

Premiers pas vers une prévision des apports de sédiments en suspension sur la Loire à Gien

Cécile MARTINET, Joël GAILHARD, Jessica DARRIET
EDF-DTG, Grenoble, France



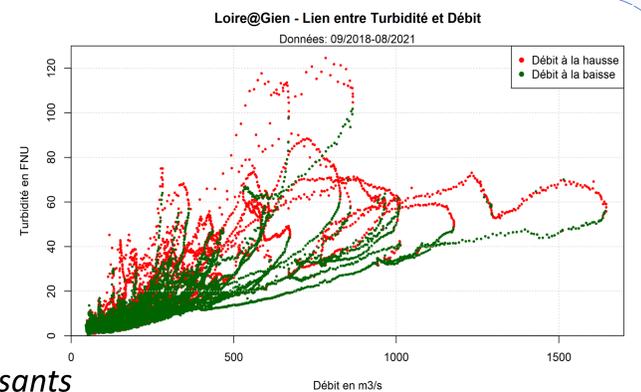
Problématique et données

Contexte: besoin industriel d'anticiper l'arrivée des sédiments fins en amont des prises d'eau pour limiter les dépôts de boue et l'encrassement des circuits.

Données: mesures horaires de turbidité en FNU aux environs de Gien sur la Loire moyenne depuis septembre 2018 : valeurs variant de 1 à 125 FNU (Formazine Nephelometric Unit).

- ⇒ Corrélation croissante de la turbidité avec le débit
- ⇒ Forte dispersion de la turbidité pour un même débit
- ⇒ Majorité d'hystérésis dans le sens horaire (le pic de turbidité survient avant le pic de débit)
- ⇒ Hypothèse d'une prédominance des reprises en rivière par rapport aux productions des versants

Objectifs: modéliser la turbidité horaire de la Loire à Gien (35 500 km²), permettant ainsi d'apprécier la dynamique temporelle des apports en sédiments fins.



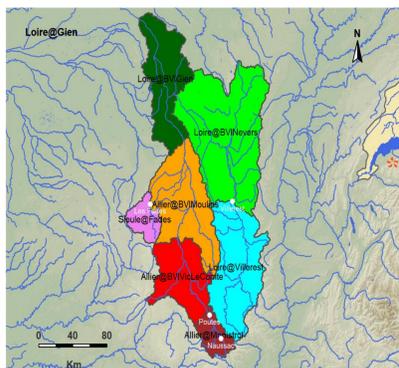
Une stratégie de modélisation en 4 étapes

Prise en compte de la variabilité spatiale de la provenance des sédiments (en l'absence de mesures en continu de turbidités autres que celle située à l'exutoire)

⇒ Modélisation hydrologique horaire (Garavaglia et al., 2017) et spatialisée de la Loire à Gien construite avec sept bassins versants (mailles).

⇒ Variables explicatives horaires :

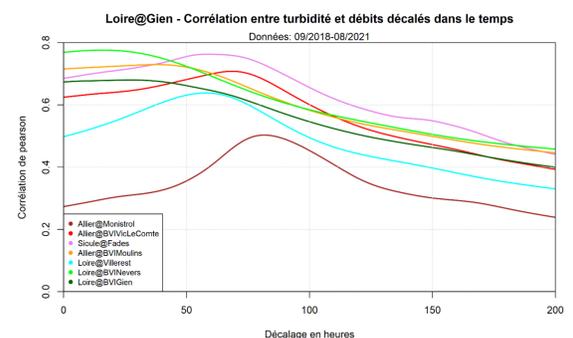
- Pluie spatiale observée
- Ruissellement de surface modélisé¹
- Débit total modélisé¹



¹ contribution de la maille seule sans prise en compte de la gestion des barrages

Prise en compte de la dynamique temporelle de transfert des sédiments entre les différents bassins versants et Gien

⇒ Recherche du décalage temporel optimisant la corrélation entre la turbidité à Gien et les variables explicatives potentielles (horaires ou cumulées sur plusieurs heures).



