

Construction de l'organe d'isolement du canal d'Oraison

Construction of two isolation valves in the channel of Oraison

Bruno Daumas
EDF – Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH)
10 avenue Viton
13 008 Marseille
bruno.daumas@edf.fr

Cyril Conan
EDF – Unité de Production Méditerranée
10 avenue Viton
13 008 Marseille
cyril.conan@edf.fr

MOTS CLÉS

SYPHON, BATARDEAUX, PLONGEUR, DELAIS, CONTRAINTES d'EXPLOITATION

RÉSUMÉ

Le canal d'Oraison constitue l'ouvrage d'amenée de l'usine d'Oraison, située dans les Alpes de Hautes Provence. Il permet de faire transiter les eaux de la Durance retenues dans le barrage de L'Escale.

Pour permettre l'effacement total du barrage pendant les périodes de crues sans entrainer la vidange du canal, il a été décidé de construire à l'entrée du canal deux clapets d'isolement. La partie Génie Civil de l'opération (une pile centrale, deux seuils et deux appuis latéraux construits dans le fond même du canal) a constitué un défi majeur, car il a fallu réaliser le chantier en 100 jours tout en maintenant la retenue du barrage et le canal pleins pour assurer les besoins d'irrigation de la vallée via un siphon provisoire de 3 m³/s passant au dessus du chantier.

Pour se faire, deux batardeaux ont du être entièrement mis en place par plongeurs en un temps record. A l'aval, 1500 big-bag de 1,5 t chacun ont été posés en une semaine et demie grâce au travail en postes des plongeurs. A l'amont, les 51 plaques réutilisables en aluminium ont été posées sur le plan de grilles en 1 semaine.

Egalement, le déroulement du chantier « ouvrages en eau » a nécessité la mise en place d'une surveillance particulière (auscultation et inspections visuelles) et renforcée sur les ouvrages existants et les ouvrages provisoires afin de garantir la sécurité de l'ensemble des intervenants et de maîtriser les impacts des travaux sur les structures.

ABSTRACT

The channel of Oraison is the channel for supplying the power plant of Oraison, located in the Alpes de Haute Provence. It allows passing the waters of the Durance retained in the dam L'Escale

To allow the total removal of the dam during flood periods without emptying the channel, it was decided to build at the entrance of the channel two isolation valves. The Civil Engineering part of the operation (a central pile, two thresholds and two lateral supports built in the very bottom of the channel) was a major challenge because it had to be realized in 100 days while maintaining the dam and the channel full to ensure the irrigation needs of the valley via a temporary siphon of 3 m³ / s of capacity on the top of the site.

To do so, two temporarily cofferdams had to be fully implemented by divers in record time. Downstream, 1500 big bag of 1.5 tons each were placed in a week and a half thanks to the work of divers. Upstream, the 51 reusable aluminum plates were placed on the map grid in 1 week.

Also, the progress of the construction "works in operation" required the establishment of a special monitoring (auscultation and visual inspections) and strengthened the existing structures and the temporary works to ensure the safety of all participants and control the impact of work on the structures.

1. CONTEXTE ET BUT FONCTIONNEL DE LA CONSTRUCTION

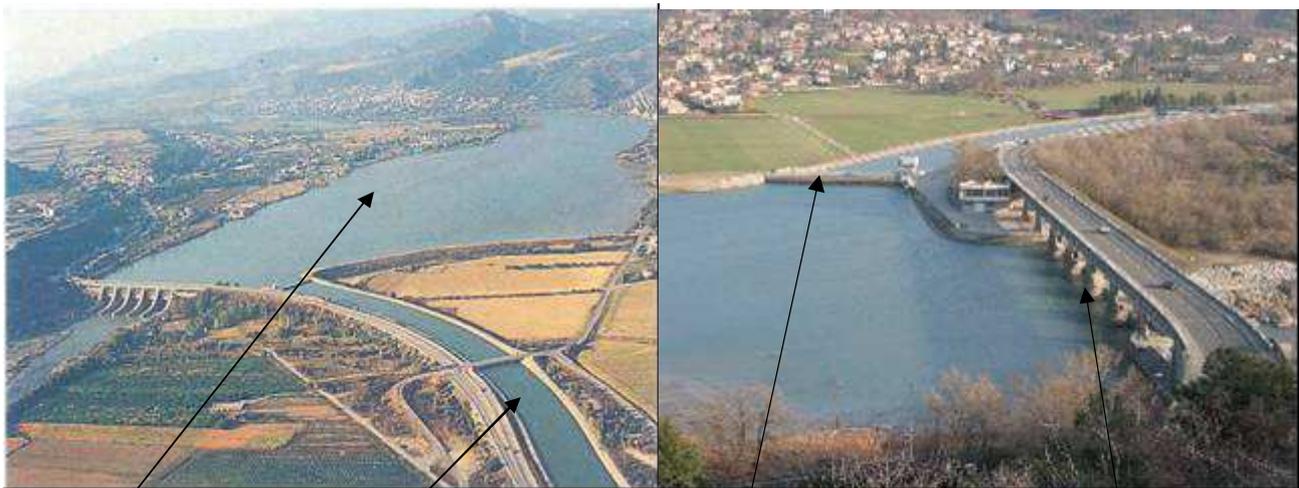
Le canal d'Oraison (classé A au sens du décret de 2007, 21,5 km de long, 5 Mm³ de capacité environ) constitue l'ouvrage d'aménée de l'usine d'Oraison, située dans les Alpes de Hautes Provence (puissance de 175 MVA pour un débit d'équipement de 240 m³/s). Il permet de faire transiter les eaux de la Durance déviées par le barrage de L'Escale (24 m sur TN, 3,5 Mm³ de capacité actuellement). L'aménagement a été mis en service en 1964.

