

Apport de signatures hydrologiques pour le diagnostic d'un modèle hydrologique distribué régional

F. Branger⁽¹⁾, I. Horner⁽¹⁾, O. Vannier⁽²⁾,
K. Abdillahi⁽¹⁾, I. Braud⁽¹⁾

(1) Irstea, UR RiverLy, Lyon

(2) CNR, Lyon



JMSC-2019, Paris, 14 novembre 2019

Ressources en eau dans le bassin versant du Rhône

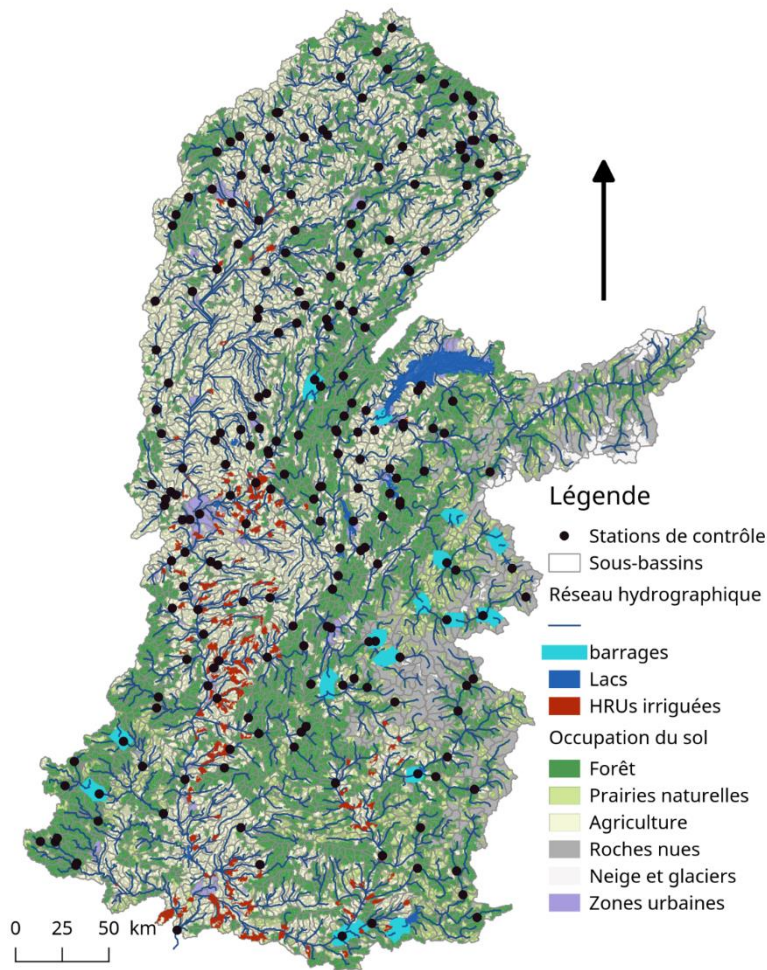
Le BV du Rhône:
~100000 km², hétérogénéité
des conditions de climat,
géologie, occupation du sol...

L'eau est essentielle à de
nombreuses activités: eau
potable, production
hydroélectrique, industrie,
agriculture, tourisme

Question posée par les
gestionnaires: quelles
évolutions et quelles gestions
de ces ressources dans le
futur?



Méthode: mise en place du modèle J2000-Rhône



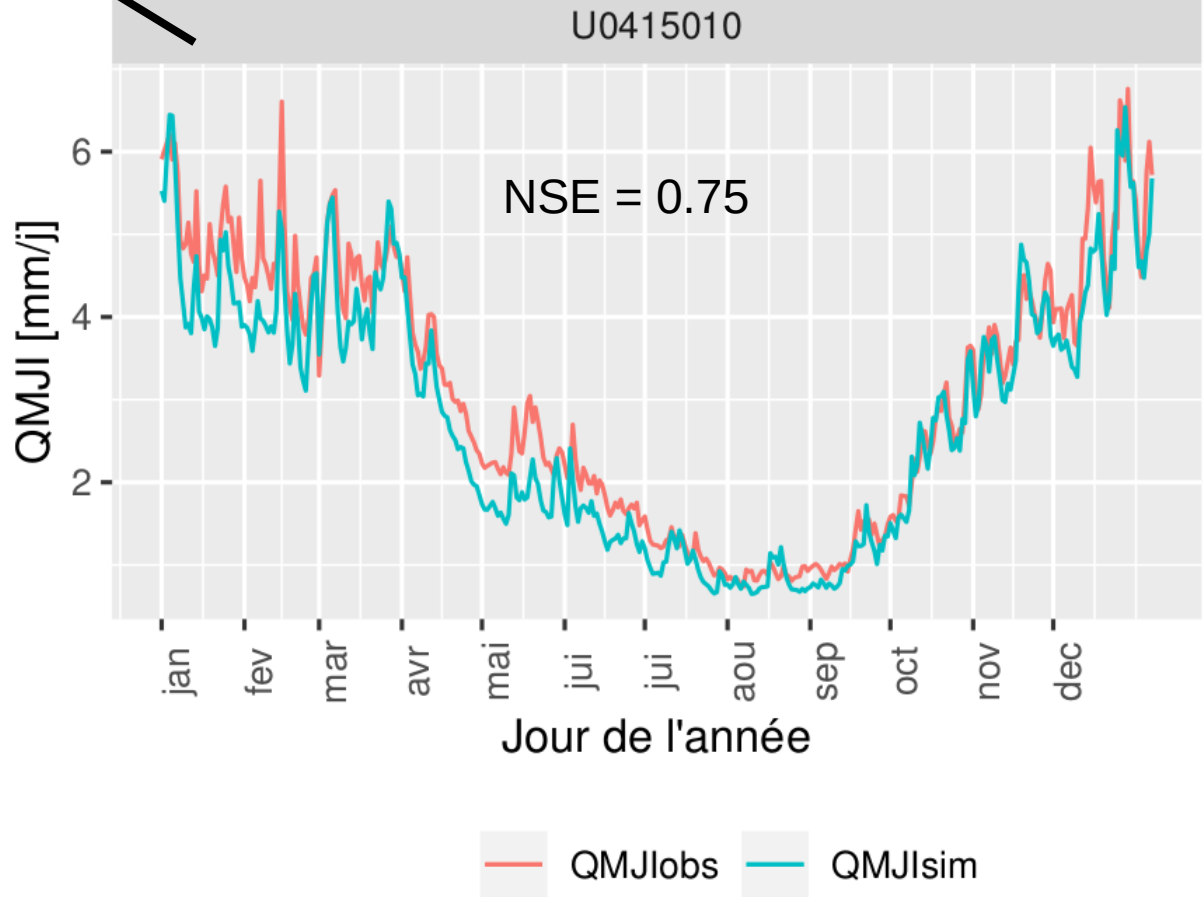
- Modèle hydrologique distribué (HRUs) prenant en compte les principaux usages (ouvrages, irrigation, eau potable)
- Stratégie de paramétrisation (MDR 2013-2016):
 - A partir des données disponibles
 - Régionalisation sur la base de la géologie / land use / clima
 - Comparaison Q obs sur 234 stations
 - Ajustements de paramètres sur quelques BV simples

Pour répondre à des enjeux de ressource en eau et de prospective, besoin d'un modèle qui donne **les bonnes réponses pour les bonnes raisons**
=> **Question de recherche: quels critères pour qualifier les performances d'un modèle régional distribué en termes de représentation des processus?**

Les limites des critères statistiques classiques

➤ Les bonnes réponses pour de bonnes raisons?

