



AMO POUR LE PROGRAMME DES TRAVAUX POUR LA MODERNISATION DU BATARDAGE DU BARRAGE D'AUXONNE

Note complémentaire

Diagnostic de l'existant

 	BRL Ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
---	--

Date du document	12/11/2024
Contact	Line BABIOL

Titre du document	Note complémentaire_ Diagnostic de l'existant
Référence du document :	A01317_Diagnostic de l'existant_B
Indice :	B

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et validé par
08/11/2024	A	Première version	HSA/ADO	LBA
13/11/2024	B	Prise en compte des remarques de la DIMOA	HSA	LBA

AMO POUR LE PROGRAMME DES TRAVAUX POUR LA MODERNISATION DU BATARDAGE DU BARRAGE D'AUXONNE

Note complémentaire

Diagnostic de l'existant

PREAMBULE	5
1 CONTEXTE GÉNÉRAL ET HISTORIQUE	6
1.1 Présentation du site	6
1.2 Historique des principales interventions sur l'ouvrage	7
2 SYSTÈME DE BATARDAGE ET BARRAGE EXISTANT	9
2.1 Analyse du système de batardage	9
2.2 Sécurité des agents lors des opérations de batardage	10
3 FONCTIONNEMENT ET HISTORIQUE DES RÉSEAUX DU BGVM	12
3.1 Fonctionnement général du barrage	12
3.2 Historique et REX post reconstruction	14
3.2.1 Optimisation des réservations lors des phases de négociation	14
3.2.2 Expertise de 2017	15
3.2.3 Câble anti-affalement	15
3.2.4 Fonctionnement de la régulation	16
3.2.5 Purges des réseaux	16
4 DIAGNOSTIC DU BGVM	17
4.1 Génie civil actuel des ouvrages	17
4.1.1 Bilan des travaux réalisés entre 2009 et 2011	17
4.1.2 Diagnostics et travaux réalisés après 2011	18
4.1.3 Diagnostic de 2024	19
4.1.3.1 Piles et culées	19
4.1.3.2 Radier	20
4.2 Equipements	21
4.2.1 Barrage gonflable à volets métalliques	21
4.2.1.1 Bouchures gonflables	22
4.2.1.2 Local de commande	23
4.2.2 Système de batardage actuel – Ancien barrage à aiguilles	24
4.2.2.1 Fermettes	24
4.2.2.2 Aiguilles	25
4.2.2.3 Panneaux de platelage des passerelles escamotables	25
4.2.2.4 Estimation des coûts de réhabilitation	26
5 DIAGNOSTIC DU TRANSBORDEUR	27
6 CONCLUSION	29

TABLE DES ILLUSTRATIONS

◆ Liste des figures

Figure 1: Implantation du barrage d'Auxonne	6
Figure 2: Vue d'ensemble du site d'Auxonne (vue satellite)	7
Figure 3: Systèmes de batardage incompatibles avec le site d'Auxonne	9
Figure 23: Batardage de la passe 3 à l'aide du barrage à aiguilles	11
Figure 4: Localisation des réseaux d'alimentation du BGVM et schéma de tuyautage	13
Figure 5 : réseaux sous le radier et clapets anti-retour	13
Figure 6 : Conception initiale : caniveau pour les conduites par demie passe.	14
Figure 7 : Constat 2017 avant coulage de la réservation.....	15
Figure 8: Robinet de purges	16
Figure 9: Extrait du manuel d'opération et de maintenance.....	16
Figure 10: Récapitulatif des travaux de génie civil réalisés dans le cadre de la construction	
Figure 11 : Photographies des différentes dégradations observées (de gauche à droite et de haut en bas : fusibles endommagés ; fuites d'une boudruche, ragréage d'une pile dégradé, cavité dans le béton du radier.	18
Figure 12: Culée rive gauche -novembre 2023- juillet 2024	19
Figure 13: pile centrale – juillet 2024.....	20
Figure 14: Radier en amont immédiat du BGVM - Juillet 2024.....	21
Figure 15: Radier en aval immédiat du BGVM - Juillet 2024	21
Figure 16: Bouchure gonflable et volet métallique – Juillet 2024.....	22
Figure 17 : Emplacement et photographie du local de commande avant réhabilitation	23
Figure 18: Plans du local de commande du BGVM	23
Figure 19 : Local de commande et équipement intérieur – novembre 2023.....	23
Figure 20: Fermettes et systèmes de fixations - Juillet 2024	24
Figure 21: Aiguilles en sapin – Juillet 2024.....	25
Figure 22: Photo des panneaux de platelages des passerelles - Juillet 2024	25
Figure 24: Position du transbordeur sur le site d'Auxonne (trait rouge).....	27
Figure 25: Photo du transbordeur – novembre 2023 et juillet 2024	27
Figure 26: Opération de batardage sans transbordeur : manutention et stockage.....	28

PREAMBULE

◆ GENERALITES

Voies Navigables de France assure trois grandes missions au service de la société :

- Le développement de la logistique fluviale ;
- L'aménagement du territoire ;
- La gestion de l'eau.

La majorité des ouvrages liés à la navigation sont des ouvrages anciens que VNF s'efforce à maintenir dans un état de fonctionnement optimal. Au fil du temps, la gestion des niveaux d'eau via les barrages à aiguilles a laissé place à des systèmes automatisés.

Sur le barrage d'Auxonne (21), objet du présent marché, les travaux de modernisation de 2012 ont conduit à remplacer le barrage à aiguilles historique par un barrage gonflable à volets métalliques (BGVM), en aval immédiat de l'ancien ouvrage manuel.

L'ancien barrage à aiguilles a quant à lui été conservé afin de :

- Servir de batardeau amont dans le cadre des travaux de reconstruction mais aussi de batardeau de maintenance ou d'entretien du nouvel ouvrage en service ;
- Conserver un ouvrage dont la valeur patrimoine constitue un intérêt historique et un attrait touristique et pédagogique indéniable.

5

◆ MISSION AMO

A ce jour, BRL Ingénierie intervient dans le cadre d'une mission d'études et de programmation assimilée à une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage, préalable aux opérations de maîtrise d'œuvre qui en découleront.

Cette mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage a pour objectif de comparer les différents scénarios de modernisation envisageables pour le système de batardage et d'approfondir le scénario retenu. Cette mission devra en outre permettre le lancement d'une consultation pour le recrutement d'un maître d'œuvre.

En parallèle de la problématique relative au système de batardage, le programme de la mission d'AMO inclut un diagnostic de l'existant.

◆ OBJECTIF DE LA PRESENTE NOTE

La présente note répond à la demande du programme d'intégrer un diagnostic complet du site. Elle vient en complément des 3 phases indiquées au marché et permet de dresser un historique des travaux de modernisation et de construction du barrage gonflable à volets métallique en y associant un état des lieux des installations techniques et des réseaux sur la base des données mises à notre disposition.

