

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

Phase 1 : Préparation et recueil des données existantes

Etude détaillée du site et de ses contraintes



Indice A – Mars 2024



BRL ingénierie

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

Date du document	21/02/2024
Contact	Line BABIOL

Titre du document	AMO pour le programme des travaux pour la modernisation du batardage du barrage d'Auxonne – Phase 1 : Préparation et recueil des données existantes – Etude détaillée du site et de ses contraintes
Référence du document :	A01317_Etude-détaillé-du-site-et-de-ses-contraintes
Indice :	A

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
08/03/2023	A	Première version	HSA/ADO	LBA

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

Phase 1 : Préparation et recueil des données existantes

Etude détaillée du site et de ses contraintes

PRÉAMBULE	9
1 INTRODUCTION.....	11
1.1 CONTEXTE GENERAL DE LA MISSION	11
1.2 PHASAGE GENERAL DE LA MISSION	11
1.3 DONNEES D'ENTREE.....	12
2 CONFIGURATION GÉNÉRALE	15
2.1 PRESENTATION GENERALE DU SECTEUR	15
2.2 PRESENTATION SOMMAIRE DU SITE.....	16
2.3 HISTORIQUE DES PRINCIPALES INTERVENTIONS SUR L'OUVRAGE	17
3 CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES	18
3.1 GEOMETRIES	18
3.1.1 Système de batardage actuel — Ancien barrage à aiguilles.....	18
3.1.2 Barrage gonflable à volets métalliques	19
3.2 GENIE CIVIL ACTUEL DES OUVRAGES	20
3.2.1 Bilan des travaux réalisés entre 2009 et 2011	20
3.2.2 Diagnostics et travaux réalisés après 2011	21
3.2.3 Piles et culées.....	22
3.2.4 Radier	23
3.3 EQUIPEMENTS.....	23
3.3.1 Barrage gonflable à volets métalliques	23
3.3.1.1 Bouchures gonflables.....	24
3.3.1.2 Local de commande.....	24
3.3.1.3 Réseau d'alimentation du BGVM.....	25
3.3.2 Système de batardage actuel — Ancien barrage à aiguilles.....	27
3.3.2.1 Fermettes	27
3.3.2.2 Aiguilles.....	27
3.3.2.3 Panneaux de platelage des passerelles escamotables	28
3.3.2.4 Transbordeur	29
3.3.3 Passerelles	30

3.3.4	Signalisation et éclairage.....	30
4	CARACTÉRISTIQUES DU SITE	32
4.1	ABORDS DU SITE	32
4.1.1	Accès.....	32
4.1.2	Disponibilité foncière.....	32
4.1.3	Navigation	33
4.1.4	Berges.....	33
4.1.4.1	Rive gauche	33
4.1.4.2	Rive droite	35
4.1.5	Infrastructures avoisinantes.....	36
4.1.6	Réseaux	36
4.2	RISQUES INONDATIONS.....	36
4.3	DONNEES GEOTECHNIQUES ET GEOLOGIQUES	36
4.4	DONNEES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMETRIQUES.....	39
4.4.1	Topographie.....	39
4.4.2	Bathymétrie	40
5	CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES ET HYDROLOGIQUES	42
6	CARACTÉRISTIQUES ENVIRONNEMENTALES	44
7	EXPLOITATION ET MAINTENANCE DES BARRAGES	46
7.1	CONTRAINTES D'EXPLOITATION DU BGVM.....	46
7.2	MAINTENANCE DES OUVRAGES	47
8	CONCLUSION.....	49

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la Saône.....	15
Figure 2: Implantation du barrage d'Auxonne.....	16
Figure 3: Vue d'ensemble du site d'Auxonne (vue satellite).....	16
Figure 4 : Plan du barrage à aiguille d'Auxonne.....	19
Figure 5: Plan de principe du barrage reconstruit en 2011.....	19
Figure 6: Coupe du BGVM mis en œuvre en 2011.....	20
Figure 7: Récapitulatif des travaux de génie civil réalisés dans le cadre de la construction du BGVM.....	21
Figure 8 : Photographies des différentes dégradations observées (de gauche à droite et de haut en bas : fusibles endommagés ; fuites d'une baudruche, ragréage d'une pile dégradé, cavité dans le béton du radier.	22
Figure 9: Emprise de l'inspection subaquatique de 2024.....	23
Figure 10: coupe de principe du BGVM.....	24
Figure 11 : Emplacement et photographie du local de commande.....	25
Figure 12: Plans du local de commande du BGVM.....	25
Figure 13: Localisation des réseaux d'alimentation du BGVM et schéma de tuyautage.....	26
Figure 14 : Coupe au droit d'une passe.....	26
Figure 15: Détail d'une fermette présente sur le barrage à aiguilles d'Auxonne.....	27
Figure 16: Détail d'une aiguille du barrage d'Auxonne.....	28
Figure 17: Photo des panneaux de platelages des passerelles.....	28
Figure 18: Photo du transbordeur.....	29
Figure 19: Position du transbordeur sur le site d'Auxonne (trait rouge).....	29
Figure 20: Signalisation du barrage d'Auxonne au niveau de la passe à canoës.....	30
Figure 21: Accès terrestre à l'ouvrage.....	32
Figure 22: Plan cadastral du barrage d'Auxonne.....	33
Figure 23: Plans des installations situées en rive gauche.....	34
Figure 24: Vue satellite permettant d'apprécier la centrale hydroélectrique.....	34
Figure 25: Plan et photo de la passe à canoë du site d'Auxonne.....	35
Figure 26: Installations présentes en rive droite du barrage.....	35
Figure 27: Vue satellite du barrage d'Auxonne permettant d'apprécier la localisation du pont SNCF.....	36
Figure 28 : Niveaux d'alertes d'inondation à Auxonne.....	36
Figure 29: Plan d'implantation des sondages géotechniques réalisés en 2006.....	37
Figure 30 : Emplacement des sondages préconisés dans le programme des reconnaissances complémentaires géotechniques.....	38
Figure 31: Extrait de la topographie du barrage :.....	39
Figure 32: Emprises des levés topographiques prévus dans le cadre des reconnaissances de 2024.....	40
Figure 33: Emprises des levés bathymétriques prévus dans le cadre des reconnaissances de 2024.....	41
Figure 34 : Localisation du pont de la porte de Garde vis-à-vis du projet.....	44
Figure 35: Batardage de la passe 3 à l'aide du barrage à aiguilles.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Résultats des sondages géotechniques réalisés en 2006.....	37
Tableau 2: Niveaux caractéristiques relatifs au barrage à aiguilles.....	42
Tableau 3: débits caractéristiques et niveaux du barrage.....	42
Tableau 4 : Niveaux d'alerte d'inondation à Auxonne :.....	43

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'évertue 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 vérins 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.

A ce jour, ce dispositif de batardage atteint toutefois ses limites en raison notamment de :

- La pénibilité et la dangerosité des opérations de batardage ;
- La raréfaction des exploitants formés à cette pratique suite au départ progressif à la retraite des agents.

OBJECTIFS

La présente mission d'études et de programmation est 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 la réalisation des Etudes Préliminaires (EP) intégrant l'établissement d'un diagnostic précis et général du site afin 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.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GENERAL DE LA MISSION

La mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage, objet de ce présent marché, vise à :

- Etablir un diagnostic de l'ouvrage de batardage à la fois au travers d'une visite de site et d'un recensement de l'ensemble des données existantes ;
- Lancer les investigations nécessaires pour permettre les opérations de maîtrise d'œuvre future (topographie, bathymétrie, géotechnique) ;
- Interpréter et analyser ces résultats, fournir une note de cadrage réglementaire ;
- Connaître les enveloppes financières associées à la poursuite des opérations (études et travaux) ;
- Définir un programme fonctionnel des travaux permettant par la suite de lancer une consultation de maîtrise d'œuvre au stade AVP ;
- Disposer, suite à la réalisation des travaux, d'un équipement de batardage sûr et fiable qui permette la réalisation des opérations de maintenance et d'entretien en minimisant la pénibilité des agents.

1.2 PHASAGE GENERAL DE LA MISSION

L'opération est décomposée en 3 phases distinctes :

- **Phase 1** : Préparation et recueil des données existantes pour mener à bien les études et réalisation des reconnaissances complémentaires ;
- **Phase 2** : Définition et analyse multicritère des scénarios et rédaction de l'étude préliminaire pour le scénario retenu ;
- **Phase 3** : Rédaction du programme de l'opération pour le scénario retenu par VNF.

Le présent document s'intègre dans la Phase 1.

Cette mission comprend notamment :

- L'établissement du plan de route de l'étude et d'un planning ;
- La réalisation d'une synthèse bibliographique ;
- La proposition d'un programme des investigations complémentaires à mener ;
- La rédaction d'un rapport de synthèse présentant l'étude détaillée du site et de ses contraintes.

La présente note correspond à l'étude détaillée du site et de ses contraintes.

Ce document fait suite à la synthèse bibliographique qu'il complète en analysant les données collectées. Il sera mis à jour en fonction des résultats des investigations complémentaires.



1.3 DONNEES D'ENTREE

Cette partie dresse un état des lieux des documents à disposition à la rédaction du présent rapport. Cette liste sera mise à jour régulièrement en fonction des nouveaux éléments transmis au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Les documents ont été classés par thématiques afin de simplifier la lecture. Leur numérotation sera reprise dans la suite de ce rapport.

DOCUMENTS CONCERNANT L'HISTORIQUES DES ETUDES DEJA REALISEES

- [Réf 1]. Voies Navigables de France. Projet de remplacement du barrage à aiguilles d'Auxonne
- [Réf 2]. BRLi. (Décembre 2003). Programme de l'opération de la rénovation et de l'automatisation du barrage
- [Réf 3]. BRLi. (2008). Reconstruction et automatisation du barrage d'Auxonne et Tillenay sur la Saône – Phase Projet (PRO) – Mémoire technique
- [Réf 4]. BRLi et I.S.M Ingénierie. (2008). Dossier de Consultation des Entreprises relatif à la reconstruction et à l'automatisation du barrage
- [Réf 5]. BRLi. Et I.S.M Ingénierie. (2011). Dossier des ouvrages exécutés relatif à la reconstruction et à l'automatisation du barrage
- [Réf 6]. BAMEO. (Septembre 2014). Projet de construction de barrages automatisées et équipements associés à la Meuse. Déconstruction des barrages manuels existants.
- [Réf 7]. BRLi. (Janvier 2024). Programme des investigations complémentaires

DONNEES RELATIVES A L'EXPLOITATION DU BARRAGE

- [Réf 8]. VNF. (Septembre 2001). Gestion du barrage à aiguilles d'Auxonne
- [Réf 9]. VNF. (2020). Maintenance barrage d'Auxonne 2020
- [Réf 10]. VNF. (2021). Maintenance barrage gonflable d'Auxonne 2021
- [Réf 11]. DNEF, DYRHOFF et OBERMEYER. (Novembre 2010). Manuel d'opération et de maintenance des barrages gonflables à volets métalliques.

DONNEES RELATIVES A L'URBANISME

- [Réf 12]. Plan cadastral de la commune d'Auxonne
- [Réf 13]. AEI et BRLi. (2007). Reconstruction et automatisation du barrage d'Auxonne et Tillenay sur la Saône – Phase AVP – Mémoire Technique et Architectural

DONNEES RELATIVES AU GENIE CIVIL ET AUX EQUIPEMENTS

- [Réf 14]. ISL. (2003). Pré diagnostic des barrages à manœuvres manuelles gérés par Voies Navigables de France – Rapport de Pré-diagnostic – Barrage d'Auxonne sur la Saône
- [Réf 15]. ISL. (2003). Pré diagnostic des barrages à manœuvres manuelles gérés par Voies Navigables de France – Relevé des dégradations – Vue en plan
- [Réf 16]. Eurisk Ingénierie. (Septembre 2015.) Rapport d'expertise du barrage ;

DONNEES GEOTECHNIQUE-GEOLOGIQUE

- [Réf 17]. GEOTEC Dijon. (2007). Reconstruction et automatisation du barrage sur la Saône – Rapport d'Etude Géotechnique

DONNEES HYDRAULIQUE-HYDROLOGIQUE

- [Réf 18]. BRLi. (2007). Note de Calcul (Mission PRO) – Evaluation des conditions hydrologiques et hydrauliques
- [Réf 19]. BRLi. (1979 à 2004). Fichiers Excel des relevés de niveau d'eau de 1979 à 2004
- [Réf 20]. BRLi. (2008). Reconstruction et automatisation du barrage d'Auxonne et Tillenay sur la Saône – Phase Projet (PRO) – Note hydraulique complémentaire

DONNEES GEOPHYSIQUES ET SUBAQUATIQUES

Il semble qu'une inspection subaquatique ait été réalisée en 2007 ou 2008 avant les travaux pour lever certaines incertitudes sur l'état des parties noyées. Ces données seront mises à jour dans une version ultérieure du document, suite à la transmission des rapports d'intervention.

