

Modélisation du ruissellement d'eau de pluie sur des fortes pentes

Cet exposé est la première partie d'un travail de thèse consistant à modéliser les transferts sédimentaires sur des bassins versants de montagne. On s'intéresse ici à la modélisation de la dynamique hydraulique du système, afin de s'assurer un cadre de validité de la résolution des équations de Saint-Venant sur des domaines avec des topographies complexes et des fortes pentes.

Pour cela, on dispose de 3 cas tests qui permettent de reproduire l'ensemble des types d'écoulement observables sur un bassin et d'évaluer la précision des schémas numériques. Le choix des cas tests a été motivé par l'existence d'une solution analytique du système de Saint-Venant sur chacun d'entre eux. Le premier cas test est inspiré des travaux de Kirstetter *et al.* [2015]. Il s'agit d'un canal rectiligne de 5 m de long et 11,5 cm de large, avec une pente constante fixée à une valeur souhaitée. Sur ce canal, on fait tomber une pluie constante sur 4 m à l'aval. Le second cas test est un lac au repos sur un fond parabolique. Enfin, on étudie les types d'écoulement fluvial, torrentiel et les passages entre torrentiel et fluvial ou fluvial et torrentiel avec les cas tests de MacDonald *et al.* [1997]. Ces cas tests permettent d'évaluer la précision de différents schémas numériques, mais aussi leur robustesse en les plaçant dans un cadre de faibles hauteurs d'eau et de fortes pentes. Ces tests permettront également de discriminer les schémas en fonction de leur capacité à préserver la positivité des hauteurs d'eau, à traiter les zones sèches et à conserver les équilibres du lac au repos, toutes ces propriétés étant nécessaires dans l'optique d'un couplage avec un modèle sédimentaire.

On utilise le schéma d'Audusse *et al.* [2004] avec reconstruction hydrostatique et on se rend compte que pour des écoulements à faibles hauteurs d'eau et forte pente, les vitesses sont limitées lorsque $|\Delta z| < h$ avec Δz le gradient topographique entre deux noeuds voisins du maillage. Cette limitation a été mise en évidence dans Delestre *et al.* [2012] et nous constraint à utiliser un maillage très fin, notamment pour représenter le ruissellement de fines lames d'eau sur des pentes très fortes à l'amont des bassins. Chen et Noelle [2015] propose une alternative à ce schéma en modifiant la technique de reconstruction hydrostatique uniquement dans le cas limitant $|\Delta z| < h$. Cette méthode apporte des résultats satisfaisants mais présente quelques limitations. On a donc testé plusieurs autres schémas utilisant des philosophies différentes (Roe [1981], Bouchut et De Luna [2010], Berthon et Foucher [2012], Audusse *et al.* [2015], Michel-Dansac *et al.* [2015]) et le schéma de Chen et Noelle [2015] est celui qui donne les résultats les plus satisfaisants.

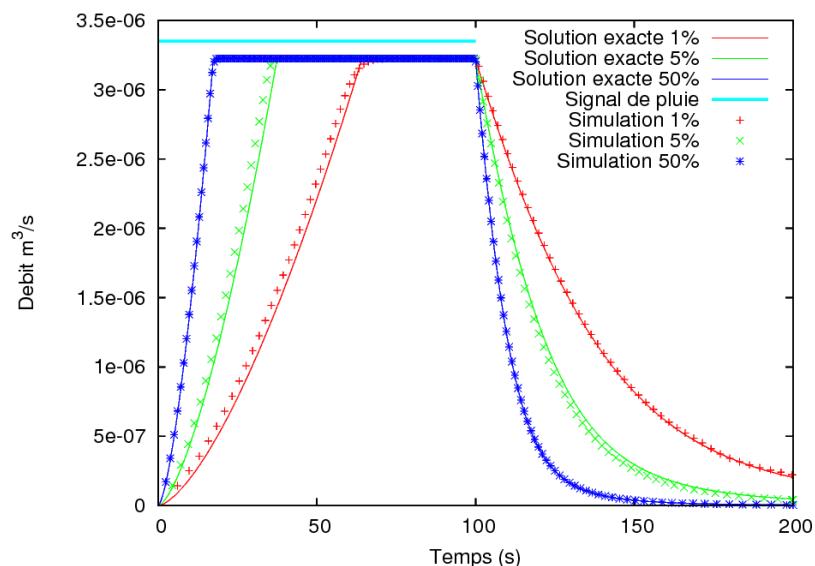


Figure 1 : Solutions analytiques et simulations avec le schéma de Chen et Noelle [2015] des débits à la sortie d'un canal rectiligne à pente variable

Références

- [Audusse *et al.*, 2004] E. Audusse, F. Bouchut, M.-O. Bristeau, R. Klein et B. Perthame : A fast stable well-balanced scheme with hydrostatic reconstruction for shallow water flows. *J. Sci. Comput.*, 25(6):2050-2065, 2004.
- [Audusse *et al.*, 2015] E. Audusse, C. Chalons et P. Ung : A simple well-balanced and positive numerical scheme for the shallow-water system. *Communications in Mathematical Sciences*, International Press, 2015.
- [Berthon et Foucher, 2012] C. Berthon et F. Foucher : Efficient well-balanced hydrostatic upwind schemes for shallow-water equations. *Journal of Computational Physics*, 231:4993-5015, 2012.
- [Bouchut et De Luna, 2010] F. Bouchut et T. M. De Luna : A subsonic-well-balanced reconstruction scheme for shallow water flows. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 48(5):1733-1758, 2010.
- [Chen et Noelle, 2015] G. Chen et S. Noelle : A new hydrostatic reconstruction scheme motivated by the wet-dry front. *Red*, 14(436), 2015.
- [Delestre *et al.*, 2012] O. Delestre, S. Cordier, F. Darboux et F. James : A limitation of the hydrostatic reconstruction technique for shallow water equations. *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I*, 350:677-681, 2012.
- [Kirstetter *et al.*, 2015] G. Kirstetter, J. Hu, O. Delestre, F. Darboux, P. Y. Lagrée, S. Popinet, J. M. Fullana et C. Josserand : Modeling rain-driven overland flow: empirical versus analytical friction terms in the shallow water approximation. *Journal of Hydrology*, 536:1-9, 2015.
- [MacDonald *et al.*, 1997] I. MacDonald, M. J. Baines, N. K. Nichols et P. G. Samuels : Analytic benchmark solutions for open-channel flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 123:1041-1046, 1997.
- [Michel-Dansac *et al.*, 2015] V. Michel-Dansac, C. Berthon, S. Clain et F. Foucher : A well-balanced scheme for the shallow-water equations with topography and Manning friction. [hal-01247813](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247813), 2015.
- [Roe, 1981] P. L. Roe : Approximate Riemann solvers, parameter vectors, and difference schemes. *Journal of Computational Physics*, 43:357-372, 1981.