



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

Contrôle externe des études



	<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	23-02-2023
Contact	Julien VANWARREGHEM

Titre du document	AMO POUR LE PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE VILLENEUVE SAINT GERMAIN Contrôle externe des études
Référence du document :	A01170-AMO VSG- Contrôle externe des études_indB_v0.docx
Indice :	B

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
13/04/2023	A	Première émission	LBA/KOU/SPA/LBI	JVA
22/06/2023	B	Reprise suite remarques VNF	LBA/KOU/SPA/LBI	JVA

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

Contrôle externe des études

1	CONTEXTE ET OBJET DU RAPPORT	6
2	VOLET ANALYSE FONCTIONNELLE DU BARRAGE.....	7
2.1	CHOIX DES PRINCIPES TECHNIQUES.....	8
2.2	ETUDE HYDRAULIQUE DU NOUVEAU BARRAGE.....	16
2.3	IMPLANTATION DU NOUVEAU BARRAGE	17
2.4	ANALYSE MULTICRITERE	19
2.5	BESOINS COMPLEMENTAIRES	22
3	VOLET ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA PASSE-A-POISSON	25
3.1	SOLUTION A BASSINS SUCCESSIFS	25
3.1.1	Adéquation aux espèces cibles	25
3.1.2	Implantation	25
3.1.3	Configuration	25
3.1.4	Dimensionnement des bassins et mode de communication	27
3.1.5	Fonctionnement hydraulique.....	27
3.1.6	Equipements de gestion protection et sécurité	28
3.1.7	Suivi de l'efficacité de l'ouvrage.....	29
3.1.8	Estimatif financier des travaux.....	29
3.2	SOLUTION A MACRO-RUGOSITES.....	29
3.2.1	Adéquation aux espèces cibles	29
3.2.2	Implantation	29
3.2.3	Configuration	29
3.2.4	Dimensions et caractéristiques	30
3.2.5	Fonctionnement hydraulique.....	30
3.2.6	Equipements de gestion protection et sécurité	31
3.2.7	Suivi de l'efficacité de l'ouvrage.....	31
3.2.8	Estimatif financier des travaux.....	31
4	VOLET GÉOTECHNIQUE	32
4.1	SYNTHESE DES ETUDES PRELIMINAIRES	32
4.1.1	Documents de référence	32
4.1.2	Contenu de la campagne géotechnique de 2013	33
4.1.3	Lithologie	33
4.1.4	Perméabilité des sols	36
4.1.5	Propriétés mécaniques des sols.....	36
4.1.6	Hypothèses géomécaniques.....	39

4.1.7	Conclusions des études géotechniques et sujétions d'exécution.....	40
4.2	ANALYSE CRITIQUE	41
4.2.1	Appropriation et interprétation des données.....	41
4.2.2	Analyse de la complétude des études géotechniques	41
4.2.3	Évaluation des risques géotechniques	42
4.3	BESOINS COMPLEMENTAIRES	44
5	VOLET RÉGLEMENTAIRE.....	45
5.1	SYNTHESE DES ETUDES PRELIMINAIRES	45
5.2	ANALYSE CRITIQUE	46
5.3	BESOINS COMPLEMENTAIRES	47
6	VOLET BUDGÉTAIRE	49
6.1	SYNTHESE DES ETUDES PRELIMINAIRES	49
6.2	ANALYSE CRITIQUE	50
6.3	BESOINS COMPLEMENTAIRES	51
7	SYNTHÈSE GLOBALE	51

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 8 : Fonctionnement de principe des BGE-coupes longitudinales [BRLi].....	10
Figure 1 : Durée d'une saison de chantier en fonction de la probabilité de non dépassement du débit de chantier et de sa période de retour – Artelia (2014).....	15
Figure 3 : Impacts des géométries envisageables sur les niveaux amont - Artelia (2014)	16
Figure 5 : Accès au barrage existant et parcelles VNF – Cahier de plans techniques Artelia (2014)	17
Figure 6 : Largeur approximative des parcelles VNF – Extrait plan géoportail	18
Figure 7 : Extrait du plan topographique et bathymétrique à l'aval – GEOFIT EXPERT (2022)	18
Figure 8 : Extrait du plan topographique et bathymétrique à l'amont – GEOFIT EXPERT (2022).....	19
Figure 4 : Comparaison des scénarios vis-à-vis des demandes du programme – Artelia (2014)	22
Figure 9 : Exemples de configurations repliées pour optimiser le positionnement de l'entrée piscicole et de la prise d'eau de la passe à poissons	26
Figure 10 : Exemple de configuration repliée avec échancrure de débit d'attrait.....	26
Figure 11 : Typologie de l'écoulement dans les bassins (à gauche : type 1, à droite : type 2)	27
Figure 12 : Exemple de configuration repliée avec échancrure de débit d'attrait.....	30
Figure 13 : Extrait de la carte IGN au 1/25000 ^{ème} – Soissons 211 Est	32
Figure 14 : Plan d'implantation des sondages géotechniques – mission G12 (Hydrogéotechnique, 2013).....	33
Figure 15 : Profils géotechniques au droit du barrage.	35
Figure 16 : Représentation schématique des résultats des essais pressiométriques – Hydrogéotechnique 2013.	37
Figure 17 : Module pressiométrique moyen en fonction de l'altitude du forage (couche 3).....	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau d'analyse des coupes lithologiques des sondages réalisés par Hydrogéotechnique	34
Tableau 2 : Résultats bruts des essais de perméabilité – Hydrogéotechnique 2013.....	36
Tableau 3 : Perméabilité des couches – Hydrogéotechnique 2013.....	36
Tableau 4 : Tableau de synthèse des résultats pressiométriques de la couche 3.....	38
Tableau 5 : Synthèse des paramètres géomécaniques des sols de fondation du barrage – Hydrogéotechnique 2013	39
Tableau 6 : Synthèse des études préliminaires – Volet « environnement et réglementaire »	45
Tableau 7 : Analyse des besoins complémentaires – Volet « environnement et réglementaire »	47



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 1** et fait suite à la note d'appropriation des études préliminaires produite par BRL Ingénierie en février 2023 (indice A). Elle a pour objet l'analyse technique des études préliminaires, d'un point de technique et qualitatif. Cette note s'inscrit dans une démarche de maîtrise du risque de l'opération à travers une grille de lecture technique, réglementaire et budgétaire.



2 VOLET ANALYSE FONCTIONNELLE DU BARRAGE

Les études préliminaires menées par ARTELIA ont porté sur l'étude de trois scénarios, deux scénarios de réhabilitation et un scénario de reconstruction complète du barrage. L'analyse comparative des trois solutions a conduit au choix du scénario 3 de reconstruction. Ce scénario ne sera pas remis en question dans l'analyse critique de l'étude préliminaire. L'analyse portera sur :

- l'implantation du nouveau barrage ;
- la pertinence des choix techniques proposés ;
- l'analyse multicritère des scénarios 3A, 3B et 3C établie par Artelia.

Les données hydrauliques et les géométries de l'ouvrage existant et des solutions proposées par Artelia sont reprises ci-après :

Données hydrauliques :

RN amont	40,80 mNGF
RN aval	39,45 mNGF
Chute	1,35 m
Plus Hautes Eaux Navigables (PHEN)	41,49 mNGF (source : avis batellerie n°1-2011)
Plus Hautes Eaux Connues (PHEC)	45,30 mNGF (crue 1993)
Débit étiage	10 m3/s
Débit décennal (Q10)	300 m3/s
Débit centennal (Q100)	600 m3/s (crue 1993)

Ouvrage existant :

Ouvrage	Type de bouchure	Largeur	Hauteur utile	Niveau radier (IGN69)
Pertuis	Vanne levante double corps	12 m	2 m / vanne soit 4 m au total	37,03 NGF
Déversoir côté rive droite	Clapet	24,63 m, inclinaison 81° par rapport à l'axe de la rivière	1,30 m	39,67 NGF
Déversoir côté rive gauche	Clapet	35,10 m, inclinaison 60° par rapport à l'axe de la rivière	1,30 m	39,67 NGF

Nouveau barrage :



Solution	Nombre de passes	Largeur hydraulique par passe	Hauteur utile	Niveau radier (IGN69)
3A : Clapets	4	15 m	2,3 m	38,6 m NGF
3B : BGVM	2 (modules de 6m de largeur)	30 m	2,3 m	38,6 m NGF
3C : BGE	3	28 m	2,5 m	38,4 NGF

2.1 CHOIX DES PRINCIPES TECHNIQUES

L'étude préliminaire d'Artélia a analysé les différents principes techniques visant à assurer les fonctionnalités attendues sur le futur ouvrage, soit :

- ✓ Les types de bouchures envisageables ;
- ✓ Le nombre et la géométrie des passes ;
- ✓ Les organes et mécanismes de manœuvre ;
- ✓ Les batardeaux de maintenance ;
- ✓ Les techniques d'adaptation de génie civil ;
- ✓ Les confortements des berges ;
- ✓ Les passerelles de maintenance ;
- ✓ Les techniques de réalisation et le phasage du chantier.

Les conclusions retenues pour chaque principe technique sont synthétisées ci-après.

TYPES DE BOUCHURES ENVISAGEABLES

Les solutions techniques présentées et analysées par Artelia sont les suivantes :

- Vannes clapet
- Vannes segment
- Vannes wagon
- Le barrage gonflable à volets métalliques (BGVM) ;
- Le barrage gonflable à eau (BGE).

Certains types de bouchures ont été écartés d'emblée (vannes secteur, vannes toit, vannes abaissantes, barrage gonflable à air) en raison soit des coûts trop importants, soit de la nécessité de superstructure imposante ou de retours d'expérience négatifs, ou soit de la volonté du maître d'ouvrage d'homogénéiser les bouchures du réseau.

Par la suite, dans le cadre des études de reconstruction du barrage, l'analyse avantage/inconvénients des ouvrages de vannerie précédemment cités a conduit Artelia à écarter les vannes segments et les vannes wagon en raison de la nécessité d'un génie civil trop important.

Finalement, trois sous-scénarios de reconstruction ont ainsi été définis :

- Scénario 3A : **Solution clapet**
- Scénario 3B : **Solution BGVM**
- Scénario 3C : **Solution BGE**



Les choix techniques ayant conduit à ces 3 scénarios ont été détaillés dans le cadre de l'étude préliminaire et sont cohérents.

La solution BGVM combine les deux solutions bouchures gonflables et clapets, et cumule ainsi les principaux avantages (actionneurs hors d'eau, manœuvre rapide, ...) de chacune de ses solutions pour un coût souvent intermédiaire entre la solution BGE et la solution clapet. Néanmoins, compte tenu du faible retour d'expérience fait en France sur cette technologie, et par mesure d'uniformisation sur les voies navigables, il est conseillé d'opter, pour les phases ultérieures des études, sur l'un des deux autres scénarios (clapet ou BGE).

NOMBRE DE PASSES

Le choix du nombre de passes a été fait en considérant que les travaux devraient se faire sur deux saisons, afin d'éviter un amené-repli supplémentaire. Le choix s'est donc porté sur un nombre pair de passes, autorisant ainsi l'obstruction de la moitié de la largeur de l'Aisne en phase travaux et en phase de maintenance.

Le nombre de passes choisis est de **4 pour la solution clapets et de 2 pour les solutions BGVM et BGE.**

Comme cela a été bien démontré dans l'étude préliminaire, nous confirmons que le choix du nombre de passe dépend, en majeure partie, de la saisonnalité et des impacts des travaux en rivière. Pour ce constat, il faut toutefois également prendre en compte les délais de construction de la passe-à-poissons et du local technique, qui bien que considérés comme des ouvrages en berge, doivent être réalisés dans l'enceinte d'un batardage de chantier, et peuvent donc également avoir une incidence sur l'hydraulique.

Par ailleurs, un barrage BGE à 3 passes, bien que plus coûteux, amène l'avantage d'une meilleure régulation et un moindre impact sur les berges en privilégiant au besoin la passe centrale plutôt que les passes en rives. En considérant cela, et sous réserve de vérification hydraulique dite « de chantier », il était également possible de considérer un barrage à 3 passes avec des travaux sur 2 passes une année, et sur une passe + le local technique + la passe-à-poisson l'autre année.

Ainsi, les études ultérieures de maîtrise d'œuvre pourront étudier un barrage à 3 passes pour les BGE. Dans le cas d'une solution clapet, une étude en position chevron pourrait également être pertinente.

ORGANES ET MECANISMES DE MANŒUVRE

Les bouchures gonflables ne sont pas traitées dans cette partie, car leur conception n'autorise pas de variante dans leur mécanisme de manœuvre.

Pour la solution de barrage à clapet, les technologies proposées par Artélia sont soit **le vérin hydraulique présent sur le barrage actuel, soit la technologie de treuil à chaîne.**

L'étude préliminaire aborde bien les mécanismes possiblement envisageables pour une solution clapet. En revanche, les organes de manœuvre pour la solution BGE n'ont pas été abordés. Or, pour assurer son fonctionnement la solution BGE prévoit des interactions entre les conduites et les sas du local technique notamment qui peuvent impacter la conception de l'ensemble.

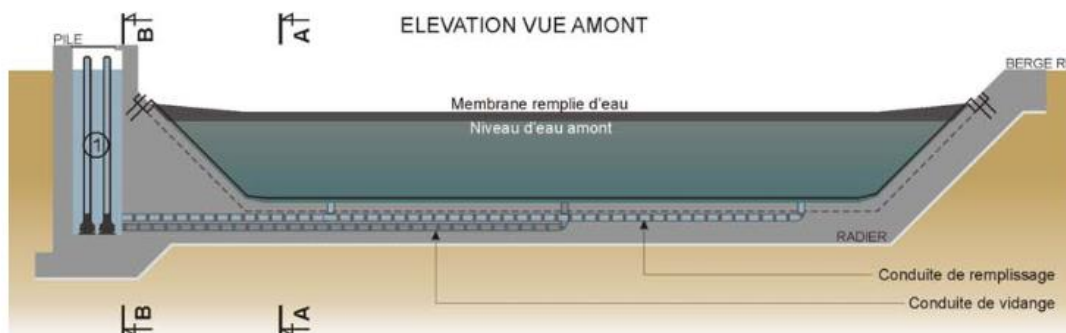


Figure 1 : Fonctionnement de principe des BGE-coupes longitudinales [BRLi]

Ainsi, l'analyse fonctionnelle pour les BGE reste à approfondir : faisabilité du local technique, impact potentiel sur la cote de fond du radier du barrage et de la passe-à-poisson, etc... Une approche sera faite dans le cadre de la note sur le local technique de la mission M2.

BATARDEAUX DE MAINTENANCE

Artélia présente les différents types de batardeaux suivants, les contraintes d'utilisation, leurs avantages et inconvénients et le type de bouchures pour lesquels ces batardeaux sont utilisables.

- Batardeau à aiguilles métalliques (posée sur une poutre horizontale) : ces batardeaux restent difficiles à manutentionner (mise en place longue) et l'étanchéité entre les éléments n'est pas garantie sans plongeurs pour la mise en place d'une géomembrane complémentaire.
- Batardeau à immersion limitée : uniquement pour des vannes segments ou vannes levantes, car la passe n'est pas intégralement mise à sec ;
- Batardeau presque totalement immergé : cela peut être un batardeau à poutre (hauteur et portée limitées) ou de caisson ballastable flottant ;
- Batardeau de maintenance pour faible profondeur : cela peut être des big-bags ou un système de poteaux H inséré dans des réservations du radier pour reprendre des petits éléments horizontaux empilables.

Dans le cas du barrage de Villeneuve, pour une reconstruction du nouveau barrage avec un niveau de seuil équivalent à celui du déversoir actuel, Artélia a préconisé la mise en place de batardeaux pour faible profondeur, pour les situations dans lesquelles le tirant d'eau est trop faible pour amener les batardeaux par bateau.

Par la suite le système de batardage proposé est un système à poteaux H et poutrelles compte tenu des hauteurs d'eau à prévoir au-dessus du radier en phase de batardage en amont et en aval (< 2,5 m).

Ce système est cohérent avec les choix faits actuellement sur les barrages BGE reconstruits sur l'Aisne notamment sur le bief aval pour le barrage de Vauxrot.

A noter toutefois que :

- jusque 2038, soit pendant environ une dizaine d'années depuis la mise en service prévisionnelle du barrage, il n'y aura pas de mutualisation des systèmes de batardage sur l'Aisne (6 barrages sous gestion privée SEMAO et 1 barrage exploité par VNF);
- l'approche de mutualisation sera à élargir dans les études de maîtrise d'œuvre pour tenir compte de l'hypothèse clapets : dans ce cas, il y aura lieu de vérifier la cohérence avec les systèmes de batardage pratiqués ou envisagés, à une échelle d'exploitation/maintenance pertinente.

Ainsi, afin de mutualiser et homogénéiser les pratiques, il serait bénéfique de pouvoir récupérer les caractéristiques des batardeaux existants pour envisager une conception adéquate dans les phases ultérieures des études de maîtrise d'œuvre.

GENIE CIVIL DES PASSES

Sur la base de l'étude géotechnique réalisée par HYDROGEOTECHNIQUE, le système de fondation proposé par Artélia est constitué de :

- **2 rideaux de palplanches amont et aval ancrés au refus** dans les sables compacts. Ces rideaux seront mis en place dès le début des travaux pour constituer le batardeau de chantier, puis seront recépés pour assurer un rôle d'étanchéité en amont et de parafouille en aval
- **Un béton de masse immergé coulé entre les rideaux de palplanches et cloué dans les sables compacts** pour éviter tout phénomène de remontée d'eau ou d'instabilité hydraulique dans la fouille batardeée.