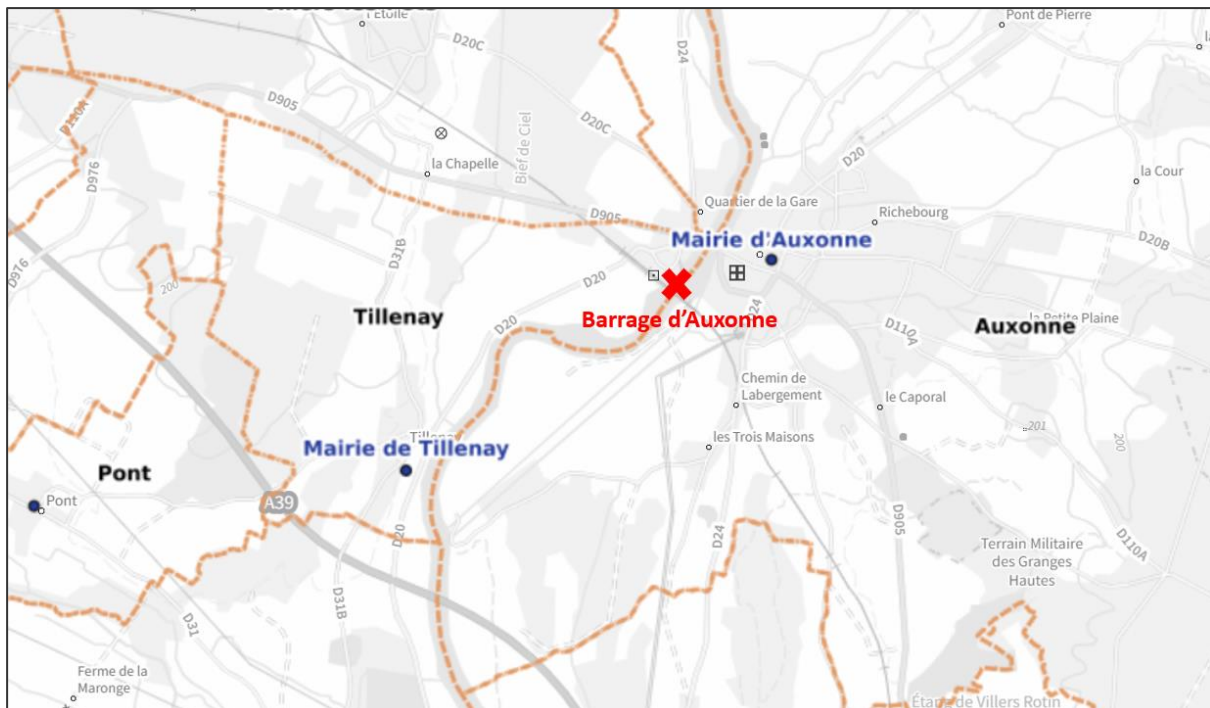
1 Contexte général et historique

1.1 Présentation du site

Le barrage d'Auxonne est situé au PK : 232,2, sur la Saône entre les communes d'Auxonne et de Tillenay au sein du département de la Côte d'Or à une trentaine de kilomètres de la ville de Dijon et à une quinzaine de kilomètres de la ville de Dôle.

Il est construit en amont du viaduc ferroviaire de la ligne Dijon-Dôle et en aval immédiat de l'ancien barrage à aiguille qui lui sert aujourd'hui de batardeau de maintenance.

Figure 1: Implantation du barrage d'Auxonne

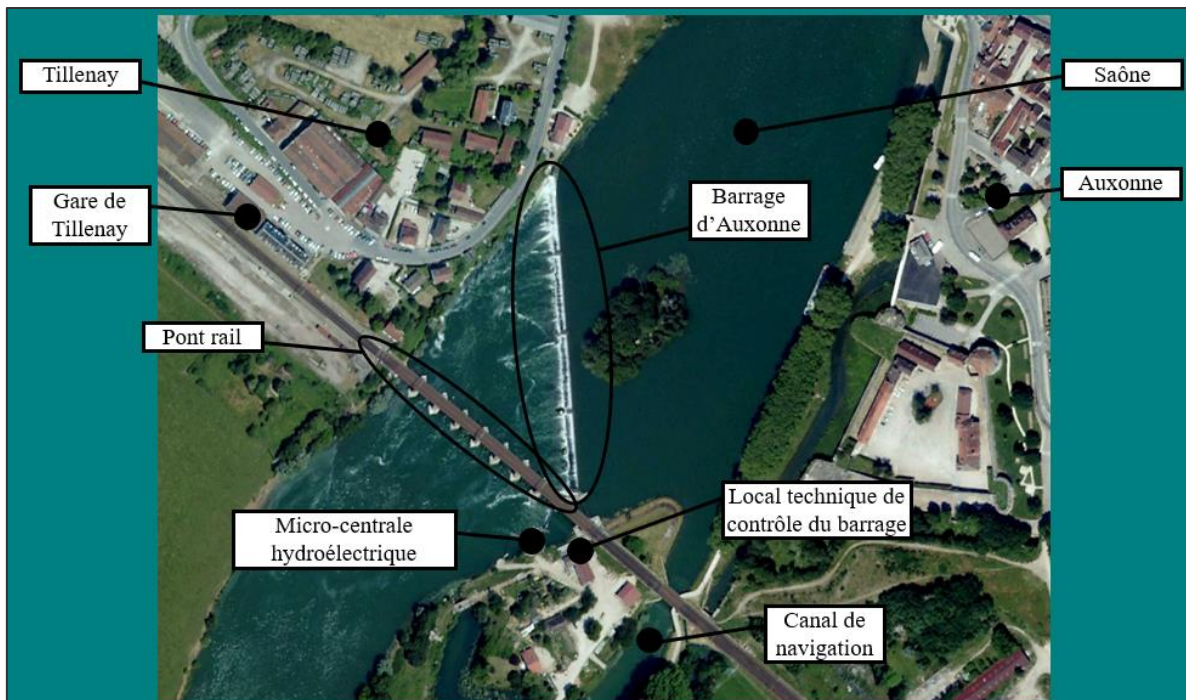


Source : Géoportail

Ce barrage régule la Saône jusqu'au barrage de Poncey-les-Athée (barrage à Clapets) situé 8 km en amont.

Le barrage d'Auxonne en Bourgogne est un ouvrage singulier de par sa grande longueur de 220m permettant la navigation sur la Saône et la maîtrise des risques de crues sur les communes associées (Auxonne et Tillenay).

Figure 2: Vue d'ensemble du site d'Auxonne (vue satellite)



Le site d'Auxonne comprend de la rive droite vers la rive gauche :

- La commune de Tillenay ;
- Une passe à poissons ;
- Quatre passes hydrauliques dont trois passes de 52,50m de longueur (côté RG) et une passe de 46,50m de longueur (côté RD) constituées de BGVM ;
- Une passe à canoës ;
- Une microcentrale hydroélectrique ;
- Un local technique de contrôle du barrage ;
- Un canal de navigation ;
- La commune d'Auxonne.

1.2 Historique des principales interventions sur l'ouvrage

Une liste indiquant l'historique des principales interventions réalisées sur l'ouvrage est présentée ci-dessous :

- 1840-1841 : construction d'un barrage fixe ;
- 1853 : travaux d'exhaussement sur la moitié de la longueur du barrage ;
- 1894 : construction du barrage à aiguilles sur l'ancien déversoir fixe ;
- 2009-2011 : Travaux de modernisation et construction du barrage actuel (Barrage Gonflable à Volets Métallique (BGVM) ;

Hors travaux préalables, les travaux nécessaires à la mise en œuvre du nouveau barrage (BGVM) peuvent se résumer comme suit :

- Réalisation d'ancrages et d'injections afin de garantir un monolithisme aux fondations du nouvel ouvrage ;
- Démolition partielle soignée du radier en maçonneries du barrage actuel ;
- Réfection d'un nouveau radier en béton armé et mise en place des fourreaux, inserts et pré-scélés ;
- Mise en place des équipements et réseaux nécessaires ;
- Aménagement de l'aval du coursier par mise en place d'enrochements libres ;
- Restauration des parties maçonnées conservées et des superstructures (piles et coursier aval) de l'ancien barrage à aiguilles ;

Associés à ce nouveau barrage, les ouvrages suivants ont été construits :

- Une passe à poissons à bassins successifs associée à un dispositif d'attrait en rive droite ;
- Une passe à canoës en rive gauche ;
- La restauration de la berge en rive droite, située en extrême aval de cette passe à poissons ;
- La restauration et la modernisation du local du barrage existant en rive gauche.

2 Système de batardage et barrage existant

2.1 Analyse du système de batardage

La mission d'AMO confiée à BRL Ingénierie en 2024 a conduit à mener une analyse multicritère pour comparer 3 systèmes de batardage distincts.

