

MODERNISATION DU PERTUIS DU BARRAGE MANUEL DE NAVIGATION DE JOINVILLE-LE-PONT

Modernization of the Joinville-Le-Pont dam navigation manual

Olivier MONFORT

Voies Navigables de France, Direction territoriale Bassin de la Seine et Loire aval
20, quai d'austerlitz 75013 PARIS Cedex
olivier.monfort@vnf.fr

MOTS CLEFS

Exploitation d'ouvrage hydraulique, modernisation partielle, retour d'expérience, gestion de la ligne d'eau

RÉSUMÉ

Le barrage de navigation de Joinville-le-Pont, barrage manuel construit entre 1850 et 1860 et constitué d'un déversoir de 60 m et d'un pertuis de 12 m, a fait l'objet d'une modernisation partielle dans les années 1980, affectant uniquement le pertuis. Cette solution alternative à une opération de reconstruction complète de l'ensemble de l'ouvrage a permis de prolonger son exploitation en améliorant sensiblement son niveau de service (gestion plus fine de la ligne d'eau) pour un coût optimisé. Cet article présente le retour d'expérience de la phase chantier d'une part et d'une quarantaine d'années de son exploitation depuis sa modernisation d'autre part, ainsi capitalisé est de nature à proposer des alternatives à une reconstruction complète qui s'imposera à terme. En effet, s'il y a un enjeu pour l'établissement Voies Navigables de France à établir une programmation de reconstruction (selon des critères de priorisation) de l'ensemble des 46 barrages manuels toujours en exploitation, il y a également un enjeu à poursuivre l'entretien, la maintenance et le cas échéant la modernisation partielle des barrages manuels dont la modernisation complète n'est pas prioritaire.

ABSTRACT

The navigation dam of Joinville-le-Pont, a manual dam built between 1850 and 1860 and consisting of a spillway of 60 m and a sluice of 12 m, underwent a partial modernization in the 1980s, affecting only the sluice. This alternative solution to a complete reconstruction operation of the entire structure allowed for extending its operation by significantly improving its level of service (more precise water level management) at an optimized cost. This article presents the feedback from the construction phase on one hand, and around forty years of its operation since its modernization on the other hand. This accumulated experience is likely to offer alternatives to a complete reconstruction that will be necessary in the future. Indeed, while there is a challenge for the establishment Voies Navigables de France to establish a reconstruction schedule (based on prioritization criteria) for all 46 manual dams still in operation, there is also a need to continue the maintenance, upkeep, and potentially partial modernization of manual dams for which complete modernization is not a priority.

1. NIVEAU DE SERVICE ET ENJEUX ASSOCIES AU BARRAGE DE NAVIGATION DE JOINVILLE-LE-PONT (94)

Le barrage de navigation de Joinville-le-Pont (94) implanté sur la rivière Marne, assure le maintien d'un plan d'eau constant jusqu'au barrage de Noisiel (93) délimitant ainsi un tronçon de rivière dénommé « Bief de Joinville-le-Pont ». La régulation et le maintien constant du plan d'eau permettent plusieurs usages :

- Les bateaux de commerce (3 700 passages en moyenne par an) et de plaisance (1 500 bateaux de plaisance en moyenne par an) disposent d'un niveau d'eau suffisant et constant pour circuler sur la rivière dite « navigable ». En l'absence de barrage de navigation, le niveau naturel de l'eau sur la Marne à hauteur de la commune de Joinville-le-Pont serait, en été, si bas qu'il deviendrait possible de traverser à pied la rivière !
- De nombreuses activités de loisirs (2 ports de plaisance, nombreux club d'aviron et de canoë, pratique de la pêche, ...) associées à l'esprit « Bord de Marne »,
- Des prélèvements en eau pour la production d'eau potable : 2 usines de production d'eau potable sont implantées sur ce secteur de la Marne pour l'alimentation en eau de l'agglomération parisienne :
 - L'usine de Neuilly-sur-Marne du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France assure en moyenne une production de 244 000 m³ et alimente 1,6 millions d'habitants (source SEDIF),
 - L'usine de Joinville de Eau de Paris prélève en moyenne près de 50 000 000 m³ par an soit de l'ordre de 20 % de l'approvisionnement en eau potable de Paris (source : Mairie de Paris),
- Le réceptacle des rejets des stations d'épuration, notamment du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (Station de traitement de Marne aval à Noisy-le-Grand (93) traitant en moyenne par jour près de 75 000 m³ de 300 000 habitants), les rejets des déversoirs d'orage et des rejets routiers et autoroutiers des échangeurs du réseau Francilien A4/A86,
- La chute d'eau artificielle développée au droit du barrage contribue à l'oxygénation de la rivière.

