

# Detection and estimation of stage-discharge rating shifts for retrospective and real-time streamflow quantification

Matteo Darienzo <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> INRAE, Villeurbanne (France) , <sup>2</sup> CIMA Foundation, Savona (Italie)

**Prix SHF en Hydrologie "Henri Milon" 2022 (*ex aequo*)**

**Thèse soutenue le :** 2 février 2021 à Lyon (INRAE),

**Ecole Doctorale :** « Terre Univers Environnement », Université Grenoble Alpes

**Encadrants :** Michel Lang, Jérôme Le Coz, Benjamin Renard (INRAE)

**Rapporteurs :** Dirceu Reis (UnB), Gil Mahé (IRD)

**Examineurs :** Anne-Catherine Favre (UGA), Asgeir Petersen-Øverleir (Statkraft)

**Invités :** Karine Delamarre (CNR), Arnaud Belleville (EDF)

# Contexte et objectifs de la thèse

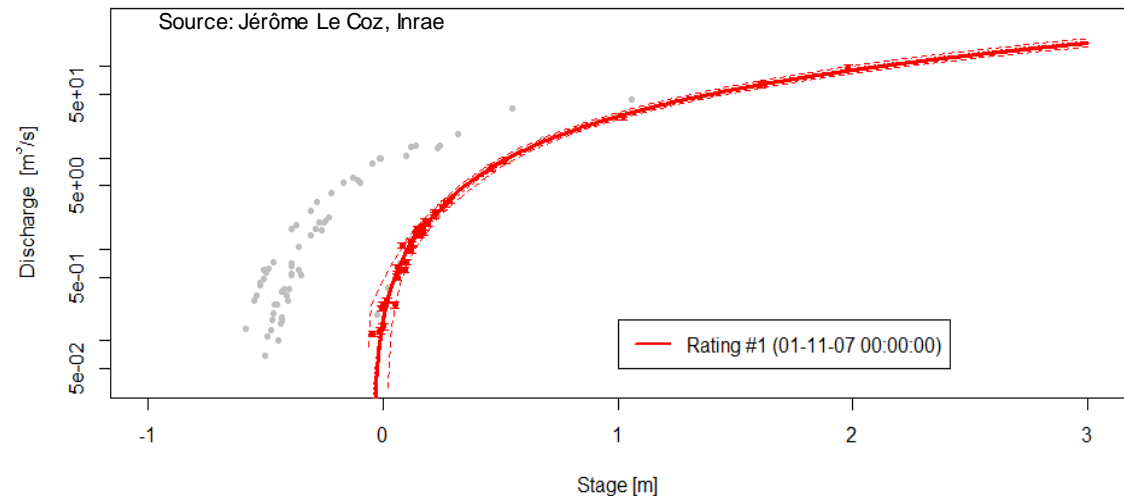
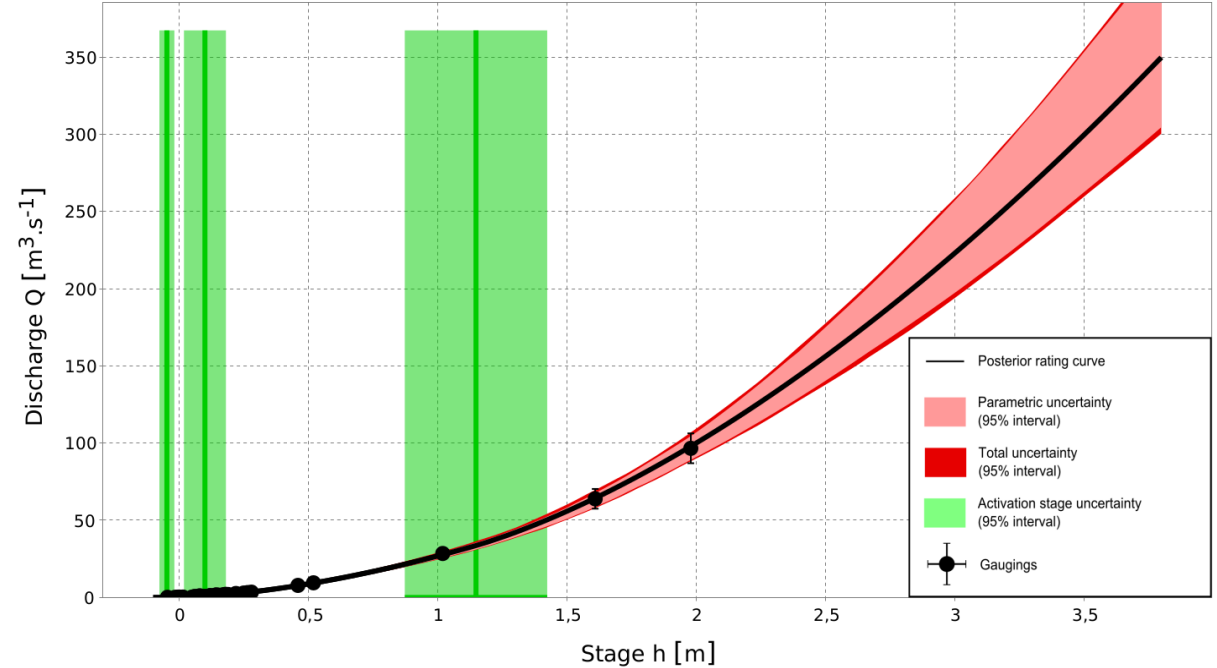
## Courbes de tarage (CdT) hauteur-débit

### Problèmes :

- Incertitude de la courbe de tarage :
  - sur les mesures (jaugeages)
  - sur les paramètres du modèle
  - sur le modèle choisi
- La courbe de tarage peut varier au cours du temps (détarages)

