

## **EVOFOND : un modèle 1D pour la simulation des processus d'érosion et de dépôt survenant au cours de crues torrentielles intenses.**

*EVOFOND: a 1D model for the simulation of erosion and deposition processes induced by torrent intense floods.*

**Auteur correspondant :** **Damien KUSS**, Office National des Forêts – Département Risques Naturels – Pôle RTM, 9 quai Crequi 38 000 Grenoble, damien.kuss@onf.fr

**Auteurs de la communication :** **Yann QUEFFELEAN**, Office National des Forêts – Département Risques Naturels – Pôle RTM, Gap, France

**Simon CARLADOUS**, Office National des Forêts – Département Risques Naturels – Pôle RTM, Grenoble, France

**Rémy MARTIN**, Office National des Forêts – Agence RTM Alpes du Nord, Grenoble, France

### 1. Introduction

En contexte torrentiel, une des principales difficultés est d'estimer de façon fiable le niveau atteint par les écoulements lors de crues avec transport solide sous forme de charriage. Ce niveau dépend de trois paramètres [1] : l'évolution systématique du fond du lit (liée essentiellement aux variations de pente et de largeur du lit) ; les respirations du lit durant la crue (liées notamment aux divagations) ; et la hauteur d'eau (elle-même fortement influencée par le transport solide et les évolutions morphologiques).

A proximité des zones sources de matériaux, les évolutions systématiques du fond du lit sont importantes et très souvent supérieures aux hauteurs d'eau [2]. Qu'il s'agisse d'incisions ou de dépôts, elles peuvent causer de graves dommages lors des crues. Dans un objectif de protection des enjeux, et en complément d'une bonne analyse géomorphologique et historique, le recours aux modèles numériques peut être un atout pour appuyer l'expertise. Le service de Restauration des Terrains en Montagne de l'Office National des Forêts (ONF-RTM) a ainsi développé un code de calcul 1D EVOFOND dédié à la modélisation de l'évolution systématique du fond du lit. On présente ici l'apport de cet outil en s'appuyant sur des exemples d'application sur trois torrents en Isère.

### 2. Le modèle EVOFOND

EVOFOND est un modèle 1D codé en langage Python et interfacé dans Microsoft Excel®. Il couple (a) pour le transport solide : l'équation de conservation de la masse d'Exner, les débits solides pouvant être calculés avec de nombreuses formules de transport solide par charriage adaptées aux cours d'eau à forte pente (Rickenmann, Recking, Lefort...), (b) pour l'hydraulique : un calcul de hauteur d'écoulement en régime critique sans propagation d'onde de crue, la hauteur critique étant une approximation acceptable en contexte torrentiel de la hauteur d'écoulement dans le domaine de rugosités moyennes ( $2 < R/D_{84} < 7$  avec R le rayon hydraulique et  $D_{84}$  le diamètre caractéristique de percentile 84%) [2].

Les débits solides sont calculés avec la pente de la ligne d'énergie, ce qui permet de modéliser les évolutions altitudinales du fond de lit dans un contexte de variations brutales de largeur du lit. Malgré la simplicité des hypothèses hydrauliques réalisées, le test du modèle EVOFOND sur un jeu de données provenant d'un modèle réduit a montré que la hauteur maximale de dépôt à l'amont de contractions à fond fixe était modélisée avec une erreur moyenne de  $\pm 20\%$  ce qu'on considère comme acceptable au vu des incertitudes inhérentes au contexte torrentiel [3].

L'incision du fond du lit peut être limitée en matérialisant un niveau de fond inaffouillable. Ce procédé est très utile en contexte torrentiel pour prendre en compte des points fixes comme les barrages de correction torrentielle ou des affleurements de substratum.

