

BARRAGE DE MAREGES
CREATION DE RAINURES A BATARDEAU EN AMONT DE VANNES
EVACUATEUR DE CRUE
REPLACEMENT DES VANNES EVACUATEURS DE CRUE EN RIVE GAUCHE

Marèges dam

Creation of cofferdam grooves upstream of spillway gates

Replacement of the spillway gates on the left bank

Nicolas TOUSSAINT

SHEM, 8 avenue André Jalinat, BRIVE LA GAILLARDE, FRANCE

nicolas.toussaint@shem.engie.com

Noémie RIVIERE, Benjamin BADIN

CNR, 2 rue André Bonin, 69316 LYON CEDEX 4, FRANCE

n.riviere@cnr.tm.fr ; b.badin@cnr.tm.fr

MOTS CLEFS

Barrage de Marèges, Vanne Evacuateur de crue, Batardeau, Rainures à batardeau, Ouvrage génie civil existant, DIN 19704 version 2014

KEY WORDS

Marèges dam, Spillway gates, Stoplog, cofferdam grooves, existing civil works, DIN 19704 version 2014

RÉSUMÉ

La Société Hydro-Electrique du Midi, filiale du groupe ENGIE, exploite le barrage de Marèges mis en service en 1935, sur la rivière Dordogne, en France. Le barrage est équipé d'un évacuateur en rive droite et en rive gauche. Les deux vannes de l'évacuateur de crue en rive gauche présentent des dégradations importantes (corrosion de la structure notamment) et le contrôle commande est obsolète.

Pour limiter les pertes d'exploitation liées aux travaux de remplacement des deux vannes, la création de rainures à batardeau en amont des vannes a été étudiée et réalisée sur les ouvrages existants en 2016.

De plus, entre 2017 et 2019, les deux vannes de l'évacuateur en rive gauche du barrage ont été remplacées. Chacune des vannes de l'évacuateur de crue a été équipée d'un nouveau contrôle commande, d'une nouvelle motorisation abritée par un local permettant de la protéger des agressions extérieures.

Enfin, les alimentations en énergie de l'évacuateur de crue ont également été modifiées pour respecter autant que possible les recommandations de conception du CFBR.

ABSTRACT

The Société Hydro-Electrique du Midi, a subsidiary of the ENGIE group, operates the Marèges dam commissioned in 1935 on the Dordogne River in France. The dam is equipped with a spillway on the right and left bank. The two spillway gates on the left bank are showing significant deterioration (corrosion of the structure in particular) and the control system is obsolete. To limit the operating losses associated with the replacement of the two gates, the creation of cofferdam grooves upstream of the gates was studied and carried out on the existing civil works in 2016.

In addition, between 2017 and 2019, the two spillway gates on the left bank of the dam were replaced.

Each of the spillway gates has been equipped with a new control system and a new electric motors system sheltered by a building to protect it from external aggressions.

Finally, the spillway gates power supplies have also been modified to meet the CFBR design recommendations as much as possible.

1. PRESENTATION DE L'AMENAGEMENT DE MAREGES

Le barrage de Marèges construit en 1935 est le premier réalisé sur la Dordogne. Il se situe à la frontière entre les départements de la Corrèze et du Cantal. Historiquement, la concession a été conservée par la SNCF après la création d'EDF en 1946. En 1983, EDF a construit l'usine de Saint-Pierre de Marèges qui a été rétrocédée à la SNCF. Ces actifs font désormais partie de la Société Hydro-Electrique du Midi – SHEM, filiale de ENGIE. Le barrage de Marèges est le plus grand barrage exploité par la SHEM et qui a le plus grand débit d'évacuation des crues – $Q_{1000} = 2700\text{m}^3/\text{s}$.