DONNEES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMETRIQUES

- [Réf 21]. O'can. (Novembre 2004). Plans bathymétrique et profil du lit en aval de l'ouvrage
- [Réf 22]. BRLi et I.S.M Ingénierie. (Avril 2008). Vue en plan représentant le barrage actuel avec sa bathymétrie et sa topographie.
- [Réf 23]. CBR TP et Tournaud. (Juin 2009). Plans bathymétriques amont et aval au droit du barrage

DONNEES RELATIVES AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX (PROJET DE REGENERATION DU PONT DE LA PORTE DE GARDE SUR LA PETITE SAONE – VNF 2021 /2022)

- [Réf 24]. Sciences Environnement (juillet 2021). Diagnostic écologique du pont du canal d'Auxonne (21) - v1.0.
- [Réf 25]. Sciences Environnement (janvier 2022). Diagnostic écologique du pont du canal d'Auxonne (21) - v2.2.
- [Réf 26]. BCAP (juillet 2021) - Côte d'Or – Auxonne (21130) - Régénération du pont de la Porte de Garde sur la Petite Saône - Déclaration préalable DP11 – Notice architecturale et paysagère.
- [Réf 27]. BCAP (septembre 2021) - Côte d'Or – Auxonne (21130) - Régénération du pont de la Porte de Garde sur la Petite Saône - Déclaration préalable DP11 – Esquisse intégration paysagère.
- [Réf 28]. Préfecture de la Côte-d'Or (24/01/2022) - Arrêté de non-opposition à la déclaration préalable du projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône.
- [Réf 29]. Ville d'Auxonne (24/11/2021) - Récépissé de dépôt d'une déclaration préalable du projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône.
- [Réf 30]. VNF - Plan de situation du pont de la Porte de Garde 20B sur le Canal d'Auxonne.
- [Réf 31]. DREAL Bourgogne-Franche-Comté (29/04/2022) – Courrier de réponse à la demande de dérogation espèces protégées concernant la réfection du pont de la garde à Auxonne.
- [Réf 32]. Explore Environnement – Travaux de régénération du pont de la porte de garde du canal d'Auxonne (21) – Bilan de la phase travaux.



- [Réf 33]. PMM (février 2022) - Projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône – Dossier de porter à connaissance Autorisation environnementale
- [Réf 34]. DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (06/05/2022) - Projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône – Courrier de validation des travaux de déconstruction du pont.
- [Réf 35]. DREAL Bourgogne-Franche-Comté (13/10/2021) – Projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône – Courrier d'analyse du Porter à connaissance vis-à-vis des espèces protégées.
- [Réf 36]. VNF (25/02/2022) - Projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône – Courrier de dépôt du dossier de porter à connaissance.
- [Réf 37]. DDT Côte-d'Or (Police de l'eau) (10/03/2022) - Projet de régénération du pont de la Porte de Garde sur la petite Saône – Courrier d'enregistrement et de transmission du PAC.

PLANS EXISTANTS

- [Réf 38]. BRLi. (2008). Schémas, plans d'implantation, plans de principe, plans de phasage, coupes, plans généraux, détails techniques, profils en travers du projet de reconstruction et automatisé du barrage d'Auxonne (local de commande du barrage, passe à poissons, passe à canoës, plateforme d'observation, radier du barrage, réseaux) issus du DCE.
- [Réf 39]. CBR et Tournaud. (2011). Plans de coffrages, de ferrailage et détails techniques du projet de reconstruction et automatisé du barrage d'Auxonne (local de commande du barrage, passe à poissons, passe à canoës, plateforme d'observation, radier du barrage, réseaux) issus du DOE

2 CONFIGURATION GENERALE

2.1 PRESENTATION GENERALE DU SECTEUR

La Saône est une rivière de 480 kilomètres, ce qui en fait le neuvième cours d'eau le plus long de France. Elle prend sa source à Vioménil, au pied de Ménamont (département des Vosges) à 405 m d'altitude. Elle conflue avec le Rhône à Lyon à une altitude de 163 mètres après avoir traversé 6 départements (les Vosges, la Haute Saône, la Côte-d'Or, la Saône-et-Loire, l'Ain et le Rhône).

Elle est divisée en trois parties :

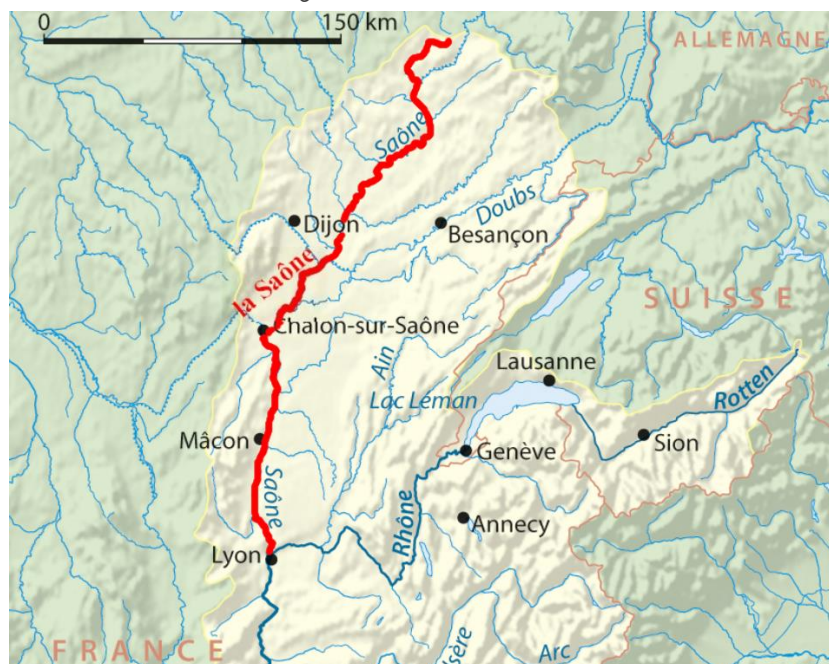
- La Haute Saône de Corre à Gray-sur-Saône, longue de 197 km ;
- La Petite Saône qui relie la partie haute à la Grande Saône ; sa longueur est de 116 km ;
- La Grande Saône, à partir de Verdun-sous-le-Doubs après la confluence avec son affluent le plus important, le Doubs. Sa longueur est de 167 km.

La Saône draine un grand bassin versant : 29 950 km² à Lyon pour 9 000 km de rivières. Elle possède 83 affluents dont 46 ruisseaux, 36 rivières et 1 canal. Les plus importants sont, en rive gauche : le Doubs, la Lanterne et l'Ognon et en rive droite : l'Azergues et la Grosne.

Avec la faible profondeur de son lit et ses débits définis comme plutôt lents, la Saône, notamment avant ses aménagements, se caractérisait par des étiages marqués et des inondations importantes. L'histoire témoigne de ses nombreux débordements qui jouent un rôle majeur dans les inondations du Rhône, après la confluence. Son débit moyen est de 473 m³/s aux alentours de Lyon.

La Saône est classée navigable depuis Corre (Haute Saône) jusqu'à son confluent avec le Rhône.

Figure 1 : Carte de la Saône



Le barrage d'Auxonne fait partie des 21 barrages liés à la navigation disposés sur la petite Saône.



2.2 PRESENTATION SOMMAIRE 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 2: Implantation du barrage d'Auxonne

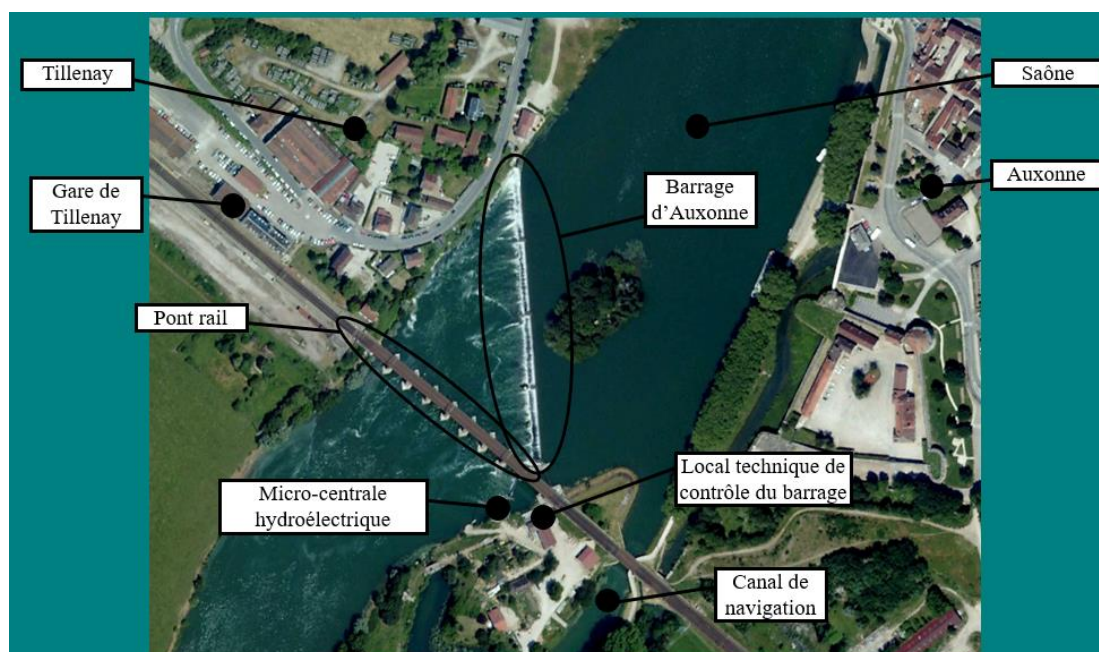


Source : Géoportail

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 3: 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.

2.3 HISTORIQUE DES PRINCIPALES INTERVENTIONS SUR L'OUVRAGE

A la lecture des données bibliographiques (cf. §1.3), les travaux réalisés sur la Saône s'avèrent être relativement peu nombreux :

- 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.



3 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES

3.1 GEOMETRIES

La géométrie du site est assez particulière, et intègre un BGVM construit en aval immédiat d'un ancien barrage à aiguilles ayant dorénavant le rôle de batardeau pour les opérations de maintenance du BGVM. Ces deux barrages reposent sur le même génie civil.

Bien que le présent rapport s'intègre dans une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage concernant la modernisation du système de batardage, et donc de l'ancien barrage à aiguilles ; il est important d'étudier le fonctionnement conjoint de ces deux ouvrages en déterminant les besoins de fonctionnement et de maintenance du BGVM qui influent directement sur les besoins et les fonctionnalités attendues du système de batardage.

Ainsi, cette partie présentera à la fois le fonctionnement et la géométrie des deux ouvrages ainsi que le diagnostic du génie civil et des équipements du système de batardage actuel à aiguilles permettant l'établissement d'une évaluation générale de ce système.

3.1.1 Système de batardage actuel – Ancien barrage à aiguilles

FONCTIONNEMENT GENERAL DES BARRAGES A AIGUILLES

La [Réf 8] détaille le fonctionnement des barrages à aiguilles. Elle précise ainsi que les barrages à aiguilles sont des barrages composés de fermettes mobiles que l'on peut venir abaisser ou relever. Sur ces fermettes repose un platelage servant d'appui supérieur à des aiguilles mobiles pouvant être manœuvrées selon le niveau d'eau et le débit. Ces aiguilles viennent s'appuyer sur un appui inférieur correspondant à une butée façonnée dans le radier.

