

Etude expérimentale des déformations du lit d'un canal à fond mobile: phénomène de sédimentation et érosion

CHERIF EL AMINE

Laboratoire d'Hydrologie et gestion des Ressources en Eau – HYDRE, Department of Hydraulics, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Sciences and the Technology of Oran, BP 1505, El-Mnaouer, Oran 31000, Algeria

cherif_ea@yahoo.fr

Résumé Les déformations des lits des cours d'eau et canaux, la progression de ces déformations sous l'influence des conditions d'écoulement et des caractéristiques des sédiments constitutifs de ces lits, ont fait l'objet de plusieurs études et recherches. Malgré les efforts consentis pour les différents chercheurs, l'ensemble des connaissances relatives au transport des sédiments dans les canaux et les cours d'eau n'a pas encore été unifié sous la forme d'une théorie cohérente. Pour cela, le présent travail a porté sur l'étude expérimentale de l'évolution du lit d'un canal sous l'influence de la vitesse d'écoulement variable de 0.14 à 0.577 m s^{-1} . Ce canal est formé au fond d'un sable basaltique à granulométrie étendue, dont les diamètres varient de 0.063×10^{-3} à $2.50 \times 10^{-3} \text{ m}$. Les résultats des mesures effectuées montrent que dans ces conditions d'écoulement, il y a formation de ride, la force tractrice représentative de début d'entraînement est proportionnelle à la vitesse d'écoulement, les ondulations de fond se déplacent à des vitesses très faibles, dont les valeurs sont proportionnelles aux vitesses d'écoulement de fluide porteur, et le débit solide transporté est lié au débit liquide par une loi de puissance. Ceci semble en cohérence avec les résultats effectués dans les cours d'eau naturels.

INTRODUCTION

L'eau, partie intégrante de la nature, contribue à transformer quotidiennement le visage de la terre et cela par le transport, l'érosion, et la sédimentation des matériaux. Le confrontation à ce phénomène a pour cause les événements naturels, mais aussi les interventions humaines par les constructions d'aménagements qui peuvent contribuer à l'aggravation de ce phénomène. Les dégâts causés par le transport solide sont bien connus: la perte de la capacité de stockage par dépôts solide, l'endommagement des constructions hydrauliques par les dépôts et l'érosion. Vue l'importance de ce phénomène, on propose d'étudier les déformations du lit d'un canal à fond mobile.

Forme de fond

Un fond mobile est défini comme un fond composé de particules solides (granulats non cohésifs, alluvions) qui se déplacent sous l'action de l'écoulement en formant des ondulations du lit. Appelées couramment dunes (Fig. 1), ces particules sont caractérisées par la densité δ_s , le diamètre médian d_{50} et la distribution granulométrie (Quesnel, 1976; Migniot, 1977; Julien, 1998).

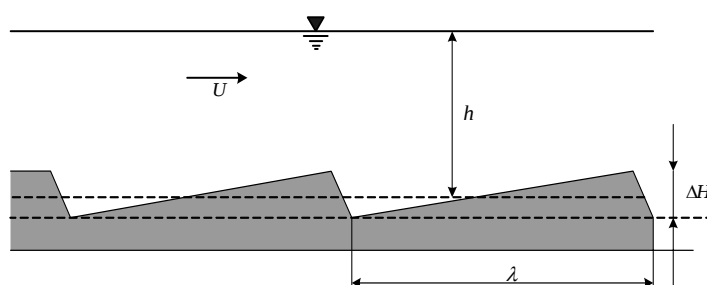


Fig. 1 Schéma d'un lit avec une série de dunes.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le canal de visualisation est à circuit fermé. L'eau est mise en mouvement au moyen d'une roue à aubes radiales en plexiglas, entraînée par un moteur à courant alternatif et à vitesse variable. Elle transfère peu d'énergie à l'eau et la turbulence créée est dissipée dans le circuit de retour sous la plate-forme. Des ailettes placées dans les angles assurent une répartition de vitesse uniforme dans la veine d'essai. La visualisation de l'écoulement bi-dimensionnel est effectuée au moyen d'un étroit faisceau de lumière à haute intensité. Ce canal n'étant pas alimenté par une pompe, il est possible d'utiliser de sable dans la veine d'essai, sans craindre d'endommager l'appareil. On peut donc étudier l'érosion du lit des rivières où autour des piles.

Un lit de sable est créé sur la plate-forme de fixation, comme montré sur le schéma (Fig. 2). Dans ce genre d'étude, la roue est démarrée pour obtenir un écoulement à faible vitesse. Au bout de quelques instants, le phénomène d'érosion apparaîtra à la surface du sable.

La visualisation des déformations du lit de sable et la mesure de transport solide se fait sur le même canal.