Les installations de Marèges comprennent :

- Un barrage de 90 mètres de hauteur au-dessus de ses fondations et 247 mètres de développement en crête, relevant de 75 mètres environ le niveau de la Dordogne, et créant un réservoir de 45 millions de mètres-cubes, dont 35 millions utiles – Barrage de classe A.
- Un évacuateur de crue à l'air libre en rive droite comportant 3 vannes pour un débit de $3 \times 255 \text{ m}^3/\text{s}$, à la cote PHE 418.60mNGF – noté EVCRD1, EVCRD2 et EVCRD3
- Un évacuateur de crue souterrain en rive gauche équipé de 2 vannes pour un débit de $2 \times 1070 \text{ m}^3/\text{s}$, à la cote PHE 418.60mNGF – noté EVCRG1 et EVCRG2
- Deux galeries d'amenée de l'eau aux turbines pour l'usine de Marèges situées sur la rive droite, avec vannes de prise, cheminées d'équilibre et conduites forcées,
- Une galerie d'amenée pour l'adduction de Saint-Pierre de Marèges avec vannes de prise et conduites forcées,
- L'usine de Marèges constituée de 4 groupes de type Francis à axes verticaux de 35 MW (total 140 MW) avec 4 alternateurs de 42MVA. Chacune des deux demi-usines restitue les eaux turbinées dans une galerie de 10m de diamètre connectée à la Dordogne, à 500m en aval du barrage,
- L'usine de Saint-Pierre de Marèges constituée d'un groupe de type Francis à axe vertical d'une puissance de 121MW avec un alternateur de 130MVA. Le groupe est placé dans un puits autour duquel est construit le bâtiment usine. La restitution se fait à l'aval immédiat de l'usine.



Figure 1: vue d'ensemble de l'aménagement de Marèges

2. CONSTAT DES DESORDRES SUR L'EVCRCG

La SHEM, exploitant actuel du barrage, a décidé le remplacement des deux vannes actuelles des évacuateurs de crue rive gauche et de leurs organes de manœuvre pour les raisons suivantes :

- Les tabliers des vannes, construits en 1935, sont arrivés en fin de vie. Les structures métalliques présentent un état de corrosion avancé et montrent des dégradations importantes : perte de matière, corrosion avancée, revêtement anticorrosion vétuste et amianté. Les désordres observés sur ces vannes obligent la SHEM à abaisser la cote d'exploitation afin de diminuer les sollicitations sur ces ouvrages et garantir la sûreté du barrage. Cela impacte directement la production et le chiffre d'affaires de l'aménagement.
- L'architecture du contrôle commande et des organes de manœuvre, datant de 1935, est obsolète. Les matériels existants sont difficilement réparables ou remplaçables.
- L'étude de danger souligne l'existence de modes communs de défaillance.
- Dans le même temps, la capacité d'évacuation des crues du barrage doit être augmentée pour respecter la nouvelle valeur du débit de pointe de la crue d'occurrence millénaire.

3. OBJECTIF DES TRAVAUX DE RENOVATION SUR L'EVCRCG

La SHEM a décidé de lancer un appel d'offre de travaux pour remplacer les 2 vannes EVCRCG pour répondre aux problématiques citées précédemment.

SHEM souhaitait également :

- Limiter les pertes d'exploitation liées à la nécessité d'abaisser le plan d'eau pour remplacer les deux tabliers de vanne – durée du chantier entre 2 à 3 ans
- Protéger les installations de chantier contre les crues
- Conserver une capacité d'évacuation des crues suffisante pendant le chantier – le débit de crue d'occurrence 100 ans a été retenu dans les hypothèses du projet.
- Respecter autant que possible les « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages » émises par le CFBR

Ces contraintes ont imposé de concevoir et construire une solution de batardage des deux pertuis des vannes EVCRCG, préalablement au chantier de remplacement des 2 vannes. Non prévu lors de la construction du barrage, ce batardeau permettra de réaliser les futures opérations de remplacement et d'entretien des vannes de cet EVC, tout en maintenant au maximum les possibilités de production de l'aménagement.

