



© SOLETANCHE BACHY FRANCE

# RÉUNION - CONFORTEMENT DU PONT SUR LA RIVIÈRE DU MAT

AUTEUR : SYLVAIN FORRAY, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY

**ENTRE JUIN 2015 ET JUIN 2016, SOLETANCHE BACHY FRANCE A MENÉ LES TRAVAUX POUR CONFORTER LE PONT DE LA VOIE RAPIDE FRANCHISSANT LA RIVIÈRE DU MAT, MENACÉ PAR L'ABAISSEMENT PROGRESSIF DU LIT DE LA RIVIÈRE. LES TRAVAUX, DANS UN SITE NATUREL SENSIBLE, ONT ÉTÉ MENÉS SUR LA BERGE AVEC DES ENGINs LOURDS (HYDRO-FRAISE, GRUE SUR CHENILLES, FOREUSE), MIS EN PLACE PAR GRUTAGE. LA MAÎTRISE DES MÉTHODES ET DE L'IMPACT SUR LE MILIEU NATUREL ONT ÉTÉ LES GUIDES DE CE CHANTIER PEU COMMUN.**

Prenant sa source au pied du Piton des Neiges, la rivière du Mat collecte les eaux de pluie du cirque de Salazie et d'une partie de la forêt de Bébour, lieu de tous les records mondiaux de pluviométrie.

Son débit est très variable, de 3 m<sup>3</sup>/s par temps sec à plus de 2 600 m<sup>3</sup>/s lors d'un cyclone.

Conséquence de ces épisodes de crue extrêmes, le lit de la rivière s'érode très rapidement : 12 m en 35 ans, et 5 m entre 2006 et 2011 !

La région Réunion a dû lancer en urgence un projet de confortement du pont de la RN2 franchissant la rivière du Mat, à cause d'affouillements importants au niveau de sa culée Nord.

Le pont, construit en 1978 et doublé en 2000, est fondé sur barrettes, avec une paroi moulée de protection contre

l'érosion de la berge. La butée de cette paroi a été protégée par des enrochements liés, mais les affouillements et le niveau actuel du lit de la rivière ne permettent plus de garantir la pérennité de l'ouvrage. Après deux chantiers de comblement des affouillements en 2009 et 2014, la région a décidé de reprendre complètement le soutènement pour anticiper une nouvelle érosion de 6 m supplémentaires.

## **UN PROJET DE BASE RISQUÉ ET AVEC DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX FORTS**

Le projet de base consistait à construire un canal de dérivation dans une coulée boueuse très compacte, puis de remblayer le lit principal de la rivière pour y réaliser une paroi moulée au pied des enrochements liés.

**1- Vue d'ensemble du chantier pendant les travaux de paroi moulée.**

**1- General view of the project during the diaphragm wall work.**

Ces travaux devaient avoir lieu entre deux périodes cycloniques, avec le risque permanent de crues mineures qui auraient emporté la plate-forme de travail. En effet, au vu des relevés débitométriques des cinq dernières années, l'occurrence des crues nécessitant l'évacuation totale de la rivière était relativement élevée, avec un délai

