



1  
© MACCAFERRI

# PROTECTION DES BERGES DU BIEF DE NIFFER (68)

AUTEUR : CLOTHILDE BONNET-BALLON, INGÉNIEURE D'ÉTUDES, FRANCE MACCAFERRI

DEPUIS 2016, UN VASTE PROGRAMME DE PROTECTION DES BERGES DU BIEF DE NIFFER, SITUÉ EN ALSACE, A ÉTÉ ENTREPRIS PAR VOIES NAVIGABLES DE FRANCE. CETTE OPÉRATION FAIT SUITE AUX DÉTÉRIORATIONS DES REVÊTEMENTS EXISTANTS. AFIN DE PROTÉGER LES BERGES CONTRE LE BATILLAGE GÉNÉRÉ PAR LE TRAFIC FLUVIAL, DES MATELAS RENO® ONT ÉTÉ MIS EN ŒUVRE SUR LES TRONÇONS LES PLUS SOLLICITÉS.

## UN BIEF AVEC DES BERGES À PROTÉGER

Le canal du Rhône au Rhin permet de relier la Saône, affluent du Rhône, à partir de Saint-Symphorien-sur-Saône (21) au sud de Dijon jusqu'à Niffer (68) sur le Rhin à proximité de Mulhouse. Il suit la vallée du Doubs en passant notamment par Besançon et Montbéliard (figure 2). L'aménagement du canal a débuté en 1784 et son inauguration a eu lieu en 1834. Long de

240 km, il permet aujourd'hui le passage de péniches marchandes de faible tonnage, avec toutefois une activité principale qui reste liée à la navigation de plaisance.

Le bief de Niffer (figure 3) correspond à la jonction en partie Nord du canal du Rhône au Rhin avec le grand canal d'Alsace. Cette section s'étend entre les villes de Mulhouse et de Niffer sur environ 16 km. Elle correspond à un tronçon qui permet la navigation à grand

**1 - Vue d'ensemble protection des berges du bief de Niffer.**

**1 - General view of protection of the banks of the Niffer river reach.**

gabarit qui relie Mulhouse aux ports maritimes de Rotterdam et d'Anvers. Le canal du Rhône au Rhin est géré par les Voies Navigables de France (Vnf). Lors des travaux de 1995 avec la mise à grand gabarit de la section Mulhouse-Niffer, les berges du canal ont été protégées par des enrobés ou des enrochements. Les actions conjuguées du cycle gel-dégel et du batillage ont provoqué au fil des années une détérioration des protections de

ces berges. Suite à ce diagnostic, les Vnf ont lancé en 2016 un programme de confortement des secteurs où une reprise s'avérait nécessaire.

UNE NOUVELLE PROTECTION ADAPTÉE AUX SOLlicitATIONS

Le choix de la solution s'est porté sur des Matelas Reno®. Ces matelas gabions de faible épaisseur sont à même d'assurer une protection sur le long terme contre le batillage. La revégétalisation de la berge est également un enjeu central de la reprise envisagée par les Vnf afin d'assurer l'intégration environnementale du projet. Il a donc été proposé de combiner les Matelas Reno® avec des géomatelas tridimensionnels MacMat® R-Acier renforcés par du grillage double torsion pour la partie hors d'eau de la berge (figure 4). Les Matelas Reno® constituent une solution souple qui est particulièrement adaptée pour réaliser des protections superficielles de berges. Outre leur résistance intrinsèque aux vitesses d'écoulement, ils possèdent un très bon comportement vis-à-vis des phénomènes cycliques de type vague. Par ailleurs, ils peuvent admettre les déformations pouvant survenir sur les berges et liées aux écoulements d'eau, aux cycles de gel-dégel du sol support ou aux effets du batillage. Des protections avec des enrobés par exemple peuvent se détériorer rapidement selon les sollicitations auxquelles ceux-ci sont soumis, notamment en milieu hydraulique. De plus, une protection en Matelas Reno® reste perméable et a la capacité de retenir la végétation et plus particulièrement lorsqu'elle est combinée à un géomatelas. Le MacMat® R-Acier est un dispositif accroche-terre qui permet



2- Carte du canal du Rhône au Rhin.  
3- Localisation des travaux de confortement sur le bief de Niffer.

