

Digue de protection du village de Codolet contre les inondations du Rhône et de la Cèze

Dike of protection of Codolet against the floods of the Rhône and the Cèze

P. Soulat¹, A. Bonnafé¹, S. Bayart², S. Boissin²

¹ Safège/Suez Consulting, patrick.soulat@suez.com, arnaud.bonnafé@suez.com

² Commune de Codolet, sbayart@codolet.fr; boissin@codolet.fr

Résumé

Suite aux crues de la Cèze en Septembre 2002 et du Rhône en décembre 2003, la commune de Codolet a décidé de mettre en œuvre un Programme d'Aménagement de lutte contre les inondations de ces deux cours d'eau, afin de protéger la population de son village qui compte 680 habitants.

Les travaux engagés par la Commune de Codolet et terminés en 2015, ont consisté à réaliser les ouvrages suivants :

- Une digue de protection rapprochée du bourg de Codolet, au Nord et à l'Ouest du bourg (côté Cèze), de 1 400 m de long.
- La rehausse de la digue Est (coté lône du Rhône), et la reconstruction de la digue Sud existante, sur environ 1 500 m ;
- L'aménagement d'un déversoir sur la digue Sud existante, Ce déversoir est équipé d'un « pertuis de fond » batardable permettant d'assurer le ressuyage gravitaire de la plaine inondable, avec réseau de colature le long de la digue Nord et Ouest ;
- Deux portes sur les voiries d'accès permettent de fermer l'enceinte en cas de crue, les autres voiries franchissent la digue avec des « dos d'âne ».

L'arrêté d'autorisation au titre de la loi sur l'eau du 03/01/2013 classe les ouvrages du système d'endiguement en catégorie C (au sens du décret 2007).

L'article décrit le système d'endiguement ainsi aménagé par la Commune de Codolet, et notamment la particularité de la structure de la digue de protection rapprochée constituée :

- d'une paroi « trenchmix »
- d'un mur de soutènement en béton armé,
- d'une recharge en BCR (Béton Compacté au Rouleau),
- de sol traité entre la paroi trenchmix et le mur de soutènement,

L'aménagement de ce système d'endiguement a fait l'objet d'un programme global de maîtrise d'œuvre et de travaux, qui s'est terminé en 2015 et dont l'historique est présenté dans l'article.

Mots-Clés

Digue de protection rapprochée (DPR), système

d'endiguement, BCR, Trenchmix

Abstract

Further to the floods of the Rhône in December, 2003 and the Cèze in September, 2002, the municipality of Codolet decided to implement a construction program to protect the village against the floods of these two rivers.

The works committed by the Municipality of Codolet consisted in building a closer dike (DPR) of the village on the West and in the North of the village as well as in making higher the dike in the South.

The works ended in 2015, consisted in realizing:

- A closer protection dike in the North and on the West of the village (on Cèze side), of 1 400 m of length.
 - Making higher existing dike in the South and East, on approximately 1 500 m;
 - Construction of an overflow on the existing South dike. This overflow is equipped with flood gate allowing to insure the ressuyage of the flooded plain, with network of colature;
 - Two doors on the public road networks to access the village, allow to close the surrounding wall in case of floods.
- The article describes the system of protection dyke so fitted out by the Municipality of Codolet, in particular the special structure of the dike of closer protection, with :
- a trenchmix wall in the foundation,
 - an armed concrete wall,
 - a RCC bank,
 - of treated soil between the trenchmix wall and the concrete wall,

The article presents the history and the experience feedback of the dike system construction, which combines several and sometimes unusual techniques for this type of hydraulic structure.

Key Words

Dike, trenchix, RCC, close protection dyke, Rhône, Ceze

Introduction

La Commune de Codolet est située en rive droite du Rhône, à la confluence avec la Cèze. Les crues de septembre 2002 et de décembre 2003 ont provoqué l'inondation du village de Codolet par surverse au-dessus des digues de protection et rupture de ces dernières en plusieurs points.

À la suite de ces inondations la commune de Codolet a entrepris la reconstruction et le confortement des digues. Cependant, le bourg reste vulnérable aux fortes crues de la Cèze et du Rhône en cas de surverse au-dessus de ces ouvrages.

Historique

La crue de septembre 2002 de la Cèze, avec un débit de pointe de 3 300 m³/s environ à Bagnols sur Cèze, présente une période de retour estimée à 100 ans. Il s'agit de la crue historique du cours d'eau, au même titre que les autres bassins versants gardois, comme les Gardons et le Vidourle. L'ouvrage de franchissement de la RD 765 au-dessus de la Cèze, qui relie la commune de Laudun à celle de Codolet, constitue un obstacle hydraulique important à l'écoulement des crues et rehausse de façon significative les lignes d'eau en amont. Le niveau de la crue de septembre 2002 a dépassé la cote de la digue située à l'ouest du village, ainsi que le remblai de la RD 765 au nord ouest du Bourg, venant inonder le village selon un axe nord ouest / sud est. Le centre du village fut inondé en totalité, sous des hauteurs dépassant les 2 mètres, notamment le long de la digue est..

