

Ajustements morphologiques des cours d'eau de montagne : Implication pour la gestion de mesures récentes effectuées dans les Alpes suisses.

Travaglini Eric¹, Bardou Eric²

Observations initiales

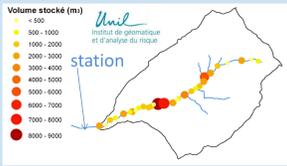
Le 08/08/2007, une crue orageuse a été observée sur la Tinière (VD, Suisse). Des le lendemain, une très faible hauteur d'eau est monitorée alors que le débit est encore important.

- ⇒ Érosion de la section de mesure
- ⇒ Quelle crédibilité pour les informations obtenues pendant la crue?



Parallèlement on observe un dépôt de matériaux à l'amont de la station. Entre le 11 et le 21 Août, le débit liquide est stable, ce qui implique que les variations de hauteur observées sont représentatives d'une respiration sédimentaire du lit, avec une tendance vers le dépôt. Le lit n'étant pas encore stabilisé, la crue du 21 Août remobilise une partie du lit.

⇒ Diminution de la hauteur d'eau



Débit morphogène

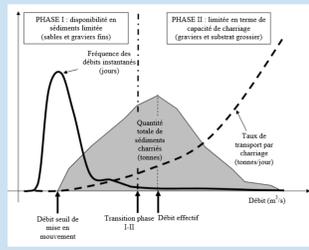


Schéma représentant le transport solide sur le long terme des sédiments charriés (d'après Wolman et Miller (1960), Schmidt et Potyondy (2004) et Navratil (2005))

Débit morphogène ou débit de plein bord ou débit dominant :

- A l'origine de la formation et de la dynamique des faciès d'écoulement et des remaniements morphologiques.
- Période de retour estimée entre 1 à 3 ans.
- Concept largement utilisé en éco morphologie fluviale.
- Débit liquide pour lequel le débit solide est maximal => Nécessité d'une mesure

Domaine des crues qui transportent le plus de sédiments sur le long terme => Débit effectif ou morphogène

Navisence => 20 m³.s⁻¹

Mesure du transport solide



Située dans les Alpes Suisses valaisannes, La Navisence est une rivière alpine caractérisée par un régime nivo-glaciaire. Délimité par le village de Zinal, le bassin versant a une superficie de 80 Km² (dont plus de la moitié recouvert de glaciers). Afin d'estimer le transport sédimentaire, nous avons installé à l'amont du village une station de mesure équipée de **SwissPlate Geophones**. Développée par D. Rickenman (SLF), cette méthode permet de monitorer une mesure proxy du charriage à travers l'enregistrement du signal sismique généré par les sédiments lors de leur transport.

Les géophones, installés sous des plaques métalliques sont disposés sur la largeur du lit, ce qui permet d'observer l'évolution latérale du charriage dans le temps.

Une calibration nous a permis en 2012 de mettre en relation le signal sismique enregistré et le volume sédimentaire transporté.



Crues hydro-sédimentaires, variabilité latérale du transport solide et débits morphogènes

