**Restaurer le Rhin Supérieur : rétrospective et prospective**

**Renaturierung des Oberrheins: Retrospektiven und Prospektiven**

Schmitt L.1, Beisel J.-N.2, Wantzen K.M.3, Serouilou J.1

1LIVE, UMR 7362 - Unistra - CNRS - ENGEES, LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", Faculté de Géographie et d’Aménagement, 3 rue de l’Argonne, 67083 Strasbourg

2LIVE, UMR 7362 – ENGEES – LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", 1 Quai Koch, 67067 Strasbourg

3CITERES, UMR 7324, Université de Tours, Chaire UNESCO Fleuves et Patrimoines

Après une brève présentation de l’hydrosystème fluvial du Rhin Supérieur, notamment sur un plan hydromorphologique, cette communication aborde dans un premier temps l’évolution des objectifs des aménagements du Rhin. Une approche simplificatrice de la gestion du fleuve, qui a prévalu pendant un siècle et demi, a laissé la place depuis trois décennies à une nouvelle ère de gestion environnementale et multifonctionnelle du fleuve. Celle-ci repose sur le principe d’une restauration, plus ou moins importante, des processus alluviaux (hydrologiques, géomorphologiques, écologiques…), lesquels supportent de nombreux services écosystémiques essentiels.

Un observatoire transfrontalier des opérations de restauration du fleuve, dont l’élaboration a débuté il y a quelques années notamment grâce au soutien financier du Conseil scientifique de l’ENGEES, montre que près de 140 opérations de restauration ont été menées, sont en cours ou sont programmées. Alors que les actions réalisées ont souvent été des opérations relativement modestes (sauf dans certains cas), ce retour d’expérience montre l’importance 1. de capitaliser et d’échanger les expériences de restaurations et de suivis, au sein d’un réseau transfrontalier, de façon à rendre les futures restaurations les plus efficaces et durables possibles, au moindre coût, 2. de mener des opérations plus ambitieuses combinant notamment les lits mineur et majeur et 3. de développer une vision globale de la restauration du fleuve.

**Retours sur la restauration écologique d’une ancienne gravière et de zones humides en plaine alluviale rhénane (site du Woerr, Lauterbourg) et leurs suivis**

**Ökologische Renaturierung und Monitoring einer alten Kiesgrube und alluvialer Feuchtgebiete in der Rheinebene (Woerr bei Lauterbourg)**

GRAC C.1,3, COMBROUX I.2,3, ROZAN A.2,4, MEYER A.5, FERNANDEZ N.1,6 , STAENTZEL C.1,3, LABAT F.6, LE BER F.1,7, LEVRESSE F.8, KERN S.8, SCHNEIDER P.9, GEORGES J.-Y.10

1ENGEES, F-67070 Strasbourg, France

2Université de Strasbourg, F-67000 Strasbourg, France

3LIVE UMR 7362, F-67000 Strasbourg, France

4ENGEES, UMR MA-8101 GESTE, F-67000 Strasbourg, France

5Université de Lorraine, CNRS, LIEC, UMR 7360, F-57070 Metz, France

6Aquabio, F-33750 Saint Germain du Puch

7ICUBE 7357 Université de Strasbourg/CNRS/ENGEES/INSA Strasbourg, F-67000 Strasbourg, France

8Conseil Départemental du Bas-Rhin, F-67000 Strasbourg, France

9Office National de la Forêt, Unité territoriale de Hatten, 67690 Hatten

10CNRS, Université de Strasbourg, IPHC UMR 7178, F-67000 Strasbourg, France

Le site du Woerr (Lauterbourg), comme la majeure partie de la plaine alluviale rhénane, a subi, au cours des siècles derniers, de nombreuses dégradations d’origine anthropique (déconnections, exploitation du gravier, etc.). Ce site, de 150 hectares, a été choisi par le programme INTERREG C12 «Cistude sans frontières » pour y réintroduire la cistude d’Europe (*Emys orbicularis*), une petite tortue d’eau douce emblématique des zones humides, considérée comme éteinte suite à la canalisation du Rhin supérieur. Dans ce cadre, le département du Bas-Rhin (CD67) et l’Office National de la Forêt (ONF) ont mené plusieurs travaux de restauration depuis 2011 : 1) creusement de 8 mares (restauration de connectivité pour les espèces aquatiques) ; 2) adoucissement des berges de la gravière (création de zones littorales assurant une structuration et une fonctionnalité naturelle).