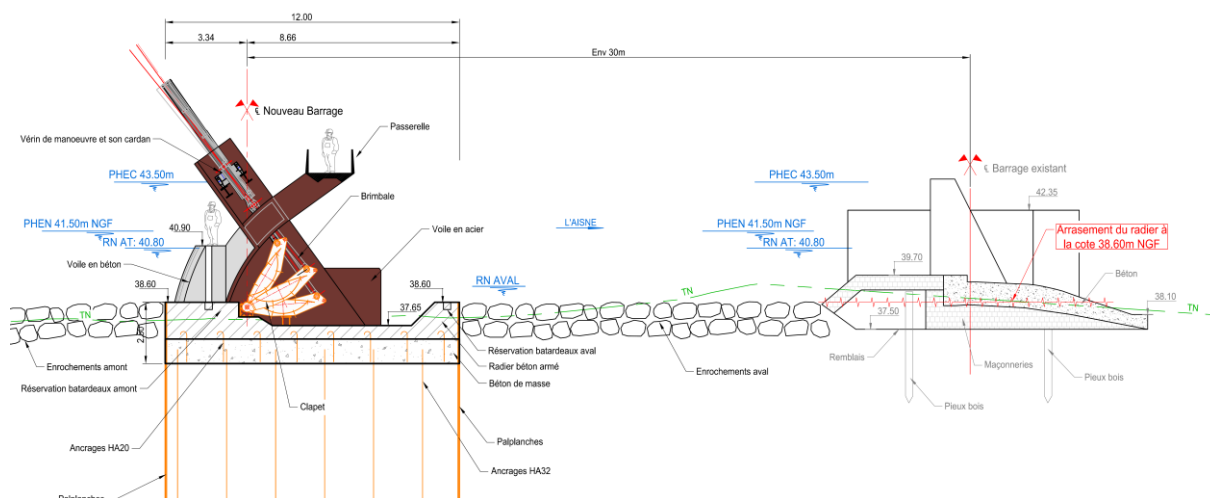
Les dispositions générales proposées par Artélia pour le radier sont les suivantes :

- Epaisseur maximale de 1,5 m au niveau du seuil amont permettant de reprendre les efforts reportés par l'ancrage des vantellerie et de garantir un gabarit suffisant pour recevoir les tuyauteries de bouchures gonflables,
- Largeur circulaire de 1 m sur le radier en amont et en aval de la bouchure affalée dans la passe batardeée mise à sec,
- Profondeur minimale du bassin de dissipation : 70 cm,
- Longueur minimale du bassin de dissipation bétonné : 8,5 m (compté à partir de l'ancrage amont de la bouchure).

Pour chacun des scénarios 3A, 3B et 3C, des détails complémentaires sur la forme et les dimensions du radier et des piles sont apportés.

Solution 3A : Clapets

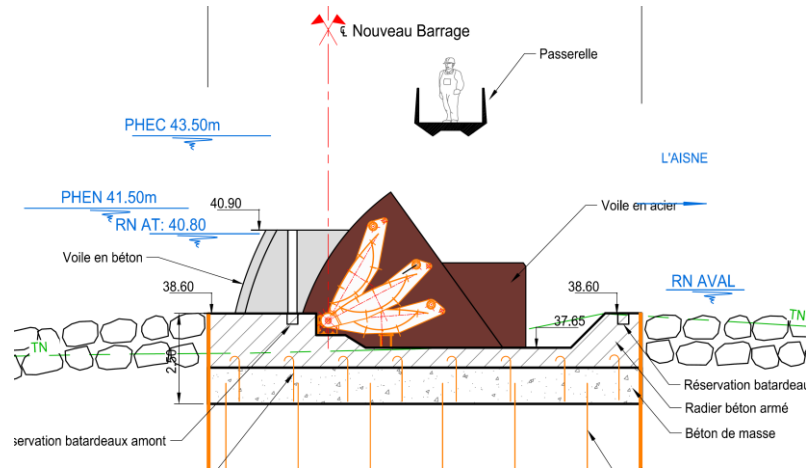
- La forme du radier permet l'ancrage et le logement du clapet ainsi que les réservations des batardeaux de maintenance amont et aval ;
- A l'aval de l'axe d'articulation des clapets, un bassin de dissipation est prévu de largeur égale à la largeur de la fosse de logement du clapet et d'une distance supplémentaire permettant de piéger le ressaut hydraulique ;



- Les piles et culées se déclinent en deux types :
 - Type 1 : permettant l'appui d'un vérin et de passerelle
 - massif en béton armé en amont, d'épaisseur 1,2 m

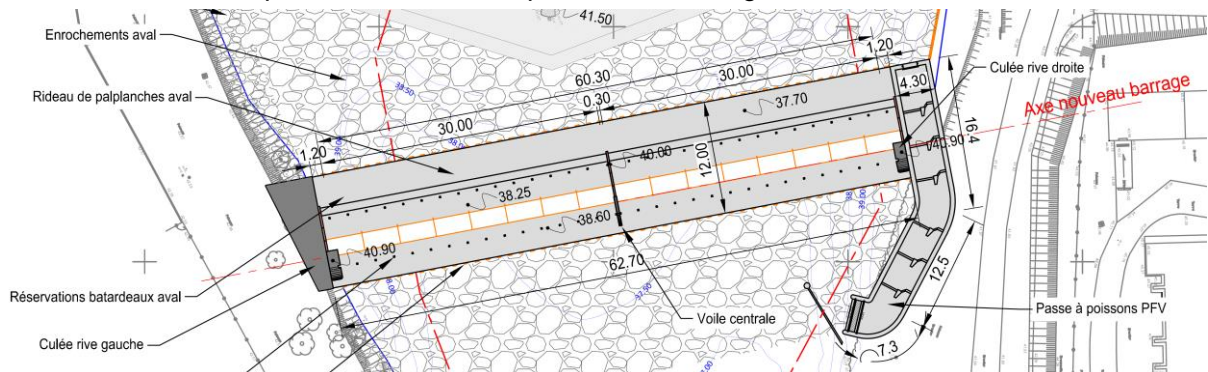


- structure en tôles d'acier soudées en cornière d'épaisseur 5 cm, ancrées dans le génie civil de la pile et recevant l'appui du vérin de manœuvre
- structure composée de 2 tôles parallèles en acier d'épaisseur 5 cm, ancrées dans le génie civil de la pile et recevant l'appui de la passerelle de service
- voile mixte béton-acier en aval d'épaisseur 0,2 m
- Type 2 : ne recevant aucun appui
 - voile amont en béton armé d'épaisseur 0,3 m
 - voile mixte béton-acier en aval d'épaisseur 0,2 m

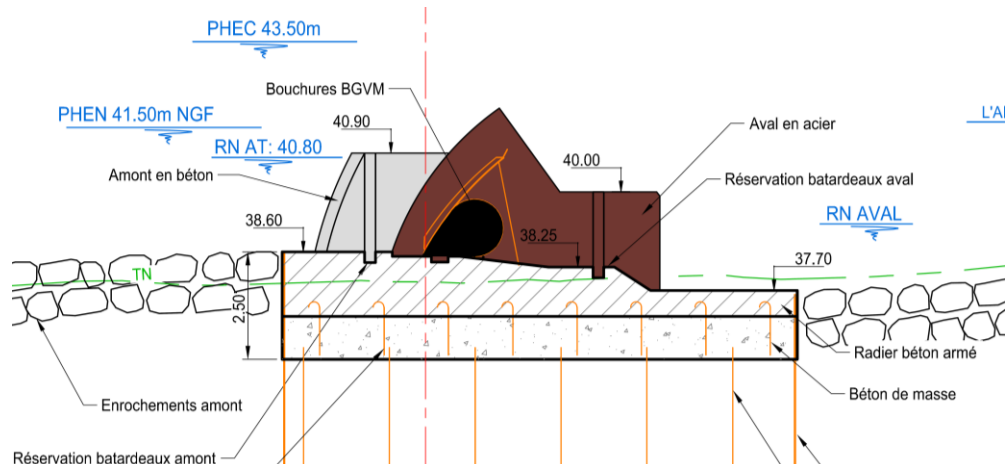


Solution 3B : BGVM

- 1 pile centrale et 2 culées en berges réalisées pour assurer l'étanchéité entre deux passes de volets métalliques et recevoir le dispositif de batardage de maintenance ;

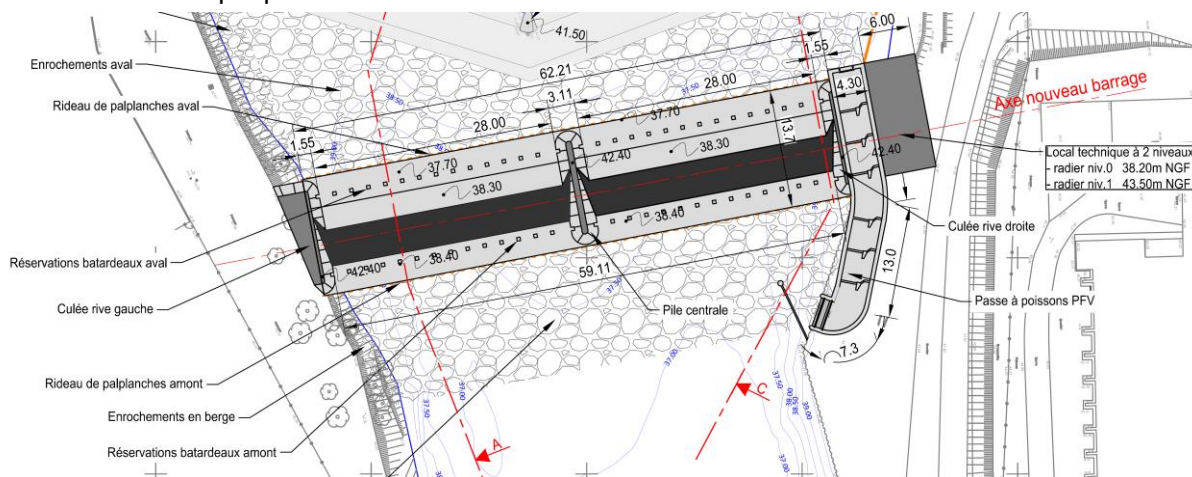


- forme du radier permettant l'ancrage et le logement du volet et de la boudruche et équipé de réservations à l'amont et à l'aval permettant la mise en place de poteaux verticaux en aluminium servant de rainures de maintien à des poutrelles aluminium empilées les unes au-dessus des autres ;
- radier recevant l'ensemble des conduites d'air :

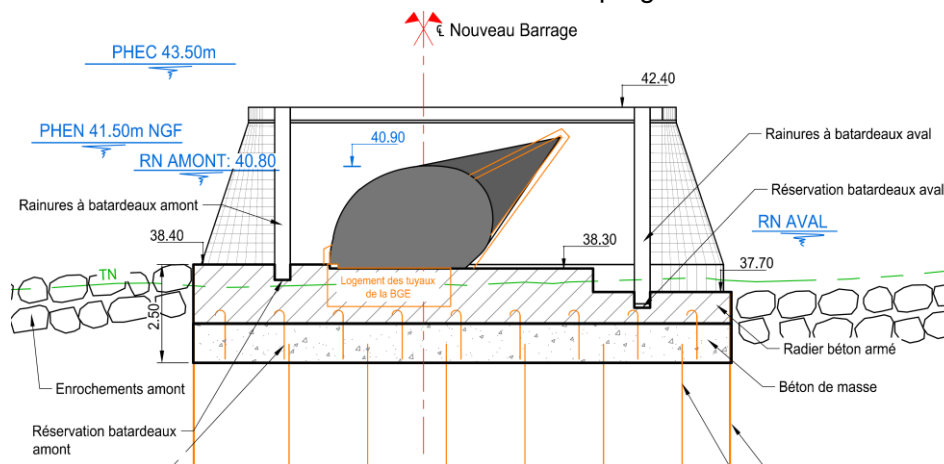


Solution 3C : BGE

- parements de pile et culée recevant les ancrages latéraux des bouchures gonflables tout en assurant leur étanchéité et les rainures de batardeage de maintenance en amont et en aval.
- parements de piles et culées inclinés selon une pente de 1H/3V
- local technique placé au niveau de la culée rive droite :



- forme du radier de la bouchure BGE permettra l'ancrage et le logement de la boudruche, et équipé de réservations à l'amont et à l'aval permettant la mise en place de poteaux verticaux en aluminium servant de rainures de maintien à des poutrelles aluminium empilées les unes au-dessus des autres ;
- radier recevant l'ensemble des conduites d'eau et de purge d'air :





Les principes constructifs avancés dans le cadre de l'étude préliminaire sont cohérents et répondent bien aux enjeux demandés :

- enjeux de stabilité structurelle : épaisseur du radier et système de clouage par palplanches pour reprendre les sous-pressions pour les phases de mise à sec ;
- enjeux de maintenance avec la définition d'une largeur circulaire à l'amont et à l'aval ;
- enjeux géotechnique avec la recherche d'un substratum pour y ancrer les parafouilles et éviter les circulations d'eau sous le radier.

Sur la base de ces principes de conception, la géométrie du barrage devra être affinée suite à la production des notes de calculs et des plans lors des phases ultérieures de maîtrise d'œuvre.

CONFORTEMENT DES BERGES

Afin de résister aux sollicitations hydrauliques engendrées par l'écoulement, l'étude d'ARTELIA préconise **la mise en place d'enrochements en amont et en aval du barrage** de la manière suivante :

- En aval du barrage, des enrochements sont prévus jusqu'au radier existant (en cas d'implantation à l'amont du barrage existant)
- En amont, le fond du lit de la rivière est protégé d'enrochements sur une quinzaine de mètres de longueur ;
- Les berges aval rive gauche sont revêtues d'une protection en enrochement de la culée du nouveau barrage jusqu'à la culée conservée du barrage existant ;
- Les berges amont rive gauche sont revêtues d'une protection en enrochement sur une quinzaine de mètres ;
- La protection hydraulique des berges amont rive droite est garantie par le génie civil de l'ouvrage de franchissement piscicole ;
- La protection hydraulique des berges aval rive droite est garantie par un rideau de soutènement en palplanches.

L'ensemble des principes de confortements des berges définis dans l'étude préliminaire sont cohérents. Ils devront être affinés par la suite à l'aide de modèle hydraulique afin d'estimer les champs de vitesses et cibler les zones d'impacts potentiels à conforter.

PASSERELLE TECHNIQUE

La passerelle n'a pas été considérée pour les solutions BGE/BGVM car sa seule fonction est de permettre le passage de rive en rive, ce qui n'était pas souhaité dans le cadre du programme.

Pour la solution clapets, différentes solutions de passerelles sont présentées dans l'annexe 2 de l'étude préliminaire. La portée entre appui de l'ordre de 15 m a orienté vers une passerelle en structure métallique légère en cas du maintien d'un accès exclusif piétonnier réservé à l'exploitant.

Les principes constructifs de la passerelle (passerelle métallique légère) ont été définis pour la solution clapet et sont cohérents. Une passerelle peut être à étudier même pour la solution BGE si cela reste la volonté de l'exploitant, notamment pour créer un accès en rive gauche sans avoir à contourner l'île ou pour faciliter les inspections et certaines opérations de maintenance. Les éléments architecturaux pour valider l'intégration sur site, initiés lors de l'étude préliminaire, seront réétudiés lors des phases ultérieures de maîtrise d'œuvre.



TECHNIQUES ET PHASAGE DE REALISATION

La période de réalisation des travaux est principalement contrainte par l'occurrence des débordements de l'Aisne en configuration batardée. Les débits de chantier sont confrontés aux courbes de débits classés mensuelles ainsi qu'aux courbes d'évolution du débit mensuel quinquennal et décennal.

La période pour réaliser les travaux se situerait d'après ces éléments entre mai et novembre, période pendant laquelle les débits sont statistiquement plus bas.

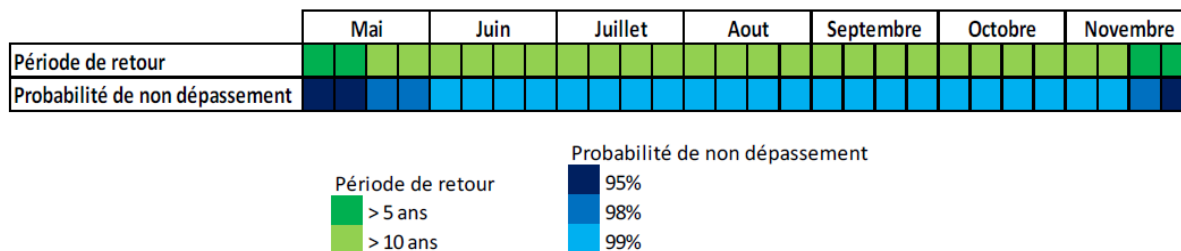


Figure 2 : Durée d'une saison de chantier en fonction de la probabilité de non dépassement du débit de chantier et de sa période de retour – Artelia (2014)

Les contraintes relatives à la réalisation du batardeau de chantier pour la reconstruction du barrage qui ont été identifiées par Artelia sont principalement liées au contexte géotechnique et sont abordées au paragraphe 4.1.7. Pour rappel, il s'agit notamment de :

- **L'existence de vestiges de maçonneries et bétons** (couche 0), enrochements et ouvrages ayant permis la réalisation du barrage existant, et pouvant conduire au refus prématuré du fonçage des palplanches,
- **Des terrains durs à très durs** dans la couche de sables fins qui complexifieront le fonçage d'une enceinte en palplanches, dès la cote 35 m NGF (au droit du barrage existant),
- La probable **circulation d'eau** dans les terrains perméables sous le barrage existant.

L'étude géotechnique d'HYDROGEOTECHNIQUE propose une assise de l'ouvrage reconstruit dans la couche de sables fins, avec un ancrage minimal de 50 cm, et une fiche de palplanches sous l'assise du béton immergé d'au moins 1,0 m.

Les travaux seraient réalisés sous enceinte batardée par rideau de palplanche en deux saisons sur deux années consécutives:

- **Saison 1** : Travaux sur la moitié rive gauche de l'ouvrage en amont de la grande passe déversoir.
- **Saison 2** : Travaux sur la moitié rive droite de l'ouvrage en amont du pertuis et de la passe déversoir centrale. Réalisation de la passe à poissons.

Le phasage sommaire proposé est le suivant :

- Réalisation d'une enceinte batardée (environ la moitié de la largeur du lit mineur),
- Terrassement du fond de fouille jusqu'à la cote de fondation,
- Mise en oeuvre du bouchon étanche de fond de fouille : béton immergé ancré,
- Pompage et maintien à sec de l'enceinte batardée,
- Mise en oeuvre du radier, des piles et des culées de l'ouvrage en béton armé,
- Pose des éléments de vantellerie et organes de manoeuvre,
- Recépage des palplanches de batardage sous eau,



- Mise en oeuvre de protections en enrochements libres en fond de lit et sur les talus, en amont et en aval.

