

Evaluation semi-automatisée des respirations torrentielles à l'aide de modèles numériques de terrain LiDAR

Semi-automated assessment of bed level fluctuations with LiDAR Digital Elevation Models

Damien KUSS^{1*}, Céline MARTINS², Vincent MANO², Guillaume PITON³, Frédéric LIEBAULT³, Cécile GUITET², Yann QUEFFELEAN², Clément MISSET²

¹SYMBHI, Grenoble, France - ²ONF-RTM, Grenoble, France - ³Univ. Grenoble Alpes, INRAE, CNRS, IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France - *auteur correspondant

1. Contexte et objectif

Les crues des cours d'eau de montagne (rivières torrentielles et torrents) sont très souvent associées à un transport solide sous forme de charriage particulièrement intense. Les interactions entre hydraulique et transport solide sont souvent tellement importantes qu'il n'est plus possible, comme en contexte fluvial, de considérer comme invariante la géométrie du lit et de dissocier l'étude hydraulique de l'étude du transport solide.

On comprend ainsi pourquoi, lors d'études hydrauliques réalisées en contexte torrentiel, une des principales difficultés est d'estimer de façon fiable le niveau atteint en crue par les écoulements. Celui-ci dépend en fait de trois paramètres [1] : (a) l'évolution systématique du fond (dépôts systématiques liée essentiellement aux variations de pente) ; (b) les respirations du lit durant la crue (variation aléatoire du niveau du fond liées notamment aux divagations et aux bouffées sédimentaires) et (c) la hauteur d'eau (elle-même fortement influencée par le transport solide et les évolutions morphologiques).

L'objectif de cette communication est de proposer une méthodologie d'évaluation semi-automatisée de l'ordre de grandeur des respirations torrentielles par utilisation de Modèles Numériques de Terrains (MNT) LiDAR.

2. Méthodologie et cas d'application

La méthodologie repose sur l'extraction de données d'altitude au sein de profils en travers régulièrement espacés et découpés avec l'emprise de la bande active de manière à ne conserver que les parties situées à l'intérieur du lit actif (cf. figure 1), et d'écarter ainsi les reliefs associés aux berges.

Deux statistiques de respiration sont calculées : la Distribution des Hauteurs de Respiration (DHR) et la Distribution des Hauteurs de Respiration Maximales (DHRM). Pour le calcul de la première, on identifie au sein de chaque profil en travers l'altitude minimale (Z_{\min}) puis pour tous les points du profil, on calcule une hauteur de respiration h_i par soustraction de la valeur minimale d'altitude du profil Z_{\min} à chaque valeur d'altitude des points du profil ($Z_i - Z_{\min}$). L'ensemble des hauteurs de respirations h_i ainsi obtenues au droit de chaque profil en travers sont regroupées pour le calcul de la DHR.

La DHRM est quant à elle obtenue par calcul de hauteur de respiration maximale sur chaque profil en travers ($Z_{\max} - Z_{\min}$). Les valeurs de hauteurs de respirations maximales de chaque profil en travers sont regroupées pour la construction de la distribution statistique.

La méthodologie a été testée sur deux cas d'application. Le premier correspond aux lits du Boréon, de la Madone de Fenestre et de la Vésubie (département des Alpes-Maritimes) après la crue survenue lors du passage de la tempête Alex le 02/10/2020 avec une présentation effectuée dans le retour d'expérience ONF-RTM / INRAE [2]. Le second site est le torrent de l'Ebron à Tréminis (38) où les valeurs de respiration devaient être évaluées pour les besoins du dimensionnement d'un ouvrage de franchissement du lit.

3. Résultats

Les résultats de calcul de la DHR sur le torrent de l'Ebron sont présentés en Figure 2 selon trois regroupements de profils en travers correspondant aux tronçons aval (PT 2 à 20), central (21 à 43) et amont de l'étude (PT 44 à 54) (cf. Figure 1). Le graphique révèle que les hauteurs moyennes de respiration sont de l'ordre de 0,5 à 1,0 m avec un gradient aval-amont marqué, lequel suggère que l'augmentation de la hauteur de respirations et de sa variabilité va de pair avec la proximité aux sources sédimentaires et les fluctuations de pentes liées aux processus de dépôt/reprise dans le lit.

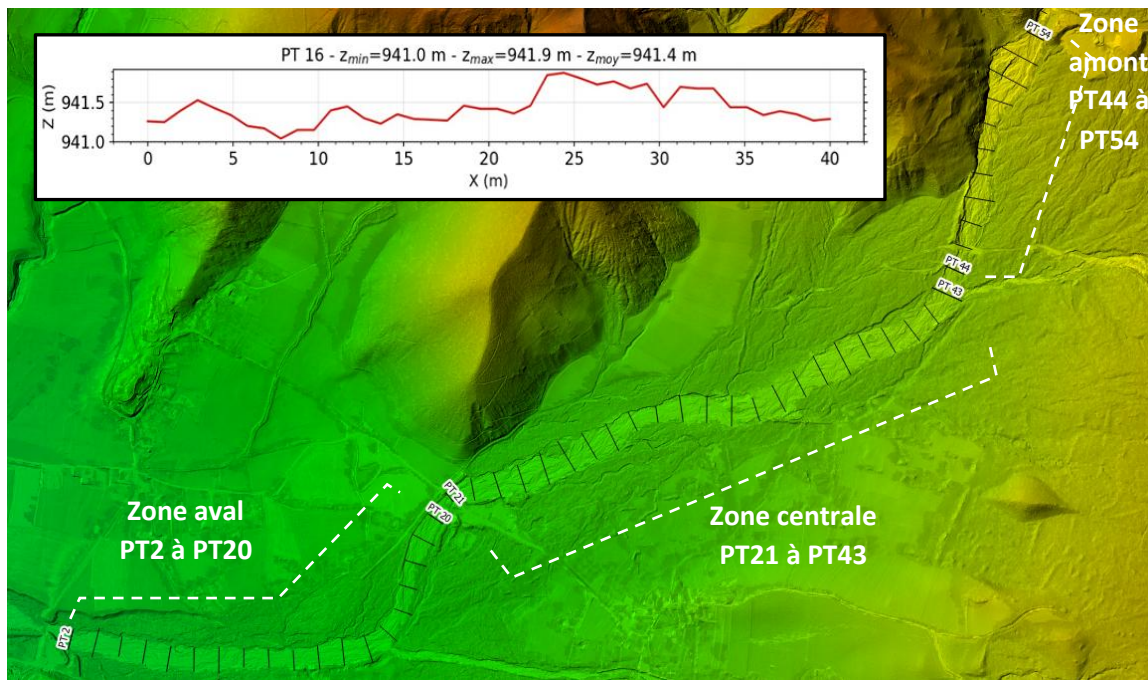
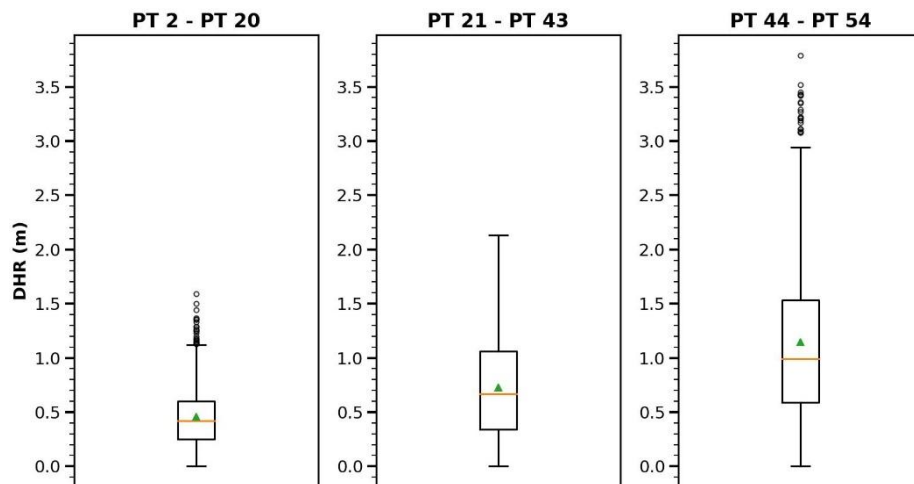


Figure 1 : Exemple de profil en travers découpé avec l'emprise de la bande active. Torrent de l'Ebron à Tréminis (38)



Trait vert : Médiane / Triangle : Moyenne / Boite : Etendue interquartile ($IQR=Q3-Q1$). Limite inférieure = 1er quartile ($Q1$) ; Limite supérieure = 3ème quartile ($Q3$)
Moustaches : Limite inférieure = $\max(0, Q1 - 1,5 \cdot IQR)$; Limite supérieure = $Q3 + 1,5 \cdot IQR$; points : valeurs extrêmes

Figure 3 : Calcul de la Distribution des Hauteurs de Respiration (DHR) sur le torrent de l'Ebron à Tréminis.

L'analyse de la DHR conduite sur les cours d'eau de la Madone de Fenestre, du Boréon et de la Vésubie montre des hauteurs moyennes de respiration post crue Alex de l'ordre de 1,50 à 1,75 m pour les trois cours d'eau. Les résultats mettent par ailleurs en exergue des hauteurs maximales de respirations énormes. Elles sont de l'ordre de 6 m pour le Boréon, 8,0 m pour la Madone de Fenestre, et 8,5 m pour la Vésubie à l'aval de la confluence avec le Boréon. Ces différences d'altitude donnent une idée de la mobilité altitudinale du lit pendant la crue.

L'utilisation de cet indicateur doit encore être approfondi mais nous le pensons utile notamment vis-à-vis des comparaisons entre modèles numériques qui n'intègrent en général pas cette variation aléatoire du fond du lit et observations de terrains qui en mesurent les traces laissées après les crues.

REFERENCES

- [1] QUEFFELEAN, Y., CARLADOUS, S., Piton, G., KUSS, D., FOUQUET, M., & TOURMENT, R. (2019). Spécificités des systèmes d'endiguement et de l'analyse de risque en contexte torrentiel. Actes de la Conf. Digues Maritimes et Fluviales de Protection contre les Inondations 2019, Aix en Provence, France.
- [2] ONF-RTM/INRAE (2022). Retour d'expérience technique de la crue du 2 octobre 2020 dans la vallée de la Vésubie – Volet Torrentiel. Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Alpes-Maritimes (DDTM06): Nice (France). 299 p.+1540 annexes