### 3. Cas d'application

Le modèle EVOFOND a été utilisé sur les torrents du Riffol, du Vorz et de la Ruine (38) sur des biefs comprenant des variations brutales de largeur du lit et des points fixes (radiers ou barrages RTM). Dans un contexte incertain où les données historiques sont peu nombreuses et où des aménagements effectués sur les cônes de déjection ont modifié les conditions d'écoulement, l'intérêt d'un modèle comme EVOFOND est d'enrichir les données de réflexion de l'expert par la simulation de scénarios permettant de tester plusieurs combinaisons de conditions aux limites. Dans les cas traités, où l'analyse géomorphologique a montré l'absence de zone de régulation du transport solide en amont des cônes, les scénarios explorés consistent en des variations du volume solide injecté de la concentration volumique des écoulements. Cette approche par scénarios confirme d'abord : (a) que la magnitude des amplitudes de fond de lit est proportionnelle au volume solide injecté ; (b) que la localisation des zones présentant de fortes évolutions dépend quant à elle principalement de la concentration volumique des écoulements en entrée de modèle. En second lieu, les modélisations illustrent l'influence des variations de pente longitudinale et de la largeur du lit avec une tendance au dépôt au droit des réductions pente et de largeur du lit (avec fond fixe). Enfin, elles permettent de fournir une première approche d'évaluation de la régulation du transport solide par les ouvrages de correction torrentielle, certes sommaire, mais souvent observée post-crue et rarement quantifiée.

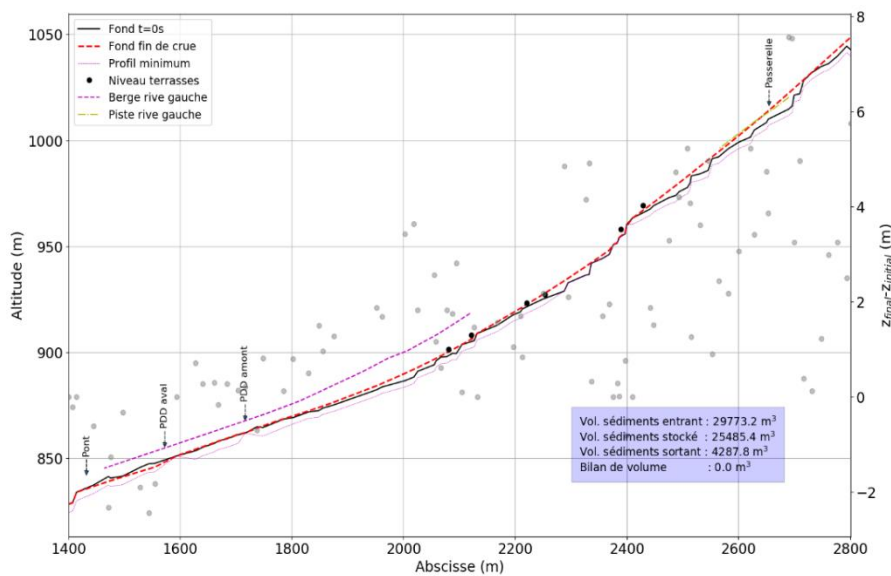


Figure 1 : Illustration des résultats du modèle EVOFOND sur le torrent du Riffol (38) pour un scénario de crue.

### 4. Conclusion

EVOFOND constitue un outil supplémentaire pour évaluer l'évolution des fonds du lit par charriage et localiser les éventuels points de débordement, notamment dans le cas de lits avec des points fixes inaffouillables et/ou avec des variations de largeur de lit. Compte tenu des incertitudes inhérentes à la caractérisation des aléas en contexte torrentiel, son principal intérêt réside dans la possibilité de tester plusieurs scénarios et de pouvoir confronter les résultats à d'autres éléments d'analyse (historique de crue, étude géomorphologique...). Le modèle pourrait enfin constituer une perspective d'aide potentielle à la caractérisation de l'effet et des défaillances des dispositifs de protection contre les crues torrentielles (barrages de correction torrentielle, plages de dépôt, digues et chenaux).

### REFERENCES

- [1] QUEFFELEAN, Yann, CARLADOUS, S., PITON, G., et al. Spécificités des systèmes d'endiguement et de l'analyse de risque en contexte torrentiel. In : Proc. of the Conf. Digués Maritimes et Fluviales de Protection contre les Inondations. 2019.
- [2] RECKING, A., RICHARD, D., et DEGOUTTE, G. Torrents et rivières de montagne: Dynamique et aménagement. Editions Quae, 2013.
- [3] VELTEN, J. Rédaction d'un guide de dimensionnement pour les ouvrages de contraction en rivières torrentielles. Mémoire de fin d'études d'ingénieur ENGEES. 78 pages. 2018.