

Gestion de la végétation alluviale par les débits dans les rivières endiguées : apports d'expériences de modélisation numérique

Riparian vegetation management in embanked rivers: insights from numerical modelling experiments

Camille Jourdain¹, Nicolas Claude², Germain Antoine^{1,2}, Pablo Tassi^{1,2}, Florian Cordier^{1,2}

¹ Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant / Saint-Venant laboratory for hydraulics – Ecole des Ponts ParisTech, Electricité de France Recherche et Développement, CEREMA – 6 quai Watier, BP49, 78400 Chatou, France

² Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement (LNHE) – Electricité de France R&D – 6 quai Watier, 78400 Chatou, France

RÉSUMÉ

Au cours du XXe siècle, les lits de nombreuses rivières ont été sujets à l'installation de végétation alluviale, ce qui présente des enjeux en termes de risques d'inondation et de biodiversité. Dans les rivières aménagées, manipuler artificiellement le régime hydrologique de manière à limiter le développement de la végétation sur les bancs alluviaux est une option de plus en plus considérée par les gestionnaires. Dans ce contexte, cette étude cherche à mieux caractériser les interactions entre l'hydrologie et la dynamique de la végétation sur les bancs des rivières pour différents régimes d'apports sédimentaires. Nous nous intéressons spécifiquement aux rivières à bancs alternés, morphologie récurrente des tronçons endigués. L'outil retenu est la modélisation numérique hydro-sédimentaire 2D, puisqu'elle permet d'explorer un large panel de scénarios hydrologiques sur des géométries de lit complexes. Un module de végétation dynamique a été développé dans le système de modélisation TELEMAC-MASCARET, représentant le cycle de vie d'un type de végétation dont le fonctionnement correspond à celui des Salicacées. Les premiers résultats montrent que la distribution de la végétation sur les bancs dépend de l'intensité de la dynamique morphologique de la rivière, et que la végétation est extrêmement efficace pour fixer les bancs. L'influence des crues, des étiages et des apports sédimentaires vis-à-vis de la dynamique de la végétation sont en cours d'investigation.

ABSTRACT

Throughout the 20th century, many rivers worldwide have undergone important riparian vegetation encroachment. This trend can be problematic in terms of flood risks and biodiversity. In managed rivers, manipulating flows so as to contain vegetation development is an option which is more and more considered. Our study aims at further understanding the interactions between hydrology and vegetation dynamics in rivers with varying sediment supply regime. We are interested in alternate bar systems, a common bed morphology found in embanked reaches. This question is addressed through 2D morphodynamic numerical modelling, applied to a wide range of hydrological scenarios with complex bed morphologies. A dynamic vegetation module has been recently developed in the TELEMAC-MASCARET modelling system, representing the life cycle of Salicaceous and similar species. First results indicate that vegetation distribution within the bed depends on the intensity of morphological activity in the channel, and that vegetation is very efficient to stabilize river bars. The impact of floods, low flows, and sediment supply rates on vegetation and morphological dynamics are currently under investigation.

MOTS CLES

Biogéomorphologie, dynamique fluviale, hydrologie, modélisation numérique, végétation alluviale

1 INTRODUCTION

Au cours du XXe siècle, les lits de nombreuses rivières ont été sujets à l'installation de végétation. Ces hydrosystèmes sont souvent fortement anthropisés, et ont généralement été impactés par des altérations géomorphologiques directes telles que l'endiguement et l'extraction de granulats et par des modifications de leur régime hydrologique et sédimentaire. Ces perturbations ont conduit à une stabilisation du lit facilitant l'installation de la végétation. Celle-ci augmente le risque d'inondation en ralentissant les vitesses et en augmentant les niveaux d'eau en crue. Par ailleurs, la biodiversité est dégradée par la diminution des habitats pionniers ouverts caractéristiques de ces environnements. Manipuler artificiellement le régime hydrologique de manière à limiter le développement de la végétation sur les bancs alluviaux est une option de plus en plus considérée par les gestionnaires. Cependant, le dimensionnement d'hydrogrammes permettant de réaliser des objectifs spécifiques de gestion est difficile car la compréhension des mécanismes en jeu est encore lacunaire.

