

Fully-funded PhD proposition

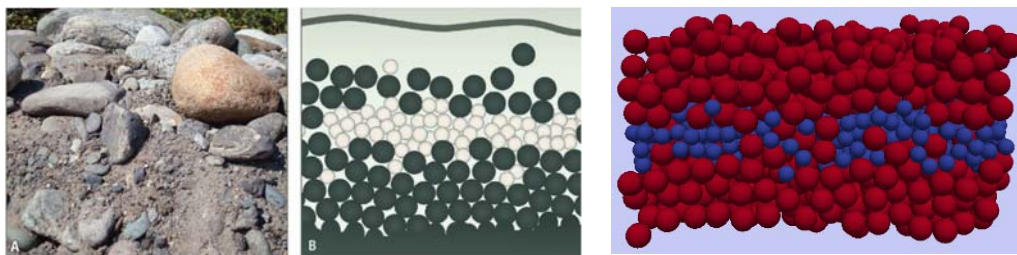
Physical and numerical modelling of segregation in bedload sediment transport

Bedload transport, the coarser bed material shear-driven by the turbulent water flow, has major consequences for public safety through flood alleviation, for the management of water resources, and for environmental sustainability. Despite 100 years of modern research, bedload sediment transport is still a scientific issue because of the phenomenon of size segregation also termed grain size sorting, a scientific bottleneck also relevant to the Powder and Grain industry. Therefore, engineering and operational tools are still very imprecise. We propose to change the viewpoint by focusing on granular interactions (Frey and Church 2009).

The general objective is to investigate experimentally and numerically **vertical size segregation**, concentrating on granular interactions.

One specific objective is to investigate in a bidisperse distribution the effect of the large to small size ratio. A maximum of segregation for a size ratio around 2 has been evidenced in terms of force or rate (Guillard et al. 2016). Yet numerical experiments up to a size ratio of 3.5 by Chassagne et al. (2020) did not show any maximum. This is a real challenging scientific mystery!

Experiments will be carried out in the narrow particulate channel at INRAE (ex-IRSTEA), Grenoble (Dudill et al; 2018), and will give datasets thanks to innovative techniques and image analysis. Focus will be on the dynamics of an intruder, a single particle larger than those in the bed (Rousseau et al. 2021). Fluid/grain coupled Discrete Element simulations (Maurin et al. 2015, Chassagne et al. 2020) will complement experiments so as to improve segregation theory.



A. River armouring B. Segregation by kinetic sieving C. Segregation discrete element modelling

P. Frey, HdR (INRAE) and J. Chauchat, HdR (LEGI) at Univ. Grenoble Alpes will be supervising this **fully funded** PhD based at INRAE, ETNA team.

This PhD will benefit from collaborations with EPFL, Lausanne, Suisse (LHE, C. Ancey) and University of Manchester (dept Maths, N. Gray). Other collaborations include Laboratoire Hubert Curien, university of St-Etienne (C. Ducottet, analyse d'image) and IMFT, Univ. Toulouse (R. Maurin).

Candidate profile: fluid/solid mechanics or Earth science or granular physics, with a strong interest in experimental research.

Required : an excellent academic level, a very good level of English and a proven programming experience (matlab, python, C++, ...).

Contact : send CV and grades to philippe.frey@irstea.fr

Deadline : 31 July 2021

https://www6.lyon-grenoble.inrae.fr/etna_eng/MEMBERS/Permanent-staff/Philippe-FREY

<https://www6.lyon-grenoble.inrae.fr/etna/UNITE-ETNA/Laboratoires-Sites-experimentaux-et-Bases-de-donnees/LE-CANAL-PARTICULAIRE>

Chassagne R, Maurin R, Chauchat J, Gray JMNT, Frey P. 2020. Discrete and continuum modelling of grain size segregation during bedload transport. *Journal of Fluid Mechanics* 895: A30.

Dudill A, Lafaye de Micheaux H, Frey P, Church M. 2018. Introducing finer grains into bedload: The transition to a new equilibrium. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 123(10): 2602-2619.

Frey P, Church M. 2009. How river beds move. *Science* 325(5947): 1509-1510.

Guillard F, Forterre Y, Pouliquen O. 2016. Scaling laws for segregation forces in dense sheared granular flows. *Journal of Fluid Mechanics* 807: R1.

Maurin R, Chauchat J, Chareyre B, Frey P. 2015. A minimal coupled fluid-discrete element model for bedload transport. *Physics of Fluids* 27(11): 113302.

Rousseau H, Chassagne R, Chauchat J, Maurin R, Frey P. 2021. Bridging the gap between particle-scale forces and continuum modelling of size segregation: Application to bedload transport. *Journal of Fluid Mechanics* 916: A26.

