

*« La mesure des débits en rivière : comment repenser l'exploitation des stations hydrométriques ? »*

# **LA GESTION DYNAMIQUE DES RELATIONS HAUTEUR-DÉBIT DES STATIONS D'HYDROMÉTRIE ET LE CALCUL DES INCERTITUDES ASSOCIÉES**

Application à la station hydrométrique de  
la Loire à Montjean

**Thomas MORLOT<sup>1,2</sup>, Christian PERRET<sup>1</sup>  
Anne-Catherine FAVRE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> EDF-DTG, 21 avenue de l'Europe, 38040 Grenoble Cedex 9 - e-mails: [thomas.morlot@edf.fr](mailto:thomas.morlot@edf.fr), [christian.perret@edf.fr](mailto:christian.perret@edf.fr)

<sup>2</sup> LTHE, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9 - e-mail: [Anne-Catherine.Favre-Pugin@ense3.grenoble-inp.fr](mailto:Anne-Catherine.Favre-Pugin@ense3.grenoble-inp.fr)



*Journées de l'hydrométrie – 3 & 4 Février 2014*



## Objectifs de l'étude

➔ Dans la continuité de l'étude de Mai 2013 proposée par la DREAL Pays de Loire [1] EDF-DTG propose un complément avec une gestion dynamique de la courbe de tarage (GesDyn) [2]

★ Étudier la variabilité du lit de la Loire à Montjean

★ Reconstituer une chronique de débit depuis 1964

★ Calculer les incertitudes associées

[1] Poligot-Pitsch S., Geffray G., Pichon N., 2013. *Contribution de l'hydrométrie au suivi de l'évolution du lit de la Loire aval*. Congrès SHF: « Hydrométrie2013 », Paris, 15-16 Mai 2013.

[2] Perret P., Morlot T., Favre A-C., 2013. *La gestion dynamique des relations hauteur-débit des stations d'hydrométrie et le calcul des incertitudes associées: un indicateur de qualité et de suivi*. Congrès SHF: « Hydrométrie2013 », Paris, 15-16 Mai 2013.

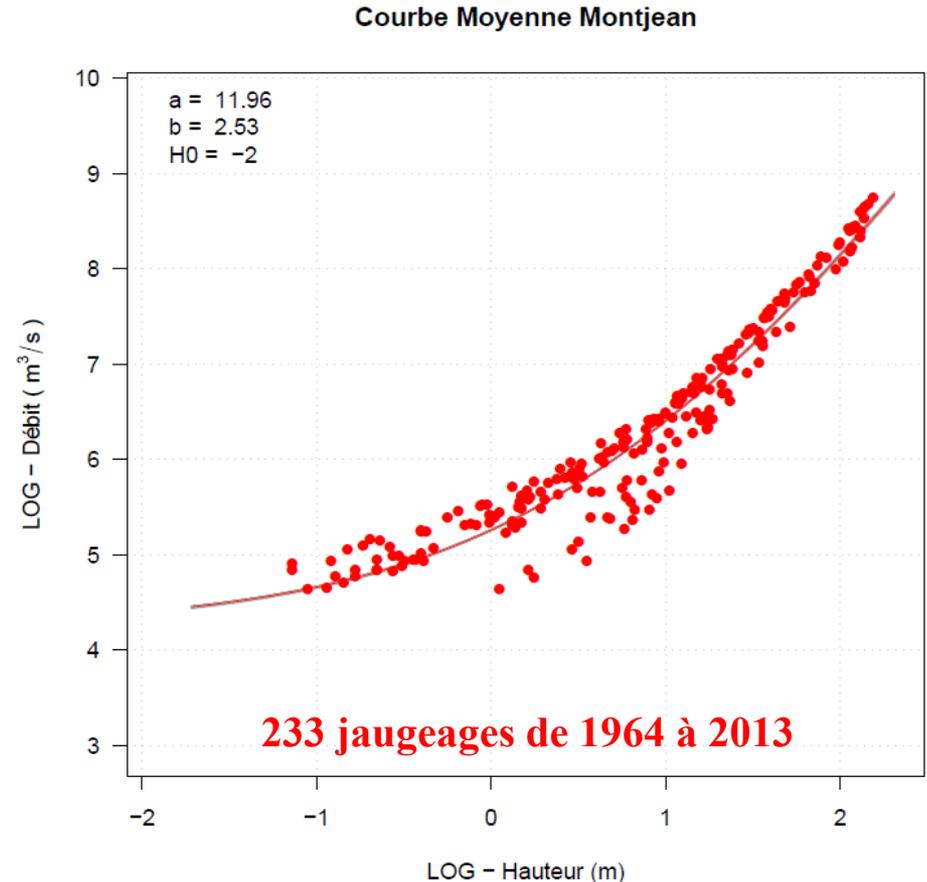
## Définition d'une courbe de tarage moyenne CM

- ★ Le « nuage 0 » représente à lui seul tout le champ des possibles de la relation hauteur-débit.
- ★ En ajustant une loi (ou une somme de lois) puissance de type (1) dans le « nuage 0 », on définit une courbe de tarage moyenne (CM).

$$Q = a.(H - H_0)^b, \quad (1)$$

$H_0$  est la hauteur d'eau pour laquelle le débit est supposé être nul

$a$  et  $b$  des paramètres de formes, ( $b=5/3$  Manning-Strickler,  $b=5/2$  seuil triangulaire,  $b=3/2$  seuil rectangulaire)



## Comparaison des jaugeages à la courbe de tarage moyenne CM

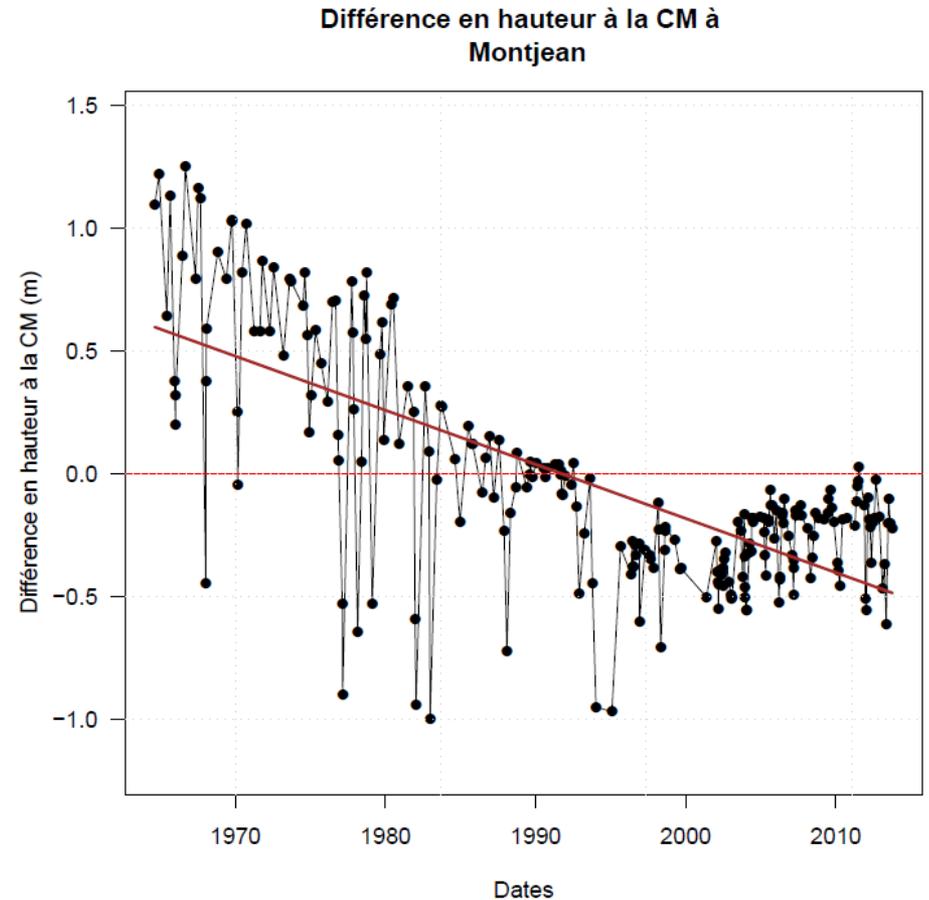
### 1) Différence en hauteur $\Delta H$ [m] à la CM

$$H_i - H_{CM} \quad \text{pour} \quad i = 1, \dots, N$$

*N*: Nombre total de jaugeages du nuage 0

Une réalité physique du lit des rivières : l'incision ou l'exhaussement

En ce qui concerne la Loire à Montjean:  
tendance de creusement du lit de plus de 1m en une cinquantaine d'années (-2.2cm/an)