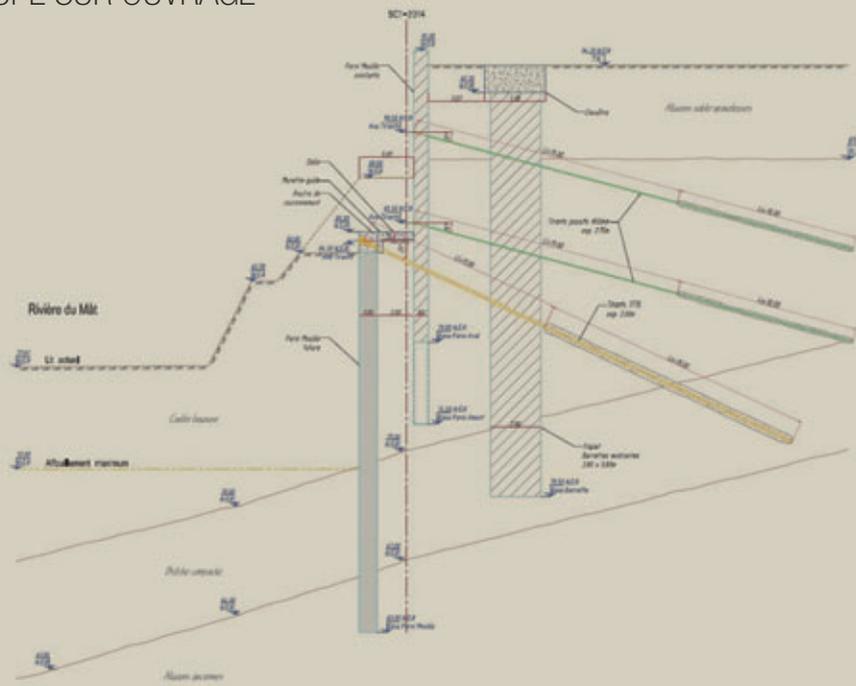
de réaction de la rivière quasi incontrôlable (débit passant de 15 à 150 m<sup>3</sup>/s en moins d'une demi-heure !), et des dégâts et des retards difficiles à quantifier.

## **UNE SOLUTION VARIANTE SUR MESURE**

Soletanche Bachy a proposé à la Région une solution variante (figure 2) qui a emporté l'adhésion de tous les acteurs : Région, maîtrise d'œuvre, DEAL. Cette solution consiste à réaliser l'ensemble des travaux depuis la berge, sur la risberme en enrochements liés devant la paroi moulée existante.

Elle a l'avantage de ne pas impacter le milieu naturel et d'être réalisée à une cote élevée par rapport au lit de la rivière, au dessus du niveau des crues non cycloniques.

## COUPE SUR OUVRAGE



## MÉTHODES ET ÉTUDES

La particularité du chantier réside dans la préparation très poussée en termes de méthode.

## GÉOMÉTRIE DE L'OUVRAGE

La variante proposée a été imaginée et programmée sur la base d'un relevé 3D du site (figure 4) : des coupes et vues en plan ont été extraites, afin de valider la faisabilité de la solution et de déterminer des niveaux de plates-formes répondant à deux exigences contradictoires :

- Abaisser au maximum la cote de la plate-forme par démolition de l'enrochement afin de libérer un espace suffisant pour la mise en place de l'Hydrofraise ;
- Conserver une plate-forme assez haute pour conserver la butée des deux parois moulées existantes, et accessoirement diminuer le coût et la durée des travaux préparatoires.

Un compromis a été trouvé, avec une largeur de plate-forme d'environ 5,30 m pour le déplacement et la mise en place de l'Hydrofraise.

Compte tenu du faible espace restant une fois l'Hydrofraise positionnée et compte tenu de sa mise en place dans les angles, une passerelle pour piétons a été ajoutée côté rivière, appuyée sur les enrochements et située un mètre plus bas que la dalle de roulement pour circuler sous le contrepoids de la grue.

## PHASAGE DU CHANTIER

Les grandes phases de travaux :

- Démolition de la partie supérieure des enrochements, pour élargir la plate-forme (figure 3) ;
- Réalisation d'une plate-forme en béton intégrant les murette-guides et une lierne de reprise de la butée des parafouilles existants ;

### 2- Coupe sur ouvrage.

### 3- État initial : début de la démolition.

### 2- Cross section on structure.

### 3- Initial condition: start of demolition.

- Réalisation de la paroi moulée ;
- Démolition côté rivière sur 1,60 m de hauteur ;
- Recépage et réalisation d'une poutre de couronnement intégrant des réservations ;
- Réalisation des tirants d'ancrage à travers la poutre et les parafouilles existants.



