

Travaux de confortement des quais du Rhône en traversée d'Arles

Reinforcement of Arles's embankments and docks

M.H. Prost¹, A. Salmi¹, T. Mallet², P. Mercier², M. Normand³

¹ ISL Ingénierie, Montpellier, prost@isl.fr

² SYMADREM, Arles, thibaut.mallet@symadrem.fr

³ EGIS eau, Montpellier, mathieu.normand@egis.fr

Résumé

Les quais du Rhône dans la traversée d'Arles sont des ouvrages qui ont été édifiés dans leur configuration actuelle à la fin du XIXe siècle.

Ils assurent la protection contre les inondations par le Grand Rhône de la ville d'Arles et permettent l'amarrage de bateaux hôtel de tourisme ainsi que de petites unités fluviales.

Les quais font partie d'un vaste système d'endiguement qui protège environ 55 000 personnes en rive gauche et 15 000 en rive droite (respectivement de classe A et B, conformément au décret n°2015-526).

Ils sont constitués de murs verticaux ou de perrés inclinés (pente de 1H/1V) avec ou sans chemin de halage dont la côte de crête est voisine de 9 m NGF. Le pied de l'ouvrage est situé au niveau d'étiage du Rhône à environ 0,5 m NGF.

Outre des défauts liés aux mécanismes classiques de vieillissement des maçonneries, le diagnostic des quais a mis en évidence un sous-cavage généralisé des structures en maçonnerie consécutif à un abaissement du niveau d'étiage induit par un surcreusement du lit après endiguement.

Cette évolution a généré de nombreux désordres sur les structures. Ces observations ont conduit le SYMADREM à engager dès 2004 un programme de travaux pluriannuel de confortement des quais d'Arles.

Les objectifs poursuivis dans le cadre des travaux étaient à la fois structurels, architecturaux (périmètre inscrit et cœur de la cité arlésienne), patrimoniaux (vestiges d'un pont romain) en intégrant les usages touristiques.

Les travaux ont été réalisés entre 2004 et 2016 pour un montant total de l'ordre de 25 M€

Ils se sont avérés particulièrement complexes du fait de nombreuses contraintes techniques, environnementales et climatiques.

Mots-Clés

Quais, maçonnerie, travaux, batardeaux, crues.

Abstract

Rhone's docks in Arles city have been built at the end of the nineteenth century. Their roles are to provide protection against floods and to allow tourism shipping units to moor safely.

Docks are part of a wide dike system protecting about 55 000 people on the left bank and about 15000 on the right (dykes are respectively ranked A and B according French laws).

They are made of vertical masonry walls or steep (1H/1V) facing stone banks with or without an intermediate path. Their heights are approximately 8 meters. Foundations are at Rhone's low-water level which is only 0,5 m above sea level in Arles.

Docks present usual damages observed on masonry and a general undermine of the structures. This last phenomenon has been caused by the lowering of low-water level due to dykes' construction and hydroelectric developments. This trend has generated many structural disorders.

In 2004, the SYMADREM decided to set up a major 10 years program in order to strength and reinforce the overall Arles' dyking structures.

The main aims were to:

- Improve structural docks' resistance
- Respect the city's architectural design
- Protect and value onsite existing roman heritage
- Include touristic purposes

Works have taken place between 2004 and 2016. The total cost for the renovation was close to 25 M€

Works were particularly complicated, due to numerous technical, environmental or climatic constraints.

Key Words

Docks, masonry, works, cofferdam, flood

Description des ouvrages lors du diagnostic

Les quais d'Arles s'inscrivent dans deux systèmes d'endiguement distincts :

- La rive gauche du Rhône comprenant notamment les centres urbains de Tarascon, d'Arles et de Port-Saint-Louis-du-Rhône, la plaine de Trébon, les anciens marais d'Arles et marais de la Vallée des Baux, le Plan du Bourg et le village de Mas Thibert. La population protégée (hors période estivale) est estimée à 55 000 personnes. Cette zone protégée englobe 9 communes et 2 EPCI-FP. Le système d'endiguement « rive gauche » a été autorisé au titre du décret digues par arrêté préfectoral le 24 avril 2018 ;
- La Camargue Insulaire comprenant notamment les centres urbains des Saintes-Maries-de-la-Mer, et des villages de la commune d'Arles (Saliers, Sambuc, Salin de Giraud, Albaron...). La population protégée (hors période estivale) est estimée à 15 000 personnes. Le système d'endiguement « Camargue insulaire » est en cours de ré-autorisation.

