



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2015

TITRE du SUJET :

Directeur (trice) : LAJEUNESSE Eric, Physicien CNAP, lajeunes@ipgp.fr

Co-encadrant(e) : DEVAUCHELLE Olivier, CR, devauchelle@ipgp.fr

Equipe d'accueil : IPGP- Equipe de Dynamique des Fluides Géologiques – UMR7154

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission**

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

Morphogenèse des rivières alluviales

Les rivières alluviales creusent leur lit dans les sédiments qu'elles transportent. Leur forme est donc contrôlée par le couplage entre l'écoulement de l'eau et le transport sédimentaire [Schumm *et al.*, 1987]. Ce système couplé est particulièrement sensible aux forçages extérieurs d'origine tectonique et climatique qui modifient le cours de leur lit, créant ainsi des marqueurs morphologiques, tels que des terrasses ou des décalages. Ces marqueurs sont souvent utilisés pour dater des changements climatiques, estimer des taux d'érosion et mesurer des vitesses de glissement de faille [Ahnert, 1998; Bull, 1991; Klinger *et al.*, 2011]. L'étude du couplage écoulement-transport en rivière est donc un moyen de quantifier les interactions entre topographie, climat, tectonique et érosion.

Cependant, malgré un impressionnant corpus de publications, le couplage écoulement-transport et ses conséquences sur la morphologie des rivières alluviales sont encore peu compris aujourd'hui [Dietrich *et al.*, 2003]. Quelle est la morphologie d'équilibre d'une rivière ? Quel est le temps caractéristique de réaction d'une rivière à un forçage extérieur ? Comment ce temps dépend-il des paramètres qui contrôlent la rivière (débit, pente, taille des sédiments) ? Pourquoi certaines rivières forment-elles des tresses tandis que d'autres coulent en méandres ? Comment forme-t-on des terrasses ? Ces questions, qui intéressent à la fois géomorphologues, sédimentologues, tectoniciens et géochimistes, sont toutes liées au problème du couplage entre morphologie et transport. Il s'agit là d'un exemple où *un processus qui met en jeu une physique à petite échelle (le transport de sédiments entraînés par un écoulement met en jeu des longueurs et des temps caractéristiques de l'ordre du mètre et de la seconde) exerce une influence sur des processus géologiques opérant sur des échelles beaucoup plus grandes, de l'ordre du millier de kilomètres et de la centaine de milliers d'années.*

Notre équipe a montré qu'il est possible d'étudier les modalités de ce couplage en utilisant des mini-rivières expérimentales laminaires s'écoulant sur des sédiments en plastique. L'écoulement creuse alors un lit de quelques centimètres de large, à l'image d'une rivière naturelle. En s'appuyant sur cet analogue expérimental, Grégoire Seizilles a établi, au cours de sa thèse, que le transport sédimentaire détermine la largeur du lit [Seizilles *et al.*, 2013; Seizilles *et al.*, 2014]. L'équilibre obtenu est dynamique: la gravité

tend à élargir la rivière en attirant les sédiments vers le centre du chenal, tandis que la rugosité du lit induit un flux de diffusion qui les repousse vers les berges.

Quelques observations préliminaires suggèrent que cet état de base peut devenir instable, en particulier lorsque le débit sédimentaire de la rivière s'accroît. La rivière forme alors des bancs alternés, une tresse ou un début de méandre. L'objectif de cette thèse sera d'étudier les conditions de cette déstabilisation, et l'origine physique des structures observées.

Ce travail s'appuiera sur des expériences de laboratoire et des développements théoriques. Sur le plan expérimental, on étudiera comment les débits liquide et solide influencent la morphologie des « mini-rivières » de laboratoire. On cherchera en particulier à caractériser la transition entre rivière mono-chenal et rivière en tresse. Sur le plan théorique, il s'agira d'étudier le domaine de stabilité de la solution d'équilibre dans l'espace des paramètres expérimentaux (débit liquide, débit solide), et d'identifier les modes d'instabilité observés. En particulier, nous nous efforcerons d'isoler le mécanisme de formation propre à chaque structure morphologique, en comparant nos observations expérimentales à une analyse de stabilité linéaire.

Enfin, nous confronterons ces résultats aux observations de terrain acquises par notre équipe, notamment en Chine et en Inde. Avec Laurie Barrier, sédimentologue à l'Institut de Physique du Globe de Paris, nous nous demanderons en particulier si les échelles caractéristiques des structures alluviales naturelles (bancs alternés, tresses, méandres) sont compatibles avec le mécanisme proposé pour leur formation.

Ce travail, co-encadré par Olivier Devauchelle (chargé de recherche, CNRS) et Éric Lajeunesse (physicien, CNAP), sera réalisé au sein de l'équipe de Dynamique des Fluides Géologiques de l'Institut de Physique du Globe de Paris.

- Ahnert, F., Introduction to Geomorphology, London : Arnold, 1998.
- Bull, W., Geomorphic responses to climatic change, New York, NY (United States) ; Oxford University Press, 1991.
- Dietrich, W., D. Bellugi, L. Sklar, J. Stock, A. Heimsath, and J. Roering, Geomorphic transport laws for predicting landscape form and dynamics, in Prediction in geomorphology, edited by P. Wilcox and R. Iverson, pp. 103–132, American Geophysical Union, 2003.
- Klingler Y., Etchebes M., Tapponnier P., Narteau C., Characteristic slip for five great earthquakes along the Fuyun fault in China. Nature Geoscience, 4, 389-392, doi:10.1038/ngeo1158, 2011.
- Schumm, S. A., Mosley, M. P., & Weaver, W. (1987). Experimental fluvial geomorphology.
- Seizilles, G., Lajeunesse, E., Devauchelle, O., & Bak, M. (2014), Cross-stream diffusion in bedload transport-Diffusion, Physics of Fluids , 26(1), 013302, doi:10.1063/1.4861001
- Seizilles, G., Devauchelle, O., Lajeunesse, E., & Métivier, F. (2013), Width of laminar laboratory rivers, Physical Review E, 87(5), 052204, doi :10.1103/PhysRevE.87.052204