La collaboration ouverte entre les gestionnaires (CD67, ONF) et des scientifiques en autoécologie, synécologie, économie de l’environnement a permis de tester différentes méthodes de restauration et de suivre leur efficacité immédiate. Nous avons mis en évidence l’efficacité de techniques manipulant les filtres environnementaux : expérimentation de transfert de sol (banque de diaspores), de transplantations et de déconnexion temporaire réalisées au niveau de zones humides créées en bordure de la gravière. Les premiers résultats montrent que ces techniques permettent de réduire l’expansion de l’espèce invasive *Elodea nuttallii*, notamment en présence de l’espèce autochtone *Potamogeton lucens,* ayant une probable action allélopathique. Les restaurations bénéficient aux macroinvertébrés aquatiques, avec des gains en biodiversité et biomasse dans les milieux plantés en macrophytes. De plus, le nombre d’observations de batraciens tels que le pélobate brun, *Pelobates fuscus,* et la rainette arboricole, *Hyla arborea,* a significativement augmenté sur l’ensemble du site.

D’une manière générale, les protocoles de restauration utilisés sur le site du Woerr conviennent à la biodiversité locale et aux cistudes relâchées, dont le taux de survie avoisine 100%. Pour confirmer cette observation, nous avons également proposé une évaluation des gains de services prenant en compte un indicateur de qualité de milieu (HSI) et en y ajoutant un indicateur de l’état de conservation (EC) dans la méthode adaptée d’évaluation des habitats (HEP – Habitat Evaluation Procedure).

Le site du Woerr est, depuis 2014, labellisé Site d’Etude en Ecologie Globale[[1]](#footnote-1) par l’Institut Ecologie et Environnement du CNRS (InEE).

**Das LIFE+ Projekt "Rheinauen bei Rastatt"**

**Le projet LIFE+ "Rheinauen bei Rastatt"**

Dr. J. Armbruster J. 1 et al.

1Regierungspräsidium Karlsruhe

**Restaurations entreprises par EDF sur le Vieux Rhin**

**Renaturierungsprojekte von EDF (Electricité de France) am Restrhein**

Barillier A.1 et Garnier A. 1

1Electricité de France, Centre d’Ingénierie Hydraulique (CIH) – Savoie Technolac, Le Bourget du Lac, France

Depuis 2010 est mis en œuvre sur la partie amont du Rhin franco-allemand un ensemble de mesures environnementales visant l’amélioration de la géomorphologie du Rhin, la circulation des espèces aquatiques et la création d’une grande annexe latérale. Présentation des réalisations et premiers suivis

**Les effets géomorphologiques de la restauration du Vieux Rhin**

**Geomorphologische Effekte der Renaturierung des Restrheins**

V. Chardon1, Schmitt L.1, Staentzel C.1, Beisel J.N.1, Serouilou J.1, Houssier J.1, Piégay H.2, Clutier A.3, Barillier A. 3, Merckling L.4.

1 Université de Strasbourg, LIVE - UMR 7362 CNRS/ENGEES - LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", Strasbourg, France

2 Université de Lyon, EVS – UMR 5600-CNRS, Lyon, France

3 Electricité de France, Centre d’Ingénierie Hydraulique (CIH) – Savoie Technolac, Le Bourget du Lac, France.

4 Petite Camargue Alsacienne – Réserve naturelle nationale – Saint-Louis, France.

The Old Rhine is a 50 km by-passed reach downstream of the Kembs derivation dam which has been strongly impacted by engineering works since the 19h century for flood protection, navigation, and hydro-electricity production. Most of the flow (up to 1400 m3/s) is permanently derived by the Kembs dam into the “Grand Canal d'Alsace” equipped with four hydroelectric power plants. This reach exhibits poor ecological functionalities due to severe geomorphic alterations.