Le positionnement de la paroi moulée a également dû faire l'objet d'un compromis et d'une étude précise.

Pour la phase paroi moulée, son positionnement au centre de cette banquette aurait facilité les déplacements et les mises en place.

Mais, lors de la phase tirants, la banquette conservée aurait été trop étroite pour positionner une foreuse capable de réaliser les tirants.

Les contraintes des études, en particulier la conservation de la butée des parois existantes, ont conduit à réaliser la paroi en panneaux unitaires, avec des joints remordus.

### CHOIX DES ENGINES (PAROI MOULÉE)

L'utilisation d'une Hydrofraise était imposée par le CCTP, afin de réduire les vibrations induites sur l'ouvrage. En effet, la perforation à la benne à câble aurait nécessité l'utilisation du trépan, afin de franchir les bancs indurés de la coulée boueuse et des brèches. De plus, cette méthode comportait un nombre d'avantages importants qui ont permis de proposer cette variante :

- Marinage des déblais par aspiration de la boue de forage, traitée par une centrale à boue d'une capacité de 300 m<sup>3</sup>/h installée au niveau de la rue ;
- Possibilité de forer dans toutes les directions, grâce au joint tournant au niveau de la poutre de forage ;



4- Relevé 3D de l'ouvrage.  
5- Vue de l'Hydrofraise sur la plate-forme.

4- 3D survey of the structure.  
5- View of the Hydrofraise on the platform.

→ Réalisation des joints remordus, ce qui permet de s'affranchir de l'utilisation des portes-joints métalliques ;

→ Mobilisation d'une Hydrofraise « compacte » (figure 5), de 4 m de large, 5 m de haut, et 10 m de long. L'autre sujet est l'approvisionnement en fournitures, et en particulier en cages d'armatures.

Une très grosse contrainte du chantier était la présence des ponts existants qui découpaient le chantier en 2, et qui limitaient la hauteur des engins au centre du chantier, sur la plate-forme basse (13 m de hauteur) et sur la plate-forme haute (3,5 à 5 m).

Sur la plate-forme supérieure, le choix d'une grue mobile a été fait, ce qui limitait les possibilités de déplacement en charge, mais permettait de déplacer à la demande la grue d'un côté à l'autre

du pont, alors qu'une grue à chenille aurait été trop haute pour passer sous les vousoirs.

Sur la plate-forme inférieure, la problématique du déplacement des cages d'armatures sous tablier a conduit à envisager plusieurs solutions : un pont roulant accroché sur la tête du soutènement existant, une pelle à chenilles spécifique (non disponible localement), ou une grue mobile.

Le choix s'est finalement porté sur une grue chenille LB 855 (figure 6), qui malgré son poids et son gabarit, donnait un large éventail de possibilités (manutention, montage d'une benne à câble ...).

Les cages d'armatures sous le tablier du pont ont finalement été dimensionnées en fonction de la hauteur sous crochet et des longueurs de recouvrement, permettant ainsi d'optimiser les

