

LEDEUIL, Electricité de France, France

GIEULLES, Géoconcept, France

MINE et RICHO, Prodirég, France

SEUILS ET DEVIATEURS EN RIVIERE EN TISSUS INJECTES OU ARMES**RIVER SILLS AND WATER DIVERTERS MADE OF CONCRETE INJECTED OR REINFORCED CLOTH****WASSERLAUFSCHWELLEN UND -ABWEISER AUS BETONVERFÜLLTEM ODER VERSTÄRKTEM GEWEBE**

. Dans le cadre de l'Aménagement EDF de FERRIERES sur ARIEGE, un grand remblai devant pénétrer largement dans le lit de la rivière Ariège (débit moyen 40m³/s, crue centennale vue en 1982 près de 800m³/s) il convenait de ralentir le flot au contact du remblai par la mise en place de 2 seuils créant chacun une chute de plus de 1,50m. 2 seuils ont été réalisés en enrochements sans déviation de la rivière avec revêtement de tissus injectés de béton. D'autres applications de tissus injectés ont été réalisées pour protéger du matériel (station de bétonnage en bord de rivière) ou réaliser des seuils pour station de mesure ou pour échelles à poissons.

. Un tissu armé (80 tonnes/ml) a été utilisé pour créer un pré-batardeage dans le cadre de l'opération de mise en eau du barrage de GARRABET. Cette toile devait rehausser puis contenir plus de 4m de hauteur d'eau sur une longueur entre appuis de 16m. D'autres déviateurs de flots (plus simples) étaient prévus en galerie (Ø 6m).

. As part of EDF development for the site of FERRIERES sur ARIEGE, a large embankment was planned to widely penetrate into the bed of the Ariège river (mean out up 40m³/s - Hundred year flood experienced in 1982: 800 M³/s approximately). Therefore the waters had to be slackened when contacting the embankment by providing two sills, each creating a waterfall higher than 1.50m. These sills have been obtained from ripraps, without river diversion, with concrete injected cloth covering.

Other concrete injected cloth applications have achieved to protect certain installations (concrete batching plant on the banks of the river) or to constitute sills for measuring stations or fish ladders.

. A reinforced cloth (80 ton per linear meter) has been used to form a preliminary cofferdam during water filling of the GARRABET dam. The purpose of this cloth was to raise the banks and restrain waters over a height or more than 4m and over a length between props of 16m. Other water diverters of simple design were provided as galleries (6m diameter).

1 - INTRODUCTION

Lorsque, en 1980, EDF (1) a eu besoin de protéger la berge du batardage amont de la dérivation provisoire de l'ARIEGE (2), on a utilisé des nappes Géotextiles servant de coffrage et injectées d'un mortier. Ces nappes sont posées vides sur le talus ou dans l'eau.

Les difficultés de contrôler le remplissage sous l'eau ont alors conduit tout naturellement à utiliser un géotextile plus robuste, et à remplir de béton ces panneaux suspendus, puis à les mettre en place par l'intermédiaire d'une grue, le béton étant posé "frais".

Plusieurs ouvrages ont été réalisés par la suite sur ce même chantier. Le procédé "COFRABETEX" mis au point à cette occasion a pu évoluer pour trouver un rythme industriel. Il a été nécessaire d'améliorer la qualité du béton injecté, puis la manière de remplir les poches constituées par la couture de deux nappes géotextiles (il a donc été nécessaire d'améliorer la qualité du fil de couture pour l'adapter à la haute résistance des nappes géotextiles).

2 - OUVRAGES REALISES EN TISSUS INJECTES DE BETON

La rivière ARIEGE est en fait un torrent :

Débit moyen $Q_m = 40m^3/s$.

Débit en crue centennale $Q_{100} = 800m^3/s$
(observé en 1982).

La vallée est étroite et toute modification de vitesses incompatibles avec leur stabilité (la crue de 1982, avait entraîné une érosion de 30 à 40.000m³ d'un talus mis en place pour stabiliser une berge sensible, la crue a enlevé le talus, plus une grande partie du terrain en place sous-jacent).