2- Map of the Rhône-Rhine canal.  
3- Location of consolidation works on the Niffer river reach.

la tenue de la terre végétale de recouvrement et qui facilite ainsi la reprise de la végétation. Le phasage du chantier et le maintien du trafic fluvial sur le canal ont été des critères supplémentaires pour le choix de la solution. En effet, il n'était pas souhaitable de baisser le niveau d'eau du canal pour pouvoir réaliser des travaux entièrement hors d'eau. La solution retenue présentait l'avantage additionnel de pouvoir être mise en œuvre alors qu'une partie des berges à protéger restait immergée. La protection prévue par Vnf comportait des Matelas Reno® sur un rampant de 7 m.

Ainsi les 3 m inférieurs de la protection, partie immergée, ont été réalisés à l'aide de Matelas Reno® préalablement préremplis sur berge puis manutentionnés à leur place définitive (immergée) à l'aide d'un palonnier et d'un engin de levage. Seuls les 4 m supérieurs (hors d'eau) ont été réalisés in situ. À ce jour, trois tranches de travaux ont eu lieu avec une première section en 2016 où un linéaire de 60 m de berge a été protégé avec des Matelas Reno®. La tranche de 2017 concernait ensuite une section de 94 m. L'intervention de Maccaferri s'est ensuite inscrite dans le plan triennal de protection des berges du canal financé par Vnf sur 2019 à 2021 (figure 5). La protection de berge en Matelas Reno® a été prolongée sur plusieurs tronçons pour un linéaire cumulé de 2042 m. C'est au total près de 2,2 km de berge qui ont été protégées et réhabilitées avec cette technique.

UN DIMENSIONNEMENT SPÉCIFIQUE

Le cahier des charges des Vnf stipulait que la protection devait résister aux sollicitations hydrauliques induites par des vagues de 1,4 m de hauteur. Les campagnes de tests qui ont été réalisées par Maccaferri sur les Matelas Reno® ont permis de caractériser les performances hydrauliques de ses structures. Dans la continuité des premiers essais réalisés en 1984, Maccaferri a financé en 2019-2020 une nouvelle campagne d'essais à grandeur réelle à l'Université de l'État du Colorado (CSU) à Fort Collins (États-Unis). Outre ces essais expérimentaux, le dimensionnement des Matelas Reno® s'appuie également sur le guide PIANC (Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation). Les formules utilisées pour le calcul de protection de berge contre le batillage en Matelas Reno® et gabions proviennent d'expériences effectuées par Brown à l'université de New South Wales en Australie et Pilarczyk de l'université de Delft aux Pays-Bas. Elles permettent de déterminer l'épaisseur minimale à donner au revêtement en fonction de l'inclinaison du support et de la hauteur de vague. Pour ce projet, ce sont des Matelas Reno® de 23 cm d'épaisseur qui ont été retenus pour assurer le niveau de protection attendu. Afin d'assurer la durabilité de la protection, les fils d'acier des Matelas Reno® sont revêtus de polymère extrudé autour du fil d'acier pour isoler ce dernier des effets de la corrosion.





4

© MACCAFERRI

La durée de service de ce type de structures placées en milieu hydraulique est de 120 ans en se basant sur l'annexe A de la norme NF EN 10223-3, traitant de la fabrication des produits à base de grillages métalliques à maille double torsion.

La vérification de stabilité au glissement sur la berge des Matelas Reno® doit prendre en compte notamment la pente de la berge et la nature du sol support. Dans le cas des berges du bief de Niffer, il a été nécessaire de prévoir un dispositif permettant de retenir les Matelas Reno® afin d'éviter leur glissement. Afin de solidariser les matelas préremplis au dispositif d'ancrage, un grillage double torsion a été agrafé à ceux-ci préalablement à leur installation sur la berge. Ce grillage a ensuite été déroulé et installé dans une tranchée d'ancrage localisée en tête de berge. Le matelas supérieur, réalisé in situ, a ensuite été calé et agrafé sur ce grillage (figure 6).

#### LA MISE EN ŒUVRE D'UNE PROTECTION EN PARTIE IMMERGÉE

Selon le schéma de principe précédemment décrit, les 3 m inférieurs de la protection sont assurés par des Matelas Reno® préremplis.

Lors de leur préparation sur berge, ils ont été équipés en sous-face avec un géotextile de filtration MacTex® N40.1 de 200 g/m², ainsi que du grillage d'ancrage, de même nature que celui qui constitue le Matelas Reno®.