2011



P1 : 17-05-2011

P2 : 15-10-2015

2012



P3 : 03-06-2012

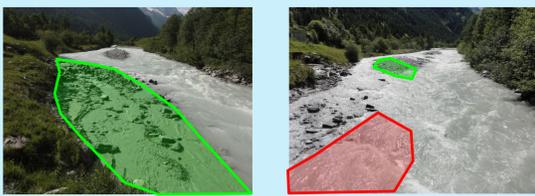
P4 : 19-07-2012

2013



P5 : 04-06-2013

P6 : 01-07-2013

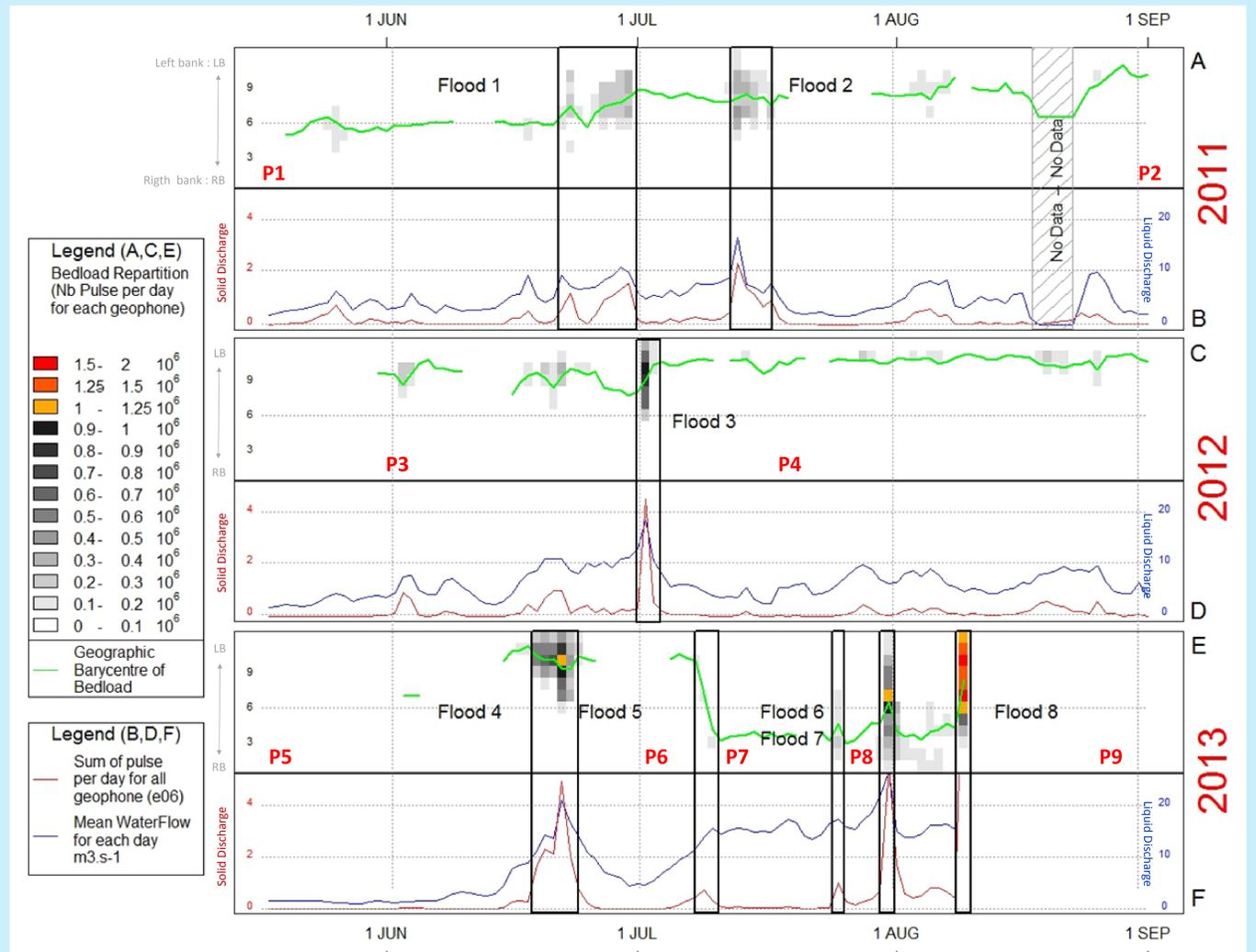


P7 : 08-07-2013

P8 : 26-07-2013



P9 : 26-08-2013



A travers cette contribution, nous mettons en évidence la non-linéarité temporelle et spatiale de la relation entre débits liquides et solides.

Non linéarité spatiale

Grâce à 12 géophones installés dans la largeur du lit de la rivière, il nous est possible d'observer à un instant t la répartition latérale du charriage dans le lit de la Navisence, ainsi que son évolution dans le temps. Les graphiques surfaces (A, C, E) représentent la largeur de la Navisence sur l'axe des ordonnées et l'évolution temporelle sur l'axe des abscisses.

Pour chaque pas de temps, et au delà d'une valeur minimale, la courbe verte représente le barycentre du charriage. Son évolution spatiale est synonyme d'une modifications des flux et donc de la modification du lit à l'amont de la station de mesure.