En rive gauche, les quais sont divisés en trois sections distinctes :

- Le quai du 8 mai 1945 (figure 1), ouvrage de conception relativement récente (années 70), constitué par un mur de quai fondé pour partie sur un rideau palplanches long, tiranté et surmonté d'un perré incliné qui sert de lieu d'appontement des bateaux hôtel,
- Le quai Marx Dormoy (figure 1), grand perré maçonné, localement conforté au droit de dégradations consécutives aux bombardements du pont de la voie ferrée pendant la seconde guerre mondiale, il se prolonge en tête de berge sur un remblai endigué, ce qui porte sa hauteur mesurée côté Rhône à environ 8 m,

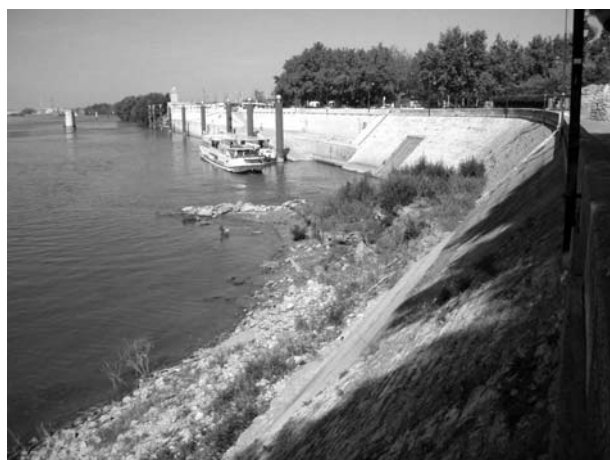


FIGURE 1 : VUE DU QUAI MARX DORMOY ET DU QUAI DU 8 MAI 1945

- Le quai de la Roquette (figure 2), mur de quai en maçonnerie d'une hauteur voisine de 4 m, complété par un parapet en retrait qui assure la protection contre les crues.



FIGURE 2 : QUAI DE LA ROQUETTE

En rive droite on retrouve les sections suivantes :

- Le quai de Saint Pierre (figure 3), grand perré incliné avec une esplanade et une cale de mise à l'eau en pied



FIGURE 3 : QUAI SAINT PIERRE

- Le quai Trinquetaille (figure 4), composé par deux perrés successifs séparés par un chemin de halage,
- Le quai de la Gare maritime (figure 5), mur de quai en maçonnerie d'une hauteur voisine de 4 m,
- Le quai de la Gabelle, composé par deux perrés successifs séparés par un chemin de halage.

Tous ces quais disposent d'un historique de construction long et complexe, les premiers aménagements datant de l'époque Romaine.

La configuration moderne des quais peut être datée à la fin du XIX^e siècle. La documentation disponible et les investigations géotechniques réalisées montrent que chaque quai, sous une apparente homogénéité, présente une structure

interne variable, fruit de l'historique de construction et de réparation des quais.



FIGURE 4 : QUAÏ TRINQUETAILLE



FIGURE 5 : QUAÏ DE LA GARE MARITIME

On citera en exemple le quai Trinquetaille, pour lequel un ancien mur de quai vertical (figure 6) est présent sur une partie du linéaire sous le perré supérieur.

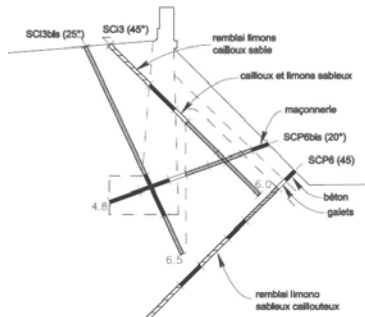


FIGURE 6 : QUAÏ TRINQUETAILLE RECONSTITUE APRES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Principales pathologies identifiées dans le cadre du diagnostic

Lors du diagnostic des quais réalisé en 2002 par ISL, de nombreuses pathologies affectaient les quais dans leur ensemble.

Outre des défauts liés aux mécanismes classiques de vieillissement des maçonneries, le diagnostic des quais a mis en évidence un sous-cavage généralisé des structures en maçonnerie.

Ce sous-cavage trouve son origine dans l'endiguement du Rhône, qui a eu pour conséquence de réduire la largeur du Rhône de 400 m à 150 m en traversée d'Arles, d'accroître les vitesses en crue (figure 7), provoquant de fait le surcreusement du lit du Rhône (-17 m NGF contre - 8 m NGF en amont et en aval d'Arles) et l'abaissement du niveau d'étiage d'environ 1 m.