CAS PARTICULIER DU BATARDEAU A AIGUILLES D'AUXONNE

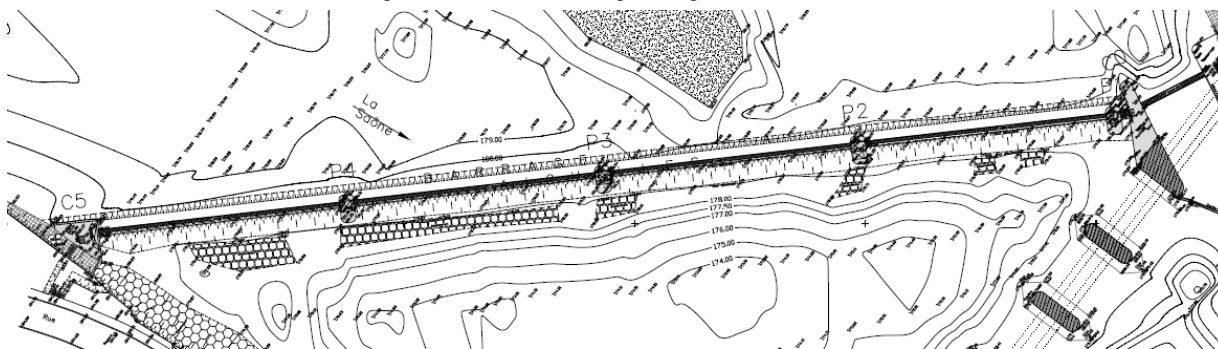
Lors de la reconstruction du barrage réalisée entre 2009 et 2011, le barrage à aiguilles existant a été conservé et restauré dans l'objectif de :

- Servir de batardeau amont pendant les travaux, mais aussi de batardeau de maintenance ou d'entretien du nouvel ouvrage en service ;
- Conserver l'intégrité d'un ouvrage dont la valeur patrimoine constitue un intérêt historique et un attrait touristique et pédagogique indéniable.

Celui-ci est maintenant situé en amont immédiat du BGVM reconstruit.

Ce barrage possède 1040 aiguilles réparties sur des fermettes ne basculant que de la rive gauche vers la rive droite.

Figure 4 : Plan du barrage à aiguille d'Auxonne



Source : [Réf 38]

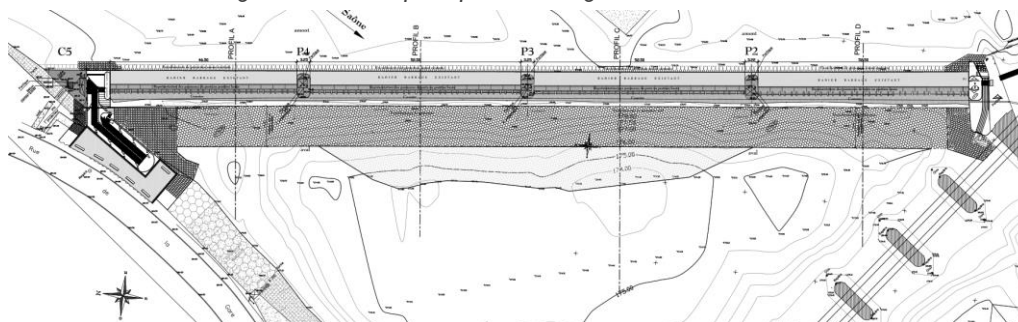
3.1.2 Barrage gonflable à volets métalliques

Le barrage construit en 2011 est un barrage gonflable à volets métalliques implanté sur les fondations du barrage à aiguilles. Son emprise dans la Saône est de l'ordre de 220 m et son implantation est inclinée d'environ 45° par rapport à l'axe de la Saône.

Ce barrage est constitué, de la rive gauche à la rive droite :

- De la culée C0 (d'une surface environ égale à 63 m²) ;
- D'une passe à canoës ;
- De trois passes de 52,50 mètres de longueur intégrant 3 piles de 3,25 mètres de largeur et de 6,10 mètres de longueur.
- D'une passe en rive droite de 46,50 mètres ;
- D'une culée C5 mesurant environ : (L x l : 6,80 m x 1,35 m) ;

Figure 5: Plan de principe du barrage reconstruit en 2011

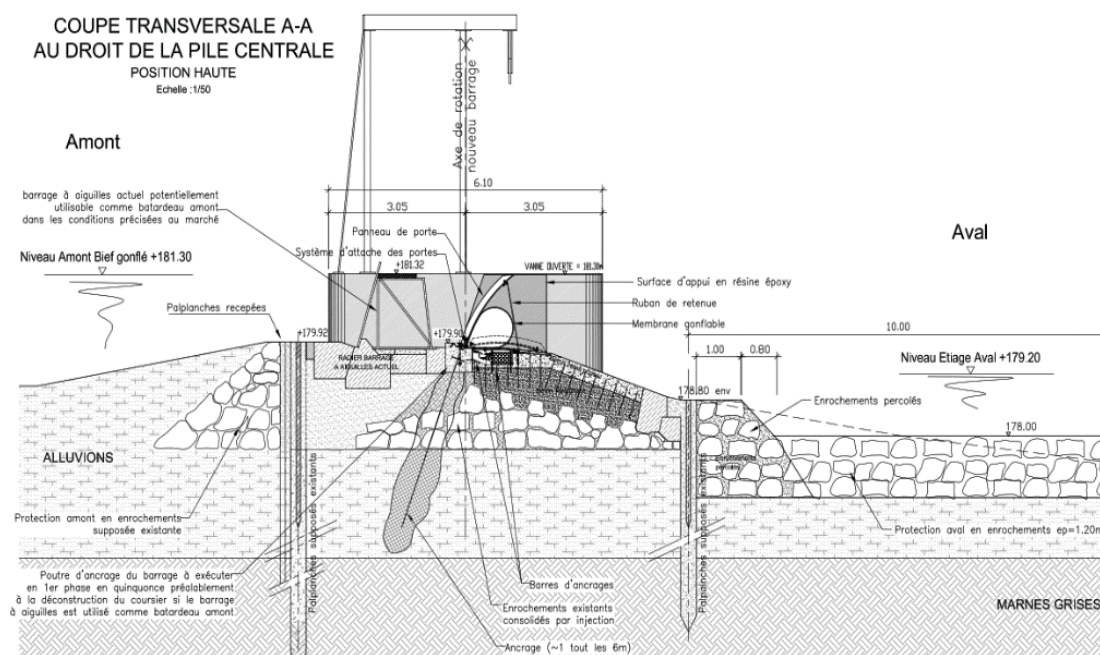


Source : [Réf 38]

Le fonctionnement de ce barrage est détaillé au sein de la [Réf 11] dont une coupe de principe est présentée ci-après.



Figure 6: Coupe du BGVM mis en œuvre en 2011



Source : [Réf 38]

3.2 GENIE CIVIL ACTUEL DES OUVRAGES

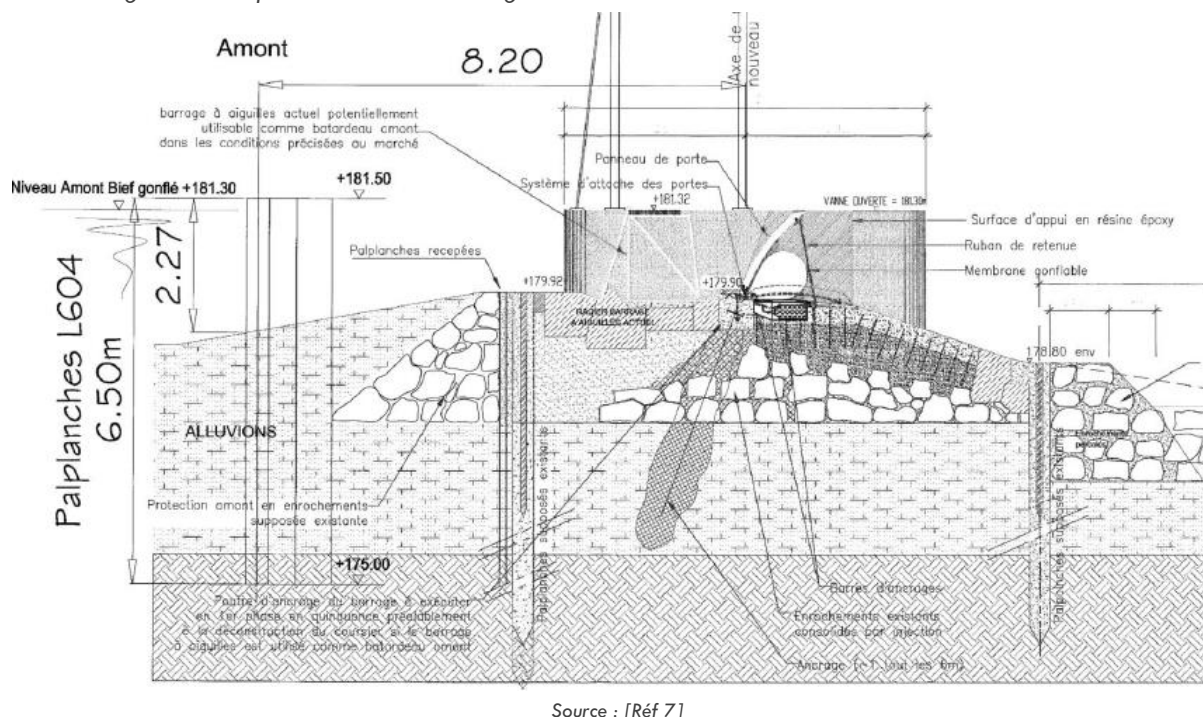
3.2.1 Bilan des travaux réalisés entre 2009 et 2011

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 7: 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.

3.2.2 Diagnostics et travaux réalisés après 2011

Le diagnostic réalisé en 2015 par Eurisk [Réf 16] sur le barrage gonflable, mettait en évidence l'absence d'éléments de fixation nécessaires au fonctionnement du barrage (plat métallique, goudjons), mais ne montrait toutefois pas de dégradation majeure.

En 2020 [Réf 9] et 2021 [Réf 10], 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 8 : 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.



Source : [Réf 9] et [Réf 10]

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.

Des reconnaissances complémentaires subaquatiques ont été lancées suivant le programme présent en [Réf 7] afin de diagnostiquer plus précisément les éléments suivants :

- Le seuil maçonné des barrages ;
- Les piles et les culées ;
- Les enrochements amont ;
- Les palplanches amont.

Le présent rapport sera ainsi mis à jour en fonction des résultats de ces reconnaissances complémentaires subaquatiques.

3.2.3 Piles et culées

Les barrages possèdent 3 piles et deux culées dont le génie civil n'a pas été inspecté depuis 2011.

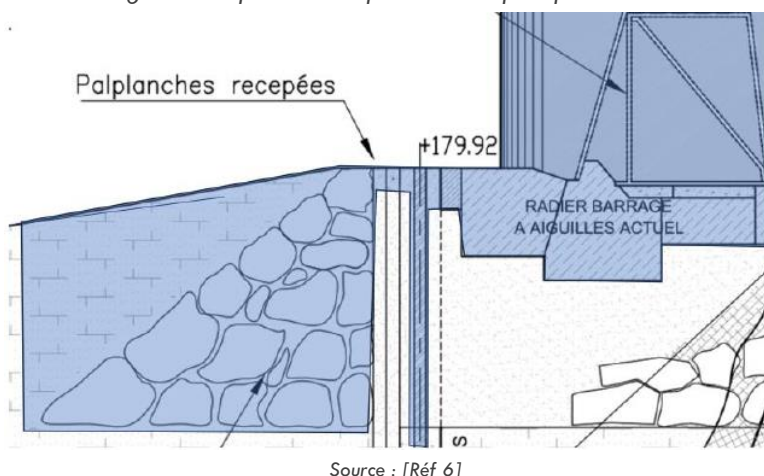
La connaissance de l'état de ces parties d'ouvrages permettra d'orienter le choix du futur système de batardage à étudier et à retenir, notamment pour son accroche éventuelle sur ces éléments structuraux. Les diagnostics subaquatiques programmés permettront également d'estimer la nature des désordres et d'évaluer l'impact financier de leur reprise.

3.2.4 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.

