



Barrage de Villeneuve Saint-Germain

MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR LA RENOVATION DU BARRAGE

RAPPORT D'ETUDES PRELIMINAIRES

2			
1	1 ^{ère} version	19/05/2014	
Indice	MODIFICATION	DATE	VISA

EAU & ENVIRONNEMENT PARIS

21/37 rue de Stalingrad
Le Baudran - Bat B - 3^{ème} étage
94742 Arcueil cedex
Tel. : +33 01 41 24 24 56
Fax : +33 01 41 24 29 39



VNF - ARRONDISSEMENT PICARDIE

SOMMAIRE

1. GENERALITES	1
1.1. CONTEXTE	1
1.2. OBJET DU PRESENT RAPPORT	2
1.3. DOCUMENTS TECHNIQUES DE REFERENCE	2
2. ETAT DE L'EXISTANT	4
2.1. CONFIGURATION GENERALE ET SITUATION	4
2.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE	5
2.3. CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES	6
2.4. PASSES DEVERSOIR	7
2.5. PASSE PERTUIS	7
2.6. DESCRIPTION TECHNIQUE DE L'OUVRAGE	9
2.6.1. Déversoir	9
2.6.1.1. GENIE CIVIL	9
2.6.1.2. VANTELLERIE	13
2.6.2. Pertuis	14
2.6.2.1. GENIE CIVIL	14
2.6.2.2. VANTELLERIE	17
2.6.3. Équipements électriques	18
2.6.4. Exploitation	19
2.7. SYNTHESE DU DIAGNOSTIC	19
2.7.1. Pertuis	19
2.7.1.1. VANTELLERIE/EQUIPEMENTS	19
2.7.1.2. GENIE CIVIL	19
2.7.2. Déversoir	20
2.7.2.1. VANTELLERIE/EQUIPEMENTS	20
2.7.2.2. GENIE CIVIL	21
3. ANALYSE DES DONNEES DE PROJET	22
3.1. CONDITIONS PHYSIQUES	22
3.1.1. Contexte hydrologique	22
3.1.1.1. GENERALITES	22
3.1.1.2. STATION HYDROMETRIQUE DE REFERENCE	22
3.1.1.3. REGIME DE DEBITS	23
3.1.1.4. DEBITS COURANTS ET DEBITS DE CRUE	23
3.1.1.5. DEBITS D'ETIAGE	24
3.1.1.6. DEBITS CLASSES	24
3.1.2. Analyse hydraulique du site	27
3.1.2.1. NIVEAUX D'EAU	27
3.1.2.2. LOIS HAUTEURS-DEBITS	29
3.1.3. Morphologie de l'Aisne	30
3.1.4. Analyse géotechnique du site	30
3.1.4.1. LITHOLOGIE DES SOLS AU DROIT DU BARRAGE	30
3.1.4.2. PROPRIETES MECANIQUES DES SOLS	32
3.1.4.3. PERMEABILITES DES SOLS	33
3.1.4.4. HYPOTHESES GEOMECHANIQUES	34
3.1.5. Climat	34
3.1.6. Corps flottants et embâcles	34
3.1.7. Chocs de bateaux	35
3.1.8. Séisme	35
3.2. FONCTIONNALITES	35
3.2.1. Maintien des plans d'eau	35
3.2.1.1. GESTION DU PLAN D'EAU	35
3.2.1.2. CRUES	35

3.2.2.	Lignes d'eau - Navigation	35
3.2.3.	Passe à poissons	36
3.2.4.	Aspect architectural	36
3.3.	EXPLOITATION	36
3.3.1.	Disponibilités foncières	36
3.3.2.	Accès au barrage	37
3.3.2.1.	ACCES TERRESTRE	37
3.3.2.2.	ACCES PAR MOYEN NAUTIQUE	38
3.3.3.	Présence de réseaux	39
3.3.4.	Exploitation du nouveau barrage	39
3.4.	MAINTENANCE	39
3.5.	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET REGLEMENTAIRE	40
3.5.1.	Enjeux environnementaux	40
3.5.1.1.	MILIEU PHYSIQUE	40
3.5.1.2.	ETAT DES LIEUX DU MILIEU NATUREL	41
3.5.1.3.	ZONES A DOMINANTES HUMIDES	41
3.5.1.4.	MILIEUX REMARQUABLES	41
3.5.1.5.	PEUPLEMENT PISCICOLE	41
3.5.2.	Milieu humain	42
3.5.2.1.	CAPTAGE AEP	42
3.5.2.2.	PATRIMOINE	45
3.5.3.	Documents contractuels dans le domaine de l'eau	45
3.5.4.	Plan local d'urbanisme	48
3.5.5.	Aspects réglementaires	49
4.	CHOIX DES PRINCIPES TECHNIQUES ENVISAGEABLES	50
4.1.	INTRODUCTION	50
4.2.	LES OUVRAGES DE VANTELLERIE	51
4.2.1.	Vannes clapet	51
4.2.2.	Vannes segment	51
4.2.3.	Vannes wagon	52
4.2.4.	Barrage Gonflable à Volets Métalliques	53
4.2.5.	Barrages Gonflable à l'Eau	55
4.2.6.	Autres types de bouchure non retenus dans le cadre de l'étude	56
4.3.	LES ORGANES ET MECANISMES DE MANŒUVRE	57
4.3.1.	Types d'organes de Manœuvre	57
4.3.2.	Solutions envisagées	59
4.3.2.1.	CLAPETS	59
4.3.2.2.	VANNE LEVANTE	59
4.3.2.3.	VANNE SEGMENT	59
4.4.	LES BATARDEAUX DE MAINTENANCE	59
4.4.1.	Batardeau à aiguilles	59
4.4.2.	Batardeau de maintenance pour vannes à immersion limitée	61
4.4.3.	Batardeau de maintenance pour vannes presque totalement immergées	61
4.4.3.1.	BATARDEAU A POUTRE	61
4.4.3.2.	BATARDEAU FLOTTANT	61
4.4.4.	Batardeau de maintenance pour faible profondeur	61
4.5.	GENIE CIVIL DES PASSES	62
4.5.1.	Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 1	62
4.5.2.	Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 2	63
4.5.3.	Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 3	64
4.6.	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE PREALABLE DU GENIE CIVIL DES NOUVEAUX BARRAGES	65
4.6.1.	Méthodologie	65
4.6.2.	Etat actuel	66
4.6.3.	Définition et impact des principes géométriques envisageables	67
4.7.	LA PASSERELLE	70
4.8.	LA PASSE A POISSON	70
4.8.1.	Nécessité – besoins	71
4.8.2.	Implantation	71

4.8.3.	Passé à bassins successifs	71
4.8.4.	Rampe à macro-rugosités	72
4.9.	BILAN DES SOLUTIONS RETENUES	73
4.10.	CHOIX DES TECHNIQUES DE BATARDAGE ET PHASAGE DE CHANTIER	73
4.10.1.	Pour une adaptation de l'existant (relatif aux scénarios 1 et 2a et 2b)	73
4.10.2.	Pour une reconstruction du barrage (relatif aux scénarios 3a, 3b et 3c)	74
4.10.3.	Pour la construction d'une passe à poissons	75
4.10.4.	Période de réalisation	76
5.	DEFINITION DES SCENARIOS DE RESTAURATION DU BARRAGE	79
5.1.	SCENARIO 1	79
5.1.1.	Travaux relatifs au fonctionnement du barrage	80
5.1.2.	Travaux relatifs aux batardeaux de maintenance	81
5.1.3.	Travaux relatifs à la passerelle de service	81
5.1.4.	Aménagements connexes	81
5.2.	SCENARIO 2	82
5.2.1.	Scénario 2A	83
5.2.1.1.	BARRAGE – PERTUIS	83
5.2.1.2.	BARRAGE – DEVERSOIR	83
5.2.2.	Scénario 2B	83
5.2.2.1.	BARRAGE – PERTUIS	83
5.2.2.2.	BARRAGE – DEVERSOIR	83
5.2.3.	Batardeau de maintenance	84
5.2.4.	Passerelle de service	84
5.2.5.	Aménagements connexes	84
5.3.	SCENARIO 3	85
5.3.1.	Implantation du nouveau barrage	85
5.3.2.	Nombre de passes du nouveau barrage	85
5.3.3.	Système de fondation du nouveau barrage	86
5.3.4.	Radier du nouveau barrage	86
5.3.5.	Devenir de l'existant	88
5.3.6.	Protections hydrauliques	88
5.3.7.	Définition du scénario 3a : vannes clapets	89
5.3.8.	Définition du scénario 3b : BGVM	91
5.3.9.	Définition du scénario 3c : BGE	93
5.3.10.	Batardeaux de maintenance	94
5.3.11.	Passerelle de service	95
5.3.11.1.	POUR LA SOLUTION CLAPET	95
5.3.11.2.	POUR LA SOLUTION BVGM / BGE	95
5.3.12.	Aménagements connexes	95
5.3.13.	Description sommaire et phasage des travaux	96
6.	ANALYSE COMPARATIVE DES SCENARIOS	97
6.1.	ELEMENTS DE COMPARAISON FINANCIERE	97
6.1.1.	Rappel des enveloppes financières de VNF et hypothèses	97
6.1.2.	Enveloppes financières des coûts de construction	97
6.1.3.	Enveloppes financières des coûts de maintenance	101
6.1.4.	Bilan financier comparatif des solutions	104
6.2.	COMPARAISONS DES SOLUTIONS DE REHABILITATION 1, 2A ET 2B	105
6.3.	COMPARAISONS DES SOLUTIONS DE RECONSTRUCTION 3A, 3B ET 3C	106
6.3.1.	Configuration générale	106
6.3.2.	Adaptation du génie civil	106
6.3.3.	Pérennité / durée de vie du génie civil	107
6.3.4.	Pérennité / durée de vie des bouchures	107
6.3.5.	Gestion de la RN amont	107
6.3.6.	Manœuvre des bouchures en situation d'urgence	107
6.3.7.	Gestion des crues / gestion en mode dégradé	108
6.3.8.	Alimentation des systèmes de manœuvre	108
6.3.9.	Instrumentation des ouvrages	108
6.4.	AVIS SUR LE CHOIX DE REUTILISATION OU DE RECONSTRUCTION DU GENIE CIVIL	109

6.5. CONCLUSION _____ **111****Annexe 1 : Cahier de plans techniques** _____ **A****Annexe 2 : notice architecturale** _____ **B****Annexe 3 : établissement de l'état des lieux environnemental** __ **C****Annexe 4 : Etude de franchissement piscicole** _____ **D****Annexe 5 : Cadre géologique, hydrogéologique et géotechnique
du site**

FIGURES

FIG. 1.	PLAN DE SITUATION (EXTRAIT DU BERGER- LEVRAULT)	4
FIG. 2.	PLAN GENERAL DU BARRAGE	5
FIG. 3.	SCHEMA D'UN BARRAGE POIREE (NOTIONS DE NAVIGATION INTERIEURE, E. FOURREY, 1946)	5
FIG. 4.	VUE DU DEVERSOIR DEPUIS LE PERTUIS	7
FIG. 5.	EQUIPEMENTS DU PERTUIS	8
FIG. 6.	PASSERELLE DE SERVICE	8
FIG. 7.	COUPE TYPE DE LA STRUCTURE SUPPOSEE DU DEVERSOIR DE 1840	9
FIG. 8.	COUPE D'EXECUTION DU PROLONGEMENT DU DEVERSOIR EN 1968	10
FIG. 9.	COUPE DU DEVERSOIR ACTUEL	11
FIG. 10.	CULEE RIVE DROITE DU DEVERSOIR	12
FIG. 11.	PILE DE SEPARATION « PERTUIS – DEVERSOIR » - VUE DEPUIS LE DEVERSOIR	12
FIG. 12.	PILE INTERMEDIAIRE DE LA PARTIE DEVERSOIR DU BARRAGE	13
FIG. 13.	PILE INTERMEDIAIRE – COUPE (TECHSUB 2005)	13
FIG. 14.	PHOTOS DE PALIERS COURANT DES CLAPETS DU DEVERSOIR	14
FIG. 15.	COUPE D'EXECUTION DU PERTUIS LORS DE SA MECANISATION EN 1961	15
FIG. 16.	VUE DE LA PILE DU PERTUIS (DEPUIS LA CULEE RIVE DROITE)	15
FIG. 17.	VUE DE LA CULEE DU PERTUIS (DEPUIS LA PILE MAÇONNEE)	16
FIG. 18.	SCHEMA EN COUPE DE LA VANNE DE PERTUIS	17
FIG. 19.	PUPITRE DE COMMANDE	18
FIG. 20.	LOCALISATION DE LA STATION HYDROMETRIQUE DE SOISSONS	23
FIG. 21.	COURBE DES DEBITS CLASSES ANNUELS A LA STATION HYDROMETRIQUE DE SOISSONS	25
FIG. 22.	COURBES DE DEBITS CLASSES MENSUELS	26
FIG. 23.	EVOLUTION DU DEBIT MENSUEL BIENNAL, CINQUENNAL ET DECENNAL	26
FIG. 24.	COTES AVAL MESUREES A L'ECLUSE DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN EN FONCTION DU DEBIT	28
FIG. 25.	COTES AMONT MESUREES A L'ECLUSE DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN EN FONCTION DU DEBIT	28
FIG. 26.	LOI THEORIQUE D'EVOLUTION DE LA COTE D'EAU A L'AVANT DE L'ECLUSE ET A L'AVANT DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN EN FONCTION DU DEBIT	29
FIG. 27.	PROFILS GEOTECHNIQUES AU DROIT DU BARRAGE	31
FIG. 28.	CADASTRE AU DROIT DU BARRAGE	37
FIG. 29.	SCHEMA DES ACCES DU BARRAGE	38
FIG. 30.	LOCALISATION DES CAPTAGES A PROXIMITE DU BARRAGE (DREAL PICARDIE)	43
FIG. 31.	CARTE DE LOCALISATION DES PERIMETRES DE PROTECTION DES CAPTAGES	44
FIG. 32.	EXTRAIT DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATIONS ET COULEES DE BOUE – VALLEE DE L'AISE ENTRE MONTIGNY-LENGRAIN ET EVERGNICOURT – COMMUNE DE VILLENEUVE SAINT-GERMAIN, 2008	46
FIG. 33.	EXEMPLE DU BARRAGE DE SAINT-EGREVE SUR L'ISERE. VANNE SEGMENT A CLAPET DEVERSANT	52
FIG. 34.	EXEMPLE DU BARRAGE DE VILLERS SUR LA MEUSE. BGVM.	53
FIG. 35.	BARRAGE DE GRANITE REEF AUX ETATS-UNIS, BGVM	54
FIG. 36.	BARRAGE DE BAHNITZ EN ALLEMAGNE BGE	56
FIG. 37.	EXEMPLE DE TREUILS A CHAINE	58
FIG. 38.	EXEMPLE DE VERINS ELECTROMECHANIQUES	58
FIG. 39.	EXEMPLE DE BATARDEAU A AIGUILLES POUR MAINTENANCE DE CLAPET – BARRAGE JOINVILLE	60
FIG. 40.	BARRAGE DE WADRINAU EN MOSELLE	60
FIG. 41.	EVOLUTION DE LA COTE D'EAU A L'AVANT DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN EN FONCTION DU DEBIT	66
FIG. 42.	EVOLUTION THEORIQUE DES COTES D'EAU A L'AMONT ET A L'AVANT DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN (BARRAGE EFFACE) EN FONCTION DU DEBIT	67
FIG. 43.	DIFFERENCE DE DEBIT ENTRE L'ETAT PROJETE ET L'ETAT ACTUEL DU BARRAGE EN FONCTION DU NIVEAU D'EAU A L'AMONT ET POUR DIFFERENTES CONFIGURATIONS DE LARGEUR HYDRAULIQUE ET COTE DE RADIER	69
FIG. 44.	PASSE A UNE FENTE VERTICALE	71
FIG. 45.	RAMPE A MACRO-RUGOSITES (RMR), BLOCS BETON REGULIEREMENT REPARTIS	72
FIG. 46.	VUE D'ENSEMBLE DE LA BERGE AMONT RIVE DROITE DU BARRAGE	75
FIG. 47.	QUAI EN PALPLANCHES AMONT RIVE DROITE DU BARRAGE	76
FIG. 48.	DEBIT DE CHANTIER (144 M ³ /S) CONFRONTE A L'EVOLUTION DU DEBIT BIENNAL, QUINQUENNAL ET DECENNAL AU COURS DE L'ANNEE	77
FIG. 49.	DEBIT DE CHANTIER (144 M ³ /S) CONFRONTE AUX COURBES DE DEBITS CLASSES MENSUELS	77
FIG. 50.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DU SCENARIO 1 (AVEC PASSE A FENTES VERTICALES)	79
FIG. 51.	PLAN D'AMENAGEMENT DU SCENARIO 2 (AVEC RAMPE A MACRO-RUGOSITES)	82
FIG. 52.	CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU BARRAGE A CLAPETS	89
FIG. 53.	CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU BARRAGE A BGVM	92
FIG. 54.	CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU BARRAGE A BGE	93
FIG. 55.	PLANNING ENVELOPPE DES TRAVAUX POUR L'ENSEMBLE DES SCENARIOS DE RESTAURATION	96

TABLEAUX

TABL. 1 - DEBITS CARACTERISTIQUES DES CRUES DE L' AISNE A SOISSONS	24
TABL. 2 - DEBITS CARACTERISTIQUES DES BASSES EAUX DE L' AISNE A SOISSONS	24
TABL. 3 - PERMEABILITE DES SOLS – DONNEES HYDROGEOTECHNIQUE (2013)	33
TABL. 4 - SYNTHESE DES PARAMETRES GEOMECHANQUES DES SOLS DE FONDATION DU BARRAGE– DONNEES HYDROGEOTECHNIQUE (2013)	34
TABL. 5 - RAPPORT DE L'HYDROGEOLOGUE AGREE, (2004), P12.	43
TABL. 6 - RAPPORT DE L'HYDROGEOLOGUE AGREE, (2004), ANNEXE III/7.	44
TABL. 7 - ADAPTATION DU GENIE CIVIL SELON LA TECHNOLOGIE DE BOUCHURES CHOISIE	64
TABL. 8 - PRINCIPES GEOMETRIQUES ENVISAGEABLES POUR LE FUTUR BARRAGE ET IMPACTS SUR LA SECTION DEBITANTE	68
TABL. 9 - IMPACTS DES GEOMETRIES ENVISAGEABLES SUR LES NIVEAUX AMONT	70
TABL. 10 - TABLEAUX DES PRINCIPES TECHNIQUES RETENUS PAR SCENARIOS	73
TABL. 11 - DUREE D'UNE SAISON DE CHANTIER EN FONCTION DE LA PROBABILITE DE NON DEPASSEMENT DU DEBIT DE CHANTIER ET DE SA PERIODE DE RETOUR	78
TABL. 12 - ESTIMATION FINANCIERE DES POSTES DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES HORS ALEAS	98
TABL. 13 - ENVELOPPES FINANCIERES GLOBALES POUR LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES	99
TABL. 14 - NIVEAUX ET PERIODICITES DES OPERATIONS DE MAINTENANCE	102
TABL. 15 - ENVELOPPES FINANCIERES DES OPERATIONS DE MAINTENANCE	104
TABL. 16 - COMPARAISON DES SCENARIOS VIS-A-VIS DES DEMANDES DU PROGRAMME	112

1. GENERALITES

1.1. CONTEXTE

La rivière de l'Aisne est navigable sur une longueur de 58 km, à partir de CELLES-sur-AISNE extrémité aval du Canal Latéral à l'Aisne (P.K. 51,040) jusqu'à sa jonction avec la rivière d'Oise en amont de COMPIEGNE (P.K. 108,380). La navigation est rendue possible sur cette partie de rivière grâce à la présence de sept barrages d'un même type se composant chacun d'un déversoir et d'un pertuis destinés à réguler et maintenir les lignes d'eau.

A chaque bief, une écluse est placée en dérivation du barrage. De l'amont vers l'aval, ces ouvrages sont les suivants :

- Villeneuve Saint-Germain,
- Vauxrot,
- Fontenoy,
- Vic-sur-Aisne,
- Couloisy,
- Hérant,
- Carandeu.

Parmi ces 7 ouvrages, le barrage de Villeneuve Saint-germain est le seul qui a été reconstruit et automatisé. Les autres barrages sont toujours à manœuvre manuelle et seront reconstruits dans le cadre d'un projet de Partenariat Public Privé (PPP) de remplacement des barrages manuels de l'Aisne et de la Meuse.

Le barrage de Villeneuve-St-Germain, objet de la présente mission n'est pas intégré dans le projet de PPP. Néanmoins, des dysfonctionnements de manœuvre constatés depuis 2007 imposent sa restauration.

La réalisation nécessaire de travaux de restauration du pertuis a poussé VNF à lancer un programme d'étude pour envisager différents scénarios de travaux allant de la réhabilitation minimale à la reconstruction complète d'un nouveau barrage.

Au préalable de la présente étude préliminaire, VNF a fait réaliser deux diagnostics, sur le pertuis en 2008 et sur le déversoir en 2011. Ces diagnostics réalisés par les bureaux d'études BRLi ISM ont porté sur les structures de génie civil et de vantellerie, ainsi que sur l'environnement de l'ouvrage. Une inspection subaquatique a également été réalisée en 2005.

1.2. OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le présent document concerne les études préliminaires relatives à la rénovation du barrage de Villeneuve Saint Germain.

Ce rapport se compose de cinq parties :

- Présentation de l'état de l'existant,
- Analyse des données de projet,
- Présentation et analyse des principes techniques envisageables,
- Définition des scénarios de restauration,
- Une analyse comparative des scénarios de rénovation proposés.

1.3. DOCUMENTS TECHNIQUES DE REFERENCE

Les documents de référence de l'étude sont les suivants :

Données topographiques et bathymétriques :

- Commune de Villeneuve Saint Germain - Plan topographique – Dossier GE109033-36 – FIT Conseil – Agence de Gennevilliers – 20/12/2010,
- Plan de relevés bathymétriques aval en date du 21/09/2006 par S.N.Seine - DEMR-SGVE – référence RAI_063A dossier n°091M06,
- Plan de relevés bathymétriques amont en date du 22/09/2005 par S.N.Seine - DEMR-SGVE – référence RAI_063 dossier n°052P05.

Données d'inspection subaquatique :

- Visite d'ouvrages par scaphandriers – Année 2005 – Fiche signalétique de l'ouvrage,
- Barrage de Villeneuve-Saint-Germain – Vue en plan et coupes d'après inspection des 14 et 16 juin 2005 - TECH SUB – 20/10/2005.

Plans d'archive :

- Plans d'archives de l'ouvrage.