Prise en compte de la non-linéarité des relations (entre la turbidité à Gien et les variables explicatives potentielles)

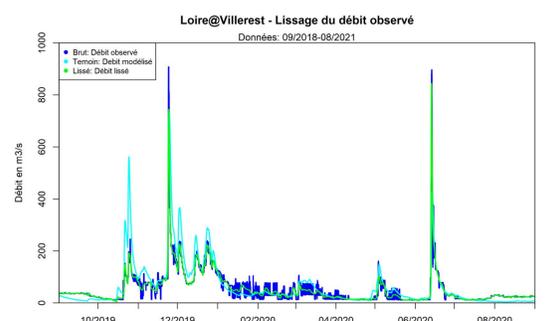
⇒ Utilisation de modèles statistiques GAM (Generalized Additive Model) non linéaires et non paramétriques (Hastie & Tibshirani, 1986 ; Wood, 2006) :

$$g(E[Y]) = \beta_0 + s_1(X_1) + s_2(X_2) + s_3(X_3) + \dots$$

- Y la variable à expliquer, E[Y] son espérance
- g une fonction prédéfinie
- X_i les variables explicatives
- s_i des fonctions de lissage par « splines »

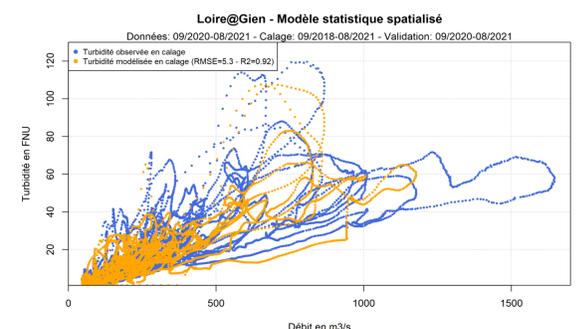
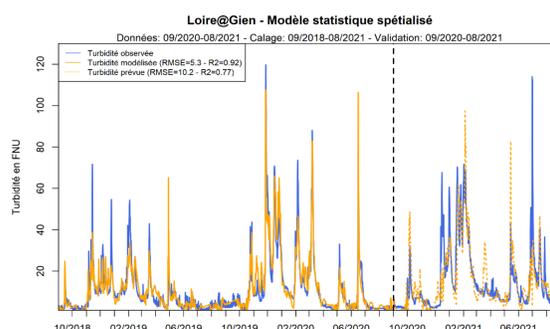
Prise en compte des choix de gestion, à savoir, l'effet des lâchers des barrages à l'amont du bassin versant (non pris en compte dans les débits modélisés)

⇒ Sur les bassins amont : remplacement du débit naturel modélisé par le débit réel observé
⇒ Lissage du débit réel observé à l'aide d'un témoin (le débit naturel modélisé) pour limiter le bruit de mesure.



Résultats

- ⇒ Modèle utilisable en prévision (jusqu'à 3j d'anticipation)
- ⇒ Performances améliorées par rapport à un modèle de type « sediment rating curve » : $Cs = a \cdot Q^b$
- ⇒ Performances améliorées sur les fortes valeurs de turbidité (>20FNU)
- ⇒ Meilleure synchronisation de la dynamique temporelle
- ⇒ Capacité à reproduire la forme des hystérésis observées



Conclusions et perspectives

- ⇒ La modélisation statistique proposée permet de représenter les apports sédimentaires d'un grand bassin versant en tenant compte de la variabilité spatiale (sans données sédimentaires intermédiaires) et des effets de gestion à l'amont du bassin versant.
- ⇒ L'enrichissement futur du jeu de données permettra d'intégrer de nouvelles situations hydrométéorologiques.
- ⇒ Le remplacement du modèle GAM par un modèle conceptuel horaire (en cours de test sur la Durance) affecté à chaque maille permettra de s'appuyer sur les processus de production et de transport sédimentaires.