Opération de démantèlement du barrage de l'Ayrette et renaturation du site

P. Mériaux, N. Rasson, A. Salmi

▶ **To cite this version:**

P. Mériaux, N. Rasson, A. Salmi. Opération de démantèlement du barrage de l'Ayrette et renaturation du site. 25ème Congrès de la CIGB, Jun 2015, Stavanger, Norvège. pp.700-718. hal-01544860

HAL Id: hal-01544860
https://hal.science/hal-01544860

Submitted on 22 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

COMMISSION INTERNATIONALE
DES GRANDS BARRAGES

VINGT-CINQUIÈME CONGRÈS
DES GRANDS BARRAGES
Stavanger, Juin 2015

OPERATION DE DEMANTELEMENT DU BARRAGE DE L'AYRETTE ET RENATURATION DU SITE (*)

Patrice MERIAUX
Irstea, Aix-en-Provence

Nicolas RASSON
DDTM de l'Hérault

Akim SALMI
ISL, Montpellier

FRANCE

1. INTRODUCTION

Cet article présente l'opération de démantèlement du barrage de l'Ayrette, intervenue au cours de l'été 2013, au terme de quelque 50 années de service. Après avoir brossé l'histoire de l'ouvrage et décrit l'enchaînement des événements ayant abouti au montage du dossier de démantèlement du barrage, sont exposées en détail les modalités techniques de l'opération : de sa préparation durant l'hiver 2012-2013 jusqu'à sa réalisation à l'été 2013. Enfin, un retour d'expérience de cette opération est esquissé en conclusion.

(*)Dismantling operation of Ayrette arch dam and site renaturation.

2. PRÉSENTATION ET HISTOIRE DU BARRAGE DE L'AYRETTE

2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le barrage de l'Ayrette est – était ! – une voûte en béton de 26 m de hauteur sur fondations, construite en 1959-1960 par l'entreprise de travaux GTM sur le cours d'eau du « Rec Grand », dans le Haut-Languedoc (département de l'Hérault). Cet ouvrage, propriété du syndicat intercommunal d'adduction d'eau de la vallée du Jaur qui en était également le gestionnaire jusqu'à sa démolition en 2013, retenait un volume d'eau de 250 000 m^3.

La voûte, à double courbure, était composée de 10 plots (Fig.1) et présentait, en section centrale, une épaisseur de 3 m en pied pour 1 m en crête. Par ailleurs, le ratio « largeur vallée / hauteur barrage » était d'environ 5 (en considérant une distance horizontale de quelque 120 m entre les deux petites culées-poids en rive). Ceci permet de qualifier cette voûte, d'une part comme mince et, d'autre part, plutôt « de vallée large », donc à ce double titre sensible aux effets thermiques [1].

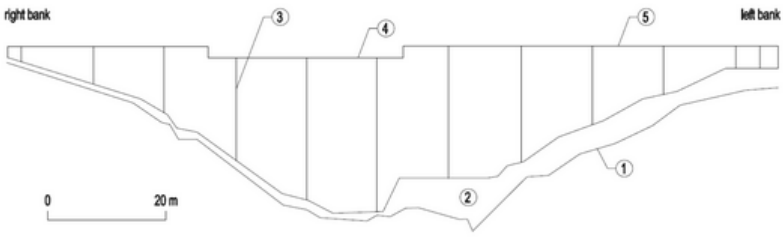

Fig.1
Barrage de l'Ayrette : Elévation aval
Ayrette dam: downstream elevation view

1 Rocher après excavation	*1 Bedrock after excavation*
2 Béton de comblement (fondation des plots F et G)	*2 Concrete filling (foundation of F and G blocks)*
3 Joint	*3 Joint*
4 Déversoir	*4 Weir*
5 Crête	*5 Crest*

L'évacuateur de crues était constitué d'un déversoir à seuil libre à profil Creager de 34 m de longueur, implanté en crête sur 4 des 10 plots du barrage.

Le dispositif de vidange était formé d'une conduite de 500 mm, traversant la voûte à sa base un peu au-delà de l'extrémité rive gauche de la zone

déversante de l'évacuateur et contrôlée par deux vannes aval en série, manœuvrables depuis un local rustique en pied de voûte. Une seconde conduite vannée, de diamètre 300 mm et calée 3 m plus haut que celle de vidange, assurait la prise d'eau.

Aucun dispositif d'auscultation n'existait à la construction.

À l'aval de la retenue, plusieurs enjeux sont recensés : l'usine souterraine EDF de Montahut à 2,3 km en aval, une pisciculture en exploitation et une route départementale à 3 km significativement fréquentée du fait de l'attrait touristique de la zone, notamment pour la pratique importante du canyoning, du canoë-kayak et de la randonnée dans ou au bord du « Rec Grand ».

2.2. De la construction du barrage jusqu'au début des années 1980

Le bureau d'études mentionné à la construction est la CNABRL. La seule note de calcul dont on dispose est celle établie par l'entreprise de travaux GTM et datée du 12/01/1959. Aucun document de conception ou d'exécution ne fournit de détail concernant les deux petites culées sur laquelle s'appuie la voûte en rives.

On sait peu de choses du chantier de construction qui s'est déroulé de 1959 au printemps 1960. Plusieurs dizaines de clichés des travaux sont cependant disponibles. On constatait lors des examens visuels récents des problèmes manifestes de ségrégation entre certaines levées de béton qui étaient à l'origine de fuites jusqu'à des niveaux proches de la cote de retenue normale. Deux sondages carottés réalisés en 2000 ont toutefois conclu à un béton de cœur de bonne qualité : résistance à la compression entre 30 et 35 MPa et dosage en ciment entre 290 et 440 kg/m^3.