En temps de crue, l'ensemble des organes mobiles du barrage est totalement couché pour laisser l'écoulement naturel de la rivière : le barrage n'a aucune influence sur la propagation de la crue ni sur l'inondation éventuelle du territoire.

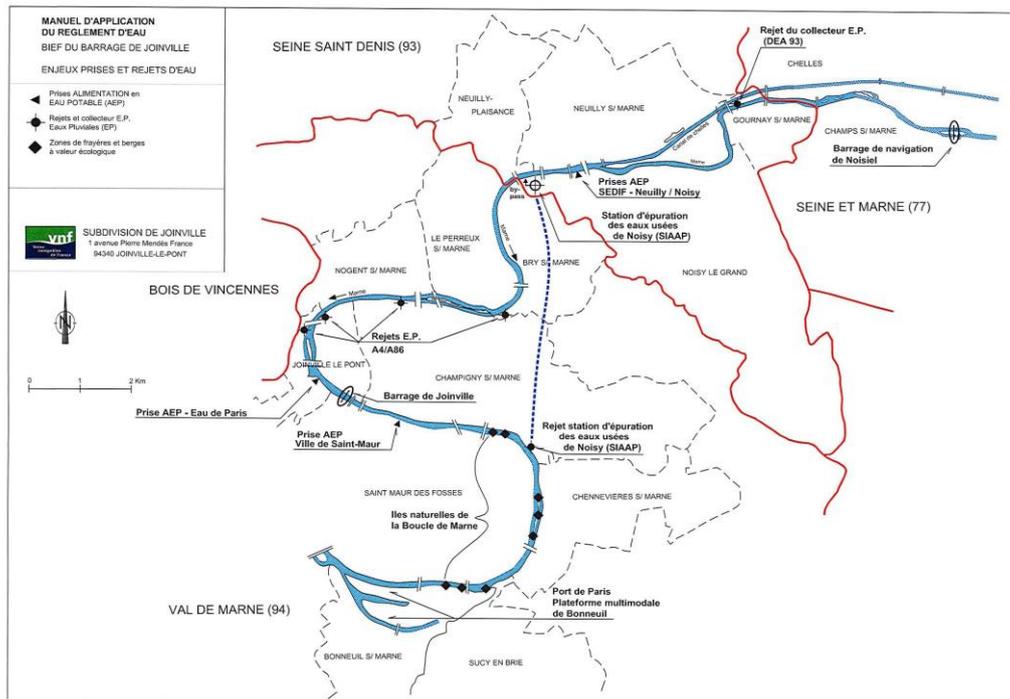


Figure 1 : localisation du barrage de Joinville et localisation des enjeux prises d'eau pour la production d'eau potable

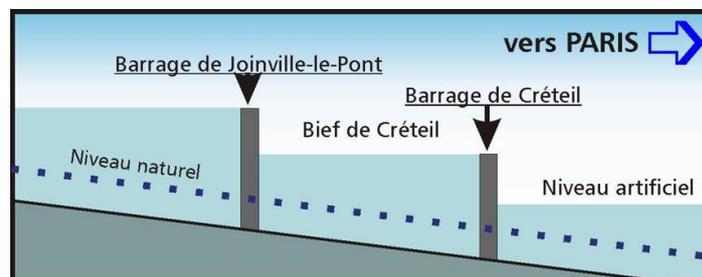


Figure 2 : Représentation schématique du profil en long de la Marne ainsi « canalisée »