Le barrage de l'Escale avait une capacité de 15 Mm³ à sa construction. A cause du très fort transport solide de la Durance, la capacité de la retenue était tombée à 5 Mm³ au bout de 20 ans d'exploitation. Ce très fort taux d'engrèvement entraîne deux problèmes environnementaux :

- L'impossibilité de vidanger complètement la retenue sans engendrer de très fort taux de MES à l'aval du barrage (culot très important),
- La perte d'une capacité de décantation des eaux de la Durance quand celles-ci sont aiguillées vers l'étang de Berre.

Le barrage de l'Escale avait été conçu comme un barrage mobile avec ses 5 vannes de fond segment et ses 5 clapets de surface, malgré une grande hauteur (24 m), afin de pouvoir être effacé en crues et ainsi permettre le transit sédimentaire naturel. Toutefois, le canal d'Oraison ne pouvant pas être isolé de la retenue (aucune vanne à l'entrée du canal n'existe), un abaissement puis un remplissage de la retenue en crues signifie un cycle vidange/remplissage du canal qui entraîne des gradients de variation du niveau d'eau dans le canal préjudiciables pour sa structure ainsi qu'une perte d'exploitation de la chaîne Durance de plusieurs heures. La vidange du canal dans la retenue entraîne également une diminution de l'effet de chasse attendu de la crue.

Ainsi, afin de pouvoir gérer le transit sédimentaire lors des crues, il a été décidé de construire à l'entrée du canal d'Oraison et juste à l'aval de la prise d'eau, un organe d'isolement du canal. Cet ouvrage a pour but de permettre l'abaissement du plan d'eau de l'Escale en crue sans vidanger le canal d'Oraison. Cet ouvrage doit donc résister à la poussée de l'eau du canal vers la retenue.



Retenue de l'Escale Canal d'Oraison Prise d'eau du canal d'Oraison Barrage mobile

Graphique 1 : photos de situation de la retenue de L'Escale et du canal d'Oraison

2. LE PROJET TECHNIQUE

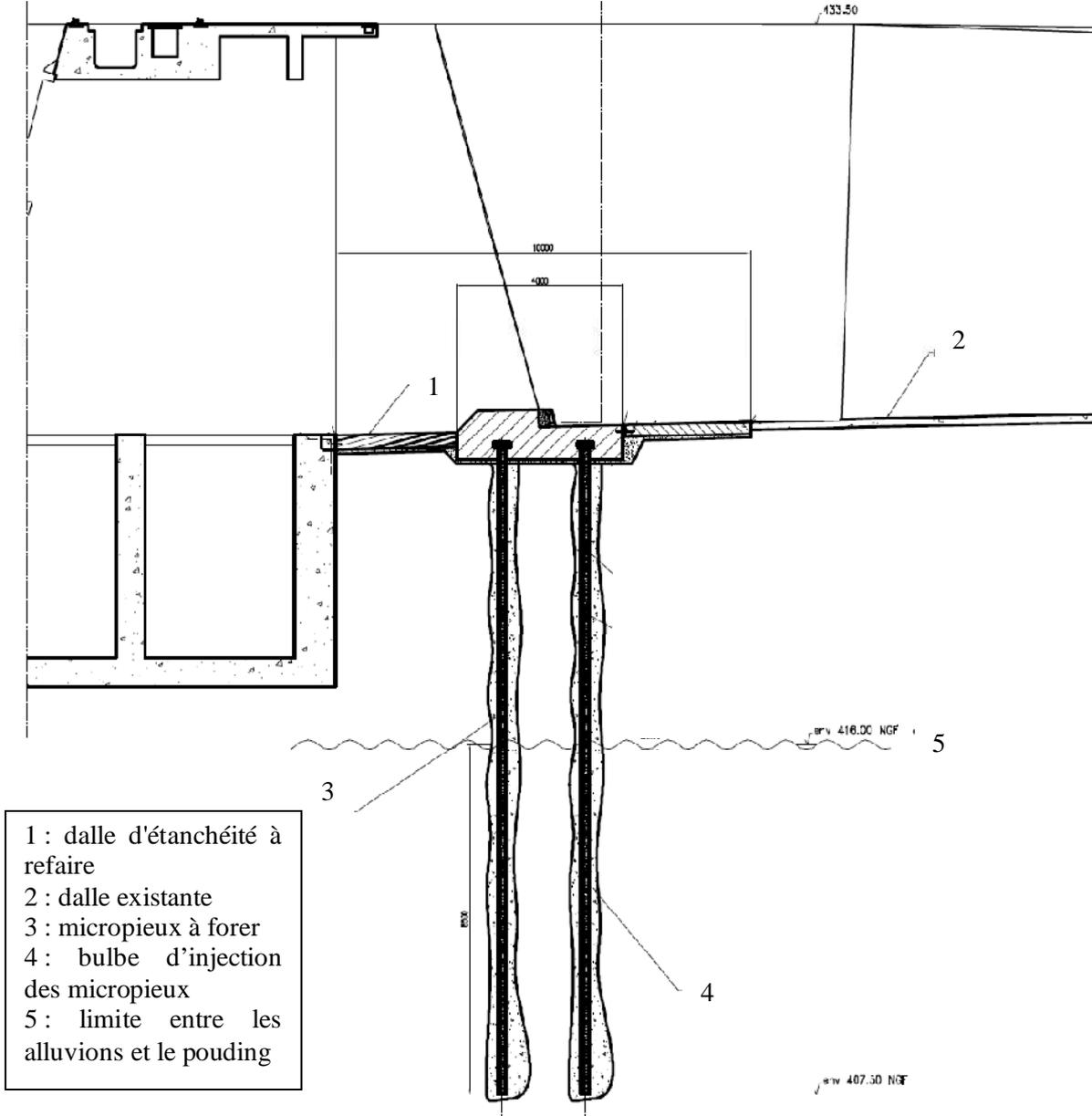
Le projet consiste à mettre en place, dans le canal, deux clapets de 100 tonnes chacun qui permettent de retenir les eaux du canal. Chaque clapet est actionné par deux vérins, l'un sur la pile centrale et l'autre sur la rive. Ces deux clapets devront se trouver immédiatement à l'aval du plan de grille d'entonnement du canal. Ils devront également assurer une étanchéité « parfaite » (14 m³/h) lorsque la retenue sera vide.