Vue générale de l'aménagement

(1) EDF, ELECTRICITE DE FRANCE

(2) Ariège, rivière affluent de la Garonne dans le SUD OUEST de la FRANCE

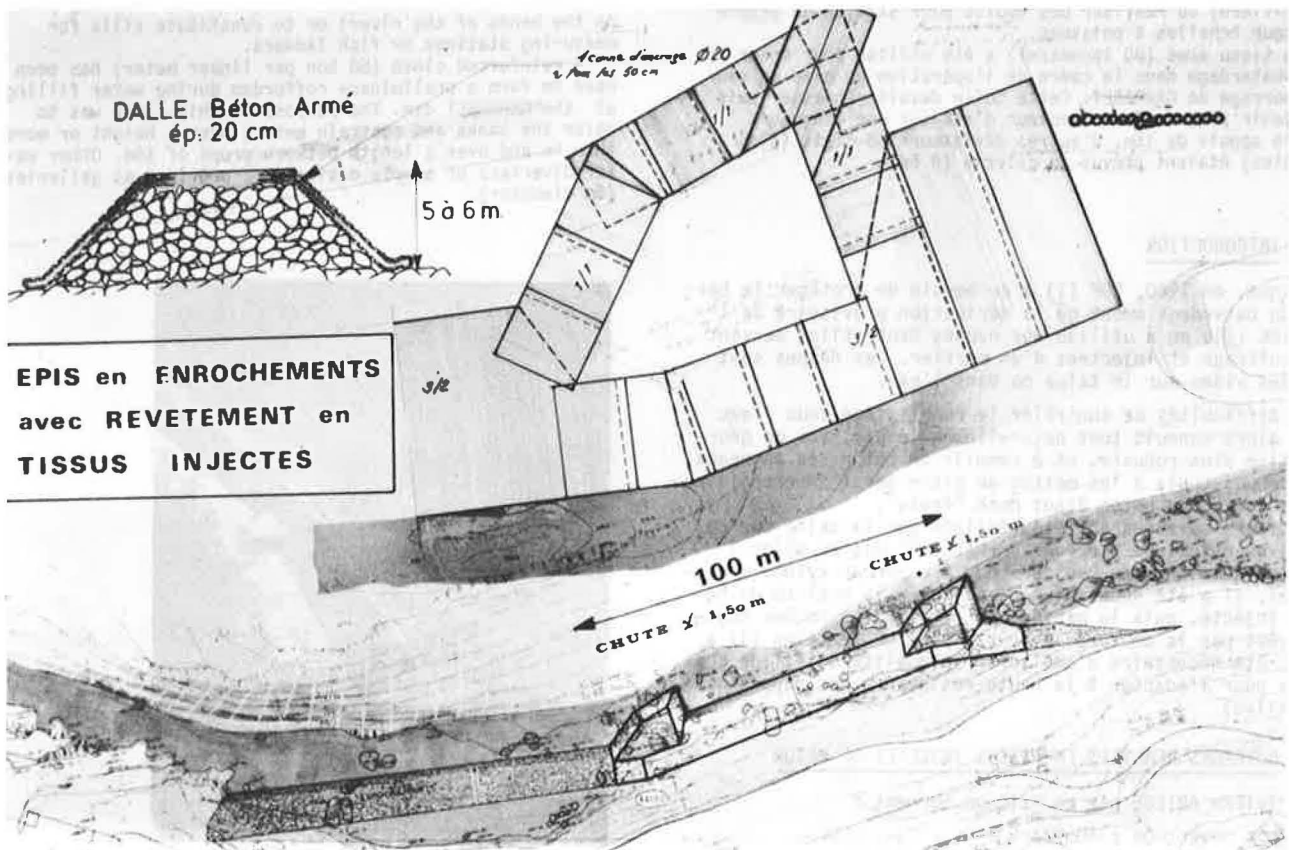
2.1 Il convenait de stabiliser le pied d'une falaise morainique. Les remblais nécessaires rétrécissant la vallée devaient être protégés en pied, des érosions dues aux augmentations de vitesse, surtout en période de crues. Afin de contrôler les vitesses, deux seuils ont été réalisés directement dans la rivière, sans dérivation des eaux.