Le programme des reconnaissances complémentaires a ainsi privilégié une emprise s'étendant entre ces enrochements amonts et le barrage à aiguilles, sur toute la longueur du barrage. Les résultats de ces reconnaissances subaquatiques viendront s'intégrer dans cette partie et permettront, comme pour les piles, d'évaluer l'état de la fondation sur laquelle le futur système de batardage pourrait être amené à venir se poser.

Figure 9: Emprise de l'inspection subaquatique de 2024



Source : [Réf 6]

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.

La suite de cette analyse n'établira pas de diagnostic précis de ce radier aval qui est considéré comme en « bon état » et qui n'influe pas directement sur le système de batardage, objet du présent rapport.

3.3 EQUIPEMENTS

3.3.1 Barrage gonflable à volets métalliques

Le BGVM semble présenter un bon état général malgré les dégradations fréquentes observées au 3.2.2 et réparées lors des opérations de maintenance annuelles.

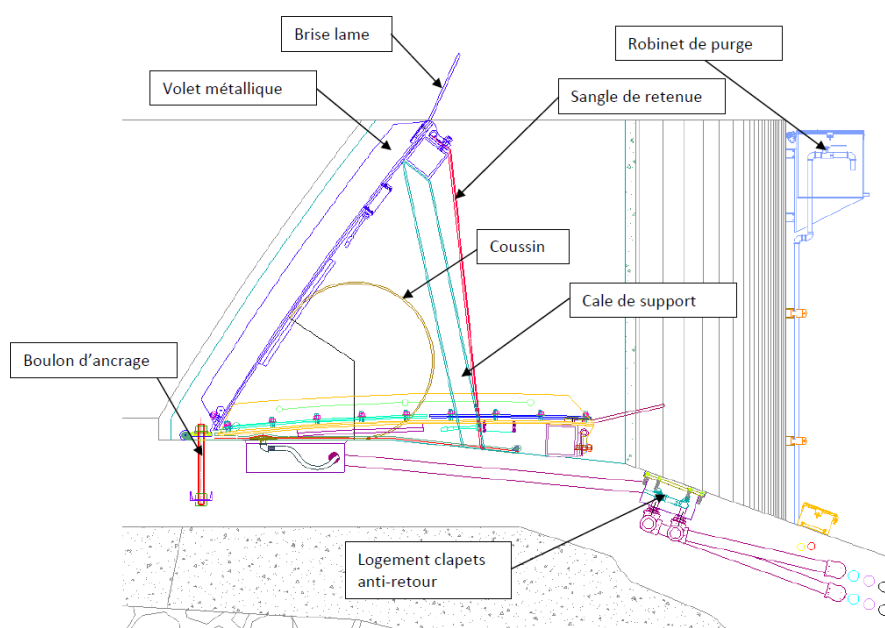


3.3.1.1 Bouchures gonflables

La bouchure du barrage intègre des clapets 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. **Ces indications seront mises à jour dans une version ultérieure de ce rapport, à la suite d'une discussion avec l'exploitation et la maintenance du barrage, notamment sur les pratiques et contraintes mises en œuvre pour la tenue du bief.**

Une coupe de principe du système mis en œuvre est disponible ci-dessous :

Figure 10: coupe de principe du BGVM



Source : [Réf 38]

Les coussins de ces clapets semblent être sujets à des dégradations fréquentes qui obligent l'équipe de maintenance à intervenir pour des opérations de réparations/remplacement. Les câbles fusibles ainsi que les éléments de fixation doivent également et régulièrement être contrôlés.

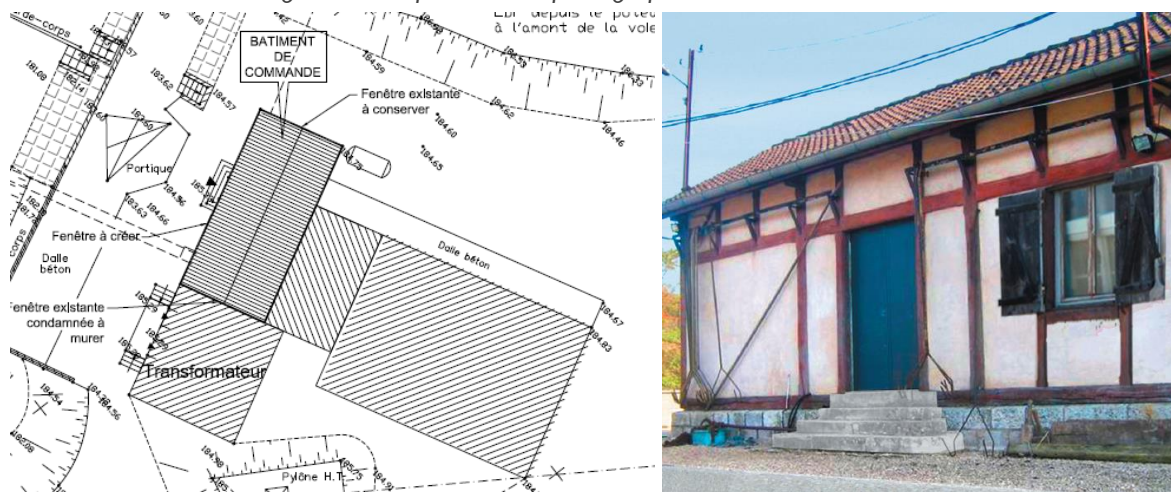
Lors de ces opérations, les passes sont mises à sec grâce au système de batardage actuel à aiguilles, puis à des opérations de pompage de l'eau entre les deux barrages. Ceci montre l'importance de disposer d'un système de batardage le plus opérationnel possible, facile à mettre en place, tout en assurant la sécurité des agents d'exploitation de VNF.

3.3.1.2 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 (armoie de distribution pneumatique, armoie de commande de l'automatisme...), ainsi que le système d'alimentation en air comprimé (compresseur, sécheur...) du BGVM.

Les deux ballons d'air comprimé de 3 m³ ont été installés en extérieur comme visible sur la Figure 12 ci-après.

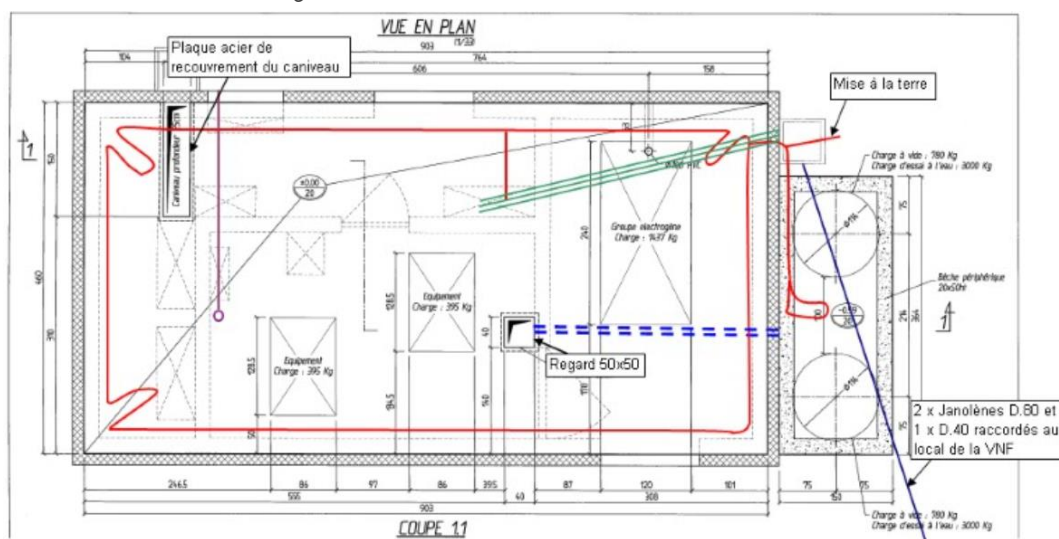
Figure 11 : Emplacement et photographie du local de commande



Source : [Réf 39] et [Réf 3]

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.

Figure 12: Plans du local de commande du BGVM



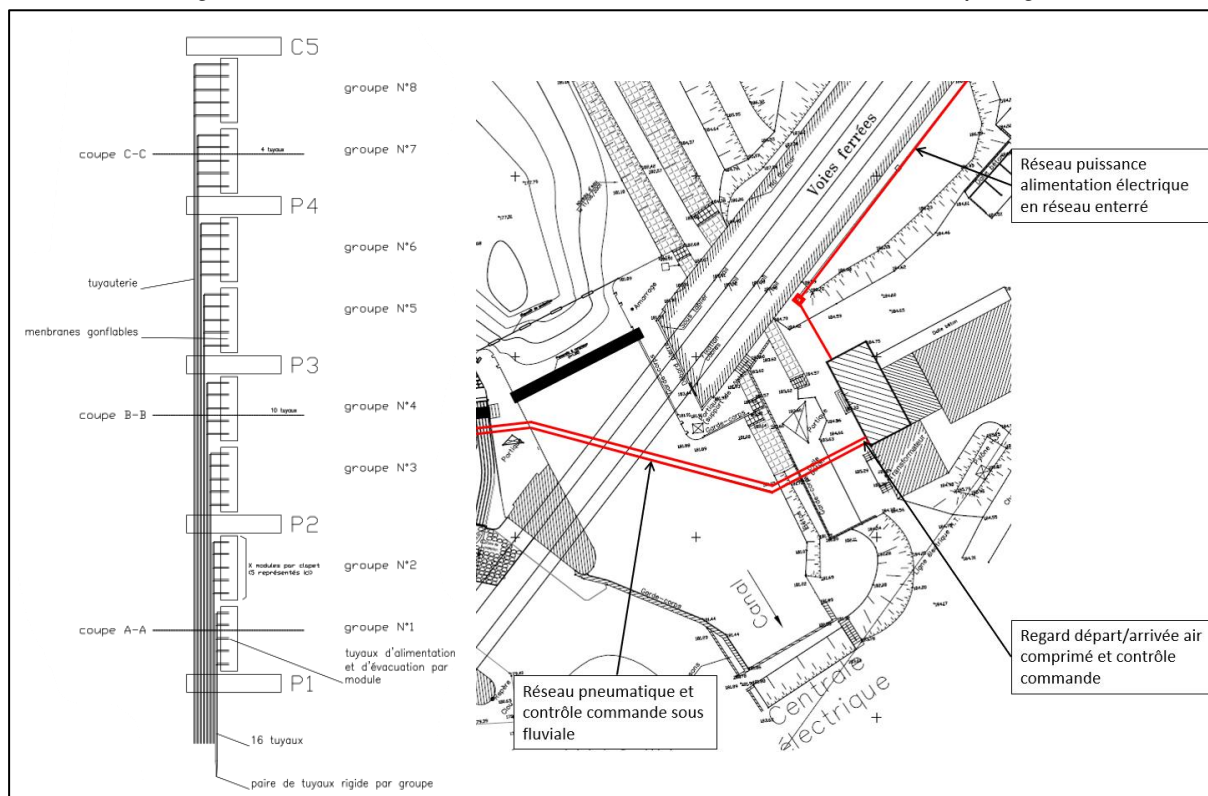
Source : [Réf 39]

3.3.1.3 Réseau d'alimentation du BGVM

L'alimentation pneumatique du BGVM présentée ci-dessous se fait depuis le local de commande en rive gauche. Les réseaux passent ensuite au niveau de la microcentrale avant de traverser la culée C0 et de rejoindre le barrage au niveau de la pile P1.



Figure 13: Localisation des réseaux d'alimentation du BGVM et schéma de tuyautage

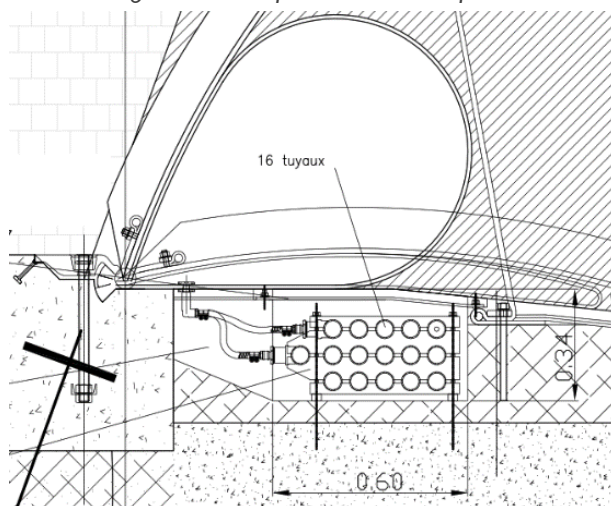


Source : [Réf 38]

Les autres réseaux correspondent aux réseaux d'amenée électrique et de contrôle commande :

- L'amenée électrique est réalisée par passage en fourreau jusqu'au regard situé en entrée du local de commande.
- Les réseaux de contrôle/commande empruntent les cheminements des canalisations d'air comprimé.