La partie Génie Civil du projet consiste en la construction des ouvrages suivants :

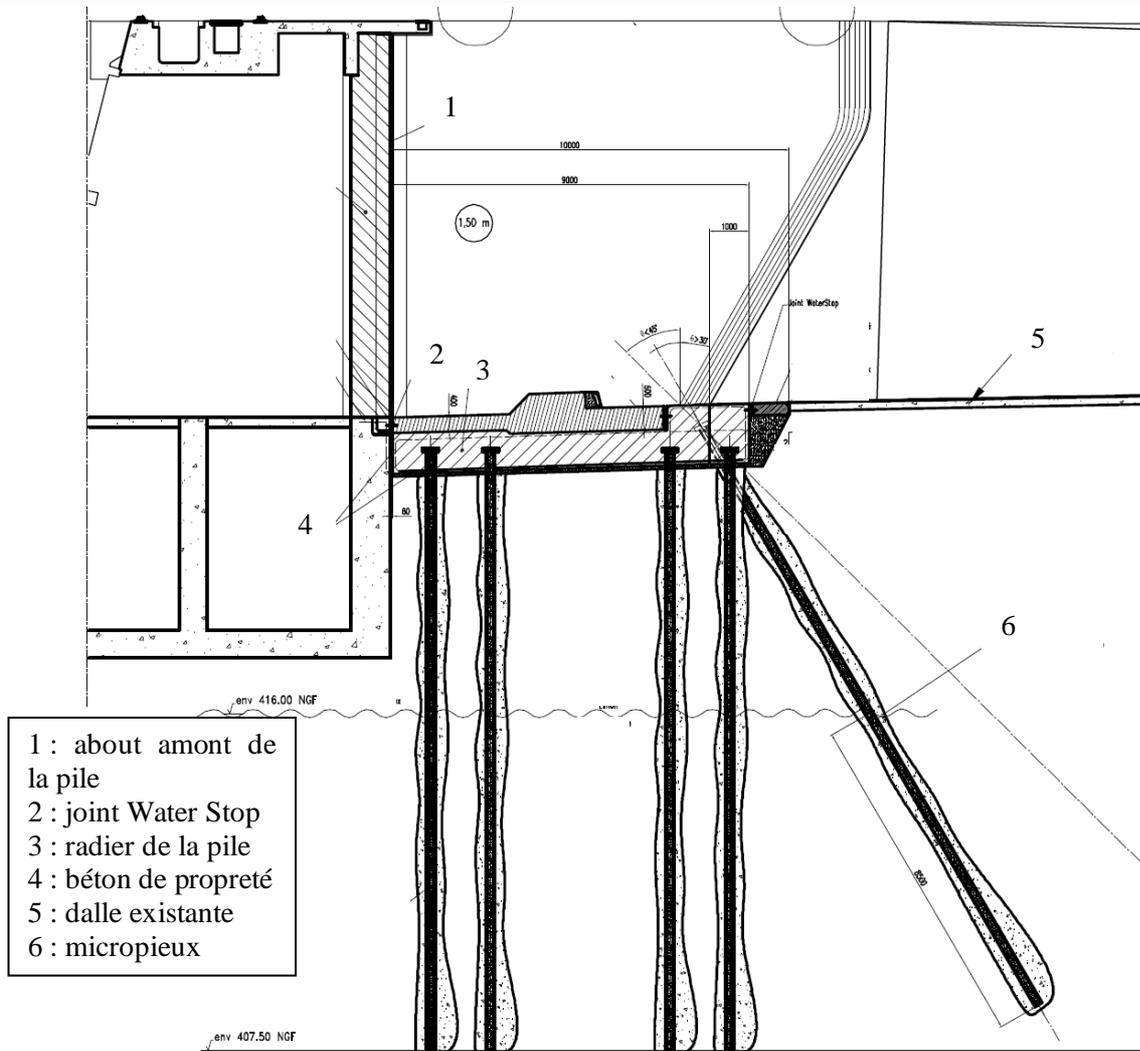
- Une pile centrale appuyée sur une semelle fondée sur micro-pieux pour supporter les deux vérins centraux des clapets et les pièces fixes verticales pour l'étanchéité,
- Deux seuils en radier pour assurer la reprise des efforts des clapets et l'étanchéité, fondés sur micro-pieux,

- Des bajoyers pour assurer le raccordement avec l'existant et prendre en compte la forme de convergent du génie civil existant,
- Deux culées sur chaque rive pour recevoir les vérins de rive.

