

## Mesure par acoustique passive du transport solide par charriage

### Passive acoustic monitoring of bedload discharge

Sébastien Zanker (1), Thomas Geay (2), Alain Recking (3), Clément Misset (4)

(1) EDF-Division Technique Générale, [sebastien.zanker@edf.fr](mailto:sebastien.zanker@edf.fr) ; (2) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, GIPSA-lab, [th.geay@gmail.com](mailto:th.geay@gmail.com) ; (3) IRSTEA-Etna : [alain.recking@irstea.fr](mailto:alain.recking@irstea.fr) [clement.misset@irstea.fr](mailto:clement.misset@irstea.fr)

## RÉSUMÉ

Les mesures directes du charriage consistent à immerger et à poser sur le lit de la rivière des paniers préleveurs. Ces opérations sont souvent lourdes, coûteuses et parfois dangereuses. Dans cette présentation, nous utilisons une méthode de mesure dite indirecte, qui consiste à mesurer le son généré par les impacts des sédiments qui se déplacent dans le cours d'eau. Les lois physiques qui relient le signal acoustique aux caractéristiques du charriage en font un indicateur intéressant.

La mesure ponctuelle par profil acoustique permet d'obtenir des informations sur le débit solide et sa répartition spatiale. Les expériences réalisées sur 5 rivières alpines suggèrent que ce type de mesure pourrait être utilisé comme un proxy assez fiable du débit solide. La mesure en berge permet quant à elle une observation continue de la dynamique du transport solide. L'exploitation opérationnelle de ce deuxième mode de mesure nécessite encore des développements méthodologiques.

Ces méthodes semblent particulièrement bien adaptées aux grandes rivières de piémont et de plaine. Elles peuvent être déployées facilement et rapidement pour des coûts modérés et sont transférables assez simplement à des équipes opérationnelles.

## ABSTRACT

Bedload measurement usually consists in immersing physical samplers and putting them on the river bed. These operations are often heavy, expensive and sometimes dangerous. In this presentation we use an indirect measurement method which consists in deploying an underwater microphone in the river and recording the noise generated by sediment collisions. Physical laws link acoustic signal and bedload characteristics: therefore, bedload self-generated noise measurements provide interesting indicators.

On the one hand, measurements by acoustic profiles give access to information on bedload discharge and spatial distribution. Experiences conducted in 5 alpine rivers suggest that acoustic profiles could be used as a rather reliable surrogate of bedload discharge measurements. On the other hand, continuous monitoring from a station installed on the riverside provides long-term observations of bedload processes. Operational use of this second measurement method requires further methodological developments.

Both methods seem to be well-adapted to large piedmont or plain rivers. They can be easily and rapidly deployed in the field, with limited costs and can be handled easily by operating teams.

## MOTS CLES

Acoustique, Charriage, Chronique, Hydrophone, Mesure

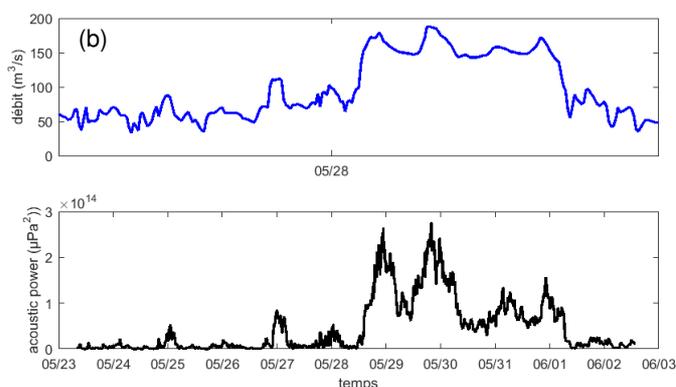
## 1 INTRODUCTION

La gestion du transport solide en rivière est rendue délicate par la complexité des processus et la difficulté de la mesure. Les mesures directes, les premières initiées, consistent à immerger et à poser sur le lit de la rivière des paniers préleveurs. Dans la plupart des cas, ces méthodes nécessitent des moyens opérationnels conséquents et coûteux, avec une mise en œuvre parfois dangereuse. Dans cette présentation, nous utilisons une méthode de mesure indirecte, qui consiste à mesurer à l'aide d'un hydrophone le son généré par les impacts de sédiments qui se déplacent. L'objectif est de disposer à terme d'une méthode de mesure du charriage simple à déployer et peu onéreuse.