## Comparaison des jaugeages à la courbe de tarage moyenne CM

### 1) Différence en hauteur $\Delta H$ [m] à la CM

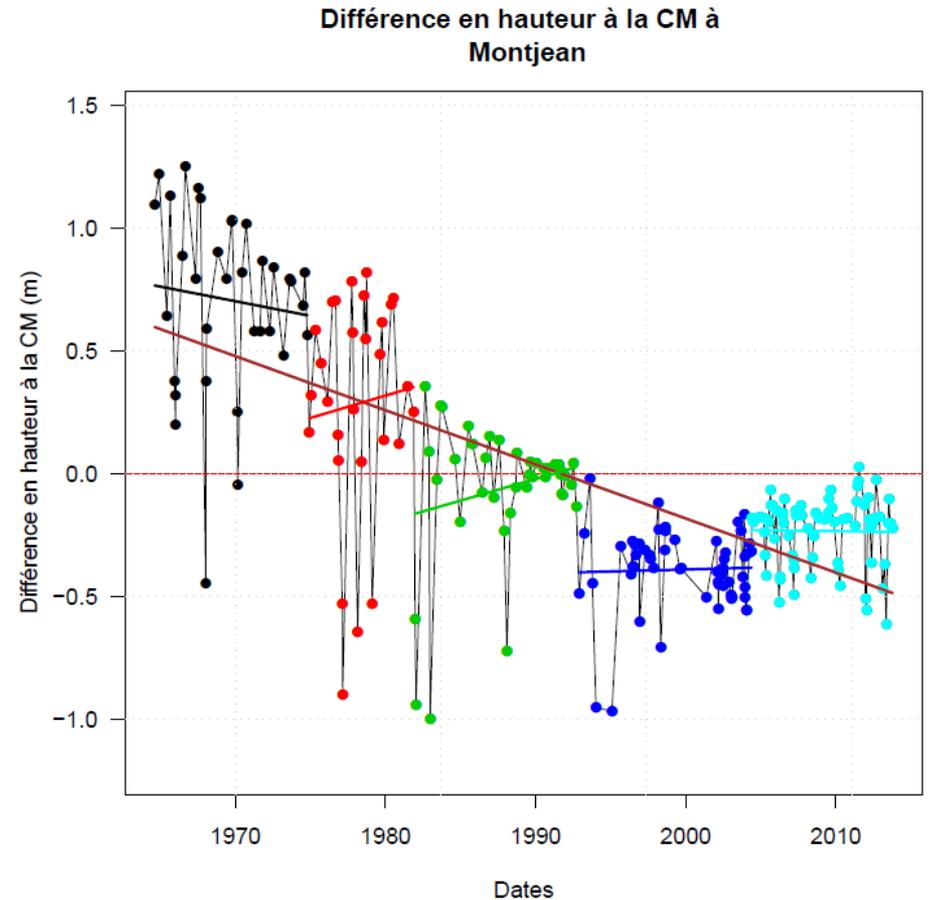
$$H_i - H_{CM} \quad \text{pour} \quad i = 1, \dots, N$$

*N*: Nombre total de jaugeages du nuage 0

Procédure de segmentation  
 [Hubert et al., (1989)]  
 [Kehagias & Fortin, (2006)]

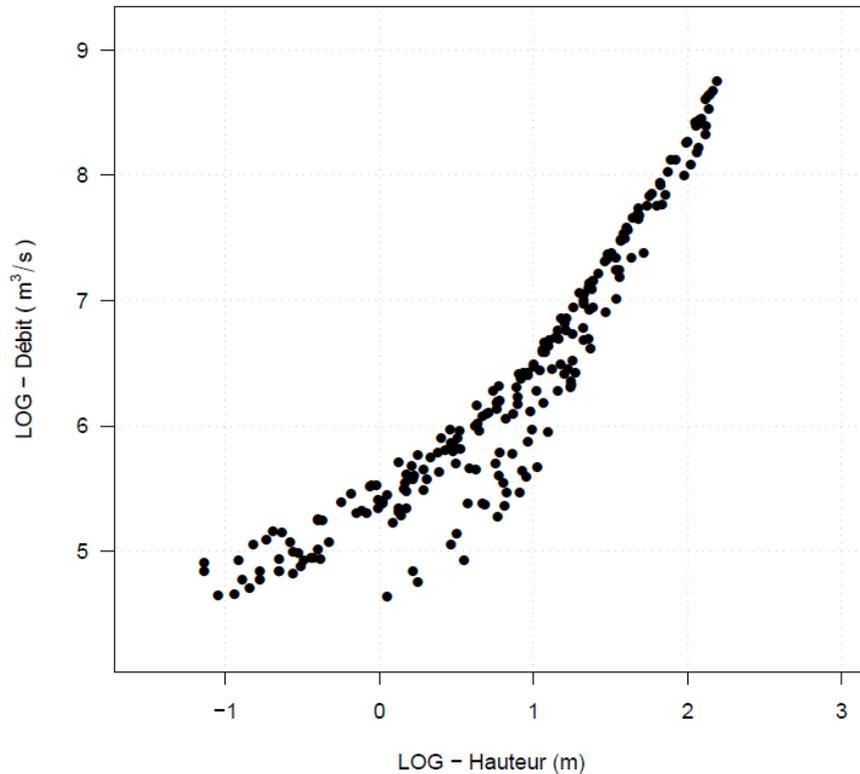


**Populations homogènes de jaugeages**



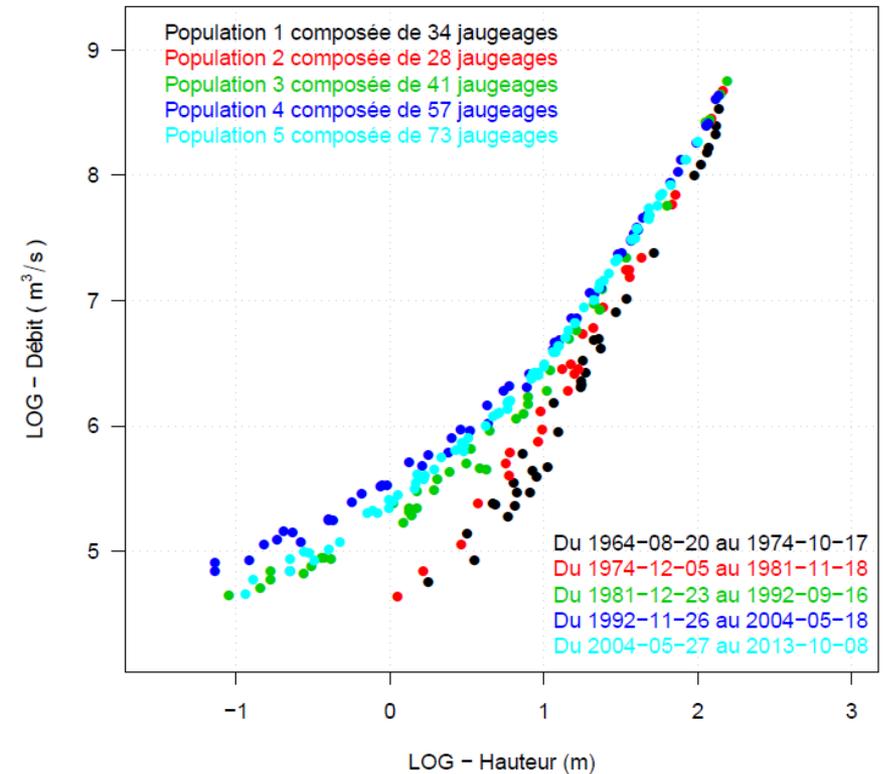
## Résultats de la procédure de segmentation

Différentes populations à la station Montjean  
Segmentation de Kehagias et Fortin



Nuage 0: ensembles des jaugeages réalisés sur la station

Différentes populations à la station Montjean  
Segmentation de Kehagias et Fortin

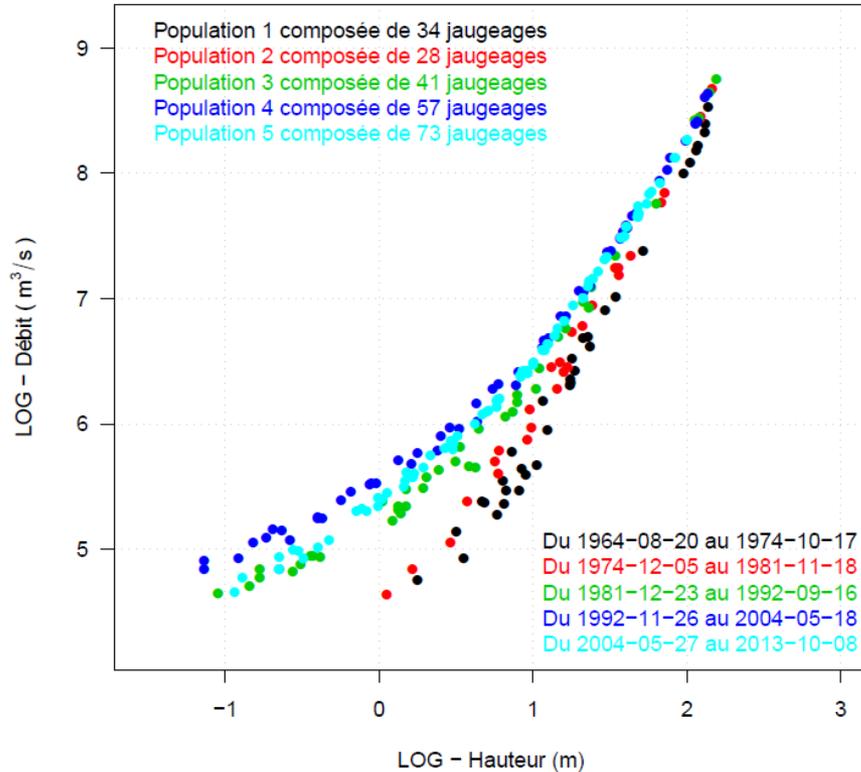


Populations homogènes de jaugeages

Après procédure de segmentation  
[Hubert et al., (1989)]  
[Kehagias & Fortin, (2006)]

