

# EVOLUTION DE L'HYSTERESE ENTRE DEBIT ET CONCENTRATION LE LONG D'UN TRONÇON DE RIVIERE

*Evolution of the hysteresis between discharge and concentration along a river reach*

**Auteur correspondant :** Benoît CAMENEN, INRAE, UR RiverLy, 5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne, France, benoit.camenen@inrae.fr

**Auteurs de la communication :** Benoît CAMENEN, INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne, France  
Junjian DENG, INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne, France

## 1. Hystérèse entre débit et concentration

Quelle que soit la rivière, il n'existe pas (ou très rarement) de relation bijective entre la concentration en MES (Matières En Suspension) et le débit en une section donnée de cette rivière. Plusieurs explications peuvent être avancées. Tout d'abord, pour un débit donné, les sources de sédiments fins peuvent très largement varier en quantité et qualité selon la localisation et le type de pluie ayant engendré l'érosion du bassin versant [1]. Ainsi le stock mobilisé de sédiments fins peut se situer sur le bassin versant mais aussi directement dans le lit de la rivière [2]. Aussi, la variation temporelle des stocks lors d'un événement est souvent liée avec un épuisement des sources en fin d'événement impliquant des concentrations relativement plus faibles [3].

Williams [4] a proposé une classification des hystérèses selon quatre catégories principales : (I) hystérèse horaire, (II) hystérèse anti-horaire, (III), hystérèse à seuil, et (IV) hystérèse en forme de huit (Figure 1).

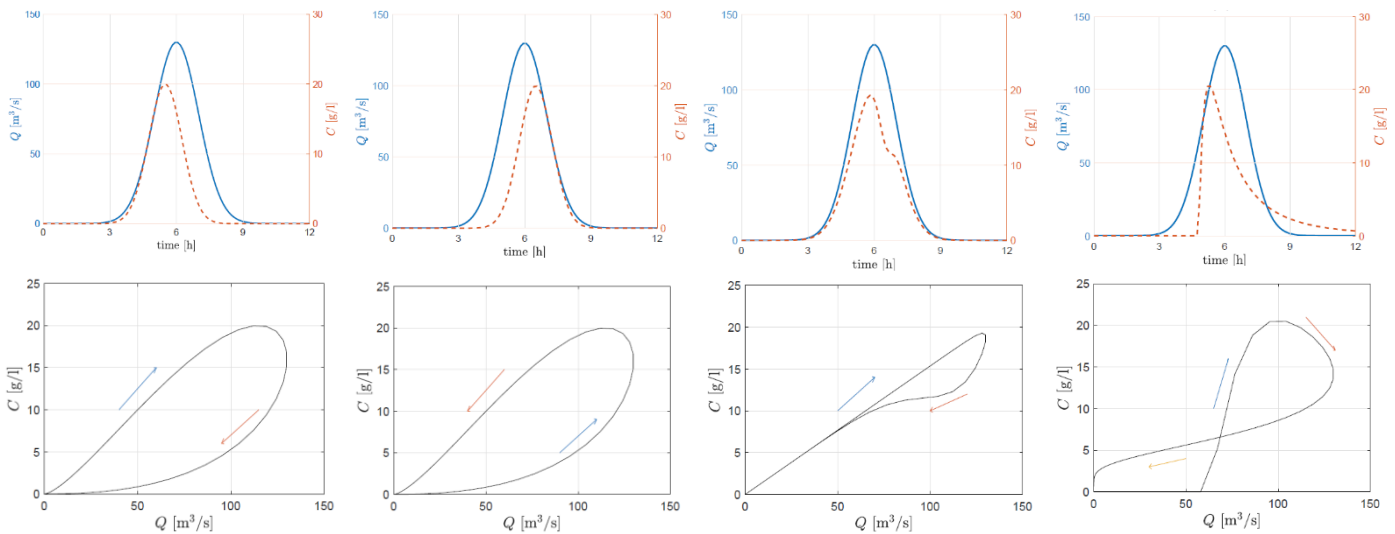


Figure 1 : Représentation schématique des principaux types d'hystérèse selon une représentation des débits et concentrations en temporel (haut) ou concentration en fonction du débit (bas).