Figure 14 : Coupe au droit d'une passe



Source : [Réf 39]

3.3.2 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 suivant le programme présent en [Réf 7]. Celles-ci permettront de diagnostiquer plus précisément les éléments constitutifs du système actuel : aiguilles, fermettes, système de fixation, caillebotis.

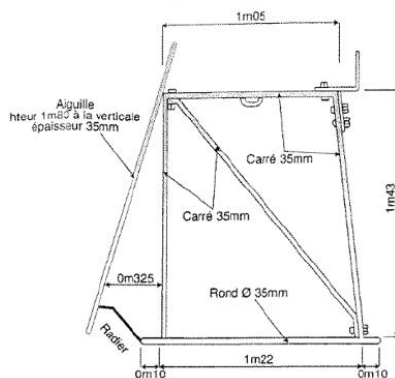
Les reconnaissances envisagées pour établir le diagnostic et dresser le bilan d'état du système de batardage actuel sont de différentes natures et permettront, par leur analyse croisée, de disposer des données nécessaires pour statuer, lors de la phase d'analyse multicritères des scénarios, sur le devenir de cet ouvrage en tant que système de batardage (maintien et réhabilitation ou remplacement par un nouveau système). Il est donc primordial de disposer d'un maximum de données sur cette partie d'ouvrage afin de présenter une analyse la plus exhaustive possible. Les analyses à venir croiseront donc les résultats obtenus lors des inspections subaquatiques mais également lors des inspections visuelles menées hors d'eau lors du futur chômage. Les §3.3.2.1 à 3.3.2.3 ci-dessous seront ainsi mis à jour en fonction des résultats de ces reconnaissances.

3.3.2.1 Fermettes

Les fermettes du système de batardage actuel présentaient, en 2011, un bon état apparent.

L'actualisation du bilan d'état ainsi que le retour d'expérience de l'exploitant sur la mise en œuvre de ces fermettes sont des contraintes qui seront intégrées et prises en compte lors de l'analyse multicritères des scénarios à venir.

Figure 15: Détail d'une fermette présente sur le barrage à aiguilles d'Auxonne



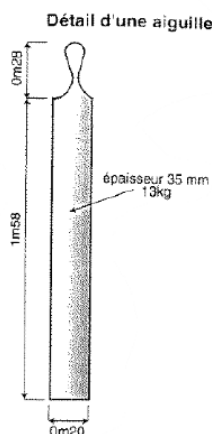
Source : [Réf 1]

3.3.2.2 Aiguilles

Le système de batardage actuel possède 1040 aiguilles en bois dont le détail est présenté sur la figure ci-dessous.



Figure 16: Détail d'une aiguille du barrage d'Auxonne



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.

Au-delà de la simple mise à jour de leur état, prévue lors des reconnaissances complémentaires de 2024, leur gestion (maintenance, zone de stockage, encombrement, ...) est également une contrainte qui sera intégrée et prise en compte lors de l'analyse multicritères des scénarios à venir

3.3.2.3 Panneaux de platelage des passerelles escamotables

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

De la même manière que pour les fermettes et les aiguilles, l'actualisation du bilan d'état ainsi que le retour d'expérience de l'exploitant sur la mise en œuvre de ces platelages ont des contraintes qui seront intégrées et prises en compte lors de l'analyse multicritères des scénarios à venir (notamment sur le volet pénibilité et sécurité).

Figure 17: Photo des panneaux de platelages des passerelles



Source : [Réf 9]

3.3.2.4 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 18: Photo du transbordeur



Source : Photo réalisées durant la visite de site de novembre 2023 par BRLi

Figure 19: Position du transbordeur sur le site d'Auxonne (trait rouge)



Source : Vue satellite Google Earth

Ce transbordeur est en panne depuis la casse de la roue en rive droite en 2019. La maintenance nécessite depuis lors un transport des aiguilles à l'aide de brouette, ce qui augmente la pénibilité. 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). 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).



Il ressort de cette analyse que le transbordeur constitue finalement une pièce maîtresse du système de batardage actuel et que son avarie 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. L'utilisation de ce transbordeur peut à l'inverse engendrer des contraintes plus moins fortes sur la sécurité des agents en cours d'intervention. Tous ces éléments seront intégrés et pris en compte lors de l'analyse multicritères des scénarios à venir.

3.3.3 Passerelles

PASSERELLE DE FRANCHISSEMENT DU CHENAL D'AMENEE A L'USINE HYDROELECTRIQUE :

Cette passerelle a été remplacée en 2011. Elle présente une portée de 12m pour une largeur de 1,2 m et est composée de :

- La structure porteuse constituée essentiellement de deux profilés scellés sur les bajoyers ;
- Caillebotis démontables fixés à la structure porteuse ;
- Garde-corps démontables avec plinthe, lisse, sous-lisse et main courante.

PASSERELLE SUR LA PASSE A CANOËS-KAYAKS

Cette passerelle a été remplacée en 2011. Il s'agit d'une passerelle amovible destinée à permettre l'accès au barrage lors des opérations de maintenance. Hors phases d'intervention sur le barrage, cette passerelle est stockée à l'abri. Elle est composée des éléments suivants :

- Le platelage lui-même composé de profilés métalliques et de caillebotis crantés ;
- Les deux éléments de garde-corps démontables.

Ces deux superstructures sont évoquées dans ce rapport car elles peuvent être amenées à être soit réutilisées en l'état soit finalement devenir incompatibles selon le futur système de batardage qui sera retenu ou pour la phase travaux.

3.3.4 Signalisation et éclairage

Figure 20: Signalisation du barrage d'Auxonne au niveau de la passe à canoës



Source : photos réalisées durant la visite de site du 27/11/2023 par BRLi

La maintenance a indiqué en 2020 [Réf 9] que le barrage manquait d'éclairage.



Cette partie sera mise à jour dans une version ultérieure de ce document à la suite d'une discussion avec l'exploitation et la maintenance du site sur cette thématique précise. Elle constitue en effet un point essentiel d'amélioration qu'il conviendra d'intégrer et de prendre en considération dans l'élaboration du futur système de batardage (contrainte liée à la sécurité des agents de VNF amenés à exploiter l'ouvrage de nuit).



4 CARACTERISTIQUES DU SITE

4.1 ABORDS DU SITE

4.1.1 Accès

L'ouvrage est accessible par voie terrestre depuis la rive gauche, cet accès nécessite le franchissement d'un pont routier (*capacité en portance à préciser*). En rive droite, on peut accéder à la plateforme d'observation et à la passe-à-poisson notamment. Les accès afférents sont représentés sur la figure ci-dessous.

Figure 21: Accès terrestre à l'ouvrage



Source : Google Earth

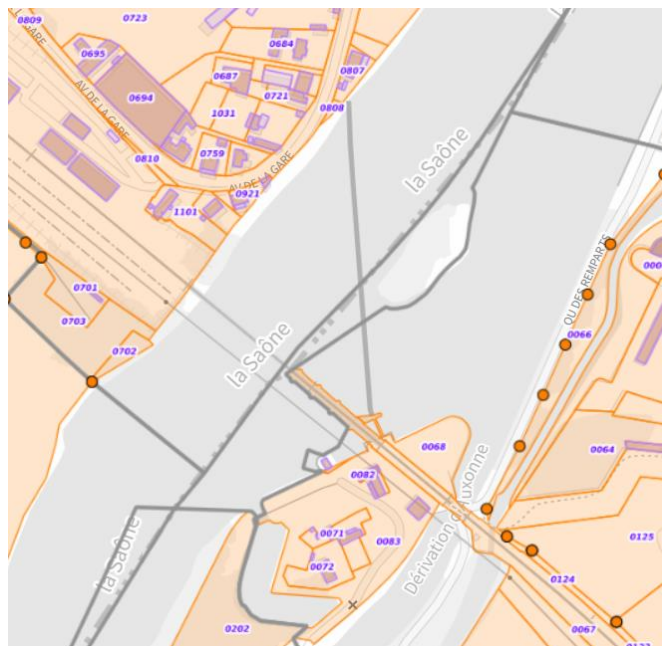
Le système de batardage à aiguilles est situé à l'amont du barrage actuel : il est accessible en rive gauche par un accès piéton une fois les fermettes relevées ou par voie fluviale par l'amont.

4.1.2 Disponibilité foncière

Le barrage d'Auxonne est construit dans les limites du Domaine Public Fluvial, délimité par le « Plenissimum flumen », qui est le niveau maximal de la rivière juste avant le débordement général.

Il existe néanmoins des propriétés privées à proximité immédiate de l'ouvrage actuel, notamment en rive droite. Les accès/zones de stockage en phase chantier sont considérés uniquement via la rive gauche.

Figure 22: Plan cadastral du barrage d'Auxonne



Source : Géoportail

4.1.3 Navigation

La Saône est navigable depuis Corre (au nord de la Haute-Saône) jusqu'à son confluent avec la Rhône, sur 365 km. La partie de la Saône classée à grand gabarit va de Saint-Symphorien-sur-Saône (P.K. 219) à la confluence avec le Rhône (P.K. 0) ne prenant pas en compte le barrage d'Auxonne.

De plus, la Saône assure une continuité de navigation avec la Loire, l'Yonne, la Marne, la Meuse et le Rhin grâce à la construction de différents canaux non explicités dans le présent rapport.

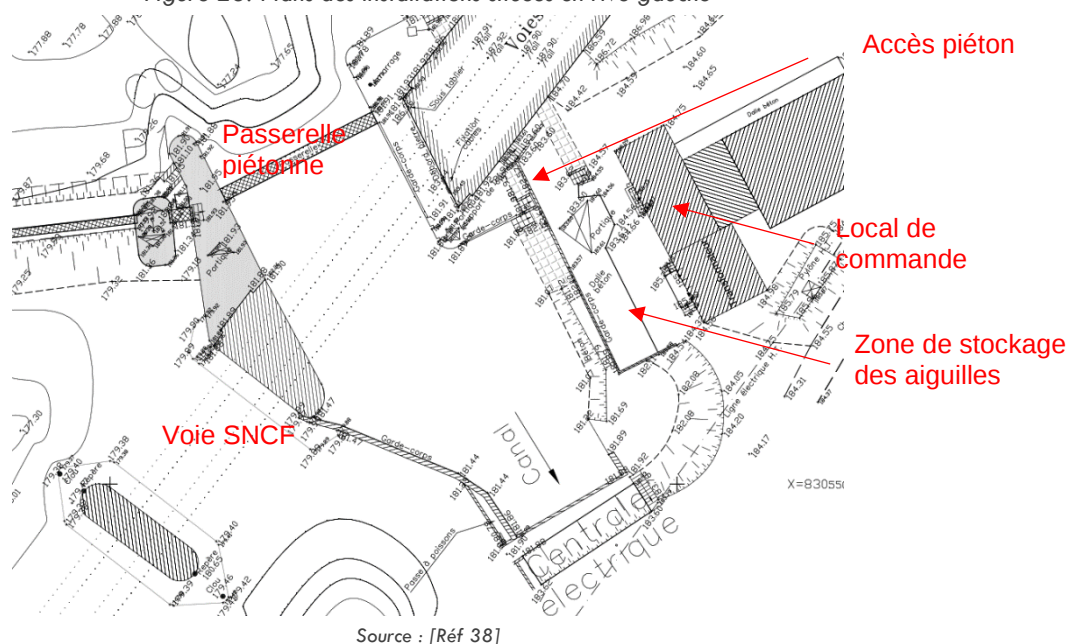
4.1.4 Berges

4.1.4.1 Rive gauche

La rive gauche intègre le barrage hydroélectrique construit au droit de la culée du pont permettant le passage de la voie ferrée. Cette culée en rive gauche du pont (Cp) est reliée à la culée du barrage C0 par une passerelle métallique d'environ 15 mètres de longueur. Les bâtiments de commande du barrage sont également présents en rive gauche.