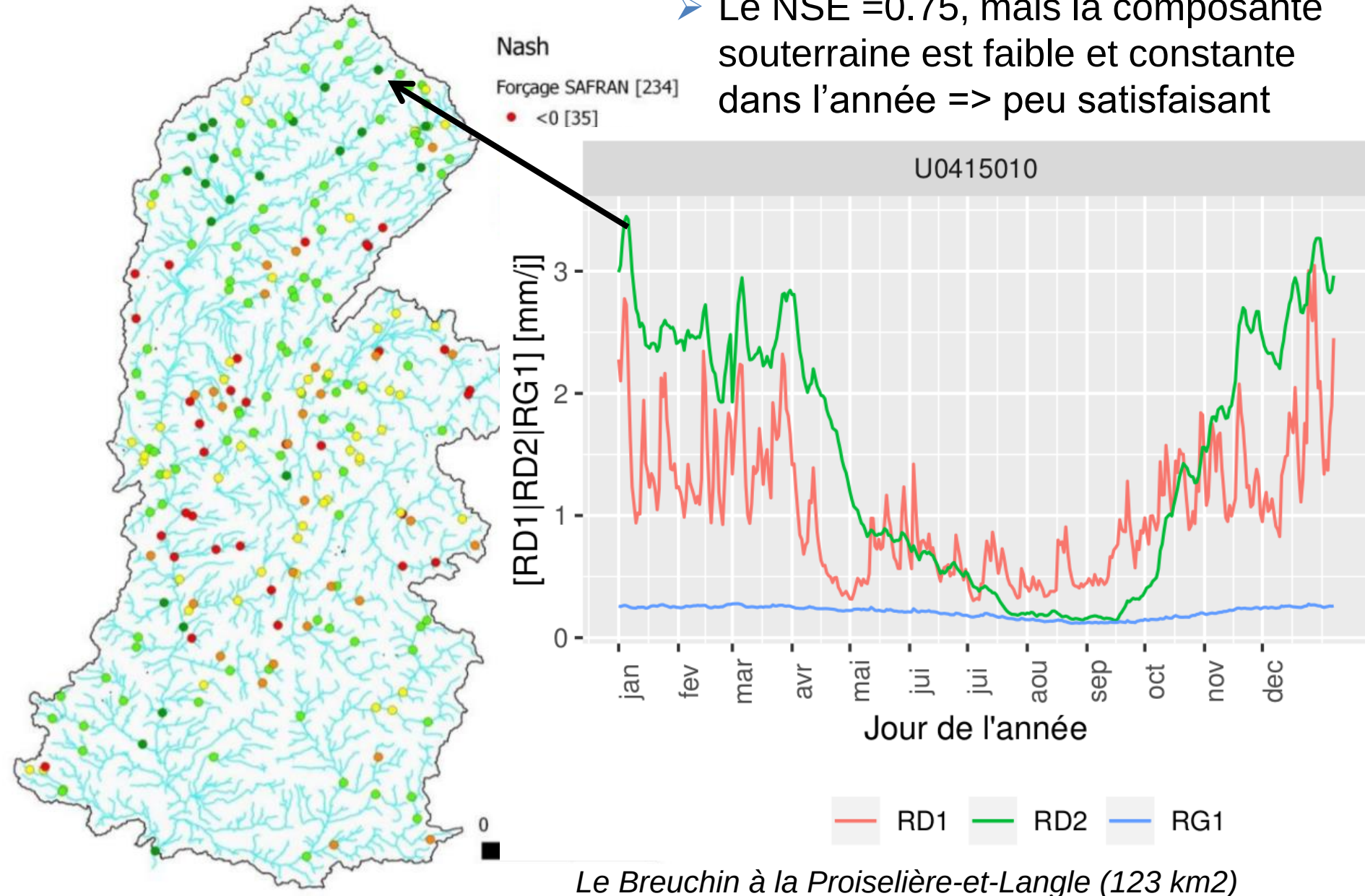
Nash
Forçage SAFRAN [234]
• <0 [35]
• 0 - 0.3 [29]
• 0.3 - 0.5 [511]



Le Breuchin à la Proiselière-et-Langle (123 km²)

Les limites des critères statistiques classiques

- Le NSE = 0.75, mais la composante souterraine est faible et constante dans l'année => peu satisfaisant



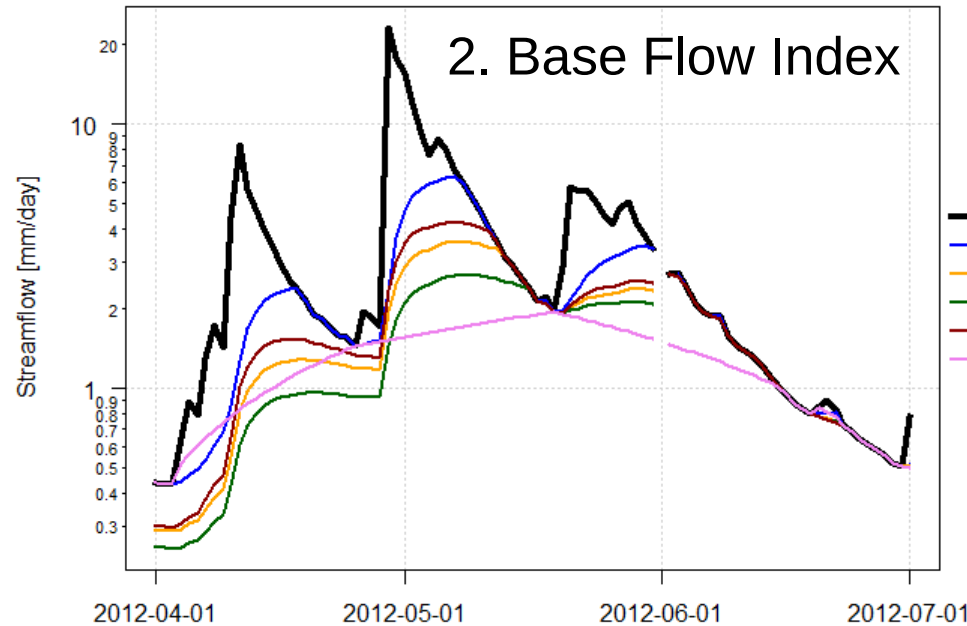
Evaluation à l'aide de signatures hydrologiques

- Les signatures hydrologiques: des indicateurs dérivés des données qui nous informent sur les processus hydrologiques (Gupta et al., 2008) et fournissent donc des pistes pour évaluer la pertinence de leurs représentations et l'améliorer si besoin
- Utilisation de signatures dérivées de la pluie, des débits et de la température (données facilement accessibles pour un déploiement à l'échelle régionale)
 1. Phase de diagnostic par comparaison entre signatures observées et simulées
 2. Analyse de sensibilité pour relier signatures hydrologiques et paramètres du modèle
 3. Retour sur le modèle pour améliorer la spécification des paramètres et revoir si besoin la représentation des processus
- Le modèle est mis en œuvre sans calibration pour éviter que l'ajustement des paramètres compense des biais des forçages et garder le lien entre paramètres et processus représentés

