

Méthodes de détection de la nature des matériaux immergés et des affouillements

Jacques Perrier^a et Jean-Marie Gallissaires^b

Les revêtements des digues et berges du Rhône aménagés subissent des sollicitations hydrauliques sévères (courant en crue, batillage) qui peuvent entraîner des dégradations engageant la sûreté des ouvrages. C'est pourquoi les équipes de maintenance de la CNR surveillent régulièrement l'état des protections des ouvrages.

Une des limites actuelles de la surveillance réside dans la connaissance insuffisante de l'état de la partie immergée des revêtements de berges, la plus sollicitée par le courant. La seule méthode de suivi à haut rendement consiste en effet à suivre l'évolution de la géométrie des berges par des levés bathymétriques, sans prendre en compte la nature des matériaux en place (on ne sait pas, sauf à pratiquer de longues explorations par plongée, s'il subsiste ou non des blocs d'enrochements de taille suffisante).

C'est pourquoi une étude sur la détection de la nature des matériaux et des affouillements dans les ouvrages de protection immergés de la basse vallée du Rhône a été engagée par le laboratoire CNR entre 2000 et 2003 en collaboration avec la société IOTA spécialisée en détection acoustique. Une étude préliminaire de faisabilité (rapport de recherche bibliographique de Mme Humbert, CNR, 1999) a montré que le sonar latéral était un des moyens de détection les plus efficaces.

Cette communication présente la campagne de reconnaissance par détection au sonar latéral sur des ouvrages « pilotes » ponctuels (barra-

ges, quais, piles de ponts, seuils) et linéaires (digues), réalisée en 2003.

Un programme de validation des résultats obtenus au moyen de contrôles par des méthodes éprouvées telles que sondages, écho-sondeurs, plongeurs reste à réaliser.

Présentation de la campagne de reconnaissance

La CNR a confié à la société IOTA la réalisation de la campagne de reconnaissance au sonar latéral.

Les sites retenus correspondent à des ouvrages à la fois sensibles pour la Direction régionale d'Avignon de la CNR, chargée de la maintenance, et représentatifs pour le projet.

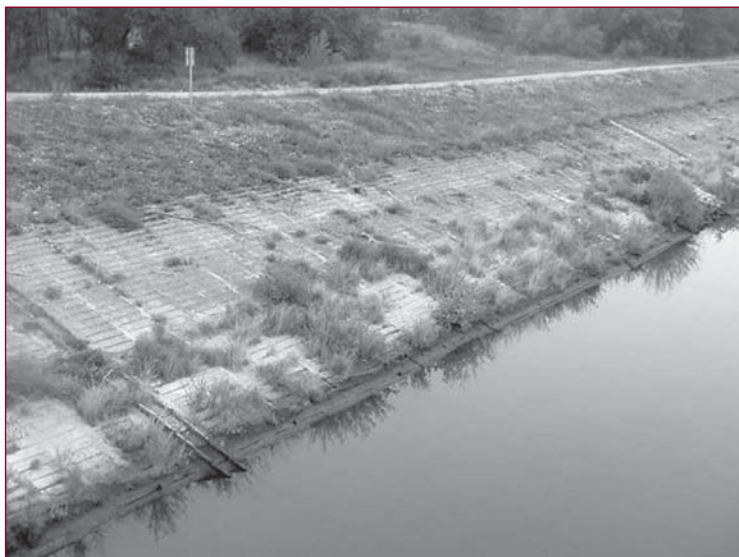
Ils sont répartis sur une longueur de 75 km, sur les aménagements de Donzère, de Caderousse, d'Avignon et de Vallabrègues.

Ces ouvrages sont les suivants :

