



Ouvrages Fluviaux

Journée présentée par

Sylvie Bretelle, Pascal Aguado (CFMS) et Philippe Gotteland (FNTP)

À la Maison des Travaux Publics

Journée parrainée par HUESKER et NGE



Ouvrages Fluviaux

Protection des talus sous-fluviaux du Pont de Pierre

Plan de la présentation

1. Le contexte général du Pont de Pierre
2. Synthèse du diagnostic initial
3. Projet de travaux
4. Présentation des travaux de protection des talus sous-fluviaux



Contexte général du Pont de Pierre

Contexte général

Quelques chiffres

- Construction 1810 -1822
- Longueur : 487 m (2 culées – 16 piles - 17 arches)
- Ouverture des arches : 20 à 26 m
- 200 ans d'histoire... divers travaux de confortement (1833, 1901, 1928, 1939, ... , 1996-1997, 2004, 2017 et 2025 ?)

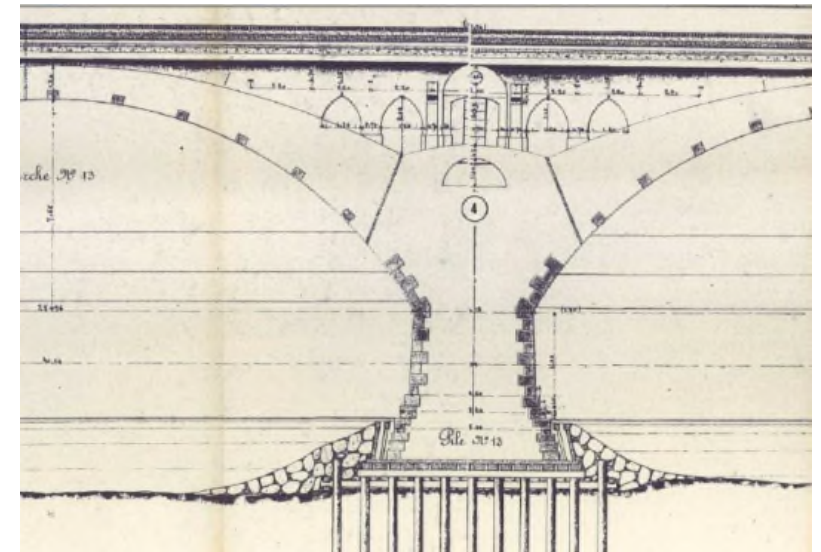
Problématiques diverses liées au contexte

- Rivière à méandres dans un contexte fluvio-maritime (marnage 4 à 6m)
- Ouvrage à effet de seuil : creusement de fosses d'érosion et régression des talus sous-fluviaux
- Alternance d'accrétion de sédiments et d'effet de chasses en fonction des débits de la Garonne
- Incidence de la navigation

Historique de la construction

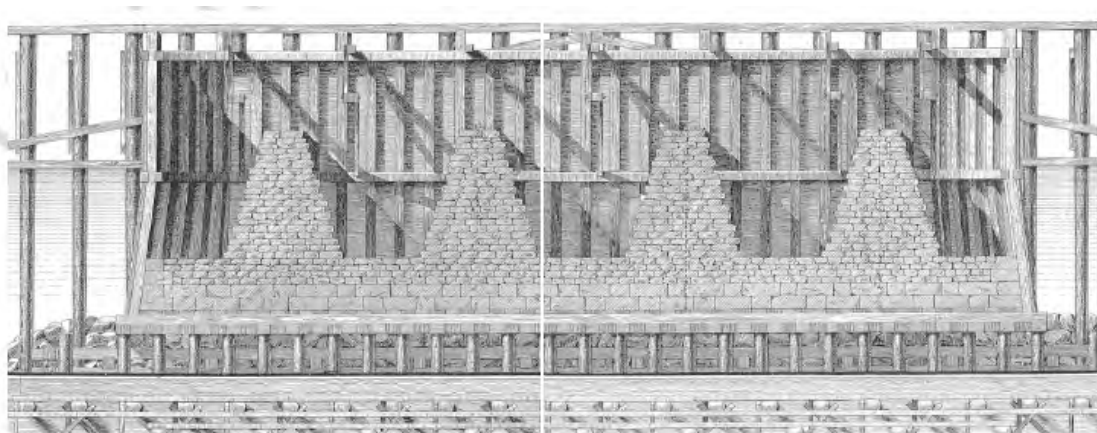
Assise des piles

- ▶ Platelage bois assurant la liaison entre la pile et les pieux :
 - plancher de 10 à 12 cm d'épaisseur
 - rangée de traversines de 20 à 25 cm d'épaisseur
 - couche de longrines de 20 cm recouvrant la tête des pieux
- ▶ Platelage situé 2 à 3 m sous le niveau d'étiage
- ▶ Environ 210 à 250 pieux par appui (maillage de l'ordre 0.9m), avec une fiche des pieux situées entre -11,0 et -13 mNGF
- ▶ Massif en enrochements à la base des piles et au pourtour
- ▶ Caisson muni de hausses étanches échoué sur tête de pieux (hausses utilisées comme batardeau pour permettre l'édification des maçonneries jusqu'au niveau hors d'eau)
- ▶ Chaque pile reprend une charge de l'ordre de 6 000 t

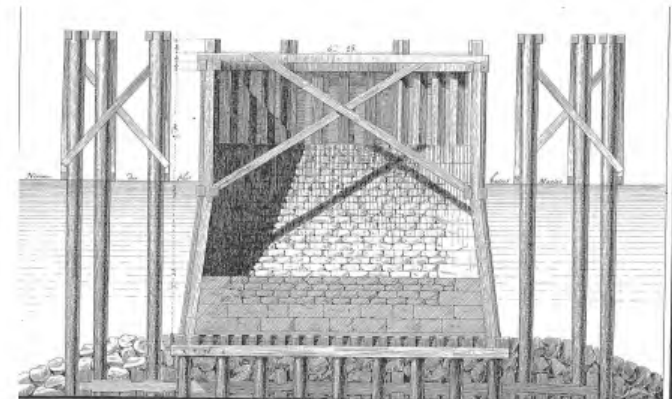


Coupe longitudinale à l'axe de l'ouvrage - vue de la fondation de la pile P13

Historique de la construction

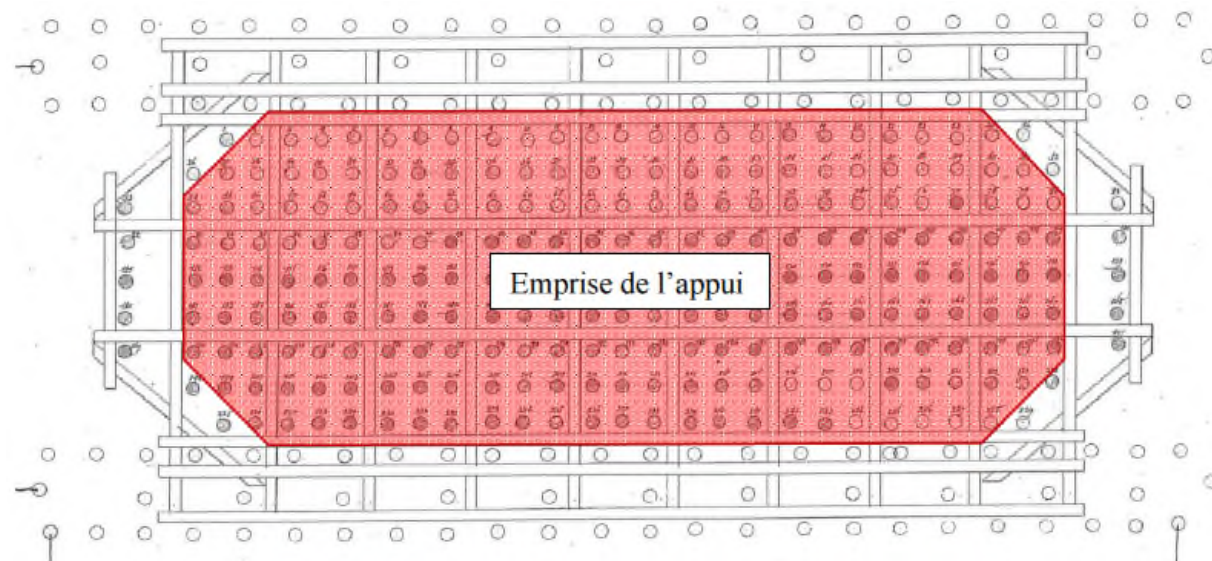


Coupe longitudinale caisson (pile P5)