Le barrage est fondé sur des gneiss réputés de bonne qualité, avec un encastrement relativement faible, sauf au niveau d'une des poches de kaolin découverte vers l'axe de la vallée sous les plots F et G (Fig. 1). Des injections ont été réalisées en fin de chantier (janvier et février 1960) : 24, 5,5 et 7 tonnes de ciment ont été mises en œuvre respectivement pour le voile d'étanchéité, la liaison béton-rocher et le clavage de la voûte. Les caractéristiques du voile et du traitement béton-rocher initiaux ne sont pas connues plus précisément. Enfin, aucun dispositif de drainage de la fondation n'est mentionné.

La première mise en eau est intervenue en mai 1960. Il n'existe pas hélas de rapport la concernant, sachant que la réglementation de l'époque ne l'imposait pas (du fait de sa hauteur supérieure à 20 m, l'ouvrage ne relèvera que dix ans plus tard de la circulaire du 14 août 1970 relative aux barrages « intéressant la sécurité publique »).

Des injections sont signalées en 1969 ainsi qu'une première vidange décennale en 1970, sans autre précision.

2.3. INCIDENTS ET TRAVAUX DE 1983 A 1986

Cette période est fertile en incidents et interventions :

- février 1982 : constat d'une augmentation des débits de fuites (80 l/min) après une vidange décennale suivie d'un remplissage rapide ;

- février à avril 1983 : réalisation de deux sondages de reconnaissance S1 et S2 en pied aval du plot G, puis exécution des drains subhorizontaux D'1 à D'3 pour drainer la fondation dans cette zone particulière (poche de kaolin incomplètement purgée à la construction et encastrement de la base du barrage à ce niveau) ;

- septembre à décembre 1984 : travaux d'injection depuis le pied aval à plan d'eau abaissé de 4 m (92 forages de 7 m de profondeur moyenne et espacés de 1,5 m et, légèrement inclinés vers l'amont, pression max 3,5 bar), de drainage de pied (27 drains verticaux, de 6 m de profondeur moyenne) et de colmatage des fissures en partie basse de la voûte, vers les plots centraux E et F. Ces travaux ont fait l'objet d'un rapport d'exécution circonstancié qui conclut, en juillet 1985, à une division par cinq des débits de fuite ;

- décembre 1985 et janvier 1986 : augmentation brutale des débits de fuite (jusqu'à 230 l/min au total, dont 100 l/min pour le seul drain D'2), en période de froid intense ;

- mai-juin 1986 : travaux complémentaires d'investigation, essentiellement de repérage et de jaugeage des venues d'eau vers le pied aval. Le rapport, qui attribuait à un effet thermique prononcé l'ouverture des fissures en partie basse du béton et au niveau du contact « voûte/béton de fondation », n'a semble-t-il pas été suivi des travaux préconisés (nouvelles injections depuis le pied aval).

Au final, lors de cette phase de travaux quelque 52 m^3 de coulis ont été injectés dans les 6 premiers mètres de la fondation. Avec la hausse subite des débits de fuite lors de l'hiver 1985-1986, le succès de l'opération semble mitigé. Mais on ne sait pas comment ces débits ont évolué par la suite, sachant que les rares jaugeages disponibles sur la période 1987-1992 ont été effectués l'été.

2.4. PÉRIODE D'EXPLOITATION DE 1986 À 2012

Jusqu'à une visite du Cemagref (aujourd'hui Irstea) en septembre 1993, le barrage ne fait plus parler de lui. A partir de cette année-là, son auscultation reprend progressivement sous l'impulsion du service d'Etat de Contrôle de Sécurité, mais elle reste irrégulière ou incomplète, les mesures hydrauliques étant difficiles à faire à cause des problèmes d'accès pédestre en pied aval et de gêne apportée par les déversements de l'évacuateur. Les premiers rapports d'auscultation (1995 puis 2000) à nouveau disponibles évaluent le débit maximal total de fuite entre 60 et 80 l/min, soit des valeurs bien moindres que les maxima de l'hiver 1985-1986. Seules les mesures topométriques seront réalisées régulièrement de 1996 à 2009, mais, en l'absence de pendules, la fréquence annuelle de mesures ne permet pas de déceler rapidement d'éventuels mouvements suspects de la voûte.

Au final, sur cette période, l'interprétation des mesures d'auscultation n'est que partielle, notamment compte tenu des nombreuses lacunes dans les données d'entrée. Aucun comportement anormal n'est certes décelé à partir des quelques mesures disponibles, mais l'insuffisance et l'irrégularité de celles-ci ne permettent pas de s'en assurer, ni de suivre l'ouvrage avec toute la finesse que nécessite une voûte mince en vallée large, à l'histoire de surcroît assez mouvementée, et qu'impose la réglementation française pour un ouvrage de cette dimension.