## Résultats de la procédure de segmentation

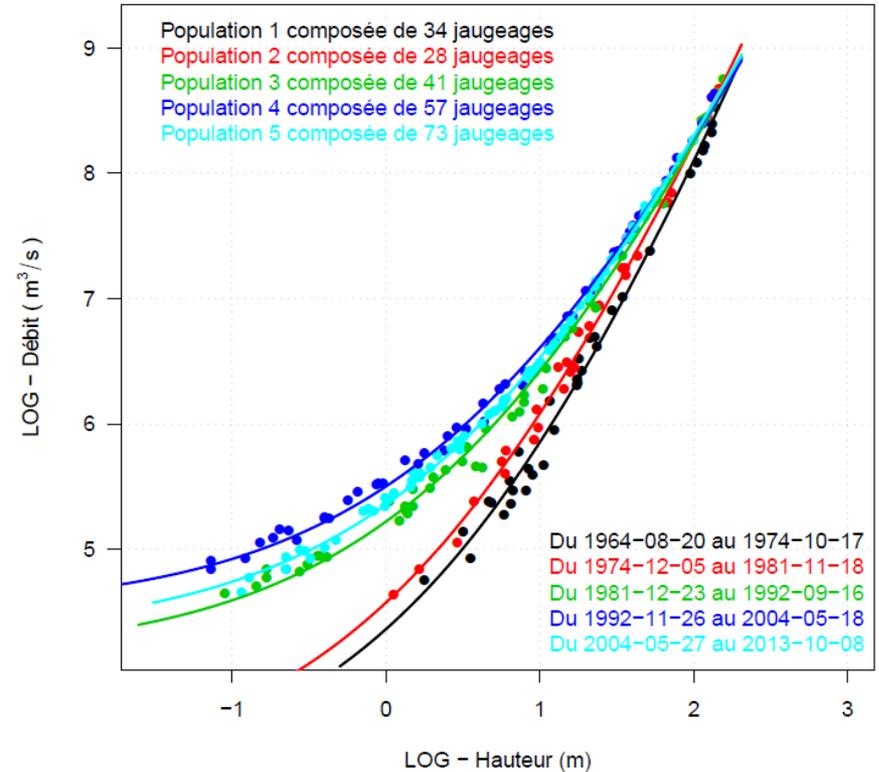
Différentes populations à la station Montjean  
Segmentation de Kehagias et Fortin



Populations homogènes de  
jaugeages



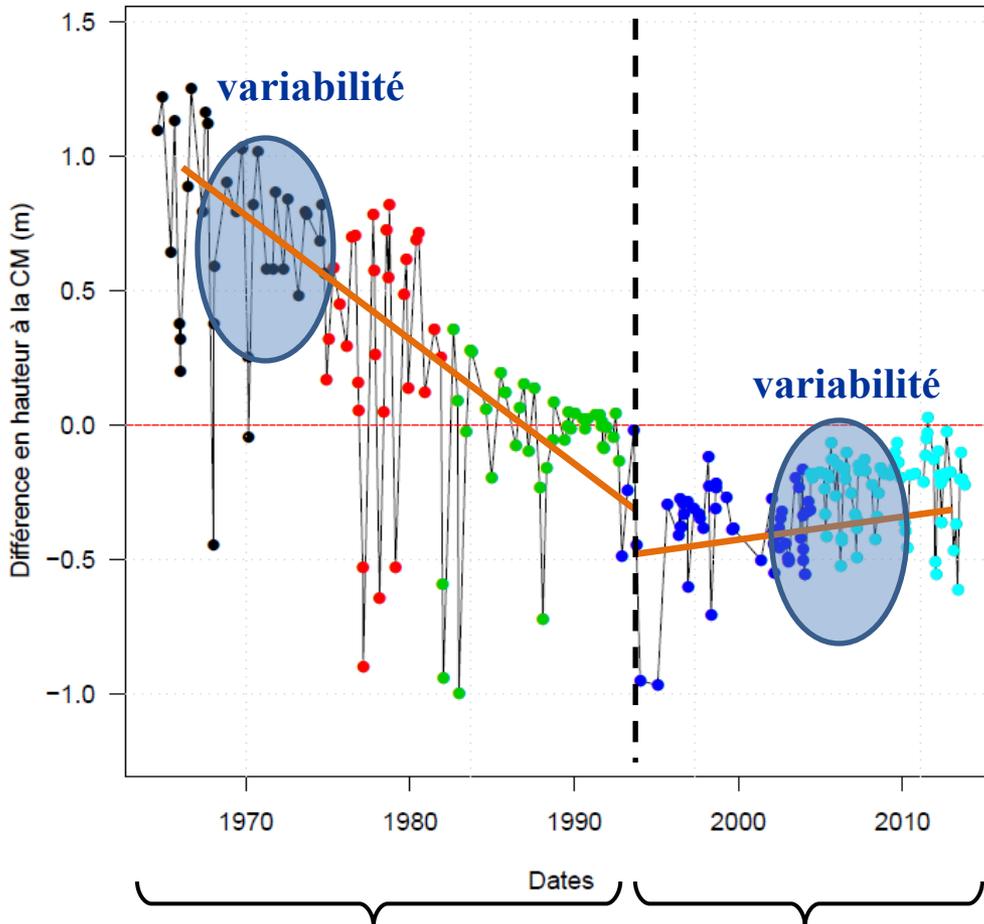
Différentes populations à la station Montjean  
Segmentation de Kehagias et Fortin



Une courbe de tarage témoin (CT0)  
par population homogène

Tracé d'une courbe de tarage pour chaque jaugeage du nuage 0

Différence en hauteur à la CM à Montjean



Tendance lourde

Stabilisation

Dans certains cas, la CT0 par population homogène pourrait suffire à gérer la station

**MAIS**

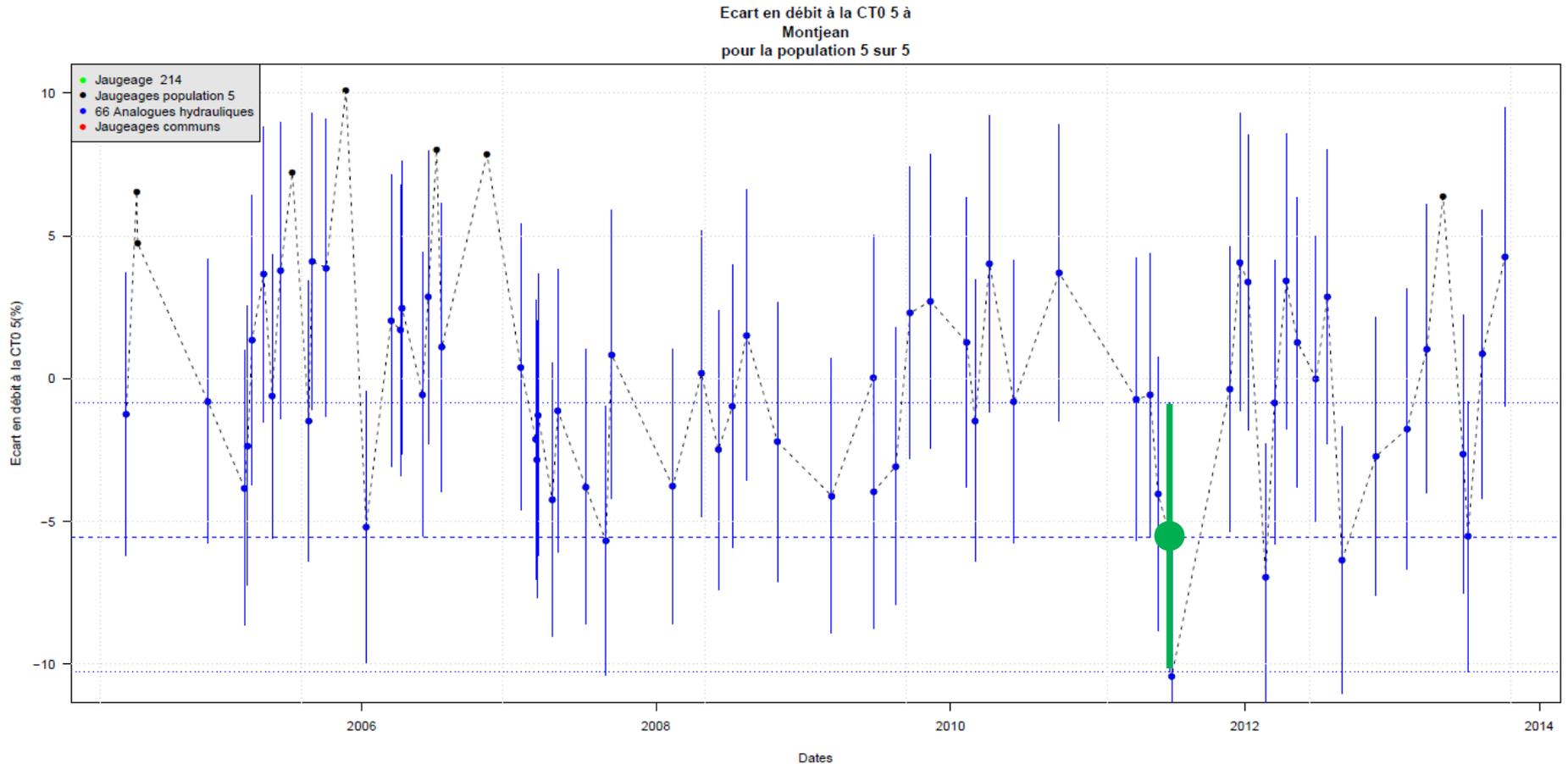
Il reste dans beaucoup de cas une variabilité très importante objectivée par les jaugeages



