

## Utilisation de caméras in situ pour suivre l'évolution des cours d'eau : exemple d'un embâcle de bois et d'un couvert de glace

Use of ground cameras to monitor riverscape changes: example for wood rafts and ice covers dynamics

Véronique Benacchio<sup>1</sup>, Hervé Piégay<sup>2</sup>, Thomas Buffin-Bélanger<sup>3</sup>, Lise Vaudor<sup>2</sup>, Kristell Michel<sup>4</sup>

1 : Environnement Ville Société (EVS) - Université Lumière Lyon II

2 : Environnement Ville Société (EVS) – CNRS - UMR5600

3 : Université du Québec à Rimouski - UQAR (CANADA)

4 : Environnement Ville Société (EVS) - École Normale Supérieure (ENS)

Méls des auteurs : veronique.benacchio@ens-lyon.fr, herve.piegay@ens-lyon.fr, Thomas\_Buffin-Belanger@uqar.ca

### RÉSUMÉ

En géomorphologie fluviale, l'imagerie est de plus en plus utilisée pour suivre l'évolution des cours d'eau. Traditionnellement, on utilise des images aériennes ou satellites, mais plus récemment on a commencé à se servir de caméras in situ pour l'acquisition d'images à courte portée et à haute fréquence d'acquisition. L'analyse visuelle de ces séquences d'images est rapidement limitée, c'est pourquoi nous avons développé un protocole de traitement automatique des jeux de données ainsi produits. Celui-ci repose sur des recommandations concernant l'installation des capteurs sur le terrain, de manière à optimiser les clichés en vue de leur traitement, ainsi que sur le traitement des images lui-même, à partir d'une classification automatique par analyse discriminante linéaire. Pour illustrer ce protocole, nous présentons deux exemples de suivi, l'un concernant l'évolution d'un raft de bois mort dans la retenue du barrage de Génissiat (Rhône, France) et l'autre le suivi du couvert de glace qui se forme sur un méandre de la Saint Jean (Gaspésie, Québec). On a pu montrer que ce protocole permettait d'étudier le fonctionnement physique des cours d'eau à pas de temps très fin et notamment de mesurer des flux ou des changements d'état. On peut ainsi accéder à l'observation et à la quantification de phénomènes rapides et/ou aléatoires, difficilement observables ou détectables jusque-là.

### ABSTRACT

Imagery is more and more often used as a tool in fluvial geomorphology to analyze fluvial systems and to monitor their evolution. Traditionally, aerial and satellite imagery are used, but ground imagery allows easy acquisition of high-resolution photographs, both spatial and temporal. Large datasets are thereby produced whereas their visual analysis is restricted, which is why we developed a method to automate image processing. It is based firstly on recommendations for captor set-up in the field, with the aim to optimize image acquisition with regards to their processing. Secondly, this method consists in an automatic classification by linear discriminant analysis. We present two examples of study fields: the Genissiat dam reservoir on the Rhône River (France), where a wood raft grows up through time, and the Saint Jean River (Gaspésie, Québec) where we monitored the ice cover during winter. We could demonstrate that this method is efficient to monitor stream evolution at very short time scales. This allows observing rapid and stochastic phenomena that are observable only with difficulty without this technique.

### MOTS CLÉS

Bois mort, glace de rivière, gros jeux de données, haute fréquence d'acquisition, imagerie de terrain

## 1 INTRODUCTION

Depuis le début des années 2000, l'utilisation de caméras implantées in situ est explorée dans le domaine de la géomorphologie fluviale. Ces capteurs permettent des prises de vue à faible distance de la cible, donc avec une haute résolution spatiale, et à des fréquences élevées. Les jeux de données ainsi obtenus ont été utilisés pour suivre la formation d'un raft de bois sur un plan d'eau, l'impact des crues sur la morphologie d'une rivière graveleuse, la dynamique d'un couvert de glace ou encore des érosions de berge (Bertoldi *et al.*, 2012). Ces travaux ont été réalisés par analyse visuelle des images, ce qui ne permet de traiter que de courtes périodes et/ou des événements isolés et localisables dans le temps. En effet, la quantité de données que l'on peut produire grâce à ces capteurs nécessite une automatisation des traitements pour des suivis sur de longues périodes. C'est ainsi que 14 600 images peuvent être prises sur un an à raison d'une image toutes les 15 minutes entre 8h00 et 18h00. Nous avons développé une méthode pour automatiser les traitements de gros jeux de données images, acquis sur des séquences de temps allant de quelques mois à quelques années et avec une haute fréquence d'acquisition (de 10 min à une heure). Le but est de proposer un outil qui permette de suivre l'évolution des cours d'eau à pas de temps très fin en s'affranchissant des contraintes de terrain. L'objectif est de mieux connaître certains mécanismes régissant la morphologie du cours d'eau et se manifestant sur des pas de temps court. Ceci doit constituer un outil d'aide à la gestion, permettant d'anticiper et de planifier des interventions ou bien de prévenir certains risques liés au fonctionnement fluvial.