### Objectifs de la thèse :

- Détection et estimation des détarages
- En rétrospectif et en temps réel



# La méthode BayDERS

## "BAYesian Detection and Estimation of Rating Shifts"

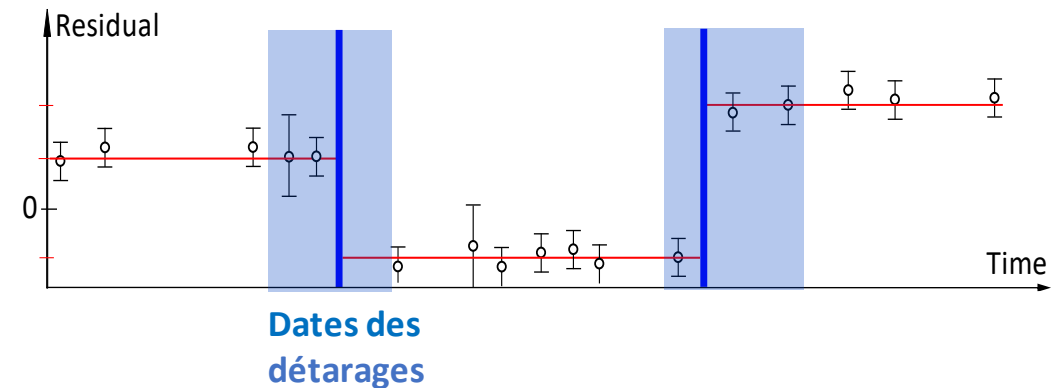
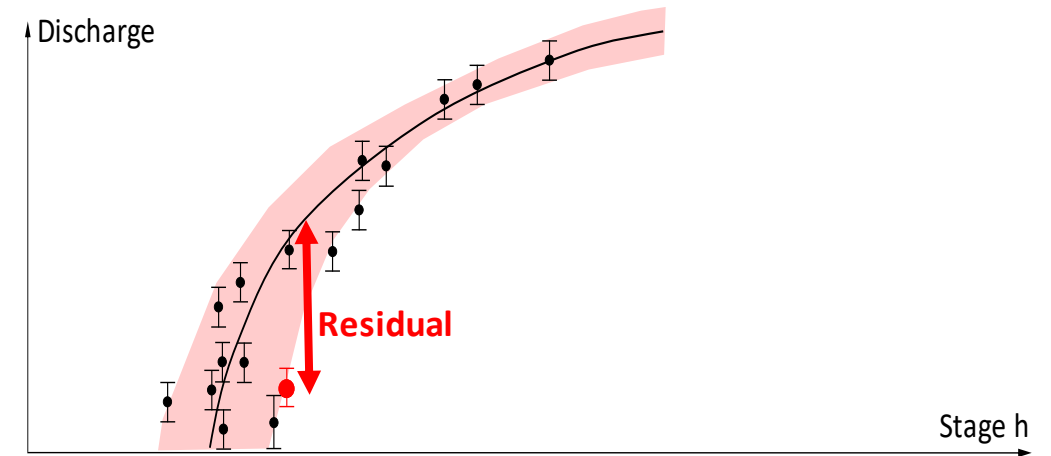
- Logiciel écrit en R pour la détection et l'estimation des détarages
- <https://github.com/MatteoDarienzo/BayDERS>
- Financé par INRAE, EDF, CNR et le SCHAPI
- Version 1.0.0
- GUI disponible
- Utilise BaM.exe (*Benjamin Renard, INRAE*)
- Utilise BaRatin-SPD (*Mansanarez et al., 2019, INRAE*)
- >20 cas d'étude testés avec des résultats satisfaisants (en France, Italie, Bolivie, Mozambique, ...)
  
- Avec les contributions de: *Jérôme Le Coz, Benjamin Renard, Michel Lang, Felipe Mendez-Rios, Emeline Perret, Mathieu Lucas, Olga Parshina, Guillaume Bodart*
  
- Package R "**RatingShiftHappens**" récemment développé par B.Renard + F. Mendez-Rios

```
#####  
# Welcome to BayDERS #  
#####  
# This program includes methods for #  
# detecting stage-discharge rating #  
# shifts by using gaugings and/or #  
# stage record. #  
# #  
# Developed by: #  
# Matteo Darienzo (INRAE Lyon). #  
# Under supervision of: #  
# B. Renard, J. Le Coz, M. Lang. #  
# Version v1. 2021 #  
# Funded by EDF, CNR, SCHAPI #  
#####  
# References: #  
# Le Coz et al., 2014) #  
# Mansanarez et al., 2019) #  
# Darienzo et al., 2021 #  
#####  
# Case study:  
[1] "Rio Buzi at Estaquinha (Mozambique)"  
Period of study:  
[1] "7/1/1956 - 6/30/2017"  
  
Reading input data and general options.  
Please, wait ...  
[1] "1) Stage record correctly loaded (Rio_Buzi_Estaquinha_limni.csv)"  
[1] "2) Gaugings correctly loaded (Rio_Buzi_Estaquinha_gaugings.csv)"
```

# La méthode BayDERS

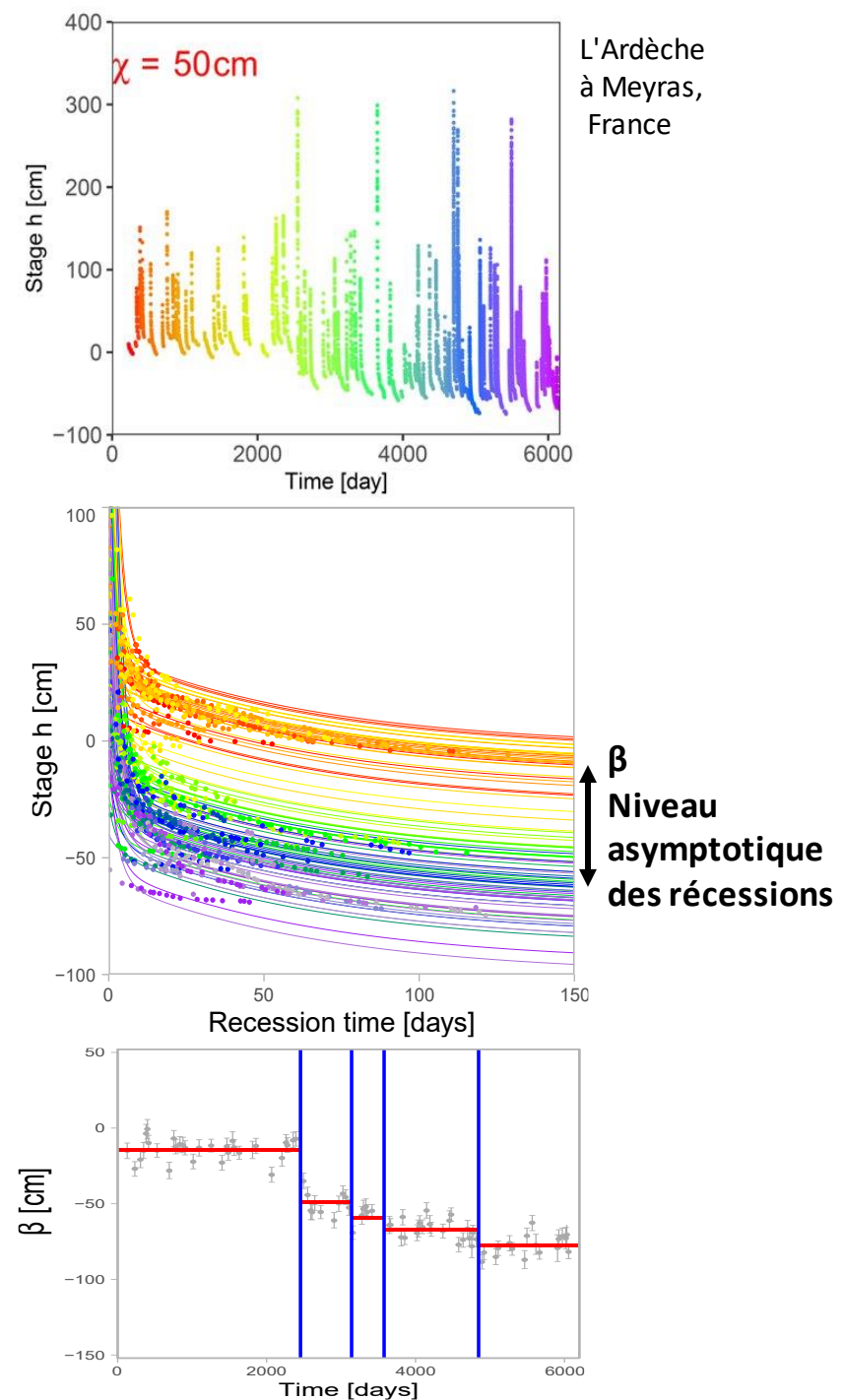
1. **Segmentation des jaugeages** : segmentation probabiliste Bayésienne réursive des résidus entre les jaugeages et une courbe de tarage de référence. Considère l'incertitude des données et fournit les dates de détarages avec incertitude.
2. **Analyse des récessions du limnigramme** : les récessions tendent asymptotiquement vers le niveau du contrôle le plus bas lorsque le débit tend vers zéro. Un changement morphologique du lit de la rivière induit un changement de ce niveau asymptotique. On ségmente la série temporelle des niveaux asymptotiques.
3. **Proxy de transport sédimentaire** : utilise le limnigramme pour détecter les détarages potentiels quand il y a dépassement d'une hauteur d'eau critique (calibrée en analysant les détarages passés). Une relation est aussi établie entre le volume de sédiments transportés et l'amplitude des détarages.

