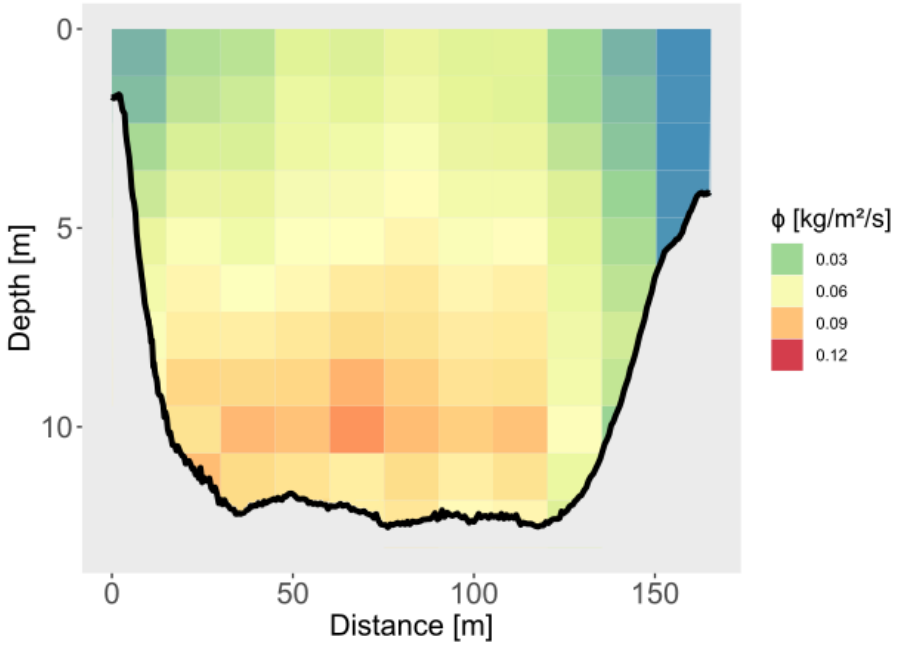
OBSERVATION ET CALCUL DU FLUX DE SABLE EN SUSPENSION SUR LE RHONE A LYON

Guillaume DRAMAIS (1),

Benoît CAMENEN (1),

Jérôme LE COZ (1),

Gilles PIERREFEU (2),

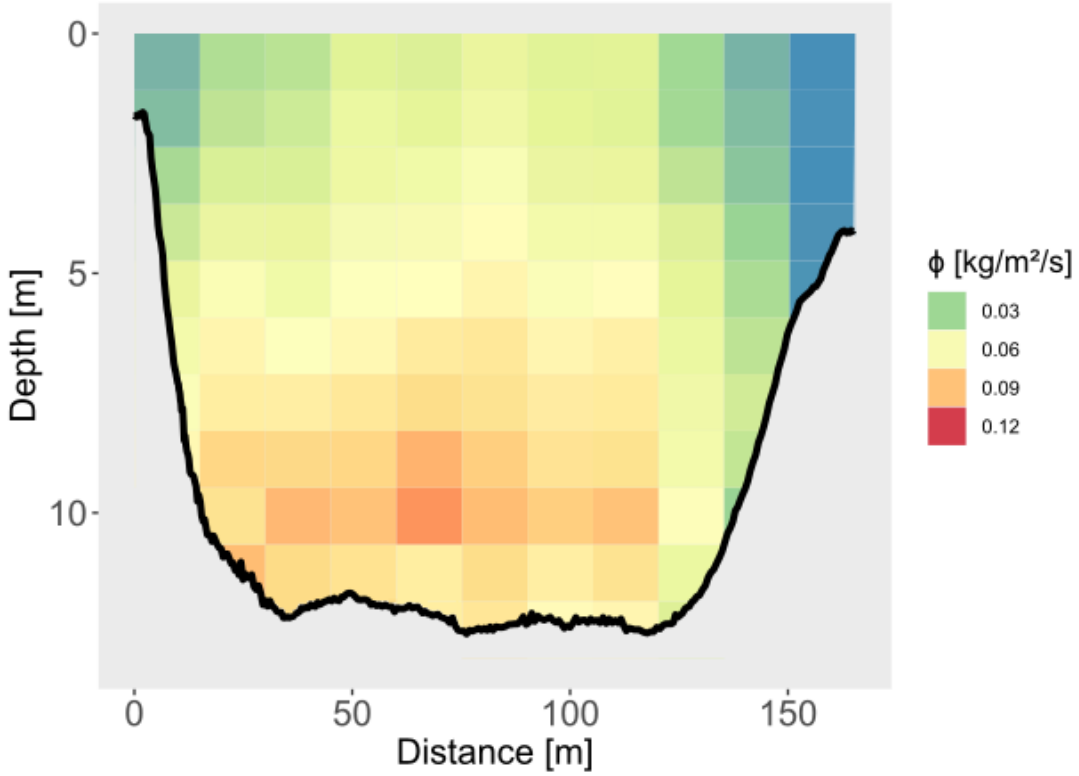


(1)

(2)

Plan de la présentation

- Introduction
- Jaugeages solides
- Courbes de tarage de sable
- Bilan de flux de sable à Lyon
- Conclusion



Représentation du flux unitaire de sable en suspension le 22/01/2018 sur le Rhône à Perrache.