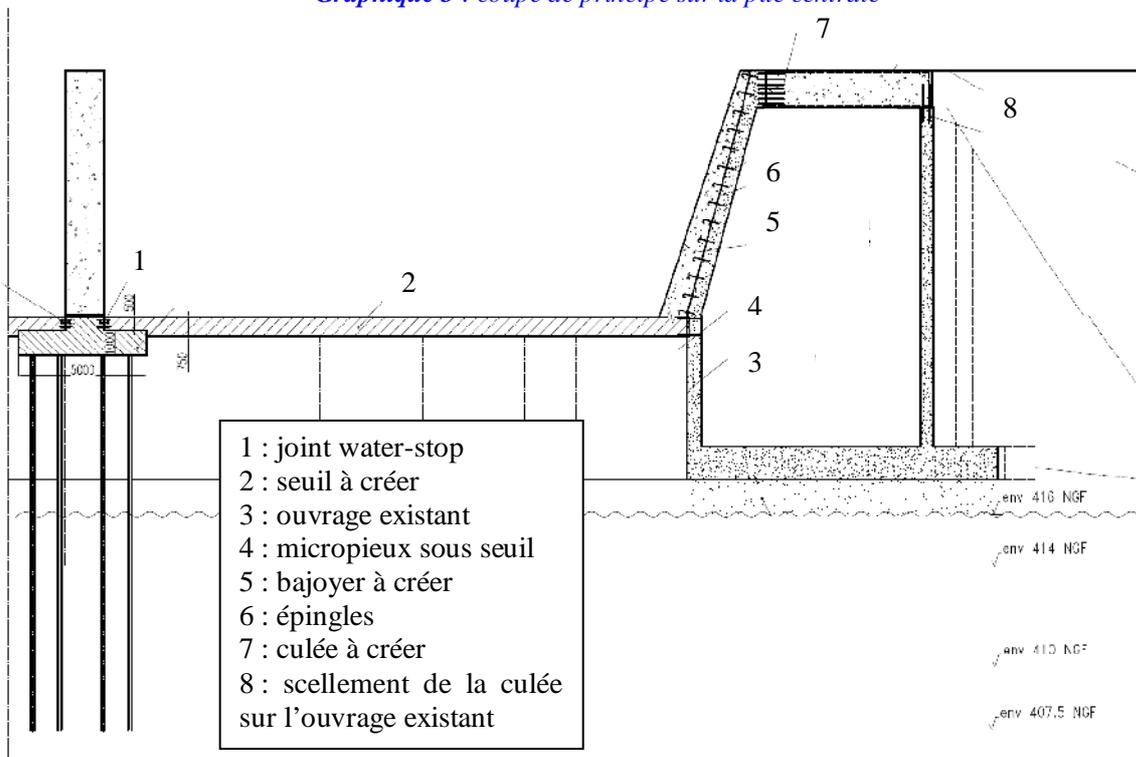
En phase (lors du) projet, la durée de la partie génie civil de l'opération était estimée entre 4 et 5 mois, pour la mise en œuvre de 900 m de micro-pieux, 1300 m³ de béton et 150 tonnes d'acier.



Graphique 2 : coupe de principe sur un seuil



Graphique 3 : coupe de principe sur la pile centrale



Graphique 4 : coupe de principe sur la passe RD (vue d'amont)

3. CONTRAINTES D'EXPLOITATION ET ENVIRONNEMENTALES POUR LA CONSTRUCTION

Les principales contraintes environnementales et d'exploitation qu'il a fallu intégrer pour la réalisation du projet ont été :

- impossibilité de vidanger complètement la retenue à cause du taux de MES très important (culot),
- la minimisation de l'arrêt de la file 4 de la chaîne Durance (6 usines enchainées) dont le montant s'élève à plusieurs millions d'euros.

Les contraintes externes qui ont guidé les principaux choix d'organisation sont les droits d'eau liés à la concession représentant environ 90 m³/s pendant les 4 mois d'été sur la basse Durance. En effet, l'aménagement de la Durance a la double vocation de production hydroélectrique et alimentation en eau (potable pour toute la Provence dont Marseille, industrielle et agricole). Cette dernière représente un enjeu financier et stratégique d'égale valeur pour la Durance et principalement en été.

Le chantier devait donc se dérouler aménagement en eau et sur une durée la plus courte possible.

Il s'en est suivi la nécessité d'intégrer ces contraintes pour la phase d'exécution du chantier, ce qui s'est traduit par les conséquences suivantes :

- La retenue de L'Escale devait rester pleine,
- Le canal d'Oraison ne devait pas descendre en dessous d'une certaine cote (428,50 mNGF pour une RN à 432 mNGF) pour permettre le maintien de l'alimentation des prises d'eau agricoles,
- Un débit de 3 m³/s, passant par la zone de travail et ce pendant tout le chantier, devait être assuré pour les besoins agricoles,
- La durée d'arrêt du canal ne devait pas dépasser 100 jours.

