

RÉHABILITATION DU BARRAGE DE MIGOELOU AVEC UN GÉOCOMPOSITE PVC EXPOSÉ

REHABILITATION OF MIGOELOU DAM WITH AN EXPOSED PVC GEOCOMPOSITE

Alberto SCUERO¹, Gabriella VASCHETTI², Régis POUYPOUDAT³

1 Carpi Tech S.A., Chiasso, Suisse

2 Carpi Tech S.A.

3 EDF - CIH

RÉSUMÉ – Migoelou, un barrage à voûtes multiples de 44 m de hauteur situé dans les Hautes-Pyrénées, fut étanché dans les années 1980 avec des revêtements adhérents (polyuréthane et acryliques) sur les voûtes du barrage principal, et avec un géocomposite PVC exposé sur la voûte annexe. En 2008, suite au comportement satisfaisant du système PVC exposé, le même système installé en 1989 sur la voûte annexe a été installé aussi sur les voûtes 4 à 9. Le géocomposite PVC est maintenu appliqué sur les voûtes par un réseau de profilés verticaux de tensionnement, et par une fixation périmétrale étanche. Le système d'ancrage, et un géodrain installé en sous-couche du géocomposite, facilitent le drainage et permettront le monitoring du système d'étanchéité.

Mots-clés : géocomposite, drainage, géodrain, géotextile, tensionnement.

ABSTRACT – Migoelou, a 44 m high multiple arch dam located in the High-Pyrenees, was waterproofed in the 1980ies with adherent revetments (polyurethane and acrylic resins) on the arches of the main dam, and with an exposed PVC geocomposite on the saddle dam. In 2008, due to the satisfactory behavior of the exposed PVC system, the same system installed in 1989 on the saddle dam has been installed also on arches 4 to 9. The PVC geocomposite is anchored to the arches with vertical tensioning profiles and with a watertight perimeter seal. The anchorage system, and a geonet installed underneath the geocomposite, facilitate drainage and will allow monitoring the waterproofing system.

Keywords: geocomposite, drainage, geonet, geotextile, tensioning.

1. Introduction

Migoelou est constitué d'un barrage principal à 9 voûtes multiples de 44 m de hauteur, et d'une petite voûte annexe de 15 m de hauteur. Le barrage, situé dans les Hautes-Pyrénées, a été construit entre 1955 et 1958. Le Maître d'Ouvrage est EDF/UP Sud-ouest. L'altitude de la retenue est 2 279,80 NGF et celle des PHE est 2 280,10 NGF. Le développé de chaque voûte est de 39 m environ.

Au cours des années, les eaux très agressives du réservoir tendaient à détériorer le béton du barrage. Afin d'éviter cette attaque, plusieurs types de protection ont été testées. Sur les voûtes du barrage principal, plusieurs types de revêtements adhérents (résines polyuréthane et acryliques) furent appliqués. Sur la voûte annexe, un géocomposite PVC de 2,5 mm d'épaisseur fut installé en 1989, en position exposée et ancrée avec un système adopté au barrage de Riou (Lefranc, 1996), dont le Maître d'Ouvrage est aussi EDF. La fixation du géocomposite sur le parement amont du barrage consiste en des couples de profilés verticaux qui achèvent le tensionnement du revêtement.

Tandis que les résines appliquées sur les voûtes du barrage principal donnèrent des résultats insatisfaisants, le géocomposite PVC installé sur la voûte annexe en 1989 eut dans les années un bon comportement. Les géocomposites PVC exposés ancrés avec ce système de tensionnement ont accumulés des nombreuses expériences positives sur des barrages à voûtes multiples, à partir de la première installation en 1986 (Lago Molato, Italie) jusqu'à celles plus récentes sur les barrages de Butgenbach (Belgique 2004), Linach (Allemagne 2006), et en 2007. Les Pradeaux en France et Gem aux Etats Unis.

En 2007, EDF envisagea d'installer le même système Carpi sur 6 des 9 voûtes du barrage principal, pour en arrêter les fuites.

2. Le nouveau système d'étanchement avec géocomposite PVC exposé

Le complexe d'étanchéité revêt le barrage de la voûte 4 à la voûte 9, sur une surface totale de 3.600 m² environ. La surface des voûtes 1 à 3 par un produit polyuréthane souple dont la tenue est jugée bonne n'a pas été renouvelée.