2. UN BARRAGE MANUEL CONSTRUIT EN 1860 ET TOUJOURS EXPLOITE

Le barrage de Joinville, construit entre les années 1850 et 1860, constitué d'un déversoir de type Desfontaines de 63 m de large (en rive droite) et d'un pertuis de 12 m (en rive gauche) était à l'origine un barrage manuel représentatif des barrages manuels encore en exploitation sur le réseau navigable de la Marne.



Figure 3 : Vue aérienne : déversoir Desfontaines de 63 m en rive droite, pertuis de 12 m en rive gauche

La technique mise au point à cette époque pour maîtriser la cote d'eau amont pour la navigation, n'a pas évolué. Sur la majorité des barrages de la Marne, des aiguilles – au sein des pertuis - disposées sur un plan vertical sont appuyées sur une structure appelée « fermettes » qui est entièrement mobile et peut se « coucher » complètement dans le lit de la rivière au moment des crues pour laisser passer le flot. La tâche du barragiste est délicate : il doit enlever ou ajouter des bouchures en fonction des renseignements donnés par les collègues des barrages situés en amont, afin de maintenir un plan d'eau suffisamment haut pour permettre la navigation et ne pas le laisser trop monter pour éviter la submersion potentielle des rives et des riverains. Ainsi, lorsque le débit de la Marne est à la hausse, les barragistes enlèvent manuellement des aiguilles permettant d'augmenter la section mouillée du pertuis et de laisser passer un débit supplémentaire. Les aiguilles doivent être enlevées une par une et c'est un effort physique très important pour le barragiste qui doit supporter les effets de la pression hydrostatique qui plaque celles-ci sur la charpente de fer du barrage. L'effort associé peut atteindre 500 kg sur une aiguille de 8 cm et de 3 m de longueur, lorsque la chute du barrage est de 2 mCE. En période de sécheresse, c'est l'opération inverse : la totalité des aiguilles est en place, constituant un véritable mur de bois.

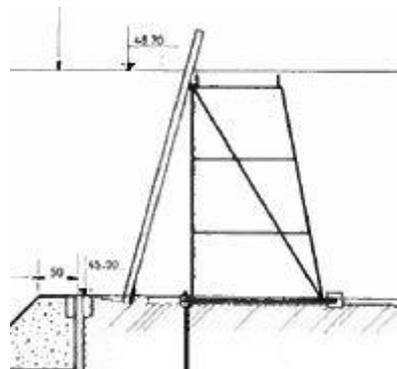


Figure 4 : Coupe Transversale : aiguilles en support sur une armature métallique de type fermette (1860 à 1980)



Figure 5 : Pose d'aiguilles au sein du pertuis, rive gauche

La gestion et la tenue de la cote d'eau à tenir sur le bief, sont assurées par les manœuvres régulières du pertuis (notamment son « ouverture » associée aux nombres d'aiguilles en place).

Le déversoir Desfontaines de 60 m de large est quant à lui, géré en « tout ou rien » : il est soit en position relevée (en étiage) soit en position couchée (en crue) : le principe de manœuvre du Desfontaines est à ce titre tout à fait atypique et original car il utilise l'énergie naturelle fournie par la chute d'eau du barrage pour la manœuvre des organes de bouchures (Hausses et contre Hausses), l'exploitant devant simplement agir sur un simple vannage orientant la pression de l'eau pour un relevage ou un abattage.

