

# Évaluation des prévisions d'ensemble PIAF dans la chaîne d'avertissement Vigicrues Flash

## Contexte et objectif

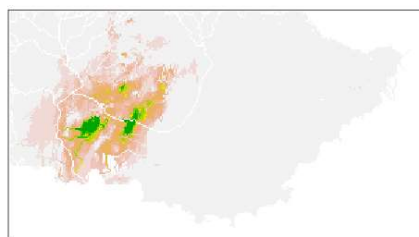


En moyenne et par an, les inondations coûtent 555 millions d'euros et causent la mort de 7 personnes. Parmi les 8 inondations les plus coûteuses depuis 1989, 4 étaient des crues soudaines, qui se caractérisent par une montée des eaux très rapide. Ces constats et les derniers rapports du GIEC montrent qu'il demeure crucial de développer des nouvelles méthodes permettant d'anticiper ces phénomènes. L'objectif de ce TFE est d'évaluer un nouveau produit de prévision des précipitations, le produit PIAF probabiliste, dans la chaîne d'alerte aux crues Vigicrues Flash.

## Qu'est ce qu'une prévision probabiliste?

Une prévision probabiliste, ou prévision d'ensemble, permet de quantifier les incertitudes sous-jacentes aux prévisions de pluie. Plutôt que de prédire un scénario unique de pluie future (ce que l'on appelle une prévision *déterministe*), plusieurs scénarios sont générés; ce sont les *membres* de la prévision d'ensemble. L'ensemble PIAF (pour Prévision Immédiate Agrégée Fusionnée) utilisé dans ce TFE comporte 17 membres.

Lorsque l'on s'intéresse à des dépassements de seuils de précipitation ou de débits, les membres d'une prévision d'ensemble peuvent être vus comme un échantillon d'une variable aléatoire. Ainsi, on peut calculer la probabilité de dépassement d'un seuil, qui est égale au pourcentage de membres qui dépassent ce seuil.

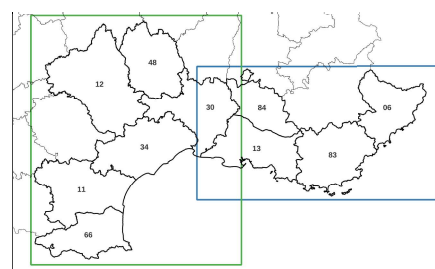


Carte de probabilité de dépassement d'un seuil

## Les données utilisées

Le principe de l'évaluation d'un produit de précipitation est de rejouer une période ou un événement, et de comparer les résultats obtenus par ce jeu aux observations. Puisque l'objectif de ce TFE était d'évaluer l'apport d'un nouveau produit de prévision dans le système Vigicrues Flash, des événements de crues soudaines ont été choisis. Au total, 8 événements s'étant produits sur le Sud-Est de la France entre 2019

et 2021 ont été sélectionnés. Les données de pluie PIAF probabiliste sur chacun de ces événements ont été fournies par Météo-France. Avant de pouvoir être utilisées, ces données ont dû être pré-traitées : recompression, reprojexion, décumul et tri.



Les zones d'étude

Les données de pluie PIAF ainsi préparées ont ensuite été injectées dans un modèle hydrologique qui les a transformées en données de débits. Le modèle ayant été utilisé est le même que celui actuellement opérationnel dans Vigicrues Flash : le modèle SMASH sans routage de l'écoulement de pixel en pixel. Ce modèle

a également permis d'obtenir des débits de référence correspondant à différents niveaux de rareté d'une crue à l'échelle du pixel d' $1km^2$  du territoire. Pour cela, il a fallu effectuer un rejeu hydrologique sur une longue période, et ajuster une distribution statistique aux débits obtenus. Ainsi, les données de débits PIAF au pixel peuvent être comparées à des débits de référence, de la même manière que dans la chaîne Vigicrues Flash.

### La méthode d'évaluation

Pour réaliser une évaluation robuste des prévisions PIAF par le prisme de l'hydrologie (c'est à dire en se focalisant sur les valeurs de débits et en considérant une référence qui n'est non pas le débit observé, mais le débit simulé par la pluie observée), il a fallu développer une méthode pertinente. Les attributs les plus importants d'une prévision d'ensemble étant la fiabilité et la résolution, deux outils intéressants sont le diagramme de rang et la courbe ROC.