Le phasage et les principes constructifs définis dans le cadre de l'étude préliminaire reprennent bien les enjeux des constructions en rivière avec la notion de saisonnalité et de risque de contournement hydraulique. Le phasage des travaux devra lors des études de maîtrise d'œuvre également compte des contraintes réglementaires, notamment pour les périodes de reproduction au niveau piscicoles et batraciens.

Le principe de mutualisation du batardeau de chantier et dispositifs de para fouille défini à ce stade pourra être revu si le système d'ancrage par clouage / palplanche sous le radier permet de reprendre les sous-pressions (sans avoir recours à un bouchon en béton et connexion aux rideaux de palplanches). Cela sera redéfini dans le cadre des validations dimensionnelles attendues dans les phases ultérieures de maîtrise d'œuvre.

2.2 ETUDE HYDRAULIQUE DU NOUVEAU BARRAGE

Le prédimensionnement hydraulique mené par Artélia s'est basé sur l'étude de différentes géométries envisageables pour le nouveau barrage, et sur leur impact sur les conditions d'écoulement. La section débitante du nouveau barrage et la loi d'évolution de la côte d'eau amont en fonction du débit ont été comparées à celles du barrage existant.

La section débitante de débordement calculée pour un niveau d'eau amont de 41,5 mNGF est de l'ordre de 160,9m².

Différentes largeurs hydrauliques associées à différentes côtes de radier ont été étudiées. Le tableau ci-dessous présente les largeurs hydrauliques du barrage compatibles avec le niveau du radier afin de conserver à minima la section débitante existante.

Cote du radier (m IGN69)	Largeur hydraulique du barrage (m)				
	48	52	56	60	64
38.0					
38.2					
38.4					
38.6					
38.8					
39.0					

Figure 3 : Impacts des géométries envisageables sur les niveaux amont - Artelia (2014)

Les trois solutions techniques proposées par Artelia présentent les dimensions hydrauliques suivantes :

	Largeur hydraulique	Niveau du seuil du radier
Solution 3A : clapets	60 m	38,6 mNGF
Solution 3B : BGVM	60 m	38,6 mNGF
Solution 3B : BGE	56 m	38,4 mNGF

Ces trois solutions respecteront le critère d'impact nul sur les niveaux d'eau en crue fixés par Artelia.

L'approche hydraulique du site, faite sur la base d'une estimation de la section mouillée, est cohérente avec les éléments disponibles à ce stade. Une approche plus fine à l'aide notamment d'une modélisation du site sera nécessaire dans les phases ultérieures de maîtrise d'œuvre.

2.3 IMPLANTATION DU NOUVEAU BARRAGE

L'analyse du choix d'implantation du nouveau barrage a pris en compte les éléments suivants :

- La présence d'une **fosse d'affouillement** importante à l'aval immédiat ;
- L'absence de **disponibilité foncière** de VNF à l'aval où le lit mineur retrouve une section constante
- Le **rétrécissement** important du lit mineur à l'amont ;
- L'abaissement du fond du lit mineur à 50m à l'amont ;
- La **présence d'enrochements** de blocométrie 80/100 sur une bande de 10m à l'amont.

Ces éléments ont conduit Artelia à considérer qu'une implantation à environs **25m à l'amont** du barrage existant était la meilleure solution envisageable.

Nous analysons ci-après ce choix sur la base des derniers relevés bathymétriques réalisés en 2022 :

Sur le plan ci-dessous présentant les accès au barrage existant on constate que les parcelles VNF s'étendent à l'aval sur 50m en rive gauche et 80m en rive droite, et à l'aval sur 40m en rive gauche et 80m en rive droite.

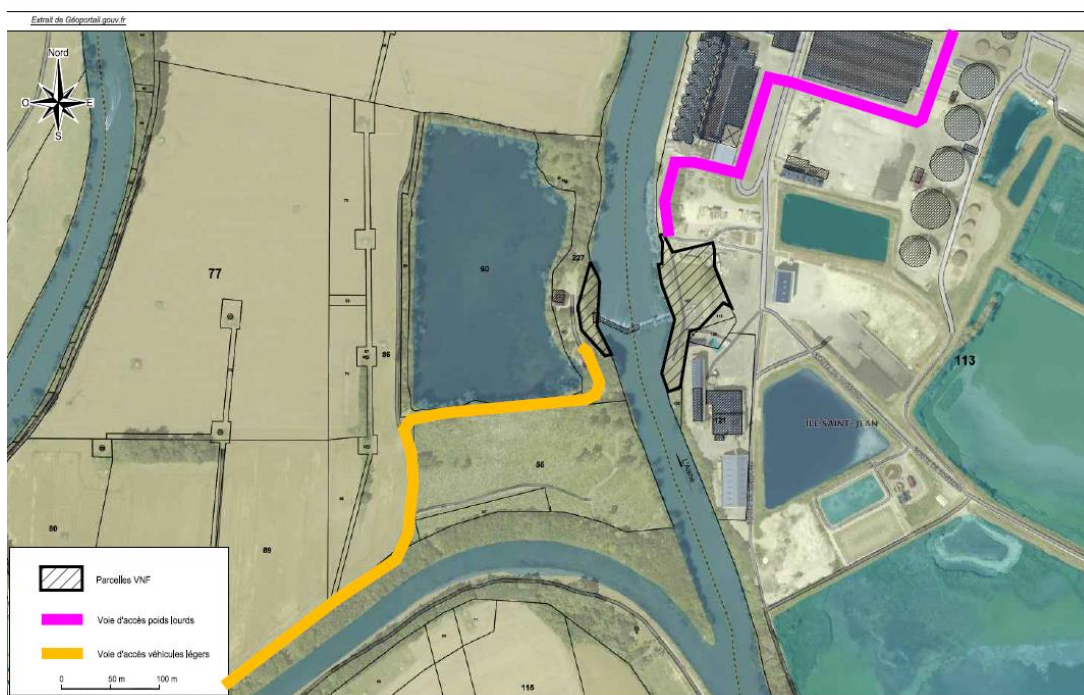


Figure 4 : Accès au barrage existant et parcelles VNF – Cahier de plans techniques Artélia (2014)



Figure 5 : Largeur approximative des parcelles VNF – Extrait plan géoportail

Sur le plan bathymétrique ci-dessous réalisé en 2022 on peut voir que la fosse à l'aval commence à environ 20m du barrage puis s'étend sur une centaine de mètres. A 20m à l'aval, le niveau du lit est à environ 35mNGF et le niveau minimal de la fosse est au niveau 27,5 m NGF.

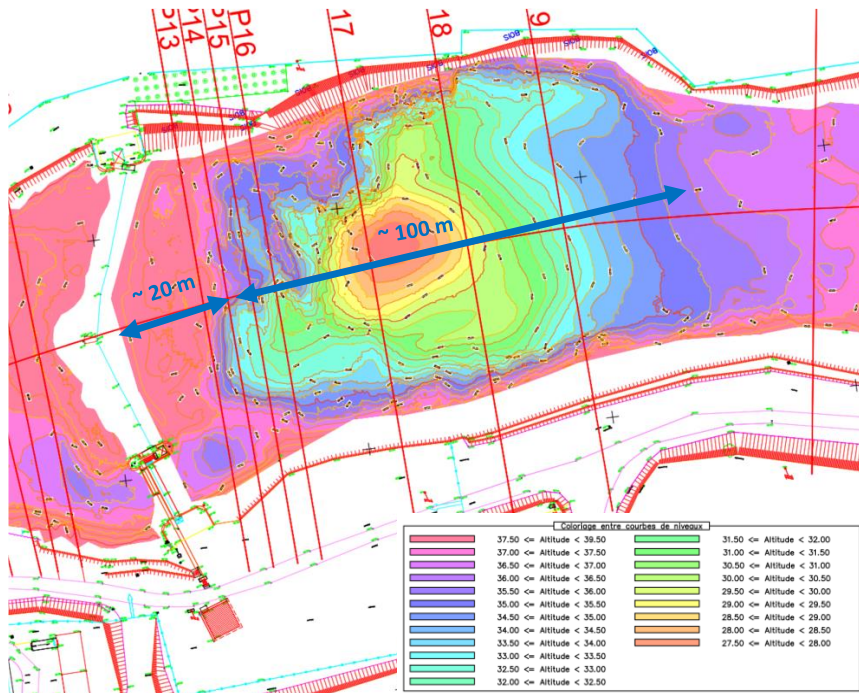


Figure 6 : Extrait du plan topographique et bathymétrique à l'aval – GEOFIT EXPERT (2022)

Au-delà de 20m à l'aval il est difficile de fonder le radier du nouveau barrage compte tenu de la profondeur (arase inférieure à l'aval du nouveau radier à environ 36mNGF), à moins d'envisager une implantation à plus de 150m à l'aval qui serait alors rendue complexe par les accès.

A l'amont, le fond du lit se situe entre les niveaux 37mNGF et 39mNGF jusqu'à 40m, et environ au niveau 36,5mNGF au-delà.

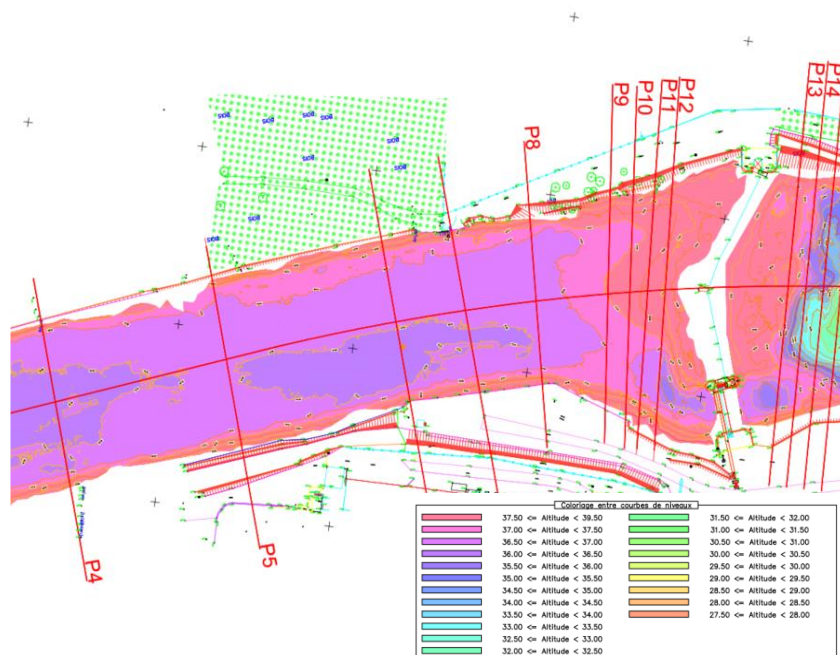


Figure 7 : Extrait du plan topographique et bathymétrique à l'amont – GEOFIT EXPERT (2022)

On constate qu'il est donc en effet plus pertinent d'implanter le nouveau barrage à l'amont de l'existant du point de vue de la bathymétrie.

A partir de 50m à l'amont du barrage, le rétrécissement du lit conduit à une largeur disponible de 40m, insuffisante pour implanter un barrage de 56 à 60m de long. De plus, l'absence de disponibilité foncière de VNF en rive gauche amènerait à des difficultés supplémentaires pour la période des travaux et l'accès en phase définitive. Il semble donc pertinent de construire le nouveau barrage à 25 m à l'amont comme préconisé par Artélia. Une adaptation de la berge rive droite accueillant la passe à poissons pourrait être envisagée afin de reprofiler la berge et redonner de la section hydraulique dans cette zone de rétrécissement, selon les résultats des études hydrauliques de conception à envisager en 2D, voire en 3D.

2.4 ANALYSE MULTICRITERE

L'analyse multicritère d'Artélia reprend l'ensemble des besoins, exigences et contraintes fixées au programme de mission des études préliminaires par VNF, à savoir :

BESOINS DU PROGRAMME

1. Le maintien de la hauteur d'eau pour tous les usages notamment la navigation
2. Assurer les conditions optimales de sécurité pour les usagers et les riverains de la voie d'eau
3. Assurer des conditions optimales de sécurité d'accessibilité d'exploitation et de maintenance
4. Assurer le recueil des données hydrauliques et de la position des ouvrages

EXIGENCES DU PROGRAMME VNF

5. Réutilisation du génie civil existant
6. Durabilité de l'ouvrage (génie civil, vantellerie, organes de manœuvre, commande des automates)
7. Bonne insertion de la nouvelle structure dans la structure existante



8. Respect de l'environnement

CONTRAINTES DU PROGRAMME VNF

1. Génie civil : respect des normes
2. Hydrologie et hydraulique
3. Accès – PPR – Archéologie – Patrimoine culturel
4. Oxygénation de l'Aisne
5. Rétablissement du corridor écologique piscicole
6. Respect de la réglementation

Le tableau de synthèse à l'issue de cette analyse est repris ci-après :



	Scénario 1	Scénario 2A	Scénario 2B	Scénario 3A	Scénario 3B	Scénario 3C
Besoins du programme VNF	Légende : (+ / amélioration du critère) (= / respect strict du critère) (- / réponse partielle au critère)					
<i>Maintenir la hauteur d'eau pour tous les usages notamment la navigation</i>						
Garantir un mouillage minimal	=	=	=	=	=	=
Ne pas aggraver les phénomènes d'inondations	=	=	=	+	+	=
Effacement possible en mode dégradé en situation d'urgence	-	-	=	=	=	-
<i>Assurer des conditions optimales de sécurité pour les usagers et les riverains de la voie d'eau</i>						
Gestion douce de la ligne d'eau entre les côtes 40,7 et 40,9 m NGF	=	=	+	+	+	=
<i>Assurer des conditions optimales de sécurité d'accessibilité d'exploitation et de maintenance</i>						
Garantir l'accès aux équipements et organes de manœuvres	=	=	=	=	=	=
Comblement des fosses d'affoulement	=	=	=	+	+	+
Abandon des réseaux sous-fluviaux	=	=	=	=	-	-
Manœuvre du barrage possible en mode dégradé (y compris relevage de la bouchure)	-	-	=	=	=	-
Prévoir des matériels s'inspirant de l'existant	=	=	=	=	-	-
Standardisation des équipements	-	-	-	=	=	=
Maintenance réduite, sécurisée et ergonomique	-	-	-	=	=	=
<i>Assurer le recueil des données hydrauliques et de la position des ouvrages</i>	=	=	=	=	=	=
Exigences du programme VNF						
Réutiliser le Génie Civil existant (si possible)	=	=	=	-	-	-
Adapter et utiliser une passerelle existante pour la passerelle de service	Exigence abandonnée (décision VNF)					
<i>Assurer la durabilité de l'ouvrage</i>						
Génie civil 100 ans	=	=	=	+	+	+
Vantellerie métallique 50 ans	=	=	=	=		
Vantellerie gonflable 30 ans					=	=
Organes de manœuvre 50 ans	=	=	=	=	=	=
Commandes des automates 25 ans	=	=	=	=	=	=
<i>Assurer une bonne insertion de la nouvelle structure dans la structure existante</i>	=	=	=	-	-	-
<i>Respecter l'environnement</i>	=	=	=	=	=	=
Contraintes du programme VNF						
Génie civil : respect des normes	=	=	=	+	+	+
Hydrologie et hydraulique	=	=	=	+	+	+
Accès- PPR - Archéologie - Patrimoine naturel	=	=	=	=	=	=
Oxygénation de l'Aisne	-	-	-	=	=	=
Rétablissement du corridor écologique piscicole	=	=	=	=	=	=
Sédimentologie	=	=	=	+	+	+
Réglementation	=	=	=	=	=	=



Figure 8 : Comparaison des scénarios vis-à-vis des demandes du programme – Artelia (2014)

Ce tableau permet d'établir une comparaison entre les différents scénarios, mais reste globalement synthétique et ne permet pas de statuer directement sur un scénario en première lecture.

Dans le cadre notre contrôle externe, les scénarios 1 et 2 relatif à de la réhabilitation ne sont pas observés, nous nous intéressons ici à la comparaison des trois solutions 3A, 3B et 3C.

En ce qui concerne la réponse au besoin du programme, les solutions clapets et BGE sont conformes aux besoins de régulation du bief. La solution BGE est moins bien notée en termes de réponse aux crues, de régulation ou de fonctionnement en mode dégradé, ce qui ne nous paraît pas justifié. En effet, les retours d'expérience sur l'exploitation de ce type de barrage montrent au contraire la possibilité d'une régulation fine, certes avec une inertie plus lente que pour la solution clapet mais qui n'est pas préjudiciable sur un cours d'eau comme l'Aisne, et la possibilité d'un fonctionnement (abaissement) dégradé. Ainsi à l'échelle individuelle du barrage, il n'y a pas lieu de déprécier la solution BGE du point de vue des performances en termes de gestion hydraulique.

Les critères de sécurité d'accès au site et lors des phases de maintenance ne sont pas détaillés, mais nous notons que le périmètre de l'existant concerne le barrage, et pourrait être élargie à l'itinéraire (autres barrages de l'Aisne équipés en BGE).

Les exigences 1 et 3 sont indépendantes du type de bouchure utilisé, ces points ne sont donc pas différentiant pour le choix de la typologie de bouchure. Par ailleurs, les trois solutions consistent en une construction d'un ouvrage neuf : l'exigence 2 sur la durabilité de l'ouvrage sera donc bien respectées pour les trois scénarios.

In fine, l'analyse multicritère montre que la question de la cohérence du type de bouchures ne se pose qu'en termes de stratégie d'exploitation et de maintenance. Par ailleurs, en termes de gestion hydraulique, dans le contexte de l'Aisne, le choix du type de bouchures n'est pas discriminant et peut être adaptée à l'une ou l'autre des solutions.

A noter que dans l'étude préliminaire, les contraintes réglementaires sont prises en compte, toutefois les évolutions sur le sujet entre 2014 (date de l'étude préliminaire) et 2023, amènent à penser qu'à ce jour :

- à périmètre réglementaire constant, le cadrage réglementaire est devenu obsolète et insuffisant ;

- des obligations réglementaires nouvelles ou différentes sont apparues entre 2014 et 2023 : les exigences vis-à-vis de l'environnement pourront être amendées en termes de justification à donner dans la mesure de l'impact carbone lors de la sélection des entreprises de travaux par exemple (phase DCE des opérations de MOE).