Un jeu de 7 signatures dérivés de la pluie et des débits

1. Coefficient de ruissellement interannuel

$$RC = \frac{Q}{P}$$

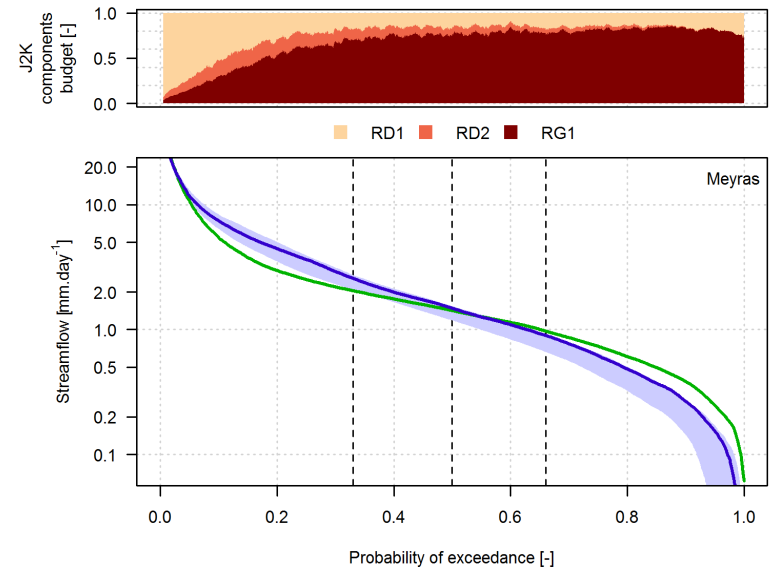


$$BFI = \frac{Q_{base}}{Q_{tot}}$$

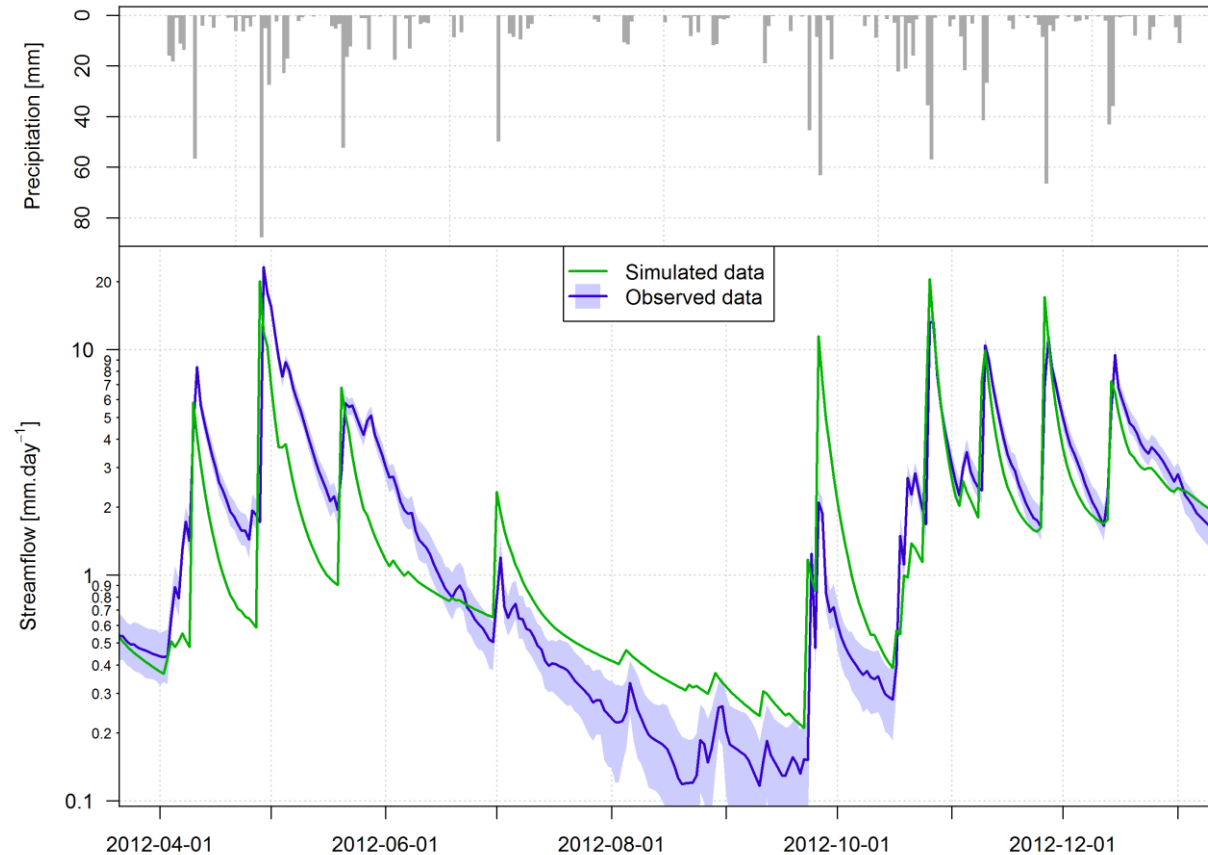
— Total streamflow
 — Lyne & Hollick [k=925]
 — Eckhardt [k=0.975, BFI_{max}=0.6]
 — Chapman & Maxwell [k=0.975]
 — Boughton [k=97, C=0.0515]
 — Institute of Hydrology [d=5, k=0.9]

3. Flow Duration Curve: pente des débits intermédiaires

$$S_{FDC} = \frac{\ln(Q_{0.66}) - \ln(Q_{0.33})}{0.66 - 0.33}$$



Un jeu de 7 signatures dérivés de la pluie et des débits



Pentes des
récessions:

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/\tau}$$

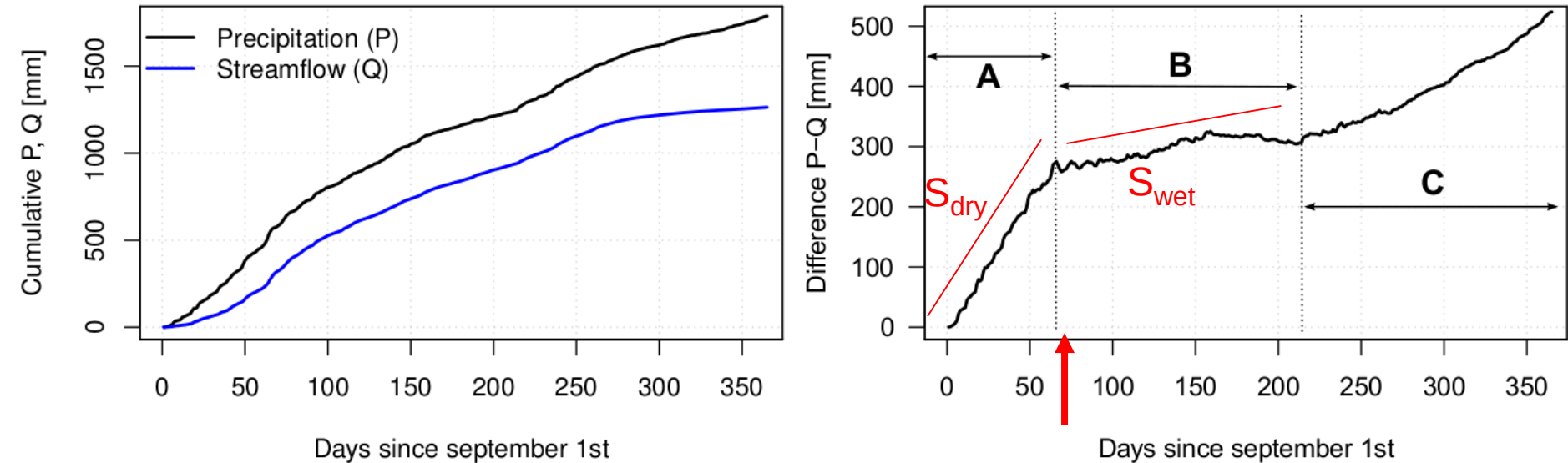
Sélection des épisodes et extraction de récessions 0-30 jours