4. CONSTRUCTION DU BATARDEAU SUR LES DEUX PERTUIS DE L'EVCRG

4.1 Etude et conception

Les dimensions et l'exécution des ouvrages créés sur les deux EVC se devaient de permettre l'utilisation d'un jeu unique de batardeau commun aux deux pertuis. Un axiome majeur de la conception du futur équipement était de préserver la débitance de l'évacuateur de crue en interdisant, de fait, toute pièce ou structure bétonnée en saillie du parement en amont des vannes. Les modifications de seuil se devaient de respecter la courbure de l'évacuateur et d'assurer un raccordement au radier de vanne sans décalage altimétrique.

Par ailleurs, les guideaux assurent une fonction ballaste, ainsi l'ouvrage doit assurer une étanchéité face à un écoulement dans le sens extérieur/intérieur guideau et dans le sens intérieur guideau/extérieur.

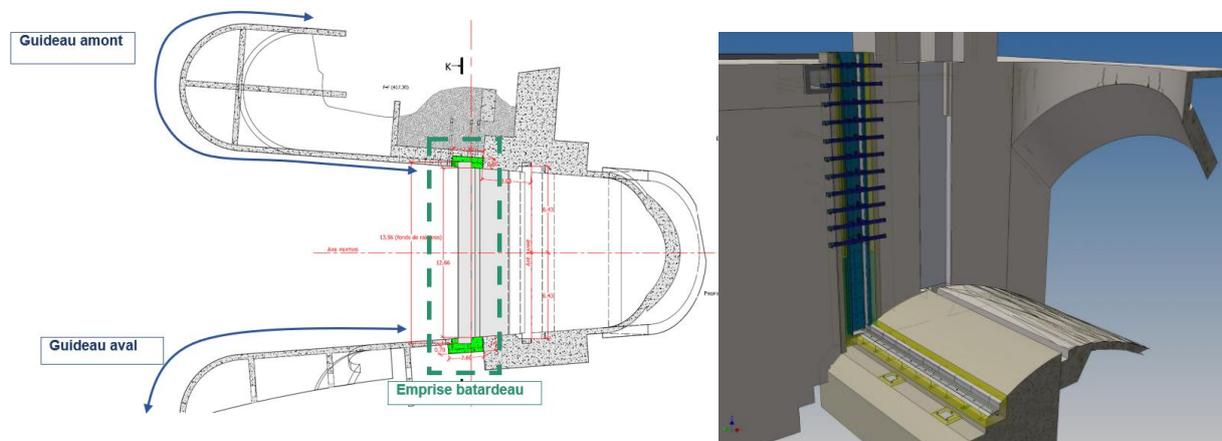


Figure 2: Description des emprises du futur batardeau / modélisation numérique des appareils de connexion

Au regard de ces contraintes, les travaux de génie civil ont été définis pour permettre la création des rainures et du seuil intégrant les pièces fixes du batardeau. Ces opérations sensibles sur un ouvrage ancien ont notamment pris en compte :

- Le cloutage par tirants passifs du radier dont l'épaisseur de l'ordre de 80 cm ne permet pas de répondre aux sollicitations des sous-pressions par son seul poids propre,
- La définition des sections d'armatures de connexion de la rainure avec l'existant assurant de restituer la tenue mécanique initiale de l'ouvrage, en sus des nouvelles sollicitations générées par la mise en charge du batardeau. Des systèmes provisoires d'appareux en phase chantier ont par ailleurs été mis en œuvre pour garantir l'intégrité des structures.
- La définition des modes opératoires de démolitions, purge du rocher, ancrage, scellement, réglage et bétonnage des nouvelles pièces fixes, etc...

Les équipements mécaniques constituant les nouveaux batardeaux ont été définis suivant une architecture classique d'empilement d'éléments métalliques dont la masse unitaire a été définie en intégrant les limitations de capacité de grutage sur site. Les dispositions constructives retenues ont notamment intégré un bordé situé sur la face aval de l'élément afin d'optimiser au maximum l'espace disponible entre le batardeau et la vanne.

