

INSTALLATION D'UNE GÉOMEMBRANE PVC AU BARRAGE D'AUBERT

INSTALLATION OF A PVC GEOMEMBRANE AT AUBERT DAM

Alberto SCUERO, Gabriella VASCHETTI, Marco BACCHELLI
Carpi Tech, Balerna, Suisse

RÉSUMÉ – Aubert est un barrage en terre ancien de 17 m de hauteur, utilisé pour la production d'énergie et situé dans une réserve naturelle à 2151 m d'altitude dans les Hautes-Pyrénées. L'étanchéité en masque béton couverte par une chape ciment et une chape asphaltique est protégée des chocs thermiques et mécaniques par un perré en maçonnerie de pierre sèche de 0,4 m. Pour diminuer les fuites, une géomembrane PVC a été installée pendant l'été 2010 du couronnement jusqu'au bouclier en pied du barrage. Le perré a été déposé pour permettre l'installation de la géomembrane, qui est exposée et fixée mécaniquement par un système de mise en tension au-dessous du niveau normal de la retenue, et lestée par reconstitution du perré en partie haute.

Mots-clés : géomembrane, étanchéité, réhabilitation de barrages, système de mise en tension.

ABSTRACT – Aubert is an old 17 m high dam earthfill dam used for hydropower production and located in a natural park the High-Pyrenees at 2151 m of altitude. The concrete facing, covered by a cement layer and an asphalt layer, is protected against thermal and mechanical shocks by a 0.4 m thick dry stone masonry. To decrease seepage, a PVC geomembrane was installed during the summer 2010, from crest down to the shield on the articulated joint at the upstream toe. The stone masonry was removed to allow installing the geomembrane, which is exposed and mechanically anchored by a tensioning system below the normal operating level, and ballasted by the restored stone masonry in the upper part.

Keywords: geomembrane, waterproofing, dams rehabilitation, tensioning system.

1. Introduction

Le lac d'Aubert se situe dans la réserve naturelle de Néouvielle, dans les Hautes-Pyrénées. Les 8,26 millions de m³ d'eau stockés dans le lac d'Aubert servent de réserve pour le barrage de Cap-de-Long, construit pour alimenter la centrale hydroélectrique de Pragnères. Le barrage qui forme le lac d'Aubert, construit entre 1907 et 1932 et mis en service en 1932, est un barrage en terre compactée, dont le Maître d'Ouvrage est Électricité de France. L'altitude de la crête est 2151,03 NGF.

Le barrage a une hauteur maximum au dessus du sol de fondation de 17 m, et une longueur totale de 350 m. La cote du déversoir (retenue normale) se situe à 2148 m NGF, celle de la vidange de fond à 2134 m NGF. Les pentes amont et aval ont une pente de 3/2. Une galerie de visite est présente en pied amont du barrage.

Comme indiqué sur la figure 1, l'étanchéité du barrage est assurée par un masque en béton composé de 0,3 m de béton faiblement armé sans joints de dilatation, de 25 mm de chape de ciment, et de 15 mm de chape asphaltique. Cette étanchéité est protégée des chocs thermiques et mécaniques par un perré de 0,4 m d'épaisseur réalisé en maçonnerie de pierres sèches (blocs de 50-200 litres). L'auscultation du barrage est faite par un système de drainage incorporé dans le masque amont et déchargeant dans une galerie.

Le barrage a eu des fuites dès sa mise en eau en 1932. Il y a eu peu de grandes campagnes de travaux d'entretien (quelques injections sans gain). La campagne de 1988, la plus importante, incluait le traitement du pied du barrage, des injections pour le contact béton/rocher, la création d'un bouclier de pied sur la galerie de drainage avec articulation mécanique avec le parement amont, et des nouveaux drains. Au cours de cette campagne, 900 m² de parement amont ont été vus, qui présentaient un craquelage assez marqué de l'asphalte. Suite à l'augmentation des fuites, qui, en 2009, ont atteint 1200 l/min, EDF envisagea de refaire une partie de l'étanchéité du barrage, en recouvrant l'ancienne étanchéité en asphalte posée entre 1907 et 1932, lors de la construction du barrage, avec un nouveau système d'étanchéité.

