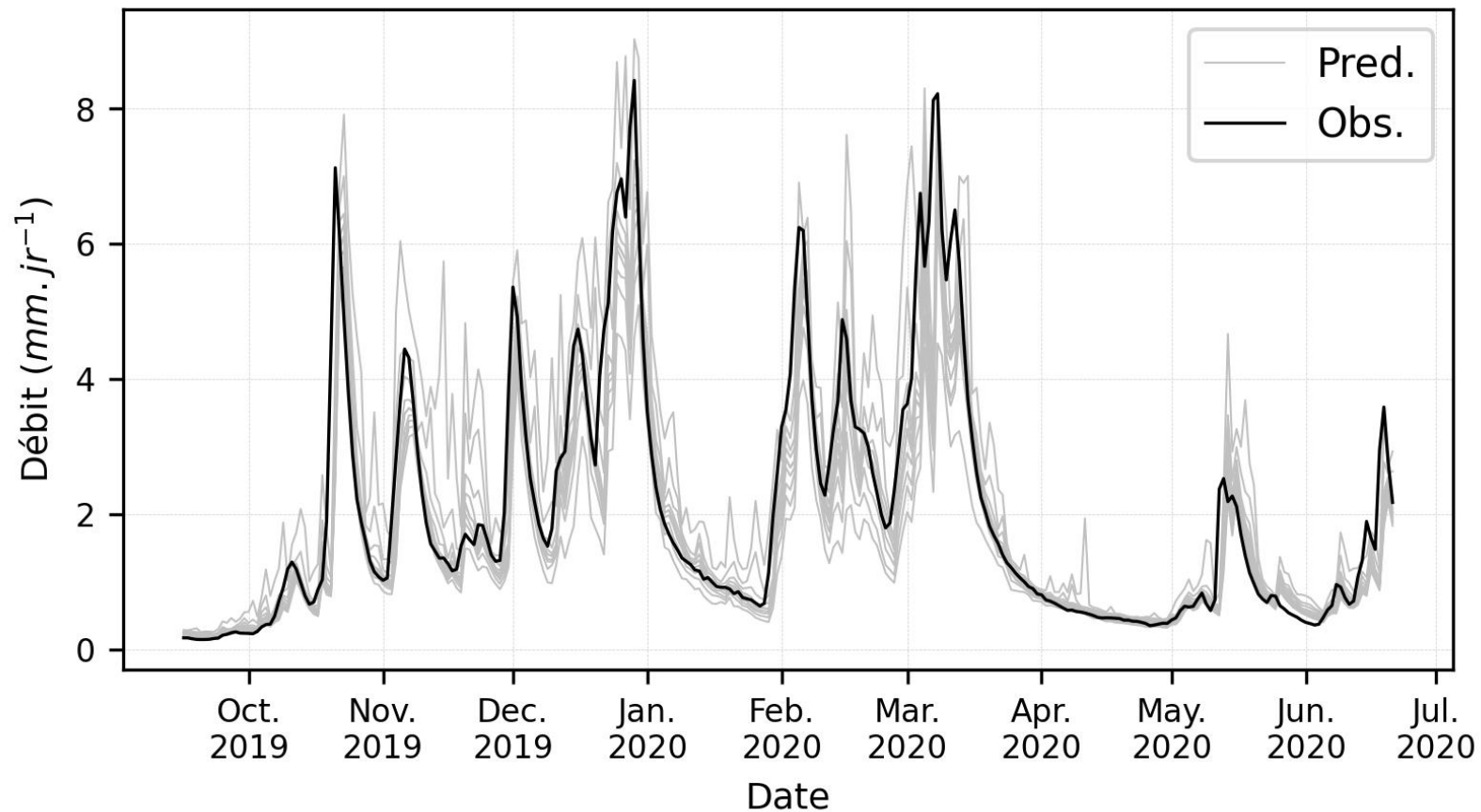
Prévision sur U047401001 pour 1 jours
en mode CLIM



Quid de la prévision dans l'incertain ??

