
Résumé

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet ANR (Agence National de la Recherche) "Flowres" ayant pour objectif d'améliorer la prédiction des crues extrêmes. Il a récemment été démontré que le dérèglement climatique tend à augmenter la fréquence et l'intensité de ces événements extrêmes, provoquant ainsi de nombreux dégâts, notamment dans les zones urbaines. L'objectif de ce travail de thèse a été d'étudier les configurations extrêmes, où une "canopée urbaine" est faiblement immergée. Cette étude repose sur une série de mesures expérimentales réalisées en canal hydraulique à surface libre, dans lequel différentes profondeurs de canopée et niveau d'immersion ont été considérées. Les canopées étudiées sont composées d'alignements d'éléments prismatiques.

La première partie de ce travail a consisté à élaborer le dispositif expérimental permettant d'accéder à la structure complète de ces écoulements. Pour cela, un dispositif de PIV 2D-2C a été mis en place, couplé à l'utilisation de moyens techniques sophistiqués, comme des prismes transparents en verre BK7 ainsi qu'une optique télécentrique. Ce dispositif a permis d'obtenir des statistiques hautement résolues tant temporellement que spatialement, et ont aussi permis d'étudier la sensibilité de ces statistiques à l'échantillonnage spatial.

Une fois le système de mesure mis en place, l'effet de l'immersion et de la profondeur de canopée sur la structure verticale 1D de ces écoulements a ensuite été étudiée. Les résultats montrent que la structure d'un écoulement dans une canopée profonde ($k/\delta = 6$) fortement immergée peut être décrite par différentes couches (sillage, couche de mélange, couche logarithmique). Cependant, la diminution de l'immersion et/ou de la profondeur de canopée tend à forcer les interactions entre les couches, et en supprimer certaines dans certains cas. De plus, on remarque que pour de très faibles immersions, le tenseur total devient négatif. Afin de comprendre et caractériser ce phénomène inattendu, une analyse par quadrant du tenseur de Reynolds a été effectuée. Dans le cas d'écoulements fortement immergés, les éjections (Q_2) et les balayages (Q_4) contribuent majoritairement à l'écoulement. Cependant, la diminution de l'immersion est accompagnée d'une augmentation importante d'événements Q_3 dans la canopée, conduisant à un tenseur de Reynolds négatif pour des cas extrêmes.

Pour finir, la compréhension de ces écoulements turbulents par l'intégration des profils verticaux 1D a permis de déterminer les lois de frottement globales associées. Il a été montré qu'il est nécessaire de définir correctement les grandeurs utilisées pour le coefficient de frottement f_0 , comme une vitesse débitante prenant en compte la porosité Φ de la canopée ou encore une vitesse de frottement u_{*0} basé sur le fond du canal et non sur le sommet des prismes. On observe une corrélation entre l'immersion de la canopée et le coefficient de frottement f_0 . De plus, deux comportements distincts semblent émerger pour les faibles ($\Phi h/k < 4$) ou fortes ($\Phi h/k > 4$) immersions.