

Restauration du transport sédimentaire dans le Vieux Rhin par érosion maîtrisée des berges

Sediment transport restoration in the Old Rhine river through controlled bank erosion

Anne Clutier¹, Denis Aelbrecht², Kamal El Kadi Abderrezzak³, Andrés Die Moran⁴, Kevin Pinte⁵, Agnès Barillier⁶

¹EDF CIH – anne.clutier@edf.fr, ²EDF CIH – denis.aelbrecht@edf.fr, ³EDF R&D LNHE – kamal.el-kadi-abderrezzak@edf.fr, ⁴EDF R&D LNHE - Laboratoire Saint Venant – Andres-die-moran@edf.fr, ⁵EDF CIH – kevin.pinte@edf.fr, ⁶ EDF CIH – agnes.barillier@edf.fr

RÉSUMÉ

Au vu des déficits morphologiques fonctionnels du Vieux Rhin (lit pavé altérant les conditions écologiques des milieux), EDF s'est engagé, dans le cadre de la nouvelle concession de l'aménagement hydroélectrique de Kembs, à mettre en œuvre des mesures visant à restaurer une dynamique alluviale du fleuve.

Ces mesures concernent notamment le projet d'érosion maîtrisée qui consiste à restaurer une certaine mobilité latérale du Vieux Rhin. Des sites favorables à la mise en œuvre de l'érosion de la berge rive gauche ont été identifiés. Les premiers travaux concerneront des sites pilotes expérimentaux pour lesquels les processus ont été étudiés sur un modèle réduit construit au Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement (LNHE) d'EDF. Les essais réalisés ont permis de définir les travaux de remodelage de la berge et des épis permettant d'enclencher des processus érosifs efficaces, de comparer l'efficacité de différents scénarii, d'évaluer l'ampleur du transport solide, de vérifier l'extension du processus d'érosion en cas d'hydrologie extrême, et de limiter les travaux à effectuer.

Un suivi environnemental, basé sur un état initial de référence (« état zéro »), permettra de mesurer les améliorations écologiques et morphologiques apportées au fil du temps.

ABSTRACT

Given the functional morphological deficits of the Old Rhine river (an armoured bed which modifies the ecological status of the riverine habitats), EDF has committed itself, within the context of the administrative concession renewal for the Kembs hydro-power plant, to implement different measures whose goal it is to restore the river's sediment dynamics.

These measures are in particular included in the "Controlled Erosion" project, whose main objective is to restore some lateral mobility to the Old Rhine. Sites where erosion of the left bank might be carried out have been identified. The first actions involve experimental pilot sites, and the relevant processes have been studied through the use of a scale physical model built at EDF's National Hydraulics and Environment Laboratory (LNHE) in Chatou near Paris. Experiments have allowed bank and groyne remodelling which can trigger effective erosion mechanisms. These experiments also allowed an evaluation of the efficiency of different restoration strategies and of the extent of sediment transport, as well as ensuring that engineering works are minimized. The control of the erosion process extension under extreme hydrological conditions has also been investigated. Environmental monitoring, based on a zero state, will allow to assess the resulting ecological and morphological improvements.

MOTS CLES

Berges, érosion, modèle réduit, transport solide, Vieux Rhin.

1 HISTORIQUE ET CONTEXTE DU PROJET

Les travaux d'endiguement puis de rectification du lit du Rhin en aval de Bâle, réalisés au 19^e et début du 20^e siècle, ont conduit à l'incision du lit sur plusieurs mètres et à sa fixation. Le transit sédimentaire dans le fleuve a été également fortement réduit, du fait des multiples aménagements hydroélectriques sur son bassin versant, en amont de Bâle. On observe aujourd'hui un lit pavé altérant les conditions écologiques des milieux.