Les seuils en enrochements sont protégés en surface par des panneaux de géotextiles injectés de béton. En surface, une dalle en béton-armé solidarise les têtes des panneaux, par des cannes d'ancrage enfoncées dans le béton "frais". Ces seuils sont incomplets, permettant une réalisation dans l'eau sans trop de problèmes, mais donnent en période de crue, le rendement d'un seuil complet.

2.2 Devant le barrage (seuil à 432,80) le batardeau est à la cote 438, les installations de bétonnage sont prévues sur ce batardeau. Une protection de l'installation de bétonnage placée devant la prise d'eau a été réalisée à l'intérieur du batardeau en terre par des panneaux de tissus injectés de béton. Cette protection en cas de destruction du batardeau par submersion (comme en 1982) conserverait la station de bétonnage en place, et elle sera dégagée par la suite et servira de berge au chenal d'entonnement. Le batardeau a aussi été protégé par tissus sur son aval pour résister à une légère submersion.

2.3 En queue de retenue, une station de jaugeage rendait nécessaire la rectification et la stabilisation du fond du lit de la rivière. Là encore sans dérivation du flot, les tissus injectés, posés directement sur des enrochements ont permis de créer ce seuil. Par la suite la masse d'enrochements sera injectée de mortier de ciment, afin de conserver une meilleure pérennité de l'ouvrage. On peut dire que dans cet exemple, le tissu injecté sert de coffrage perdu.

2.4 Enfin au droit de l'usine, un seuil en rivière a été mis en place de la même manière. En rive droite, un passage calibrable par des gros blocs crée un accès attractif pour les poissons migrateurs qui devraient choisir le faible débit réservé avec plus grande vitesse de préférence à celui plus gros du canal de fuite, mais à faible vitesse et hélas sans avenir pour eux.



Vue en plan d'un des seuils



Ancrage du sommet des nappes "COFRABETEX" dans l'armature d'une dalle en béton armé



Vue du premier seuil réalisé



Vue partielle du canal situé en amont du premier seuil

3 - DESCRIPTION DU PROCÉDE

Le choix du géotextile s'est porté sur un polypropylène tissé de grande résistance à la traction et à la déchirure. Ces produits conduisent à une faible déformation sous charge, ceci est favorable à une bonne géométrie de mise en place (recouvrements précis, par boudin plein, sur boudin vide).

3.1 Le tissu utilisé "ROBUSTA 500", a été testé au laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de TOULOUSE :

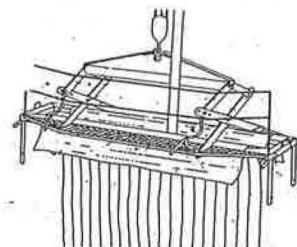
- Masse surfacique moyenne : 504g/m²
- Epaisseur moyenne : 1,574mm
- Ouverture de filtration : $O_{95} = 250 \mu\text{m}$
- Résistance à la traction moyenne
 - . Sens production : 90,4KN/m
 - . Sens travers : 86,7KN/m
- Allongement
 - . Sens production : 8,3%
 - . Sens travers : 6,5%
- Résistance à la déchirure lente
 - . Sens production : 1,25KN
 - . Sens travers : 1,65KN

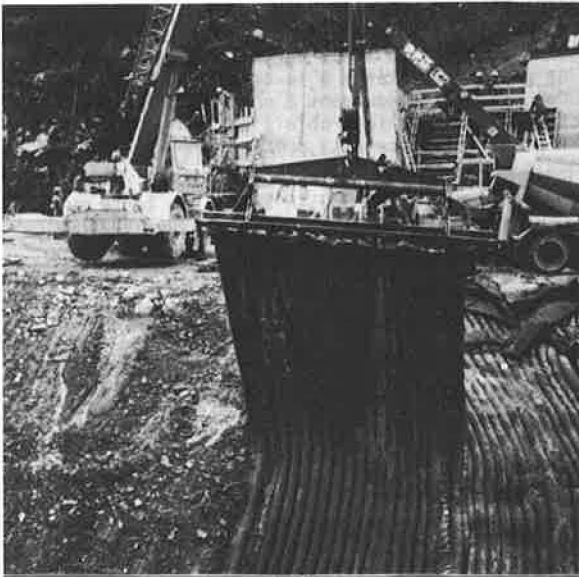
3.2 Le Laboratoire de DELFT a défini le degré de vulnérabilité vis-à-vis des agents agressifs :