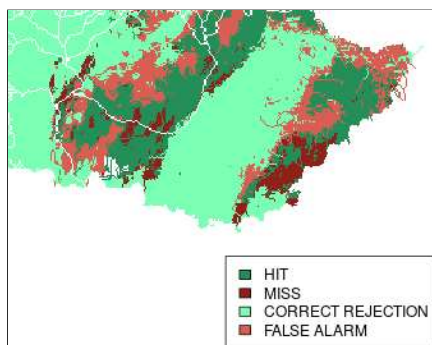
Le diagramme de rang permet de situer la référence (simulation hydrologique à partir de la pluie observée) parmi les membres de la prévision. Ainsi, un diagramme équilibré indique une bonne fiabilité du système de prévision. Un diagramme en cascade ou en cloche identifie un biais ou une mauvaise dispersion de l'ensemble.

La courbe ROC se trace par le calcul de scores de contingence. Les tableaux de contingence ont été construits en regardant, sur chaque pixel, les dépassements respectifs d'un seuil de débit par la simulation de référence et par les simulations PIAF. Quatre cas sont possibles :

	Ref $\geq$ Seuil	Ref $<$ Seuil
PIAF $\geq$ Seuil	HIT	FALSE ALARM
PIAF $<$ Seuil	MISS	CORR. REJECT.

Le calcul des tableaux contingence fait l'objet d'une méthode rigoureuse. La méthode appliquée dans ce stage est inspirée d'une thèse

en cours de réalisation à l'Université Gustave Eiffel, portant sur les mêmes problématiques que celles du stage. Quelques modifications ont été apportées à la méthode originale pour répondre à une contrainte d'échantillonnage et pour adapter cette méthode à une évaluation à l'échelle du pixel (plutôt qu'à l'échelle du bassin versant). Les tableaux de contingence peuvent être représentés sous forme de carte, et peuvent également servir au calcul de scores de contingence. Ici, une adaptation de la courbe ROC a été proposée pour une évaluation à l'échelle du pixel : le score CSI (Critical Success Index), qui est le ratio du nombre de HIT, sur le nombre d'événements ajouté au nombre de FALSE ALARM. Un CSI proche de 1 indique une bonne résolution du système de prévision.



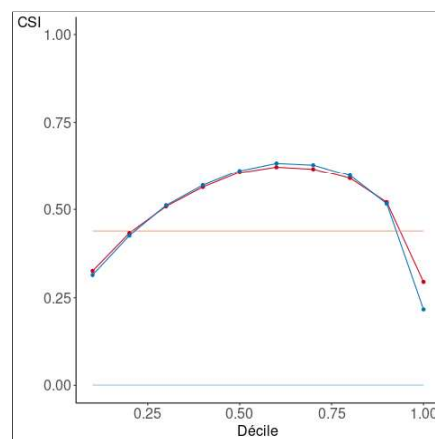
Représentation spatiale des tableaux de contingence

### Les résultats obtenus

Les diagrammes de rang obtenus étaient, pour chacun des huit événements d'étude, plutôt sous-dispersés. Pour améliorer la fiabilité d'un ensemble, il est toujours possible de modifier l'ensemble original en le multipliant par un facteur à optimiser, ou en ajoutant un membre fictif. La solution retenue fut d'ajouter le scénario de pluie future constante comme 18<sup>ème</sup> membre de l'ensemble. Cela a eu pour conséquence de réduire légèrement la dispersion de l'ensemble et donc d'améliorer un peu sa fiabilité. Il est très

rare voire impossible en pratique d'avoir des diagrammes de rang plats pour les prévisions d'ensemble en hydrométéorologie.

La comparaison des courbes CSI du scénario de pluie future nulle (en bleu clair), du scénario de pluie future constante (en orange), de l'ensemble PIAF original (en rouge) et modifié (en bleu foncé), a montré d'une part, que les ensembles PIAF étaient meilleurs que les deux scénarios naïfs, et d'autre part, que l'ensemble PIAF modifié avait une résolution légèrement meilleure que l'ensemble PIAF original.



Courbes CSI d'un des huit événements

### Conclusion

L'intérêt de ce TFE se porte sur la méthode développée avant de se porter sur les quelques résultats obtenus. En effet, c'est la première fois qu'une chaîne PIAF probabiliste - Vigicrues Flash est proposée et évaluée. Ce travail a également permis de proposer une nouvelle méthode d'évaluation à une échelle spatio-temporelle très fine, et de l'appliquer sur huit événements récents de crue soudaine. Cela a permis d'apporter des premiers éléments de réponse sur la performance des prévisions probabilistes PIAF à prévoir des crues à travers la chaîne d'avertissement Vigicrues Flash : le fait que PIAF donne de meilleurs résultats que le scénario de pluie future constante est un premier résultat très encourageant.