2.5 BESOINS COMPLEMENTAIRES

En synthèse de l'analyse apportée dans le cadre de ce contrôle extérieur, nous pouvons établir le tableau suivant :



2. VOLET ANALYSE FONCTIONNELLE DU BARRAGE

		éléments apportés dans le cadre de l'étude préliminaire	analyse de l'étude préliminaire	besoins complémentaires
Principes techniques proposés	types de bouchures envisageables	3 scénarios possibles : ■ Scénario 3A : Solution clapet ■ Scénario 3B : Solution BGVM ■ Scénario 3C : Solution BGE	les choix techniques ayant conduit à ces 3 scénarios ont été détaillés et sont cohérents.	Pour les étapes ultérieures, nous proposons de retenir dans le cadre du programme de MOE une seule solution (BGE ou clapets)
	nombre et géométrie des passes	4 passes pour la solution clapet 2 passes pour la solution BGE	le choix du nombre de passe est dicté par la saisonnalité et le travail en rivière. Les ouvrages en berge n'ont pas été pris en compte : passe-à-poisson et local technique notamment. En considérant cela, il était également possible d'envisager des travaux sur 2 passes une année, et sur une passe +LT+pap l'autre année.	Les études ultérieures pourront étudier un barrage à 3 passes pour les BGE. Dans le cas d'une solution clapet une étude en position chevron pourrait également être pertinente.
	organes et mécanismes de manœuvre	2 technologies sont retenues pour le barrage à clapet : vérin hydraulique ou treuil	les organes de manœuvre pour la solution BGE n'ont pas été abordés : interaction entre les conduites et les sas du local technique notamment.	analyse fonctionnelle pour les BGE à approfondir (impact potentiel sur la cote de fond du radier du barrage et de la passe-à-poisson). Une approche sera faite dans le cadre de la note sur le local technique de la mission M2.
	atardeaux de maintenance	il est retenu un système en aluminium constitué de poteaux H insérés dans des réservations du radier pour reprendre des petits éléments horizontaux empilables.	ce système est cohérent avec les choix faits actuellement sur les barrages BGE aval (dont Vauxrot)	Récupérer les dimensions des atardeaux existants par ailleurs pour voir si on peut les mutualiser / homogénéiser les pratiques
	génie-civil des passes	Principe de fondations : ■ 2 rideaux de palplanches amont et aval ancrés au refus ; ■ Un béton de masse immergé coulé entre les rideaux de palplanches et cloué dans les sables Radier : ■ Epaisseur maximale de 1,5 m ; ■ Largeur circulaire de 1 m sur le radier en amont et en aval	Principes constructifs cohérents	La suite des études de MOE va permettre d'affiner la géométrie à l'aide de note de calculs et plans
	confortement des berges	confortement en enrochement en amont et en aval du barrage dans le lit de la rivière, ainsi que sur les berges non actuellement confortées par des palplanches.	Principes constructifs cohérents	A affiner selon les modèles hydrauliques des études de MOE
	passerelles et accès de maintenance	uniquement en cas de barrage clapet	Principes constructifs cohérents	Statuer sur le maintien d'une passerelle même en cas de BGE et annexer la notice architecturale au programme de MOE
	Phasage de chantier	Travaux en rivière pendant la période d'étiage de mai à novembre. Prise en compte des sujétions géotechniques du terrain (existence de vestiges, substratum très durs, risque de circulation d'eau sous le barrage) avec une mise en place d'une enceinte batardée et d'un bouchon en fond de fouille.	Phasage et principes constructifs cohérents. Le principe du bouchon peut être revu/optimisé si le système d'ancrage par clouage / palplanche sous le radier permet de reprendre les sous-pressions.	Le phasage sera amendé des contraintes réglementaires. Principes constructifs à redéfinir selon les dimensions exactes de l'ouvrage dans les notes de calcul de MOE



Fonctionnement hydraulique		Une approche par section débitante a été menée permettant d'établir les dimensions des ouvrages afin de garantir l'impact nul sur les niveaux d'eau en crue	approche cohérente	étude hydraulique affinée à réaliser dans le cadre du programme de MOE
Implantation		L'implantation en aval du barrage existant est remise en cause en raison d'une fosse bathymétrique de grande ampleur (de l'ordre de 7m sous le radier).	L'implantation proposée en amont direct du barrage semble cohérente. L'implantation en lieu et place n'a pas été étudiée car cela reste particulièrement contraignant pour le phasage du barrage et la régulation du bief.	Au vue de la configuration particulière du site, une implantation à l'amont reste la moins préjudiciable. Un reprofilage de la berge RD peut être étudiée.
analyse multicritère	besoins du programme	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le maintien de la hauteur d'eau pour tous les usages notamment la navigation 2. Assurer les conditions optimales de sécurité pour les usagers et les riverains de la voie d'eau 3. Assurer des conditions optimales de sécurité d'accessibilité d'exploitation et de maintenance 4. Assurer le recueil des données hydrauliques et de la position des ouvrages 	Les solutions clapets et BGE sont conformes aux besoins de régulation du bief. La cohérence du type de bouchures ne se pose qu'en termes de stratégie d'exploitation et de maintenance. Par ailleurs, en termes de gestion hydraulique, dans le contexte de l'Aisne, le choix du type de bouchures n'est pas discriminant et peut être adaptée à l'une ou l'autre des solutions.	La sécurisation des phases de maintenance, et les attentes performantielles en gestion hydraulique sont à intégrer au programme de MOE
	exigences du programme	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réutilisation du génie civil existant 2. Durabilité de l'ouvrage (génie civil, vannerie, organes de manœuvre, commande des automates) 3. Bonne insertion de la nouvelle structure dans la structure existante 4. Respect de l'environnement 	Les solutions retenues sont une reconstruction du barrage, sans conservation de l'existant. La durabilité et les contraintes réglementaires vis-à-vis de l'environnement ont été prises en compte mais sont à ce jour obsolètes.	A périmètre réglementaire constant, le cadrage réglementaire est à mettre à jour. Par ailleurs, le programme de maîtrise d'oeuvre devra prendre en compte des obligations réglementaires nouvelles ou différentes qui sont apparues entre 2014 et 2023 (exigences en terme de mesure d'impact carbone lors des travaux par exemple)
	contraintes du programme	<ol style="list-style-type: none"> 1. Génie civil : respect des normes 2. Hydrologie et hydraulique 3. Accès – PPR – Archéologie – Patrimoine culturel 4. Oxygénation de l'Aisne 5. Rétablissement du corridor écologique piscicole 6. Respect de la réglementation 	les solutions clapets et BGE répondent à ces contraintes.	



3 VOLET ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA PASSE-A-POISSON

3.1 SOLUTION A BASSINS SUCCESSIFS

Le premier type d'ouvrage proposé par l'étude préliminaire d'Artélia de 2014 est un ouvrage compact à bassins successifs à fentes verticales.

Le principe de la passe à bassins successifs est de diviser le dénivelé total du barrage en une série de chutes, compatibles avec la capacité de nage du poisson, au moyen d'une succession de bassins. Le passage de l'eau d'un bassin à un autre (chute) se fait au moyen d'une fente verticale fortement noyée exempte de marche en fond. Le radier de l'ouvrage est recouvert d'une rugosité facilitant le passage des espèces benthiques ainsi que le repérage du poisson. Il s'agit de l'ouvrage toutes espèces le plus compact et le plus modulable.

3.1.1 Adéquation aux espèces cibles

Ce principe d'ouvrage est **adapté à l'ensemble des huit espèces cibles** du classement réglementaire que cela soit des espèces benthiques à faible capacité de nage comme le Chabot ou des espèces de grande taille telles que le Brochet ou d'autres circulant en bancs comme le Hotu. Il convient néanmoins de dimensionner l'ouvrage afin de garantir des hauteurs de chutes entre bassins et des puissances dissipées associées en cohérence avec les capacités de nage des espèces considérées.

3.1.2 Implantation

Les différents scénarios de reconstruction du barrage présentent une implantation de l'ouvrage piscicole en rive droite.

D'un point de vue attractivité piscicole, les différentes configurations de reconstruction ne conduisent pas à privilégier l'une des deux rives. Par contre d'un point de vue maîtrise foncière VNF, la rive droite apparaît plus favorable avec une bande terrain d'environ 200 de long pour une largeur comprise entre 15 et 60 m contre 80 m de long et une quinzaine de m en rive gauche.

On rappellera que le local de commande actuel et projet du barrage de Villeneuve-St-Germain se situe en rive droite.

La rive droite s'avère donc logiquement plus favorable à l'implantation d'un ouvrage piscicole vis-à-vis de l'emprise disponible et des facilités de gestion et d'entretien de l'ouvrage (local commande en rive droite).

3.1.3 Configuration

Les configurations proposées de l'ouvrage piscicole suivant le scénario de reconstruction du barrage sont linéaires le long de la berge avec un positionnement de l'entrée piscicole en aval immédiat du barrage conduisant à un développement amont de l'ouvrage.



Si le positionnement de l'entrée piscicole s'avère logique, le développement linéaire amont de l'ouvrage conduit à un positionnement de la prise d'eau de la passe à poissons relativement éloigné du barrage pouvant compliquer l'entretien de celle-ci. En effet, en basses eaux l'aspiration potentielle des flottants par les bouchures mobiles du barrage sera peu ou pas efficace du fait de l'éloignement pouvant conduire à une accumulation plus importante de flottants au niveau de la prise d'eau et donc nécessitant un entretien plus fréquent.

Pour cela une configuration repliée en lacet soit en amont du barrage soit en aval apparaît plus appropriée pour positionner la prise d'eau à proximité des bouchures mobiles du barrage tout en conservant l'entrée piscicole en aval immédiat du barrage.

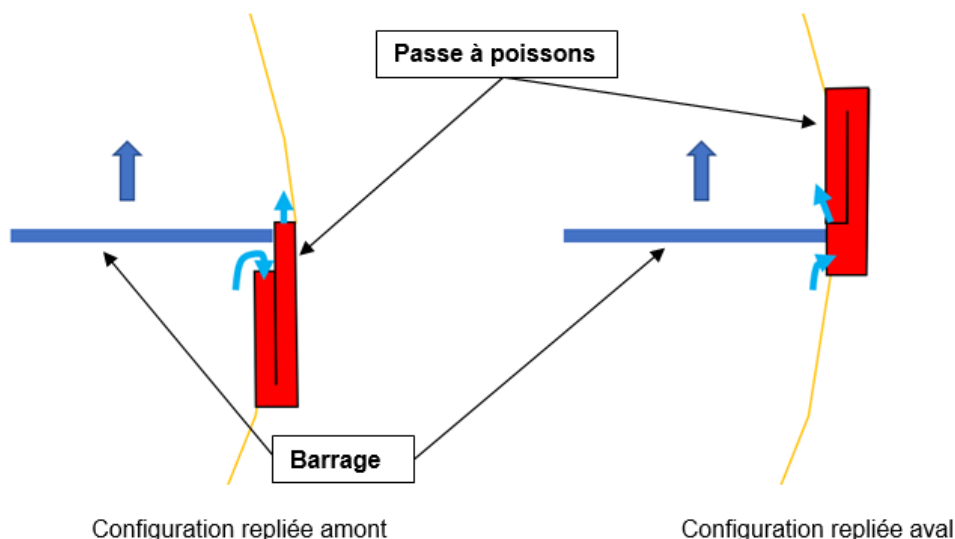


Figure 9 : Exemples de configurations repliées pour optimiser le positionnement de l'entrée piscicole et de la prise d'eau de la passe à poissons

L'étude préliminaire ne prévoit de débit d'attrait complémentaire pour la passe à poissons. Etant donné l'ampleur du débit réservé (minimum 1/10 du module soit 5.8 m³/s), il paraît envisageable de prévoir en parallèle de la passe à poissons une échancrure permettant de restituer à côté de l'entrée piscicole un débit d'attrait complémentaire venant renforcer l'attractivité de la passe à poissons tout en assurant un courant régulier devant la prise d'eau pour en limiter l'embaclement.

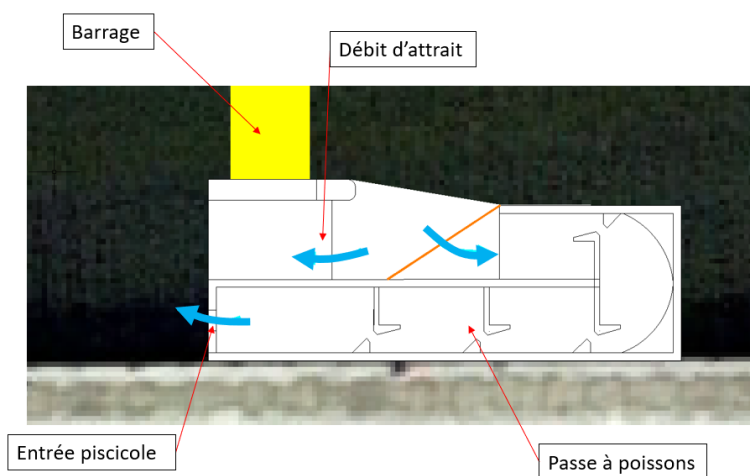


Figure 10 : Exemple de configuration repliée avec échancrure de débit d'attrait

La configuration de l'ouvrage piscicole peut donc être optimisée pour en limiter les contraintes d'entretien tout en améliorant son attractivité.

3.1.4 Dimensionnement des bassins et mode de communication

Le mode de communication par fente verticale de 0.45 m de large est adapté à l'ensemble des espèces cibles.

L'étude préliminaire prévoit des pelles de 0.1 m en fond des échancrures. Ce principe n'est plus recommandé sur ce type d'ouvrage car peu favorable au passage des espèces benthiques. Si cette pelle est nécessaire au fonctionnement hydraulique, un accompagnement spécifique en aval de la pelle (rampe rugueuse) devra être mise en place pour garantir la continuité du fond pour les espèces benthiques.

Les chutes proposées entre bassin sont de 0.22 m ce qui, pour certaines espèces cibles, est supérieur à la valeur maximale recommandée par le guide ICE (ONEMA – 2014). La chute maximale recommandée pour le Chabot et la Lamproie de Planer est de 0.2 m.

Le dimensionnement des bassins permet de limiter la puissance dissipée volumique à une valeur inférieure à 150 w/m³ en cohérence avec la capacité de nage de l'ensemble des espèces cibles.

La pente de l'ouvrage et le ratio entre la largeur du bassin et la largeur de la fente (ratio $B/b = 7.3$) conduit à une typologie d'écoulement dans l'ouvrage de type intermédiaire entre les types 1 et 2, constituant un compromis entre « confort » de passage et limitation des courants de recirculation préjudiciables circulant en banc.

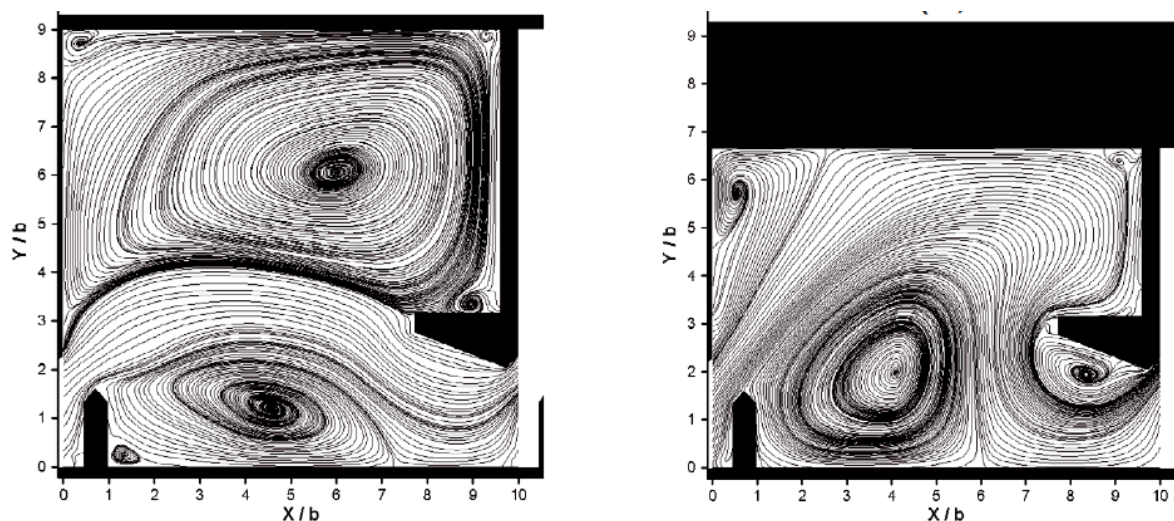


Figure 11 : Typologie de l'écoulement dans les bassins (à gauche : type 1, à droite : type 2)

La hauteur des chutes entre bassins doit être adaptée à l'ensemble des espèces cibles, de même que le fond des fentes verticales, doivent être optimisés au passage des espèces benthiques.

3.1.5 Fonctionnement hydraulique

La gamme de fonctionnement hydraulique retenue en étude préliminaire s'étale de l'étiage à 130 m³/s (fréquence 0.9). La gamme généralement préconisée par l'OFB est comprise entre les fréquences 0.05 et 0.95 de la courbe des débits classés du site. Au regard des estimations hydrologiques basées sur la station de Soissons (1999-2023), cette gamme serait sensiblement plus étalée comprise entre 12 m³/s (0.05) et 158 m³/s (0.95).



Le débit de fonctionnement de l'ouvrage piscicole est de 1.3 m³/s, correspondant à 0.8 % du débit de l'Aisne en gamme haute de fonctionnement de la passe à poissons, ce qui est inférieur aux préconisations de l'OFB comprises entre 1 et 5 %. Dans le contexte hydrologique du barrage de Villeneuve St Germain, on retiendra une valeur de l'ordre de 1.5 % soit un débit global de 2.4 m³/s. Le principe proposé est de conserver une alimentation de l'ordre de 1.3 m³/s pour ne pas surdimensionner la passe à poissons et d'ajouter en parallèle de la passe à poissons un débit d'attrait complémentaire de l'ordre de 1.1 m³/s restitué par une échancrure (cf. 1.3).

Le fonctionnement de la passe à poissons a été modélisé pour un niveau d'eau amont variant entre 40.70 et 40.90 m NGF en cohérence avec la cote de gestion (RN : 40.80 m NGF) avec une précision de +/- 10 cm.