Ce grillage de 11 m de long est agrafé sous les matelas. Lors de l'installation des Matelas Reno® préremplis (figure 7), le grillage est déroulé sur la berge et sa partie supérieure, enterrée dans la tranchée d'ancrage située en tête de berge, viendra assurer la stabilité de l'ensemble. Les 4 m supérieurs de la protection ont ensuite été réalisés in situ.

**4- Photo d'ensemble de la solution.**

**5- Mise en œuvre des Matelas Reno®.**

**4- Overall photo of the solution.**

**5- Placing Reno® mattresses.**

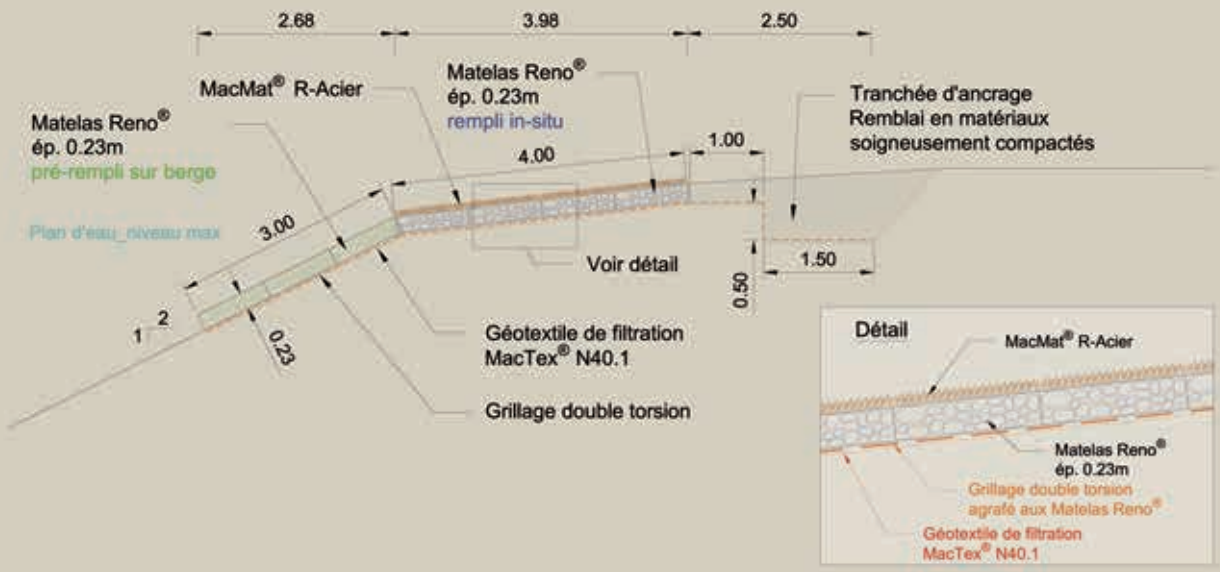
La maîtrise d'œuvre souhaitait également une végétalisation de la solution sur la partie non soumise au battillage. Maccaferri a donc proposé d'utiliser pour le couvercle des Matelas Reno® supérieurs (hors d'eau) un géomatelas tridimensionnel, le MacMat® R-Acier dont le renfort en grillage double torsion est également identique à celui du Matelas Reno® (figure 8).



5

© MACCAFERRI

# COUPE TYPE DE LA PROTECTION DE BERGE



## UNE SOLUTION UTILISANT DES PRODUITS EFFICACES ET DURABLES

Les Matelas Reno® sont des structures fabriquées à partir de grillage métallique à maille hexagonale double torsion de type 6x8, produites conformément au Règlement des Produits de la Construction 305/2011 et la NF EN 10223-3 : 2014 et certifiées CE selon l'ETA-15/021. Le système de management et de production de la qualité est certifié ISO 9001 et 140001. Les Matelas Reno® sont partitionnés en cellules de 1 m de longueur par des doubles diaphragmes obtenus par