4.2 Travaux

Préalablement à la construction des rainures à batardeau dans les guideaux, il a fallu :

- Dévier le conduit de la prise d'air de la conduite forcée de la turbine de l'usine de St Pierre qui était en collision avec la future rainure à batardeau de l'EVCRG1 – Travaux réalisés en 3 semaines en juin 2015
- Construire un plot béton servant d'appui aux patins pour les grues de levage du chantier

Les travaux de création des rainures ont débuté sur le pertuis de l'EVCRG1 en janvier 2016 avec une première phase de chantier où le plan d'eau est fortement abaissé (cote du plan d'eau à 402mNGF soit 15m sous la cote RN 417mNGF) pendant 8 semaines.



Figure 3 : construction du conduit de la prise d'air de la CF de l'usine de St Pierre – juin 2015



Figure 4 : Atelier de déroctage sur le seuil de la vanne EVCRG1

Difficultés principales rencontrées :

- Ennoiement du chantier en janvier et février 2016
- Travaux en période hivernale : Présence de neige / verglas / Température négative / vent
- Zone de travail sur le seuil réduite imposant l'utilisation de matériel de déroctage léger
- Certaines zones du rocher sont très dures et ralentissent la cadence de déroctage – passage des équipes en 2 x 8h pour respecter le planning contractuel, car la date de fin de chantier est pénalisée financièrement.
- Respect de la cote du plan d'eau en fonction des apports hydrauliques amont variables



Figure 5 : Grutage des éléments du batardeau dans les rainures - EVCRG1 - 17 mai 2016



Figure 6 : Pertuis de l'EVCRG1 batardé - 19 mai 2016

5. REMPLACEMENT DES VANNES ET DES ORGANES DE MANŒUVRE DE L'EVCRG

5.1 Conception

Le déversoir RG comporte deux pertuis ayant chacun une largeur de 12 m et une hauteur de 11 m pour un débit de $2 \times 1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$. A l'origine, il était équipé de deux types de vannes différents :

- La vanne rive gauche automatique composée de deux tabliers en opposition, et manœuvrée par un treuil pour le corps supérieur et deux treuils pour le corps inférieur.
- La vanne rive droite non automatique composée de 2 tabliers superposés, et manœuvrée par un treuil oléo-hydraulique.

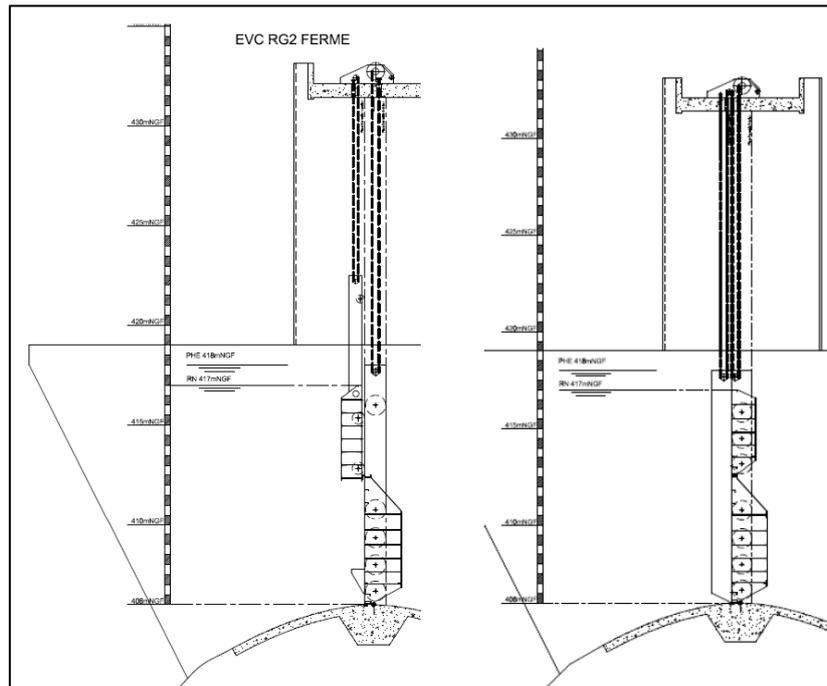


Figure 7 : Coupes des pertuis de l'EVC RG2 et RG1

Le périmètre des études et travaux réalisés a dû inclure le remplacement complet des vannes, ainsi que leurs pièces fixes, leurs organes de manœuvre et le contrôle commande associé.