Concernant le niveau d'eau aval, la gamme de variation retenue est comprise entre 39.30 et 39.90 m NGF. Celle-ci doit être reconsidérée en fonction de la nouvelle gamme hydrologique de fonctionnement (12 à 158 m³/s) et de la gestion du barrage de Vauxrot suite à sa reconstruction en 2018. La gamme de variation du niveau d'eau aval proposée s'étale donc de 39.35 m NGF (RN Vauxrot -15 cm) à 40.30 m NGF (estimation théorique du niveau d'eau en aval du barrage Villeneuve ST Germain à 158 m³/s).

Il est conseillé de réaliser les modélisations du fonctionnement hydraulique de l'ouvrage avec le logiciel CASSIOPEE développé par l'OFB pour en faciliter les vérifications par les services de l'état.

L'étude préliminaire prévoit de maintenir la chute de l'entrée piscicole de la passe à poissons au moyen d'une vanne de régulation. Celle-ci devra être adaptée à la gamme hydrologique de fonctionnement de la passe à poissons et aux variations associées du niveau d'eau aval. Elle devra être complétée par un dispositif type orifice de fond afin de permettre le passage des espèces benthiques telles que le Chabot ou la Lamproie de Planer.

Le fonctionnement hydraulique de la passe à poissons doit être revu en fonction de l'évolution de la gamme hydrologique de fonctionnement de la passe à poissons proposée. Le débit global de fonctionnement de la passe à poissons doit être augmenté pour répondre aux préconisations de l'OFB par ajout d'un débit d'attrait. Le fonctionnement de la passe à poissons doit être adapté à la gamme de variation du niveau d'eau aval en lien avec la gestion de Vauxrot depuis 2018.

Les caractéristiques et le fonctionnement de l'entrée piscicole devront être adaptés à la gamme hydrologique retenue, aux variations de niveau d'eau associées, et au passage des espèces cibles benthiques.

3.1.6 Equipements de gestion protection et sécurité

Il est conseillé de compléter la grille de protection de la prise d'eau par déflecteur permettant de guider les flottants vers l'échancrure du débit d'attrait et ainsi diminuer le risque de colmatage de la prise d'eau.

La vanne de fermeture prévue par l'étude préliminaire au niveau de la prise d'eau permettra de faciliter les opérations de gestion et d'entretien de l'ouvrage.

Pour assurer la protection de l'exploitant et faciliter l'accès aux fentes verticales et aux organes de gestions (vannes), une couverture caillebotis partielle ou totale de l'ouvrage est recommandée avec la mise en place de garde-corps ou d'une ligne de vie.

L'ouvrage devra être complété d'équipements pour en faciliter la gestion tout en assurant la sécurité de l'exploitant.



3.1.7 Suivi de l'efficacité de l'ouvrage

Une réservation est conseillée dans le bassin amont de tranquillisation pour permettre au minimum d'effectuer du piégeage voir la mise en place temporaire d'un dispositif amovible de vidéo-comptage.

3.1.8 Estimatif financier des travaux

L'estimatif financier de 2014 de la passe à bassins successifs est de 710 K€ HT. Celui-ci apparaît cohérent au regard du type d'ouvrage, de ses dimensions et de la complexité des travaux. Il conviendra néanmoins de vérifier si une actualisation de cet estimatif s'avère nécessaire au regard de l'évolution du coût des travaux.

3.2 SOLUTION A MACRO-RUGOSITES

Le deuxième type d'ouvrage proposé par l'étude préliminaire d'Artélia de 2014 est un ouvrage de type macro-rugosités régulièrement réparties.

Il s'agit d'un ouvrage « rustique » compact, mais présentant une emprise sensiblement plus importante et moins modulable que le principe à bassins successifs. Les écoulements sont freinés par des plots (macro-rugosités) pour garantir des vitesses et une turbulence adaptées aux capacités de nage des espèces cibles. Les macro-rugosités sont régulièrement distribuées de façon à répartir de façon homogène la dénivelée totale de la chute du barrage sur l'ensemble du développé de la passe à poissons. Les macro-rugosités jouent le rôle de frein hydraulique ainsi que de refuge pour le poisson en aval immédiat (zone à faible vitesse). La rugosité de fond vient compléter les possibilités de repos et permet au poisson de se repérer.

3.2.1 Adéquation aux espèces cibles

A l'image des passes à bassins successif, ce principe d'ouvrage est **adapté à l'ensemble des huit espèces cibles** du classement réglementaire. Il convient néanmoins de dimensionner l'ouvrage afin de garantir des vitesses d'écoulement et turbulences associées en cohérence avec les capacités de nage des espèces considérées.

3.2.2 Implantation

A l'image de la passe à bassins successifs (cf.3), la rive droite s'avère logiquement plus favorable à l'implantation d'un ouvrage piscicole vis-à-vis de l'emprise disponible et des facilités de gestion et d'entretien de l'ouvrage (local commande en rive droite).

3.2.3 Configuration

A l'image de la passe à bassins successifs (cf.3), la configuration de la passe à macro-rugosité peut être optimisée pour limiter les contraintes d'entretien tout en améliorant son attractivité.

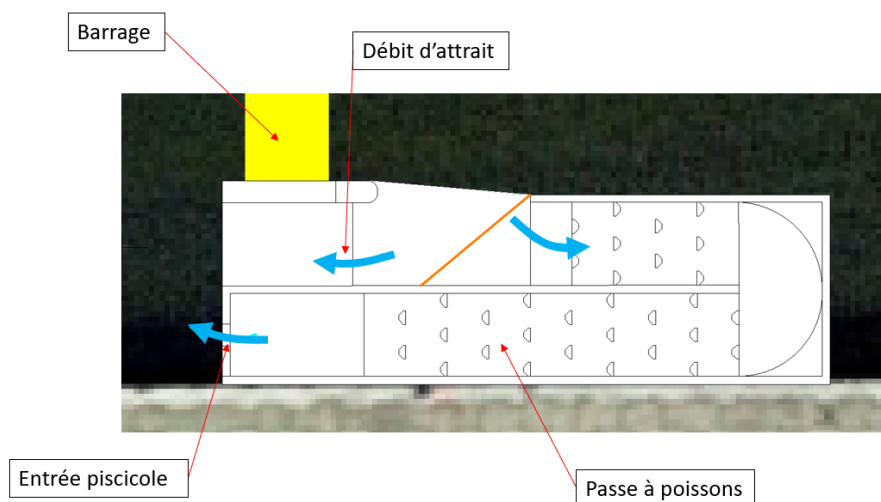


Figure 12 : Exemple de configuration repliée avec échancrure de débit d'attrait

3.2.4 Dimensions et caractéristiques

Le dimensionnement de l'ouvrage sera à revoir car il n'apparaît pas adapté à l'ensemble des espèces cibles notamment les petites espèces (Chabot, Lamproie de Planer) du fait d'un débit unitaire maximal supérieur à la valeur maximale préconisée par le guide technique pour la conception des passes « naturelles » (GHAAPPE décembre 2006). En effet le dimensionnement proposé par l'étude préliminaire conduit à un débit unitaire compris entre 0.45 et 0.6 m³/s/m alors que la valeur maximale préconisée est de 0.45 m³/s/m.

De même l'ouvrage peut être optimisé en réduisant ses dimensions, notamment sa longueur en adoptant une pente de radier de 4 % (maximum admissible pour les petites espèces) contre 3 % proposé dans l'étude préliminaire. Il est également conseillé d'ajuster la concentration des macro-rugosités à la valeur de 13 % recommandé par l'OFB contre 6.7 % proposé par l'étude préliminaire.

Afin d'améliorer l'attractivité de la passe à poissons, l'entrée piscicole de l'ouvrage peut être équipée d'une échancrure pour créer une chute. De même, à l'image de l'ouvrage à bassins successifs, une vanne de régulation peut être mise en place pour maintenir l'attractivité sur l'ensemble de la gamme hydrologique de fonctionnement de la passe à poissons. Dans ce cas, l'entrée piscicole devra être complétée par un dispositif type orifice de fond afin de permettre le passage des espèces benthiques telles que le Chabot ou la Lamproie de Planer.

Le dimensionnement de la passe à macro-rugosités est à revoir pour qu'il soit adapté à l'ensemble des espèces cibles ainsi qu'afin d'optimiser ses dimensions.

3.2.5 Fonctionnement hydraulique

A l'image de l'ouvrage à bassins successifs (cf. I.5), le fonctionnement hydraulique de la passe à poissons doit être revu en fonction du redimensionnement de l'ouvrage et de l'évolution de la gamme hydrologique de fonctionnement de la passe à poissons proposée. Le débit global de fonctionnement de la passe à poissons doit être augmenté pour répondre aux préconisations de l'OFB par ajout d'un débit d'attrait. Le fonctionnement de la passe à poissons doit être adapté à la gamme de variation du niveau d'eau aval en lien avec la gestion de Vauxrot depuis 2018.



3.2.6 Equipements de gestion protection et sécurité

Ce type d'ouvrage présentant des sections de passage plus large que celles d'une passe à bassins successifs à fentes verticales, une grille de protection de la prise d'eau ne s'avère pas nécessaire. Par contre, il est conseillé de mettre en place un déflecteur permettant de guider les flottants vers l'échancrure du débit d'attrait et ainsi diminuer le risque de colmatage de l'ouvrage.

Les opérations d'entretien et maintenance étant moindre qu'une passe à bassins successifs à fentes verticales, la fermeture hydraulique de la prise d'eau peut s'envisager au moyen de batardeaux légers (type aluminium) sans avoir recours à la mise en place d'une vanne de fermeture.

Pour assurer la protection de l'exploitant et faciliter l'accès aux fentes verticales et aux organes de gestions (vanne entrée piscicole), une couverture caillebotis totale de l'ouvrage est recommandée avec la mise en place de garde-corps ou d'une ligne de vie.

L'ouvrage devra être complété d'équipements pour en faciliter la gestion tout en assurant la sécurité de l'exploitant.

3.2.7 Suivi de l'efficacité de l'ouvrage

Ce type d'ouvrage est peu adapté à la mise en place d'un dispositif de piégeage ou de vidéo-comptage sans la mise en place d'un bassin spécifique en amont de la prise d'eau.

3.2.8 Estimatif financier des travaux

L'estimatif financier de 2014 de la passe à bassins successifs est de 760 K€ HT. Celui-ci apparaît cohérent au regard du type d'ouvrage, de ses dimensions et de la complexité des travaux. Il conviendra néanmoins de vérifier si une actualisation de cet estimatif s'avère nécessaire au regard de l'évolution du coût des travaux et de l'optimisation des dimensions de l'ouvrage.



4 VOLET GEOTECHNIQUE

4.1 SYNTHÈSE DES ÉTUDES PRÉLIMINAIRES

4.1.1 Documents de référence

Au démarrage de l'étude préliminaire, ARTELIA a transmis à VNF les spécifications techniques pour la réalisation d'une étude géotechnique. L'analyse géotechnique du site se base principalement sur les résultats de cette étude réalisée par Hydrogéotechnique en 2013, dont la référence est la suivante :

- *Rapport d'étude géotechnique, mission G11-G12, dans le cadre des études préalables à la reconstruction du barrage de Villeneuve Saint Germain, Hydrogéotechnique Nord et Ouest, dossier n°C.12.30.260, 22/11/2013.*

L'analyse géotechnique menée par ARTELIA intègre également l'étude hydrogéologique du champ captant de Villeneuve-Saint-Germain réalisée par le BRGM en 1993 :

- *Étude hydrogéologique qualitative et quantitative du champ captant de Villeneuve-Saint-Germain, Syndicat d'étude pour l'alimentation en eau potable (SEAEP de Crouy-Soissons-Villeneuve-Saint-Germain, B.R.G.M., dossier R 36 962 PIC 4S 93, 03/1993).*

Cette étude de captage a été menée dans l'environnement immédiat du barrage :

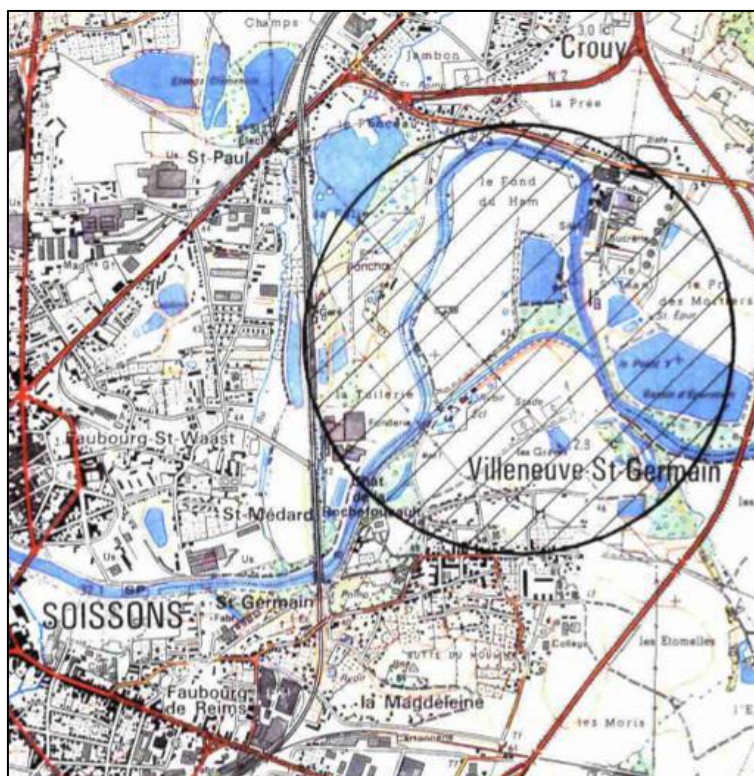


Figure 13 : Extrait de la carte IGN au 1/25000^{ème} — Soissons 211 Est

En complément de ces études géotechniques et hydrogéologiques, les études préliminaires s'appuient sur les cartes géologiques et gravimétriques de la zone d'étude.

4.1.2 Contenu de la campagne géotechnique de 2013

La campagne de niveau G11-G12 réalisée par Hydrogéotechnique en 2013 a consisté en :

- **8 forages destructifs notés SP1 à SP8**, descendus par rapport au T.N. (pour les sondages à terre) et par rapport au ponton fluvial (pour les sondages en eau), aux profondeurs suivantes et avec essais pressiométriques tous les 1,50 m :

N° de sondage	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8
Hauteur (m)	15,00	16,50	12,20	15,00	18,50	18,00	15,50	18,00

- **12 sondages carottés notés SC1 à SC11 et SC4bis** descendus aux profondeurs suivantes (profondeurs données par rapport au T.N. dans les sondages à terre et par rapport au ponton pour les sondages sur l'eau) :

N° de sondage	SC1	SC2	SC3	SC4	SC4bis	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11
Hauteur (m)	15,00	16,50	12,20	7,50	9,00	8,20	8,50	15,00	18,50	18,00	15,50	18,80

- En laboratoire :
 - 3 teneurs en eau,
 - 3 analyses granulométriques,
 - 3 valeurs au bleu,
 - 3 essais de cisaillement rectiligne.

L'implantation des sondages est la suivante :

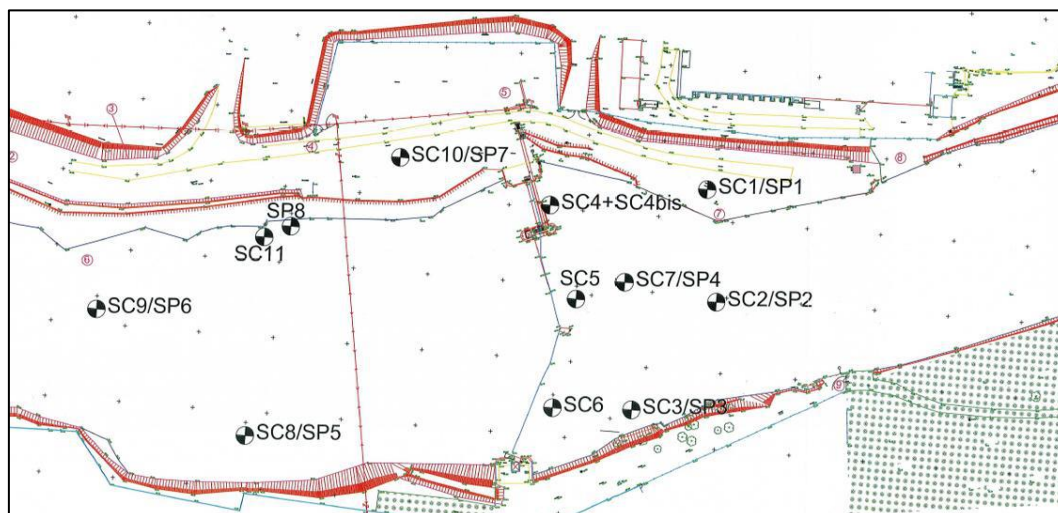


Figure 14 : Plan d'implantation des sondages géotechniques – mission G12 (Hydrogéotechnique, 2013)

4.1.3 Lithologie

La lithologie retranscrite des données de la campagne géotechnique et de celles collectées auprès du BRGM est la suivante :



Couche 0		Remblais divers : Sables, cailloutis, cailloux, blocs, argiles +/- sableuses, béton, ferraille bois												
		SC1/SP1	SC2/SP2	SC3/SP3	SC4	SC4BIS	SC5	SC6	SC7/SP4	SC8/SP5	SC9/SP6	SC10/SP7	SC11	SP8
Profondeur (m)	Toit	0,00			4,50	4,50	2,20	2,40				0,00	5,85	5,50
	Base	2,10			6,70	5,60	3,80	3,40				4,20	6,25	6,50
Cote (m NGF)	Toit	42,12			36,63	36,63	39,03	38,93				44,07	34,19	34,54
	Base	40,02			34,43	35,53	37,43	37,93				39,87	33,79	33,54
Couche 1		Alluvions modernes = limons sableux (Sables de Beauchamp dont l'observation est difficile du fait du dépôt limoneux)												
		SC1/SP1	SC2/SP2	SC3/SP3	SC4	SC4BIS	SC5	SC6	SC7/SP4	SC8/SP5	SC9/SP6	SC10/SP7	SC11	SP8
Profondeur (m)	Toit	2,10						3,40	3,00			4,20		
	Base	4,80						3,90	3,40			6,00		
Cote (m NGF)	Toit	40,02						37,93	38,23			39,87		
	Base	37,32						37,43	37,83			38,07		
Couche 2		Alluvions anciennes = sables, sables et graviers = basse terrasse (graves calcaires fines)												
		SC1/SP1	SC2/SP2	SC3/SP3	SC4	SC4BIS	SC5	SC6	SC7/SP4	SC8/SP5	SC9/SP6	SC10/SP7	SC11	SP8
Profondeur (m)	Toit	4,80	4,20	2,80			3,80	3,90	3,40		4,50	6,00	6,25	6,50
	Base	7,05	6,20	5,50			5,50	5,40	6,30		8,20	8,30	8,00	8,00
Cote (m NGF)	Toit	37,32	37,05	38,23			37,43	37,43	37,83		35,55	38,07	33,79	33,54
	Base	35,07	35,05	35,53			35,73	35,93	34,93		31,85	35,77	32,04	32,04
Couche 3		Sables fins gris, noirs ou vert parfois légèrement limoneux = Sables de Bracheux (toit du Thénatien)												
		SC1/SP1	SC2/SP2	SC3/SP3	SC4	SC4BIS	SC5	SC6	SC7/SP4	SC8/SP5	SC9/SP6	SC10/SP7	SC11	SP8
Profondeur (m)	Toit	7,05	6,20	5,50	6,70	5,60	5,50	5,40	6,30	8,00	8,20	8,30	8,00	8,00
	Base	15,00	16,50	12,20	7,50	9,60	8,20	8,20	15,00	18,50	18,00	15,50	18,00	18,00
Cote (m NGF)	Toit	35,07	35,05	35,53	34,43	35,53	35,73	35,93	34,93	31,75	31,85	35,77	32,04	32,04
	Base	27,12	24,75	28,83	33,63	31,53	33,03	33,13	26,23	21,25	22,05	28,57	22,04	22,04

Tableau 1 : Tableau d'analyse des coupes lithologiques des sondages réalisés par Hydrogéotechnique

Il en ressort les profils géotechniques ci-dessous, en travers en amont immédiat du barrage, et en long dans l'axe du barrage. Sont projetés sur ces profils les cotes approximatives du barrage existant (au droit du puits et au droit du déversoir).