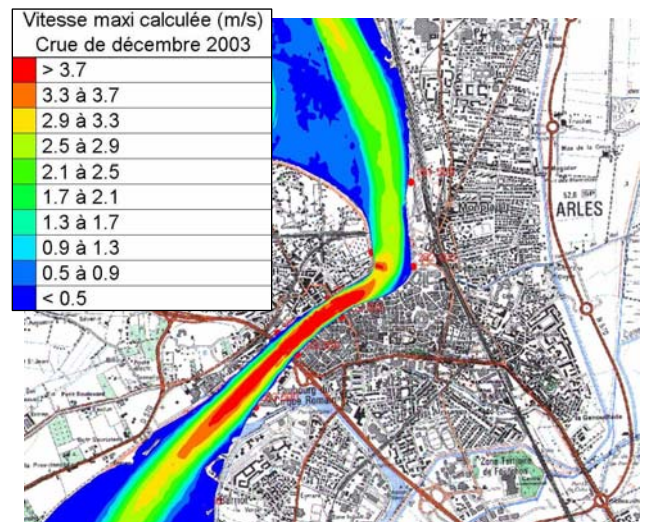


FIGURE 7 : VITESSE DES ECOULEMENTS EN CRUE DANS LA TRAVERSEE D'ARLES [1]

Compte tenu de l'époque de construction des ouvrages, les moyens d'épuisement ne permettaient pas de descendre les fondations de manière significative sous les niveaux d'étiage. Ainsi les fondations des quais (figure 9) ont été réalisées sur des pieux en bois surmontés de massifs de blocaille et de mortier qui constituent une longrine de fondation.

L'abaissement du niveau d'étiage a mis à nu cette fondation et notamment les pieux en bois qui ont alors commencé à pourrir, causant la perte progressive de la capacité portante des fondations.

De nombreux désordres structuraux sont alors apparus :

- Dislocation des perrés en pied (figure 8),
- Perte de la capacité portante en fondation des sections de type mur poids avec amorce de basculement, se traduisant par l'apparition de décrochements entre le remblai et le mur et par des fissurations des terre-pleins,
- Fissuration des ouvrages traversants (figure 10) sous

l'action des déplacements des murs,
- Fontis et phénomènes d'érosion interne sur les terre-pleins des quais (figure 11).



FIGURE 8 : DISLOCATION DE PERRE EN PIED



FIGURE 9 : FONDATION DES MURS DE QUAÏ



FIGURE 10 : FISSURATION DES OUVRAGES TRAVERSANTS



FIGURE 11 : FONTIS AU DROIT D'UN OUVRAGE PLUVIAL

Principes de confortement retenus

Les techniques de confortement mises en œuvre sur l'ensemble des quais sont nombreuses et variées, à l'image de la structure des quais. Elles ont dû intégrer un faisceau de contraintes important, notamment architecturales et hydrologiques. Certains grands principes d'aménagements ont cependant guidé la conception et la réalisation des travaux sur toutes les opérations réalisées sous maîtrise d'œuvre ISL ou EGIS Eau.

Traitement des sous-cavages et prévention des affouillements de pied

Le contexte bathymétrique défavorable dans la traversée d'Arles (fortes profondeurs, lit étroit, vitesses d'écoulement importantes) rend la protection contre les affouillements délicate à réaliser.

La mise en œuvre d'une protection parafouille relativement courte a été retenue en première approche. En effet la bathymétrie dans la traversée apparaît relativement stable sur les 50 dernières années, avec notamment l'absence de déplacement en plan du fond de fosse.

Cette protection a été réalisée en palplanches, ce qui permettait de disposer d'une bonne résistance à l'écoulement et d'une meilleure pérennité que des enrochements libres qu'il aurait été difficile d'ancrer et de poser.

Ce choix de matériaux présente également d'autres avantages puisqu'il permet :

- Moyennant une surlongueur en phase travaux, de disposer d'une protection contre les crues,
- D'isoler le pied du mur des écoulements et de disposer ainsi d'une sécurité par rapport à d'éventuelles pollutions du Rhône par le chantier (rétention des laitances et gravats éventuels),
- De disposer d'un apport certain en termes de stabilité de la structure de quai, le rideau participant à la stabilité en grand de l'ouvrage.

