

PROBLÉMATIQUE

Dans un contexte d'accroissement des risques hydroclimatiques, la **prévision des crues** est une question majeure de nos sociétés. Pour cela, la **modélisation hydrologique** nécessite une bonne connaissance du fonctionnement des bassins versants. Les **bassins à composante karstique** présentent des processus hydrologiques spécifiques :

- forte **infiltration** qui limite le ruissellement de surface,
- Importantes **interactions eaux de surface/eaux souterraines** (dont les échanges souterrains interbassins, appelés IGF : **Interbasin Groundwater Flow** [1]),
- forte **hétérogénéité spatiale**.

L'étude présentée ici, qui, a deux objectifs :

- analyser, à l'échelle régionale, **les influences des zones karstiques sur les crues** en rivière à une **fine résolution spatiale et temporelle**,
- proposer des pistes de prise en compte de ces influences dans les **modélisations hydrologiques de prévision de crue**, avec l'exemple des modèles Gardénia [2] et GR5H [3].

Ce travail a été mené dans le cadre d'une thèse multi-approches sur la réponse hydrologique des bassins karstiques [4] financée par le BRGM et la DGPR via le SCHAPI.

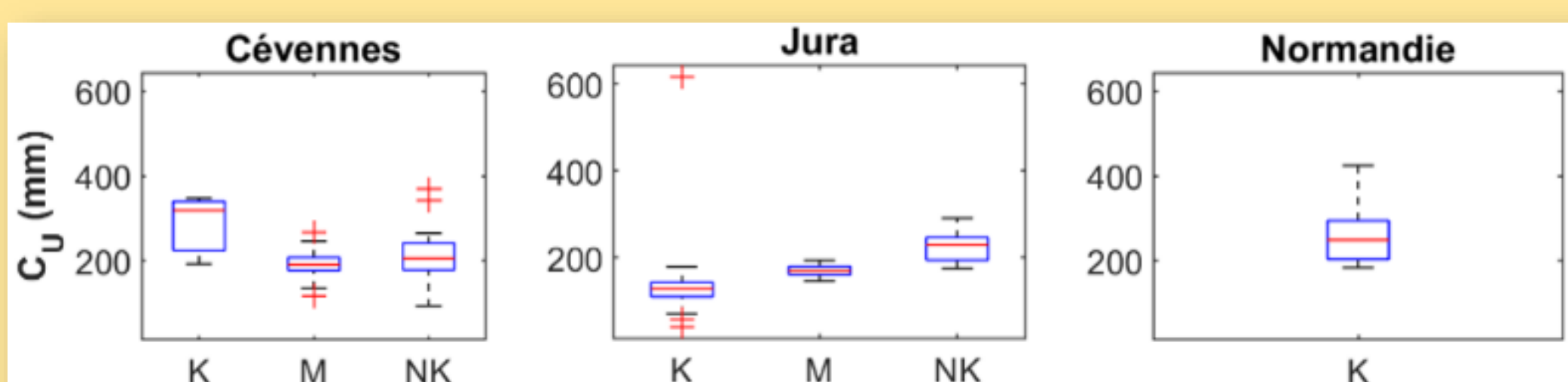
MÉTHODOLOGIE

La réponse hydrologique des bassins est analysée à l'aide de 15 descripteurs [5] calculés à l'échelle des tronçons de rivière (entre deux stations de jaugeage), sur les 20 événements de crue les plus importants disponibles. Les descripteurs sont ensuite analysés statistiquement selon la présence de karst et la saison. Ils sont de 3 types :