LSTM

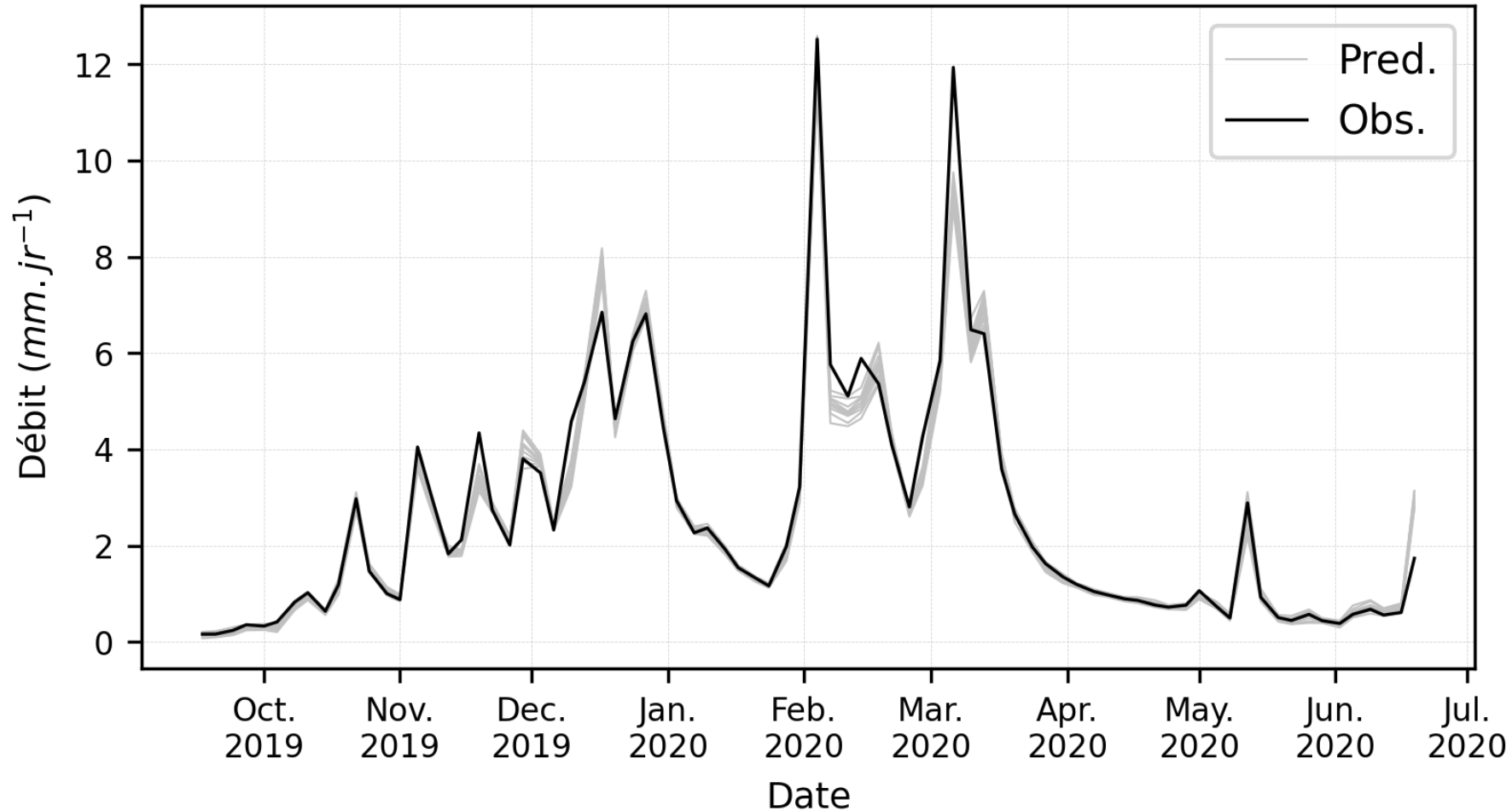
Prévision sur U272201001 pour 3 jours
en mode CLIM



Quid de la prévision dans l'incertain ??