La digue a été partiellement reconstruite après cette crue qui avait occasionné plusieurs amorces de brèches.

En décembre 2003, une crue du Rhône (occurrence centennale) a provoqué un nouveau phénomène de surverse qui a été la principale cause d'une brèche sur la digue Sud Est du bourg, au niveau de la Lône du Rhône. La brèche, survenue sur une longueur d'environ 20 mètres, provoqua l'inondation immédiate du bourg, le village se situant en partie basse de la plaine. Les maisons les plus touchées l'ont été sous 2 mètres d'eau, la Mairie sous 1,1 mètre.

À la suite de chacune de ces inondations, la commune de Codolet a entrepris la reconstruction et le confortement des digues en place (digue Ouest éloignée et sud rapprochée en 2002, digues Sud et Est rapprochées en 2003). Les travaux ont consisté à conforter le talus côté val par mise en œuvre d'enrochements bétonnés et le talus côté rivière par des perrés bétonnés.

Cependant, le bourg reste vulnérable aux fortes crues de la Cèze et du Rhône en cas de surverse au-dessus des digues, mais également en cas de défaillances des digues existantes (érosion interne, désordres divers).

C'est par conséquent dans l'objectif de sécuriser les ouvrages existants et de protéger plus efficacement la zone urbaine dense de son territoire que la commune a engagé depuis 2004 des études hydrauliques successives, puis un programme d'aménagement.

La commune de Codolet a ainsi confié à SAFEGE la réalisation des études hydrauliques, des dossiers réglementaires, et de la mission de la maîtrise d'œuvre complète des travaux (de la conception à la réalisation).

Le système d'endiguement est opérationnel depuis 2015, date d'achèvement des travaux.

Présentation du système d'endiguement

Le système d'endiguement actuel est composé de nombreux ouvrages présentés ci-après :

Les digues existantes avant les travaux de 2014-2015 et qui sont devenues des digues de premier rang depuis les travaux :

- digues situées à l'ouest et au nord du bourg de Codolet (en vert sur la figure suivante).
- une ancienne digue (en jaune) qui n'est plus classée, implantée en amont de la RD 765A mais à une cote inférieure.
- La RD 765A qui constitue une route/digue et qui assure la protection nord-ouest du système.
- On notera une porte batardable sous cette RD765A au niveau d'un rétablissement routier inférieur.
- La digue Est (dont une partie est située le long de la lône)

Les digues objet des travaux 2014-2015 (appelées digues de protection rapprochées, en rouge sur la carte ci-dessous) :

- Tronçons Est : les travaux ont consisté à rehausser la côte de la digue existante le long de la lône,
- Tronçons Sud : la digue existante a été refaite entièrement
- Tronçons Ouest et Nord : Création d'une nouvelle digue
- 2 portes (Piboulières et Illon) existantes mais refaites entièrement, qui permettent l'accès au village.

Entre les digues de premier rang et les digues de protection rapprochée :

- une zone d'expansion de crue. Le projet a consisté à rendre inondable, pour une crue supérieure à la crue décennale de la Cèze, les terrains agricoles situés à l'intérieur de la zone endiguée avant travaux.
- un déversoir au Sud

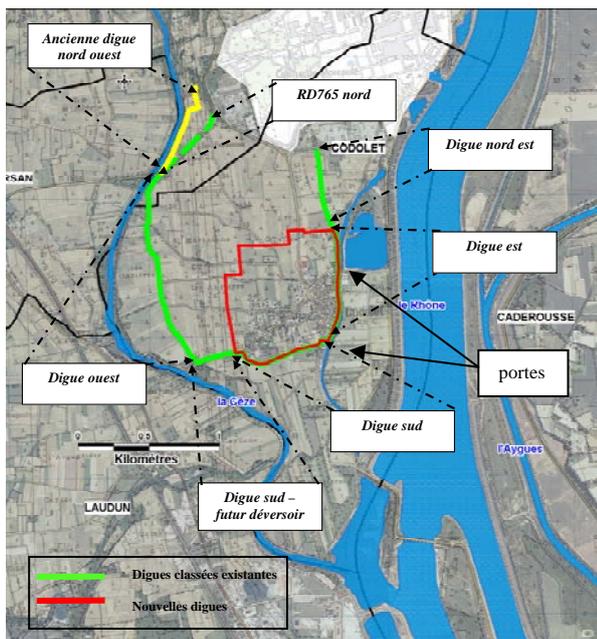


FIGURE 1 : PLAN DE SITUATION

La complexité et le grand nombre d'ouvrages qui constituent le système d'endiguement du village de Codolet sont dus à la situation géographique de ce dernier, situé à la confluence Rhône-Cèze.

