

Reconstruction de bancs de galets alternés en laboratoire

Formation of alternate gravel bars with water worked bed methodology in a flume

Auteur correspondant : **Shashank GUPTA**, INRAE Lyon UR RiverLy, BP 32108, 69616, 5 Rue de la Doua, 69100 Villeurbanne, shashank.gupta@inrae.fr

Auteurs de la communication : **Céline BERNI**, INRAE Lyon UR RiverLy, Lyon, France
Benoit CAMENEN, INRAE Lyon UR RiverLy, Lyon, France

1. Introduction

Les bancs alternés sont des structures morphologies du lit, dont la crête et le creux alternent entre les rives du canal ou de la rivière. Ils apparaissent généralement dans les rivières fortement anthropisées, caractérisées par un apport important de sédiments et largement contraintes par des digues. Ces rivières présentent le plus souvent un rapport d'aspect (largeur sur profondeur d'eau) faible. La longueur d'onde des bancs alternés est de l'ordre de plusieurs largeurs de rivière. Des expériences de laboratoire [1, 2, 3 parmi d'autres] ont été menées au cours des dernières décennies pour former des bancs alternés en canal. Dans toutes ces expériences, des bancs alternés ont été formés en recouvrant la surface initiale du canal d'une couche ratisée de quelques centimètres d'épaisseur de sédiments, sur laquelle circulaient de l'eau et des sédiments à débits constants. Alors que certains chercheurs ont jugé important de développer une relation empirique [1] ou d'élaborer un critère seuil [2] qui puisse aider les gestionnaires des rivières à prédire le possible développement de bancs alternés d'une certaine longueur d'onde et d'une certaine hauteur, d'autres s'efforcent d'expliquer les processus de développement impliqués dans la formation des bancs alternés [3, 4]. L'accent a principalement été mis sur l'explication des processus de surface, et les propriétés de subsurface d'un système de bancs alternés n'ont peu été abordées à notre connaissance.

Nous souhaitons, avec cette étude, étudier des bancs de gravier alternés selon la méthode développée par J. Cooper pour un lit travaillé par l'eau [5] dans un canal. Les bancs alternés se forment lors de cycles successifs de transport et de dépôt, ce qui nous aide à reproduire les propriétés de surface et de subsurface des bancs de gravier que l'on trouve dans les rivières à lit de gravier comme l'Isère. Nous cherchons ainsi à mieux comprendre l'influence des propriétés granulométrique de surface et subsurface sur les caractéristiques des bancs de galets alternés.

2. Matériel et méthodes

Toutes les expériences sont réalisées dans un canal en verre incliné, de 18 mètres de long situé au Laboratoire d'hydraulique et d'hydromorphologie (HHLab) de l'INRAE à Lyon-Villeurbanne, en France. La longueur utile du canal est de 17 mètres, et la pente du canal peut être ajustée de 0 à 5 %. Le canal est équipé d'une plate-forme mobile automatisée sur laquelle sont installés des appareils de mesure. La plate-forme mobile est placée sur deux rails qui longent les côtés du canal, parallèlement au fond du canal. La largeur du canal, initialement de 1 mètre, a été réduite à 0,7 mètres pour cette étude pour obtenir quatre bancs selon une analyse de sensibilité du modèle empirique d'Ikeda [1]. Nous travaillons avec un débit $Q = 20$ L/s, une pente $S = 1$ % et un sédiment grossier assez uniforme de diamètre médian $d_{50} = 3,5$ mm, et d'écart-type géométrique $\sigma_g = 1,214$. Ces paramètres sont également compatibles avec les critères mentionnés par Jaeggi [2] pour la formation de bancs alternés.

La réduction de largeur en amont du canal (à $x = -1$ m) forme un obstacle à l'écoulement et le dévie, pour amorcer la formation de bancs forcés. Le fond du canal est initialement recouvert d'un géotextile sur lequel est collé un nid d'abeille couvert de sédiments identiques à ceux introduits en amont. Ainsi nous obtenons une surface rugueuse, stabilisée, mais qui reste poreuse. L'alimentation en eau est assurée en circuit fermé par une pompe régulée en débit grâce à un débitmètre électromagnétique, et qui plonge dans le réservoir aval. Le sédiment est introduit à l'amont du canal (à $x = 0$ m) à l'aide d'un tapis roulant. Le débit solide amont est constant, voisin de 70 g/s, soit significativement plus que la capacité de transport de l'écoulement observée dans le canal et estimée par la formule de Meyer-Peter et Müller [6]. Cette sur-alimentation engendre le dépôt de sédiments qui aboutira à la formation des bancs. L'expérience est poursuivie jusqu'à ce que la condition d'équilibre soit atteinte, c'est-à-dire que (a) le transport solide enregistré à l'extrémité aval du canal devienne égal au transport solide à l'amont (par augmentation de la pente du lit), et (b) les caractéristiques des bancs (longueur d'onde et hauteur) deviennent approximativement constantes.