COUPE SCHEMATIQUE DU DEVERSOIR DE JOINVILLE

(Largeur de déversoir: 63,00m)

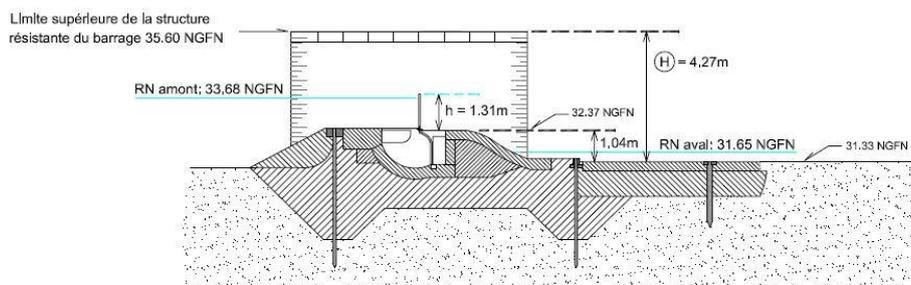


Figure 6 : Coupe Schématique du Déversoir de type Desfontaines, rive droite



Figure 7 : en étiage, configuration de la lame déversante sur le Déversoir

En période de grande crue et si l'eau monte toujours, la rivière retrouve son écoulement normal et le barrage doit être « effacé » : l'opération consiste à retirer les barres de liaison et à coucher les « fermettes métalliques » au fond du radier du barrage. Souvent la manœuvre est rendue difficile par un tronc d'arbre ou un dépôt de sable ; néanmoins, qu'il pleuve, qu'il vente, qu'il neige, le barragiste poursuit son travail dans le froid et l'humidité.



Figure 8 : en début de crue, barrage en cours d'effacement

Le barrage de Joinville-le-Pont n'est pas le seul barrage manuel encore en exploitation au sein de la Direction Territoriale Bassin de la Seine et Loire aval.

Le fonctionnement manuel de ces barrages ne permet pas une régulation fine de la ligne d'eau d'une part et d'autre part, impose des manœuvres éprouvantes et dangereuses pour les agents de Voies Navigables de France (VNF).

La reconstruction de ces barrages manuels est une priorité pour l'établissement Voies Navigables de France (VNF) qui programme la reconstruction de 46 barrages - dont 38 sur l'Yonne et la Marne – d'ici à 2040. En attendant la reconstruction, leur maintenance et leur entretien se poursuivent. Leur sécurisation est également programmée à court terme pour protéger les barragistes des risques de chute via la mise en place de divers équipements (conformité des lignes de vies, installation de palans pour arrache-aiguilles, modernisation des passerelles, ...) et complétée par des sessions de formation.

3. MODERNISATION DU PERTUIS, REMPLACEMENT DES AIGUILLES PAR L'IMPLANTATION D'UN CLAPET MOBILE DES LES ANNEES 1980

Le barrage de Joinville-le-Pont est à ce titre intéressant car il a fait l'objet d'une opération de modernisation au début des années 1980, comprenant le remplacement au sein du pertuis de 12 m des aiguilles et de leur support (fermette) par un clapet métallique mobile manœuvré par deux vérins. Un renforcement du radier par un béton armé coulé sur les maçonneries existantes complétait l'opération. Enfin, l'asservissement des manœuvres du clapet à une sonde amont mesurant en continu la cote d'eau a achevé l'opération.

COUPE SCHEMATIQUE DU PERTUIS DE JOINVILLE

(Largeur du pertuis: 12,00m)

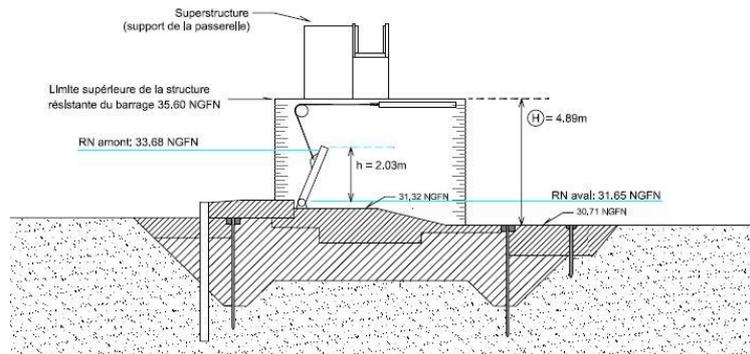


Figure 9 : coupe schématique du pertuis équipé d'un clapet, vérin et câble de liaison du vérin au clapet