Non linéarité temporelle

Les graphiques B, D et F représentent l'évolution des débits liquides et solides journaliers, agrégés à l'échelle de la station. Malgré l'utilisation de moyennes journalières, on remarque que la relation Q_s/Q_w n'est pas homogène dans le temps.

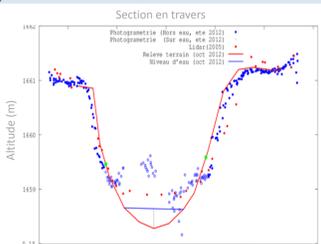
Il n'est possible de prendre en compte la variabilité de la relation que par la mesure « la plus directe possible » du charriage

TOUS débits > 20 m³.s⁻¹

+ QUELQUES débits < 20 m³.s⁻¹

= Débits morphogènes

Impact sur la modélisation



L'ensemble des modèles numériques, basés sur les formules de la littérature utilisent des données relatives à la géométrie de la section pour estimer les débits liquides et solides à partir des hauteurs d'eau.

Problématique :

- La plupart des méthodes de levé topographique ne traversent pas le milieu liquide.
- Les sections en travers évoluent entre les campagnes de mesure.
- Une modification de la section en travers impacte également les autres paramètres relatifs à la section (pente, vitesse d'écoulement, rugosité, etc...).

Les erreurs générées par une mauvaise estimation de la géométrie du lit peuvent être très importantes (> 100%)

Pour pallier à ces erreurs, nous proposons :

- La réalisation d'un logiciel dont le but est de corriger automatiquement le fond du lit issu d'un MNT en fonction de paramètres pré-reseignés (hauteur d'eau, granulométrie, sinuosité).
- Le développement d'outil de mesure permettant d'avoir en temps réel la géométrie ou une idée de la dynamique d'érosion / dépôt dans la section.

Conclusions

Estimation du transport solide :

- Être attentif aux phénomènes d'Érosion / Dépôt à proximité des capteurs de hauteur d'eau.
- Avoir un œil critique quant aux données LIDAR dans le lit avec présence d'eau.
- La relation Q_s/Q_w est caractérisée par une variabilité temporelle et spatiale très forte => trouver un compromis entre la qualité /précision des paramètres et leur évolution.

Notions et concepts liés au transport solide :

- L'ensemble des crues > 20 m³.s⁻¹ correspondant à la définition de crues morphogènes ont un impact sur la morphologie de la rivière.
- Il existe des débits inférieurs pour lesquels on observe une remobilisation du lit.

Une mesure « la plus directe possible » est obligatoire pour estimer le transport solide et donc pour mieux intégrer les notions connexes (débit morphogène)

Références

- Navratil, O. (2005), Débits de pleins bords et géométrie hydraulique : une description synthétique de la morphologie des cours d'eau pour relier le bassin versant et les habitats aquatiques, 328 pp, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Rickenmann, D., et al. (2013), Bedload transport measurements with impact plate geophones: comparison of sensor calibration in different gravel-bed streams, *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Travaglini, E., and E. Bardou (2012), Measuring Bedload with Geophones, Navisence River, in *Monitoring Bedload and debris flow in mountain basins*, edited, Bolzano.
- Travaglini, E., Bardou, E., Rickenmann, D., in prep. In-situ measurements of bedload transport with the Swiss plate geophone system in a gravel-bed stream Alpine context.
- Wilcock, P. R., and S. T. Kenworthy (2002), A two-fraction model for the transport of sand/gravel mixtures, *Water Resour. Res.*, 38(10), 1-12.
- Wolman, M. G., and J. P. Miller (1960), Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes, *Journal of Geology*, 68, 54-74, 59, 10, 11.

Contacts

1/ Travaglini Eric : CREALP
Rue de l'industrie 45, CH-1951 Sion, Suisse
Tel (0041) 27 324 03 80 /
eric.travaglini@crealp.vs.ch
www.crealp.ch

2/ Bardou Eric : info@dsm-consulting.ch
Tel (0041) 79 423 45 42
www.dsm-consulting.ch