Ce dernier point s'est d'ailleurs souvent avéré dimensionnant pour la fiche et le module des rideaux pour lesquels il a systématiquement été pris en compte une perte de butée consécutive à un affouillement de 1 à 3 m devant le rideau.

Amélioration de la stabilité

La stabilité des quais, suite à la dégradation de la fondation s'est trouvée remise en question.

Au-delà de cette détérioration des conditions de stabilité, il n'a pas été possible de justifier de la stabilité initiale des quais selon les recommandations actuelles (CFBR) alors même qu'ils sont en place depuis plus de 150 ans. Ce point a nécessité la mise en œuvre de rétro-calculs visant à justifier d'une configuration juste stable sans prise en compte de coefficients partiels.

Pour les murs poids, l'amélioration de la stabilité (figure 12) a été obtenue par :

- L'apport du rideau parafouille en termes de stabilité globale,
- Une régénération de la fondation (comblement des vides au béton et injections),
- Sur certains secteurs, la reprise en sous œuvre des fondations et le clouage des murs par l'emploi de micropieux,
- La restauration des maçonneries (rejointoiement, traitement des fissures, etc.) et leur reconstruction localement.

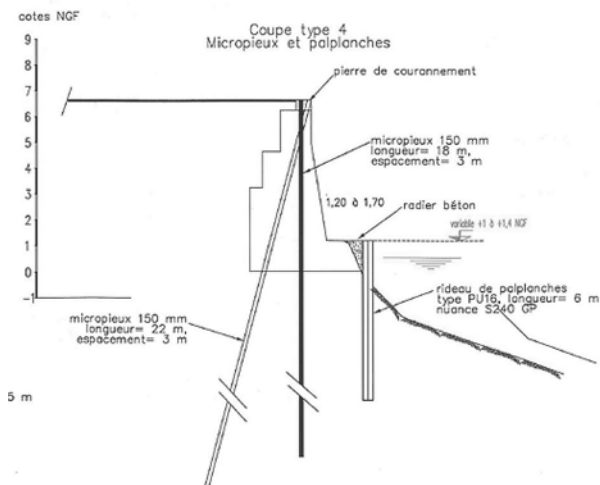


FIGURE 12 : AMELIORATION DE LA STABILITE DES MURS DE QUAI

Sur le quai de la Roquette, sur un linéaire d'une centaine de mètres, le mur de quai effondré a été intégralement reconstruit en béton en s'appuyant sur un confortement provisoire ancien et un rideau de palplanches neuf. Il a ensuite été recouvert d'un placage maçonné similaire à l'existant.

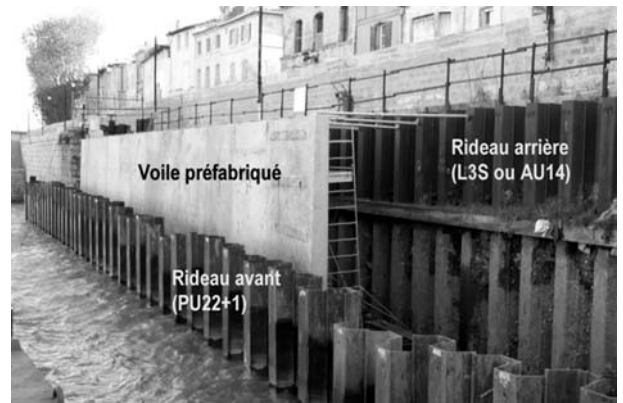


FIGURE 13 : CAS PARTICULIER DU QUAI DE LA ROQUETTE

Pour les quais composés de perrés, les solutions apportées ont été variables et adaptées aux différentes configurations observables.

Pour les perrés comportant un chemin de halage intermédiaire, les travaux ont consisté sur la partie basse à reconstruire les maçonneries déstructurées. Cette opération a nécessité :

- La dépose des pierres de quais
- La reconstitution d'un support de pose en béton projeté
- La remise en œuvre des maçonneries
- La liaison avec le rideau parafouille au moyen d'une longrine en béton armé

En partie supérieure, l'amélioration des conditions de stabilité a été obtenue soit :

- Par l'épinglage du perré sur un mur maçonné présent en arrière du perré,
- Par réalisation d'injections au sein des remblais arrière décomprimés.

On notera que la présence du chemin de halage permet de disposer d'une riberme qui joue un rôle favorable sur la stabilité d'ensemble du quai qui n'a pas eu besoin d'être fortement améliorée.