Dans ce contexte, cette étude cherche à affiner notre compréhension des interactions entre l'hydrologie et la dynamique de la végétation sur les bancs des rivières endiguées pour différentes conditions d'apports sédimentaires. L'hydrologie est considérée dans sa variabilité : hautes eaux, basses eaux, et crues. On s'intéresse spécifiquement aux rivières à bancs alternés, morphologie de lit récurrente dans les tronçons endigués et dont le fonctionnement est assez bien caractérisé dans les cas où la végétation est absente. L'outil retenu est la modélisation numérique hydro-sédimentaire bidimensionnelle, puisqu'elle permet d'explorer un large panel de scénarios hydrologiques sur des géométries de lit complexes, et pour différents régimes d'apports sédimentaires.

2 METHODES

2.1 Modèle numérique bio-hydrosédimentaire

Un module de végétation dynamique a été développé dans le système de modélisation hydraulique TELEMAC-MASCARET (www.opentelemac.org). Ce module permet de modéliser le cycle de vie d'une espèce végétale dont le fonctionnement correspond à celui des Salicacées, espèces typiques des milieux alluviaux dans les zones tempérées. Il représente le processus de la dispersion des graines, du recrutement et de la survie des semis, de la croissance de la végétation et de sa mortalité. Le recrutement des semis prend place sur les surfaces exondées et humides au cours d'une période correspondant à la dispersion des graines. Les semis survivent s'ils ne sont pas soumis au cours de la période estivale à une inondation prolongée, un dessèchement, une érosion, ou un enfouissement. À la suite de cette première saison de croissance particulièrement sensible, le diamètre et la hauteur de la végétation augmentent en fonction de l'âge de la végétation selon une loi logarithmique. Ceci augmente la force de trainée exercée par la végétation sur l'écoulement, influençant le champ des vitesses et par suite le transport des sédiments. La mortalité de la végétation de plus d'un an prend place seulement si la végétation est intégralement enfouie ou si une érosion supérieure à la profondeur des racines se produit. Pour des raisons de temps de calcul, le temps de l'évolution de la végétation est découplé du temps de la résolution de l'hydraulique et du transport solide.

2.2 Cas de simulation

Les simulations sont réalisées sur un tronçon de rivière à gravier simplifié. Ce tronçon rectiligne mesure 10 km de long et 112 m de large. Il a une pente initiale homogène de 0.002 m/m, et une granulométrie uniforme de 0.02 m. Le maillage a une résolution uniforme de l'ordre de 5 m. Dans un premier temps, on laisse le lit évoluer vers une dynamique morphologique stationnaire présentant des bancs alternés migrants sans végétation, en maintenant un débit constant de 400 m³/s sur une longue durée, avec une recirculation des sédiments. Cet état initial est présenté sur la figure 1.A. Ensuite, plusieurs scénarios hydrologiques et sédimentaires théoriques sont testés en laissant la végétation évoluer selon les règles définies par le modèle.

3 RESULTATS

Les premières simulations s'intéressent à l'impact des crues sur l'installation de la végétation sur les bancs, et sur les modifications de la dynamique morphologique du chenal qui s'ensuivent. Le scénario type répète une année hydrologique fixe, constituée de débits permettant la colonisation des bancs par la végétation au cours du printemps et de l'été, et d'une crue importante en dehors de la période de la colonisation. La morphologie et la distribution de la végétation obtenues pour trois scénarios hydrologiques sont présentées sur la figure 1 (B, C et D).

