

Déficit sédimentaire et restauration des rivières de la Montagne Noire : identification des sources sédimentaires mobilisables

Sediment deficit and river restoration in the Montagne Noire : identifying mobilizable sediment sources

Mathieu Brun^{*a}, Gilles Arnaud-Fassetta^a, Dov Corenblit^b, Gabriel Melun^c

^a UMR 8586 PRODIG, Université Paris Cité, France.

^b CRBE, Université Toulouse 3 Paul Sabatier

^c Office Français de la Biodiversité

* mathieu.brun31@gmail.com

RÉSUMÉ

Les rivières de la Montagne Noire, historiquement en tresses au Petit Âge Glaciaire, ont été modifiées dès le XVII^e siècle, passant à un lit unique et sinueux suite à des aménagements (corsetage, seuils). La crue majeure de 1999, couplée aux nouvelles politiques publiques (DCE et LEMA), ont initié des projets de restauration fluviale. Ces efforts visent à favoriser un décloisonnement des cours d'eau, permettant un fonctionnement naturel des bandes actives, caractérisé aujourd'hui par une métamorphose fluviale et un retour du tressage. Les études sur le transport de la charge solide et le bilan sédimentaire soulignent un déficit sédimentaire marqué, contribuant à une incision accrue des lits fluviaux, notamment en période d'hydrologie ordinaire (Arnaud-Fassetta et al., 2024). De nouveaux travaux explorent les sources sédimentaires disponibles dans les bassins versants, notamment dans les bancs alluviaux, les berges et les versants de la Montagne Noire. Ces données récentes offrent aux gestionnaires des outils précieux pour orienter et optimiser leurs prochaines opérations de restauration fluviale.

ABSTRACT

The rivers of the Montagne Noire, historically braided during the Little Ice Age, were modified from the 17th century, changing to a single, meandering bed following developments (corseting, weirs). The major floods of the 2000s, coupled with new public policies (WFD and LEMA), initiated river restorations projects. These efforts aim to promote the decompartmentalization of watercourses, allowing natural functioning of active bands, characterized today by a fluvial metamorphosis and a return to braiding.

Studies on the transport of solid load and the sediment balance highlight a marked sediment deficit, contributing to increased incision of river beds, particularly during ordinary hydrological periods (Arnaud-Fassetta et al., 2024). New work explores the sediment sources available in the watersheds, particularly in alluvial banks, in the banks or in the old cultivation terraces of the Montagne Noire. These recent data provide managers with valuable tools to guide and optimize their next ecological restoration operations.

MOTS CLÉS

dynamique sédimentaire, hydrogéomorphologie, Méditerranée, restauration fluviale, rivières torrentielles.

sedimentary dynamic, hydrogeomorphology, Mediterranean, river restoration, torrential rivers.

1 INTRODUCTION

1.1 Cadre thématique

Les rivières de la Montagne Noire, affluentes de l'Aude, présentaient naturellement une morphologie en tresses durant le Petit Âge Glaciaire. Toutefois, à partir des XVII^e et XVIII^e siècles, elles ont fait l'objet d'importants aménagements tels que le corsetage, l'établissement de seuils et la rectification de leur tracé. Ces transformations ont conduit à une modification du style fluvial, passant d'un lit en tresses à un lit unique et sinueux (Arnaud-Fassetta et al., 2024). Ce processus a également entraîné un appauvrissement significatif des milieux aquatiques, lié à la simplification des formes fluviales et à l'altération des marges riveraines.

La crue des 12 et 13 novembre 1999 a fortement impacté les hydrosystèmes audois, révélant les limites des infrastructures existantes (Arnaud-Fassetta et al., 2002). Parallèlement, l'adoption de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA), qui ont introduit des objectifs ambitieux en matière de restauration des rivières visant à améliorer leur état écologique, sont adoptées. Ces deux faits marquants vont alors encourager les politiques publiques du territoire à repenser les approches d'aménagement des cours d'eau et amorcer plusieurs opérations de décroisement des rivières. Ces initiatives ont permis une évolution progressive des rivières vers un fonctionnement naturel des bandes actives, marqué par une métamorphose fluviale et un retour à un style divagant ou en tresses.

1.2 Cadre scientifique

La restauration des cours d'eau vise à réhabiliter des écosystèmes fluviaux dégradés, en réponse aux impacts humains et à la perte de biodiversité. Elle repose sur des approches intégrant écologie, hydrologie et géomorphologie, cherchant un équilibre entre préservation des processus naturels et contraintes locales.