Article publié dans WRR (*Dariento et al., 2021*)



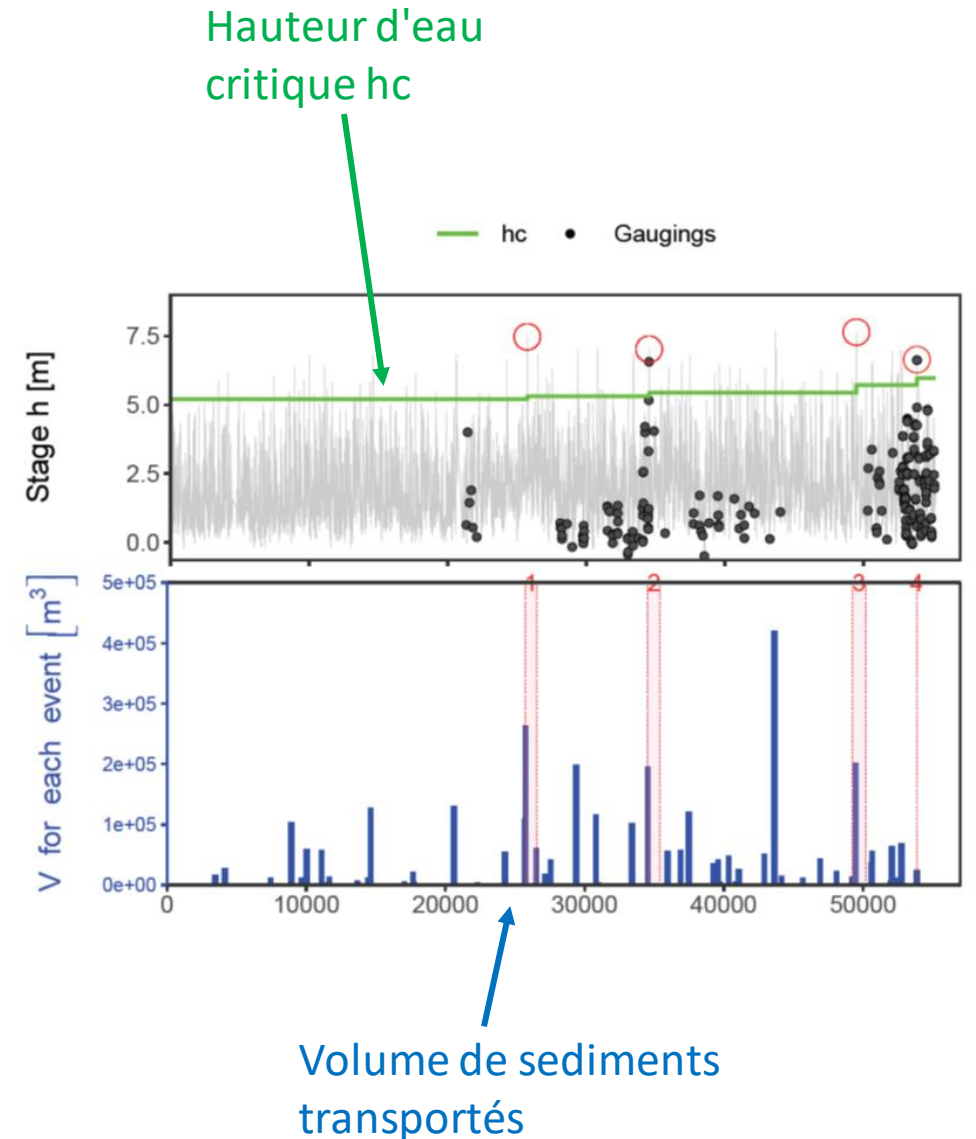
# La méthode BayDERS

1. Segmentation des jaugeages : segmentation probabiliste Bayésienne récursive des résidus entre les jaugeages et une courbe de tarage de référence. Considère l'incertitude des données et fournit les dates de détarages avec incertitude.
2. Analyse des récessions du limnigramme : les récessions tendent asymptotiquement vers le niveau du contrôle le plus bas lorsque le débit tend vers zéro. Un changement morphologique du lit de la rivière induit un changement de ce niveau asymptotique. On segmente la série temporelle des niveaux asymptotiques.
3. Proxy de transport sédimentaire : utilise le limnigramme pour détecter les détarages potentiels quand il y a dépassement d'une hauteur d'eau critique (calibrée en analysant les détarages passés). Une relation est aussi établie entre le volume de sédiments transportés et l'amplitude des détarages.



