

## **Outils géomorphologiques pour la restauration des lits fluviaux - le cas de la Loire moyenne.**

Geomorphic tools for riverbed restoration - case study on the Middle Loire River.

GRIVEL Stéphane<sup>1</sup>, GAUTIER Emmanuèle<sup>2</sup> et NABET Fouzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université d'Orléans, Laboratoire CEDETE EA 1210, Laboratoire de Géographie Physique CNRS UMR 8591

<sup>2</sup> Université Paris 8, Laboratoire de Géographie physique CNRS UMR 8591

<sup>3</sup> Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne, Laboratoire de Géographie Physique CNRS UMR 8591

Contacts : [stephane.grivel@univ-orleans.fr](mailto:stephane.grivel@univ-orleans.fr)

### **RÉSUMÉ**

La Loire fait l'objet depuis maintenant plus de 15 ans de lourds travaux d'entretien des ouvrages et du lit fluvial en raison des problèmes de chenalisation et de végétalisation du lit fluvial entraînant une perte en biodiversité. Parallèlement aux entretiens effectués par les services de l'Etat, des travaux de recherche en géomorphologie fluviale, s'insérant dans différents programmes de recherche ont apporté des données inédites sur les vitesses de sédimentation des différentes unités du lit fluvial, sur le rôle des débits dans la variabilité de cette sédimentation et l'influence des anciens aménagements de navigation. On a ainsi montré que les bras secondaires n'étaient pas les seuls responsables de cette accumulation sédimentaire, mais que les îlots jouent également un rôle actif. De plus, les ouvrages de navigation, toujours présents dans le lit fluvial, contribuent également à la stabilisation et à la végétalisation du lit. Pour optimiser les travaux d'intervention dans le lit de la Loire moyenne, l'expertise hydromorphologique utilise des méthodes et des outils adaptés à la dynamique fluviale du fleuve : bathymétrie, topographie au DGPS, applications de la géomatique, diachronie inter-annuelle à l'aide d'images à très haute résolution spatiale. Ces recherches permettent aujourd'hui de mieux cibler les travaux d'entretien et la collaboration entre chercheurs et gestionnaires a favorisé la mise au point de nouvelles actions de gestion qui sont expérimentées en Loire moyenne.

### **ABSTRACT**

The Loire River has become a field of maintenance works for over 15 years. River managers are exposed to many environmental problems: disruption of flow conditions by channelization and incision of the main channel, issues of water resources of floodplain and loss of biodiversity by reducing wetlands area. Different research programs have provided new data on sedimentation rates of the riverbed highlighting the sediment trapping effect of secondary channels and young vegetated islands: and the control exerted by discharge variability. Ancient navigation dykes and weirs have also stabilized the active channel and triggered incision. We use methods and tools adapted to the fluvial geomorphology in order to improve the maintenance works in our study area: bathymetry, topography DGPS, GIS applications, diachronic analysis using high-resolution aerial image. This study can provide to the Loire River managers a database easy to use in order to implement a new management approach on the Middle Loire River.

### **MOTS CLES**

Géomorphologie, Loire, outils, restauration.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 La Loire : un hydrosystème fluvial majeur

La Loire est un hydrosystème majeur de part la surface de son bassin versant (117 000 km<sup>2</sup>), sa longueur (1012 km) et son régime hydrologique (régime immodéré avec une période de hautes eaux centrés sur les hivers et une période de basses eaux sur les étés ; module de 350 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à la confluence avec l'Allier). A partir du Bec d'Allier, la Loire moyenne est marquée par l'omniprésence des ouvrages de navigation du 19<sup>ème</sup> siècle et des conditions d'écoulement et de submersion variées. Les programmes dédiés au fonctionnement du fleuve sont donc récents. Cette présentation s'intéresse aux apports des outils géomorphologiques développés au cours de plus de 15 ans d'expérience.

### 1.2 Programmes successifs & collaborations

Depuis 1993, plusieurs programmes scientifiques se sont succédé pour mettre en œuvre et améliorer une méthodologie en hydromorphologie. Certains outils ont été expérimentés pour la première fois sur cet hydrosystème fluvial. Citons dans l'ordre : Programme Life Loire Nature (1993-1996), Programme National de Recherche sur les Zones Humides (PNRZH-Loire ; 1998-2001), Réseau pluridisciplinaire de la Zone Atelier Loire depuis 2001 (labélisé par le CNRS), Programme Patrimoine et Trajectoires paysagères des vallées ligériennes (PATRA ; 2009-2012).

### 1.3 Enjeux de gestion

Le cadre de développement de ces outils correspond aussi au contexte de gestion des corridors fluviaux européens. Pour le bassin de la Loire, les enjeux sont intégrés aux politiques publiques d'intervention dans le lit de la Loire et de ses affluents dont le Plan Loire Grandeur Nature constitue le principal cadre d'action depuis 1994 : enjeux écologiques (inscription de tout le continuum ligérien au réseau Natura 2000, maintien des zones humides par submersion), enjeux de lutte contre les risques hydrologiques (favoriser les conditions d'écoulement dans les chenaux, lutter contre la végétalisation active du lit, enjeux économiques (protection des villes et des activités économiques par entretien des ouvrages de canalisation -levées, chevrettes, duis). Ce cadre pose les problématiques suivantes : comment expliquer la végétalisation du lit de la Loire ? A quels rythmes s'est-elle développée ? Y a-t-il des seuils dans l'évolution de l'hydrosystème fluvial à travers ses formes fluviales ? Quels sont les apports des outils géomorphologiques pour les travaux de restauration du lit ?

