



AMO POUR LE PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE VILLENEUVE SAINT GERMAIN

Mission n°2 : Complément d'études préliminaires

Note sur les oscillations des BGE



	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
	<p>OTEIS</p> <p>Immeuble Le Genesis - Parc Eureka 97 Rue De Freyr CS 36038 34060 MONTPELLIER CEDEX 2</p>

Date du document	18-04-2023
Contact	Julien VANWARREGHEM

Titre du document	<p>AMO POUR LE PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE VILLENEUVE SAINT GERMAIN</p> <p>Mission n°2 : Complément d'études préliminaires</p> <p>Étude préliminaire du local commande</p>
Référence du document :	A01170-AMO VSG- Mission 2-Note oscillation_A.docx
Indice :	A

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
16/05/2023	A	Première émission	JVA	JAU

AMO POUR LE PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE VILLENEUVE SAINT GERMAIN

Mission n°2 : Complément d'études préliminaires

Note sur les oscillations des BGE

1	CONTEXTE ET OBJET DU RAPPORT	4
2	ANALYSE FONCTIONNELLE DES BGE	5
2.1	DESCRIPTION GENERALE	5
2.2	LES ACTIONNEURS	6
3	RISQUES POTENTIELS LIÉS AU BGE	8
3.1	DURABILITE DES MEMBRANES.....	8
3.2	LES PHENOMENES OSCILLATOIRES	8
3.3	LES ANCRAGES	9
4	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR FIABILISER LA CONCEPTION DES BGE.....	10

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe constructif d'un barrage gonflable à l'eau © BRLingénierie	5
Figure 2 : Interface Homme Machine - bouchures gonflées à l'eau © BRLingénierie.....	6
Figure 3 : Paramétrage de la position des bouchures gonflées à l'eau - ©BRLingénierie	7
Figure 4 : Essais de durabilité des membranes – BAW.....	8
Figure 5 : formule de calcul du facteur de sécurité membrane	8
Figure 6 : Phénomène vibratoire pour le barrage gonflé à l'eau	9
Figure 6 : Défecteurs type brise-lame [source Floecksmühle]	9

LISTE DES TABLEAUX

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.



1 CONTEXTE ET OBJET DU RAPPORT

La Direction Territoriale du Bassin de la Seine (DTBS) des Voies Navigables de France souhaite reprendre le processus de décision sur les orientations du programme de reconstruction du barrage de Villeneuve Saint Germain, qui est à ce jour dans un état vieillissant.

En tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage, BRL Ingénierie doit aider la DTBS en apportant un contrôle externe sur les études préliminaires réalisées en 2014 par Artelia, et en produisant le programme de l'opération qui servira au recrutement du prochain maître d'œuvre.

L'assistance portera sur 3 missions :

- Mission 1 : Appropriation des études préliminaires et contrôle externe des études
- **Mission 2 : Complément des études préliminaires**
- Mission 3 : Rédaction du programme de l'opération

La présente note s'inscrit dans la **mission 2** et fait suite à la mission 1 produite par BRL Ingénierie en février et avril 2023 (indice A). Elle a pour objet de répertorier l'état des connaissances à ce jour sur les phénomènes oscillatoires des barrages gonflables à l'eau.



2 ANALYSE FONCTIONNELLE DES BGE

2.1 DESCRIPTION GENERALE

Ces barrages sont composés de membranes gonflables à l'eau ancrées sur un radier béton et alimentées par des conduites d'eau sous pression.