Décision de dire que le jaugeage est le meilleur témoin de la relation hauteur-débit au moment où il a été fait

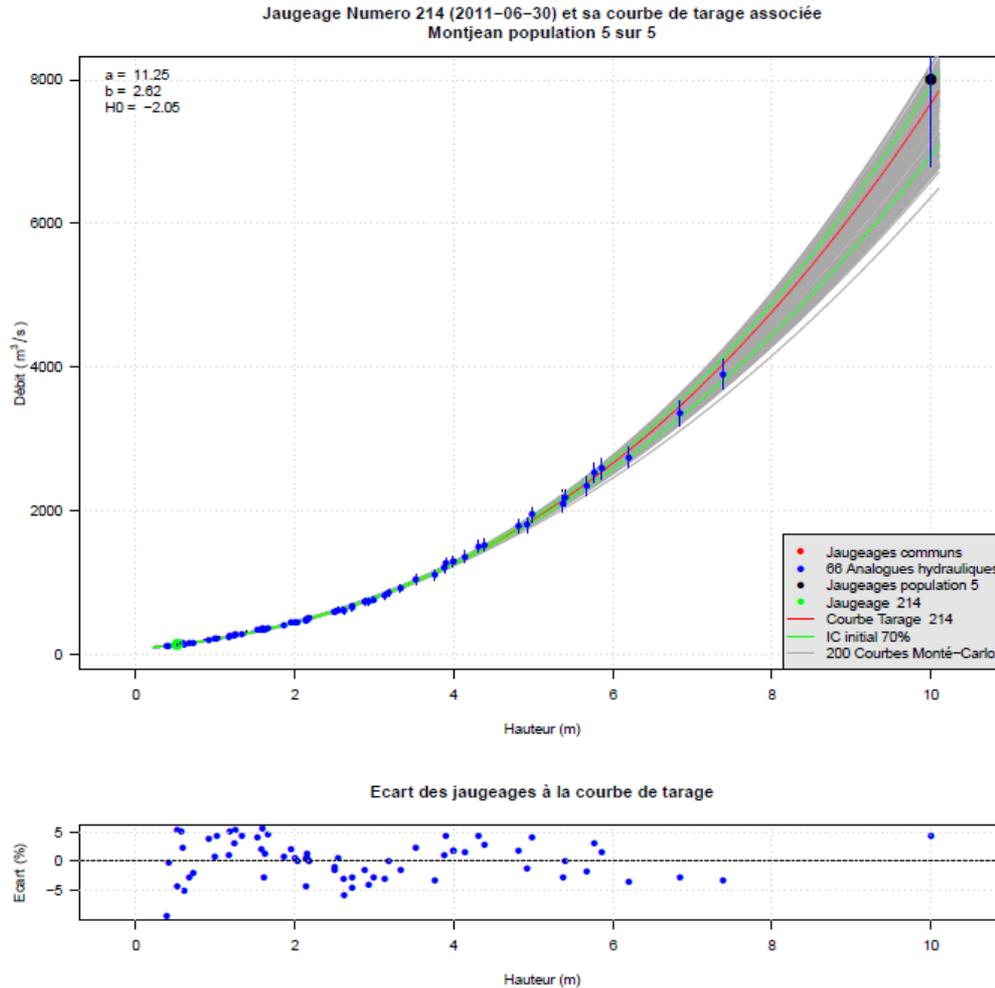
**Le jaugeage est le meilleur moyen de réaliser la variabilité**

## Tracé d'une courbe de tarage pour chaque jaugeage du nuage 0



Une courbe de tarage est tracée **pour chaque jaugeage** de la station ...

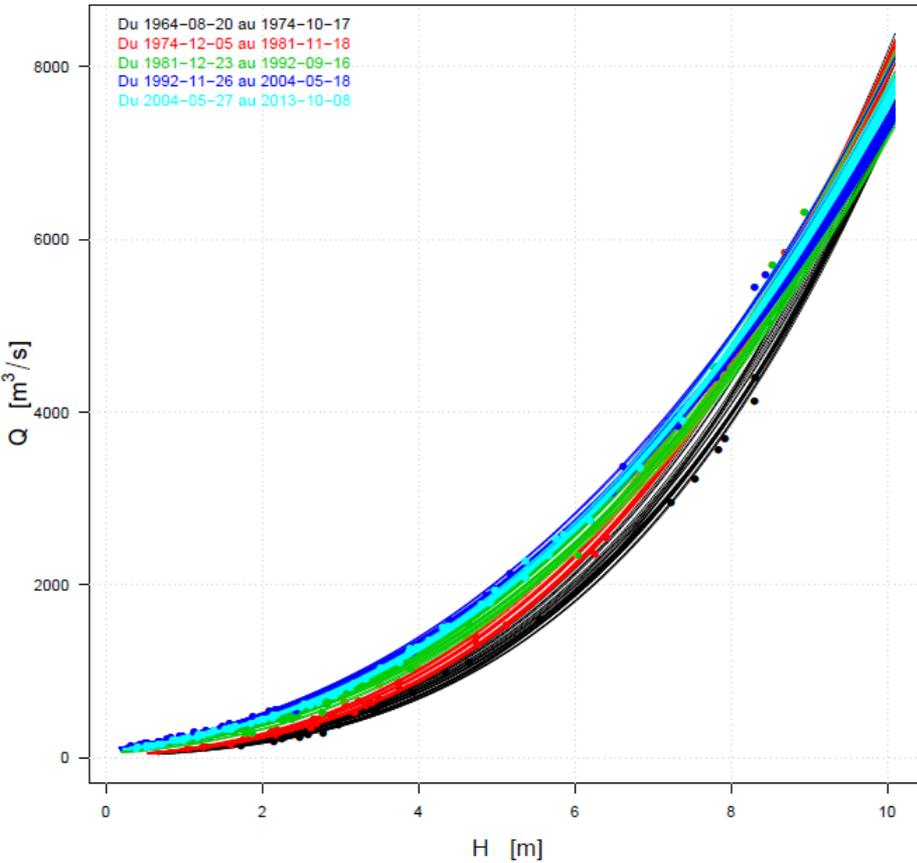
## Tracé d'une courbe de tarage pour chaque jaugeage du nuage 0



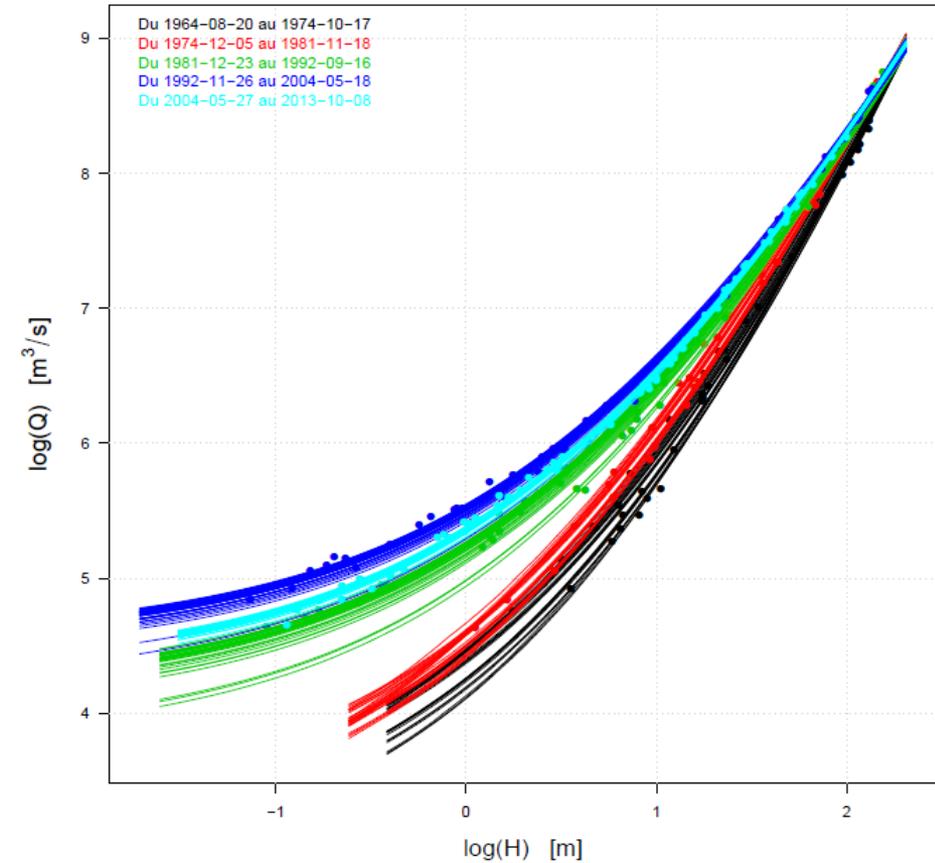
Une courbe de tarage est tracée **pour chaque jaugeage** de la station ●●●

