

GALET : UN OUTIL DE GRANULOMETRIE PAR INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

GALET: artificial intelligence tool for granulometry

Véronique BENACCHIO* (1), **Alexandre BARATIER** (1), **Johan BERTHET** (1), **Christian MÖRTL** (2), **Giovanni DE CESARE** (2), **Pierre-Allain DUVILLARD** (1)

(1) Styx4D, Le Bourget-du-Lac, France ; (2) EPFL, Lausanne, Suisse

*auteur correspondant

L'étude de la granulométrie est l'un des enjeux principaux en ce qui concerne la caractérisation des cours d'eau (connaissance et modélisation des processus hydro-sédimentaires, conception d'opérations de restauration, calibrage de ré-injection de particules, ...). Or, ces données, bien que fondamentales, sont très souvent lacunaires dans les études en hydromorphologie. L'effort de terrain nécessaire à leur acquisition est très important et les échantillonnages manuels comme la méthode « Wolman » [1] font souvent office de référence en la matière. L'imagerie se présente comme une alternative engageante, ce qui a conduit au développement de nombreux logiciels de détection des sédiments de manière automatisée. Les possibilités de l'intelligence artificielle (IA) semblent particulièrement intéressantes en la matière.

1. GALET : un nouvel outil automatisé pour la granulométrie

En IA, les données d'entraînement sont cruciales pour l'efficacité des modèles. Pour une application en granulométrie, elles restent délicates à obtenir car elles font encore intervenir des techniques manuelles d'étiquetage des particules. Le logiciel GALET fait appel à une stratégie de génération automatique d'images d'entraînement, qui a permis de produire un jeu de données conséquent et d'obtenir de très bons résultats [2]. Il est basé sur l'utilisation du modèle de segmentation Mask R CNN [3]. Ce dernier a été ré-entraîné pour les besoins de la granulométrie avec environ 10 000 images représentant des galets et générées de manière aléatoire en partie.

L'outil GALET se présente sous la forme d'une interface utilisateur implémentée sous QGIS. Il permet la détection automatique de particules sur des images géoréférencées. Les résultats de l'outil sont fournis sous forme de couches vecteur géoréférencées, où chaque particule détectée est caractérisée par une mesure de sa taille (axe b). Ce format des résultats permet de nombreuses applications, qui vont bien au-delà des simples statistiques de distribution granulométrique.

La reconnaissance d'objets de GALET permet de ne pas segmenter la végétation, ni les dépôts sableux, ce qui altérerait les prédictions. De plus, le type de données d'entraînement utilisées permet d'estimer la forme complètes des galets, même s'ils sont recouverts en partie.

2. Des mesures granulométriques possibles à large échelle

Le potentiel de l'outil GALET a été éprouvé sur plusieurs sites. Il garantit la possibilité de réaliser des échantillonnages granulométriques à large échelle. Une étude menée sur 15 bancs de la rivière d'Ain a notamment permis de comparer les résultats d'échantillonnages Wolman (5 000 particules mesurées) aux résultats de GALET (14 000 000 particules détectées) et de montrer la proximité des distributions granulométriques estimées dans les deux cas [2].

L'imagerie permet, en un temps réduit, de réaliser des échantillons importants, sur toute la surface des bancs de galets et de manière relativement exhaustive le long des linéaires de cours d'eau. L'analyse de la distribution spatiale des tailles de particules est ainsi possible et permet par exemple, à l'échelle d'un banc, la détection de chenaux de crue ou de phénomènes de pavage.

La méthode de GALET présente toutefois quelques limites. Elle est avant tout dépendante de la qualité des images étudiées et donne de moins bons résultats avec des résolutions plus grossières [2]. Sur des images de très haute résolution, le processus de segmentation conduit parfois tout de même à des détections de grains en plusieurs parties, notamment sur les plus grosses particules, ou bien à des fausses détections et des non-détections. L'outil GALET se limite aux études en milieux exondés pour le moment.

