Caractérisation des méso-habitats fluviaux par imagerie drone.

LEJOT Jerôme¹, WAWRZYNIAK Vincent², PIEGAY Hervé², MICHEL Kristell²

^{1.} Université de Lyon, UMR 5600 EVS, Université Lumière Lyon2, Campus Porte des Alpes, Bron Cedex, France, jerome.lejot@univ-lyon2.fr ^{2.} Université de Lyon, UMR 5600 EVS, Ecole Normale Supérieure, Lyon Cedex 07, France, vincent.wawrzyniak@gmail.com, herve.piegay@ens-lyon.fr, kristell.michel@ens-lyon.fr

RÉSUMÉ. – L'imagerie drone est utilisée dans le domaine fluvial pour étudier les méso-habitats aquatiques et riverains. Grace à sa très haute résolution spatiale, voire temporelle, et à la variété des capteurs embarqués, il est dorénavant possible d'identifier et de suivre un ensemble d'indicateurs de la qualité de ces méso-habitats. L'article illustre ainsi l'intérêt des acquisitions drones pour caractériser certaines propriétés de ces milieux (bathymétrie, granulométrie des bancs, thermie de l'eau) à partir du traitement des images acquises.

Mots-clés : drone, habitats, formes fluviales, bathymétrie, granulométrie, variabilité thermique

Characterization of river habitats by drone imagery

ABSTRACT. – Drone imagery is used in fluvial environment to study riparian and aquatic mesohabitats. Due to its very high spatial and temporal resolutions and variety of onboard sensors, it's now possible to identify and monitor a large range of indicators of these fluvial habitats. The article shows the interest of drone acquisitions to characterize some properties of these environments (bathymetry, particle size and water temperature) from the processing of acquired images.

Key-words: drone, habitats, river forms, bathymetry, particle size, temperature heterogeneity

Les habitats fluviaux constituent une mosaïque d'unités très diversifiées et observables à différentes échelles spatiales (bassin versant, cours d'eau, zones humides). A l'échelle du chenal en eau, la caractérisation des méso-habitats piscicoles (radiers, mouilles, plats, faciès granulométriques) et des facteurs influençant la qualité de ces habitats tels que la température de l'eau nécessitent des images à très haute résolution spatiale adaptées à la taille de ces milieux. Dans le cadre des études et des développements que nous avons menés, nous nous sommes attachés à restituer la géométrie des chenaux (hauteur d'eau), la granulométrie des bancs de galets exondés et les températures de surface à partir de traitements d'images issues de différents capteurs (appareils photos numériques et caméra thermique) embarqués sur des drones. L'objectif à terme est de pouvoir mobiliser des méthodes reproductibles à large échelle permettant de mieux comprendre les évolutions hydromorphologiques et d'évaluer la qualité de ces habitats. Ces travaux ont été menés sur différents tronçons de cours d'eau du bassin RMC (Rhône Méditerranée Corse).

I. RESTITUTION DE LA BATHYMÉTRIE DES CHENAUX

Cette méthode de restitution bathymétrique a été testée sur différents sites : un tronçon de 5 km de la basse vallée de l'Ain (figure 1a) et sur plusieurs bras morts restaurés du Rhône en Chautagne ou encore sur le Rhin à l'aval du barrage de Kembs. Elle repose sur la relation statistique qui existe entre la profondeur et les valeurs radiométriques des pixels d'une image (aérienne ou satellite). Les différents canaux (RVB) radiométriques ont été testés afin d'obtenir la meilleure relation statistique. Le modèle ainsi produit se retranscrit par l'équation suivante :

Profondeur théorique = $a \times ln(canaux de l'image) + b(1)$

Où a et b correspondent aux coefficients de la régression

Ce modèle est extrapolé sur l'ensemble des pixels de la zone en eau concernée afin de produire une carte des hauteurs d'eau (figure 1b). Sur l'ensemble des sites testés (Ain et Haut-Rhône), les coefficients de détermination des modèles varient de 0,6 à 0,9 et les marges d'erreur n'excèdent pas 20 cm en Z. La qualité du modèle ne dépend pas du niveau d'eau dans le chenal (pour un débit ordinaire) mais de la clarté de la masse d'eau, de la faible différence radiométrique entre les clichés ou encore de l'homogénéité du fond. Les erreurs ne sont pas forcément minimisées lorsque l'on augmente la résolution spatiale. Si l'on dispose sur un site donné de plusieurs couvertures aériennes, plusieurs états bathymétriques peuvent alors être générés [Carbonneau et al., 2012]. Le différentiel calculé entre deux états permet de quantifier les variations topographiques (érosion ou engraissement) du secteur (fig. 1c).