Etudes antérieures :

- Rapport d'études préliminaires provisoires à mi-parcours, ARTELIA, décembre 2012.
- Programme de restauration du barrage de Villeneuve Saint-Germain – VNF subdivision territoriale de Compiègne – 20 janvier 2012,
- Rapport de diagnostic du barrage de Villeneuve-Saint-Germain (BRLi – ISM, 2008),
- Rapport de diagnostic du barrage de Villeneuve Saint-Germain (BRLi-ISM, 2011),

Données hydrauliques et hydrologiques :

- Abaque de débit dans la passe pertuis en fonction de la position des vannes,
- Cahiers de relevé des niveaux d'eau au droit des échelles amont et aval de l'écluse pendant les mois de décembre 1993 et janvier 1994, et les années 1976, 2010 et 2011,
- Plan de prévention des risques d'inondations et coulées de boue – Vallée de l'Aisne entre Montigny-Lengrain et Evergnicourt – Secteur Aisne aval entre Montigny-Lengrain et Sermoise. Approuvé le 24 avril 2008.

Données géotechniques et hydrogéologiques :

- Carte géologique (feuille de Soissons) tirée du site Internet INFOTERRE du B.R.G.M., échelle 1 / 50 000ème,
- 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,
- Rapport d'étude géotechnique pour le reconstruction du barrage de Villeneuve-Saint-Germain, – mission G11-G12, Hydrogéotechnique, novembre 2013,

Données diverses :

- Analyses de plomb et amiante sur le revêtement anticorrosion de la passerelle du pertuis – Euro-services labo,
- Guide de l'AIPCN « Conception des barrages mobiles et des barrières anti-tempêtes »,
- Guide du chef de projet du Moniteur « Les barrages mobiles de navigation »,
- Guide des passes à poissons, CETMEF,
- Dossier piscicole, Étude environnementale du bassin de l'Aisne, Projet de Contrat de partenariat « Barrages et microcentrales », rapport définitif LPB/LPC 0608027, juillet 2007,
- Fiches thématiques de la DRIEE sur les sujets suivants : rappels techniques et réglementaires sur la reconstruction des barrages de navigation ; rappels techniques et réglementaires sur les aménagements impactant le libre écoulement des eaux ; rappels techniques et réglementaires sur les dispositifs de franchissement.

2. ETAT DE L'EXISTANT

2.1. CONFIGURATION GENERALE ET SITUATION

Le barrage de VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN est situé à l'amont de la ville de SOISSONS, au départ d'une boucle de la rivière.

Au point kilométrique 64,090, le cours de l'Aisne a été détourné sous forme de dérivation latérale longue d'un kilomètre, à l'extrémité de laquelle se trouve placée l'écluse n° 9 de VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN qui rétablit la communication avec la rivière, en rachetant une chute de 1,32 mètre. Le barrage de VILLENEUVE-SAINT-GERMAIN se situe au PK 63,500.

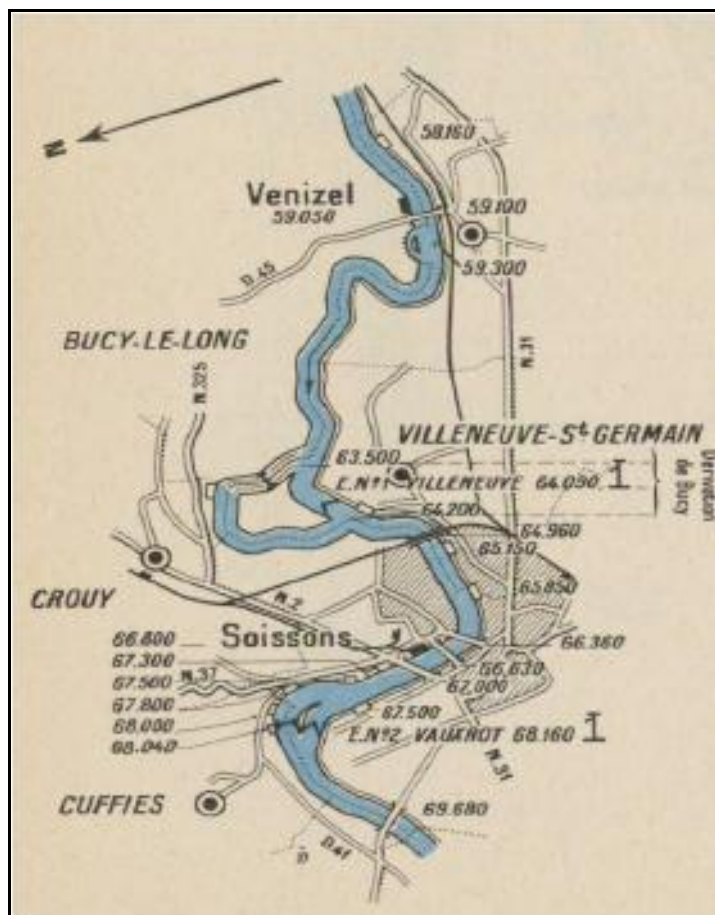


Fig. 1. Plan de situation (extrait du Berger- Levrault)

Le barrage de Villeneuve Saint-Germain est constitué d'un déversoir à deux passes en rive gauche et d'un pertuis en rive droite.

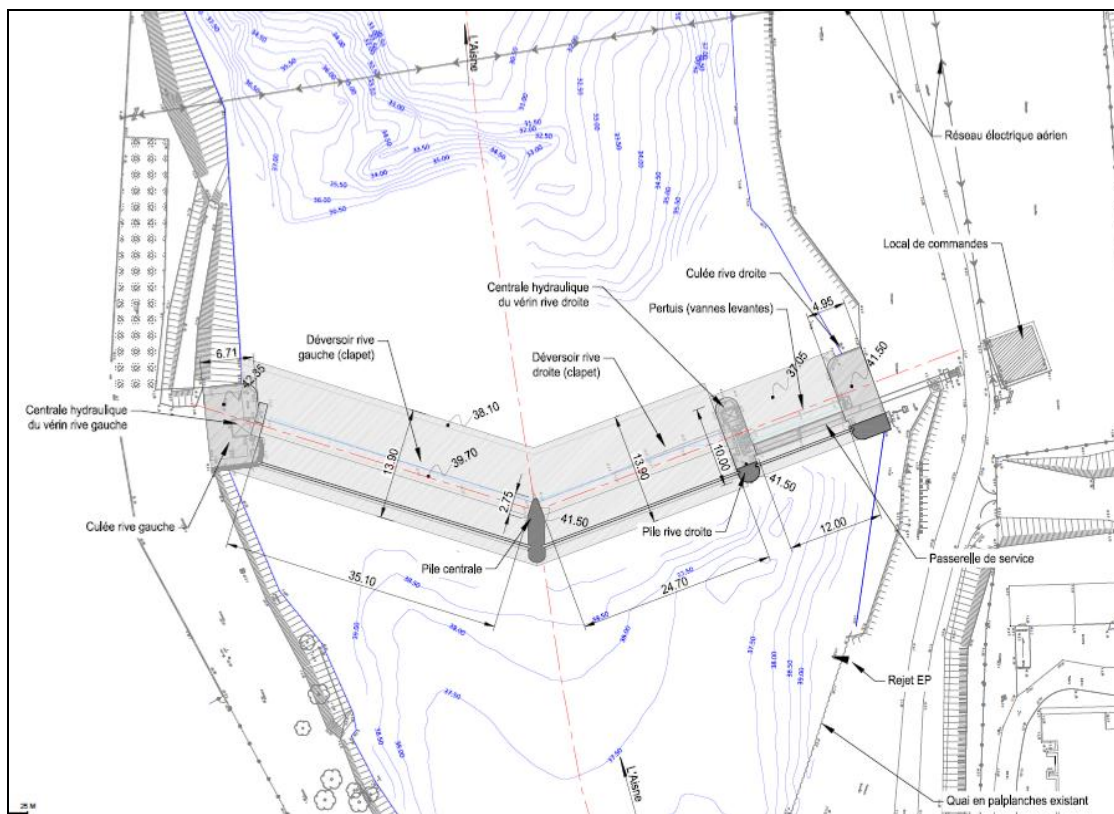


Fig. 2. Plan général du barrage

2.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE

Le barrage date de 1840. Il a été construit en pierres de taille calcaires. Il se composait à l'origine de deux passes à aiguilles du système Poirée et d'une passe profonde appelée Pertuis, à aiguille et passerelle fixe.

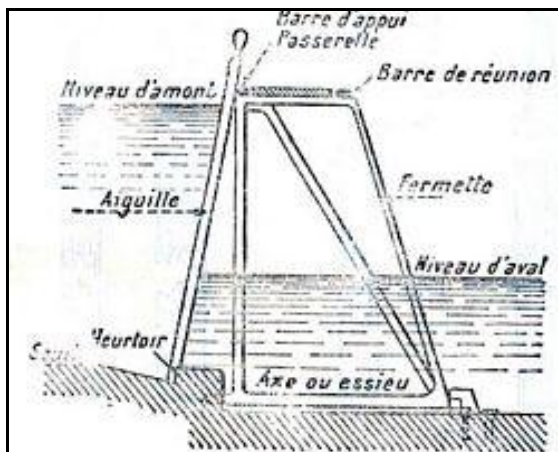


Fig. 3. Schéma d'un barrage Poirée (Notions de navigation intérieure, E. Fourrey, 1946)

Au cours de son histoire, le barrage a été modernisé en plusieurs phases :

- 1961 : installation des vannes levantes sur le pertuis, avec crémaillères et moteurs électriques,
- 1968 : Remplacement des bouchures du système Poirée des deux passes déversoir chacune par un clapet. Le clapet rive droite est manœuvré par un vérin implanté sur la pile massive séparant le déversoir du pertuis. Le vérin du clapet de la rive gauche est fixé sur la culée rive gauche. Ces clapets ont été installés en aval du logement des fermettes (1,4 m d'axe à axe). Cette rénovation a été accompagnée d'un comblement de la fosse d'affouillement aval par enrochements,
- 1978 : automatisation du barrage,
- 1987 : peinture du portique,
- 1990 : recharge d'enrochement à l'aval du barrage,
- 1992 : réparation de l'automate (changement des relais),
- 1997 : changement des deux vérins des clapets et des centrales hydrauliques, mise en peinture de l'ouvrage, isolation du poste de commande.

En 2007, la crémaillère gauche de la vanne amont du pertuis s'est rompue rendant impossible toute manœuvre. La rupture a entraîné un report de charges brutal et une déformation de la vanne. Depuis cet incident, la manœuvre de la vanne est rendue difficile malgré le remplacement des organes défectueux.

Outre le dysfonctionnement de la vanne amont du pertuis, les derniers diagnostic du barrage a mis en évidence un état de vieillissement général du génie civil, des structures et des équipements métalliques caractérisé principalement par :

- Une degré de corrosion important de l'acier des clapets du déversoir,
- Une usure et un endommagement important des articulations du seuil,
- Des érosions, déformations et affouillements des maçonneries du radier.

2.3. CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

Les caractéristiques hydrauliques suivantes sont extraites des documents de référence à disposition :

- RN amont : 40.80 m NGF,
- RN aval : 39.45 m NGF,
- Chute : 1.35 m NGF,
- PHEN : 41,49 m NGF,
- PHEC : 43,50 m NGF *,
- Débit étiage : 10 m³/s,
- Débit décennal Q₁₀ : 300 m³/s,
- Débit centennal Q₁₀₀ : 600 m³/s.

*Le niveau des plus hautes eaux connues au droit du barrage de Villeneuve Saint-Germain a été interprété sur la base des niveaux d'eau historiques reportés dans la note de présentation du PPRi de la vallée de l'Aisne Aval (approuvé le 24 avril 2008).

2.4. PASSES DEVERSOIR

- Nombre : 2,
- Type de bouchure : Deux clapets disposés en chevron,
- Hauteur utile des clapets : 1.30 m environ,
- Largeur clapet Rive Droite : 24.63 m,
- Inclinaison du clapet RD par rapport à l'axe de la rivière : 81°,
- Largeur clapet Rive Gauche : 35.10 m,
- Inclinaison du clapet RD par rapport à l'axe de la rivière : 60°,
- Côte du seuil : 39.67 m NGF.

Les clapets sont manœuvrables par vérins hydrauliques. Ils ont été installés en 1968 et automatisés en 1978. Les équipements hydrauliques de commande des clapets ont été rénovés en 1997.

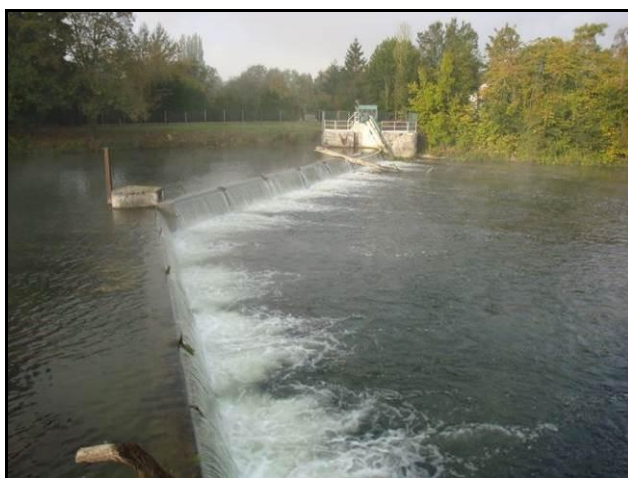


Fig. 4. Vue du déversoir depuis le pertuis

2.5. PASSE PERTUIS

- Type de bouchure : Vanne levante double corps,
- Côte du Seuil : 37.03 m NGF,
- Hauteur : 2m par partie de vanne (hauteur totale de 4 m),
- Largeur : 12 m.

Une passerelle inférieure permet la circulation d'exploitation à basses eaux au-dessus du pertuis.



Fig. 5. Equipements du pertuis

L'accès aux organes de manœuvre des vannes levantes est assuré par une passerelle de service disposée au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

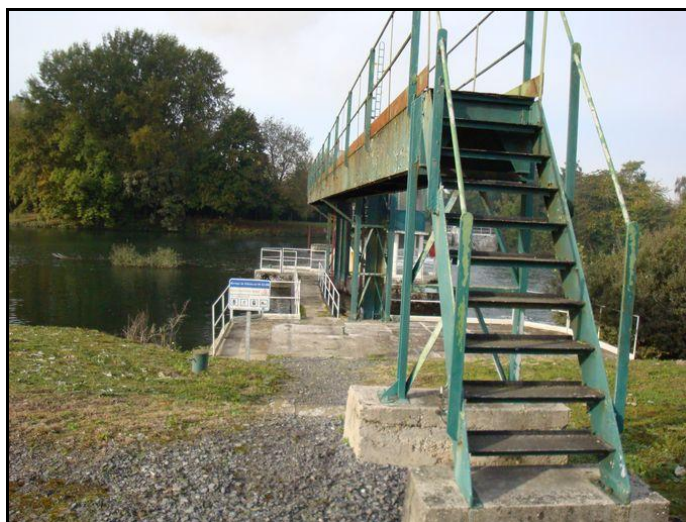


Fig. 6. Passerelle de service

L'ensemble des ouvrages du pertuis datent de 1961, et hormis la remise en peinture des vannes en 1997, aucune autre opération d'entretien n'a été menée sur le pertuis et ses équipements.

Un bâtiment de service (local de stockage et poste de commande du barrage) est présent en rive droite du pertuis.

2.6. DESCRIPTION TECHNIQUE DE L'OUVRAGE

2.6.1. Déversoir

2.6.1.1. GENIE CIVIL

Le génie civil de la partie déversoir du barrage date de 1840. Il s'agit d'un génie civil en pierres de tailles, fondés sur des blocs calcaires. En 1968, ce génie civil a été démantelé et utilisé en partie pour y reconstruire un déversoir mécanisé constitué d'un génie civil en béton armé.

Dans les deux paragraphes suivants nous présentons le génie civil de construction de ces deux époques.

2.6.1.1.1. La partie en maçonnerie datant de 1840

Le radier de 1840 a été construit sur un mode de fondation superficielle constituées de maçonneries à pierres sèche encadrées par deux rideaux de palplanches bois.

Il est constitué, d'après l'inspection de 1961, de blocs de calcaire taillés de très bonne qualité. Sa largeur est de l'ordre de 13 m. D'après les plans réalisés au moment des travaux de construction des passes à clapets, vers 1968, le radier maçonné se décompose comme suit, de l'amont vers l'aval :

- Mur de front incliné à 45° sur 1,5 m,
- Seuil amont de 3,5 m de large, niveau moyen 39,7 IGN69, comprenant en partie aval l'épaulement d'appui des aiguilles (largeur 0,25 m) suivit de la rainure de logement des fermettes. Les dimensions de cette rainure sont $b \times p = 0,9 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$. L'arête aval du seuil se situe 0,5 m en aval de la rainure : le seuil se termine sur un décroché vertical de 1,10 m de profondeur qui a probablement été réalisé lors de la mise en oeuvre des clapets,
- Vraisemblablement, coursier en pierres de tailles incliné de 10 à 20° sur l'horizontale, de longueur 6 à 7 m. Le radier s'abaisse ensuite graduellement au moyens de deux risbermes jusqu'à une côte indicative de 37,5 IGN69.

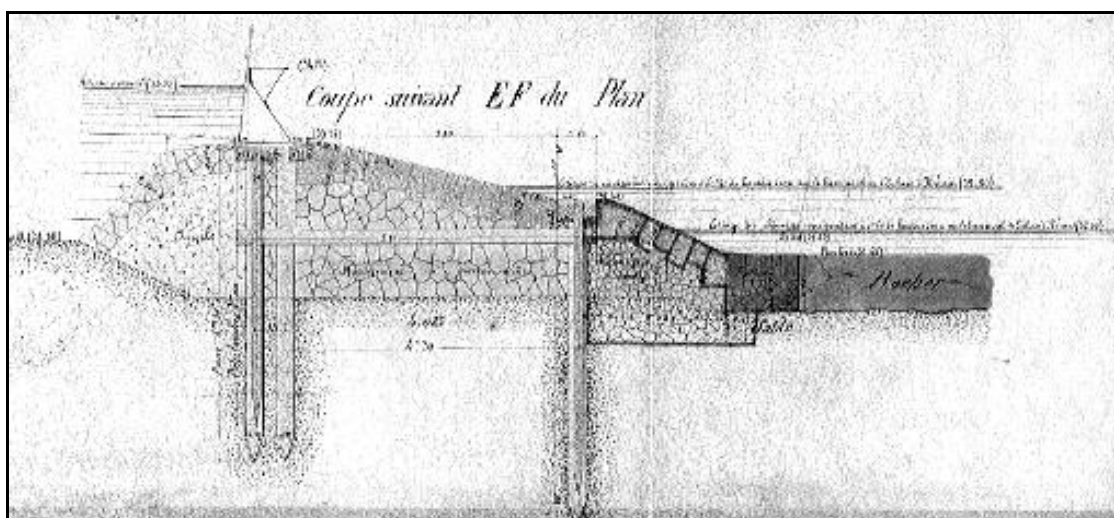


Fig. 7. Coupe type de la structure supposée du déversoir de 1840

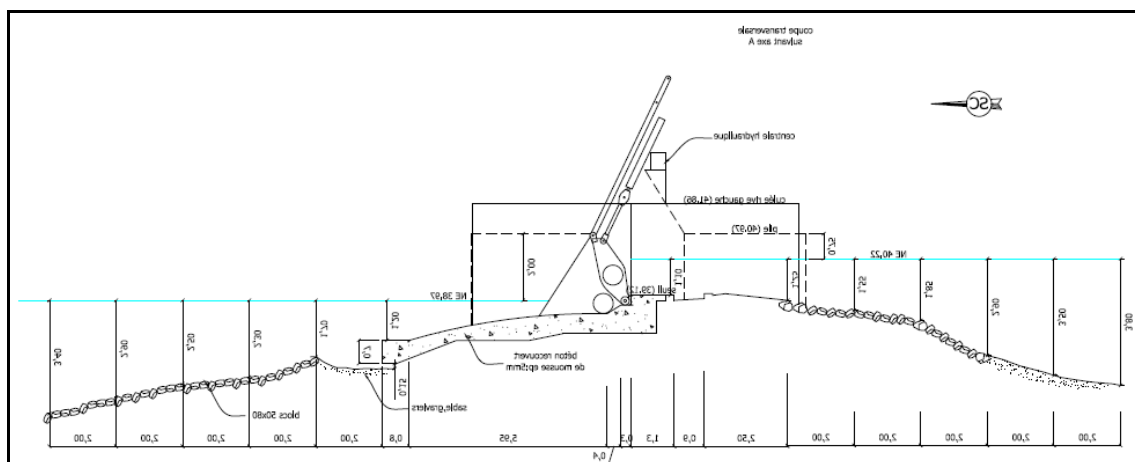


Fig. 9. Coupe du déversoir actuel

Le radier en béton armé présente une longueur de 8 m et se décompose comme suit, de l'amont vers l'aval :

- Massif d'épaisseur 1,2 m sur 0,7 m. Ce massif est situé à l'amont des clapets installés en 1968. Il s'arrête à l'aval sur la poutre métallique (I de hauteur 300 mm) qui supporte le joint d'étanchéité. Niveau face supérieure : ~39,7 IGN 69,
- Massif d'ancrage des paliers de clapets sur 0,8 m. Ce béton a vraisemblablement été coulé en 2ème phase,
- Coursier de forme arrondie, convexe, de pente descendante vers l'aval, sur environ 6m. L'épaisseur est variable. Elle se situe entre 0,3 et 0,9 m. Le niveau s'abaisse régulièrement de l'amont vers l'aval : Il varie de 39,1 IGN69 près des paliers de clapets à 38,1 IGN69 en extrémité aval,
- Bande plate en extrémité aval de 0,8 m. Cette bande comporte des dents de dissipation de l'énergie de la chute : Il s'agit de plots de dimensions $b \times l(\text{selon sens du courant}) \times h = 0,5\text{m} \times 0,4\text{m} \times 0,2\text{m}$ disposés tous les 1 m.

Ont été construit également en 1968, les ouvrages suivants :

- Un massif en béton armé de support du vérin du clapet rive gauche contre la culée existante rive gauche,
- Une pile en béton armé afin de séparer le déversoir en deux sections,
- Un massif en béton armé de support du vérin du clapet rive droite contre la pile du pertuis existant.

Les massifs supports de vérins ont une base rectangulaire de dimensions approximatives 5,1 m (selon le sens amont - aval) x 1 m. Leur hauteur depuis la face supérieure du radier maçonné du déversoir est de l'ordre de 5,4 m. Le parement aval est incliné de 30° par rapport à la verticale. Le parement amont est vertical pour sa moitié inférieure et incliné de 30° par rapport à la verticale pour sa moitié supérieure. La face supérieure, sur laquelle est scellé le châssis support de vérin, est en angle droit par rapport au parement aval. Son inclinaison est ainsi de 30° par rapport à l'horizontale.