Au vu des déficits morphologiques fonctionnels du Vieux Rhin, EDF s'est engagé, dans le cadre de la nouvelle concession de l'aménagement hydroélectrique de Kembs, à mettre en œuvre des mesures visant à restaurer une relative **dynamique alluviale**. Ces mesures concernent notamment le projet **d'érosion maîtrisée qui consiste à restaurer** une certaine mobilité latérale du Vieux Rhin en déstabilisant localement les digues de Tulla par des moyens mécaniques (dans des secteurs favorables et sans risque vis-à-vis des ouvrages et des tiers), de manière à favoriser l'érosion de la terrasse alluviale par le Rhin lors des crues. Cette érosion permettra de diversifier les substrats (granulométrie) et les faciès d'écoulement du lit du Rhin, favorisant ainsi les espèces typiquement alluviales (habitat, flore, insectes, oiseaux, poissons).

L'érosion maîtrisée vise à rétablir une dynamique alluviale et sédimentaire tendant à se rapprocher des conditions naturelles avant travaux d'aménagement de la rivière, sur le plan hydraulique et géomorphologique : divagation du lit mineur, remobilisation des sédiments ripariens vers le lit du Vieux Rhin, rétablissement d'une dynamique sédimentaire active, ...

Lors des études préalables (étude d'impact de la demande de concession de Kembs), et sur la base d'une analyse multicritères, environ 13 km de linéaire de berges ont été identifiés comme pouvant faire l'objet de la mise en œuvre de ce projet d'érosion. Toutefois, s'agissant d'un projet innovant de grande ampleur et pour lequel il n'existe pas ou peu de référence similaire, il a été décidé de procéder par itération en utilisant le retour d'expérience acquis sur des sites pilotes de mise en œuvre, pour la réalisation des futurs sites.

2 ETUDE DES PHENOMENES SUR MODELE PHYSIQUE

La définition du projet et des travaux à effectuer sur le premier site pilote O3 a fait l'objet d'une modélisation expérimentale approfondie sur modèle réduit sédimentologique. Cette étude a permis d'optimiser le nombre et la géométrie des épis reprofilés de façon à déclencher un processus d'érosion efficace, de comparer l'efficacité de différents scénarii, d'évaluer l'ampleur du transport solide, de vérifier l'extension du processus d'érosion en cas d'hydrologie extrême, et de limiter les travaux à effectuer.

Le modèle physique, construit au Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement d'EDF-R&D, est non distordu, d'une échelle au 1/40^{ème} représentant un site de 930 m de long et 250 m de large (Bouchard et al., 2009). L'échelle de temps sédimentologique est de 1:6, i.e. 1 journée-nature = 4 h modèle. Les similitudes du régime d'écoulement (nombre de Froude), des conditions de début de mise en mouvement des particules et du glissement de talus ont été respectées. La similitude du nombre de Shields a été relaxée. Le matériau composant la berge a été reproduit sur le modèle par un mélange de quatre classes de sable calibrées : 20 % (en masse) de 2 mm de diamètre, 20 % de 1.15 mm de diamètre, 20 % de 0.65 mm de diamètre et 40 % de 0.15 mm de diamètre. Uniquement la partie de berge concernée par l'érosion a été reproduite par le mélange de ces quatre classes granulométriques, soit une longueur de 372 m nature. Le revêtement de la berge a été représenté par des gravats de 37.5 mm de diamètre. La couche de pavage couvrant le lit a été reproduite sur le modèle en collant des graviers de 3.5 mm de diamètre. Les zones inter-épis ont été également couvertes de cette couche de pavage mais les graviers n'ont pas été fixés.

Au total 153 essais ont été réalisés. Des débits permanents d'une durée d'un jour-nature variant entre 400 et 4300 m³/s ont été testés. Une chronique représentant 10 ans d'hydrologie moyenne a été également simulée. Le champ de vitesse de surface a été mesuré par la technique LSPIV (Large-Scale Particle Image Velocimetry). La bathymétrie a été mesurée par un scanner 3D Vi 910 Konica Minolta.