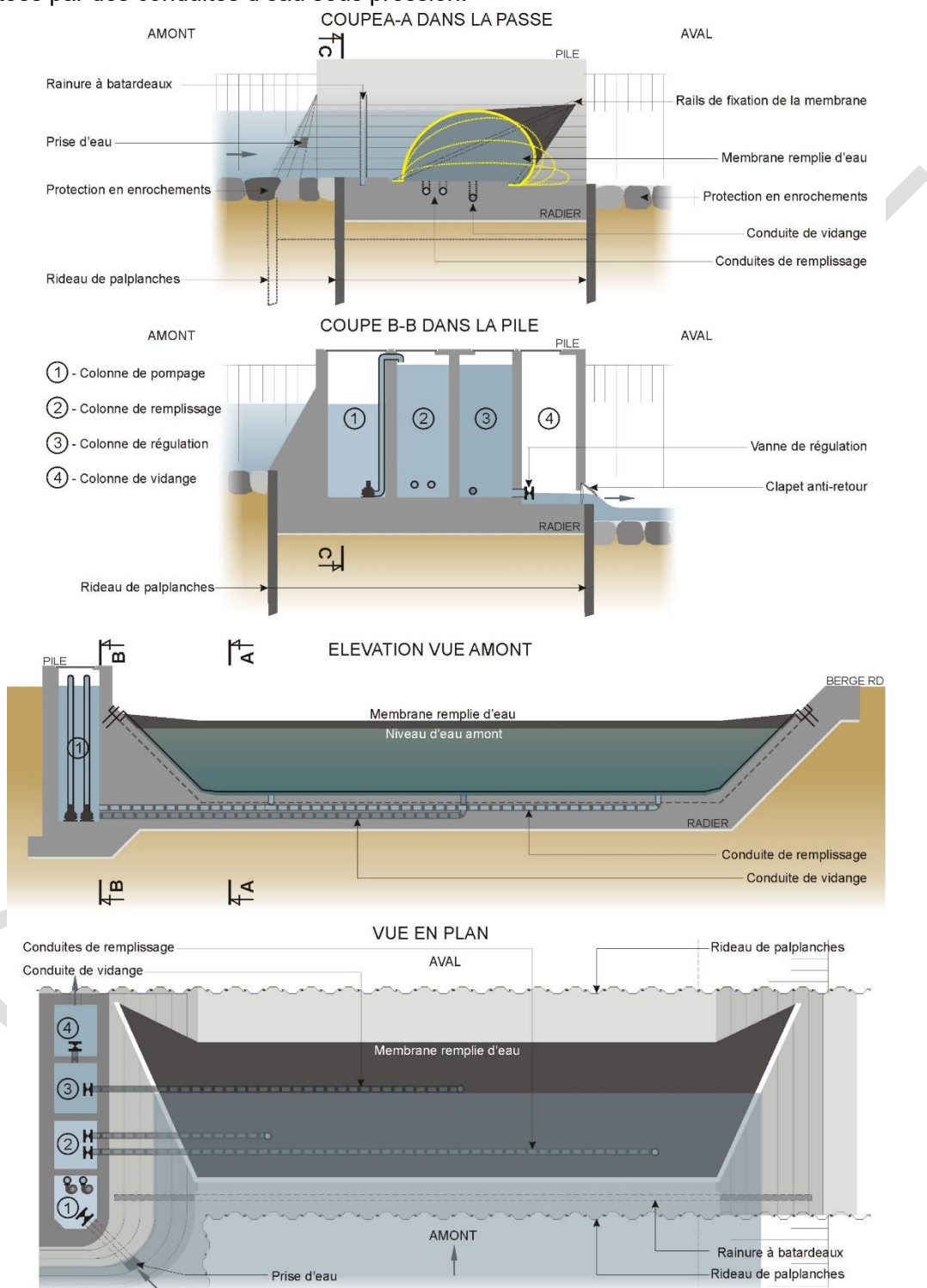


Figure 1 : Principe constructif d'un barrage gonflable à l'eau © BRLingénierie



2.2 LES ACTIONNEURS

Les bouchures gonflables ne sont pas développées, pour leur plus grand nombre, aux fins de gestion de biefs de navigation et nécessitent un savoir-faire particulier.

Pour cette technologie, l'actionneur est une simple colonne d'eau. Celle-ci est remplie ou vidée à une altimétrie déterminée, permettant de mettre en équilibre la bouchure remplie d'eau. Les types d'alimentation varient selon les fournisseurs (puits, sacs d'eau) et mobilisent un système de pompage vidange simple.

Le détail du paramétrage des actions de remplissage / vidange de la membrane est un facteur indispensable à la durée de vie de l'installation.