MLP

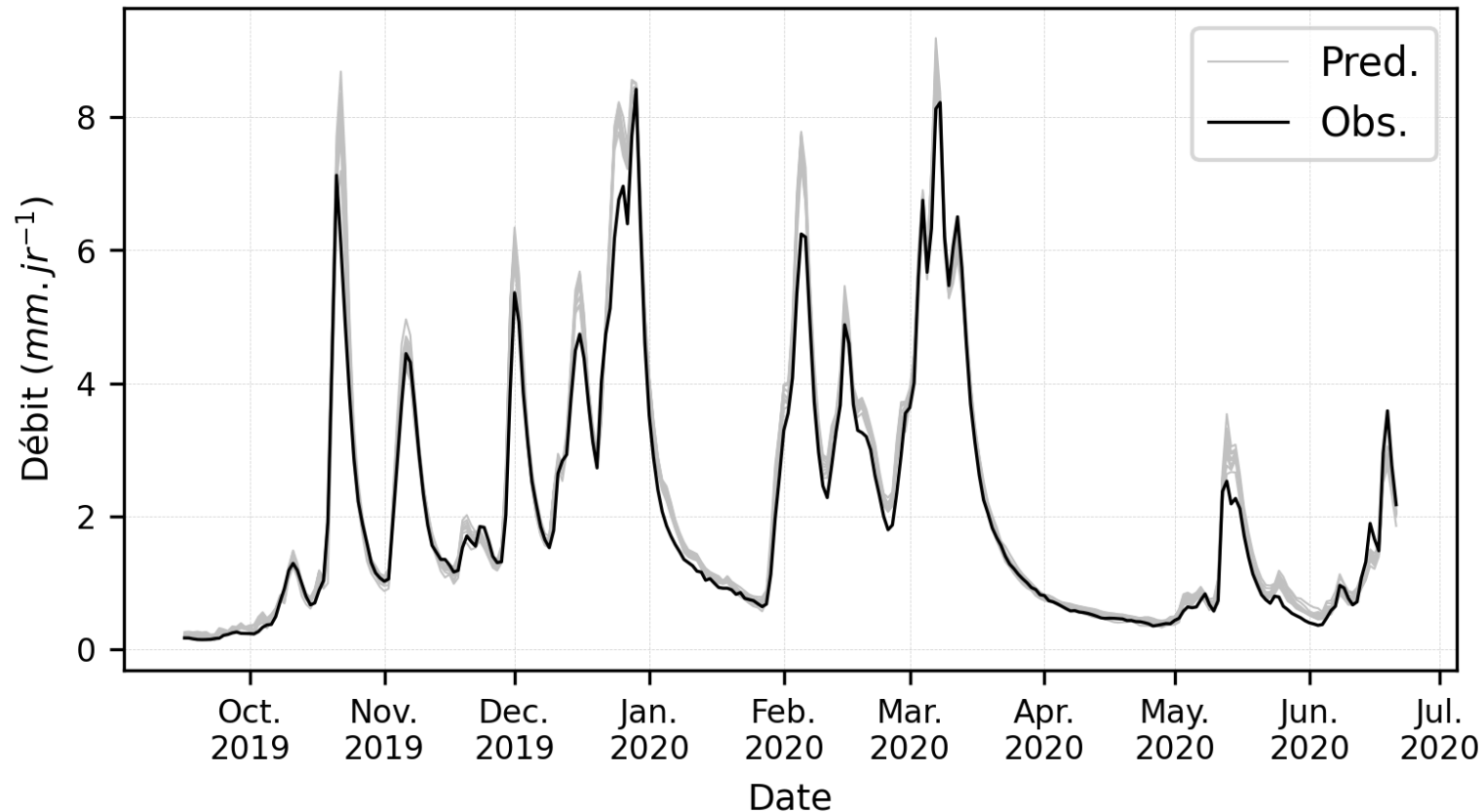
Prévision sur U047401001 pour 1 jours
en mode REAL



Quid de la prévision dans l'incertain ??