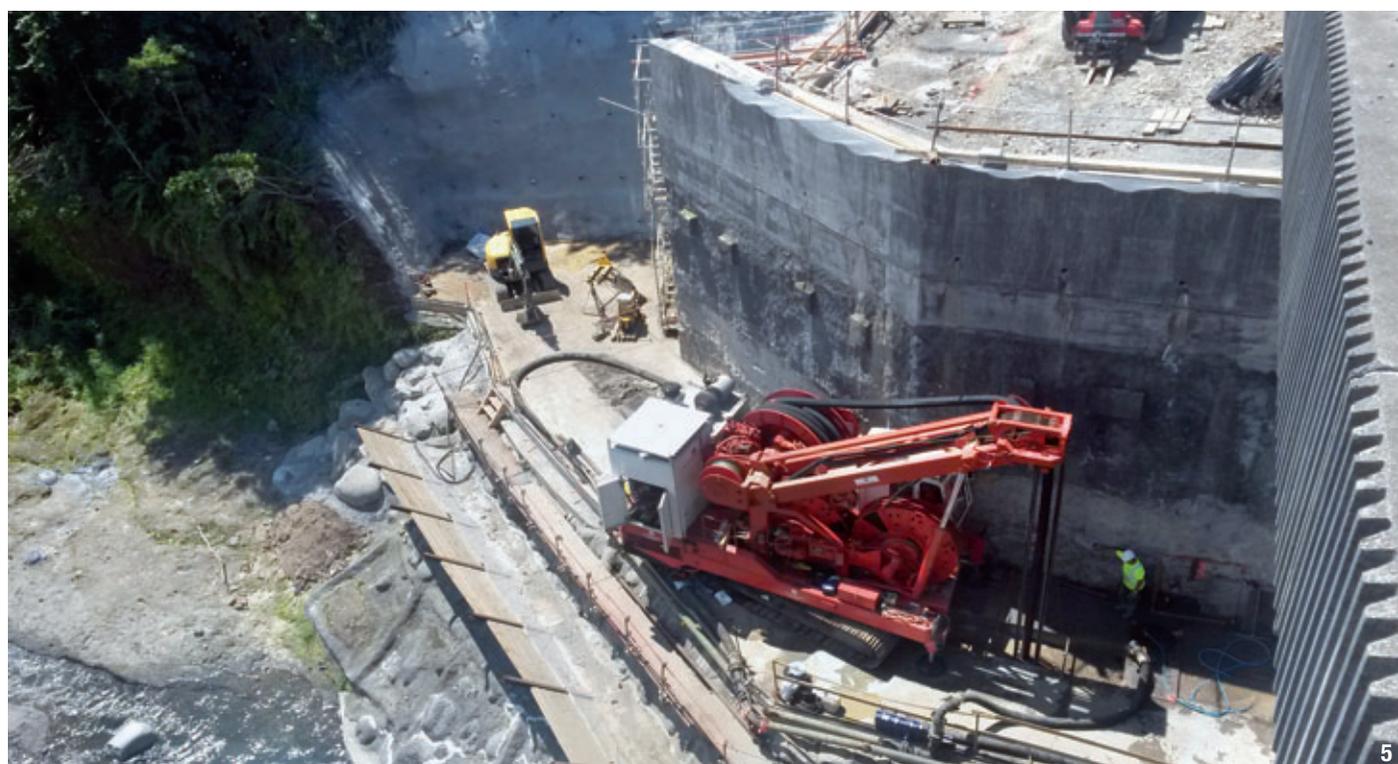
coûts de transport et les temps d'équipement des cages.

Le bétonnage de la paroi moulée et des ouvrages de génie civil a été réalisé à la pompe à béton.

### ACCÈS ET MISE EN PLACE DES ENGINES

La réalisation d'une rampe pour accéder à la plate-forme inférieure a été étudiée, mais s'est révélée infaisable compte tenu de l'espace limité entre les ouvrages (barrettes et tirants existants de l'ouvrage), des réseaux (EP diamètre 1800), et de la difficulté de justification de la stabilité des talus sur une hauteur de 10 m. Il a donc été décidé de réaliser un accès par grutage des engins (figure 7).

Après vérification de l'existence d'une grue mobile suffisante sur l'île (300 t), et de la faisabilité de son positionne-



5 © SOLTANCHE BACHY FRANCE



ment sur le chantier, la solution a été validée au stade de l'offre, puis mise en œuvre dès notification du marché. En effet, les surcharges apportées par les patins de grue (jusque 110 t) n'étant pas acceptables pour le soutènement existant, des micropieux ont été réalisés pour les reprendre. Ces micropieux ont été implantés après essai à blanc avec la grue, et en fonction des ouvrages souterrains existants et à venir (tirants d'ancrages). De la même manière, tous les engins ont été mis en place par levage, avec