- Excellente résistance chimique pour des pH supérieurs à 2.
- Excellente résistance aux micro-organismes (champignons, bactéries, micro-algues etc...).
- Les fibres polypropylènes ont subi un traitement de désensibilisation aux rayons U.V. (une expérimentation depuis plus de 4 ans en milieu salé, avec variations hygrométriques et taux d'ensoleillement maximal, confirme cette bonne tenue sur l'exploitation des salins dans le SUD OUEST de la FRANCE).

3.3 Les coutures réalisées d'abord en fil polypropylène sont maintenant réalisées en fil Kevlar (Résistance = 100 N/mm²), et ne posent plus les problèmes d'éclatement de certains boudins, lors du remplissage. L'espacement de 25cm entre chaque couture, permet d'obtenir un boudin injecté de 16cm de diamètre et laisse un horizon poreux entre chaque boudin qui semble suffisant pour l'écoulement des eaux prisonnières.

3.4 Le remplissage des panneaux nécessite l'utilisation d'un palonnier mis au point spécialement pour à la fois maintenir l'ouverture en tête des tubes et soutenir le poids total de la nappe pleine. Un ouvrier est présent sur le palonnier et conduit le remplissage par alternance des tubes de droite puis de gauche, afin de maintenir un bon équilibre.





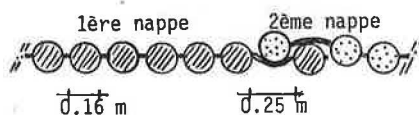
Vue du palonnier et de la nappe "COFRABETEX" pendant le remplissage

3.5 Le béton utilisé avait un grain maximum de 20mm, un dosage de 300kg, avec un ajout d'un plastifiant (type acrylique en phase aqueuse). L'utilisation d'un fluidifiant améliorerait encore les caractéristiques de mise en oeuvre et de qualité de produit fini (moins d'eau, avec meilleure plasticité pendant 3 heures environ).

3.6 Le procédé de mise en oeuvre nécessite un matériel de chantier spécifique comprenant :

- Un camion-toupie de béton
- Une pompe à béton de faible puissance ($10\text{m}^3/\text{h}$)
- Une grue orientable à 360° avec une force de 200KN.m

Les panneaux injectés présentent un poids de 1 tonne par mètre linéaire pour une largeur de 3,40m, lorsque les boudins sont remplis de béton.



Guidage de la nappe



Mise en place du béton

4 - AUTRES APPLICATIONS, DEVIATEURS ARMES OU NON

4.1 Lors de la mise en oeuvre du barrage, il a fallu obturer la dérivation provisoire, un pré-batardeage devait faciliter cette opération. Ce pré-batardeage a été étudié avec mise en place d'un tissu armé (résistance à la traction 800KN/m).

4.1.1. Ce tissu "ROBUSTA JUMBOMAT", est un polypropylène de (2000g/m²), tissé avec une trame métallique de cables inoxydables de \varnothing 1,2mm.

4.1.2. Les dispositifs adoptés doivent laisser une poche se former afin de limiter la contrainte en charge (4m d'eau) à 700KN, alors que l'ouverture à obturer fait 12m, plus un retour de 4m.

4.1.3. Une étanchéité de surface par une émulsion bitumineuse polymérisable, a été ajoutée au dernier moment, afin de parachever une étanchéité certainement bien suffisante dans notre cas.

