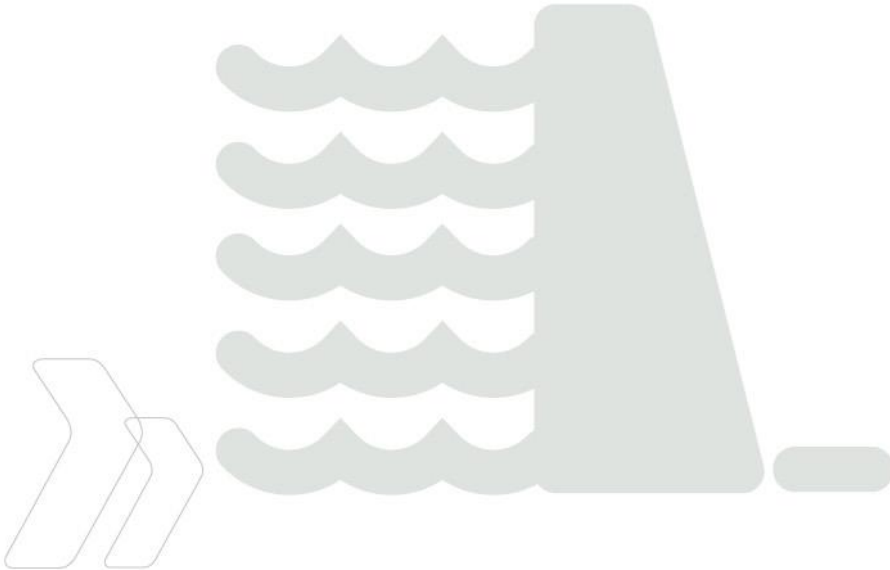




Barrages



MAITRISE D'ŒUVRE POUR LA REALISATION DE LA VIDANGE ET DE LA RESTAURATION DU BARRAGE DES SETTONS

Evaluation des incidences du projet de restauration du barrage sur sa sûreté



Rapport n° : 21F-086-RL-14
Révision n° : B
Date : 09/05/2022

Votre contact :
Olivier LAPEYRE
lapeyre@isl.fr

Rapport



ISL Ingénierie SAS - LYON
84 boulevard Marius Vivier Merle
Immeuble LE DISCOVER
69003 - Lyon
FRANCE
Tel. : +33.4.27.11.85.00
Fax : +33.4.72.34.60.99
www.isl.fr



Visa

Document verrouillé du 09/05/2022.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	03/05/2022	OLA	OLA	LDO	
B	09/05/2022	OLA	OLA	OLA	Modifications DDT

LDO : DEROO Luc

OLA : LAPEYRE Olivier



SOMMAIRE

1	OBJET DU RAPPORT	1
2	SYNTHESE DU DIAGNOSTIC REALISE ET DES RECOMMANDATIONS DES DIFFERENTES ETUDES	2
2.1	RAPPEL DE LA SYNTHESE GENERALE	2
2.1.1	PREAMBULE	2
2.2	DIAGNOSTIC GENERAL ET ANALYSE DE LA CONFORMITE	2
2.2.1	BARRAGE	2
2.2.1.1	Etat général	2
2.2.1.2	Point particulier – Fuites RD	3
2.2.2	EVACUATEUR DE CRUES	4
2.2.3	ORGANES DE MANŒUVRE	5
2.2.4	DISPOSITIF D'AUSCULTATION	5
2.2.5	EQUIPEMENTS DE SECURITE DES USAGERS	5
2.2.6	SYNTHESE	6
2.3	SYNTHESE DES ATTENTES EXPRIMEES DANS LES PRECEDENTES ETUDES	6
2.4	SYNTHESE DES ATTENTES COMPLEMENTAIRES SUITE AU DIAGNOSTIC ISL	11
3	SYNTHESE DES TRAVAUX ENVISAGES	12
3.1	PREAMBULE – SCENARIO DE VIDANGE	12
3.2	RAPPEL DES TRAVAUX REALISES (OU EN COURS D'ACHEVEMENT) – TRAVAUX ANTICIPES	13
3.3	RAPPEL DES TRAVAUX A VENIR	15
3.4	FOCUS PARTICULIERS	17
3.4.1	PREAMBULE	17
3.4.2	AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DU DRAINAGE DES PUIXS DU MASQUE MAURICE LEVY	17
3.4.3	PERENNISATION DU PAREMENT AMONT	18
3.4.3.1	Généralités	18
3.4.3.2	Traitement de la partie haute du parement	18
3.4.3.3	Traitement particulier à la cote 15 m RL	20

3.4.4	LES TRAVAUX SUR L'EVACUATEUR DE CRUES _____	21
3.4.5	LES TRAVAUX SUR LES EQUIPEMENTS _____	22
3.4.6	LES TRAVAUX SUR LE DISPOSITIF D'AUSCULTATION _____	22
3.4.6.1	Généralités _____	22
3.4.6.1	Rappel sur les mesures de déplacements _____	23
3.5	CONCLUSION – REPONSES AUX REMARQUES _____	24
4	SUIVI DURANT LA VIDANGE / ASSEC / REMPLISSAGE _____	28
4.1	PREAMBULE _____	28
4.2	DISPOSITIONS RETENUES POUR LA VIDANGE ET L'ASSEC _____	28
4.2.1	COURBE DE VIDANGE PREVISIONNELLE _____	28
4.2.2	PROTOCOLE PROPOSE _____	29
4.3	REMPLEISSAGE _____	30
4.4	SYNTHESE _____	31
5	CONCLUSION _____	32
5.1	PREAMBULE _____	32
5.2	CONCLUSIONS _____	33

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Simulation du scénario 2 _____	13
Figure 2 : Pérennisation du parement amont (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-04) _	18
Figure 3 : Traitement de la zone 15 m RL (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-04) ____	21
Figure 4 : Localisation des zones de débordement – Crue exceptionnelle _____	21
Figure 5 : Surélévation des bajoyers (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-05) _____	22
Figure 6 : Courbe théorique de vidange (Extrait du dossier porté à connaissance) _____	29
Figure 7 : Fuseau de remplissage _____	30

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats des calculs de laminage pour le scénario le plus défavorable (Source : mise à jour de l'étude hydrologique).....	4
Tableau 2 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Entretien.....	7
Tableau 3 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Rénovation.....	8
Tableau 4 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Réparation.....	9

Tableau 5 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Divers	11
Tableau 6 : Listes des recommandations complémentaires du présent diagnostic.....	12
Tableau 7 : Listes des travaux anticipés	14
Tableau 8 : Programme des travaux	17
Tableau 9 : Analyse multicritère du traitement de la partie haute du parement	19
Tableau 10 : Synthèse des remarques et réponses du SCSOH.....	27
Tableau 11 : Recommandations durant les phases de vidange / assec / remplissage	31
Tableau 12 : Recommandations durant les phases de vidange / assec / remplissage	32

1 OBJET DU RAPPORT

Le présent rapport vise à apporter des compléments d'informations au porter à connaissance des modifications d'exploitation et des travaux du barrage des Settons (au titre de l'article L181-14 du Code de l'Environnement) dans le cadre de la réalisation de sa vidange et de sa restauration.

Il a notamment pour but d'évaluer les éventuelles incidences du projet de restauration du barrage (et de sa vidange) sur sa sûreté en considérant les études de conception réalisées préalablement à l'établissement du porter à connaissance et notamment :

- Rapport de diagnostic du barrage des Settons (21F-086-RL-1 rév.B du 16/07/2021) et ses annexes ;
- Etudes d'avant-projet des travaux principaux (21F-086-RL-9 rév.A du 16/11/2021) et ses annexes ;
- Etudes d'avant-projet et projet des travaux anticipés (21F-086-RL-7 rév.B du 22/11/2021) et ses annexes ;
- Etudes de projet des travaux principaux (21F-086-RL-11 rév.A du 27/01/2022) et ses annexes.

Le présent document comprend :

- La synthèse générale du diagnostic ;
- La synthèse des différents travaux préconisés ;
- La proposition de suivi de l'ouvrage lors de la vidange / assec / remplissage.

2 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC RÉALISÉ ET DES RECOMMANDATIONS DES DIFFÉRENTES ÉTUDES

2.1 RAPPEL DE LA SYNTHÈSE GÉNÉRALE

2.1.1 PREAMBULE

Ce chapitre vise à présenter une synthèse du diagnostic général des ouvrages en fonction 1) de l'inspection détaillée réalisée par ISL et ses sous-traitants d'une grande partie des ouvrages en 2021 et 2) de l'examen des documents existants mis à disposition (investigations et inspections réalisées dans les dernières années, études menées récemment et éléments déjà analysés dans l'EDD).

Il vise également à rappeler les différentes recommandations et préconisations, ainsi qu'une première réflexion sur les données encore manquantes et les travaux envisagés.

2.2 DIAGNOSTIC GÉNÉRAL ET ANALYSE DE LA CONFORMITÉ

2.2.1 BARRAGE

2.2.1.1 Etat général

L'inspection générale et les différents éléments analysés permettent de mettre en évidence :

- Un état général satisfaisant du barrage dans son ensemble : aucun défaut / désordre n'est identifié, l'ouvrage est parfaitement fonctionnel.

Cependant quelques éléments sont notables sans pour autant remettre en cause, à ce stade, la conclusion générale :

- L'enduit du parement amont est vieillissant et localement dégradé (décollement, etc...) : sa pérennité à moyen terme est engagée, mais même en cas de défaillance, le principe des puits Maurice Lévy permet de pouvoir 1) suivre cette évolution (au gré des apparitions de suintements / fuites) et 2) limiter les sous-pressions sur l'ouvrage.
- Les drains des puits Maurice Lévy sont partiellement bouchés par suite du développement de concrétions et dépôts de calcite ; leur entretien régulier est impératif pour s'assurer du bon fonctionnement du masque Maurice Lévy.
- Des fuites récurrentes observées en rive droite, au niveau des puits (notamment puits 36) et en pied aval. Il n'y a pas d'évolution notable sur les dernières années. Un point spécifique est établi au chapitre suivant.
- La maçonnerie dans son ensemble est en assez bon état, c'est principalement le cas de la crête et du parement aval. D'autres zones, soumises à des conditions plus défavorables sont plus dégradées. Sur ces zones, les joints sont manquants et une perte d'efficacité est avérée. Cela concerne :
 - Le perré amont, en rive gauche de l'évacuateur de crues : les joints sont manquants, son rôle de protection de berge n'est quasiment plus assuré ;
 - Les coursiers à l'aval où des zones de déjointoiement sont observées, principalement en pied de bajoyer. Dans le temps ces ouvrages pourront être endommagés à la faveur des écoulements, avec des vitesses parfois élevées ;
 - La partie amont de l'épanchoir n°3 présente également des zones déjointoyées et les fuites régulières constatées dans les pertuis (ayant fait l'objet d'un EISH en 2017), provenant certainement de ces défauts, accélèrent le vieillissement de l'ouvrage.

Ces pathologies seront à traiter dans le cadre des travaux de restauration de l'ouvrage.

- Un ouvrage stable et conforme aux règles de l'art : Même si la dernière étude (CEREMA – 2021) n'a pas été réalisée avec les cotes définies dans l'EDD (cotes PHE et danger), ce point ayant été détaillé dans le diagnostic ISL (21F-086-RL-1 §4.4.2), elle permet de conclure sur le respect des recommandations CFBR et sur la stabilité de l'ouvrage compte tenu des marges de sécurité disponibles pour s'assurer du respect des critères de stabilité.

La stabilité en rives intègre une incertitude supplémentaire relative au diagramme de sous-pression à considérer car les rives ne sont pas auscultées même si la marge sur les calculs est plus grande que pour le profil central. Une hypothèse prudente (sous-pression trapézoïdale, c'est-à-dire absence totale de rabattement) a été retenue, toutefois il nous semble intéressant de pouvoir la vérifier à l'avenir. Une proposition d'instrumentation de la rive est envisagée dans le chapitre correspondant au dispositif d'auscultation.