## Gestion dynamique après la procédure de segmentation ...

Chevelu des courbes de tarage calculées avec GesDyn pour la Loire à Montjean



Chevelu des courbes de tarage calculées avec GesDyn pour la Loire à Montjean

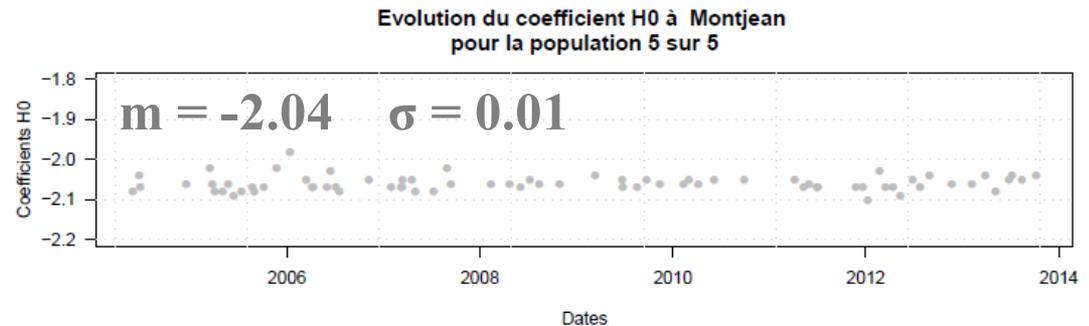
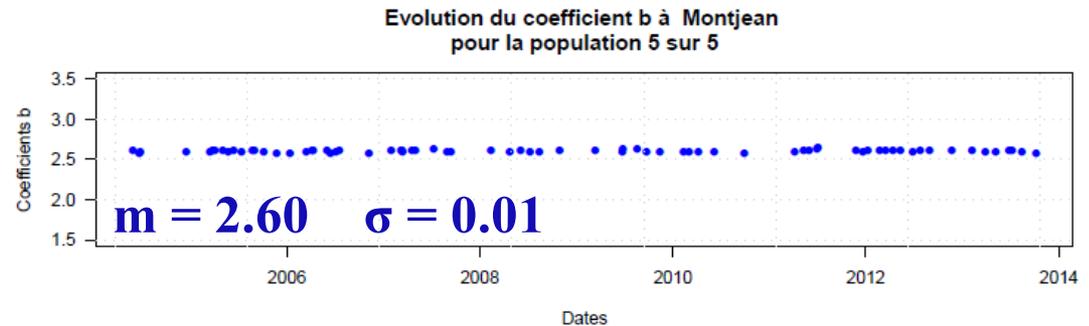
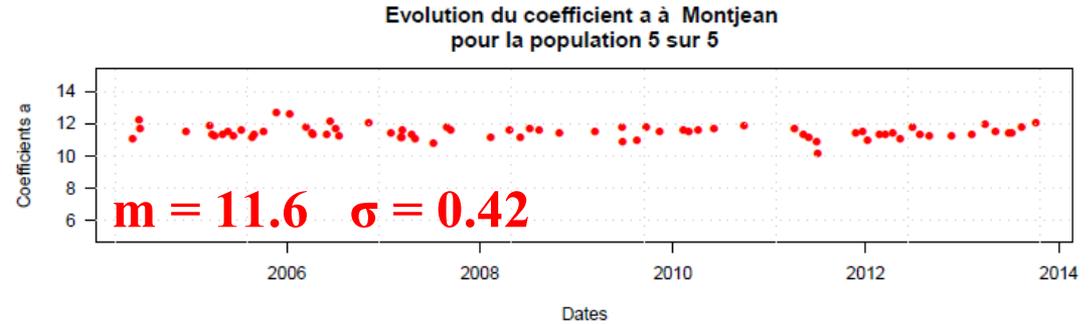


- ● ● Gestion dynamique de la courbe de tarage pour la station de la Loire à Montjean:  
**233 jaugeages = 233 courbes de tarage !**

## Évolution des coefficients $a$ , $b$ et $H_0$ pour la dernière population

Dernière population du **27 Mai 2004**  
 au **8 Octobre 2013 stable** :

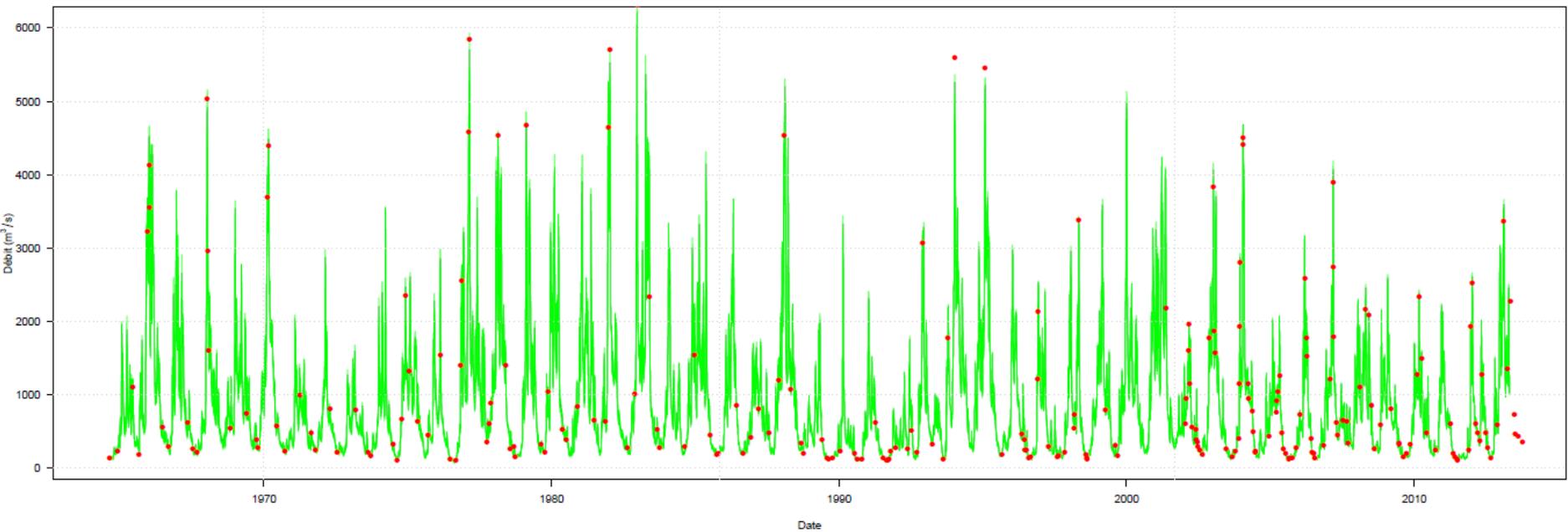
Toutes les courbes de tarage ont des coefficients  $a$ ,  $b$  et  $H_0$  similaires et se ressemblent



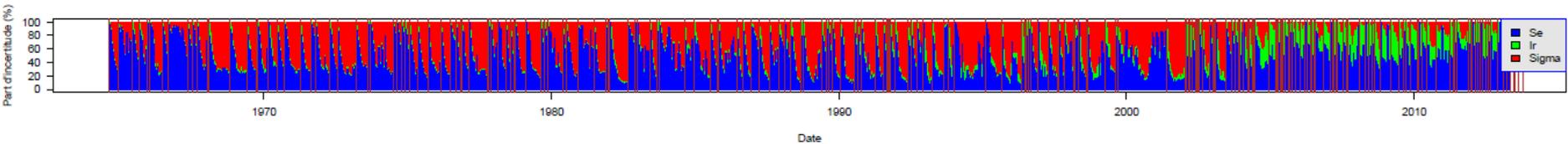
## Chronique de débit recalculée avec la gestion dynamique...