In the frame of the relicensing of the Kembs power plant (2010), Électricité de France has increased instream flow up to 52/150 m3/s and undertaken five restoration actions to improve bedload supply and transport along the Old Rhine. Two artificial gravel augmentations (18 000 and 30 000 m3) into the channel bed and three banks protection removal to promote controlled erosion on the left bank has been achieved. As a part of INTERREG Project (2009-2012), a gravel augmentation was also implemented in october 2010 (23 000 m3).

A geomorphic monitoring is performed to assess the effects of such actions, in terms of efficiency and sustainability. It is based on bedload tracking, grain size analyses and topo-bathymetric surveys. An ecological monitoring is also performed, in combination with the geomorphic survey.

The main preliminary results can be summarized as follows: (i) the mobilization of gravel deposits occurs for a two-year flood, (ii) gravels are mainly transported in the center of the channel, (iii) morphological and grain size diversification is relatively limited following gravel augmentation but more significant along the reach of controlled bank erosion. In the future, in order to enhance restoration benefits (habitat diversity and biological communities), it is important to widen (by controlled bank erosion and/or other measures) the channel downstream gravel augmentations.

Morpho-sedimentary and morpho-ecological indicators are being developed to assess efficiency and sustainability of restoration actions, as well as to provide recommendations for future restoration projects along the Old Rhine (or other “Old Rhine” reaches).

**KEY WORDS**: river restoration, large rivers, gravel augmentation, controlled bank erosion, geomorphic monitoring, sediment tracking, grain size analysis, LiDAR Topo-bathymetry.

**Vom "Restrhein“ zum "wilden Rhein“ - Wiederherstellung kraftvoller auendynamischer Prozesse im Naturschutzgebiet Taubergießen**

**Du "Vieux Rhin" au "Rhin sauvage" - Retour à des processus alluviaux dynamiques dans la réserve naturelle du Taubergießen**

Paleit J. 1

1Jochen Paleit, Bürgermeister, Kappel-Grafenhausen, Deutschland

**Erfolgskontrollen am umgestalteten Mündungslauf der Kinzig bei Kehl**

**Suivi du succès de la modification de l'embouchure de la Kinzig à Kehl**

Kern K. 1, Bostelmann R. 2

1River Consult

2ALAND

Der Mündungslauf der Kinzig wurde bereits im 19. Jahrhundert bei der Rheinregulierung mit einem Regelprofil ausgebaut. Mit dem Bau der Staustufe Gambsheim im Jahr 1974 wurde durch den Rückstau in die Kinzig eine weitere Anpassung erforderlich. In den Jahren 2001 und 2012 wurden in den Vorländern flache Seitenrinnen und Uferabflachungen angelegt, da es im übertieften Mittelwasserbett keinerlei Flachwasserzonen gab. Zugleich konnte im Mündungsabschnitt beidseitig ein 10-15 m breiter Gehölzsaum aufwachsen. In den Jahren 2015 und 2016 wurden Erfolgskontrollen mit der Untersuchung von Makrozoobenthos, Fischen, Amphibien, Libellen, Vögel und Vegetation durchgeführt. Begleitend wurden die Gewässerstruktur und die Abfluss- und Wasserstandsdynamik analysiert.