Enjeux autour de la mesure du sable sur le Rhône

- Préserver les habitats et la qualité des eaux
- Maintenir la capacité de stockage des retenues, entretenir les voies navigables
- Protéger contre les inondations

Jaugeages solides de sable en suspension

Masse de sable qui passe à travers une section par unité de temps.

$$\phi = \int_{y=0}^{B} \int_{z=0}^{H(y)} c(y,z) v_s(y,z) \mathrm{d}z \mathrm{d}y$$

avec v_s [m/s] vitesse des particules, c [g/L] concentration en sable en suspension. B et $H(y)$ [m] largeur et profondeur de la section

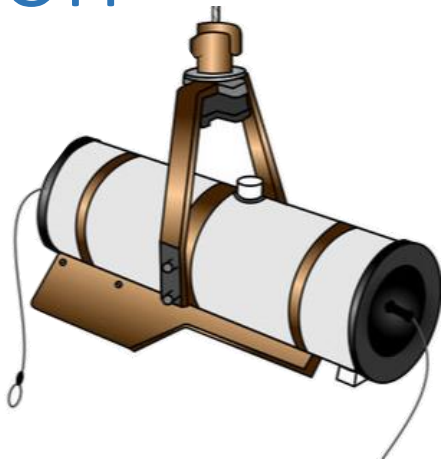
Jaugeages solides de sable en suspension

Jaugeage solide à Lyon Perrache sur le Rhône (2018)

Jaugeages solides de sable en suspension

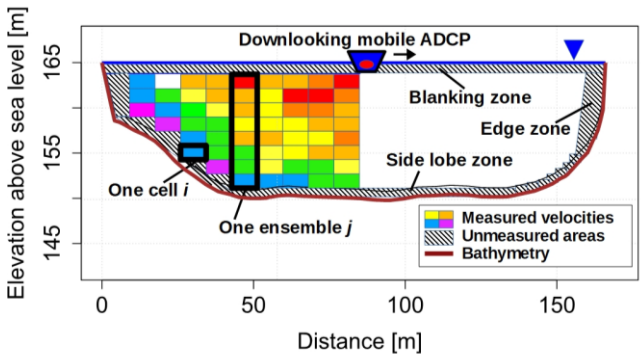
- Prélever des échantillons « représentatifs »

➢ Bouteille Niskin, Van Dorn…



- Mesurer un flux liquide

➢ Jaugeage ADCP



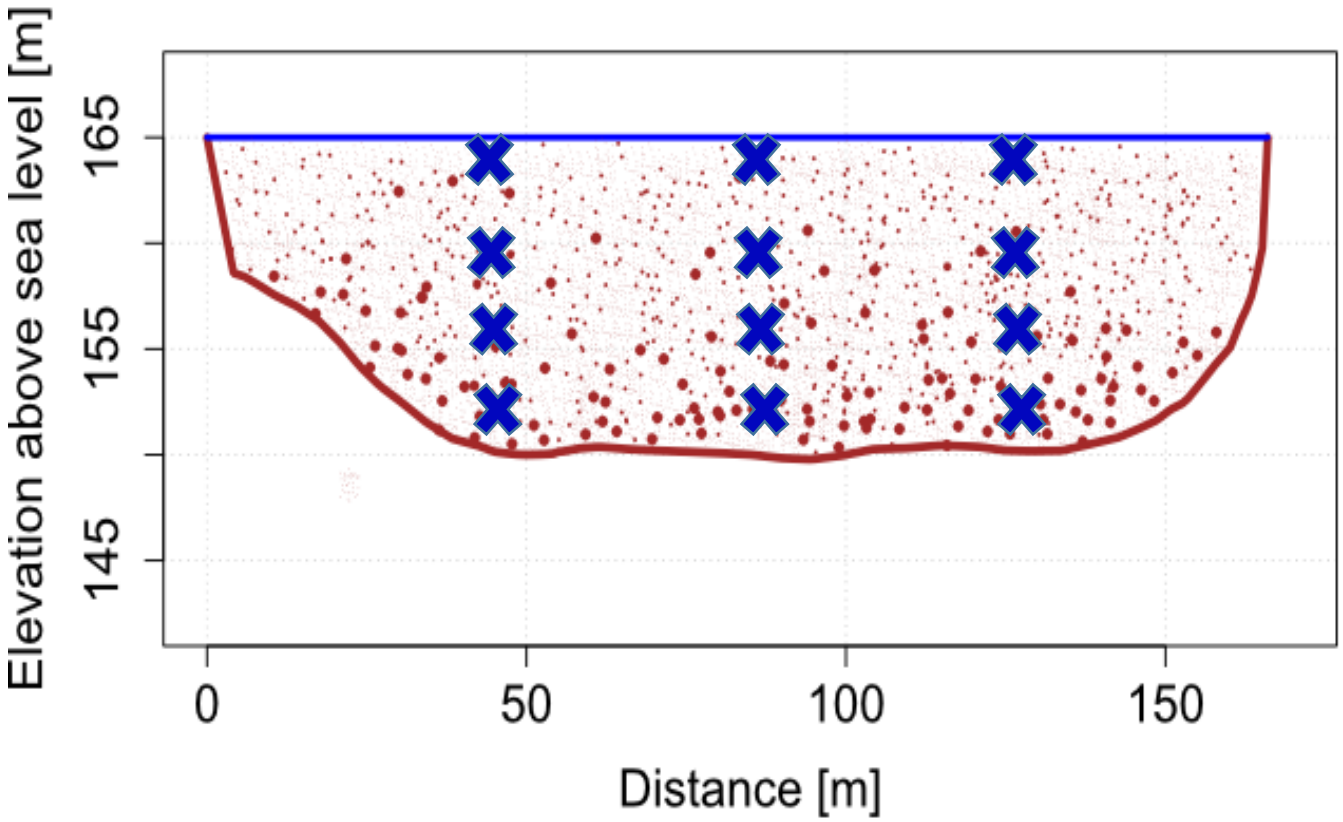
- Combiner les concentrations obtenues et le flux liquide