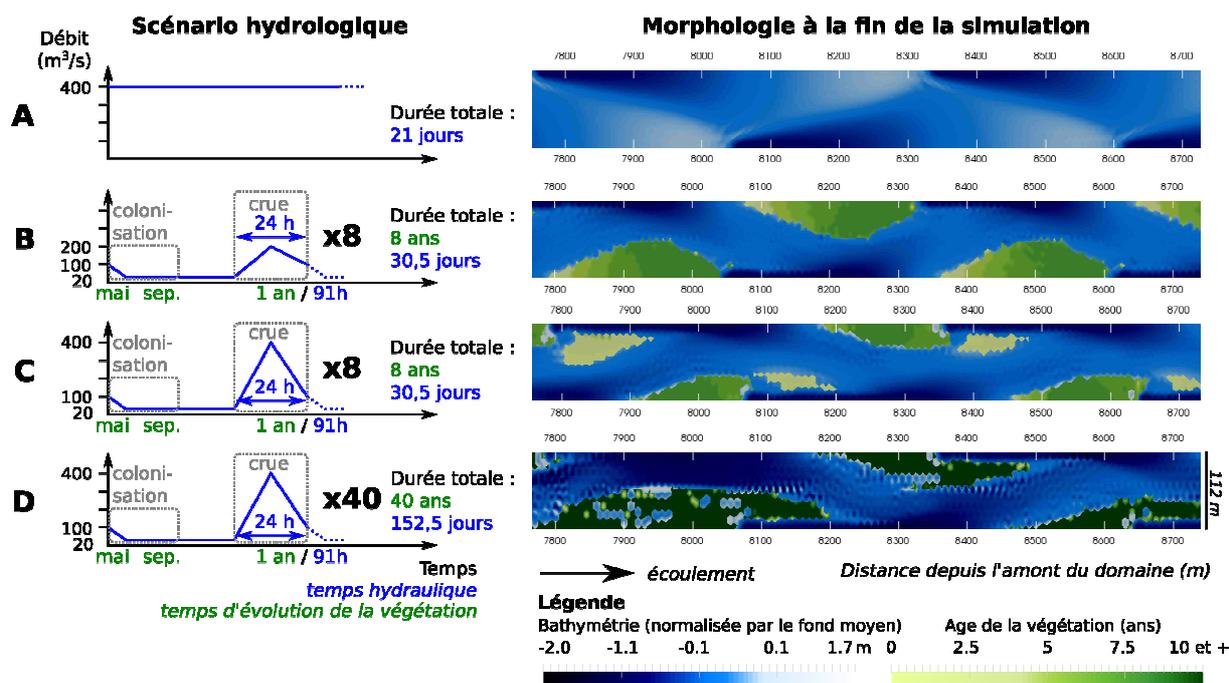


Figure 1 : Scénarios hydrologiques simulés et morphologies obtenues par la modélisation bio-hydrosédimentaire d'un tronçon de rivière endigué rectiligne. A. Bancs libres migrants sans végétation ; état initial des simulations suivantes, B. Bancs végétalisés après 8 ans pour une crue annuelle peu importante, C. Banc végétalisés après 8 ans pour une crue annuelle plus importante, et D. Etat stationnaire après 40 ans.

Au cours de l'état transitoire (passage d'un lit sans végétation à un lit végétalisé, figures 1.B et C), la distribution de la végétation sur les bancs dépend de l'intensité des crues. Sur la figure 1.B, la crue annuelle donne lieu à une mobilité du lit faible. La végétation se développe sur une surface importante ; elle favorise les dépôts en amont des bancs où la jeune végétation s'installe. Sur la figure 1.C, la crue annuelle permet une plus forte mobilité. La végétation se développe sur une surface moins importante, les bancs s'affinent et se développent vers l'aval, créant des dépôts favorables à l'installation de jeune végétation. Pour tous les scénarios testés, un état d'équilibre quasi-statique est atteint après 30 ou 40 ans. Un exemple est présenté sur la figure 1.D : la végétation est pleinement développée, les bancs sont fixes, le transport sédimentaire est confiné à une bande active quasiment figée, et on n'observe pas de création de nouvelles surfaces propices à l'installation de la jeune végétation. À partir de cet état stable, il semblerait que seuls des débits très importants sur des durées très longues puissent mobiliser les zones végétalisées du lit.

4 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les premiers résultats obtenus sont prometteurs, et correspondent à des situations observées sur des vraies rivières, par exemple sur certains secteurs de l'Isère en Combe de Savoie. Afin de conforter l'interprétation de ces résultats, une étude de sensibilité des choix de modélisation (bathymétrie initiale, formules décrivant le transport solide, etc.) et des paramètres décrivant la végétation est en cours. Par la suite, de nouveaux scénarios seront testés pour étudier en détail l'influence des débits de crue et des débits d'étiage sur la dynamique biogéomorphologique du tronçon, et ce pour différents régimes d'apport sédimentaires. Les comportements simulés seront également comparés avec des rivières réelles (Adami *et al.*, 2015, Jourdain *et al.*, 2017). À l'issue de cette étude, des pistes pour la gestion de la végétation par l'hydrologie seront proposées pour les rivières aménagées à bancs alternés.

BIBLIOGRAPHIE

- Adami L, Bertoldi W, Zolezzi G. (2016). Multidecadal dynamics of alternate bars in the Alpine Rhine River. *Water Resources Research*, 52, 8938–8955.
- Jourdain C, Belleudy P, Tal M, Malavoi J. R. (2017). Le rôle de l'hydrologie sur la destruction de la végétation dans le lit d'une rivière à galets aménagée: l'Isère en Combe de Savoie. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 23(3), 203-217.