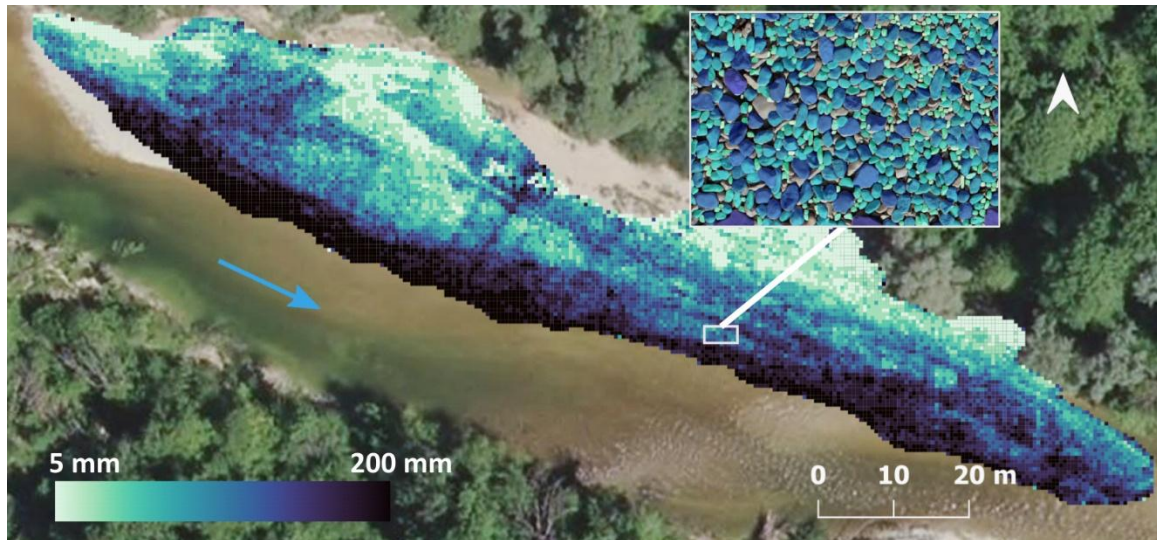


Figure 1 : Distribution granulométrique (médiane locale sur des cellules de 1 m^2) sur un banc de la rivière d'Ain, avec exemple des détections effectuées par GALET.

3. Perspectives de développement de l'outil GALET

Les perspectives de ces travaux sont donc variées. Il s'agit d'une part de poursuivre les efforts d'amélioration de la méthode, notamment via l'entraînement du modèle de segmentation. Le lot d'images d'entraînement pourrait être complété et réactualisé (images plus réalistes, granulométrie plus variée, ...) dans ce but. Le modèle Mask R CNN est déjà largement dépassé (performance, stabilité, rapidité, utilisation des ressources, etc.) par d'autres plus récents [4], qui pourraient le remplacer dans l'outil. Des algorithmes de super-résolution [5] pourraient également y être ajoutés afin de maximiser les détections en optimisant la qualité des images à traiter.

Ces améliorations seraient avantageuses, car les retombées et applications interdisciplinaires de l'outil GALET sont nombreuses. Connaître la distribution granulométrique d'une rivière permet non seulement d'estimer la mobilité des particules et donc de mieux anticiper les risques associés, mais aussi de pouvoir planifier la conception ou la gestion d'ouvrages hydroélectriques, dont la productivité peut être altérée par la dynamique sédimentaire. Détecter des patrons granulométriques pourrait permettre de localiser certains habitats, tels que des frayères, par exemple. L'adaptation de l'outil pour une utilisation en milieux immergés serait pertinente en ce sens.

REFERENCES

- [1] Wolman, M. G. (1954). "A method of sampling coarse river-bed material." Transactions, American Geophysical Union, 35(6), 951.
- [2] Mörtl C., Baratier A., Berthet J., Duvillard P-A. and De Cesare G. (2022). "GALET: A deep learning image segmentation model for drone-based grain size analysis of gravel bars." Proceedings of the 39th IAHR World Congress, Granada, Spain, 5326-5335
- [3] He, K., Gkioxari, G., Dollar, P., and Girshick, R. (2017). "Mask R-CNN." 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), IEEE, Venice, 2980–2988
- [4] Fang Y., Wang W., Xie B., Sun Q., Wu L., Wang X., Huang T., Wang X., and Cao Y. (2022). "EVA: Exploring the Limits of Masked Visual Representation Learning at Scale". *arXiv preprint arXiv:2211.07636v2*
- [5] Liang, J., Cao, J., Sun, G., Zhang, K., Van Gool, L., and Timofte, R. (2021). "Swinir: Image restoration using swin transformer". Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 1833–1844