4. ADAPTATIONS ET MISE EN OEUVRE

4.1 Adaptation du temps de travail

La durée d'interruption du canal était une donnée primordiale du chantier. Afin de s'assurer de la tenue de cette échéance, il a été introduit dans le contrat avec l'entrepreneur des pénalités en cas de dépassement de celle-ci.

Comme le temps alloué pour la réalisation des travaux a été fortement réduit par rapport aux estimations réalisées en phase étude, il a été nécessaire de passer en 2x8 puis en 3x8 sur 5 jours par semaine lors de la phase exécution. En effet, en phase de consultation des entrepreneurs, EDF a préféré la solution 3x8 à celle d'un travail le samedi et dimanche afin de privilégier la continuité du travail d'un jour sur l'autre et de garder les mêmes équipes sur la durée du chantier. Enfin, ces deux jours supplémentaires de fin de semaine pouvaient servir en cas d'aléas.

La mise en œuvre des 3x8 sur le chantier a nécessité la mise en place d'éclairages performants sur toute la zone de chantier et un suivi rapproché de la part d'EDF. Egalement, l'entrepreneur (entreprise NGE) a choisi d'installer une grue à tour pour permettre un approvisionnement rapide du chantier à partir de la zone d'installation de chantier et de livraison en rive gauche.

4.2 Maintien du débit agricole

Pour maintenir le passage du débit agricole de 3 m³/s par la zone de chantier pendant toute la durée de celui-ci, la solution de siphonage a été retenue et préférée à celle d'un pompage beaucoup plus onéreuse et polluante.

Ainsi, un siphon a été installé entre les batardeaux amont et aval du chantier (cf. graphique 5) afin de permettre le passage du débit nécessaire. Ce siphon a été dimensionné pour faire passer 3 m³/s par pas de 1m³/s, afin de pouvoir adapter le débit délivré aux besoins réels des ayants droit. Ainsi, 3 conduites en PEHD de diamètre 800 mm ont été installées.

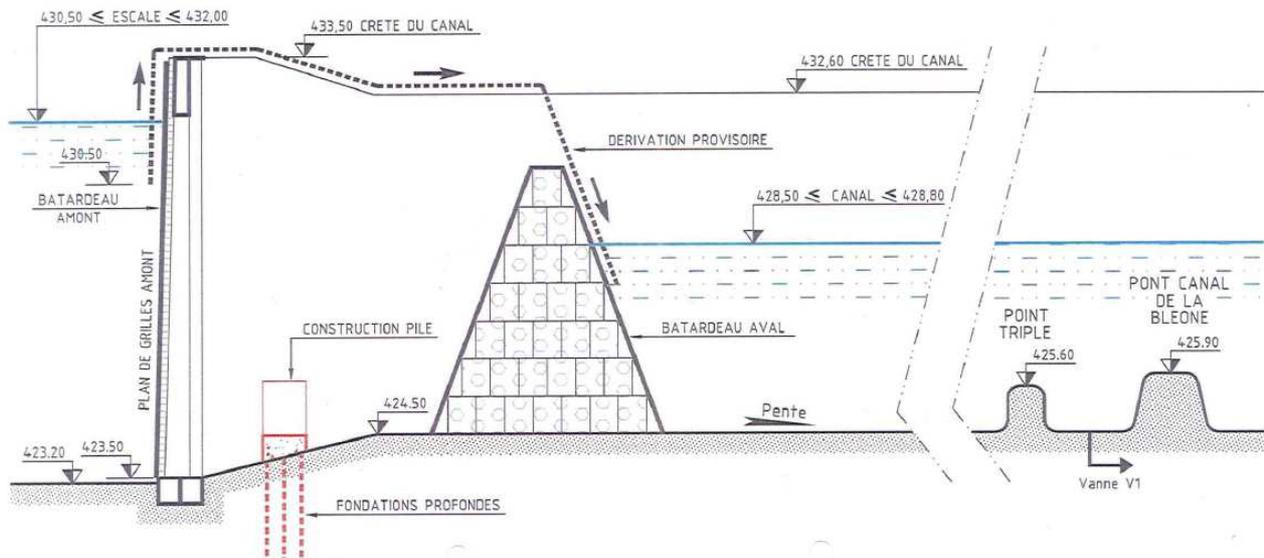
Le principe de fonctionnement est le même pour chacune des conduites :

- Les vannes entrée et sortie de la conduite sont fermées,
- L'évent situé au point haut de la conduite est ouvert,
- La conduite est remplie par pompage par le Té prévu à cet effet,

- Quand la conduite est pleine (évent coule) le pompage est arrêté et l'évent fermé,
- Ensuite les vannes d'entrée et de sortie de la conduite sont ouvertes,
- Par gravité l'eau s'écoule dans la conduite,
- Pour l'arrêt, la fermeture d'une ou des deux vannes suffit.

La motorisation des vannes permet une fermeture et une ouverture à distance, sachant que les vannes sont en permanence immergées. En exploitation courante, les conduites restent pleines quand les vannes amont et aval sont fermées, étant donné que les évents sont fermés. La remise en service se fait donc uniquement par la réouverture des vannes.

Si le mode de fonctionnement d'une conduite est en tout ou rien, un contrôle en temps réel des débits est réalisé grâce aux capteurs à ultrasons et à l'affichage. Des alarmes ont également été installées afin de garantir un fonctionnement 24h/24h.