2.2.1.2 Point particulier – Fuites RD

Les fuites observées depuis 2015 en rive droite du barrage (dans le puits 36 et en pied aval) ont fait l'objet d'expertise et d'analyses par CEREMA. Cet examen, relativement détaillé, ne permet pas de conclure sur l'origine des fuites. Toutefois les éléments suivants sont notés :

- Fuite du puits 36 : Plusieurs éléments laissent à penser que la fuite est alimentée par la retenue (analyses chimiques, arrêt de la fuite à partir de 14,5 m environ) via les dégradations locales du parement (au droit de l'escalier, voire au droit de la jonction puits / digue). Mais d'autres facteurs contredisent cette interprétation (variation du débit mesuré au drain non corrélée à la variation de la retenue, essais aux fumigènes non concluants). Il peut y avoir d'autres sources d'alimentation : le versant (même si les analyses physico-chimiques tendent à démontrer le contraire), l'alimentation de la retenue via la fracturation du substratum granitique (pouvant expliquer un certain décalage entre la variation du débit et la variation du niveau et pouvant expliquer les essais aux fumigènes non concluants).
- Résurgence en pied aval : Les analyses physico-chimiques tendent à démontrer qu'elle est alimentée par la nappe de versant plutôt que par la retenue. Il aurait été intéressant de vérifier cet élément lors de l'abaissement de la retenue durant la deuxième campagne d'analyses lorsque la fuite du puits s'est tarie. Il ne peut donc être totalement exclu une alimentation de la même origine que la fuite du puits 36.
L'origine peut être liée aux observations faites dans l'EDD faisant état de venues d'eau historiques en rive droite (cf. § 7.4.5 de l'EDD notamment) :
- Lors de la construction de la digue primitive : « Arrivée d'eau en fondation : durant les travaux, les fouilles ont intercepté des sources importantes en rive droite, qui ont été aveuglées par le coulage de ciment »
- Lors de la construction du masque Maurice Lévy :
 - « En 1900, il est signalé une fondation rive droite de mauvaise qualité. »
 - « En 1901, des venues d'eau sont signalées en rive droite. »A noter que les visites réalisées dernièrement ne font pas état de dépôts de fines à l'exutoire de la résurgence : il n'y a donc pas d'amorce d'érosion de la fondation.

Au regard des éléments disponibles, l'origine des fuites n'est pas certaine. Néanmoins au regard du nombre d'analyses déjà réalisées et de la programmation à venir des travaux de restauration, il nous semble plus opportun d'envisager des travaux permettant de traiter un large spectre d'origine des fuites plutôt que de multiplier d'autres analyses pour affiner cette connaissance sans gage de résultat. Dans tous les cas les fuites ne sont pas dommageables pour l'ouvrage à court terme :

- La fuite du puits 36 démontre le bon fonctionnement du masque et de ses puits, mais on ne peut pas écarter des circulations d'eau entre la digue primitive et le masque et dans le temps une dégradation de la maçonnerie. Les travaux sont donc nécessaires pour pérenniser l'ouvrage.

- Tant que le débit de la résurgence n'évolue pas et qu'il n'y a pas d'entraînement de matériaux, un simple suivi des mesures nous semble suffisant. Une fiabilisation de la mesure pourra être envisagée dans les phases ultérieures (bac de mesures, etc...) lors des travaux de restauration.

2.2.2 EVACUATEUR DE CRUES

L'inspection générale et les différents éléments analysés permettent de mettre en évidence :

- Un ouvrage vieillissant, et même si aucun désordre majeur n'est constaté, plusieurs zones sont dégradées. C'est le cas :
 - Du perré amont en rive gauche (maçonnerie déjointoyée) ;
 - Des 2 pertuis (zones de calcite, fuites locales) ;
 - Du coursier où les joints du pied des bajoyers et des pierres de couronnement sont régulièrement dégarnis ou manquants. Sans joint, une dégradation rapide de l'ouvrage est possible à la faveur des vitesses d'écoulement pouvant être importantes lors des crues.
- Une capacité d'évacuation des crues satisfaisante : Les études menées lors de la mise à jour de l'étude de dangers ont permis de conclure sur une capacité d'évacuation des crues respectant les règles en vigueur avec une marge de sécurité confortable en considérant uniquement l'utilisation de l'évacuateur de crues (les vannes de surface ne sont pas utiles pour évacuer les crues : ils ne sont pas considérés et utilisés comme organe de sûreté). Cette marge a été estimée en étudiant le passage de crues différentes de celles prévues dans les règles actuelles (crue exceptionnelle millénale). Ainsi les crues millénale hivernale avec incertitudes, décamillénales, décamillénales hivernales avec incertitudes et extrêmes ont été simulées. Pour ces crues, la cote de la retenue reste inférieure à la cote PHE (18,37 m RL / 584,60 m NGF-IGN69) ou à la cote de danger (pour la crue extrême et la crue décamillénales hivernales avec incertitudes) (19,28 m RL / 585,51 m NGF-IGN69).

Les principaux résultats pour le scénario le plus défavorable (réduction de débitance à 70% en cas d'obstruction d'embâcles, aucune vanne en fonctionnement y compris les vannes de surface) sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Vérification	Été (cote retenue m NGF-IGN69)	Hiver (cote retenue m NGF-IGN69)
Crue millénale	584,18 < PHE	583,99 < PHE
Crue millénale avec incertitude	584,57 < PHE	-
Crue décamillénales	584,48 < PHE	584,29 < PHE
Crue extrême	584,81 < CDD	584,58 < PHE
Crue décamillénales avec incertitude	585,16 < CDD	-

Tableau 1 : Résultats des calculs de laminage pour le scénario le plus défavorable (Source : mise à jour de l'étude hydrologique)

- En complément des études de laminage, un modèle d'écoulement 3D a été réalisé afin de vérifier le comportement de l'ouvrage à l'aval du seuil : Les dimensions du coursier sont localement insuffisantes pour garantir le passage des plus fortes crues (crue exceptionnelle, etc..) sans débordement.

Si à l'aval, le risque d'affouillement puis par régression de désordre en pied de barrage paraît peu probable, notamment si le rocher est proche, le risque paraît plus important là où les débordements les plus grands sont constatés, c'est-à-dire au niveau de la jonction entre le convergent et le coursier. Sur ce secteur, le rehaussement des bajoyers nous paraît nécessaire sur au moins 1 m (hors revanche que l'on recommande) ; ces travaux sont à prévoir.

2.2.3 ORGANES DE MANŒUVRE

L'inspection générale et les différents éléments analysés permettent de mettre en évidence que les organes de manœuvre disponibles sur l'ouvrage sont vieillissants mais fonctionnels :

- Les vannes de la tour de prise (vannes de fond et de prise) sont fonctionnelles et leur système de manœuvre a été rénové récemment. En revanche, les organes en eux-mêmes sont vieillissants et les éléments de l'inspection laissent à penser à une corrosion avancée mais logique de ces ouvrages (pelles et brimbales notamment).
- Les vannes de surface (épanchoir n°3) sont également fonctionnelles, avec pour 2 d'entre elles une motorisation récente de la manœuvre. L'étanchéité des pelles n'est pas avérée et les systèmes de manœuvre sont vieillissants (corrosion, etc...).

Enfin, les documents existants ne permettent pas de statuer totalement sur leur bon dimensionnement, soit par manque des documents justifiant des travaux, soit par manque des documents de dimensionnement, soit par manque des hypothèses de dimensionnement. Si l'on peut raisonnablement conclure à un bon dimensionnement pour des situations d'exploitation courantes compte tenu de leur bon fonctionnement actuel, un doute existe sur leur fonctionnement pour des niveaux d'eau plus élevés. Cela vaut notamment pour les vannes de fond qui doivent pouvoir être manœuvrables jusqu'à la cote PHE.

2.2.4 DISPOSITIF D'AUSCULTATION

Le dispositif d'auscultation est fonctionnel et relativement complet. Son entretien régulier est cependant à prévoir (inspections et nettoyages réguliers des piézomètres, inspections et curages réguliers des drains).

En complément des éléments notables ne sont pas à ce jour suivis :

- Les déplacements de l'ouvrage ;
- La piézométrie dans le corps du barrage et en fondation dans les rives là où il n'y a plus le masque Maurice Lévy (hormis piézomètre SC4 mesurant le niveau d'eau à l'interface barrage-fondation).

2.2.5 EQUIPEMENTS DE SECURITE DES USAGERS

En complément les divers équipements de sécurité ont été inspectés :

- Les candélabres et les luminaires présents en crête sont en bon état mais ils devront être adaptés pour :
 - Réduire l'impact de l'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (recherche du label ciel étoilé pour le parc du Morvan) ;
 - Conserver le type de candélabre et de luminaire (contrainte patrimoine) ;
 - Remettre en peinture les éclairages en cohérence avec le reste de l'ouvrage (contrainte patrimoine).

Des travaux de remplacement sont prévus.

- Les garde-corps présents en crête du barrage (garde-corps de la retenue, garde-corps des puits, garde-corps des vannes de surface) sont globalement opérationnels mais vieillissants :
 - La majeure partie des éléments présentent un état de corrosion avancé en surface ;

- L'état sanitaire des barreaux est bon, de même que la structure des garde-corps même si certains modules sont cependant endommagés (rivets rompus, barreaux tordus,
- Les plastrons des garde-corps de la retenue sont en mauvais état (environ 60% nécessitent la restauration ou le remplacement de la pièce) ;
- Les portillons d'accès aux puits et aux vannes de surface ne sont pour la plupart plus fonctionnels (gonds cassés, mécanismes de fermeture grippés ou désaxés, serrurerie non fonctionnelle)

Des travaux de restauration de l'ensemble de ces ouvrages sont envisagés dans le cadre de la restauration.

- Accès aux chambres de manœuvre et aux puits : les ouvrages sont également vieillissants :
 - Les poutres IPN supports des plaques sont corrodées ;
 - Les plaques couvrant les puits sont dégradées et peu fonctionnelles et certaines ont des gonds dessoudés ;
 - Les échelles d'accès dans la chambre béton sont également corrodées.

Des travaux de restauration ou de remplacement sont envisagés dans le cadre des travaux de restauration.

- Tour de prise : l'état général des parties métalliques est correct :
 - La charpente métallique est en bon état, sans trace de corrosion ;
 - Les poutres du plancher présentent en revanche des traces de corrosion ; une remise en peinture est envisagée dans le cadre des travaux de restauration.

2.2.6 SYNTHÈSE

En adéquation avec les conclusions émises récemment dans le cadre de la mise à jour de l'EDD, le barrage dans son ensemble répond aux conditions fixées par les règlements en termes de conformité :

- Il est globalement en bon état et stable ;
- Son évacuateur de crues est fonctionnel et permet d'évacuer les crues de référence ;
- Son dispositif d'auscultation est correctement dimensionné et fonctionnel.

Des points sont cependant à traiter dans le cadre de la restauration pour éviter de futurs dysfonctionnements. Les principaux concernent :

- La restauration du parement amont ;
- Le curage des drains du masque Lévy ;
- Le rehaussement local des bajoyers du coursier de l'évacuateur de crues ;
- Le traitement des fuites (en rive droite) ;
- Le traitement divers des maçonneries (notamment au niveau de l'épanchoir n°3 et dans les coursiers aval) ;
- La rénovation des équipements, à minima des vannes de fond compte tenu de leur utilité.

2.3 SYNTHÈSE DES ATTENTES EXPRIMÉES DANS LES PRÉCÉDENTES ÉTUDES

Les tableaux ci-dessous synthétisent les différentes recommandations et prescriptions formulées dans les principaux documents récents examinés dans les chapitres précédents. Ils sont décomposés en :

- « Entretien » : Recommandations qui traitent des entretiens normaux pour ce type d'ouvrage (enlèvement végétation, nettoyage, tournées d'inspection, etc...) ;

- « Rénovation » : Recommandations qui traitent de travaux visant à rénover l'ouvrage associé (réfection des équipements métalliques, reprise des maçonneries, modernisation des équipements, etc...) ;
- « Réparation » : Recommandations qui traitent des travaux visant à réhabiliter / réparer des désordres, dysfonctionnements sur l'ouvrage considéré ;
- « Divers » : Recommandations qui traitent de sujets divers (réalisation d'études complémentaires, d'investigations, préconisation de suivis particuliers de données auscultées ou à ausculter, etc...).