Fig. 10. Culée rive droite du déversoir

Les massifs sont ancrés dans les maçonneries des massifs de pile/culée existants au moyens de 2 files de barres verticales Ø16 espacement 200 mm. Disposées en quinconce. Toutes les surfaces coffrées comportent par ailleurs des armatures de peau. Il s'agit de barres Ø10 ou Ø12 espacées de 250 à 300 mm, disposées selon les deux directions.



Fig. 11. Pile de séparation « pertuis – déversoir » - vue depuis le déversoir

La pile entre clapets a la forme d'un triangle isocèle de base 2,08 m (situé du côté amont) et de hauteur (selon le sens du courant) 2,72 m. Les angles sont en arrondis de rayon 0,3 m et la base en arrondi de rayon 3,2m. Elle est à deux niveaux : le niveau principal de 41,49 IGN69 et un deuxième niveau à l'aval sur 0,64 m (sens du courant) de 40,91 IGN 69. La hauteur de la cette pile, par rapport au radier en maçonnerie à l'aval du seuil, est de 2,9 m. Les faces correspondant aux deux côtés égaux du triangle jouent le rôle de joues d'étanchéité des clapets.



Fig. 12. Pile intermédiaire de la partie déversoir du barrage

Elles sont équipées chacune d'une grille et d'un conduit d'aération de la lame d'eau. Ces conduits débouchent sur le parement vertical situé entre les deux plateformes de niveaux différents. Il n'y a aucun plan disponible sur le ferrailage de cette pile.

La coupe ci-après montre les dimensions transversales de la pile ainsi que sa position par rapport à l'ancien radier.

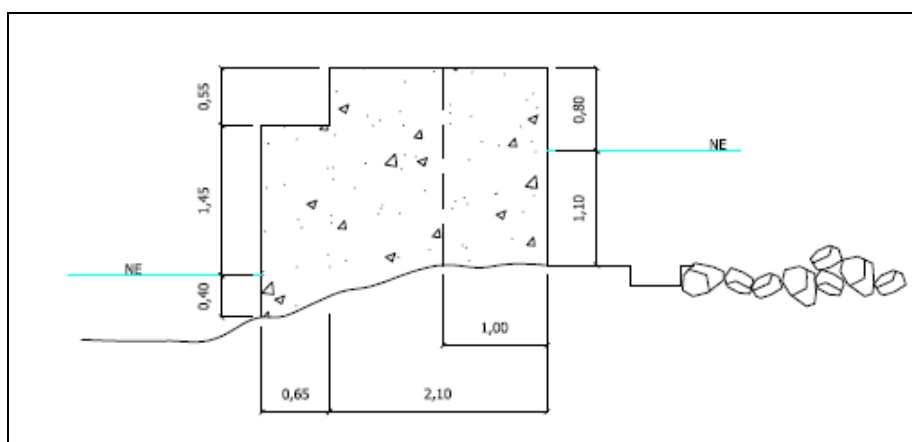


Fig. 13. Pile intermédiaire – coupe (techsub 2005)

2.6.1.2. VANTELLERIE

Le déversoir est constitué de deux clapets en acier mécanosoudés, et manœuvrés chacun par un vérin hydraulique. Les clapets sont constitués :

- En deux morceaux pour celui de rive droite,
- En trois morceaux pour celui de rive gauche.

La liaison entre éléments est réalisée par assemblage boulonné.

Les clapets sont articulés en pieds par des paliers ancrés dans le génie civil.



Fig. 14. Photos de paliers courant des clapets du déversoir

Les vérins sont montés sur des cardans dont le châssis est ancré dans le génie civil :

- Sur la culée rive gauche,
- Sur la pile rive droite adjacente au pertuis.

Chaque organe de manœuvre est équipé de capteurs de fin de course montés sur une tige de recopie de position, et d'un système de verrouillage manuel ou hydraulique. La position de chaque clapet est obtenue par le biais d'un codeur rotatif à chaîne.

Chaque actionneur (de manœuvre du clapet et de verrouillage) est alimenté par une centrale hydraulique.

2.6.2. Pertuis

D'après les éléments à notre disposition la construction du pertuis date de la même époque que celle du déversoir (1840). Le pertuis a été ensuite mécanisé en 1961.

2.6.2.1. GENIE CIVIL

Il est encadré par une pile en rivière (décrite plus bas) qui le sépare du déversoir et d'une culée en rive droite. Il repose sur un radier en maçonnerie.

2.6.2.1.1. Le radier

Il a une largeur de 11,5m (entre amont et aval). Son niveau d'arase est 37,04 IGN69. Il est constitué d'une couche supérieure en pierres de tailles d'épaisseur 0,50m environ qui reposent sur un remblai de caractéristiques inconnues et d'épaisseur 0,5m. Ce remblai repose sur un massif de 0,60m d'épaisseur courante qui semble être en gros béton.

Le radier est encadré à l'amont et à l'aval par des lignes de palplanches en bois. Les pieux de chaque ligne sont reliés en tête par un moisage en bois enrobé de béton.

Deux rideaux provisoires de batardage semblent de plus avoir été réalisés à 0,60m à l'amont de la ligne amont de pieux bois et à 0,60m à l'aval de la ligne aval de pieux bois à l'occasion de l'installation de la vanne levante. Leur cote de pied était prévue à 32,52 (soit 4m en dessous du radier) pour le rideau amont et 32,72 pour le rideau aval. Après travaux ces rideaux ont été recépés à des niveaux compris entre 10 et 30 cm au-dessus du radier.

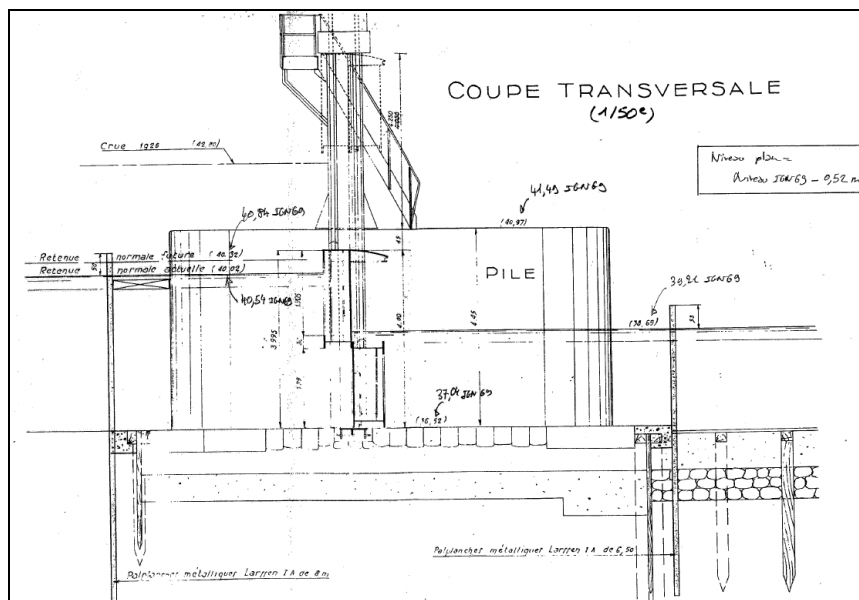


Fig. 15. Coupe d'exécution du pertuis lors de sa mécanisation en 1961

2.6.2.1.2. La pile du pertuis

La pile est surmontée d'un massif en béton armé de section en plan 3m x 1,10m et de hauteur 2,5 m environ. Ce massif est situé en bordure RG de la pile. Il supporte le système de commande du clapet de 24 m.



Fig. 16. Vue de la pile du pertuis (depuis la culée rive droite)

Elle comporte également une cabine de commande à ossature métallique construite sur une dalle en béton de dimensions indicatives 2,5m (direction RG – RD) x 4m (direction amont – aval) x 0,15m (épaisseur). La cote d'arase de cette dalle est d'environ 43,90 IGN69. Elle repose sur 4 poteaux en béton Ø200.

Les équipements visibles de la pile sont :

- Le vérin du clapet et son support métallique (Côté RG),
- La double rainure de guidage de la vanne (coté RD),
- Le poteau du portique de la vanne (Côté RD),
- L'escalier d'accès à la passerelle du portique de la vanne (le long du massif béton),
- Des garde-corps métalliques chevillés sur toute la périphérie du massif,
- Un bollard en partie amont,
- Un support de bouée en partie aval (présence de bouée à contrôlée).

2.6.2.1.3. La culée rive droite

La culée est un massif en maçonneries de longueur 10 m (selon le sens du courant), de largeur 2m (tout au moins pour ce qui est de la partie supérieure visible) et de hauteur identique à la pile en rivière, à savoir 4,45m (niveau d'arase : 41,51 IGN69). Le massif est complété par deux murs en retour, arasés au même niveau, qui entrent dans la berge : 1 mur de dimensions en plan 3m x 1m à l'amont et 1 mur de dimensions en plan 2,5m x 1m à l'aval. L'espace délimité par le massif de culée et ses deux murs en retour est remblayé et recouvert de pavés jointoyés au mortier de ciment sur ses 2/3 aval et d'une chape en béton sur son 1/3 amont.



Fig. 17. Vue de la culée du pertuis (depuis la pile maçonnée)

Il n'y a pas de protection de berge visible à l'amont immédiat de la culée. Une dizaine de mètres en amont, la berge est maintenue par un rideau de palplanches. A l'aval, la berge est protégée par un perré maçonné de pente 1/1.

Les équipements visibles de la pile sont :

- La double rainure de guidage de la vanne (coté pertuis),
- Le poteau du portique de la vanne (Coté pertuis),
- Des garde-corps métalliques chevillés sur les 3 côtés de la culée,
- Un puits en béton équipé d'une sonde de niveau d'eau. Ce puits est situé hors de la culée, à l'angle aval de celle-ci. Cette sonde est utilisée pour le fonctionnement automatique des clapets du barrage.

2.6.2.2. VANTELLERIE

La passe pertuis date de 1961. Elle est constituée de deux vannes levantes indépendantes manœuvrées par des crics à crémaillères. La vanne aval inférieure reste en général au fond de la passe et une vanne amont supérieure, équipée d'une casquette métallique, sert à réguler. En cas de crue, les deux vannes sont alors relevées.

Le schéma ci-dessous montre une coupe de la structure des vannes vue depuis la rive droite.

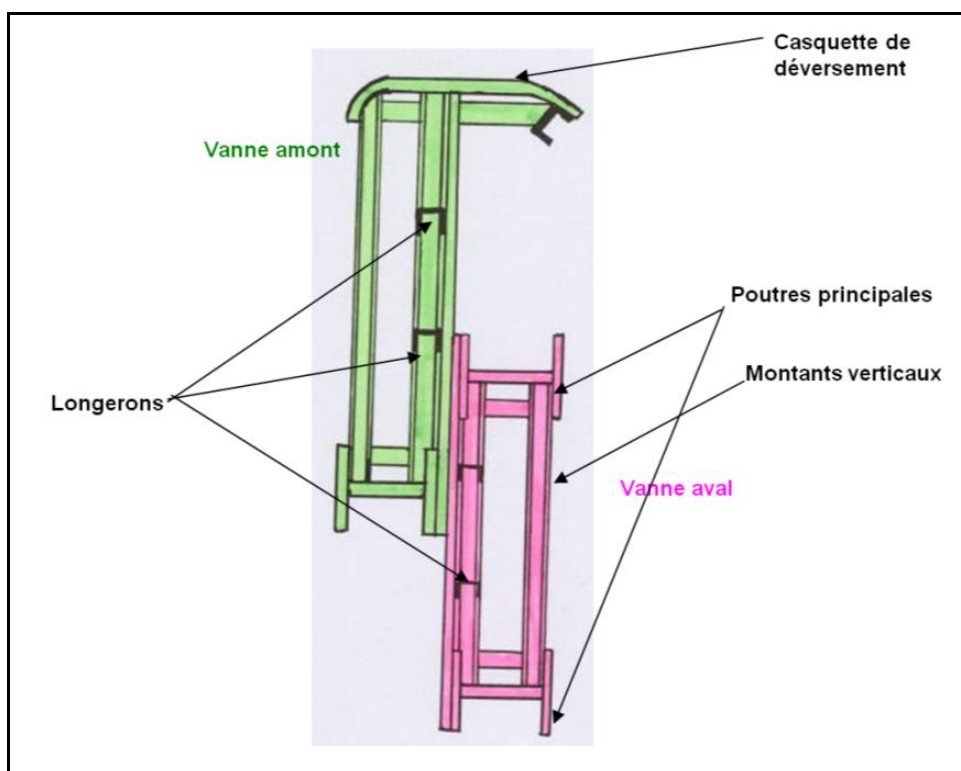


Fig. 18. Schéma en coupe de la vanne de pertuis

Les vannes sont toutes deux constituées d'une tôle de bordé raidie par des renforts. Des profilés en C sont disposés de manière horizontale et une structure en treillis soudé raidit l'ensemble de manière verticale.

Lors des manœuvres les vannes coulissent dans des pièces fixes ancrées dans les bajoyers verticaux.

Les vannes sont manœuvrées par un système à crics-crémaillères et actionnées par deux moteurs électriques 5 CV.

La structure porteuse des vannes de la passe pertuis est constituée de deux poutres en I juxtaposées sur lesquelles sont installés les crics et les moteurs.

Une passerelle est présente à hauteur des piles pour accéder en rive gauche de la passe. Le sol de cette passerelle est en béton.

Lorsque l'on se trouve sur la pile en rive gauche de la passe, un escalier métallique permet d'accéder à la passerelle des crics ou au poste de commande par un palier intermédiaire.

La passerelle d'accès aux crics (passerelle supérieure) se prolonge en rive droite et se termine sur un autre escalier métallique de même type que celui se trouvant sur la pile. Cet escalier redescend directement sur la berge en face du poste de commande des clapets.

2.6.3. Équipements électriques

Une cabine de commande est présente en rive gauche de la passe pertuis. A l'intérieur se trouve le pupitre de commande des vannes. Le pupitre est le plus simple possible (6 boutons poussoirs).



Fig. 19. Pupitre de commande

Le local comprend l'ensemble des armoires électriques.

2.6.4. Exploitation

L'exploitation de l'ouvrage est assurée par la subdivision de Compiègne et la maintenance par la subdivision de Saint-Quentin. Le pertuis est manœuvré en moyenne 3 à 4 fois par an lors de périodes de crues (débits de l'ordre de 200 à 300 m³/s).

Un graissage du pertuis a lieu une fois par an.

Le débit de la rivière est relevé chaque jour et inscrit sur le cahier de gestion des barrages.

Les points de mesure pour le barrage (déversoir et pertuis) sont :

- pour les hauteurs : l'échelle hydrométrique de l'écluse de Villeneuve St-Germain
- pour les débits : la position des clapets sur cadran à aiguilles pour le déversoir et la position des vannes sur plan pour le pertuis

2.7. SYNTHESE DU DIAGNOSTIC

Un résumé de la synthèse de diagnostic réalisé par BRLi et des préconisations de travaux est présenté dans les paragraphes suivants.

2.7.1. Pertuis

2.7.1.1. VANTELLERIE/EQUIPEMENTS

Les vannes présentent une forte dégradation et perte de matière. Le remplacement par une nouvelle bouchure est préconisé.

Une forte usure et détérioration des organes de manœuvre nécessite une reprise complète de la chaîne cinématique des ensembles cric-crémaillère-motorisation.

La structure de la passerelle porteuse des organes de manœuvre est saine. La protection contre la corrosion est à reprendre intégralement.

2.7.1.2. GENIE CIVIL

Radier aval du pertuis :

- Une forte érosion des pierres du radier a été observée sur les 2/3 aval du radier. Sur le 1/3 amont, près de la vanne, il y a moins de défauts d'érosion mais ils sont plus marqués,
- Une saignée, de profondeur atteignant 8 à 10 cm, chemine tout le long de la pile. Cette saignée est à colmater. En effet la fondation de la pile pourrait être attaquée à terme,
- La longrine béton qui faisait la jonction entre le radier en maçonneries et le rideau para fouille aval en palplanches métalliques a disparue sur 3 m environ en milieu de passe. Cette longrine est à reconstituer rapidement.

Culée de rive gauche :

- Le parement en maçonnerie est fortement dégradé localement : Une pierre est manquante sur l'arrondi amont et une pierre est très érodée à l'aval du massif de support de vérin, juste au-dessus de la ligne d'eau,
- Il semble qu'il y ait un début d'affouillement à l'aval (cavité de 30 cm de profondeur).

Pile du pertuis :

- Eclat sur la joue d'étanchéité du clapet. Fuite importante. La réparation de ce défaut est urgente.

Les massifs de culée et de pile paraissent globalement sains.

Parmi les défauts localisés, un seul affecte le bon fonctionnement de la vanne. Il s'agit du bloc de béton éclaté en pied de portique.

D'autres défauts sont en évolution et vont menacer à plus ou moins long terme l'intégrité des massifs

- Trou dans le parement RG du massif de pile,
- Disjointoiement vertical dans le parement amont du massif de pile,
- Epaufrure sur l'arrête inférieure côté RD de la dalle du local commande.

Creusement de la partie aval du parement côté pertuis de la culée.

2.7.2. Déversoir

2.7.2.1. VANTELLERIE/EQUIPEMENTS

Les clapets et organes de manœuvres sont dans des états similaires.

La situation similaire pour les 2 clapets :

- La structure est rouillée sur son quart supérieur. La corrosion est généralisée avec perte d'épaisseur pouvant atteindre 3 mm. Les $\frac{3}{4}$ inférieurs sont encore protégés par la peinture,
- Articulations de seuil : usure jusqu'à 5 mm des paliers, en particulier sur le clapet RG. Toutes les plaquettes d'arrêt sont présentes mais une est tournée et d'autres endommagées ainsi que les axes,
- La partie inférieure de l'aiguille 2 du clapet rive gauche montre une déformation inquiétante,
- L'étanchéité est globalement bonne, même si nous avons pu constater en particulier sur le clapet rive gauche,
- Les vérins sont en bon état, et ne présentent pas de fuite. Leur support et en particulier à l'interface avec le béton est assez corrodé. Les ancrages intérieurs sont très corrodés.

Les centrales hydrauliques sont fonctionnelles et ne présentent pas de fuite. Les flexibles sont craquelés et les raccords rouillés.

La passerelle est corrodée superficiellement.

Les capteurs sont fonctionnels mais ont fait l'objet de nombreuses modifications sur site et sans remise en peinture. Le contrôle commande est ancien mais fonctionnel.

L'ensemble des clapets donne une impression de vétusté normale pour un ouvrage de cet âge. Pour autant, il est fonctionnel et ne présente pas de risque en exploitation à l'exception des points suivants :

- Perte d'épaisseur de structure,
- Voilement aiguille N°2 RG,
- Usure articulation,
- Vieillessement des flexibles,
- Ancrages corrodés.

2.7.2.2. GENIE CIVIL

Les radiers des clapets ont un aspect extrêmement irrégulier. Ces irrégularités favorisent les phénomènes d'érosion et de corrosion des armatures que l'on retrouve partout sur le radier.

L'aspect des autres parties d'ouvrage est généralement bon. Qu'elles soient en maçonneries ou en béton armé, elles comportent néanmoins des petits défauts tels qu'épaufrures, érosion, joints dégarnis pour les maçonneries, et fissures, écailles, épaufrures, fers apparents pour le béton armé.

Ces défauts nécessiteront des réparations à court terme.

D'autres défauts, plus importants, ont été relevés. Nous les rappelons ci-après :

Radier du clapet RG

- Plusieurs dents de dissipation d'énergie sont cassées.

Radier du clapet RD

- Le premier palier courant du clapet à partir de la pile du puits est mal calé (mortier de calage dégarni - défaut n°26). Ceci s'ajoute au défaut du 2^{ème} palier suivant (axe incliné – défaut n° 27). Il y a peut-être un problème de détérioration avancée des articulations du clapet,
- Les affouillements détectés par l'équipe TECH SUB en 2005 sous la partie aval du radier, près de la pile du puits, se sont accentués. Les affouillements ont maintenant une profondeur qui atteint 1 m (Défaut n°25). Ce problème doit être traité très rapidement,
- Il y a toute une bande érodée de 1 m de large, avec ferrailage apparent, 5 m en aval de l'axe du clapet. Le monolithisme du radier pourrait être menacé à terme.

Il est à souligner qu'une fosse d'affouillement (assez profonde) est en formation à environ 20 mètres en aval du barrage.

3. ANALYSE DES DONNEES DE PROJET

3.1. CONDITIONS PHYSIQUES

3.1.1. Contexte hydrologique

3.1.1.1. GENERALITES

L'Aisne est une rivière du nord de la France, de 355.9 km de long, traversant les trois régions Champagne-Ardenne, Picardie et Lorraine ainsi que les cinq départements Aisne, Ardennes, Marne, Meuse et Oise. C'est un affluent de l'Oise et donc un sous-affluent de la Seine.

Le bassin versant de l'Aisne constitue un sous bassin versant de l'Oise, sa superficie totale est de 7 940 km². L'Aisne draine un bassin versant d'environ 7 350 km² au droit du barrage de Villeneuve-Saint-Germain. Au droit du secteur d'étude, la pente moyenne de l'Aisne est de l'ordre de 0,1 ‰, la largeur du lit mineur est d'environ 50 m et celle du fond de vallée d'environ 2,5 km.

3.1.1.2. STATION HYDROMETRIQUE DE REFERENCE

Les débits au droit du barrage de Villeneuve-Saint-Germain peuvent être considérés comme équivalents à ceux de la station hydrométrique de Soissons (code H6501020), située environ 5 km en aval de ce dernier.

Cette station, contrôlant un bassin versant de 7 350 km², est gérée par la DREAL Picardie. Elle est en service depuis 1999, la chronique des débits ne porte donc que sur 14 années.

La figure suivante illustre la localisation de la station hydrométrique de Soissons par rapport au barrage de Villeneuve Saint-Germain.

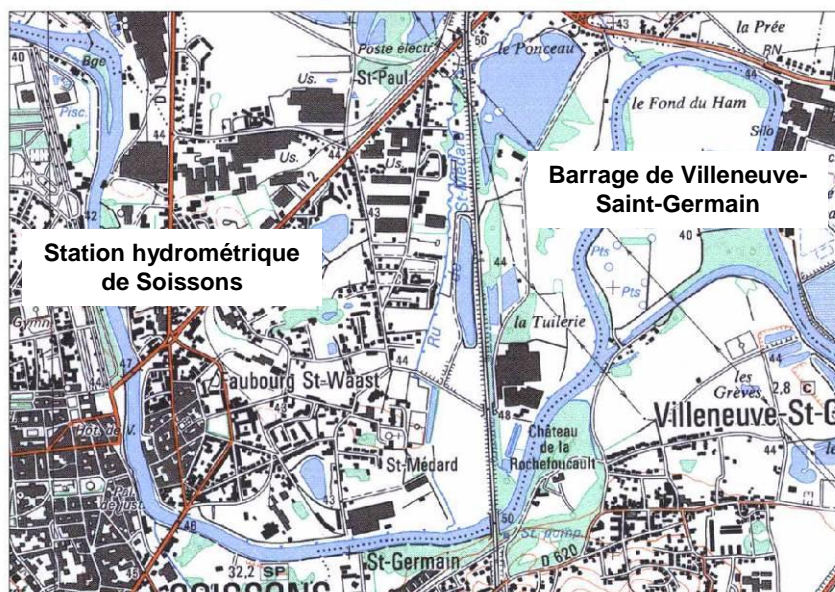


Fig. 20. Localisation de la station hydrométrique de Soissons

Le débit de l'Aisne a été observé durant une période de 42 ans (1961-2002), à Trosly-Breuil, localité du département de l'Oise située un peu en amont de Rethondes. Le bassin versant de la rivière y est de 7 940 km², soit la totalité de celui-ci.

