

Suivi des processus de revégétalisation en lit endigué sur des bancs déboisés et arasés : le cas de l'Isère en Combe de Savoie

Monitoring the re-establishment of vegetation after clear-cutting and bar lowering: the case of the Isère River in Combe de Savoie

GODFROY Julien¹, BORGNIET Laurent¹, BOISSY Thibault², MELUN Gabriel³, PIÉGAY Hervé⁴, JANSSEN Philippe¹

¹ Univ. Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM, St-Martin d'Hères, France

² Syndicat Mixte de l'Isère et de l'Arc en Combe de Savoie, Albertville, France

³ Office Français de la Biodiversité (OFB), Direction de la recherche et de l'appui scientifique, Vincennes, France

⁴ Univ. of Lyon, ENS Lyon, CNRS, UMR 5600 EVS, Lyon, France

RÉSUMÉ

Afin de comprendre et caractériser les effets des travaux destinés à limiter les processus de végétalisation en rivière, il est nécessaire de s'appuyer sur des données d'évaluation fiables des trajectoires des milieux riverains, cela tant dans les phases de diagnostic que dans les phases post-travaux. Les outils de la télédétection fluviale sont importants pour répondre à ces enjeux car ils permettent de réaliser un suivi standardisé et sont de plus en plus accessibles aux gestionnaires des cours d'eau. En prenant pour exemple le cas de l'Isère en Combe de Savoie où la végétalisation des bancs entraîne une perte de biodiversité et une augmentation des risques d'inondation, nous montrons l'intérêt d'un suivi à haute résolution spatiale et temporelle par drone pour caractériser les dynamiques spatio-temporelles de la végétation après les travaux de déboisement, de dessouchage et de remodelage des bancs. Pour ce faire, nous nous appuyons sur des campagnes biannuelles encadrant la saison végétative et permettant de retracer la dynamique des tâches de sédiments fins et de végétation qui se sont développées sur les bancs. En évaluant l'âge, la croissance et la réponse des unités végétales aux crues hivernales au cours du temps, ces données permettent de caractériser les dynamiques de recrutement et d'établissement des végétations et ainsi de comprendre plus globalement l'évolution des formes fluviales suite aux interventions. Croiser ces dynamiques avec l'hydrologie au cours de la saison estivale permettra par la suite de mieux évaluer ses effets sur le recrutement et l'établissement de la végétation.

ABSTRACT

To understand and characterize the effects of works aimed at limiting vegetation encroachment, it is necessary to rely on accurate data on the trajectories of riparian environments both in the diagnosis phase and after vegetation removal. Remote sensing tools are key in meeting those challenges as they enable standardised monitoring and are increasingly available to river managers. Using a case study on the Isère River in Combe de Savoie where the revegetation of gravel bars is leading to a loss of biodiversity and an increase in flood risks, we demonstrate the value of high spatial and temporal resolution monitoring using drones to characterise the spatio-temporal dynamics of vegetation following clearing, stump removal and the reshaping of gravel bars. To do this, we use bi-annual campaigns during the growing season to retrace the dynamics of fine sediments and vegetation patches that have colonized the gravel bars. By assessing the age, growth and responses of vegetation units to winter floods over time, these data make it possible to characterize the dynamics of vegetation recruitment and establishment and thus to gain a more general understanding of the evolution of fluvial forms following interventions. Coupling these dynamics with the hydrology during the summer season will enable a better assessment of its effects on the recruitment and establishment of vegetation.

MOTS CLÉS

Biogéomorphologie, Dynamiques spatio-temporelles, Suivi, Télédétection, Végétation riveraine

Biogeomorphology, Monitoring, Remote sensing, Riparian vegetation, Spatio-temporal dynamics

1 INTRODUCTION

Les cours d'eau sont soumis à des pressions anthropiques multiples qui induisent des ajustements biomorphologiques qui peuvent changer les conditions d'inondation. La végétalisation des lits fluviaux qui conduit à la rétraction du lit actif et à la réduction de sa capacité hydraulique est un problème important qui conduit à des travaux : déboisement et arasement des bancs. Une fois ces travaux réalisés, se pose la question de l'évolution et de l'évaluation des milieux déboisés. Afin de produire des connaissances fondamentales et opérationnelles sur le fonctionnement des cours d'eau soumis à des processus de végétalisation, des suivis post-travaux des trajectoires physiques et écologiques du lit et des milieux riverains sont souvent mis en place.