# La méthode BayDERS

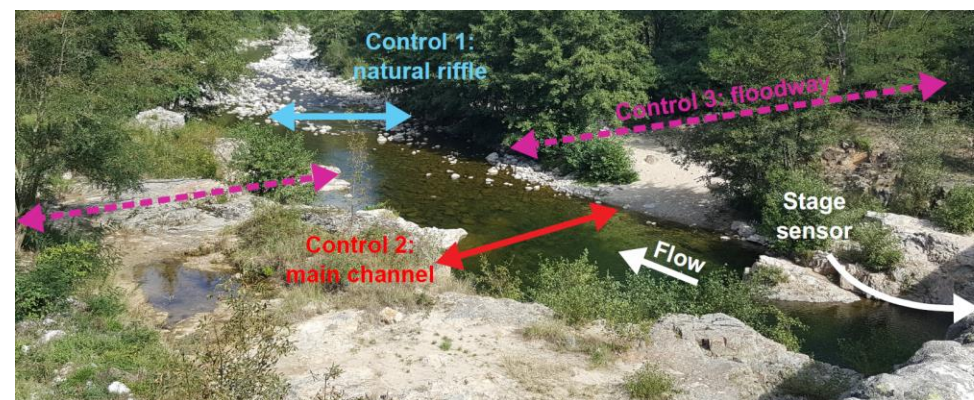
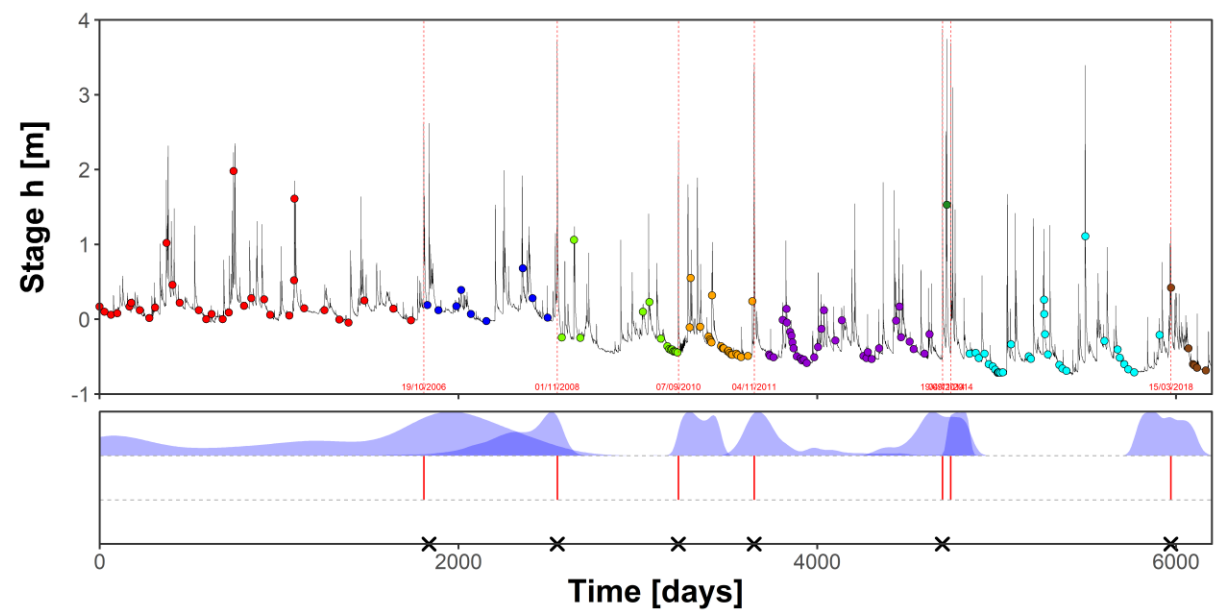
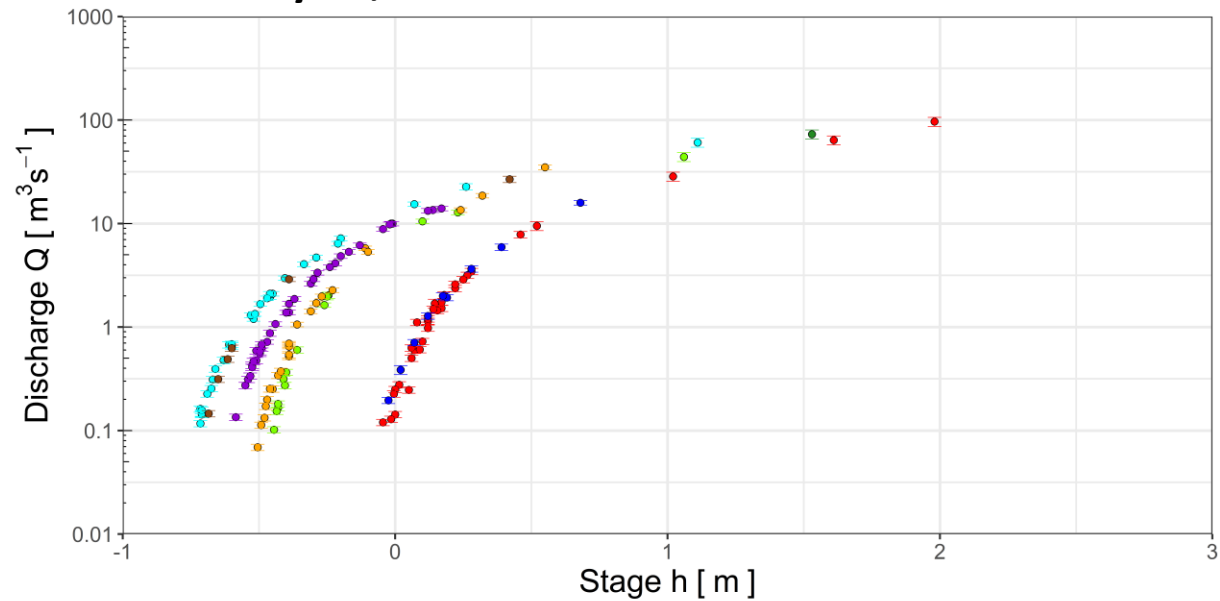
1. Segmentation des jaugeages : segmentation probabiliste Bayésienne récursive des résidus entre les jaugeages et une courbe de tarage de référence. Considère l'incertitude des données et fournit les dates de détarages avec incertitude.
2. Analyse des récessions du limnigramme : les récessions tendent asymptotiquement vers le niveau du contrôle le plus bas lorsque le débit tend vers zéro. Un changement morphologique du lit de la rivière induit un changement de ce niveau asymptotique. On segmente la série temporelle des niveaux asymptotiques.
3. Proxy de transport sédimentaire : utilise le limnigramme pour détecter les détarages potentiels quand il y a dépassement d'une hauteur d'eau critique (calibrée en analysant les détarages passés). Une relation est aussi établie entre le volume de sédiments transportés et l'amplitude des détarages.