4. Récession rapide: τ_1 calé entre les jours 0 et 5

5. Récession lente: τ_2 calé entre les jours 15 et 30

Un jeu de 7 signatures dérivés de la pluie et des débits

Seuils de changement de comportement saisonnier



Différence cumulée entre P-Q à partir d'une date de référence

6. Détection du changement de pente (S_{dry}/S_{wet}) -> état d'humidité du bassin versant

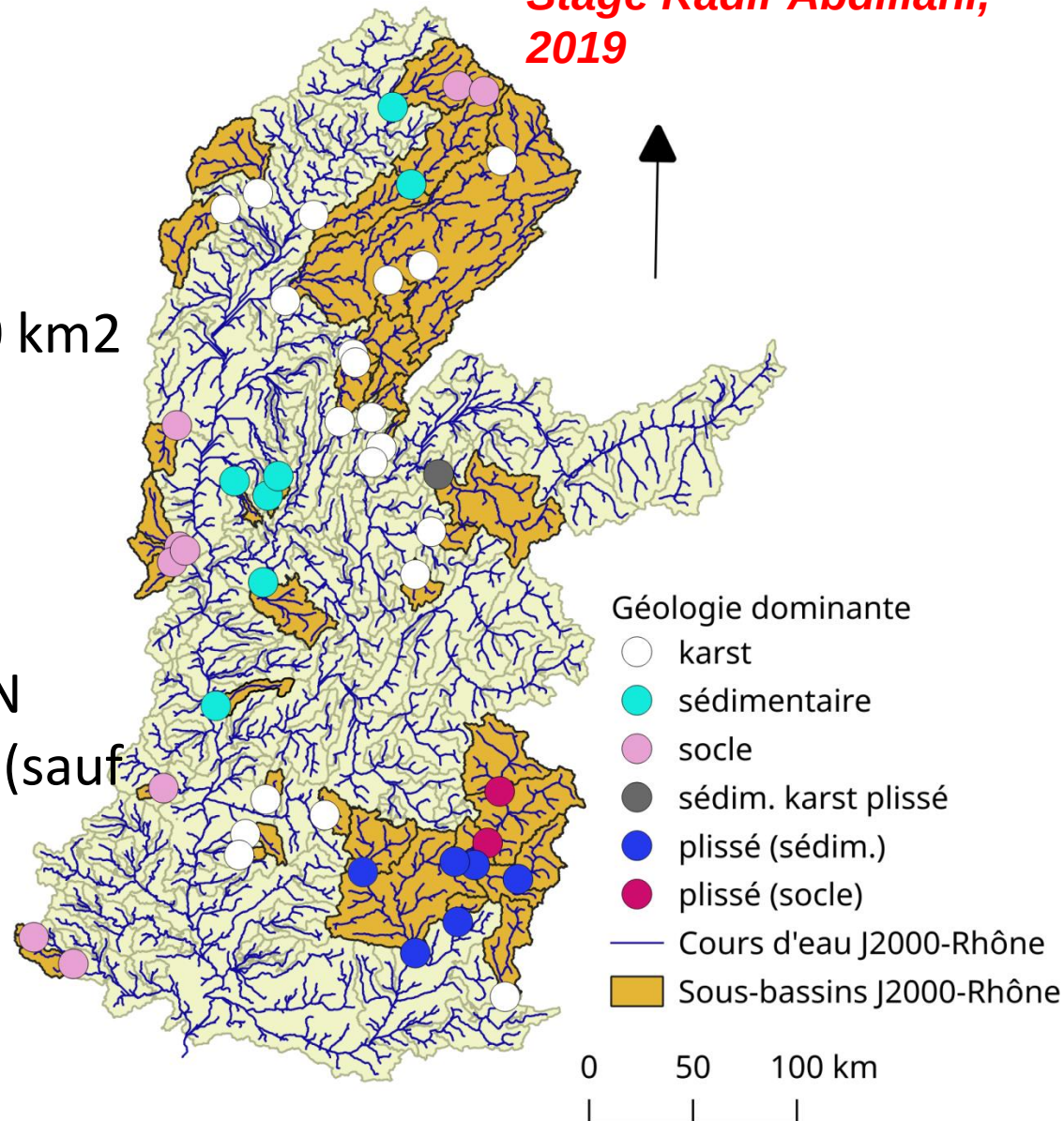
7: Date de changement de la pente en jours

Application à J2000-Rhône

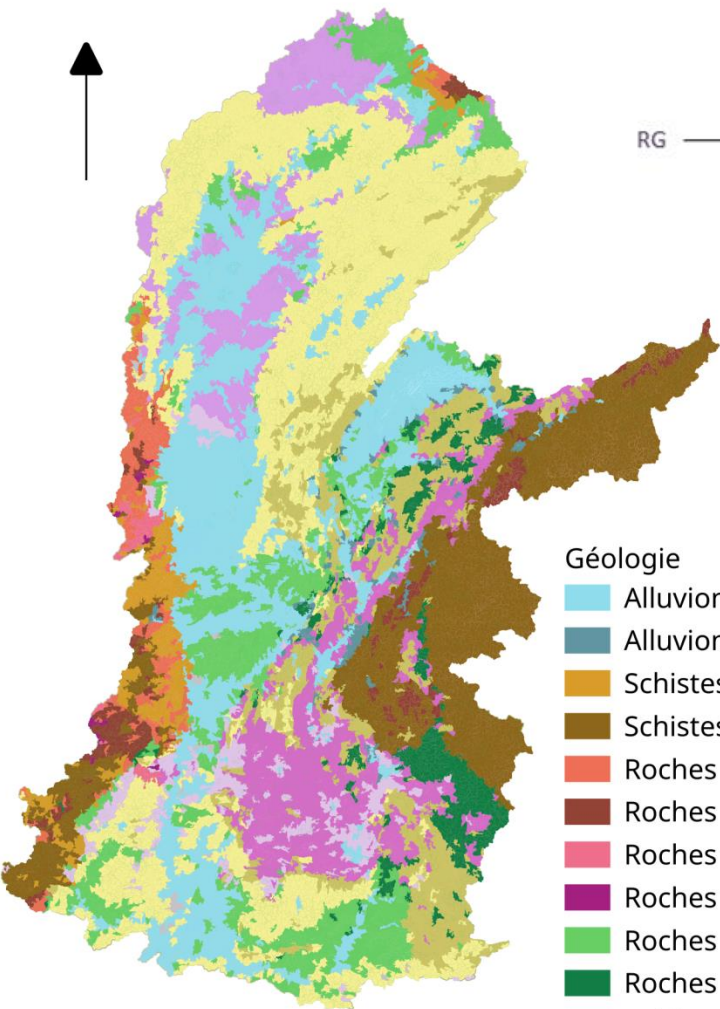
*Stage Kadir Abdillahi,
2019*

- Sélection de 45 stations
 - Réseau de référence étiages: qualité de la mesure à bas débit
 - Tailles BV de 34 à 7290 km²
 - Climats, Altitudes et Géologies contrastées
 - NSE -1.79 – 0.84
- Simulation 1981 – 2010
forçage journalier SAFRAN
- Quantification des écarts (sauf season date)