Sur le quai Marx Dormoy, grand perré incliné de forte hauteur, les conditions de stabilité étaient en revanche bien plus précaires et après avoir étudié plusieurs techniques de confortement à géométrie constante, le choix s'est porté, pour des raisons autant techniques qu'architecturales vers une solution avec création d'un quai bas avec chemin de halage.

Le confortement comprenait en section courante :

- La mise en œuvre d'un rideau de palplanches parafouille tiranté
- La mise en œuvre de remblais pour constituer le quai bas,
- La réalisation d'un support de pose pour le perré maçonné en béton projeté,
- La pose de maçonneries,
- Le rejointoiement ou la reconstruction du perré en partie supérieure,
- La réalisation d'injections dans le perré supérieur,

- Le prolongement et la sécurisation des ouvrages traversants

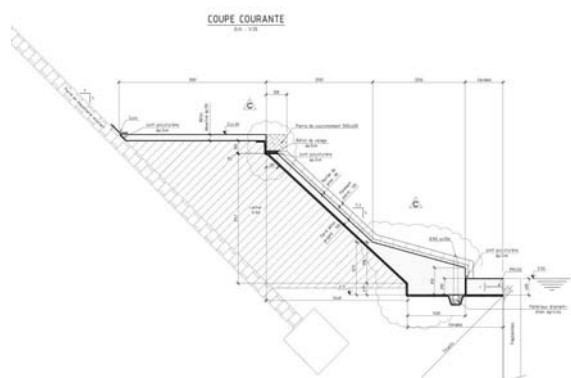


FIGURE 14 : COUPE TYPE DU QUAÏ MARX DORMOY CONFORTE

Homogénéisation des niveaux de protection contre les crues

Dans la traversée d'Arles, les cotes de crête des parapets des quais n'offraient pas toutes le même niveau de protection contre les inondations. Les accès aux quais étaient fermés en période hivernale par des batardeaux traditionnels, ne permettant pas aux Arlésiens d'accéder aux bords du Rhône. Les travaux réalisés ont eu pour but d'homogénéiser ce niveau de protection tout en rendant l'usage des quais aux habitants.

Traitement des batardeaux :

Tous les batardeaux présents sur les quais ont été modernisés. Ils sont désormais composés de batardeaux composés de poutrelles en aluminium qui peuvent être mis en œuvre rapidement par la commune et ne sont donc plus fermés en permanence en période hivernale. Les maçonneries recevant ces batardeaux ont été entièrement reprises afin de disposer d'un ancrage satisfaisant dans les parapets adjacents et en fondation. Pour les ouvrages de grande dimension, les batardeaux sont munis de supports intermédiaires et de butons, afin de conserver des éléments manu portables.

Rehausse des parapets :

Localement la cote de crête des parapets était insuffisante pour garantir un niveau de protection homogène. Des travaux de rehausse ont été réalisés, consistant en

- Dépose de la pierre de couronnement du parapet,
- Réalisation d'une poutre de rehausse en béton armé de hauteur variable ancrée dans la partie inférieure du parapet,
- Pose et scellement de la pierre de couronnement,
- Habillage au mortier ton pierre de la poutre en béton.



FIGURE 15 : REHAUSSE DES PARAPETS

Traitement des ouvrages traversants

Les ouvrages traversants ont fait l'objet d'une remise à niveau importante. Les anciennes vannes martelières enchâssées dans la structure des quais ont été remplacées, les ovoïdes en maçonneries ont fait l'objet de rejointoiements et de réparations des fissurations présentes et le système a été systématiquement doublé par la pose de clapets anti-retour permettant de limiter le risque d'inondation en cas d'absence de manœuvre des vannes ou de manœuvre tardive.

Les regards d'accès pour l'inspection et l'entretien des vannes ont également fait l'objet de travaux, notamment la pose d'échelles permettant d'accéder aux crémaillères et réducteurs de couple des organes de manœuvre.

Deux ouvrages de grandes dimensions ont fait l'objet d'une attention particulière et d'études spécifiques pour s'assurer qu'ils ne constituaient pas des points faibles de la protection :

- Vérifications hydrauliques
- Vérifications structurales (soulèvement en crue)
- Vérifications des dispositifs de vantellerie (chaîne d'action, redondances, alimentation en énergie, organisation du gestionnaire)

Mise en œuvre d'appontements

Compte tenu des difficultés rencontrées pour assurer la stabilité des quais, il a été fait le choix de dissocier les équipements assurant les fonctions d'amarrage de la structure du quai. Ce principe s'est décliné par la création de ducs d'Albe pour les grandes unités au droit du quai du 8 mai 1945.