« **50 années** de débit reconstituées de façon homogène à la Loire à Montjean »

Chronique de débit



Parts des différents termes d'incertitude



## Incertitude moyenne sur les courbes de tarage

Diminution chronologique progressive de l'incertitude

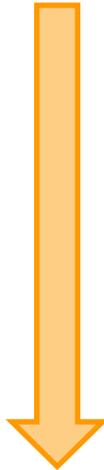
Du 1964-08-20 au 1974-10-17

Du 1974-12-05 au 1981-11-18

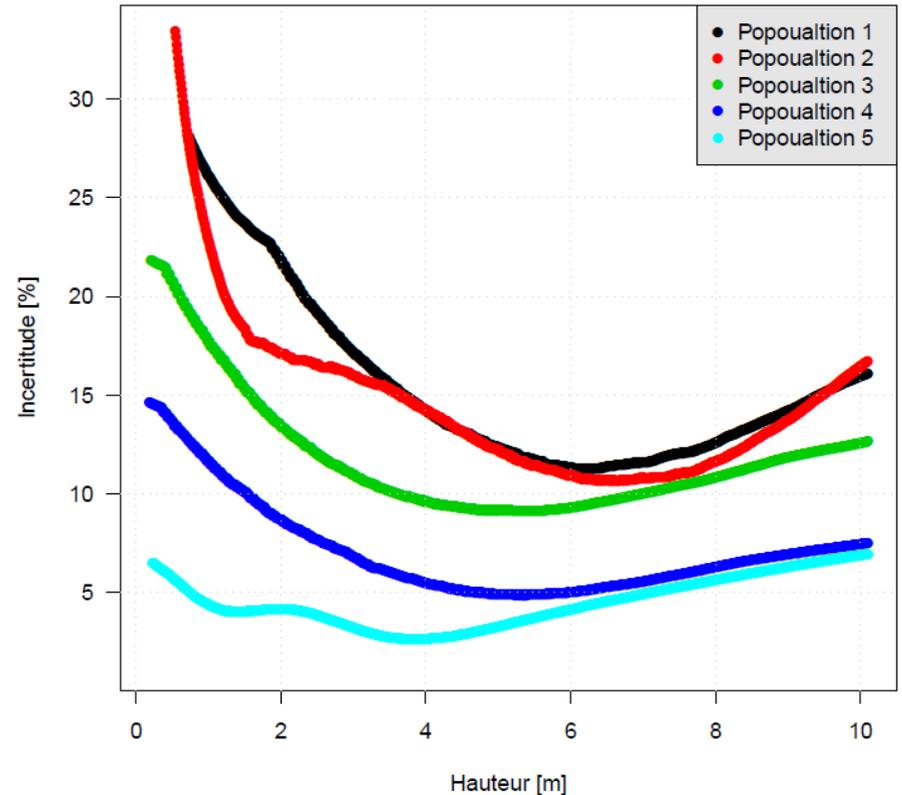
Du 1981-12-23 au 1992-09-16

Du 1992-11-26 au 2004-05-18

Du 2004-05-27 au 2013-10-08

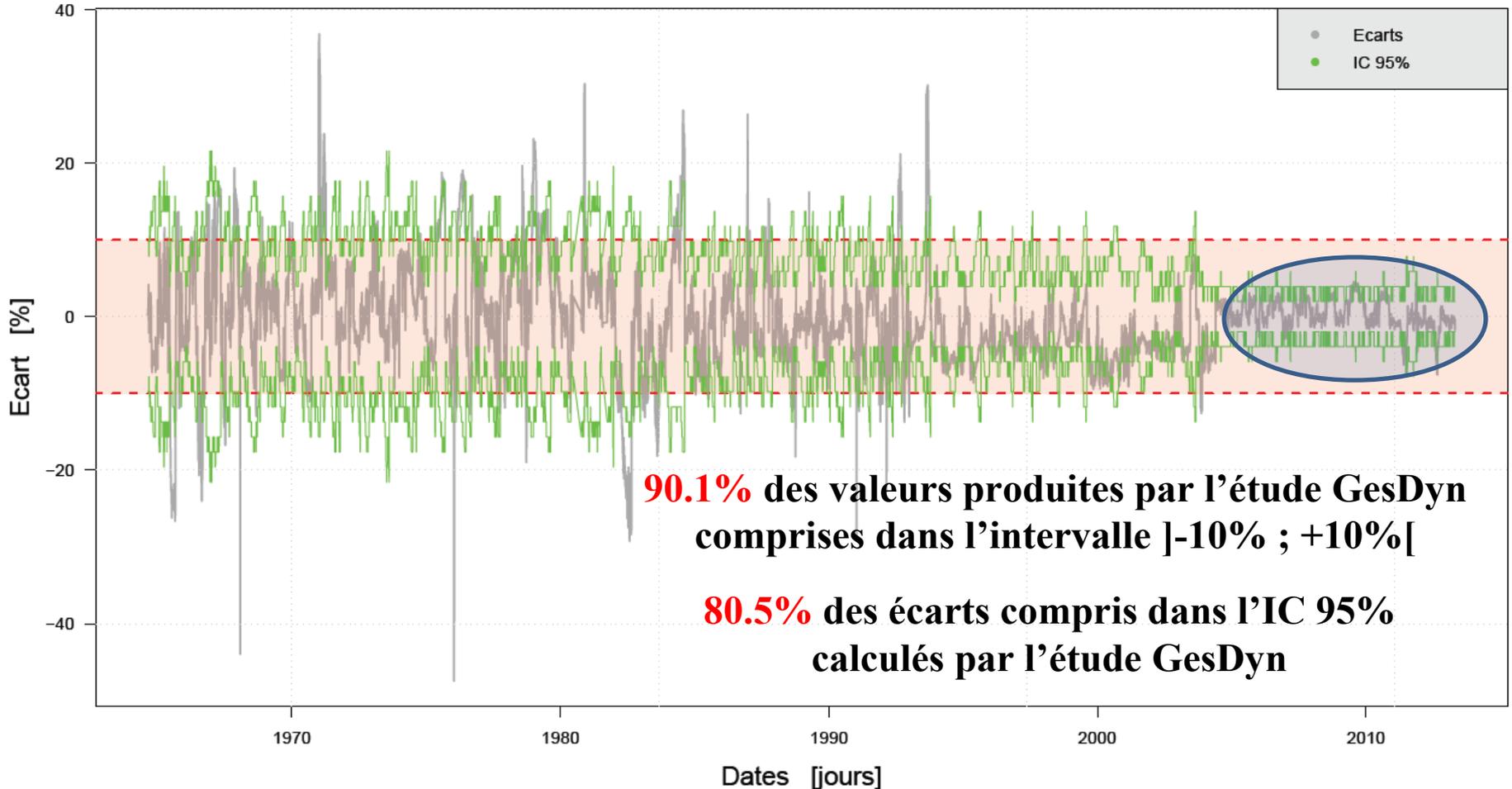


Incertitude moyenne au seuil de confiance de 95% sur la courbe de tarage à Montjean



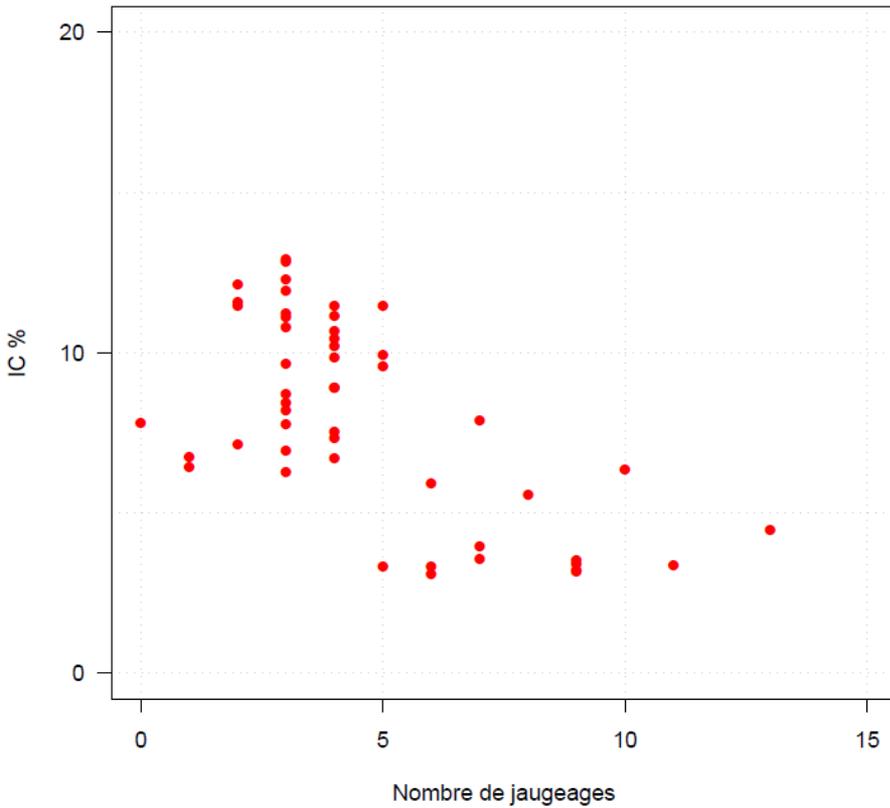
## Incertitude moyenne sur les courbes de tarage