$$\Delta_{sig} = \frac{Sim - Obs}{Obs}$$



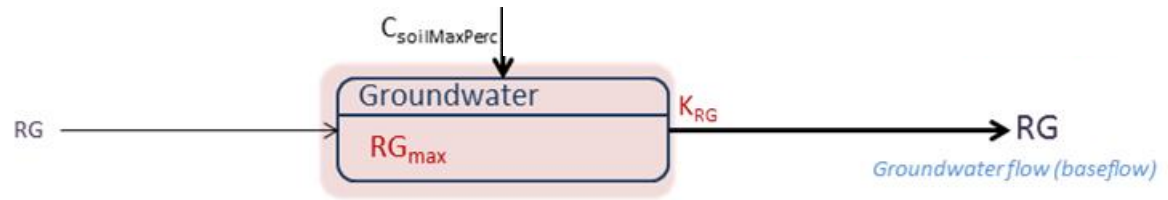
Focus sur le compartiment souterrain



0 50 100 km

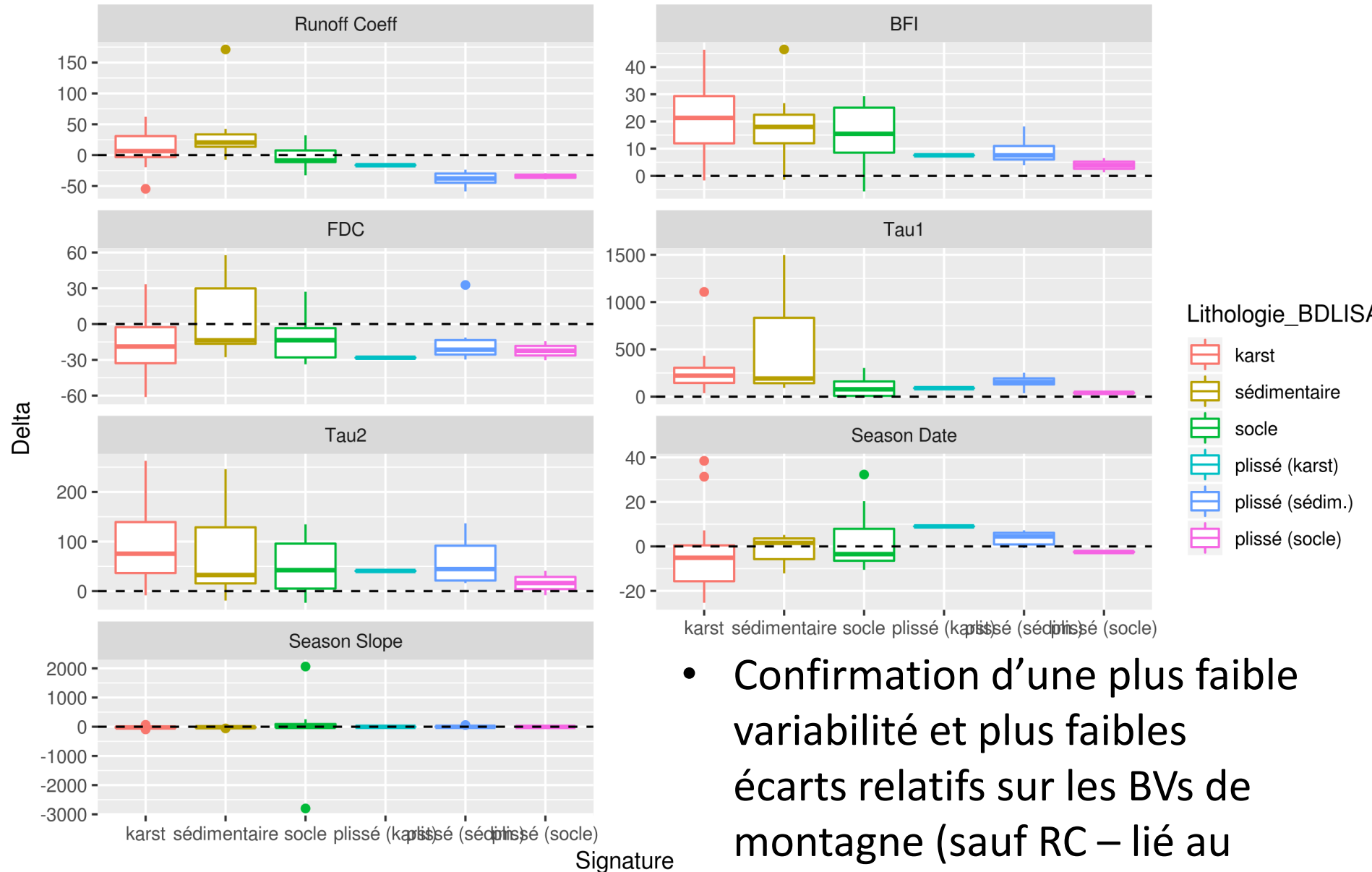
Géologie

- Alluvions et dépôts glaciaires
- Alluvions et dépôts glaciaires (montagne)
- Schistes et roches métamorphiques
- Schistes et roches métamorphiques (montagne)
- Roches cristallines magmatiques
- Roches cristallines magmatiques (montagne)
- Roches volcaniques
- Roches volcaniques (montagne)
- Roches détritiques
- Roches détritiques (montagne)
- Sables et argiles
- Calcaires
- Calcaires (montagne)
- Marnes
- Marnes (Saône Mâcon)
- Marnes (montagne)



- **Représentation très simplifiée: un réservoir non linéaire, 2 paramètres**
- **Paramètres distribués selon une classification très basique avec distinction plaine / montagne**

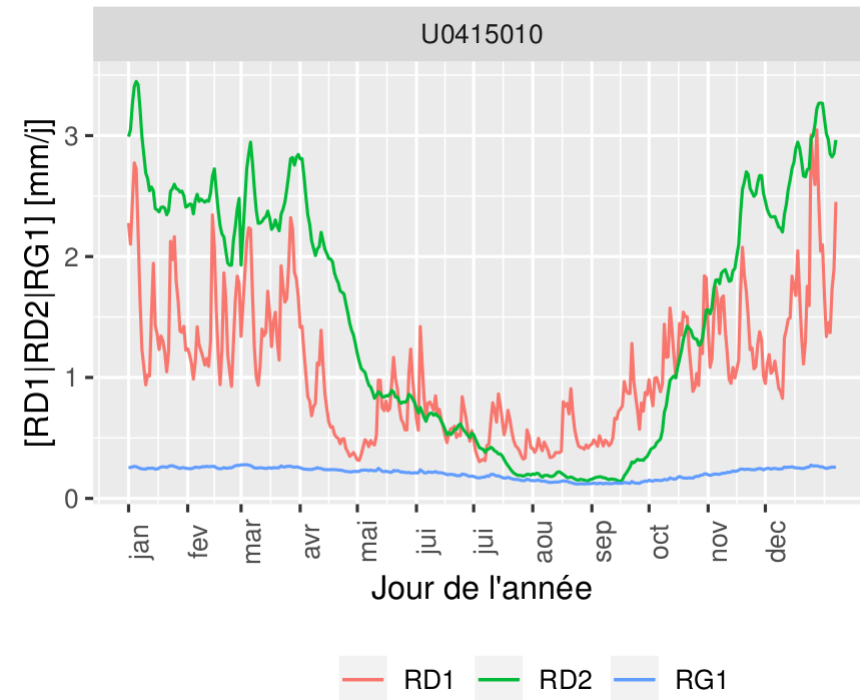
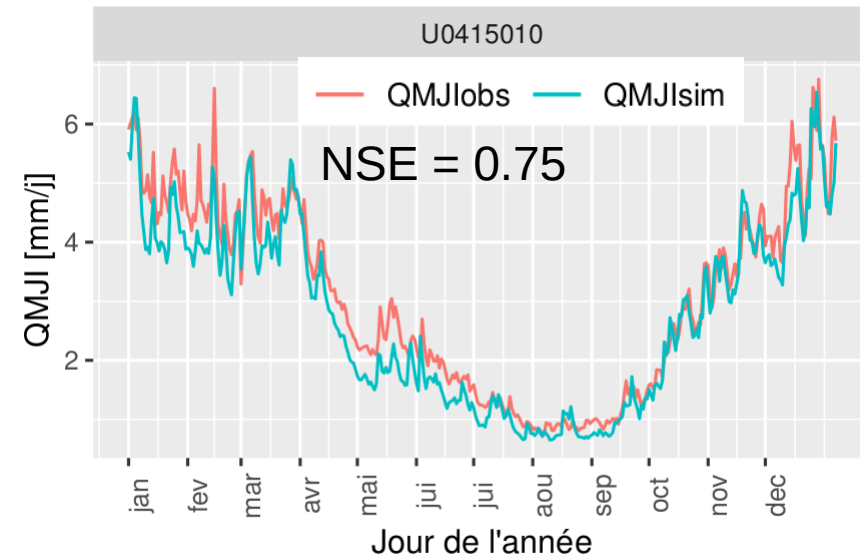
Des performances contrastées selon la géologie



- Confirmation d'une plus faible variabilité et plus faibles écarts relatifs sur les BVs de montagne (sauf RC – lié au biais)

Géologie Socle U0415010 – Le Breuchin

- Ecart signatures
 - RC -10%
 - BFI -5.7%
 - **FDC +27%**
 - Tau1 +2.8%
 - **Tau2 -23%**
 - Season Slope + 255%
 - Season Date -6 j
- Signatures court terme OK mais pas long terme / composante souterraine (FDC, Tau2)
- BDLISA Unité aquifère 231AJ01 nappe libre / socle
- J2000 schistes et roches métamorphiques
 - RG1max 15 mm / RG1_k 30j