FIGURE 16 : AMARRAGE D'UN BATEAU HOTEL SUR LE QUAÏ DU 8 MAI 1945 LORS DE LA CRUE DE DECEMBRE 2003



FIGURE 17 : ECHOUAGE DU CHAPON PENDANT LA CRUE DE DECEMBRE 2003

Au droit du quai Trinquetaille l'amarrage des petites unités est rendu possible avec des pontons flottants et des passerelles fixés sur des pieux indépendants de la structure du quai.

Intégration architecturale

La création du quai bas sur le quai Marx Dormoy a permis de répondre à la contrainte d'amélioration de la stabilité du quai tout en faisant écho au projet architectural global qui mettait en avant la restauration d'une continuité de circulation sur les chemins de halage.

La zone de transition en amont du quai Marx Dormoy vers une structure de quai verticale a ainsi nécessité une adaptation particulière pour prendre en compte :

- Le changement de géométrie du quai,
- La présence de l'exutoire de la roubine du Roy,
- L'impératif de continuité de la circulation.

Dans cette zone, la transition a ainsi été assurée au moyen d'une estacade fondée indépendamment du quai existant sur une file de pieux. L'ensemble en béton armé a reçu ensuite un habillage par un placage en pierres maçonnées afin de parfaire l'intégration de l'ensemble.

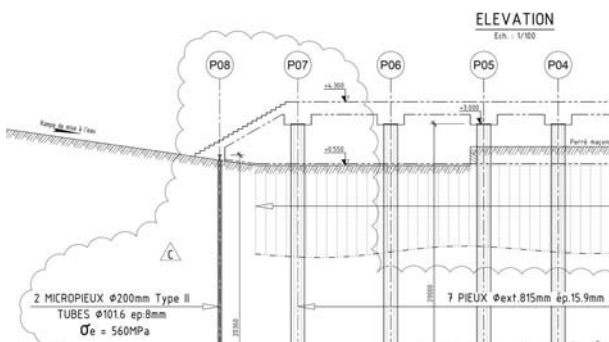


FIGURE 18 : STRUCTURE DU QUAI SUR PIEUX



FIGURE 19 : QUAI SUR PIEUX ET QUAI MARX DORMOY EN COURS TRAVAUX

De part et d'autre du Rhône, des vestiges d'époque Romaine sont identifiés : il s'agit de culées en maçonneries qui servaient d'amarrage aux éléments d'un pont flottant sur le Rhône.

Ces vestiges ont fait l'objet de fouilles et relevés par la DRAC lors des travaux et une mise en valeur en a été réalisée, avec notamment :

- Un revêtement de sol texturé en 3 dimensions permettant de rendre compte de l'implantation des bâtiments à proximité de cette « culée » en rive droite,
- La mise en place d'une passerelle au droit de la « culée » rive gauche afin de ne pas enfouir ce vestige sous la structure du quai.

Enfin les revêtements de sols des quais ont fait l'objet d'une attention particulière. Si le béton désactivé a été majoritairement retenu pour la facilité d'entretien et la durabilité qu'il offre, son aspect a fait l'objet de validations par l'architecte des bâtiments de France. En outre, la calade traditionnelle qui recouvrait encore localement les quais a été réemployée sous formes de bandes rappelant l'aspect initial des quais.



FIGURE 20 : REVETEMENTS DE SURFACE APRES TRAVAUX

Difficultés rencontrées en phase travaux

La complexité des ouvrages et des travaux ainsi que les nombreuses contraintes à prendre en compte ont généré en phase travaux un certain nombre de difficultés. Si la plupart avaient été anticipées, elles n'en ont pas moins été sources de complications.

Approches calculatoires en phase EXE :

La prise en compte d'ouvrages anciens dans les calculs d'exécution est toujours malaisée, un recalage des paramètres intrinsèques étant nécessaire pour pouvoir justifier d'une stabilité minimale des ouvrages.

Les entreprises ont souvent été frileuses quant à ces hypothèses, refusant d'assumer la responsabilité des calculs et incitant à la mise en œuvre de compléments de travaux coûteux pour introduire des marges de sécurité complémentaires.

Ce phénomène a également été amplifié par la modification de certaines normes entre les premières études et les travaux (norme écran notamment) qui conduit à des modes de justification différents et à des dimensionnements des ouvrages qui peuvent varier.