4.1.4. Malheureusement à la mise en place malgré des moyens (en grues) importants, un manque de longueur disponible a rendu impossible la mise en place. Il semble que l'hypothèse la plus vraisemblable concernant ce manque de longueur disponible, soit imputable à un retrait de quelques centimètres, lors de la mise en place de l'étanchéité de surface citée au § 4.1.3. De leur côté l'Entreprise et les Services d'EDF, considèrent que cet échec ne remet pas en cause l'utilisation d'un tel procédé.

4.2 En galerie, des jupes suspendues en polypropylène non armé, étaient prévues pour être descendues en cas de fortes venues d'eau et servir de déviateur de sauvegarde du chantier-usine, situé à l'aval. La circulation en galerie pouvait ainsi être maintenue, le tissu relevé en toit et prêt à prendre sa place (avec lest) instantanément

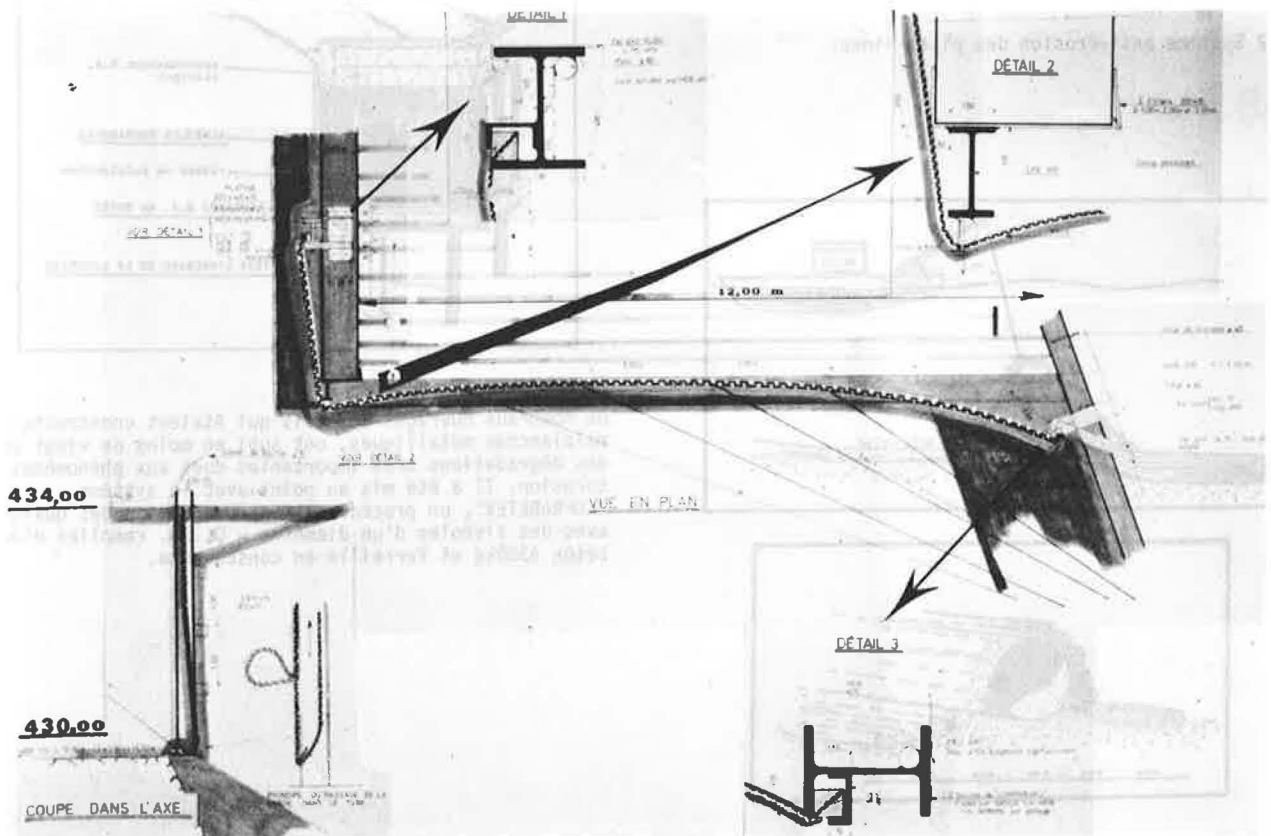
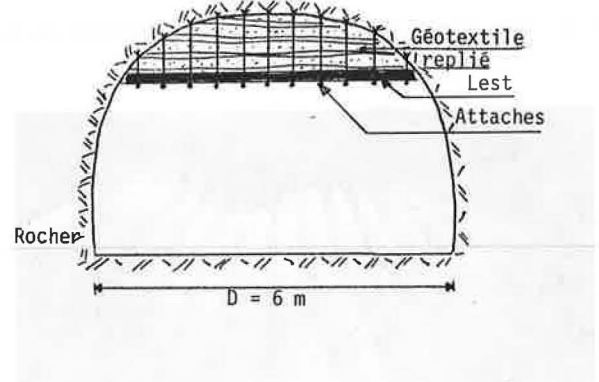