- Scénario 1 : Réhabilitation du système de batardage actuel à aiguilles ;
- Scénario 2 : Reconstruction du système de batardage par un batardeau à poutrelles ou planchettes avec poteaux intermédiaires ;
- Scénario 3 : Reconstruction du système de batardage par un système à panneaux entre fermettes.

Cette analyse a exclu les batardeaux à demeure ou nécessitant des moyens de levages peu compatibles avec les passes présentes sur le site d'Auxonne dont les longueurs sont d'environ 50 ml par passe.

Figure 3: Systèmes de batardage incompatibles avec le site d'Auxonne

Typologie de batardeaux	Facteur discriminant
Batardeaux à poutres ou à panneaux	La largeur des passes du barrage d'Auxonne dépasse les portées maximales d'un tel dispositif
Batardeaux plaque	La largeur des passes du barrage d'Auxonne dépasse les portées maximales d'un tel dispositif
Batardeaux gonflables	Structures fragiles et sensibles aux embâcles, nombreux sur le site d'Auxonne
Batardeaux flottants	Structures imposantes et couteuses et qu'il conviendrait de disposer en plusieurs exemplaires pour batarder l'ensemble des passes
Batardeaux avec structure soutenant une membrane étanche	Structures fragiles et sensibles aux embâcles, nombreux sur le site d'Auxonne
Batardeaux avec structure auto-étanche	Structures fragiles et sensibles aux embâcles, nombreux sur le site d'Auxonne

La reconstruction du barrage existant par un système à clapets qui aurait pu permettre la mise en place de batardeaux à demeure a également été exclue de l'analyse pour les raisons suivantes :

- **Financièrement**, la reconstruction d'un barrage à clapets d'environ 200 mètres linéaires intégrant un système de batardage en amont et en aval, ainsi qu'une passerelle de franchissement est estimée entre **20 et 25 M€HT** ; contre 1,4 M€HT pour le scénario le plus couteux présenté dans l'analyse multicritère (le scénario 3 : reconstruction du système de batardage par un système à panneaux entre fermettes, variante avec des panneaux en aluminium).
- **Techniquement**, la reconstruction d'un barrage à clapet implique :
 - La reconstruction des piles et culées existantes afin qu'elles puissent reprendre les efforts induits par les clapets.
 - La reconstruction du radier. Celui-ci n'est en effet pas dimensionné structurellement ni géométriquement pour un système à clapet ;
 - La reconstruction d'au moins 4 nouvelles piles (une par passe à minima). En plus du coût associé, cela implique la perte d'une section hydraulique importante qu'il sera nécessaire de récupérer en profondeur ou sur les berges, impliquant des travaux de démolition / terrassement très importants.

- La création d'une passerelle située au-dessus des PHEC (ou relevable) permettant le franchissement du cours d'eau et l'accès aux piles intermédiaires pour l'accès aux organes de manœuvre. La mise en œuvre de passerelle relevable ou au-dessus des PHEC implique nécessairement des infrastructures conséquentes.
- La mise en place d'un batardeau aval permettant la réalisation de maintenance sur les clapets.

Sur l'ensemble de ces éléments, la présence de **piles intermédiaires et d'une passerelle** constituaient lors des études pour la reconstruction du barrage en 2010 deux critères incompatibles et rédhibitoires vis-à-vis **des enjeux architecturaux** (site patrimonial).

2.2 Sécurité des agents lors des opérations de batardage

Le système de batardage est mis en place pour les opérations fréquentes de maintenance. A cela s'ajoute :

- La gestion des embâcles, mais uniquement lorsque le clapet conserve sa fonction de régulation ;
- Les opérations de désensablage réalisées au minimum une fois tous les 2 ans pour éviter des dégâts sur les fermettes ;
- Les opérations de maintenance lourde programmée de périodicité supérieure ou égale à :
 - 15 ans pour les organes de manœuvre ;
 - 15 ans pour les étanchéités, la mécanique et la protection anticorrosion ;
- Les opérations exceptionnelles dues à des désordres ;

A chaque opération, le système de batardage est mis en place selon le procédé suivant :

1. Mise en place des fermettes à l'aide des chaînes ;
2. Pose du platelage en caillebotis ;
3. Mise en place des aiguilles ;
4. Pompage de l'eau en aval du barrage à aiguilles.

Pour l'effacement, les opérations sont inversées : dépose des aiguilles entre deux fermettes, dépose du platelage, basculement de la fermette vers la rive droite ; et ainsi de suite pour toutes les fermettes. Il est à noter également que les fermettes ne basculent que de la rive gauche vers la rive droite, ce qui impose un sens pour la gestion de ces opérations.

Figure 4: Batardage de la passe 3 à l'aide du barrage à aiguilles



Ces opérations peuvent prendre 5 heures dans des conditions difficiles en mobilisant 5 personnes et induisant des problématiques fortes de sécurité rappelées ci-dessous :

◆ Sentiment d'insécurité des agents à l'aval du batardeau

Les flèches des aiguilles ainsi que les fuites aux droites des chevauchements de certaines aiguilles (tous les 5 mètres linéaires environ), peuvent procurer un sentiment d'insécurité des agents lorsqu'ils travaillent à l'aval du batardeau. Cette problématique pourrait amoindrir en utilisant des aiguilles en aluminium, et encore plus en utilisant des panneaux.

◆ Sécurité des agents durant la mise en place du batardeau

Il s'agit des problématiques principales rencontrées par le système actuel, liées à une mise en place manuelle des aiguilles depuis la passerelle existante, sans garde-corps ni système de sécurité fonctionnel.

La sécurité pourrait être améliorée par l'ajout :

- D'une ligne de vie ;
- D'un garde-corps aval,
- Le remplacement des aiguilles en bois par des aiguilles plus légères en aluminium ou par des panneaux dont les manœuvres pourraient être réalisées à l'aide d'un treuil permettant la diminution de l'effort des agents lors de leur extraction.

A l'heure actuelle, trois principaux freins peuvent dégrader davantage l'utilisation du système de batardage existant :

- La panne du transbordeur depuis 2019. La maintenance nécessite depuis lors un transport des aiguilles à l'aide de brouette, ce qui augmente la pénibilité et l'insécurité.
- Le transfert de compétences et la vision à long terme sur le besoin en personnel pour la maintenance du site n'est pas suffisamment anticipé et organisé.
- Le manque d'éclairage sur le site.

Le système de batardage actuel permet néanmoins de ne pas mobiliser de plongeurs ou de barges, car les fermettes constituent un moyen d'accès de plein pied.

3 Fonctionnement et historique des réseaux du BGVM

3.1 Fonctionnement général du barrage

Pour son fonctionnement, le Barrage Gonflable à Volet Métallique (BGVM), reconstruit en 2012, nécessite :

- Un réseau d'air comprimé pour le gonflement – régulation des bouchures gonflables ;
- Un réseau électrique pour le contrôle commande des volets métalliques

L'amenée des réseaux électriques se fait par passage en fourreaux jusqu'au regard situé en entrée du local de commande. Le poste de commande a pu être implanté dans le local existant du barrage à aiguilles, réutilisé et rénové lors des travaux de construction du BGVM. Il intègre :