À partir de 2009, avec l'abandon de l'exploitation du barrage pour l'alimentation en eau potable au profit d'un prélèvement par forages, le suivi de l'ouvrage qui s'était amorcé à la fin des années 1990 s'avère de plus en plus défaillant : l'entretien de la végétation laisse à désirer, les manœuvres de vannes deviennent épisodiques, les investissements importants nécessaires à la modernisation et à l'amélioration de l'auscultation et l'indispensable rénovation du dispositif de vidange ne sont pas engagés, mais surtout la visite décennale de sûreté obligatoire est sans cesse reportée. C'est ainsi qu'un premier arrêté de mise en demeure du propriétaire a été pris par le représentant de l'État le 9 décembre 2009 ordonnant en particulier la réalisation d'un diagnostic réglementaire de sûreté.

La problématique du devenir du barrage a alors été cadrée par le service d'État de Contrôle des ouvrages hydrauliques - l'arrêté préfectoral du 19 octobre 2010 de classement en catégorie A au titre de la réglementation en vigueur en France depuis 2007, demandant la production d'un avant-projet de mise en transparence de l'ouvrage au titre des réflexions alors en cours au sein du syndicat-propriétaire.

Tout ceci intervenait dans une période où les solutions de reprise potentielle du barrage échouaient les unes après les autres et différaient la prise

en compte par le propriétaire-gestionnaire de l'ouvrage des injonctions du service de contrôle et de ses mises en demeure.

Le manque d'assise financière permettant de faire face à des investissements importants et de compétences techniques du propriétaire gestionnaire est également une circonstance aggravante du manque d'entretien et de la carence du maître d'ouvrage à assumer ses responsabilités en termes de suivi et de respect de toutes ses obligations réglementaires.

Devant le coût lié à l'entretien et au suivi de l'ouvrage dépourvu de vocation propre, le propriétaire avait étudié depuis plusieurs années déjà d'autres utilisations de l'ouvrage : hydroélectricité, irrigation ou encore activité touristique. Les différents scénarios étudiés n'ont alors pas montré de rentabilité certaine, les travaux de sécurisation et/ou de mise en valeur étant trop importants. La dernière étude en date (ISL 2012), effectuée pour le compte d'un producteur autonome d'électricité, évalue, en effet, le coût des études et travaux de remise à niveau du barrage à 520 k€ en scénario probable (dont 200 k€ d'études et d'opérations réglementaires obligatoires : Examen Technique Complet, Revue Décennale de Sûreté et Étude De Dangers) et 1 100 k€ en scénario possible. De plus, la petite taille du bassin versant (7 km^2) et les apports hydrologiques irréguliers compromettent la rentabilité d'une utilisation hydroélectrique de l'aménagement qui, en outre, n'aurait pas été sans conséquence sur l'environnement du fait de prélèvements complémentaires conséquents dans des cours d'eau classés en réserve biologique et des sautes de débit en aval lors des éclusées.

Aussi, cet ouvrage a fait l'objet d'un suivi circonstancié par le service de Contrôle à l'appui de nombreuses réunions de travail. C'est dans ce contexte qu'en 2011, une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage a été mise en place, avec le concours financier du Conseil Général de l'Hérault. Cette mission, en appui du syndicat propriétaire, visait à définir les modalités de mise en transparence de l'ouvrage.

3. MONTAGE DU DOSSIER DE DEMANTÈLEMENT DU BARRAGE

3.1. MONTAGE DU DOSSIER DE DÉMANTÈLEMENT

Le barrage de l'Ayrette a connu un sérieux incident le 3 décembre 2012 puisque la manœuvre de la vanne de vidange s'est rompue au cours d'un essai de fonctionnement. S'en est suivie une vidange non maîtrisée de la retenue dont le niveau a connu de nombreuses fluctuations jusqu'au mois de mai 2013.

Un comité de suivi de ce dossier, rassemblant le propriétaire gestionnaire, les communes concernées, les services de l'État (contrôle des ouvrages

hydrauliques, police de l'eau, service en charge de la qualité des eaux et du suivi des milieux aquatiques et protection civile), le Conseil Général, l'Agence de l'Eau, le syndicat de bassin versant porteur du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux, s'est réuni très rapidement pour organiser la gestion de cette crise.

Un arrêté préfectoral de mise en demeure a ainsi été pris le 20 décembre 2012 demandant au propriétaire :

- de procéder à la vidange totale du barrage,
- de prendre des mesures conservatoires tout au long de la période de vidange, notamment vis-à-vis des impacts environnementaux,
- d'établir un dossier technique de définition des travaux de mise en transparence du barrage, puis de procéder à leur exécution avant l'été 2013.

À l'issue de l'étude menée par le bureau assistant le propriétaire (ISL), présentée à l'ensemble des partenaires techniques et financiers de ce dossier, le Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau de la vallée du Jaur a retenu la solution d'un démantèlement global de l'ouvrage. L'appel d'offres pour les travaux a été mené d'avril à juin 2013.

En parallèle, les contacts avec les financeurs, ont été pris afin d'aborder la possibilité de leur participation potentielle et leurs conditions ou attentes. Au final, le plan de financement global de l'opération d'environ 800 k€ de démantèlement et de remise en état du site a été le suivant : 40 % Agence de l'Eau, 40 % Conseil Général, 20 % syndicat intercommunal d'adduction d'eau de la vallée du Jaur.

Un arrêté préfectoral de prescriptions relatives aux travaux de démantèlement du barrage a été pris le 1er août 2013 et les travaux engagés dans la foulée.

3.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Le contexte grave et urgent a motivé la dispense de procédure au titre de la Loi française sur l'eau et donc d'étude d'impact réglementaire pour la vidange et la déconstruction de l'ouvrage.