Figure 23: Plans des installations situées en rive gauche



MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

La centrale hydroélectrique intègre un chenal d'amenée permettant l'arrivée d'eau, elle turbine au maximum 30m³/s.

Figure 24: Vue satellite permettant d'apprécier la centrale hydroélectrique



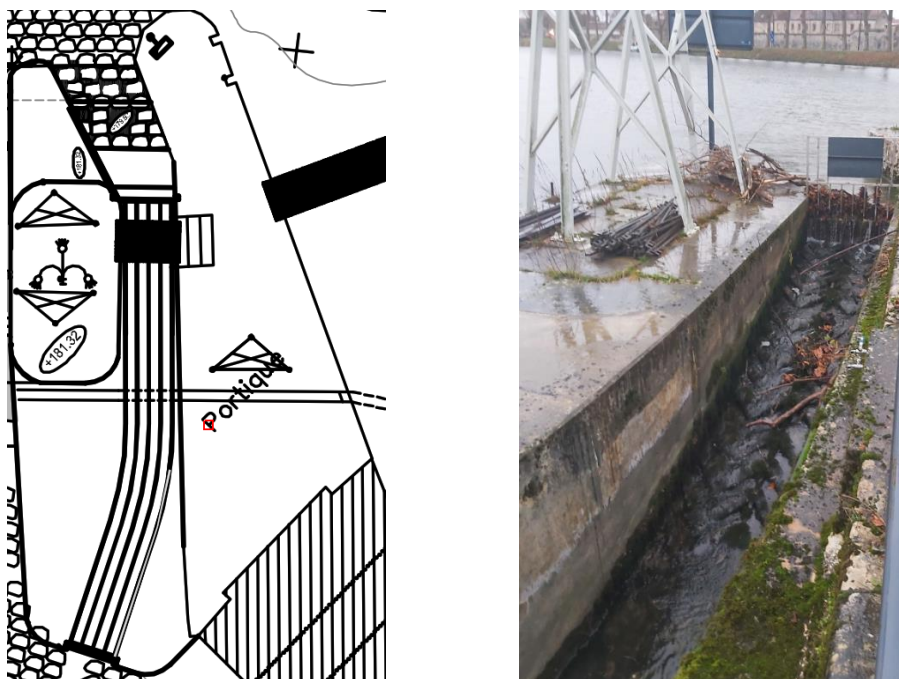
Source : Google Earth

PASSE A CANOËS

La passe à canoës-kayaks correspond à une glissière à ralentisseurs. Elle est située entre la première pile rive gauche du barrage et la culée faisant limite entre le barrage et la passe de prise de la centrale. Elle mesure 13,95 m x 1,4 m (L x l) et possède une pente de 15,5%.

Sa glissière est en béton armé et ses ralentisseurs sont des chevrons en chêne de sections 10x10 cm.

Figure 25: Plan et photo de la passe à canoë du site d'Auxonne



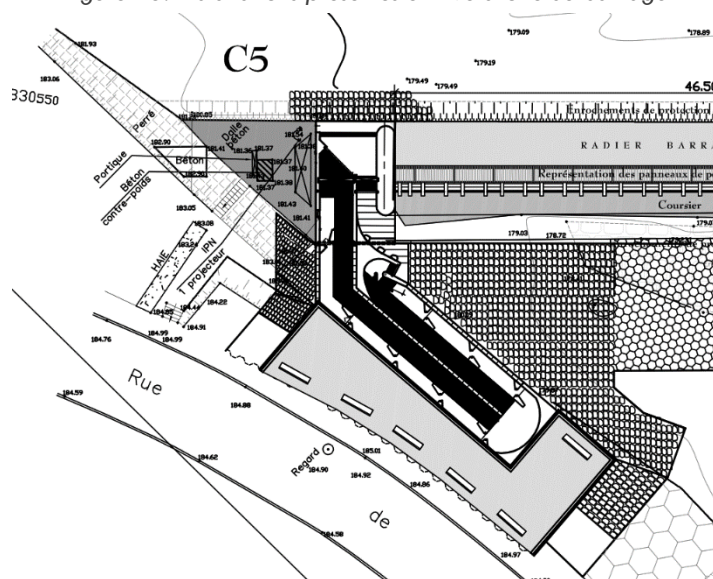
Source : [Réf 38] et photos réalisées durant la visite de site du 27/11/2023 par BRLi

4.1.4.2 Rive droite

La rive droite intègre la plateforme d'observation, la passe à poissons à bassins successifs ainsi que la culée C5 du barrage. La plateforme d'observation est située en aval de la passe à poissons et vient épouser son flanc droit.

Les interactions potentielles avec le système de batardage sont à préciser suite à un échange avec les services d'exploitations : à ce stade nous comprenons que la passe bénéficie d'un système vanné en propre et que les fermettes ne sont plus relevées jusqu'en rive droite.

Figure 26: Installations présentes en rive droite du barrage



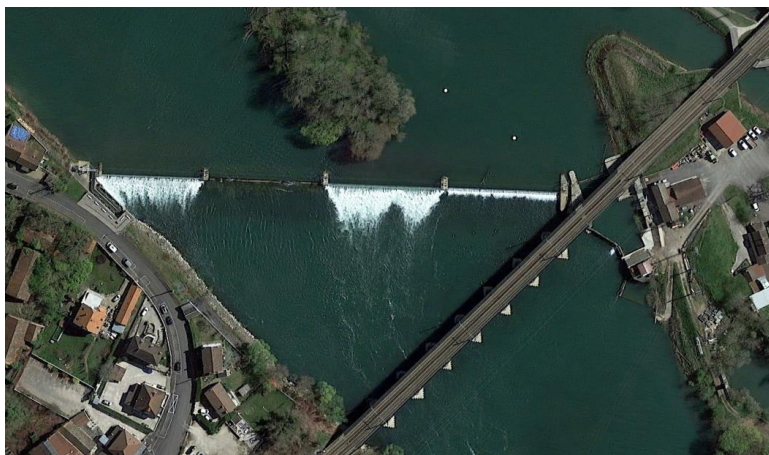
Source : [Réf 38]



4.1.5 Infrastructures avoisinantes

Un pont SNCF sur la ligne Dijon – Dôle est situé à l'aval immédiat du barrage actuel. Ce pont a fait l'objet en 1989 de travaux de confortement importants concernant les fondations des piles du pont.

Figure 27: Vue satellite du barrage d'Auxonne permettant d'apprécier la localisation du pont SNCF



Source : Google Earth

Les études de modernisation du système de batardage devront nécessairement prendre en compte l'existence de ce pont afin de ne pas le fragiliser.

Si le service exploitation dispose de données relatives à la stabilité du pont, ce point pourrait être intéressant à compléter.

4.1.6 Réseaux

La Déclaration de Travaux à proximité de réseaux (DT) a été lancée. Les résultats de celle-ci seront affichés dans cette partie du rapport.

4.2 RISQUES INONDATIONS

La zone présente un caractère non négligeable d'inondabilité. En effet, plusieurs épisodes de crues ont déjà provoqué des inondations en amont et en aval du site.

Les niveaux d'alerte d'inondation à Auxonne sont indiqués ci-dessous :

Figure 28 : Niveaux d'alertes d'inondation à Auxonne

débit (m ³ /s)	niveau amont	H / échelle	commentaires
550	181,90	2,94	crue juste débordante
670	182,47	3,51	crue d'occurrence T/2
840	183,20	4,24	début d'alerte à Auxonne
900	183,46	4,50	crue d'occurrence T/5
970	183,76	4,80	les égouts débordent à Auxonne
1060	184,00	5,04	crue d'occurrence T/10
1380	184,08	5,12	niveau maxi observé

Source : [Réf 3]

4.3 DONNEES GEOTECHNIQUES ET GEOLOGIQUES

La [Réf 17] présente les reconnaissances géologiques de 2006 pour les travaux de reconstruction.



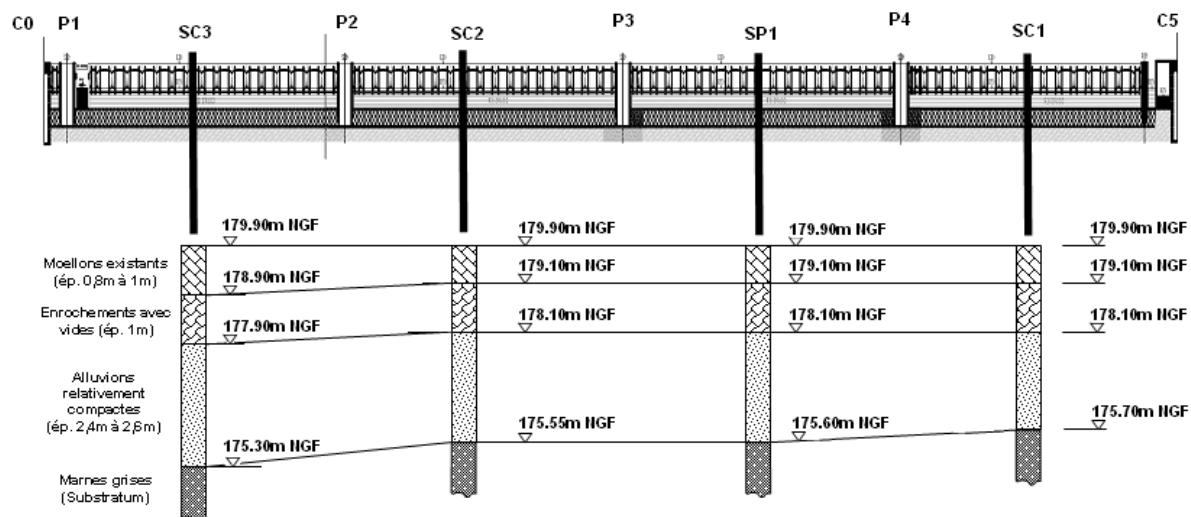
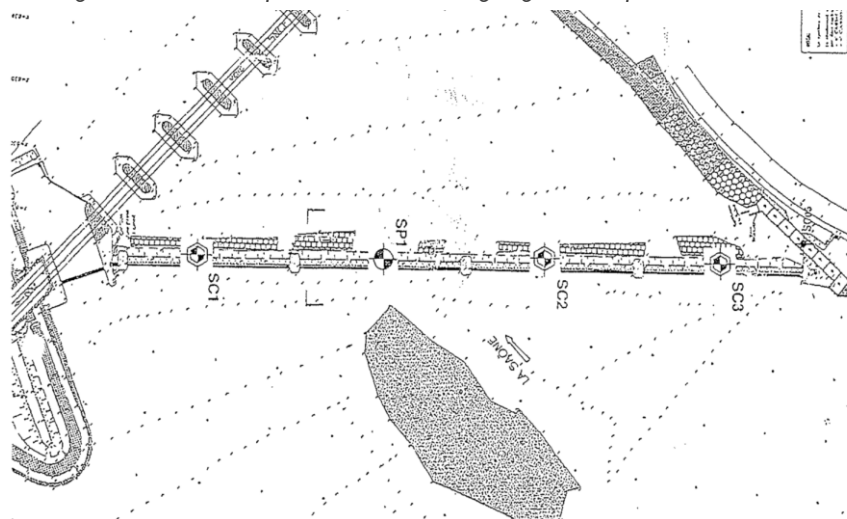
4. CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ces reconnaissances ont notamment consisté à la réalisation de différents sondages présentés ci-après sur lesquels certains essais ont été effectués :

- Un sondage pressiométrique ;
- Trois sondages carottés ;
- Six essais de perméabilité LEFRANC ;
- Des essais en laboratoires sur la maçonnerie et les sols sous-jacents.

Le plan d'implantation de ces sondages peut être visualisé ci-dessous :

Figure 29: Plan d'implantation des sondages géotechniques réalisés en 2006



Source : Geotec, décembre 2006

Les résultats de ces sondages sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 1: Résultats des sondages géotechniques réalisés en 2006

Cotes (NGF)	Type de sol	Masse volumique (t/m ³)	Pression limite (MPa)	Module pressio. (MPa)	Charge de rupture (t)	Perméabilité (m/s)
179.90 à 178.90	Maçonneries du radier existant	2,59	-	-	35,94	1,2.10 ⁻⁵ à 3,7.10 ⁻⁵



178.90 à 177.90	Enrochements sous radier existant	2,64	-	-	50,18	$1,6 \cdot 10^{-5}$
177.90 à 175.40	Sable, graviers et petits galets	-	3,29	18,6	-	$1,5 \cdot 10^{-5}$ à $6,1 \cdot 10^{-5}$
au-delà de 175.40	Argile et marne	2,07	0,80 à 1,30	6,7 à 10,7	-	-

Afin de compléter ces données, un programme de reconnaissance complémentaire [Réf 7] a été rédigé permettant l'établissement du modèle géotechnique du site.