- Le fond du canal est rempli du sable basaltique analysé auparavant sur une épaisseur de 10 mm et une largeur de $L = 45 \times 10^{-2}$ m.
- Le reste du canal est rempli de l'eau à une hauteur variable $h_1 = 3 \times 10^{-2}$ m et $h_2 = 5 \times 10^{-2}$ m.
- Les différentes caractéristiques physiques du sédiment étudié ont été déterminées expérimentalement par des analyses effectuées au laboratoire.
- Diamètre $d_{10} = 0.60 \times 10^{-3}$ m, $d_{50} = 0.27 \times 10^{-3}$ m, $d_{90} = 0.45 \times 10^{-3}$ m
- Densité $\delta_s = 2.62$ et vitesse de chute calculée $w_c = 0.114$ m s⁻¹.

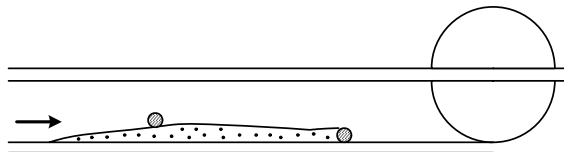


Fig. 2 Etude de phénomène de sédimentation et érosion.

PARAMETRES D'ONDULATION DU FOND

Les caractéristiques des ondulations (λ) peuvent être déterminées théoriquement on pourra citer le modèle de Larras (Larras, 1972) qui permet de déterminer la longueur d'une ondulation en fonction du rapport de la vitesse moyenne de l'écoulement et de la vitesse de chute des granulats:

$$\frac{\lambda}{d} = 16 \left(\frac{V}{W} \right)^{1.2} \quad (1)$$

Avec λ l'hauteur d'onde des ondulations du fond (mesurée de crête à crête); d le diamètre médian des granulats; V la vitesse moyenne de l'écoulement; W la vitesse de chute des granulats dans l'eau.

Dans le cadre des expériences effectuées pour cette étude, la Fig. 3 donne l'évolution du rapport (λ/d) en fonction (V/W) on remarque que les valeurs mesurées sont très dispersées par rapport à celles calculées par le modèle de Larras; ceci est peut être dû aux différences des conditions expérimentales.

Dans le cas présent le lit du canal est formé par des sédiments dont le diamètre varie de 0.063×10^{-3} et 2.50×10^{-3} m.

NATURE DES ONDULATIONS FORCEES

Il s'avère important de déterminer leur vitesse de cheminement, V_s . Pour ce faire, on se basera sur l'expression de Tsubaki (Tsubaki *et al.*, 1982), qui ont représenté la vitesse de cheminement des ondulations de fond en fonction de la pente superficielle de l'écoulement et des caractéristiques des sédiments:

$$V_s = 7.03I\sqrt{gd/\delta} \quad (2)$$

avec δ , la densité des granulates.

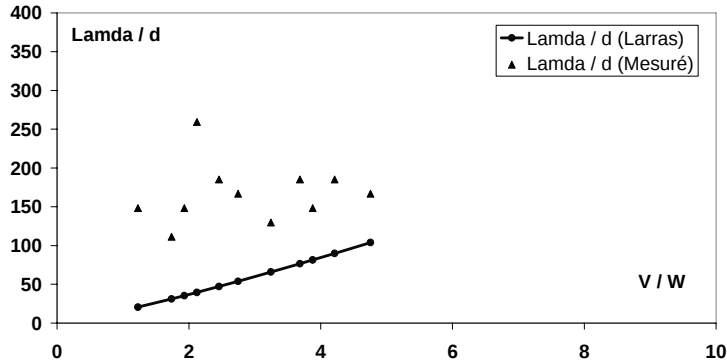


Fig. 3 Variation des caractéristiques des ondulations en fonction des caractéristiques de l'écoulement: $h_e = 5 \times 10^{-2}$ m.

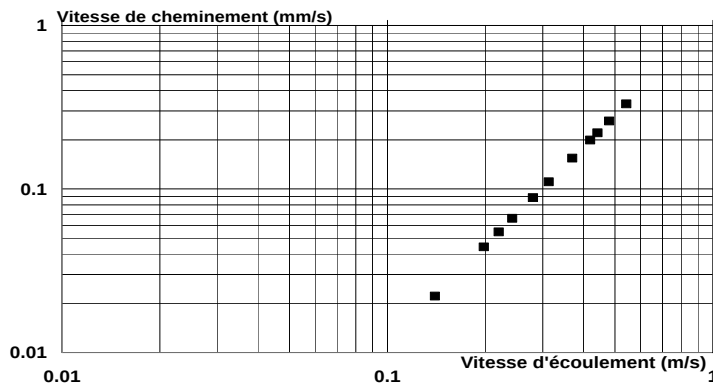


Fig. 4 Vitesse de cheminement des ondulations de fond pour $h_e = 5 \times 10^{-2}$ m.

D'après les résultats présentés dans la Fig. 4, on remarque les ondulations se déplacent à des vitesses très faibles, dont les valeurs sont proportionnelle aux vitesses d'écoulement de fluide porteur. Les résultats obtenus sont acceptables.

VOLUME ERODE ET VOLUME DEPOSE

Sous l'influence des forces de traction, le lit du canal s'érode, le sédiment transporté forme, par dépôt successif, les ondulations du fond, on obtient les résultats suivants (Fig. 5) :

On remarque dans la Fig. 5, qui donne le bilan des volumes érodés et déposés sur le lit du canal, pour les différentes vitesses d'écoulement, une certaine conservation dans les quantités de sédiments entre érosion et depots. Donc on peut dire que les résultats obtenus sont acceptables.