Fissuration des terre-pleins

Lors des premières opérations de vibrofonçage des palplanches des rideaux parafouille devant les murs de quai verticaux, il a été observé dans les terre-pleins la formation d'une fissuration longitudinale qui suivait la zone de battage. Cette fissuration a été particulièrement suivie, par crainte qu'elle ne soit causée par un basculement des murs. Les investigations ont montré qu'elle était plutôt consécutive à une réorganisation des sols liée aux vibrations. Cette réorganisation est demeurée à une distance raisonnable des bâtiments et n'a pas causé de désordre sur ces derniers.



FIGURE 21 : FISSURATION DU TERRE-PLEIN

Contraintes d'accessibilité en zone urbaine

Certaines opérations lors des travaux ont nécessité des accès

terrestres dans des zones fortement contraintes (faible largeur de voiries, contraintes de stationnement, circulation importante à proximité des écoles, etc.).

Ces contraintes ont conduit à réaliser l'approvisionnement et la pose des éléments préfabriqués en béton du quai sur pieux à l'amont du quai Marx Dormoy de nuit. L'opération a été réalisée sur deux nuits à une semaine d'intervalle et a nécessité l'utilisation de moyens de levage spécifiques.

Cette disposition a également permis d'assurer de manière plus efficace la sécurité par rapport aux nombreux promeneurs en journée.



FIGURE 22 : POSE DES ELEMENTS PREFABRIQUES DE NUIT

L'impossibilité d'accéder sur le linéaire du quai Marx Dormoy avec des toupies chargées a également imposé l'emploi de dispositifs de pompage (trémie + pompe) disposés aux extrémités du quai. Les distances de pompage importantes ont également été source de difficulté pour l'entreprise.

Contraintes liées à la navigation

Les contraintes liées à la navigation avaient été prises en compte lors de l'élaboration du marché et de la préparation des entreprises. Les nombreux aléas climatiques ayant totalement désorganisé l'organisation initialement prévue ont généré des conflits d'usage à proximité de l'appontement des bateaux hôtels. Le stationnement de l'atelier nautique, à proximité des appontements a nécessité de neutraliser ponctuellement une partie des appontements, et a nécessité une adaptation en continu des plannings chantier.

Crues

Les travaux en pied de quai se déroulant sensiblement au niveau d'étiage du Rhône étaient exposés au risque de crue. L'intégration dans la conception des confortements d'une protection par une surlongueur de palplanches devait permettre de se prémunir des variations de niveau quotidiennes du Rhône générées par le fonctionnement des aménagements hydroélectriques en amont (marnage quotidien de l'ordre de 0,6 m en période d'étiage) ainsi que de petites crues.

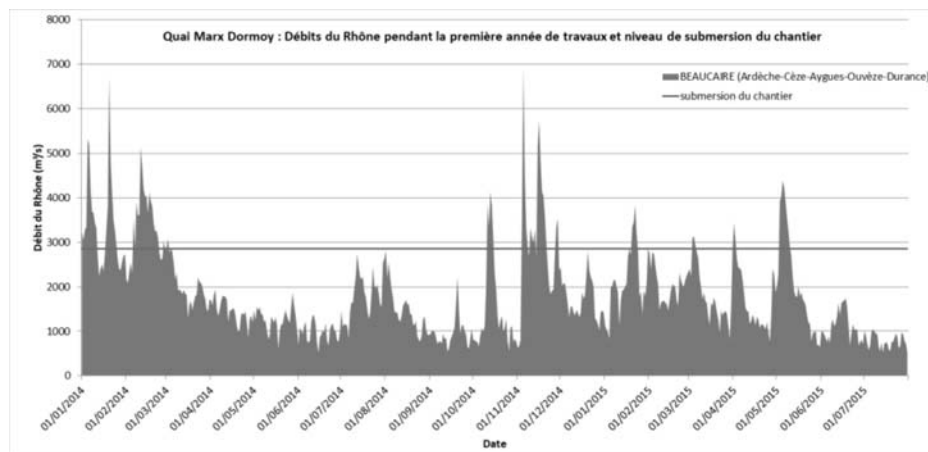


FIGURE 23 : DEBITS OBSERVES PENDANT LA PREMIERE ANNEE DE TRAVAUX

La figure 23 illustre les débits observés pendant la première année de travaux sur le quai Marx Dormoy ainsi que le niveau à partir duquel le chantier était submergé. On peut y constater des niveaux estivaux élevés qui ont pénalisé le déroulement des travaux même sans submersion (difficultés liées au courant) puis des submersions fréquentes qui ont arrêté le chantier sur des périodes relativement longues.

