

MESURE DU SABLE EN SUSPENSION PAR ACOUSTIQUE ACTIVE : TESTS PRELIMINAIRES DU CAPTEUR LISST ABS POUR LA GESTION SEDIMENTAIRE DU BARRAGE HYDROELECTRIQUE DE LIVET SUR LA ROMANCHE

Measurement of sand in suspension by active acoustics: preliminary tests of the Lisst ABS sensor for the sediment management of the Livet hydropower dam on the Romanche river

Sébastien ZANKER* (EDF HYDRO - DTG, Saint-Martin-le-Vinoux, France), **Cédric LEGOUT** (Université Grenoble Alpes, IGE, Saint Martin d'Hères, France), **Jules LEGUERN** (Burgéap, Grenoble, France)

*auteur correspondant

1. Contexte et objectif

Le barrage hydroélectrique de Livet, situé sur la Romanche à l'aval de la confluence de l'Eau d'Olle, a été mis en service en 2020. La retenue de barrage agit comme un dessableur, de façon à préserver les turbines de l'usure liée aux forts apports de sable en provenance en particulier du Vénéon. Dès lors deux enjeux s'imposent à l'exploitant : 1) alerter sur l'entonnement de sable dans les groupes pour éviter l'usure prématurée des machines ; 2) déclencher au bon moment les chasses hydrauliques de la retenue, ni trop tôt pour éviter des opérations coûteuses et peu efficaces, ni trop tard pour éviter l'ensablement de la retenue et la baisse de son efficacité en tant que dessableur.

Plusieurs solutions de mesure ont été testées. Ici nous abordons le test du Lisst ABS (Acoustic Back Scatter), commercialisé par la société Sequoia Scientific. Ce capteur acoustique est testé depuis quelques années par un nombre croissant d'utilisateurs pour améliorer la mesure des matières en suspension (MES) en présence de sable [1]. L'objectif du travail présenté est d'en évaluer le potentiel pour répondre aux enjeux de gestion sédimentaire du barrage de Livet.

2. Matériel et méthode

Ce capteur, aux dimensions et aux coûts similaires à un turbidimètre optique plus classique, envoie un signal acoustique de 8 MHz dans un champ proche (une dizaine de centimètres) et analyse le signal retour. Le capteur est sensible aux sables fins et moyens (40-400 μm) et peu sensible aux particules plus fines, ce qui en fait potentiellement un outil complémentaire des turbidimètres optiques équipant la plupart des stations de mesure et dont les caractéristiques sont opposées [2].

Deux stations de mesure en continu ont été instrumentées en 2021 et 2022, l'une 4.5 km en amont du barrage, au lieu-dit Pont Rouge, l'autre dans la prise d'eau du barrage de Livet, dans l'ouvrage d'entonnement (Figure 1). Les stations sont situées en berge et constituées de capteurs Lisst ABS, de turbidimètres optiques Solitax SC-line (Hach Lange) et de préleveurs automatiques ISCO. Des mesures de débit liquide sont également disponibles. En parallèle le capteur Lisst ABS a été testé en laboratoire afin de caractériser sa réponse dans un mélangeur avec des sédiments naturels et des distributions granulométriques variées (monomodales et bimodales) [3].



Figure 1 - Plan de situation

3. Résultats

Ces essais au laboratoire ont permis d'obtenir une première validation, sur des sédiments de rivière alpine, de la courbe de réponse théorique du capteur (fournie par le constructeur), c'est-à-dire de l'évolution de la sensibilité du capteur en fonction de la granulométrie des matériaux mesurés [3].

Sur le terrain, les premiers résultats suggèrent que la relation entre la mesure du Lisst ABS et les prélèvements de sable en suspension par les préleveurs ISCO en berge est conforme à la courbe de réponse théorique du capteur. Par ailleurs la dynamique temporelle de réponse entre les deux stations est cohérente, par exemple lors du passage d'une crue. Enfin, les signaux des turbidimètres et des Lisst ABS semblent complémentaires : ils réagissent aux mêmes événements hydrologiques ou d'exploitation des ouvrages hydroélectriques amont, mais pas dans les mêmes proportions, signant ainsi des compositions granulométriques différentes des MES totales selon les événements.

