

TECHNIQUES DE MESURES DU TRANSPORT SOLIDE PAR CHARRIAGE SUR MODELE PHYSIQUE

Measurement techniques for bedload studies on physical model

Damien ALLIAU* (Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France), **Sébastien ROUX** (Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France)

1. Intérêt pour la mesure de flux

L'expérimentation sur modèle physique pour des questions d'ingénierie fluviale ou torrentielle n'est pas nouvelle, différents laboratoires ont œuvré depuis le début du 20^{ème} siècle pour les grands projets d'aménagement : laboratoires d'hydraulique de Grenoble, de Chatou, de Gerland par exemple. L'examen des archives d'études sédimentaires sur modèle avant les années 2000 ne fait cependant pas état d'un intérêt particulier pour l'analyse des flux aux limites de ces outils. Des innovations ont été réalisées ces dernières années au sein du laboratoire CACOH (Centre d'Analyse Comportemental des Ouvrages Hydrauliques – anciennement laboratoire de Gerland), rendant ainsi accessibles les flux de charriage instantanés non seulement *entrant* mais aussi et surtout *sortant* des modèles en régime transitoire, données absolument essentielles pour la comparaison avec les courbes de tarage sédimentaires acquises *in situ*. Ces méthodes ont été développées aussi bien pour des matériaux sableux que plastiques (cas des modèles distordus). Cette communication illustre ces innovations à l'aide de deux cas concrets réalisés à Lyon entre 2017 et 2023.

2. Régime fluvial avec distorsion de densité : cas de la Loire

Les travaux de rééquilibrage morphologique du lit de la Loire entre Pont-de-Cé et Nantes ont nécessité le recours à un modèle physique 1/100 avec transport par charriage de sable. Pour un certain nombre de raisons [1], les échelles relatives aux matériaux en laboratoire ont impliqué un rapport de 1/33 sur la densité, c'est-à-dire des matériaux modèle $d_{50} = 1.32$ mm et $\rho = 1050$ kg.m⁻³, proche de l'eau, compliquant sérieusement leur manipulation aux limites.

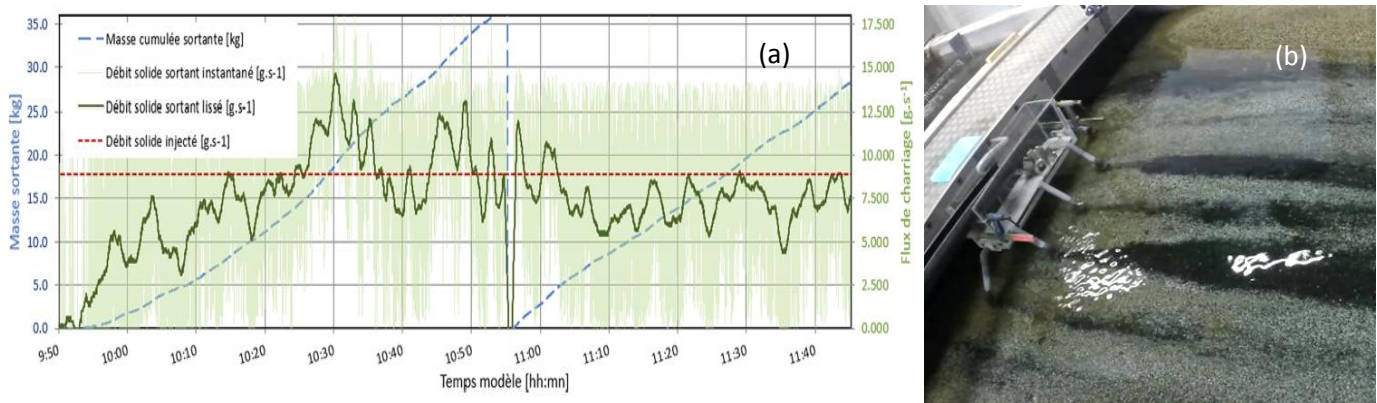


Figure 1 : (a) Exemple de mesure du débit solide instantané aux limites du modèle physique 1/100, (b) injecteurs en subsurface

Le système d'injection était constitué d'une trémie de 1000 L alimentant en continue une vis d'Archimède, en sortie de laquelle un mélange d'eau et de substance tensio-active conduisait le matériau en subsurface à la condition limite amont du modèle par une conduite inclinée. La calibration de la rotation de la vis a permis d'accéder à une gamme de débit solide modèle de l'ordre de [8-70] kg.h⁻¹ avec une précision inférieure au %. Le système de mesure en aval du modèle complétait l'effet de la gravité sur les grains par un système de collecteur avec pompage intégré. Le rejet de pompe sur tamis vibrant assurait une séparation fluide/solide par effet centrifuge, ce dernier étant pesé en continue lors des essais de durée 2h à 8h modèle. La précision de ce système de flux sortant a été estimée à 5%. Grâce au déploiement de tels systèmes, le signal de flux solide s'est révélé extrêmement riche pour comprendre la réponse sédimentaire du modèle physique, sur un total de 96h cumulées d'essais. Une autre voie d'exploration par

technique optique LS-PIV [2] a été retenue au sein du domaine modélisé afin de calculer indirectement des flux solides à partir des dunes [3].