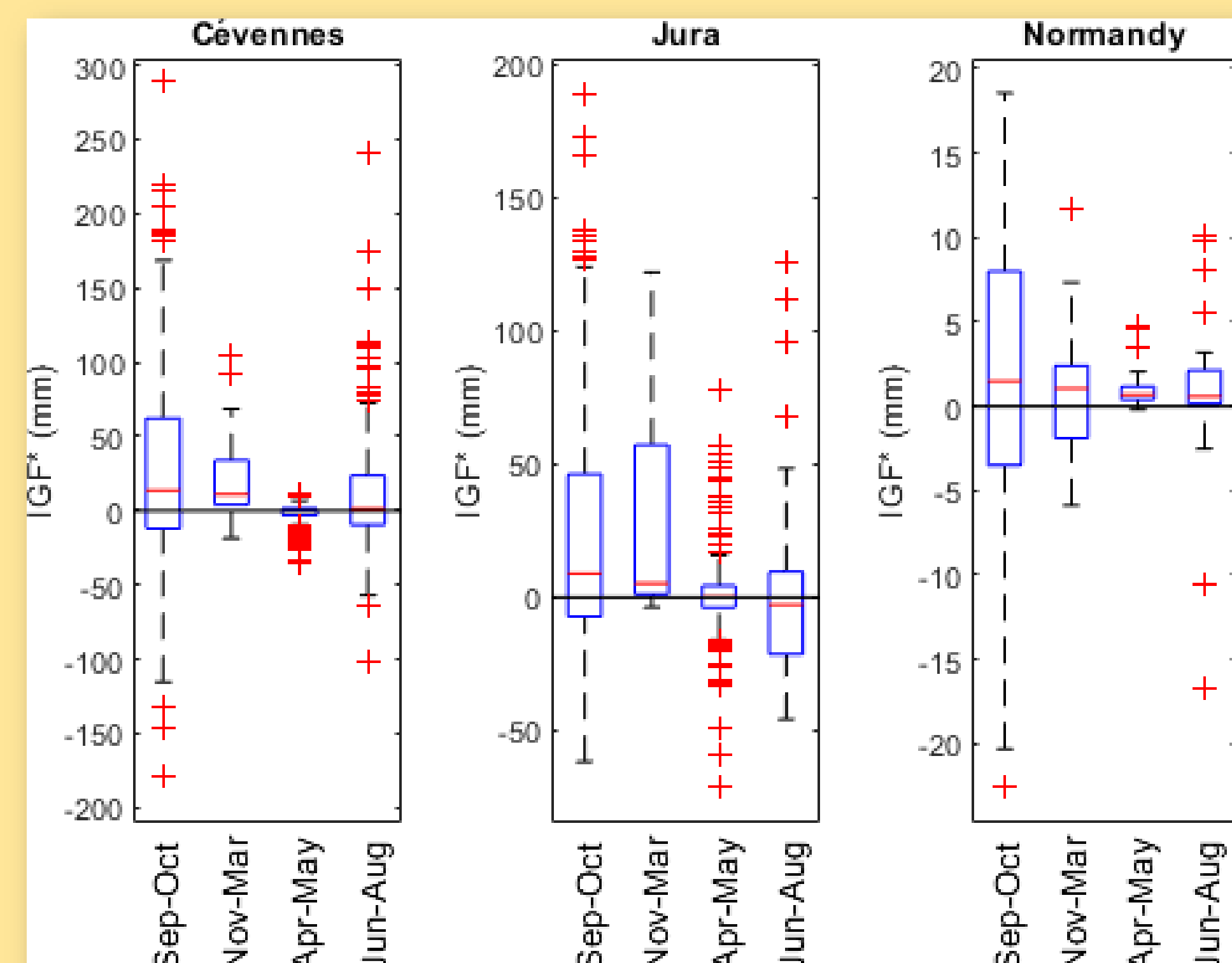
- Descripteurs de bilan hydrologique** basés sur le calcul de lames d'eau (précipitations, écoulements surfaciques, souterrains), exprimées comme la différence des flux entrants et sortants.
- Descripteurs d'hydrogrammes** renseignant sur la dynamique des crues et la propagation de l'onde de crue.
- Descripteurs des échanges latéraux** renseignant sur la dynamique des gains et pertes à l'échelle du tronçon de rivière, basés sur la simulation des flux d'échanges latéraux grâce à l'approche inverse du modèle d'onde diffusante entre 2 stations [6].