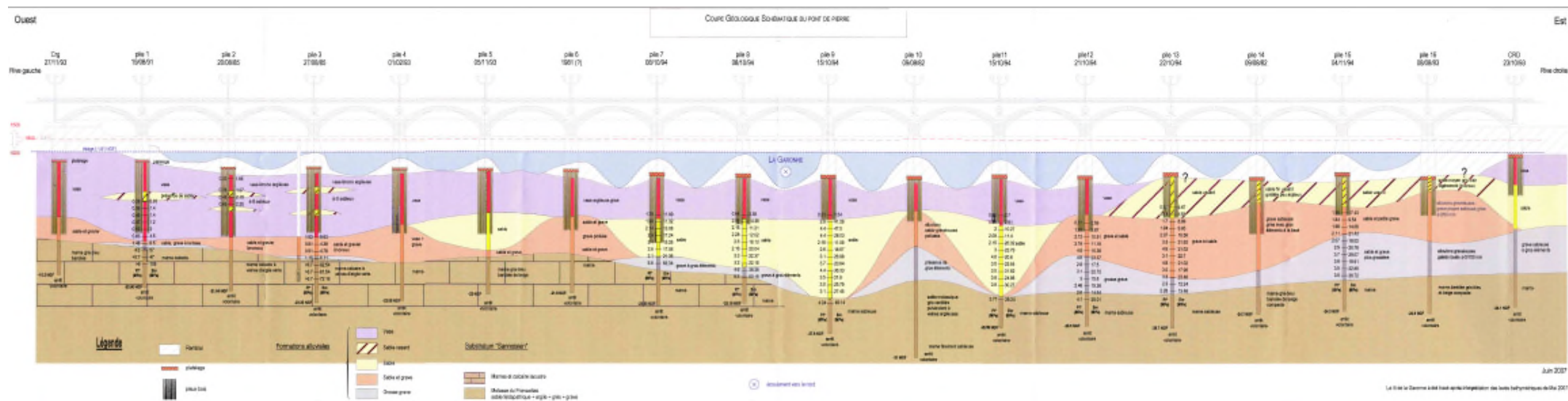
Coupe transversale caisson (pile P5)

Historique de la construction



Emprise Pile P6 et calepinage pieux bois de fondation sous P6

Contexte géotechnique

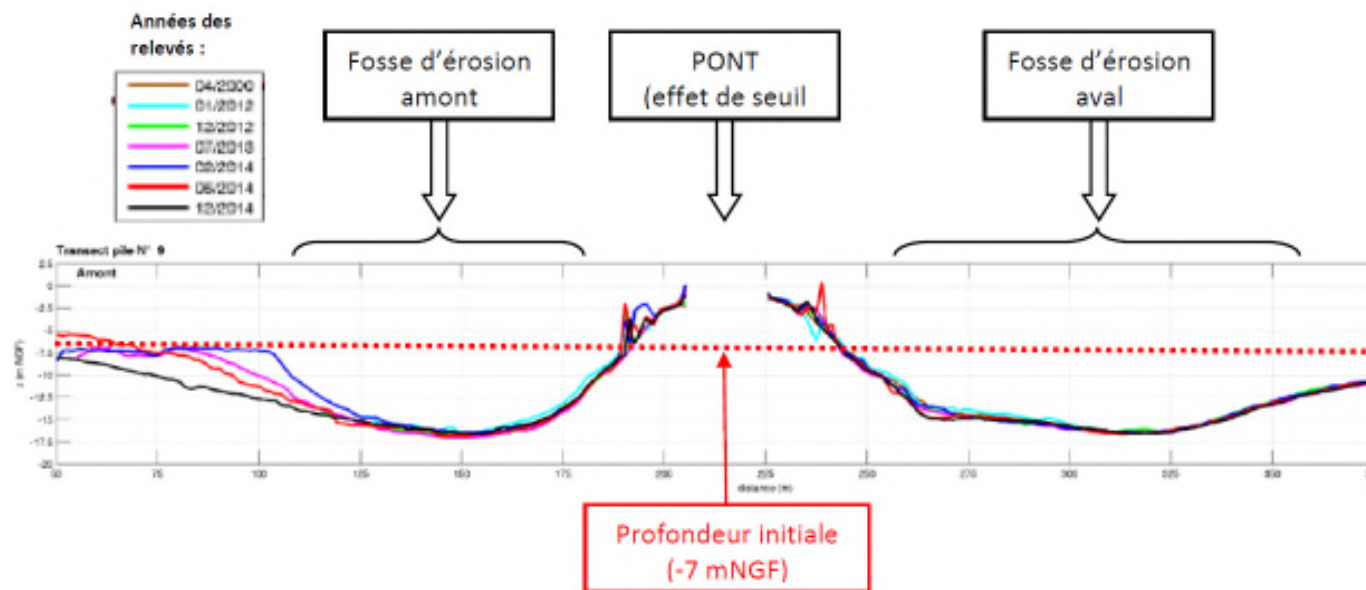


Profil en long géotechnique schématique

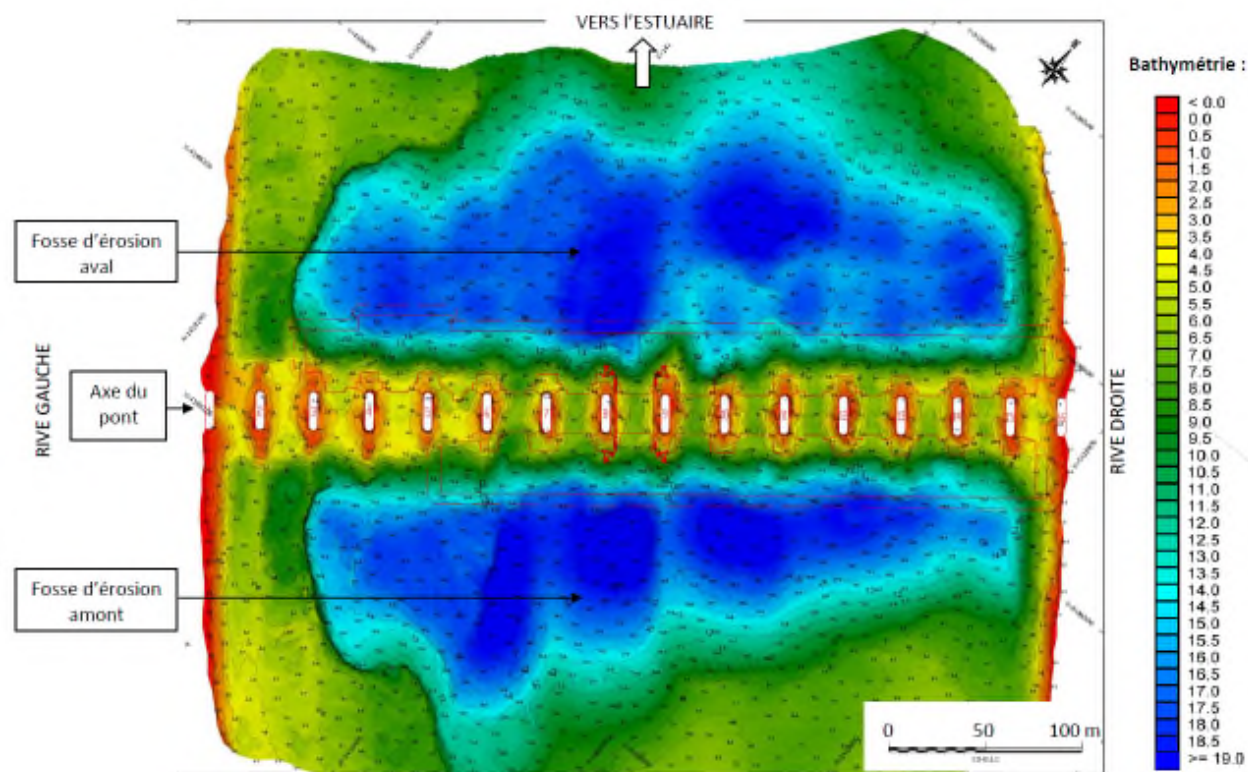
- Alluvions vasardes très molles
- Sables à sables graveleux
- Marnes

Mécanisme de dégradation : érosion des fonds

- Situé à l'origine vers -7 m NGF, le lit moyen de la Garonne est surcreusé aujourd'hui entre -16 à -20 m NGF en amont et en aval des appuis (érosion par effet de seuil)



