# Modélisation numérique de la courantologie et du transport sédimentaire dans un bassin peu profond réel : comparaison entre des simulations 2D et 3D

*Numerical modeling of flow and sediment transport in a real shallow reservoir: comparison between 2D and 3D simulation*

**Auteur correspondant :** **Nicolas Claude**, LNHE, EDF-R&D, 6, quai Watier 78401 Chatou, France, nicolas-n.claude@edf.fr

Auteurs de la communication : **Matthieu Sécher**, CIH, EDF Hydro, La Motte-Servolex, France

## 1. Introduction

Les bassins peu profonds sont des aménagements hydrauliques relativement communs, utilisés en tant que réservoirs capacitifs ou bassin de décantation, ou encore, dans le domaine de l'aquaculture [1]. Des écoulements complexes se développent dans ces réservoirs sous la forme de grandes recirculations. La structure de l'écoulement peut prendre différentes formes en fonction des dimensions du bassin, des conditions limites [2] et des caractéristiques des apports sédimentaires [3]. Les champs de vitesses observés peuvent présenter des recirculations disposées de manière symétrique ou asymétrique, avec un ou plusieurs points de recollement [2 ; 3]. Les caractéristiques des écoulements influencent significativement le transport, le dépôt et l'érosion des sédiments au sein des bassins à travers des mécanismes complexes qui restent encore à explorer en détail [3]. En retour, les dépôts peuvent également modifier la structure initiale de l'écoulement. La modélisation numérique de la courantologie et du transport sédimentaire dans les bassins peu profonds représente encore un défi en raison des phénomènes hydro-sédimentaires complexes mis en jeu dans ces aménagements [4]. Il est ainsi difficile de fournir des outils numériques opérationnels suffisamment précis pour permettre d'améliorer le design de ces bassins ou leur exploitation.

Partant de ce constat et du fait que les bassins peu profonds ont surtout été étudiés sur modèles physiques avec des formes géométriques simples, une étude numérique hydro-sédimentaire a été réalisée sur un cas réel. L'objectif de ce travail est d'évaluer la capacité de modèles 2D et 3D à reproduire la structure de l'écoulement et le transport sédimentaire observés à l'intérieur du bassin réel étudié.

## 2. Site d'étude et données *in situ*

Le bassin peu profond étudié est le réservoir du Cheylas. Ce dernier est situé dans les Alpes françaises et fait partie de la chaîne hydroélectrique de l'Arc-Isère. Le bassin mesure 1 400 m de long pour 450 m de large (Figure 1a). Les hauteurs d'eau dans le bassin varient entre 0 et 14 m. La bathymétrie présente trois zones de dépôts sédimentaires et un chenal sinueux connectant l'entrée et la sortie du bassin vers l'Isère (Figure 1a). Les sédiments injectés dans le bassin ont pour diamètre moyen 20 µm et sont considérés comme cohésifs.

Une campagne de mesures a été réalisée pendant 2 semaines d'essai en juin 2018 dans le but d'acquérir les informations nécessaires pour caler les modèles hydro-sédimentaires. Sept profils de vitesses ont été réalisés à l'aide d'un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) afin de déterminer les caractéristiques tridimensionnelles de l'écoulement. Des sondes de turbidimétrie disposées en entrée et en sortie du bassin, ainsi que sur cinq bouées à l'intérieur du réservoir, ont permis de suivre l'évolution de la concentration de matières en suspension.

## 3. Description des modèles

Les modèles numériques hydro-sédimentaires 2D et 3D ont été réalisés respectivement à l'aide des codes TELEMAC-2D/SISYPHE et TELEMAC-3D/SEDI-3D [5]. Pour l'hydrodynamique, ils permettent de résoudre les équations de Barré de Saint-Venant en 2D et de Navier-Stokes en 3D. Le transport des sédiments se fait par suspension selon une équation d'advection-diffusion. Les lois de Krone et de Parthéniades sont appliquées pour déterminer les échanges avec le fond. Les deux modèles sont construits avec un maillage non-structuré contenant environ 160 000 nœuds de calcul, avec une taille de maille moyenne d'environ 2 m. Une bathymétrie réalisée en 2011 par sondage multifaisceaux est interpolée sur le maillage et constitue les fonds initiaux (Figure 1a). Le maillage 3D est extrudé en fonction de la hauteur d'eau sur le maillage 2D et est constitué de cinq plans uniformément distribués sur la verticale.

## 4. Résultats

Les modèles hydrodynamiques ont d'abord été calés sur les mesures courantologiques réalisées lors de la première semaine d'essai, en ajustant principalement le coefficient de frottement et le modèle de turbulence (viscosité constante pour le 2D et le 3D en horizontal, et longueur de mélange pour le 3D en vertical). Après ajouts des modules sédimentaires, les modèles ont été calés sur les concentrations observées lors de la deuxième semaine en introduisant une vitesse de chute variable en fonction de la concentration. Les modèles calés ont finalement été validés sur les concentrations en sortie du bassin enregistrées pendant la première semaine d'essai.