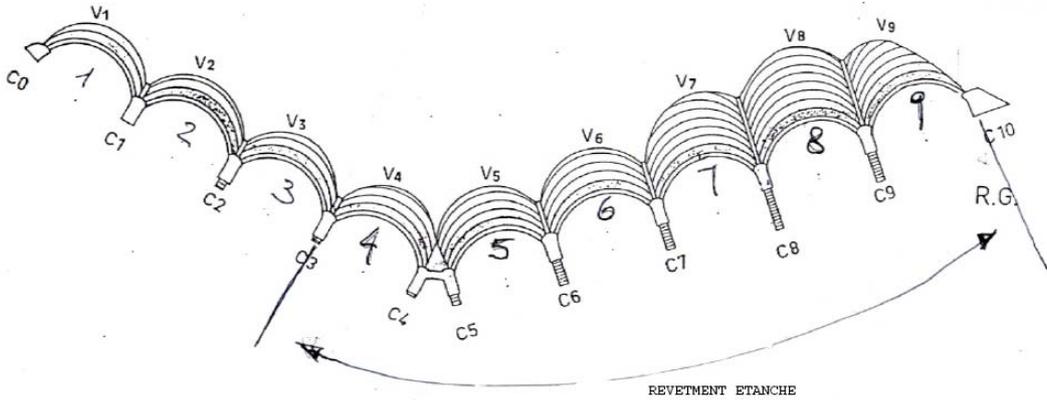


Figure 1. Zone étanchée avec le géocomposite PVC.

2.1. Le revêtement

Le géocomposite utilisé est formé d'une feuille de PVC de 2,5 mm d'épaisseur, souple et stabilisée aux U.V., produite par extrusion et laminée en usine à un géotextile anti-poinçonnant non tissé de 500 g/m².

Les caractéristiques du géocomposite, telles que certifiées en certification ISO 9001 par le fabricant, ont été vérifiées par un laboratoire indépendant en Italie (CESI, autrefois le laboratoire d'ENEL et à présent en partie appartenant à ENEL). Les lés ont été fabriqués avec une largeur de 1,10 m et une longueur suffisante à couvrir la totalité du développé de chaque voûte, sans recourir à d'éventuelles soudures de jonction verticales.

2.2. Système de drainage

Le système de drainage au-dessous du géocomposite est formé d'un géodrain recouvrant toute la surface de chaque voûte. Le géodrain a la fonction d'acheminer les éventuelles eaux d'infiltration ou de condensation vers les profilés de soutien et de tensionnement, qui servent aussi de conduits à pression atmosphériques où les eaux peuvent s'écouler par gravité au pied du barrage.

Un collecteur formé par une bande longitudinale de géodrain achemine les eaux vers le point de captage et d'évacuation aval, fait par un tuyau d'évacuation positionné immédiatement au-dessus de la fixation en pied de voûte, et traversant la voûte.

L'exutoire des drains est réalisé de telle manière que la mesure du débit par le Maître d'Ouvrage soit possible. Un dispositif spécifique (plaque inox) positionné à l'amont de chaque tuyau d'évacuation permet d'éviter l'aspiration du géocomposite dans celui-ci. Afin d'améliorer l'évacuation des eaux drainées par le géocomposite et les profilés verticaux, des tuyaux de ventilation (1 tuyau par voûte), ont été positionnés en partie supérieure de l'ouvrage, garantissant ainsi le maintien de la pression atmosphérique à l'intérieur du système drainant.

Dans les voûtes 4, 7, 8 et 9 la différence entre le niveau amont et le niveau aval étant telle à ne pas permettre l'évacuation gravitaire des eaux, la fixation en pied a été positionnée à un niveau supérieur, pour permettre cette évacuation. La partie basse de la voûte, qui n'est pas recouverte par le système PVC, a été étanchée avec une couche de gunite.

Le système de drainage permettra le suivi du comportement du complexe d'étanchéité, et évitera la formation de cloches d'eau au-dessous du revêtement étanche, qui pourraient générer des sous-pressions excessives, qui ont été en réalité une des causes du comportement insatisfaisant des résines installées préalablement sur les voûtes concernées.



Figure 2. Géodrain et exutoire au-dessus de la fixation étanche à la voûte 7.

2.2. Ancrage

Le géocomposite est maintenu appliqué sur les voûtes par un réseau de profilés verticaux :

- En clé de voûte, un profilé plat en acier inox, 50 x 3 mm (P sur la figure 3)
- Aux intersections voûte/pile, 2 profilés de tensionnement (T sur la figure 3)
- Entre le profilé en clé de voûte et le profilé aux intersections voûte/pile, un profilé de tensionnement (T sur la figure 3).