Néanmoins, même si la vidange s'est déclenchée de manière inopinée, des mesures de prise en compte de l'environnement, de préservation des milieux aquatiques et de sauvegarde ont été prescrites dès l'arrêté préfectoral de mise en demeure du 20 décembre 2012 :

- relevés quotidiens de la cote du plan d'eau, de la pluviométrie et de la température de l'air ;

- élaboration et mise en œuvre d'un protocole de suivi de la qualité de l'eau sur les paramètres suivants à l'aval du barrage et à la confluence avec la rivière Jaur : température, pH, oxygène dissous, turbidité, conductivité, NH4+ ;
- création et maintenance à l'aval de l'ouvrage de petits barrages filtrants destinés à prévenir les départs de sédiments ;
- mise en place des mesures adéquates pour interdire l'accès à la retenue en cours de vidange.

Par ailleurs, dans la mesure où le délai de vidange puis celui lié à l'attente des conditions optimales de déconstruction (période estivale) le permettaient, une analyse des impacts sur l'environnement de l'effacement du barrage de l'Ayrette a été demandée au syndicat intercommunal d'adduction d'eau de la vallée du Jaur, en phase de vidange, puis en phase de déconstruction et enfin en phase de restauration post-chantier.

L'intégration de l'environnement a ainsi été recherchée en phase de déconstruction. Des mesures préventives de réduction des impacts sur l'environnement seront ainsi imposées au propriétaire avant l'ordre de service des travaux de déconstruction :

- maintien du barrage filtrant de sorte à retenir et traiter par décantation tout rejet ou toute pollution liée aux travaux ;
- dispositions pour éviter l'entraînement de matériaux mis hors d'eau dans la zone de chantier ;
- régalage, puis couverture des matériaux de démolition, concassés si besoin (< 30 cm), par des sédiments du barrage ;
- végétalisation du site avec ensemencement et plantation d'arbres.

Synthétiquement, les résultats ont fait apparaître les conclusions suivantes :

- qualité des eaux très correcte tout au long de la vidange jusqu'au passage du culot ;
- turbidité importante, augmentation des matières en suspension (MES) au passage du culot ;
- eaux chargées (basiques) à l'aval immédiat du chantier quelques heures après les tirs de mine, adaptation du chantier par dégagement rapide des produits de démolition et par la mise en place d'un polyane évitant leur lessivage ;
- campagnes de mesures tous les 15 jours durant les terrassements dans la retenue.

En termes de concertation, une réunion publique a été organisée le 18 avril 2013 lorsque les élus et le syndicat-propriétaire ont effectivement admis que la mise en transparence rapide du barrage était la solution la plus pertinente,

du point de vue de la sécurité publique, de l'environnement et des finances publiques.

Une information a également été assurée le 25 avril 2013 au comité rassemblant des représentants de la société civile, des associations de protection de l'environnement, des élus, des experts en particulier en hydraulique et en connaissances du fonctionnement des milieux aquatiques, des services de l'État. Le comité a donné son accord sur la procédure d'urgence enclenchée et les mesures prévues pour la réduction des impacts sur l'environnement.

Une association régionale de protection de l'environnement a d'ailleurs fait part par courrier du 27 juin 2013 de son avis très favorable sur la déconstruction totale du barrage et les dispositions techniques et environnementales prévues, en particulier le maintien sur place des matériaux afin de réaliser la remise en état du site.

Enfin, conformément aux exigences des financements de l'Agence de l'Eau et du Conseil Général, le démantèlement a conduit à un retour à un état naturel du site avec remise en continuité écologique (piscicole et sédimentaire) du ruisseau du « Rec Grand », ce qui constituera une amélioration sensible de la qualité hydromorphologique de ce cours d'eau conformément aux orientations du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

Un suivi de l'évolution du site est en cours depuis la fin des travaux de déconstruction.

4. DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA PRÉPARATION ET DE LA RÉALISATION DE L'OPÉRATION

4.1. CHOIX DE LA SOLUTION TECHNIQUE DE DÉMANTÈLEMENT

Les études techniques réalisées par le bureau d'études agréé assistant le propriétaire (ISL) ont porté sur deux variantes : le percement d'un pertuis de grande dimension au travers du barrage et le démantèlement complet de l'ouvrage.

Concernant le percement du barrage, la nécessité d'écouler une crue rare (période de retour 1000 ans) à surface libre tout en limitant le remplissage de la retenue, et donc la charge sur la voûte, a conduit à proposer une largeur de pertuis de 6 m pour une hauteur de 8 m. Le pertuis devait être découpé dans l'un des plots de plus grande hauteur. Pour des raisons de stabilité de la structure, cette découpe devait être réalisée en préservant l'intégrité du plot découpé et

celle des plots voisins et avec des conditions d'accès particulièrement difficiles. Les coûts associés à cette solution ont été estimés de l'ordre de 370 k€.

Cette solution intermédiaire n'a pas été retenue car elle n'exemptait pas le propriétaire d'un suivi de l'ouvrage et de sa responsabilité en cas d'incident. Par ailleurs, elle était peu satisfaisante sur le plan paysager et son prix était du même ordre de grandeur que celui du démantèlement.