Le modèle hydro-sédimentaire 3D reproduit bien l'hydrodynamique ainsi que le transfert des sédiments à l'échelle du bassin (Figure 1b, c et e). Toutefois, le modèle 3D présente quelques difficultés à reproduire localement l'évolution des concentrations à l'échelle locale durant les phases d'inter-injection (Figure 1d). La modélisation 3D apporte une réelle plus-value pour ce cas d'étude, et ce, même si le modèle 2D fournit des résultats satisfaisants (Figure 1b, c, d et e). Le fonctionnement hydro-sédimentaire du bassin étudié apparait donc être conditionné par des mécanismes bidimensionnels à grande échelle s'étendant sur la majorité du bassin et des phénomènes tridimensionnels locaux.

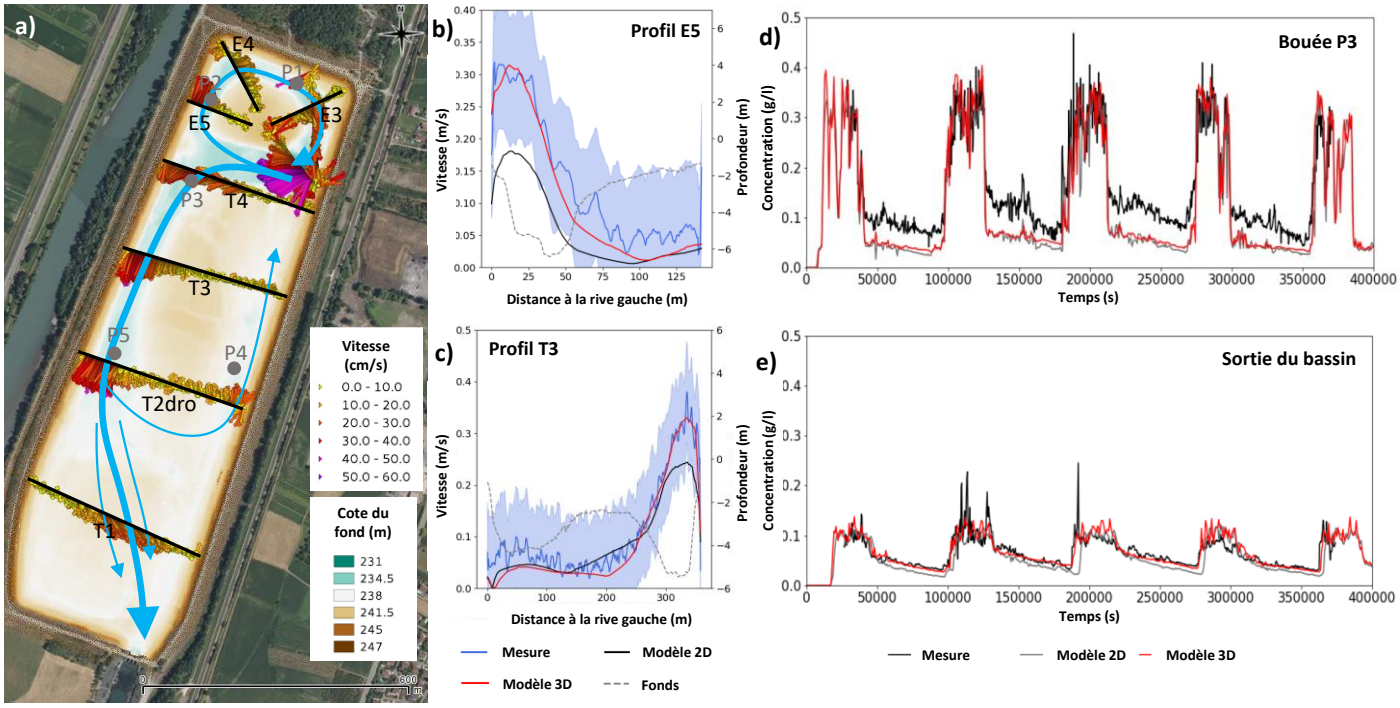


*Figure 1 : a) Bassin du Cheylas avec la bathymétrie, les profils ADCP mesurés (traits noirs) et les positions des bouées et des sondes de turbidité (points gris) ; comparaison des vitesses moyennées sur la verticale mesurées et simulées en 2D et 3D aux profils E5 b) et T3 c) ; comparaison des concentrations mesurées et simulées à 0.5 m de profondeur à la bouée P3 d) et en sortie du bassin e)*

## REFERENCES

[1] Ferrera, V., Erpicum, S., Archambeau, P., Pirotton, M., and Dewals, B. 2018. Flow field in shallow reservoir with varying inlet and outlet position. Journal of Hydraulic Research, 56(5), 689-696.

[2] Dufresne, M., Dewals, B. J., Erpicum, S., Archambeau, P., & Pirotton, M. 2010a. Classification of flow patterns in rectangular shallow reservoirs. Journal of Hydraulic Research, 48(2), 197-204.

[3] Camnasio, E., Erpicum, S., Orsi, E., Pirotton, M., Schleiss, A. J., & Dewals, B. 2013. Coupling between flow and sediment deposition in rectangular shallow reservoirs. Journal of Hydraulic Research, 51(5), 535-547.

[4] Zahabi, H., Torabi, M., Alamatian, E., Bahiraei, M., and Goodarzi, M. 2018. Effects of geometry and hydraulic characteristics of shallow reservoirs on sediment entrapment. Water, 10(12), 1725.

[5] Hervouet J.-M. (2007). Hydrodynamics of Free Surface Flows. Modelling with the finite element method. John Wiley & Sons, Ltd.