RÉSULTATS

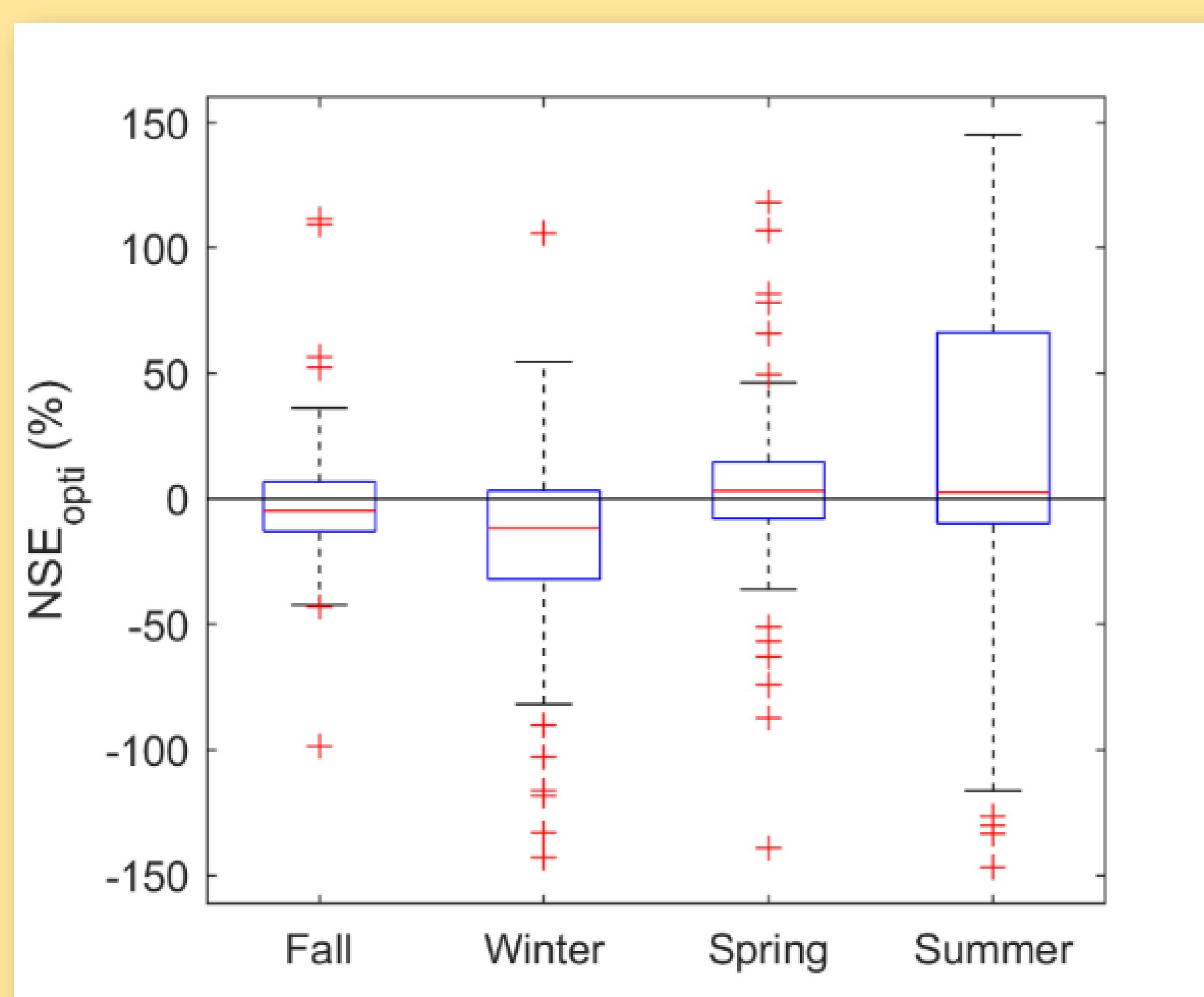
- La figure 1 montre l'influence de la présence de karst sur la valeur des paramètres liés à la capacité de la fonction de production des modèles. Dans le Jura, cette **capacité diminue avec la présence de karst** (sols fins voire inexistant sur le karst). Dans les Cévennes, on observe l'inverse, probablement dû au fait que les bassins non karstiques sont sur des zones de forte pente.
- La figure 2 montre que les flux d'échanges souterrains **interbassin (IGF) sont globalement en export de septembre à mars, puis tendent vers zéro d'avril à août**, voire s'orientent en import dans le cas du Jura. Ceci est probablement dû à l'état de saturation des aquifères karstiques qui varie au cours de l'année hydrologique.
- La figure 3 montre que la calibration du modèle GR5H avec **des jeux de paramètres spécifiques à la saison peut permettre d'obtenir de meilleures simulations** qu'avec des jeux de paramètres obtenus en calibrant sur l'ensemble des périodes disponibles.