Avant l'intervention d'ISL, le coût du démantèlement et de la remise en état du site avait été évalué à plusieurs millions d'euros en considérant l'évacuation de tous les produits de démolition ainsi que le curage de la retenue, sous la contrainte des conditions d'accès difficiles. Un choix technique majeur proposé par ISL a permis de limiter ce coût et de rendre le démantèlement envisageable par les financeurs : n'évacuer du site que les déchets métalliques produits lors de la démolition et enfouir les 3000 m³ de béton du barrage dans les sédiments à déplacer dans la retenue. Ces travaux ont été réalisés de juillet à septembre 2013 pour un montant d'environ 650 k€.

En complément des travaux prévus, un seuil de décantation situé en queue de retenue a également été démantelé. D'environ 3 m de hauteur, ce seuil était constitué d'environ 2000 m³ d'enrochements qui ont pu être avantageusement réutilisés pour le chantier.

4.2. VIDANGE DU BARRAGE

Pendant les mois qui ont suivi la rupture de la manœuvre de la vanne de fond en position légèrement ouverte, les niveaux dans la retenue ont fluctué avec un marnage de l'ordre de 12 m. Ces fluctuations ont été le fait de la variabilité des apports hydrologiques mais surtout d'une succession de colmatage et décolmatage par les sédiments de la conduite de vidange.

Cette période a été mise à profit pour édifier en mars 2013 un barrage filtrant en gabions d'une hauteur maximale d'environ 1,5 m pour une largeur de 20 m au pied aval de la voûte. Compte tenu de l'accès très difficile, cet ouvrage a été réalisé intégralement à la main par des ouvriers. La filtration était assurée par une natte coco de fort grammage dont le remplacement a régulièrement été réalisé au fil du chantier. Pendant les travaux, le barrage filtrant a été rehaussé afin d'améliorer son efficacité.

Une fois le barrage filtrant réalisé, une vanne secondaire particulièrement vétuste a été ouverte afin d'assurer la vidange complète de l'ouvrage. Elle n'avait pas été manœuvrée depuis plus d'une dizaine d'années. La vidange complète a été achevée en avril 2013. Malgré les dispositions prises, des départs de fines à l'origine du colmatage des premières vasques en aval du barrage n'ont pu être évitées. Les conséquences ont cependant été jugées limitées par les experts.

Les deux mois séparant la fin de la vidange du début des travaux de démantèlement devaient permettre le ressuyage des matériaux dans la retenue facilitant ainsi leur terrassement et la circulation des engins dans la retenue.

4.3. MINAGE DU BARRAGE

La démolition du barrage a été réalisée par minage. Un premier tir d'essai a été réalisé en crête de rive droite afin de vérifier la granulométrie obtenue après minage. L'objectif était de réduire la taille des éléments produits à 500 mm afin de permettre l'enfouissement tout en limitant la proportion de fines susceptibles d'être relarguées en aval.

À l'origine, le minage était prévu par plot entier afin de limiter, dès l'achèvement du premier tir, les risques de remplissage de la retenue par une crue d'été inopinée. Il a finalement été réalisé selon les arcs par passe d'environ 7 m de hauteur afin de limiter le délai et le coût de l'opération. Environ 90 % du barrage (2 700 m^3) ont été démolis en 4 tirs à raison d'un tir par semaine (Fig. 2). Chaque tir comprenait 300 à 600 m de forages verticaux, avec un espacement de l'ordre de 1,2 m entre les forages. Jusqu'à 104 charges différées par tir ont été mises en œuvre avec un retard de l'ordre de 25 ms entre les charges. Un périmètre de sécurité de 300 m a été respecté pendant les tirs. Au final, une tonne d'explosif aura été nécessaire pour réduire les 3 000 m^3 de béton.

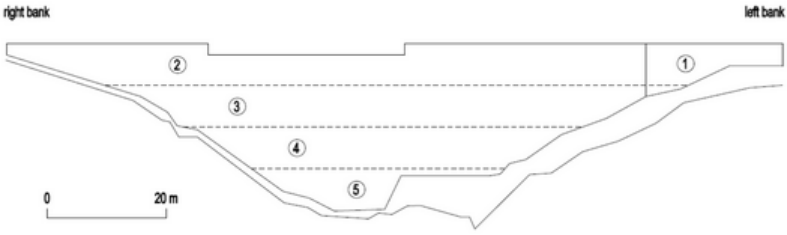

Fig. 2
Barrage de l'Ayrette : Phasage du minage
Ayrette dam: blasting phasing

1 Tir 1 (tir d'essais)
2 Tir 2
3 Tir 3
4 Tir 4
5 Tir 6

1 Blasting 1 (test blasting)
2 Blasting 2
3 Blasting 3
4 Blasting 4
5 Blasting 6

Un suivi vibratoire a été mis en œuvre lors des tirs de démolition du barrage. Il a consisté en l'acquisition des vitesses de déplacements dans les trois

directions en trois lieux : (i) culée rive gauche, (ii) habitation située à 150 m en amont de l'ouvrage et (iii) local du propriétaire situé à environ 1km en aval de l'ouvrage.

L'objet de ce suivi vibratoire était de vérifier les vitesses de déplacements maximales des ouvrages instrumentés, pour s'assurer de la non dégradation de (i) l'habitation privée située à proximité du barrage (seuil vibratoire maximal fixé à 10 mm/s - valeur usuelle pour des ouvrages maçonnés) et (ii) de la partie de voûte située en deçà de la passe objet du minage ; en effet, en cas de crue pendant la durée des travaux, la voûte partiellement détruite pouvait être mise en charge et devait être capable de résister à la poussée hydrostatique.