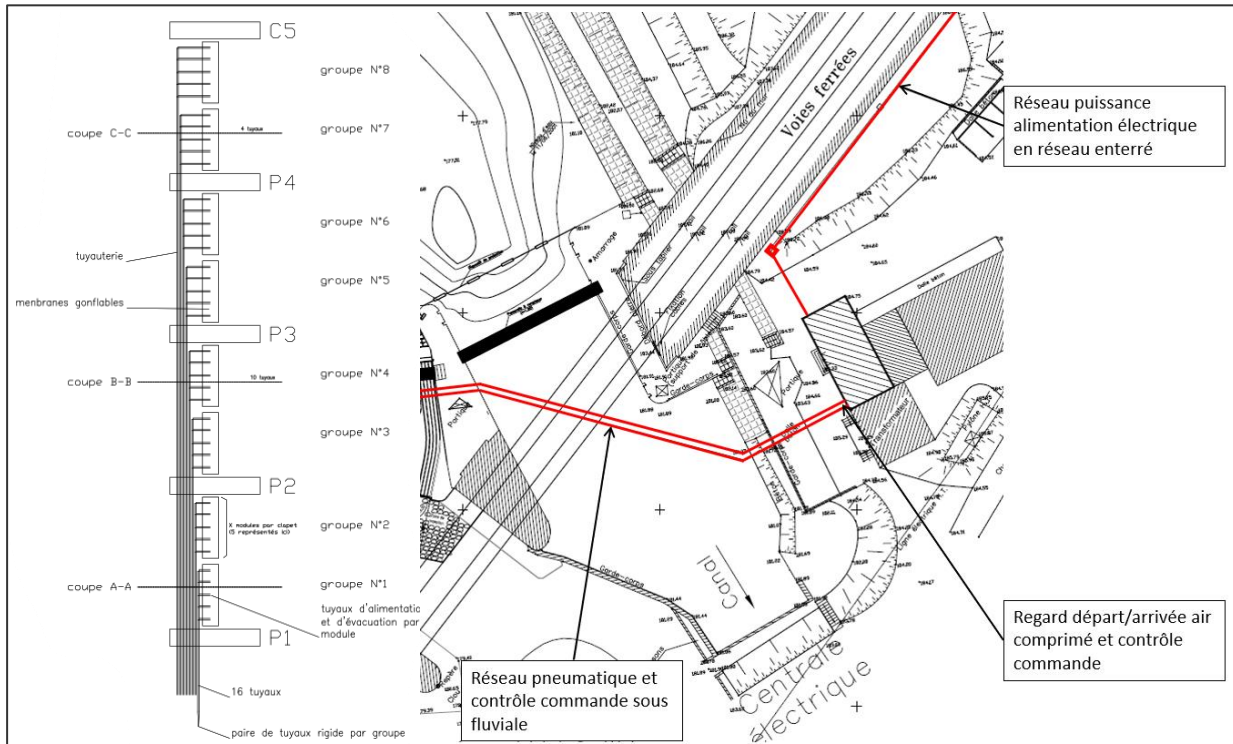
- Les éléments de puissance :
 - Un transformateur ;
 - Un groupe électrogène.
- De contrôle commande :
 - Une armoire de distribution pneumatique ;
 - Une armoire de commande de l'automatisme.
- Le système d'alimentation en air comprimé :
 - Un compresseur de base et un second de secours ;
 - Un assécheur d'air ;
 - Des filtres ;
 - Deux ballons d'air comprimé de 3 m³ en série sur l'alimentation.

L'alimentation pneumatique du BGVM se fait depuis le local de commande en rive gauche. Les réseaux descendent ensuite au fond du chenal de la microcentrale (protégés par des palplanches) avant de remonter sur l'ancienne pile du barrage (point haut) et de redescendre au fond de la passe à canoé. Au droit du radier, les fourreaux sont noyés dans le béton.

Les réseaux de contrôle/commande (réseau d'information des inclinomètres) empruntent les cheminements des canalisations d'air comprimé.

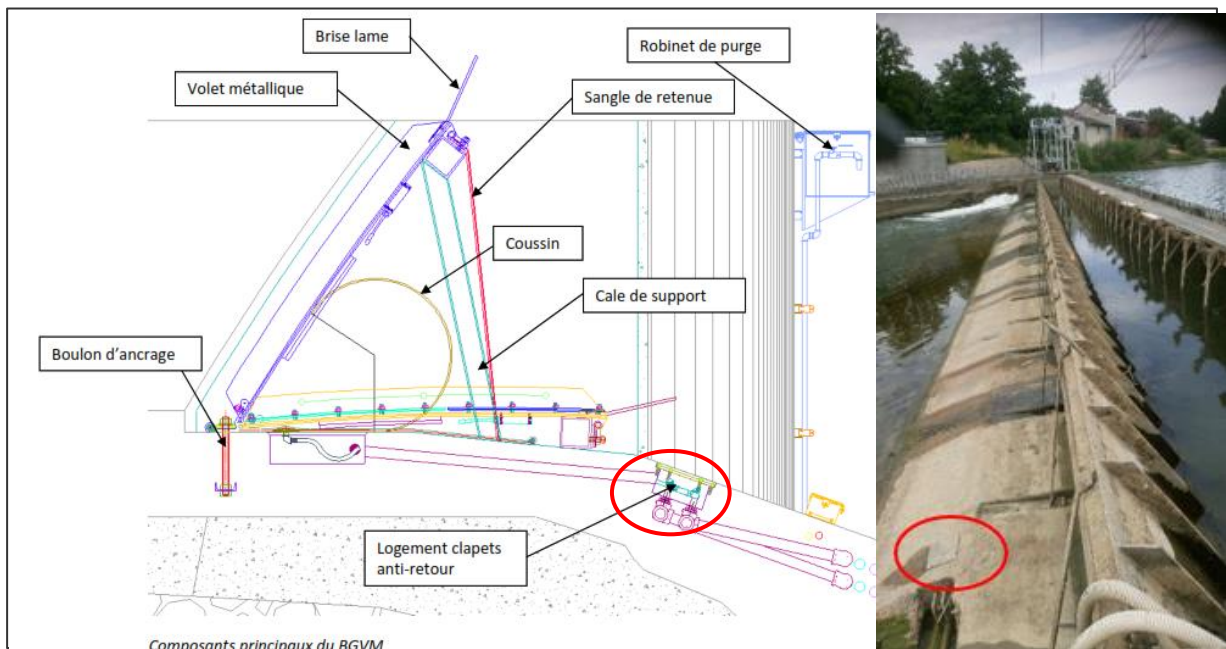
La localisation des réseaux est indiquée sur le schéma ci-après :

Figure 5: Localisation des réseaux d'alimentation du BGVM et schéma de tuyautage



Ensuite, l'ensemble du réseau des conduites d'air comprimé est noyé dans le béton, à l'exception des réservations de branchement sous la boudruche et des chambres de vannes (logement clapets anti-retour en rouge ci-après).

Figure 6 : réseaux sous le radier et clapets anti-retour





3.2 Historique et REX post reconstruction

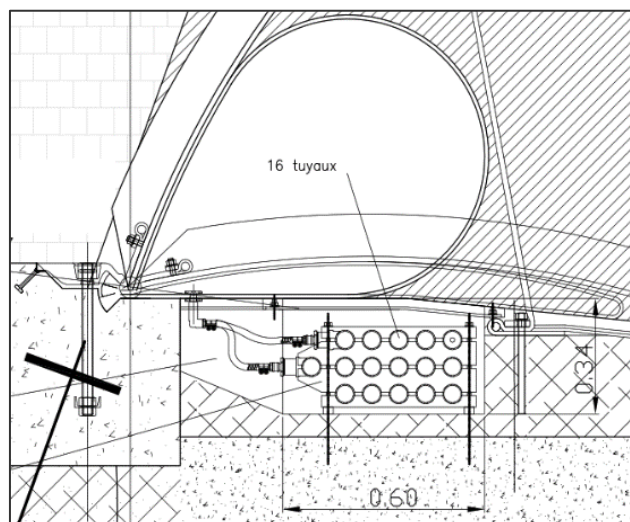
Pour mémoire, BRL Ingénierie était maître d'œuvre durant les opérations de reconstruction du barrage : quelques éléments de contexte historique sont ainsi rappelés afin de bien appréhender le fonctionnement global de l'ouvrage.

3.2.1 Optimisation des réservations lors des phases de négociation

La consultation du marché de travaux pour la reconstruction du barrage d'Auxonne, n'a reçu que trois offres dont deux clairement au-dessus de l'enveloppe prévisionnelle du marché : le marché a donc été déclaré infructueux.