Contexte réglementaire

Le système d'endiguement étudié a fait l'objet :

- d'une étude danger (2010)
- d'un arrêté d'autorisation au titre de la loi sur l'eau (03/01/2013)

L'arrêté d'autorisation classe les ouvrages du système d'endiguement en catégorie C (au sens du décret 2007).

Jusqu'en 2018, les travaux, l'entretien et la surveillance du système d'endiguement sont assurés par la Commune.

La surveillance est assurée par les agents de la Commune qui effectuent des visites tous les trimestres, et par un bureau d'études spécialisé qui réalise une visite annuelle.

Suite à l'évolution de la réglementation apportée par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, cette compétence a été transférée au Syndicat Mixte d'aménagement du bassin versant de la Cèze (EPCI) début 2018 (EPCI FP : Communauté d'Agglomération du Gard Rhodanien).

Événements hydrologiques pris en compte

Le projet étant situé à proximité de la confluence Rhône-Cèze, il convient d'envisager des scénarios hydrologiques qui tiennent compte de ce contexte particulier, les situations prévues devant combiner une crue de la Cèze et un état

hydrologique du Rhône. Les combinaisons envisagées doivent permettre de prendre en compte des situations hydrologiques courantes à extrêmes dont il convient de s'assurer de la pertinence et de la représentativité.

L'analyse s'est appuyée essentiellement sur :

- La connaissance des mécanismes de formation et de propagation des crues sur le bassin du Rhône telle qu'elle ressort de l'analyse des épisodes historiques.
- Une analyse qualitative des concomitances Rhône-Cèze à partir des données disponibles dans la Banque Hydro (débits journaliers),

Les événements hydrologiques qui ont été pris en compte dans les études hydrauliques et dans l'étude de danger, pour le dimensionnement des ouvrages sont :

- La crue exceptionnelle qui allie la survenue (non concomitance « pure ») d'une crue de type septembre 2002 sur la Cèze (occurrence réévaluée à 100 ans) et de type décembre 2003 sur le Rhône (occurrence de l'ordre centennale), et qui est la crue de protection pour laquelle le fonctionnement des ouvrages est optimisé ;
- La crue extrême qui illustre l'exacte concomitance d'une crue de type septembre 2002 sur la Cèze et décembre 2003 sur le Rhône, et pour laquelle le fonctionnement des ouvrages est sécurisé (revanche de 50 cm). L'occurrence est estimée entre 300 et 600 ans.

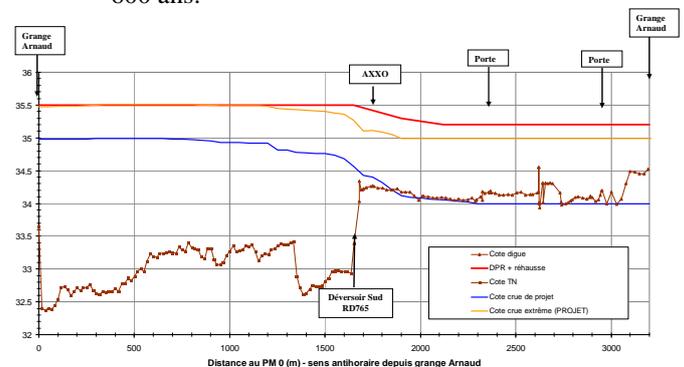


FIGURE 2 : PROFIL EN LONG HYDRAULIQUE DE LA DIGUE DPR

Ainsi les niveaux de protection définis dans l'arrêté d'autorisation sont les suivants :

Digue de premier rang :

Cette digue protège les terrains agricoles en rive gauche de la Cèze, situés à l'intérieur du casier intra-digues contre la crue de période de retour 30 ans du Rhône (hauteur 33,2 m NGF à Codolet) et la crue de période de retour 20 ans de la Cèze (débit : 2 100 m³/s au droit de Bagnols sur Cèze).

Digue de second rang (digue de protection rapprochée)

Cette digue protège la zone urbaine de Codolet, située à

l'intérieur de la digue de protection rapprochée, contre la crue centennale du Rhône (10 000 m³/s à Caderousse en amont du barrage, hauteur 33,6 m NGF à Codolet) et la crue centennale de la Cèze (débit : 3 300 m³/s au droit de Bagnols du Cèze).