Les vitesses de déplacements constatées ont été de l'ordre du mm/s sur l'habitation à proximité du barrage et de 5 à 10 mm/s sur la culée rive gauche. Le capteur installé sur le local du propriétaire n'a pas ressenti les tirs (non déclenché, valeur de pic inférieure au seuil de 0,5 mm/s).La principale difficulté rencontrée a été le fait de la double courbure de la voûte : cette géométrie a conduit à une grande variabilité du confinement des explosifs insérés dans les forages verticaux. Cette variabilité a conduit à des difficultés à maîtriser le souffle et les projections occasionnés par les tirs ainsi que les granulométries produites.

Les proportions de matériaux fins et grossiers ont été plus importantes que prévues. L'augmentation de la proportion de fines a conduit à devoir améliorer les systèmes de filtration avec la rehausse du premier barrage de filtration et la construction d'un second barrage de filtration en aval. Localement, les matériaux les plus fins ont été bâchés pour prévenir leur ravinement. Les éléments les plus grossiers (>1 m) ont dû être réduits par des tirs secondaires de fractionnement ou au moyen d'un brise roche.

Alors qu'il était recherché une projection vers l'amont (pour faciliter la reprise des matériaux en vue de leur enfouissement), une part importante des matériaux a été projetée vers l'aval, endommageant au passage le barrage de filtration.

Par ailleurs, une conséquence inattendue des tirs a été le colmatage de la vidange de fond qui a conduit à une remontée de la retenue d'environ 10 m. Des moyens de pompage importants ont dû être mobilisés et les travaux de terrassement dans la retenue ont dû être accélérés afin de décolmater la conduite. Pour atteindre la conduite depuis l'unique accès situé en queue de retenue, une piste a été réalisée jusqu'au barrage en purgeant les matériaux à la portance la plus faible et en utilisant les produits de démolition du seuil de décantation amont pour stabiliser les terrains. Une autre conséquence de ce remplissage inopiné de la retenue a été de perdre en partie le bénéfice du ressuyage des matériaux acquis depuis la fin de la vidange achevée trois mois auparavant.

4.4. AMÉNAGEMENT DE LA CUVETTE

L'aménagement de la cuvette a nécessité le déplacement d'environ 10 000 m^3 de sédiments, 4 000 m^3 de produit de démolition du barrage (Fig. 3a) et 2 000 m^3 d'enrochements issus du seuil initialement situé en queue de retenue.

Fig. 3a
Retenue de l'Ayrette : ancienne implantation du barrage
Ayrette reservoir: former dam location

La Fig. 3b présente les principes du remodelage sur une coupe rive à rive. Les sédiments ont été purgés sur le versant de rive droite, le plus raide, et dans le talweg. Ils ont été stockés en rive gauche (Fig. 4a) derrière une digue édifiée avec les enrochements du seuil démantelé. Les produits de démolitions ont été enfouis derrière la digue en enrochements sous les sédiments issus de la rive droite.

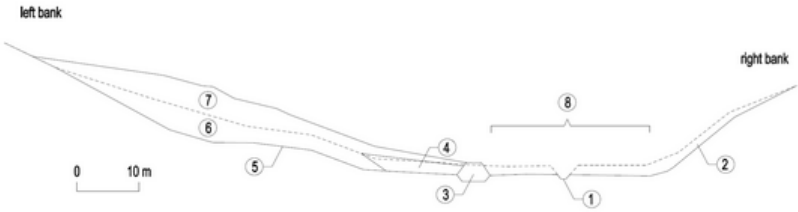

Fig. 3b
Retenue de l'Ayrette : coupe rive-rive – mouvement des terres
Ayrette reservoir: cross section – earth moving

1 Rivière	*1 River*
2 Sédiments excavé	*2 Sediments excavated*
3 Digue en enrochements	*3 Rockfill levee*
4 Débris de béton (d < 500 mm)	*4 Concrete debris (d < 500 mm)*
5 Rocher	*5 Bedrock*
6 Sédiments déposés naturellement	*6 Natural deposition of sediments*
7 Stockage des sédiments après excavation	*7 Storage of sediments from excavation*
8 Chenal principal après excavation	*8 Main chanel after excavation*

La Fig. 4b montre une vue en plan de l'aménagement. Environ 150 arbres ont été plantés sur la zone de dépôt. Un fossé périmétral a été terrassé en haut du versant de rive gauche au droit de l'ancienne piste qui menait à la queue de retenue. Ce fossé permet de dévier les eaux de ruissellement du versant de rive gauche vers l'aval de la zone de stockage et limite ainsi les risques de ravinement.

Fig. 4a
Photo de la retenue un an après les travaux (vue aval-amont)
Picture of the reservoir one year after works (downstream-upstream view)

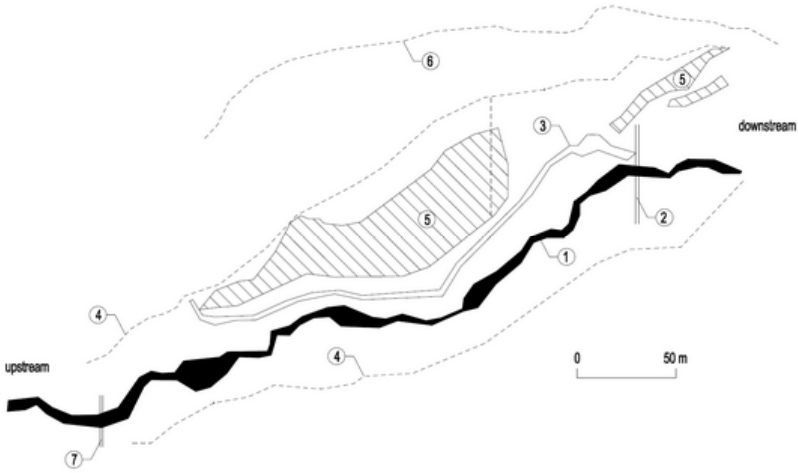

Fig. 4b
Retenue de l'Ayrette : vue en plan – mouvement des terres
Ayrette reservoir: plan view – earth moving