Ce programme préconise les sondages suivants (en jaune, venant s'ajouter aux sondages existants apparaissant en bleu).

- 3 sondages carottés au droit du barrage avec essais d'infiltration (type Lugeon ou Lefranc selon les perméabilités) et prélèvement d'échantillons intacts (2 par sondages) pour mieux caractériser la fondation du barrage existant ;
- 3 sondages destructifs au droit desquels seront réalisés des essais pressiométriques tous les mètres.

En place de ces sondages, les essais de laboratoire suivants sont envisagés :

- Des essais triaxiaux sur les carottes des 3 sondages carottés, donnant comme paramètres : la cohésion effective et l'angle de frottement effectif des matériaux prélevés. Dans le cas où ceux-ci ne pourraient être réalisés, ils pourraient être remplacés par des essais de cisaillement.
- Des essais de caractérisation des sols pour l'ensemble des matériaux prélevés en berges et en rivière.

L'implantation de ces sondages est visualisée ci-après :

Figure 30 : Emplacement des sondages préconisés dans le programme des reconnaissances complémentaires géotechniques



Source : [Réf 7]

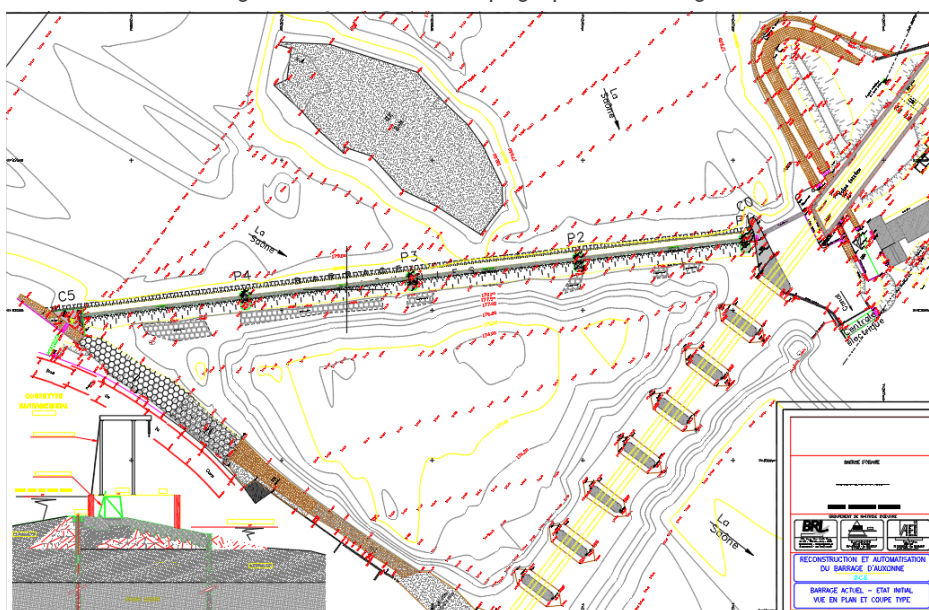
Le modèle géotechnique retenu à ce stade est celui de 2006, il pourra être mis à jour suite à la réalisation des reconnaissances.

4.4 DONNEES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMETRIQUES

4.4.1 Topographie

La topographie du site a été réalisée pour le besoin du chantier en 2008 sur les berges et le génie civil émergé. Cette topographie date néanmoins de 2008, période située avant les travaux de reconstruction. Elle permet d'apprécier les éléments structuraux du barrage avant travaux ainsi que les berges rive droite, une partie de la presqu'île et des bâtiments d'exploitation en rive gauche, la voie ferrée et les piles du pont la supportant, l'île bois en amont.

Figure 31: Extrait de la topographie du barrage :



Source : [Réf 22]

Ces données topographiques seront complétées par des reconnaissances complémentaires dont le programme est précisé en [Réf 7].

L'emprise des nouveaux relevés qui seront effectués est précisée ci-dessous. Elle fait environ 1,1 hectare et comprend :

- L'ensemble des ouvrages jusqu'à l'amont du seuil ;
- La zone d'accès, de stockage et les locaux techniques en rive gauche ;
- La zone d'accès, de stockage et les locaux techniques en rive droite.



Figure 32: Emprises des levés topographiques prévus dans le cadre des reconnaissances de 2024

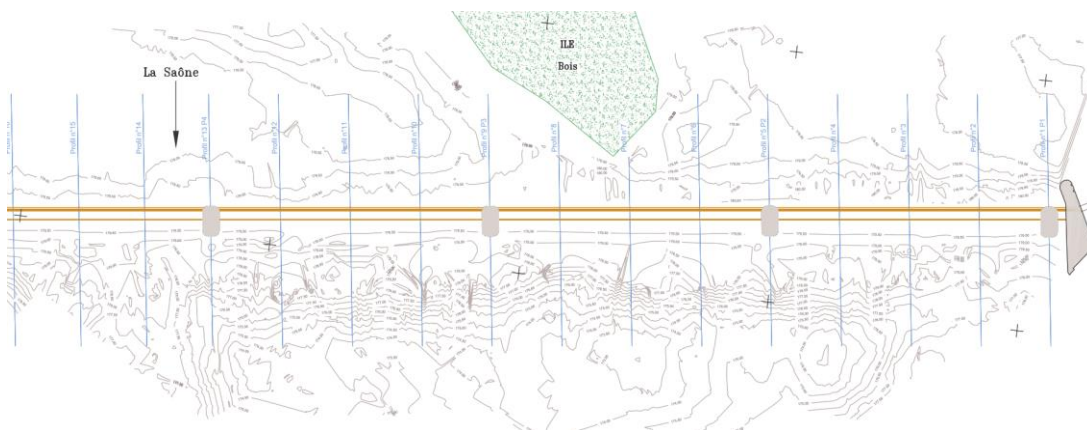


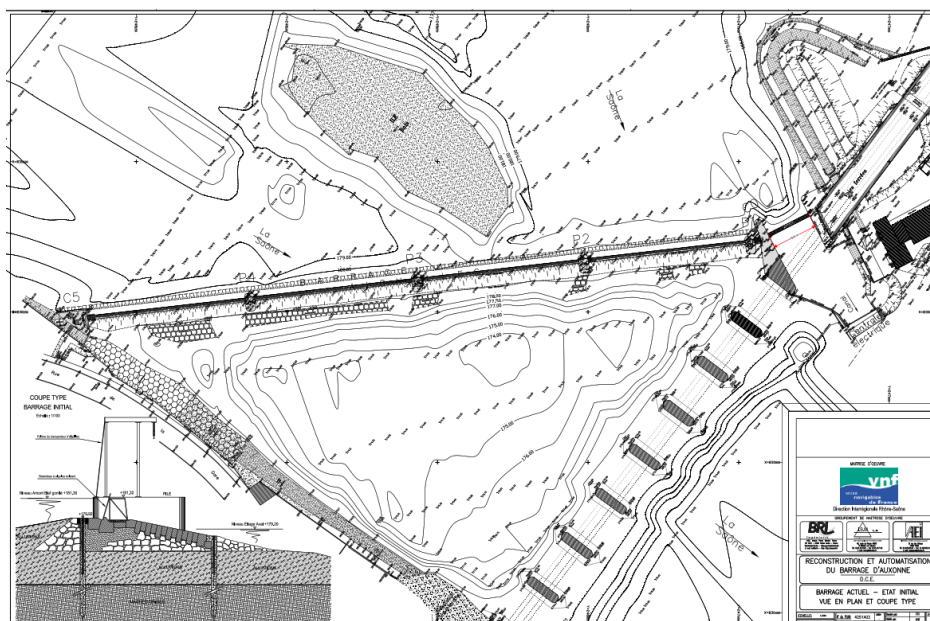
Source : [Réf 7]

Ces levés ont notamment pour objectifs de faire un état des mesures post travaux de reconstruction du barrage et de reconstruction du pont d'accès rive gauche, en lieu et place de plan de récolement finaux des ouvrages. Ils permettront de mettre à jour l'état des contraintes en ce sens.

4.4.2 Bathymétrie

La bathymétrie réalisée en juin 2009 montre bien la présence de l'île Bois en amont ainsi que la fosse bathymétrique en aval pouvant atteindre une profondeur de 5,31 mètres sous RN aval (égale à 179,01 m NGF). Celle-ci manque de précisions (densité de maillage trop faible) et ne prend pas en compte les changements liés aux travaux du nouveau BGVM, terminés en 2011. De plus, l'écluse n'est pas prise en compte.





Source : [Réf 23]

Ces données topographiques seront complétées par des reconnaissances complémentaires dont le programme est précisé en [Réf 7].

L'emprise des nouveaux relevés est précisée ci-dessous. Elle fait environ 4,8 hectares et est visible dans la figure ci-dessous :

Figure 33: Emprises des levés bathymétriques prévus dans le cadre des reconnaissances de 2024



Source : [Réf 7]

La bathymétrie au droit du barrage (environ 0,15 hectares) a été demandée avec une meilleure finesse de maillage. En outre, un modèle numérique de terrain (MNT) et des profils en travers en amont du barrage ont été prescrits.

Ces levés ont notamment pour objectifs de statuer sur l'état du radier à l'aval du système de batardage et amont du BGVM, d'actualiser le niveau de la fosse aval et des raccordements en berge. Ils permettront de mettre à jour l'état des contraintes en ce sens.



5 CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES ET HYDROLOGIQUES

La [Réf 18] et la [Réf 20] mettent en avant des données complètes, mais nécessairement antérieures au nouveau barrage réhabilité. La mise à jour des données hydrauliques liées au fonctionnement du nouveau barrage pourrait modifier ces résultats qui n'en demeurent pas moins intéressants dans leur approche et qui sont par conséquent résumés ci-dessous mais sans garantie de leur véracité.

Ces rapports donnent notamment les niveaux caractéristiques du barrage

Tableau 2: Niveaux caractéristiques relatifs au barrage à aiguilles

Barrage d'Auxonne	Cote en mNGF
Niveau Zéro Amont/Aval	178,96
Niveau amont normal (RN) ou nominal	180,85
Niveau amont moyen de régulation	181,25
Niveau amont « bief gonflé » (*)	181,30
Niveau d'exploitation de la microcentrale	180,85
Plus Hautes Eaux Connues (1965)	183,95
Plus Hautes Eaux Navigables	182,06
Niveau seuil maçonné = niveau sup. clapets abaissés	179,92
Arase des piles du barrage existant	181,35
Niveau aval normal	179,01
Niveau aval correspondant à l'effacement du barrage	~ 181,20
Débit d'effacement	~ 400 m3/s

ainsi que les débits caractéristiques et niveaux associés actuels : (côte du zéro de l'échelle égale à 178,96 m NGF)

Tableau 3: débits caractéristiques et niveaux du barrage

	débit (m3/s)	niveau amont	niveau aval	chute (m)
étiage sévère (T10 ans)	15	181,30	179,00	2,30
étiage courant	50	181,30	179,20	2,10
module annuel	126	181,30	179,57	1,73
effacement barrage	400	181,30	180,95	0,35
crue juste débordante	550	182,00	181,75	0,25
crue T 2 ans	670	182,45	182,30	0,15
crue T 5 ans	900	183,38	183,30	0,08
crue T 10 ans	1060	184,00	183,95	0,05
crue T 50 ans	1380	184,08	184,08	0,00

Dans ces 2 études, il est également fait mention de niveaux d'alerte à Auxonne, ceux-ci sont affichés ci-dessous bien qu'ils aient pu évoluer :



Tableau 4 : Niveaux d'alerte d'inondation à Auxonne :

débit (m3/s)	niveau amont	H / echelle	commentaires
550	181,90	2,94	crue juste débordante
670	182,47	3,51	crue d'occurrence T/2
840	183,20	4,24	début d'alerte à Auxonne
900	183,46	4,50	crue d'occurrence T/5
970	183,76	4,80	les égouts débordent à Auxonne
1060	184,00	5,04	crue d'occurrence T/10
1380	184,08	5,12	niveau maxi observé