LSTM

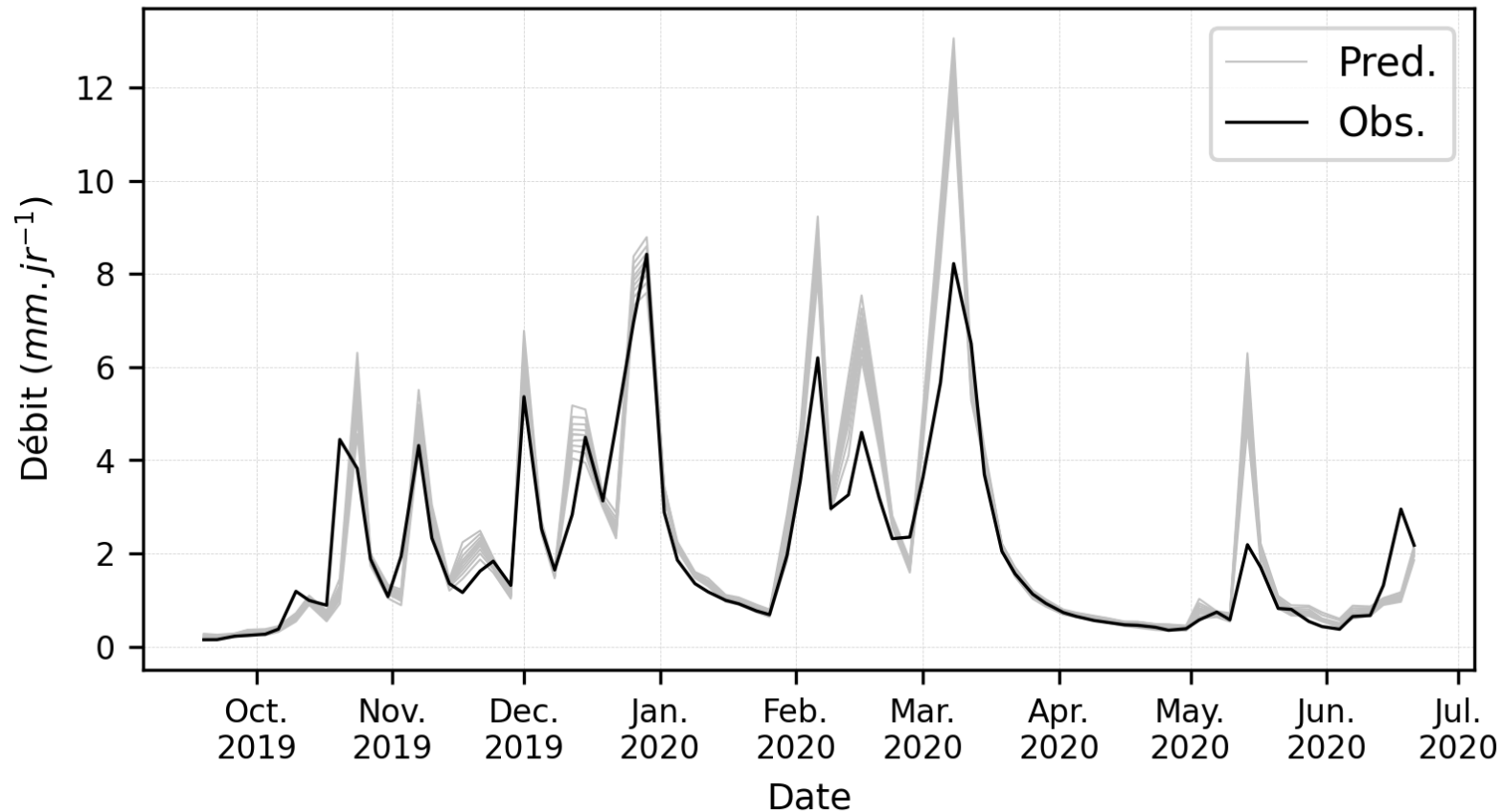
Prévision sur U272201001 pour 3 jours
en mode PERF