# Cas d'étude

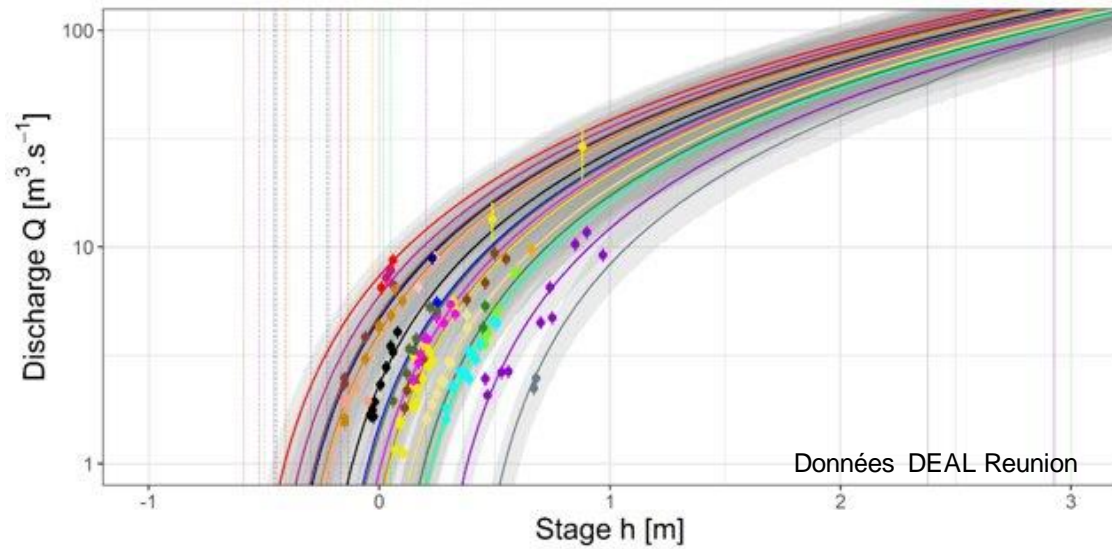
## L'Ardèche à Meyras, France



Mansanarez et al., 2019

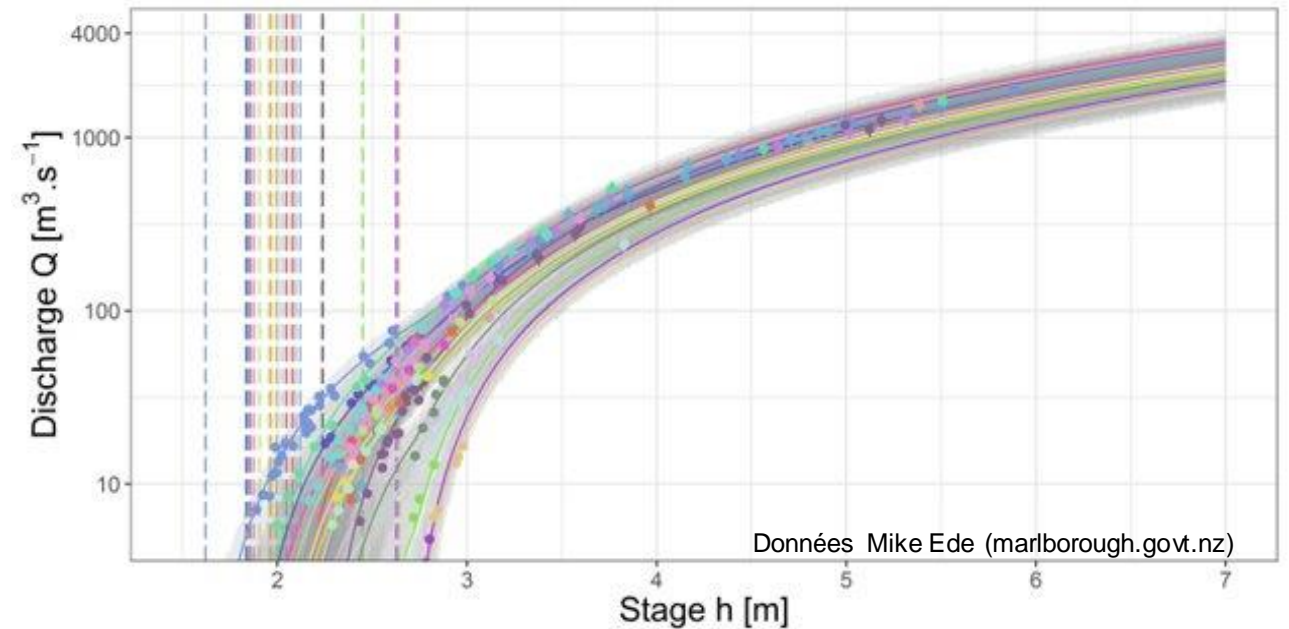
# Cas d'étude

## Le Mat à Escalier, Ile de la Réunion



Estimation de la courbe de tarage multi-période avec la méthode **Baratin-SPD** (Mansanarez et al. [2019])

## La Wairau à Barnetts Bank (Nouvelle Zélande)





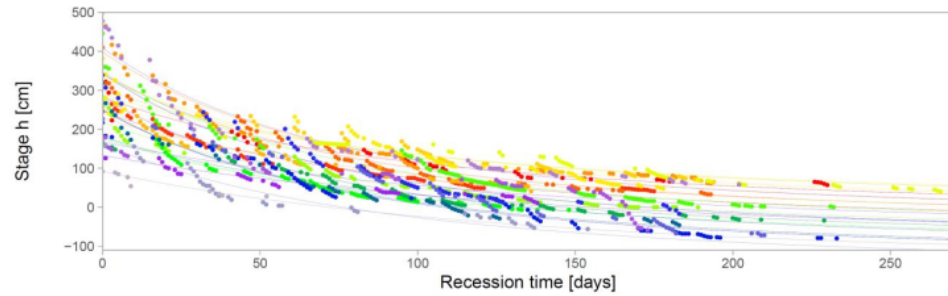
# Cas d'étude

Projet de CIMA  
Foundation (Italie)