Source : [Réf 20]

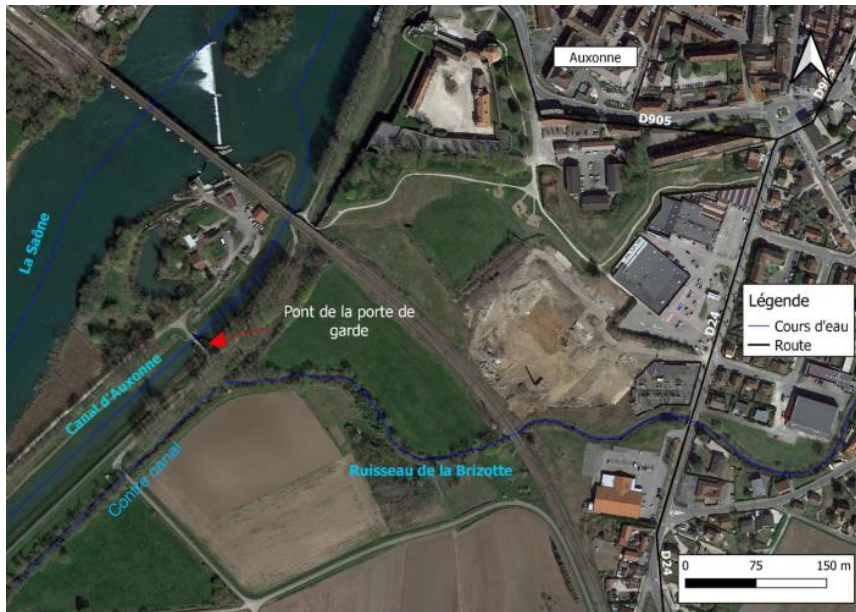
Les données indiquées ci-dessous datent des phases de conception du BGVM. Si des éléments nouveaux étaient toutefois à la connaissance des services exploitations (notamment analyse des levés automatiques des sondes de niveaux, et statistique de ces dernières années), ce paragraphe pourrait être amendé en ce sens.



6 CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

Les références [Réf 24] à [Réf 37] sont issues du projet de régénération du pont de la porte de Garde sur la petite Saône, mené en 2021/2022. Au vu de la proximité géographique de ce projet avec le barrage d'Auxonne ici concerné, ces références apportent un éclairage pertinent sur l'état initial de la zone d'étude.

Figure 34 : Localisation du pont de la porte de Garde vis-à-vis du projet



Source : [Réf 33]

PRINCIPAUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Les principaux enjeux environnementaux recensés dans ces documents (dans la [Réf 33] en particulier) sont les suivants :

- Inondation : la zone d'étude est incluse dans le périmètre du PPRI d'Auxonne, sur la Saône (zone d'aléa inondation fort, zone réglementaire rouge) ;
- Qualité des eaux (superficielles et souterraines) ;
- Enjeux écologiques :
 - Périmètres environnementaux : la zone d'étude est concernée par 2 ZNIEFF et un site Natura 2000 (ZSC « Gîtes et habitats à chauves-souris en Bourgogne » - FR2601012), avec des enjeux vis-à-vis des chiroptères ;
 - Espèces protégées (chiroptères) ;
 - Espèces invasives ;
 - Zones humides à proximité.
- Patrimoine :
 - Périmètres de protection des monuments historiques ;
 - Site patrimonial remarquable (SPR) ;
 - Sites classés ou inscrits :

Le barrage d'Auxonne est un des derniers grands barrages à aiguilles, par conséquent, la commune avait émis la volonté de l'intégrer dans un parcours touristique. En cas de déconstruction, il serait possible de le valoriser d'une autre manière (musée, bardage du local technique...) ;



- Zone de présomption de prescription archéologique à proximité.

ENJEUX ECOLOGIQUES

Un diagnostic écologique a été mené dans le cadre du projet de réfection du pont du canal (Cf. [Réf 25]). Les inventaires de terrain ont été réalisés en 2021 (printemps, été) et janvier 2022 (faune, flore, habitats), au droit du pont du canal d'Auxonne et d'un pont au-dessus du ruisseau la Brizotte, à l'est du canal.

Les enjeux écologiques identifiés au droit de la zone d'étude, à proximité du présent projet sont les suivants :

- Chiroptères : enjeux forts avec notamment la présence estivale d'une colonie de Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*) sous le pont du canal et d'activités de chasse sous le pont pour d'autres espèces ;
- Pour tous les autres groupes taxonomiques : enjeux nuls à faibles.

Par ailleurs, la présence d'espèces exotiques envahissantes a été relevée au niveau des rives du pont du ruisseau : Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), Ambrosie à feuille d'Armoise (*Ambrosia artemisiifolia*), Bident feuillu (*Bidens frondosa*) et Vigne-Vierge commune (*Parthenocissus inserta*).

On note que la présence de ces enjeux a nécessité la mise en place de mesures adaptées dans le cadre du projet de réfection du pont canal, afin de limiter l'impact des travaux. Ces mesures concernent l'adaptation de la phase des travaux aux enjeux écologiques, l'installation de gîtes à chiroptères et de gîtes de replis pour compenser la perte d'habitats, le colmatage des cavités et le sauvetage des individus, ainsi que l'arrachage avec récolte de la station de renouée et d'ambrosie.

ETUDES COMPLEMENTAIRES A PREVOIR

Les inventaires écologiques disponibles concernent une étude géographiquement proche du barrage d'Auxonne et récente. Ces données et études caractérisent donc effectivement l'état initial du site du présent projet de modernisation.

Cependant, en cas de reconstruction complète de l'ouvrage de batardage, il sera nécessaire de réaliser un nouveau diagnostic localisé précisément au droit des emprises travaux du projet (ouvrage, zones d'installation de chantier, y compris base vie et zones de stockage, voire accès).

Ce diagnostic permettra de mettre à jour les données bibliographiques et de vérifier les enjeux présents sur la zone de projet. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la démarche ERC (Eviter, Réduire, Compenser) attendue par les services de l'Etat. Elle aura pour objectif l'identification des enjeux et sensibilités, l'évaluation des impacts, et la définition des mesures E et R, éventuellement C nécessaires pour s'assurer que le projet n'aura pas d'impact significatif sur l'environnement. Par ailleurs, les données de suivi de la qualité des eaux et des sédiments devront également être récupérées au préalable et pendant les travaux.



7 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DES BARRAGES

D'une manière générale, des échanges en direct avec le service d'exploitation du barrage (historique et actuel), permettrait d'avoir une vision plus précise des éléments de contraintes listés ci-dessous. Le présent rapport pourra être amendé en ce sens une fois les échanges réalisés.

7.1 CONTRAINTES D'EXPLOITATION DU BGVM

CONTRAINTES DE NAVIGATION

Le rôle principal du BGVM est de fiabiliser la navigation des bateaux de plaisance et de commerce de gabarit Freycinet.

Pour cela, le barrage doit réguler la cote de la retenue normale amont à une valeur constante, mais ajustable. Cette valeur est comprise entre 180,85 m NGF (cote du niveau normal nominal) et 181,30 m NGF (bief « gonflé ») suivant les besoins de la navigation.

Il existe de forts enjeux associés à la tenue du bief amont en raison de l'existence d'un port de plaisance situé à 100m en amont et de la présence d'une zone de captage pour l'alimentation en eau potable.

Le système de batardage doit pouvoir être rapidement en place pour sécuriser ses enjeux.

MAINTIEN DE LA LIGNE D'EAU

De manière théorique, le BGVM doit être capable de ;

- réguler le plan d'eau amont à une cote de consigne avec une précision de +/- 5 cm, tant que le débit n'entraîne pas l'abaissement complet des clapets et en mode automatique ;
- D'abaisser ou de remonter complètement la totalité du barrage en 30 minutes au maximum ;
- Permettre toutes les modifications de paramètres simplement par un agent habilité.

L'exploitation indique que la dernière crue nécessitant un effacement complet du barrage date de 2018.

GESTION DES EMBACLES

Les retours d'expérience sur les barrages gonflables montrent à ce jour que les embâcles flottants ne portent pas préjudice à la technologie gonflable. Le passage des embâcles est facilité en comparaison à des clapets du fait de la souplesse de ce type de bouchure. En revanche, les embâcles roulants tels que les rochers transportés lors des crues, pourraient dégrader les membranes dégonflées reposant sur le génie civil ou endommager les ancrages.

Les fermettes du barrage à aiguilles sont couchées au fond de la rivière ne font pas obstacle au passage des embâcles : ces derniers peuvent néanmoins les endommager.

A ce jour, nous n'avons pas eu le retour d'expérience de l'exploitation concernant ce phénomène sur le barrage d'Auxonne ; cette partie sera donc mise à jour dans une version ultérieure de ce document à la suite d'une discussion avec l'exploitation et la maintenance du site.

7.2 MAINTENANCE DES OUVRAGES

Les opérations de maintenance du BGVM s'effectuent à l'aide du système de batardage, objet de notre étude. Il est donc capital de les définir et de les estimer.

Comme indiqué dans le §3.2.2, actuellement, 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 que 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 ;

Un désordre important s'est d'ailleurs produit sur ce barrage, détaillé en [Réf 6]: la vanne d'alimentation en air d'une boudruche s'est accidentellement fermée, engendrant la manœuvre du volet métallique par un des câbles de maintien des volets entre eux et non par la boudruche elle-même. Ce fonctionnement dégradé a duré plusieurs semaines, provoquant un affaissement complet du volet métallique concerné dont le joint déchiré a dû être totalement remplacé après batardage d'urgence de la passe. Depuis la reprise de l'automatisation, les dysfonctionnements ont toutefois cessé.

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 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. De plus, toutes ces opérations se font à la main, occasionnant des risques et des délais importants, ainsi que des problématiques fortes de sécurité.

Figure 35: Batardage de la passe 3 à l'aide du barrage à aiguilles



Source : [Réf 9]



Ces opérations peuvent prendre 5 heures dans des conditions difficiles en mobilisant 5 personnes.

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.
- 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.

En ce qui concerne le barrage, l'absence de fourreaux complique la maintenance. Les chambres de tirage initialement prévues en phase de conception ont été comblées lors de la construction. Il est donc actuellement impossible de changer un réseau d'air ou d'électricité noyé dans la fondation en béton si celui-ci dysfonctionne. La seule possibilité serait un passage des réseaux en aérien.

Néanmoins, ces conditions de pénibilité sont améliorées quand la maintenance est faite en période favorable (étiage). La majorité de ces maintenances peuvent être programmées durant ces périodes, seul le risque d'une maintenance d'urgence peut impliquer une mise en œuvre dans des conditions difficiles.

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



8 CONCLUSION

Le bilan des contraintes du site fait apparaître plusieurs points de vigilance qui seront importants dans le cadre de l'étude comparative des systèmes de batardage prévue en phase 2 :

1. État du génie civil et des équipements du système de batardage actuel : une évaluation de l'état du génie civil et des équipements du barrage à aiguilles est requise. Cette évaluation permettra de prendre des décisions éclairées quant à la nécessité de réparer, de remplacer ou de moderniser ce système. Un diagnostic du système de batardage est, a priori, envisagé lors d'une mise à sec en juin 2024.
2. Mise à jour des données bathymétrique et topographique : l'actualisation de ces données permettra d'analyser les enjeux relatifs à une reconstruction ou réhabilitation (état des fosses, des radiers, mise à jour des données pour les plans d'implantation).
3. Manque d'information concernant les caractéristiques hydrauliques du site depuis la mise en service du BGVM. Des informations plus récentes permettront une meilleure compréhension du comportement quotidien de la rivière et des besoins en système de batardage.
4. Un échange devra avoir lieu avec l'exploitation et la maintenance, permettant d'appréhender le fonctionnement et les besoins précis du barrage et du système de batardage.

En phase 2, les contraintes listées dans le présent rapport seront prises en compte dans la note d'analyse des différents scénarios (scénarios de restructuration du batardage à aiguilles existant) et d'identifier leurs points forts et leurs points faibles.



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

BRL
Ingénierie

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr