Ecoulements en lame mince dans macro-rugosité (1995-1998)

J. Dubois

Introduction

Ce travail de thèse se propose de décrire le ruissellement de surface qui se produit lors d'un événement de pluie. Seul ce phénomène hydrologique est étudié en supposant connue la quantité de pluie nette qui ruisselle. Les comportements rencontrés dans un ruissellement de surface diffèrent passablement de ceux qui se développent dans une rivière ou un canal. Les faibles vitesses d'écoulement correspondent souvent à un régime laminaire jamais rencontré en canal, et les protubérances qui constituent la rugosité de paroi ont des dimensions du même ordre de grandeur que la hauteur de l'écoulement. Ces deux points en particulier montrent que les formulations classiques des pertes de charge, développées empiriquement pour des rivières en régime turbulent rugueux, ne sont pas applicables au ruissellement de surface.

Actuellement, les possibilités offertes par le calcul numérique permettent une modélisation déterministe des phénomènes physiques. L'hydrologie n'échappe pas à cette tendance et développe des modèles basés sur les équations de l'hydraulique pour le calcul de formation des crues sur un bassin versant. Ces équations du mouvement imposent cependant la connaissance d'un coefficient de perte de charge pour leur résolution. Ce coefficient est le seul paramètre inconnu du modèle et la qualité de son estimation influence directement la qualité finale du résultat.

La formulation du coefficient de perte de charge fait très souvent recours aux expressions de Manning-Strickler ou de Chézy couramment utilisées dans le domaine des constructions hydrauliques. Appliqué au ruissellement de surface, ce choix conduit à des coefficients dont l'ordre de grandeur sort des limites d'application de ces formules.

Pour permettre une description plus réaliste des écoulements sur plan et ainsi améliorer la qualité des modèles numériques, une recherche fondamentale a été entreprise afin de déterminer l'influence des paramètres intervenant dans ce processus.

Démarche de l'étude

L'approche choisie pour cette étude est comparable à celle de Nikuradze pour les pertes de charge dans les canalisations. Il s'agit en premier lieu de comprendre les phénomènes physiques rencontrés à l'aide d'un modèle représentant simplement la réalité du problème. Ce modèle considère une surface recouverte de billes de diamètre constant dont le nombre par unité de surface peut également varier. Des essais de laboratoire sont alors réalisés dans le but de mettre en évidence les relations existant entre les vitesses moyennes de l'écoulement et les paramètres variables, soit le diamètre des billes, la pente de la surface et l'intensité de la pluie.

Des essais sur des terrains naturels doivent ensuite permettre de décrire le comportement du ruissellement observé à l'aide des lois établies pour les surfaces artificielles. Chaque terrain pourra ainsi être modélisé par un diamètre équivalent de bille qui produit les mêmes caractéristiques de ruissellement que le terrain naturel.

Premiers résultats

A l'aide d'une installation expérimentale réalisée dans la halle du LCH, les relations «hauteur d'eau – vitesse d'écoulement » ont été établies pour différentes pentes et densités de billes sur le plan. La figure 1 présente cette relation pour une pente de 0.3% et 20% de surface recouverte par des billes de diamètre 16 mm.

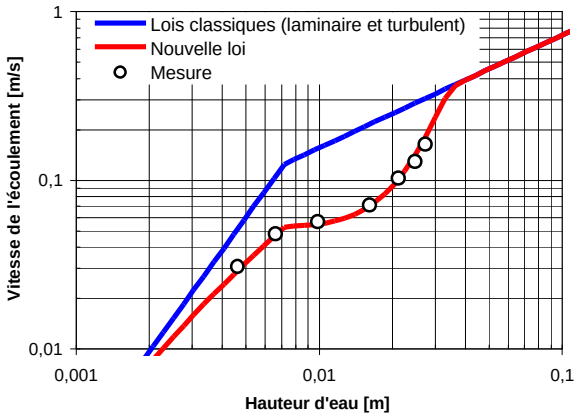

Figure 1 : relation hauteur – vitesse de l'écoulement

Il ressort de cette figure que le comportement des écoulements en lame mince dans une macro-rugosité diffère des lois classiques développées dans le domaine des constructions hydrauliques. Lorsque la hauteur d'eau ne dépasse pas la hauteur des aspérités, la vitesse moyenne de l'écoulement demeure pratiquement constante. Mais dès que l'eau franchit le sommet des aspérités, une faible augmentation de la hauteur d'eau entraîne une forte augmentation de la vitesse d'écoulement. Cette particularité peut certainement expliquer en partie le changement de comportement d'un bassin versant lors de crues très importantes qui se traduit par des valeurs de débit sortant complètement des ajustements statistiques classiques.

Conclusions

Les modèles hydrologiques déterministes, fondé sur la résolution des équations de l'hydraulique, offrent des perspectives particulièrement intéressantes depuis l'apparition des outils de calcul numérique puissants, des modèles numériques de terrains et des cartes numériques d'occupation du sol. Cependant, le coefficient de rugosité utilisé comme paramètre de calage, souffre de lacunes théoriques qui affectent directement la qualité du modèle. Pour que ce coefficient de rugosité ne soit plus simplement un bouton numérique pratique en phase de calage, une recherche approfondie sur le ruissellement de surface est indispensable. Elle vise à fournir des valeurs à signification physique qui rendront le modèle plus cohérent. Pour les cas où un calage n'est pas possible par manque de données, la connaissance a priori des valeurs de rugosité est sensée permettre une première étude du bassin versant avec des résultats plausibles.