II. RESTITUTION DE LA GRANULOMÉTRIQUE DES BANCS DE GALETS

Des procédures automatiques permettent également de restituer l'état granulométrique d'une surface émergée et



Progression méthodologique

Figure 1 : *Restitution de la géométrie d'un chenal par imagerie drone : a) mosaïque d'images, b) restitution bathymétrique, c) différentiel entre deux états bathymétriques.*

notamment d'un banc de galets à partir d'une analyse de la texture. L'exemple présenté se situe sur la basse vallée de l'Ain et repose sur l'acquisition d'images à très haute résolution (figure 2a). L'objectif est de définir une relation de proximité entre les valeurs des pixels. Différentes techniques opératoires existent. Dans l'exemple présent, c'est la semi-variance qui a été retenue (2). Afin d'exploiter au mieux la trame d'une image numérique, la semi-variance est calculée de manière bidimensionnelle à partir de paramètres d'ajustement (p, q, M, N, i, j) [Lejot *et al.*, 2011] et de l'équation suivante :

$$\gamma(p,q) = \frac{1}{2(N-|p|)(M-|q|)} \sum_{i=1+\frac{|p|-p}{2}}^{N-\frac{|p|+p}{2}} \sum_{j=1+\frac{|q|-q}{2}}^{M-\frac{|q|+q}{2}} [Z(i+p,j+q)-Z(i,j)]^2$$
(2)

Où *p* et *q* correspondent aux pas d'échantillonnage dans les directions *x* et *y* de l'image, *M* et *N* sont les dimensions des placettes tests, Z(i, j) est la valeur de la radiométrie au point (i, j)

Le résultat obtenu est ensuite comparé aux valeurs mesurées *in situ (relevés de type Wolman)*. Appliquée à toutes les placettes mesurées, cette démarche permet d'établir un modèle de prédiction de la taille des particules (D50 observé/ D50 prédit) (figure 2b, n = 6; $R^2 = 0.98$) qui est ensuite appliqué sur l'ensemble de la zone d'intérêt afin de réaliser une carte granulométrique (figure 2c).

III. RESTITUTION DE LA TEMPÉRATURE D'UNE MASSE D'EAU

Le drone peut être équipé également d'une caméra thermique afin de déterminer la structure thermique d'une masse d'eau et d'identifier les zones de refuges (zones froides alimentées par les eaux souterraines). L'avantage du drone est sa flexibilité. Plusieurs acquisitions peuvent être réalisées une journée donnée, voire au cours de plusieurs semaines. Il permet également de disposer d'images à très haute résolution renseignant ainsi des chenaux de petites tailles. L'équipement est ainsi idéal pour explorer les structures thermiques spatio-temporelles des chenaux mouillés d'un lit en tresses. L'exemple présenté est celui de la Drôme.

Un drone et un para-moteur ont ainsi été utilisés sur un tronçon d'environ 1 km de long dans le secteur des Ramières du Val de Drôme. Une caméra thermique (*VarioCAM® hr Research*) dont la résolution thermique relative est d'environ 0,1°C a été installée sur ces vecteurs. Les images thermiques ont été géoréférencées à partir de photographies aériennes. En fonction des paramètres de vol, les résolutions spatiales varient entre 16 cm et 27 cm. Les températures ont été corrigées en tenant compte des effets atmosphériques. Elles ont ensuite été calibrées à partir de mesures de terrain. La



Figure 2 : *Restitution granulométrique d'un banc de galets : a) placettes granulométriques échantillonnées et mosaïque d'images, b) modèle granulométrique, c) cartographie des D50 prédits.*



Figure 3 : Variabilité thermique du tronçon de la Drôme : a) mosaïque d'images thermiques en fin de journée (18h30), b) évolution de la distribution de la température des pixels au cours de la journée (11 juillet 2011).

précision (différence entre les températures des images et celles mesurées *in situ* avec des thermomètres) est d'environ $0.7^{\circ}C \pm 0.6$.

En caractérisant la température de ce tronçon à différentes heures, nous avons mis en évidence une forte hétérogénéité thermique à la fois spatiale (figure 3a) et journalière (figure 3b). La température des chenaux courants varie avec la température de l'air. En revanche, la température des chenaux alimentés par des eaux souterraines est relativement constante au cours de la journée. L'après-midi, lorsque les températures du chenal principal de la rivière peuvent atteindre plus de 26°C, ces chenaux sont beaucoup plus froids (environ 16°C) et peuvent ainsi servir de zones refuges [Wawrzyniak *et al.*, 2013].

IV. CONCLUSION

Ces développements méthodologiques démontrent l'intérêt des images drones pour caractériser les habitats fluviaux immergés ou émergés ou suivre l'effet de certaines actions humaines, en premier lieu les actions de restauration consécutives à la mise en œuvre de la DCE. Cela concerne par exemple la modélisation des préférendums d'habitat piscicole ou l'étude comportementale d'espèces piscicoles dans les zones de forts contrastes thermiques Cela concerne également le suivi d'espèces riveraines invasives, ou encore le suivi de la durée de vie de bras mort restaurés en lien avec leur sédimentation ou encore de la réponse morphologique ou granulométrique d'un chenal à la suite de différentes actions réparatoires (recharge sédimentaire, reméandrage, recréation de faciès ...).

V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CARBONNEAU P., PIEGAY H., LEJOT J., DUNFORD R., MICHEL K. (2012) — Hyperspatial Imagery in Riverine Environments, Fluvial Remote Sensing for Science and Management. Wiley. 8 163-191
- LEJOT J., PIÉGAY H., HUNTER P.D., MOULIN B., GAGNAGE M. (2011) — Characterisation of alluvial plains by remote sensing : case studies and current stakes. *Géomorphologie, relief, processus et environnement.* 2 157-172
- WAWRZYNIAK V., PIEGAY H., ALLEMAND P., VAUDOR L., GRANDJEAN P. (2013) — Prediction of water Temperature Heterogeneity Of Braided Rivers Using Very High Resolution Thermal Infrared (TIR) Images. *International Journal of Remote Sensing*. 34(13) 4812-4831