Les objectifs du nouveau système d'étanchéité étaient de diminuer les fuites de l'ouvrage dans la zone critique, à savoir les plots 7-8, et de minimiser, en accord avec les prescriptions des autorités du parc, l'impact environnemental, notamment en réduisant l'impact visuel du nouveau système, ainsi qu'en

réduisant au maximum l'impact du chantier sur la zone intéressée. Pour atteindre ces objectifs, un système avec géomembrane a été retenu, du fait des petits volumes des composants et permettant une mise en œuvre à partir d'une installation de chantier réduite au strict nécessaire. Pour limiter l'impact visuel, la décision a été prise de laisser la géomembrane exposée en partie basse (au-dessous de la retenue normale), et de reconstituer le perré au-dessus de la géomembrane en partie haute, dans la zone restant visible pendant l'exploitation normale du lac.

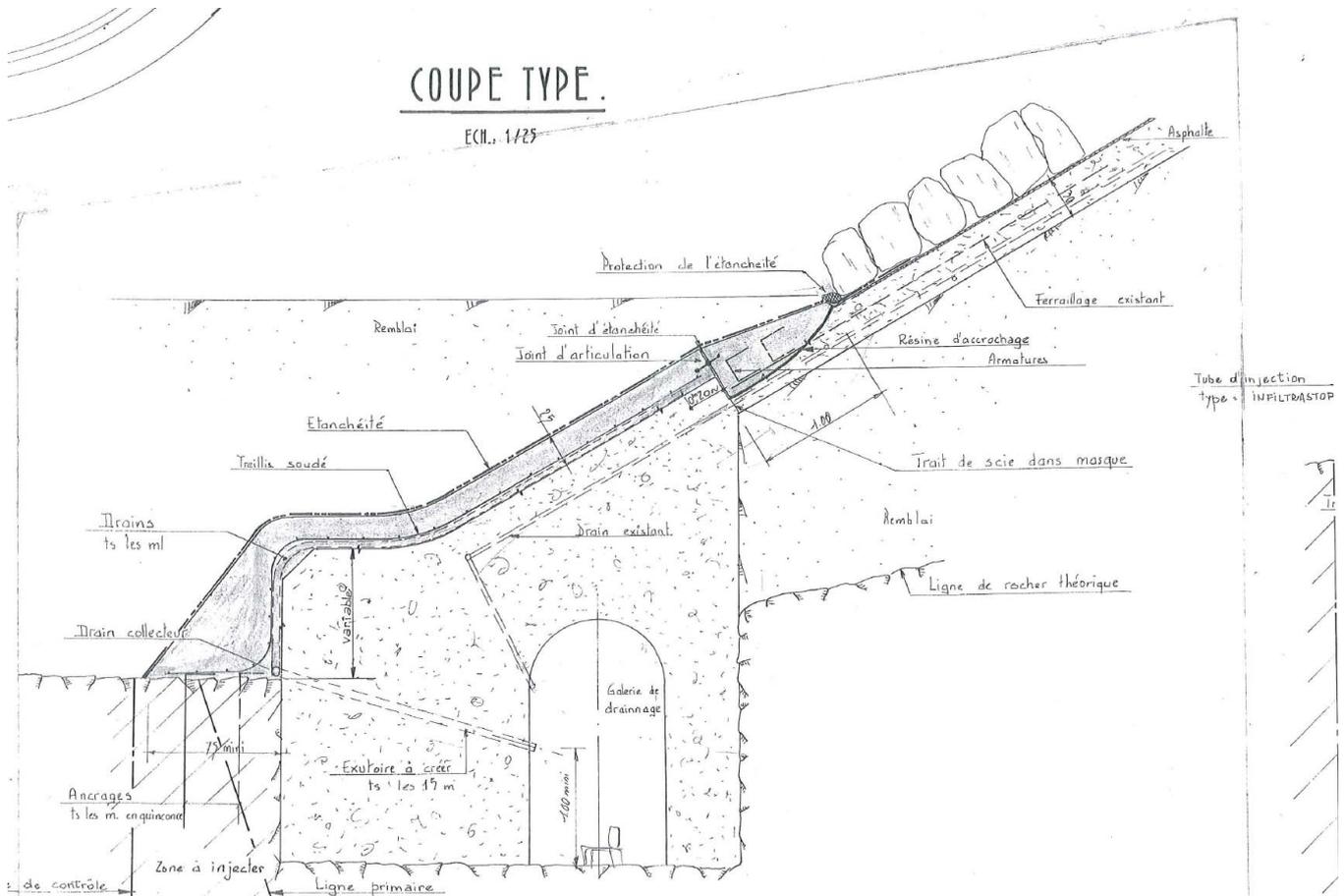


Figure 1. Coupe type.