Partie d'ouvrage / équipement concerné	Recommandations / Attentes	Echéancier	Document concerné	Actions réalisées / proposées
Barrage (parement aval, couronnement coursiers aval et épanchoirs)	Entretien : enlèvement végétation	2021 (autant que besoin)	VTA (2020) 2020-06-RQ	A programmer (travaux anticipés – nettoyage)
Evacuateur de crues et Epanchoir n°3 (chenal maçonné)	Entretien : Nettoyage des maçonneries (enlèvement végétation)	2021 (à faire régulièrement)	VTA (2020) 2020-06-RQ	A programmer (travaux anticipés – nettoyage)
Epanchoir n°3 (maçonnerie)	Entretien : Nettoyage et enlèvement de la végétation (amont, pertuis et parement aval)	Périodique (1 fois tous les ans ou 2 ans)	Expertise épanchoir (2017) 2020-06-RQ	A programmer (travaux principaux - nettoyage)
Masque Lévy (puits)	Entretien : maintien des inspections	Périodique (réalisée en 2020)	VTA (2020)	Régulièrement réalisé (pas d'action particulière lors des travaux à venir)
Masque Lévy (drains des puits)	Entretien : Vérification du fonctionnement des drains situés à 0 et à 3 m du sol	Depuis 2016 (vérification tous les 2 ans)	EDD (2020)	
Masque Lévy (puits)	Entretien : curage régulier des drains	Périodique Prévu en 2021	VTA (2020)	A programmer (travaux anticipés – curage)
Equipements	Entretien : Diagnostic de l'état de la tuyauterie hydraulique des vannes de fond	Rénovation en 2015	EDD (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)

Tableau 2 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Entretien

Partie d'ouvrage / équipement concerné	Recommandations / Attentes	Echéancier	Document concerné	Actions réalisées / proposées
Evacuateur de crues (perré amont latéral RG)	Rénovation : Nettoyage et remise en état du perré	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux - reprise des maçonneries)
Evacuateur de crues et Epanchoir n°3 (chenal maçonné)	Rénovation : Réfection des maçonneries (murs et radiers)	2022/2023 (pendant la vidange) Fait pour le coursier EVC	VTA (2020) 2020-07-RQ 2020-08-RQ	A programmer (travaux principaux - reprise des maçonneries)
Evacuateur de crues (grilles anti-embâcles)	Rénovation : Remise en peinture	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Masque Lévy (puits de prise et de vidange)	Rénovation : Réfection des poutres de support et tampons métalliques des accès corrodés	2022 (pendant vidange)	VTA (2020) 2020-04-RQ	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Masque Lévy (chambres béton)	Rénovation : Réfection des échelles d'accès	Avant prochaine inspection	VTA (2020)	A programmer (travaux anticipés – rénovation des équipements de sécurité)
Epanchoir n°3 (équipements)	Rénovation : démontage des équipements (grilles, vannes, brimbales), inspection et remise en état (sablage, peinture) + remplacement de la boulonnerie par des éléments en inox	Non précisé	Expertise épanchoir (2017)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Prise et vidange (équipements)	Rénovation : Réfection des équipements corrodés / dégradés (vannes, cornières de fixation des guidages, guidages des brimbales de manœuvre)	2022/2023 (pendant la vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Equipements	Rénovation : Mise en place d'une temporisation dans le mécanisme d'ouverture des vannes	Réalisé en 2015	EDD (2020)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir ?
Eléments généraux	Rénovation : Mise en place d'un système d'alerte	Réalisé en 2012 et complété en 2015	EDD (2020)	Réalisé ? fonctionnel ? Pas d'action particulière lors des travaux à venir ?
Equipements électriques	Rénovation : Mise en place d'un groupe électrogène de secours pour manœuvrer les vannes de fond	2020/2021	EDD (2020)	A programmer si besoin (travaux principaux – rénovation des équipements)
Dispositif d'auscultation (échelles limnimétriques)	Rénovation : Nettoyage et remise en peinture	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Dispositif d'auscultation (échelles limnimétriques)	Rénovation : Retrait de l'échelle RD qui est fautive	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux)

Tableau 3 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Rénovation

Partie d'ouvrage / équipement concerné	Recommandations / Attentes	Echéancier	Document concerné	Actions réalisées / proposées
Epanchoir n°3 (vanne de surface V5)	Réparation : Remise en état de la crémaillère de manœuvre tordue	Dès que travaux sur équipements prévus	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Epanchoir n°3 (vannes de surface V1 à V5)	Réparation : Réfection de l'étanchéité des vannes et de la maçonnerie fuyardes	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux - reprise des maçonneries)
Epanchoir n°3 (maçonnerie)	Réparation : Remise en état de la maçonnerie (rejointoiement y compris rainures) éventuellement après retrait de l'enduit et injections localisées (à l'arrière des pierres)	Non précisé	Expertise épanchoir (2017)	
Epanchoir n°3 (vanne de surface V3)	Réparation : Remplacement du capot de protection	2021	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Parement amont (escalier amont RD)	Réparation : Reprise de l'étanchéité à l'interface parement / escalier	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – étanchéité amont)
Masque Lévy (fuite puits 36)	Réparation : Suppression de l'escalier RD et reconstitution de l'étanchéité (enduit) + Etanchement de la jonction masque et parement (injection d'un mastic polyuréthane souple)	Non précisé	Expertise fuites RD (2018)	
Masque Lévy (fuites RD)	Réparation : Colmatage des fuites présentes dans le masque Lévy en rive droite	2021/2022	EDD (2020) 2020-05-RQ	
Parement amont (ensemble du linéaire)	Réparation : excavation des sédiments pour inspection du parement et traitement éventuel	Prochaine vidange	Expertise fuites RD (2018)	Réserve d'ISL (*) (mais si réalisés travaux principaux – étanchéité amont)
Masque Lévy (drains des puits)	Réparation : Remplacement des drains entre les puits 25 et 26 et entre la chambre béton et le puits 28 par des buses béton de diamètre supérieur (200 mm)	Programme 2019-2020	EDD (2020)	A programmer (travaux anticipés)
Evacuateur de crues (grilles anti-embâcles)	Réparation : Remise en état du cric de manœuvre de la grille RG	2022 (pendant vidange)	VTA (2020)	A programmer (travaux principaux – rénovation des équipements)
Dispositif d'auscultation : piézomètre SC4	Réparation : reprendre l'étanchéité de la tête du piézomètre	2019	Bilan (2020)	A programmer (travaux anticipés)
Dispositif d'auscultation : Drains CG5 et CG6	Réparation : Drains endommagés	2019	Bilan (2020)	Réalisé ?

Tableau 4 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Réparation

(*) La réserve émise concerne la recommandation de procéder à l'excavation des sédiments en pied amont pour réaliser une inspection du parement et son traitement éventuel sur l'ensemble du linéaire y compris au-delà du redan. A ce stade, ces recommandations ne nous paraissent pas indispensables :

- Les études de stabilité ne concluent pas sur un problème éventuel de stabilité sur cette zone ;
- L'analyse du comportement ne laisse pas penser à une évolution notable (dégradation) sur ce secteur : les sous-pressions de la fondation sont relativement bien rabattues (au droit du masque) et il n'y a pas d'évolution notable dans les puits (augmentation de suintements, etc...);
- Cette couche de sédiment fait office d'étanchéité partielle et protège la maçonnerie sur ce secteur, il y a donc peu de chance que celle-ci soit dégradée.

De plus, les inconvénients de cette recommandation sont les suivants :

- Ces travaux sont à réaliser impérativement à sec et augmenteront la durée nécessaire des travaux côté retenue ; des contraintes fortes de contrôle des eaux seront à intégrer compte tenu de l'augmentation de cette durée ;
- Selon l'état de l'ouvrage après excavation, il se peut qu'il soit nécessaire de réaliser une plinthe pour faciliter la fermeture de l'étanchéité (selon la solution retenue) augmentant le coût de l'opération et sa durée.

Au regard des éléments présentés, ces travaux ne nous semblent pas nécessaires d'autant que leur réalisation engendrera des délais plus importants, ainsi que des aléas non négligeables.

A contrario, un curage de pied sera prévu pour permettre la pose du DEG jusqu'au redan.

Partie d'ouvrage / équipement concerné	Recommandations / Attentes	Echéancier	Document concerné	Actions réalisées / proposées
Dispositif d'auscultation : Appareils	Auscultation : fiabilisation et pérennisation des relevés pour éviter mesures douteuses et assurer un suivi continu	Périodique	Bilan (2020)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Barrage (maçonnerie)	Auscultation et investigations : Surveillance régulière de l'ouvrage + nouveaux examens pour quantifier le vieillissement de la maçonnerie	A réaliser lors de futures études (pas d'échéance précisée)	Stabilité barrage (2021)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Barrage (interface barrage / fondation)	Investigations : Reconnaissances afin de caractériser l'interface pour confirmer les hypothèses	Echéance longue	Stabilité barrage (2021)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Epanchoir n°3 (maçonnerie)	Auscultation : Suivi régulier des suintements / fuites après travaux	Non précisé	Expertise épanchoir (2017)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Masque Lévy (fuite puits 36)	Auscultation : Suivi régulier de la fuite (puits et drain CD1), de la retenue et des piézomètres à proximité (P5, PB5, PZ5)	3 relevés hebdomadaires	Expertise fuites RD (2018)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Parement aval (résurgence)	Auscultation : Suivi de l'arrivée d'eau (mesure du débit, drains et piézomètres à proximité) + essais de traçage complémentaire	Non précisé mais fréquence journalière à chaque épisode pluvieux	Expertise fuites RD (2015)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir
Masque Lévy (drains des puits)	Auscultation : Augmentation de la période de mesure des débits des drains du masque	Effectif depuis fin 2014 (fréquence bi-hebdomadaire)	EDD (2020)	Réalisé (pas d'action particulière lors des travaux à venir)
Barrage	Etude de stabilité du barrage	Réalisée en 2018	EDD (2020)	Pas d'action particulière lors des travaux à venir

Tableau 5 : Listes des attentes exprimées dans les différentes études – Divers

2.4 SYNTHÈSE DES ATTENTES COMPLÉMENTAIRES SUITE AU DIAGNOSTIC ISL

Suite aux inspections réalisées dans le cadre du présent marché et à la réalisation du diagnostic objet du présent document, les éléments suivants sont précisés en complément de ceux précédemment listés :

Partie d'ouvrage / équipement concerné	Recommandations / Attentes	Actions réalisées / proposées
Parement amont (masque Maurice Lévy)	Restauration de l'étanchéité (enduit, au moins sur la zone de marnage, se dégrade)	A programmer (travaux principaux – étanchéité amont)
Evacuateur de crues (coursier aval)	Rehaussements locaux des bajoyers	A programmer (travaux principaux)
Evacuateur de crues	Restauration (rôle de peignes à embâcles) ou suppression des pertuis amont si inutiles (arc de cercle de l'évacuateur)	A programmer (travaux principaux)
Dispositif d'auscultation	Inspections et nettoyages des piézomètres ; inspections et éventuels curages des drains de pied	A programmer (travaux anticipés)
Barrage (rive gauche)	Un seul piézomètre (SC4) permet d'ausculter cette zone. Un ajout d'un piézomètre complémentaire pourrait être envisagé	A programmer (travaux anticipés – dispositif d'auscultation)
Garde-corps (retenue, puits, vannes de surface)	Restauration complète des équipements (y compris dépose)	A programmer (travaux principaux)
Réseaux secs existants en crête (éclairage, courant fort, courant faible)	Modification visant à réduire leur impact visuel	A programmer (travaux principaux)
Eclairage de crête	Remplacement des luminaires des candélabres par des luminaires LED	A programmer (travaux principaux)
Calage altimétrique	Si la retenue est vidangée, prévoir un levé topographique exhaustif et un calage des échelles et du niveau « 0 »	A programmer (travaux principaux – vidange)

Tableau 6 : Listes des recommandations complémentaires du présent diagnostic

3 SYNTHÈSE DES TRAVAUX ENVISAGÉS

3.1 PREAMBULE – SCENARIO DE VIDANGE

Plusieurs scénarii de vidange / remplissage ont été étudiés dans le cadre des études d'avant-projet (rapports 21F-086-RL-4 et 21F-086-RL-9) afin de proposer le scénario présentant le meilleur compromis entre les différentes contraintes du site (environnementales, planning, socio-économiques, coûts, etc...).

Le scénario retenu et validé en COPIL (n°2 du 20/10/2021) est le scénario dénommé « scénario n°2 » dans les différents documents. Son objectif principal est de limiter l'incidence des travaux sur l'activité touristique. Dans ce cas les travaux, mais également les phases de vidange et de remplissage, se font principalement en dehors des périodes les plus touristiques au risque de réaliser les travaux durant la période la moins propice (risques climatiques y compris crues). Considérant ces éléments, les hypothèses générales suivantes ont été retenues :

- Début de vidange totale : courant août (la retenue reste exploitable avant l'abaissement prononcé) ;

- Fin de vidange : courant septembre (au plus tard) nécessitant une vidange rapide de la retenue ;
- Assec : de l'ordre de 4 mois (septembre – janvier).

Les simulations de ce scénario pour des chroniques de débit disponibles sont synthétisées dans la figure ci-dessous :

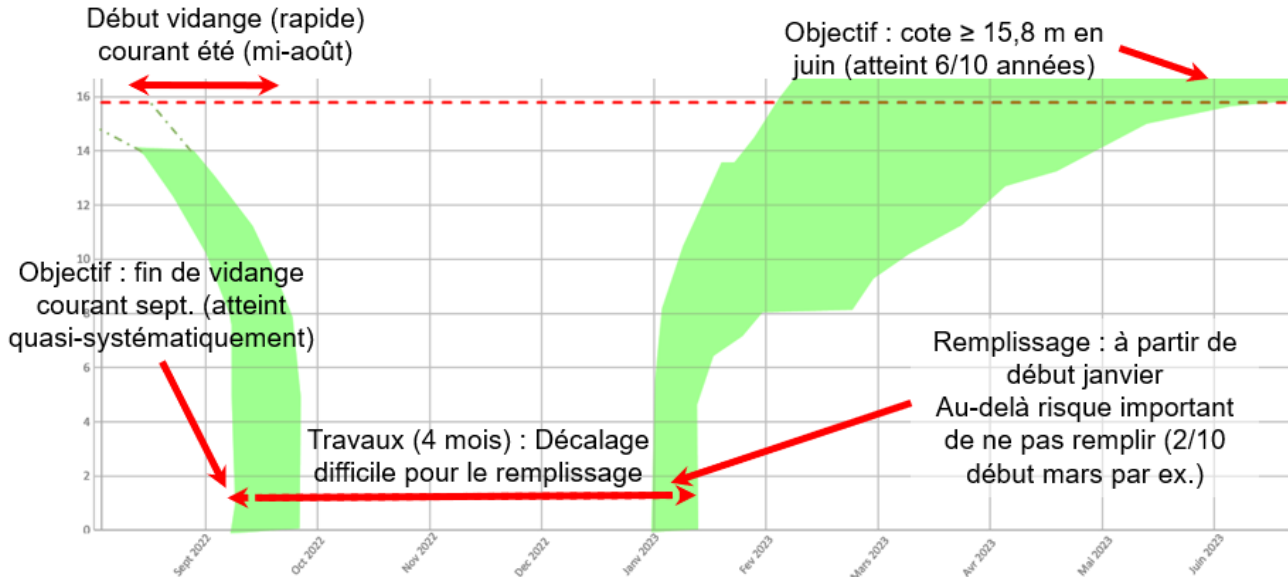


Figure 1 : Simulation du scénario 2

3.2 RAPPEL DES TRAVAUX REALISES (OU EN COURS D'ACHEVEMENT) – TRAVAUX ANTICIPES

Le phasage prévu permettait d'engager des travaux préalablement à l'opération de restauration générale nécessitant la vidange de la retenue. Ces travaux sont dénommés travaux anticipés.

Les travaux réalisés (ou en cours d'achèvement) sont rappelés ci-dessous :

Description des travaux	Ouvrages / zones considérés	Commentaires
Nettoyage général y compris enlèvement de la végétation	Ensemble du barrage et notamment : - Parement aval - Couronnement et pavés en crête - Coursiers aval (EVC, épanchoirs 2 et 3) - Puits (y compris dépôts de calcite)	- Compte tenu des débits réguliers, le radier de l'épanchoir 3 n'a pas pu être nettoyé (programmé lors des travaux principaux) - Dépôt de calcite (cf. remarque 1 ci-dessous)
Curage de l'ensemble des drains (nettoyage HP et/ou forage complémentaire) Remplacement des drains entre les puits 25 et 26 et entre la chambre béton et le puits 28 par des buses béton (ou acier) de diamètre supérieur (200 mm)	Masque Lévy (drains de l'ensemble des puits)	- Drains horizontaux de pied : ils tous ont été curés / reforés pour s'assurer du fonctionnement du dispositif - Drains verticaux et drains obliques (cf. remarque 2 ci-dessous)
Ajout d'un piézomètre	Rive gauche du barrage à proximité de l'évacuateur de crues	
Reprise de l'étanchéité de la tête du piézomètre non fonctionnelle ou abandon et réalisation d'un nouvel appareil à proximité	Dispositif d'auscultation : piézomètre SC4 (rive gauche)	En complément, une tranche optionnelle prévoit également dans le cadre des travaux principaux la possibilité de changer d'autres têtes peu fonctionnelles selon l'exploitant
Inspection du dispositif d'auscultation (y compris nettoyage si nécessaire)	Ensemble des appareils (piézomètres, voire drain en pied aval)	En attente des résultats
Test d'enlèvement d'enduit	Parement amont du barrage	Remarque 3

Tableau 7 : Listes des travaux anticipés

Remarque 1 : Un nettoyage poussé des zones où le dépôt de calcite était présent a été réalisé (principalement dans la chambre béton).

En revanche il a été décidé de ne pas déposer la calcite (qui est peu perméable) par moyens destructurants (piquage) afin d'éviter tout risque de perte d'étanchéité de la maçonnerie et/ou du béton ancien, barrage en eau.

En contrepartie :

- Des témoins seront disposés dans la chambre béton pour juger de l'évolution de ces dépôts ;
- Des essais de dépose ont été réalisés ; ces zones feront également office de « témoin » de l'évolution des dépôts.

Remarque 2 : Tous les drains des puits Maurice Lévy ont été nettoyés et inspectés. Cela a donc également été le cas autant que possible pour les drains verticaux (au droit des puits) et les drains dits obliques (drains verticaux entre puits ayant des exutoires horizontaux débouchant dans les puits).

Or, il a été constaté que les drains verticaux avaient des profondeurs très variables. Cependant par prudence il a été décidé de ne pas curer / reforer ces drains dont le fonctionnement n'est pas remis en cause à ce jour : l'auscultation ne montre pas d'évolution des sous-pressions en fondation sur la partie aval de l'ouvrage et lors des travaux d'inspection et de nettoyage quelques venues ont été constatées signes du fonctionnement du réseau.

Pour les drains obliques, il n'est plus possible d'accéder facilement à ces ouvrages qui sont pour la plupart colmatés sans pour autant que le système soit remis en cause (pas d'évolution significative des sous-pressions).

Enfin, en 2008 des travaux d'injection en fondation ont été réalisés sans en connaître l'ampleur. Reforer des drains à l'amont du barrage tels qu'ils sont aujourd'hui pourraient créer des défauts dans la voile d'étanchéité s'il était touché et/ou si la profondeur des drains dépassait celle des injections.

Ces raisons ont conduit à proposer de ne pas reforer les drains verticaux et obliques.

Remarque 3 : Une des principales opérations de la restauration concerne la reprise du parement amont. Une étanchéité par géomembrane a été proposée lors des études de conception, mais pour des raisons esthétiques, une cote d'arrêt plus basse que la crête a été proposée. Pour traiter la zone au-dessus de cette cote plusieurs solutions étaient envisageables dont une consistant à déposer l'enduit et rejointoyer la maçonnerie existante laissée en l'état.

Pour quantifier la faisabilité de cette solution, des tests de retrait d'enduit ont été réalisés, permettant également d'estimer la durée de réalisation. Les tests ont conclu à la faisabilité de la solution mais sur une durée trop longue par rapport à la durée des travaux définie. La solution visant à retirer l'enduit et restaurer la maçonnerie a dès lors été abandonnée dans la suite des études.

3.3 RAPPEL DES TRAVAUX A VENIR

Les tableaux ci-dessous synthétisent par zone d'ouvrage le programme général des travaux dits principaux, proposés lors des études de conception d'avant-projet et de projet (21F-086-RL-9 et 21F-086-RL-11) :

Zone d'ouvrage	Compléments	Travaux à réaliser :
Abords du site	Travaux préparatoires	- Accès à proximité du barrage : en amont, autour de la retenue et dans la retenue en pied de barrage, et en pied aval du barrage - Installations de chantier (sur le parking en rive gauche)
	Berge rive gauche de la retenue	- Reprise du perré maçonné
Retenue	Ouvrages de contrôle des eaux / gestion des sédiments	- Réhabilitation du seuil amont (pré-barrage) - Batardeau submersible en remblai homogène protégé par des enrochements et vanné - Chenal de canalisation entre le batardeau et la tour de prise - Enceinte batardée complémentaire en pied immédiat de la tour de prise
Cure (Zone aval)	Gestion des sédiments / pêche	- Réhabilitation des bassins et des fosses de stockage ; curage régulier des de la Cure et des bassins aval - Aménagements éventuels dans la Cure pour la réalisation de la pêche
Barrage – crête	Digue primitive	- Rejointoiement ponctuel des pierres de couronnement - Pas de travaux particuliers en crête sauf si modification des réseaux (télé-surveillance des appareils d'auscultations, etc...).
	Masque Maurice Lévy	- Pas de travaux particulier sur la dalle Maurice Lévy (les fissurations seront reprises régulièrement, l'étanchéité étant assurée par le mortier d'étanchéité sous la dalle)

Zone d'ouvrage	Compléments	Travaux à réaliser :
Barrage Parement amont	- Masque Maurice Lévy et digue primitive	<ul style="list-style-type: none"> - Pérennisation du parement amont : de 0 à 15 m RL par pose d'un DEG (Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane) (y compris drainage à l'arrière) ; au-delà de 15 m RL dépose et repose d'un enduit souple d'étanchéité sur l'enduit ancien conservé - Traitement particulier de la rive droite : étanchement du parement amont (identique au reste du linéaire) complété par le prolongement de l'étanchéité au droit du joint jusqu'à la crête + amélioration de l'étanchéité de la fondation par injection depuis le redan (ou une plinthe selon le cas) - Traitement particulier de la maçonnerie de l'épanchoir n°3 : Restauration de la maçonnerie (rejointoiement et injections du corps de la maçonnerie)
Barrage – parement aval	-	Aucun travaux sauf éventuelles reprises de désordres locaux suite à la réalisation du nettoyage et de l'inspection du parement dans le cadre des travaux anticipés
Barrage – fondation	-	Aucun travaux envisagé à ce stade (mais attente des résultats des nouveaux piézomètres), hormis injections à l'extrémité rive droite du barrage
Barrage évacuateur de crues	-	<ul style="list-style-type: none"> - Rehaussement des bajoyers du coursier (mur en béton armé enterré) - Restauration de la maçonnerie des bajoyers et du radier (rejointoiement) - Reprise du perré rive gauche amont (démontage et remontage si nécessaire)
Barrage maçonneries aval	- Seuils et coursiers de l'évacuateur et des épanchoirs	<ul style="list-style-type: none"> - Restauration de la maçonnerie des bajoyers et du radier (rejointoiement) - Epanchoir 3 : reprise de la zone à l'aval du seuil (béton et enrochements) - Epanchoir 1 : réfection des perrés (démontage et remontage) et reprises de la dalle en fond de rivière
Barrage équipements mécaniques	Vannes de surface	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation des pelles et remplacement des brimbales + organes de manœuvre + motorisation des vannes 1, 2 et 5 + déplacement des grilles (et modification) à l'amont - Modernisation de l'exploitation : pose de capteur de position, amélioration du fonctionnement à distance
	Tour de prise	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation des pelles, remplacement des brimbales et maintien des organes de manœuvre avec vérification de leur fonctionnement) en 2 phases (rénovation des vannes amont puis aval) - Modernisation de l'exploitation : pose de capteur de position, amélioration du fonctionnement à distance
	Tour de prise (vannes condamnées)	- Traitements locaux (reprise de l'étanchéité, peinture, etc...) pour pérenniser la structure
Barrage – dispositif d'auscultation	Piézométrie	Aucun travaux envisagé à ce stade
	Drainage puits et fondation	Aucun travaux envisagé à ce stade
	Drainage membrane	Les drains de la membrane seront mesurés au droit de leur exutoire

Barrage ferronnerie	Ferronnerie d'art (garde-corps du barrage et des puits)	- Restauration (dépose, décapage, remise en peinture, repose y compris scellement conformément à l'origine, etc...)
	Ferronnerie traditionnelle (trappes des puits, échelles, etc...)	- Restauration (dépose, décapage, remise en peinture, et/ou remplacement etc...)
Autres équipements		- La sonde amont sur la Cure et la sonde aval seront tarées - Les échelles limnimétriques rénovées - Des caméras seront installées en pied aval et à l'amont

Tableau 8 : Programme des travaux

Enfin du fait de l'incertitude forte d'achever les travaux mi-janvier liée principalement aux contraintes climatiques de la période (hydrologie notamment), plusieurs tranches optionnelles sont prévues dans le dossier de consultation des entreprises afin de permettre l'achèvement des travaux en eau par moyens particuliers. Cela concerne :

- La pose du DEG sur le parement (y compris au droit de la tour de prise) ;
- La rénovation des vannes (en eau ou à l'abri d'un batardeau ventouse).

3.4 FOCUS PARTICULIERS

3.4.1 PREAMBULE

Les études antérieures (EDD notamment) ont démontré que le barrage et ses équipements était conforme aux règles en vigueur (stabilité, évacuation des crues, vannage, surveillance, etc...). Les travaux visent dès lors à restaurer l'ouvrage plutôt que de le conforter. Dès lors les travaux ont peu d'incidence sur la sûreté de l'ouvrage, sauf à l'améliorer.

Toutefois s'ils sont mal réalisés, ces travaux pourraient dégrader les conditions de fonctionnement de l'ouvrage. Ainsi, en complément des éléments précédemment exposés, le présent chapitre vise à détailler certains travaux (notamment en cas de mauvaise réalisation) pouvant impacter la sûreté de l'ouvrage. Cela concerne principalement :

- Les travaux généraux sur le barrage :
 - Amélioration du fonctionnement du drainage des puits du masque Maurice Lévy ;
 - Pérennisation du parement amont ;
- Les travaux sur l'évacuateur de crues ;
- Les travaux sur les équipements (de sécurité notamment) ;
- Les travaux sur le dispositif d'auscultation.