Description des travaux

Présentation générale

Les travaux de réalisation de la digue de protection rapprochée du village de Codolet se sont déroulés de 2014 à 2015 ; ils ont duré environ 18 mois.

Les travaux étaient répartis en 3 lots :

- 1 lot pour les travaux de digue (DPR) à créer, réalisé par le groupement SOGEA/CAMPENON BERNARD /CAZAL
- 1 lot pour les travaux de rehausse de la digue Est réalisé par GCC
- 1 lot pour les travaux d'aménagements paysagers réalisé par GAIA

Digue de protection rapprochée (Sud, Nord et Ouest)

D'un linéaire de 1 650 m environ, cette digue rapprochée, calée à la cote 35,5 m NGF, permet de protéger le centre-bourg de Codolet. La hauteur moyenne est de l'ordre de 3 m avec une revanche de 50 cm sur les côtes des Plus Hautes Eaux.

Compte tenu des contraintes environnementales et économiques, il a été choisi une solution d'endiguement dont l'emprise du sol puisse être la plus réduite possible. Ainsi, la conception de la digue a été réalisée sur une conception « mixte », associant un remblai et un voile droit de soutènement de ce remblai.

La solution retenue est constituée d'un mur droit de béton habillé, et stabilisé à l'aval (fonction poids) par un remblai dur en Béton Compacté au Rouleau, lui-même recouvert d'un remblai en terre pour habillage et végétalisation. La conception de l'ouvrage permet d'assurer sa stabilité même en cas de surverse.

Une coupure étanche associée à un masque amont horizontal permettent de se protéger contre les phénomènes d'érosion interne en fondation. Afin de prévenir le gel, la semelle d'assise du soutènement droit de la digue de protection rapprochée est fondée à 1 m de profondeur.

Le masque amont horizontal permettra de renforcer la protection des sols de fondations contre l'érosion. Il est constitué par un sol traité au roloc de faible perméabilité.

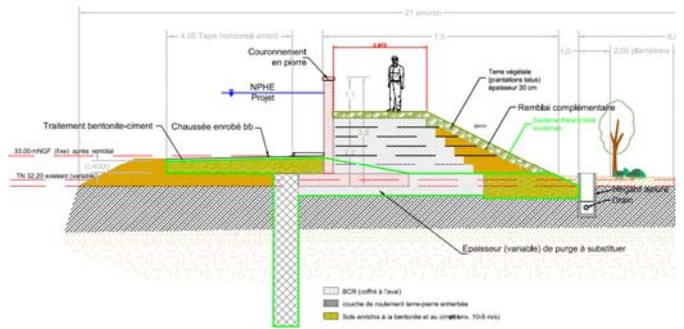


FIGURE 3 : COUPE TYPE DE LA DPR



PHOTO 1 : VUE DE LA DPR (COTE ZONE PROTEGEE)

Rehausse de la digue Est existante (le long de la lône)

La digue Est est constituée de 2 tronçons : une partie mur de maçonnerie et une partie digue en remblai avec revêtement en béton et enrochements.

Le tronçon constitué d'un mur poids en maçonnerie avait déjà fait l'objet d'un confortement par injections de coulis, après les crues de 2002/2003 et suite à la détection de cavités, et déjointoiements. L'état du mur ayant été jugé satisfaisant, les travaux ont consisté à rehausser la digue par un rechargement en béton armé, à l'aide du coffrage glissant.

Le tronçon digue en remblai a été rehaussé lors des travaux de 2015, au moyen d'un mur béton en L d'environ 1 m de hauteur.

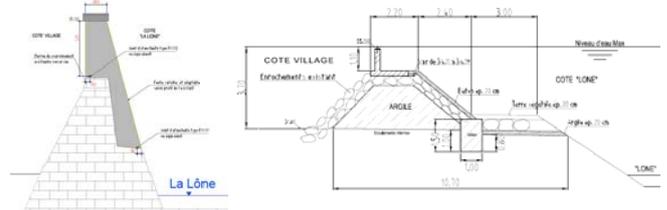


FIGURE 4 : DIGUE EN MAÇONNERIE / DIGUE EN REMBLAI

Solutions techniques retenues pour la nouvelle digue(DPR)

Coupure étanche en fondation : La nouvelle digue est assise sur des terrains perméables et peu compressible. En effet, les reconnaissances de sols ont montré la présence d'une couche d'assise de galets et graviers (de 3,70 m à 8 m), surmontée d'une couche de sable et graviers (entre 2 m et 3,70 m) puis d'une couche de limons sableux (de 0 à 2 m). Le niveau de la nappe a été relevé à 5,60 m de profondeur. Un écran de faible perméabilité a donc été prévu sous le tracé de cette digue dès la phase conception pour limiter les risques d'érosion interne par la fondation. Un écran de type « trenchmix » a été préféré aux palplanches ou à une paroi moulée, en raison de son prix compétitif et de la souplesse de mise en œuvre notamment au droit des traversées de réseaux. Le procédé TRENCHMIX® développé par Solétanche Bachy consiste à réaliser dans le sol des tranchées de sol mixé avec un liant (ciment).