La représentativité de la mesure du Lisst ABS en berge par rapport au flux de sable en suspension dans la section a été mesurée sur le site de Pont Rouge (35 m de large et environ 1 m de profondeur) à partir de 11 campagnes de jaugeage des sables en suspension réalisées à l'aide de préleveurs physiques (bouteille de Delft, pompe) et pour différentes conditions de débits. Une relation entre la concentration de sable en berge et la concentration moyenne de sable dans la section a pu être tracée (loi puissance, $R^2=0.97$).

Les flux estimés à partir des Lisst ABS en berge ont été comparés aux bilans bathymétriques réalisés mensuellement dans la retenue jusqu'à 500 m en amont de l'ouvrage (Tableau 1). Ces comparaisons ont montré une bonne cohérence entre d'une part les flux de sable entrants estimés à la station de Pont Rouge, les flux de sable sortants estimés par la station de Livet et les dépôts de sables fins et moyens dans la retenue. Les taux de décantation calculés sont également globalement cohérents.

Tableau 1 - Comparaison entre flux entrants, flux sortants et dépôts de sable en suspension dans la retenue de Livet (Tonnes)

Sable en suspension (T)	2021			2022			
	25/05 - 22/06	22/06 - 25/08	25/08 - 27/09	4/05 - 2/06	2/06 - 6/07	6/07 - 10/08	10/08 - 28/09
Flux entrants	13000	16000	1000	(1)	(1)	400	1200
Dépôt	6500	6500	Faible (3)	3000	1400	200	1400
Flux sortants	7500 (1) (2)	7500 (1) (2)	400 (1) (2)	1400	800	200	450

(1) Capteur Lisst ABS absent ; (2) Estimation indicative, par application d'un taux de décantation ($\text{dépôts}/(\text{dépôts}+\text{sortants})=0.7$ le taux moyen calculé en 2022 Le coefficient 0.7, bien qu'empirique, se justifie par le fort ensablement de la retenue en 2021 ; (3) estimation qualitative d'après un lever partiel par aDcp

4. Conclusion et perspectives

Si de nombreuses incertitudes accompagnent l'estimation à la fois des flux et des dépôts, ces résultats préliminaires suggèrent l'intérêt de capteurs acoustiques tels que le Lisst ABS pour mesurer la dynamique temporelle des apports de sable en suspension et les quantifier.

De nouvelles mesures devront être réalisées pour étoffer le jeu de données et consolider les résultats sur une plus longue période. A Pont Rouge, la relation entre concentration du sable en berge et concentration dans la section devra être mieux étudiée. A Livet, il sera nécessaire de comparer les flux de sable aux défauts observés sur les machines pour évaluer sa pertinence en matière d'aide à l'exploitation. Enfin, le comportement des Lisst ABS dans le temps en milieu naturel (pannes, usure) reste à caractériser pour aller vers une utilisation opérationnelle.

REFERENCES

- [1] Adam Manaster, Timothy Straub, Molly Wood, Joseph Bell, Daniel Dombroski, and Christopher Curran, Field Evaluation of the Sequoia Scientific LISST-ABS Acoustic Backscatter Sediment Sensor, USGS, USDI, 2022.
- [2] Sequoia Scientific, Inc. (2016). How the LISST-ABS works ? Retrieved from <https://www.sequoiasci.com/article/how-the-lisst-abs-works/>
- [3] Déquatre Laura, Évaluation de l'intérêt de combiner turbidimètres optiques et acoustiques pour la mesure des concentrations de matières en suspension en présence de sable, IGE, EDF-DTG, Rapport de projet de fin d'étude ENSE3, 2022.