3.4.2 AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DU DRAINAGE DES PUIITS DU MASQUE MAURICE LEVY

Dans le cadre des travaux anticipés (cf. chapitre précédent) les puits Maurice Lévy ont été inspectés et les drains horizontaux ont été curés et reforés pour ceux les plus colmatés (par des dépôts de calcite) et de diamètre inférieur à 200 mm afin d'assurer la circulation et l'évacuation des eaux drainées par les puits.

Enfin, comme abordé précédemment afin de ne pas dégrader le fonctionnement actuel du drainage des puits (et de l'étanchéité de la fondation) les drains verticaux et obliques n'ont pas été reforés malgré des profondeurs variables.

Les conditions de fonctionnement du drainage des puits du masque Maurice Lévy sont donc améliorées par les travaux.

3.4.3 PERENNISATION DU PAREMENT AMONT

3.4.3.1 Généralités

Le diagnostic et l'inspection détaillée réalisés récemment n'ont pas mis en évidence de désordre majeur sur le parement (excepté la rive droite où des fuites existent depuis plusieurs années et au droit de l'épanchoir n°3 ; ces points sont traités séparément) mais un vieillissement et une dégradation locale (décollement, etc...) qui, bien que normaux, diminuent progressivement l'étanchéité de l'ouvrage (rapport 21F-086-RL-1). Cette perte d'étanchéité peut avoir différentes conséquences :

- Dégradation de la maçonnerie / lessivage du mortier à la faveur des circulations d'eau diminuant la pérennité de l'ouvrage et potentiellement (même si cela s'avère plus modéré) une perte de densité ;
- Circulations d'eau à travers le masque pouvant saturer la capacité de drainage des puits et dès lors favoriser l'augmentation des sous-pressions à travers la digue primitive pouvant remettre en cause sa stabilité ;
- Dans une moindre mesure perdre une partie de l'eau stockée dans la retenue.

Les études d'AVP (rapport 21F-086-RL-9) ont alors préconisé la réalisation de l'étanchement du parement par la pose d'un dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG) directement sur l'enduit existant, solution la plus efficace et la plus pérenne pour ce type d'ouvrage.

3.4.3.2 Traitement de la partie haute du parement

Néanmoins, du fait des contraintes architecturales du site importantes et des modifications d'apparence liées à la pose du DEG, une réflexion a été menée afin d'envisager le meilleur compromis de traitement de la partie haute du parement amont afin de limiter l'impact sur les parties couramment visibles du parement.

Le rapport projet (21F-086-RL-11), détaille le DEG et ses conduits de pose puis a conduit à proposer une cote d'arrêt du DEG à 15 m RL (soit uniquement 2 m sous le niveau de retenue normale) afin d'une part de mettre en œuvre le DEG sur la majeure partie du parement, notamment les zones les plus basses (non accessibles sans vidange) et d'autre part de limiter les périodes où le DEG serait visible même en basses eaux.

Le principe général est rappelé ci-dessous (extrait du plan DCE) où la zone en rouge représente le parement traité par le dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG).

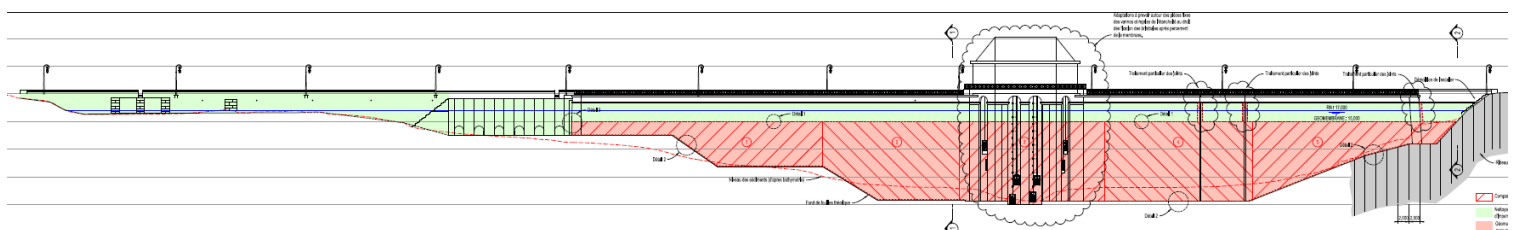


Figure 2 : Pérennisation du parement amont (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-04)

Une analyse multicritère a permis de définir la solution de traitement du parement au dessus de cette cote sur les 4 solutions proposées et rappelées ci-dessous :

- Solution 1 : C'est la solution traditionnelle visant à mettre en place le DEG sur toute la surface jusqu'en crête du barrage au dessus de l'enduit existant ;
- Solution 2 : La solution vise à conserver au dessus de 15 m RL l'enduit existant (mortier et treillis) et compléter l'étanchement par la mise en place d'un enduit d'imperméabilisation souple (tel que celui mis en place en 2008) ;

- Solution 3 : La solution vise à déposer l'enduit existant et à restaurer la maçonnerie mise à nue (rejointoiement soigné) au-dessus de 15 m RL ;
- Solution 4 : Est une solution alternative à la solution 3 visant à conserver dans un premier temps l'enduit existant au-dessus de 15 m RL, puis ultérieurement le déposer et restaurer la maçonnerie.

. L'analyse est rappelée ci-dessous :

	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Travaux proposés :	- 0 à 18,4 m RL : membrane - Au-delà : maçonnerie rejointoyée	- 0 à 15 m RL : membrane - > 15 m RL : enduit existant + remise en place enduit imperméabilisation	- 0 à 15 m RL : membrane - > 15 m RL : dépose de l'enduit existant et rejointoiement de la maçonnerie	- 0 à 15 m RL : membrane - 15 à 15,5 m RL : saignée dans l'enduit pour fixation membrane - > 15,5 m RL : enduit existant laissé en place puis dépose et rejointoiement (< 5 ans)
Pérennité (partie supérieure) :	Forte (> 50 ans)	Modéré (reprise enduit d'étanchéité tous les 10 / 15 ans mais présence de l'ancien enduit en sécurité)	Faible (joints de maçonnerie comme seule étanchéité -> rejointoiement régulier 10 ans et mortier ciment)	Faible à terme (joints de maçonnerie comme seule étanchéité -> nécessité de mortier ciment)
Etanchéité (partie sup.) :	+++	++	+	+
Impact architectural :	Fort (membrane visible)	Modéré (enduit « neuf » comme 2008 visible)	Faible (maçonnerie apparente)	Faible à terme (maçonnerie apparente)
Difficulté / risque :	Faible (solution maîtrisée, moins de contrainte sur la fixation périmétrale)	Modéré (sujétions particulières au niveau de la fixation membrane)	Fort (sujétions au droit de la fixation de la membrane, 2 mois dépose)	Fort (sujétions au droit de la fixation de la membrane + protection de la zone lors de la dépose)
Différence de coût par rapport à AVP :	+ 350 à 450 k€ HT	- 50 à 100 k€ HT	+ 450 à 500 k€ HT	+ 500 à 550 k€ HT
Maîtrise du coût	Bonne	Bonne	Faible (état incertain enduit du parement)	Faible (état incertain enduit du parement)

Tableau 9 : Analyse multicritère du traitement de la partie haute du parement

La solution 2, visant à conserver l'enduit existant au-dessus de 15 m RL et à restaurer régulièrement le mortier souple d'imperméabilisation mis en œuvre par-dessus l'enduit existant a été retenue. Elle permet de conserver l'étanchéité actuelle du parement sur la partie supérieure qui n'a pas été remise en cause dans les études précédentes.

Ainsi les travaux dits de pérennisation du parement amont viseront à :

- Améliorer l'étanchéité du parement sur la partie basse de l'ouvrage par ajout du DEG (dont la pérennité est d'au moins 50 ans) au complexe déjà existant (maçonneries + enduit) ;

- Conserver l'étanchéité du parement sur la partie haute par réfection de l'enduit d'imperméabilisation qui sera réalisée régulièrement (10 à 15 ans environ) à retenue basse, sans obligation de vidange.

Les conditions d'étanchéité et de protection de la maçonnerie contre le vieillissement (lessivage du mortier) sont donc améliorées avec les travaux. Cependant des dispositions constructives particulières sont à adopter localement pour ne pas dégrader l'ouvrage et/ou altérer son fonctionnement :

- Au droit de l'arrêt du DEG à 15 m RL (cf. chapitre suivant) ;
- L'aération du DEG doit être maintenue jusqu'aux plus hautes cotes de fonctionnement du barrage : dans le cas présent les tubes d'aération déboucheront dans les puits Maurice Lévy et remonteront jusqu'à une cote proche de la crête.

3.4.3.3 Traitement particulier à la cote 15 m RL

Outre les dispositions constructives traditionnelles pour le DEG des dispositions complémentaires sont retenues au droit de l'arrêt du DEG à 15 m RL afin d'assurer l'étanchéité du complexe au-delà de la fixation et éviter les infiltrations d'eau à l'arrière du DEG à proximité de la fixation sous l'eau.

Ainsi, à l'inverse d'une fixation périmétrale en crête plus traditionnelle, la fixation périmétrale à 15 m RL doit être parfaitement étanche afin d'empêcher l'eau de la retenue de s'infiltrer directement à l'arrière de la membrane. Pour obtenir l'efficacité du dispositif les travaux prévoient :

- La réalisation d'une saignée soignée de l'enduit existant à minima le long de la future fixation périmétrale (à environ 15 m RL) sur l'ensemble de la zone traitée par un DEG, sur une largeur de l'ordre de 30 cm et une profondeur suffisante pour découvrir la maçonnerie. Le but de la saignée est de s'assurer de fixer la membrane sur un support dont l'état est connu, en effet, il n'est pas certain que l'enduit existant soit en bon et/ou parfaitement collé sur l'ensemble du linéaire concerné par la fixation.

Cette saignée sera réalisée soigneusement de 1) préserver la qualité de la maçonnerie et 2) maîtriser l'emprise de la saignée. Par exemple il pourra être envisagé un sciage soigné du pourtour (la profondeur sera à limiter à 2,5 à 3 cm pour ne pas endommager la maçonnerie), voire des sciages réguliers de la zone à déposer, un piquage jusqu'au treillis soudé puis un piquage plus soigné au-delà (par bouchardage par exemple). Un nettoyage HP sera par la suite nécessaire pour mettre à nue la maçonnerie.

- La reprise soignée des joints de maçonnerie : pour cela un piquage préalable des joints sera réalisé sur une profondeur suffisante pour assurer la prise du mortier de rejointoiement à mettre en œuvre pour reconstituer l'ouvrage.
- La mise en place d'un mortier fibré prédosé de calage permettant de reprendre les irrégularités de la maçonnerie et faciliter le serrage du profilé de fixation.

Enfin afin de s'assurer de la bonne étanchéité du dispositif un palier de remplissage sera maintenu à quelques décimètres de la zone pour contrôler les débits de drainage de la membrane.

Le dispositif est présenté sur le schéma suivant :

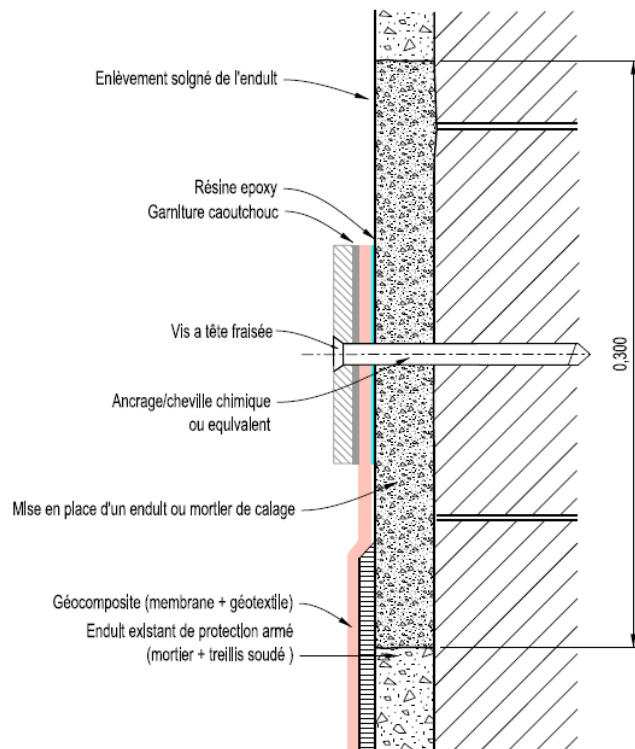


Figure 3 : Traitement de la zone 15 m RL (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-04)

3.4.4 LES TRAVAUX SUR L'ÉVACUATEUR DE CRUES

Comme rappelé précédemment les études récentes de laminage, puis la modélisation hydraulique 3D réalisée lors du diagnostic (rapport 21F-086-RL1) ont permis de confirmer :

- Le bon fonctionnement de l'évacuateur de crues et le respect de la réglementation en vigueur : les vannes de surface ne sont pas nécessaires pour évacuer la crue exceptionnelle, elles ne sont donc pas à considérer comme des organes d'évacuation ;
- A contrario des débordements, comme pressentis dans les différentes études, à l'aval du barrage dans le coursier.