Le module de la rivière à Trosly-Breuil est de 65,4 m³/s.

3.1.1.3. REGIME DE DEBITS

Le régime hydrologique de l'Aisne est de type « pluvial océanique » (caractérisé par une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux). Il se retrouve dans les bassins versants principalement alimentés par des précipitations sous forme de pluie.

Les principales caractéristiques de ce régime sont, en zone tempérée :

- Des crues hivernales et de basses eaux en été ;
- Une variabilité interannuelle importante.

La saison des hautes eaux s'étend désormais de décembre à début mai pour des débits mensuels moyens allant de 85 à 120 m³/s, avec un maximum en février. La saison des basses eaux se produit de juillet à octobre avec un minimum de 24 m³/s au mois d'août. Les débits moyens mensuels à Soissons variant quant à eux de 22 m³/s en septembre à 112 m³/s en janvier.

3.1.1.4. DEBITS COURANTS ET DEBITS DE CRUE

Les débits caractéristiques de crues mesurés à la station hydrométrique de Soissons ont été recueillis par interrogation de la Banque HYDRO. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tabl. 1 - Débits caractéristiques des crues de l'Aisne à Soissons

Période de retour	Débit instantané (m ³ /s)
Module	61
2 ans	210
5 ans	270
10 ans	310
20 ans	350

Le pré-dimensionnement du nouveau barrage de Villeneuve-Saint-Germain nécessite la connaissance des débits capables du lit mineur de l'Aisne.

D'après le rapport HEN 607 64 Z de BCEOM de février 2007 établi dans le cadre de l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la détermination des données hydrologiques au droit des barrages dans le cadre du projet de reconstruction des barrages des bassins de l'Aisne et de la Meuse et de leur équipement en microcentrales, « le débit "barrage effacé" du barrage de Vauxrot est de 200 m³/s environ ».

Le barrage de Vauxrot se situe 6 km en aval de celui de Villeneuve-Saint-Germain et les dimensions de ces deux derniers sont extrêmement similaires. En première approche, le barrage de Villeneuve-Saint-Germain est considéré effacé pour un débit de l'ordre de 200 m³/s.

Les cotes de haut de berges en amont sont de l'ordre de 41.5 m IGN69. D'après les niveaux levés par VNF à l'amont du barrage, cette cote d'eau correspond à un débit de l'ordre de 250 m³/s. Le lit mineur de l'Aisne admet un débit de premiers débordements de l'ordre de 250 m³/s à l'amont du barrage de Villeneuve-Saint-Germain

Au regard du module et des débits caractéristiques de crues de la station hydrométrique de Soissons, située à proximité du secteur d'étude, un débit de 250 m³/s est associé à une période de retour comprise entre 2 à 5 ans.

3.1.1.5. DEBITS D'ETIAGE

Les débits caractéristiques de basses eaux mesurés à la station hydrométrique de Soissons ont été recueillis par interrogation de la Banque HYDRO. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tabl. 2 - Débits caractéristiques des basses eaux de l'Aisne à Soissons

Période de retour	QMNA (m ³ /s)
2 ans	19
5 ans	13
10 ans	11
20 ans	9.2

3.1.1.6. DEBITS CLASSES

L'étude des débits classés consiste à analyser la probabilité d'observer dans le cours d'eau un débit inférieur à une valeur donnée. Pour tout débit au droit d'une station hydrométrique, on associe une fréquence de non dépassement.

Les ordres de grandeur obtenus pour les débits classés annuels sont les suivants :

- Débit d'étiage habituel de $15.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ($F = 0.10$, soit 36 jours par an en moyenne), pouvant toutefois chuter en dessous de $9.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($F = 0.001$, soit 4 jours par an en moyenne) ;
- Débit médian de $45.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($F = 0.50$) ;
- Débits caractéristiques de hautes eaux de $127 \text{ m}^3/\text{s}$ en fréquence 0.90 (328 jours par an en moyenne) et de $167 \text{ m}^3/\text{s}$ en fréquence 0.95 (18 jours par an en moyenne).

La figure suivante illustre la courbe des débits classés annuels à la station de Soissons.

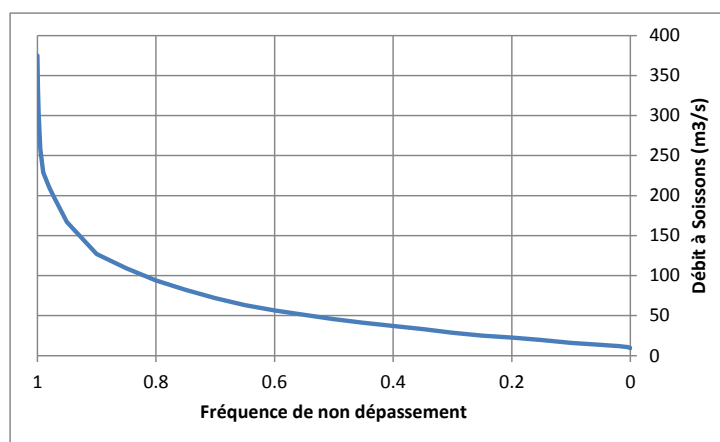


Fig. 21. Courbe des débits classés annuels à la station hydrométrique de Soissons

Les débits classés mensuels (fréquence de non-dépassement d'un certain débit pour chacun des mois de l'année) sont également issus des mesures de débits réalisées à la station de Soissons depuis 14 ans (5 168 jours entre 1999 et 2014). Ils permettront par la suite d'obtenir un ordre d'idée de la période de travaux possible et donc de la durée des travaux (nombre de saisons nécessaires).

La figure suivante illustre les courbes de débits classés mensuels : pour une fréquence de non-dépassement donnée, elles présentent l'évolution du débit correspondant à cette fréquence de non-dépassement en fonction du mois de l'année considéré.

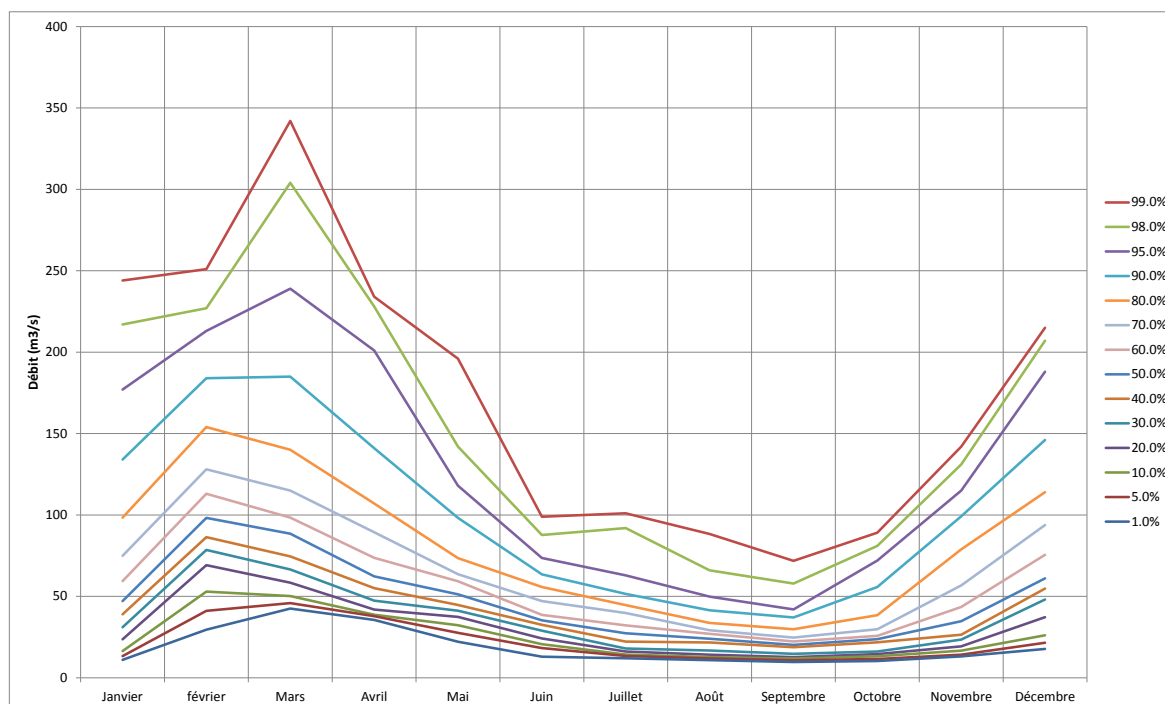


Fig. 22. Courbes de débits classés mensuels

La figure suivante illustre l'évolution du débit mensuel biennal, cinquennal et décennal en fonction du mois de l'année considéré.

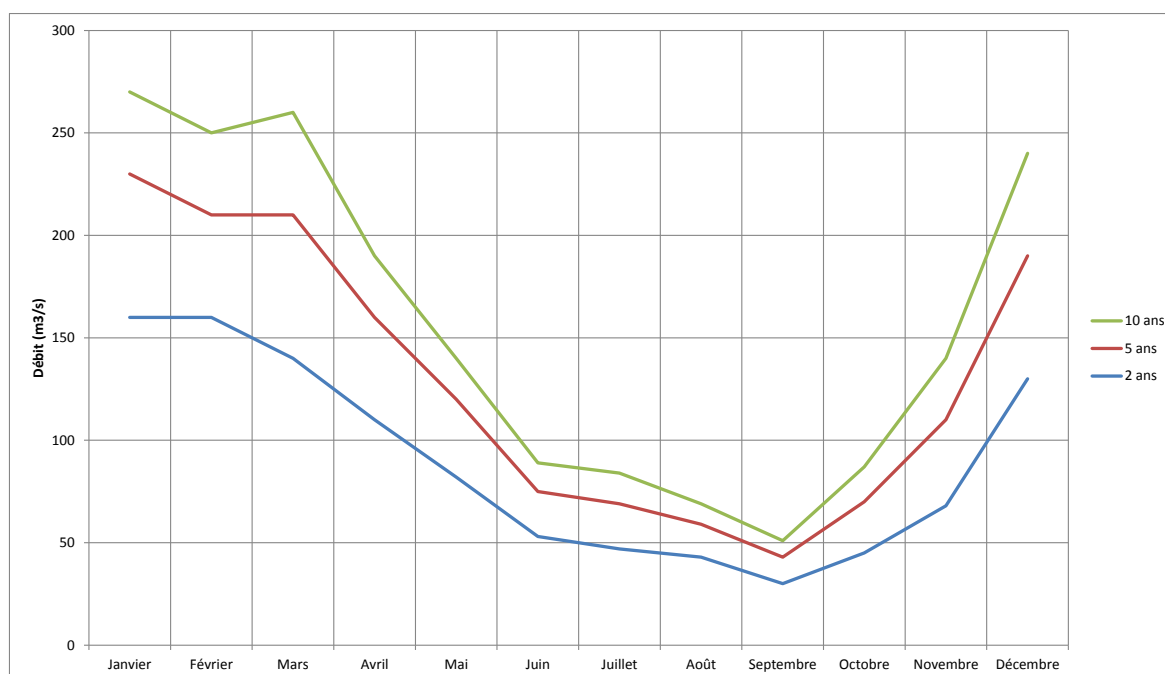


Fig. 23. Evolution du débit mensuel biennal, cinquennal et décennal

3.1.2. Analyse hydraulique du site

3.1.2.1. NIVEAUX D'EAU

L'analyse des niveaux amont et aval est basée sur les valeurs journalières fournies par VNF, exploitées pour les deux années 2010 et 2011 (janvier à décembre). Les données des années 1976 (janvier à décembre) et 1993 (décembre), 1994 (janvier) et 1995 (janvier à décembre) ont permis de vérifier la validité des résultats obtenus pour des années particulièrement sèches et humides. Il s'agit ici des niveaux amont et aval mesurés à l'écluse de Villeneuve-Saint-Germain.

L'analyse des niveaux d'eau aval démontre que ces derniers restent quasiment toujours compris entre 39.40 m IGN69 et 39.65 m IGN69 pour tous les débits dont la fréquence de non-dépassement est inférieure à 0.60-0.70, soit environ deux-tiers du temps.

Ce phénomène correspond à la tenue du bief par le barrage de Vauxrot situé environ 6 km en aval de celui de Villeneuve-Saint-Germain, avec une pente quasi nulle jusqu'à une fréquence de non-dépassement de 0.30 à 0.40, soit un tiers du temps. Au-delà, une légère pente hydraulique apparaît dans la boucle entre le barrage et la jonction avec la dérivation éclusée, qui se traduit par un léger relèvement des cotes les plus basses aux alentours de 39.50 m IGN69, mais ne modifie pas la limite haute de la plage des niveaux qui reste aux alentours de 39.65 m IGN69.

Au-delà des débits de fréquence 0.60 à 0.70, soit pendant un tiers du temps environ correspondant aux plus hautes eaux, le bief reprend une pente hydraulique et le niveau en aval du barrage de Villeneuve croît rapidement avec le débit de l'Aisne.

Le barrage de Vauxrot est actuellement un barrage manuel, dont les manœuvres ne peuvent être effectuées que par paliers, ceci explique les cotes d'eau anormalement hautes ou basses qui peuvent parfois être observées, vraisemblablement lors des phases de variations brutales de débit.

Le barrage de Vauxrot doit être reconstruit et automatisé dans le cadre du PPP Aisne-Meuse, ce qui se traduira par une régulation plus fine et régulière du niveau. Les cotes de référence futures au barrage de Vauxrot sont de 39.35 m IGN69 pour CMin et 36.65 m IGN69 pour CMax.

Il est à noter que le projet de contrat pour ce PPP mentionne que VNF pourra modifier les cotes de référence, dans une limite à fixer par les candidats, mais qui ne peut être inférieure à 0.10 m.

A ce stade de l'étude nous nous proposons de retenir une cote minimale absolue en aval du barrage de 39.30 m IGN69, soit 0.10 m en dessous de la cote expérimentale actuellement observée.

Pour les hautes eaux, la cote aval est déterminée quasi exclusivement par la pente hydraulique du bief, et ne sera donc pas modifiée par la reconstruction du barrage de Vauxrot. Etant donné que le nouveau barrage de Vauxrot n'est pas censé aggraver les capacités d'écoulement en crue, il est possible et justifié de s'affranchir de l'éventuelle modification de la RN amont de Vauxrot pour l'étude des écoulements en crue de l'Aisne.

Sur la base des données empiriques, l'ordre de grandeur des niveaux aval peut être estimé à :

- 39.80 m IGN69 pour le débit de fréquence 0.85 ;
- 39.90 m IGN69 pour le débit de fréquence 0.90 ;
- 41.10 m IGN69 pour le débit de fréquence 0.95.

Les figures suivantes présentent les cotes d'eau mesurées à l'aval et à l'amont de l'écluse de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit.

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maitrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

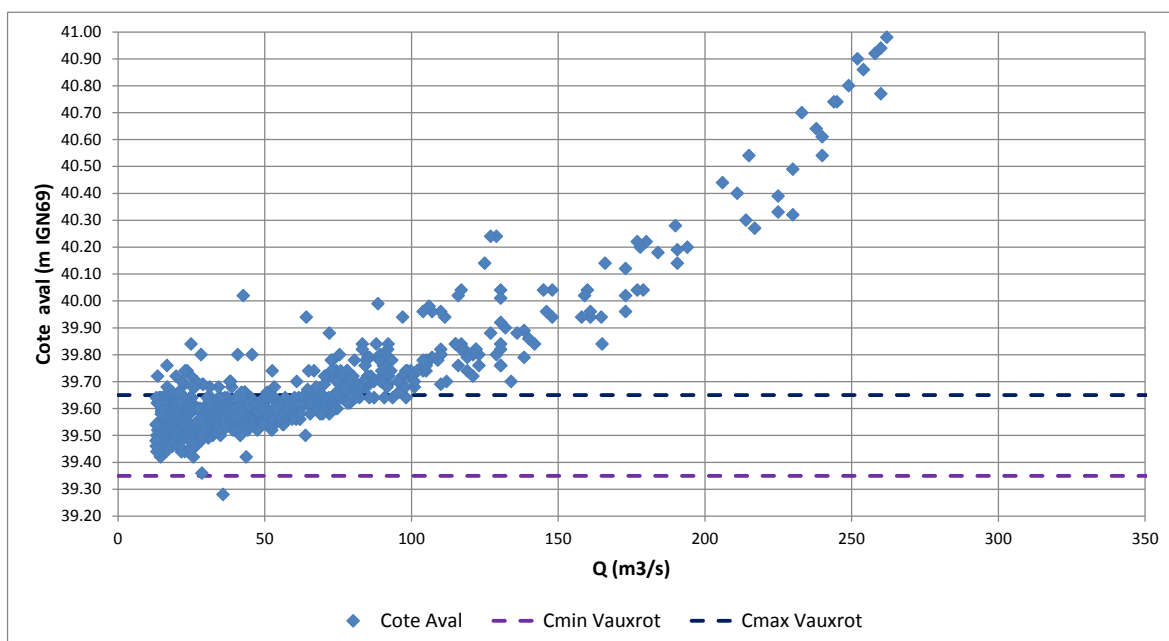


Fig. 24. Cotes aval mesurées à l'écluse du barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit

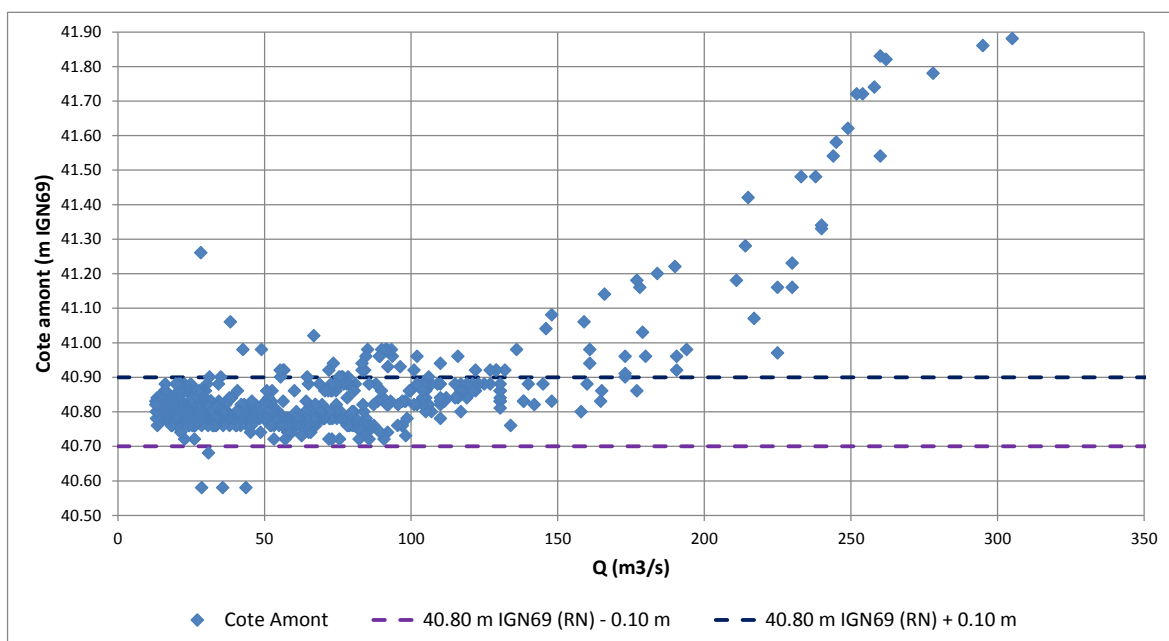


Fig. 25. Cotes amont mesurées à l'écluse du barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit

3.1.2.2. LOIS HAUTEURS-DEBITS

A partir des niveaux d'eau mesurés à l'aval de l'écluse de Villeneuve-Saint-Germain et des débits correspondant, une loi hauteurs-débits théorique a été élaborée entre le débit au barrage de Villeneuve-Saint-Germain et le niveau à l'aval immédiat de ce dernier.

L'augmentation des niveaux d'eau en aval d'un barrage en fonction du débit peut être décomposée selon deux phases distinctes :

- Pour les débits inférieurs au débit d'effacement du barrage de Vauxrot (barrage aval), on peut assimiler l'évolution du niveau d'eau aval de Villeneuve-Saint-Germain à une fonction affine (le niveau aval augmente linéairement avec le débit en $Z_{\text{aval}} = a \cdot Q + b$) ;
- Pour les débits supérieurs au débit d'effacement du barrage de Vauxrot, on peut assimiler l'évolution du niveau d'eau aval de Villeneuve-Saint-Germain à une loi de Manning simplifiée (le niveau aval augmente avec le débit en $Z_{\text{aval}} = c \cdot Q^{3/5} + d$).

Au regard des niveaux d'eau levés à l'aval de l'écluse de Villeneuve-Saint-Germain, on considère que la valeur de débit de transition entre les deux parties de la loi est de $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (inférieure à la valeur du débit d'effacement de Vauxrot).

La figure suivante illustre la loi théorique d'évolution des niveaux d'eau à l'aval au barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit comparativement à la loi théorique d'évolution des niveaux d'eau à l'aval à l'écluse du même barrage en fonction du débit.