2. Le nouveau système d'étanchéité

Le nouveau système d'étanchéité a été installé sur une zone trapézoïdale d'une soixantaine de mètres de largeur moyenne, qui a été débarrassée des pierres pour permettre la pose de l'étanchéité. La géomembrane étanche recouvre le barrage du couronnement jusqu'à 2 m au-dessous du joint d'articulation.

2.1. Le revêtement

Le système consiste en une membrane imperméable synthétique et élastique, recouvrant le parement amont des plots 7-8, comme indiqué sur la figure 2. La membrane utilisée est un géocomposite SIBELON CNT 3750, formé d'une géomembrane en 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. Ce revêtement est identique à celui déjà mis en œuvre avec satisfaction sur des nombreux barrages et réservoirs d'EDF.

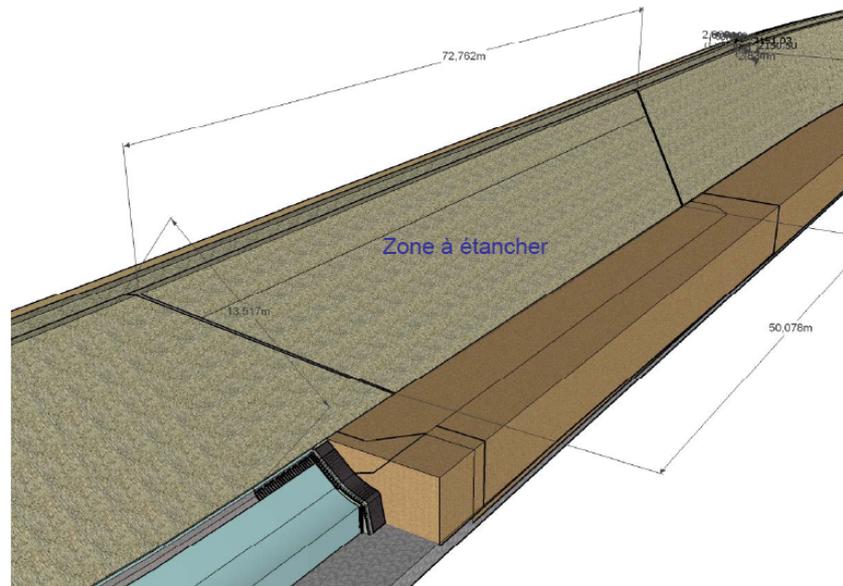


Figure 2. La zone à étancher est formée par une partie trapézoïdale du parement amont, et par une partie se prolongeant 2 m au-dessous du joint d'articulation.

2.2. Système de drainage

Le système de drainage au-dessous du géocomposite est formé d'un géodrain ayant la fonction d'acheminer les éventuelles eaux d'infiltration ou de condensation vers les profilés de soutien et de mise en tension décrits au paragraphe 2.3, qui servent aussi de conduits à pression atmosphérique où les eaux peuvent s'écouler par gravité. Le géodrain recouvre entièrement le parement dans la zone à étancher (face amont + zone du joint, figure 3), à l'exception des zones des profilés de mise en tension et des fixations étanches, où il est arrêté pour éviter le passage des eaux drainées d'un compartiment à l'autre. Fourni en rouleaux souples, le géodrain est fixé mécaniquement au support par l'intermédiaire de chevilles mécaniques et rondelles de répartition.

Pour permettre une meilleure surveillance du comportement du système d'étanchéité, 6 compartiments de drainage séparés ont été créés, 3 compartiments supérieurs pour le suivi de l'étanchéité de la face amont, et 3 compartiments inférieurs pour le suivi de l'étanchéité de la zone du joint d'articulation. Ce compartimentage permettra de séparer les eaux éventuelles provenant des fondations des eaux éventuelles provenant d'un possible dégât dans le géocomposite. La séparation des compartiments est faite par des fixations étanches en pied et aux limites verticales du système, et par des profilés de mise en tension spéciaux aux limites verticales des compartiments. Le système de drainage permettra le suivi du comportement du complexe d'étanchéité, et évitera la formation de poches d'eau au-dessous du revêtement étanche, qui pourraient générer des sous-pressions excessives.