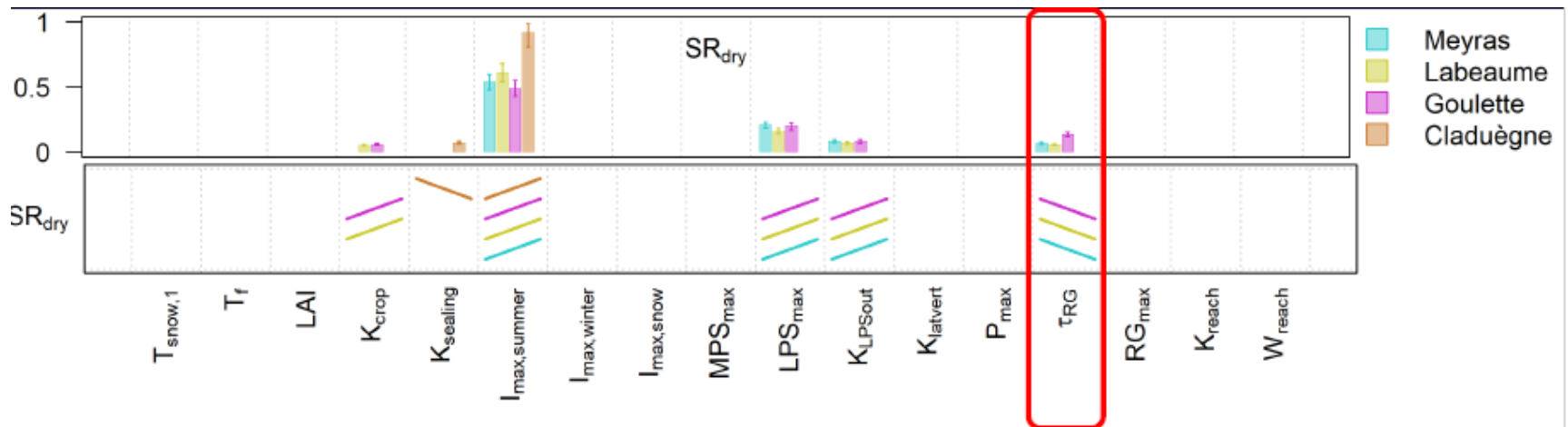


Conclusions: diagnostic de J2000-Rhône

- Intérêt des signatures hydrologiques pour comprendre le comportement du modèle
 - ☐ BFI peu informatif: représente-t-il vraiment la composante souterraine?
 - ☐ Rapport des pentes saisonnières peu informatif
- BV de montagne
 - ☐ Performance modérée à mauvaise mais bonne reproduction des signatures
 - ☐ Confirme l'importance des biais liés au forçage SAFRAN
 - ☐ Calibration du modèle = compenser les biais du forçage?
- Géologies socle et karst
 - ☐ Paramétrisation à reprendre / augmentation des tailles de réservoirs du module souterrain
 - ☐ Complément d'expertise / comparaison avec estimation recharge par le BRGM
 - ☐ Besoin d'une expertise hydrologéologique pour bien prendre en compte le compartiment souterrain

Prochaines étapes

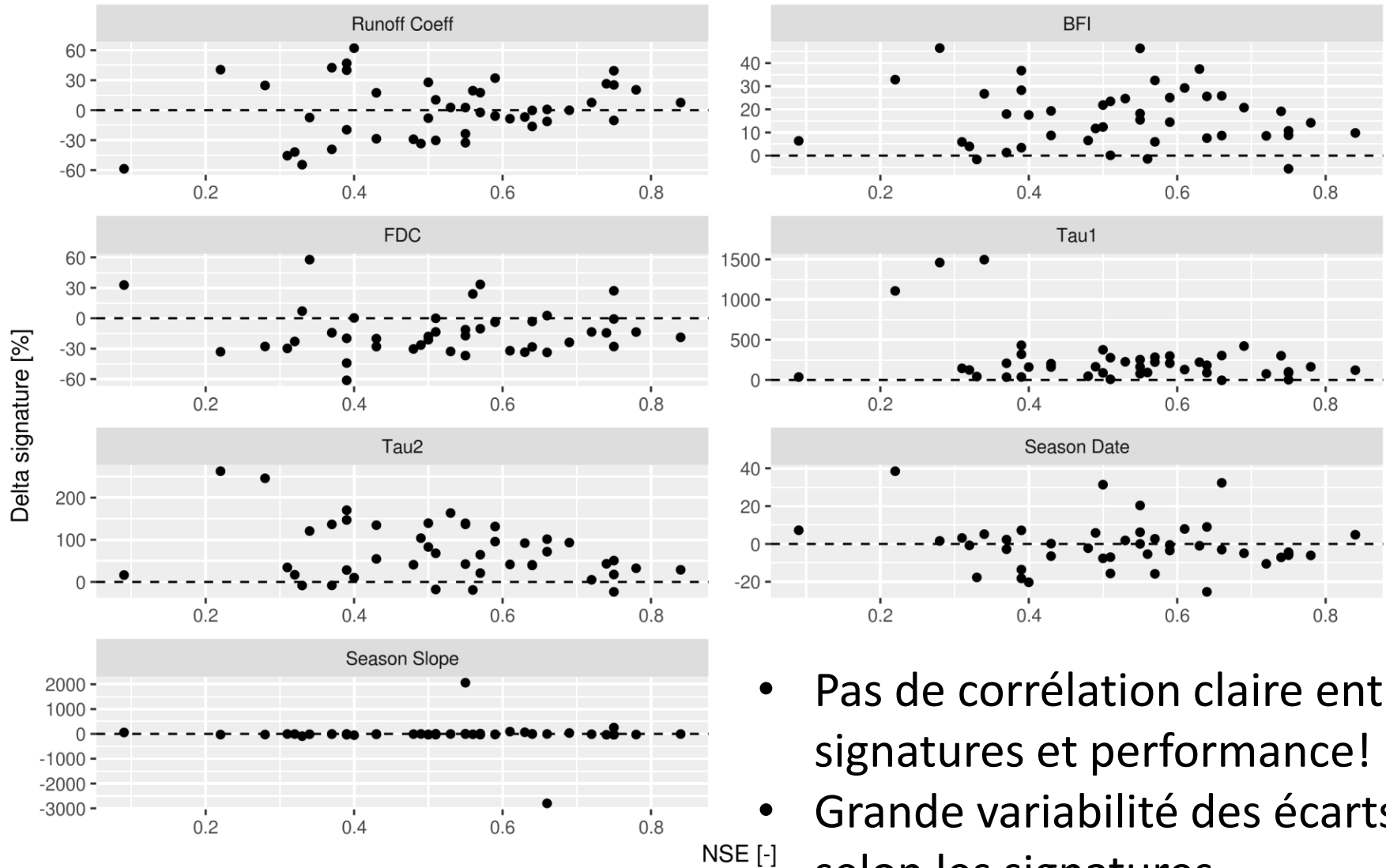
- Relier les signatures hydrologiques aux paramètres du modèle via l'analyse de sensibilité (en cours sur le BV Ardèche, Thèse Ivan Horner, 2020)



- Reprendre la paramétrisation du modèle J2000_Rhône
 - ❑ Compartiment souterrain: affiner la classification de la géologie et re-spécifier les paramètres des classes Karst et sédimentaires en lien avec les hydrogéologues du BRGM
 - ❑ Besoin de revoir certaines représentations (partition des écoulements entre sub-surface et souterrain)

