

## Procédure de construction semi-automatisée de profils en long torrentiels à l'aide de modèles numériques de terrain LiDAR

### *Semi-automated construction of torrent long profiles with LiDAR Digital Elevation Models*

Damien KUSS<sup>1\*</sup>, Clément ROUSSEL<sup>2</sup>, Remy MARTIN<sup>2</sup>, Pierre VERRY<sup>2</sup>, Bruno DEMOLIS<sup>2</sup>, Céline MARTINS<sup>2</sup>, Clément MISSET<sup>2</sup>, Yann QUEFFELEAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SYMBHI, Grenoble, France

<sup>2</sup>ONF-RTM, Grenoble, France

\*auteur correspondant

### 1. Contexte et objectif

En contexte torrentiel, l'analyse du profil en long d'un cours d'eau est une étape incontournable de toute étude hydraulique [1,2]. L'analyse de sa forme et de l'évolution des pentes longitudinales croisées avec les autres sources d'informations (formations géologiques, style fluvial, confluences, ouvrages de franchissement, affleurement de substratum, glissements de terrain,...) permet une meilleure compréhension de la dynamique sédimentaire et de l'origine des formes du paysage fluvial. Le profil en long peut également servir de support à des calculs hydrauliques 1D ou à des modélisations empiriques de propagation de laves torrentielles.

La généralisation des Levés LiDAR au cours de la dernière décennie et l'acquisition récente d'un levé LiDAR à l'échelle nationale rend en théorie possible l'obtention sur l'ensemble du territoire national de profils en long avec une information plus dense (ordre de grandeur de 1 point / mètre) et de meilleure qualité. Toutefois, pour que cette information soit géomorphologiquement exploitable, il convient paradoxalement de ne conserver qu'un nombre limité de points. Ces points doivent être représentatifs de la forme du profil pour le calcul sur des tronçons géomorphologiquement homogènes des pentes longitudinales, lesquelles sont un indicateur de l'énergie disponible par le cours d'eau pour le transport des sédiments.

Cette communication a pour objectif de présenter une chaîne semi-automatisée de production de profil en long à partir de MNTs LiDAR avec mise en œuvre d'algorithmes de projection du tracé en plan sur un axe de référence, d'extraction des altitudes, de simplification et de filtrage du profil, de créations d'annotations et de calculs filaires de modélisation empirique de propagation de laves torrentielles.

### 2. Présentation de la chaîne de traitement

La chaîne de traitement s'appuie sur la création par l'ONF-RTM d'un plugin QGIS et d'un logiciel open-source dédié à la création de profils en long (PYLONG, <https://pylong-doc.readthedocs.io>, cf. Figure 1). Les différentes étapes sont détaillées ci-après :

#### Au sein du logiciel QGIS

1. Digitalisation automatique du tracé en plan du cours d'eau torrentiel au moyen d'algorithmes SIG de directions d'écoulement type D8 [3]. Il reste évidemment possible de digitaliser manuellement le tracé en plan de cours d'eau en utilisant conjointement la carte d'ombrage du LiDAR et les courbes de niveaux.
2. Digitalisation manuelle de l'axe de référence du cours d'eau. Le tracé d'un axe de cours d'eau est nécessaire pour les cours d'eau à styles divagants ou en tresses dont la position n'est pas stable dans le temps. Il doit correspondre à l'axe moyen de l'espace de mobilité historique du cours d'eau.
3. Tracé d'annotations ponctuelles devant être représentées sur le profil en long (confluences, ouvrages de franchissements, observations de terrain,...)
4. Utilisation du plugin ONF-RTM QGIS pour la projection du tracé en plan et des annotations sur l'axe de référence et l'extraction des altitudes ;

#### Au sein du logiciel ONF-RTM PYLONG

5. Import des données de profil et d'annotations ;

6. Simplification automatisée par l'algorithme de Visvalingam et Whyatt [4] ou simplification interactive par sélection directe sur le profil des points à conserver ou supprimer, filtrage optionnel du profil avec plusieurs algorithmes de traitement du signal (Butterworth, Lowess, Savitsky-Golay), mise en forme et interprétation géomorphologique du profil en long au sein du logiciel PYLONG.
7. Dans le cas de transport possible sous forme de laves torrentielles, possibilité de calculs de propagation avec utilisation de modèles empiriques de propagation de Corominas [5], Rickenmann [6] et Horton et al. [7].

L'expérience montre que cette chaîne permet un gain de temps conséquent. La projection du tracé en plan sur un axe de référence peut être effectuée directement au sein du logiciel QGIS sans utilisation d'un logiciel dédié de CAO/DAO. D'autre part, les algorithmes de simplification du profil évitent une sélection manuelle et chronophage des points du profil. Mais surtout, ce gain de temps peut être mis à profit pour produire des profils intégrateurs de l'ensemble des informations géomorphologiques avec in fine une meilleure compréhension du cours d'eau et de sa dynamique sédimentaire.