Mur en béton armé : Le mur en béton armé a été choisi pour minimiser l'emprise au sol de la digue. Pour une hauteur de digue de 3 m, l'emprise ainsi économisée sur les vignes est d'environ 6 m. D'autre part le mur est insensible à la surverse. Le sol de fondation peu compressible a rendu cette solution possible. Le mur a été agrémenté de motifs architecturaux insérés dans le béton teinté dans la masse (grappes de raisins, liseré horizontal) et une pierre de taille vient coiffer le parement.

BCR : Le choix du remblai en béton compacté au rouleau a été motivé par la volonté de réaliser une digue résistante à la surverse. Le BCR constitue une alternative intéressante aux enrochements et a permis d'utiliser un stock de matériau à disposition de la commune tout en limitant le trafic de camions pendant le chantier.

Traitement de sol : cette technique a permis de traiter la transition entre le mur et la paroi profondeur en améliorant l'étanchéité, et en évitant les apports extérieurs de matériau.

Description des travaux de la paroi Trenchmix

Ces travaux ont été réalisés par Solétanche Bachy France. Les caractéristiques demandées pour l'écran étaient les suivantes :

- une épaisseur de 600 mm – Profondeur 5 m ;
- une perméabilité mesurée sur éprouvettes de 5,10-9 m/s à 28 jours ;
- une résistance à la compression à 28 jours de 0,7 MPa minimum ;
- une non érodabilité sous gradient hydraulique de 30 ;
- une bonne pérennité à long terme.

Préalablement aux travaux, des essais de convenance ont été réalisés en laboratoire :

- Essais d'écrasement
- Essais de perméabilité
- Essai d'érodabilité

L'essai de laboratoire permet de vérifier que le dosage prévu sur chantier permet d'atteindre les caractéristiques visées pour l'écran. L'essai se base sur l'utilisation d'échantillons

représentatifs du terrain à traiter, prélevés sur place.

Les essais suivants ont été réalisés :

- 3 essais avec le même terrain limoneux, encadrant le dosage théorique prévu, et permettant de tenir compte de potentielles variations de teneur en eau naturelle des terrains traités ;
- 2 essais complémentaires, réalisés au dosage prévu pour le chantier et permettant de tenir compte des variations de niveaux des couches géologiques traversées avec l'outillage.

Ils sont menés à dosage en ciment constant et en faisant varier la nature des terrains traités (100 % limon, 50 % sable-50 % limon et 100 % sable).

L'écran trenchmix est ici réalisé selon deux méthodes, suivant les caractéristiques géométriques de l'écran :

Tronçons T1, T2, T3, T4, T9 :

- longueur = 2 300 ml
- épaisseur = 0,60 m
- profondeur = 4,50 m
- technique de malaxage par **voie sèche** (utilisation de liants sous forme pulvérulante) avec incorporation d'eau au niveau de la lame

Tronçon T8 :

- longueur = 120 ml
- épaisseur = 0,60 m
- profondeur = 8,00 m
- technique de malaxage par **voie humide** avec incorporation de coulis de ciment au niveau de la lame

Le dosage retenu pour le traitement de l'écran étanche est :

- liant : ciment CEM III/B 42,5 N PMES = 167 kg/m³
- eau : ajustée en fonction de l'eau naturellement présente et de la nature du terrain
- adjuvants : sans objet

Description des travaux du mur en béton armé

Le mur de soutènement a été réalisé par les entreprises SOGEA/CAMPENON BERNARD Sud-Est. Il constitue un écran étanche (effet masque) empêchant la pénétration des eaux d'inondation dans le corps de remblai. Il constitue l'élément de reprise des efforts liés à la poussée des eaux d'inondation. Son arase supérieure permet d'assurer le rôle de garde-corps pour la promenade en crête de digue.

Le mur de soutènement est coulé en place pour des longueurs de plots 25 mètres. Les joints de dilatation entre plots sont équipés de systèmes étanches type « water-stop » sur la hauteur du voile et de la semelle.

Le terrain naturel étant relativement plat, l'assise de la semelle a été terrassée à la cote 32.00 NGF pour l'ensemble des tronçons, ce qui a permis d'utiliser le même outil de coffrage partout.