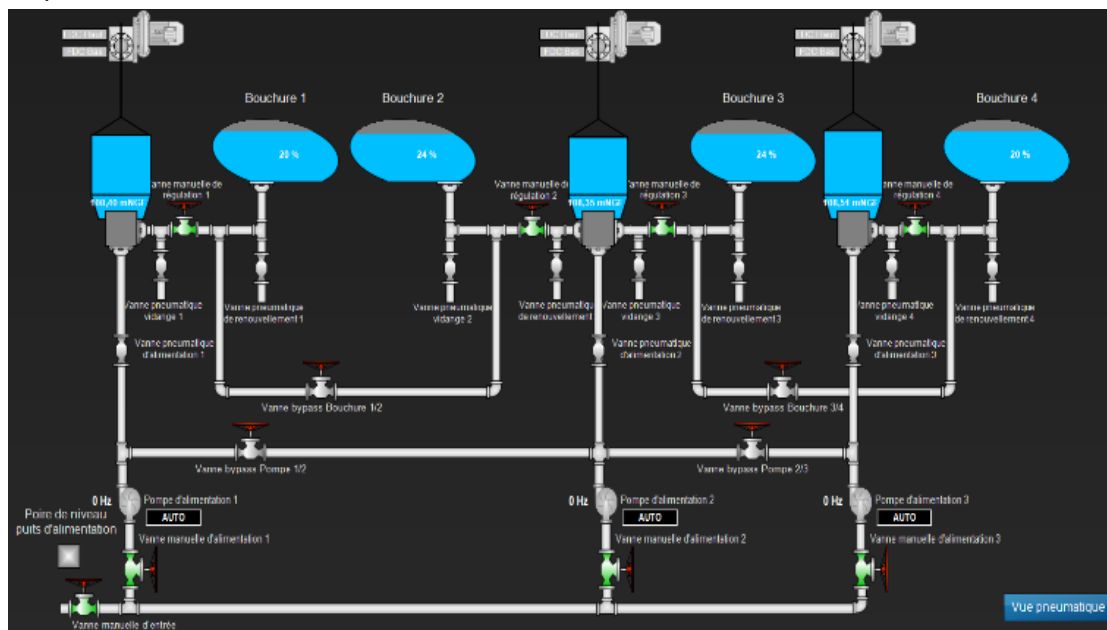


Figure 2 : Interface Homme Machine - bouchures gonflées à l'eau © BRLingénierie

Outre des synoptiques adaptés à la typologie nouvelle de ce type de barrage, les modes de fonctionnement développés permettent :

- une flexibilité de la régulation;
- un déversement continu, sans qu'il soit impératif, il est utile au transit du débit minimum biologique et la protection des membranes des effets du vieillissement ;
- une gestion différenciée selon les périodes de l'année et les ouvrages annexes sur chaque site (centrale hydroélectrique, passe à poissons).

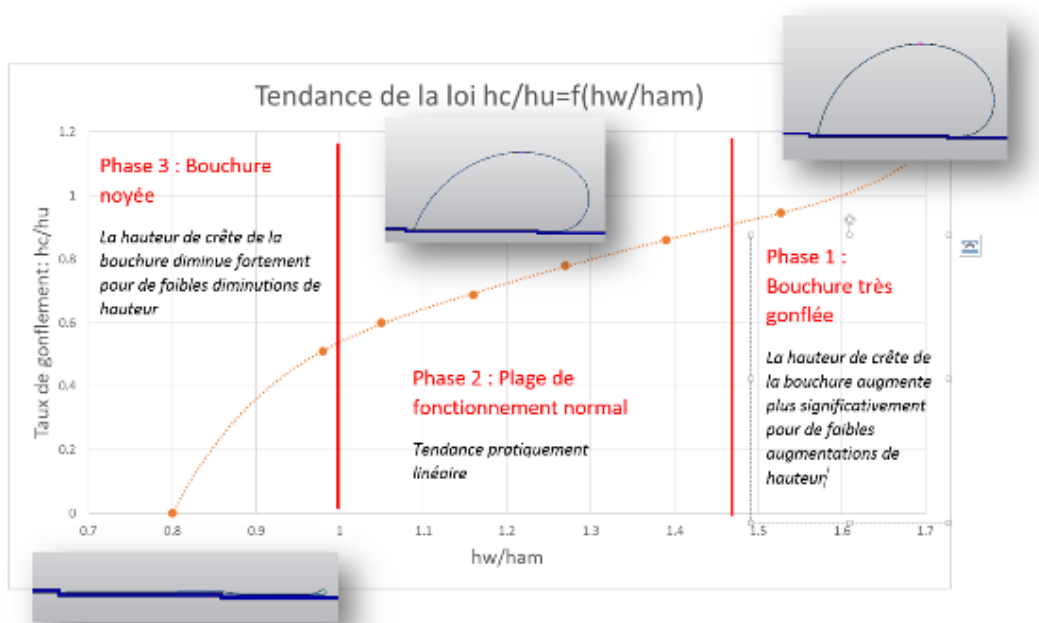


Figure 3 : Paramétrage de la position des bouchures gonflées à l'eau - ©BRLingénierie



3 RISQUES POTENTIELS LIES AU BGE

3.1 DURABILITE DES MEMBRANES

Les principales questions posées sur les barrages gonflables concernent la durabilité des membranes face au risque de vandalisme, et à leur endommagement face aux effets du temps (durée de vie intrinsèque) et aux phénomènes de vibration.