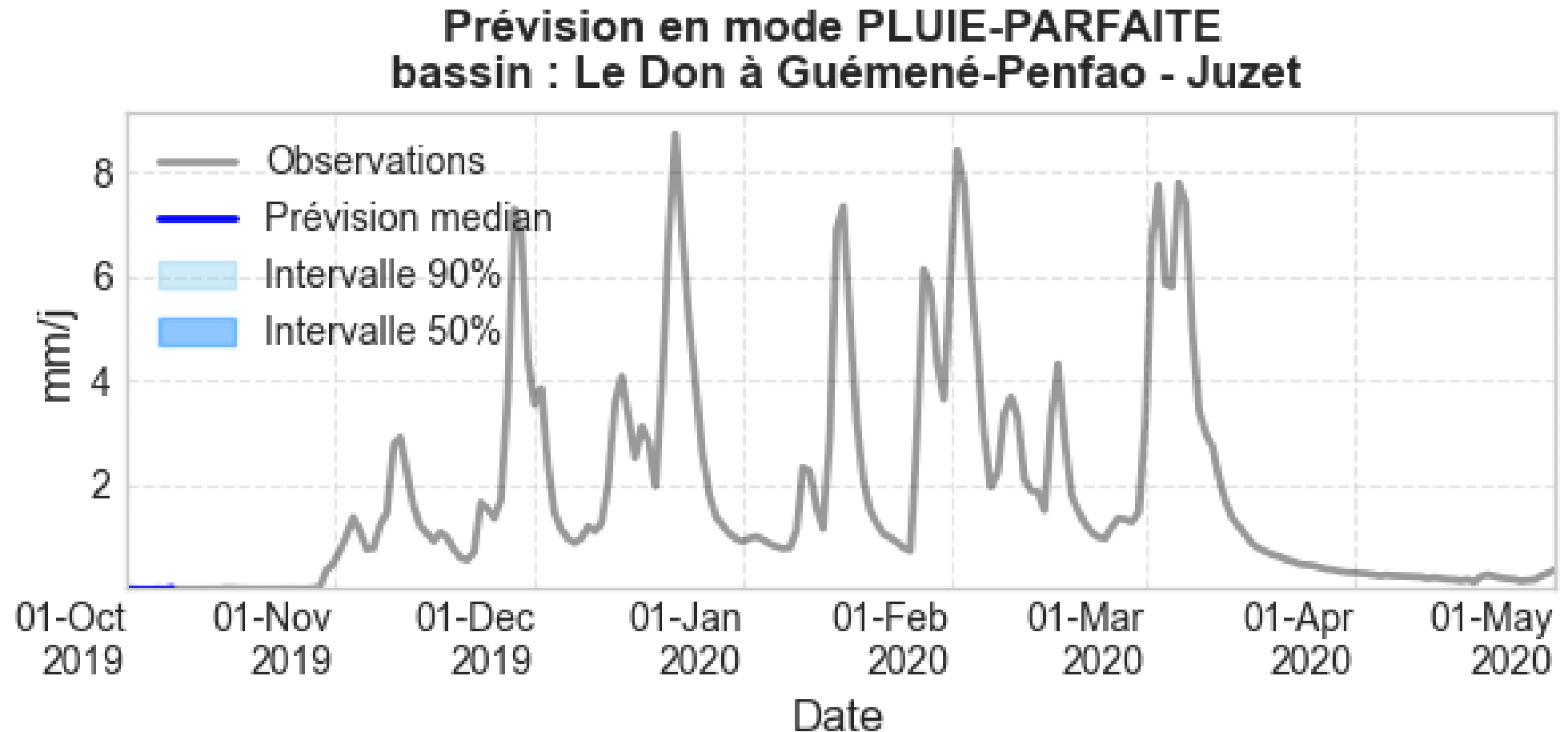
Quid de la prévision dans l'incertain ??