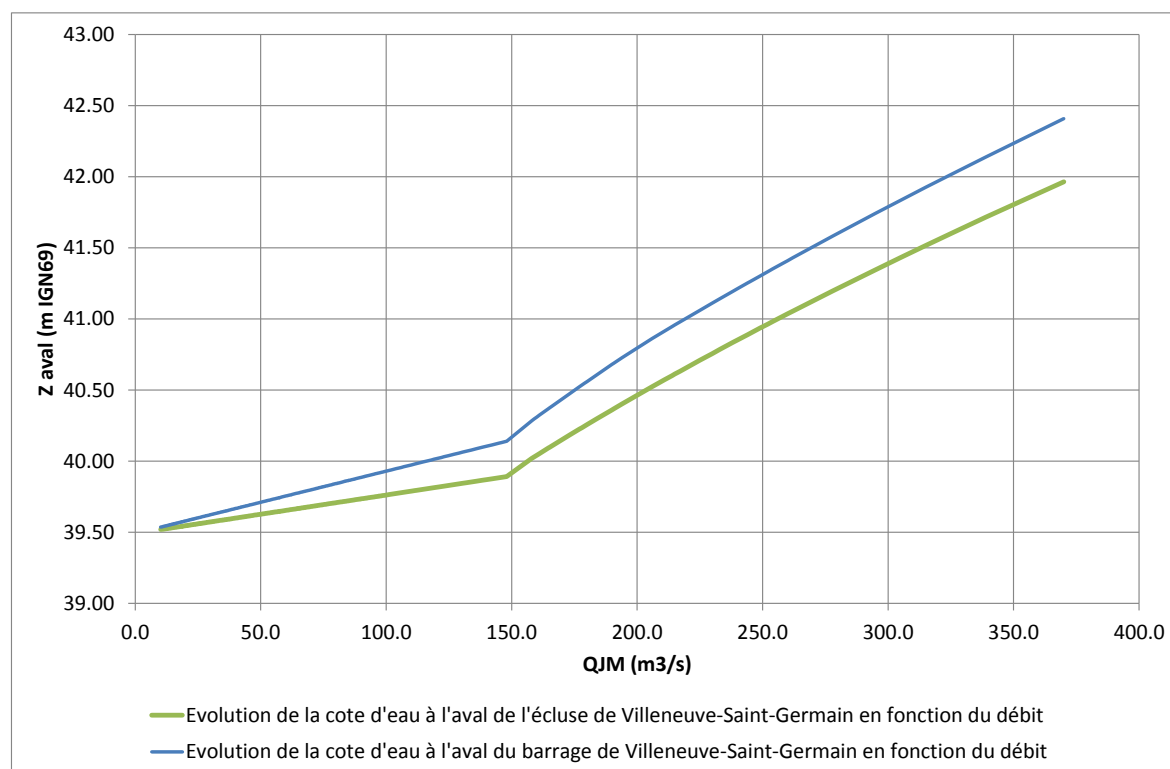


Fig. 26. Loi théorique d'évolution de la cote d'eau à l'aval de l'écluse et à l'aval du barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit

La loi théorique d'évolution des niveaux d'eau à l'aval du barrage en fonction du débit a été approchée en fonction de l'évolution de la pente du bief en fonction du débit (entre Vauxrot et Villeneuve-Saint-Germain).

La reconstruction future du barrage de Vauxrot situé 6 km en aval prévoit un rehaussement de sa retenue normale. Cette rehausse de la RN n'a pas été intégrée dans l'évaluation de la loi hauteur aval – débit ci-dessus. En effet, cette élévation de la retenue normale à l'amont du barrage de Vauxrot influencera les niveaux d'eau en aval du barrage de Villeneuve-Saint-Germain pour les débits inférieurs au débit d'effacement du barrage de Vauxrot. Pour les débits supérieurs aux débits d'effacement du barrage de Vauxrot, le rehaussement de la RN n'aura pas d'impact sur les niveaux aval au barrage de Villeneuve-Saint-Germain.

Au stage de l'étude préliminaire, le dimensionnement hydraulique et l'évaluation des impacts hydrauliques de l'aménagement projeté reposent exclusivement sur les hauts débits, la future rehausse de la RN amont du barrage de Vauxrot dans le cadre de sa reconstruction n'est donc pas prise en compte pour l'évaluation de la loi d'évolution de la hauteur d'eau aval en fonction du débit au barrage de Villeneuve-Saint-Germain.

3.1.3. Morphologie de l'Aisne

Au droit du barrage, le lit mineur de l'Aisne présente une largeur de 80 m et une cote moyenne de 38,5 m NGF.

En aval immédiat du barrage, la largeur du lit mineur rétrécit sensiblement à 65 m et le fond bathymétrique plonge jusqu'à la cote 30 m NGF matérialisant une fosse d'affouillement de 8 m de profondeur environ et s'étendant jusqu'à 150 m en aval du barrage. Au-delà, le lit mineur retrouve une section constante de largeur 65 m et de cote de fond 37 m NGF.

Jusqu'à 50 m en amont immédiat du barrage, la largeur du lit mineur se réduit significativement avant de retrouver une section constante de largeur 45 m et de cote de fond 37 m NGF.

3.1.4. Analyse géotechnique du site

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.

3.1.4.1. LITHOLOGIE DES SOLS AU DROIT DU BARRAGE

Sur la base des données issues du travail d'Hydrogéotechnique et des données collectées auprès du B.R.G.M., nous déduisons la lithologie des terrains au droit du barrage existant.

Le tableau ci-dessous répertorie la succession des couches de sol rencontrées :

Couche 0	Remblais divers : Sables, cailloutis, cailloux, blocs, argiles +/- sableuses, béton, ferraille bois
Couche 1	Alluvions modernes = limons sableux (Sables de Beauchamp dont l'observation est difficile du fait du dépôt limoneux)
Couche 2	Alluvions anciennes = sables, sables et graviers = basse terrasse (graves calcaires fines)
Couche 3	Sables fins gris, noirs ou vert parfois légèrement limoneux = Sables de Bracheux (toit du Thénatien)

Les figures suivantes illustrent le profil géotechnique au droit du barrage (profil en travers en amont immédiat et profil en long dans l'axe du barrage) à partir des couches de sol identifiées :

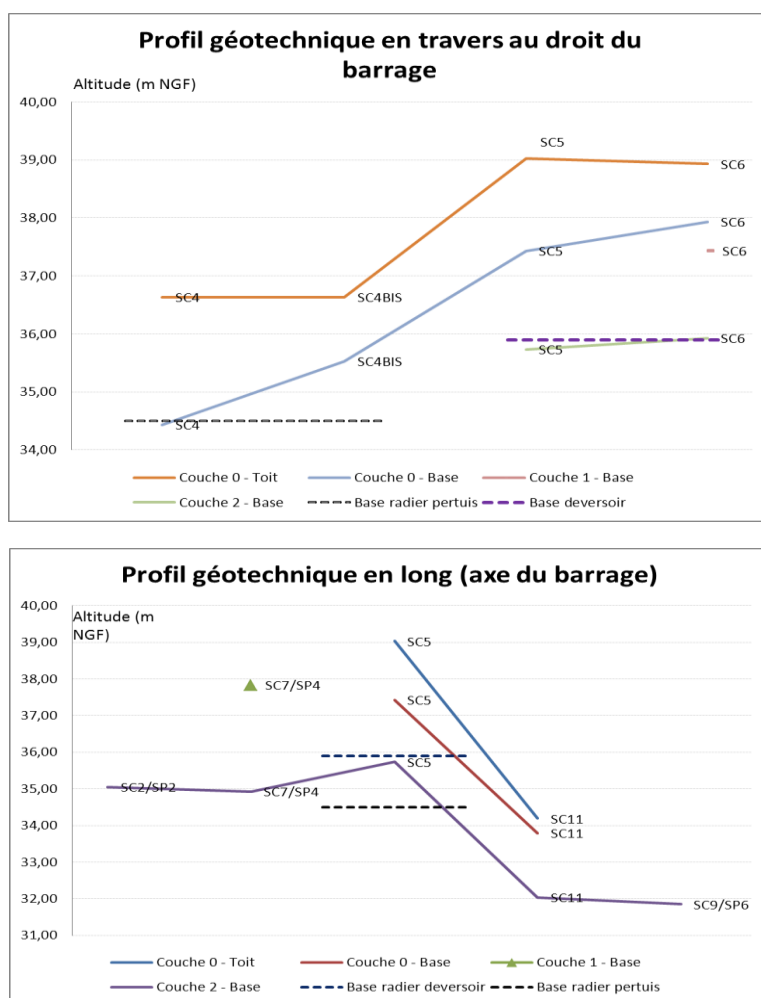


Fig. 27. Profils géotechniques au droit du barrage

Il est constaté :

- Le pendage général des couches d'amont en aval, avec un toit du Thénanien s'abaissant progressivement de 35 m NGF au droit du barrage à 32 m NGF à 150 m en aval.
- Transversalement au barrage :
 - Un niveau de remblais en amont immédiat du barrage (bloc calcaire, remblais, ferraille, etc.) supérieur d'environ 2,20 m au droit du déversoir par rapport au pertuis,
 - Un pendage descendant dans un axe rive gauche – rive droite des couches 1, 2 et 3. À titre comparatif, au droit de SC6 le toit du Thénanien (couche 3) approxime 35,9 m NGF pour 34,4 m NGF au droit de SC4).

Nous avons projeté sur ces deux profils géotechniques les cotes (approximatives) de fondation du barrage existant (d'une part au droit du pertuis et d'autre part au droit du déversoir). Nous constatons que :

- Le déversoir est fondé à la base des alluvions anciennes (couche 2),
- Le pertuis semble fondé dans la couche de sables fins gris de Bracheux (couche 3).

La qualité mécanique de ces sols est discutée ci-après.

3.1.4.2. PROPRIETES MECANIKES DES SOLS

Les résultats des essais pressiométriques sont les suivants :

Couche 0 :

- $E_M = 1,1 - 3,4 \text{ MPa}$
 $E_M \text{ moyen} = 1,9 \text{ MPa}$
- $P_I^* = 0,10 - 0,34 \text{ MPa}$
 $P_I^* \text{ moyen} = 0,18 \text{ MPa}$

Ces compacités sont jugées très faibles à modestes. Ces résultats sont cohérents avec la nature de la couche considérée (remblais remaniés). **Attention** à la présence d'éléments anthropiques détectés : bois, ferrailles, blocs de maçonnerie.

Couche 1 :

- $E_M = 2,5 - 2,8 - 3,7 - 4,0 \text{ MPa}$
 $E_M \text{ moyen} = 3,2 \text{ MPa}$
- $P_I^* = 0,25 - 0,27 - 0,41 - 0,54 \text{ MPa}$
 $P_I^* \text{ moyen} = 0,35 \text{ MPa}$

Ces compacités sont jugées modestes à moyennes.

Les résultats des couches de terrain qui nous intéressent plus particulièrement puisqu'elles sont amenées à fonder l'ouvrage (en cas de reconstruction du barrage), sont les suivantes :

Couche 2 :

Une valeur particulièrement élevée ($E_M = 55,4$ MPa) est exclue de la moyenne considérée :

- $E_M = 9,5 - 7,9 - 6,1 - 9,1 - 14,1 - 16,8 - 15,8 - 55,4$ MPa

E_M moyen = 10,6 MPa

- $P_I^* = 0,60 - 0,90 - 1,13 - 1,05 - 1,66 - 1,92 - 2,46 - 2,73$ MPa

P_I^* moyen = 1,39 MPa

Ces compacités sont jugées moyennes à bonnes.

Couche 3 :

- $5,8 \text{ MPa} < E_M < 252 \text{ MPa}$
- $0,61 \text{ MPa} < P_I^* < \text{supérieur strict à } 5 \text{ MPa}$

Ces compacités sont jugées fortes à très fortes.

3.1.4.3. PERMEABILITES DES SOLS

Les résultats des essais de perméabilité réalisés par Hydrogéotechnique en 2013 sont synthétisés dans le tableau suivant :

N° de couche	Perméabilité k (m/s)
0	10^{-2} à 10^{-8}
1	5.10^{-6} à 10^{-8}
2	10^{-3} à 10^{-5}
3	10^{-4} à 10^{-7}

Tabl. 3 - Perméabilité des sols – Données Hydrogéotechnique (2013)

Ces enveloppes de perméabilité par couche sont celles retenues par Hydrogéotechnique. Nous formulons les remarques suivantes :

- Les perméabilités (très variables) fournies pour la couche 0 n'intéressent pas le Projet (remblais terrestres),
- Globalement, la couche 2 présente le degré de perméabilité le plus élevé (comparativement aux couches 1 et 3 qui l'enveloppent), avec un rapport de perméabilité maximal de 10^5 entre les couches 1 et 2, et 10^4 entre les couches 2 et 3, en cohérence avec la nature de ces 3 horizons (éléments fins limoneux présents dans les couches 1 et 3, et non 2),
- L'aquifère des alluvions anciennes (couche 2) est systématiquement baignée par la nappe au droit de la rivière et les relations entre les aquifères 1 à 3 sont continues,
- Compte-tenu de la dénivellation ente les plans d'eau amont et aval du barrage et des relations entre aquifères explicitées ci-avant, des circulations sous les fondations du barrage existant sont très probables.

3.1.4.4. HYPOTHESES GEOMECANIQUES

Ce paragraphe fournit la synthèse des paramètres géomécaniques des sols de fondation du barrage existant (correspondant également à l'environnement du futur barrage si ce scénario est maintenu) : densité, cohésion, angle de frottement, etc., pour permettre un pré-dimensionnement raisonnable des ouvrages.

Le tableau suivant regroupe et synthétise les valeurs résultats des sondages et essais connus.

Sols	PI* [MPa]	Em [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)	25	0	28,4	16,0	20,0

**Tabl. 4 - Synthèse des paramètres géomécaniques des sols de fondation du barrage–
Données Hydrogéotechnique (2013)**

3.1.5. Climat

Pour l'ensemble des études, les critères de dimensionnement relatifs au vent et à la neige sont :

- Vent : Selon l'Eurocode 1-4, région 2. La valeur de base sur la vitesse de référence du vent est 24 m/s,
- Neige : Selon l'Eurocode 1-3, région C1. La charge caractéristique est 0.65 kN/m².

3.1.6. Corps flottants et embâcles

Le fonctionnement du barrage ne devra pas être affecté par la présence de corps flottants.

En effet, l'Aisne en crue transporte une quantité importante de flottants. Il s'agit essentiellement d'arbres de haute tige et de branchages arrachés aux berges dans le court amont du fleuve lors des premières crues hivernales. Les organes sensibles, notamment les organes de manœuvre (tiges de vérin, brimbales ou chaînes galle) seront donc protégés.

En cas d'arrêt sur l'ouvrage, il faudra pouvoir retirer les embâcles et les corps flottants.

3.1.7. Chocs de bateaux

L'effet d'un choc direct des bateaux sur le génie civil ou les équipements ne sera pas considéré. Cette hypothèse est justifiée par le fait que le futur barrage, comme le barrage existant, ne sera pas navigable. Un système de protection n'est pas demandé au programme.

3.1.8. Séisme

L'ouvrage se trouve en zone de sismicité 1 (aléa très faible). L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif aux règles de construction parasismiques précise que pour cette zone aucune exigence n'est demandée.

3.2. FONCTIONNALITES

3.2.1. Maintien des plans d'eau

3.2.1.1. GESTION DU PLAN D'EAU

Le barrage doit permettre une gestion fine du niveau du plan d'eau pour garantir de façon fiable la navigation (tirant d'eau, d'air, etc.) dans les conditions normales d'exploitation, et le fonctionnement de la passe à poissons.

Ceci implique un fonctionnement correct et adéquat des vannes ainsi que des moyens fiables et en temps réel de mesure de niveaux d'eau amont et aval.

3.2.1.2. CRUES

L'ouvrage doit être conçu de telle façon qu'il ne modifie pas l'écoulement des eaux en période de crues.

En particulier, le barrage ne doit pas élever les lignes d'eau à l'amont.

La crue maximale considérée pour le nouveau barrage est la crue centennale type. Pour des crues de période de retour supérieure, on ne cherchera pas à garantir un abaissement des lignes d'eau.

Le barrage devra pouvoir être effacé en période de crue en mode dégradé.

3.2.2. Lignes d'eau - Navigation

Les manœuvres du futur barrage seront sans incidences pour les activités nautiques et industrielles qui pourraient se dérouler sur le bief aval.

Les objectifs de gestion inscrite au programme sont :

- Maintien de la côte de 2.60m en amont du barrage (côte relevé sur l'échelle limnimétrique située en amont de l'actuel barrage),
- Plage de variation de +/- 10cm par rapport à cette valeur.

Le barrage ne sera pas navigable.

3.2.3. Passe à poissons

Le programme stipule que la présente étude préliminaire doit intégrer l'étude du rétablissement du franchissement piscicole, quelle que soit la solution de réhabilitation ou de reconstruction de l'ouvrage.

3.2.4. Aspect architectural

Se reporter à l'annexe « **Notice architecturale** » établie par le cabinet d'architecture AEI.

3.3. EXPLOITATION

3.3.1. Disponibilités foncières

Les limites parcellaires ont été extraites du site géoportail.

Au droit du barrage, les limites du domaine public fluvial se situent sensiblement au niveau des crêtes des berges, sauf au niveau de la culée gauche, où le domaine public s'étend sur une douzaine de mètres de largeur au maximum, et sur une longueur d'une trentaine de mètres de part et d'autre de la culée.

La seule autre emprise sous maitrise foncière de VNF serait a priori les parcelles 117 et 122, en rive droite du barrage. Ces parcelles sont enclavées, accessibles uniquement par la sucrerie, par laquelle le passage fait l'objet d'une servitude.



Fig. 28. Cadastre au droit du barrage

3.3.2. Accès au barrage

3.3.2.1. ACCES TERRESTRE

Les accès terrestre au barrage peuvent se faire :

- Par la rive droite via la sucrerie de Bucy-Le-Long (accès règlementé) desservie par la route départementale D925,
- Par la rive gauche via un chemin en terre accessible depuis l'écluse de Villeneuve Saint Germain franchissable par un pont à priori limité en capacité.



Fig. 29. Schéma des accès du barrage

Il apparaît que les accès terrestres (pour les travaux, l'exploitation et la maintenance) se feront prioritairement par la rive droite. En rive gauche, la probable limitation en capacité du pont de franchissement de l'écluse ainsi que la faible carrossabilité du chemin en terre conduisant au barrage rend très difficile la circulation d'engins lourds.

L'accès terrestre par la rive droite nécessitera une demande d'autorisation auprès de l'entreprise « TEREOS » exploitant la sucrerie, afin de pouvoir accéder librement au site pendant les créneaux de travail.

3.3.2.2. ACCES PAR MOYEN NAUTIQUE

En amont le tirant d'eau semble pouvoir permettre l'amenée d'une barge de travail, même si la réalisation de dragages localisés n'est pas à exclure afin de retirer les dépôts sédimentaires courants dans cette zone.

En aval, le tirant d'eau est beaucoup plus limité du fait d'un niveau d'eau moindre et de la possible présence d'enrochements protecteurs en fond de lit.

3.3.3. Présence de réseaux

Une ligne électrique aérienne franchit l'Aisne à 60 m en aval du barrage existant.

Un exutoire de rejet de réseau d'eau pluvial est présent en berge rive droite à 30 m en amont de la culée du barrage existant.

Ce réseau sera à dévier dans le cas d'une implantation des futurs ouvrages à son niveau.

3.3.4. Exploitation du nouveau barrage

L'exploitation du nouveau barrage sera entièrement automatisée. Le barrage sera piloté par un automate fonctionnant en commande locale. Les consignes de gestion seront entrées dans le programme de l'automate, ainsi que les modes de gestion des défauts et des alarmes.

Des informations de base tels que les niveaux amont et aval, les principaux signaux de défauts pourront être transmis par ligne RTC à la subdivision. La télégestion et le pilotage à distance du barrage ne sont pas prévus dans l'opération.

Cependant, le système de contrôle commande devra être conçu de manière à permettre la mise en œuvre aisée d'un système de télégestion complet dans le futur.

Le barrage devra pouvoir être effacé en période de crue en mode dégradé.

Afin de permettre la circulation des agents sur l'ouvrage, la mise en place d'une passerelle de service sera envisagée. L'ouvrage présentera une largeur minimale de 1,2 m (cf. programme des études).

3.4. MAINTENANCE

La maintenance et l'utilisation faciles d'un barrage sont le gage de sa longévité. Ainsi, ses différentes parties doivent être facilement accessibles et conçues de façon adéquate pour permettre l'inspection visuelle et un entretien de routine aisé.

A cette fin, le barrage sera muni d'une passerelle ou pont de service, si l'exploitation ou la maintenance des bouchures le demande.

Les piles et culées seront équipées de garde-corps, d'échelles et plates-formes métalliques permettant un accès piétons.

Le matériel électrique et hydraulique (centrale à huile, tubulures) sera placé au-dessus des PHEC.

Sauf anomalie décelée, une inspection détaillée est à prévoir trois ans après la mise en service de l'ouvrage, puis tous les cinq ans, avec une mise à sec tous les dix ans.

Dans le présent document les niveaux de maintenance considérés seront basés sur la circulaire X 60 -10 de décembre 94. Ils sont au nombre de 5 et peuvent être définis comme il suit :

- Le 1er niveau de maintenance qui correspond à des actions simples réalisables grâce aux équipements de l'ouvrage tel que des contrôles visuels, les opérations élémentaires de maintenance préventive, le remplacement de consommable, les interventions manuelles simples. Exemple : le contrôle de l'état des flexibles hydrauliques,
- Le 2ème niveau de maintenance qui regroupe des actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simples. C'est-à-dire, les contrôles de performance, les réglages simples, la réparation ou de l'échange standard d'éléments simples. Exemple : le changement d'un flexible hydraulique,
- Le 3ème niveau de maintenance qui est caractérisée par des opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien d'utilisation ou de mise en œuvre complexe. Il s'agit des réglages généraux, des opérations de maintenance systématique délicates qui suivent une fréquence donnée (5 ans, dix ans, etc.). Exemple : l'inspection des parties immergées nécessitant un batardage et une mise à sec,
- Le 4ème niveau de maintenance qui regroupe des opérations qui impliquent la maîtrise d'une technique ou d'une technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Elle correspond à l'ensemble des travaux important de maintenance préventive ou corrective. Exemple: le remplacement d'un organe de manœuvre d'une bouchure (vérins, chaîne Galle, etc.) défectueux,
- Le 5ème niveau maintenance qui correspond à des procédures nécessitant un savoir-faire et/ou des équipements de soutien exceptionnels. On parle ici de rénovation ou de reconstruction d'ouvrage. Exemple: changement d'une bouchure d'un barrage.

3.5. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET REGLEMENTAIRE

La présente partie a pour but de présenter le contexte environnemental dans lequel s'implante le projet afin d'appréhender les enjeux environnementaux présents aux abords du site et les contraintes éventuelles.

Cette partie est basée sur l'état des lieux présenté dans l'annexe relative à l'établissement de l'état des lieux environnemental.

3.5.1. Enjeux environnementaux

L'état des lieux du contexte environnemental fait ressortir les points suivants :

3.5.1.1. MILIEU PHYSIQUE

Ce volet vise à mettre en exergue les contraintes existantes du milieu physique par rapport au projet de rénovation du barrage de Villeneuve.

Concernant la qualité des eaux superficielles, la géologie ou encore l'hydrologie, les données recueillies (Cf. annexe relative à l'établissement de l'état des lieux environnemental) ne sont pas de nature à remettre en cause le projet.