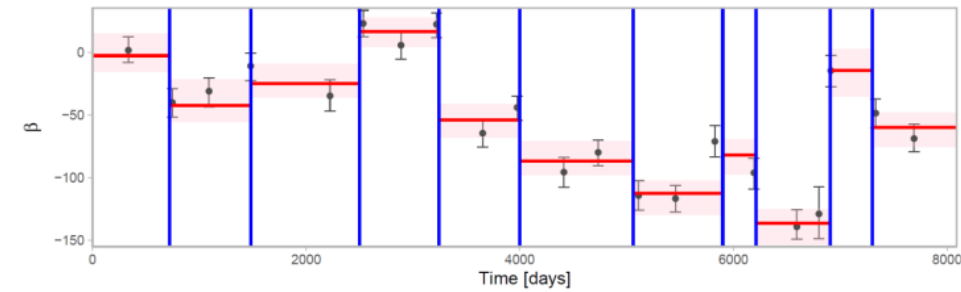


## Le Beni à Rurrenabaque, Bolivie

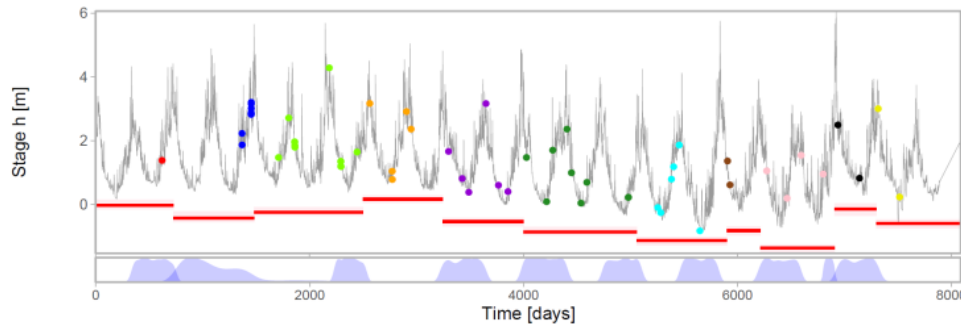
a)



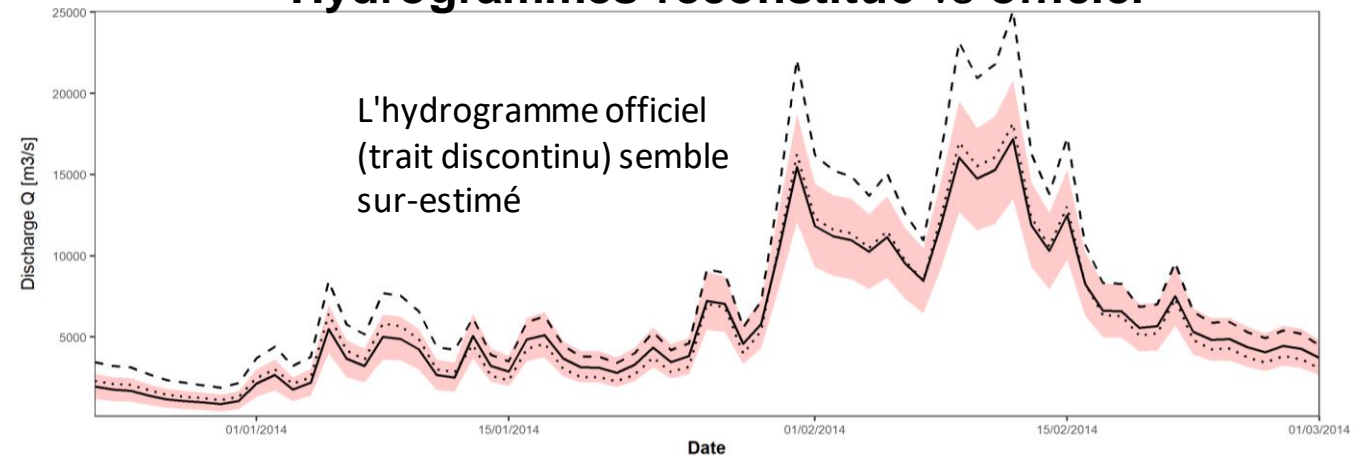
b)