Offre de thèse financée

Modélisation expérimentale et numérique de la ségrégation en transport de sédiments

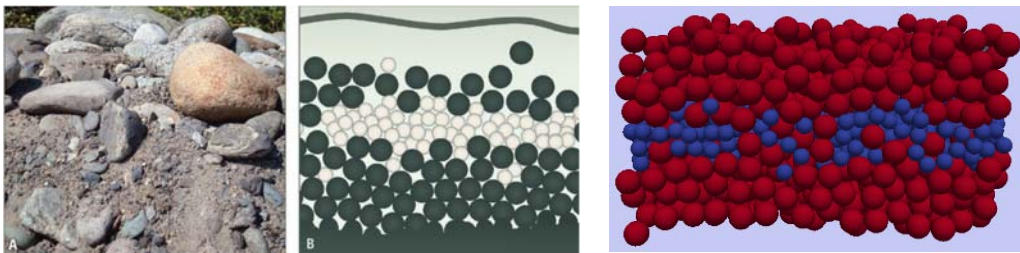
De nombreux écoulements naturels en montagne sont constitués d'un mélange de particules solides dans un fluide, en particulier le transport de sédiments par charriage. Ces écoulements sont sources de dommages importants (inondations torrentielles) et ont des implications importantes sur le plan écologique. Après plus de 100 ans de recherche moderne, la compréhension réelle du transport par charriage au-delà de la simple description reste une question ouverte tout particulièrement en raison du phénomène de tri granulométrique ou ségrégation, véritable verrou scientifique (Frey and Church 2009) aussi bien en géophysique que dans l'industrie concernée par les poudres et les grains.

L'objectif général de ce travail de thèse consiste à investiguer expérimentalement et numériquement le phénomène de **ségrégation verticale** en se concentrant sur les interactions granulaires.

Un objectif particulier est d'investiguer l'effet du ratio de taille (grand sur petit) dans une distribution bimodale.

Un maximum de ségrégation vers un ratio de 2 en termes de force ou de flux a été reporté (Guillard et al. 2016). D'autres études (Chassagne et al. 2020), au contraire, ne l'ont pas mis en évidence. Il s'agit d'un stimulant mystère scientifique à résoudre !

Les expérimentations seront menées dans le canal particulière à INRAE (ex-IRSTEA) à Grenoble (Dudill et al. 2018) et produiront des jeux de données à l'aide de techniques innovantes et par analyse d'image. L'accent sera mis sur la dynamique d'un intrus, une particule unique de diamètre plus élevé que le lit environnant. Des simulations par éléments discrets (Maurin et al. 2015, Chassagne et al. 2020) avec couplage fluide/grain compléteront les expérimentations pour avancer la théorie de la ségrégation.



A. pavage en rivière B. Ségrégation par tamisage cinétique C. Modélisation de la ségrégation par éléments discrets

La direction de thèse sera assurée à L'université Grenoble Alpes par P. Frey, HdR (INRAE) et J. Chauchat, HdR. (LEGI). La thèse basée à INRAE, unité de recherche ETNA bénéficiera de partenariats avec l'EPFL, Lausanne, Suisse (C. Ancey), l'université de Manchester (N. Gray). D'autres collaborations incluent le Laboratoire Hubert Curien, Université de St-Etienne (C. Ducottet, analyse d'image) et l'IMFT, Univ. Toulouse (R. Maurin).

Plusieurs **profils** sont possibles : Mécanique des fluides. ou Géophysique avec intérêt pour la mécanique ou Physique des écoulements fluides et/ou granulaires. Fort intérêt pour la recherche expérimentale.

Requis : excellent dossier académique, Expérience de programmation avérée (matlab, python, c++,...), Très bon niveau d'anglais.

Contact : Envoyez CV et relevés de note à philippe.frey@irstea.fr **date limite** : 31 juillet 2021

<https://www6.lyon-grenoble.inrae.fr/etna/MEMBRES/Personnel-permanent/Philippe-FREY>

<https://www6.lyon-grenoble.inrae.fr/etna/UNITE-ETNA/Laboratoires-Sites-experimentaux-et-Bases-de-donnees/LE-CANAL-PARTICULAIRE>

Chassagne R, Maurin R, Chauchat J, Gray JMNT, Frey P. 2020. Discrete and continuum modelling of grain size segregation during bedload transport. *Journal of Fluid Mechanics* 895: A30.

Dudill A, Lafaye de Micheaux H, Frey P, Church M. 2018. Introducing finer grains into bedload: The transition to a new equilibrium. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 123(10): 2602-2619.

Frey P, Church M. 2009. How river beds move. *Science* 325(5947): 1509-1510.

Guillard F, Forterre Y, Pouliquen O. 2016. Scaling laws for segregation forces in dense sheared granular flows. *Journal of Fluid Mechanics* 807: R1.

Maurin R, Chauchat J, Chareyre B, Frey P. 2015. A minimal coupled fluid-discrete element model for bedload transport. *Physics of Fluids* 27(11): 113302.

Rousseau H, Chassagne R, Chauchat J, Maurin R, Frey P. 2021. Bridging the gap between particle-scale forces and continuum modelling of size segregation: Application to bedload transport. *Journal of Fluid Mechanics* 916: A26.