On souligne cependant que **la nappe alluviale est vulnérable** et qu'aucune formation imperméable naturelle n'est présente pour la protéger. Située à faible profondeur, **la nappe alluviale est localement très vulnérable à toute pollution de surface** (Détermination des périmètres de protection des champs captants du Porcherai et du Fond de Ham – Expertise de l'hydrogéologue agréé, 2004).

3.5.1.2. ETAT DES LIEUX DU MILIEU NATUREL

Ce volet sera complété par les inventaires de terrain qui permettront de caractériser le milieu naturel au droit du barrage (réalisés à l'été 2014).

3.5.1.3. ZONES A DOMINANTES HUMIDES

Les zones humides à dominantes humides situées à proximité du barrage sont des plans d'eau dont le plus proche est situé en rive droite de l'Aisne à hauteur du barrage.

Les travaux veilleront à ne pas impacter cette pièce d'eau et la préserver en l'état.

3.5.1.4. MILIEUX REMARQUABLES

A proximité immédiate du site, aucun site Natura 2000, ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique), ZICO (Zone d'Importance Communautaire pour les Oiseaux) ou ENS (Espace Naturel Sensible) n'est présent.

Ces différents zonages de protection du milieu naturel ne constituent donc pas une contrainte pour le présent projet.

3.5.1.5. PEUPLEMENT PISCICOLE

Au 1^{er} janvier 2014, les anciens classements « cours d'eau réservés » pris en application de la loi sur l'énergie de 1980 et « cours d'eau classés à migrateurs » pris en application de l'article L432-6 du Code de l'Environnement sont devenus caducs.

La loi sur l'eau du 31 décembre 2006 a introduit deux nouveaux types de classements qui se substitueront à ces anciens classements en permettant d'étendre leur application à l'ensemble des ouvrages faisant obstacle à la continuité écologique et atteindre les objectifs de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau).

Les obligations applicables aux ouvrages en matière de circulation piscicole sont fixées par l'article L214-17 du Code de l'Environnement, introduit par la loi n°2006-1772 sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006.

L'article L214-17 du Code de l'Environnement et ses articles d'application R214-107 à 110 définissent ces classements par rapport aux ouvrages de la façon suivante :

- Liste 1° : Ce sont des cours d'eau sur lesquels aucun nouvel ouvrage ne peut être autorisé ou concédé s'il fait obstacle à la continuité écologique,
- Liste 2° : Ce sont des cours d'eau sur lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et/ou la circulation des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée.

Par arrêté préfectoral en date du 20 décembre 2012, les cours d'eau du bassin Artois-Picardie ont été classés dans l'une de ces deux listes ou dans les deux.

L'Aisne a été classée « *de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : l'Oise* » dans **la liste 1** (Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° du I de l'article L. 214-17 du Code de l'Environnement sur le bassin Seine-Normandie) et dans **la liste 2** (Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie).

La circulaire du 18 janvier 2013 relative à l'application des classements des cours d'eau précise les principes généraux et les modalités d'application des classements des cours d'eau prévus à l'article L214-17 du Code de l'Environnement.

Le classement en liste 1 implique l'impossibilité de construire tout nouvel obstacle écologique, quel qu'en soit l'usage. Concernant le renouvellement de la concession ou de l'autorisation des ouvrages existants, il est subordonné à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique des cours d'eau du bassin versant et d'assurer la protection des poissons migrateurs.

Le classement en liste 2 implique la mise en conformité des ouvrages existants dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté de classement et selon les prescriptions établies par l'administration.

Le projet de rénovation devra donc permettre la mise en conformité du barrage de Villeneuve-Saint-Germain vis-à-vis de la libre circulation piscicole.

3.5.2. Milieu humain

3.5.2.1. CAPTAGE AEP

Sur la commune de Villeneuve Saint Germain, au regard de l'aménagement prévu, deux champs captants doivent être considérés, tant en phase travaux qu'en phase projet. Il s'agit des champs captants du Porcherai et du Fond du Ham.

Ils comportent 31 captages concentrés dans la boucle de l'Aisne à l'écart de la zone urbanisée. Vingt puits d'une profondeur variant de 5 m à 11 m et cinq forages d'une profondeur variant entre 28,0 m et 81 m, permettent l'exploitation la nappe alluviale de l'Aisne, la nappe du Thanétien et la nappe de la Craie.

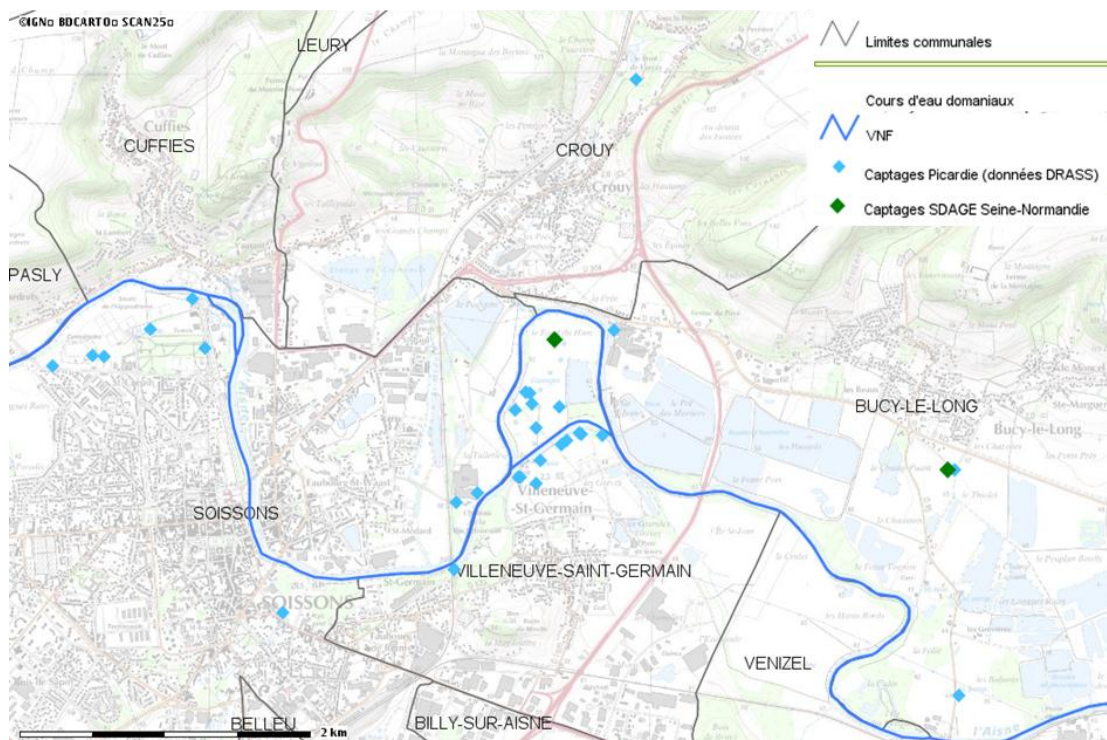


Fig. 30. Localisation des captages à proximité du barrage (DREAL Picardie)

Il n'y a pas de DUP (Déclaration d'Utilité Publique) sur ces captages mais l'expertise hydrogéologique de l'hydrogéologue agréé du département de l'Aisne (2004) délimite un périmètre de protection rapprochée et un périmètre de protection éloignée pour les deux champs captants.

Le barrage de Villeneuve entre dans le périmètre de protection rapprochée. Après lecture des dispositions générales, il apparaît qu'au sein de ce périmètre, toutes les activités sont réglementées.

- Extraits des dispositions spécifiques à la présence des captages :

Dispositions	Contraintes
Constructions	Nouvelle construction interdite, extension possible pour celles existantes avec raccordement obligatoire à l'assainissement collectif.
Voies de communications	Création interdite de nouvelles voies routières à l'intérieur du méandre de l'Aisne.

Tabl. 5 - Rapport de l'hydrogéologue agréé, (2004), p12.

- Extraits des dispositions relatives à la réglementation générale :

Disposition	Contraintes	Références	Observations
35/ TRAVAUX PROCHES DES RESEAUX AEP, DE PRELEVEMENT, STOCKAGE, DE DISTRIBUTION	Déclaration d'intention de commencement des travaux auprès du ou des exploitants des installations.	Décret 91-1147 du 14.10.1991 Arrêté ministériel du 16.11.1994	Pour nécessités publiques

Tabl. 6 - Rapport de l'hydrogéologue agréé, (2004), Annexe III/7.

Ci-dessous, la carte des périmètres de protection éloignée et rapprochée.

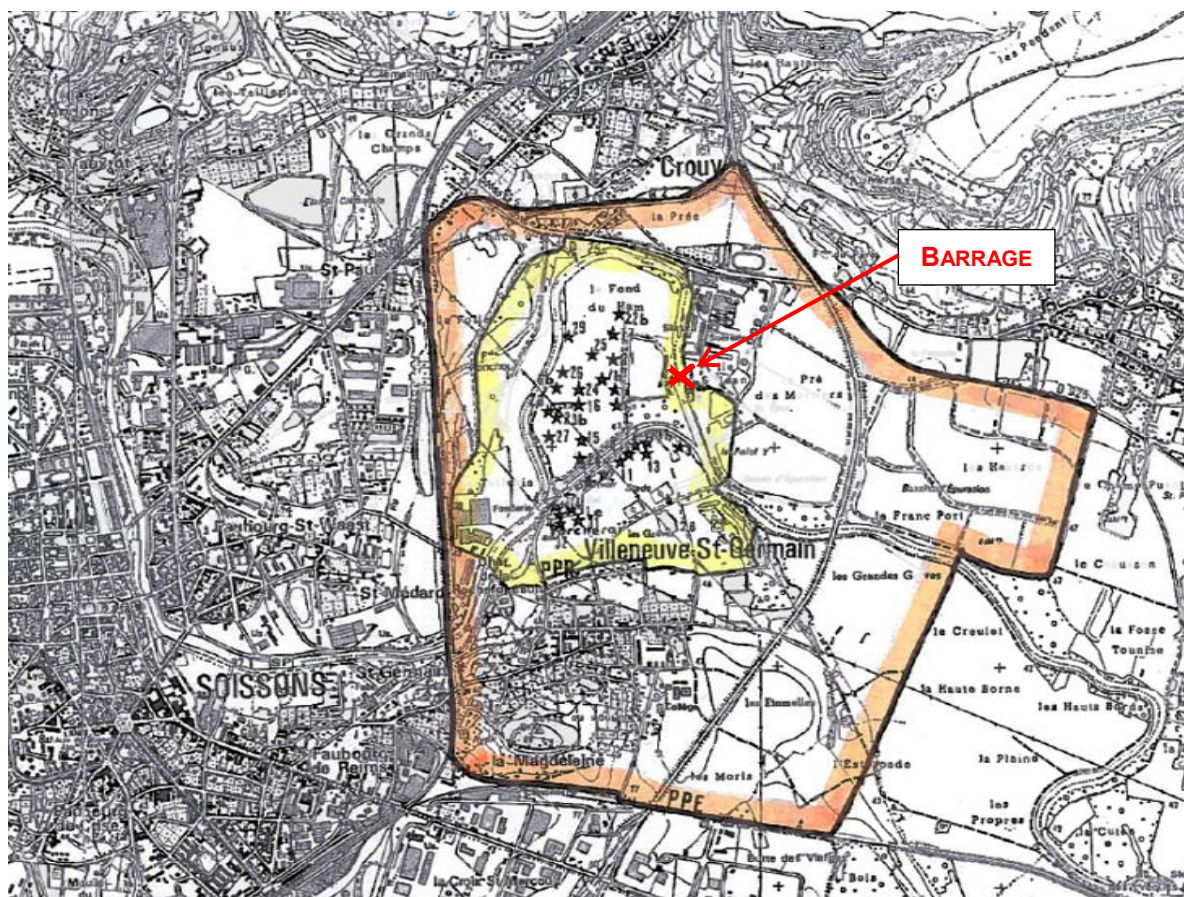


Fig. 31. Carte de localisation des périmètres de protection des captages

(expertise de l'hydrogéologue agréé – 2004)

En jaune : périmètre de protection rapprochée ; en orange : périmètre de protection éloignée

Après consultation de l'ARS, il s'avère qu'une procédure d'inventaire est en cours pour établir un état des lieux précis des captages AEP de l'agglomération de Soissons. L'étude est pilotée par le SIPRODES (Syndicat intercommunal de production et de distribution d'eau du Soissonnais). Suite à cette étude, certains captages pourraient être abandonnés, surélevés.

Sur le principe, l'ARS ne s'oppose à priori pas au projet de reconstruction totale ou partielle du barrage mais émet des réserves en cas de crue pendant les travaux. Si le niveau montait d'un mètre, il y aurait un risque de dégradation de qualité des eaux au droit des captages.

Ainsi une concertation entre VNF et SIPRODES doit être menée pour concilier les travaux du barrage avec la rénovation ou non des captages déjà présents et à proximité du site.

3.5.2.2. PATRIMOINE

Les sites classés sont des espaces encore naturels ou déjà urbanisés, dont la qualité appelle la préservation (de la destruction, de l'altération grave, de la banalisation), la conservation (l'entretien, la restauration), et la mise en valeur.

Les sites classés et inscrits constituent des servitudes d'utilités publique affectant l'utilisation du sol (articles L126-1 et R126-1 du Code de l'Urbanisme et liste des servitudes y est annexée).

Quatre sites inscrits sont observés à proximité de la zone d'étude :

- Le Château de Villeneuve, situé à 1.5 km du barrage,
- L'Ancien Château ainsi qu'une maison en face du chemin de l'église de Bucy-le-Long, situés à 2 km du barrage,
- La Ferme de la Perrière, commune de Crouy, située à 2.5 km du barrage.

Deux sites classés sont également proches du site étudié :

- La chapelle Sainte-Marguerite et l'Eglise Saint Martin à Bucy-le-Long, situés à 2 km du barrage.

Plusieurs sites inscrits et classés sont présents dans le bourg de Soissons à environ 3.5 km du barrage.

En l'état, le projet de rénovation du barrage ne devrait pas impacter les sites inscrits ou classés situés à proximité. Ils ne constituent donc pas une contrainte forte pour le projet.

3.5.3. Documents contractuels dans le domaine de l'eau

Source : PPRi-cb

Un plan de protection des risques d'inondation et de coulées de boue (PPRi-cb) a été élaboré conformément à la loi, pour répondre aux risques liés aux inondations et aux coulées de boue. Ainsi, la vallée de l'Aisne est soumise à la prescription d'un PPRi-cb, approuvé par l'arrêté préfectoral en date du 24 avril 2008.

Le PPRi-cb définit la vulnérabilité des zones inondables par rapport à une crue de référence qui est soit la crue centennale soit la crue correspondant aux plus hautes eaux connues. Le débit de la plus forte crue connue est de 478 m³/s en 1993. Le débit centennal estimé par ajustement à la loi de Gumbel est de 550 m³/s. Ainsi la crue de référence pour le PPRi-cb est la crue centennale.

La zone d'étude est comprise dans la zone inondable de l'Aisne.

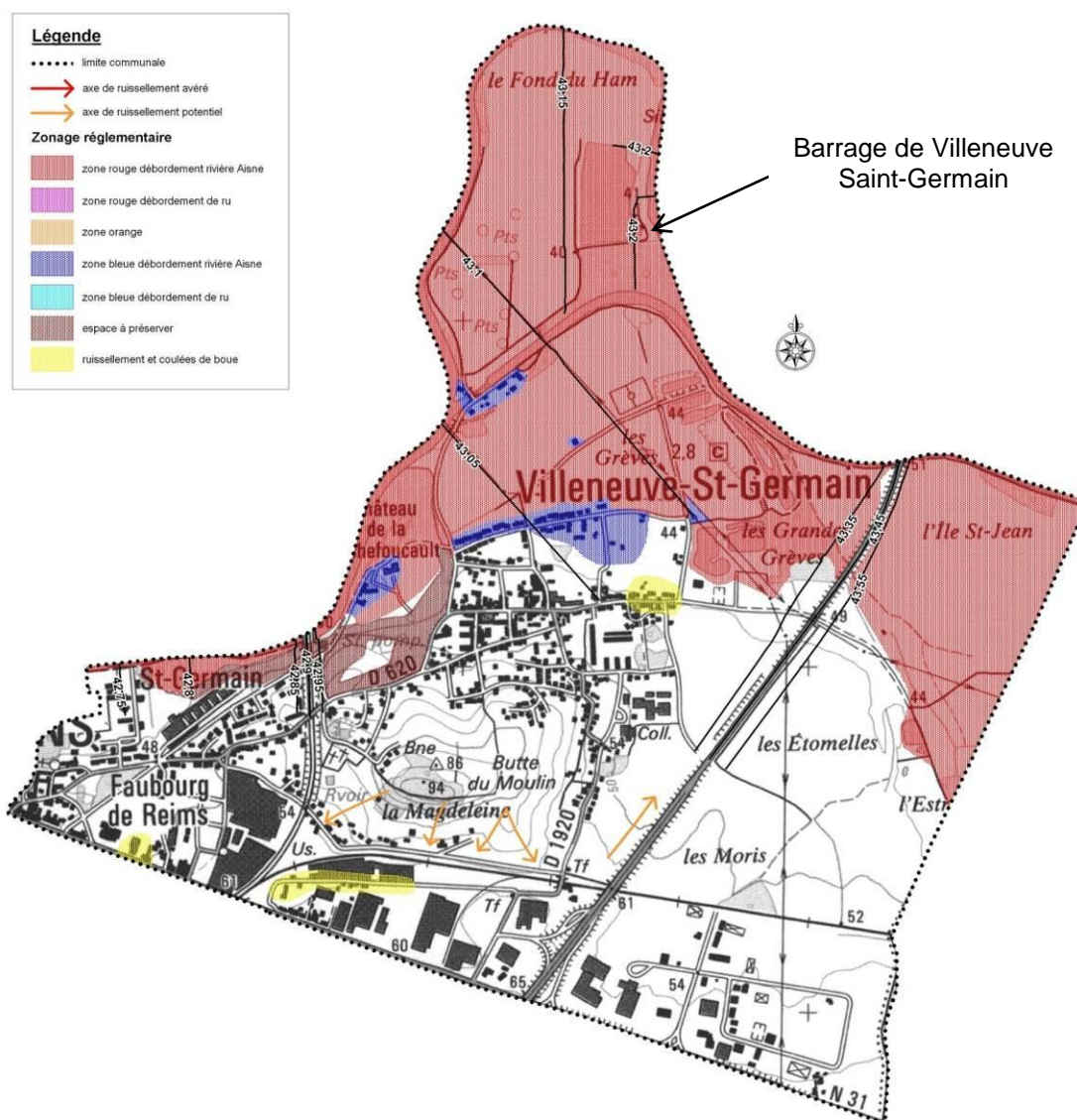


Fig. 32. Extrait du Plan de Prévention des Risques Inondations et Coulées de Boue – Vallée de l'Aisne entre Montigny-Lengrain et Evergnicourt – Commune de Villeneuve Saint-Germain, 2008

La carte, extraite du Plan de Prévention des Risques Inondation et Coulées de boues « Vallée de l'Aisne aval » indique les parties qualifiées en zone rouge. Chacune de ces zones est réglementée spécifiquement selon le niveau d'ambition des mesures de prévention à mettre en œuvre face au risque d'inondation.

Extrait du PPR Inondations et Coulées de Boues :

- Une zone « rouge » :

Elle inclut :

- Les zones les plus exposées, où les inondations (par l'Aisne ou par un ru) sont redoutables en raison de l'urbanisation et de l'intensité de leurs paramètres physiques (hauteur d'eau importante, vitesse d'écoulement importante) ;
- Les zones d'expansion des crues, quelle que soit la hauteur d'eau. Il est nécessaire de les préserver de toute urbanisation pour conserver les champs d'expansion naturelle des crues ;
- Les zones de remontées de nappe phréatique.

Objectifs:

- Préserver le champ d'expansion des crues et ne pas accroître l'exposition des personnes et des biens.
- Permettre certains travaux sur le bâti existant.

Le scénario retenu devra se conformer au règlement du PPRI-cb et plus spécifiquement aux recommandations de la zone rouge. Les aménagements proposés devront être compatibles avec le PPR.

Extrait de l'article 2.1 : Interdictions :

A l'exception des travaux ou occupations du sol visés à l'article 2.2, sont interdits :

1- Toutes nouvelles constructions soumises à permis de construire, déclaration préalable ou faisant l'objet d'un permis d'aménager au titre du code de l'urbanisme, sauf dispositions visées à l'article 2.2.

7- Les remblais, exhaussements du sol et digues quels qu'en soient la nature et le volume, à l'exception des travaux visés à l'article 2.2-10.

9- Entre le 1^{er} octobre et le 31 mai, période de risque important de crue, tout dépôt ou stockage de produits et de matériaux non polluants ou non dangereux susceptibles d'être entraînés par les eaux,

à l'exception des produits de l'exploitation forestière, de ceux liés à l'activité de la voie d'eau et du stockage du bois de chauffage des particuliers dans la limite de 20m³ et à proximité du bâti.

En cas d'annonce de crue au-delà de la cote d'alerte et quelle que soit la date de survenance, les produits et matériaux susceptibles d'être entraînés par les eaux, y compris les produits de l'exploitation forestière, seront évacués.

13- Toute clôture susceptible de modifier notablement les écoulements et de réduire les champs d'expansion des crues.

Par contre, les clôtures de type 5 fils (maximum) sans grillage, avec piquets espacés de plus de trois mètres et sans saillie de fondation, les clôtures mobiles (pouvant être retirées en cas de crue) et les murs ne faisant pas obstacle au libre écoulement de l'eau sont également autorisés.

Extrait de l'article 2.2 : Autorisations sous conditions :

2- L'aménagement et les changements d'affectation des biens et constructions existants, **les extensions** strictement nécessaires à des mises aux normes d'habitabilité ou de sécurité, les vérandas, les appentis et les abris de jardins sous les conditions suivantes :

- Ne pas aggraver les risques d'inondations et mettre en œuvre, selon la faisabilité, tous les moyens possibles visant à réduire au maximum la vulnérabilité au phénomène naturel ;
- Ne pas augmenter notablement la population exposée ;
- Toute nouvelle emprise au sol doit être strictement inférieure à 20 m² et limitée à une seule fois non renouvelable par type d'usage, à compter de la date d'approbation du PPR ;
- Toute nouvelle emprise au sol n'est autorisée que si la propriété est déjà bâtie ;
- Toute nouvelle emprise au sol ne pourra être implantée à une distance inférieure à 10 mètres des berges de la rivière, à l'exception des constructions et installations liées à la voie d'eau ;
- Ne pas augmenter les risques de nuisances ou de pollutions ;
- Ne pas créer de nouvelles installations sanitaires (évier, lavabo, toilettes, douches, ...) inondables par une crue centennale (risque de refoulement) ;
- De suivre les prescriptions de l'article 2.2-20.

