

# Auto-organisation du transport sédimentaire dans les rivières alluviales

Anaïs Abramian

Institut de Physique du Globe de Paris

**Mots clés:** morphogénèse, marche aléatoire, diffusion, physique non linéaire, instabilités.

Les rivières alluviales construisent leur propre lit avec les sédiments qu'elles transportent. En effet, l'écoulement qui les parcourt entraîne, transporte et dépose des sédiments, déformant ainsi le lit qui le conduit. Ce couplage sélectionne la forme d'équilibre d'une rivière. Durant ma thèse, j'ai étudié l'organisation du transport sédimentaire et son influence sur la forme et la stabilité d'une rivière alluviale. Pour ce faire, j'ai reproduit des rivières en laboratoire en laissant s'écouler un liquide visqueux sur un lit granulaire (Fig. 1 gauche).

L'aspect du chenal ainsi formé dépend des débits de liquide et de sédiment injectés en entrée. En particulier, la rivière s'élargit et s'aplatit lorsque le débit de sédiments est plus important (Fig. 2). C'est un phénomène constaté dans la nature, mais qui n'avait jamais été observé au laboratoire.

A l'aide de ces expériences, nous mettons en évidence deux mécanismes qui contrôlent l'équilibre d'une rivière. D'abord, la gravité entraîne les grains vers

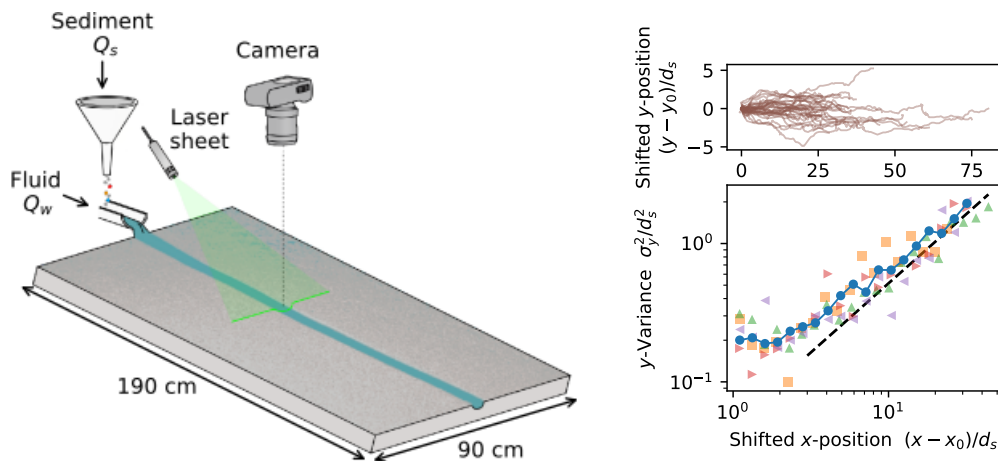


FIG. 1. *Gauche.* Expérience de rivières au laboratoire. *Droite.* Trajectoires de grains translattées au même point de départ. Variance des positions transverses le long de l'écoulement. La variance croît linéairement avec la position  $x$ , ce qui est caractéristique d'une marche aléatoire.

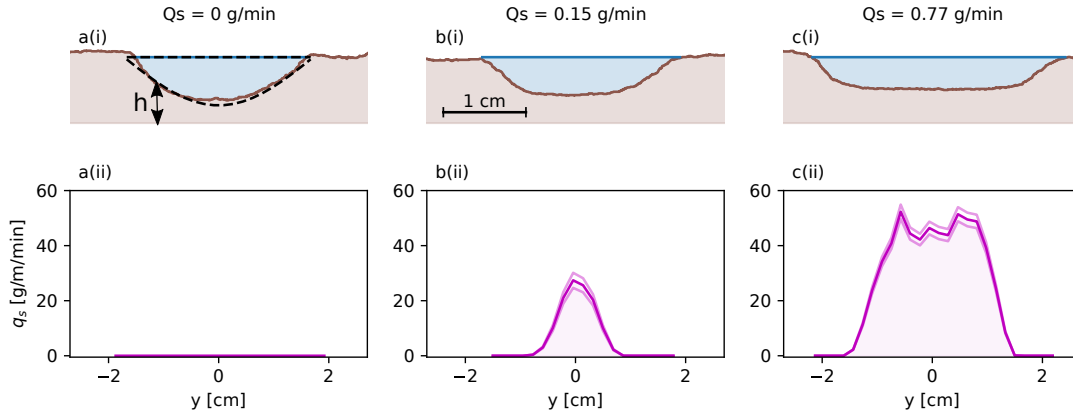


FIG. 2. Profil de rivières expérimentales pour différents débits de sédiments  $Q_s$ . (i) Profil de topographie. (ii) Profil de flux sédimentaire.

le centre du chenal. Ce mécanisme érode continuellement les berges de la rivière, et tend donc à l'élargir. Cependant, les collisions d'un grain avec le lit dévient sa trajectoire dans la direction transverse à l'écoulement (Fig. 1 droite). Les grains se comportent ainsi comme des marcheurs aléatoires, qui, collectivement, diffusent vers les berges de la rivière. A l'équilibre, cette diffusion compense la gravité, et fixe ainsi la forme de la rivière.

Cette compensation entre flux gravitaire et diffusif se traduit mathématiquement par une distribution de Boltzmann, où le flux de particules  $q_s$  décroît avec l'altitude du lit  $h$ ,

$$q_s = q_0 \exp\left(\frac{h}{\lambda}\right), \quad (1)$$

avec  $\lambda$  une longueur qui traduit l'importance relative de la diffusion et de la gravité. Cet équilibre est analogue à l'équilibre de sédimentation de particules browniennes dans un bain thermostaté. Dans notre cas, la rugosité du lit joue le rôle des fluctuations thermiques. En mesurant conjointement la topographie du lit  $h$  et le flux de sédiments local  $q_s$ , j'ai pu montrer que nos rivières expérimentales suivaient bien l'équation (1).

Enfin, lorsque la diffusion prend le dessus sur la gravité, elle peut induire une instabilité. En effet, si on perturbe un lit sédimentaire avec des stries longitudinales, le cisaillement fluide est plus faible là où l'écoulement est moins profond. Par conséquent, les grains diffusent depuis les creux de la perturbation vers ses crêtes, ce qui les amplifie. Les calculs peuvent être conduits analytiquement, et j'ai ainsi obtenu une relation de dispersion. Cette rétroaction déstabilisante pourrait générer de nouveaux chenaux, et expliquer la formation des rivières en tresses.