3.1. Programme de modernisation du pertuis élaboré en 1981

Un programme de modernisation défini en 1981, visait à restaurer le pertuis par transformation de la bouchure et réfection des maçonneries. Il s'agissait notamment de démonter les dispositifs de fermettes et aiguilles et remplacer par un clapet de 12 m de largeur actionné par deux vérins hydrauliques ; le radier en béton armé devant être coulé sur les maçonneries existantes et une passerelle devant relier la cabine de commande à la pile du déversoir.

En résumé, s'agissant de l'argumentaire développé à l'époque pour motiver la prise en considération et l'ouverture de crédits d'une enveloppe financière estimée à 1 500 000 Francs TTC (valeur 1982), ce dernier reposait sur le constat suivant : le fonctionnement du barrage nécessite une main d'œuvre spécialisée dont les interventions sont fréquentes et dangereuses et, son état de vétusté fait craindre un accident mécanique dont les conséquences seraient l'abaissement du bief de l'écluse de St Maur à l'écluse de Neuilly-sur-Marne, bief à fort enjeux.

Les travaux prévus figurant au marché étaient les suivants :

- La fourniture et le battage d'un batardeau en palplanches,
- La construction d'un radier béton ancré dans les maçonneries,
- La mise en place d'un clapet métallique actionné par deux vérins commandés par un groupe hydroélectrique avec moteur thermique de secours,
- La construction d'une cabine de commande sur la culée rive gauche,
- La construction d'une passerelle de 12 m d'accès à la pile centrale,
- La réfection des perrés aux abords du barrage

S'agissant du mode opératoire, il était prévu d'exécuter les travaux à l'abri d'un batardeau amont en palplanches et d'un batardeau aval en terre, permettant le démontage des pièces mobiles (fermettes) d'une part et l'ancrage du béton armé dans les maçonneries existantes d'autre part. Le radier béton comportant un seuil métallique constitué d'un fer H destiné à recevoir le clapet métallique et des réservations pour recevoir un batardeau amont formé de fer H et de panneaux de bois (futur batardeau pour les opérations de maintenance ultérieures).

Enfin, les maçonneries latérales de la pile et de la culée devaient être traitées en surface par une résine pour assurer un contact « lisse » avec les caoutchoucs d'étanchéité du clapet ; elles devaient également supporter le scellement des vérins et des poulies de renvoi.

3.2. Impact du chantier sur le niveau de service

Compte tenu de la configuration du réseau navigable et l'absence d'écluse accolée au barrage, l'enjeu principal visant à ne pas impacter le niveau de service, impose le maintien d'une cote d'eau amont « normale » et constante durant toute la phase de chantier : le pertuis étant batardé, la tenue du plan d'eau est donc assurée uniquement par le déversoir Desfontaines ce qui impose de réaliser les travaux durant la période d'été (lorsque l'ensemble du débit de la Marne, faible à moyen, reste adapté à la « débitance » maximale du déversoir en configuration « relevée »).

La modification architecturale et l'intégration « paysagère » du barrage associée à la création d'une cabine de commande et d'une passerelle technique ont également été traitées selon les modalités de l'époque, à savoir le principe d'une étude architecturale soumise aux maires riverains. Le principe d'utiliser uniquement les emprises foncières du domaine public fluvial d'une part et le fait de comporter peu de modifications « notables » aux caractéristiques des infrastructures navigables existantes d'autre part, ont constitué les deux arguments principaux motivant la non-soumission à enquête publique prévue par l'article 2 du décret n° 71 121 du 05 février 1971.