11- Les **travaux** de construction ou d'aménagement d'**infrastructures de transport** (routières, ferroviaires, fluviales), et les installations nécessaires à leur fonctionnement, sous réserve que ces travaux ne conduisent pas à une augmentation des risques d'inondations en amont ou en aval (hausse de la ligne d'eau, perte de capacité de stockage), qu'ils prennent en compte les impératifs de l'écoulement des crues, et que ces travaux fassent l'objet de mesures compensatoires le cas échéant. Les ouvrages de décharge devront être dimensionnés pour une crue centennale.

14- Les **constructions ou installations liées à la voie d'eau** sous réserve de :

- Justifier de l'opportunité technique ou économique du projet ;
- Prendre toutes dispositions pour supprimer tout risque de pollution en période de crue ;
- Montrer l'impact (ou l'absence d'impact) sur l'écoulement de l'eau en période de crue et si nécessaire définir des mesures compensatoires adaptées ;
- Rétablir en totalité ou en majeure partie le volume des champs d'expansion des crues amputé par les travaux.

Pour ces constructions ou installations, le stockage de produits polluants ou dangereux (hydrocarbures, ...) est autorisé dans les mêmes conditions que pour le stockage existant définies à l'article 2.2-16.

3.5.4. Plan local d'urbanisme

Le barrage de Villeneuve Saint-Germain est situé en zone N du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune.

Le règlement du PLU stipule pour la zone du barrage que :

ARTICLE N 1 – OCCUPATIONS ET UTILISATIONS DU SOL INTERDITES

Sont interdites les occupations et utilisations du sol suivantes :

- ✓ Les constructions de toute nature hors des cas mentionnés à l'article N2 ;
- ✓ Les terrains de camping et de caravanage ;
- ✓ l'installation d'habitations légères de loisirs ;
- ✓ Les carrières hors des cas mentionnés à l'article N 2.
- ✓ Les constructions et aménagements incompatibles avec le PPRI applicable.

En dehors du secteur N₁, sont de plus interdits :

- ✓ Les terrains de camping et de caravanage ;

ARTICLE N 2 – OCCUPATIONS ET UTILISATIONS DU SOL ADMISES SOUS CONDITIONS

Sont admises les occupations et utilisations du sol suivantes, dans la mesure où la condition citée est remplie :

- ✓ les constructions et installations diverses ainsi que les affouillements ou exhaussements du sol à condition qu'ils soient nécessaires à l'exploitation de la forêt, à la mise en valeur du patrimoine naturel ou à l'éducation à l'environnement ;
- ✓ La reconstruction après sinistre des bâtiments dont la construction neuve serait interdite à condition que le rapport entre les superficies de plancher hors œuvre nouvelle et ancienne soit au plus égal à 1 ;
- ✓ Les modifications et les extensions des constructions existantes dont la construction neuve serait interdite à condition que les extensions soient limitées (de l'ordre de 20 %) et sans apport de nuisances supplémentaires pour le voisinage ;
- ✓ Les équipements publics (en particulier routiers et ferroviaires) à condition que leur nécessité technique soit dûment justifiée ;

3.5.5. Aspects réglementaires

A l'heure actuelle, la procédure règlementaire n'est pas encore définie et ne le sera définitivement qu'à l'issue du choix d'un des scénarios de travaux.

Cependant, un dossier au titre de la Loi sur l'Eau sera nécessaire quel que soit le scénario retenu. De plus, au regard de la nature et de l'ampleur des travaux envisagés (création d'une passe à poissons notamment), il est vraisemblable que la procédure d'autorisation soit retenue.

Un dossier d'étude d'impact peut également être demandé même dans les scénarios 1, 2A et 2B (réhabilitation du barrage accompagnée de la création d'une passe à poissons). Ce point méritera d'être confirmé par l'autorité environnementale au regard du nouveau décret d'application n° 2011-2019 du 29 décembre 2011.

4. CHOIX DES PRINCIPES TECHNIQUES ENVISAGEABLES

4.1. INTRODUCTION

Les scénarios retenus au niveau du programme VNF de rénovation du barrage de Villeneuve Saint Germain sont les suivants :

- **Scénario 1** : Réhabilitation à minima du pertuis et du déversoir. Ce scénario inclut le remplacement de la vanne du pertuis,
- **Scénario 2** : Réhabilitation complète du pertuis et du déversoir. Ce scénario inclut le remplacement des bouchures du pertuis et du déversoir,
- **Scénario 3** : Reconstruction complète du barrage.

Chacun des scénarios devant intégrer :

- La proposition d'une passerelle de service si le choix des bouchures nécessite le franchissement pour les opérations de maintenance et d'exploitation.
- Une passe à poisson.

Sur la base des données et contraintes de projet analysées dans la partie précédente, ce chapitre s'attache à présenter et comparer les principes techniques d'aménagements visant à remplir les fonctionnalités attendues du futur ouvrage, soit :

- Les ouvrages vantellerie et organes de manœuvre,
- Les batardeaux de maintenance,
- Les techniques d'adaptation du génie civil,
- Les ouvrages de franchissement piscicole,
- Les passerelles techniques,
- Les techniques de réalisation et le phasage du chantier.

Une évaluation qualitative des avantages/inconvénients de chacune des solutions permet d'écarter celles qui sont les moins adaptées pour ne retenir que les plus attrayantes dans les propositions d'aménagement présentées au chapitre suivant.

4.2. LES OUVRAGES DE VANTELLERIE

Il est à noter que les caractéristiques géométriques et hydrauliques du pertuis et du déversoir étant différentes, les technologies de vanne proposées dans les paragraphes suivant sont spécifiques à chaque partie d'ouvrage.

4.2.1. Vannes clapet

Les vannes clapet sont articulées en pied sur des pivots scellés dans le radier, et manœuvrées à leurs extrémités latérales. La poussée de l'eau est reprise par les organes de manœuvres et par le radier. L'écoulement s'effectue par surverse.

Elles permettent une régulation fine du niveau amont et cela même pour les petits débits. L'écoulement se faisant par surverse, il est plus facile de faire passer d'éventuels embâcles. Par contre, les sédiments transportés par charriage ne pourront passer que lorsque les passes seront en position abaissée soit lors de crues, soit lors de chasses.

Ce type de vannes est très fiable et ne requiert que peu d'intervention. Les vannes clapet paraissent bien adaptées aux conditions hydrauliques du barrage de Villeneuve Saint Germain et présentent des avantages déterminants en termes de facilité d'installation, d'exploitation et d'entretien.

Cette technologie est mise en place sur les passes déversoirs du barrage de Villeneuve Saint Germain.

Cette solution est envisageable tant sur la passe déversoir qu'au niveau du pertuis.

4.2.2. Vannes segment

Les vannes segment sont constituées d'un bordé amont circulaire. Elles pivotent autour d'un axe scellé dans les piles. La pression de l'eau se trouve ainsi reportée sur l'axe : les efforts de manœuvre ne reprennent que le poids de la vanne parfois équilibré par un contrepoids, et le radier n'est pas sollicité. Il n'y a pas d'organe en fond de rivière, ce qui en facilite la maintenance, l'écoulement s'effectue par sous-verse, ce qui nécessite des protections anti-érosives particulières.

Ce type de vanne permet le passage des sédiments charriés par l'Aisne, ce qui est son principal atout comparé aux vannes clapet. Un système d'asservissement à la centrale permet également d'amortir efficacement les effets d'intumescences amont en cas de disjonction des groupements.

Contrairement aux vannes clapet, la régulation du niveau amont est moins précise.

Une solution de compromis consiste à installer au sommet de la vanne segment un clapet.

Ce type de bouchure offre les avantages d'un fonctionnement par déversement aux faibles débits et ceux d'un écoulement par sous-verse pour les débits morphogènes.



Fig. 33. Exemple du barrage de Saint-Egrève sur l'Isère. Vanne segment à clapet déversant

Cependant, le mécanisme se complique d'autant. Il est plus vulnérable aux chocs d'embâcles et de corps flottants et demande plus d'entretien.

Dans le cas du pertuis de Villeneuve Saint Germain, la hauteur du barrage est insuffisante pour permettre l'installation d'un clapet au-dessus d'une vanne segment. En effet, ce dispositif encombrant nécessite des hauteurs de clapet nettement supérieur à 5 m afin de loger les vérins de manœuvre du clapet sur la vanne segment.

Dans le cas où l'on équiperait uniquement le pertuis d'une vanne segment en parallèle des vannes clapet du déversoir, les premières assureront le transport solide et les secondes la régulation du niveau amont. Ces solutions mixtes, parfois incontournables dans le cas de réhabilitation des barrages existants, sont à éviter lors de la conception de barrages neufs car elles compliquent le génie civil mais aussi et surtout les opérations de maintenance.

L'installation de ce type de bouchure n'est pas retenue en cas de reconstruction du barrage ou de réhabilitation du déversoir, en effet son installation nécessite un génie civil important, et donc coûteux. Par ailleurs le choix de ce type de technologie n'est pas pertinent pour une faible hauteur d'eau amont.

4.2.3. Vannes wagon

Ces vannes sont également des **vannes levantes** constituées d'un tablier métallique plat, réalisé en un ou plusieurs éléments solidaires entre eux. Chaque élément possède des galets de roulement ou des plats de frottement prenant appui sur des rails situés dans des rainures latérales réalisées dans le béton des bajoyers.

Elles peuvent également avoir de grandes dimensions. Toutefois, leur forme oblige, à taille égale, d'augmenter sensiblement leur masse par rapport à celle des vannes segment.

Les vannes double corps (appelées aussi vannes crochet) **sont exclusivement utilisées en rivières**. Elles sont constituées d'un élément inférieur de type vanne wagon et d'un élément supérieur prenant appui sur le bordé amont de l'élément inférieur. Cette vanne fonctionne de la façon suivante :

L'ouverture du pertuis débute par la descente de l'élément supérieur qui possède une « casquette » déversoir. Cela permet, outre de passer les faibles débits, d'aérer la lame déversante et donc d'oxygéner l'eau de la rivière. Lorsque l'élément supérieur parvient en butée sur l'élément inférieur, les deux éléments sont alors remontés ensemble et l'écoulement peut se faire par-dessus et par dessous de la vanne ce qui permet le réglage du débit.

Utilisées en rivière, elles peuvent également supporter un volet déversant pour le passage des petits débits et des embâcles.

Comme les vannes segment, elles peuvent être manœuvrées à l'aide de vérins, de crémaillères, de treuils à chaînes ou à câbles ou de vis sans fin.

Cette technologie est mise en place sur la passe pertuis du barrage de Villeneuve Saint Germain.

Tout comme la vanne segment, cette solution n'est pas retenue dans le cas d'une reconstruction complète de l'ouvrage ou pour la réhabilitation du déversoir. En effet, le principal défaut de ce type de porte est la présence d'une superstructure imposante, notamment pour les largeurs de passe projetées. A la vue des hauteurs d'eau, cette vanne reste peu adaptée à la régulation.

4.2.4. Barrage Gonflable à Volets Métalliques

Le système BGVM peut être décrit comme une succession de volets en acier supportés en aval par un coussin en caoutchouc gonflable à l'air. Le contrôle de la pression exercée dans le coussin agit sur la position du volet et peut donc assurer un ajustement du niveau d'un plan d'eau amont sur toute l'étendue du réglage nécessaire (gonflage maximum à dégonflage maximum) en maintenant les positions définies par l'utilisateur.



Fig. 34. Exemple du barrage de Villers sur la Meuse. BGVM.

L'ensemble des volets est fixé au radier par des boulons d'ancrage. Les coussins sont fixés aux boulons d'ancrage et connectés à l'alimentation en air comprimé. Les volets sont ensuite fixés à la partie charnière de la vessie.



Fig. 35. Barrage de Granite Reef aux Etats-Unis, BGVM

Les volets constituant le clapet sont en général en acier. Les volets sont renforcés par des raidisseurs positionnés dans le sens de l'écoulement de l'eau. L'aération de la lame d'eau déversante est réalisée comme pour les clapets, par des becquets.

La manœuvre des volets métalliques est assurée par des coussins gonflables en caoutchouc alimentés en air comprimé par un ou plusieurs compresseurs.

La conception des coussins est similaire à celle utilisée pour la fabrication des pneumatiques dans l'industrie automobile. Le revêtement des parois intérieures des coussins est constitué de Butyl qui présente une excellente étanchéité à l'air. Les couches intermédiaires de caoutchouc ont une très haute résistance à la traction et sont renforcées de fibres de polyester ou de kevlar afin de donner la résistance mécanique nécessaire pour contenir la pression interne. Un revêtement extérieur contenant des polymères de type EPDM protège les coussins contre les ultraviolets, l'ozone ainsi que les abrasions.

Un des principaux avantages de la solution du barrage BGVM est que le besoin en terme de génie civil est plus faible que pour les autres solutions de bouchure. Le radier est sensiblement identique à celui du barrage à clapets, les piles, elles, constituent uniquement des « séparateurs de flots » entre vannes. Les piles servent par ailleurs d'appui à la passerelle et éventuellement au batardeau de service amont.

La technicité reste relativement simple du fait qu'elle met en œuvre de l'air comprimé à 6 bars environ.

Les points faibles de cette solution sont les suivants :

- Il n'existe que 3 barrages BGVM en France: Villers devant Mouzon, Auxonne et Gray,
- A l'étranger, quelques centaines de références existent, toutes dimensions confondues, construite depuis 1990 environ,
- La vulnérabilité par rapport à des actes de vandalisme existe davantage que sur les autres solutions. Le tir de balles de calibre moyen dans le coussin d'air peut endommager le coussin rendant la stabilité du barrage incertaine. Il convient toutefois de souligner que, la majeure partie des coussins est immergée et n'est donc pas directement visible depuis les berges. Ce point doit être discuté dans le cadre des enjeux de cette solution.

Le procédé existant est actuellement mis en œuvre par une société des Etats-Unis, la société Obermeyer, en situation de quasi-monopole sur ce produit. La mise en compétition des entreprises dans le cadre du code des marchés publics français et européen pour un marché de plusieurs millions d'euros peut s'avérer délicate.

Cette technologie n'est proposée que dans le cas d'une reconstruction complète de l'ouvrage.

En effet, ce type de bouchure nécessite, en sus des travaux au niveau du radier de :

- La mise en place dans un local des équipements mécaniques d'alimentation en air (armoire pneumatique, compresseur, armoire d'alimentation électrique, réserve d'air, etc.). Compte tenu des emprises foncières à disposition de VNF, l'implantation de cette partie d'ouvrage est projetée uniquement en rive droite,
- L'installation de réseau d'alimentation en air au niveau de chaque bouchure,
- La reprise du génie civil des piles pour permettre le passage des réseaux d'alimentation.

La mise en place de ce type de barrage est donc pertinente avec une homogénéisation des hauteurs de bouchures et une reprise substantielle du génie civil. La reconduction d'une passe pertuis et d'une passe déversoir n'est ainsi pas conservée.

4.2.5. Barrages Gonflable à l'Eau

Les BGE présentent un fonctionnement sensiblement différent des autres types de bouchure considérés. Le principe général de fonctionnement des BGE consiste à alimenter en eau une boudruche par le biais d'un puits de mise en charge situé dans les culées du barrage. Ce puits est alimenté par des pompes localisées dans un puits de pompage également en culée. Dans les exemples les plus simples, ces deux puits sont complétés par un puits d'exhaure servant à la vidange de la boudruche. Des exemples plus sophistiqués incluent la mise en œuvre d'un puits d'équilibrage.

Le contrôle de la pression intérieure constitue l'élément déterminant pour la manœuvre du barrage type BGE. Cette pression est déterminée par le niveau d'eau agissant dans le puits de mise en charge. Les exemples rencontrés dans la littérature et auprès des fournisseurs considèrent qu'il est nécessaire d'établir une surpression dans la boudruche de l'ordre de 1.3 à 1.6 fois sa hauteur pour la position entièrement relevée. Le ratio entre la pression intérieure et la hauteur de la boudruche évolue en fonction de la position de cette dernière.



Fig. 36. Barrage de Bahnitz en Allemagne BGE

L'application des BGE au contexte des ouvrages fluviaux de navigation est en revanche beaucoup moins recensée. Les seuls exemples identifiés lors de la phase de sélection des bouchures ont été réalisés en Allemagne par les services des WSV (Services de la Navigation Allemands) sur des ouvrages pilotes afin de tester la bonne performance des BGE dans ce cadre. De plus, parmi ces ouvrages, un seul d'entre eux semble présenter des conditions de fonctionnement similaires à celle des ouvrages du projet, à savoir avec un niveau d'eau aval toujours présent : le barrage de Bahnitz, près de Berlin.

Cette technologie n'est proposée que dans le cas d'une reconstruction complète de l'ouvrage.

En effet, ce type de bouchure nécessite, en sus des travaux au niveau du radier de :

- La mise en place d'un réservoir d'alimentation en eau et d'une salle de pompage enterrée. Compte tenu des emprises foncières à disposition de VNF, l'implantation de cette partie d'ouvrage est projetée uniquement en rive droite,
- L'installation de réseau d'alimentation en eau au niveau de chaque bouchure,
- La reprise importante du génie civil au niveau des bajoyers pour les rendre inclinés.

La mise en place de ce type de barrage est donc pertinente avec une homogénéisation des hauteurs de bouchures et une reprise substantielle du génie civil. La reconduction d'une passe pertuis et d'une passe déversoir n'est ainsi pas conservée.

4.2.6. Autres types de bouchure non retenus dans le cadre de l'étude

Les autres types de vannes « courantes » sont rappelés ci-dessous. Elles n'ont pas été retenues à ce stade de l'étude aux vues des coûts engendrés par ces systèmes trop importants, de la nature même du système (ex : superstructure trop imposante) ou de l'homogénéisation souhaitée par le maître d'ouvrage avec les bouchures du réseau.

Vannes secteur :

Les vannes secteur sont constituées, elles aussi, d'un bordé amont circulaire mais, contrairement aux vannes segment, l'axe se situe au niveau du radier. L'écoulement s'effectue par surverse lorsque la vanne s'efface dans le radier. La manœuvre utilise la poussée de l'eau grâce à des

admissions dans la chambre des vannes vers l'amont ou vers l'aval. Son installation nécessite un génie civil important en sous-structure, et est donc plus coûteux. L'utilisation de vanne segment trouve des applications dans les cas de fortes lames d'eau et/ou de contrainte liée à la navigation. Cette vanne reste peu adaptée à la régulation.

Vannes toit :

Les vannes toit sont constituées de deux panneaux articulés en leurs pieds et posés en vis-à-vis. Comme les vannes secteur, la manœuvre utilise la poussée de l'eau grâce à des admissions dans la chambre des vannes vers l'amont ou vers l'aval, mais avec un génie civil moins important en sous structure.

Vannes abaissantes :

Sur le même principe que les vannes levantes, ces vannes s'effacent dans le radier. Le génie civil en sous-structure devient particulièrement important.

Vanne gonflable à l'air (BGA) :

Les barrages gonflés à l'air (**BGA**) ont été écartés du fait des risques de rupture avérés par certains retours d'expérience (barrage de Tempe aux Etats-Unis par exemple) et de par le phénomène de « V-Notch » observable sur ces barrages lorsqu'ils sont gonflés à une pression moindre que la pression nominale, donc lorsqu'ils sont utilisés à des fins de régulation.

4.3. LES ORGANES ET MECANISMES DE MANŒUVRE

Ce paragraphe ne traite pas des bouchures gonflables qui, de par leur conception, n'autorise pas de variante dans leur mécanisme de manœuvre.

4.3.1. Types d'organes de Manœuvre

Plusieurs types d'organes de manœuvre peuvent être utilisés dans le cadre d'ouvrages hydrauliques. Les principaux types d'organes de manœuvre sont listés ci-après :

- Vérins hydrauliques,
- Vérins électromécaniques,
- Treuils à chaîne,
- Les treuils à câble,
- Les systèmes vis-écrou,
- Les systèmes à crémaillères.

Chaque système peut également être décliné en plusieurs variantes par exemple les vérins peuvent être installés horizontalement, la liaison avec le clapet étant réalisée à l'aide d'un câble et d'une poulie ou par un système de came reliée à l'axe de l'articulation inférieure.

Les treuils à chaîne peuvent également varier dans la configuration du réducteur qui peut être soit à trains parallèles soit avec système à vis sans fin. De plus, leur motorisation peut être électrique ou thermique.



Fig. 37. Exemple de treuils à chaîne

Chacun des systèmes à disposition sur le marché possède des avantages, des inconvénients et des limites de capacité :

- Les systèmes vis-écrou sont peu utilisés par crainte de détérioration des vis par les embâcles,
- Les treuils à câble sont également peu utilisés, la durée de vie des câbles dans des conditions de marnage ou d'immersion étant réduite,
- Les crémaillères seront réservées aux petits équipements,

L'usage des vérins électromécaniques pourrait être envisagé. On retrouve leurs utilisations pour des portes d'écluse et sur certains barrages en Allemagne.



Fig. 38. Exemple de vérins électromécaniques

L'intégration paysagère de ce type d'équipement est compliquée de par ses grandes dimensions. En effet, le motoréducteur est directement relié au vérin à son extrémité, rallongeant l'équipement d'un mètre environ. L'entretien et l'accessibilité des moteurs peuvent s'avérer fastidieuses suivant la géométrie de la pile dans le cas des clapets déversants.

4.3.2. Solutions envisagées

4.3.2.1. CLAPETS

La solution retenue dans le cas de la réhabilitation ou remplacement des clapets existants est la technologie actuellement en place à savoir des vérins hydrauliques.

Dans le cas d'une reconstruction complète de l'ouvrage, la technologie de treuils à chaîne pourra également être envisagée.

4.3.2.2. VANNE LEVANTE

Les vannes levantes actuelles sont pilotées par un système de crémaillère droite.

La possibilité de mettre en place des vérins hydrauliques ou électriques pourra être envisagée pour ce type d'équipement.

4.3.2.3. VANNE SEGMENT

Ce type de vanne est manœuvré exclusivement par des actionneurs de type vérins hydrauliques. Nous suggérons de retenir cette technologie dans le cas de mise en place de vanne segment.

4.4. LES BATARDEAUX DE MAINTENANCE

Le terme de batardeau ne concerne pas ici la construction de l'ouvrage, mais s'applique à la bouchure provisoire installée en remplacement d'une bouchure « normale » pour réaliser la maintenance de celle-ci. Il ne s'agit pas de batardeaux à coupure en charge qui nécessitent la mise en place de structure importante et de bouchure (flottante ou à demeure) massive et couteuses.

On peut distinguer trois types de batardeau de maintenance.

4.4.1. Batardeau à aiguilles

Il est constitué :

- D'une poutre supérieure mobile, stockée par exemple sous la passerelle de service ou amenée par flottaison, s'appuyant sur le génie civil des piles,
- D'un appui inférieur réservé dans le radier (heurtoir),
- D'une série d'aiguilles en aluminium (métal choisi pour sa légèreté) de 8 à 15 cm de large qui s'appuient en bas sur le heurtoir et en haut sur la poutre supérieure mobile.