## 2 MATERIEL ET METHODES

Pour développer ce protocole, nous nous sommes appuyés sur deux exemples de suivi. Le premier jeu de données enregistre l'état du plan d'eau de la retenue du barrage de Génissiat sur le Rhône français, à une fréquence de 10 min. Les images sont acquises par une caméra Axis 211W. L'ouvrage hydro-électrique étant infranchissable pour le bois flotté qui provient de l'amont, celui-ci s'accumule au droit de l'ouvrage, ce qui contraint la compagnie gestionnaire du site (la CNR) à des extractions mécaniques régulières. Celles-ci permettent de connaître les volumes de bois accumulés et de calibrer le protocole de suivi. On peut ainsi étudier la dynamique du radeau de bois par imagerie, en particulier l'évolution de sa surface au cours du temps, afin d'estimer la production ligneuse du Rhône amont et de ses affluents : relier cette dynamique à leurs débits permet de déterminer les bassins contributifs ou encore les débits critiques. Le deuxième exemple de suivi concerne la dynamique du couvert de glace sur une rivière québécoise : la Saint Jean (Gaspésie). En hiver, l'hydrologie des cours d'eau dans les régions froides est grandement affectée par cette dynamique et cela peut avoir des conséquences importantes sur les milieux riverains et les aménagements. La modification des écoulements, le transport de gros blocs de glace ou de bois mort, la création d'embâcles et de crues rapides et cycliques peuvent en effet affecter la morphologie du cours d'eau et de ses berges. Ces acquisitions se font avec une caméra Reconyx Hyperfire PC900, à une fréquence d'une heure. Le but est de suivre la formation du couvert de glace, d'identifier l'évolution des types de glace et d'examiner le type de rupture lors de la débâcle, afin de mieux comprendre les dynamiques de la glace de rivière et de pouvoir améliorer la gestion des milieux à risque.

## 3 RESULTATS : DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE DE SUIVI DES COURS D'EAU PAR IMAGERIE

La méthode présentée repose sur deux grandes phases : l'acquisition des données et leur traitement. La première est déterminante et ne doit pas être négligée. En effet, la qualité de l'installation influence directement celle des images acquises et donc leur traitement potentiel. Avant de procéder à l'installation d'une caméra sur le terrain, il est conseillé de réfléchir à certains aspects tels que le type de support utilisé, la sécurité et l'accès à l'installation ou la hauteur et les angles de prise de vue de la caméra. La solidité et la rigidité du support garantissent la pérennité de l'installation ainsi que le cadrage des images dans le temps. Acquérir des images fixes permet un traitement plus précis, même si sur le terrain les arbres, soumis aux vents, sont parfois les seuls supports disponibles. La discrétion de l'installation est un élément primordial car le vandalisme est une contrainte importante. Enfin, les paramètres qui caractérisent l'installation (hauteur et angles d'Euler notamment) doivent être connus dans la mesure du possible, car ils permettent de traiter les images de manière précise et de procéder à une orthorectification dans le cas d'images obliques. De plus, ils sont en partie responsables de l'apparition des reflets du soleil ou des éléments riverains dont l'image apparaît en surface de l'eau sur les photos. Selon l'objet étudié, ces reflets peuvent fortement compliquer le

