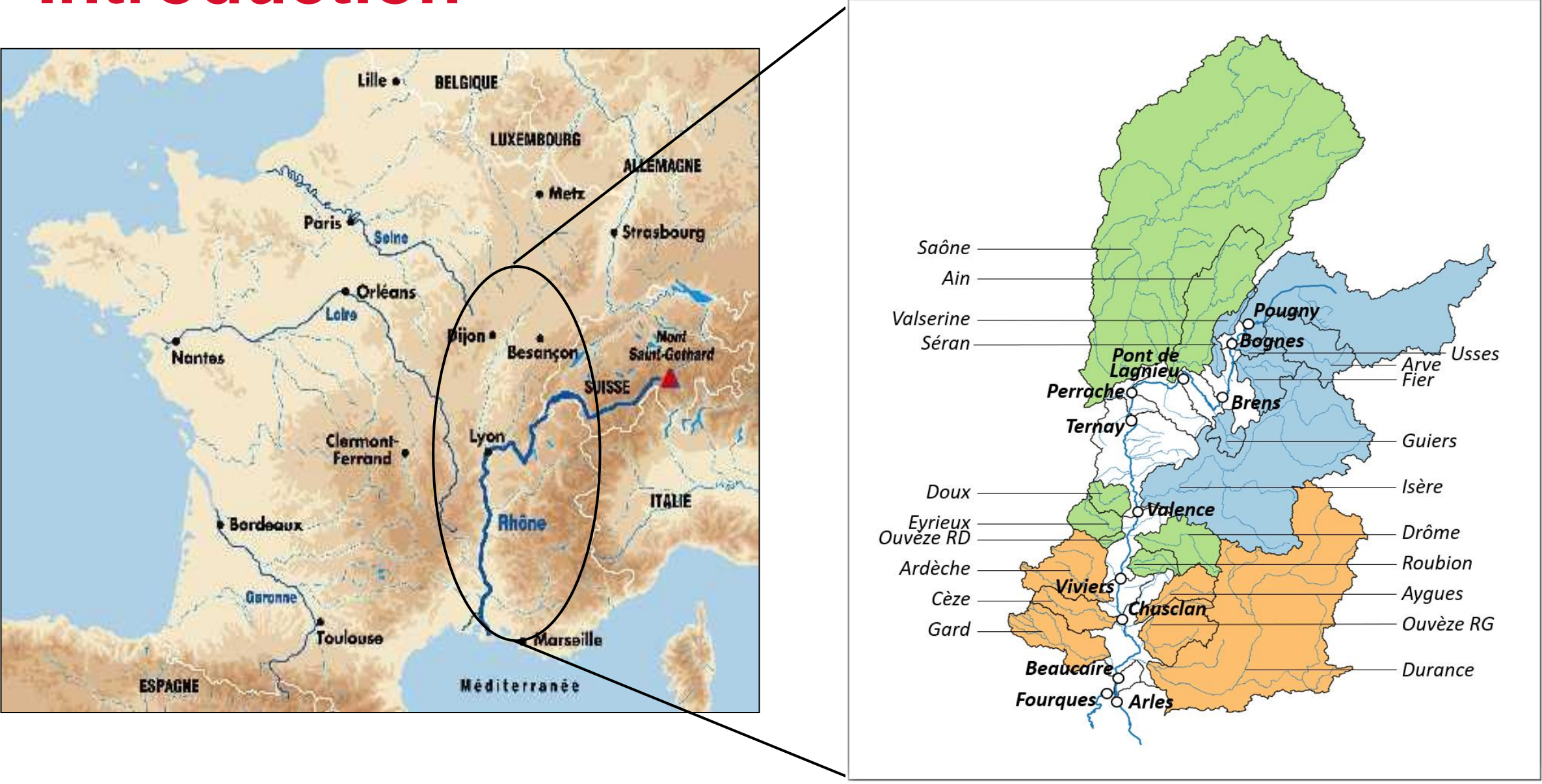


AMÉLIORATION DE LA PRÉVISION DES CRUES GRACE AU COUPLAGE DE MODELES HYDROLOGIQUES GRP



Kherrou S., Devers A., Caillouet L., Vannier O. et Dommanget E.
Compagnie Nationale du Rhône (CNR), Lyon, France

1. Introduction



Compagnie Nationale du Rhône, concessionnaire du fleuve Rhône.