Graphique 5 : coupe de principe de la zone de travail à l'abri des 2 batardeaux et de la dérivation provisoire



Graphique 6 : photos des 3 évents et du tableau de contrôle des débits

4.2 Travaux d'exécution en eau et en exploitation

La contrainte la plus complexe à mettre en œuvre pour l'exécution des travaux a été le maintien en exploitation du barrage et le maintien du canal en eau avec l'impossibilité de vidanger l'aménagement pour permettre la mise en place des deux batardeaux amont et aval.

En effet, pour réaliser les parties Génie Civil de l'ouvrage, il fallait mettre et maintenir à sec la zone de construction. Pour cela, deux batardeaux temporaires ont été installés, l'un à l'amont sur le plan de grille existant, l'autre à l'aval (cf. graphique 5). De plus, ces deux ouvrages ont dû être mis en place sous l'eau, donc avec des équipes de plongeurs. Enfin, comme plusieurs dizaines de personnes devaient travailler à

l'abri de ces deux batardeaux, des procédures contraignantes de qualification et de surveillance ont été mises en place afin de s'assurer de la tenue de ces batardeaux.

4.2.1 Batardeau amont

Le batardeau amont a été réalisé en posant 51 plaques d'aluminium sur le plan de grilles d'entrée du canal. Ce plan de grilles avait déjà été batarde de cette façon lors de la vidange précédente du canal en 2001. Une membrane d'étanchéité composée de 3 bâches distinctes a été rajoutée afin de parfaire l'étanchéité.



Graphique 7 : photo de la mise en place des dernières plaques et de la membrane d'étanchéité

La procédure de qualification a consisté en plusieurs mesures de déformation du plan de grilles lors de l'abaissement du niveau d'eau de l'espace inter-batardeau et la mesure de fuite lors de la mise à sec complète.

Ensuite, tout au long du chantier, ces deux paramètres ont été mesurés toutes les semaines. Des critères de non dépassement ont été fixés par calcul, qui devaient entraîner l'évacuation du chantier.

4.2.2 Batardeau aval

Le batardeau aval devait permettre d'isoler la zone de chantier du canal et ainsi barrer la section du canal sur une hauteur de 5 m. Au lieu d'un batardeau en tout venant, le choix s'est porté sur un assemblage de bigs-bags. En effet, si ce choix s'avérait plus contraignant pour la mise en place (plus minutieux donc plus long), il garantissait un enlèvement complet et rapide depuis l'extérieur du canal sans dommage pour celui-ci, ce que le tout venant n'aurait pu permettre.

Ce batardeau a été dimensionné suivant les règles de dimensionnement d'un barrage poids béton avec comme plan de glissement le contact avec le canal et les contacts entre chaque lits de bigs-bags. Les vides entre bigs-bags ont été pris en compte (densité globale de 1,5 au lieu de 1,6 pour le matériau) ainsi qu'une répartition de sous-pression triangulaire et un angle de frottement de $16,7^\circ$. Ce dimensionnement a conduit à devoir mettre en place environ 1200 bigs-bags de 1 m³ de capacité.

Afin de minimiser le temps de pose, l'ensemble des bigs-bags a été approvisionné sur la zone de chantier avant le début de leur mise en place. Ils ont été mis en place par la grue à tour avec le guidage d'un plongeur qui était chargé du positionnement et de défaire les 4 crochets d'attache (cf. graphique 8). Deux équipes de plongeurs sont intervenus pendant 9 jours. Une équipe était composée de 3 plongeurs qui travaillaient 2.5 heures sous l'eau (postes 4h00-13h00 et 13h00-22h00). Une liaison radio permanente entre le grutier, le plongeur et le responsable de plongée était en place afin de coordonner la livraison et le positionnement des big-bags, ce qui permettait également de faire un suivi en temps réel des big-bags posés. La turbidité de l'eau étant importante, la visibilité ne dépassait pas le mètre, ce qui rendait les manœuvres difficiles. Une corde tendue en fond de canal permettait de positionner les big-bag suivant le plan d'exécution. Durant la première semaine de travail, les variations de niveau d'eau dans la retenue de L'Escale a entraîné des vitesses d'écoulements au niveau de l'atelier de pose qui ont parfois gêné la pose. A partir du 4^{ème} lit (cf. graphique 9), le travail s'est fait en partie puis complètement hors d'eau, ce qui a permis de gagner en rapidité de pose et en précision.