- 6- Équipement des cages d'armatures.**
- 7- Mise en place de l'Hydrofraise.**
- 8- Plan des tirants.**
- 6- Concrete reinforcing cage equipment.**
- 7- Placing the Hydrofraise in position.**
- 8- Drawing of tie anchors.**

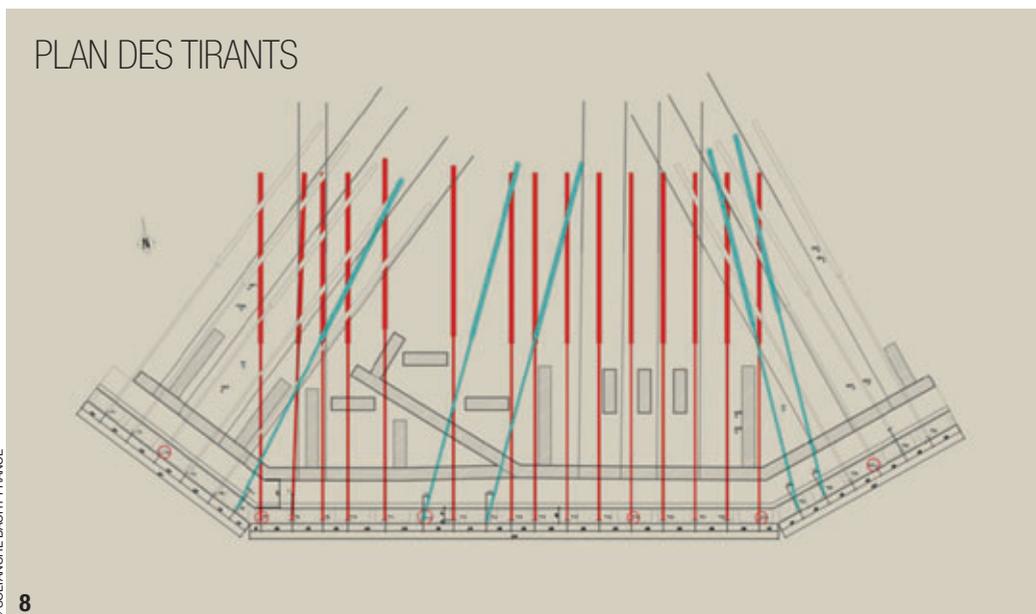
des grues variant entre 55 et 300 t. Enfin, l'Hydrofraise ne pouvait pas se retourner sur la risberme, trop étroite. Un espace de dégagement était pourtant nécessaire pour réaliser les panneaux d'extrémité et pour permettre les maintenances ou les réparations lourdes. Un espace sur mesure a donc été aménagé en amont de l'ouvrage, taillé dans la berge : un talus de pente 1H/2V justifié sur la base de l'état initial a été réalisé pour venir tangenter la limite de propriété.

**TIRANTS D'ANCRAGES**

La réalisation des tirants d'ancrage se fait en traversant une à trois parois moulées (figures 8 et 9) d'une épaisseur de 800 mm, avec des angles d'attaque variés. L'utilisation de la méthode Hi'Drill a permis de franchir ces obstacles avec des cadences satisfaisantes. Les têtes de tirants doivent être complètement encastrées dans le génie civil pour les protéger des chocs dus au charriage lors des crues cycloniques. En cas de besoin, des réservations de secours avaient été mises en place dans la poutre, pour réaliser un éventuel tirant de secours tout en garantissant la protection de la tête. Les tirants sont des tirants à câbles précontraints 7T15, avec une protection anti corrosion permanente. Sur les 29 tirants, 6 sont équipés d'une cellule dynamométrique, afin de suivre l'évolution de la contrainte au fil du temps et de l'affouillement de la rivière.

