

## Etude de l'étalement des laves torrentielles : Intérêt des observations directes pour la calibration des modèles numériques

### *Study of Debris-flow Spreading : Interest of Monitoring Data to Calibrate Numerical Models*

**Jade LEBORGNE** (ARTELIA, 6 rue de Lorraine, Echirolles, France ; désormais à AGERIN SAS, 11, avenue du 8 Mai 1945, 09120 Varilhes, France), **Guillaume PITON\*** (Univ. Grenoble Alpes, INRAE, CNRS, IRD, Grenoble INP, IGE, 38000 Grenoble, France), **Firmin FONTAINE** (Univ. Grenoble Alpes, INRAE, CNRS, IRD, Grenoble INP, IGE, 38000 Grenoble, France), **Arielle MASSON** (ARTELIA, 6 rue de Lorraine, Echirolles, France).

\*auteur correspondant

### 1. Monitoring des laves torrentielles sur la plage de dépôt du Claret

Les laves torrentielles, écoulement monophasique de boue, de sédiments et de blocs rocheux, sont des processus naturels qui se manifestent généralement dans des bassins versants de montagnes où d'importants stocks sédimentaires sont soumis à des pluies intenses. La vallée de la Maurienne en Savoie concentre de nombreux torrents à laves torrentielles, notamment le torrent du Claret sur la commune de Saint-Julien-Mont-Denis [1]. Son bassin versant de 2.6 km<sup>2</sup> produit en moyenne une lave torrentielle tous les trois ans. Une plage de dépôt, bassin de sédimentation fermé d'un barrage de 9 m de haut et équipé d'un pertuis de base et d'un pertuis intermédiaire, est en fonctionnement depuis 1991 afin de protéger les multiples enjeux situés sur son cône de déjection (voies de circulation, voie ferrée, usine).

Une station de monitoring est en place depuis 2017 sur cette plage de dépôt afin d'observer le phénomène d'étalement et de piégeage des laves torrentielles dans ces ouvrages [2]. Ce processus est en effet globalement mal connu et la fréquente activité du torrent du Claret en fait un site privilégié d'observation. Le 14 juin 2017, une lave torrentielle a été observée par la station et a partiellement rempli la plage de dépôts. La station était à cette époque équipée d'un pluviomètre, d'un géophone à l'entrée du bassin permettant de détecter l'occurrence de laves torrentielles et d'un appareil photographique prenant une image par seconde pendant les événements. Les images et les signaux de mesure ont permis de décrire les phases principales du phénomène [2]. En synthèse, le front de la lave torrentielle a parcouru les 100 m du bassin en  $54 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ , soit à une vitesse de l'ordre de 1.8 m/s. La lave torrentielle s'est étalée sur l'ensemble de la largeur du bassin et a obstrué avec des blocs le pertuis de base du barrage. Dans un second temps, elle s'est accumulée contre ce dernier formant un remous solide qui s'est élevé pendant sensiblement 5 minutes jusqu'à un niveau maximum de 5.5 m au-dessus du radier du barrage. La vidange partielle à travers le pertuis intermédiaire a ensuite permis d'abaisser le niveau des dépôts jusqu'à la côte de base du pertuis (4 m au-dessus du radier du barrage).

Ces observations sont complétées de données topographiques datant de 2001 et de 2018 fournis par l'ONF-RTM 73. Ces données ont été croisées avec des photos de terrains et des analyses d'image pour reconstruire des topographies sommaires représentatives des situations initiales et finales de l'évènement.

### 2. Usage des données d'observation pour la calibration des modèles

L'étude de l'étalement des laves torrentielles et des aléas associés peut faire appel à des modélisations numériques. Le logiciel HEC-RAS, très communément utilisé dans l'ingénierie hydraulique, dispose d'un module permettant la modélisation des laves torrentielles depuis 2020. La calibration de ce type de modèle repose sur des paramètres décrivant la rhéologie des laves torrentielles et sur les conditions aux limites classiques des modèles numériques hydrauliques (géométrie du domaine de calcul et des ouvrages situés dedans, hydrogramme amont, loi hauteur – débit aval). La disponibilité de données d'observations directes a semblé une bonne opportunité pour explorer la capacité du modèle à reproduire la lave torrentielle du 14 juin 2017 et de mener une étude paramétrique [3].

L'étude paramétrique a porté sur (i) les paramètres rhéologiques (paramètre de contrainte critique sur masse volumique  $\tau_c/\rho$  variant dans la gamme 0.5 – 1.43 m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup>, la masse volumique étant considérée à 2000 kg/m<sup>3</sup>, et l'indice d'écoulement  $n$  étant fixé à une valeur de 0,33, valeur de référence donnée dans la littérature [3]) ; (ii) le

débit de pointe de l'hydrogramme (supposé triangulaire et reconstitué via (i) les données géophones montrant une durée de bouffée de 5 min, et (ii) un modèle numérique simplifié [4] ayant permis d'estimer le débit de pointe à  $73 \text{ m}^3/\text{s} \pm 13 \text{ m}^3/\text{s}$  grâce au niveau maximum atteint dans l'ouvrage) et (iii) le paramètre de frottement de Manning (gamme de variation supposée de 0.04 – 0.08).

