

## Déplacement de la charge de fond sur une boucle de méandre (Cher)

### Bedload displacement on a meander loop (Cher River)

Thomas Dépret<sup>1</sup>, Emmanuèle Gautier<sup>2</sup>, Janet M. Hooke<sup>3</sup>, Delphine Grancher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Paris 1 et Laboratoire de Géographie Physique, CNRS UMR 8591, 1 place Aristide Briand 92195 Meudon Cedex, France (corresponding author: [depret@cnrs-bellevue.fr](mailto:depret@cnrs-bellevue.fr)). <sup>2</sup>Université Paris 8 et Laboratoire de Géographie Physique, CNRS UMR 8591, 1 place Aristide Briand 92195 Meudon Cedex, France. <sup>3</sup>Department of Geography, University of Liverpool Roxby Building, Liverpool, L69 7ZT, UK.

## RÉSUMÉ

La mobilité et les déplacements de la charge de fond sur une boucle de méandre du Cher (affluent de la Loire) sont étudiés. La méthodologie retenue est celle d'un suivi par l'intermédiaire de puces à émission électromagnétique passive (PIT-tags). Ce suivi a pour le moment concerné les hautes eaux de l'hiver 2010-2011, avec un pic hydrologique qui a brièvement approché le débit à pleins bords. La gamme de débits pour lesquels la charge de fond a été mise en mouvement a pu être précisée. De plus, à partir de données hydrauliques et géométriques acquises sur le terrain, le nombre adimensionnel de Shields a été calculé pour chacune des particules marquées. Enfin, les distances de déplacements ont été mesurées et les trajectoires reconstituées. Plusieurs arguments permettent d'affirmer que le transport de la charge de fond lors de cette période a correspondu à la phase de 2 de transport, qualifiée de marginale : une mobilisation partielle des particules (41 %) ; des modifications topographiques mineures ou inexistantes ; une gamme de valeurs du nombre de Shields comprise entre 0,006 et 0,041 cohérente avec la fourchette de valeur indiquée dans la littérature pour ce type de transport (Andrews, 1994).

## ABSTRACT

Mobility and displacements of bedload of a meander loop on the Cher River (a Loire River tributary) are studied. The methodology consists of a tracking of bedload using PIT-tags. Presently, we only surveyed a period of high-water level for the 2010-2011 winter, with a brief peak lower than the bankfull level. We have identified the range of discharge for which the bed load moved. In addition, on the basis of hydraulic and geometric data measured on the river, the dimensionless Shields number was calculated for every marked particles. Finally, distances and trajectories were measured. Several arguments allow us to conclude that the bedload transport occurring during this period corresponds to the phase 2 of transport, described as marginal transport: a partial mobilization of particles (41%); minor or no topographic change; a range of values of Shields number between 0.006 and 0.041 consistent with the values given in the literature for this type of transport (Andrews, 1994).

## MOTS CLES

Bedload, marginal transport, meander, PIT-tags, tracers.

## 1 INTRODUCTION

Depuis la première partie du XIX<sup>ème</sup> siècle, les méandres du Cher, dotés d'une faible énergie, sont caractérisés par une mobilité latérale réduite qui peut être imputée à la présence de protections de berges sur une part importante de leur linéaire. Cette faible mobilité pourrait également résulter d'un transport limité de la charge de fond en lien avec un affaiblissement possible de l'hydrologie de la rivière depuis 150 ans. Une diminution de la fréquence et/ou de l'intensité des événements hydrologiques morphogènes aurait alors eu comme conséquence une perte de compétence et de capacité de transport du cours d'eau, celui-ci n'étant plus capable de mettre en mouvement aussi fréquemment que par le passé sa charge de fond. Comme la morphologie des cours d'eau est pour l'essentiel façonnée par cette charge (Leopold, 1992) et que celle-ci constitue en outre un des moteurs majeurs de la migration des méandres, il s'avère indispensable de pouvoir décrire et quantifier son transit. L'objectif est à la fois de comprendre le fonctionnement de ces méandres et de tester l'hypothèse de faible mobilité de la charge de fond. A ces fins, un suivi de cette charge par l'intermédiaire de traceurs a été mis en place. Nous présentons ici les premiers résultats acquis pour la période de hautes eaux 2010-2011.

## 2 METHODE

Les particules constitutives de la charge de fond d'une boucle de méandre du Cher (Longueur : 700 m, largeur : 30 m) ont été équipées à l'aide de puces à émission électromagnétique passive (PIT-tags).

Deux protocoles d'injection et de suivi ont été mis au point. Pour déterminer des débits-seuil de mise en mouvement, les particules sont injectées individuellement le long de profils transversaux situés en tête de seuil. Leur position est ensuite levée au DGPS. La détection se fait après dépassement de valeurs croissantes de débits. Ceci implique plusieurs campagnes de détection chaque année. Lors du passage avec le détecteur le long du profil, les particules non détectées sont alors considérées comme mobilisées. Pour le suivi du déplacement, les particules sont injectées en amas sur les différentes unités géomorphologiques du lit. La position de chaque amas est levée au DGPS. Une seule campagne de détection est organisée chaque année, à l'étiage. L'intégralité du lit est prospectée et les nouvelles positions des particules sont levées au DGPS.