3.3. Exécution du marché durant l'été 1982

L'analyse des archives et tout particulièrement du compte rendu de chantier, ont permis de rapporter les principaux aléas rencontrés durant les travaux qui ont débuté le 28/04/1982 (installations de chantier), à savoir :

- Un report du démarrage du chantier notifié en novembre 1981, suite à des crues observées, à mars 1982 pour un surcoût estimé à 93 425 Francs TTC (coût d'actualisation),
- Une conception du batardage aval revue : la conception initiale prévue au marché consistait en la création d'une digue en terre, solution non adaptée en définitive compte tenu des écoulements du côté du déversoir et du risque associé de non stabilité de cette digue. Il a été décidé en définitive, une bouchure aval constituée de profilés métalliques de type HEB ancrés longitudinalement à l'arrière du radier, pour un surcoût de 80 000 Francs TTC (valeur 1982),
- Un désordre sur les ouvrages périphériques au cours du battage de palplanches du batardeau amont notamment un affaissement du perré amont observé le long de la berge maçonnée. Ce perré amont construit en même temps que le barrage (vers 1863) présentait en définitive un dégarnissage de sa fondation constituée de pieux et de moise en bois). La reprise de ce perré a été réalisée l'année suivante pour un montant total de 206 500 Francs TTC (121 500 Francs pour le renforcement du pied du perré par battage de rideau de palplanches, 85 000 Francs pour la reconstruction du perré en maçonnerie),
- Une démolition et évacuation de coulis d'injection résiduels provenant des injections effectuées en 1962 sous le radier de l'ancien barrage, avant le bétonnage du radier, pour un montant complémentaire de 23 760 Francs TTC,
- Une démolition et reprise de l'enduit du parement déjà réalisé en début de chantier (réduisant la largeur utile du pertuis à 11,95 m) : une fois le clapet livré et conçu pour une largeur hors tout de 12 m (réglage des couvre-joints inclus), il a été décidé, à la charge de l'entreprise, de décaler le clapet du côté de la culée ce qui a entraîné le repiquage de l'enduit et la démolition du parement sur toute la surface de rotation du clapet.

Le montant total des dépenses dues aux imprévus s'est élevé à 310 260 Francs TTC et un coût supplémentaire pour l'actualisation de 93 425 Francs TTC, ces éléments repris dans l'argumentaire en date du 26 octobre 1982, réévaluant l'enveloppe financière dédiée à l'opération de 1 500 000 Francs à 1 800 000 Francs.

4. RETOUR D'EXPERIENCE

4.1. Une meilleure gestion de la ligne d'eau et une amélioration sensible des conditions de travail des exploitants

Dans le cadre de la modernisation du barrage, une sonde de mesure de la cote d'eau amont asservie à l'automate au sein de la cabine du barrage, renseigne ainsi en temps réel et à pas de temps constant, la hauteur d'eau tenue (assurant le mouillage réglementaire) : en cas de dépassement d'une plage de cote d'eau à tenir, un ordre est donné à l'automate de relever ou d'abaisser d'autant le clapet. Une phase de réglage sur la base de différents tests réalisés par l'exploitant, a permis d'affiner les éléments de la programmation (pas de temps d'interrogation, plage de tolérance de la cote d'eau, plage de la manœuvre du clapet).

En définitive, le barrage de Joinville-le-Pont, barrage mi-manuel (par le déversoir Desfontaines) mi-automatisé (par le pertuis automate asservi à une sonde) **permet d'assurer une gestion fine du plan d'eau.**

L'asservissement a réduit les interventions sur site et amélioré sensiblement les conditions de travail des agents. La priorité devant désormais s'orienter vers une surveillance renforcée de l'ouvrage et la maintenance programmée des organes (vérins, câbles, Rhéa, inspections des pivots inférieurs...).

L'exploitation du barrage ainsi modernisé n'a pas nécessité une formation spécifique des exploitants. En effet, le modèle de barrage à clapet constitue le modèle type de barrage de navigation construit progressivement depuis les années 1960 et en particulier le barrage localisé à l'aval immédiat du barrage de Joinville-le-Pont : le barrage à clapet de Créteil a fait l'objet d'une reconstruction à la fin des années 1970 et sa gestion est bien connue et maîtrisée par les agents de VNF intervenant également sur l'ouvrage de Joinville-le-Pont.