Im Ergebnis zeigte sich, dass die aquatische Fauna nur wenig von den Maßnahmen profitiert hat. Die neu geschaffenen Flachwasserzonen unterliegen dem täglichen Schwellbetrieb der Rheinkraftwerke und auch die Wellen der Rheinschiffe führen auf der 6 km langen Mündungsstrecke zu andauernden Wasserstandsschwankungen. Hinzu kommt im Mündungsabschnitt die starke Beschattung des geschlossenen Gehölzgürtels, was zu einem Mangel an Wasserpflanzen in den geschaffenen Flachwasserzonen führt. Beide Phänomene beeinträchtigen die Fischfauna und führen bei Libellen fast zu einem Totalausfall.

Bessere Ergebnisse wurden in der 2012 umgestalteten Strecke oberhalb des Neumühler Wehres festgestellt. Durch den Wasserspiegelsprung am Wehr fehlen die Wasserstandsschwankungen des Rheins. Außerdem sind noch keine Gehölze aufgewachsen. Dies wirkte sich insbesondere positiv auf die Vogelwelt und die Libellenfauna aus.

Beide Strecken sind stark rückgestaut, die Mündungsstrecke durch die Rheinstaustufe Gambsheim, die obere durch das Wehr in Neumühl. Die morphodynamischen Prozesse sind deshalb ausschließlich von Verlandung gekennzeichnet, erosive Prozesse fehlen fast vollständig. Da im ufernahen Gehölzgürtel die Auflandung durch die Bremswirkung der Gehölze verstärkt wird, ist langfristig eine abschnittsweise Räumung der umgestalteten Uferzonen nicht zu umgehen. Das wird vielleicht erst in einigen Jahrzehnten der Fall sein, wird aber dann besonders schmerzlich, weil sich dann ein wertvoller Auwaldsaum gebildet hat, der heute schon teilweise als prioritärer FFH-Lebensraum eingestuft wird.

**Think Tank Rhine River Ecosystems - Past, Present, Future**

**Le Think Tank Ecosystèmes du Rhin - Passé, Présent, Futur**

Brackhane S. 1

1Upper Rhine Cluster for Sustainability Research (University of Freiburg)

Der Rhein gehört zu den am meisten erforschten Flüssen Europas und der Welt. Jedoch verbleibt das gemacht Wissen meist in den Archiven der jeweiligen Anrainerstaaten, zu denen Wissenschaftler aus anderen Disziplinen und Ländern, sowie relevante Akteure der Zivilgesellschaft, nur eingeschränkt Zugriff haben. Das Ziel des "Think Tank Rhine River Ecosystems - Past, Present, Future" ist es, die länderübergreifende und transdiziplinäre Zusammenarbeit in der Oberrrheinregion durch gemeinsame Projekte langfristig zu fördern, sowie eine Plattform für den effektiven Austausch zwischen der Wissenschaft, angewandtem Management und der Öffentlichkeit zu schaffen.

**Impact de la redynamisation d'anciennes annexes hydrauliques sur la dynamique des macro-invertébrés benthiques et sur la végétation aquatique et rivulaire**

**Effekte der Redynamisierung von Rheinauegewässern auf Makrozoobenthos und aquatische Vegetation**

Meyer A. 1, Grac C.2, Schmitt L.3, Combroux I.4, Trémolières M. 4

1LIEC, UMR 7360 – Université de Lorraine/CNRS, Rue du Général Delestraint, 57070 METZ

2LIVE, UMR 7362 – ENGEES - LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", 1 Quai Koch, 67067 Strasbourg

3LIVE, UMR 7362 - Unistra - CNRS - ENGEES, LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", Faculté de Géographie et d’Aménagement, 3 rue de l’Argonne, 67083 Strasbourg

4LIVE, UMR 7362 - Institut de Botanique - LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", 28 rue Goethe, 67083 Strasbourg

Durant les deux derniers siècles les aménagements du Rhin, et en particulier la canalisation et les aménagements hydro-électriques, ont mené à un découplage entre le fleuve et sa plaine alluviale. Dans la plaine du Rhin Supérieur l'arrêt des flux actifs d'eau et de sédiment dans les anciens bras et anastomoses a progressivement conduit à des phénomènes d'atterrissement de ces chenaux, voire à une disparition complète de ces milieux aquatiques alluviaux. La prise de conscience au niveau européen du mauvais état de ces annexes fluviales a mené à la mise en place de programmes de restauration (ex. INTERREG, LIFE Rhin vivant). En rive gauche (côté Alsacien) de nombreuses anciennes annexes hydrauliques du Rhin ont ainsi été restaurées et reconnectées durant les vingt dernières années dans le cadre de ces programmes.