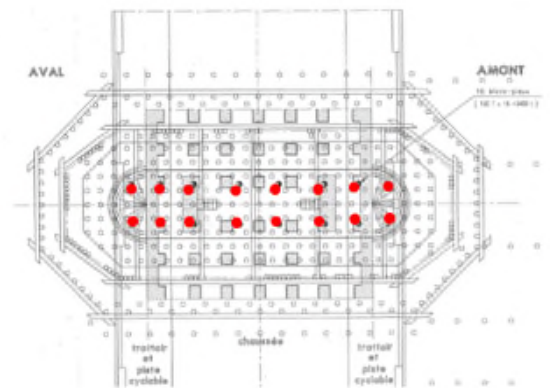
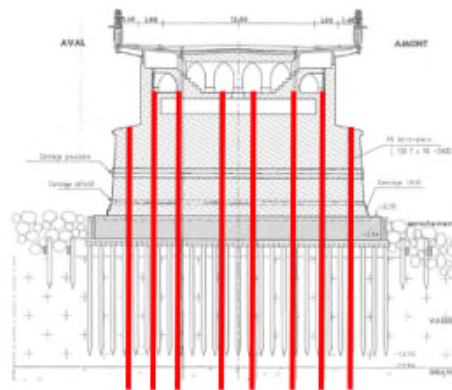
Mécanisme de dégradation : érosion des fonds



Bathymétrie au droit du pont de Pierre, 2017

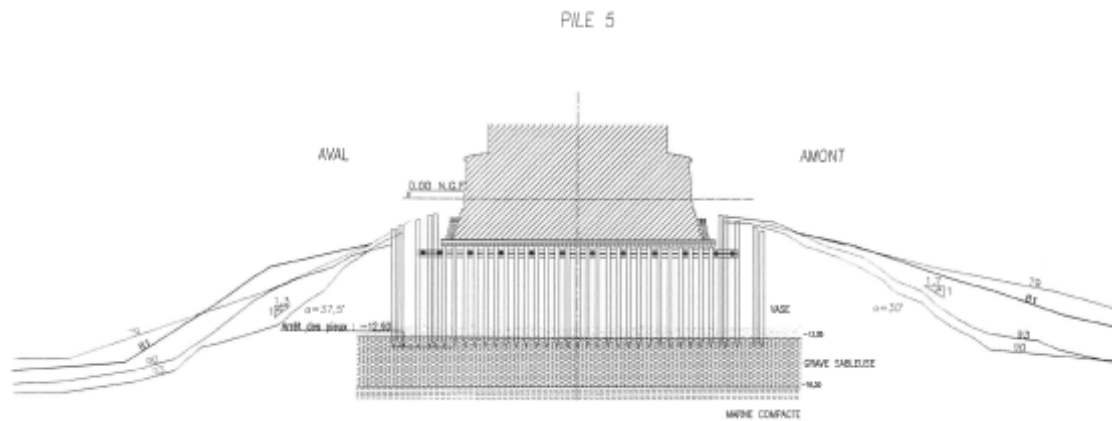
Travaux antérieurs

- Protection des talus sous-fluviaux par enrochements : carapace sous-fluviale pour stabiliser les piles
- Nombreuses campagnes de rechargement en enrochements dès la fin de la construction (1833, 1901, 1909, 1910, 1911, 1912, 1928, 1939, 1948, 1967, 1980)
- Travaux de confortement des piles : 1980 à 2002
 - Reprise en sous-œuvre par micropieux des piles P1 à P6 (16 u par piles)
 - Cerclages précontraints sur les piles



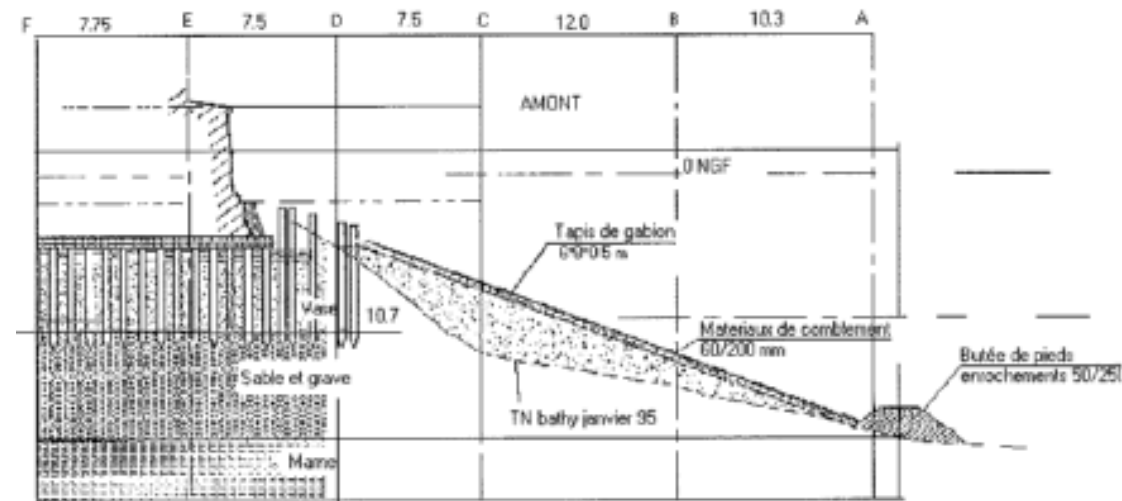
Travaux antérieurs

- ▶ Travaux de protection des talus par matelas gabions : 1996 à 1997 suite au risque d'instabilité des fondations de l'ouvrage :
 - Affouillement important des piles et creusement de fosses d'érosion en amont et en aval du pont (phénomène de seuil)
 - Rapprochement et raidissement des pentes du talus vers les fondations du pont menaçant l'assise des fondations



Travaux antérieurs

- ▶ Travaux de protection des talus par matelas gabions : 1996 à 1997 :
 - Reprofilage des talus par mise en œuvre d'un matériau de comblement
 - Butée de pied en enrochements
 - Protection par un matelas gabions (8 x 8 x 0,5m)

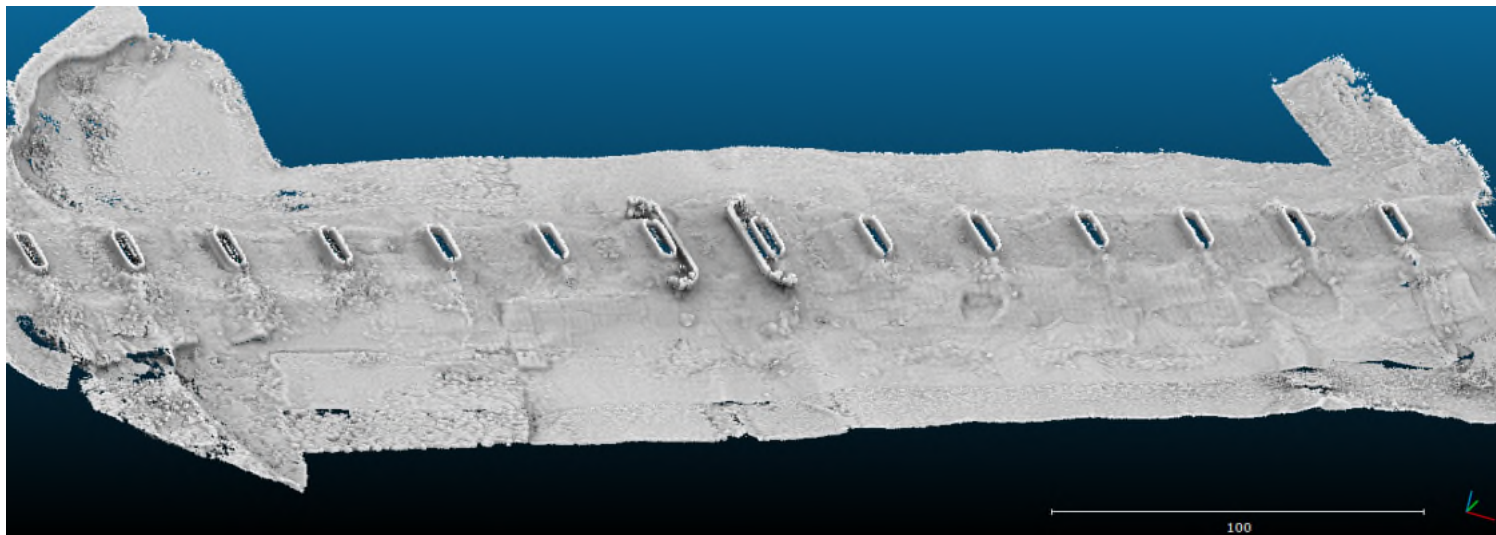


Profil type du projet de confortement des talus (1994)