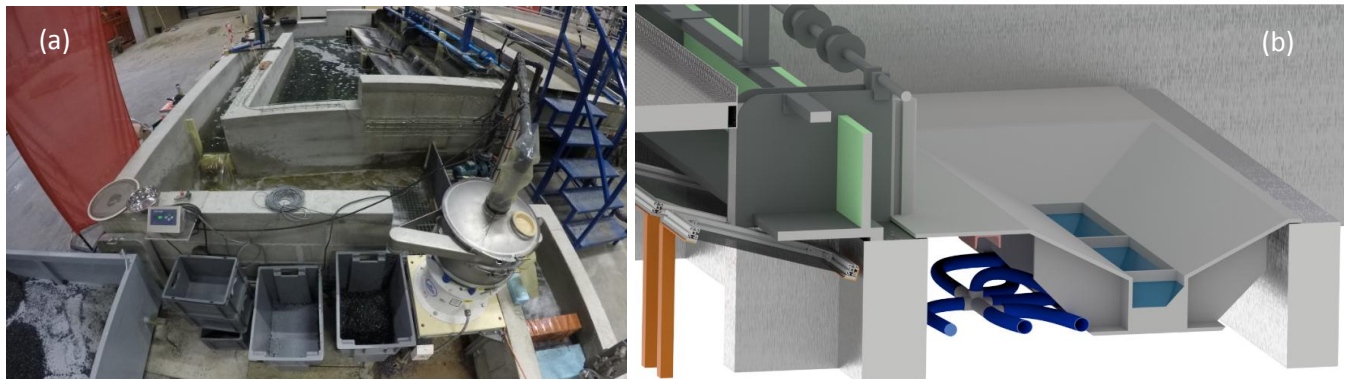


Figure 2 : (a) Système de séparation fluide/solide et pesée continue, (b) CAO du collecteur en fond de modèle

3. Régime torrentiel : cas du torrent du Manival

L'augmentation de connaissance sur le fonctionnement du torrent du Manival, affluent de l'Isère, a motivé les gestionnaires pour faire réaliser une étude sur modèle physique au 1/25 incluant des essais de laves torrentielles et de charriage. Le débit solide modèle est défini sur la gamme $[0.4-1.7] \text{ kg.s}^{-1}$ avec $d_{50} = 1.36 \text{ mm}$. Le système d'injection est constitué d'une trémie de 850 L alimentant un convoyeur à bande motorisé, déversant dans un système de pesée (*Granumet*) ; ce dernier permet d'asservir la vitesse du convoyeur selon une consigne de régulation imposée par la centrale d'acquisition et de commande *Dewesoft Iolite*. Le système de récupération en aval du modèle est un système de pesée des matériaux en temps réel ; un volume d'environ 1 m^3 filtrant à $400 \mu\text{m}$ est disponible à fleur d'eau dans une fosse, rattaché à un cadre rigide par un peson. Le poids des matériaux (déjaugé) est calculé en temps réel pour produire un signal de flux solide sortant.

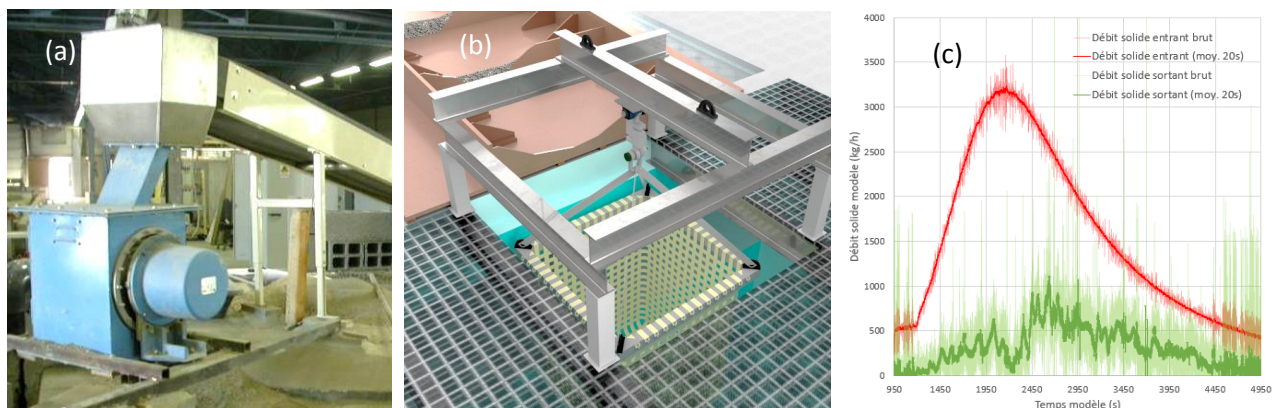


Figure 3 : (a) système d'alimentation par convoyeur/Granumet, (b) CAO du système de pesée aval, (c) exemple de mesure de débit solide

L'emploi d'algorithmes de type PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé) dans le système d'injection solide et liquide permet de réaliser des essais en régime transitoire et d'ouvrir la voie à des sédigrammes potentiellement plus complexes que la forme classique décrite à la Figure 3c. La précision sur le poids total injecté est inférieure à 1% par rapport à la cible.

REFERENCES

- [1] Alliau D, Roux S, Parelle L. 2020. Apports de la modélisation physique avec distorsions pour l'analyse des cours d'eau sableux : exemple de la Loire aval. La Houille Blanche : 14–33 <https://doi.org/10.1051/lhb/2020013>
- [2] Le Coz J, Le Boursicaud R, Jodeau M, Hauet A, Marchand B. 2014. Image based velocity and discharge measurements in field and laboratory river engineering studies using the free fudaa-lspiv software. In: IAHR Riverflow2014 Conference, Lausanne, Switzerland.

- [3] Simons DB, Richardson EV, Nordin CF. 1965. Bedload equation for ripples and dunes. Washington: US Geological Survey Professional Paper 462-H, 13 p.