## 2 METHODOLOGIE

Deux sites en Loire moyenne ont été choisis pour répondre à ces questionnements : la Loire anastomosée dans un système semi-endigué (du Bec d'Allier à Pouilly-sur-Loire) et les méandres dans un système endigué (Guilly). L'approche systémique combine différentes échelles spatio-temporelles : une échelle moyenne pour comprendre la genèse et les rythmes d'évolution des formes fluviales en plan (chenaux, îles), une échelle fine pour analyser la dynamique hydrosédimentaire des îles et de leurs bras secondaires. A chaque approche correspond un protocole de mesures tout particulier.

### 2.1 Echelle moyenne

L'utilisation de sources Rasters, fournies par la DREAL Centre de Bassin Loire-Bretagne, permet d'établir l'analyse diachronique du fleuve. L'état de référence, 1850, correspond à un lit vide d'îles et à la source précise la plus ancienne (carte d'ingénieur dite de Coumes) et est confronté à une série de cartes (carte d'ingénieur de 1930) et d'orthophotoplans (de 1960 à aujourd'hui). Ces différentes sources constituent le référentiel spatial d'une base de données développée sous un Système d'Information Géographique (SIG). Cet outil SIG contribue à étudier finement les différentes formes fluviales et le niveau de la couverture végétale : dynamique spatiale, mobilité, vitesse de formation, évolution. Les profils topographiques de la plaine entre levées, en 1970, 1995 et réactualisés depuis 2002, permettent de quantifier les épaisseurs déposées ou érodées sur environ 30 ans. Ces profils sont intégrés au SIG. Le recours à un LIDAR (de résolution altimétrique 15 cm) détermine les budgets sédimentaires sur les formes fluviales irrégulièrement submergées, îles et bras secondaires.

## 2.2 Echelle fine

Des trappes à sédiments enregistrent les dépôts sédimentaires en fonction des conditions hydrologiques. Les événements hydrologiques sont ainsi intégrés aux profils topographiques et corrélés aux rythmes d'accrétion et d'érosion. La création de Modèles Numériques de Terrain (MNT) à partir de levés au GPS différentiel (DGPS) des bras secondaires (précision centimétrique) et de relevés bathymétriques du chenal principal (à l'aide d'un échosondeur embarqué) déterminent les modes d'érosion et de sédimentation. Ces mesures topographiques et bathymétriques sont complétées par des analyses granulométriques des prélèvements sédimentaires, et des relevés réguliers de lignes d'eau au DGPS.

## 3 RESULTATS ET APPLICATIONS

### 3.1 Suivi du lit fluvial

L'approche à moyenne échelle montre une métamorphose significative du lit de la Loire depuis 1850 : rétrécissement de la bande active, développement latéral des francs-bords et croissance forte du nombre d'îles. Cette évolution s'accompagne d'un fort développement de la végétation pionnière puis forestière : aujourd'hui plus d'un tiers du lit est boisé. L'évolution depuis 1850 montre une très forte mobilité latérale du chenal principal accompagné de forts enfoncements (8 cm/an). Les grandes îles se forment dans ces zones de très fortes mobilités verticales et latérales. Cette recherche a montré le rôle non négligeable des aménagements fluviaux sur l'évolution du profil en long et des profils en travers au sein du lit mineur : des anomalies comme la présence d'îles dans les méandres de Guilly, enfoncement du lit au droit de la chevrette de La Charité-sur-Loire, stabilisation de mouilles par des seuils artificiels.

### 3.2 Expérimentation dans les bras secondaires

A l'aide des mesures effectuées sur le LIDAR, le stockage sur les îles et les marges du fleuve se révèle deux fois plus important que dans les bras secondaires. Or, les bras secondaires sont considérés par les gestionnaires comme étant les formes les plus piègeuses en sédiments. La création d'images à haute-résolution spatiale depuis un ballon-captif au dessus d'un site d'étude à compléter les apports de la haute-résolution altimétrique des levés au DGPS. La comparaison inter-dates permet de déterminer les rythmes de colonisation de la végétation post-travaux. Il apparaît ainsi que le maintien d'un différentiel de pente, de plus de 50 cm entre l'amont et l'aval, favorise les écoulements à travers ces formes. Et, il est important de maintenir la connexion amont en privilégiant les interventions sur la connexion aval et la section médiane des bras secondaires en Loire moyenne. Les zones de sédimentation maximale concernent les jeunes pousses de Saule et de Peuplier d'une hauteur moyenne de 2 mètres. Cette végétation pionnière colonise rapidement les bras secondaires.

## 4 CONCLUSION

Les outils géomorphologiques ont été développés depuis plus de 15 ans et adaptés à la dynamique fluviale de la Loire. Les résultats permettent ainsi de mieux déterminer les rythmes d'évolution du fleuve depuis plus d'un siècle. Cette échelle suffit à fixer l'historique de la végétalisation active et l'incision du lit, à comprendre les perturbations des conditions d'écoulement. L'approche fine aide à mieux cibler les zones d'intervention dans le lit et la collaboration entre chercheurs et gestionnaires a favorisé la mise au point de nouvelles actions de gestion qui sont encore expérimentées en Loire moyenne.

## BIBLIOGRAPHIE

- Gautier E., Corbonnois J., Petit F., Arnaud-Fassetta G., Brunstein D., Grivel S., Houbrechts G. (2009). *Methodological approaches of sediment dynamics in active floodplains*. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, issue 1, 65-78.
- Grivel S. (2008). *La Loire des îles, du Bec d'Allier à Gien : rythmes d'évolution et enjeux de gestion*. Thèse de doctorat, Université Paris 8, 517 p.
- Gautier E., Grivel S. (2006). *Multi-scale analysis of island formation and development in the Middle Loire River, France*. In J.S. Rowan, R.W. Duck, A. Werrity, *Sediment dynamics and the hydromorphology of fluvial systems*, International Association of Hydrologic Science, Publ., 306, 179-187.