Synthèse du diagnostic des talus (2015)

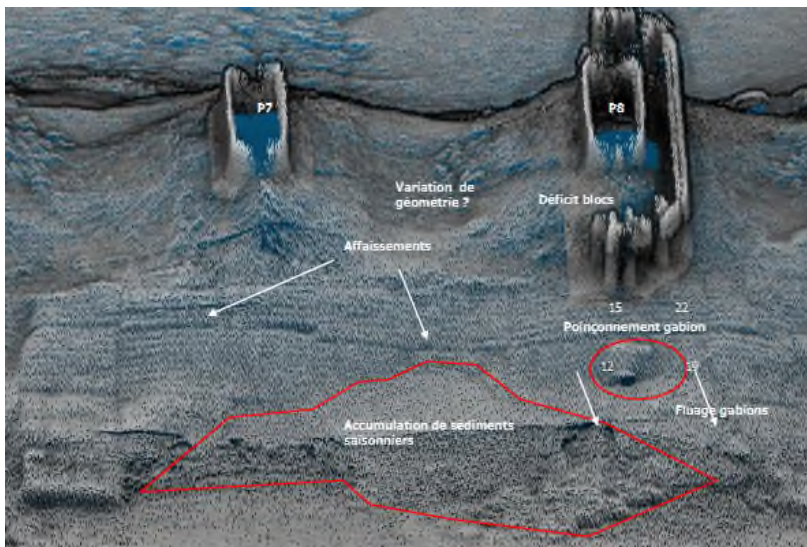
Synthèse du diagnostic

- Disparition du cavalier de pied en enrochement (matériaux clapés)
- Affaissement vertical des gabions liés à la migration des matériaux de comblement 40-200 mm arrachés par des écoulements turbulents
- Erosion régressive aux limites amont et aval de la protection en gabions

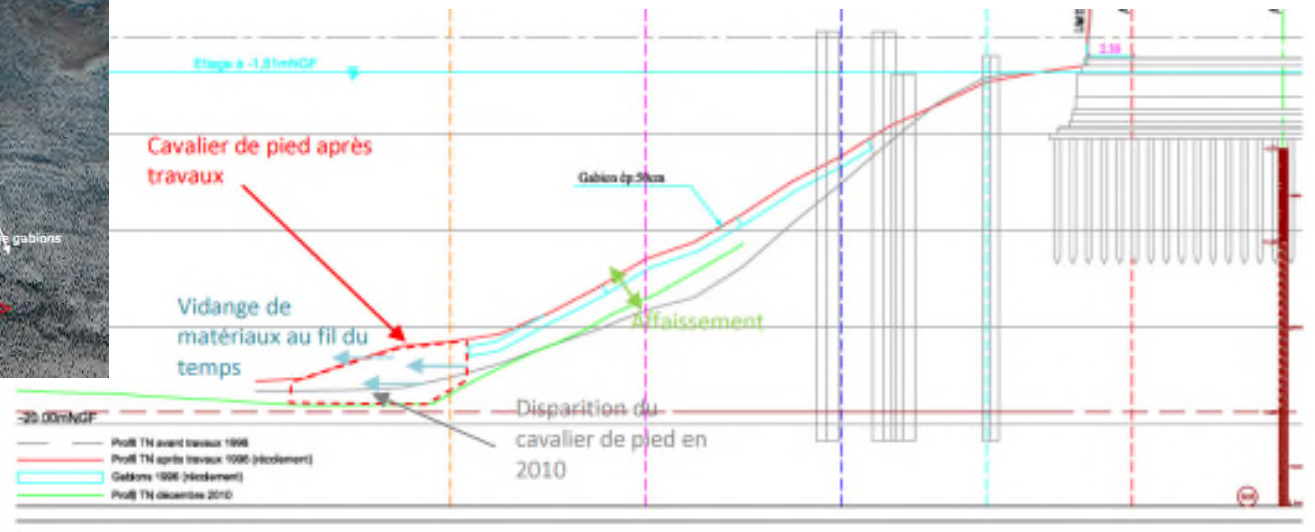


Extrait caméra acoustique (Sub-C)

Synthèse du diagnostic



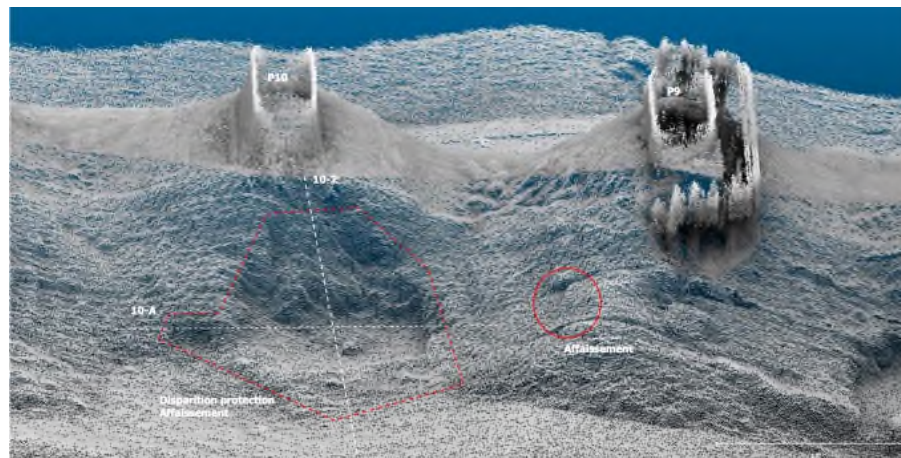
Extrait caméra acoustique



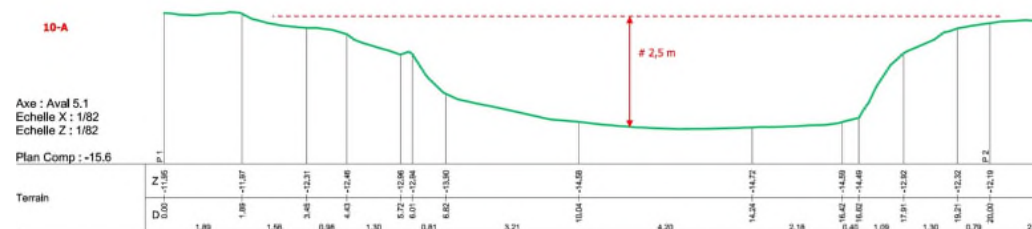
Evolution des profils bathymétriques

Synthèse du diagnostic

Exemple d'affaissement
proche d'une pile



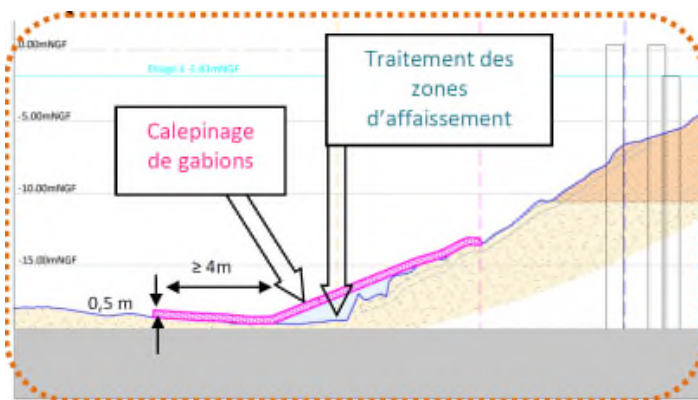
« Ce monument demeurera debout aussi longtemps que les ingénieurs donneront leurs soins à la garde des enrochements » - Claude DESCHAMPS