traitement des images. Une fois les jeux de données acquis, les images sont traitées sous R. La méthode développée se base sur des techniques de traitements d'images adaptées à des clichés obliques, sur une emprise au sol restreinte et dans le domaine du visible uniquement, qui est souvent le seul disponible sur les capteurs utilisés. Le traitement des images que nous proposons se base sur une analyse discriminante linéaire (LDA), réalisée sur des paramètres radiométriques et texturaux extraits des images selon une grille orthogonale. Des échantillons d'apprentissage d'une trentaine d'images sont étiquetés manuellement selon l'objet que l'on cherche à étudier, pour définir des seuils à considérer comme limites de classes. Chaque image d'une série temporelle complète est alors classée automatiquement grâce à ces valeurs. Une phase d'orthorectification consiste à attribuer à chaque pixel une surface proportionnelle à sa surface sur le terrain, ce qui permet d'estimer la taille de l'objet au cours du temps, comme on peut le voir sur la figure 1. Pour cela, on a utilisé le logiciel Fudaa-LSPIV d'IRSTEA. L'utilisation de données annexes météorologiques ou hydrologiques permet de comprendre la dynamique de l'objet étudié et les facteurs qui la contrôlent.

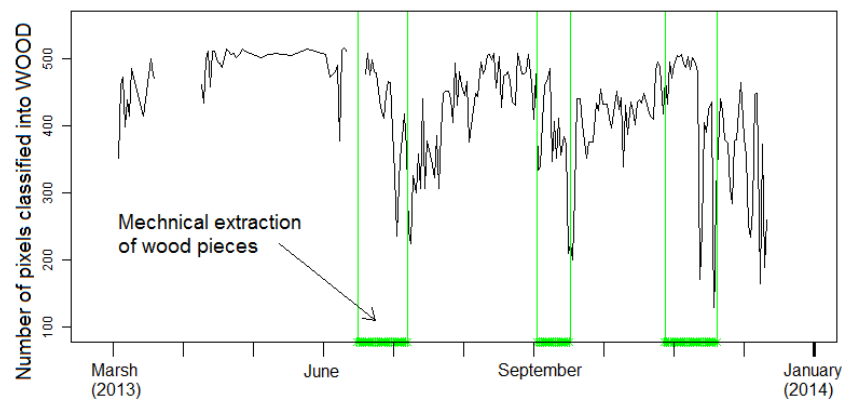


Figure 1 : Evolution temporelle de l'embâcle de bois dans la retenue du barrage de Génissiat

## 4 DISCUSSION

Le jeu de données acquis à Génissiat a servi de test pour développer cette méthode. La classification automatique par LDA a permis de distinguer le bois du reste du plan d'eau, de faire la cartographie du radeau à toutes les dates et de présenter ainsi une série temporelle de sa superficie pendant la période d'étude et de la confronter à la série hydrologique du Rhône et de ses deux principaux affluents, la Valserine et l'Arve. Le modèle discriminant montre de très bons résultats ( $R^2 > 0.90$ ) dans un cas comme celui-ci, qui est relativement simple à traiter dans la mesure où il présente uniquement deux classes d'entités à discriminer. La discrimination n'est cependant pas bonne sur toutes les photos en raison principalement de phénomènes de reflets bien marqués pour certains types de temps et certaines heures. Le cas de la dynamique du couvert de glace est plus complexe car les entités à discriminer sont plus nombreuses. De plus, cet environnement présente des caractéristiques très différentes. La hauteur de neige dans le champ de vision de la caméra est par exemple un paramètre à prendre en compte. L'utilisation d'un filtre polarisant a été testée sur ce type de terrain, de manière à limiter la surbrillance de la neige en conditions lumineuses intenses. Cela montre des résultats intéressants pour les traitements mais difficilement quantifiables.

## 5 CONCLUSION

L'utilisation de caméras in situ (caméras de chasses ou caméras de surveillance) semble constituer un outil très prometteur pour l'étude des cours d'eau. Elles permettent en effet de s'affranchir à la fois des contraintes de l'imagerie aérienne et satellite et des contraintes de terrain, pour observer des phénomènes rapides, aléatoires, et éventuellement dangereux, avec une haute résolution spatiale et temporelle. La variété des terrains et des objets étudiés a permis de mettre en évidence des contraintes opérationnelles et de formuler des recommandations pour l'installation d'un tel système d'acquisition ou pour le traitement des images. La phase de traitement présente des limites principalement liées à la qualité des images acquises, dont la plupart ont une solution potentielle.

## BIBLIOGRAPHIE

Bertoldi W., Piégay H., Buffin-Bélanger T, Graham D., and Rice S. (2012). Applications of close-range imagery in river research. In: *Fluvial remote sensing for science and management*, Carbonneau P. and Piégay H. (Eds.), Wiley-Blackwell, 341-366.