➢ Code de calcul

Jaugeages solides de sable en suspension

- 12 échantillons distribués
- Analyse par séparation (tamisage puis filtration)
- 6 transects ADCP

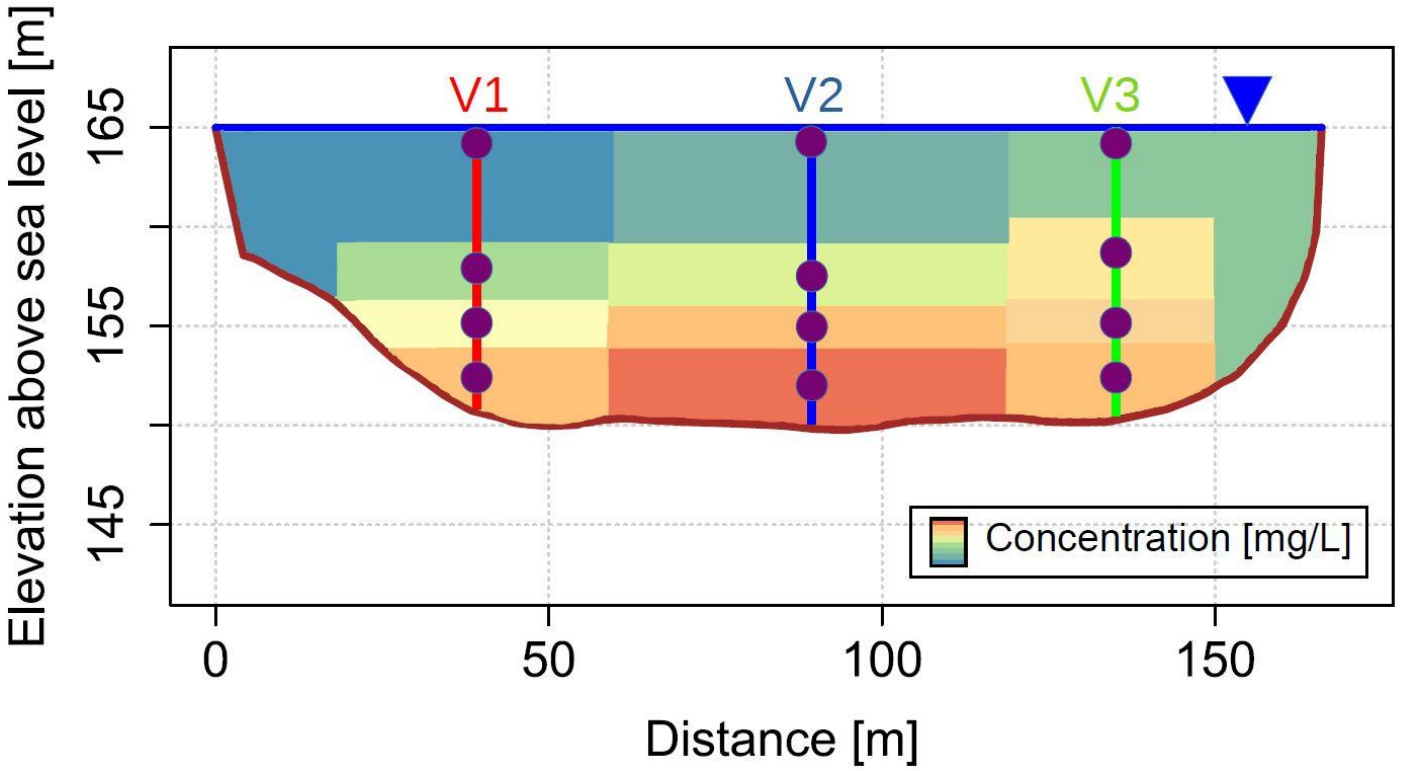
2 heures de mesure (dans cette configuration)