CNR est le 1^{er} producteur français d'énergie 100% renouvelable. La société exploite 19 aménagements le long du Rhône depuis la frontière suisse, selon 3 missions solidaires : produire de l'électricité, favoriser la navigation fluviale, et faciliter l'irrigation des terres agricoles tout en accompagnant le développement durable des territoires.

La prévision des débits du Rhône et de ses affluents est primordiale pour CNR, afin d'optimiser la production d'électricité et de garantir la sûreté hydraulique, notamment en période de crue. Différents types de modèles de prévision des débits sont utilisés, dont le modèle GRP (Berthet, 2010).

La mise à jour du calage des modèles de prévision fut l'occasion d'une réflexion sur les stratégies de calage les plus pertinentes (quel critère de calage et quelle transformation des débits lors du calage).

Objectif : des meilleurs prévisions de débit en toutes situations.

L'objectif de cette étude est d'améliorer les prévisions des débits des affluents du Rhône en proposant une stratégie de calage pertinente, afin d'obtenir des débits cohérents à la fois en période énergétique (débit moyen), et en crue.

2. Méthodologie

La nouvelle stratégie de calage a été inspirée par l'étude d'Oudin et al., (2006) qui propose de combiner les simulations issues de calibrations avec différentes fonctions objectifs en utilisant le modèle GR4J.

Modèles calés sur Q^2 et \sqrt{Q} .

Le modèle est calé deux fois. Le premier calage vise à minimiser la somme quadratiques des erreurs sur le carré du débit $\sum(Q_{obs,j}^2 - Q_{sim,j}^2)^2$, afin de donner plus d'importance aux erreurs sur les forts débits. Le second calage minimise la somme des erreurs quadratiques sur la racine carrée des débits $\sum(\sqrt{Q_{obs,j}} - \sqrt{Q_{sim,j}})^2$, afin de faire ressortir cette fois les erreurs sur les basses eaux. Enfin, une combinaison par pondération des simulations obtenues à partir de ces deux jeux de paramètres est retenue. Une variable interne du modèle (l'état de remplissage d'un réservoir reflétant l'état d'humidité du bassin versant) permet une pondération dynamique des deux simulations.

Application au modèle GRP.

Cette méthodologie, développée avec GR4J, a dû être adaptée au modèle GRP fonctionnant au pas de temps horaire. En effet, les études de sensibilité ont montré qu'il était plus pertinent de considérer une autre variable interne (état de remplissage du réservoir reflétant le transfert dynamique du débit dans le système : ROUT) comme référence afin de pondérer les prévisions.

L'évaluation de l'apport de cette démarche dans les prévisions de débits s'est faite avec des rejeux de plusieurs événements sur des affluents du Rhône. Les prévisions ont été fournies à partir de modèles calés sur la période 2012-2018 et la validation s'est faite sur la période 2019-2020.