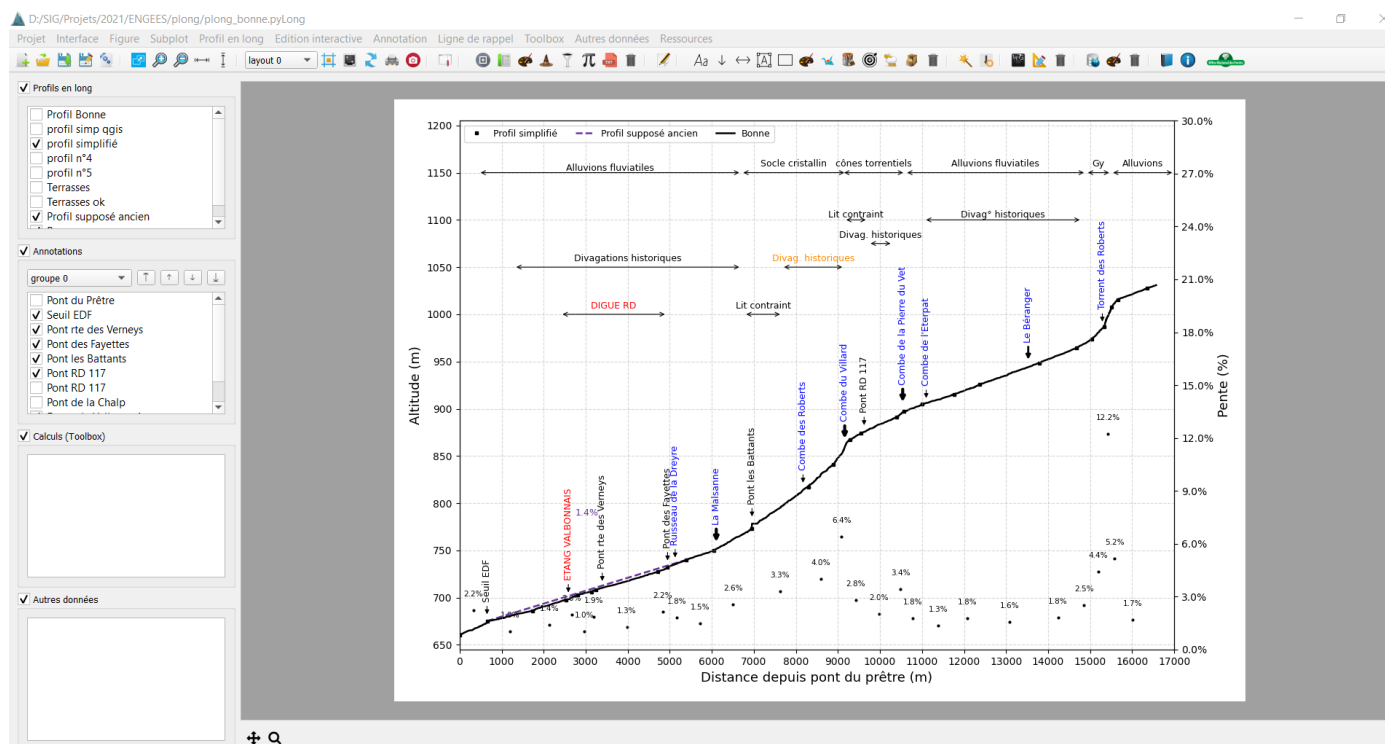


Figure 1 : Interface du logiciel PYLONG (<https://pylong-doc.readthedocs.io>)

**Remerciements** : au Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire qui a financé ce projet.

## REFERENCES

- [1] FULLER, I. C., REID, H. E., & BRIERLEY, G. J. (2013). Methods in geomorphology: investigating river channel form. In J. F. Shroder, A. Switzer, & D. M. Kennedy (Eds.), Treatise on geomorphology: Methods in geomorphology (Vol. 14, pp. 73-91). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00374-2>
- [2] ONF-RTM (2022). Rapport technique pour la DGPR. Modélisation unidimensionnelle d'évolution de fond de lit lors de crues torrentielles avec transport solide par charriage.
- [3] O'CALLAGHAN, J.F. and MARK, D.M., (1984), The extraction of drainage networks from digital elevation data, Computer Vision, Graphics and Image Processing, 28: 328–34.
- [4] VISVALINGAM, M., WHYATT, J.D. (1993). "Line generalisation by repeated elimination of points". In: The cartographic journal 30.1, pp. 46–51.
- [5] COROMINAS, J. (1996). The angle of reach as a mobility index for small and large landslides. Canadian Geotechnical Journal, 33(2), 260- 271.
- [6] RICKENMANN, D. (1999). Empirical Relationships for Debris Flows. Natural Hazards, 19(1), 47- 77.
- [7] HORTON, P., JABOYEDOFF, M., RUDAZ, B., & ZIMMERMANN, M. (2013). Flow-R, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13(4), 869- 885.