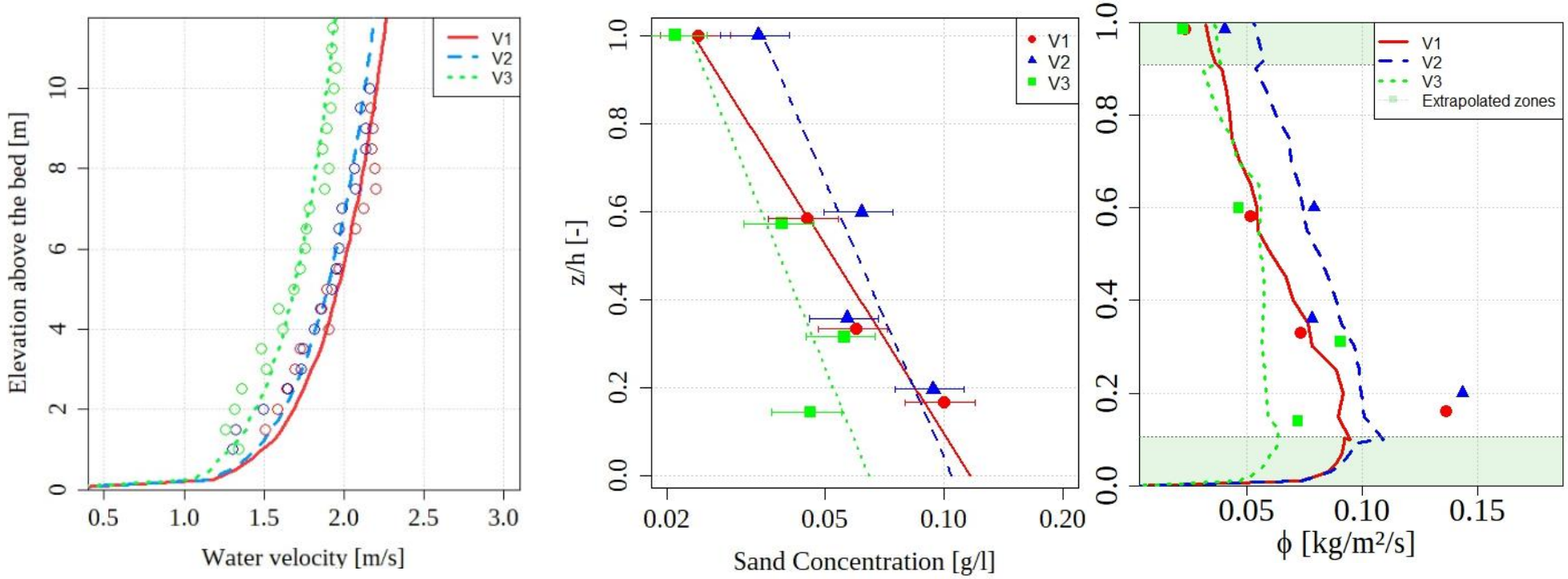
Calcul du flux solide – Méthode simple

$$\phi = \sum_{i=1}^{n} \overline{c_i v_i h_i} b_i$$

avec n le nombre de segments
$\overline{c_i}, \overline{v_i}, \overline{h_i}$, les concentrations, vitesses et profondeurs et b_i la largeur du segment



Calcul du flux solide – Méthode SDC

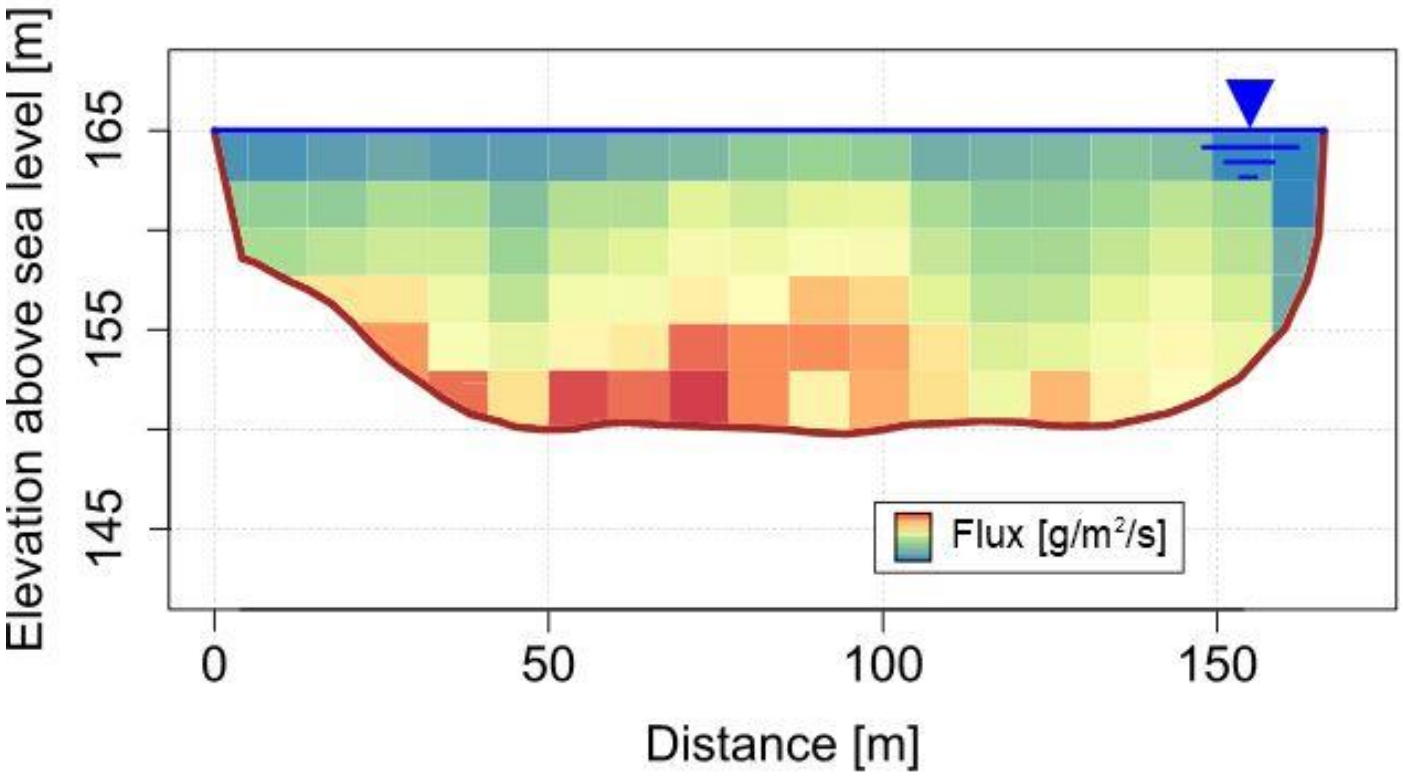


Le profil de flux (unitaire) : produit du profil de vitesse (puissance) et du profil de concentration (exponentiel)

G. Dramais, B. Camenen, J. Le Coz et al. A physically based method of combining adcp velocity data with point samples to compute suspended-sand discharge – applications to the Rhône river, France. (SEDHYD 2019)