Tout comme les équipements existants, les nouvelles vannes mises en place devaient assurer les fonctions principales suivantes :

- Retenir l'eau de la retenue jusqu'à la cote 417,00 mNGF (sans toutefois en réguler la cote) ;
- Evacuer les crues dans la limite des capacités hydrauliques actuelles de l'évacuateur.

Ainsi, au regard des études réalisées, la solution technique retenue pour la réhabilitation des évacuateurs de crue RG fut :

- Le remplacement de chaque vanne par un nouvel ensemble de vanne « type monotablier » monté sur des galets de roulement.
Les deux vannes installées dans les pertuis des évacuateurs RG1 et RG2 ainsi que leurs organes de manœuvres sont de conception et de géométrie identiques, réalisées par l'assemblage tiranté de 5 éléments superposés. Pour des raisons de facilité de maintenance et d'entretien, les équipements peuvent se monter indépendamment sur l'une ou l'autre des vannes (galets, contre galets, joint, chaînes, etc...)
- La mise en place sur chaque passe de deux treuils à chaînes de type « roue et vis », garantissant chacun une irréversibilité statique.



Figure 8 : Motorisation de la vanne EVCRG1



Figure 9 : Essai d'ouverture de la vanne EVCRG1 en charge – Q évacué = $450\text{m}^3/\text{s}$

Les études et travaux ont également inclus :

- La dépose complète des anciennes vannes, pièces fixes, treuils, supports, tuyauteries hydrauliques, mais également des deux passerelles béton des treuils des EVC ;
- Les travaux de génie civil de reconstruction partielle des portiques en vue de supporter les nouveaux équipements, et répondre aux critères de tenue des portiques aux sollicitations parasismiques,
- La définition des outillages spécifiques de manutention et de montage,
- Le remplacement complet des équipements de contrôle commande.

5.2 Sécurisation de l'alimentation en énergie et du contrôle commande

La nouvelle architecture de l'alimentation en énergie des vannes EVCRG1 et EVCRG2 a été conçue de manière à permettre de sécuriser la manœuvre des vannes en cas de diverses pannes et de supprimer les modes communs de défaillance existants.

Ainsi, les sources d'alimentation électrique de la rive droite du barrage peuvent désormais réalimenter les équipements électriques de la rive gauche du barrage, et inversement.

Les liaisons électriques entre la rive droite et la rive gauche ont été doublées et empruntent des cheminements différents. De nouveaux caniveaux ont été construits entre les 2 rives du barrage.

Les équipements électriques d'une rive peuvent être alimentés soit par un transformateur des services auxiliaires, soit par un groupe électrogène fixe installé sur cette même rive, soit par le groupe électrogène fixe de la rive opposée, soit par une source en énergie externe, type « groupe électrogène mobile » dans le cas où les 3 sources précédentes seraient défaillantes.

Un nouveau local de commande a été construit pour abriter l'ensemble des nouveaux équipements électriques et piloter les vannes à l'abri des intempéries.

Chaque vanne est équipée :

- D'une armoire d'automatisme principale installée dans le nouveau local de commande,
- D'une armoire d'automatisme secours en cas de panne de l'armoire principale installée sur la plateforme des treuils et au plus près des organes de manœuvre.
- De trois moteurs électriques – 2 moteurs principaux + 1 moteur de secours – pouvant chacun indépendamment effectuer les manœuvres d'ouverture/fermeture de la vanne

Un nouveau local a également été construit sur la plateforme des organes de manœuvre de chacune des vannes pour protéger les treuils, les capteurs, les moteurs et tous les équipements annexes des agressions extérieures (neige, vent, glace, UV, pluie).