Le principe retenu pour le mur est présenté sur l'élévation ci-après :

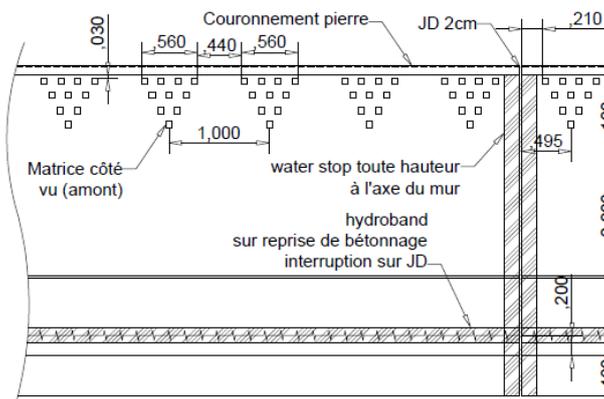


FIGURE 5 : PRINCIPE RETENU POUR LE MUR

Principe architectural : Le mur est en béton C30/37 coloré dans la masse. Le coffrage inclut des motifs « grappe de raisin » et un liseré longitudinal.

Une pierre de couronnement (pierre de calcaire dolomitique - mélange de calcite et de dolomite) de 35 cm de largeur par 10 cm de hauteur, est disposée sur le mur et sur tout le linéaire.



FIGURE 6 PRINCIPE ARCHITECTURAL

Un outil de coffrage glissant a été utilisé, illustré par la figure suivante :

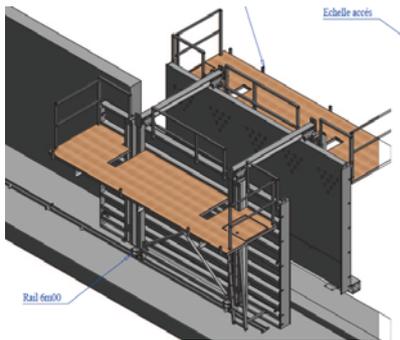


FIGURE 7 : COFFRAGE GLISSANT

Description des travaux de remblai en Béton Compacté au Rouleau (BCR)

La recharge côté zone protégée est constituée de 6 couches de BCR.

Le remblai en BCR a été réalisé par l'entreprise CAZAL. L'étude de formulation du BCR a été réalisée par ATCM.

Pour établir cette formulation le protocole suivant a été suivi :

- Approcher la courbe théorique Talbot pour la formulation du BCR
- Formulation unique pour tout le projet
- Utilisation du stock de matériau proposé par le Maître d'Ouvrage dit « stock Mairie »
- Cribler en 2 coupures granulométriques pour l'homogénéiser
- Utilisation de 2 matériaux correctifs issus de carrière pour ajuster la formulation
- Choix d'un liant pouzzolanique

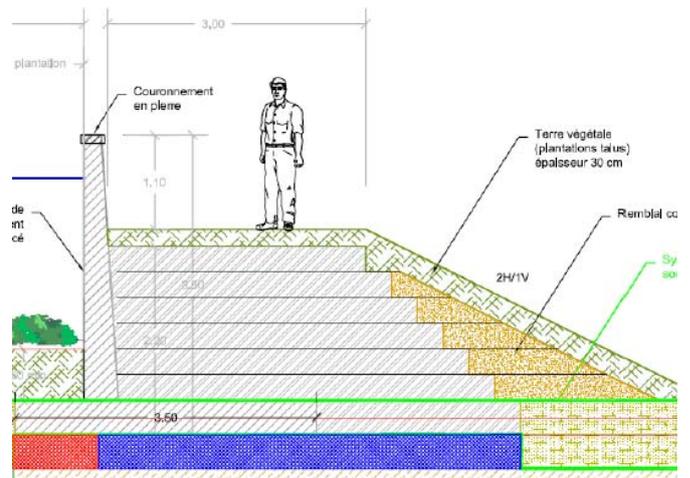


FIGURE 8 : COUPE TYPE DU REMBLAI BCR

Sur recommandations de M. Bouyge, consultant expert en BCR, L'Entreprise a proposé de remplacer le mortier de reprise froide prévu en conception, par une reprise de bétonnage conventionnelle (reprise chaude), à savoir nettoyage du support pour éliminer la laitance et permettre une accroche de la nouvelle couche sur la couche précédente. Elle permet de conserver entièrement les deux fonctions du massif BCR, à savoir :

- Massif poids assurant la stabilité du voile en béton armé
- Résistance à l'érosion régressive et dissipation de l'énergie hydraulique grâce aux marches à l'aval du massif

L'étanchéité de l'ouvrage est assurée par le voile en béton armé, en parement amont, comme indiqué sur le schéma de principe suivant :