4.2. Une modification des conditions hydrauliques et le développement d'une fosse à l'aval ?

La modernisation du barrage s'est accompagnée d'une modification des conditions des écoulements notamment sur le pertuis à clapet. La dissipation d'énergie et la configuration de la lame déversante du pertuis modifient à ce titre le ressaut hydraulique à l'aval à partir de 1982 (date de la mise en service du clapet).

A défaut d'éléments documentés permettant de préciser ces éléments et l'influence de l'exploitation du pertuis à clapet à partir de 1982 sur les conditions de dissipation d'énergie, on peut toutefois signaler l'opération de renforcement et de protection contre les affouillements en aval du barrage (zone d'interface radier barrage et radier naturel de la rivière) consécutive à une campagne de bathymétrie de contrôle. Une fosse observée côté déversoir (ancienne ou non ?, évolutive ou non ?) a motivé une opération de protection du radier naturel aval de la Marne. Réalisés en 1986 pour un montant de 1 822 170 Francs TTC, les travaux ont consisté à protéger le lit de la rivière par un tapis d'enrochement de 1,50 m d'épaisseur (sur la totalité de la largeur de la rivière) posé sur un filtre après remblaiement du fond de la fosse avec des matériaux graveleux extraits de la Marne.

L'opération, exécutée par voie d'eau et réalisée selon le phasage suivant :

- Dragage de matériaux nécessaire en Marne,
- Mise en place de ces matériaux dans la fosse jusqu'à la cote 26,65 m NGF N,
- Fourniture et pose de filtre (de type polyéthylène ou polypropylène tissés),
- Fourniture et mise en place d'enrochement (bloc d'enrochement de poids unitaire entre 100 et 500 kg avec 50 % des blocs d'un poids supérieur à 300 kg),
- Fourniture et mise en œuvre d'hydro béton pour solidarisation des enrochements au pied du perré en rive droite.

4.3. Une surveillance annuelle adaptée notamment sur l'usure des axes et pivots

Afin de réduire les effets de vibrations sur le clapet, des brises lames équipent le clapet au niveau de son arase. Sur les premiers plans de projet, un dispositif d'évent au sein des maçonneries devait compléter le dispositif mais n'a pas été retenu dans la programmation du chantier.

Depuis, des usures prématurées des axes et pivots inférieurs sont observées et nécessitent désormais une inspection annuelle en eau. Des phénomènes de type « vibratoire » associés éventuellement à des répétitions de micro-manœuvres de vérins imposées par l'automate, peuvent être à l'origine de ce dysfonctionnement.



Figure 10 : détail clapet relevé et brises lames

Le câble reliant le clapet à la tige de vérin et transitant par le Réa (poulie de renvoi) nécessite également une surveillance particulière lors de maintenance préventive et notamment le graissage régulier du Réa. En effet, en mai 2010, l'exploitant a fait face à une rupture de la pièce d'attache reliant le câble au clapet suite à un grippage du Réa et au transfert des efforts sur cette pièce d'attache.