Les principaux objectifs de la restauration fluviale incluent le rétablissement d'écosystèmes fonctionnels et résilients. Cette démarche passe par la préservation de la biodiversité, notamment en recréant une forte variation d'habitats (Lévêque, 2021). Elle vise également à améliorer les services écosystémiques tels que la régulation des crues, la protection contre l'érosion des sols et l'approvisionnement en eau. Les interventions en restauration fluviale se répartissent en deux grandes catégories. D'une part, les interventions morphologiques, qui s'attachent à restaurer les formes physiques des cours d'eau, notamment les lits mineurs, les bandes actives et les zones de tressage, afin de rétablir les processus d'écoulement et de sédimentation (Brousse, 2020). D'autre part, les actions écologiques, qui visent à améliorer la qualité des habitats et des écosystèmes associés, notamment en renforçant les populations biologiques et la végétation riparienne.

Plutôt que de chercher à recréer un état naturel originel, il convient de s'appuyer sur une analyse des trajectoires historiques des cours d'eau pour mieux comprendre leurs évolutions. Cette démarche permet de prendre en compte les pressions locales actuelles, comme l'urbanisation ou les usages agricoles, afin de restaurer des processus écologiques durables et adaptés au contexte moderne (Lévêque, 2021).

1.3 Objectifs de la recherche

Ce travail de thèse vise à comprendre les trajectoires d'ajustement des nouvelles bandes actives et à évaluer les impacts des dynamiques torrentielles des bassins versants en termes d'érosion, de transport solide, de régénération des formes fluviales et de création de nouveaux habitats. La recherche étudie la métamorphose fluviale de ces cours par le prisme de différentes échelles spatiales (locales : zones de restauration et globales : bassin versant) et temporelles (périodes d'hydrologie ordinaire et périodes de crues morphogènes) tout en prenant compte des évolutions liées aux changements climatiques en cours.

Cette recherche vise à identifier les sources sédimentaires mobilisables dans les bassins-versants étudiés afin de lutter contre l'incision du lit en faisant l'hypothèse que (i) le volume disponible sur place permet de limiter l'incision et (ii) les sédiments les plus propices à une recharge sédimentaire se trouvent dans les berges.

2 METHODOLOGIE

2.1 Dynamique de la charge de fond

L'analyse de la dynamique de la charge de fond des bassins versants étudiés combine des suivis réguliers de galets équipés de capteurs et l'analyse de plusieurs modèles numériques de terrain (MNT). L'objectif est de vérifier le rôle de ces zones de restauration dans le stockage hydrosédimentaire et l'absorption de l'énergie des crues. Cette vérification a été réalisée en quantifiant (i) les dynamiques de transport de lit dans les bassins versants, et (ii) le bilan sédimentaire

Entre 2012 et 2022, 1618 galets équipés de transpondeurs RFID ont été injectés et suivis dans les bassins de versants étudiés. Les distances de déplacement des galets ont été exprimées en fonction du nombre de jours par an, en prenant en compte les débits supérieurs aux seuils déterminés empiriquement. Deux techniques de suivi ont été utilisées : des pit tags passifs ont été initialement déployés, suivis par l'introduction de pit tags actifs en 2021, permettant de tracer les mouvements des galets et de mieux comprendre les dynamiques de transport dans les lits (Arnaud-Fassetta et al., 2024 ; Liébault et al., 2024).

Pour quantifier les bilans sédimentaires, plusieurs relevés LiDAR ont été réalisés (2016, 2019, 2020, 2021 et 2023). Ces données ont permis de produire des modèles numériques de terrain (MNT) à haute résolution, permettant d'analyser l'évolution tridimensionnelle des formes alluviales. La comparaison de ces MNT entre différentes dates a permis de mesurer les zones d'accumulation et d'érosion, fournissant des bilans sédimentaires précis (Arnaud-Fassetta et al., 2024 ; Lallias-Tacon et al., 2014).

2.2 Sources sédimentaires mobilisables

Face au déficit sédimentaire observé, l'étude s'est également penchée sur les sources potentielles de sédiments mobilisables. Les études ont été menées sur le volume sédimentaire des anciennes terrasses de cultures de la Montagne Noire, sur les bancs alluviaux et dans les anciennes bandes actives actuellement fossilisées.

Les outils SIG couplés à des campagnes de terrain ont permis de délimiter correctement les différentes entités morphologiques et d'en extraire des volumes sédimentaire potentiellement mobilisable. Des échantillonnages granulométriques in situ ont permis d'estimer cette charge sédimentaire mobilisable. Cet échantillonnage a consisté à prélever des quadras de 50 cm³. Ces matériaux ainsi prélevés ont été pesés dans leur globalité mais surtout par différentes classes granulométriques (0-8 mm ; 8 – 32 mm ; 32 – 64 mm ; 64 – 128 mm ; 128 – 256 mm). Ces différentes classes ont été séparés à l'aide d'un tamis de maille de 8mm et d'un pied à coulisse.

3 RESULTATS

3.1 Dynamique de la charge de fond

Les premiers résultats montrent l'efficacité des zones de restauration pour réduire l'énergie des cours d'eau. Par exemple, la vitesse de déplacement des galets a été divisée par cinq dans les zones de restauration qui contribuent également au stockage sédimentaire lors des crues morphogènes. Cependant, un important déficit sédimentaire est observé dans les bassins versants, ce qui provoque, en périodes d'hydrologie ordinaire, une incision accrue du fond du chenal (Arnaud-Fassetta et al., 2024).