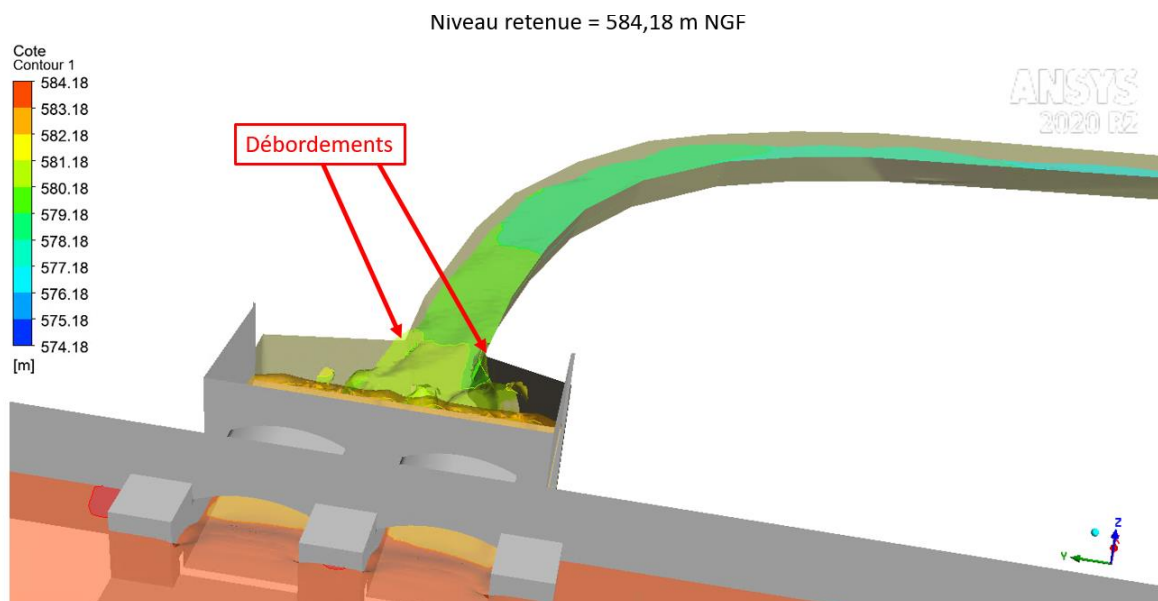


Figure 4 : Localisation des zones de débordement – Crue exceptionnelle

Pour traiter cette problématique les bajoyers existants, qui ne seront pas modifiés, seront surélevés par des murs en béton armé réalisés en arrière et remblayés (pour limiter leur impact visuel).

Le schéma de principe est le suivant :

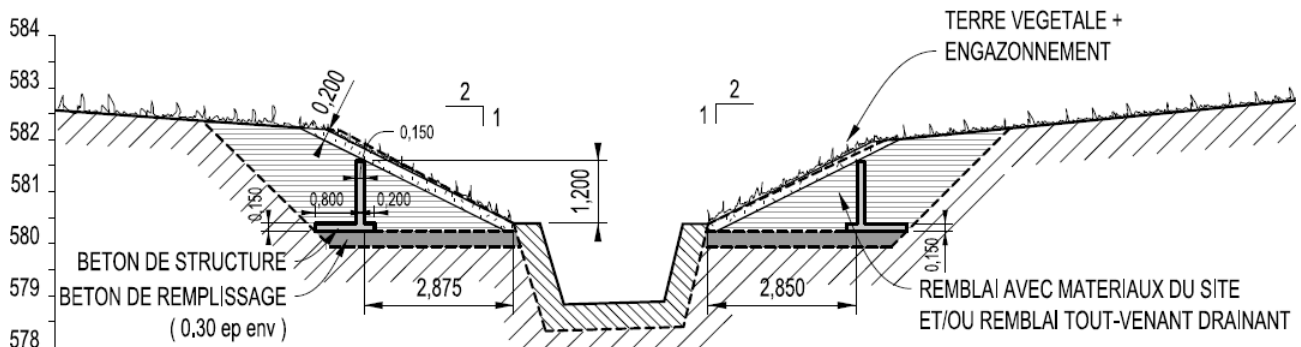


Figure 5 : Surélévation des bajoyers (Extrait du plan DCE 21F-086-DCE-BAR-PG-05)

Ces travaux seront réalisés en conservant en permanence à minima les sections d'écoulement existantes.

Les conditions d'évacuation des crues seront donc améliorées, y compris durant les travaux, et respecteront scrupuleusement les règles en vigueur.

3.4.5 LES TRAVAUX SUR LES EQUIPEMENTS

Les équipements sont fonctionnels mais vétustes. Les travaux prévoient la dépose de l'ensemble des équipements et de leur rénovation. Ces éléments sont décrits dans le projet (21F-086-RL-11) et son annexe (21F-086-RL-12) et rappelés en synthèse dans le chapitre 3.3 précédent.

A noter en complément que compte tenu :

- De la mise en place de commande manuelle permettant de manœuvrer sans source d'énergie les vannes (de fond et de surface) ;
- De la modernisation de l'exploitation des organes par mise en place de capteur, d'amélioration de la commande à distance et de la mise en place de caméras permettant de vérifier la bonne utilisation des vannes ;
- De l'évacuation des crues sans utilisation des vannes de surface qui ne sont donc pas à considérer comme des organes de sûreté ;

La mise en place d'un groupe électrogène de secours n'a pas semblé impérative.

3.4.6 LES TRAVAUX SUR LE DISPOSITIF D'AUSCULTATION

3.4.6.1 Généralités

Comme abordé dans les différentes études, le dispositif d'auscultation est fonctionnel.

Cependant :

- Un piézomètre en rive gauche a été intégré et déjà mis en œuvre afin de mesurer les sous-pressions en rive au-delà du masque Maurice Lévy (zone où l'étude de stabilité a dû retenir des hypothèses conservatrices, mais qui paraissent cependant devoir être vérifiées) ;
- Des drains permettant de recueillir les eaux drainées à l'arrière du DEG seront mis en place en pied aval du barrage et suivis selon le même principe et fréquence que les autres appareils.

Enfin le chapitre suivant rappelle les éléments exposés dans l'AVP (21F-086-RL-9) relatif aux mesures de déplacements :

3.4.6.1 Rappel sur les mesures de déplacements

Dispositifs possibles

Actuellement le barrage n'est pas pourvu d'un système de mesures de déplacement.

Il existe 2 types de mesures de déplacements pour un barrage de ce type (poids) aux déplacements les plus faibles de tous les barrages (à contrario des barrages en remblai et des barrages voûtes) et dont les déplacements attendus sont souvent de l'ordre de quelques millimètres :

- La réalisation de mesures dans 1 ou 2 directions (sens amont – aval et/ou sens rive à rive en fonction du dispositif retenu) par mise en œuvre de repère d'alignement ou de repères planimétriques (type plaques, cocardes ou prismes 360° qui présentent le meilleur degré de précision). Cependant ce type de dispositif présente 2 inconvénients :
 - Degré de précision assez aléatoire : Le degré de précision des mesures est tributaire d'une part du type d'appareil retenu (les meilleurs pouvant atteindre le 1/10 de mm), mais également de sa mise en place et du système déployé pour améliorer cette précision (bornes / piliers de visées fixes à mettre en place tout autour du barrage ; leur nombre, leurs caractéristiques et leur position étant déterminants pour améliorer le degré de précision).
 - Pérennité du dispositif : Les bornes fixes sont intégrées sur les versants de l'ouvrage et il est très fréquent qu'au fil des années celles-ci soient légèrement déplacées à la faveur par exemple de développements racinaires, de mouvements mineurs de terrain, de dégradations humaines, rendant le système moins efficace voire parfois obsolète.

Dans le cas présent (il est attendu des déplacements très modérés de l'ouvrage) ce type d'installation pourrait conduire à des déplacements erratiques du fait du degré de précision qu'il serait difficile d'analyser.

- La réalisation de mesures dans plusieurs directions par pendules (appareils permettant éventuellement la télégestion et télétransmission des données). C'est le système le plus fiable et le plus précis et souvent celui qui est recommandé pour ce type d'ouvrage ; soit pour confirmer des déplacements inquiétants mesurés avec le système topographique, soit pour améliorer le dispositif d'auscultation des ouvrages ou dans le cas de la réalisation de barrages neufs (les nouveaux barrages poids étant pour la majeure partie d'entre eux équipés de ces appareils). Cependant les inconvénients majeurs de ce dispositif sont son coût de réalisation et son esthétisme.

Le coût minimum de ce type d'appareil est de l'ordre de 50 k€ par appareil dans des zones facilement accessibles et sans dispositif particulier, et pouvant aller jusqu'à 100-150 k€ dans des zones plus contraignantes et/ou en cas de nécessité de le dissimuler par exemple en réalisant une niche dans la maçonnerie sous la crête (ce qui pourrait être le cas des Settons). A minima sur ce type d'ouvrage il conviendrait de mettre en place un pendule direct et un pendule inversé dans la zone de plus grande hauteur, voire équiper les rives.

Au regard du coût, des contraintes architecturales très fortes et en considérant que dans le cas présent des déplacements modestes sont attendus, la réalisation de ce type d'intervention ne nous paraît pas opportun.

Justification de l'absence de besoin

En complément des éléments présentés dans le précédent chapitre, la mise en place d'un système de mesures de déplacement ne paraît pas indispensable sur cet ouvrage. En effet, suite au diagnostic de l'ouvrage, en complément des études antérieures réalisées, les éléments suivants ont été mis en évidence pour le barrage des Settons :

1. Le barrage est ancien, et historiquement, il ne paraît pas y avoir d'élément mettant en évidence une problématique majeure de déplacement de l'ouvrage (basculement et/ou glissement sur fondation) ;

2. Aujourd'hui, les inspections réalisées montrent que le barrage ne présente pas non plus de désordre majeur tendant à suspecter un déplacement et notamment il n'y a pas de fissure visible entre zones de l'ouvrage (par exemple en crête, entre le masque Lévy et la digue primitive, entre les contreforts aval et le parement, etc...);
3. Les études de stabilité ont montré que l'ouvrage était stable et qu'il n'était pas nécessaire de le conforter (même si au droit du profil de plus grande hauteur la marge est nulle);
4. Le dispositif d'auscultation permettant d'apprécier le comportement de l'ouvrage dans le temps ne montre pas un comportement anormal de l'ouvrage et/ou une tendance à une dérive d'appareils pouvant être induits par des déplacements de l'ouvrage (par exemple déplacements conduisant à des fissurations de l'ouvrage ou de sa fondation pouvant engendrer des augmentations de certains piézomètres et/ou de drains sur un secteur ou de façon généralisée).

La concomitance de ces éléments semble confirmer que le barrage n'a pas été soumis à des déplacements importants et irréversibles au cours de sa vie. Du fait de son ancienneté et qu'il ait déjà connu plusieurs vidanges sans désordre notable (particulièrement lors du remplissage souvent plus traumatisant dans la vie de l'ouvrage que la vidange) l'intérêt de l'équiper pour le prochain abaissement (partiel ou total selon le scénario retenu) ne nous semble pas avéré.

Si pour ce type d'évènement particulier, l'histoire montre que le barrage des Settons n'est pas sollicité au point d'engendrer des déplacements, alors en situation d'exploitation normale après les travaux, l'intérêt de suivre ses déplacements est encore moindre.

Au regard de ces précisions et des éléments exposés préalablement, les travaux de restauration ne prévoient la mise en place d'un système de mesures de déplacement.