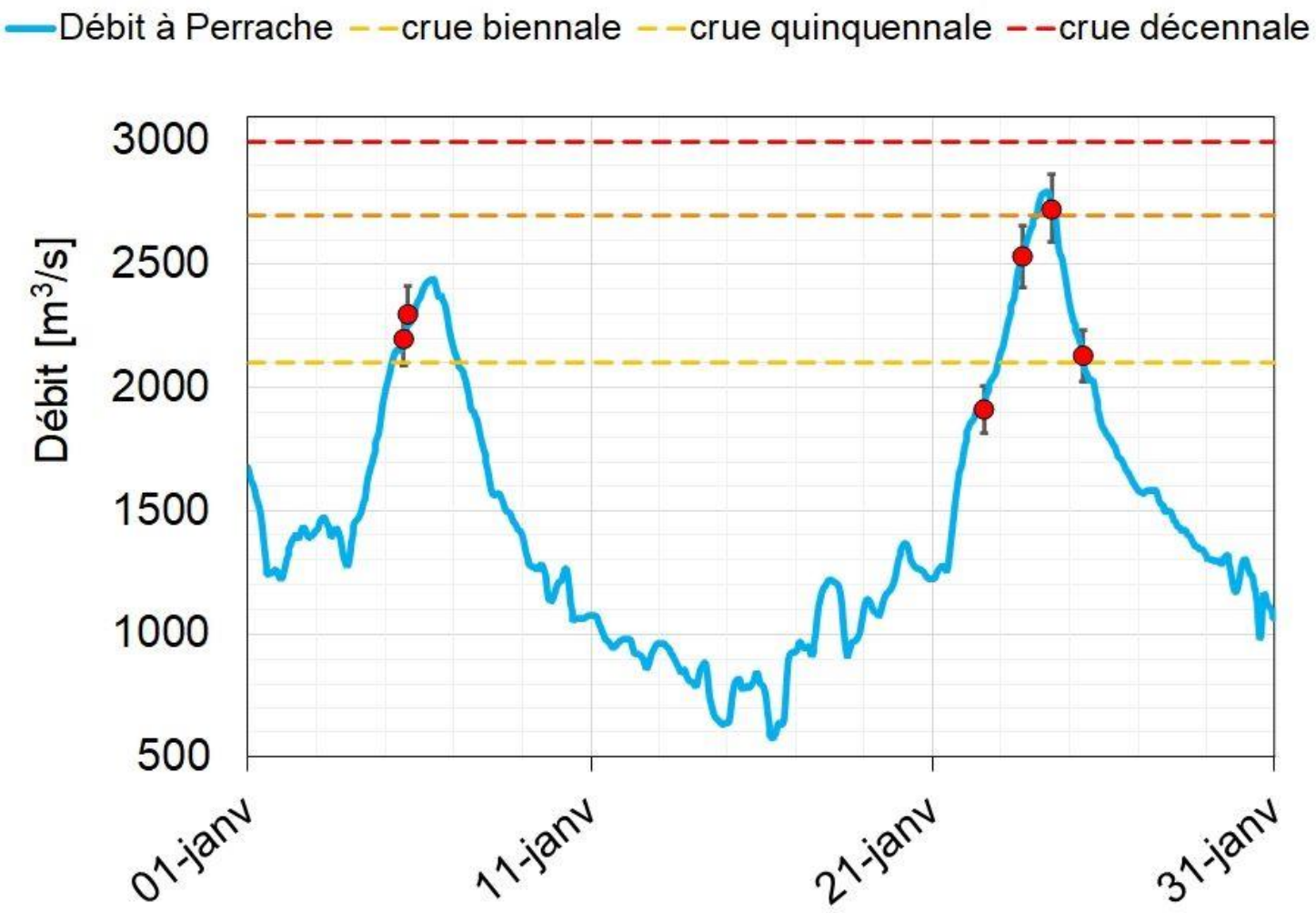
Calcul du flux solide – Méthode SDC

On améliore ici la résolution spatiale (et le calcul du flux dans les zones non mesurées)



Jaugeages solides de sable en suspension

Date	Débit liquide [m³/s]	Débit de sable [kg/s]
13/12/2017	1480	33
05/01/2018	2190	278
05/01/2018	2220	222
22/01/2018	2000	102
23/01/2018	2650	464
24/01/2018	2740	347
25/01/2018	2150	85
12/06/2018	860	3
06/03/2020	1780	105
16/07/2021	2140	220



Courbe de tarage de sable

- Ajustement sans base physique (loi puissance)
- Application d'une formule par capacité de transport (Engelund et Hansen, 1967)
- Utilisation de l'outil bayésien *BaM!* pour tracer la courbe de tarage et évaluer les incertitudes *(Renard et al. 2015)*

Tracé et évaluation des incertitudes sur la courbe de tarage de sable

- Utilisation de l'outil bayésien *BaM!* *(Renard et al. 2015)*

1. Déterminer le modèle à tester (exemple d'une courbe de tarage puissance)

$$Q_w = a\,(z_w - z_0)^b$$

$avec\ z_w$ la hauteur mesurée
z_0 la hauteur correspondant au débit nul
a et b paramètres dépendants de l'hydraulique