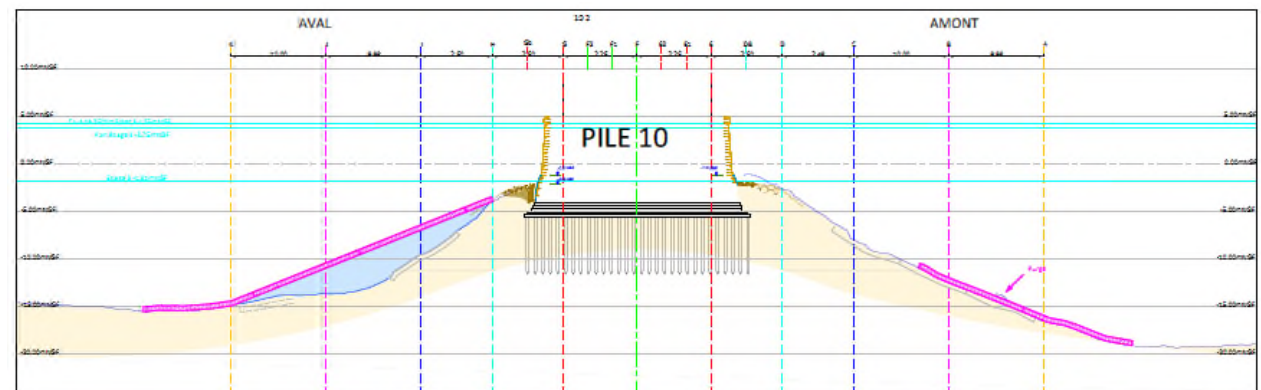
Projet de travaux de protection des talus

Projet de travaux de protection des talus sous-fluviaux

- Comblement ponctuel des affaissements par dépose de matériaux emmaillotés (40/200 mm) au droit des fosses d'érosion (clapage proscrit) : 6 500 T avec filets de 2,5 à 4 t
- Amélioration de la géométrie du pied de protection avec un matelas en gabions de 12 x 12 x 0,5 m (extension para fouille et confinement des matériaux de comblement) entre P3 et P16 : 22 500 m² de gabions (soit plus de 157 gabions de 144m²)
- Adoucissement des talus périphériques (raccordement berges RG)

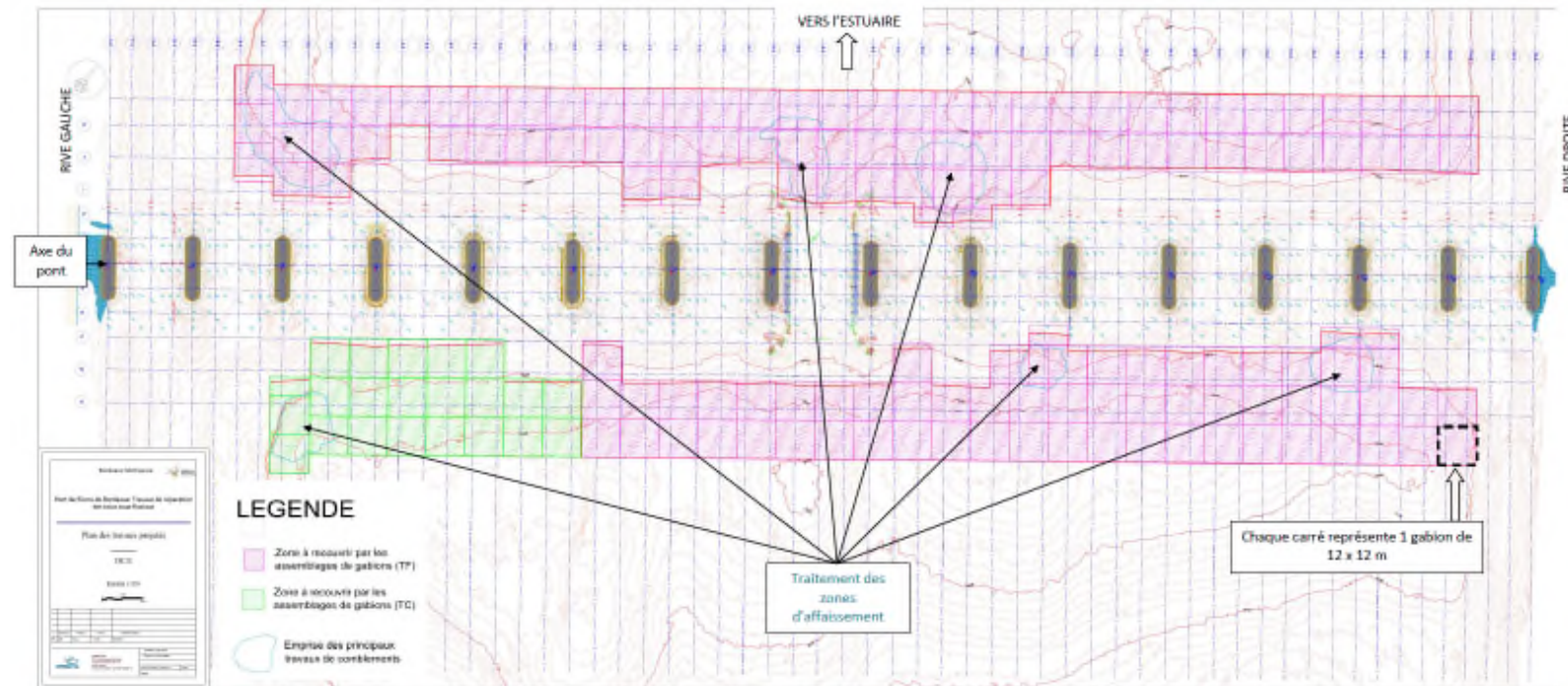


Coupe type des travaux Pile P11



Exemple de coupe type des travaux (Pile P10)

Projet de travaux de protection des talus sous-fluviaux



Vue en plan des travaux de réparation des talus sous-fluviaux

Présentation de travaux de protection

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

➤ Entreprise de travaux : groupement

- Balineau
- ETMF
- VCMF



➤ Sous-traitants :

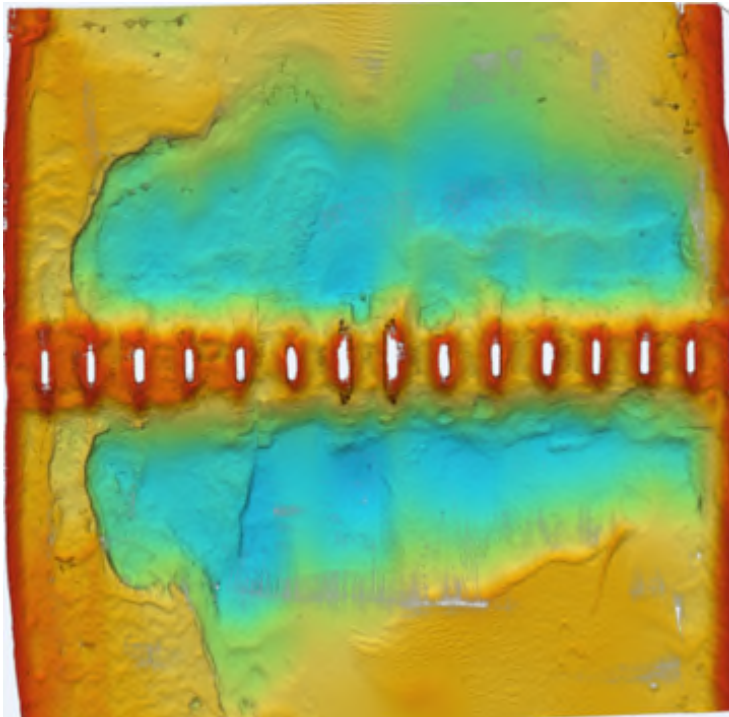
- SUB-C (bathymétrie)
- Romoeuf (scaphandriers)



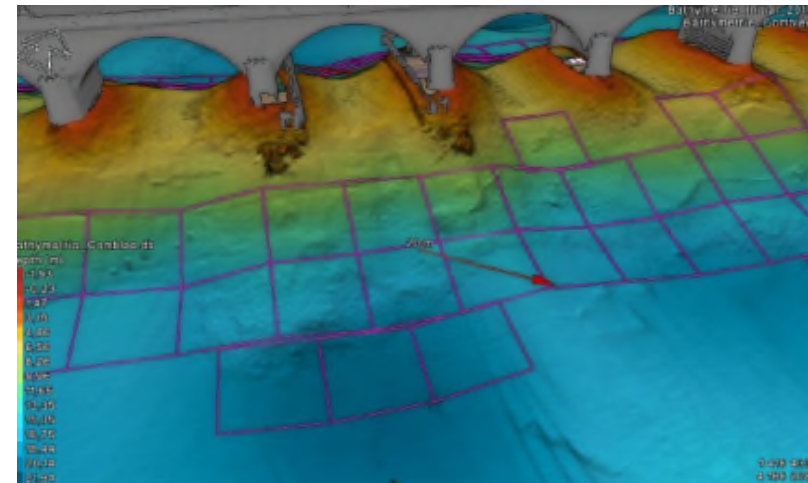
➤ Montant marché : 12,5 M€HT

➤ Planning : Février 2017 – Juin 2018 (cadence : 1 gabion par jour à l'étape de pleine mer)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux



Etablissement maquette 3D initiale (Levé bathymétrique et scan3D du pont)

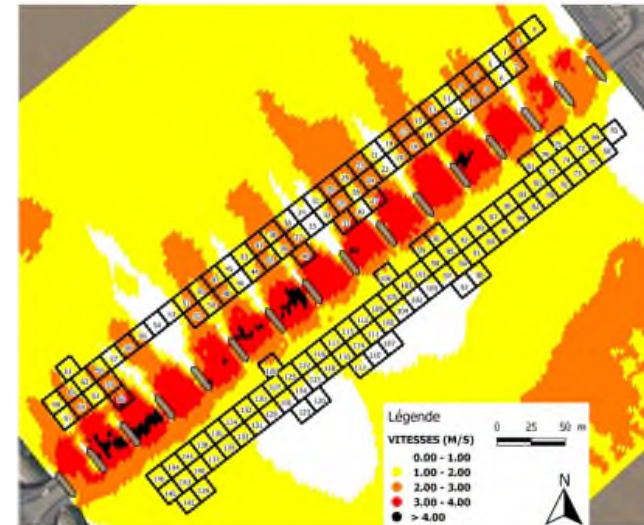


Plan d'implantation prévisionnel des gabions
(P7 à P11 amont)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux



Modèle hydraulique aux abords du Pont de Pierre



Cartographie des vitesses critiques

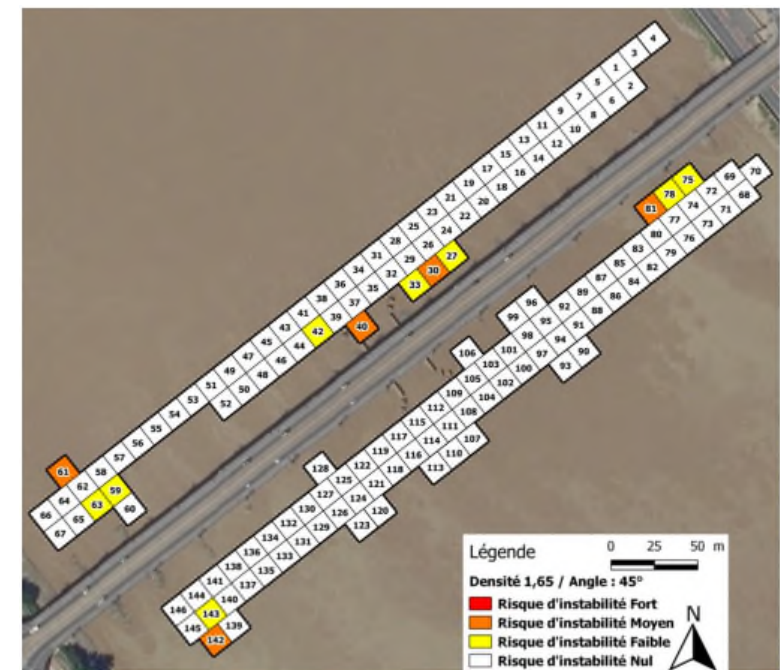
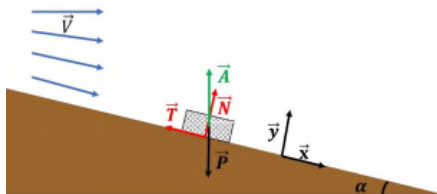
Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Etude de stabilité préalable

➤ Etude de la stabilité interne des matériaux constitutifs de gabions

Variables	Maynard (1995)	Izbash (1970)	Pilarczyk (1998)
Epaisseur du matelas de gabions (m)	/	/	0,50
Diamètre des enrochements (mm)	135	135	/
Densité roche (kg/m³)	2650	2650	1500
Prise en compte de l'enchevêtrement	✓	✓	✓
Prise en compte de la pente	✓	✓	✓
Prise en compte de la turbulence		✓	✓
Prise en compte de la tridimensionnalité du talus			✓
Vitesse critique (m/s)	3,30	2,86	4,12

➤ Stabilité externe des gabions



Stabilité globale

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Atelier de fabrication des filets emmaillotés



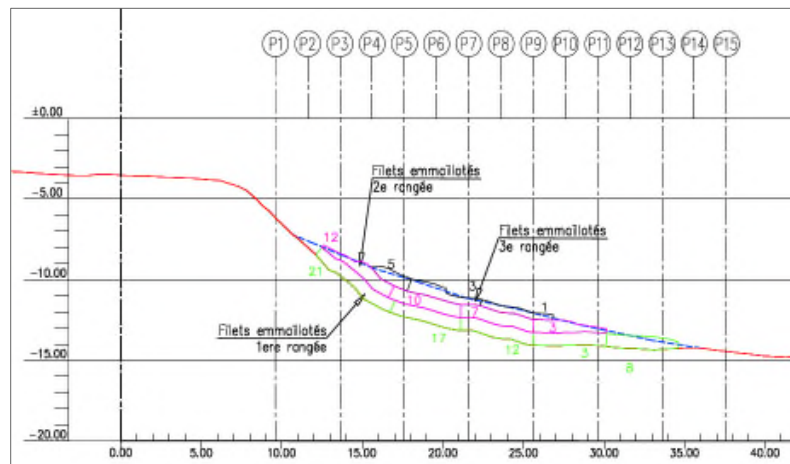
Moule pour confection filet de 4 t



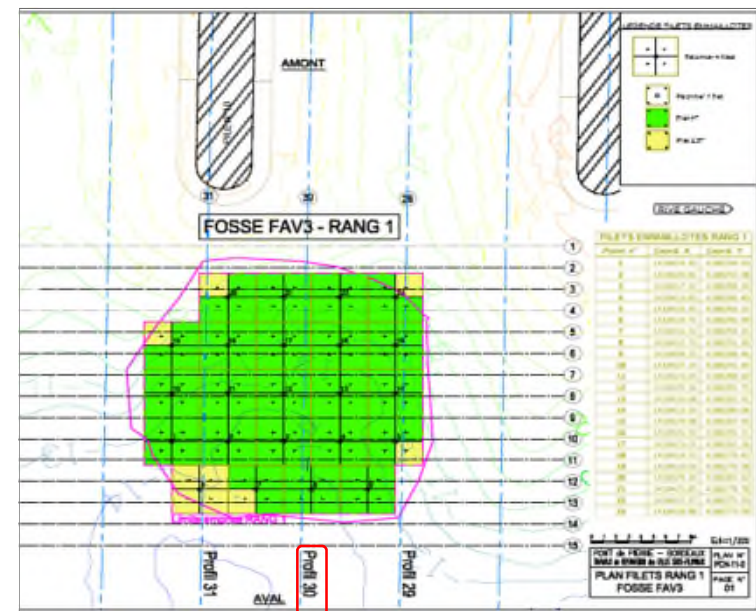
Filet de 4 t
(matériau 40/200 mm)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Comblement des fosses : plan de calepinage



Coupe type Profil PT30



Plan de pose des filets
(fosse FAV3)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Comblement des fosses : pose des filets



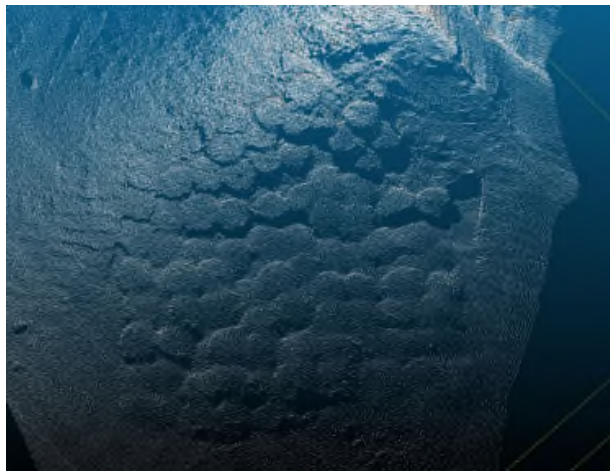
Atelier de pose des filets
(ponton Tramex)