3.5 CONCLUSION – REPONSES AUX REMARQUES

En complément des éléments précédemment exposés le présent chapitre vise à synthétiser les principales observations émises par le SCSOH lors de l'inspection réalisée en 2020 et suite à des échanges récents et les réponses apportées :

Dénomination	Document	Remarques	Commentaire / réponse :
2015_N°01_NC	Rapport d'inspection définitif 2020	Transmission de consignes complètes tenant compte des observations de la DREAL et des engagements de l'exploitant	Ne concerne pas les travaux de restauration
2015_N°04_RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Etat des vannages abandonnés : à intégrer dans le suivi via les consignes et le SOFREL	Ne concerne pas les travaux de restauration
2015_N°05_RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Réfection du socle de l'épanchoir 2	Les travaux de restauration des maçonneries prévus dans les travaux principaux permettront de traiter ces désordres

Dénomination	Document	Remarques	Commentaire / réponse :
2020-01-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Le rapport de surveillance doit être complété par une synthèse : - des travaux et études projetés avec un planning, basé notamment sur les constats identifiés lors des VTA et des bilans d'auscultation, lesquels seront codifiés pour permettre une bonne traçabilité. - des tests / étalonnages / suivis de l'ensemble des équipements en lien avec les consignes du barrage et de l'EDD, dont la périodicité sera rappelée	Ne concerne pas les travaux de restauration
2020-02-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Les éventuelles vannes participant à la gestion d'une crue doivent être clairement désignées, sous réserves qu'elles répondent aux critères fixés par le paragraphe 8 de la note d'interprétation de l'arrêté EDD du 12 juin 2008 (indépendance, temps de réponse adapté, stabilité, maintenance, et efficacité). Leurs modalités d'entretien et d'exploitation seront déclinées dans les consignes.	Les dernières études ont montré que l'évacuateur seul était suffisant pour évacuer les crues : les vannes de surface ne sont donc plus nécessaires ; elles sont désormais considérées comme de simple organe d'exploitation de la retenue. Les documents seront mis à jour pour intégrer ce point.
2020-03-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	L'exploitant doit s'approprier les constats et bilans réalisés lors des auscultations ainsi que des VTA pour être décliné dans un plan d'actions. Dans un souci de traçabilité et de suivi dans le temps, il serait pertinent que ces constats assortis de recommandations soient répertoriés sur la base d'une numérotation par année par exemple.	Ne concerne pas les travaux de restauration
2020-04-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Le diagnostic des plaques et poutrelles des puits doit être réalisé	Prestations réalisées, travaux de rénovation prévus dans les travaux principaux.
2020-05-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	L'origine de la mise en charge de l'exutoire en partie haute du puits 37 sera déterminée et fera si besoin l'objet d'un suivi adapté	Les travaux prévus (injections en fondation + DEG jusqu'à 15 m RL + traitement de la jonction + suppression de l'escalier) devraient permettre de réduire (à minima) les fuites
2020-06-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Les seuils et coursier des épanchoirs et de l'EVC doivent être débarrassés de la végétation invasive tout comme celle présente sur le génie civil du barrage	Campagne de nettoyage réalisée lors des travaux anticipés (coursiers notamment). Lors des travaux principaux, chaque zone restaurée sera préalablement nettoyée (et inspectée).
2020-07-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Les coursiers des épanchoirs et de l'EVC doivent être remis en état du fait qu'ils comportent de nombreux joints altérés et plusieurs blocs disloqués	Les travaux de restauration des maçonneries des ouvrages permettront de traiter ces éléments
2020-08-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Le bassin dissipateur d'énergie de l'épanchoir 3 doit être remis en état	Les travaux principaux intègrent la restauration de l'ouvrage (réagencement d'enrochements éventuellement + mise en place de béton anti-abrasion ancré

2020-09-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	L'exploitant étudiera les possibilités de mesurer une hausse de débit d'eau au niveau de la sonde aval, assortie d'une alarme	La sonde aval sera tarée. La demande d'alarme a été intégrée : le dispositif complémentaire sera mis en place avant le début de la vidange.
2020-10-RQ	Rapport d'inspection définitif 2020	Le plan de gestion des arbres au voisinage du barrage et des équipements de celui-ci sera communiqué à la DREAL	Ne concerne pas les travaux de restauration
Phase de vidange	Mail du 15/04/2022	<p>P244 : Il est bien noté que le début des opérations de vidanges du plan d'eau (16 août 2023) seront précédées d'une phase de lâchers de semonce afin de prévenir les usagers avals. La DDT58 se réserve le droit de procéder à des arrêts de vidanges nocturnes afin de stabiliser le plan d'eau. La reprise de ces vidanges devra être aussi précédée d'un tel protocole ce qui n'est pas explicitement prévu dans ce cas.</p> <p>Le débit maximal aval de vidange est fixé à 10 m³/s. L'usage précis des vannes utilisées pour cette phase n'est pas précisé. Compte tenu des dégradations de certains pertuis ayant fait l'objet d'un EISH, le non-recours aux vannes de ces pertuis dégradés devra être clairement précisé, au moins sous une forte charge.</p>	<p>Pour permettre la vidange de l'ouvrage (de la cote 15,5 m RL environ à 12,5 m RL cote de seuil des vannes de surface) les vannes de surface seront utilisées.</p> <p>L'EISH datant de 2017 a conduit à différentes expertises préconisant des travaux de réhabilitation (restauration de la maçonnerie), travaux prévus dans la consultation lancée.</p> <p>Les désordres constatés lors de l'EISH (fuites) ne paraissent pas remettre en cause l'utilisation des vannes (et leur pertuis), la maçonnerie restant en bon état et de bonne facture pour supporter les vitesses. Cependant, la débitance des vannes de surface sera limitée à 7 m³/s (pour les 5 pertuis), les 3 m³/s restants, seront restitués par l'ouvrage de fond.</p>
Mise en place d'un batardeau	Mail du 15/04/2022	<p>p48 et 247 : A l'issue de la vidange du plan d'eau, un batardeau est prévu d'être construit en amont du barrage afin de permettre une bonne gestion des boues de vidange et créer une zone assec pour la réalisation du chantier jusqu'à 2,5 m³/s. Au delà les vannes du barrage seront fermées et le barrage remis en charge ce qui, d'ailleurs, est contradictoire avec l'objectif de faire transiter les eaux de la Cure lors des travaux au niveau de la tour (p 285). Des consignes travaux devront être élaborées afin de couvrir en toute sécurité la gestion d'une crue en fonction également de la disponibilité des vannes du barrage et des interventions sur le génie civil.</p> <p>Ces procédures pourront être mises à profit pour encadrer les opérations faisant intervenir des déplacements de charges lourdes sur l'ouvrage afin de garantir sa pérennité dans le cadre des travaux.</p>	<p>L'entreprise en charge des travaux devra bien fournir des consignes en cas de crue présentant son plan d'évacuation (et les dispositions retenues d'alerte pour y parvenir).</p> <p>En complément à la remarque les charges lourdes en crête ne posent pas de problème pour la sécurité du barrage compte tenu du type d'ouvrage (barrage poids). En revanche, il peut y avoir un risque de dégradation des équipements en crête => en cas de dégradation ils seront remis en état dans le marché par les entreprises responsables de la dégradation.</p>

<p>Nature des travaux de réhabilitation</p>	<p>Mail du 15/04/2022</p>	<p>P 282 (pose géomembrane) : le niveau haut de la géomembrane étant sous RN, les événements de cette dernière, débouchant dans le masque Lévy, devront être situés à un niveau a minima supérieur à la PHE pour éviter toute inondation de celui-ci en cas de perte d'étanchéité de ce revêtement.</p> <p>P 287 (réfection de la dalle M. Levy) : la réfection de la dalle située au dessus du masque Lévy semble conduire à une épaisseur de dalle moindre de 7 cm par rapport à celle actuelle. Le cote de danger actuellement retenue correspondant à la cote de la dalle (585,51 m NGF-IGN 69), cette modification technique devra faire l'objet d'un point de vigilance et d'une mise à jour de la cote de danger si besoin.</p>	<p>Les événements seront bien calés au dessus de la PHE (dans les puits Maurice Lévy).</p> <p>La réfection de la dalle Maurice Lévy ne fait plus l'objet des travaux : la dalle est conservée en l'état, les fissures seront régulièrement reprises par l'exploitant comme ce qui est réalisé actuellement (l'étanchéité étant assurée par le mortier protégé par la dalle).</p> <p>Les différentes cotes seront confirmées après levé topographique de l'entreprise (et recalage des échelles limnimétriques) si nécessaire.</p>
<p>Remplissage</p>	<p>Mail du 15/04/2022</p>	<p>Par ailleurs, nous avons omis d'évoquer hier la phase de remontée des eaux que nous souhaitons aussi aborder. Ce sujet, très important, devra être intégré dans les compléments à venir avec le protocole associé (étapes de remplissages, auscultation associée etc...)</p>	<p>Ces points sont précisés dans le chapitre suivant</p>

Tableau 10 : Synthèse des remarques et réponses du SCSOH

4 SUIVI DURANT LA VIDANGE / ASSEC / REPLISSAGE

4.1 PREAMBULE

La vidange, l'assec, puis le remplissage de la retenue est une étape particulière dans la vie de l'ouvrage. Une attention particulière sera à apporter durant ces phases pour s'assurer du bon comportement de l'ouvrage.

Cependant il convient préalablement de préciser que le barrage des Settons :

- Est un barrage poids, ouvrage moins sensible que les barrages en remblai aux variations brusques du niveau de la retenue lors de ces cycles ;
- Est protégé sur sa plus grande hauteur par le masque Maurice Lévy qui assure son étanchéité mais permet également de drainer l'ouvrage et ainsi limiter le développement de pressions interstitielles dans le corps du barrage.

Enfin, le mode d'exploitation du barrage en situation courante est le suivant :

- Le barragiste (ou son suppléant) visite 1 fois par jour ouvré (hors samedi-dimanche et jours fériés) le barrage des Settons selon une ronde définie et observe visuellement le corps de l'ouvrage, les organes fixes et mobiles, les systèmes d'auscultation, l'écoulement des drains, la végétation. Il évalue les problèmes et applique les procédures suivant le niveau d'urgence.
- En dehors de présence humaine (principalement les week-ends), l'agent d'astreinte d'exploitation consulte quotidiennement les données du barrage et consigne ses observations et interventions éventuelles par mail (les interventions sur site sont soumises à l'autorisation de l'astreinte de Direction à qui il réfère). Le barragiste retranscrit ensuite sur le registre d'ouvrage au barrage à son retour.
- Les appareils d'auscultation sont mesurés 2 fois par semaine.

Considérant ces éléments les dispositions suivantes sont proposées :

4.2 DISPOSITIONS RETENUES POUR LA VIDANGE ET L'ASSEC

4.2.1 COURBE DE VIDANGE PREVISIONNELLE

La vidange prévisionnelle du barrage des Settons doit être assez rapide pour permettre la réalisation des travaux, au moins en partie, sur une période hydrologique clémente.

Ainsi il est prévu :

- La vidange de la retenue à partir de mi-août à partir d'une cote proche de 15,5 m RL ;
- Une réduction progressive des débits (de 10 à 0 m³/s pour intégrer les différentes contraintes environnementales relatives à la préservation du milieu et de l'écosystème : pêche de sauvegarde, gestion des sédiments) ;
- Une fin de vidange mi-septembre.

La courbe de vidange théorique est rappelée ci-dessous :

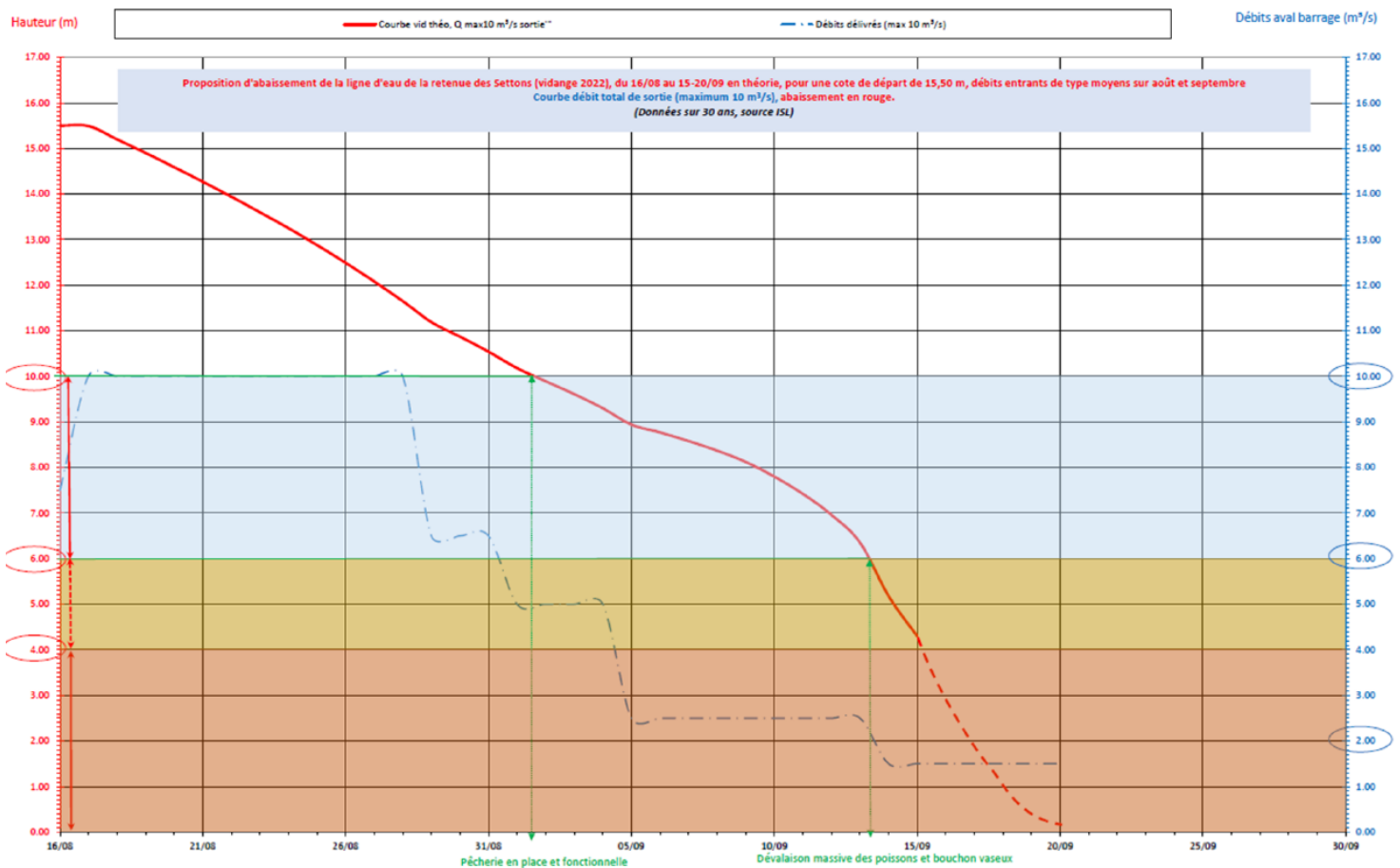


Figure 6 : Courbe théorique de vidange (Extrait du dossier porté à connaissance)

4.2.2 PROTOCOLE PROPOSE

Compte tenu du type d'ouvrage et de la fréquence du suivi déjà organisé en situation courante (visite journalière, levé 2 fois par semaine) il pourra être envisagé de conserver le rythme actuel de suivi de l'ouvrage durant le cycle de la vidange.