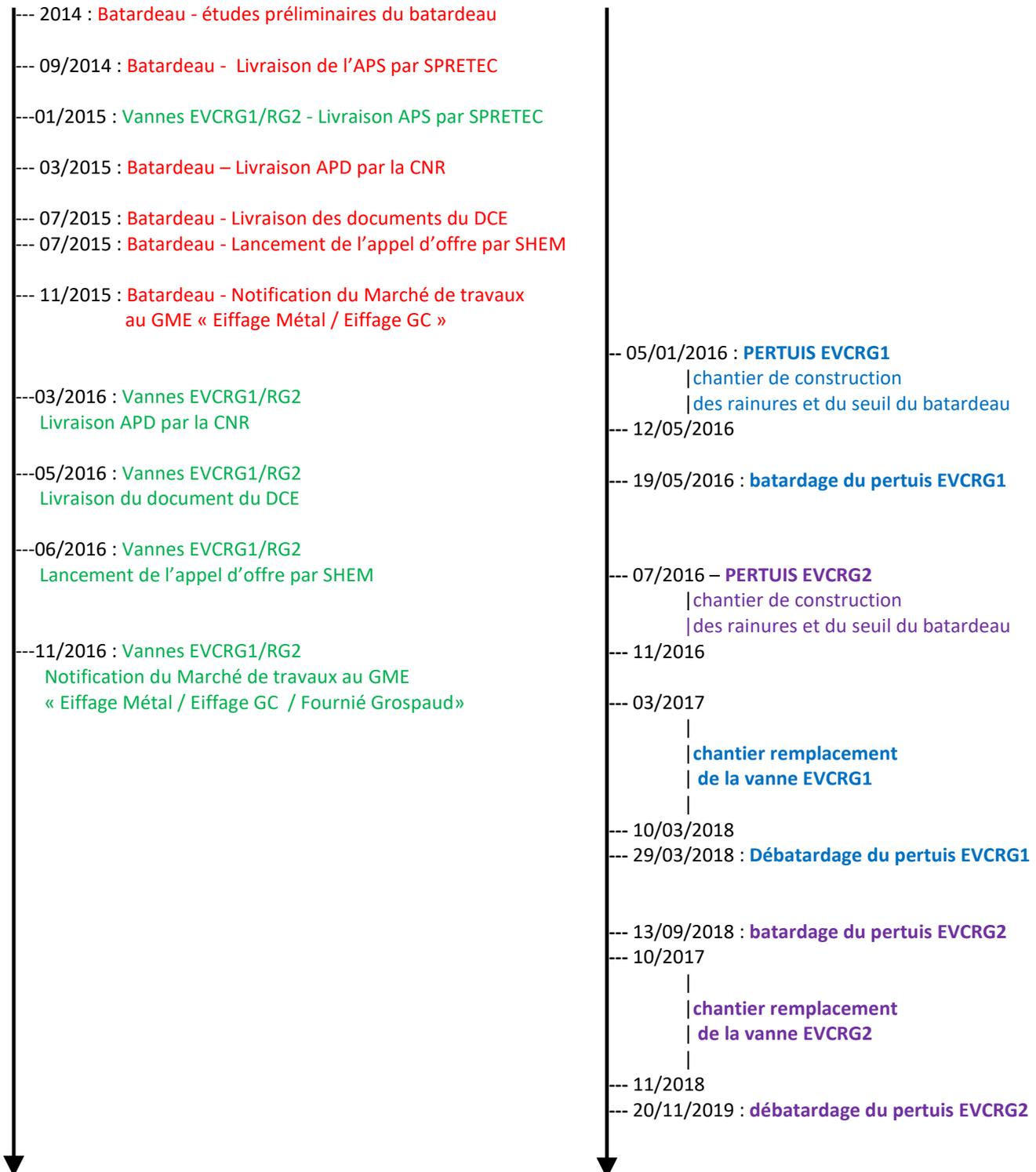


Figure 10: Vue de l'EVCRG1 après les travaux

6. PLANNING DU PROJET « BATARDEAU » ET DU « NOUVEL EVCRG »

ETUDES & LANCEMENT DES MARCHES DE TRAVAUX

TRAVAUX D'EXECUTION



7. BUDGET DU PROJET

Le montant global du projet de création des rainures à batardeau et de la fabrication du batardeau s'est élevé entre 2,5 et 3M€, incluant l'ensemble des études, des travaux et des prestations.

Le montant global du projet de remplacement des 2 vannes EVCRG1 et EVCRG2 s'est élevé entre 6 et 7M€, incluant l'ensemble des études, des travaux et des prestations.

Ce montant exclut les coûts de pertes d'exploitation pendant les abaissements de plan d'eau, les essais de réception et les coûts de main d'œuvre interne SHEM.

8. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE PROJET

En phase d'étude et d'avant-projet : Collaboration fructueuse entre CNR et SHEM pendant les phases d'étude avant le lancement de l'appel d'offre : CNR a apporté son expérience à la SHEM sur le batardeau et les vannes wagons de grandes dimensions (Hauteur 12m x Largeur 12m – 80 Tonnes).

Les études ont permis :

- d'identifier les travaux préalables avant de démarrer le chantier principal et d'éviter des arrêts de chantier pendant le marché ;
- de comprendre le fonctionnement des guideaux et ainsi d'imposer le séquençage des travaux de démolition et de reconstruction dans le cahier des charges du Marché de Travaux ;
- de déterminer les cas des charges, suivant la nouvelle version 2014 de la norme DIN 19704, du batardeau et de la vanne. Ils ont été spécifiés dans le cahier des charges des Marchés de Travaux ;
- De déterminer les principes de conception, les dimensions et masses maximales des éléments de batardeau et de vannes, contraints par les ouvrages existants, la zone de travail et les routes d'accès ;