## 2 METHODE

### 2.1 La mesure continue en berge

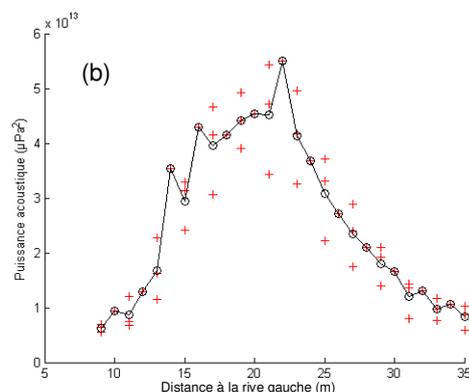
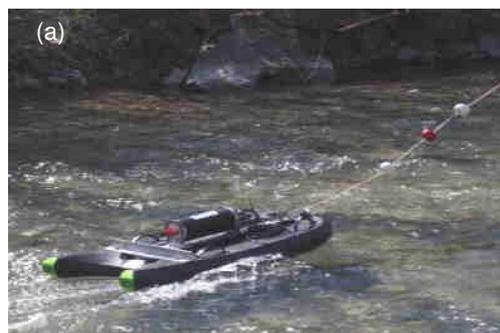
Pour cette méthode de mesure, l'hydrophone est fixé en berge pour un enregistrement continu sur plusieurs mois. Le capteur doit être placé sous l'eau, dans un endroit calme, protégé des bruits de remous hydrauliques trop proches ou de l'agitation de surface. Pour cette raison, une connaissance préalable de la physionomie de la rivière en hautes eaux est préférable. Différents modes d'installation peuvent être envisagés, du plus léger au plus robuste, selon la durée de vie de la station, la complexité de la berge et les moyens disponibles. Il faut compter un minimum de 5 000 €.



(a) Station de mesure continue en berge sur l'Isère ; (b) Chronique acoustique comparée au débit

### 2.2 La mesure par profil acoustique

Cette seconde méthode de mesure consiste à déployer un hydrophone sur la section en travers d'une rivière. Le capteur est installé sous un radeau qui sera manipulé par un opérateur depuis un pont ou depuis la berge : la mesure consiste alors à laisser dériver le radeau, puis à recommencer en plusieurs positions le long de la section en travers. En dérivant, l'hydrophone suit le courant, ce qui permet de s'affranchir des bruits dus aux frottements de l'eau sur le micro. Cela permet également une mesure intégrative, en naviguant sur toute la section au plus près des sources de bruit. Le coût d'un équipement de base est de l'ordre de 3500 €.



(a) Radeau dérivant équipé d'un hydrophone ; (b) Exemple de profil acoustique obtenu

### 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 Mesure par profil acoustique

Au cours de l'année 2017 nous avons procédé à une comparaison systématique entre des mesures acoustiques et des prélèvements directs (Elwha et Toutle River 2) sur 5 rivières alpines. Les résultats suggèrent qu'avec une adimensionnalisation appropriée des grandeurs physiques, une relation de calibration entre mesure par profil acoustique et débit solide est possible et pourrait être généralisable à d'autres rivières sans nouvelles calibrations. Plusieurs questions subsistent sur les limites d'utilisation de cette méthode, en particulier celle de la contribution de la fraction sableuse au signal. Les mesures réalisées suggèrent cependant que les sables grossiers (1.5 à 2 mm) contribuent significativement au signal mesuré.

Cette relation de calibration et les conditions de son application devront être précisées à travers de nouvelles campagnes de mesures, notamment sur des rivières aux conditions de transport différentes.

#### 3.2 Mesure continue en berge

La mesure continue en berge permet d'accéder à la dynamique des phénomènes de charriage sur le temps long. Nous disposons actuellement de chroniques sur une dizaine de points de mesure répartis sur 6 rivières, pour des durées de 1 mois à 4 ans, ce qui constitue un jeu de données d'observation unique.

Le passage d'une chronique acoustique vers une chronique représentant un débit solide nécessite de tenir compte des effets d'atténuation du son liés à sa propagation dans la section de rivière. Il faut ainsi s'assurer que les variations de la mesure en berge sont bien représentatives des variations mesurées dans l'ensemble de la section et établir cette relation. La méthode envisagée pour cela est de réaliser des profils acoustiques sur la section dans plusieurs conditions de débit. Au-delà de ce tarage initial, il faudra contrôler régulièrement la stabilité des caractéristiques de la section de mesure.

Les outils et méthodes pour utiliser ce mode de mesure de façon opérationnelle sont en construction et devraient connaître des avancées significatives en 2018. Les travaux prévus permettront également de préciser les stratégies d'instrumentation et de caractériser les profils de rivière les plus favorables à la mesure en berge.

### 4 CONCLUSION

La mesure par acoustique passive montre un potentiel intéressant en rivière. Les deux méthodes de déploiement décrites semblent particulièrement bien adaptées aux grandes rivières de piémont et de plaine. Elles peuvent être déployées facilement et rapidement pour des coûts modérés et sont transférables assez simplement à des équipes opérationnelles.

Ces mesures pourraient être utilisées à la fois par les chercheurs et les gestionnaires pour déterminer des conditions de mise en mouvement, estimer un débit solide, suivre l'évolution du transport solide à la suite de modifications d'un cours d'eau ou de son bassin versant, ou encore pour évaluer l'impact d'un évènement (crue, chasse hydraulique) sur la dynamique du transport solide. A terme elles pourraient remplacer ou compléter utilement la mesure par prélèvement physique.

### BIBLIOGRAPHIE

- Geay T., Belleudy P., Gervaise C., Habersack H., Aigner J., Kreisler A., Seitz H., Laronne J.B : Passive acoustic monitoring of bedload discharge in a large gravel bed river. *Journal of Geophysical Research*, 122, 528–545, 2017.
- Geay T., Belleudy P., Laronne J.B., Camenen B., Gervaise C : Spectral variations of underwater river sounds. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 2447-2456, 2017
- Thorne P.D : An overview of underwater sound generated by interparticle collisions and its application to the measurement of coarse sediment bedload transport. *Earth Surface Dynamics*, 2, 531-543, 2014.