LSTM

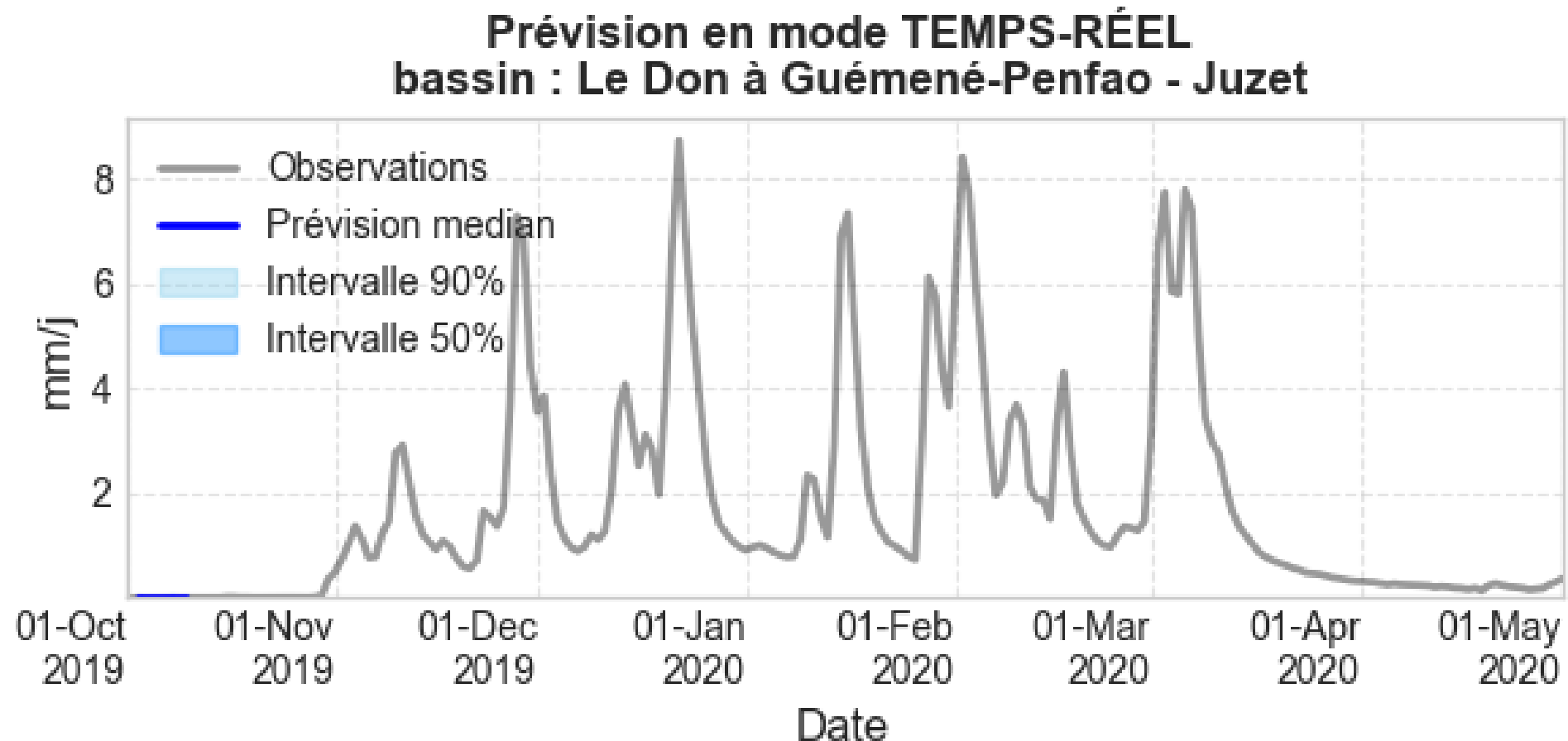
Prévision sur U272201001 pour 3 jours
en mode REAL



Quid de la prévision dans l'incertain ??

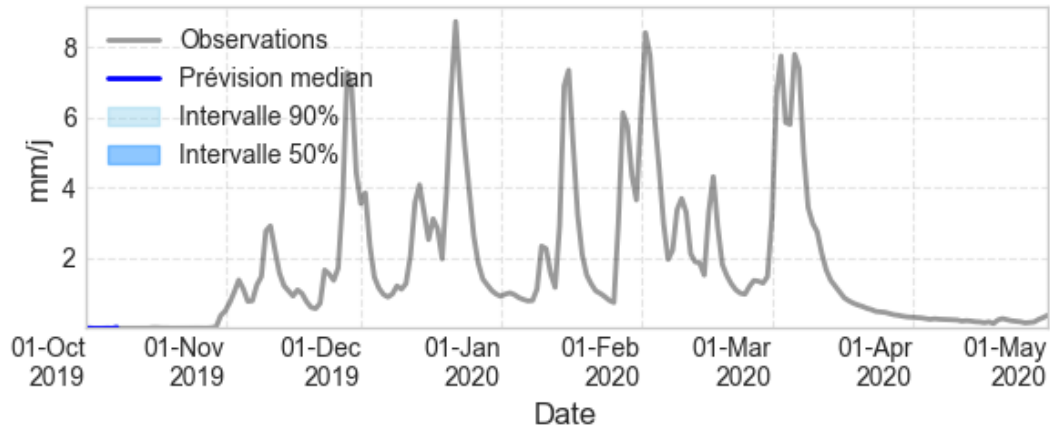


Quid de la prévision dans l'incertain ??