### 6- Coupe type de la protection de berge.

### 7- Manutention et installation du Matelas Reno® prérempli.

### 8- MacMat® R-Acier.

### 6- Typical section of bank protection.

### 7- Handling and installation of prefilled Reno® mattress.

### 8- MacMat® R-Steel.

pliage de la nappe de grillage constituant le fond de la cellule, les côtés et les diaphragmes (figure 9). Comme mis en évidence lors des essais de Fort Collins (1984 et 2019), le procédé "double diaphragme" confère aux structures une meilleure résistance aux écoulements ainsi qu'une meilleure tenue lors des opérations de remplissage. Pour renforcer la structure, les arêtes sont équipées d'un fil de bordure ayant un diamètre plus important que le fil de maille. Afin d'obtenir la durabilité souhaitée pour ce projet, les fils d'acier du grillage double torsion sont galvanisés de type Galmac classe A et revêtus de polymère

pour un diamètre de 2,2/3,2 mm. En effet, en conformité avec la norme NF P 94 325-2 pour la mise en œuvre des gabions en milieu hydraulique, seuls des grillages revêtus de polymère permettent d'atteindre une durée de service de 120 ans. Le grillage d'ancrage possède les mêmes caractéristiques. L'accroche-terre MacMat® R-Acier, servant de couvercle aux Matelas Reno® remplis in-situ, est une géogrille tridimensionnelle en polypropylène associée à un grillage double torsion à maille hexagonale de type 6x8 avec un fil de diamètre 2,2/3,2 mm revêtu de polymère.

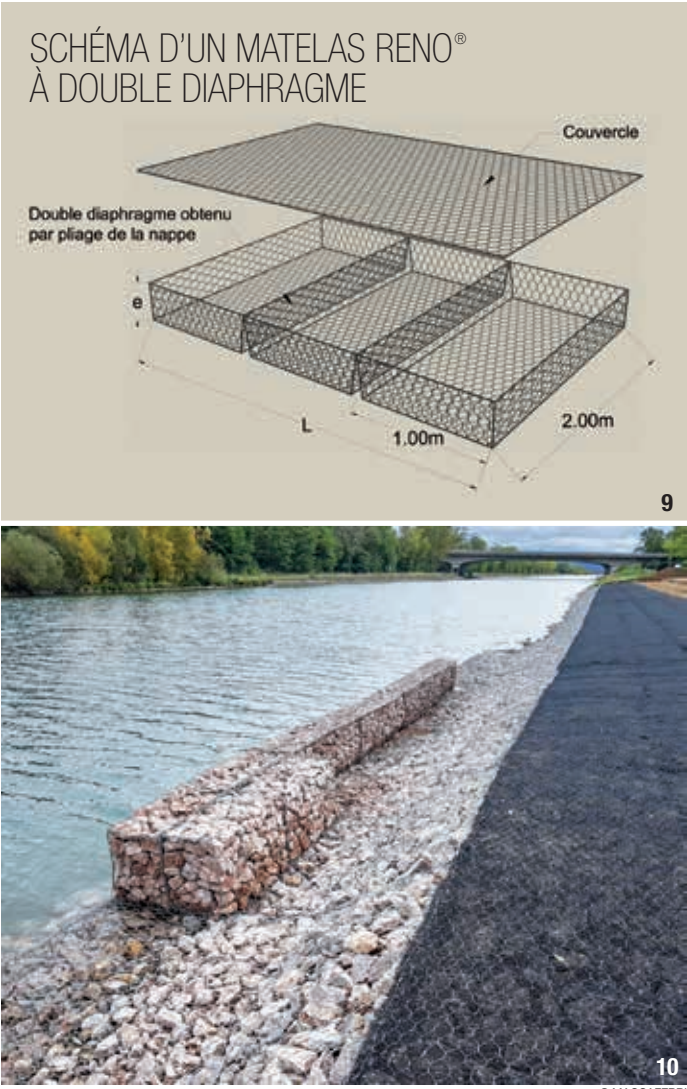


Le géomatelas polymère, de couleur noire ou verte pour ce projet, est stabilisé aux UV. Le MacMat® R-Acier joue un rôle d'accroche de la terre végétale mise en œuvre au-dessus de Matelas Reno®, de fixation du tissu racinaire des végétaux et de résistance aux sollicitations hydrauliques.

### LES CONTRAINTES DU SITE ET LES ADAPTATIONS

Lors de la planification des travaux de la troisième tranche d'intervention, des contraintes d'emprise ont été prises en compte. En effet sur plusieurs secteurs concernés par le confortement, la présence d'une piste cyclable proche de la berge ne permettait pas de terrasser une tranchée d'ancrage de 1,5 m de large. Dans d'autres zones, c'est la présence de réseaux enterrés qui a limité l'emprise du projet. Par conséquent, dans ces secteurs, l'ancrage a été réalisé par la mise en place, en tête de berge, d'un gabion double torsion de section 1x1 m enterré et contre lequel le matelas supérieur a été agrafé. La liaison du matelas prérempli a été réalisée au moyen d'un chevauchement sur une largeur de 1 m du grillage double torsion agrafé préalablement au matelas prérempli puis au matelas rempli in situ (figure 11).