- De déterminer le planning de réception des travaux en anticipant les contraintes d'exploitation sur le barrage 2 ans au préalable.

En phase d'exécution des travaux, le GME a réussi à :

- Concevoir un batardeau en adéquation avec les contraintes et spécifications demandées ;
- Finaliser la création des rainures à batardeau pendant la période d'abaissement du plan d'eau, réduite à 8 semaines et en hiver ;
- Concevoir et fabriquer des vannes compatibles avec les ouvrages existants.

Le batardeau a été installé sur les deux pertuis et la qualité de son étanchéité a permis de réaliser les travaux de remplacement des 2 vannes sans abaissement du plan d'eau ; le batardeau permettait de protéger le chantier contre les crues jusqu'à la cote PHE du barrage.

Le Projet a rencontré des difficultés de mise au point de la motorisation des 2 vannes. En effet, les études d'exécution de la phase de démarrage des moteurs électriques permettant la manœuvre des vannes n'avaient pas été suffisamment approfondies et des modifications ont dû être réalisées pour obtenir les performances demandées.

REMERCIEMENTS

La SHEM remercie le Groupement Momentané d'Entreprises ayant réalisé les travaux de création des rainures à batardeau et la fabrication du batardeau, constitué des entreprises suivantes :

- EIFFAGE METAL (Mandataire)
- EIFFAGE GENIE CIVIL
- Bureau d'Etudes ISM
- Bureau d'Etudes ITC

La SHEM remercie le Groupement Momentané d'Entreprises ayant réalisé les travaux de rénovation des deux EVCRG, constitué des entreprises suivantes :

- EIFFAGE METAL (Mandataire)
- EIFFAGE GENIE CIVIL
- FOURNIE GROSPAUD ENERGIE
- Bureau d'Etudes ISM
- Bureau d'Etudes ITC