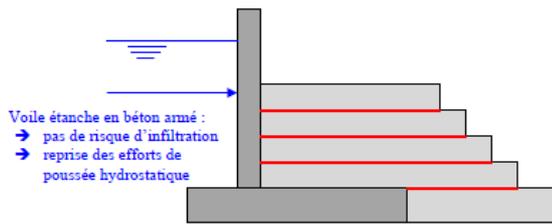


FIGURE 9 : FONCTIONNALITES MUR/REMBLAI BCR

Centrale de fabrication

La centrale de fabrication du BCR utilisée sur le chantier était une centrale à grave traitée et avait une capacité de production de 1 500 m³/jour en fonctionnement nominal



PHOTO 2 : CENTRALE DE FABRICATION DU BCR

Contrôles

Au cours de la fabrication du BCR, les contrôles suivants ont été réalisés :

- Analyse granulométrique des stocks : 1 par semaine et par coupure, et sur demande si un écart est suspecté en cours d'approvisionnement
- Teneur en eau des stocks : 1 par jour et par coupure
- Pesée automatique et continue des différents constituants
- Analyse granulométrique du BCR en sortie de centrale : 1 par jour
Cette mesure permet également de contrôler le malaxage, et remplace ainsi la mesure au wattmètre, impossible à réaliser sur une centrale continue.
- Teneur en eau du BCR en sortie de centrale : 1 par demi-journée
- Mesure de la température du BCR en sortie de centrale : 1 par journée lorsque la température extérieure dépasse 30 °C

Description des travaux de traitement de sol à l'interface semelle BA/coupure profonde

Le sol traité a été réalisé en 2 phases :

- La première couche de traitement (traitement de l'arase à Z = 32.00) en une couche uniforme et

homogène d'épaisseur 40 cm, traitée sur toute la largeur en une seule passe de 40 cm de profondeur.

- La deuxième couche en amont et en aval de la semelle BA.
- Les mesures de contrôle de la perméabilité du sol ainsi traité ont montré que les valeurs étaient toujours inférieures à 10⁻⁹ m/s².

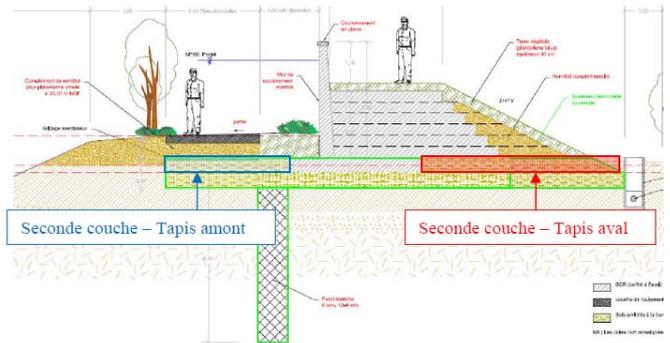


FIGURE 10 : COUPE TYPE DE PRINCIPE DU TRAITEMENT DE SOL

Description des travaux de rehausse de la digue existante (mur de maçonnerie)

Côté lône, le mur de maçonnerie existant a été rehaussé, par l'entreprise GCC, à l'aide d'un outil de coffrage glissant fabriqué spécialement. La rehausse est réalisée en béton coloré dans la masse, ancré dans la maçonnerie et surmonté d'une pierre de couronnement. Des joints d'étanchéité hydrogonflants ont été disposés longitudinalement à l'interface béton/maçonnerie ainsi que des joints waterstop verticaux à chaque reprise de bétonnage (tous les 5 m).



FIGURE 11 : COUPE TYPE DE LA DIGUE REHAUSSEE

Description du casier intra-digues et tronçon déversant (Sud)



Un déversoir situé sur le tronçon Sud permet l'évacuation des eaux du casier compris entre les digues de premier rang et les digues de protection rapprochée. Il est constitué par la route existante et une protection en enrochements bétonnés sur le parement aval.

La vidange gravitaire du casier « intra-digues » au niveau de la RD765 se fera :

- Pour des cotes d'eau supérieure à 33,2 m NGF, soit pour une occurrence d'environ 50 ans de la Cèze, les eaux surverseront par le déversoir aménagé (linéaire de 160 mètres) ;
- Pour des cotes d'eau inférieures à 33,2 m NGF, la vidange se fera par l'intermédiaire de puits de fond (vanne).

Le déversoir Sud, en raison de son fonctionnement particulier (d'abord Sud-Nord puis Nord-Sud), est caractérisé par un débit maximum de 350 m³/s et des vitesses de l'ordre de 1,7 m/s (sens Nord-Sud). La RD765 ainsi que le fossé de colature en aval en structure enrochées ou bétonnées, font office de protection contre le ressaut hydraulique.