Une phase de négociation a été ouverte dans l'objectif d'essayer de trouver des sources d'économies. Durant ces phases de négociation, certains principes de la conception initiale faite par BRL Ingénierie ont été revus : par mesure de compromis, VNF a accepté de revenir sur le fonctionnement par demie passe initialement envisagé et ainsi de supprimer les caniveaux dans le radier et réduire par 2 le nombre de conduites.

Figure 7 : Conception initiale : caniveau pour les conduites par demie passe.



En contreparties de ces modifications, il a été acté que les conduites seraient soudées et noyées dans le béton en mesure préventive contre les fuites et pour garantir la pérennité de l'ouvrages au même titre que les réseaux d'eau dans les Barrage Gonflable à l'Eau (BGE).

Ces conduites soudées arrivent ensuite par piquage au droit de chaque baudruche, isolée du réseaux alimentation pour garantir l'absence d'impact en chaîne en cas de crevaisson d'une baudruche. Pour ce faire, au droit de chaque baudruche, se trouve une boîte démontable avec un couvercle inox qui contient un clapet anti-retour et une vanne d'isolement. Les conduites d'air comprimé peuvent ainsi se remplir mais pas se dégonfler par la nourrice qui est isolée avec robinet $\frac{1}{4}$ de tour. Des essais de fuite ont été réalisés : en cas de crevaisson d'une baudruche, les autres restent bien en place.

3.2.2 Expertise de 2017

Lors de la construction de la première passe en rive droite (côté passe-à-poisson), l'entreprise travaux a mis en place des conduites serties et non soudées. Comme il avait été acté de ne noyer dans le béton que des conduites soudées, il a été convenu de protéger ces raccords par une dalle en béton. Sur les passes suivantes, les conduites ont toutes été soudées et noyées dans le béton.

En 2017, il est constaté que le couvercle béton a disparu et que les raccords (juste avant la première pile) se trouvaient en contact direct avec le cours d'eau et donc à la merci d'un choc d'embâcles. Les échanges durant l'expertise ont conduit à combler cette réservation de béton, à l'instar de tout le linéaire des réseaux déjà présents dans le radier (hors chambre de vannes / logement clapets anti-retour comme présenté ci-avant).

Figure 8 : Constat 2017 avant coulage de la réservation



3.2.3 Câble anti-affalement

Un dispositif de sauvegarde du bief a été mis en place pour éviter un affalement généralisé d'une passe entière (soit 5 baudruches). Pour ce faire, les volets métalliques sont liaisonnés entre eux par un câble dimensionné pour reprendre la charge d'une baudruche voisine. Ce câble permet de retenir la baudruche non fonctionnelle et évite son affalement (perte du bief). Une poutre de raidissage sur les baudruches proches des piles a été ajoutée pour éviter la torsion.

En cas de disfonctionnement d'une baudruche et de mise en tension du câble, les joints souples qui permettent l'étanchéité entre les volets métalliques sont sur-sollicités et se déchirent. Ainsi, le soutien par le câble évite la perte du bief, mais une intervention de maintenance reste nécessaire à la fois pour réparer la baudruche et agir sur la cause de son dysfonctionnement et à la fois pour reprendre les joints souples d'étanchéité entre les volets métalliques.

3.2.4 Fonctionnement de la régulation

Le marché prévoyait initialement une régulation simple par automate qui questionne directement le niveau amont à l'aide d'une sonde.

Deux inclinomètres par passe, fixés sur les volets métalliques rive gauche et rive droite de chacune des passes, étaient également prévus dans le simple but initial de recueillir de l'information. En effet, le maître d'œuvre de la partie équipement (SETEC-ISM) bénéficiait alors d'un retour d'expérience non concluant sur le fait d'intégrer les informations des inclinomètres dans la boucle de régulation.

En cours d'études d'exécution, l'Entreprise a proposé d'intégrer la prise en compte de la moyenne des deux inclinomètres dans la boucle de régulation. Malgré l'avis négatif du MOE équipement, cette solution a été acceptée par l'exploitant.

Par la suite, il semblerait que, selon les échanges ultérieurs avec l'exploitation et sans en avoir de retour formel, le service exploitation ait développé son propre programme de régulation, basé uniquement sur un des capteurs, le deuxième venant en redondance pour alerter en cas d'écart entre les deux capteurs. Cette disposition est à confirmer par les mesures mises à place actuellement.

3.2.5 Purges des réseaux

La présence d'eau dans les réseaux d'air comprimé peut entraîner des dysfonctionnements majeurs dans le gonflement et la régulation des bouchures, qui peuvent potentiellement conduire à une mise en surtension du câble d'affalement (paragraphe 3.2.3).

Pour éviter toute accumulation d'eau dans ces réseaux, pouvant provenir par exemple, soit de condensat, soit d'opérations de maintenance sur les bouchures ou conduites, soit de vieillissement des flexibles dans le logement des clapets anti-retours, des tuyaux de purges ont été mis en place au niveau des piles (piquage remontant le long des piles).

16

Figure 9: Robinet de purges



Les opérations de chasse d'eau doivent être effectuées régulièrement selon les spécifications du manuel de maintenance fourni dans le cadre du Dossier des Ouvrages Exécutés.

Figure 10: Extrait du manuel d'opération et de maintenance

* Les réseaux d'air doivent être purgés régulièrement en ouvrant les robinets de purge situés au droit des piles. Il est conseillé d'effectuer dans un premier temps ces purges de façon journalière, puis, selon la quantité d'eau évacuée, espacer les purges si nécessaire (une fois par semaine par exemple).

4 Diagnostic du BGVM

4.1 Génie civil actuel des ouvrages

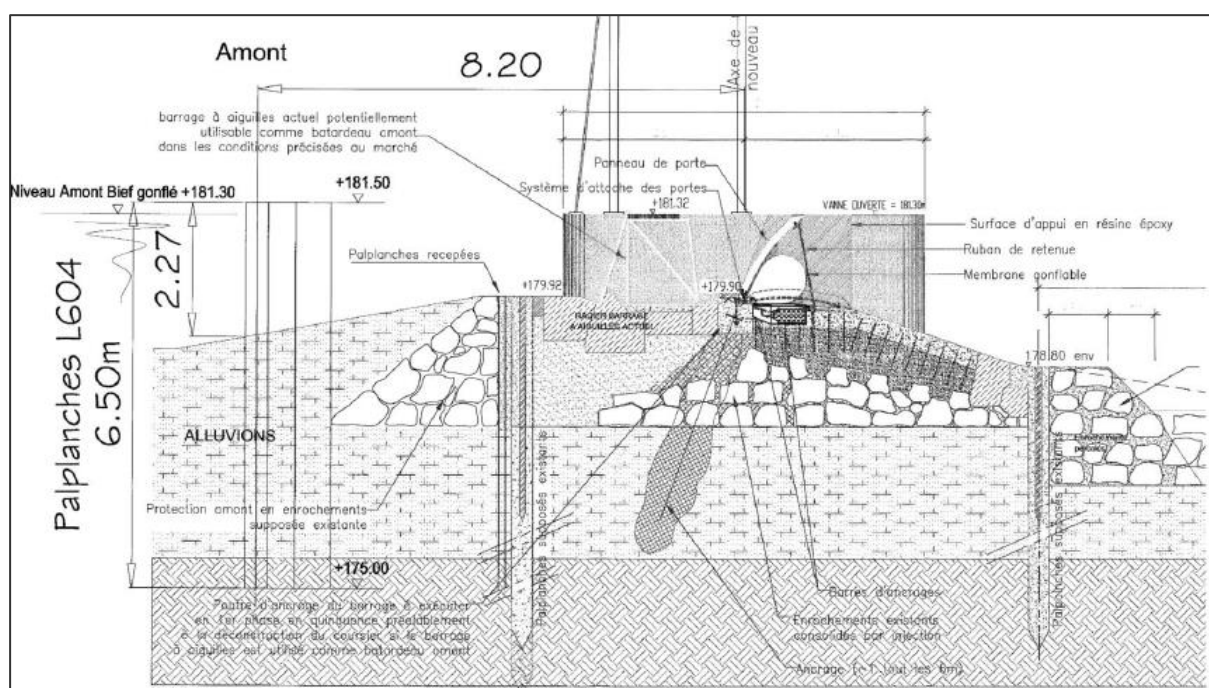
4.1.1 Bilan des travaux réalisés entre 2009 et 2011

Le pré-diagnostic de 2003 réalisé par ISL faisait état de dégradations majeures du génie civil émergées (piles, culées) et immergées (seuil des passes à aiguilles, radier aval en maçonnerie, moises en bois, protection aval en enrochement).