Trois capteurs à ultrasons sont utilisés pour mesurer l'altitude de la surface libre pendant l'expérience en trois positions transversales. Le transport solide à l'aval est mesuré presque continuellement en collectant les sédiments dans une caisse placée à l'extrémité aval sur un système de pesée automatisé. Le débit et l'alimentation en sédiments sont coupés régulièrement pour vider la caisse. Avant de reprendre l'expérience, la topographie du lit est mesurée avec un scanner laser (scanControl 2900 Micro-Epsilon), et l'altitude du lit est enregistrée avec les trois capteurs ultrasoniques. Nous souhaitons également déployer une caméra afin de mesurer des champs de vitesse de surface par LSPIV.

3. Résultats

Nous présentons sur la figure 1 la topographie du fond après 540 minutes de notre première expérience. Il se forme dans la moitié aval du canal 3 à 4 bancs alternés. La longueur d'onde et la hauteur associées à ce système de bancs sont respectivement entre 4,6 et 4,8 m et 2,5 et 2,7 cm. La longueur d'onde calculée via le modèle empirique d'Ikeda [1] de 6.8 m, est du bon ordre de grandeur. Il est intéressant de noter que la longueur d'onde obtenue par la théorie des bancs libres (free bars theory [7]), de 4.6 m, est en meilleur accord, malgré le forçage en place à l'amont du canal.

Nous souhaitons par la suite quantifier l'effet de la distribution granulométrique des sédiments utilisés pour former les bancs alternés sur la morphologie de ces bancs. Des outils statistiques fondés sur les fonctions de densité de probabilité et les fonctions de structure de covariance des altitudes de surface seront utilisés pour caractériser les surfaces des têtes et des queues des bancs. Le système de bancs alternés formé dans le cadre du présent travail servira de système de référence pour un projet plus vaste dans lequel l'infiltration de sédiments fins dans des bancs de gravier alternés et son impact sur la morphodynamique des bancs seront étudiés ultérieurement.

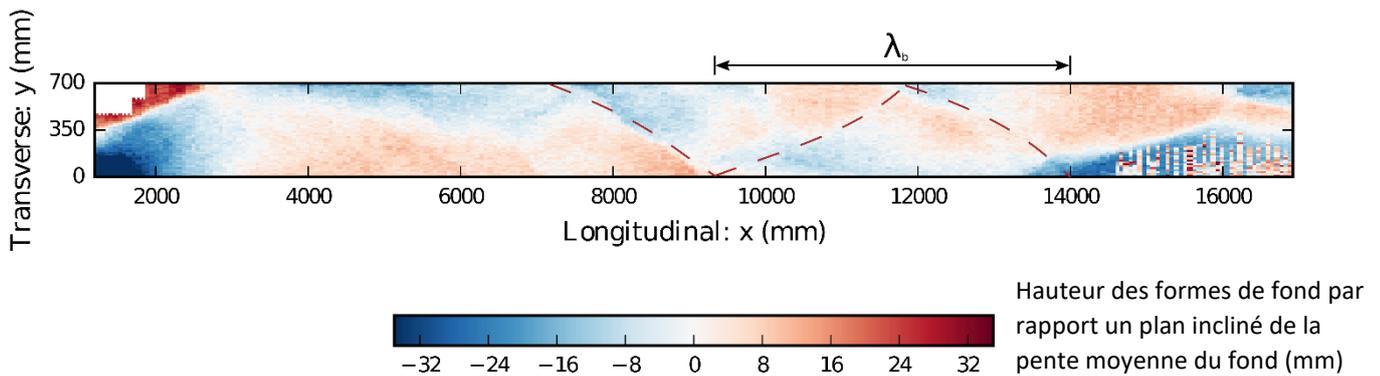


Figure 1 : topographie du lit mesurée après 8,5 h d'expérience. Les lignes pointillées marron accentuent le front des bancs en formation d'une longueur d'onde (λ_b) d'environ 4,8 m.

REFERENCES

- [1] Ikeda S. (1984). Prediction of alternate bar wavelength and height. *Journal of Hydraulic Engineering*, 110(4): 371-386.
- [2] Jaeggi M. N. R. (1984). Formation and effects of alternate bars. *Journal of Hydraulic Engineering*, 110(2): 142-156.
- [3] Lisle T.E., Ikeda S., and Iseya F. (1991). Formation of stationary alternate bars in a steep channel with mixed-size sediment: A flume experiment. *Earth Surface Processes and Landforms*. 16: 463-469
- [4] Fujita Y., and Muramoto Y. (1985). Studies on the process of development of alternate bars. *Bull. Disaster Prev. Res. Inst. Kyoto Univ.* 35(Part 3, 314): 55-86
- [5] Cooper J. R., and Tait, S. J. (2009). Water worked gravel beds in laboratory flumes- a natural analogue? *Earth Surface Processes and Landforms*. 34(3): 384-397
- [6] Meyer-Peter E., and Muller R. (1948). Formulas for bedload transport. *Proceedings of 2nd Congress of IAHR, Stockholm*. 39-64.
- [7] Colombini M., Seminara G., and Tubino M. (1987). Finite amplitude alternate bars. *Journal of Fluid Mechanics*. 181: 213-232.