En complément, un suivi de l'évolution topographique est assuré sur les sites d'injection des marqueurs. La distribution granulométrique de subsurface est également déterminée par échantillonnage volumétrique. De plus les hauteurs d'eau sont enregistrées à l'amont et l'aval de la boucle de méandre par l'intermédiaire de sondes piézométriques implantées dans le lit. Enfin, les débits sont enregistrés en continu au niveau d'une station hydrologique gérée par les services de l'Etat. L'ensemble de ces données – hydrauliques, hydrologiques, géométriques et sédimentologiques – permet de calculer d'une part, les débits solides à partir de formules de transport de la charge de fond et d'autre part, l'énergie des écoulements liquides pour le transport sédimentaire.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Détection

Les taux de détection des particules marquées sont satisfaisants puisque sur les 598 particules injectées sur le secteur d'étude, 498 ont été retrouvées, soit un taux de retour de 83,3 %.

### 3.2 Mobilisation

La quasi-intégralité de la mise en mouvement des traceurs s'est produite pour des débits instantanés compris entre  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et  $56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Module annuel =  $16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , Débit à pleins bords =  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). 41 % des particules retrouvées ont été déplacées et la totalité du spectre granulométrique a été mobilisée. Cette mobilisation varie fortement, et ce aussi bien d'un type d'unité géomorphologique à l'autre qu'au sein d'un même type d'unité.

La moyenne des distances parcourues est de 12 m, la médiane de 4 m ; la distance maximale est de 200 m. En raison de ces distances limitées, les déplacements sont pour l'essentiel effectués à

l'intérieur de chacune des unités géomorphologiques et non entre unités.

Les modifications topographiques ont été mineures, voire inexistantes.

### 3.3 Energie

Les contraintes critiques de cisaillement appliquées aux grains et le nombre adimensionnel de Shields ont été calculés pour deux valeurs de débit :  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et  $56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Ceci fournit une fourchette de valeurs pour lesquelles les particules ont été mises en mouvement.

La mobilisation des traceurs interviendrait donc pour un nombre adimensionnel de Shields compris entre 0,006 et 0,041 et des contraintes de cisaillements appliquées aux grains comprises entre 4 et  $14 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ .

### 3.4 Synthèse

Le type de transport observé s'apparenterait ici à la phase 2 de transport de la charge de fond, qualifiée de marginale (Andrews, 1994). Elle correspond à la déstabilisation partielle des sédiments grossiers constitutifs de la couche de surface, avec mise en mouvement de certaines de ces particules et libération locale de sédiments plus fins en provenance de la couche de subsurface.

Plusieurs arguments convergent en ce sens : une mobilisation partielle des traceurs détectés (41 %), des modifications topographiques inexistantes ou mineures, une gamme des valeurs du nombre adimensionnel de Shields calculée ici (0,0062-0,0409) en adéquation avec la fourchette de valeurs indiquée dans la littérature pour ce type de transport (0,02-0,06) (Andrews, 1994).

Au final, la morphogénèse aura été quasi-nulle pour les débits survenus au cours de l'hiver 2010-2011. Le transport intégral de la charge de fond avec modifications morphologiques notables interviendrait donc sur ce secteur pour des débits supérieurs aux pleins bords ou pour des débits identiques à ceux observés mais d'une durée beaucoup plus longue.

## 4 CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus valident la méthodologie mise en place puisque les objectifs initiaux ont été atteints : les débits-seuils de mise en mouvement ont été précisés et les distances et trajectoires de déplacements ont été reconstituées.

Ces résultats présentent un intérêt non négligeable en raison de la rareté des données acquises *in situ* sur les déplacements de la charge de fond.

Ils fournissent également aux gestionnaires des informations précieuses au regard de certains projets d'aménagements prévus sur cette rivière. En effet, dans le cadre du rétablissement de la continuité écologique des rivières imposé par la Directive Cadre sur l'Eau, un ou deux barrages seront prochainement effacés sur le Cher. Dans cette perspective, une meilleure connaissance du transit de la charge de fond devrait permettre de mieux anticiper les conséquences potentielles de ces actions.

D'une façon plus générale, de tels résultats offrent également la possibilité d'affiner les modèles conceptuels et numériques de fonctionnement des méandres.

## BIBLIOGRAPHIE

- Andrews, E.D. (1994). *Marginal bed load transport in a gravel bed stream, Sagehen Creek, California*. Wat. Res. Res., 30 (7), 2241-2250.
- Leopold, L.B. (1992). *Sediment size that determines channel morphology*. In : Dynamics of gravel-bed rivers, P. Bili, R.D. Hey, C.R. Thorne and P. Tacconi (Ed), John Wiley & Sons, Chichester, 297-329.