Aujourd'hui, les outils du domaine de la télédétection fluviale se démocratisent et offrent des possibilités de suivi de la dynamique des hydrosystèmes. Cependant, la dynamique de la végétation riveraine pionnière et ses interactions avec la dynamique hydro-sédimentaire du cours d'eau reste difficile à évaluer car la résolution temporelle des campagnes de suivi est souvent trop limitée [1]. Pourtant, les interactions bio-géomorphologiques jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des cours d'eau et peuvent fortement structurer les trajectoires post-travaux des rivières [2].

Dans cette communication, nous mettons en évidence l'intérêt de mettre en place un suivi de la reprise de la végétation après travaux par des campagnes drone à haute résolution spatiale et temporelle. En prenant l'exemple de l'Isère en Combe de Savoie pour lequel le syndicat de rivière a mis en place un suivi après travaux, nous montrerons comment ces données nous ont permis de caractériser les dynamiques sédimentaires et écologiques qui ont favorisé une revégétalisation des bancs dévégétalisés.

2 SITE D'ETUDE

L'Isère en Combe de Savoie a subi des phases d'aménagement successifs ayant conduit à l'endiguement de l'intégralité de son linéaire et à la régulation de son hydrologie par des barrages. Les aménagements successifs ont conduit à la modification du fonctionnement hydro-sédimentaire et à la métamorphose du lit de la rivière, qui est passé d'un système en tresse à des bancs alternés initialement mobiles, qui se sont progressivement végétalisés à partir des années 1990. Cette végétalisation a pour conséquence de stabiliser les bancs, ce qui conduit à piéger d'importantes quantités de sédiments fins et à créer de véritables îlots végétalisés occupant entre 50% et 2/3 du lit endigué. Cela entraîne un exhaussement de la ligne d'eau dans l'espace inter-digues, générant des enjeux forts liés au risque inondation et à la préservation de la biodiversité [3,4].

Partant de ce constat, des travaux de restauration du lit ont été menés par le Syndicat mixte de l'Isère et de l'Arc en Combe de Savoie (SISARC). Ces travaux ont consisté à déboiser les atterrissements végétalisés, à terrasser et exporter les sédiments fins accumulés (1 Mm³ de limons exportés entre 2017 et 2023) et se sont terminés par un remodelage des bancs de galets initialement « fossilisés » sous les limons pour atteindre une côte favorisant leur ennoisement dès la fin du chantier, ceci afin notamment de maximiser leur potentiel de mobilité. Ces premiers travaux constituent une première étape et se placent dans une vision plus globale de la gestion du lit de l'Isère, intégrant une seconde étape qui cherche à identifier les actions pouvant permettre le maintien de la rivière dans une morphologie à bancs nus.

3 MATERIEL & METHODES

Afin de suivre les évolutions du lit post-travaux, le SISARC a dès la fin des premières phases de chantier procéder à l'acquisition d'orthoimages par drone (RGB, 5 cm/pixel). Depuis 2018 l'évolution des bancs et notamment de la végétation est suivie sur un tronçon de 6 km après les travaux. Chaque année, deux images ont été acquises, l'une en début de saison végétative, l'autre en fin de saison végétative. Ces données permettent d'observer les dynamiques saisonnières de la végétation pionnière ligneuse (saules et peupliers) en réponse aux travaux.

Dans le cadre de la présente étude, des réseaux de neurones convolutifs (CNN) ont été entraînés afin de classifier les pixels des images en utilisant le module OTBTF [5] et extraire des classes d'occupation du sol. Six classes d'occupation du sol dans la bande active ont été prédites : « eau profonde », « eau peu profonde », « ombre portée », « végétation », « sédiments fins » et « sédiments grossiers ». Pour chaque modèle, un jeu de calibration – validation (80%–20%) a été mobilisé en digitalisant manuellement 25 polygones par classe puis en sélectionnant aléatoirement 100 points dans chaque polygone.

Les cartes d'occupation du sol ainsi réalisées ont été post-traitées et nettoyées afin d'en extraire la végétation pionnière à chaque date. Ces couches ont ensuite pu être exploitées avec des opérations d'intersection spatiale

afin de retracer l'âge et la dynamique des tâches de végétation sur les bancs (considérées ici comme ayant une superficie $\geq 2 \text{ m}^2$ comme dans [1]). Des informations synthétiques sur la couverture de la végétation à l'échelle du tronçon et des bancs ont également pu être extraites après avoir subdivisé le tronçon étudié en unités plus petites de longueur régulière.