A contrario les autres inspections (puits et chambre notamment) pourraient être plus rapprochées avec une inspection toutes les semaines durant la vidange (qui durera environ 1 mois) plutôt que la fréquence mensuelle actuellement en cours afin d'observer d'éventuels phénomènes (augmentation du débit de drainage, etc...) durant la vidange.

Durant l'assec, les tournées du barragiste pourraient être diminuées (à la même fréquence que l'auscultation) tout comme les mesures d'auscultation mais devront impérativement être réalisées car il est probable que le barrage soit régulièrement soumis à des crues et donc à des montées de niveaux d'eau qu'il conviendra d'analyser. Ainsi il est préconisé :

- 1 visite et relevé des appareils d'auscultation 1 fois toutes les semaines ;
- 1 visite et relevé des appareils d'auscultation immédiatement après remplissage éventuel en cas de crue (si la cote en crue dépasse 5 m).

Enfin durant cette période ISL sera en charge du suivi et de l'analyse du comportement (niveaux 1 et 2) et à cet effet sera systématiquement destinataire des relevés et les analysera. Durant la vidange, une analyse hebdomadaire sera réalisée. Durant l'assec une analyse mensuelle est prévue et à chaque épisode de crue.

4.3 REMPLISSAGE

La fin des travaux dans la retenue doit avoir lieu au plus tard mi-janvier afin d'avoir une chance de remplir la retenue pour qu'elle soit opérationnelle l'été suivant.

Sur la base des données hydrologiques disponibles les simulations de remplissage ont conduit à fournir le fuseau suivant pour la période considérée :

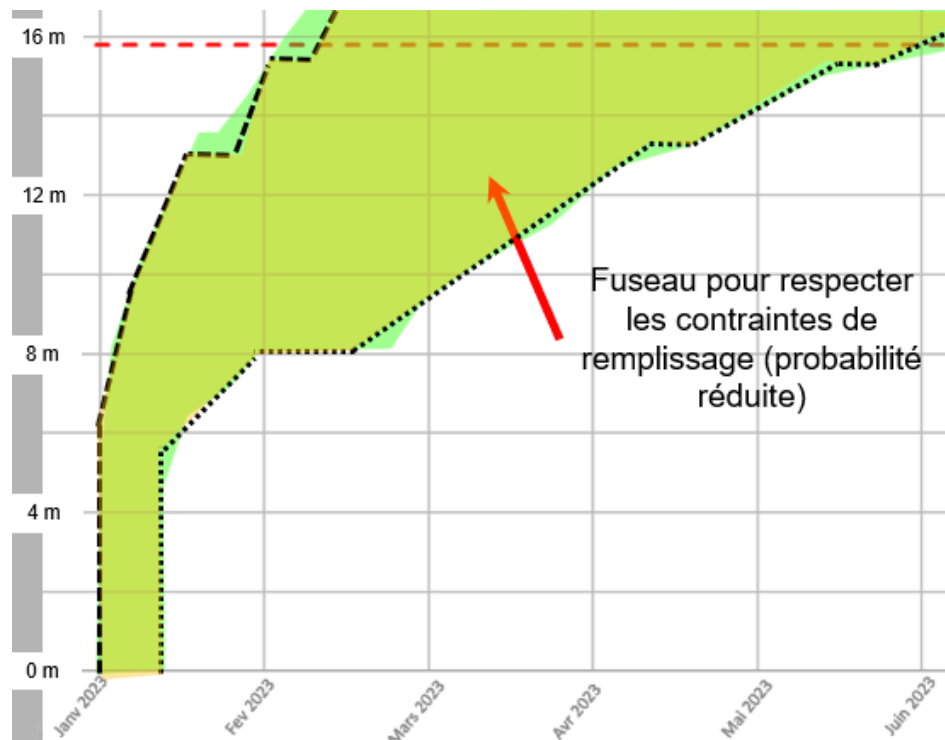


Figure 7 : Fuseau de remplissage

Une montée rapide est prévisible jusqu'à 8 m ; au-delà elle est plus lente.

Cependant en considérant d'une part le risque de ne pas remplir la retenue (avec des apports les plus importants en janvier / février) et d'autre part le type d'ouvrage, peu sensible aux variations importantes de la retenue, le protocole de remplissage proposé est le suivant :

- Absence de contrainte particulière de montée du niveau de la retenue jusqu'à 13 m RL (RN - 4 m) ;
- Maintien d'un palier à 13 m RL d'une durée de 1 semaine (intégrant l'analyse des données d'auscultation) ;
- Montée du niveau d'eau sans contrainte particulière jusqu'à 15,5 m RL (> 0,5 m par rapport à la cote d'arrêt du DEG) ;
- Maintien d'un palier à 15,5 m RL d'une durée de 1 semaine (intégrant l'analyse des données d'auscultation et permettant de vérifier le bon fonctionnement du DEG, y compris de la fermeture à 15 m RL) ;
- Fin du remplissage jusqu'à la RN.

Durant le remplissage, les dispositions retenues lors de la vidange seront appliquées (visites, relevés d'auscultation, etc...).

4.4 SYNTHÈSE

De façon synthétique les recommandations précédemment exposées sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

	Visite du barrage	Relevé des appareils d'auscultation	Visite particulière (puits)	Analyse des données	Contrainte sur la retenue
Vidange	1 fois/jour (= condition normale)	2 fois/semaine (= condition normale)	1fois/semaine	1 fois/semaine	Non
Assec	1 fois/semaine et à chaque crue (si niveau d'eau dépasse 5 m RL)	1 fois/semaine et à chaque crue (si augmentation niveau d'eau)	A chaque crue (si augmentation du niveau d'eau)	1 fois/mois et à chaque crue (si augmentation du niveau d'eau)	Non (mais gestion des sédiments / crue)
Remplissage	1 fois/jour hors week-ends (= condition normale) Visite également le week-end en période de montée rapide (jusqu'au premier palier)	2 fois/semaine (= condition normale)	1fois/semaine	1 fois / semaine + analyse niveau 2 durant les paliers	Pas de contrainte particulière sauf maintien de 2 paliers à 13 et 15,5 m RL

Tableau 11 : Recommandations durant les phases de vidange / assec / remplissage

5 CONCLUSION

5.1 PREAMBULE

Le tableau ci-dessous concerne la grille d'évaluation de la conformation à l'annexe I de l'arrêté technique des barrages.

GRILLE D'EVALUATION DE LA CONFORMITE A L'ANNEXE I DE L'ARRETE DU 06/08/2018

Les exigences essentielles de sécurité définies à l'article 2-1 de l'arrêté ministériel du 6 août 2018 sont assurées dans les différentes conditions suivantes :

Référence annexe I	CONFORME (conformité vérifiée)	NON CONFORMITE AVEREE (non conformité avérée sur un ou plusieurs points)	NON CONFORMITE SUSPECTEE	MANQUE D'INFORMATION (il manque des vérifications pour se prononcer)	Non concerné (justifier dans ce cas la raison pour laquelle l'ouvrage n'est pas concerné par l'item)	Référence du document justificatif (étude de dangers, étude technique spécifique, ...)	Echéance de remise des vérifications approfondies le cas échéant	Rappel de l'échéance de la prochaine EDD	Echéance pour la mise en conformité le cas échéant (au regard des impératifs de sécurité publique et de l'ampleur des travaux)	Echéance limite réglementaire pour la mise en conformité	Observations
Conditions normales	Chapitre II	X									
Crues exceptionnelles	Chapitre III	X				Etude de stabilité 2019 / EDD M&J 2020 (*)					
Séisme	Chapitre IV	X									PM : Zone de sismicité 1
Situation transitoire de vidange	Chapitre V, 22 et 25				X (Settons : barrage poids maçonnaires, ce n'est pas un barrage en remblai)						
Formation et poussée de la glace	Chapitre V, 23 et 25	X				Etude de stabilité 2019 / EDD M&J 2020 (*)					
Perte ou dégradation significative de la capacité de drainage	Chapitre V, 24 et 25			X			2021		2023 (suite à l'examen technique complet post vidange et à une MAJ de l'étude de stabilité sur ce point)	2025	
Perte ou dégradation significative de l'étanchéité	Chapitre V, 24 et 25	X									
Perte ou dégradation d'une autre fonction importante de sécurité telle que mise en exergue par l'étude de dangers	Chapitre V, 24 et 25	X									
Combinatoire Défaillance prévue aux articles 21 à 24 + crue	Chapitre V, 25	X				EDD M&J 2020 (*)		Echéance réglementaire : 2030 (EDD 2015, M&J en cours 2020 (*)			
Effondrement de terrain dans la retenue	Chapitre V, 26	X									
Avalanche	Chapitre V, 26	X									
Choc de bateau	Chapitre V, 26				X (les bateaux de promenade navigant sur le lac des Settons ne sont pas de type péniche, et sont sans incidence sur la stabilité du barrage)						Point vu et validé avec ISL, actuellement en cours de MAJ de l'EDD (*)
Le barrage dispose d'une revanche suffisante	Chapitre VI, 27	X				EDD M&J 2020 (*)					
Le barrage est équipé d'un dispositif conforme à l'arrêté permettant d'évaluer les débits entrants et sortants	Chapitre VI, 28			X					2021 (intégré dans le marché 2020 AMOuv Vidange du barrage des Settons)	2030	Mesure débit sortant aval : sonde opérationnelle. Mesure débit entrant : sonde de hauteur, mais pas encore de tarage sur la Cure amont, principal tributaire du lac. Le calcul du débit entrant total se fait par calcul (delta des volumes de lac veille et jour J)
Le barrage est équipé d'un dispositif de mesure des mouvements sismiques	Chapitre VI, 29				X (Zone de sismicité 1)	Etude de stabilité 2019 / EDD M&J 2020 (*)					

(*) : MAJ de l'EDD 2015 suite aux observations du SCSSM

Tableau 12 : Recommandations durant les phases de vidange / assec / remplissage

Il met en évidence que le barrage est conforme à l'arrêté sauf pour deux sujets :

- L'information relative à « la perte ou la dégradation significative de la capacité de drainage » était manquante.
Désormais, les travaux dits anticipés réalisés fin 2021 et début 2022 ont conduit à inspecter l'ensemble des drains du puits Maurice Lévy, les curer et pour certains les reforer afin de s'assurer de leur efficacité.
De même, les drains de fondation ont été inspectés et nettoyés.
L'ensemble des récolements sera bientôt disponible.
- Une non-conformité a été suspectée en ce qui concerne le « dispositif conforme à l'arrêté permettant d'évaluer les débits entrants et sortants ».
Le marché à venir prévoir le tarage des différentes sondes (amont et aval).

Considérant ces éléments, l'ensemble des éléments définis par l'arrêté sera conforme suite à la réalisation des travaux.

5.2 CONCLUSIONS

Les principaux éléments exposés dans les chapitres précédents mettent en évidence que :

- 1/ La sûreté du barrage est acquise, avant les travaux de restauration (cf. rappel du tableau d'analyse de l'ATB ci-dessous) ;
- 2/ Les travaux de restauration du barrage améliorent son fonctionnement et sa pérennité. Ils n'ont pas d'incidence sur son niveau de sûreté à court terme ; ils contribuent à ralentir son vieillissement donc à améliorer son niveau de sûreté à long terme ;
- 3/ Les phases transitoires de travaux ne diminuent pas le niveau de sûreté.