De plus, un appontement pour les kayaks a été intégré à la protection lors des travaux de septembre 2019 en rive droite du canal. Ce sont des gabions de



section 0,5x0,5 m qui ont été implantés à l'extrémité des Matelas Reno® afin de créer des zones d'accessibilité pour les embarcations (figure 10).

### LES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX DE LA SOLUTION

De manière globale, une protection de berge par Matelas Reno® réduit l'empreinte carbone de la solution et permet d'obtenir un équilibre entre la performance technique et les aspects environnementaux.

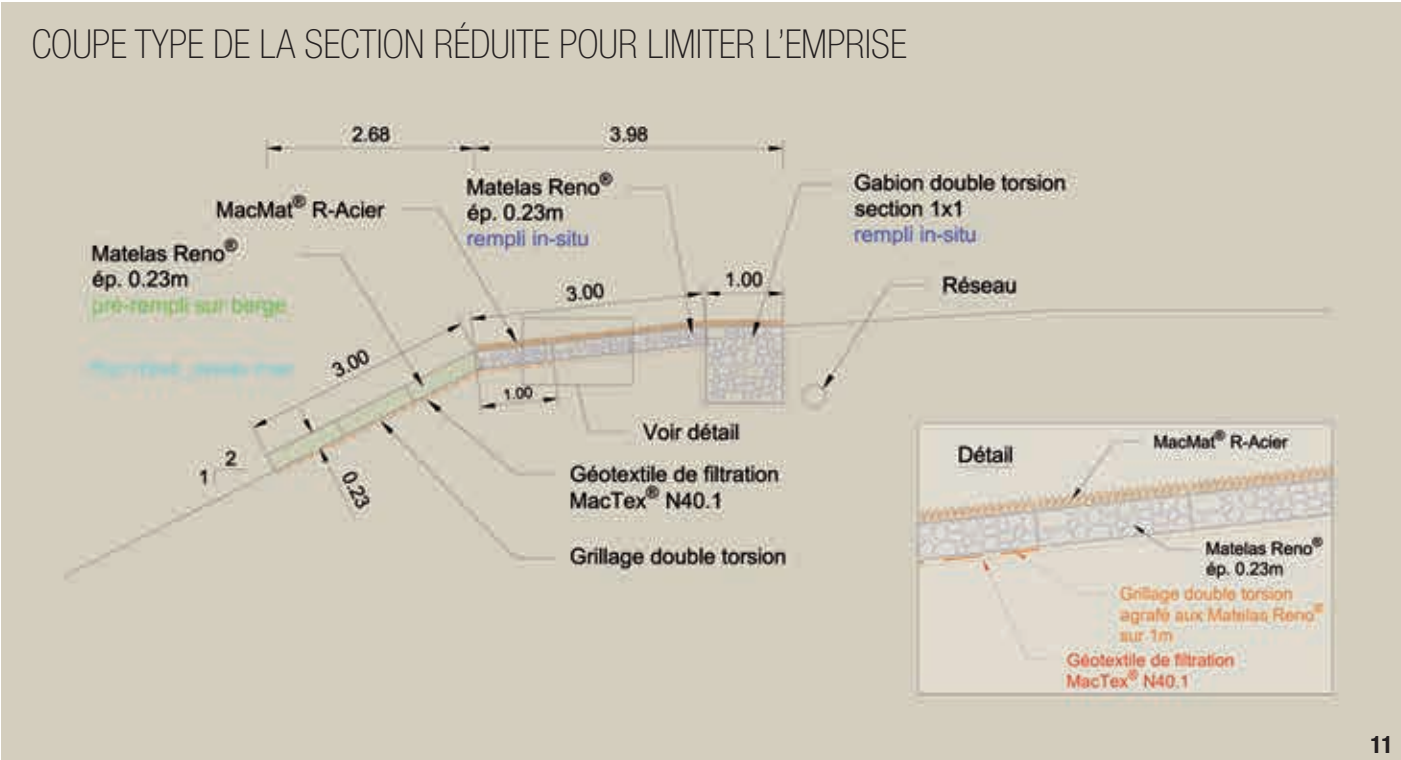
La résistance hydraulique de pierres confinées dans un Matelas Reno® est beaucoup plus importante que pour des enrochements en vrac et réduit le

- 9- Schéma d'un Matelas Reno® à double diaphragme.
- 10- Ponton à kayak.
- 11- Coupe type de la section réduite pour limiter l'emprise.