Les simulations ont permis de reconstituer la dynamique d'étalement de façon satisfaisante (e.g. Figure 1) : les niveaux maximums atteints localement et les niveaux de dépôts finaux sont reconstitués pour une gamme assez large de valeurs de paramètres. La confrontation des simulations au temps de parcours de la lave torrentielle dans le bassin a finalement été le critère de calibration permettant de préciser au mieux les jeux de paramètres cohérents avec les observations. Pour la lave torrentielle étudiée, des valeurs des paramètres de  $\Omega/\rho$  de  $0.75 - 1.18 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  et un débit de pointe de  $87 \text{ m}^3/\text{s}$  semblent les plus convaincantes (le coefficient de Manning ayant un effet secondaire). Ces valeurs varient entre les événements comme le montre l'étude sommaire d'un autre événement de 2019 [3].

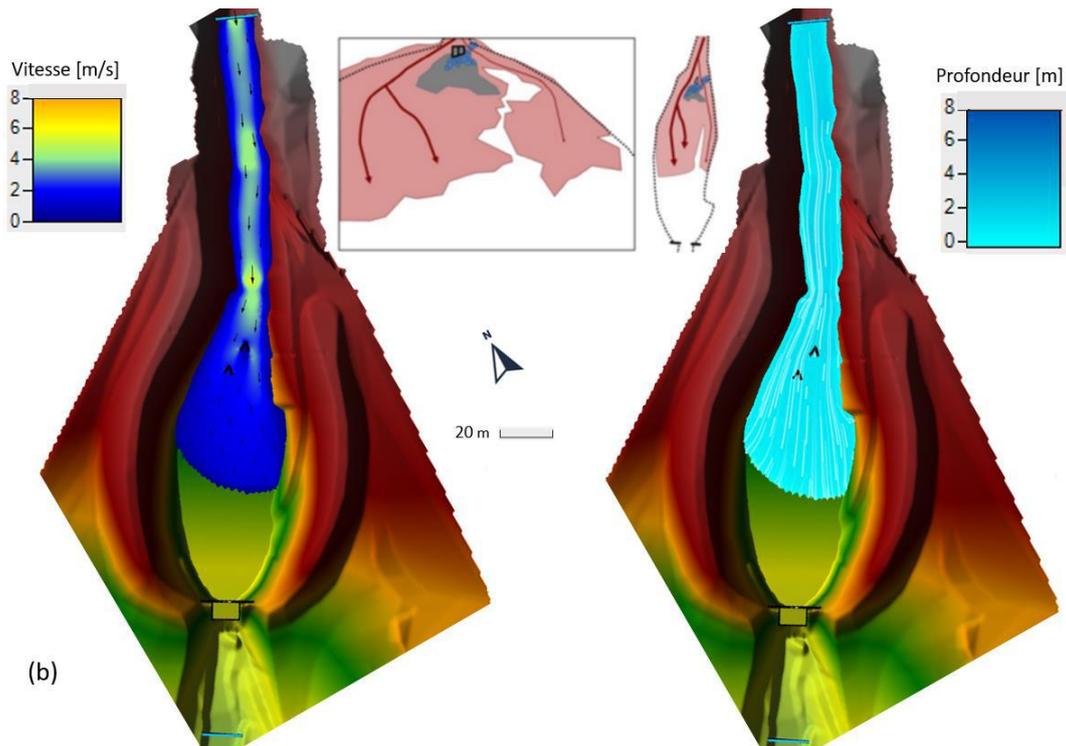


Figure 1 : Comparaison de l'analyse schématique menée par [2] avec le cas de la modélisation 2D par HEC-RAS pour une lave torrentielle comprenant un  $\Omega/\rho = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  ; un débit de pointe =  $87 \text{ m}^3/\text{s}$  et un coefficient de Manning = 0,08.

Les auteurs tiennent à remercier l'ONF-RTM 73 pour le partage des données et les échanges sur les résultats.

## REFERENCES

- [1] Hugerot T. 2020. *Trajectoires socio-environnementales des cônes de déjection torrentiels en vallée de Maurienne depuis la fin du Petit Âge Glaciaire*. Thèse de Doctorat, Univ. Savoie Mont Blanc [en ligne] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03204526>
- [2] Piton G, Fontaine F, Bellot H, Liébault F, Bel C, Recking A, Hugerot T. 2018. *Direct field observations of massive bedload and debris flow depositions in open check dams*. Présenté à la conférence RiverFlow 2018. Lyon, France 1–8 pp. DOI : 10.1051/e3sconf/20184003003
- [3] Leborgne, J. 2022. *Évaluation des capacités du logiciel numérique HEC-RAS 2D à modéliser la dynamique d'étalement et de dépôts de laves torrentielles boueuses. Application à deux laves torrentielles observées sur le torrent du Claret (73)*. Mémoire de Master GAED. Univ. Grenoble Alpes, 89 p.
- [4] Piton G, Goodwin SR, Mark E, Strouth A. 2022. Debris Flows, Boulders and Constrictions: A Simple Framework for Modeling Jamming, and Its Consequences on Outflow. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 127(5) DOI: 10.1029/2021JF006447