Tracé et évaluation des incertitudes sur la courbe de tarage de sable

- Utilisation de l'outil bayésien *BaM!* *(Renard et al. 2015)*

1. Déterminer le modèle à tester (on adapte le modèle au flux)

$$\phi = \theta_1 \, (Q_w - \theta_2)^{\theta_3}$$

2. Spécifier des *a priori* sur les paramètres et leurs distributions

avec ϕ le flux [kg/s]
Qw le débit liquide [m^3/s]
θ_1, θ_2 et θ_3, les paramètres à déterminer par le simulateur bayésien *BaM!*

Tracé et évaluation des incertitudes sur la courbe de tarage de sable

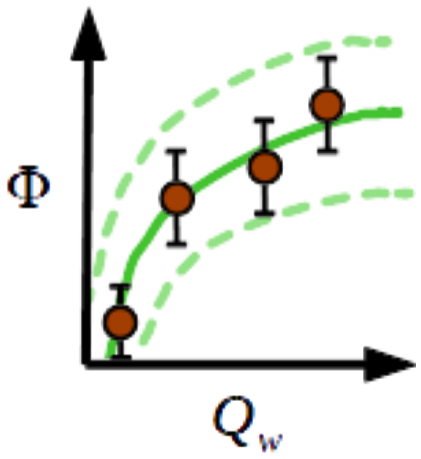
- Utilisation de l'outil bayésien *BaM!* *(Renard et al. 2015)*

1. Déterminer le modèle à tester

2. Spécifier des *a priori* sur les paramètres et leurs distributions

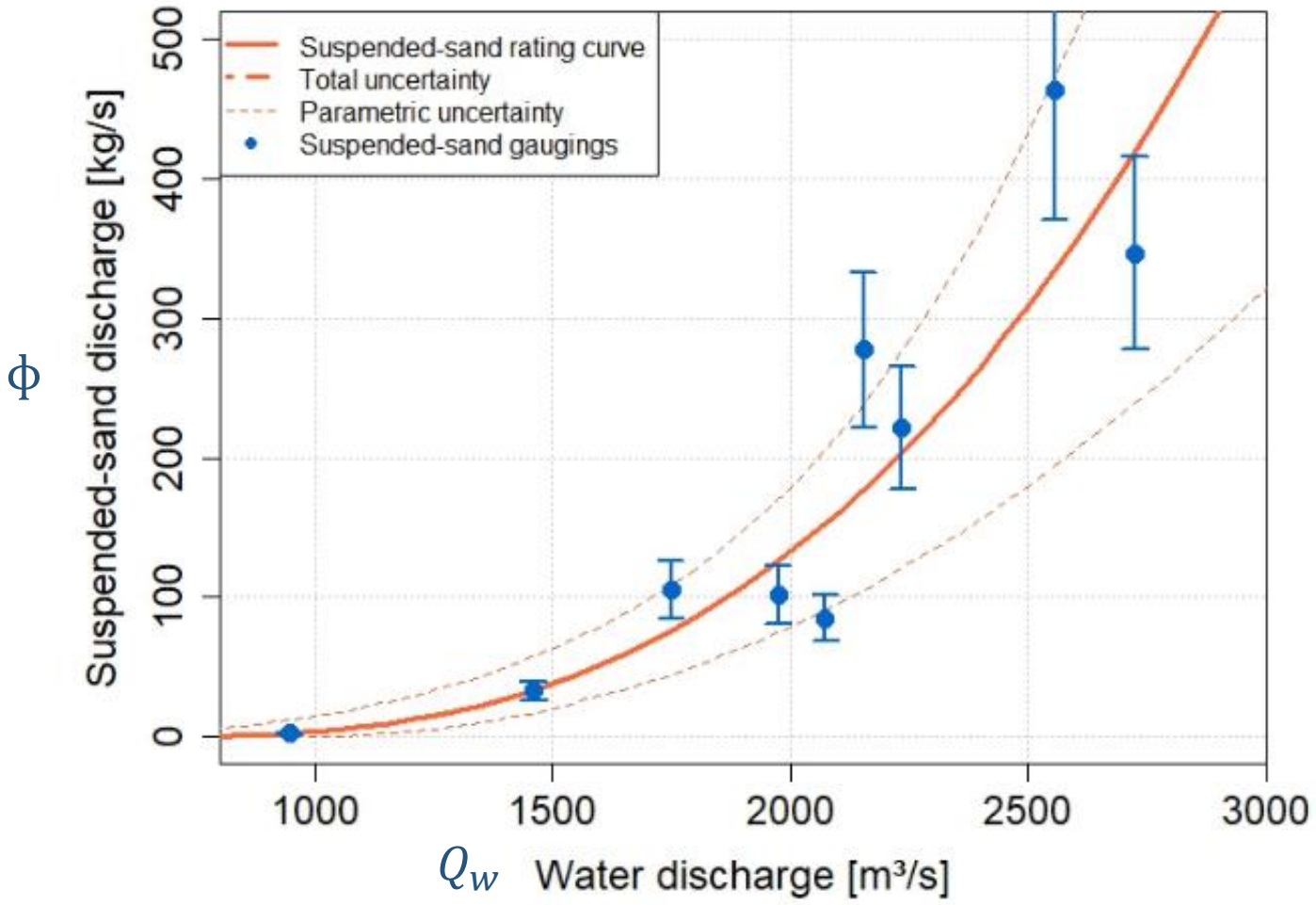
3. Quantifier les incertitudes sur les observations