4 RESULTATS

4.1 Cartographie de l'occupation du sol par drone

Du fait de différences radiométriques entre les images limitant la transférabilité des analyses, un modèle a été établi pour chaque date ($n = 12$). La précision globale des modèles est comprise entre 0.86 et 0.98 et atteint une précision comprise entre 0.96 et 1 pour la seule classe de « végétation ».

L'observation visuelle des cartographies établies en appliquant le modèle à l'ensemble du tronçon étudié montre néanmoins des erreurs courantes, révélant des limites associées à ces approches. La plus faible précision globale de certaines classifications semble liée à une plus forte turbidité de l'eau rendant plus difficile la discrimination entre les classes « eau profonde », « eau peu profonde » et « sédiments fins ». Malgré une bonne détection de la végétation, celle-ci reste limitée à des tâches de l'ordre de plusieurs pixels et ne détecte pas les semis isolés. De plus, la végétation liée au développement algal est détectée et produit des artefacts qui ont dû être nettoyés manuellement, et aucune information n'a pu être obtenue dans l'ombre portée de la végétation des berges.

4.2 Trajectoire de la végétation riveraine dans l'Isère en Combe de Savoie

Les cartographies produites ont permis de retracer la dynamique spatio-temporelle des tâches de végétation à l'échelle du tronçon. A titre d'exemple, un banc est présenté en Figure 1. En 1A et en 1B, les cartographies des tâches de végétation mettent en évidence leur âge et leur croissance latérale, en considérant deux échelles spatiales. Ainsi, la plus large tâche de végétation sur l'emprise de ce banc cartographiée en 2023 était déjà présente sous la forme d'individus sporadiques lors de la saison estivale 2018. La présence de tâches de végétation plus vieilles ne se retrouvant pas les années suivantes montre quant-à-elle les effets destructifs des crues hivernales sur la végétation. Cela concerne plus spécifiquement les superficies végétalisées localisées en tête de bancs présentes en 2019. Par ailleurs, des processus érosifs le long de la tâche de végétation ayant survécu jusqu'en 2023 ont pu être mis en évidence. Enfin, au cours des saisons végétatives 2022 et 2023, une dynamique de recrutement de la végétation pionnière a été favorisée en aval de cette grande tâche, sans doute en lien avec la très faible hydrologie printanière et estivale qui a empêché la submersion des bancs.

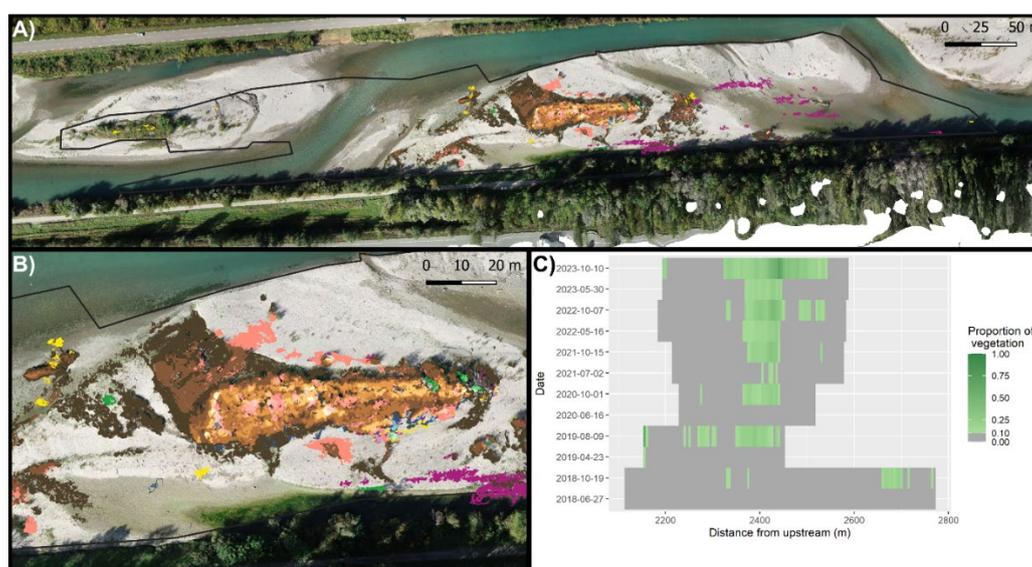


Figure 1 – Trajectoire de la végétation riveraine sur un banc de l'Isère en Combe de Savoie depuis les travaux de déboisement et d'arasement. (A) & (B) : cartographie des tâches de végétation et croissance latérale annuelle. (C) : évolution de l'emprise longitudinale du banc et des superficies végétalisées associées pour chaque date.