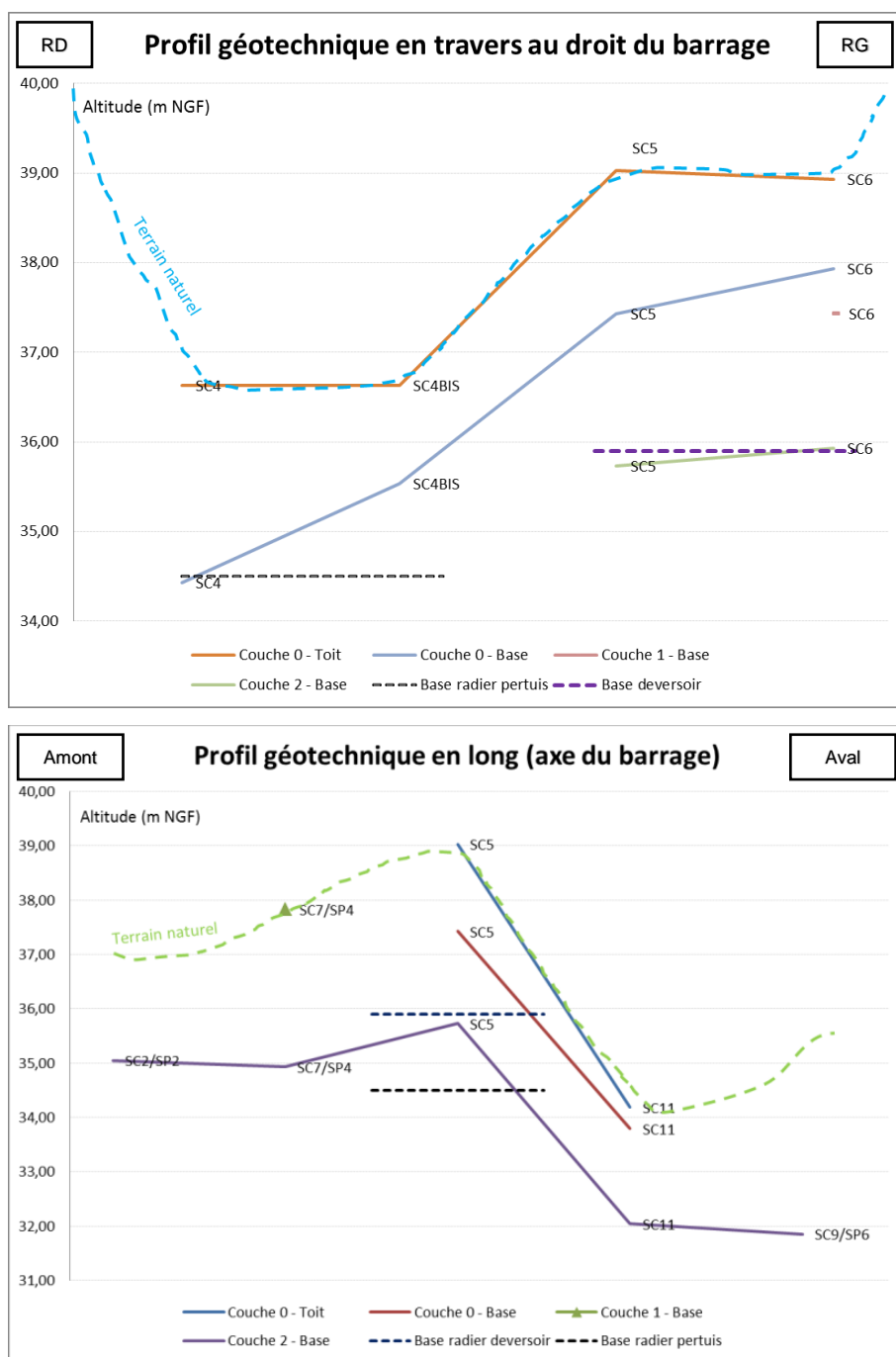


Figure 15 : Profils géotechniques au droit du barrage.

Sur la lithologie, ARTELIA confirme la concordance des éléments observés dans l'étude hydrologique du BRGM de 1993 et de la lithologie proposée par Hydrogéotechnique suite à la campagne de reconnaissance de 2013, tant d'un point de vue de la nature des couches que de l'altimétrie des interfaces entre couches.

En particulier, sont mis en évidence les constats suivants :



- Dans l'axe amont/aval, un pendage général des couches d'amont en aval (abaissement progressif vers l'aval au Nord) ;
- Dans l'axe rive à rive, un pendage descendant des couches 1, 2 et 3, de la rive gauche vers la rive droite.
- Les fondations de l'ouvrage existant se situent :
 - Pour le déversoir : à la base des alluvions anciennes (couche 2) ;
 - Pour le puits : dans la couche de sables fins gris de Bracheux (couche 3).

4.1.4 Perméabilité des sols

Les sondages SC1 et SC10 situés en berge RD ont fait l'objet d'essais de perméabilité en 2013. Les valeurs brutes obtenues sont les suivantes :

perméabilité (m/s)				
Profondeur (m)	SC1	SC10	n° couche	type d'essais
de 6,00 à 7,00	$1,5 \cdot 10^{-5}$		2	Lefranc pompage
de 8,00 à 9,00	$6,4 \cdot 10^{-6}$		3	Lefranc pompage
de 2,00 à 3,00		$8,1 \cdot 10^{-5}$	0	Nasberg
de 6,00 à 7,00		$2,2 \cdot 10^{-5}$	2	Lefranc pompage

Tableau 2 : Résultats bruts des essais de perméabilité – Hydrogéotechnique 2013.

Compte tenu de l'hétérogénéité des formations rencontrées, Hydrogéotechnique alerte sur le risque de variation assez importante du coefficient k [m/s] et propose de retenir sécuritairement les fourchettes de valeurs suivantes :

N° couche	perméabilité k (m/s)
0	10^{-2} à 10^{-8}
1	5^{-6} à 10^{-8}
2	10^{-3} à 10^{-5}
3	10^{-4} à 10^{-7}

Tableau 3 : Perméabilité des couches – Hydrogéotechnique 2013

ARTELIA s'approprie ces données et relève notamment :

- la cohérence qualitative entre la nature des sols et les degrés de perméabilités retenus ;
- la forte probabilité de circulations sous les fondations du barrage compte tenu :
 - de la dénivellation entre les biefs amont et aval du barrage ;
 - des relations entre aquifères confirmées par l'étude hydrogéologique.

4.1.5 Propriétés mécaniques des sols

Les résultats bruts des essais pressiométriques sont les suivants :

Couche 0

- $E_m = 1,1 - 3,4$ MPa Em moyen = 1,9 MPa
- $pl^* = 0,10 - 0,34$ MPa pl^* moyen = 0,18 MPa



Ces compacités sont jugées par le géotechnicien très faibles à modestes, ce qui est cohérent avec la nature de la couche (remblais remaniés). Il est noté la présence d'éléments anthropiques de type bois, ferraille, blocs de maçonnerie, etc.

Couche 1

- $E_m = 2,5 - 2,8 - 3,7 - 4,0$ MPa E_m moyen = 3,2 MPa
- $pl^* = 0,25 - 0,27 - 0,41 - 0,54$ MPa pl^* moyen = 0,35 MPa

Ces compacités sont jugées modestes à moyennes.

Couche 2

- $E_m = 9,5 - 7,9 - 6,1 - 9,1 - 14,1 - 16,8 - 15,8 - 55,4$ MPa E_m moyen = 10,6 MPa
- $pl^* = 0,60 - 0,90 - 1,13 - 1,05 - 1,66 - 1,95 - 2,46 - 2,73$ MPa pl^* moyen = 1,39 MPa

Ces compacités sont jugées moyennes à bonnes.

Couche 3

- $5,8 \text{ MPa} < E_m < 252 \text{ MPa}$
- pl compris entre 0,61 MPa et des valeurs strictement supérieures à 5MPa

Ces compacités sont jugées fortes à très fortes avec la répartition suivante :

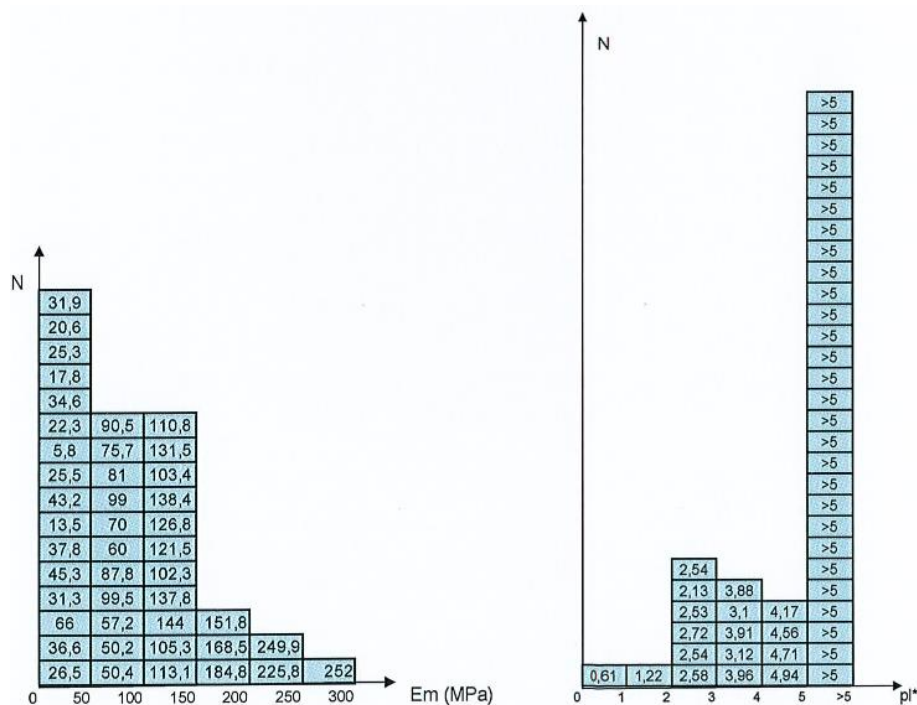


Figure 16 : Représentation schématique des résultats des essais pressiométriques – Hydrogéotechnique 2013

Compte tenu de la dispersion des valeurs entre les différents sondages sur cette couche 3, ARTELIA a synthétisé les résultats par niveaux de résistance globalement équivalents au droit de chaque forage (moyennes géométriques par tranche homogène) :



SP1					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	7,05	52,1	13,8
		Cote (m NGF)	35,07		
	Base	Profondeur (m)	13,00		
		Cote (m NGF)	29,12		
2	Toit	Profondeur (m)	13,00	135,6	27,1
		Cote (m NGF)	29,12		
	Base	Profondeur (m)	15,00		
		Cote (m NGF)	27,12		

SP2					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	6,2	17,9	11,1
		Cote (m NGF)	35,05		
	Base	Profondeur (m)	9,30		
		Cote (m NGF)	31,95		
2	Toit	Profondeur (m)	9,30	66,0	16,1
		Cote (m NGF)	31,95		
	Base	Profondeur (m)	11,00		
		Cote (m NGF)	30,25		
3	Toit	Profondeur (m)	11,00	101,5	20,7
		Cote (m NGF)	30,25		
	Base	Profondeur (m)	15,00		
		Cote (m NGF)	26,25		

SP3					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	5,5	46,8	13,5
		Cote (m NGF)	35,53		
	Base	Profondeur (m)	12,20		
		Cote (m NGF)	28,83		
2	Toit	Profondeur (m)	12,20	99,0	20,6
		Cote (m NGF)	28,83		
	Base	Profondeur (m)	14,00		
		Cote (m NGF)	27,03		

SP4					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	6,3	13,5	6,2
		Cote (m NGF)	34,93		
	Base	Profondeur (m)	8,00		
		Cote (m NGF)	33,23		
2	Toit	Profondeur (m)	8,00	43,2	17,0
		Cote (m NGF)	33,23		
	Base	Profondeur (m)	10,00		
		Cote (m NGF)	31,23		
3	Toit	Profondeur (m)	10,00	126,6	28,3
		Cote (m NGF)	31,23		
	Base	Profondeur (m)	14,00		
		Cote (m NGF)	27,23		

SP5					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	9	81,0	16,9
		Cote (m NGF)	30,75		
	Base	Profondeur (m)	10,00		
		Cote (m NGF)	29,75		
2	Toit	Profondeur (m)	10,00	196,3	39,6
		Cote (m NGF)	29,75		
	Base	Profondeur (m)	17,00		
		Cote (m NGF)	22,75		

SP6					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	8,2	25,5	5,8
		Cote (m NGF)	31,85		
	Base	Profondeur (m)	9,50		
		Cote (m NGF)	30,55		
2	Toit	Profondeur (m)	9,50	108,3	24,0
		Cote (m NGF)	30,55		
	Base	Profondeur (m)	15,00		
		Cote (m NGF)	25,05		

SP7					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	8,3	5,8	9,1
		Cote (m NGF)	35,77		
	Base	Profondeur (m)	10,00		
		Cote (m NGF)	34,07		
2	Toit	Profondeur (m)	10,00	24,3	7,3
		Cote (m NGF)	34,07		
	Base	Profondeur (m)	15,00		
		Cote (m NGF)	29,07		

SP8					
Nombre et n° sous couche	Position des interfaces		EM moy (Mpa)	PI* moy (Mpa)	EM/PI* moy
1	Toit	Profondeur (m)	8	25,6	14,0
		Cote (m NGF)	32,04		
	Base	Profondeur (m)	11,00		
		Cote (m NGF)	29,04		
2	Toit	Profondeur (m)	11,00	118,9	25,1
		Cote (m NGF)	29,04		
	Base	Profondeur (m)	17,00		
		Cote (m NGF)	23,04		

Tableau 4 : Tableau de synthèse des résultats pressiométriques de la couche 3

Sur cette couche 3, en complément de la synthèse des résultats bruts, ARTELIA propose un graphique représentant le module pressiométrique moyen sur l'ensemble des sols testés en fonction de l'altitude des forages SP1 à SP8 :

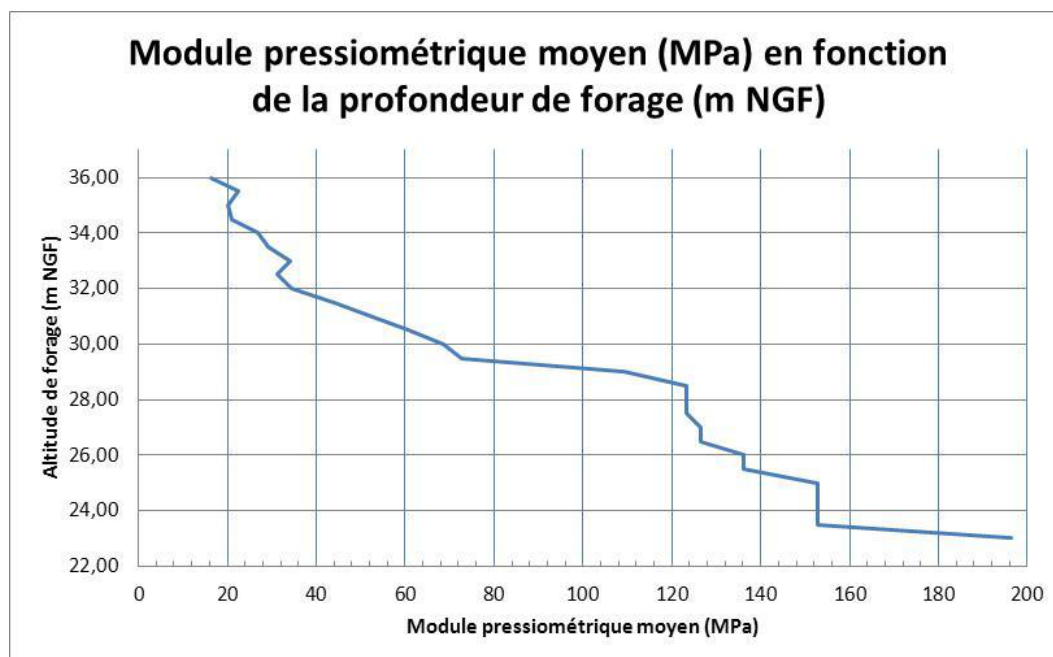


Figure 17 : Module pressiométrique moyen en fonction de l'altitude du forage (couche 3)

Concernant l'évaluation des pl^* moyennes, il est précisé :

- En deçà de la cote 29 mNGF : les valeurs sont systématiquement voisines ou supérieures à 5 MPa (cohérent avec l'accroissement brutal des modules à cette cote) ;
- Au-dessus de la cote 29 mNGF : les valeurs sont toutes supérieures à 1,76 MPa à l'exception d'une valeur ponctuelle de 0,61 MPa sur le SP7 en retrait de la berge.