Les études menées par le BAW (Bundesanstalt für Wasserbau) les travaux de l'AIPCN et les derniers retours d'expérience sur les projets de reconstruction de barrages équipés de cette technologie permettent :

- de prendre des mesures de conception limitant le vandalisme : la composition de la membrane montre que les impacts de différents calibres n'engagent pas la stabilité ni la sûreté de l'ouvrage, la conception d'ensemble limite l'accessibilité des tiers à la bouchure ;

Essais de perforation et étanchéité (BAW)

Arme utilisée	Cartouche	Calibre		Distance de tir
Fusil olympique		22 lr	balles 22 lr	10 m
Arme de point		9 mm x 19	balles à tête ronde	5 m
Winchester		7.62mm x 51	balles à tête ogivale	10 m
Fusil air comprimé		4.5 mm	balles air comprimé	10 m



Figure 4 : Essais de durabilité des membranes – BAW

- d'intégrer les objectifs de durée de vie dans le dimensionnement de la membrane : l'objectif de durée de vie intervient dans le calcul du facteur de sécurité F_s en intégrant les effets du vieillissement et du fluage (respectivement dans l'exemple ci-dessous f_1 et f_2) ;

$$F_s = f_1 \cdot f_2 \cdot y$$

$$F_s = 2.53 \cdot 1.73 \cdot 1.75$$

$$F_s = 7.66$$

Figure 5 : formule de calcul du facteur de sécurité membrane

- de stabiliser les oscillations : la mise en place de mesures spécifiques est nécessaire.

3.2 LES PHENOMENES OSCILLATOIRES

Le phénomène parfois observé sur les barrages gonflables à l'eau est un phénomène vibratoire que l'on peut associer à un « ballotement » de l'ensemble du barrage sous certaines contraintes hydrauliques, pour des hauteurs aval importantes. Toute structure non massive soumise à un écoulement peut vibrer, la question est de déterminer

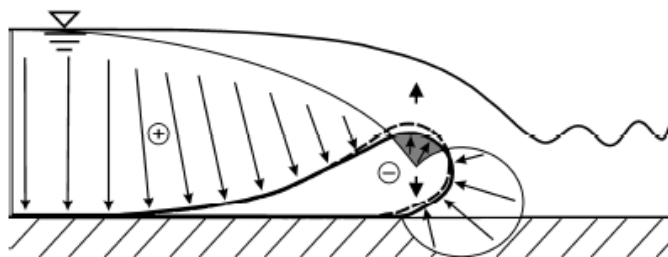


Figure 6 : Phénomène vibratoire pour le barrage gonflé à l'eau

A la suite de nombreuses investigations menées au Japon et en Australie, visant à décoller la lame d'eau en aval de la bouchure avec un déflecteur longitudinal afin de réduire ce phénomène, des essais réalisés sur les voies navigables allemandes dans les années 2000 ont permis de montrer que la mise en place de déflecteurs de type brise-lames avec un positionnement déterminé permet de traiter la question des oscillations.



Figure 7 : Déflecteurs type brise-lame [source Floecksmühle]

3.3 LES ANCRAGES

Les ancrages sont des éléments constitutifs d'une bouchure gonflable dans la mesure où ils assurent la liaison entre la membrane, les piles et le radier du barrage.

Ces derniers sont dimensionnés selon les règlements de calcul habituels, notamment les Eurocodes.

Leur géométrie et leur implantation peut dépendre des fournisseurs. Il est recommandé d'utiliser des rails qui, outre leur dimensionnement théorique, ont fait leurs preuves sur des installations existantes.



4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR FIABILISER LA CONCEPTION DES BGE

Le retour d'expérience de ces dernières décennies sur l'exploitation de barrage gonflable à l'eau a permis de tirer des enseignements pratiques permettant de fiabiliser la conception de ces ouvrages. Les principaux sont les suivants :

- intégrer dans le calcul initial de la membrane la durée de vie attendue pour définir le facteur de sécurité de la bouchure ;
- éradiquer les élastomères ; dispositions constructives du matériau composite ou types de production non appropriés ;
- définir un ensemble de tests de qualification des matériaux utilisés dans les pièces techniques du marché et les suivre ; prévoir le traçage de la production pour permettre le prélèvement d'échantillons ;
- implanter des déflecteurs justement positionnés pour éviter les phénomènes d'oscillations, en prévoyant des critères d'observation et d'acceptation à valider lors de la mise en service ;
- éradiquer tout système d'ancrage qui ne bénéficierait pas d'un retour d'expérience certain, en incluant un calcul sécuritaire de résistance à la fatigue à justifier dans le cadre des études d'exécution des entreprises ;
- s'assurer lors de la phase travaux de la nature des matériaux utilisés et du strict respect des consignes de serrage préconisées par le fournisseur.

L'ensemble de ces dispositions permettent à ce jour de venir maîtriser le risque d'oscillation.

CONFIDENTIEL



BRL
Ingénierie



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

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