

SEDFOAM ou SEDIFOAM pour déterminer les lois de charriage dans des canaux hydrosédimentaires

Contexte :

En accord avec la loi NOTRe du 7 Août 2015, les régions doivent élaborer leur SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires) afin de fixer les objectifs de moyen et de long termes en lien avec plusieurs thématiques dans lesquelles la lutte contre le changement climatique est l'objectif principal. Toujours en réponse aux défis sociétaux qu'engendre le réchauffement climatique, en parallèle avec l'élaboration de son SRADDET, la région Nouvelle Aquitaine a adopté en juillet 2019 une ambitieuse feuille de route NéoTerra qui vise à accélérer et massifier ses actions en faveur des transitions écologiques et énergétiques. Parmi les 11 ambitions de la feuille de route NéoTerra, l'ambition 8 engage la région Nouvelle Aquitaine dans une action volontariste pour la biodiversité ainsi que pour la préservation et la restauration de la ressource en eau (en quantité et en qualité) et des milieux aquatiques.

Complété de la stratégie de la gestion de l'eau et de la feuille de route Néo Terra, le SRADDET de la région Nouvelle Aquitaine devra être appliqué par les collectivités. Pour la communauté urbaine de Grand Poitiers, un exemple d'application est la mise en conformité avec l'objectif de bon état de la masse d'eau Clain aval. Un des objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000/60/CE) est de parvenir à un bon état des masses d'eau au plus tard en 2027. La circulaire DCE 2005/12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du bon état traduit la proposition française en la matière. Elle indique que la continuité écologique est le principal facteur limitant pour atteindre le bon état des cours d'eau. Le SDAGE Loire Bretagne (2016/2021) fixe un objectif de bon état à atteindre en 2027 pour la masse d'eau Clain aval.

La masse d'eau Clain aval a été classée en listes 1 et 2 au titre de l'article L.214-17 du Code de l'Environnement. La liste 2 répond à une logique de restauration de la continuité écologique. Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative. La masse d'eau Clain aval a été subdivisée en trois tronçons RCE (Restauration de la Continuité Ecologique). Le tronçon RCE n°3 présente un linéaire de 18,93 km, 8 ouvrages transversaux, soit 0,42 ouvrages par km. La zone, qualifiée comme fortement urbanisée, traverse la communauté urbaine de Grand Poitiers. Etant en partie propriétaire des ouvrages transversaux, la communauté urbaine de Grand Poitiers est responsable de leur mise en conformité avec l'objectif de bon état de la masse d'eau Clain aval pour 2027. Cette responsabilité est renforcée par la prise de la compétence « gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) » depuis le 1^{er} janvier 2018.

La définition d'une politique d'aménagement des ouvrages transversaux se heurte à une première difficulté, l'évaluation des effets des aménagements sur le transit sédimentaire. Pour accompagner la communauté urbaine de Grand Poitiers dans cette réflexion, l'équipe HYDEE du département Fluides, Thermiques et Combustion de l'Institut Pprime développera un modèle numérique qui permettra de simuler différents aménagements sur ces ouvrages transversaux pour comprendre leur impact sur le fonctionnement hydro-sédimentaire.

Travail :

Dans la littérature scientifique, il existe un petit nombre de modèles numériques permettant de simuler le fonctionnement hydro-sédimentaire des cours d'eau : BASEMENT [Radice *et al.*, 2012], HEC-RAS [Joshi *et al.*, 2019], DELFT2D [Lesser *et al.*, 2019], CCHE2D [Jia *et al.*, 2001], SED2D [Guérin *et al.*, 2016],

MASCARET [Guérin *et al.*, 2016] et TELEMAC-2D [Hervouet, 2000] ... Tous ces modèles numériques proposent une modélisation 2D basée sur l'intégration dans la direction verticale des équations gouvernant les mécanismes physiques mis en jeu. Cette stratégie permet de réduire le coût du calcul numérique par rapport à des modèles numériques 3D [Neal *et al.*, 2010 ; Zhua *et al.*, 2018]. Mais ces différents modèles souffrent pourtant d'un certain nombre de défauts dont le manque de modèles de turbulence et de transport.

Pour corriger ce défaut, l'étudiant(e), recruté(e) dans l'équipe HYDEE du département Fluides, Thermiques et Combustion de l'Institut Pprime, devra mettre en place deux modèles numériques : SEDFOAM-2.0 [Chauchat *et al.*, 2017 ; Ouda et Toorman, 2019] et SEDIFOAM [Sun et Xiao, 2016a et 2016b]. Ces deux modèles numériques seront utilisés pour interpréter des essais réalisés dans des canaux hydrosédimentaires afin de remonter aux modèles de turbulence et de transport nécessaires aux modèles numériques permettant de simuler le fonctionnement hydro-sédimentaire des cours d'eau. Cette interprétation des essais réalisés dans des canaux hydrosédimentaires permettra également de montrer lequel de ces deux modèles numériques est le mieux adapté. Par exemple, on pourra utiliser les travaux expérimentaux de Martino *et al.* [Martino *et al.*, 2019].

SEDFOAM-2.0 modélise l'écoulement et le transport sédimentaire dans un canal 2D en considérant deux phases, eau et sédiments. Pour chaque phase, on introduit dans les équations de conservation de masse et de moments des modèles de turbulence et de transport [Chauchat *et al.*, 2017 ; Ouda et Toorman, 2019]. Par exemple, deux modèles de turbulence sont implémentés, un modèle k- ϵ [Bakhtyar *et al.*, 2009] et un modèle k- ω [Amoudry, 2014], qui s'utilisent en fonction du régime d'écoulement et qui sont à calibrer. A la différence de SEDFOAM-2.0, le transport sédimentaire est modélisé en suivant chaque particule constituant le sédiment. Cela passe par la résolution de la deuxième loi de Newton. On parle alors d'une approche CFD-DEM qui consiste à utiliser la CFD (Computational Fluid Dynamics) pour résoudre l'écoulement et à utiliser la DEM (Discret Element Metho) pour résoudre le transport sédimentaire [Sun et Xiao, 2016a et 2016b].

Références :

- A. Radice, E. Giorgetti, D. Brambilla, L. Longoni and M. Papini, On integrated sediment transport modelling for flash events in mountain environments, *Acta Geophysica*, 60 (2012), 191-213.
- N. Joshi, G.R. Lamichhane, M.M. Rahaman, A. Kalra and S. Ahmad, Application of HEC-RAS to study the sediment transport characteristics of maumee river in ohio, *Civil & Environmental Engineering and Construction, Conference Proceeding* (2019), 257-267.
- G.R. Lesser, J.A.T.M. Kester and J.A. Roelvink, On-line Sediment Transport within Delft3D-flow, *Hydraulic Engineering Reports Z2899*, Deltares.
- D. Jia, X. Shao, H. Wang and G. Zhou, Three-dimensional modeling of bank erosion and morphological changes in the Shishou bend of the middle Yangtze River, *Advances in Water Resources*. 33 (2001), 348-360.
- T. Guérin, X. Bertin and G. Dodet, A numerical scheme for coastal morphodynamic modelling on unstructured grids, *Ocean Model*, 104 (2016), 45-53.
- J.M. Hervouet, A high resolution 2-D dam-break model using parallelization, *Hydrology Process*, 14 (2000), 2211-2230.
- J.C. Neal, T.J. Fewtrell, P.D. Bates and N.G. Wright, A comparison of three parallelisation methods for 2D flood inundation models, *Environmental Modelling & Software*, 25 (2010), 398-411.

Z. Zhua, J.Z. LeRoy, B.L. Rhoads and M.H. Garcíac HydroSedFoam: A new parallelized two-dimensional hydrodynamic, sediment transport, and bed morphology model, *Computers and Geosciences*, 120 (2018) 32-39.

R.G. Martino, F.G. Ciani, A. Paterson and M.F. Piva, Experimental study on the scour due to a water jet subjected to lateral confinement, *European Journal of Mechanics / B Fluids*, 75 (2019), 219-227.

J. Chauchat, Z. Cheng, T. Nagel, C. Bonamy and T.J. Hsu, SedFoam-2.0: a 3-D two-phase flow numerical model for sediment transport, *Geosci. Model Develop.*, 10 (2017), 436.

M. Ouda and E.A. Toorman, Development of a new multiphase sediment transport model for free surface flows, *International Journal of Multiphase Flow*, 117 (2019), 81-102.

R. Sun and H. Xiao, CFD-DEM simulations of current-induced dune formation and morphological evolution, *Advances in Water Resources*, 92 (2016a), 228-239.

R. Sun and H. Xiao, Sediment micromechanics in sheet flows induced by asymmetric waves: A CFD-DEM study, *Computers & Geosciences*, 96 (2016b), 35-46.

Contacts :

Anthony Beaudoin anthony.beaudoin@univ-poitiers.fr 05 49 49 69 23