4.1.6 Hypothèses géomécaniques

L'ensemble des valeurs issues des sondages et essais de laboratoire de la campagne de reconnaissance de 2013 sont synthétisées dans le tableau suivant :

Sols	pl^* [MPa]	E_m [MPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	γ_d [kN/m ³]	γ_h [kN/m ³]
Couche 0	0,18	1,9	0	26,0	14,5	19,0
Couche 1	0,35	3,2	0	25,0	17,0	20,0
Couche 2	1,39	10,6	0	31,2	16,0	20,0
Couche 3	1,76 à > 5 Localement 0,61 (SP7 à 10 m)	*cf. §4.1.5	0	28,4	16,0	20,0

Tableau 5 : Synthèse des paramètres géomécaniques des sols de fondation du barrage – Hydrogéotechnique 2013

À noter que les paramètres c' , ϕ' , γ_d et γ_h sont directement issus des résultats des essais de laboratoire réalisés par Hydrogéotechnique.



4.1.7 Conclusions des études géotechniques et sujétions d'exécution

Sur la base des résultats de sa campagne de reconnaissances géotechniques de la zone et compte tenu des objectifs visés, Hydrogéotechnique propose de fonder les ouvrages neufs au sein de la couche 3, par l'intermédiaire des opérations suivantes :

- Réalisation d'une enceinte en palplanches,
- Terrassement sous eau avec bétonnage à l'avancement ;
- Coulage d'un béton immergé fortement dosé jusqu'à compensation de la sous-pression hydrostatique ;
- Assainissement des batardeaux.

À la lumière des données géotechniques, géologiques et hydrogéologiques de la zone d'étude, et notamment :

- Des perméabilités moyennes à faibles dans les horizons sableux, de nombreuses communications notées entre horizons,
- De la sensibilité à la boulangerie de la couche 3,
- Des circulations possibles (compte-tenu du dénivelé du plan d'eau amont-aval) aussi au travers des maçonneries, sous les fondations, de contournement par les rives,
- De l'objectif de fondation de l'ouvrage (scénario 3) sur de bons sols,

ARTELIA confirme la pertinence du recours à un bouchon béton, cerclé d'une enceinte de palplanche ancré dans la couche 3, tel que proposé par Hydrogéotechnique. Il est toutefois rappelé la présence :

- de vestiges de maçonneries, bétons et enrochements au sein de la couche 0, pouvant conduire au refus prématuré du fonçage des palplanches ;
- de terrains de forte compacité en couche 3 qui complexifieront le fonçage d'une enceinte de palplanches, et ce dès la cote 35,5 mNGF (au droit du barrage existant).

Sur la base de ces constats, il est envisagé une mise en œuvre suivant le phasage suivant :

- Purge des remblais dans l'alignement de l'enceinte de palplanches à créer et en particulier élimination des vestiges ;
- Mise en œuvre de l'enceinte en palplanches ;
- Déblaiement dans l'enceinte créée (en eau compte tenu des constats précédemment décrits) ;
- Bétonnage à l'avancement sur un volume utile à la compensation des sous-pressions hydrostatiques ;
- Mise à sec du batardeau réalisé.

La profondeur minimale de l'ancrage de l'assise du béton immergé pour la fondation de l'ouvrage proposée par Hydrogéotechnique est de 50 cm dans la couche 3, soit à une cote de base des palplanches autour de 33,8 à 34,0 mNGF. Étant données les fortes valeurs de compacités des sables à cette profondeur, Hydrogéotechnique et ARTELIA alertent sur la possible nécessité de préforages pour parvenir à y fonder les palplanches.

ARTELIA alerte également sur le risque de création de fosses d'érosion à l'aval du barrage actuel compte tenu de la nature granulaire et peu cohésive des couches 1, 2 et 3. ARTELIA recommande notamment :

- Une reconnaissance plus fine de la couche 3 par la réalisation de nouveaux sondages pour **essais triaxiaux de type CD**.
- De procéder à **des essais au pénétromètre dynamique lourd** pour mieux évaluer l'aptitude au fonçage des palplanches dans les terrains très compacts de la couche 3.



4.2 ANALYSE CRITIQUE

4.2.1 Appropriation et interprétation des données

L'appropriation des données géotechniques de la campagne réalisée par Hydrogéotechnique en 2013 et l'interprétation qui en est faite par ARTELIA nous permet d'apprécier la cohérence des éléments retenus au sein des études préliminaires.

Nous partageons l'analyse qui en est faite et soulignons notamment la pertinence de :

- L'œil critique sur les résultats des essais de laboratoire et de perméabilité in-situ et la confrontation avec les informations géologiques et hydrogéologiques ;
- L'approche consistant à discrétiser les propriétés mécaniques de la couche 3 issues des différents sondages pressiométriques permettant une meilleure représentativité locale du modèle géotechnique ;
- Des hypothèses géomécaniques retenues dans le modèle géotechnique ;
- De la définition des informations manquantes dans les données existantes et les préconisations d'investigations complémentaires proposées ;
- Des sujétions d'exécution indiquées.

4.2.2 Analyse de la complétude des études géotechniques

L'analyse de la complétude des études géotechniques permet de mettre en évidence les informations manquantes et/ou douteuses sur les paramètres suivants :

- Caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs de la berge en RD au droit du futur local technique (absence d'essais de laboratoire sur SC1) ;
- Aptitude au fonçage des palplanches dans les terrains très compacts de la couche 3 (les propriétés mécaniques n'ont été déterminées qu'à partir d'essais pressiométriques) ;
- Caractéristiques mécaniques de la couche 3 (issu à l'heure actuelle de 2 essais de cisaillement à la boîte) ;
- Perméabilité de la couche 3 vis-à-vis du risque de circulations d'eau sous l'ouvrage ;
- Le degré d'érodabilité des couches de sol 1, 2 et 3 compte tenu de leur nature granulaire et peu cohésives et vis-à-vis du risque de création de fosses d'érosions à l'aval du barrage ;
- Agressivité de l'eau et des sols vis-à-vis des bétons ;
- Les sondages réalisés ne permettent pas de statuer sur la présence ou non d'un contre-rideau tiranté au niveau du terre-plein rive droite. La présence d'un ouvrage de ce type pourrait impacter le phasage de réalisation du local technique en rive droite à l'amont du barrage existant.

L'étude hydrogéologique du champ captant de Villeneuve-St-Germain apporte de précieuses informations, bien que pouvant être jugées relativement anciennes (1993), sur la piézométrie dans l'environnement immédiat du barrage. Les variations observées sur la période d'analyse présentent une amplitude maximale pluridécimétrique (de l'ordre de 50 cm) influencée par la mise en service des puits voisins. Les informations apportées par cette étude semblent suffisantes à ce stade pour apprécier le contexte hydrogéologique du site et caractériser le comportement prévisible de la nappe au droit de l'ouvrage en phase travaux et en phase d'exploitation. Il est toutefois proposé de profiter de la réalisation d'un sondage carotté en RD pour équiper



4.2.3 Évaluation des risques géotechniques

Ce chapitre a pour vocation d'évaluer les risques géotechniques du projet au travers d'informations manquantes afin de définir les besoins d'étude et d'investigations complémentaires nécessaires à la bonne poursuite de l'opération.

Les risques géotechniques font partie aujourd'hui des risques techniques ayant l'impact potentiel le plus important sur le déroulement des travaux. Afin de sécuriser cet aspect, il est important de prendre toute la mesure du sujet dès les premières phases d'étude et de proposer un cadrage géotechnique de la phase de conception et de réalisation.

À la lumière des reconnaissances préalables synthétisées ci-avant et de notre analyse du contexte géotechnique et hydrogéologiques, nous nous appuyons ci-dessous sur l'outil de Processus Maîtrise des Risques (PMR) développé par VNF pour caractériser le risque géotechnique pour l'opération. Sont récapitulées les différentes problématiques à vérifier au niveau du barrage d'une part, et de son local technique d'autre part.

Les grilles d'évaluation du risque sont présentées ci-après :

Echelle	Gravité du dommage	Impact sur l'ouvrage
4	Très important	La sécurité immédiate de l'ouvrage ou de l'utilisateur n'est pas ou plus assurée.
3	Important	L'ouvrage présente des désordres mécaniques graves ou des dégradations très importantes qui peuvent mettre en cause à court terme sa fonction principale.
2	Substantiel	Le dommage impacte tout ou une partie de l'ouvrage, celui-ci nécessite des travaux importants ou spécialisés (matériaux et équipements)
1	Faible	Le dommage n'impacte qu'une petite partie de l'ouvrage qui ne remet pas en cause sa fonction. L'ouvrage nécessitera un entretien courant ou un suivi.

Echelle	Probabilité d'occurrence	Probabilité annuelle
5	'presque' certaine	Peut se produire 2 fois par an, peut survenir dans les 6 mois.
4	très importante	Peut se produire 1 fois par an à tous les deux ans environ.
3	importante	Peut se produire une fois en 2 à 5 ans.
2	modérée	Peut se produire une fois en 10 ans
1	improbable	Se produit au-delà de 10 ans.

Echelle	Niveau du risque	Application de l'action
4	Intolérable / Très fort ou avéré	Les travaux ne peuvent commencer avant que le risque ne soit réduit.
3	Fort	La construction ne peut commencer avant que le risque ne soit réduit ou des solutions de traitement de risques mises en place avant ou en cours de démarrage des travaux.
2	Significatif / modéré	Les travaux peuvent commencer de façon concomitante aux actions correctives. Le risque est significatif mais pas bloquant. des actions correctives ou d'urgence doivent être prévues au cas où ces risques surviennent.
1	Mineur / faible	Le risque peut ne pas se produire, ou le risque est de faible ampleur, des actions correctives ou d'urgence doivent être prévues au cas où ces risques surviennent.
0	Insignifiant / maîtrisé	Suivi d'instrumentation, suivi visuel de l'ouvrage.

		Etendue des dommages (ED) : Gravité			
		faible (1)	substantielle (2)	importante (3)	très importante (4)
Probabilité de survenance (P) : Occurrence	'presque' certaine (5)	2	3	4	4
	très importante (4)	2	3	3	4
	importante (3)	1	2	3	3
	modérée (2)	1	2	2	3
	improbable (1)	0	1	1	2

BARRAGE

Risques	Evaluation de la gravité		
	critère	note (de 1 à 4)	Niveau de gravité du risque
Renversement	Défaut de portance du sol de fondation	4	4
Tassement	Tassement calculé / Tassement supportable par l'ouvrage	3	3
	Tassement différentiel	3	
Glissement	Efforts appliqués à l'ouvrage / Résistance de la fondation	4	4
Grand glissement	Atteinte d'une surface de rupture	3	3
Érosion sous les fondations	Gradient hydraulique / Gradient critique	2	2
Contournement par les berges	Gradient hydraulique / Gradient critique	2	2
Fosses d'érosion à l'aval du barrage	Érodabilité des couches de sol	1	1
Durabilité	Durée de vie de l'ouvrage	2	2
Fonçage	Aptitude au fonçage	3	3

Risques	Evaluation de la probabilité d'occurrence		
	critère	note (1 à 5)	Niveau de probabilité du risque
Renversement	Capacité portante du sol de fondation	1	1
Tassement	Calcul du tassement	1	1
		1	
Glissement	Caractéristiques du sol de fondation	1	1
Grand glissement	Caractéristiques du sol	1	1
Érosion sous les fondations	Calcul des gradients	2	2
Contournement par les berges	Calcul des gradients	2	2
Fosses d'érosion à l'aval du barrage	Vitesses d'écoulement / caractéristiques des matériaux	4	4
Durabilité	Agressivité de l'eau et des sols	1	1
Fonçage	Compacité des couches	3	3

Risques	Niveau de risque	Niveau de risque
Renversement	2	Significatif / Modéré
Tassement	1	Mineur / faible
Glissement	2	Significatif / Modéré
Grand glissement	1	Mineur / faible
Érosion sous les fondations	2	Significatif / Modéré
Contournement par les berges	2	Significatif / Modéré
Fosses d'érosion à l'aval du barrage	2	Significatif / Modéré
Durabilité	1	Mineur / faible
Fonçage	3	Fort

LOCAL TECHNIQUE

Risques	Evaluation de la gravité		
	critère	note (de 1 à 4)	Niveau de gravité du risque
Renversement	Défaut de portance du sol de fondation	4	4
Tassement	Tassement calculé / Tassement supportable par l'ouvrage	3	3
	Tassement différentiel	3	
Glissement	Efforts appliqués à l'ouvrage / Résistance de la fondation	4	4
Grand glissement	Atteinte d'une surface de rupture	4	4
Érosion sous les fondations	Gradient hydraulique / Gradient critique	2	2
Contournement par les berges	Gradient hydraulique / Gradient critique	2	2
Durabilité	Durée de vie de l'ouvrage	2	2
Méconnaissance du rideau de palplanches en RD	Impact sur travaux et phasage	3	3

Risques	Evaluation de la probabilité d'occurrence		
	critère	note (1 à 5)	Niveau de probabilité du risque
Renversement	Capacité portante du sol de fondation	1	1
Tassement	Calcul du tassement	1	1
		1	
Glissement	Caractéristiques du sol de fondation	2	2
Grand glissement	Caractéristiques du sol	2	2
Érosion sous les fondations	Calcul des gradients	2	2
Contournement par les berges	Calcul des gradients	2	2
Durabilité	Agressivité de l'eau et des sols	1	1
Méconnaissance du rideau de palplanches en RD	Agressivité de l'eau et des sols	4	4

Risques	Niveau de risque	Niveau de risque
Renversement	2	Significatif / Modéré
Tassement	1	Mineur / faible
Glissement	3	Fort
Grand glissement	3	Fort
Érosion sous les fondations	2	Significatif / Modéré
Contournement par les berges	2	Significatif / Modéré
Durabilité	1	Mineur / faible
Méconnaissance du rideau de palplanches en RD	3	Fort



4.3 BESOINS COMPLEMENTAIRES

Au regard de l'analyse des études préliminaires présentée ci-avant, de l'étude de la complétude des données et de l'évaluation des risques qui en résulte, nous synthétisons ci-dessous les besoins d'étude et d'investigations complémentaires nous paraissant nécessaires à la bonne poursuite de l'opération :

Type d'investigation	Implantation	Essais associés	Quantité	Paramètre recherché	Maîtrise du risque
Sondages carottés	Berge RD (au droit du local technique pressenti) + berge RG	Essais de perméabilité in-situ (Lefranc/Nasberg)	2	Perméabilité des couches en berge / niveau piézométrique.	Contournement par les berges
		Essais de laboratoire (GTR, essais triaxiaux)		Caractéristiques des couches (GTR, angle de frottement, cohésion)	Renversement, tassement, glissement, grand glissement
		Analyse chimique des sols		Agressivité des sols sur les bétons (siccité, sulfates solubles, acidité, etc.)	Durabilité
		Analyse chimique de l'eau		Agressivité de l'eau sur les bétons (PH, TAC, SO42-, NH4+, magnésium, CO2 agressif, etc.)	Durabilité
	En rivière (au droit de l'ouvrage pressenti)	Essais de laboratoire (GTR, essais triaxiaux, perméabilité)	1	Caractéristiques de la couche 3 (GTR, angle de frottement, cohésion, perméabilité)	Renversement, tassement, glissement, grand glissement
		Analyse chimique des sols		Agressivité des sols sur les bétons (siccité, sulfates solubles, acidité, etc.)	Durabilité
		Analyse chimique de l'eau		Agressivité de l'eau sur les bétons (PH, TAC, SO42-, NH4+, magnésium, CO2 agressif, etc.)	Durabilité
	En rivière (à l'aval de l'ouvrage pressenti)	Essais de laboratoire (GTR, essais triaxiaux, perméabilité)	1	Degré d'érodabilité des couches 1, 2 et 3 (GTR, angle de frottement, cohésion, perméabilité)	Fosses d'érosion à l'aval du barrage
Sondages pénétrométriques	En rivière (au droit de l'ouvrage pressenti)	Essais pénétrométriques	3	Aptitude au fonçage des palplanches dans les terrains très compacts de la couche 3	Fonçage
Géophysique	Rideau et contre-rideau supposé en RD	Auscultation par réflexion ET/OU Tomographie sismique parallèle	3	Hauteur/caractéristiques/géométrie des palplanches	Méconnaissance du rideau de palplanche en RD
Fouilles à la pelle		Fouilles à la pelle	3	Présence de tirants entre le rideau et le contre-rideau	

Nota : ces investigations peuvent être conduites en parallèle du processus de désignation d'un maître d'œuvre (programme, consultation, etc.) jusqu'en phase AVP.

5 VOLET REGLEMENTAIRE

5.1 SYNTHÈSE DES ETUDES PRELIMINAIRES

Dans le rapport d'études préliminaires, le chapitre §3.5, accompagné de l'annexe 3, analyse le contexte environnemental et réglementaire du projet.

