

Exercice 2

Écoulement, charriage et capacité de transport

Préambule

Le Rhône est l'une des plus grandes rivières de Suisse qui transporte d'importantes quantités de sédiments. Les Valaisans l'appellent d'ailleurs le Fleuve. Le but de cet exercice est d'analyser l'écoulement, le transport solide et la géomorphologie du Rhône pour une section en amont du pont de Collombey caractérisée par deux profils en travers.



Figure 1 : L'embouchure du Rhône dans le Léman. Par Sandstein — Travail personnel, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7576787>

Données :

- Fichier Excel sur Moodle avec les géométries des profils 18.846 et 18.947 km à l'amont du lac Léman, ainsi que le diagramme de Shields.
- Sites utiles : [Station \(admin.ch\)](http://station.admin.ch) et [HYDROmaps](http://hydromaps.ch)
- La pente du lit J_s et la rugosité K_{St} pour les deux profils :

- Profil km 18.846 : $K_{St} = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
 $J_s = 0.12\%$

- Profil km 18.947 : $K_{St} = 32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
 $J_s = 0.13\%$

Question 1

Pour les deux profils en travers, calculer les hauteurs normales y_0 et les hauteurs critiques y_{cr} pour la gamme des débits allant de 0 à 1600 m³/s.

Montrer les résultats graphiquement en fonction du débit et de l'altitude de la surface d'eau en mètre sur mer (m s.m.).

Question 2

Pour la gamme de débit entre 300 et 1600 m³/s, déterminer le diamètre adimensionnel d_* et la contrainte de cisaillement adimensionnelles Θ . Dessiner les points dans le diagramme de

Shields pour d_{16} , d_{50} , et d_{90} pour les deux profils. La courbe granulométrique du lit pour ce tronçon est donnée dans la Figure 2.

Dessiner dans un autre graphique la contrainte de cisaillement sur le fond du lit.

Discuter de vos résultats selon les points suivants :

- Qu'est-ce qui est remarquable dans le diagramme de Shields pour les différents diamètres ? Mettre cela en perspective avec le débit moyen du Rhône et le débit d'une crue centennale.
- Qu'est-ce que cela renseigne sur les vitesses et la largeur du Rhône ?

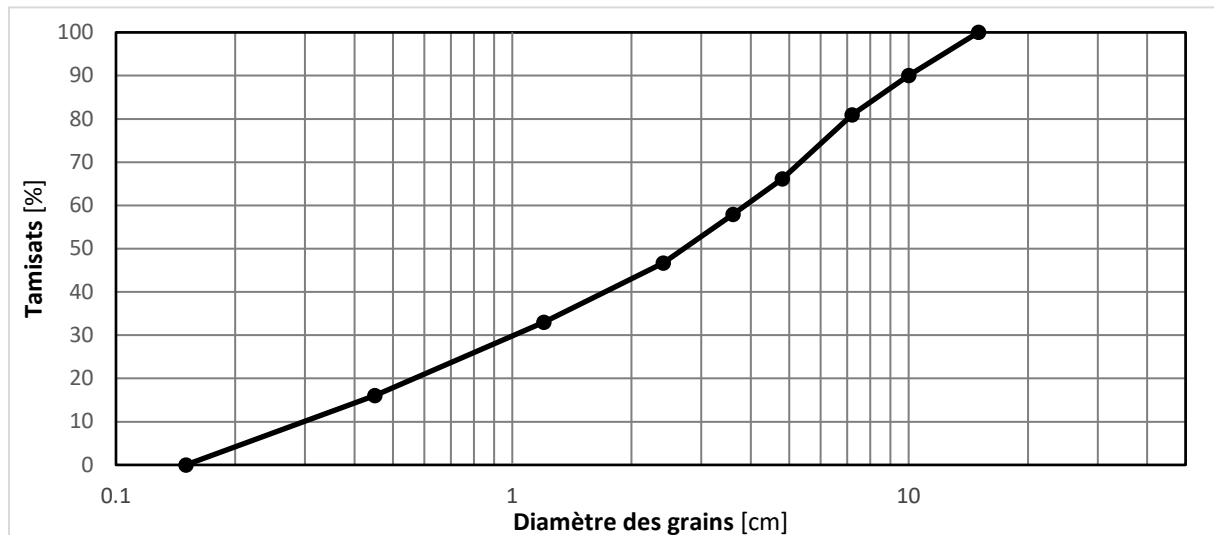


Figure 2 : Courbe granulométrique pour les profils km 18.846 et 18.947.

Question 3

A l'aide de l'équation de Smart & Jäggi, calculer la capacité de charriage Q_s (pour d_{50} sur la largeur du fond) en fonction du débit d'eau Q . Discuter de vos résultats selon les points suivants :

- Quelles sont les principales incertitudes de l'équation de Smart & Jäggi ?
- Estimer le volume de sédiments transporté chaque année par le Rhône sur la base des débits mensuels.

Question 4

Selon la nouvelle réglementation, quelle devrait être la largeur du lit du cours d'eau à restaurer ainsi que l'espace réservé aux eaux dans le tronçon étudié ?

Question 5

Pour une étude hydraulique dans le cadre d'un projet de revitalisation, il est prévu d'élargir le lit de 45 m en rive gauche. Quelle serait alors l'influence sur les profondeurs d'eau dans l'élargissement (il est admis, pour cet exercice, que la rugosité et la pente d'énergie ne changent pas ; un calcul de ligne d'eau s'avère être nécessaire) ? Quelle serait l'influence sur le charriage dans l'élargissement ? Proposer et défendre une hypothèse sur l'influence sur le charriage en amont et en aval de l'élargissement.

Question 6

Sur la base du diagramme modifié de da Silva et Yalin¹, quelle serait la morphologie en plan du Rhône non-élargi et élargi ?

En réfléchissant à vos réponses pour les questions 5 et 6, commenter les différences prévues pour l'évolution morphologique à court et à long terme dans l'élargissement et dans les zones de transition. Expliquer pourquoi les phénomènes observés dans la question 5 peuvent mener à la morphologie prévue dans la question 6. Quelles sont les sources d'incertitudes liées à vos prédictions ?

Vos assistants pour cet exercice : Meghan Irving et Romain Van Mol

A rendre :

Rapport au format pdf (max. 12 pages) avec notes de calcul annexée, avant le
5 décembre 2023 midi, via Moodle

¹ Ahmari, H., & da Silva, A. M. F. (2011). Regions of bars, meandering and braiding in da Silva and Yalin's plan. *Journal of Hydraulic Research*, 49(6), 718–727.
<https://doi.org/10.1080/00221686.2011.614518>