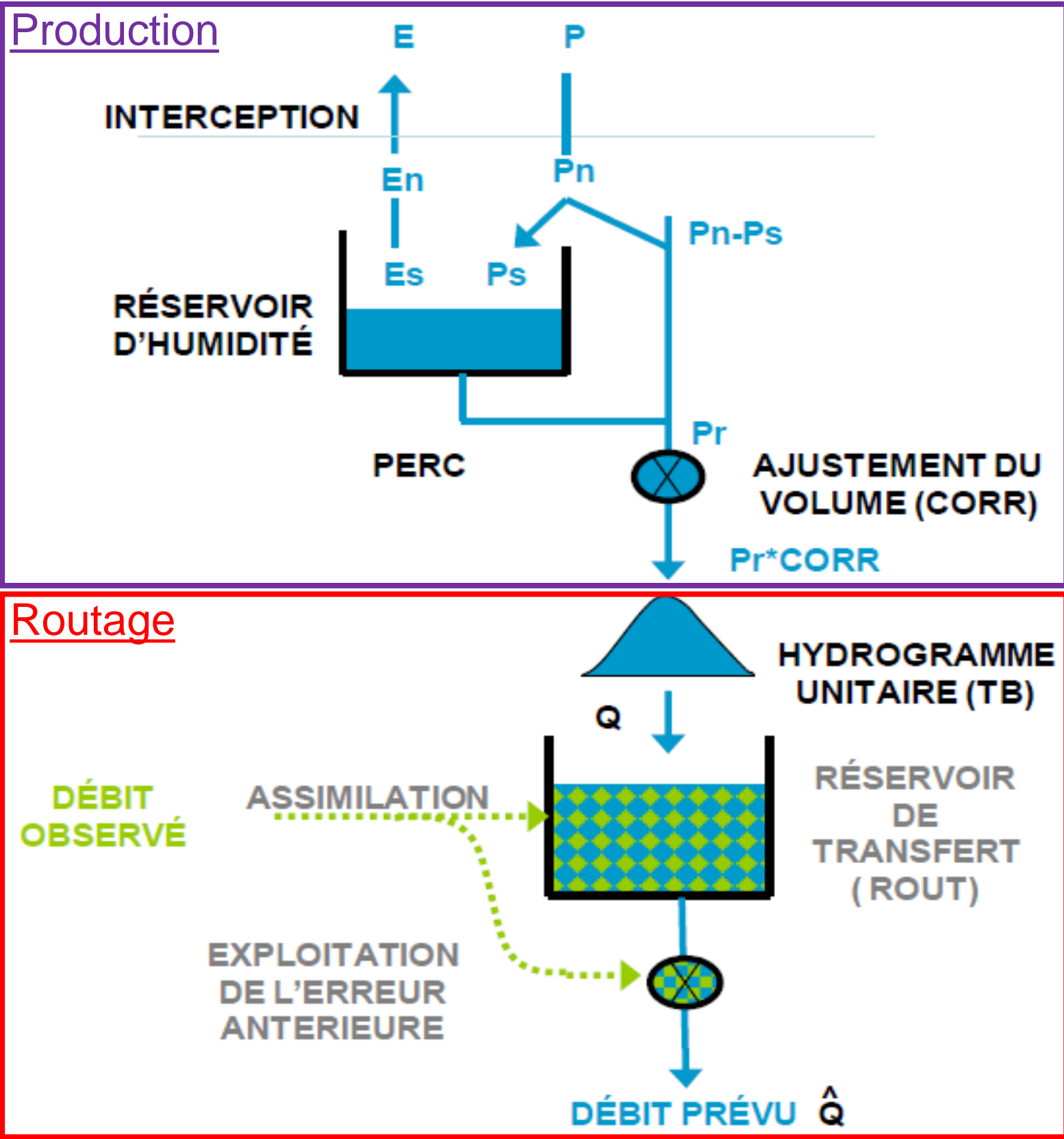


Figure 1 : Schéma fonctionnel du modèle GRP

3. Résultats

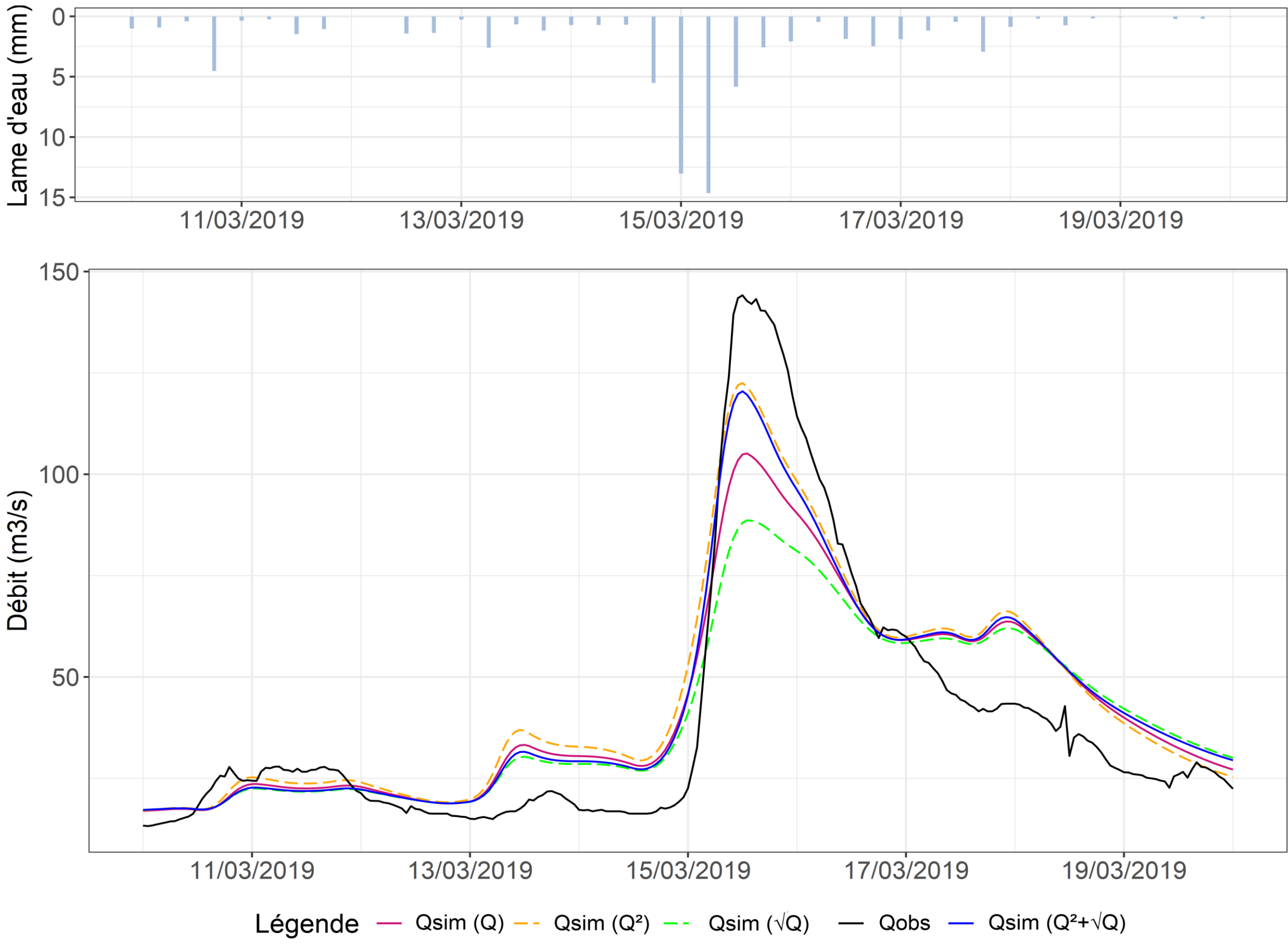


Figure 2 : crue de mars 2019 sur le bassin du Guiers à Belmont

La figure 1 présente la simulation d'un événement de crue (mars 2019) sur le Guiers via différents modèles (simulation continue avec pluies observées) :

- GRP calé sur les débits non transformés : Qsim (Q), courbe violette
- GRP calé sur les débits au carré : Qsim (Q²), courbe en pointillé orange
- GRP calé sur la racine carrée des débits : Qsim (\sqrt{Q}), courbe en pointillé verte
- Multimodèle issu de la pondération des deux dernières simulations : Qsim (Q²+ \sqrt{Q}), courbe bleue

Les simulations Qsim (Q²) et Qsim (Q²+ \sqrt{Q}) montrent les meilleures performances par rapport au pic de l'événement. Parmi ces deux simulations, le multimodèle Qsim (Q²+ \sqrt{Q}) sera préféré car il simule aussi bien les crues que les débits moyens (non illustré ici). Les scores de performance calculés sur cet événement sont présentés dans le tableau 1 et corroborent le choix du multimodèle.

3. Evaluation

Tableau 1: Scores calculé sur l'évènement du 19 mars sur le Guiers

Modèle	KGE	NSE	Biais pic (%)	Retard pic (h)
Q	0.7	0.81	27	1
Q ²	0.76	0.84	15	0
\sqrt{Q}	0.62	0.73	38	1
Q ² + \sqrt{Q}	0.78	0.86	16	0

Score parfait :
- KGE = 1
- NSE = 1
- Biais pic = 0

LE multimodèle présente les meilleurs scores : KGE (0.78), NSE (0.86), un faible biais en simulation du pic de l'évènement (16%) et un décalage de 0 heure de la pointe.

Une évaluation plus globale en simulation continue sur les affluents du Rhône sur la période 2019-2020 est présentée sur la Figure 3. Sur la plupart des affluents, la méthode de pondération améliore significativement la prévision des débits.