Des projets de recherche ont porté sur l'analyse de la dynamique des compartiments biologiques de ces rivières suite à leur redynamisation. Dans la plaine d'Alsace nous avons suivi durant plusieurs années l'évolution post-restauration de la composition et de la structure des communautés de macro-invertébrés benthiques, de la végétation aquatique et/ou rivulaire. Cette évolution a été également comparée à celle observée dans des bras dits de référence encore existants, qui n'ont jamais été déconnectés du fleuve.

Nous avons observé que la recolonisation de ces bras restaurés par les macrophytes et les macro-invertébrés intervient très rapidement après la restauration, avec des communautés que l'on peut considérer comme stabilisées dès quelques années après les travaux. La composition et la structure de ces communautés sont fortement expliquées par les caractéristiques hydromorphologiques des bras restaurés, qui présentent alors des communautés similaires à celles des bras de référence lorsque ces caractéristiques sont elles aussi similaires. La végétation rivulaire herbacée subit des médications de sa richesse spécifique et de sa composition lors des débordements. Ainsi la diversité des caractéristiques hydromorphologiques de ces bras restaurés, à rattacher à une diversité de débit entrant et de morphologie des cours d'eau, promeut la biodiversité à l'échelle de la plaine alluviale.

**La continuité longitudinale sur le Rhin vue par les poissons**

**Die Längsdurchgängigkeit des Rheins aus der Fisch-Perspektive**

Monnier D. 1

1Agence française pour la biodiversité

**Contribution de la modélisation hydraulique 3D à la continuité écologique**

**Einsatzmöglichkeiten hydraulischer 3D-Modellierung für die ökologischen Durchgängigkeit**

Dr Ing Matthieu DUFRESNE1, Pr Ing José VAZQUEZ2, Ing Yvan BERCOVITZ3

1 Directeur scientifique de 3D EAU (bureau d’études),

2 Professeur à ENGEES – ICube

3 Ingénieur chercheur à EDF R&D (LNHE)

Lors de la construction ou la réhabilitation d'un ouvrage hydraulique, la continuité écologique passe par la construction d'un dispositif de dévalaison et d'un dispositif de montaison. Au-delà du dimensionnement en lui-même de ces ouvrages (que cette contribution n'aborde pas), le principal enjeu est de garantir que les poissons trouveront d'une part au pied du barrage les courants d'attrait leur permettant de trouver le dispositif de montaison, et d'autre part en amont de l'ouvrage les courants leur permettant de facilement accéder au dispositif de dévalaison (sans être attirés ailleurs, par exemple par les prises d'eau alimentant les turbines).

Cette contribution présente l'application de la modélisation hydraulique 3D pour établir la distribution des hauteurs d'eau et des vitesses (courantologie) à l'amont et à l'aval d'un barrage. La validation du modèle 3D par comparaison avec des données expérimentales collectées dans le modèle réduit du barrage de Poutès (EDF) est présentée. Enfin, les résultats de l'application du modèle 3D à l'échelle 1 (grandeur nature) sont présentés.

Cette contribution présente donc la preuve de concept de la modélisation hydraulique 3D. Cette dernière constitue un outil innovant et complémentaire à la modélisation physique (modèle réduit de l'ouvrage) traditionnellement utilisée pour répondre à cette problématique.