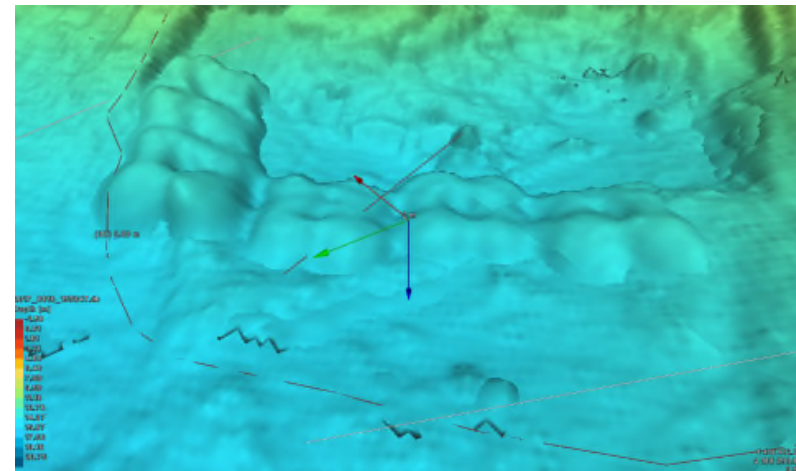
Pose d'un palonnier avec 4 filets de 4t

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Comblement des fosses : contrôle de la pose



Levé caméra acoustique 3D



Extrait maquette 3D mise à jour

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Atelier de fabrication des gabions



Préfabrication des cages sur le terre-plein
(cellules unitaires de 6 x 2m)



Assemblage et remplissages des cages
(90/180 mm) sur ponton de servitude

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Atelier de pose des gabions



Amenée du gabion au ponton de pose



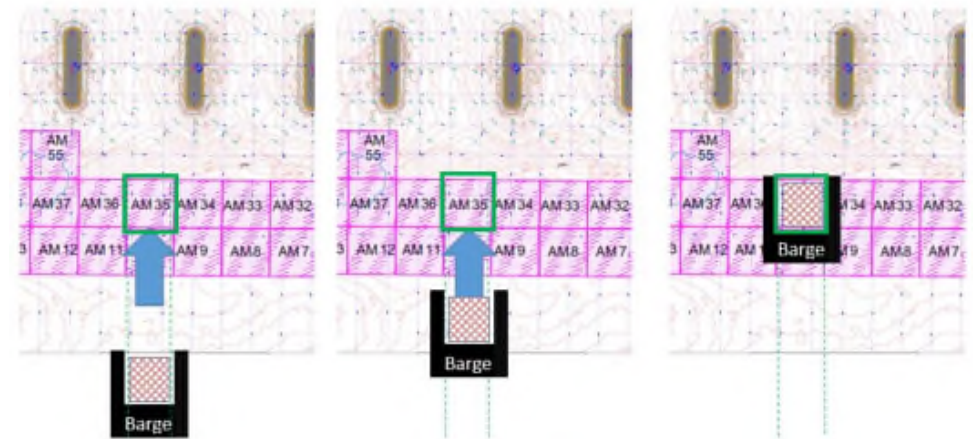
Levage gabion dans les doigts du palonnier
(234 élingues, soit # 0,5t/élingues)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Atelier de pose des gabions



Retrait du ponton de servitude



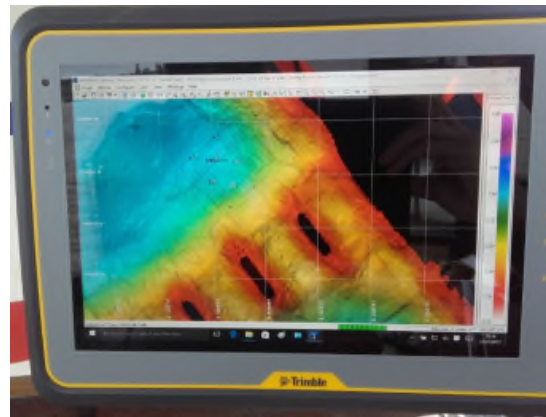
Procédure de mise en place du gabion

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Atelier de pose des gabions : positionnement GPS du gabion



Poste de pilotage du ponton de pose



Extrait plan bathymétrique avec position x, y
du gabion



Mesure masse sur chacun des treuils

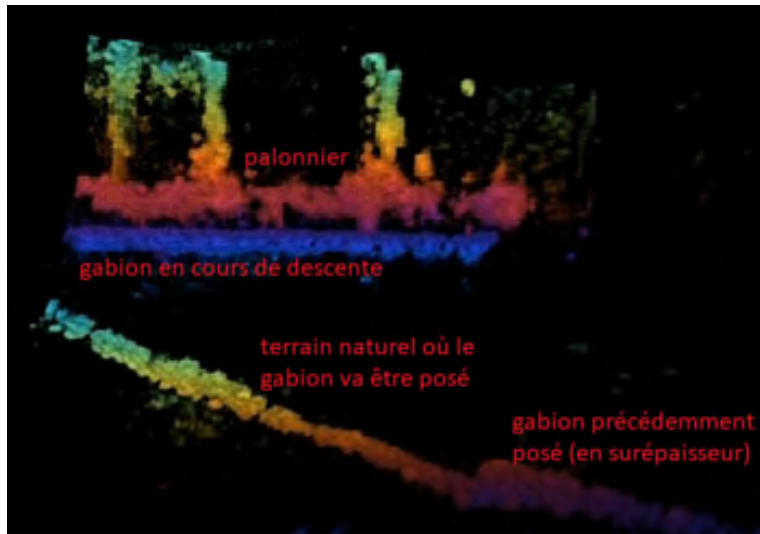
Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Moyens de contrôle pour le suivi des travaux

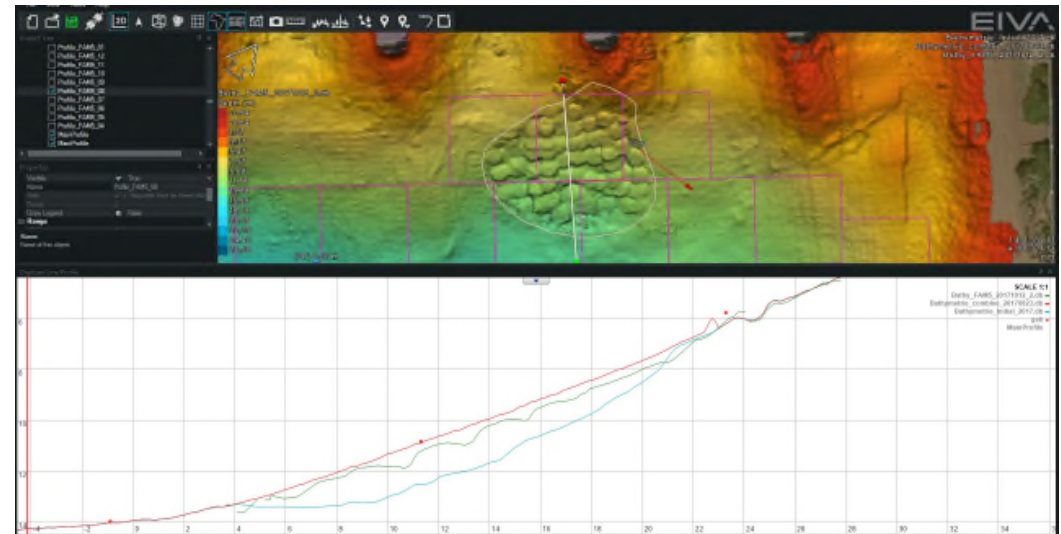
Nature	Zone	Fréquence
Levé multifaisceaux	Sur l'ensemble générale de la zone de travaux	En phase préparatoire
	Au droit de la passe en cours de traitement (gabions)	Hebdomadaire à bi-hebdomadaire
	Levé multifaisceau de la fosse en cours de comblement	Hebdomadaire à bi-hebdomadaire
	Levé multifaisceau de zones traitées pour la préparation des support	Variable, selon les justificatifs de travaux demandés par le Moe.
Caméra acoustique 3D	Zone de pose de gabions, à poste sur le ponton Mauricette	A chaque pose de gabion, suivi des travaux en direct
Caméra acoustique 2D	Fosse en cours de comblement, à poste sur le ponton Tramex	A chaque pose de filets suivi des travaux en direct
Sondeur mono-faisceaux (sondeur de sédiments)	Sur l'ensemble générale de la zone de travaux	En phase préparatoire (pour la définition des épaisseurs de vases et de leur zonage)
	Sur la zone en cours de traitement	Variable
Inspections subaquatiques par scaphandriers	Zone de pose de gabions	A chaque pose de gabions
	Fosse en cours de comblement	A chaque pose de filet