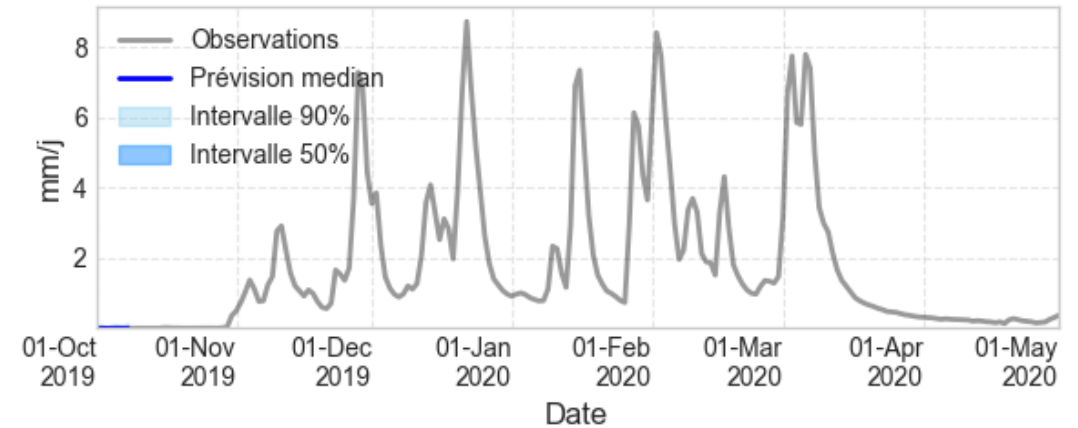


Quid de la prévision dans l'incertain ??

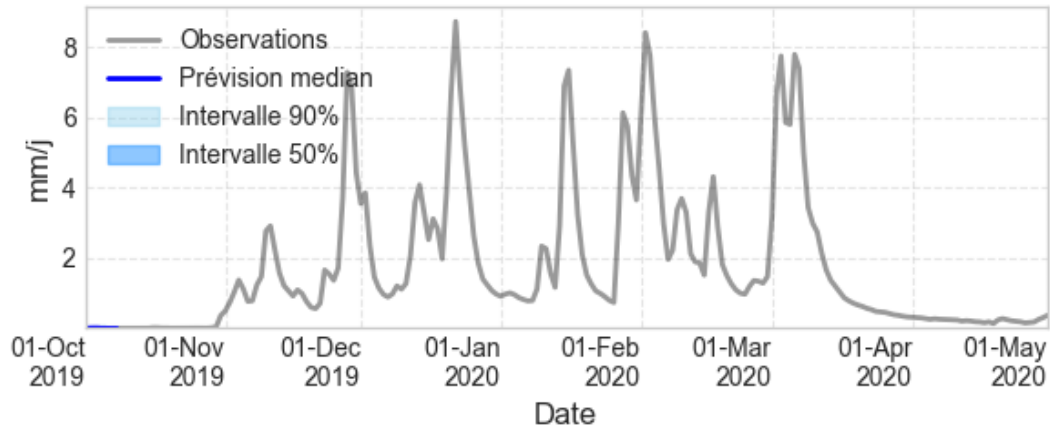
Prévision en mode PLUIE-PARFAITE
bassin : Le Don à Guéméné-Penfao - Juzet



Prévision en mode CLIMATOLOGIE
bassin : Le Don à Guéméné-Penfao - Juzet



Prévision en mode HINDCAST
bassin : Le Don à Guéméné-Penfao - Juzet



Prévision en mode TEMPS-RÉEL
bassin : Le Don à Guéméné-Penfao - Juzet