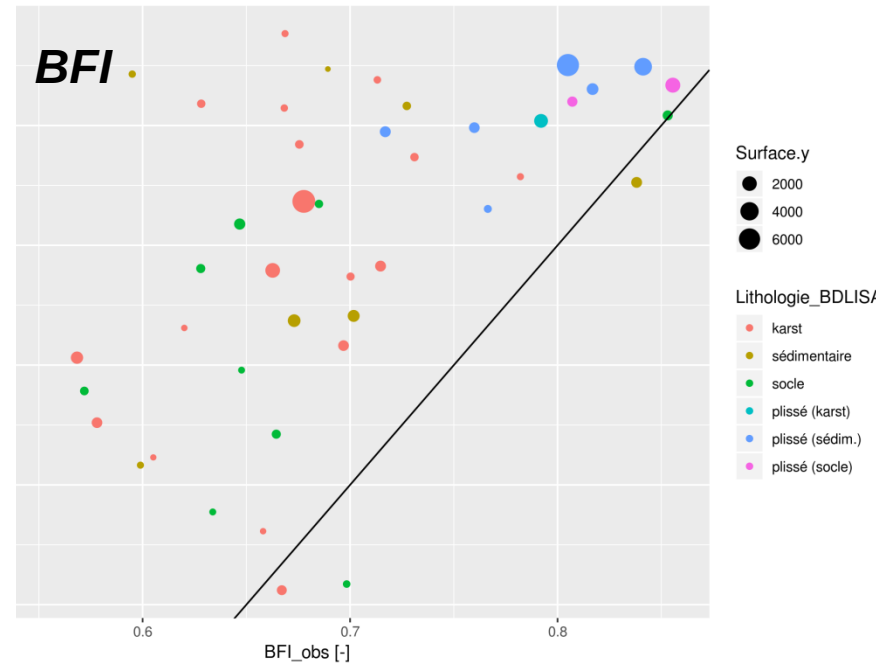
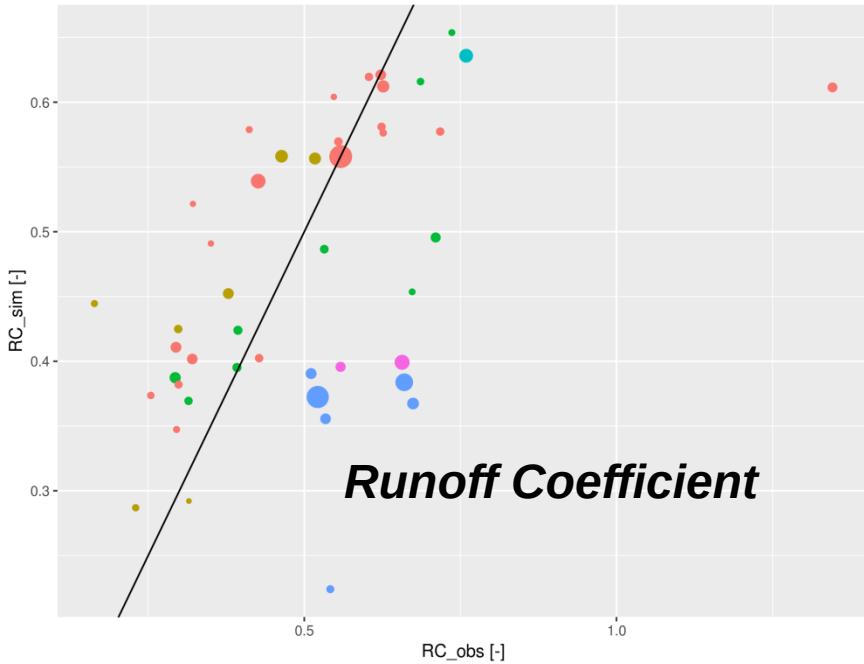
Merci de votre attention

Signatures vs Performance NSE

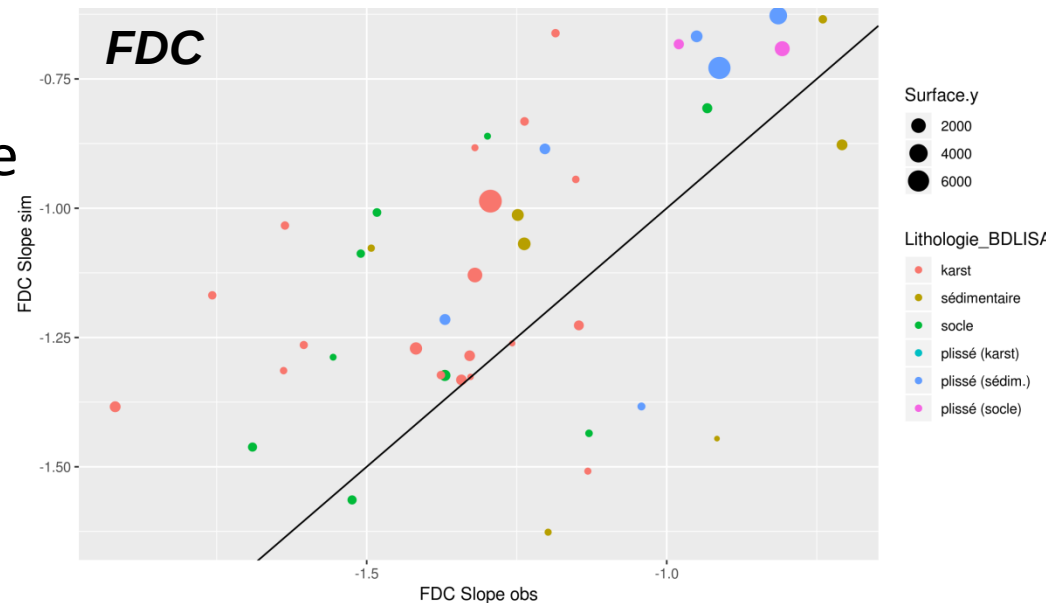


- Pas de corrélation claire entre signatures et performance!
- Grande variabilité des écarts selon les signatures

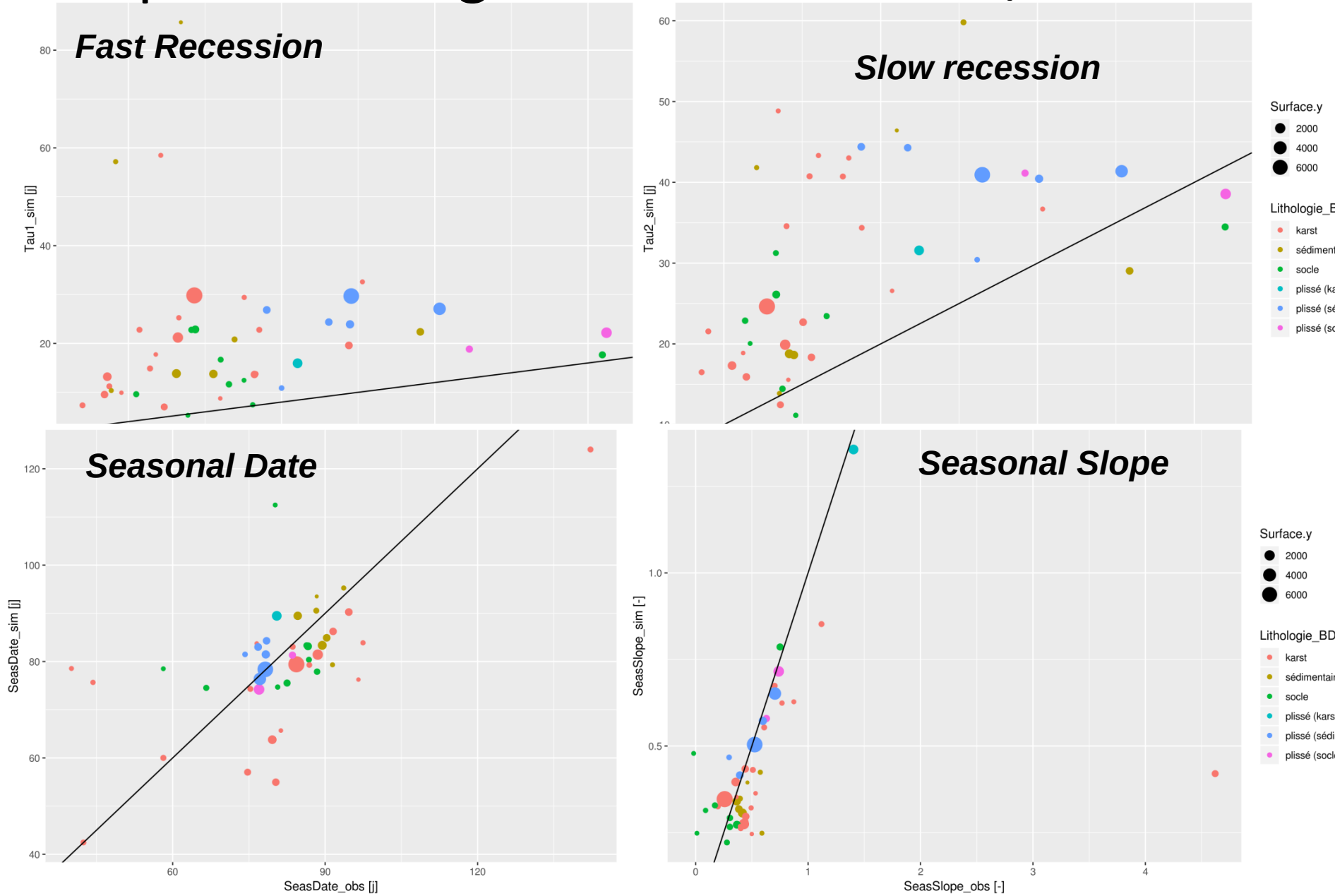
Comparaisons signatures observées / simulées



