

# CARTOGRAPHIER EN TROIS DIMENSIONS ET ESTIMER LES DYNAMIQUES SEDIMENTAIRES DES RIVIERES ALPINES A L'AIDE DE DONNEES LIDAR : LE CAS DE L'ARC EN MAURIENNE

## *3D mapping and sediment dynamics estimation of alpine rivers using LiDAR data: The Arc River study case*

**Auteur correspondant :** Marianne LASLIER, INRAE, UR Riverly, 5 rue de la Doua CS 70077, 69626 Villeurbanne cedex, France, marianne.laslier@inrae.fr

**Auteurs de la communication :** Benoît CAMEMEN, INRAE, Villeurbanne, France  
Lionel PENARD, INRAE, Villeurbanne, France

### 1. Introduction

Les rivières alpines ont été considérablement impactées au cours du dernier siècle par les activités humaines, afin notamment de limiter le risque d'inondation ou encore par la construction de barrages hydroélectriques. La chenalisation, une des conséquences possibles induite par ces activités humaines peut conduire à la formation d'un système de bancs alternés le long de ces rivières [1], pouvant être progressivement colonisés par la végétation [2]. L'Arc en Maurienne est un exemple typique dans les Alpes françaises, la construction de l'autoroute de La Maurienne dans les années 90 ayant conduit à sa chenalisation sur la partie aval et à la formation d'un système de bancs alternés. Décrire les dynamiques sédimentaires associées au processus de végétalisation de ces rivières anthropisées représente un enjeu majeur pour une meilleure compréhension et gestion de l'impact des activités humaines sur les systèmes aquatiques alpins. Les données de télédétection, et particulièrement les données LiDAR ainsi que les photographies aériennes, représentent un outil particulièrement efficace pour cartographier les dynamiques sédimentaires des rivières et leurs budgets sédimentaires [3]. En revanche, à ce jour, peu d'études ont utilisé ce type de données pour délimiter automatiquement des bancs alternés et en extraire des caractéristiques morphologiques en 3 dimensions. L'objectif de cette étude est donc, à l'aide de photographies aériennes et de données LiDAR, 1) d'extraire et de caractériser automatiquement à plusieurs dates les bancs de galets sur l'Arc, 2) de quantifier les budgets sédimentaires entre ces dates, 3) de décrire les dynamiques morphologiques des bancs, et enfin 4) d'évaluer l'impact de la couverture végétale sur leur dynamique morphosédimentaire.

### 2. Matériel et méthodes

Cette étude se focalise sur un tronçon de 8 km de long localisé sur la partie chenalisée de l'Arc en Maurienne, environ 19 km à l'aval du barrage de Saint-Martin-de-la-Porte. Trois survols (LiDAR + photos aériennes) ont été réalisés le long de l'Arc par le bureau d'étude Sintégra en mai et septembre 2010, puis en novembre 2013. Des MNT à 50 cm ont été produits par le bureau d'étude pour chacune des acquisitions. Pour l'acquisition de 2013, les nuages de points à haute densité (>20points/m<sup>2</sup>) ont de plus été récupérés.

Pour chaque MNT, la ligne du chenal principal a été localisée automatiquement à partir de cartes d'accumulation de flux sous le logiciel ArcGIS (toolbox Hydrology). Les surfaces en eau ont été identifiées sur la base d'une pré-classification du nuage de points opérée par le bureau d'étude pour les données de 2013 ; et de manière manuelle à partir des orthoimages pour les données de 2010. Les altitudes des MNT ont alors été normalisées par rapport au niveau d'eau dans le chenal principal suivant une adaptation de la méthode développée par Alber et Piégay [4]. L'emprise spatiale des bancs a alors été extraite extrayant toutes les cellules du MNT supérieures à 10cm au-dessus du niveau d'eau, cette valeur prenant en compte l'incertitude de l'altitude des données LiDAR, estimée entre 10 et 20 centimètres selon les surfaces étudiées (refs). Enfin, afin de valider l'extraction des bancs, une digitalisation manuelle de l'ensemble des bancs a été réalisée pour chaque date d'acquisition. Les caractéristiques des bancs ont pu ensuite être calculées : Surface, volume, hauteurs moyennes et maximales, surface végétalisée, indicateurs morphologiques nfin, l'évolution de ces caractéristiques a été estimée en réalisant des tests non paramétriques de kruskall-Wallis entre

les différentes dates d'acquisition, pour chacun des paramètres. Dans un dernier temps, le budget sédimentaire a été estimé sur les bancs par soustraction des valeurs des MNT entre 2010 et 2013.