En 1C, une représentation graphique de la dynamique d'évolution des surfaces végétalisées sur le banc au cours du temps est proposée. Elle permet de mettre en évidence une remobilisation rapide des sédiments présent à l'aval du banc dévégétalisé et arrasé au cours de l'hiver 2019, suivi d'une élongation de ce dernier en 2020 et en 2021, dans la continuité de la tâche de végétation qui s'y est développée. Aux premiers stades de son développement, cette tâche n'est détectée qu'en fin de saison végétative et ne se retrouve pas l'année suivante en début de saison. Sa continuité spatiale et temporelle permet cependant de montrer la capacité de rejet de la végétation pionnière suite à son ensevelissement au cours de l'hiver. Enfin, les analyses mettent en évidence la possibilité pour des individus plus isolés de survivre aux hautes eaux hivernales en s'implantant de façon durable en milieu de banc ou en queue de banc. En interagissant avec les flux de sédiments, ces petites tâches permettent le piégeage des fines et la construction de formes fluviales favorables à leur extension et à une plus grande colonisation du banc, cela en l'espace de quelques années.

5 DISCUSSION – CONCLUSION

Nos résultats mettent en avant l'intérêt des séries temporelles longues de données drones pour suivre les trajectoires évolutives des milieux riverains pionniers après intervention et comprendre leur dynamique, comme cela a été mis en place dans le cas de l'Isère en Combe de Savoie. Ils soulignent l'importance de la dynamique végétale dès la fin des interventions et notamment l'importance des rejets qui rendent la végétation, même jeune, très résiliente aux crues. En effet, malgré la destruction de certaines tâches de végétation au cours des saisons hivernales, le développement rapide de larges superficies végétalisées sur les bancs remaniés par les travaux contraint sans doute fortement leur mobilité. Il convient cependant de garder à l'esprit que l'hydrologie de l'Isère sur la période étudiée (*i.e.*, 2018 – 2023) n'a pas permis de documenter les effets de crues d'importance (*i.e.*, de l'ordre de la décennale). Ceci fera l'objet des prochains travaux, l'année 2024 qui a fait l'objet de suivis ayant enregistré au cours de l'hiver une crue cinquantennale suivi d'une crue décennale. Par ailleurs, la mise au regard de ces dynamiques de végétation avec l'hydrologie estivale permettra de comprendre quelles sont les conditions hydrologiques les plus favorables au recrutement et à la survie des semis. En effet, il s'agit là d'une étape clé du processus de végétalisation qui, si elle est mieux comprise, ouvrira potentiellement la voie pour limiter le développement végétal par des lâchers hydrologiques ou des actions mécaniques.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] O'Briain, R., Corenblit, D., Garófano-Gómez, V., O'Leary, C., 2024. Towards biogeomorphic river restoration: Vegetation as a critical driver of physical habitat. *River Research and Applications* 40, 1087–1105. <https://doi.org/10.1002/rra.4288>
- [2] Raepple, B., Piégay, H., Stella, J.C., Mercier, D., 2017. What drives riparian vegetation encroachment in braided river channels at patch to reach scales? Insights from annual airborne surveys (Drôme River, SE France, 2005-2011). *Ecohydrology* 16. <https://doi.org/10.1002/eco.1886>
- [3] Jourdain, C., 2017. Action des crues sur la dynamique sédimentaire et végétale dans un lit de rivière à galets : l'Isère en Combe de Savoie (These de doctorat). Université Grenoble Alpes (ComUE).
- [4] Serlet, A.J., Gurnell, A.M., Zolezzi, G., Wharton, G., Belleudy, P., Jourdain, C., 2018. Biomorphodynamics of alternate bars in a channelized, regulated river: An integrated historical and modelling analysis. *Earth Surface Processes and Landforms* 43, 1739–1756. <https://doi.org/10.1002/esp.4349>
- [5] Cresson, R., 2019. A Framework for Remote Sensing Images Processing Using Deep Learning Techniques. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 16, 25–29. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2018.2867949>