Les travaux de construction du nouveau barrage ont ainsi permis d'intégrer la restauration des piles et des culées du barrage en partie émergée et immergée. En amont, un rideau en palplanches a été battu contre la structure existante laissée en place, participant à la réfection d'ensemble du système de fondation. Certaines maçonneries composant le seuil du barrage à aiguilles ont été rejointées. Les enrochements existants sous le barrage ont été consolidés par injection.

En aval, les maçonneries du seuil ont été rejointées sur 1,80 m depuis la zone d'appui des aiguilles. Les enrochements aval en mauvais état ont été remplacés par des nouveaux enrochements.

Figure 11: Récapitulatif des travaux de génie civil réalisés dans le cadre de la construction du BGVM



Ces travaux ont ainsi permis la réfection complète du génie civil endommagé, qui présentait alors, en 2011, un excellent état. Les équipements (fermettes des passes à aiguilles, panneaux de platelage des passerelles) du système de batardage à aiguilles avaient été diagnostiqués en bon état et n'ont pas été repris.

4.1.2 Diagnostics et travaux réalisés après 2011

Le diagnostic réalisé en 2015 par Eurisk sur le barrage gonflable, mettait en évidence l'absence d'éléments de fixation nécessaires au fonctionnement du barrage (plat métallique, goujons), mais ne montrait toutefois pas de dégradation majeure. Ces problématiques de dessoudage des goujons ont été repérées à différentes reprises lors des opérations de batardage dans les années qui ont suivi la construction du BGVM, mais ne semblent plus être d'actualité.

En 2020, différentes opérations de maintenance ont été effectuées dont les plus importantes ont été :

- Le remplacement des inclinomètres et le changement des clapets d'entrée d'air dans la passe n°3 du BGVM ;
- La pose d'une plaque d'ertalon en remplacement du ragréage de pile manquant côté gauche de la passe 2 du BGVM ;
- La reprise du béton du radier côté gauche et droit sur les passes 1 et 3 du BGVM ;
- Le remplacement d'une boudruche crevée sur la passe n°3 du BGVM ;
- La remise en place d'une fermette sur le système de batardage actuel à aiguilles ;
- Le remplacement de quelques chaînes sur le système de batardage actuel à aiguilles.

Ces travaux ont été effectués en plus des opérations de maintenance courantes énoncées ci-dessous :

- Le remplacement des joints inter-panneaux du BGVM qui ont tendance à se déchirer ;
- Le remplacement de certains câbles fusibles et/ou de portes câbles ;
- La réparation des fuites sur certaines boudruches ainsi que leur nettoyage ;
- Le contrôle et/ou remplacement des différents éléments de fixation (boulons, écrous...).

Figure 12 : Photographies des différentes dégradations observées (de gauche à droite et de haut en bas : fusibles endommagés ; fuites d'une boudruche, ragréage d'une pile dégradé, cavité dans le béton du radier.





4.1.3 Diagnostic de 2024

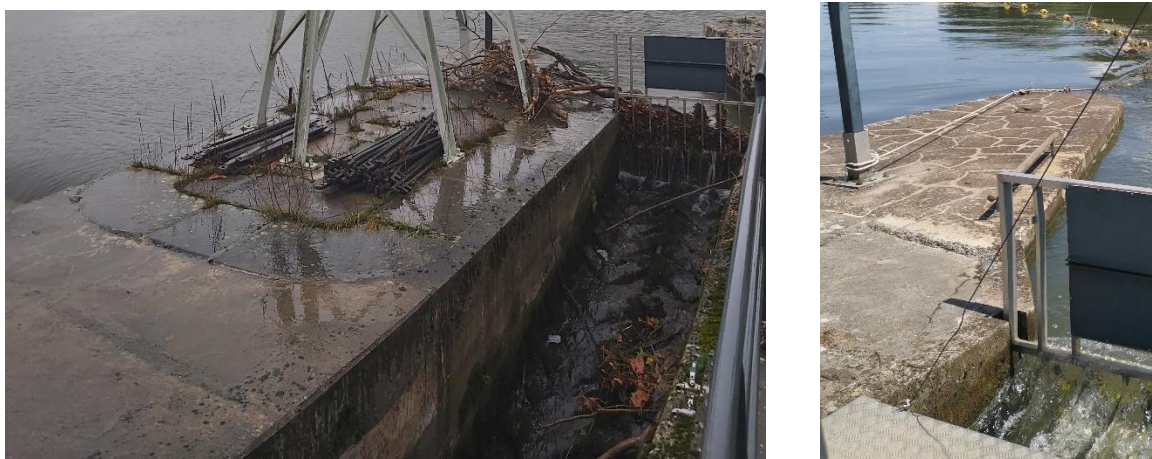
Depuis lors, aucun autre document n'a été transmis concernant des diagnostics supplémentaires. Il est ainsi supposé qu'il n'existe pas d'informations plus récentes sur l'état de ces ouvrages (système de batardage à aiguilles et BGVM) ni de leur génie civil.

Durant la mission d'AMO, une visite de site a été réalisée par nos équipes en novembre 2023, en période de hautes eaux où seules les parties émergées ont pu être observées. Nous avons sollicité le service exploitation dès début 2024 pour organiser un diagnostic en basses eaux avec possibilité de mise en place du système de batardage. Le service d'exploitation nous a alors averti qu'une opération de ce type n'était pas envisageable sur 2024. Durant l'été 2024, le batardage a finalement été mis en place en urgence pour une brève intervention pour laquelle la DIMOA a pu assister et ainsi compléter par photographies nos données sur l'état visuel du site.

4.1.3.1 Piles et culées

La culée en rive gauche présente un bon aspect général. Les maçonneries supérieures ont été rejointoyées. De la végétation est présente au niveau des joints autour des pylônes du transbordeur.

Figure 13: Culée rive gauche -novembre 2023- juillet 2024



La pile centrale montre une absence de joints assez marquée avec de la végétation présente sur le dessus et sur les côtés.

Figure 14: pile centrale – juillet 2024



Bien qu'il existe à ce jour des incertitudes sur l'état précis du génie civil du barrage, le rejointoiement et la reprise des surfaces de pose du radier (reprises superficielles uniquement) a été estimé entre 45 k €HT et 60 k €HT.

4.1.3.2 Radier

Au niveau du seuil de l'ouvrage, la partie en amont du barrage à aiguilles (enrochements et maçonneries du seuil) présentait, en 2009, un état plutôt bon ne nécessitant pas une restauration immédiate. En revanche, après les travaux de construction du BGVM, aucun nouveau diagnostic précis ne semble avoir été réalisé. Des reconnaissances subaquatiques complémentaires ont été lancées sur cette zone durant notre mission d'AMO.

Cette note sera ainsi mise à jour dans une version ultérieure, en fonction des résultats de ces reconnaissances.

A l'inverse de la partie amont, la partie en aval du barrage à aiguilles présentait, en 2009, un très mauvais état, qui a conduit à sa reconstruction durant les travaux de restauration. Ces travaux ont également engendré la mise en place de protections aval en enrochement sur une largeur d'environ 10 m et sur toute la longueur du barrage.

Les photographies prises durant l'été 2024 confirment le bon état général du radier sans désordre apparent.