9- Diagram of a double-diaphragm Reno® mattress.

10- Kayak pontoon.

11- Typical reduced cross section to limit the land area used.





12a

© MACCAFERRI



12b

© MACCAFERRI

volume de pierres nécessaire pour un même niveau de protection. Les produits utilisés sont transportables en fardeaux et assemblés sur le chantier. Ce procédé permet de réduire le volume de transport. Par ailleurs, des équipements légers suffisent à l'installation. Pour exemple, le processus complet de mise en œuvre d'une protection de berge avec des Matelas Reno® représente environ 50% de rejet de CO<sub>2</sub> de moins qu'une solution en enrochement. De plus, la perméabilité de ce type de solution favorise la croissance de la végétation (figure 12), produisant une grande quantité de biomasse qui, à son tour, absorbe le CO<sub>2</sub>.

#### CONCLUSIONS SUR LA PROTECTION DE BERGES DU BIEF

Une protection en Matelas Reno® constitue une solution bien adaptée

**12a & 12b-  
Végétalisation  
de la solution –  
07-2018/09-2019.**

**12a & 12b-  
Revegetation  
of the solution –  
07-2018/09-2019.**

pour protéger les berges contre les sollicitations hydrauliques et en particulier contre les effets du batillage. Dans le cadre de la réfection des berges du bief de Niffer, ce procédé a permis de conforter les sections où le trafic fluvial et les écoulements avaient détérioré les protections réalisées en 1995. La solution présentait

quatre avantages principaux : une mise en œuvre en partie immergée, une adaptation aux contraintes locales d'emprise, la possibilité d'une revégétalisation rapide des berges et un bilan carbone optimal. □

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

##### MAÎTRE D'OUVRAGE ET MAÎTRE D'ŒUVRE :

- VNF – DT Strasbourg (tranches 2016-2018)
- VNF – CME de Niffer (tranche 2019-2021)

##### ENTREPRISE MANDATAIRE : Vogel TP

##### FOURNISSEUR ET POSEUR DES MATELAS RENO®, MACMAT® R-ACIER ET GABIONS : France Maccaferri

#### PRINCIPALES QUANTITÉS

##### TRANCHE 2016-2018 :

- Matelas Reno® : 1 680 m<sup>2</sup>
- MacMat® R-Acier : 1 050 m<sup>2</sup>

##### TRANCHE 2019-2020 :

- Matelas Reno® : 12 900 m<sup>2</sup>
- MacMat® R-Acier : 8 050 m<sup>2</sup>
- Gabions double torsion : 1 625 m<sup>3</sup>

#### ABSTRACT

#### PROTECTION OF THE BANKS OF THE NIFFER RIVER REACH

CLOTHILDE BONNET-BALLON, FRANCE MACCAFERRI

The Niffer river reach is located north of the Rhône-Rhine canal, near Mulhouse in eastern France. During the renovation campaign on the banks of the river reach financed by Voies Navigables de France (Vnf), Reno® mattresses were installed over a cumulative total of about 2 km to protect the banks subjected to stress by wave action. Since part of the bank is submerged during the works, the bottom 3 metres are formed of Reno® mattresses filled on the bank beforehand and then moved by handling to their final position. The cover of the upper Reno® mattresses, placed in situ, is a MacMat® R-Steel soil fastening system facilitating vegetation growth. □

#### PROTECCIÓN DE LAS ORILLAS DE LA ACEQUIA DE NIFFER (68)

CLOTHILDE BONNET-BALLON, FRANCE MACCAFERRI

La acequia de Niffer está situada al norte del canal que discurre entre el Ródano y el Rin, cerca de Mulhouse (68). Durante la campaña de reparación de las orillas de la acequia, financiada por Voies Navigables de France (Vnf), se instalaron colchones Reno® a lo largo de unos 2 km para proteger las orillas, afectadas por el oleaje. Con una parte de la orilla sumergida durante las obras, los 3 m inferiores están formados por colchones Reno® previamente llenados en la orilla y seguidamente colocados en su lugar definitivo. La cubierta de los colchones Reno® superiores, instalada in-situ, es una geoestera MacMat® R-Acero que facilita el restablecimiento de la vegetación. □