**Ecart des débits journaliers de la banque Hydro avec les débits journaliers GesDyn**

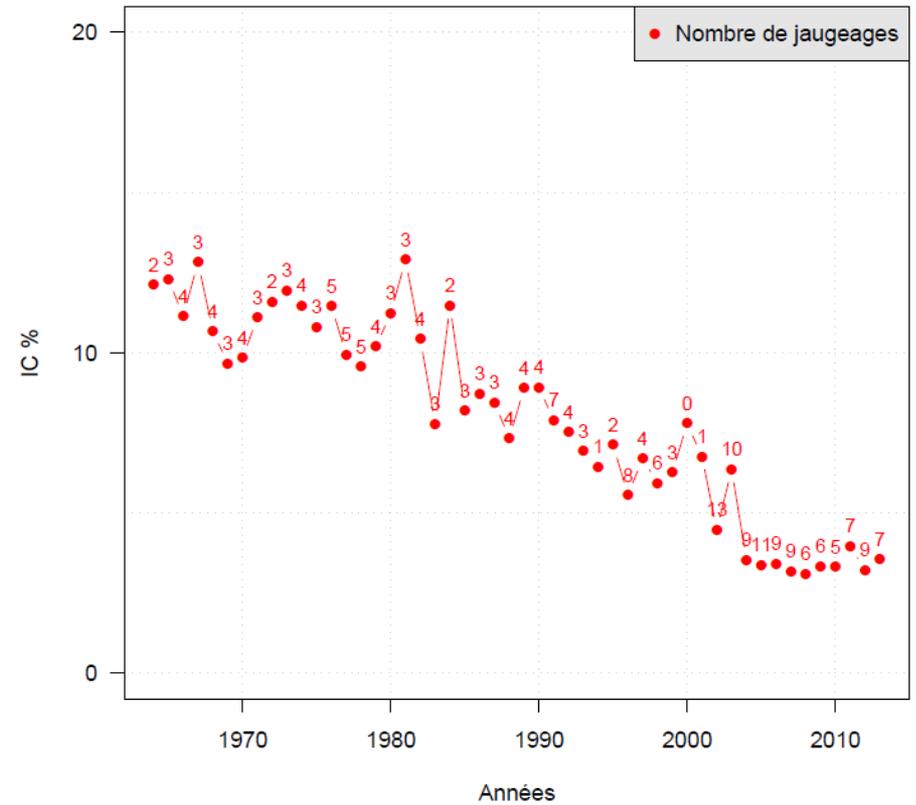


## Incertitude moyenne sur les courbes de tarage

Outil de gestion à la station  
Montjean

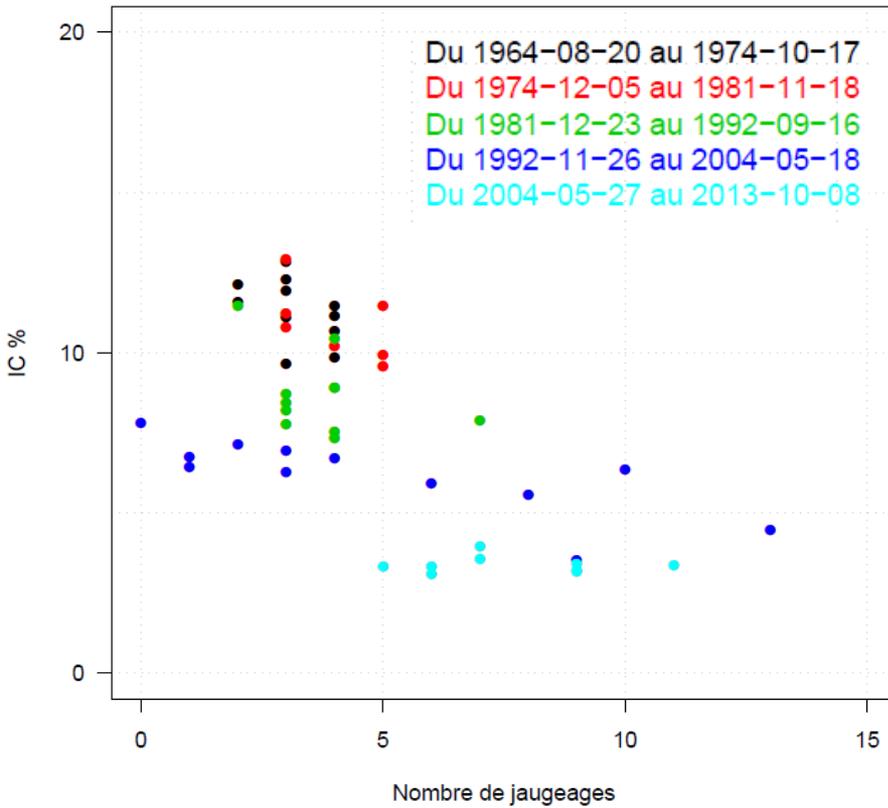


Outil de gestion à la station  
Montjean

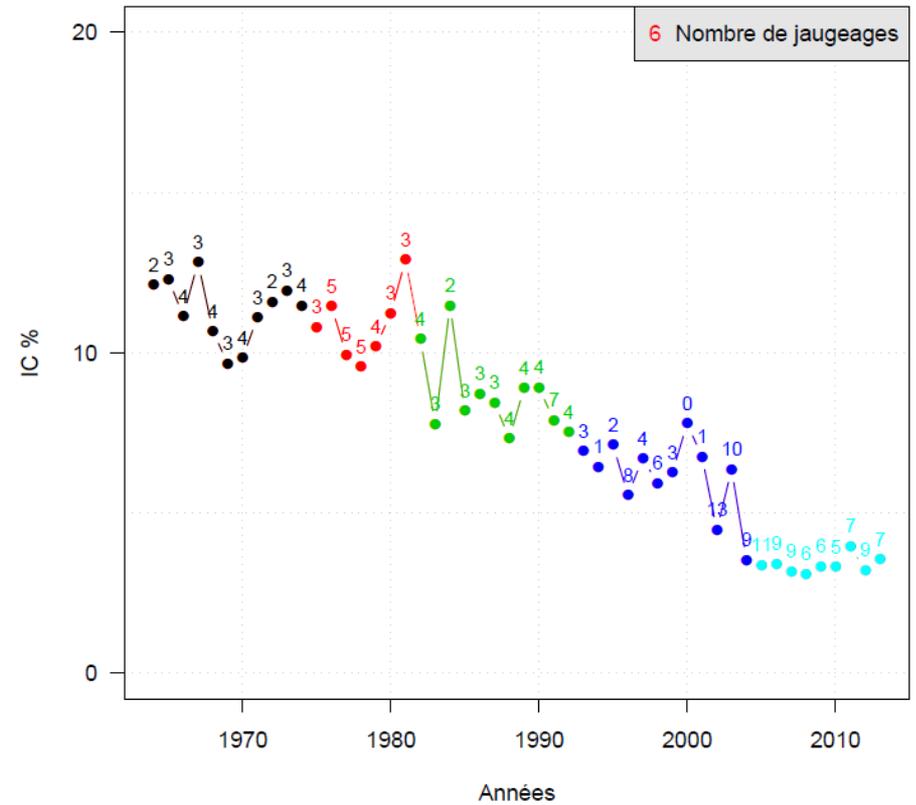


## Incertitude moyenne sur les courbes de tarage

Outil de gestion à la station  
Montjean



Outil de gestion à la station  
Montjean

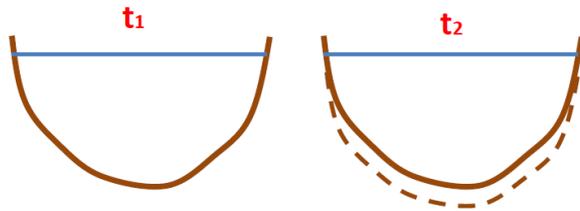


## Conclusion

- ★ **L'outil GesDyn permet de caractériser rapidement l'évolution de la relation H-Q à partir de l'historique des jaugeages à Montjean grâce à une méthode d'analyse statistique, ce qui permet d'identifier les phases de cette évolution.**
- ★ **L'outil GesDyn construit une série de 50 années de débit à partir des courbes de tarage calculées à partir des jaugeages et du limnigramme comparable à celle ré-expertisée par la DREAL Pays de Loire.**
- ★ **L'outil GesDyn calcule des incertitudes autour de ces données de débit donnant directement des indicateurs de gestion dans le temps pour la Loire à Montjean.**

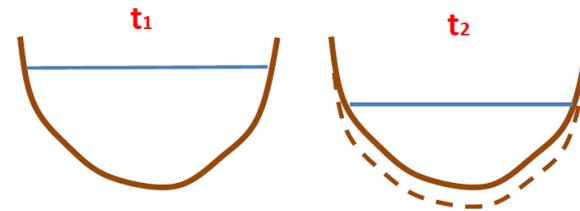
C'est déjà fini ...