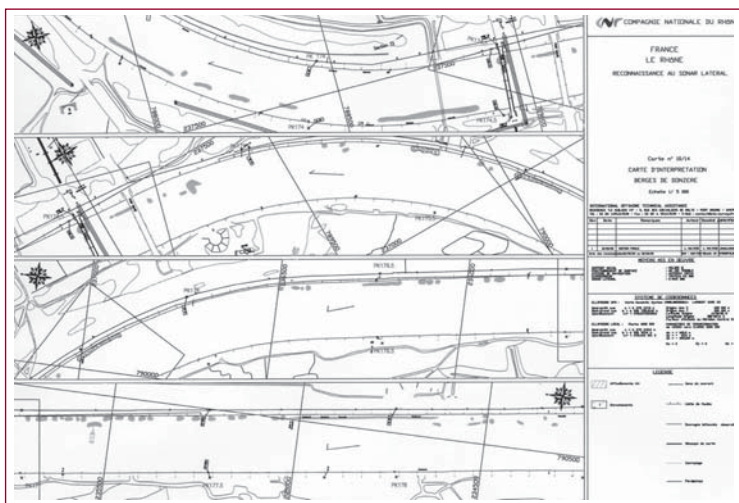
- 7 km de digue dont 2 km sur l'aménagement de Vallabrègues et 5 km sur l'aménagement de Donzère (avec des anciennes protections en dalles de béton ajourées appelées « persiennes ») et illustrées en figure 1 ;
- 4 barrages avec une inspection portant sur 100 à 150 m à l'amont et à l'aval immédiat ;
- 2 seuils déversants avec le même type d'inspection ;
- les piles d'un pont.

Les contacts

a. Compagnie Nationale du Rhône, Laboratoire d'essais – mesures – contrôles, Direction de l'ingénierie technique, 4, rue de Châlon-sur-Saône, 69007 Lyon
b. IOTA, Résidence « Le Guilhem VI », 5, rue des Chevaliers de Malte, port Ariane, 34970 Lattes



▲ Figure 1 – Protections en dalle de béton ajourées de l'aménagement CNR de Donzère.



▲ Figure 2 – Cartes d'interprétation au 1/5 000^e, berges de Donzère.

L'objectif de cette campagne était de fournir des informations précises sur la présence de désordres tels que cavités, affouillements ou sur la nature des matériaux de surface des berges et du lit. Ces différentes parties d'ouvrages à inspecter sont situées à des profondeurs comprises entre 1 et 15 m environ de la surface.

La campagne s'est déroulée fin février 2003 après plusieurs reports liés principalement aux conditions de débits trop élevées. Elle a été réalisée sur 5 jours consécutifs. Le choix des dates en période hivernale était nécessaire pour éviter sur certains sites que la détection

soit perturbée par la présence d'algues ou de plantes aquatiques qui se développent en période estivale.

Les conditions de débit et de météo étaient bonnes. L'ensemble des ouvrages prévus a pu être ausculté. La vitesse d'auscultation sur des ouvrages de type linéaire tels que les digues a été de l'ordre de 2 m/s.

Les résultats obtenus lors de ces campagnes ont été présentés sous la forme d'enregistrements sonar et de cartes d'interprétation DAO, en général au 1/1000^e, sur lesquelles figurent les affouillements et leur profondeur, les natures des matériaux du fond et des berges (sédiments fins, grossiers, enrochements avec parfois les tailles de blocs).

À titre d'exemple, les interprétations sur cartes au 1/5 000^e d'ouvrages type sont joints en figures 2 et 3.

Les moyens utilisés

Moyens humains :

- deux techniciens très qualifiés ;
- un navigateur.

Moyens matériels :

- récepteur DGPS Trimble ;
- compas magnétique Azimut 1000 ;
- PC portable ;
- logiciel de navigation Autonome Survey, capable de gérer l'acquisition des données des différents équipements interfacés sur l'ordinateur de navigation, de définir et de visualiser les profils suivis par le bateau afin de contrôler la bonne couverture de la zone à inspecter, de fournir une position en continu du sonar ;
- unité sonar latéral et un poisson remorqué Cmax de fréquence variable de 100 à 500 kHz avec un balayage d'une portée variable de 50 à 200 m ;
- bateau.

Pour faciliter les interprétations, la société IOTA a réalisé des levés bathymétriques au moyen d'un échosondeur de 500 kHz.

Le sonar latéral est bien adapté pour dégrossir les problèmes et pour avoir une vision globale des ouvrages et de l'environnement sous-marin. Il est

plus souple et d'un coût très inférieur au sondeur multi-faisceaux. Un sonar avec un balayage plus fin (de 25 m de portée) pourrait être utilisé dans un second temps, sur les zones d'anomalies mises en évidence après un balayage de portée plus large.