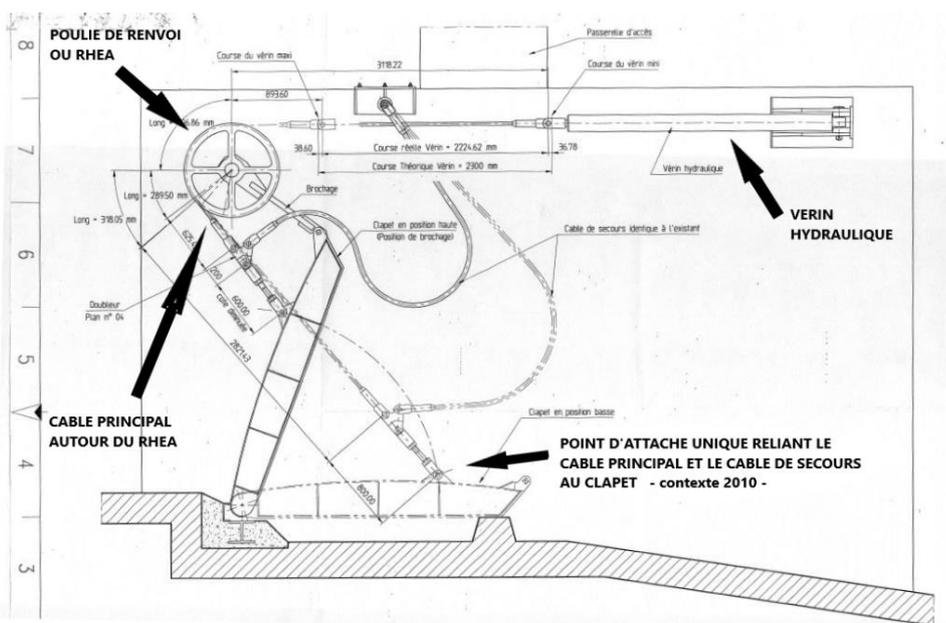


Figure 11 : Schéma de principe du vérin, câble de liaison vérin au clapet, Réa ou poulie de renvoi, câble de secours, point d'attache unique des câbles au clapet (contexte 2010)



Figure 12 : Détail de la rupture de la pièce unique de liaison des câbles au clapet – mai 2010

Suite à cet incident de 2010, le dispositif de la pièce d'attache unique (assurant la liaison du câble principal mais également du câble de secours) est modifié : deux pièces d'attache propre à chaque câble, sont soudées sur le bordé du clapet.

En septembre 2014, une rupture des soudures de ces pièces d'attaches a nécessité la reprise de la cohésion *clapet-pièces d'attache* par la pose de plaques boulonnées et contre plaques boulonnées sur la totalité de l'épaisseur du clapet. La pose d'un batardeau « masque » a permis de réaliser ces travaux sans modification de la cote d'eau du plan d'eau amont.



Figure 13 : Vue de détail : plaques boulonnées sur la totalité de l'épaisseur du clapet, supports des pièces d'attache



Figure 14 : vue du batardeau « masque »

Des inspections régulières de la bathymétrie en aval du barrage permettent de s'assurer de l'intégrité du radier naturel aval.

Progressivement, le programme des gammes opératoires est complété en fonction de ces retours d'expérience.

5. CONCLUSION

Le barrage de Joinville-le-Pont est intéressant car il a fait l'objet d'une opération de modernisation dans les années 80.

Cette modernisation a permis d'améliorer sensiblement les conditions de travail et réduire les interventions des exploitants tout en garantissant une gestion désormais plus fine du plan d'eau. Par contre, elle s'accompagne d'un renforcement nécessaire des actions de maintenance préventive (surveillance annuelle des organes mécaniques, surveillance radier, ...) et d'actions curatives.

Cet article qui présente le retour d'expérience acquis après une quarantaine d'années d'exploitation est à ce titre riche d'enseignements. Une alternative à une opération classique de reconstruction complète d'un barrage, qui vise à « **Mettre du neuf dans de l'ancien** », consistant en une modernisation partielle d'attente peut être, le cas échéant, particulièrement adaptée pour les barrages dont la modernisation complète n'est pas jugée prioritaire.

REMERCIEMENTS

Un remerciement tout particulier aux équipes de Voies Navigables de France (Service Navigation de la Seine à l'époque) ayant assuré la maîtrise d'œuvre de l'opération et ayant apporté un soin particulier, une fois les travaux achevés, au classement des dossiers (note de prise en considération, pièce du marché, compte rendu de chantier, ...) et à l'archivage des documents. Un remerciement également à l'ensemble des exploitants qui se sont succédés depuis 1982 et qui ont attaché une importance toute particulière à conserver et valoriser ces documents.

Sans cet effort collectif, le présent article n'aurait pas pu être produit.