**Merci de votre attention !**



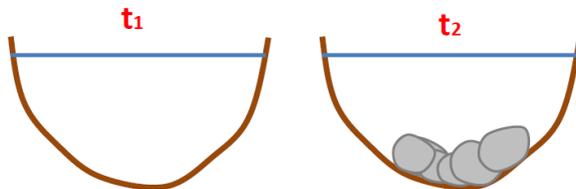
$$\begin{array}{ccc}
 H_1 & = & H_2 \\
 Q_1 & < & Q_2 \\
 t_1 & < & t_2
 \end{array}$$

$\Delta Q$  AUGMENTE et CREUSEMENT



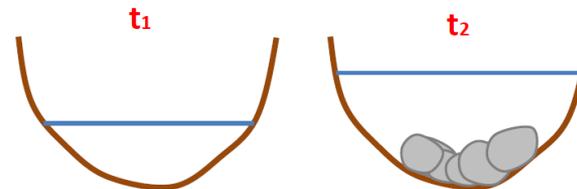
$$\begin{array}{ccc}
 H_1 & > & H_2 \\
 Q_1 & = & Q_2 \\
 t_1 & < & t_2
 \end{array}$$

$\Delta H$  DIMINUE et CREUSEMENT



$$\begin{array}{ccc}
 H_1 & = & H_2 \\
 Q_1 & > & Q_2 \\
 t_1 & < & t_2
 \end{array}$$

$\Delta Q$  DIMINUE et REMBLAIEMENT



$$\begin{array}{ccc}
 H_1 & < & H_2 \\
 Q_1 & = & Q_2 \\
 t_1 & < & t_2
 \end{array}$$

$\Delta H$  AUGMENTE et REMBLAIEMENT

## Comparaison des jaugeages à la courbe de tarage moyenne CM

### 2) Écart en % du débit $\Delta Q$ [%] à la CM

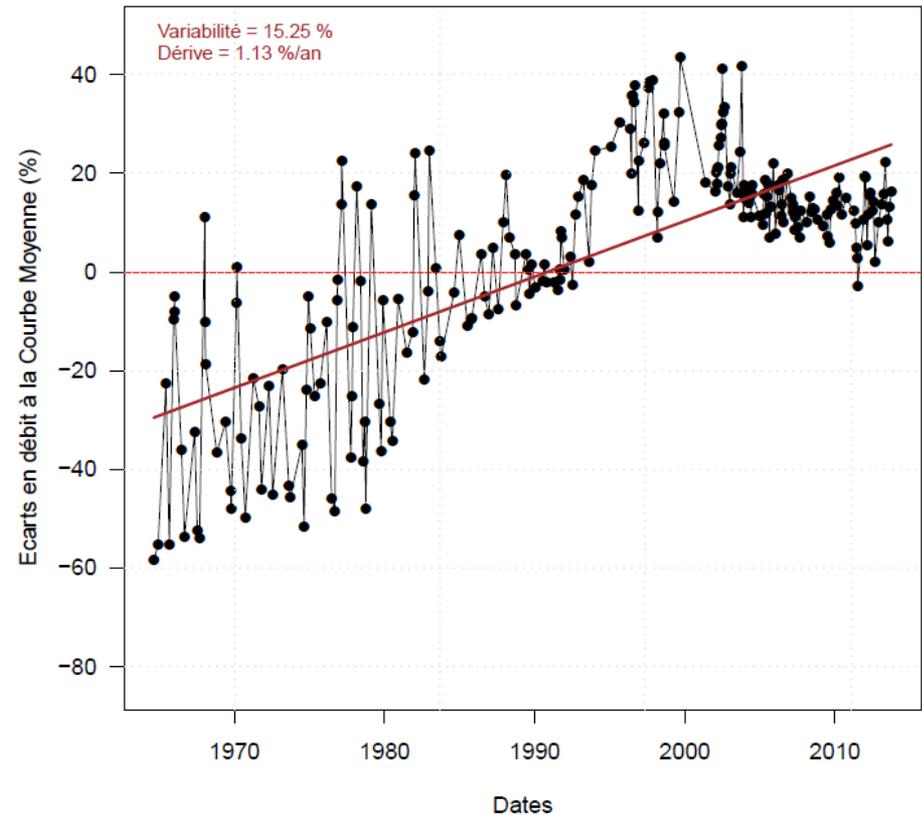
$$\frac{Q_i - Q_{CM}}{Q_{CM}} \quad \text{pour} \quad i = 1, \dots, N$$

*N*: Nombre total de jaugeages du nuage 0

**Notion de stabilité de la relation hauteur-débit et du contrôle hydraulique**

(Slide suivante)

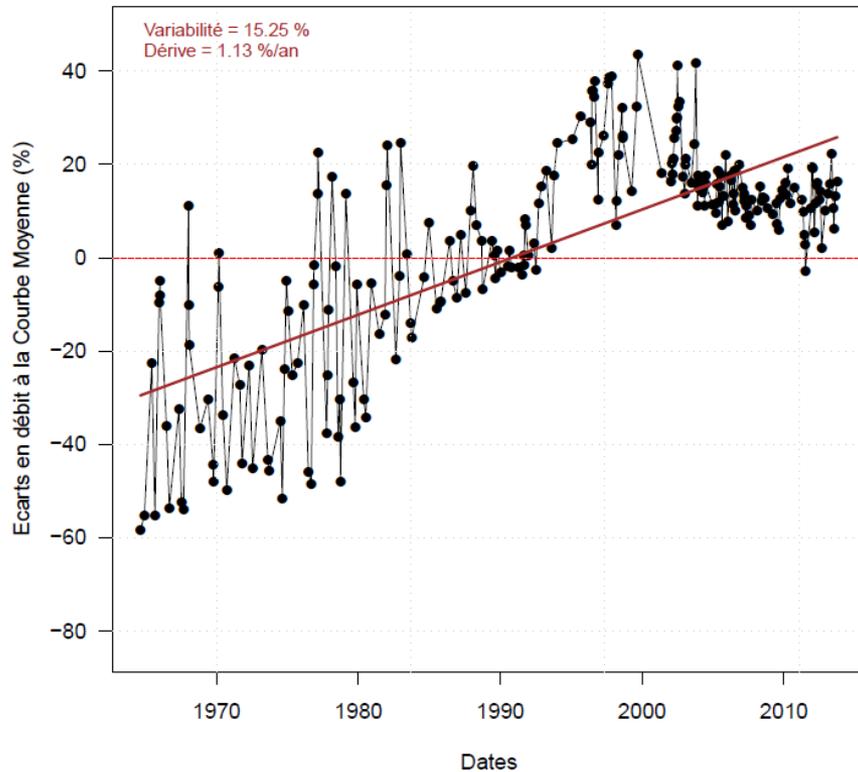
**Ecart en débit à la Courbe Moyenne à Montjean**



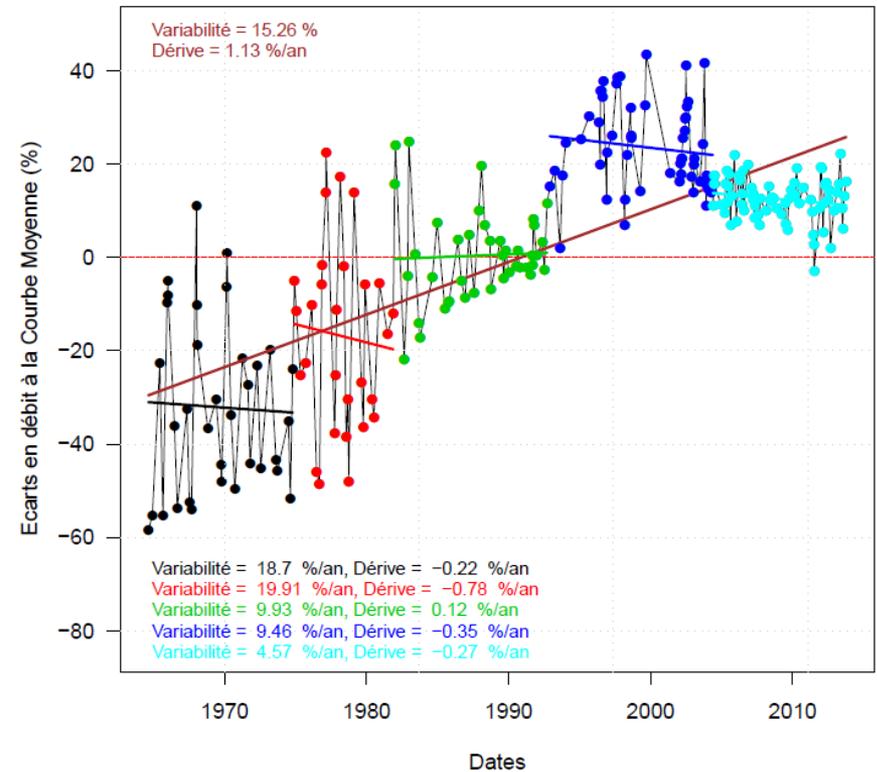
**La dérive** qui correspond à la pente de  $\Delta Q$  [%] en fonction du temps  
**La variabilité** qui correspond à l'écart-type des résidus à la droite de régression

## Après la procédure de segmentation ...

Ecarts en débit à la Courbe Moyenne à Montjean



Ecarts en débit à la Courbe Moyenne à Montjean



$$\frac{Q_i - Q_{CM}}{Q_{CM}} \quad \text{pour} \quad i = 1, \dots, N$$

$N$ : Nombre total de jaugeages du nuage 0

Populations homogènes de jaugeages

## Après la procédure de segmentation ...



Bornes déterminées à « dire d'expert » ...