- Confirmation d'une plus faible variabilité et plus faibles écarts relatifs sur les BVs de montagne



Comparaisons signatures observées / simulées

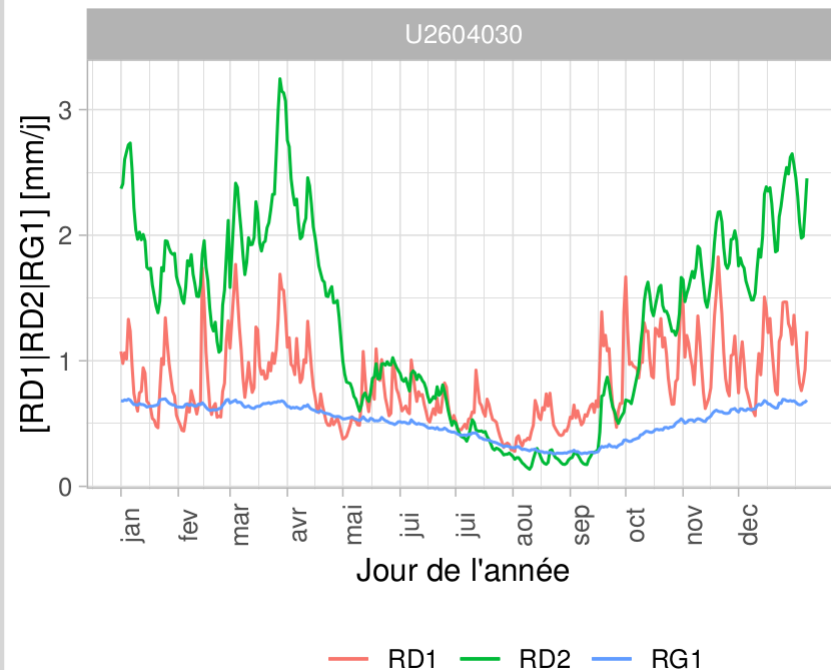
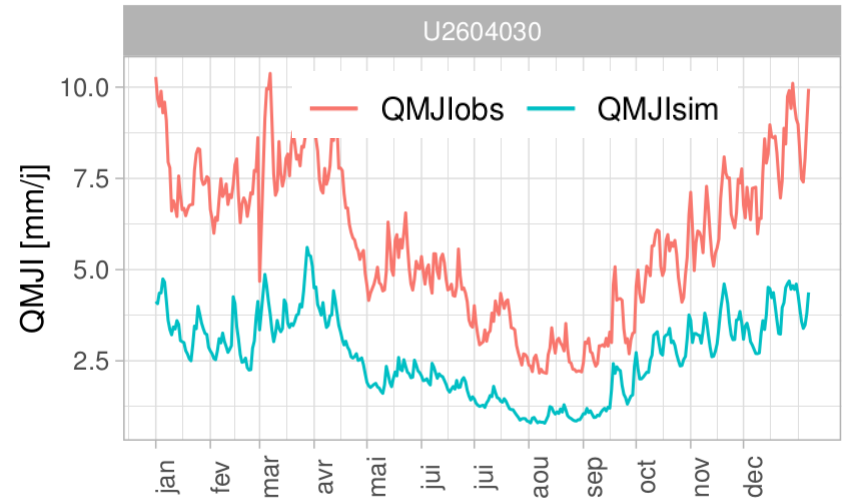


Géologie Karst: U2604030 – La Loue

- Ecart signatures
 - RC -54%
 - BFI -1.65%
 - FDC +7%
 - Tau1 + 41%
 - Tau2 -8.4%
 - Season Slope -90%
 - Season Date -17j
- Signatures FDC et Tau2 OK mais gros bias et pb dynamique saisonnière -> composante souterraine
- BDLISA Unité aquifère 515AH00 « Calcaires Jurassiques »
- J2000 calcaires
 - RG1max 20mm / RG1_k 20j

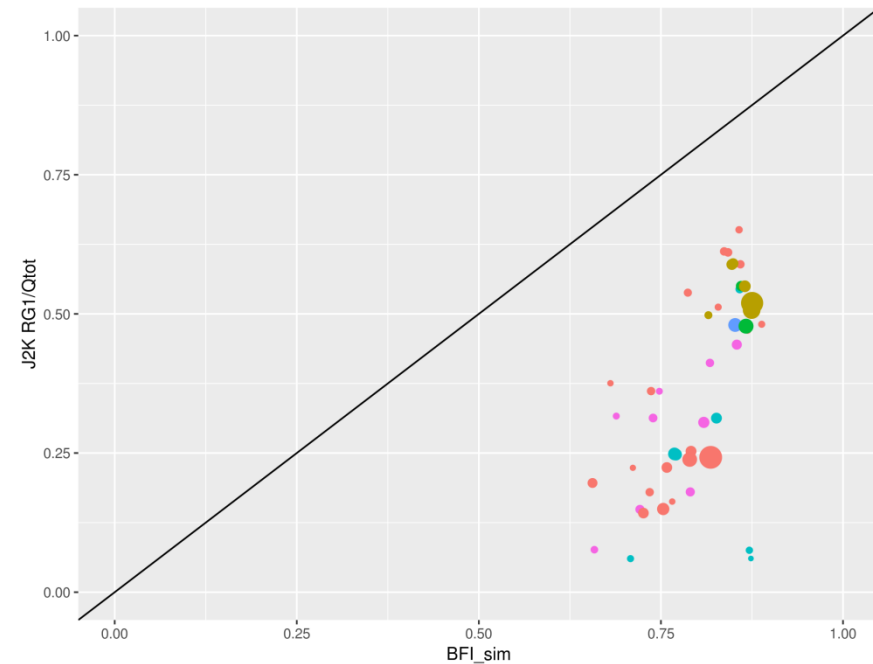
Debit moyen journalier interannuel

NSE = 0.33 KGE = 0.27 Biais = -0.55 R2 = 0.84



Conclusions sur les signatures

- Signatures = interesting insights into model behaviour
- Not all signatures are informative
 - Base Flow Index representative of Groundwater Flow?
 - Seasonal change of slope not informative
- Still work to be done on quantitative analysis: signature values / vs model parameters : ongoing sensitivity analysis
- Extension to additional signatures (snow, soil moisture)



*Horner et al., 2019; Branger et al., 2019;
Hydrological Processes, in revision*