Au total, il y a 5 profilés pour chaque voûte, dont 1 plat et 4 de tensionnement. La géométrie des 4 profilés d'ancrage est telle qu'elle oblige le géocomposite à s'insérer dans la configuration par laquelle il est tensionné transversalement sur la surface des voûtes. Les profilés de tensionnement permettront au géocomposite de conserver un positionnement stable, et de résister aux différentes charges de service, y compris vent, vagues, et sous-pressions, sans formation de plis.

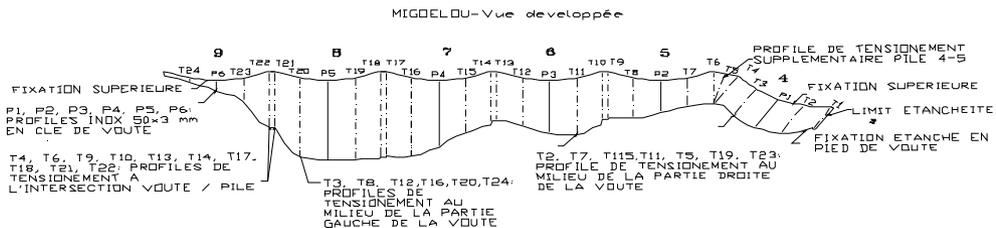


Figure 3. Schéma du système d'ancrage du géocomposite PVC.

Au périmètre submergé, le géocomposite est maintenu par une fixation étanche à l'eau en pression positionnée en pied des voûtes, sur la plinthe où elle existe, ou directement sur le béton de la voûte. Des fixations verticales étanches sont également mises en place aux limites latérales du revêtement. Ces fixations étanches à l'eau en pression sont constituées d'un profilé plat, 60 x 6 mm, en acier inox type AISI 304, serrant le géocomposite par l'intermédiaire d'un joint de compression, de tiges filetées avec scellement chimiques à raison de 1 tous les 15 cm, avec interposition des accessoires appropriés tels que joints et rondelles de répartition. Avant application définitive des éléments de cette fixation périmétrale, la surface d'appui est régularisée à l'aide d'une résine appropriée.

En couronnement, la fixation longitudinale est étanche à l'eau sans pression telle que pluie ou ruissellement. La fixation est positionnée à une élévation telle à assurer une garde par rapport au niveau normal d'exploitation, et est réalisée à l'aide d'un profilé 50 x 3 mm, serrant le géocomposite contre le parement par l'intermédiaire d'un joint de compression, et par de chevilles à expansion.

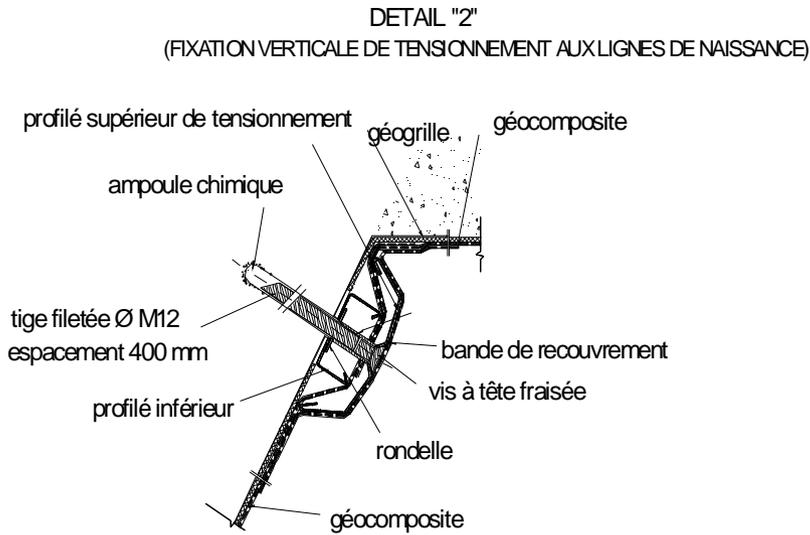


Figure 4. Profilé de tensionnement.