DETERMINATION DE DEBIT SOLIDE TRANSPORTE ET DEBIT LIQUIDE

Pour déterminer le débit solide transporté dans le canal à différente vitesse d'écoulement, on mesure la quantité de sédiments transportés dans un intervalle de temps égale à 1 minute.

La Fig. 6 donne l'évolution du débit solide en fonction du débit liquide. Elle montre que les deux grandeurs sont liées par une loi en puissance de la forme:

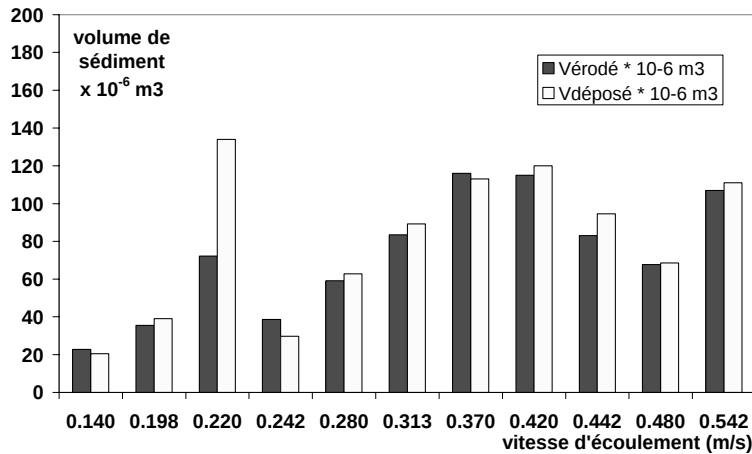


Fig. 5 Volume des sédiments érodés et déposés $h_e = 5 \times 10^{-2}$ m.

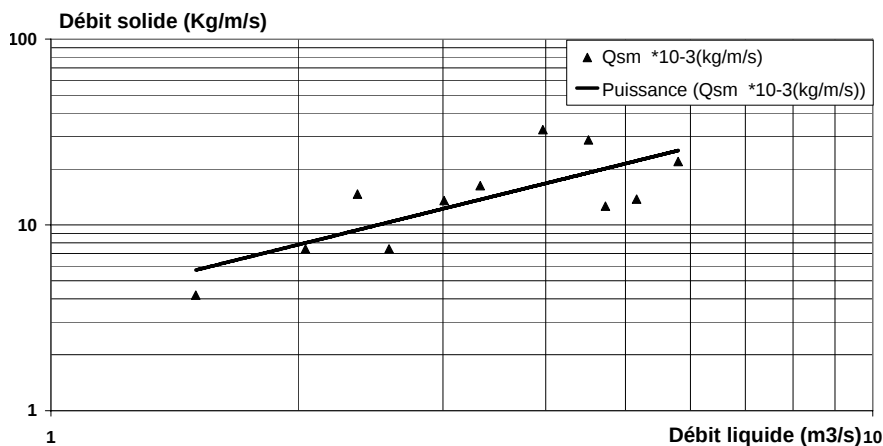


Fig. 6 Variation du débit solide en fonction du débit liquide pour $h_e = 5 \times 10^{-2}$ m.

Pour une hauteur $h_2 = 5 \times 10^{-2}$ m

$$Q_s = 4.129 * Q_l^{1.031}$$

Ceci semble en cohérence avec les résultats effectués dans les cours d'eau naturels.

CONCLUSION

Le présent travail a porté sur l'étude expérimentale de l'évolution du lit d'un canal, constituer des particules solides de sables dont les diamètres variant de 0.063 à 2.50 mm (diamètre moyen = 0.27 mm), transporté par un écoulement dont les vitesses moyennes, à la surface varient de 0.14 à 0.577 m/s. Les résultats des mesures effectuées montrent que, dans ces conditions d'écoulement, il y a formation de ride, la force tractrice représentative de début d'entraînement est proportionnelle à la vitesse d'écoulement, et le débit solide transporté est lié au débit liquide par une loi de puissance.

REFERENCES

- Graf, W. H. & Altinakar, M. S. (2000) *Hydraulique fluviale: écoulement et phénomènes de transport dans les canaux à géométrie simple*, Vol. 16 de traité de génie civil, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Julien, P. Y. (1998) *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press, New York, USA.
- Larras, J. (1972) *Hydraulique et granulats*. Eyrolles, Paris, France.
- Migniot, C. (1977) Action des courants, de la houle et de vent sur les sédiments. *La houille Blanche* **1**, 9–47.
- Quesnel, B. (1976) *Traite d'hydraulique fluviale et torrentielle appliquée*, tome II. Eyrolles, Paris, France.
- Tsubaki, T., Hashimoto, H. & Suetsugi, T. (1982) Grain stresses and flow properties of debris flows. *Proc. Japan Society of Civil Engineers*, **317**, 79–91 (in Japanese).
- Yang, C. T. (1996) *Sediment Transport: Theory and Practice*. McGraw-Hill, New York (reprint by Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 2003).