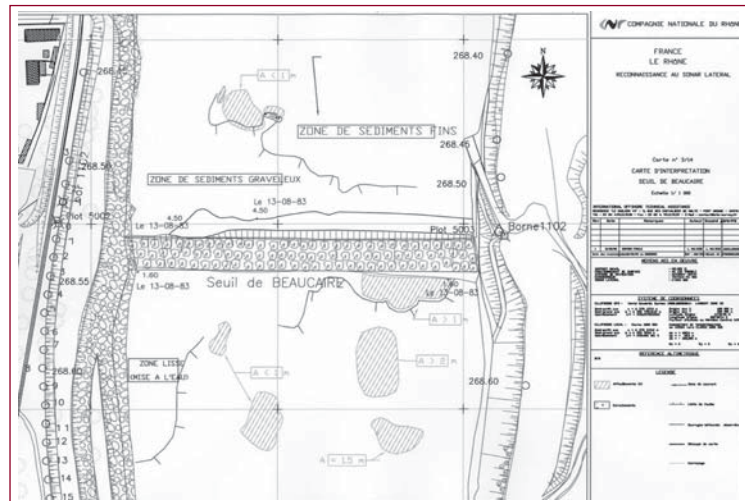
Intérêts et limites de la méthode

La méthode de détection au sonar se révèle intéressante à plusieurs titres :

- elle permet d'inspecter à distance de sécurité (50 m voire un peu plus) les parties d'ouvrages d'accès dangereux pour la bathymétrie classique, et même les plongeurs : parties aval et amont immédiats d'ouvrages tels que seuils et barrages, principalement ;
- sur berges, l'inspection peut être réalisée jusqu'à la cote du plan d'eau moins 0,50 m ;
- elle a un bon rendement sur des ouvrages de type linéaire comme les protections de talus de digues : l'auscultation de 5 km de protections « persiennes » à Donzère a pu être réalisée en 5 heures ;
- elle permet la différenciation des matériaux constitutifs des berges et du fond (que ne permettent pas les échos sondeurs classiques).

Par contre, elle présente certaines limites :

- des difficultés de la reconnaissance ont été rencontrées : elles sont liées à la consignation des barrages, au courant (difficulté de navigation en ligne droite) et aux embâcles de branches sur les berges ;
- la détection de cavités sur parement vertical (quais) est difficile ;
- la vérification de la présence d'enrochements lorsqu'ils sont recouverts de sédiments fins n'est pas possible. Elle pourrait être menée avec la sismique et le sondeur de sédiments. Cette véri-



▲ Figure 3 – Carte d'interprétation au 1/5 000^e, seuil de Beaucaire.

fication ne serait possible que pour des hauteurs d'eau de 3 à 4 m minimum. En deçà de cette valeur, les phénomènes de réflexion multiples d'ondes masquent la détection des couches plus profondes.

Sur le plan des coûts, la CNR manque encore de recul. L'écart de coût est dans un rapport de 1 à 2,5 entre une reconnaissance par des plongeurs et une reconnaissance par détection acoustique pour des inspections ponctuelles. Cet écart peut se justifier dans la mesure où la détection acoustique fournit une vue globale de l'ouvrage avec un rendu directement exploitable sous forme de plan en coordonnées, avec des volumes ou des surfaces facilement calculables.

Pour des inspections d'ouvrages linéaires de grande longueur, il est probable que la méthode de détection au sonar se révélera compétitive, compte tenu des rendements constatés sur l'aménagement de Donzère. □

Résumé

Une évaluation des méthodes de détection de la nature des matériaux immergés en milieu fluvial a été engagée par le laboratoire Essais Mesures Contrôles de la CNR de 2000 à 2003. L'étude préliminaire de faisabilité ayant montré que le sonar latéral était le moyen de détection le plus efficace, une importante campagne de reconnaissance a été menée avec cette technologie, sur des ouvrages « pilotes » ponctuels et linéaires, en collaboration avec la société IOTA, spécialisée en détection acoustique. Les avantages de ce type de reconnaissance ont été mis en évidence pour la détection d'affouillements sur les parties d'ouvrages d'accès difficile, pour son rendement élevé sur des ouvrages de type linéaire, et pour la différenciation des matériaux de protection des digues et du fond.

Abstract

An assessment of the detection methods of immersed materials was carried out by the CNR Test Control Measurement laboratory from 2000 to 2003. The preliminary feasibility study has shown that the side-scan sonar was the most effective detection method. Therefore an extended survey has been undertaken using this technology, on specific and linear sample works, in collaboration with IOTA Company, specialized in acoustic detection. The advantages of this type of investigation concern the detection of scouring of works with difficult access, for its high effectiveness on linear works, and for the material characterization of the embankments protection and of the river bed.