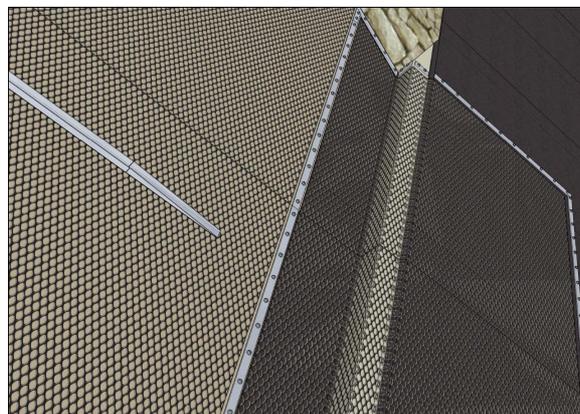


Figure 3. Schéma du géodrain sur les compartiments supérieur (face amont) et inférieurs (zone du joint d'articulation).

Les eaux de drainage recueillies par le dispositif d'ancrage sur la face amont et par le géodrain sont évacuées par des tuyaux d'évacuation (un tuyau pour chaque compartiment). Chaque tuyau est inséré dans un forage réalisé sur la face amont de la galerie, et s'écoule dans la galerie. Un dispositif spécifique (plaque inox) positionné à l'amont de chaque tuyau d'évacuation permet d'éviter l'aspiration du géocomposite dans celui-ci.

2.3. Ancrage du revêtement sur le parement amont

Dans la plupart des barrages étanchés par EDF avec le système adopté à Aubert, le géocomposite est en position exposée et son ancrage au parement amont est réalisé par des profilés mécaniques. Au barrage d'Aubert, la nécessité de reconstituer le perré en partie haute a requis un système d'ancrage « mixte » (figure 4): du couronnement jusqu'à la cote 2147,70 m, environ 0,5 m au-dessous du niveau de retenue normale, géocomposite couvert par le perré, ancrage par lestage; au-dessous de la cote 2147,70 m, géocomposite exposé, ancrage par système de mise en tension breveté par Carpi ; dans la zone du joint d'articulation, ancrage par lestage (remblaiement du pied).