3 DEFINITION D'UNE SOLUTION TECHNIQUE

Les résultats montrent que l'érosion de la berge peut être amorcée en enlevant le revêtement de berge (perré) sur 372 m de long, en supprimant l'épi intermédiaire E2 et en modifiant la forme et les dimensions des deux épis extrêmes E1 et E3. Ces nouveaux épis doivent être ré-haussés et allongés,

perpendiculaires et déconnectés par rapport à la berge. Ils commencent à être submergés pour un débit de 1000 m³/s, soit un débit de l'ordre de la crue annuelle. Cette configuration permet d'initier l'érosion de berge à partir de 600-800 m³/s, accompagnée d'un tri granulométrique.

Les épis restent stables et aucune érosion excessive n'est observée pour des débits exceptionnels, de l'ordre de la crue centennale.

Par ailleurs, les simulations « long terme » (représentant des chroniques de 5 et 10 ans d'hydrologie moyenne) montrent qu'on assiste à une atténuation des phénomènes érosifs dans le temps au fur et à mesure que le profil de berge est modifié par l'érosion (processus auto stabilisant).

Ces observations permettent de conclure sur la maîtrise spatiale et temporelle de l'érosion.

Par sécurité, lors de la future mise en œuvre in situ, EDF contrôlera l'évolution de l'érosion par suivi Lidar après chaque évènement hydrologique significatif. Les enrochements déposés en phase travaux et stockés à proximité du site pourront être réutilisés rapidement si l'érosion devait être fixée pour en limiter l'extension (latérale ou longitudinale).

4 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le suivi environnemental de l'érosion maîtrisée se base sur un état initial écologique et morphologique du Vieux-Rhin qui a été réalisé à deux échelles spatiales différentes:

- à l'échelle des 50 km du Vieux-Rhin avec une cartographie des faciès éco-géomorphologiques (bancs de galets, principales unités de végétation de la ripisylve, annexes hydrauliques, types d'écoulement...). A partir de cette cartographie macroscopique, des indicateurs ont été définis (surface en eau, nombre d'annexes connectées au lit mineur, superficie de bancs de galet nu, niches d'érosion...) afin de suivre de manière globale la diversification des formes alluviales suite aux actions de restauration du Vieux Rhin (augmentation du débit réservé, **érosion maîtrisée**, injection de graviers) engagées dans le cadre de la nouvelle concession de Kembs, entrée en vigueur en décembre 2010.
- à l'échelle « stationnelle » (ou locale) avec 4 stations de suivi aquatique (mésio-habitats, ichtyofaune, macro-faune benthique, macrophytes) réparties sur les 50 km du Vieux Rhin. Une des stations se situe à l'aval immédiat du site test O3, ce qui permettra de suivre les effets à court terme de l'érosion, en terme d'habitat benthique notamment. Un suivi écologique terrestre sur les berges du Vieux-Rhin (odonates, batraciens, avifaune, mammifères) permettra également de mesurer les effets des actions de restauration sur le cortège d'espèces typique des bords de cours d'eau. Ce suivi stationnel servira à caractériser la balance écologique positive attendue suite aux diverses actions environnementales dont l'érosion maîtrisée fait partie.

5 CONCLUSION

Les essais sur modèle réduit ont permis de définir les travaux à mettre en œuvre pour enclencher les processus érosifs sur le premier site pilote dédié à l'érosion maîtrisée de la berge rive gauche du Vieux Rhin. Les travaux sont programmés à l'étiage hivernal 2012 – 2013. Ils consisteront à dérocter le parement de la berge et modifier et / ou supprimer les épis en place. Les différentes actions de suivi programmées permettront de mesurer les améliorations écologiques et morphologiques apportées, et d'adapter le cas échéant la technique d'initiation de l'érosion avant son déploiement sur d'autres sites.

BIBLIOGRAPHIE

Bouchard, J-P, Jodeau, M., El kadi Abderrezzak, K. (2009). Renaturation du vieux Rhin à Kembs. Un modèle physique pour le rétablissement du transport solide par érosion des berges. Colloque Modèles Physiques Hydrauliques – Outils Indispensables du XXI^e siècle. Société Hydroélectrique de France (SHF), Lyon-Grenoble, 24-25 novembre, 2009.