4. Le simulateur génère ensuite le jeu de paramètres le plus probable parmi les tirages



Evaluation des incertitudes sur la courbe de tarage sédimentaire

- Ajustement sans base physique

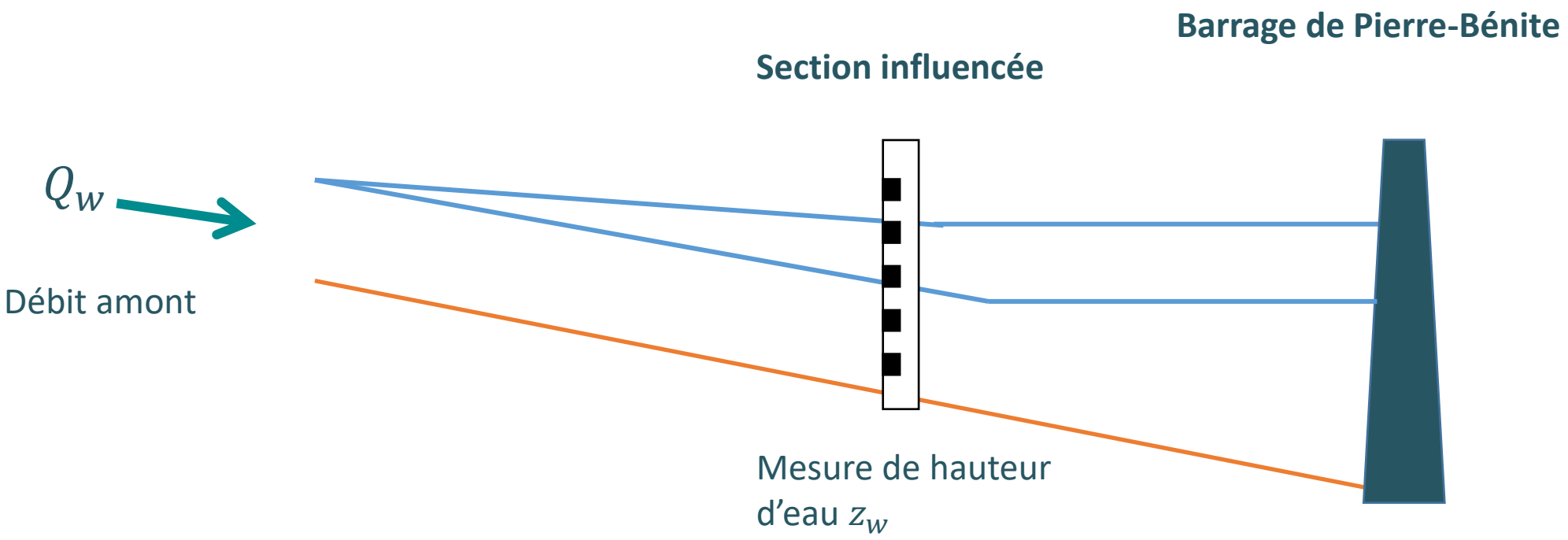


ϕ

Formulation du modèle à base physique

Formulation de l'hydraulique

- Influence du barrage de Pierre-Bénite



Formulation du modèle à base physique

- Application d'une formule de capacité de transport (Engelund et Hansen, 1967)

- Modèle avec deux entrées : débit liquide, hauteur d'eau :

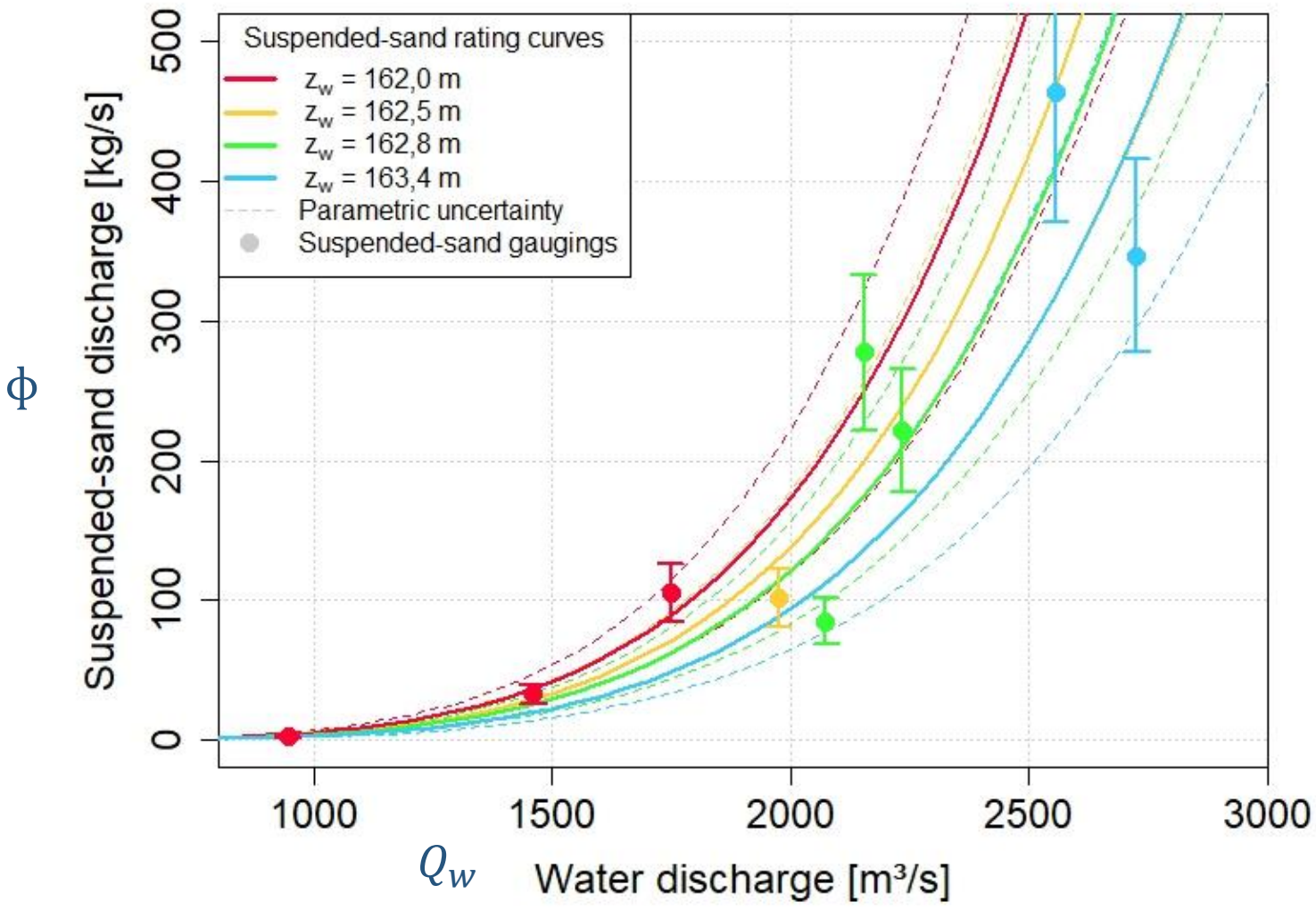
$$\phi\,(z_w, Q_w) = \theta_1 \frac{{Q_w}^{\theta_2}}{(z_w - \theta_3)^{\theta_4}}$$