**MAÎTRISE DE L'IMPACT SUR LE MILIEU NATUREL**

La position des ouvrages à réaliser ainsi que la nature des travaux suscitaient des craintes pour la protection du milieu naturel, comme en attestent les visites de la SEAL et de la police de l'eau sur le chantier. Les mesures de protection de l'environnement ont été intégrées dès l'étude du projet :



© SOLTANCHE BACHY FRANCE

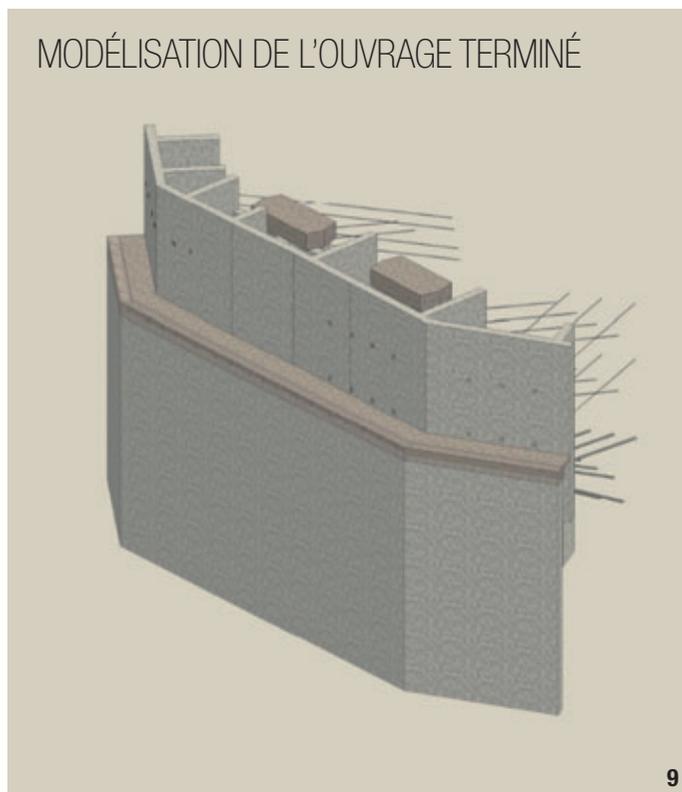
© SOLTANCHE BACHY FRANCE

- Réalisation d'un pare-pierres (phases de démolition), habillé d'une rétention étanche pour les phases de forage (paroi moulée et tirants) ;
- Réalisation de rétentions pour contenir les boues de forage et d'éventuels déversements d'huile en cas de panne (deux niveaux de rétention ont toujours été en service, pour prévenir tout déversement accidentel dans la rivière) ;
- Traitement et évacuation des boues de forage dans un centre de revalorisation (intégration à du compost végétal).

### ALÉAS RENCONTRÉS PENDANT LE PROJET

Malgré cette préparation et la réussite de ces anticipations, des aléas sont venus compliquer l'organisation et le déroulement du chantier :

- Découverte d'une cavité de 14 m<sup>3</sup> dans le cœur de la risberme, entraînant des travaux de comblement d'urgence, puis des forages de reconnaissance et de comblement.
- Réalisation de purges : des blocs de très grande dimension et un remblai non cohésif ont été découverts au cœur de la risberme, au lieu du terrain naturel quasi rocheux attendu. Ces purges ont nécessité la mobilisation d'une benne à câble à monter sur la grue LB855, et la substitution des matériaux de tête par un remblai en béton maigre. Les plus gros blocs mesuraient plus de 2 m et ont nécessité un prédécoupage, le trépanage n'étant pas admis.
- Pertes de boues importantes à travers l'enrochement lié, puis à l'interface entre deux couches géologiques. La réalisation d'une vingtaine de forages et de comblement au coulis a permis de réduire ce problème.



MODÉLISATION DE L'OUVRAGE TERMINÉ

9

© SOLTANCHE BACHY FRANCE

9- Modélisation de l'ouvrage terminé.

9- Model of the completed structure.