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Moyens de contrôle pour le suivi des travaux



Suivi en temps réel de la pose du gabion en talus avec la caméra acoustique 3D



Contrôle bathymétrique après pose filets

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Moyens de contrôle pour le suivi des travaux : scaphandriers

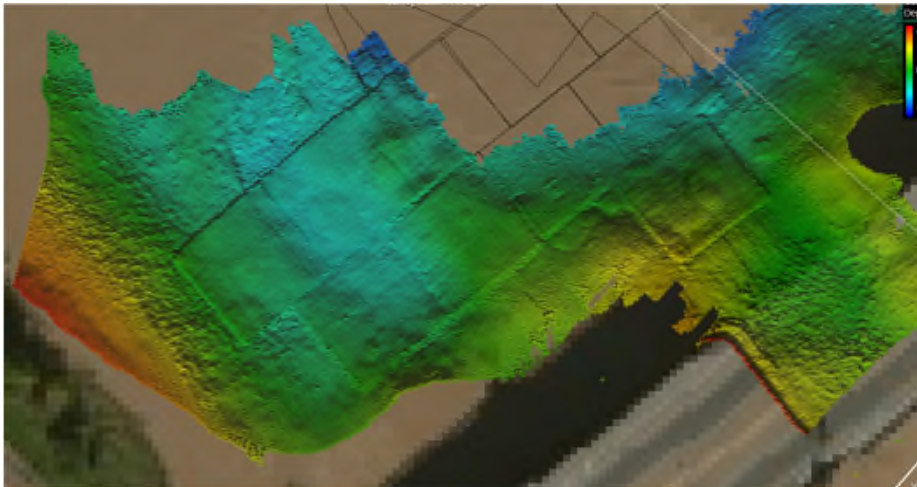


2 équipes de 4 scaphandriers

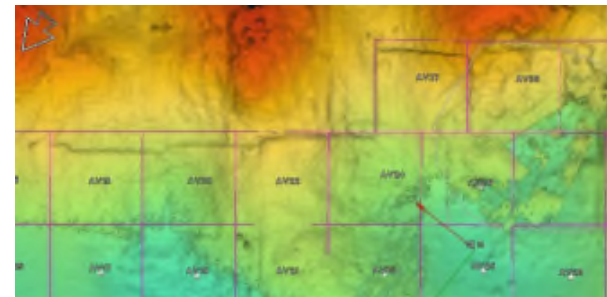


Travaux de protection des talus sous-fluviaux

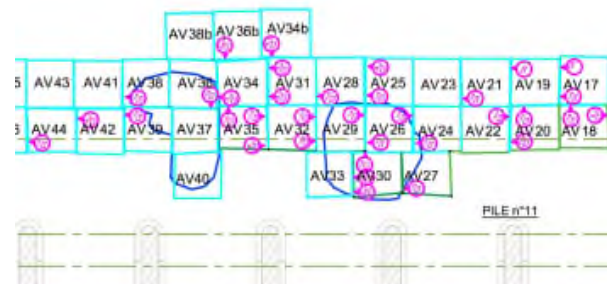
Moyens de contrôle pour le suivi des travaux



Extrait levé de récolement des travaux



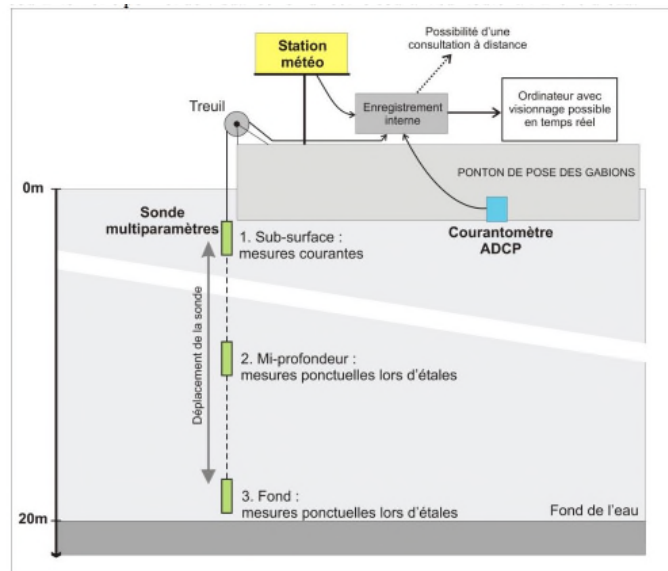
Extrait résultat du levé multifaisceaux avec calepinage théorique des gabions



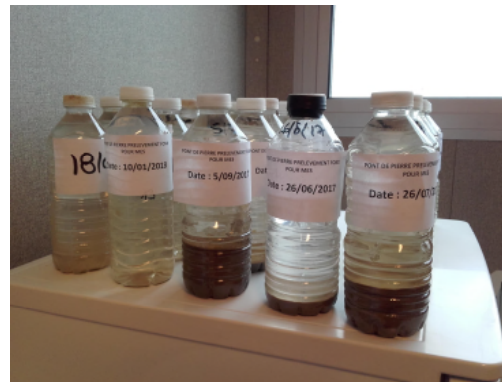
Extrait du plan de récolement avec report des écarts entre gabions (contrôle externe par scaphandriers)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Moyens de contrôle pour le suivi des travaux : station environnementale



Sonde de contrôle de la turbidité



Réseau de surveillance de la qualité des eaux de l'estuaire (réseau MAGEST)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Aléas phase chantier

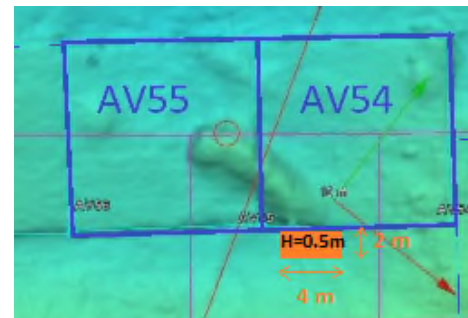
- Contraintes Port de Bordeaux - Navigation fluviale :
 - Navette Airbus journalière (passe 8/9),
 - Bateaux de croisière période avril / novembre (passes 9/10 et 10/11)
 - Accrochage bateau privé dans câbles d'amarrage (non respect consignes)
 - Avarie Pousseur lors du franchissement de passe (erreur pilote)
- Emprise réduite pour fabrication et stockage des gabions
- Turbidité liée au bouchon vaseux : problème de visibilité pour les contrôles par caméra acoustique et levés MF (juillet à décembre)
- Embâcles (en surface et en fond)
- Présence d'hydrolenne à proximité (emprise réservée) : battage de 3 pieux (D1200m)

Travaux de protection des talus sous-fluviaux

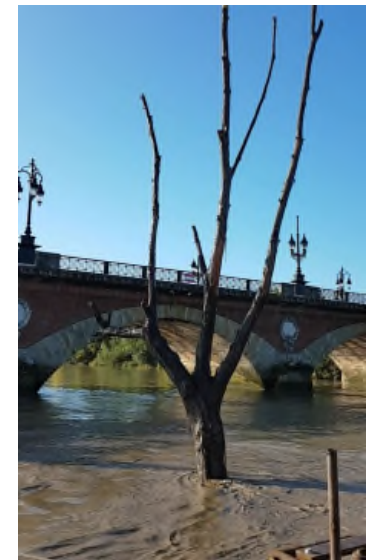
Aléas phase chantier



Battage de pieux zone hydrolienne



Problématique des embâcles



Travaux de protection des talus sous-fluviaux

Travaux à venir :

- ▶ Travaux prévu en 2025 au droit des piles du Pont de Pierre :
 - reprise en sous-œuvre des piles non confortées
 - réfection des pourtours de pile
 - réfection de l'étanchéité du Pont
 - restauration des maçonneries

Mission de MOE : BG

Mission d'assistance technique au maître d'ouvrage : Antea Group / Cerema

- ▶ Suivi régulier de l'évolution des fonds par un relevés bathymétriques semestriels des fonds au pourtour des piles du Pont de Pierre (en attendant les travaux)

Merci pour votre attention

Nicolas CARPENTIER
+33 06 27 30 17 79
nicolas.carpentier@anteagroup.fr