### 3. Résultats et discussion

Les résultats des segmentations automatiques révèlent respectivement 76, 90 et 98 % de surfaces de bancs bien classées pour les dates de mai 2010, septembre 2010 et novembre 2013. Ces résultats correspondent à ceux proposés par Pénard et al. [5] sur les mêmes données de 2010 en utilisant une croissance de région et seuillage de pente. En revanche, la méthodologie d'extraction basée sur la normalisation des MNT par rapport à la ligne d'eau permet de palier en partie un des problèmes évoqué dans l'étude précédente concernant le seuillage à adopter et la difficulté de délimiter correctement les bancs au niveau de ruptures de pente très faibles. D'autre part, la normalisation permet un calcul non seulement surfacique, mais aussi volumétrique des surfaces de bancs émergées au moment de l'acquisition, ce que ne permettait pas l'étude précédente. Ces résultats mettent ainsi en lumière l'intérêt d'utiliser des données LiDAR normalisées pour caractériser un système de bancs alternés.

En mai 2010, septembre 2010 et novembre 2013, 18, 20 et 19 bancs ont été respectivement identifiés sur le site d'étude, correspondant à un volume de 75854 97805 et 54174 m<sup>3</sup> de sédiments. La figure 1 révèle des profils d'érosion classiques à l'amont des bancs, suggérant une migration des bancs vers l'aval, spécialement entre 2010 et 2013. Ces résultats concordent avec ceux observés entre 2006 et 2011 [6]. Les érosions et dépôts plus importants observés entre septembre 2010 et novembre 2013 pourraient correspondre à l'impact d'une crue importante de juin 2013 sur le système.

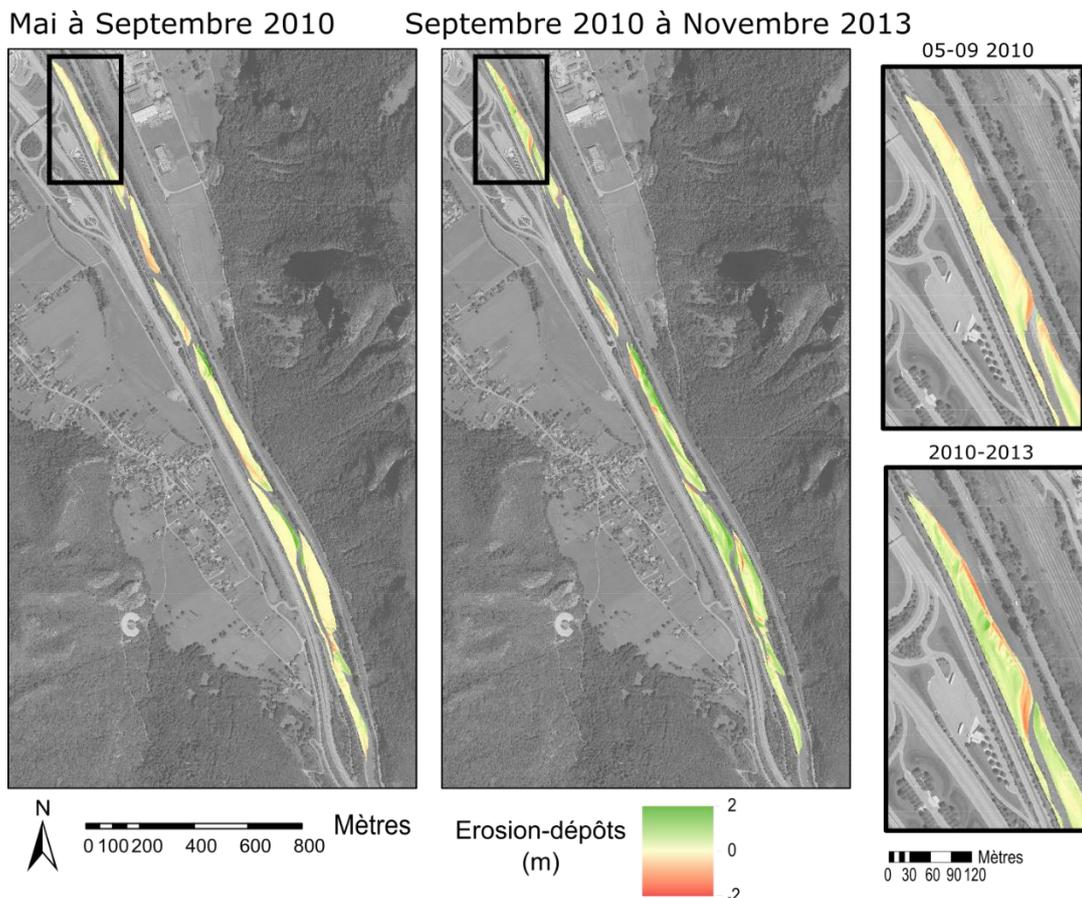


Figure 1: Estimation des budgets sédimentaires entre mai et septembre 2010, et entre 2010 et 2013 sur le site d'étude.

## 4. Conclusions

Des données LiDAR ont été utilisées pour caractériser les dynamiques sédimentaires d'un système de bancs alternés le long de l'Arc en Maurienne. L'utilisation des MNT normalisés par rapport à la hauteur d'eau a permis d'extraire automatiquement avec plus de 90% de bonne détection les volumes et surfaces émergées des bancs en 2010 et 2013, ainsi que les caractéristiques morphologiques de ceux-ci (volume émergé, hauteur maximale, hauteur moyenne, forme). Les résultats ont montré une migration des bancs vers l'aval, à la fois entre mai et septembre 2010 et entre 2010 et 2013. Enfin, ces premiers résultats obtenus sur une portion test de la rivière devraient être appliqués à une portion plus longue de l'Arc, correspondant aux 50 km les plus à l'aval de la rivière. Ce changement d'échelle, qui devrait être plus gourmand en temps de calcul, notamment pour la normalisation des MNT par rapport au chenal principal, devra de plus prendre en compte la pluralité des contextes fluviaux observés sur les images (présence ponts, d'affluents, de seuils, bancs très végétalisés, etc..),

## REFERENCES

- [1] CARLIN, Mattia, REDOLFI, Marco, TUBINO, Marco, et al. The concept of " bar-forming" discharge for alternate bar in gravel-bed rivers. EGUGA, 2018, p. 16941.
- [2] A. J. Serlet, A. M. Gurnell, G. Zolezzi, G. Wharton, P. Belleudy, et C. Jourdain, « Biomorphodynamics of alternate bars in a channelized, regulated river: An integrated historical and modelling analysis », *Earth Surf. Process. Landf.*, vol. 43, no 9, p. 1739-1756, 2018.
- [3] R. Spiekermann, H. Betts, J. Dymond, et L. Basher, « Volumetric measurement of river bank erosion from sequential historical aerial photography », *Geomorphology*, vol. 296, p. 193-208, nov. 2017.
- [4] A. Alber et H. Piégay, « Spatial disaggregation and aggregation procedures for characterizing fluvial features at the network-scale: Application to the Rhône basin (France) », *Geomorphology*, vol. 125, no 3, p. 343-360, févr. 2011.
- [5] Lionel Pénard, M. Morel. Automatic detection of gravel bars in a river channel from airborne LiDAR-derived DTM. *HIC 2012 - 10th International Conference on Hydroinformatics*, Jul 2012, Hamburg, Germany. 8 p
- [6] M. Jaballah, B. Camenen, L. Pénard, et A. Paquier, « Alternate bar development in an alpine river following engineering works », *Adv. Water Resour.*, vol. 81, p. 103-113, jul. 2015.