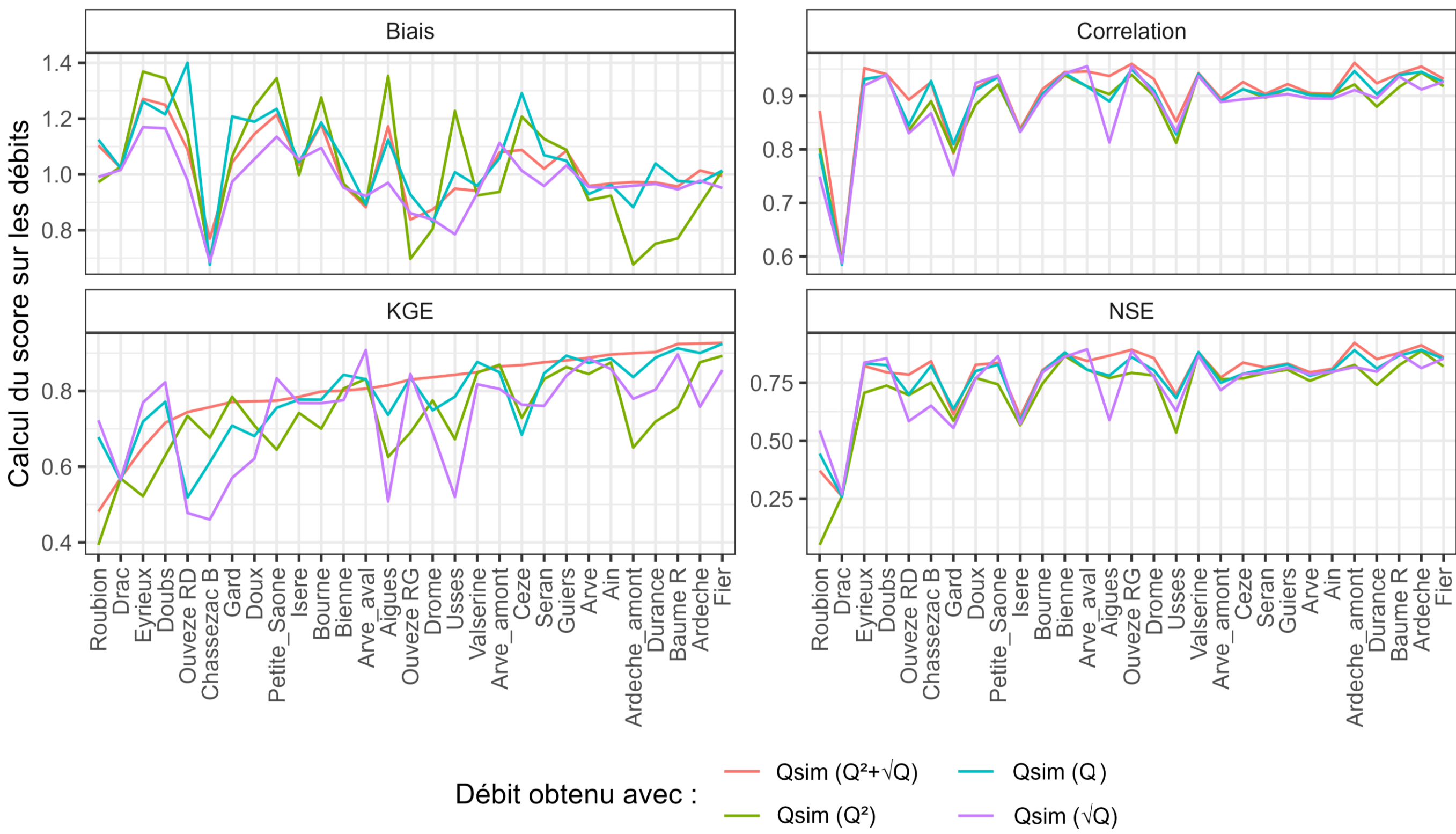


Figure 3 : Scores calculés sur les débits des affluents du Rhône sur la période 2019-2020

Les valeurs des différents scores confirment que le meilleur modèle est celui qui combine les deux simulations Qsim (Q²) et Qsim (\sqrt{Q}) via une pondération. Le multimodèle est meilleur que le modèle calé sur les débits non transformés sur 72% des affluents. Cette dernière favorise, selon l'évènement, la simulation des hautes eaux lorsque le réservoir de routage est rempli, ou la simulation des basses eaux lorsque le réservoir de routage est vide.

4. Conclusion

- L'approche de combinaison multi-paramètres proposée par Oudin et al. (2006) a été adaptée à une modélisation au pas de temps horaire et évaluée sur les affluents peu anthropisés du Rhône.
- Cette approche présente une amélioration sur la plupart des bassins en comparaison d'un simple calage sur les débits non transformés. Les modèles ainsi calés ont été implémentés dans la chaîne opérationnelle CNR de prévision à court terme.

References

- Berthet, L. (2010) Prévision des crues au pas de temps horaire : pour une meilleure assimilation de l'information de débit dans un modèle hydrologique. Thèse de doctorat, AgroParisTech.
- Oudin L., V. Andréassian T. Mathevet C. Perrin et C. Michel (2006), Dynamic averaging of rainfall-runoff model simulations from complementary model parameterizations, Water Resour. Res., 42, W07410,