Afin de permettre la vidange du casier entre la digue existante de la Cèze et la digue de protection rapprochée (zone à maintenir inondable par surverse pour des crues moyennes de la Cèze), une vidange gravitaire a été réalisée sous le déversoir aval de la RD765 : puits de fond avec vanne martelière. Ce puits de fond est alimenté par un réseau de colature (ou fossé de ceinture) drainant les eaux débordées depuis le nord du casier jusqu'à l'aval de la RD 765.

Accès routiers et portes

Les accès routiers franchissent la digue d'enceinte du village soit par des portes, soit par un « dos d'âne » avec 2 rampes.

Les 2 portes qui étaient existantes avant les travaux, ont été entièrement refaites par l'entreprise O'PURE. Elles sont actionnées via un vérin hydraulique. L'une est coulissante sur un rail, l'autre est pivotante. Les consignes écrites fixent les modalités de fermeture des portes en cas d'alerte de crue.



PHOTO 3 : PORTE ILON



PHOTO 4 : PORTE DES PIBOULIERES

Détail de la gestion des réseaux

Les réseaux ont été déviés et regroupés dans les voiries en « dos d'âne » qui enjambent la digue.

Les réseaux qui n'ont pas pu être déviés ont été englobés dans la paroi de trenchmix : en partie inférieure par recoupement de la paroi de part et d'autre (outil incliné) et en partie supérieure par coulage dans du gros béton.

Description de l'Auscultation

L'instrumentation suivante a été mise en place sur la DPR, répartie sur le linéaire de la digue :

- 20 piézomètres (en crête ou en pieds aval)
- 8 inclinomètres
- 8 extensomètres

Les relevés de mesures sont réalisés mensuellement par les agents de la Commune ; ils ont été formés par l'Entreprise SIXTENSE Soldata qui mis en place les instruments lors des travaux.

D'autre part, un drain en pied de digue côté val collecte les fuites éventuelles et les renvoie vers des regards visitables.

Description des travaux sur la digue de premier rang

Des travaux de confortement de la digue de premier rang (côté ouest) ont été engagés dans le même temps que la construction de la digue de protection rapprochée (2e rang). Les travaux ont consisté à refaire le parement amont en béton, ainsi que l'enrobé en crête.



PHOTO 5 DIGUE DE PREMIER RANG APRES TRAVAUX



PHOTO 6 : DIGUE DE PREMIER RANG (TALUS COTE PROTEGE)

Coût du projet :

Le montant du projet global est de l'ordre de 11 M€ comprenant :

- La digue de protection rapprochée (y compris les portes et franchissements)
- La rehausse de la digue existante le long de la lône
- La réfection de la digue de premier rang,
- Le volet paysager

Pour un linéaire d'environ 3 600 m,

Soit un ratio moyen de l'ordre de 3 000 €/ml.

Il est à noter que les deux crues successives de la Cèze (2002) puis du Rhône (2003), avaient coûté au total plus de 33 millions d'euros, des maisons entières avaient été détruites.

Conclusion

Suite aux crues de la Cèze en Septembre 2002 et du Rhône en décembre 2003, la commune de Codolet a entrepris un Programme d'Aménagement de lutte contre les inondations de ces deux cours d'eau. Ce programme s'est traduit par l'élaboration d'un système d'endiguement composé :

- des digues existantes avant les travaux de 2014-2015 et qui sont devenues des digues de premier rang depuis les travaux (digue en terre, route-digue, porte sur accès routier)
- La digue Est (située le long de la lône), avec sa porte
- Les nouvelles digues objet des travaux récents qui

constituent les digues de second rang ou digues de protection rapprochée. Elles sont constituées de plusieurs tronçons, ainsi que d'une porte qui permet l'accès au village.

- Entre les digues de premier rang et les digues de protection rapprochée, une zone d'expansion de crue, associée à un déversoir au Sud

Le système ainsi constitué protège la zone urbaine de Codolet, située à l'intérieur de la digue de protection rapprochée, contre la crue centennale du Rhône et contre la crue centennale de la Cèze.

L'aménagement de ce système d'endiguement a fait l'objet d'un programme global de maîtrise d'œuvre et de travaux, qui s'est terminé en 2015.

Remerciements

Merci à Grégory Galland pour son implication et sa rigueur tout au long du chantier.

Merci à Jean-Louis Lozano pour sa disponibilité.

Merci à Jean-Guillaume Moulin pour son esprit d'innovation.

Merci à Franck, Adrien, Quentin... ainsi qu'aux Entreprises qui ont œuvré pour construire ce projet

Nous pensons à Christophe Copibida (GINGER-CEBTP) qui nous a quittés pendant le chantier.