1 Rivière
2 Ancienne implantation du barrage
3 Digue en enrochements
4 Anciennes limites de la retenue
5 Stockage des sédiments après excavation
6 Fossé
7 Ancienne implantation du seuil amont en enrochements

1 River
2 Former concrete dam location
3 Rockfill levee
4 Former limits of the reservoir
5 Storage of sediments from excavation
6 Ditch
7 Former location of the upstream rockfill dam

4.5. PREMIÈRE PLUIE IMPORTANTE

Un épisode pluvieux particulièrement important a eu lieu seulement 2 jours après le démantèlement des bassins de filtration avec environ 50 mm de précipitation en une heure sur le bassin versant. Cet événement a conduit au lessivage de l'inévitable résidu de sédiments encore présent dans le chenal aménagé dans la retenue. Des mortalités piscicoles ont été constatées plus en aval dans une pisciculture. Néanmoins, une enquête a révélé que ces mortalités étaient récurrentes lors des pluies importantes du fait de défauts inhérents à l'installation piscicole concernée.

Une autre conséquence inattendue a été l'érosion importante d'une parcelle naturelle située en queue de retenue traduisant ainsi la reprise d'une dynamique fluviale naturelle. Cette reprise d'activité morphologique était recherchée à l'échelle du bassin versant du Jaur, affecté depuis des années par un déficit de transport solide.

5. CONCLUSION

La démolition du barrage de l'Ayrette est la conclusion logique d'un processus par lequel la perte de l'usage principal d'un barrage vieillissant, de type voûte mince en vallée large, ne permettait plus de dégager les ressources financières nécessaires à son entretien courant, à son auscultation circonstanciée et à sa remise à niveau. Le renforcement en 2007 de la réglementation française relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques a peut-être contribué ici à accélérer ce processus, puisque l'une de ses conséquences tacites est une augmentation des coûts de suivi des aménagements à risque technologique que sont les barrages.

L'incident qui, en décembre 2012, a conduit à la vidange incontrôlée de la retenue (i.e. la rupture de l'organe de manœuvre de la vanne), était lui-même inéluctable - les vannes et leurs manœuvres devant a minima faire l'objet d'un diagnostic approfondi à l'occasion des revues décennales de sûreté vis-à-vis desquelles le barrage avait quelque 20 ans de retard.

Enfin, derniers points et non des moindres, l'absence d'une auscultation conforme (pertinence de l'instrumentation, mesures et interprétation statistique périodiques) ne permettait pas d'apprécier le comportement de cette voûte complexe – et, donc, d'anticiper une évolution dangereuse de celui-ci - et le retard pris dans la réalisation de la revue périodique de sûreté et l'étude de dangers obligatoires faisait que l'Autorité de Contrôle ne disposait pas d'éléments garantissant la sûreté de ce barrage et ce, depuis plusieurs années – situation que le Préfet ne pouvait plus tolérer, s'agissant d'un ouvrage de classe maximale (A) dans la réglementation française de sécurité.

Le retour technico-économique de l'opération de déconstruction du barrage est tout-à-fait intéressant, tant sur le mode opératoire adopté et que sur les adaptations qui ont dû y être apportées pour répondre aux difficultés rencontrées. En dépit d'une opération contrainte par des délais de réalisation très serrés, résultant de la rupture accidentelle de la vidange (elle-même conséquence du vieillissement non maîtrisé du barrage), les impacts environnementaux de la vidange et de la démolition ont pu être réduits au minimum, grâce notamment à une large implication des administrations et des associations œuvrant dans le domaine de la protection des milieux aquatiques. Ce retour d'expérience pourra avantageusement être valorisé lors de prochaines opérations de déconstruction de barrage qui ont tendance à se multiplier sur le territoire français avec la perte d'usages de certains aménagements, souvent couplée à leur vieillissement accéléré.

Vis-à-vis du retour d'expérience « sociologique », on relèvera les intérêts contradictoires qui ont été portés d'un côté par les amoureux du patrimoine (un référé en suspension en vue d'interdire les travaux de démolition, exercé le 13 juin 2013 par un particulier appartenant à une association de riverains, a été

rejeté par ordonnance du 12 juillet 2013 du Tribunal Administratif de Montpellier), et de l'autre, par les défenseurs de l'environnement, satisfaits de voir un aménagement anthropique - devenu sans usage - disparaître au profit du retour à la continuité écologique et au fonctionnement morphodynamique naturel d'un cours d'eau, le Rec Grand.

RÉFÉRENCES

[1] HOONAKKER M., AIGOUY S., FABRE J.P., GEFFRAYE G., PONS E. Effets thermiques et maîtrise des sollicitations de voûtes en vallée large, surveillances particulières. Colloque CFBR : «Auscultation des barrages et des digues – Pratiques et perspectives », Chambéry, 27-28 novembre 2012.