Schéma de la nappe de pré-batardeage de la dérivation provisoire

5 - CONCLUSIONS

5.1 Après ces divers essais, le procédé de tissus injectés décrit, semble au point, son prix de revient est acceptable et permet de traiter des problèmes difficilement traitables par les moyens traditionnels.

5.2 La cadence de pose peut atteindre 800 à 1000m² par jour par poste de travail.

5.3 Les autres applications qui ont suivi ces tests, sont multiples et variées :

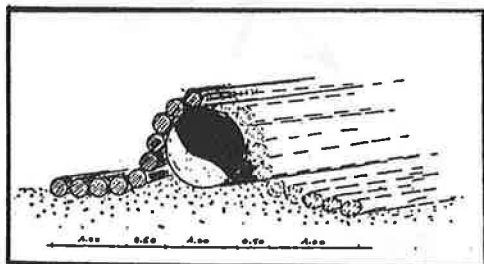
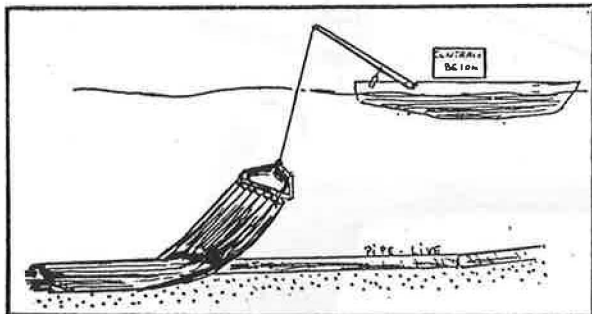
5.3.1 Une grande diversité dans les protections de berges.



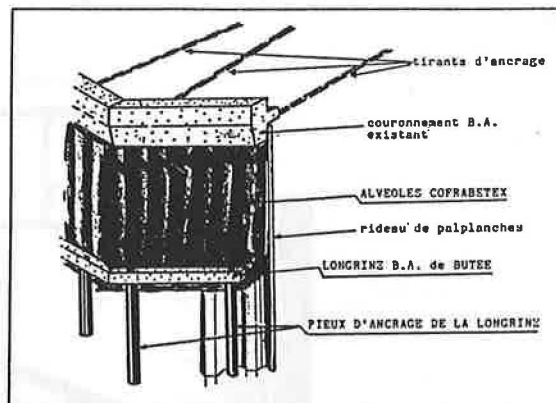
5.3.3 Echelle à poissons, il a été constaté lors de la création des seuils de FERRIERES, que la forme tubulaire des alvéoles facilitait le passage des poissons. Ces seuils devenaient donc des passages privilégiés.



5.3.2 Système anti-érosion des pipes-lines.



5.3.4 Réfection de quais.



De nombreux ouvrages de quais qui étaient construits en palplanches métalliques, ont subi en moins de vingt ans des dégradations très importantes dues aux phénomènes de corrosion. Il a été mis au point avec le système "COFRABETEX", un procédé de reconstruction des quais, avec des alvéoles d'un diamètre = 0,30m, remplies d'un béton à 350kg et ferrailé en conséquence.