Le bilan sédimentaire des sites restaurés reste actuellement négatif, en partie en raison de la faible fréquence des crues importantes ces dernières années (la dernière remonte à 2018) et d'un faible apport des affluents. Cette situation met en lumière la nécessité d'une mobilisation supplémentaire des sédiments disponibles dans le bassin versant.

3.2 Sources sédimentaires mobilisables

Les rivières à charge graveleuse des bassins étudiés présentent des caractéristiques granulométriques similaires. Les bancs sédimentaires sont les volumes les plus facilement remobilisables, mais ne suffisent pas à équilibrer les volumes sédimentaires transportés vers l'aval. Les terrasses de culture, bien que riches en sédiments, sont difficilement activables en raison, notamment, d'une importante végétation qui recouvre les versants. Les anciennes bandes actives, en revanche, représentent une source prometteuse de mobilisation sédimentaire qui doit nécessiter un accompagnement adapté pour en garantir sa mobilité.

4 DISCUSSIONS

Ce travail met en évidence plusieurs éléments clés dans la recherche d'une bonne restauration fluviale. D'une part, il montre que la restauration morphologique favorise un retour rapide aux modèles de chenaux en tresses et souligne d'autre part, l'importance des crues ordinaires dans l'équilibre hydrosédimentaire. Enfin, l'étude met en avant la nécessité de combiner analyses systémiques à l'échelle du bassin-versant et interventions spécifiques pour atteindre des résultats durables.

La prochaine étape de cette thèse évaluera les possibilités de stockage des sédiments mobilisés en amont. L'influence de la ripisylve, dans la division des flux et le piégeage sédimentaire, sera explorée. Par ailleurs, l'élargissement des bandes actives et la diminution de la pente du chenal pourraient réduire l'énergie des cours d'eau, améliorant ainsi les conditions pour une métamorphose durable. Ces analyses tiendront également compte des projections climatiques et de l'occurrence future des crues morphogènes, facteurs cruciaux pour le succès des stratégies de restauration à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnaud-Fassetta G., Brun M., Brousse G., Michler L., Chauvet Y., Dorval I., Flesch C., Gonod B., Magallon N., Pignot K., Thas E., Yvars M., Berthelot P., Tourade F., Cuisenier C., Jouanny J., Krouch M., Espiaut M., Fontanieu N., Bellon T., Perrine L., Walentin V., Gros J., Vallin T., Theureaux O., Chabre C., Picot M., Fort M., Melun G., Mercier O.r, Tomanova S., Corenblit D., Housset F., Dupuis M.? Pouillat M. (2024)** – Twenty-five years of hydromorphological restoration in the high-energy, gravel-bed rivers of southern France: What are the current benefits for bedload dynamics and sediment balance in the left-bank tributaries of the Aude River within the Minervois region?. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 30, n° 2, 115-46.
DOI : <https://doi.org/10.4000/12m3m>.
- Arnaud-Fassetta G., Beltrando G., Fort M., Plet A., André G., Clément D., Dagan M., Méring C., Quisserne D., Rycx Y. (2002)** – La catastrophe hydrologique de novembre 1999 dans le bassin-versant de l'Argent Double (Aude, France) : de l'aléa pluviométrique à la gestion des risques pluviaux et fluviaux. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 8, 1, 17-34.
DOI: [10.3406/morfo.2002.1125](https://doi.org/10.3406/morfo.2002.1125)
- Berthelot P., Tourade F. (2017)** – Étude comparative de la mobilité de la charge de fond de deux rivières torrentielles méditerranéennes : les cas de la Clamoux et de l'Argent Double, Aude. Approche réflexive sur l'apport des affluents dans la recharge sédimentaire des cours d'eau. Mémoire du master 1 Géographie et sciences des territoires, université Paris-Diderot, 176 p.
- Brousse G. (2020)** – Efficacité des travaux de restauration et résilience des rivières torrentielles altérées. Thèse de doctorat en géographie, université de Paris, UMR 8586 PRODIG, 335 p.
- Lallias-Tacon, S., F. Liébault, H. Piégay. (2014)** – Step by step error assessment in braided river sediment budget using airborne LiDAR data. *Geomorphology*, 214, 307-23.
DOI : <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.014>.
- Lévêque C. (2021)** – Quelles rivières pour demain ? Réflexion sur l'écologie et la restauration des cours d'eau., Editions Quae., 287
ISBN : 978-2-7592-3320-5
- Liébault F., Piégay H., Cassel M., Arnaud, F. (2024b)** – Bedload tracing with RFID tags in gravel-bed rivers: Review and meta-analysis after 20 years of field and laboratory experiments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 49, 1, 147–169.
DOI : [10.1002/esp.5704](https://doi.org/10.1002/esp.5704)