RÉSUMÉ

Cet article présente l'opération de démantèlement du barrage de l'Ayrette, intervenue au cours de l'été 2013, au terme d'un long processus technique et administratif.

Ce barrage est – était ! – une voûte mince en béton de 26 m de hauteur sur fondations, construite en 1959. Il retenait un volume d'eau de 250 000 m^3 et appartenait au Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Vallée du Jaur. L'histoire de l'ouvrage, dont le suivi d'auscultation a été plutôt irrégulier, est émaillée d'au moins un incident sérieux ayant conduit à des travaux d'injection et de drainage en fondation de voûte, au cours des années 1983 à 1985.

À partir du milieu des années 2000, le syndicat propriétaire du barrage a commencé à exploiter une ressource de substitution pour l'eau potable. L'ouvrage perd alors son usage initial. Plusieurs projets de reprise pour une exploitation alternative (hydroélectricité notamment) se succèdent et échouent en regard des investissements importants nécessaires. L'ouvrage accumule dès lors un retard de plus en plus grand dans son suivi d'auscultation et la mise en oeuvre de sa revue décennale de sûreté, ce qui inquiète l'Administration en charge du Contrôle des ouvrages hydrauliques.

À l'occasion des essais de manœuvre effectués par le propriétaire-exploitant le 3 décembre 2012, le carré de manœuvre de la vanne de fond se rompt lors de sa tentative de refermeture, entraînant une vidange inexorable du plan d'eau. L'Administration met alors en demeure le propriétaire, par un arrêté

du 20 décembre 2012, de procéder à la mise en transparence du barrage avant le 31 juillet 2013.

De janvier à mai 2013, les études et interventions s'enchaînent ensuite à un rythme rapide, sous la direction du bureau d'études agréé assistant le maître d'ouvrage : (i) construction de barrages filtrants pour contrôler la charge en sédiments fins des eaux de vidange ; (ii) études des solutions de mise en transparence du barrage, avec deux variantes : création d'un pertuis à la base de la voûte dimensionné pour une crue extrême ou effacement du barrage ; (iii) montage du dossier de projet, consultation d'entreprises en procédure d'urgence et attribution du marché de travaux.

La mobilisation de nombreux acteurs publics ou associatifs, et notamment de ceux intervenant dans la qualité des milieux aquatiques, permet le bouclage du plan financier de l'opération qui a le mérite de rétablir la continuité écologique du cours d'eau sur lequel le barrage a été construit.

Bien que la solution de l'effacement se montre d'un coût estimatif presque deux fois supérieur à celle du pertuis (700 k€ vs 370 k€), c'est la première que retient le maître d'ouvrage car elle présente l'avantage d'éliminer tous les ouvrages de génie civil et de permettre la réhabilitation environnementale définitive du site.

Les travaux de démantèlement du barrage et de réaménagement du site se déroulent de juin à septembre 2013. Le mode opératoire d'effacement retenu par le groupement d'entreprises est la démolition par minage progressif, en tranches successives rive à rive. Les déblais de démolition sont enterrés dans la cuvette, elle-même réaménagée.

L'article se conclut par le retour d'expérience technique et environnementale qui se dégage de cette opération.

SUMMARY

This paper presents the dismantling operation of the Ayrette dam, which was realized during the summer of 2013, at the end of a long technical and administrative process.

This dam is - was! - a thin concrete arch, 26 m high on foundation, built in 1959, retaining a water volume of 250,000 m^3 and belonged to the Water Supply Syndicate of the Jaur Valley. The monitoring of the Ayrette arch was irregular and its history has been marked with at least one serious incident that needed foundation grouting and draining measures, in the years 1983 to 1985.

From the mid-2000s, the dam's owner began to exploit another resource for drinking water. The dam lost then its initial use. Several projects for alternative recovery (including hydropower) resulted in successive failures, in light of major investment that they required. The upgrading of the monitoring system and the regulatory Ten-year Safety Review were therefore delayed incessantly, what worried the State Authority in charge of dam safety Control.

On December 3rd 2012, the control device of the outlet gate broke during a testing operation performed by the dam operator, causing inexorable emptying of the reservoir. The Control Authority required then the owner Syndicate, by a decree of December 20, to proceed with setting dam transparency before July 31, 2013.

From January to May 2013, investigations and tasks were performed in quick succession under the direction of the private office providing technical assistance to the owner: (i) construction of filtering sills to control sediment loading in the river; (ii) studies of solutions for the transparency of the dam, by integrating two variants: the creation of a sluice at the base of the arch designed for an extreme flood or the complete dismantling of the dam; (iii) editing the project design documentation, consulting civil engineering firms and award of works contract procedure.

The mobilization of many public and civil society actors, particularly those involved in the quality of aquatic environment, allowed the closure of the financial plan of the operation which had the merit of restoring the ecological continuity of the river on which the dam was constructed.

Although the solution of dam dismantling had an estimated cost of almost twice that of the creation of a sluice at the arch base (700 k€ vs 370 k€), this is the solution that the owner chose because it presented the advantage of eliminating all civil engineering structures and allowed the definitive environmental rehabilitation of the site.

The dam dismantling and site renaturation took place from June to September 2013. The removal procedure retained by the civil engineering consortium was the demolition by gradual blasting bank to bank. The demolition waste were buried in the reservoir area.

The article concludes with the return of technical and environmental experience that emerges from this operation.