1) Variation saisonnière des paramètres optimaux C_j de Gardénia et $X1$ de GR5H selon la présence de karst.

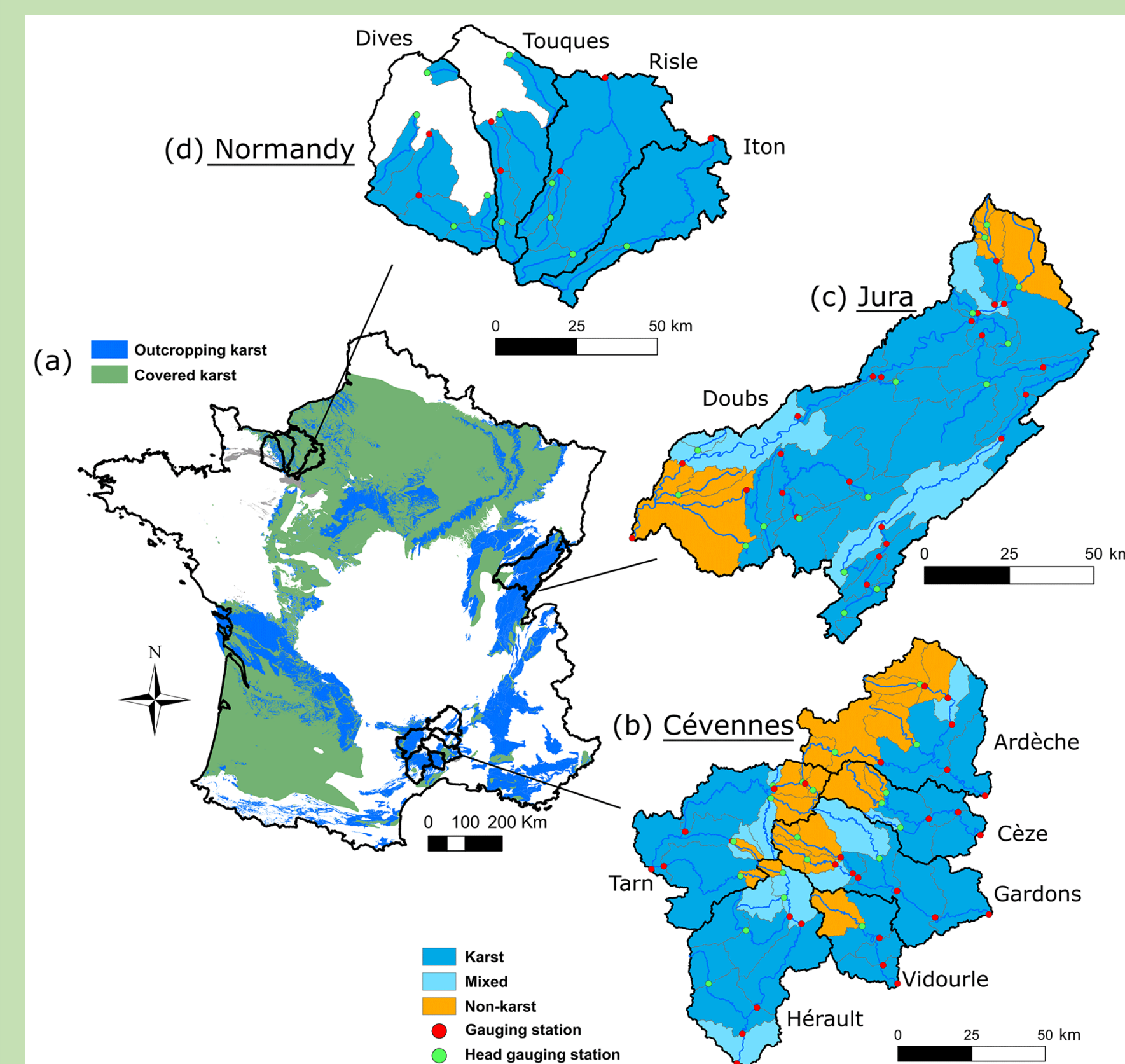


2) Lames d'eau des flux d'IGF lors des événements de crue selon la saison.