Bien qu'il existe à ce jour des incertitudes sur l'état précis du génie civil du barrage, le rejointoiement et la reprise des surfaces de pose du radier (reprises superficielles uniquement) a été estimé entre 45 k €HT et 60 k €HT.

Figure 15: Radier en amont immédiat du BGVM - Juillet 2024



Figure 16: Radier en aval immédiat du BGVM - Juillet 2024



4.2 Equipements

4.2.1 Barrage gonflable à volets métalliques

Le BGVM semble présenter un bon état général malgré les dégradations sur les boudins en membranes observées au 4.1.2 et réparées lors des opérations de maintenance annuelles.

4.2.1.1 Bouchures gonflables

La bouchure du barrage intègre des volets métalliques mus par des boudins gonflables à l'air dont l'axe de rotation est parallèle au barrage actuel. Ce dispositif permet de réguler la cote de la retenue normale amont à une valeur constante mais ajustable, comprise entre 180,85 m NGF (cote du niveau normal nominal) et 181,30 m NGF (bief « gonflé ») suivant les besoins de la navigation.

Les volets métalliques ne présentent pas de dégradation apparente, et semblent en bon état. Il est noté une présence de mousse principalement localisée sur la partie déversante et donc aérée des bouchures. Aucune corrosion importante n'est relevée.

Les boudins en membranes ont pu faire l'objet de dégradations qui obligent l'équipe de maintenance à intervenir pour des opérations de réparations/remplacement. Les câbles fusibles, les joints souples entre les volets ainsi que les éléments de fixation doivent également et régulièrement être contrôlés et maintenus.

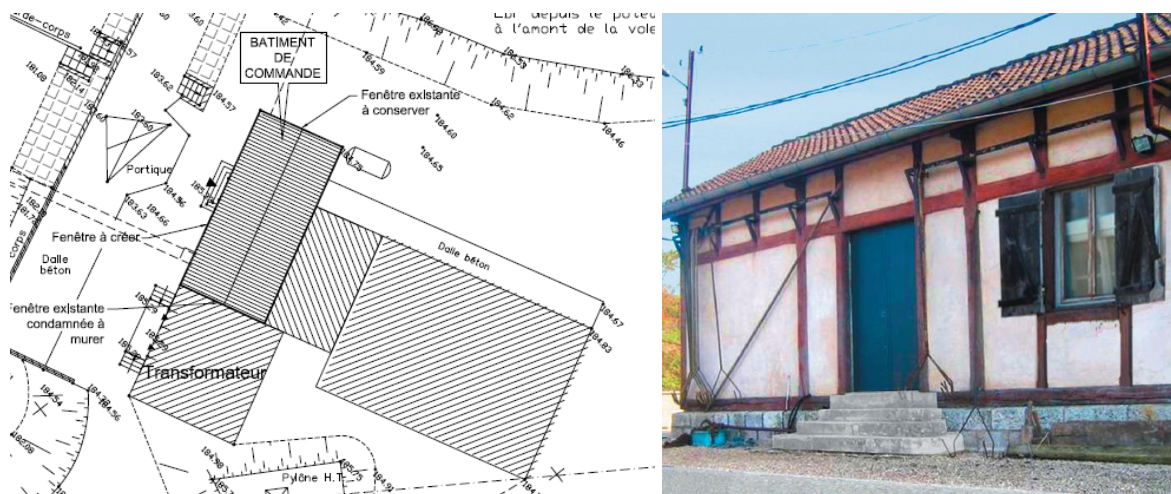
Figure 17: Bouchure gonflable et volet métallique – Juillet 2024



4.2.1.2 Local de commande

Le local de commande est situé en rive gauche et intègre les éléments de puissance (compresseur, transformateur, groupe électrogène...), de contrôle commande (armoires de distribution pneumatique, armoire de commande de l'automatisme...), ainsi que le système d'alimentation en air comprimé (compresseur, sécheur...) du BGVM.

Figure 18 : Emplacement et photographie du local de commande avant réhabilitation



Ce local a été réhabilité durant les travaux de construction du BGVM et présente les dimensions suivantes : longueur x largeur : 10 m x 4,5 m. Il semble être en bon état général.

Figure 19: Plans du local de commande du BGVM

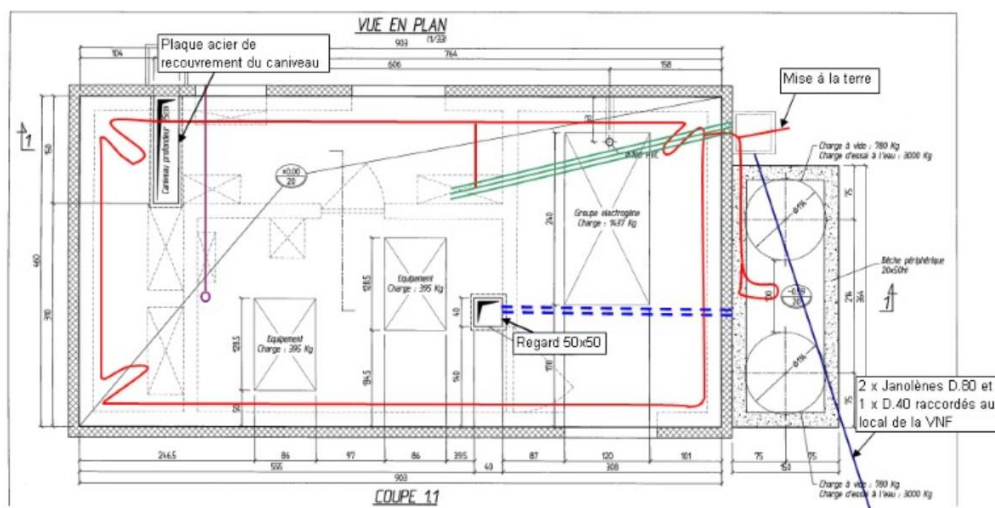


Figure 20 : Local de commande et équipement intérieur – novembre 2023



4.2.2 Système de batardage actuel – Ancien barrage à aiguilles

Les éléments constitutifs du système de batardage actuel à aiguilles ont été diagnostiqués en 2011 et présentaient alors un bon état général. Mais, certains éléments semblent commencer à montrer des signes de vieillissement, comme le montrent les travaux réalisés lors de la maintenance de 2020 (remplacement de chaînes, remise en place d'une fermette).

Par conséquent, des reconnaissances complémentaires ont été prescrites sur ce système de batardage afin de diagnostiquer plus précisément les éléments constitutifs du système actuel : aiguilles, fermettes, système de fixation, caillebotis.

4.2.2.1 Fermettes

Les fermettes du système de batardage actuel présentaient, en 2011, un bon état apparent. A ce jour, des traces de corrosion avancées sont visibles notamment sur les assemblages.

La structure globale semble toujours assurer un bon état de fonctionnement.

Figure 21: Fermettes et systèmes de fixations - Juillet 2024



Bien qu'il existe à ce jour des incertitudes sur l'état précis de ces fermettes, leur diagnostic et leur réhabilitation a été chiffré entre 35 k €HT et 50 k €HT.

4.2.2.2 Aiguilles

Le système de batardage actuel possède 1040 aiguilles en bois. En 2021, l'équipe d'exploitation et de maintenance a indiqué que des épisodes de vandalisme avaient eu lieu sur le barrage en chantier, occasionnant la disparition d'environ 150 aiguilles.

Ces aiguilles présentaient, en 2011, un bon état apparent.

Lors du batardage de 2024, les aiguilles mises en place étaient neuves.

Figure 22: Aiguilles en sapin – Juillet 2024



4.2.2.3 Panneaux de platelage des passerelles escamotables

Les panneaux de platelage des passerelles escamotables sont en caillebotis métalliques et présentaient un bon état en 2011.

Lors des opérations de batardage de 2024, les caillebotis semblent en très bon état et sans désordres apparents.