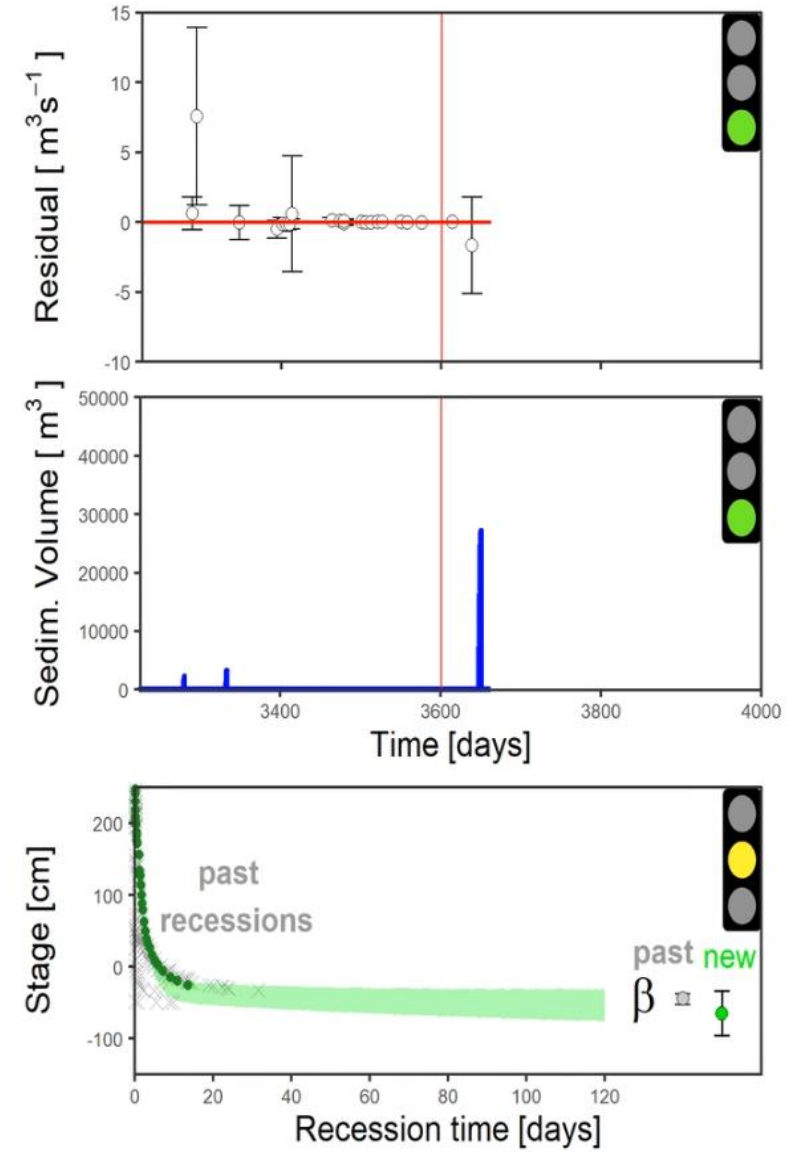
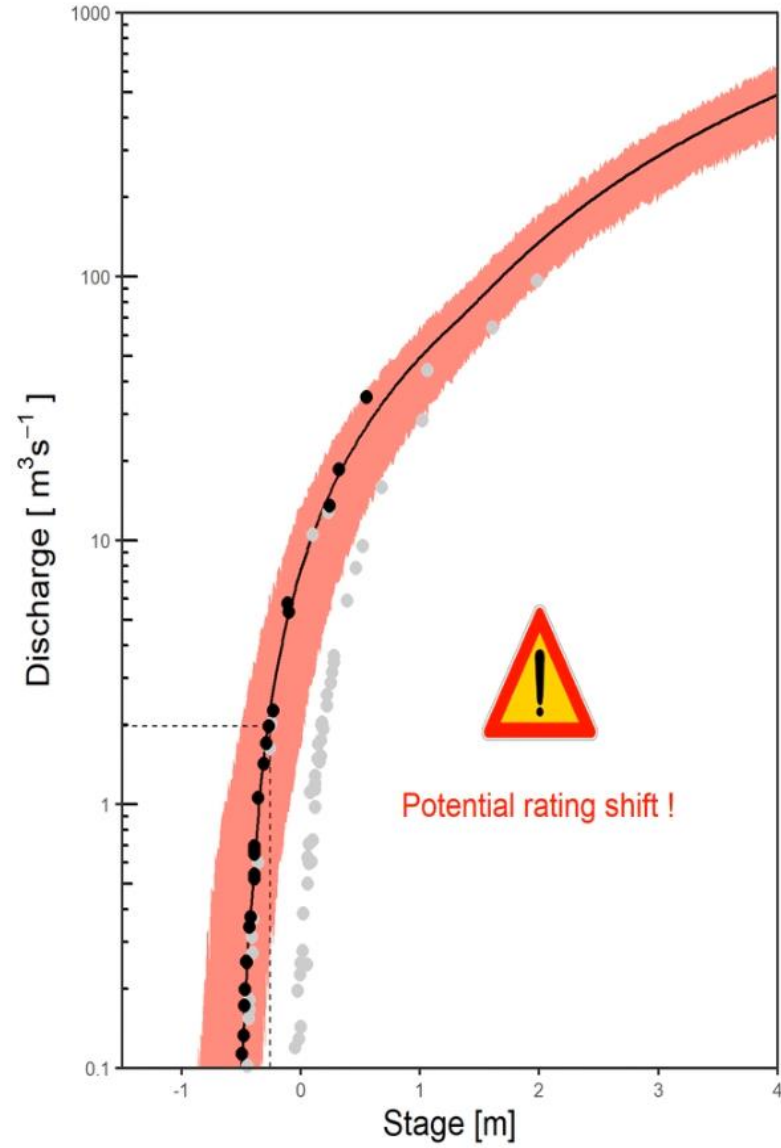
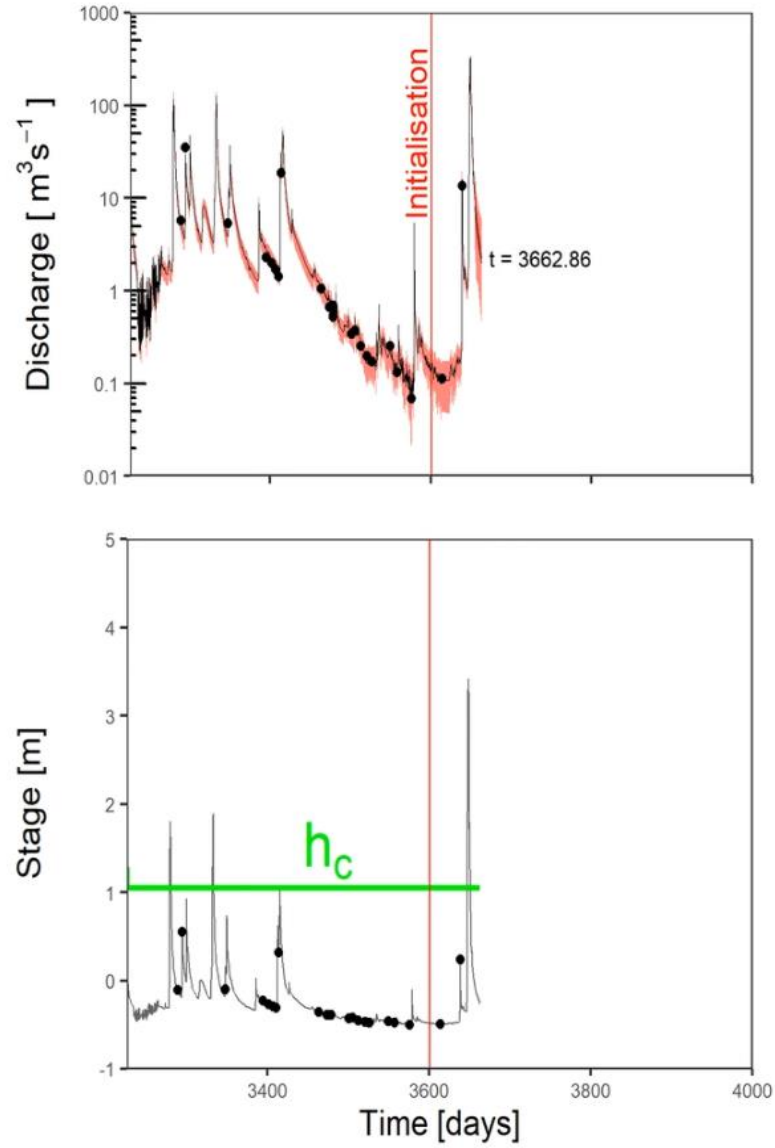
c)