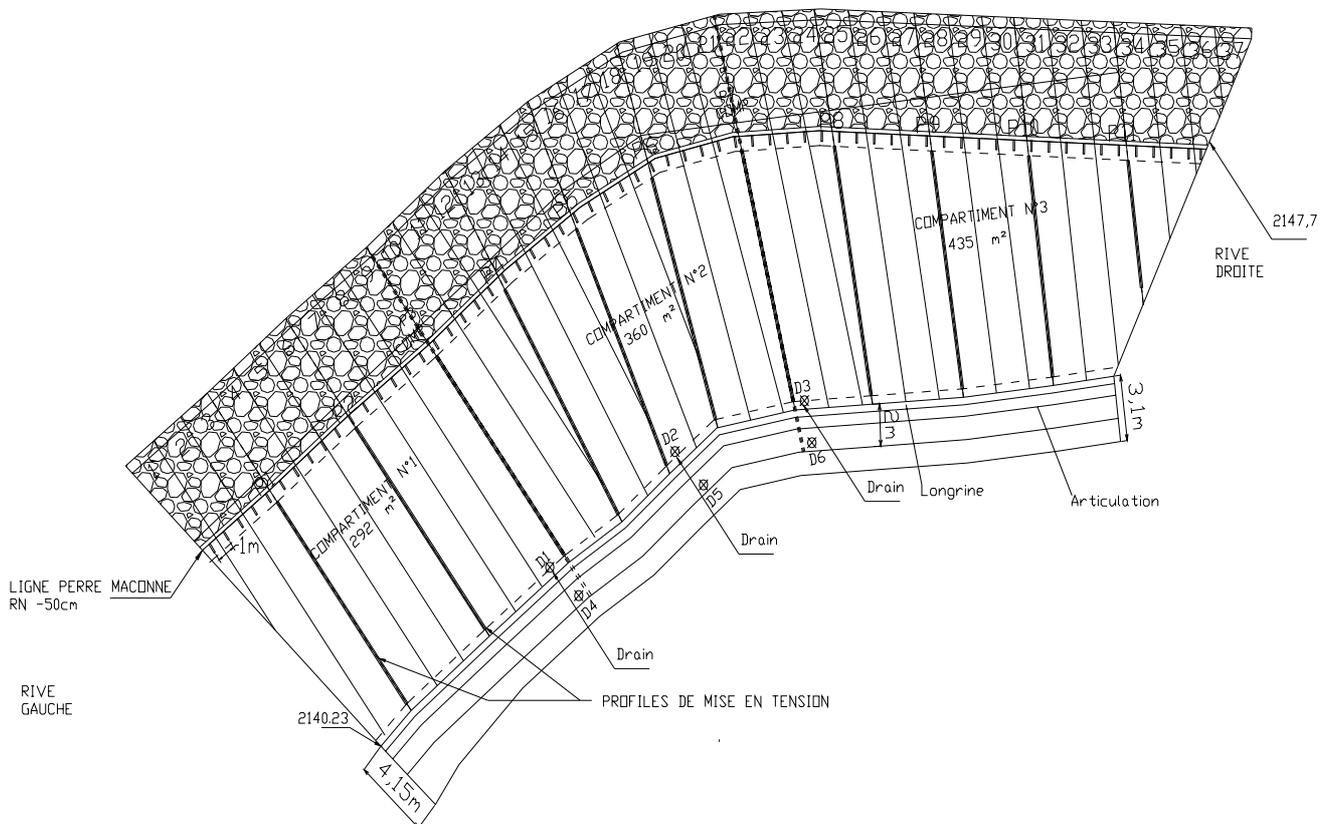


Figure 4. Ancrage du géocomposite PVC : par lestage en partie haute, par profilés de mise en tension au-dessous du niveau de retenue normale.

La géométrie des profilés d'ancrage oblige le géocomposite à s'insérer dans la configuration par laquelle il est mis en tension transversalement. Les profilés de mise en tension 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.

2.3. Ancrage périphérique du revêtement

Le géocomposite est maintenu par une fixation étanche à l'eau en pression au périmètre submergé, à savoir en pied de la face amont au-dessus du joint d'articulation (fixation primaire), au-dessous du joint d'articulation (fixation secondaire), et aux limites latérales du revêtement.

Les fixations périphériques étanches à l'eau en pression sont constituées essentiellement d'un profilé plat en acier inoxydable du type AISI 304, serrant le géocomposite par l'intermédiaire d'un joint de compression, de tiges filetées et chevilles chimiques, avec interposition des accessoires appropriés tels

que joints, plaquettes 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. Ces fixations étant intrinsèquement étanches ne nécessitent pas de bande de recouvrement.

La fixation primaire en pied de la face amont sépare les eaux drainées des 3 compartiments supérieurs (parement amont) de celles de la zone du joint d'articulation ; la fixation secondaire diminue la charge hydraulique sur la fixation primaire.

La fixation en couronnement est étanche à l'eau en faible pression telle que pluie, fonte des neiges, vagues. Elle est réalisée à l'aide d'un profilé en acier inoxydable du type AISI 304, serrant le géocomposite contre le parement par l'intermédiaire d'un joint de compression, et par des chevilles à expansion.

2.4. Couverture en partie haute

Le perré reconstitué est supporté en bas par des poutres en béton préfabriquées installées à la cote 2147,70 m, et aux rives par un cordon de béton liant les éléments d'extrémité du perré maçonné. Pour supporter les poutres à la cote 2147,70 m des équerres de support, équipées de dispositifs étanches aux traversées de la géomembrane d'étanchéité, ont été utilisées (figure 5).

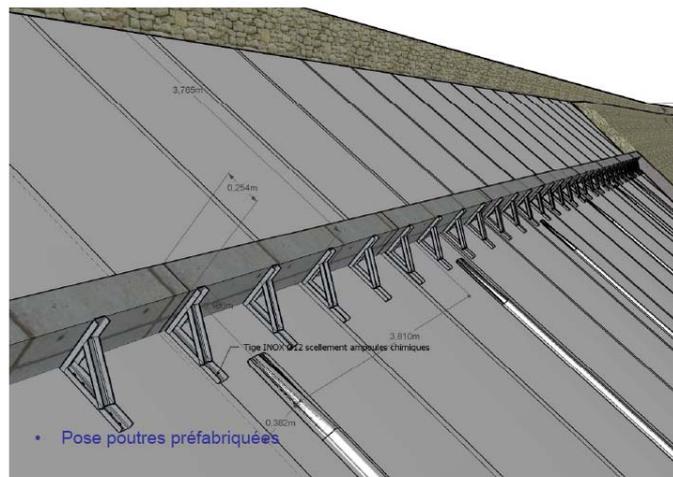


Figure 5. Équerres et poutres pour le support du perré.

Avant la mise en œuvre de la couverture, pour protéger le géocomposite pendant l'installation des poutres et du perré de lestage, un géotextile anti-poinçonnant de 800 g/m^2 , en polypropylène, a été posé au-dessus du géocomposite.

3. Installation

L'opération d'étanchéification a été réalisée au cours de l'été 2010. L'installation du système d'étanchéité a été réalisée par des techniciens et des ouvriers travaillant sur le parement amont du barrage à l'aide de cordes et d'équipements de sécurité. Le séquençage des phases d'installation du système d'étanchéité a été la suivante :

- dépose du perré maçonné sur la zone à étancher,
- terrassement pour dégagement du bouclier,
- carottage et implantation des exutoires pour le système de drainage (drainage supérieur et inférieur),
- mise en place de profilés en U du système de mise en tension,
- pose du géodrain,
- préparation des fixations périphériques étanches,
- pose du géocomposite d'étanchéité sur le parement amont,
- soudure des lés adjacents de géocomposite entre eux,
- mise en place des profilés en oméga du système de mise en tension,
- soudures des bandes d'étanchéité sur les profilés en oméga,
- fermeture des fixations périphériques étanches,
- pose des équerres support des poutres,

- installation du géotextile anti-poinçonnant sur le géocomposite en partie haute,
- bétonnage du cordon liant les éléments d'extrémité du perré maçonné sur les deux rives,
- pose de la poutre de support pour le nouveau perré,
- reconstitution du perré en partie haute,
- remblaiement du pied.

La totalité de la surface à traiter a été hydro-décapée. Le premier profilé du système de mise en tension, en U, a été fixé mécaniquement au support par l'intermédiaire de tiges filetées et de chevilles chimiques (figure 6a). Le géodrain a été installée entre les profilés (figure 6b).



Figures 6. (a) Installation des profilés en U et (b) mise en place du géodrain dans les compartiments supérieurs.

Les feuilles du géocomposite ont été installées verticalement (figure 7a). 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, ce qui permet la soudure en correspondance des profilés et des entraxes entre profilés. Les lés adjacents ont été thermo-soudés par soudure manuelle. Le deuxième profilé du système de mise en tension a ensuite été mis en place au-dessus du géocomposite. Le serrage des deux profilés achève la mise en tension des lés (figure 7b).

Tous les ancrages verticaux sont étanchés avec des bandes de recouvrement en PVC thermo-soudés par soudure manuelle au géocomposite.



Figures 7. (a) Installation du géocomposite sur le géodrain et (b) le deuxième profilé du système achève un parfait tensionnement des lés.

Les fixations en pied du barrage (Figure 8a) et aux limites latérales (Figure 8b) sont intrinsèquement étanches du fait de la présence de la résine de régularisation et des joints de compression.

En partie haute, aucun profilé n'a été installé.

Le Contrôle de la qualité a inclus la réception des matériaux, la réception des surfaces, l'installation des profilés intérieurs et du géodrain, l'installation des lés de géocomposite, les soudures, l'installation et le serrage des profilés extérieurs, l'étanchéification des profilés de mise en tension, les fixations étanches et l'inspection finale de l'intégrité du géocomposite PVC avant la reconstitution du perré.



Figures 8. (a) Fixation périphérique en pied, et (b) au couronnement et à la limite latérale en rive droite.

Une fois que le géocomposite PVC a été contrôlé, le géotextile anti-poinçonnement a été mis en œuvre au-dessus, et le parement de pierres a été réinstallé jusqu'au niveau de l'eau, comme indiqué sur la figure 9. Les travaux d'étanchéité ont démarré le 14 juillet 2010 et se sont terminés le 13 août 2010. La surface totale de géomembrane installée a été de 1185 m².

4. Conclusions

Le système installé au barrage d'Aubert est un exemple de dispositif d'étanchéité par géomembrane intégré avec succès dans un environnement naturel, de manière à constituer un système « écologique ». La couverture en perré en partie haute, qui a permis de reconstituer l'aspect initial du barrage, protégera aussi la géomembrane des agressions environnementales.

Les mesures faites au fur et à mesure de la remontée du plan d'eau (qui n'a pas encore atteint la retenue normale) montrent que le système est parfaitement étanche (les 6 drains du système sont secs, ou ont un très léger goutte-à-goutte) et que l'essentiel des fuites mesurées vient de la fondation de l'ouvrage.



Figure 9. Vue du barrage à l'achèvement des travaux.