**Renaturierung am Oberrhein (deutsche Seite) - ein kritischer Rückblick über vier Jahrzehnte**

**Restauration sur le Rhin supérieur (coté allemand) - une rétrospective critique sur quatre décennies**

Dister E. 1

1Euro Institute, Rastatt

**Restauration fonctionnelle d'une anastomose rhénane : trajectoire temporelle, état initial, monitoring post-restauration interdisciplinaire, modélisation (Rhin Supérieur, France, île du Rohrschollen)**

**Funktionelle Renaturierung eines Rheinauegewässers: historische Entwicklung, interdisziplinäres Monitoring ex post, und Modellierung (Oberrhein, Frankreich, Rohrschollen Insel)**

Eschbach D.1, Schmitt L.1, Trémolières M.2, Beisel J.-N.3, Piasny G.1, Garambois P.-A.4, Weill S.5, Payraudeau S.5, Imfeld G.5, Finaud-Guyot P.4, Grussenmeyer P.6, Koehl M.6

1LIVE, UMR 7362 - Unistra - CNRS - ENGEES, LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", Faculté de Géographie et d’Aménagement, 3 rue de l’Argonne, 67083 Strasbourg

2LIVE, UMR 7362 - Institut de Botanique - LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", 28 rue Goethe, 67083 Strasbourg

3LIVE, UMR 7362 – ENGEES - LTER - "Zone Atelier Environnementale Urbaine", 1 Quai Koch, 67067 Strasbourg

4ICube, UMR 7357 - Équipe Mécanique des Fluides, Département Mécanique, 2 rue Boussingault, 67000 Strasbourg

5LHyGES, UMR 7517 - Unistra - CNRS - EOST, 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg

6ICube, UMR 7357 - Équipe TRIO, Photogrammétrie et géomatique, INSA de Strasbourg, 67084 Strasbourg

The LIFE+ project “Restoring dynamics of Rhine alluvial habitats on the Rohrschollen Island” (2010-2014), aimed to restore the hydromorphological and ecological functionalities of the Rohrschollen fluvial hydrosystem: bedload dynamics, channel mobility, surface water-groundwater exchanges, renewal of pioneer ecosystems, development of lotic habitats…The Bauerngrundwasser (anastomosing channel of Rohrschollen Island) was reconnected to the Rhine by excavating a new upstream connection channel. Water input can attain 80 m3/s, leading to an active geomorphological activity and dynamic overflows.

In order to assess the efficiency of the restoration project, an interdisciplinary monitoring, based on the comparison of pre- and post-restoration dynamics, is carried out. A study of the multi-secular temporal trajectory of the hydrosystem has been done to deduce from it post-restoration evolutionary tendencies, based notably on potentialities and constrains. Morphodynamic 3-D modelling (lasergrammetry, photogrammetry) coupled with hydraulic modelling and sediment transport surveys allowed to develop a detailed spatio-temporal geomorphological survey, in the short-term (2 years). The ecological survey focuses on macrophytes, riparian vegetation and macrobenthos.

Results enable to formulate operational recommendations in order to optimize the environmental gains. In the future, the interdisciplinary monitoring will be extended for five years to learn more about post-restoration adjustments and processes (efficiency and sustainability) and to transpose knowledge towards other restoration sites.

**Das Aueninstitut und die Renaturierung des Rheinauen bei Rastatt**

**L'Institut des plaines alluviales et la restauration des zones alluviales dans les environs de Rastatt**

Damm C. 1

1Euro-Institute

**Bilan et perspectives des travaux en hydro-morphologie menés dans le cadre de la Directive Cadre sur l’Eau dans le contexte transfrontalier du Rhin**

**Bilanz und Perspektiven der hydromorphologischen Arbeiten im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie - im Kontext der grenzüberschreitenden Lage des Rheins**

Goetghebeur Ph. 1

1Agence de l’Eau Rhin Meuse

1. <http://www.cnrs.fr/inee/outils/seeg_woerr.htm> [↑](#footnote-ref-1)