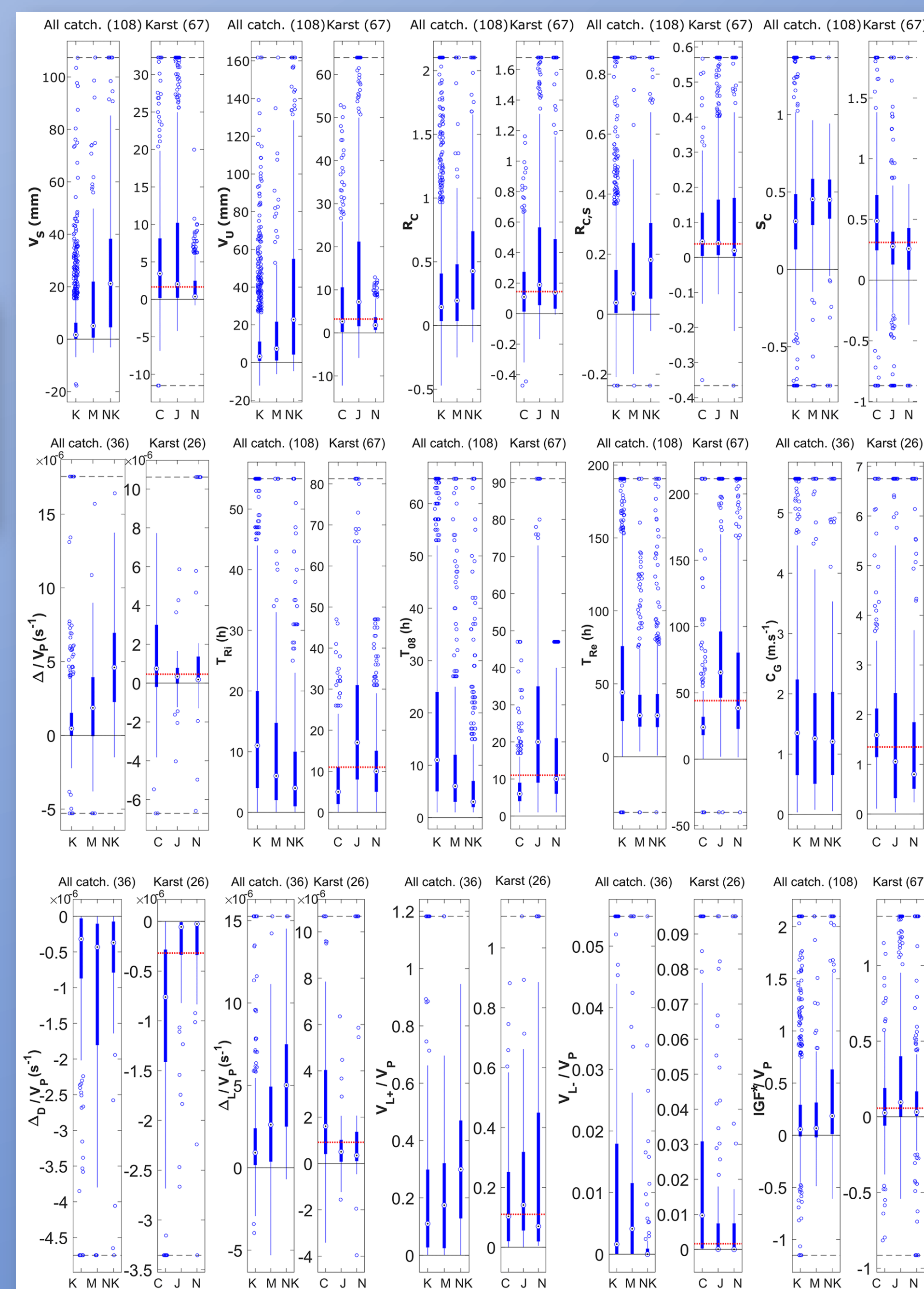


3) Ecart entre le meilleur NSE saisonnier et le NSE global, pour chacune des saisons hydrologiques (GR5H).

SITES D'ÉTUDE



a : Cartographie des aquifères carbonatés de la France (BDLISA).
b, c, d : Emprises des bassins étudiés et type de géologie des bassins élémentaires.



Variation des 15 descripteurs de la réponse hydrologique selon la présence de karst.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Malgré une forte variabilité liée à l'hétérogénéité spatiale des zones karstiques, les résultats montrent que la présence de karst favorise globalement (i) des **pertes en rivière** par infiltration, (ii) une **augmentation des temps caractéristiques** des événements de crue et une **atténuation des débits de pointe** et (iii) des **échanges latéraux en export**. Ces IGFs sortants peuvent être significatifs à l'échelle de l'événement de crue et représenter 50% du débit en rivière ou 20% des précipitations. L'analyse des échanges latéraux – favorisés par la présence de karst – au long de l'année hydrologique montre qu'ils comportent une forte saisonnalité. L'étude de la variabilité des paramètres des modèles selon la présence de karst et la saisonnalité montre que des voies d'amélioration des modélisations prédictives sont possibles, en se basant sur