

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : IMFT (Institut de Mécanique des fluides de Toulouse, UMR 5502), groupe H20, 2 allée du professeur Camille Soula, 31400 Toulouse.

Titre du stage : **écoulement turbulent dans une canopée végétale**

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Frédéric Moulin (MdC avec HDR) et Ludovic Cassan (MdC avec HDR)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : frederic.moulin@imft.fr , 06 50 27 79 95 et ludovic.cassan@imft.fr

Sujet du stage : Ce sujet de stage s'inscrit à la jonction de deux thématiques de recherche développées à l'IMFT depuis plusieurs années. La première thématique concerne l'étude expérimentale fine des couches limites turbulentes rugueuses dans les écoulements à surface libre, avec par exemple la thèse de Loïc Chagot (voir [1]) destinée à comprendre l'évolution de l'écoulement à la transition émergent / immergé dans le cadre du projet ANR « FlowRes ». La seconde thématique concerne l'étude du transport de sédiment sur des fonds naturels non érodables, comme dans la thèse de David Raus soutenue en 2018 (voir [2]), financée par l'AFB qui souhaite développer des protocoles pour assurer la continuité sédimentaire dans les rivières.

Dans les systèmes d'irrigation ou les cours d'eau naturels, les plantes (ou les algues ou encore les biofilms) constituent un fond rugueux complexe très répandu (voir [3]), avec des effets importants tant sur le frottement sur le fond que sur le piégeage des sédiments. Habituellement, la caractérisation de l'écoulement se fait dans la zone libre au-dessus de la canopée, et différentes modélisations permettent d'estimer le frottement résiduel sur le fond et de prédire alors les flux de sédiments sur la base de lois « classiques ». Cette approche est ainsi mise en œuvre dans le cadre de la thèse de Hela Romdhane (voir [4]), co-encadrée par Gilles Belaud et Ludovic Cassan, pour une étude expérimentale sur un fond de végétation synthétique multibrins. Cependant, comme l'a montré David Raus pour des fonds non érodables hémisphériques, l'évolution de l'hydrodynamique locale ne consiste pas simplement en une diminution de la contrainte pariétale lorsque les rugosités non érodables émergent. Ce sont toutes les caractéristiques de la turbulence (échelles intégrales, fluctuations, balayages et éjections) qui sont modifiées. C'est pour cette raison que les approches « classiques » basées sur l'estimation de la seule contrainte pariétale résiduelle ont du mal à décrire correctement la morphodynamique sur de tels fonds (voir [5]).

Dans le cadre de ce stage, l'objectif sera d'étudier plus finement les conditions locales hydrodynamiques et leur lien avec la remobilisation ou le piégeage des sédiments par ce type de fond rugueux. Il faudra pour cela réaliser des mesures fines de vitesse par PIV (Particle image Velocimetry) dans la canopée et au-dessus, comme dans le cadre de la thèse de Loïc Chagot.

Les expériences seront réalisées avec une végétation synthétique périodique constituée de filaments flexibles. Les mesures PIV donneront accès non seulement aux profils verticaux doublement moyennés, mais aussi à la taille des structures cohérentes formées à différents niveaux de la couche limite turbulente (pleine eau, zone de cisaillement au sommet de la canopée, et sillages derrière les brins).

L'étude hydrodynamique pourra être complétée par une modélisation analytique destinée à comprendre l'interaction entre les filaments flexibles choisis et la force exercée par l'écoulement. On pourra pour cela reprendre les équations utilisées pour calculer la déformation d'un filament élastique soumis à un écoulement incident (voir [6]). La forme d'équilibre du filament pourra être calculée et comparée aux mesures en canal hydraulique.

Une thèse sur la même thématique sera proposée au concours de l'école doctorale SDU2E pour un démarrage en septembre 2020.

[1] Chagot L., Moulin F.Y., Eiff O. and Elyakime P. (2018), "Turbulent structure inside and above shallow to deep canopies", E3S Web Conf. Volume 40, 2018, River Flow 2018 - Ninth International Conference on Fluvial Hydraulics, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184005059>

[2] David Raus, thèse INTP, école doctorale SDU2E, « Transport sédimentaire sur rugosités immobiles: de l'hydrodynamique locale à la morphodynamique ». Soutenue le 19 Juin 2018.

[3] Cassan L., Belaud G., Beaume J-P., Dejean C. et Moulin F. (2015), « Velocity profiles in a real vegetated channel », Environ. Fluid. Mech., 17 pages, doi : 10.1007/s10652-015-9417-0

[4] Romdhane H., Soualmia A., Cassan L. et Belaud G. (2018), « Effect of vegetation on flows and sediment Transport », RiverFlow 2018, Lyon, France.

[5] Le Bouteiller, C., and J. G. Venditti (2014), « Vegetation-driven morphodynamic adjustments of a sand bed, » Geophys. Res. Lett., 41, 3876-3883, doi:10.1002/2014GL060155

[6] Schouveiler, Christophe Eloy, Patrice Le Gal. "Flow-induced vibrations of high mass ratio flexible filaments freely hanging in a flow". Physics of Fluids, American Institute of Physics, 2005, 17, pp.Art. 047104. <10.1063/1.1878292>. <hal-00014491>