- Durant l'été austral, de fortes pluies ont inondé la plate-forme de travail pourtant située 8 m au-dessus du niveau normal de la rivière, provoquant un affouillement et un basculement partiel de la berge. Après des travaux de confortement (bétonnage, injection de coulis, réalisation de micropieux), les travaux du marché ont pu reprendre.

- Des drains ont dû être réalisés, suite à l'augmentation sensible du niveau piézométrique en arrière du soutènement.

### AUSCULTATION DES OUVRAGES

Le marché prévoyait un suivi continu de l'ouvrage, afin de valider les méthodes constructives, et de prévenir un déplacement préjudiciable de cet ouvrage critique :

- Suivi des vibrations sur l'ouvrage (deux capteurs installés sur le parafoille et une pile de pont) ;
  - Suivi topographique hebdomadaire ;
  - Réalisation et suivi hebdomadaire de deux piézomètres ;
  - Mise en place de 3 inclinomètres dans la paroi moulée ;
  - Mise en place de 6 cellules dynamométriques sur les tirants d'ancrage.
- Ces suivis de l'ouvrage seront prolongés par la maîtrise d'ouvrage pour vérifier le bon comportement du soutènement au fil de l'affouillement futur devant l'ouvrage. □

### PRINCIPALES QUANTITÉS

**DÉMOLITION D'ENROCHEMENTS BÉTONNÉS : 1 100 m<sup>3</sup>**  
**PAROI MOULÉE : 1 400 m<sup>2</sup> (profondeur 22 m, épaisseur 1 m)**  
**TIRANTS D'ANCRAGE : 29 u, soit 720 m**  
**POUTRE EN GÉNIE CIVIL : 100 m<sup>3</sup> pour 60 m de longueur**

### INTERVENANTS

**MAÎTRE D'OUVRAGE : Région Réunion**  
**MAÎTRE D'ŒUVRE : Groupement Artelia / Géolithe**  
**ENTREPRISE PRINCIPALE : Groupement Soletanche Bachy France - Forintech**  
**SOUS-TRAITANT GC/TERRASSEMENT : Gtoi**

### ABSTRACT

#### REUNION ISLAND - CONSOLIDATION OF THE BRIDGE OVER THE MAT RIVER

SYLVAIN FORRAY, SOLETANCHE BACHY

The Reunion region has urgently launched a project to consolidate the expressway bridge over the Mat River, because of extensive scouring at the level of its North abutment. Cyclonic floods are rapidly eroding the river bed, which has descended by 12 metres in 35 years, and is expected to erode by a further 6 metres. Soletanche Bachy proposed a solution in which the work is carried out from the bank, in front of the existing diaphragm wall, designed on the basis of a 3D survey to confirm its feasibility and choose between various compromises for all the work phases. All the machinery was moved into position by lifting, with cranes of capacity 55 to 300 tonnes. Anchor ties were executed through the reinforced concrete structures using the Hi'Drill method. □

#### REUNIÓN - REFUERZO DEL PUENTE SOBRE EL RÍO MAT

SYLVAIN FORRAY, SOLETANCHE BACHY

La región de la Reunión ha lanzado con carácter urgente un proyecto de refuerzo del puente de la autovía que cruza el río Mat debido a la aparición de importantes socavaciones a nivel de su estribo norte. Las crecidas provocadas por los ciclones erosionan rápidamente el lecho del río, que se ha hundido 12 m en 35 años, y se prevé una nueva erosión de 6 m adicionales. Soletanche Bachy ha propuesto una solución en la que las obras se realizan desde el margen, frente a la pantalla de hormigón existente, diseñada a partir de un levantamiento en 3D para validar su viabilidad y arbitrar diferentes compromisos para el conjunto de fases de la obra. Toda la maquinaria ha sido instalada mediante grúas elevadoras con capacidades de 55 a 300 t. Se han realizado tirantes de anclaje a través de las estructuras de hormigón armado utilizando el método Hi'Drill. □