des descripteurs de la réponse hydrologique des bassins. Cette analyse permet d'envisager des **méthodes d'optimisation des prévisions hydrologiques en domaine karstique** avec des modèles conceptuels, et ouvre la voie à la paramétrisation de modèles distribués.

RÉFÉRENCES

- [1] Le Mesnil, M., Charlier, J.-B., Moussa, R., Caballero, Y., and Dörfliger, N., 2020. Interbasin groundwater flow: Characterization, role of karst areas, impact on annual water balance and flood processes, J. Hydrol., 585, 124583
- [2] Thiéry, D., 2014. Logiciel GARDÉNIA, version 8.2, Guide d'utilisation, Rapport final. BRGM/RP-62797-FR, BRGM, Orléans
- [3] Ficchi, A. 2017. "An Adaptive Hydrological Model for Multiple Time-Steps: Diagnostics and Improvements Based on Fluxes Consistency." PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [4] Le Mesnil, M. Signatures Hydrologiques des Bassins Karstiques. 2021. Thèse de doctorat. Montpellier SupAgro.
- [5] Le Mesnil, M., Moussa, R., Charlier, J.-B., Caballero, Y., 2021. Impact of karst areas on runoff generation, lateral flow and interbasin groundwater flow at the storm-event timescale. Hydrol. Earth Syst. Sci. 25, 1259–1282.
- [6] Moussa, R., 1996. Analytical Hayami solution for the diffusive wave flood routing problem with lateral inflow. Hydrological Processes 10, 1209–1227.