Graphique 8 : photo de la mise en place des bigs-bags par la grue à tour



Graphique 9 : photo de la mise en place de l'avant dernier lit de bigs-bags

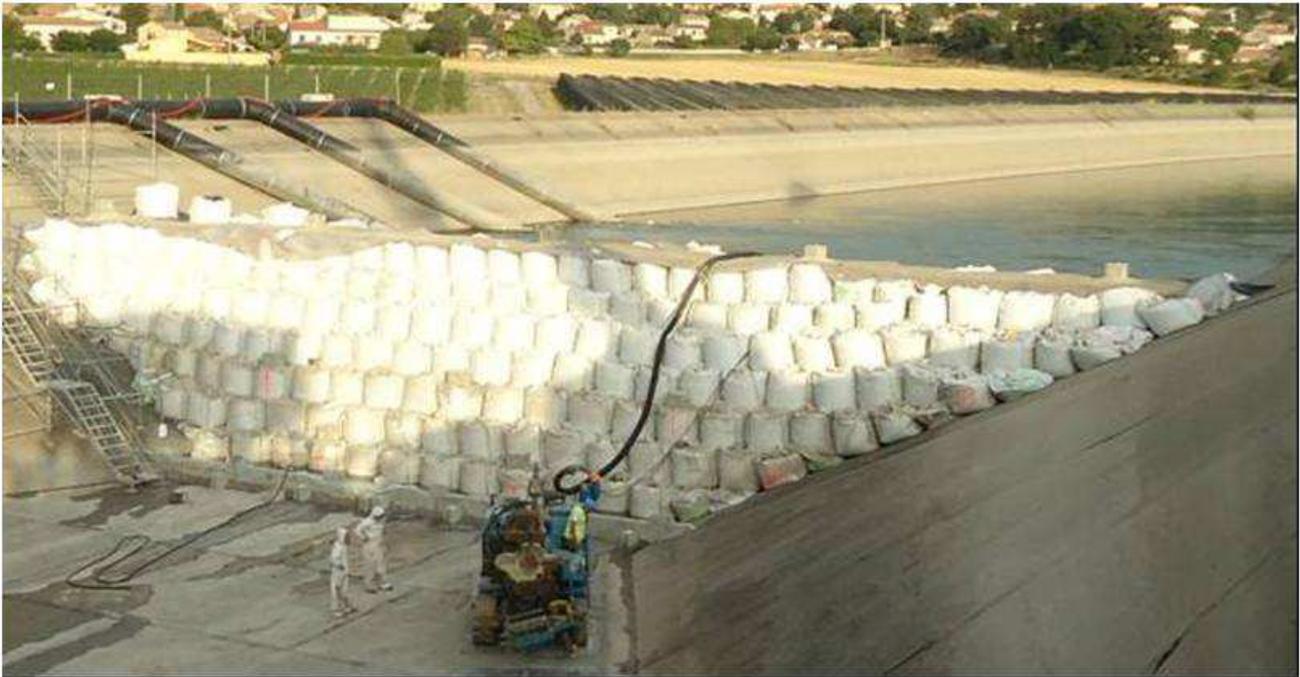
Si les bigs-bags permettaient d'assurer la tenue mécanique du batardeau aval, une membrane a été mise en place afin d'assurer l'étanchéité. Cette membrane était lestée aux contacts par des profilés métalliques.

La procédure de qualification a consisté en plusieurs mesures de déformation du batardeau lors de l'abaissement du niveau d'eau de l'espace inter-batardeau (mesures de nivellement et de planimétrie) et la mesure de fuite lors de la mise à sec complète.

Ensuite, tout au long du chantier, la surveillance de cette ouvrage a été assurée par :

- Une mesure journalière d'alignement de la crête du batardeau réalisée par le chef de chantier,
- Deux mesures hebdomadaires de nivellement et de planimétrie réalisées par un topographe,
- Une mesure hebdomadaire de fuite réalisée par le chef de chantier.

Des critères de non dépassement ont été fixés qui devaient entraîner l'évacuation du chantier.



Graphique 10 : photo du batardeau aval terminé et mis à sec

4.2.3 Surveillance et sûreté

Afin de garantir la sécurité des personnels tout au long du chantier, la surveillance suivante a été mise en place :

- Mise en place d'alarmes sonores et visuelles sur la zone de chantier en cas de dépassement de la cote de dimensionnement du batardeau aval,
- Communication permanente entre l'exploitant, qui gère les niveaux d'eau du barrage et du canal et le débit de dérivation, et le chef de chantier,
- Mesures hebdomadaires et journalières de paramètres représentatifs des batardeaux avec la définition a priori de critères de non dépassement.

5. DEROULEMENT DU CHANTIER

4.1 Adaptation du temps de travail

Le passage au 3x8 a été réalisé pour la phase d'exécution des ouvrages en béton armé. Il a permis de tenir les délais malgré quelques jours d'intempéries en fin de chantier qui s'est terminé le 9 novembre comme prévu. Si le rendement de l'équipe de nuit a été plus faible que celles de jour, surtout lors de conditions climatiques défavorables, cette équipe a permis d'assurer la fin des préparations de toutes les phases de bétonnage qui ont pu toutes être réalisées conformément au planning et ainsi assurer la tenue du planning. Le choix de la grue à tour a été judicieux car il a permis une souplesse et une réactivité tout au long du chantier, particulièrement lors de la mise en place du batardeau aval.

Par contre, si cette organisation a eu un coût important (+ 30% environ), il reste largement inférieur au coût de l'indisponibilité de l'aménagement qu'elle a permis d'éviter.

4.2 Maintien du débit agricole

Le fonctionnement hydraulique du système s'est parfaitement déroulé. Les débits réellement transités par les 3 conduites ont été un peu supérieurs à ceux de la note de dimensionnement, car les hypothèses avaient été prises de manière conservative. Les systèmes d'amorçage des conduites et d'exploitation (vannes motorisées) sont très simples d'utilisation et ont permis de garantir la délivrance des débits sur toute la durée.

La mise en œuvre et l'assemblage des conduites en PEHD est très simple et ne nécessite pas d'engins de levage importants grâce un poids réduit.

Toutefois, 2 incidents ont nécessité des interventions en urgence afin de garantir la continuité de la délivrance des débits.