L'index de Lloyd et al [5] est souvent utilisé pour quantifier la forme de l'hystérèse [6] :

$$I_{HL} = \text{mean} [C_{i,rising}^*(Q_i^*) - C_{i,falling}^*(Q_i^*)]_{i=1:n} \quad \text{Équation 1}$$

avec  $C^* = (C - C_{min}) / (C_{max} - C_{min})$ ,  $Q^* = (Q - Q_{min}) / (Q_{max} - Q_{min})$  respectivement la concentration et le débit adimensionnés. L'index  $I_{HL}$  correspond ainsi à la différences des aires sous la courbes entre la montée et la descente de crue dans le repère  $(C^*, Q^*)$ ;  $-1 < I_{HL} < 1$ ,  $I_{HL} = -1$ , désignant un hystérèse anti-horaire maximal et  $I_{HL} = 1$  un hystérèse horaire maximal. Son intérêt reste donc principalement pour décrire l'ampleur de l'hystérèse de type I ou II. Le type I ( $I_{HL} > 0$ ) indique une source sédimentaire proche alors que le type I ( $I_{HL} < 0$ ) indique une source sédimentaire éloignée. En effet, si l'onde de crue se propage avec une célérité  $c = \sqrt{gh}$ , les particules en suspension se propagent au mieux avec la vitesse de l'écoulement, soit plus lentement que la crue en régime fluvial.

## 2. Evolution de l'hystérèse le long d'un tronçon de rivière

Afin d'étudier la variabilité spatiale de l'hystérèse le long d'un tronçon de rivière, nous avons repris l'étude des flux en suspension lors des chasses de l'Arc-en-Maurienne de St-Jean-de-Maurienne à Grenoble sur l'Isère [7]. Les sources principales sont ici connues puisqu'elles correspondent aux trois retenues de barrages chassées. Plus nous nous éloignons de ces sources, plus la valeur de l'index  $I_{HL}$  doit donc diminuer. Ceci est bien vérifié Figure 2 avec cependant des augmentations locales de l'index  $I_{HL}$  sur la partie aval de l'Arc-en-Maurienne potentiellement du fait de la présence d'une petite retenue (barrage de la Christine) et de la restitution de l'Isère à l'Arc-en-Maurienne à Randens. Une étude analytique et numérique est en cours pour mieux comprendre les principaux processus hydro-sédimentaire pouvant expliquer ces variations de l'hystérèse entre débits et concentrations le long de l'Arc et de l'Isère.

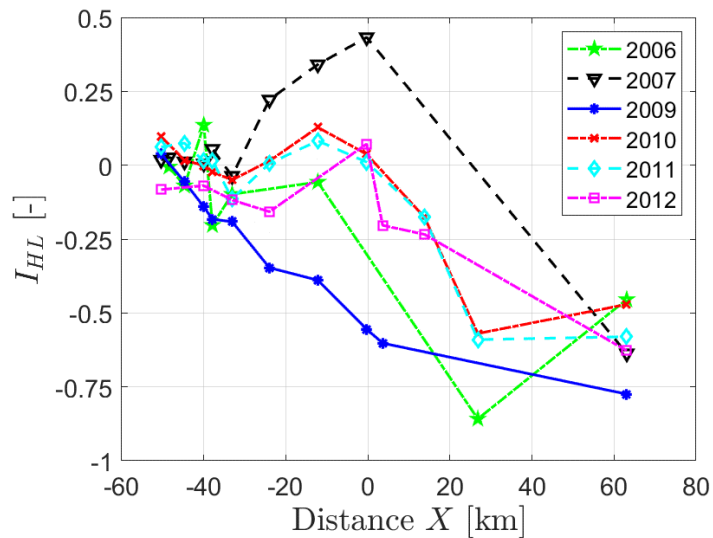


Figure 2 : Evolution de l'index d'hystérèse  $I_{HL}$  le long de l'Arc et l'Isère (confluence à  $X=0$ ) estimé en différents points lors de chasse de barrages.

## REFERENCES

- [1] Walling, D. E. and Webb, B. W. (1996). Erosion and sediment yield, a global overview. In Walling, D. E. and Webb, B. W., editors, Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives: Proc. of the Exeter Symposium, volume 236, pages 3-19, Wallingford, UK. IASH.
- [2] Navratil, O., Legout, C., Gateuille, D., Esteves, M., and Liebault, F. (2010). Assessment of intermediate sediment storage in a braided river reach (southern French prealps). *Hydrological Processes*, 24:1318-1332.
- [3] Nistor, C. J. and Church, M. (2005). Suspended sediment transport regime in a debris-flow gully on Vancouver Island, British Columbia. *Hydrological Processes*, 19:861-885.
- [4] Williams, G. P. (1989). Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. *Journal of Hydrology*, 111:89-106.
- [5] Lloyd, C. E. M., Freer, J. E., Johns, P. J., and Collins, A. L. (2016). Technical note: Testing an improved index for analysing storm discharge-concentration hysteresis. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20:625-632.
- [6] Misset, C., Recking, A., Legout, C., Poirel, A., Cazilhac, M., Esteves, M., and Bertrand, M. (2019). An attempt to link suspended load hysteresis patterns and sediment sources configuration in alpine catchments. *Journal of Hydrology*, 576:72-84.
- [7] Antoine, G.; Camenen, B.; Jodeau, M. & Esteves, M. (2020). Downstream erosion and deposition dynamics of fine suspended sediments due to dam flushing. *Journal of Hydrology*, 2020, 585, 1-12