- avec ϕ le flux [kg/s]
- Q_w le débit liquide [m^3/s]
- z_w la hauteur d'eau [m]

- avec θ_1, θ_2, θ_3, θ_4, les paramètres à déterminer par le simulateur bayésien *BaM!*

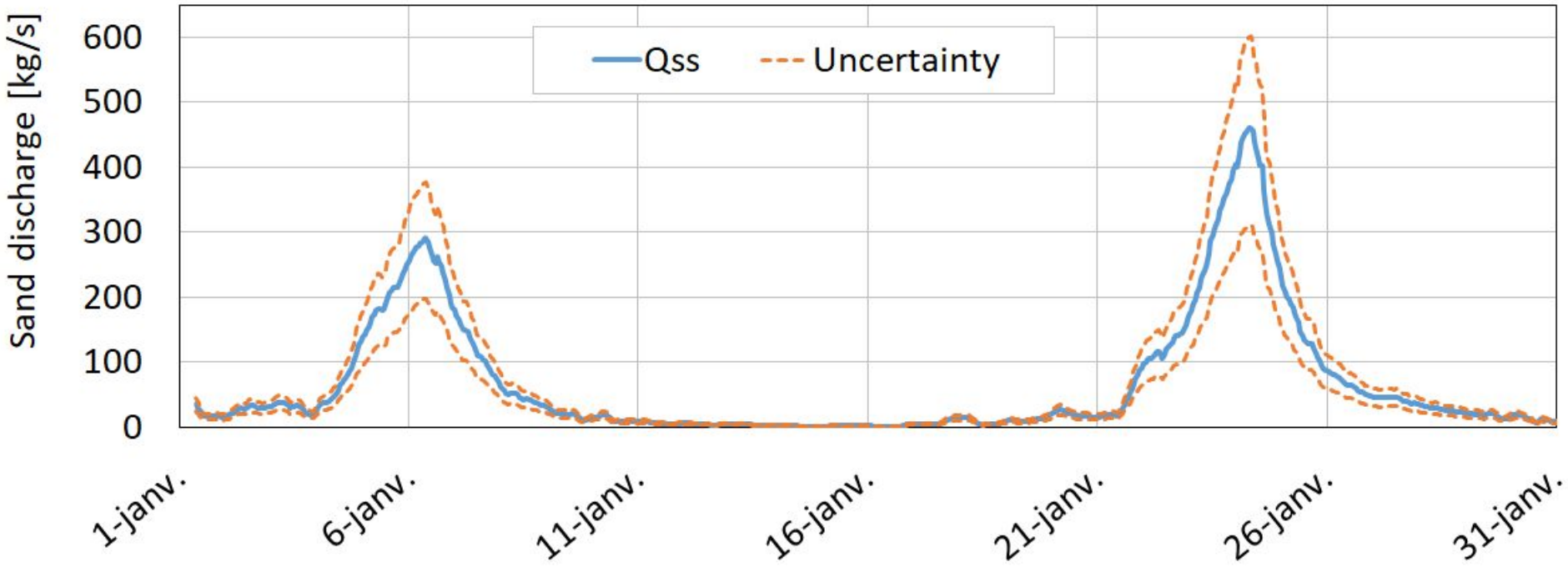
Courbe de tarage de sable à Perrache

- Modèle à base physique



Bilans de flux de sable sur le Rhône

- Propagation des incertitudes au niveau confiance de 95% jusqu'aux bilans de flux



- Bilan de flux de sable pour janvier 2018 : 0.175 Mt [0.120-0.226]

Conclusion et perspectives

- Grace aux méthodes présentées on a pu effectuer des jaugeages solides de sable et calculer un bilan de flux de sable à Lyon.

- Poursuite des jaugeages solides de sable pour affiner la connaissance de ces flux et affiner les périodes de validité des relations de tarage de sable.

- Améliorer et rendre opérationnel le code de calcul des jaugeages solides. Stage Thibault Vassor (OSR) co-encadré par Jessica Laible et Blaise Calmel.

- Continuer les travaux sur les comparaisons de préleveurs pour réduire les incertitudes sur les jaugeages solides.

Remerciements