Une ovalisation des conduites est rapidement apparue sur les conduites en PEHD. Celle-ci provenait d'un mauvais dimensionnement des conduites à la dépression. Si la rupture brutale des conduites n'était pas à craindre grâce aux propriétés du PEHD, un renfort par frettes collées en PEHD a été réalisé afin de garantir leur tenue jusqu'à la fin du chantier (cf. graphique 11).



Graphique 11 : photos des conduites ovalisées et de leurs frettes

Les vannes motorisées ont montré, après quelques semaines d'utilisation, des blocages lors de leur réouverture dus aux dépôts des sédiments. Ces blocages nécessitaient un couple supérieur à la limite du servomoteur. Après démontage et expertise des vannes, la solution mise en place fut de ne pas fermer entièrement les vannes lors de la non-utilisation des conduites afin de maintenir un flux d'eau empêchant le dépôt des sédiments.

Ainsi, le maintien de la continuité des droits d'eau des ayants droit a eu un coût important représentant environ 10% du montant total du projet.

4.2 Travaux d'exécution en eau et en exploitation

4.2.1 Batardeau amont

La mise en place du batardeau amont avec sa membrane a nécessité une semaine de travail en 2x8 des plongeurs.

La mise en charge du batardeau n'a pas engendré de déformation supérieure à celle qui avait été calculée et le suivi hebdomadaire n'a jamais montré de déformation supérieure à la précision de la mesure. Par contre, le débit de fuite a été très important lors de l'abaissement (400 m³/h environ, contre 14 m³/h prévus au CCTP), ce qui a nécessité une intervention par plongeurs pour améliorer le plaquage de la membrane sur les plaques d'aluminium et sur le génie civil latéral. Cette intervention a permis de diviser les fuites par deux (200 m³/h). Puis, tout au long du chantier, avec les apports solides de la Durance dans la retenue de L'Escale, les fuites ont régulièrement diminué pour atteindre 50 m³/h en fin de chantier.

4.2.2 Batardeau aval

Le dimensionnement du batardeau aval est apparu un peu « généreux » en ce qui concerne les sous-pressions à prendre en compte et peut être même le coefficient de frottement. Une meilleure approche de ces deux points aurait certainement permis de diminuer le nombre de big-bags à mettre en œuvre et donc de gagner du temps lors de la pose et de la dépose (quelques jours).

La mise en charge du batardeau et son suivi tout au long du chantier n'a pas engendré de déformation supérieure à la précision de la mesure. Par contre, le débit de fuite a été très important lors de l'abaissement (300 m³/h environ). Différentes interventions, pour essayer de diminuer les fuites, ont été réalisées sans grand succès. Toutefois, tout au long du chantier, avec les apports solides de la dérivation provisoire dans le canal, les fuites ont régulièrement diminué pour atteindre 50 m³/h en fin de chantier. Ces

fuites ont été particulièrement importantes, car la membrane d'étanchéité a été mise en place en 3 parties pour faciliter la mise en œuvre, mais cela a multiplié grandement le linéaire de « joint » et donc les fuites.

Si cet ouvrage a représenté 7% environ du montant du projet, sa conception a permis une mise en place maîtrisée et un enlèvement complet et rapide permettant de garantir le délais du chantier.

4.2.3 *Surveillance et sûreté*

La surveillance exercée sur les batardeaux ainsi que la très bonne communication entre les responsables du chantier et l'exploitant a permis de garantir en temps réel la sûreté de tous les intervenants. Aucun incident n'a été déploré.

5. CONCLUSIONS

La construction de l'organe d'isolement du canal d'Oraison a dû être réalisée avec des contraintes environnementales et d'exploitation très importantes. Ces contraintes ont eu des impacts directs sur l'organisation du chantier puisque le délai de réalisation a été diminué de 1/3 environ pour minimiser le coût d'indisponibilité des usines. De plus, compte tenu des obligations environnementales et d'exploitation, il a fallu réaliser les travaux aménagement en eau et ainsi mettre en place deux batardeaux pour isoler la zone de travail. Enfin, un siphon de capacité 3m³/s traversait le chantier pour garantir la fourniture des droits d'eau à l'aval à l'ensemble des ayants droits.

Le coût de la contrainte de délai a été largement compensé par le gain d'exploitation qu'elle a engendré. Le coût des ouvrages provisoires (batardeaux et dérivation provisoire) a représenté un peu plus de 20% du montant du projet. Si ces coûts ont été optimisés au maximum en fonction des contraintes de délais à respecter, ils n'ont pu être évités du fait des très fortes contraintes externes qui existent sur les aménagements de la Durance.

Enfin, les choix de conception des ouvrages provisoires effectués en phase études se sont avérés judicieux en termes de délais de mise en œuvre et de fonctionnalité, même si des optimisations sont encore possibles concernant l'étanchéité et le nombre de big-bags à mettre en œuvre. Grâce à une organisation concertée et précise, la sûreté des intervenants à l'aval des batardeaux a été en permanence assurée et maîtrisée.

6. REMERCIEMENTS

Merci à H. Roupioz (CIH), T. Donias (ALTEN), N. Schaltenbrand (GEH Durance), JL. Menjard (GU Oraison), C. Palermo (NGE), J. Corti (ORYS) pour leur contribution au bon déroulement et à l'atteinte des objectifs du chantier.