Une synthèse des enjeux environnementaux tels que les zonages d'inventaire et de protection, la qualité des eaux, ou encore les habitats est proposée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Synthèse des études préliminaires – Volet « environnement et réglementaire »

COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT		SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DRESSÉE DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES	SOURCES DE DONNÉES CITEES DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES
Enjeux environnementaux	Milieu physique	Dans l'annexe 3, notamment consacrée à cette composante, sont successivement abordés la climatologie, la topographie, le contexte géologique, hydrogéologique, hydrographique, ainsi que la qualité des eaux. Les auteurs concluent à l'absence d'enjeu rédhibitoire pour la réalisation du projet mais rappellent qu'une attention particulière devra être portée sur la nappe alluviale, pour laquelle une vulnérabilité certaine est relevée	<ul style="list-style-type: none"> - MétéoFrance - Atlas des Paysages Aisne Sud - DREAL - BanqueHydro - PPRI-cb - DRIEE - Agence de l'Eau Seine-Normandie, DREAL Picardie
	Etat des lieux du milieu naturel	Dans le rapport, le milieu naturel aquatique n'est pas traité car les inventaires naturalistes n'avaient pas encore été réalisés.	- /
	Zones à dominantes humides	Le rapport évoque ensuite les milieux à dominante humide sur base des écrits et des cartes du SDAGE 2010-2015. Sur cette base, il incite le maître d'ouvrage à préserver les plans d'eaux qui semblent constituer les zones à dominante humide les plus proches	- SDAGE
	Milieux remarquables	Enfin, le rapport établit une liste des sites d'inventaires (ZNIEFF) et de protection contractuelle (Natura 2000) ou foncière (ENS). Il conclue en l'absence de tels zonages au droit du site de projet et que ceux présents à proximité (2,5 km pour les ZNIEFF les plus proches, 14 km pour Natura 2000) ne constituent pas une contrainte pour le projet.	- Géodomia, centre de ressources sur internet du département de l'Aisne
	Peuplement piscicoles	Pour finir le rapport évoque le classement de la rivière Aisne sur les listes 1 et 2 au droit du secteur qui inclue le barrage de VSG. Il rappelle que le projet de rénovation devra permettre la mise en conformité du barrage vis-à-vis de la circulation piscicole.	<ul style="list-style-type: none"> - Code de l'environnement - Arrêtés de classement



COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT		SYNTHESE DE L'ANALYSE DRESSEE DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES	SOURCES DE DONNEES CITEES DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES
Milieu humain	Captage AEP	Dans un premier temps les auteurs évoquent les différents champs captant ainsi que les 31 captages associés dans la boucle de l'Aisne. Ils rappellent dans un second temps certaines des dispositions réglementaires applicables aux projets envisagés dans ces espaces. Enfin, ils évoquent l'inventaire (en cours à l'époque) envisagé par le syndicat intercommunal pour établir l'état des lieux précis des captages	- Rapport de l'hydrogéologue agréé, 2004
	Patrimoine	Les éléments de patrimoine évoqués concernent les sites classés et sites inscrits pour lesquels le rapport conclue en l'absence d'impact sur ces sites inscrits ou classés et donc en l'absence de contrainte forte pour le projet.	- Code de l'urbanisme
Document contractuels dans le domaine de l'eau (PPRI)		Suite à l'analyse du PPRI-cb, approuvé en 2008, les auteurs indiquent que la zone de projet se trouve en zone rouge, pour laquelle l'ambition est de préserver la zone d'expansion des crues. Ils rappellent donc que le projet devra se conformer aux dispositions réglementaires du PPRI-CB	- PPRI-cb de VSG
Plan local d'urbanisme		Dans cette partie, le rapport mentionne le positionnement du projet en zone N du PLU et ajoute un extrait des dispositions applicables à ce titre.	- PLU de VSG
Aspects réglementaires		Pour finir, le rapport évoque une partie des dossiers réglementaires possiblement applicables au projet. Sont donc évoqués les cas de l'étude d'impact et de la loi sur l'eau. Evoquant les différents scénarios possibles, les auteurs indiquent ne pas pouvoir conclure formellement sur les aspects réglementaires	- /

5.2 ANALYSE CRITIQUE

Le rapport d'analyse remis par ARTELIA réalise un tour d'horizon des enjeux environnementaux et réglementaires génériques qu'il est possible de rencontrer sur la commune de Villeneuve-Saint-Germain. Cette analyse prend par moment la forme d'un état initial tel qu'il pourrait être attendu au titre du code de l'environnement, en reprenant certaines terminologies (milieu humain, enjeux, etc.).

Pour commencer, on notera que les références bibliographiques s'avèrent assez peu nombreuses, notamment, dans certains cas, pour des composantes essentielles pour le projet (zones humides, captage AEP, milieu naturel). La proportionnalité, mise en avant par la réglementation sur l'évaluation environnementale, semble donc peu respectée.

Par ailleurs, certaines sources sont aujourd'hui obsolètes, comme pour le SDAGE (volet 2010-2015 cité dans le rapport), la qualité de eaux (les séries retraçant le bon état écologique des masses d'eaux s'arrête en 2011) ; les captages AEP (rapport cité datant de 2004) ou les zones humides (les principes de délimitation des ZH a été révisée depuis 2017).

Ensuite, le sentiment général qui domine suite à la lecture de cette note est que les analyses manquent soit de profondeur, soit manque d'une conclusion établie à l'échelle du projet en question.

Dans le cas du patrimoine, si les sites classés et inscrits sont bien mentionnés, les zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA), les sites patrimoniaux remarquables (SPR de Soissons – servitudes AC4), les monuments historiques et leurs abords (ex. Château de Villeneuve) ne sont pas évoqués. Certains de ces éléments de patrimoine ou leurs zonages s'étendent pourtant à moins d'un kilomètre du barrage.

Dans le cas des inventaires floristique ou faunistique, aucune précision n'est apportée : étendue de la zone de prospection, groupes visés, méthodologie envisagée... Les résultats ne sont pas non plus évoqués puisque non disponibles lors de la rédaction du rapport.

Dans le cas des risques, si le PPRI-CB est bien évoqué, le rapport n'a pas pu prendre en compte les modifications qui ont eu lieu en 2015 (pour rectification d'erreur matérielle). En outre, il se focalise uniquement sur la commune de VSG et omet Bucy-le-Long. Plus important, le rapport ne mentionne pas les risques technologiques. Pourtant, il existe :

- sur la commune de VSG,
 - 1 entreprise SEVESO seuil haut : KUEHNE+NAGEL (env. 1,5 km au sud) ;
 - 3 installations classées manipulant des substances et mélanges dangereux : KUEHNE+NAGEL (déjà mentionné), AZURITE IMMOBILIER et CHEMETALL SAS (toutes deux classées non Seveso)
- sur la commune de Bucy-le-Long limitrophe :
 - 2 installations classées manipulant des substances et mélanges dangereux : CERESIA et TEREOS FRANCE (toutes deux classées non Seveso)
 - Une conduite de gaz naturel, qui termine son tracé sous la D925 (au nord immédiat de la zone de projet – env. 500m) face au site de l'usine Téréos sucre.
 -

Pour finir, on pourra regretter l'absence d'analyse de l'occupation du sol, ou du cadastre pour évoquer la propriété privée présente à moins de 50 m du site.

En conclusion : malgré un tour d'horizon des principaux enjeux, le rapport manque de profondeur, de proportionnalité et dans certains cas doit être mis à jour.

5.3 BESOINS COMPLEMENTAIRES

Considérant l'analyse du rapport d'études préliminaires réalisée dans les deux parties précédentes, nous proposons dans le tableau ci-dessous une liste des besoins d'étude et des investigations complémentaires qui paraissent nécessaires pour assurer la prise en compte de l'environnement dans l'élaboration du projet et pour assurer la complétude et la recevabilité des dossiers réglementaires.

Tableau 7 : Analyse des besoins complémentaires – Volet « environnement et réglementaire »

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET REGLEMENTAIRES	ETAT DE L'ANALYSE DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES	COMPLÉTUDE ¹
Analyse des zonages d'inventaires et de protection (ZNIEFF, site Natura 2000, etc.)	Partielle : tous les espaces connus ne semblent pas investigués	A compléter

¹ Quatre degrés de complétude peuvent être choisis : satisfaisant, optimisable, à redimensionner ou à compléter.



ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET REGLEMENTAIRES	ETAT DE L'ANALYSE DANS LES ETUDES PRELIMINAIRES	COMPLETUDE ¹
		→ A faire lors d'un cadrage réglementaire ou des demandes d'autorisation
Analyse vis-à-vis des documents cadres (SDAGE...)	Obsolète. Par exemple l'analyse du SDAGE est faite pour le volet 2010-2015	A compléter → A faire lors d'un cadrage réglementaire ou des demandes d'autorisation
Inventaire faune	Absent. Le document mentionne des inventaires pour le milieu naturel aquatique dont les résultats n'étaient pas encore disponibles lors de sa rédaction	A compléter → Analyser les inventaires 2015 / Réaliser de nouveaux inventaires
Inventaire habitat, flore et zones humides	Absent. L'analyse des zones humides est réalisée à une trop large échelle pour être discriminante au regard du projet	
Contexte réglementaire Code de l'environnement	Partielle, non concluant	A compléter, → Réaliser un cadrage réglementaire à jour et complet
Contexte réglementaire Code de l'urbanisme	Partielle, non concluant	
Contexte réglementaire Code du Patrimoine	Partielle, non concluant	
Préconisations réglementaires (quelles procédures lancer, sous quels délais...)	Partielle, non concluant	

6 VOLET BUDGETAIRE

6.1 SYNTHÈSE DES ÉTUDES PRÉLIMINAIRES

Les différents scénarios sont chiffrés dans l'étude préliminaire par typologie de travaux. Il est également retenue un taux d'aléa différents respectivement de 15% et 20 % pour le scénario S3a (Clapet) et S3b (BGVM)/S3c(BGE) en raison d'un plus faible retour d'expérience sur ces deux derniers ouvrages et d'une plus faible mise en concurrence des entreprise lors de l'appel d'offre.

Au global, les coûts de construction (valeur janvier 2014) des 3 scénarii selon l'adjonction d'une passerelle et le type de passe à poissons sont estimés à :

Tableau 8 : Synthèse des études préliminaires – Volet « budgétaire » : Coûts des travaux

	EP 2014		
	S3a	S3b	S3c
Frais généraux - travaux préparatoires	1 110 000 €	1 050 000 €	1 210 000 €
Démolitions et démantèlements	280 000 €	280 000 €	280 000 €
Batardeau de chantier réalisé sur 2 saisons	740 000 €	740 000 €	740 000 €
Terrassements et génie civil du barrage	1 320 000 €	1 080 000 €	1 320 000 €
Vantellerie du barrage	950 000 €	950 000 €	1 130 000 €
Batardeaux de maintenance	250 000 €	280 000 €	280 000 €
Enrochements amont et aval	420 000 €	420 000 €	420 000 €
Contrôle - commande des ouvrages	250 000 €	250 000 €	250 000 €
Local technique et finitions des abords	200 000 €	200 000 €	400 000 €
Passerelle de service	500 000 €		
Passe à poissons PFV	710 000 €	710 000 €	710 000 €
Passe à poissons RMR	760 000 €	760 000 €	760 000 €
Sous-TOTAL Barrage + PFV	6 730 000 €	5 960 000 €	6 740 000 €
Sous-TOTAL Barrage + RMR	6 780 000 €	6 010 000 €	6 790 000 €
Aléa	15%	20%	20%
TOTAL Barrage + PFV	7 739 500 €	7 152 000 €	8 088 000 €
TOTAL Barrage + RMR	7 797 000 €	7 212 000 €	8 148 000 €

Concernant les coûts de maintenance annuelle, ils sont récapitulés ci-dessous :

Tableau 9 : Synthèse des études préliminaires – Volet « budgétaire » : Coûts de maintenance annuelle

Scénario 3	S3a + PFV + Passerelle	178 000,00 €
	S3a + RMR + Passerelle	172 000,00 €
	S3b + PFV	178 000,00 €
	S3b + RMR	172 000,00 €
	S3c + PFV	186 000,00 €
	S3c + RMR	179 000,00 €



6.2 ANALYSE CRITIQUE

Le premier constat de ce chiffrage est que celui-ci est en décalage avec le retour d'expérience constaté depuis 2014 sur les technologies gonflables.

Plusieurs points méritent une attention particulière :

- La technologie BGE a été mise en place sur 29 barrages de l'Aisne et de la Meuse entre 2015 et 2020 ainsi que 2 barrages de l'Yonne en 2019 et en 2023 (en cours de réalisation) permettant de fiabiliser les coûts de construction, de constater une réelle mise en concurrence des entreprises (au nombre de 3) et de fiabiliser les coûts de maintenance.
- L'un des principaux intérêts du BGE par rapport au Clapet réside dans son coût de construction qui est réputé 5 à 10% moins onéreux sous réserve que trois principales conditions soient réunies par la configuration du site :
 - Disposer d'un élancement (rapport L/h) important du barrage permettant de diminuer le nombre de passes par rapport à une solution clapet dont la longueur de passes est souvent limitée à 17-18m (multiplication des piles et des organes de manœuvre) ;
 - Ne pas nécessiter de passerelle pour accéder aux organes de manœuvres (ce qui peut ne pas empêcher d'en prévoir une pour faciliter certaines opérations d'exploitation) ;
 - Permettre l'implantation d'un local technique au plus proche du barrage sans contrainte majeure pour le fonctionnement gravitaire du barrage (notamment absence d'écluse au droit du barrage-côté local technique, contrainte foncière, contraintes géotechniques,...).
- Le second principal intérêt du BGE par rapport au Clapet réside dans ses coûts d'exploitation et de maintenance, réputé 15 à 20% inférieurs au clapet, avec l'hypothèse d'une remise en peinture des clapets au même titre que le remplacement de la membrane des BGE soit effectué respectivement avec une fréquence de 15 à 50 ans et de 30 ans.
- La technologie BGVM a été mise en œuvre entre 2010 et 2019 par un seul fournisseur en France sur 3 barrages (Villers devant Mouzon, Auxonne et Gray) mais dispose d'une récente concurrence par l'arrivée d'un nouveau candidat sur le marché. De plus, le retour d'expérience sur le barrage d'Auxonne a montré que cette technologie pouvait être mise en concurrence avec la technologie BGE dans le cadre de la consultation des Entreprises.

Ainsi à la lecture des estimations financières des postes de travaux, et selon le niveau de détail fourni dans le cadre de l'étude préliminaire (absence des métrés), il ressort de notre analyse que :

- Les frais généraux sont correctement estimés, de l'ordre de 15% du montant des travaux ;
- Les démolitions et démantèlements semblent correctement estimés, et méritent simplement d'être mises à jour selon l'indice TP02 (+20% entre janvier 2014 et janvier 2023) ;
- Le batardeau de chantier semble correctement estimé, de l'ordre de 10% du montant des travaux. Si la proportion reste correcte, le montant final sera à réactualiser pour tenir compte de la révision des prix;
- Les terrassements et génie-civil du barrage semblent insuffisamment estimés notamment pour la solution clapet dont les superstructures (piles) et la technicité du radier engendrent souvent un cout de génie civil équivalent à supérieur à la technologie BGE (de l'ordre de 5 à 15%) malgré un radier large et des piles à parement inclinés (mais peu ferrailé). A titre de comparaison, un métré succinct des terrassements et du génie-civil du clapet amène un cout de l'ordre de 1,7M€ (valeur janvier 2023), soit une augmentation de 30% (supérieur aux 20% de revalorisation des indices). Pour le BGE, une simple réactualisation des prix semble suffisante. Pour le BGVM, l'écart avec les autres solutions paraît trop important.

- La vantellerie des barrages ne semble pas correctement estimée outre la réactualisation des prix notamment pour le Clapet dont l'indice TP13 a pris 55% entre janvier 2014 et janvier 2023. Le coût pour le BGVM semble sous-estimé et celui du BGE semble par contre surestimé. A titre de comparaison, les bouchures du barrage de Batardeau d'Auxerre (Yonne) sont ressorties à 650 k€ (valeur 2022) pour 2 passes de 17m x 2,5m. Les consultations que nous avons menées dans le cadre du PPP Aisne-Meuse avaient montré une moins-value de l'ordre de 20% par rapport aux Clapets. Aussi, nous estimons ce volet pour le BGE à environ 1,1M€ (valeur 2023).
- Le local technique est insuffisamment évalué pour le BGE, compte tenu du niveau de fondation du local et des contraintes techniques liées à son exécution (aménagement interne, puits technique en eau, stabilité, raccordement des conduites,...). Son prix est réévalué à 1M€. Afin de tenir compte du contexte en RD (interfaces avec existant, reprofilage de la berge,...), le montant a également été revalorisé pour les solutions BGVM et Clapets.
- Les autres postes nécessitent une simple réactualisation des prix.
- L'aléa peut être considéré à 20% pour les 3 technologies, vu la phase de Maîtrise d'œuvre.

Au global, les 3 scénarios sont réévalués de la façon suivante :

Tableau 10 : Analyse – Volet « budgétaire » : Coûts des travaux

	AMO 2023			Principe de réactualisation des prix
	S3a	S3b	S3c	
Frais généraux - travaux préparatoires	1 200 000 €	1 200 000 €	1 200 000 €	15% du montant total
Démolitions et démantèlements	336 000 €	336 000 €	336 000 €	+20% Indice TP02
Batardeau de chantier réalisé sur 2 saisons	1 000 000 €	1 000 000 €	1 000 000 €	15% du montant des travaux
Terrassements et génie civil du barrage	1 700 000 €	1 400 000 €	1 550 000 €	réévalué
Vantellerie du barrage	1 600 000 €	1 900 000 €	1 100 000 €	+55% Indice TP13 Clapet + réévalué
Batardeaux de maintenance	300 000 €	336 000 €	336 000 €	+20% Indice TP02
Enrochements amont et aval	504 000 €	504 000 €	504 000 €	+20% Indice TP02
Contrôle - commande des ouvrages	300 000 €	300 000 €	300 000 €	+20% Indice TP01
Local technique et finitions des abords	500 000 €	500 000 €	1 000 000 €	réévalué (contexte RD)
Passerelle de service	775 000 €			+55% Indice TP13
Passe à poissons PFV	852 000 €	852 000 €	852 000 €	+20% Indice TP02
Passe à poissons RMR	912 000 €	912 000 €	912 000 €	+20% Indice TP02
Sous-TOTAL Barrage + PFV	9 067 000 €	8 328 000 €	8 178 000 €	
Sous-TOTAL Barrage + RMR	9 127 000 €	8 388 000 €	8 238 000 €	
Aléa	20%	20%	20%	20% pour toutes les solutions
TOTAL Barrage + PFV	10 880 400 €	9 993 600 €	9 813 600 €	
TOTAL Barrage + RMR	10 952 400 €	10 065 600 €	9 885 600 €	



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