## Hydrogrammes reconstitué vs officiel



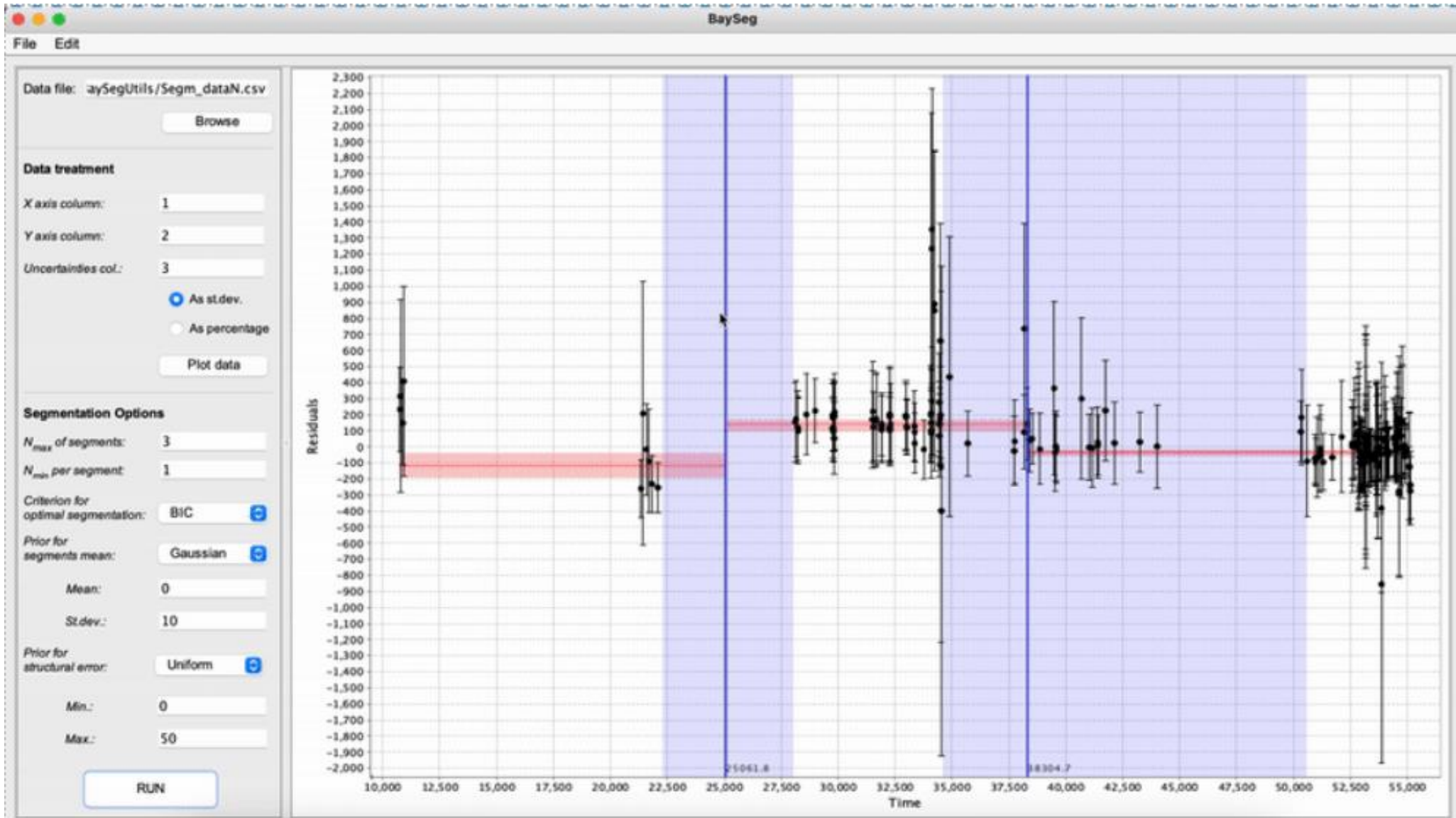
# Application en temps réel



# Interface graphique Java



- Interface pour la segmentation probabiliste (*Dariento et al. 2021*)
- Développée par : Olga Parshina et Matteo Dariento. Utilise BaM.exe (B. Renard, INRAE)

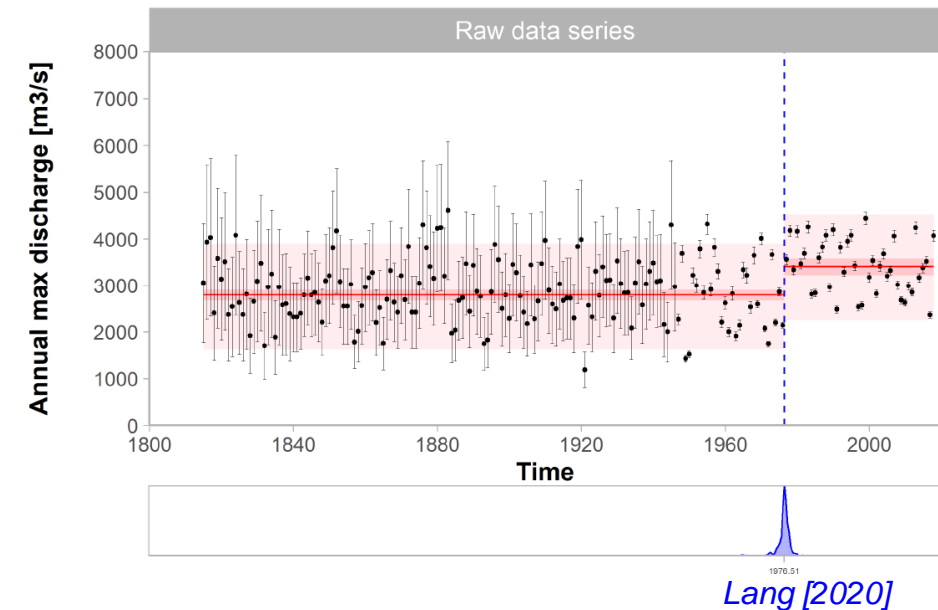
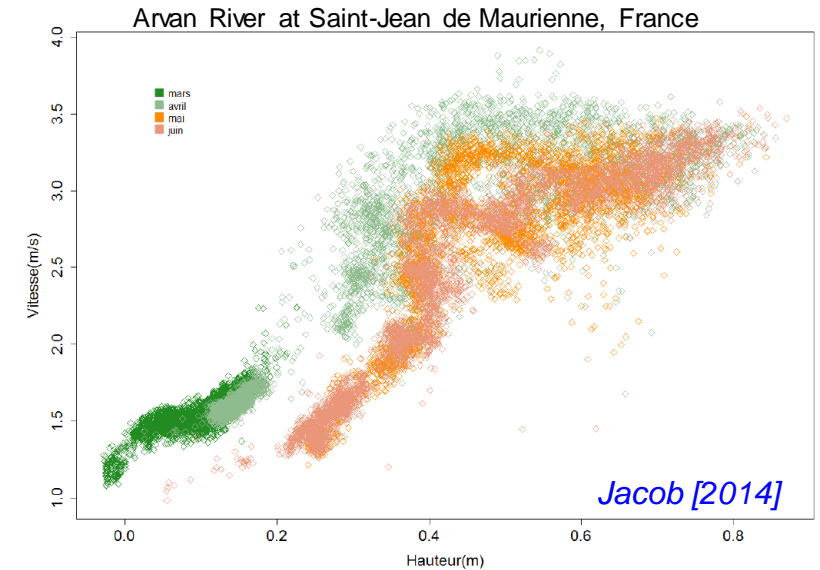


# Perspectives

- Interface graphique BayDERS-Java
- Optimiser le temps de calcul
- Utilisation en temps réel (procédures)
  
- **Implémentation d'autres méthodes:** corrélation entre stations voisines ou avec les sorties d'un modèle pluie-débit, segmentation de la relation hauteur-vitesse (e.g., radar)
  
- **Extension à d'autres domaines** (segmentation des séries de débits max annuels)

## Publications prévues:

- Article à soumettre sur WRR sur l'analyse des récessions (*Dariento M., Renard B., Le Coz J., Lang M. "Estimation of river bed evolution at hydrometric stations using stage-recessions"*).
- Article à soumettre sur LHB sur le logiciel BayDERS et ses applications





*Merci pour votre attention*