Figure 23: Photo des panneaux de platelages des passerelles - Juillet 2024



4.2.2.4 Estimation des coûts de réhabilitation

Bien qu'il existe à ce jour de nombreuses incertitudes sur les estimations des prix (détaillées dans le rapport de définition de l'étude des scénarios, indice B), les frais liés aux **dispositifs de sécurisation du site**, qui intègrent la mise en place d'une **ligne de vie, de garde-corps aval démontables sur la passerelle ainsi que la création d'un système d'éclairage**, ont été évalués en première approche dans une fourchette entre 100 k €HT et 130 k €HT.

Le remplacement de toutes les aiguilles existantes par des aiguilles en aluminium a été évalué entre 255 k €HT et 340 k €HT.

La mise en place d'un système de batardage par panneaux horizontaux ou poutrelles en aluminium, reposant sur des nouvelles fermettes a été estimée entre 470 k €HT et 630 k €HT (enlèvement des fermettes existantes, fourniture et pose de nouvelles fermettes, étude et fourniture d'un dispositif d'aide au levage des panneaux, fourniture des panneaux ou poutrelles en aluminium).

5 Diagnostic du transbordeur

Les aiguilles du système de batardage actuel sont habituellement transportées grâce à un transbordeur à aiguilles présentant une structure métallique composée de 7 pylônes métalliques porteurs pouvant être rencontrés sur :

- La culée rive droite ;
- La culée rive gauche ;
- Chaque pile du barrage ;
- A proximité du local de commande.

Figure 24: Position du transbordeur sur le site d'Auxonne (trait rouge)



Source : Vue satellite Google Earth

Ce transbordeur avait été rénové partiellement en 2005 (changement du câble) et en 2011 (remplacement de la motorisation, sablage et mise en peinture des supports métalliques). En 2019, la roue en rive droite a connu une casse. Depuis 2019, la roue a été remise en place, mais le système reste non fonctionnel (câble trop tendu qui se bloque et fait sauter les cannes au bout de quelques mètres).

La structure semble globalement en bon état apparent sans présence de corrosion.

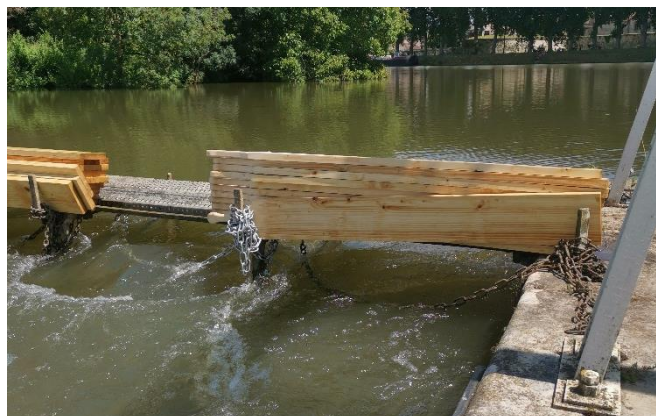
Figure 25: Photo du transbordeur – novembre 2023 et juillet 2024





La maintenance nécessite depuis lors un transport des aiguilles à l'aide de brouette, ce qui augmente la pénibilité : pièces à manutentionner, charrier, stocker et impossibilité de se croiser sur le platelage.

Figure 26: Opération de batardage sans transbordeur : manutention et stockage



Il ressort de cette analyse que le transbordeur constitue finalement une pièce maîtresse du système de batardage actuel. Son indisponibilité a mis en exergue le confort qu'il représentait pour la mise en place du système de batardage, rendant moins pénible le transport et la manutention des aiguilles depuis la zone de stockage jusqu'à la passe à batarder.

Le transbordeur semble a priori en bon état, son dysfonctionnement serait lié à la tension dans les câbles. Un diagnostic devra être effectué afin d'estimer la teneur des opérations de réhabilitation à réaliser. A ce stade, et sans plus d'éléments, le coût des réparations est estimé entre 135 k €HT et 180 k €HT.

6 Conclusion

Le présent diagnostic s'intègre dans une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage relative à l'étude de la modernisation du système de batardage.

A la lumière des données en notre possession, il apparaît que le barrage BGVM, construit en 2012, et le système de batardage existant (ancien barrage à aiguilles) sont aujourd'hui en bon état.

Quelques désordres sont notés :

- Au droit des culées et des piles du barrage : notamment au travers **d'absence de joints** entre les maçonneries ce qui favorise la présence de végétations et peut amener à déstabiliser la structure ;
- Au niveau des assemblages du système de fermettes et chaîne au travers de **zones de corrosion notable** ;
- Au niveau des boudins gonflables avec des vieillissements localisés de la membrane entraînant des opérations de maintenance régulière.

Les principales défaillances système de batardage ne sont donc pas liées à son état structural mais à son analyse fonctionnelle qui fait apparaître des enjeux forts vis-à-vis de la **sécurité et de la pénibilité des exploitants**. L'**absence de transbordeur**, non fonctionnel à ce jour, reste l'un des principaux freins à la mise en œuvre du batardage.

Les coûts des travaux et des aménagements évoqués dans le présent rapport ont été évalués à une échelle macroscopique dans le rapport de définition et d'étude des scénarios, indice B. Ils sont rappelés ci-dessous :

Postes	Min (€HT)	Max (€HT)
Diagnostic et réhabilitation superficielle du génie civil du barrage (rejointoiement des piles/ culées, reprise de la surface de pose des bouchures sur le radier)	45 000	60 000
Diagnostic et réhabilitation des fermettes	35 000	50 000
Frais liés aux dispositifs de sécurisation du site (mise en place d'une ligne de vie, de garde-corps aval, création d'un système d'éclairage)	100 000	130 000
Remplacement des aiguilles existantes par des aiguilles en aluminium	255 000	340 000
Mise en place d'un système de bouchures horizontales à panneaux ou poutrelles en aluminium, reposant sur des nouvelles fermettes (enlèvement des fermettes existantes, fourniture et pose de nouvelles fermettes, étude et fourniture d'un dispositif d'aide au levage des panneaux, fourniture des panneaux ou poutrelles en aluminium)	470 000	630 000
Diagnostic et réhabilitation du transbordeur	135 000	180 000

La mise en place de batardeaux à demeure n'est pas envisagée car elle impliquerait la reconstruction du barrage BGVM, **récent et fonctionnel**, par un système à clapets. Cela aurait un impact :

- **Financier** : la reconstruction d'un barrage à clapets d'environ 200 mètres linéaires intégrant un système de batardage en amont et en aval, ainsi qu'une passerelle de franchissement est estimée entre **20 et 25 M€HT** ; contre 1,4 M€HT pour le scénario le plus coûteux présenté dans l'analyse multicritère (le scénario 3 : reconstruction du système de batardage par un système à panneaux entre fermettes, variante avec des panneaux en aluminium).
- **Technique** car la reconstruction d'un barrage à clapet implique :

- La reconstruction des piles et culées existantes afin qu'elles puissent reprendre les efforts induits par les clapets.
- La reconstruction du radier. Celui-ci n'est en effet pas dimensionné structurellement ni géométriquement pour un système à clapet ;
- La reconstruction d'au moins 4 nouvelles piles (une par passe à minima). En plus du coût associé, cela implique la perte d'une section hydraulique importante qu'il sera nécessaire de récupérer en profondeur ou sur les berges, impliquant des travaux de démolition / terrassement très importants.
- La création d'une passerelle située au-dessus des PHEC (ou relevable) permettant le franchissement du cours d'eau et l'accès aux piles intermédiaires pour l'accès aux organes de manœuvre. La mise en œuvre de passerelle relevable ou au-dessus des PHEC implique nécessairement des infrastructures conséquentes.
- La mise en place d'un batardeau aval permettant la réalisation de maintenance sur les clapets.

Sur l'ensemble de ces éléments, la présence de **piles intermédiaires et d'une passerelle** constituaient lors des études pour la reconstruction du barrage en 2010 deux critères incompatibles et rédhibitoires vis-à-vis **des enjeux architecturaux** (site patrimonial).