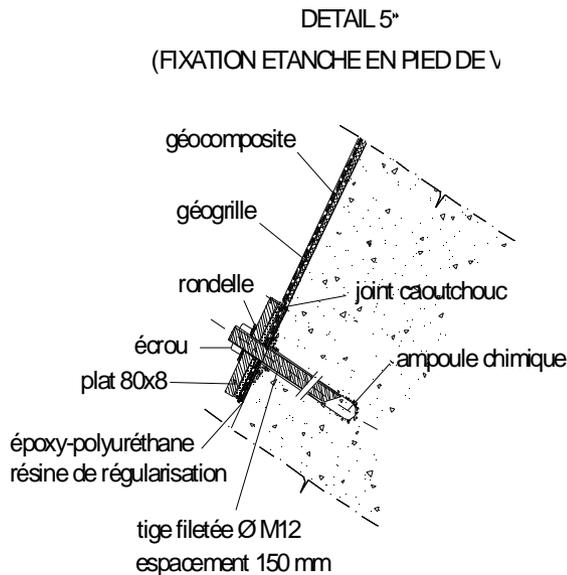


Figure 5. Fixation étanche en pied du barrage.

3. Installation

L'opération d'étanchement a été réalisée au cours de l'été 2008.

L'installation du système d'étanchéité a été réalisée à partir de nacelles volantes suspendues au couronnement, et d'échafaudages placés aux pieds des voûtes. Comme il n'y a pas de route, le transport des matériaux et des équipements pour la construction du système d'étanchéité a été fait par hélicoptère.

Les travaux ont démarré par le nettoyage des voûtes. La totalité de la surface des voûtes à traiter a été hydrodécapée sous une pression de 400 bars pour éliminer les bétons dégradés. Les zones défectueuses ont été reprises par réparation du béton de surface après passivation des aciers apparents

suivi par l'installation du premier profilé du système de tensionnement, du géodrain, qui a été fixé mécaniquement au support par l'intermédiaire de chevilles à frapper inox et rondelles de répartition, et des autres composants du système de drainage.



Figures 6 et 7. Échafaudages à la voûte 9, et installation du système d'étanchéité par nacelles volantes à la voûte 7 (dans la photo la mise en place du géodrain).

Les feuilles du géocomposite ont été installées horizontalement. En préalable au démarrage des travaux de pose un plan de calepinage a été établi, ainsi qu'un numérotage des lignes d'ancrage. Les lés ont été déroulés de manière telle que deux lés adjacents se superposent de 5 cm environ minimum, selon une bande continue dépourvue de géotextile. Les lés adjacents ont été thermo-soudés par soudure manuelle. Le deuxième profilé du système de tensionnement a ensuite été mis en place au-dessus du géocomposite. Le serrage des deux profilés achève le tensionnement des lés.



Figures 8 et 9. Installation du géocomposite et du deuxième profilé du système de tensionnement sur le géodrain. A droite, installation du géodrain sur la voûte 4 et du géocomposite sur la voûte 7. Une chute estivale de neige n'a pas compromis le maintien du délai contractuel.

Toutes les ancrages verticaux des voûtes (profilés plat et profilés de tensionnement) sont étanchés avec des bandes de recouvrement en PVC thermo-soudés par soudure manuelle au géocomposite. Les fixations en pied du barrage sont intrinsèquement étanches du fait de la présence de la résine de régularisation et des joints de compression. Les fixations 10 cm sous le couronnement sont équipées avec un joint de compression.

Le Contrôle de la Qualité a inclus la réception des matériaux, la réception des surfaces, l'installation des profilés intérieurs, des profilés plats et du géodrain, l'installation des lés de géocomposite, les soudures, l'installation et le serrage des profilés extérieurs, l'étanchement des profilés de tensionnement et des profilés plats, les fixations étanches, et l'inspection finale de l'intégrité de la géomembrane.

Les travaux d'étanchement ont démarré le 21 juillet 2008 et se sont terminés le 19 septembre 2008.



Figures 10 et 11. Les profilés de tensionnement étanchés par bandes de recouvrement, et fixation étanche en pied de voûte.



Figure 12. Vue du barrage à l'achèvement des travaux.

4. Conclusions

Le système installé au barrage de Migoelou a fait ses preuves sur des dizaines de barrages, y compris plusieurs barrages à voûtes multiples. On peut donc prévoir un étanchement fiable et de longue durée. Les caractéristiques du système ont permis d'achever les travaux dans un environnement difficile et avec un délai très court.

5. Références bibliographiques

Lefranc M. (1996). Barrages en béton du parc EDF munis d'une membrane préfabriquée. *Proc. Colloque Technique CFGB - CFG, Les Géotextiles et le Géomembranes dans les barrages*, 11.1-11.13.