Ces difficultés ont entraîné une durée de chantier plus importante que prévu, une désorganisation du planning général déjà fortement contraint et un surcoût des travaux de l'ordre de 10 %, le nombre de submersion de chantier prévu au CCAP ayant été dépassé 4 fois sur la durée des travaux.

Montant et financement des travaux

Le montant de l'opération s'est élevé à 22,5 millions d'euros HT pour un linéaire de quais de 3 km, soit environ 7 500 euros/ml, chiffre qui doit être pris comme un ordre de coût compte tenu de la nature très disparate des travaux. L'opération a été financée dans le cadre du Plan Rhône suivant la clé définie ci-après :

- État : 40 %
- Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : 30 %
- Département des Bouches-du-Rhône : 25 %
- Commune d'Arles : 5 %

Gestion des quais

Les quais du Rhône sont situés en partie sur le domaine public fluvial et le domaine public communal. Un transfert de gestion de la partie haute des quais avait été effectué en 2001 de l'État au profit du Symadrem. Jusqu'en octobre 2018, la gestion des quais était répartie géographiquement comme

suit :

- Partie basse côté fleuve : VNF
- Partie haute côté fleuve : SYMADREM
- Partie côté terre : ville d'Arles

Cette gestion posait de nombreux problèmes de responsabilité tout particulièrement pour la sûreté des ouvrages compte tenu de l'interaction forte entre les parties basses et hautes des quais. Une convention de superposition d'affectations a été signée en octobre 2018 pour passer d'une gestion géographique des ouvrages à une gestion fonctionnelle. Les ouvrages font l'objet d'une affectation initiale et de trois affectations supplémentaires :

- VNF pour la destination navigable du domaine public fluvial, qui est l'affectation initiale,
- Le SYMADREM pour la destination protection contre les crues du Rhône de ces dépendances du domaine public fluvial, qui est la 1^{ère} affectation supplémentaire,
- La commune d'Arles pour la destination voirie et circulations piétonnes de ces dépendances du domaine public fluvial, qui est la 2^{ème} affectation supplémentaire,
- La commune d'Arles pour la destination évacuation des eaux pluviales de ces dépendances du domaine public fluvial, qui est la 3^{ème} affectation supplémentaire.

La convention permet d'avoir un responsable unique vis-à-vis de la gestion des ouvrages de protection inclus dans les systèmes d'endiguement précités.

Elle précise également les obligations faites à la commune (gestion et entretien des batardeaux et des ouvrages hydrauliques traversants) et à VNF (impact de la navigation) au regard de la sûreté des ouvrages.

Conclusion

Le diagnostic des quais d'Arles entrepris en 2002 par le SYMADREM a mis en évidence de nombreux désordres sur les quais. Ces désordres avaient pour origines le vieillissement des structures en maçonnerie et le sous cavage généralisé des quais consécutif à l'abaissement du niveau d'étiage du Rhône au cours du siècle dernier.

Le contexte Arlésien a conduit le SYMADREM à engager un programme de travaux de confortement intégrant des aspects architecturaux et touristiques qui ont été pris en compte dès la conception.

Les grands principes de confortement (protection contre l'affouillement, amélioration de la stabilité des quais, homogénéisation de la protection, traitement des ouvrages traversants) ont été déclinés sur l'ensemble des quais.

Les configurations variées des ouvrages ont conduit à mettre en œuvre de nombreuses techniques de confortement différentes : micropieux, palplanches, tirants, éléments en béton armé, épingleages de maçonneries, reconstruction de quais...

Les travaux ont été échelonnés sur environ 12 ans et ont rencontrés des contraintes importantes qui ont généré des difficultés de réalisation.

Les crues du Rhône, nombreuses et imprévisibles ont causé des retards et des désorganisations des chantiers malgré un dispositif de protection intégré dès la conception des ouvrages pour les travaux à réaliser au niveau d'étiage.

Les contraintes urbaines, archéologiques et de navigation ont également mis à rude épreuve les acteurs du confortement, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et entreprises qui ont su travailler en bonne intelligence et améliorer ainsi significativement la sûreté des quais et le cadre de vie des Arlésiens.

Références

- [1] SYMADREM (2009) *Étude de calage précis entre Beaucaire et Arles – rapports de phase 1 à 5 et prestations supplémentaires* – CNR