La bouchure ainsi réalisée est donc formée par un barrage à aiguilles.

L'obtention d'une étanchéité satisfaisante pour permettre la mise à sec de la passe nécessite l'intervention de plongeurs.

D'une manière générale, le domaine d'application des batardeaux à aiguilles est limité par la profondeur d'eau amont qui ne doit pas excéder 4 m environ pour des raisons de résistance des aiguilles mais aussi de facilité de mise en œuvre.

En effet, la mise en place et l'enlèvement d'un batardeau à aiguilles restent des manœuvres délicates, pénibles voire dangereuses qui nécessitent d'importants moyens en personnel.

Par contre, le batardeau à aiguilles ne requiert pas de moyen de levage lourd.



Fig. 39. Exemple de batardeau à aiguilles pour maintenance de clapet – Barrage Joinville

Ce type de batardeau pourrait être acceptable pour le barrage de Villeneuve Saint Germain dans la mesure où la maintenance des vannes ne nécessite pas une mise à sec fréquente. Cependant pour le cas des passes de déversoir, ou en cas de reconstruction avec des vannes gonflable, la largeur des passes peut être une contrainte importante pour le dimensionnement de la poutre supérieure. Une poutre flottante stockée en amont du barrage peut être envisagée, mais la longueur maximale de ce type d'équipement est limitée à une quarantaine de mètres. Par ailleurs, outre la nécessité d'aménager une aire de stockage, sa mise en place requerra alors des moyens fluviaux importants.

Actuellement, la direction interrégionale de VNF à Nancy possède et utilise un batardeau de ce type, d'une longueur de 30 m, sur la Moselle.

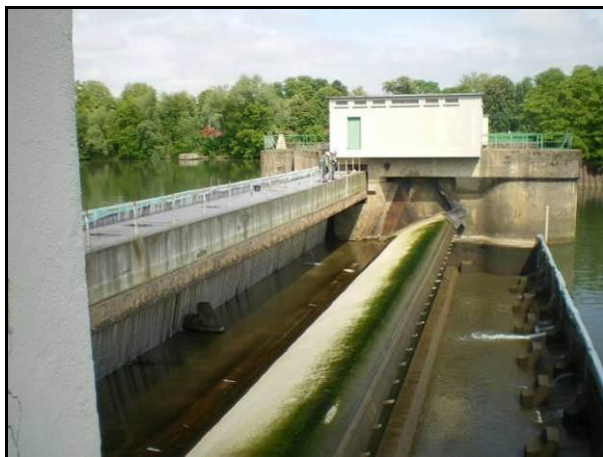


Fig. 40. Barrage de Wadrinau en Moselle

4.4.2. Batardeau de maintenance pour vannes à immersion limitée

Ce type de batardeau est adapté aux barrages à vannes segment ou levantes dont les pièces immergées sont limitées aux plats d'étanchéité. Le batardeau remplace alors la bouchure mais ne permet pas la mise à sec (inutile) de la passe. Il fonctionne avec la dénivelée courante de la période d'intervention dont la date est choisie, et il est mis en place sans charge d'eau, en principe en amont de la bouchure, en eau calme.

Dans ce cas, il est possible de le réaliser avec des poutres métalliques empilées et appuyées en extrémité dans des rainures pratiquées dans le génie civil des piles.

4.4.3. Batardeau de maintenance pour vannes presque totalement immergées

Ce type de batardeau est adapté pour la maintenance des barrages à vannes clapet ou vannes gonflables (BGVM et BGE). Dans ce cas, le batardeau subit des efforts plus importants (mise à sec de la passe) et doit être étanche.

4.4.3.1. BATARDEAU A POUTRE

Très souvent, la portée des vannes est limitée par la facilité de mise en œuvre du batardeau de maintenance : les poutres batardeau sont limitées à des masses de quelques tonnes pour pouvoir être manipulées facilement par des palans ou des engins de petite envergure. En général, les poutres batardeau varient entre 0,5 et 1,50 m de hauteur pour des portées comprises entre 15 et 20 m et des masses inférieures à 8 tonnes.

Pour les vannes de grandes portées, le batardage nécessite soit la création de piles intermédiaires, soit la disponibilité d'un batardeau de grande portée demandant des systèmes complexes de mise en œuvre.

Ce type de batardeau demande aussi de pratiquer des rainures dans le génie civil des piles.

4.4.3.2. BATARDEAU FLOTTANT

Il s'agit d'un système de caisson ballastable que l'on amène par flottaison au niveau de la zone à batardeau. Une fois celui-ci arrimé au génie civil, on le remplit d'eau pour le mettre en place et batardeau la zone. Ce système est bien adapté pour la zone amont des ouvrages car il requiert une profondeur d'eau suffisante, mais nécessite néanmoins des moyens nautiques de mise en place.

4.4.4. Batardeau de maintenance pour faible profondeur

Dans le cas où, le tirant d'eau étant trop faible, il serait difficile d'amener les batardeaux par bateau, une solution consisterait à utiliser des big-bag (hauteur de l'ordre du mètre).

Il s'agit de sacs d'une ou deux tonnes remplis de gravats, placés sur un contre-seuil à l'aval de la passe. Cela peut nécessiter l'installation d'un pont de service pour accéder aux bouchures.

Les poutres caissons emmenées par flottaison et coulées en place sont également une solution envisageable pour les batardeaux aval en faible profondeur d'eau.

Une autre technique consiste à utiliser des éléments légers que l'on assemble sur place. Ce type de batardeau est en général constitué d'éléments verticaux qui s'installent dans des réservations du radier et d'éléments horizontaux qui se glissent et sont maintenues entre chaque élément vertical. Des moyens nautiques très limités et/ou de petits équipements disposés sur le barrage permettent leur mise en place qui est essentiellement manuelle.

Cette dernière solution semble la plus appropriée dans le cas du barrage de Villeneuve Saint Germain pour le batardage du déversoir ou dans le cas d'une reconstruction avec un niveau de seuil équivalent à celui du déversoir.

4.5. GENIE CIVIL DES PASSES

Au stade des études préliminaires, Voies Navigables de France s'interroge sur l'orientation à donner concernant le devenir du barrage de Villeneuve Saint Germain, à savoir :

- La réhabilitation du barrage (partielle ou totale),
- La reconstruction du barrage.

Devant cette interrogation, Voies Navigables de France a identifié trois scénarios à étudier dans le cadre de cette présente étude :

- **Scénario 1** : Réhabilitation à minima du pertuis et du déversoir. Ce scénario inclut le remplacement de la vanne du pertuis,
- **Scénario 2** : Réhabilitation complète du pertuis et du déversoir. Ce scénario inclut le remplacement des bouchures du pertuis et du déversoir,
- **Scénario 3** : Reconstruction complète du barrage.

Dans le cadre des trois scénarios, une passe à poissons devra être construite. Dans le cadre des scénarios 1 et 2, Voies Navigables de France souhaite éventuellement la mise en place d'une passerelle (en option). Cette passerelle est demandée dans le scénario 3.

La réutilisation du génie civil de l'ouvrage, bien que diagnostiqué comme étant globalement sain est variable et soumise à conditions en fonction du type de vannage à mettre en place.

4.5.1. Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 1

La lecture du rapport diagnostic ainsi que la nature des travaux à effectuer montrent le caractère globalement sain du génie civil du barrage. Les désordres constatés relèvent à la fois du vieillissement naturel de l'ouvrage, de défauts de réalisation pour certains, et fonctionnels pour d'autres.

Le relevé topographique des culées et des piles ne montrent pas de signes d'instabilité. Les dégradations relevées sur les équipements mécaniques ne sont pas d'origine structurelle du génie civil.

Les culées, la pile du pertuis et son radier sont d'époque, âgés de 172 ans. Malgré quelques désordres mineurs liés au temps, l'ouvrage originel est plutôt en « bon état ». La partie la plus récente qui concerne entre autre le radier du déversoir, est comparativement en moins bon état. Le nouveau génie civil créé au niveau du déversoir est âgé de 44 ans.

Les désordres relatifs au descellement d'un des paliers d'articulation du clapet rive droite, à la mise à nu de ferrailage, et à la casse de dents de dissipation d'énergie, sont fortement liés à des défauts de réalisation.

Les problèmes d'affouillement en aval immédiat du barrage et à une vingtaine de mètres sont liés au fonctionnement même du barrage.

L'affouillement situé à une vingtaine de mètres à l'aval est lié au profil du bief amont à la géométrie originelle « perchée » du déversoir vis-à-vis du fond de la rivière. Cet affouillement n'est pas à risque pour le barrage. Il convient néanmoins d'assurer sa surveillance.

L'affouillement situé en aval immédiat du radier rive droite du déversoir est lié à la différence de fond à la sortie du barrage entre le déversoir et le pertuis. Cet affouillement devra être rapidement traité.

L'ouvrage a été construit et dimensionné pour des sollicitations engendrées par des vannes clapets. Il est donc apte, structurellement à être équipé des mêmes vannes.

La réalisation de travaux à minima concernant le génie civil n'oppose aucune contrindication et aucune difficulté particulière, hormis le fait de mettre à sec l'ouvrage pour réaliser les travaux.

Des ajouts de structures doivent être envisagés pour la réalisation du dispositif de batardage et l'éventuelle réalisation d'une passerelle de service.

4.5.2. Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 2

La mise en œuvre de bouchures différentes induit des modifications sur les descentes de charge dans la structure de l'ouvrage. Les vannes clapet sont généralement manœuvrées par vérins hydrauliques ancrés sur les parements verticaux des piles ou culées. Les efforts engendrés sur le génie civil par le vérin divergent de ceux induits par les vannes levantes par exemple. La réutilisation du génie civil de l'ouvrage pour la mise en place de vannes différentes de celles d'origine est donc soumise à la condition de connaître les caractéristiques mécaniques et l'état des matériaux des parties d'ouvrage.

Le remplacement des clapets du déversoir existants par les d'autres technologies de bouchures impose donc des travaux de modification du génie civil conséquent quelle que soit la nouvelle bouchure envisagée.

Le remplacement des vannes levantes du pertuis par d'autres technologies de bouchures nécessite également des travaux de génie civil conséquents. Néanmoins, il a été convenu que la solution de mise en place d'une vanne clapet, assurant une meilleure régulation que les vannes levantes, sera étudiée.

Le tableau ci-dessous récapitule les solutions d'adaptations du génie civil retenues pour le scénario 2 en fonction des bouchures envisagées.

Scénario 2 : conservation de la géométrie du barrage existant Déversoir/pertuis				
		Déversoir		
Type de bouchure	Pertuis	Observations	Choix	Observations
Clapet	Retenu	Vannes actuellement en place Reprise GC minimale	Retenu	Caractéristiques géométriques et hydrauliques compatibles avec la technologie Reprise importante du génie civil (radier amont et aval, fosse de dissipation, adaptation des piles et culées...)
Segment	Non retenu	Caractéristiques géométriques (largeur trop importante) non compatibles, Régulation impossible vu les caractéristiques hydrauliques Reconstruction complète du GC	Retenu	Caractéristiques géométriques et hydrauliques compatibles avec la technologie Reprise nécessaire du génie civil (radier amont et aval, adaptation des piles et culées...)
Levante	Non retenu	Caractéristiques géométriques (largeur trop importante) et hydrauliques non compatibles, Régulation impossible vu les caractéristiques hydrauliques Reconstruction complète du GC - Superstructure trop importante	Retenu	Caractéristiques géométriques et hydrauliques compatibles avec la technologie, Type de bouchure actuellement en place au niveau du pertuis. Rénovation du génie civil nécessaire.
BGVM	Non retenu	Reprise lourde du génie civil existant pour les passage des réseaux d'alimentation en air depuis la rive droite (passage en siphon sous le pertuis, reconstruction pile pertuis, ...) Technologie intéressante pour une homogénéisation sur tout l'ouvrage.	Non retenu	Caractéristiques hydraulique (hauteur hauteur d'eau amont) peu compatible avec la technologie standard, Coûts très importants de la bouchure, Reprise et allongement du radier (fosse de dissipation),
BGE	Non retenu	Reprise lourde du génie civil existant pour les passage des réseaux d'alimentation en eau depuis la rive droite (passage en siphon sous le pertuis, ...) Reconstruction de la culée et des deux piles pour adaptation du génie civil (pan incliné) Technologie intéressante pour une homogénéisation sur tout l'ouvrage.	Non retenu	Hauteurs d'eau amont et aval trop importantes avec la technologie proposée Travaux de génie civil lourd (reconstruction pile et culée ...) Reprise et allongement du radier (fosse de dissipation)

Tabl. 7 - Adaptation du génie civil selon la technologie de bouchures choisie

4.5.3. Solution d'adaptation du génie civil pour le scénario 3

Dans le cas du scénario 3, il s'agit d'une reconstruction complète du barrage. Nous entendons par reconstruction, l'idée d'un changement de conception du barrage.

Il convient dès lors de poser les points ou axes d'amélioration recherchés permettant de justifier d'une reconstruction :

- Réduction de la largeur du barrage,
- Mise en place d'une passerelle « simple » grâce à la multiplication d'appuis (piles),
- Adoption d'un système de batardeau « standard » ou à disposition actuel de la subdivision.

Au vu des travaux de génie civil cités au paragraphe précédent, il apparaît que la mise en place d'une technologie BGVM ou BGE n'est compatible qu'avec une reconstruction complète du barrage.

4.6. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE PREALABLE DU GENIE CIVIL DES NOUVEAUX BARRAGES

Nous présentons ci-après le pré-dimensionnement hydraulique des nouveaux barrages permettant de répondre aux exigences de non-aggravation des phénomènes d'inondation.

4.6.1. Méthodologie

Le nouveau barrage ne doit pas pénaliser les conditions d'écoulement par rapport à la situation actuelle ni aggraver les inondations. Il s'agit ici de vérifier que les aménagements projetés assurent le maintien de la capacité hydraulique de l'ouvrage en crue.

En période de crue, le barrage est en configuration affalée. Il convient donc de vérifier que dans cette même configuration le nouveau barrage n'augmente pas les niveaux amont pour un débit donné.

Une étude hydraulique plus poussée sera menée lors des études d'AVP à l'aide d'un modèle numérique unidimensionnel. Cette étude aura notamment pour objectif :

- D'optimiser le dimensionnement de l'ouvrage (localisation, calage altimétrique, longueur déversante, ouvrage de dissipation d'énergie en aval, etc.),
- De valider les incidences globales de l'ouvrage,
- De préciser les incidences locales de l'ouvrage, et le cas échéant, de prévoir les mesures compensatoires ad-hoc,
- De préciser le comportement de l'ouvrage pour l'ensemble des débits auxquels il sera confronté.

Afin de réaliser le pré-dimensionnement hydraulique du futur barrage de Villeneuve-Saint-Germain, la section débitante de l'ouvrage d'une part et la loi d'évolution de la cote d'eau amont en fonction du débit d'autre part seront systématiquement comparées à celles de la configuration actuelle.

Les lois d'évolution de la cote d'eau amont en fonction du débit ont été déterminées à partir des lois d'évolution de la hauteur d'eau aval en fonction du débit déterminées précédemment et des formules mathématiques du débit sur un déversoir à crête épaisse en écoulement noyé ou dénoyé.

4.6.2. Etat actuel

Les lois de seuil/déversoir du barrage ont été calculées pour une plage de débits d'environ 150 à 250 m³/s. Le débit de débordement à l'amont du barrage est de l'ordre de 250 m³/s. L'impact du futur barrage par rapport à l'actuel est évalué avant débordement du cours d'eau au droit de ce dernier. On rappelle ci-dessous la loi théorique (conforme aux données empiriques) d'évolution de la cote aval du barrage en fonction du débit.

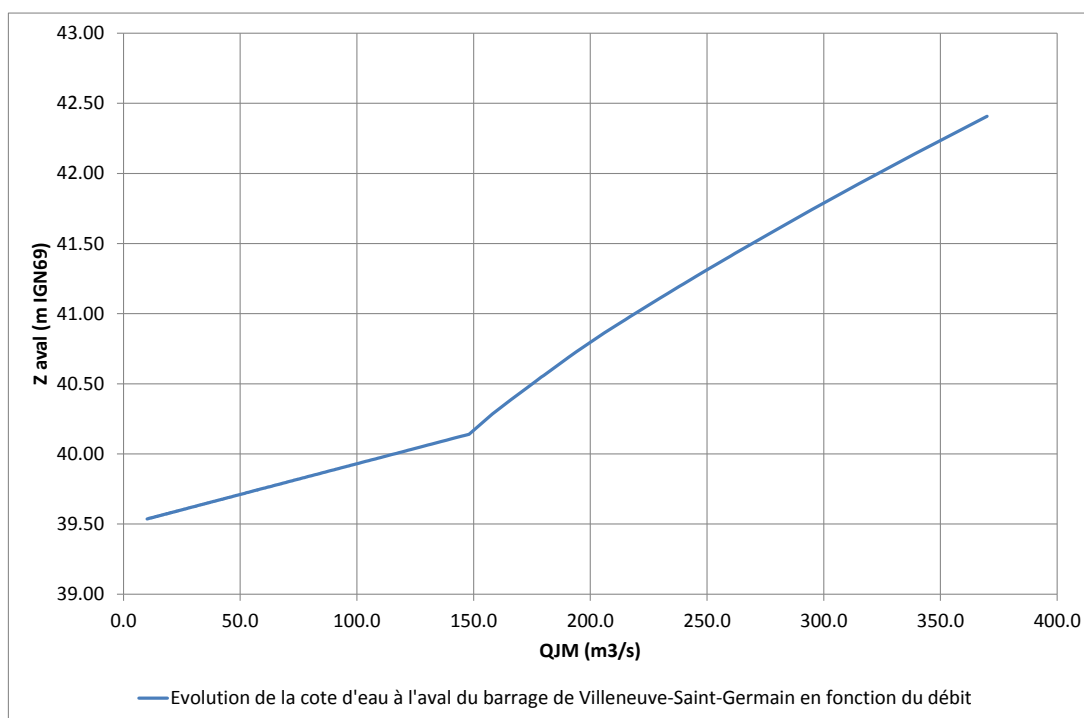


Fig. 41. Evolution de la cote d'eau à l'aval du barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du débit

La loi d'évolution de la cote d'eau à l'amont du barrage, le barrage étant effacé, a été déterminée à partir de la loi d'évolution de la cote aval ci-dessus et des formules mathématiques du débit sur un déversoir. Elle est rappelée sur la figure ci-dessous.

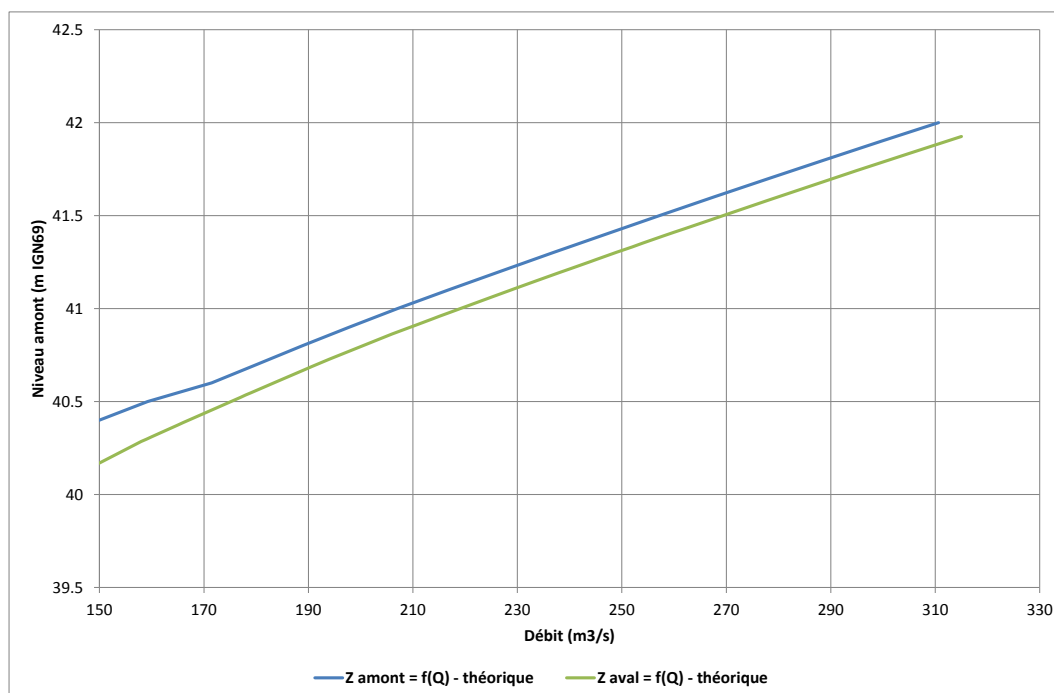


Fig. 42. Evolution théorique des cotes d'eau à l'amont et à l'aval du barrage de Villeneuve-Saint-Germain (barrage effacé) en fonction du débit

Dans l'état actuel, le barrage possède un pertuis (12 m de large avec radier à 37.05 m IGN69) et deux passes (24.7 et 35 m de large avec radier à 39.7 m IGN69). La section débitante pour le débit de débordement (environ 250 m³/s, soit 41.5 m IGN69) est ainsi de l'ordre de **160.9 m²**.

4.6.3. Définition et impact des principes géométriques envisageables

Afin de pré-dimensionner la section hydraulique du barrage, un modèle de calcul simple a été établi en condition de barrage complètement affalé. Ce modèle permet de déterminer la cote hydraulique amont du barrage (lorsque ce dernier est affalé) pour différentes géométries et pour une gamme de débit variant entre 150 m³/s et le débit de débordement (environ 250 m³/s). L'impact de la géométrie du nouvel ouvrage par rapport à l'ancien sur les niveaux amont est alors obtenu. Une plage de géométries potentielles est ainsi déterminée pour le nouveau barrage.

Les géométries sont fonctions de deux paramètres :

- la cote du radier ;
- la largeur hydraulique du barrage (entre les culées).

Différentes valeurs de ces paramètres ont été testées afin d'obtenir les géométries permettant de maintenir la capacité hydraulique du barrage en crue. Pour chacune des largeurs hydrauliques suivantes (52 m ; 56 m ; 60 m ; 64 m), les cotes de radier suivantes ont été testées (38.0 m IGN69 ; 38.2 m IGN69 ; 38.4 m IGN69 ; 38.6 m IGN69 ; 38.8 m IGN69 ; 39.0 m IGN69).

Tabl. 8 - Principes géométriques envisageables pour le futur barrage et impacts sur la section débitante

Largeur hydraulique du barrage (m)	Cote du radier (m IGN69)	Section débitante (en m2) pour un niveau amont de 41.5 m IGN69 (niveau amont de débordement)
52,0	38,0	182,0
	38,2	171,6
	38,4	161,2
	38,6	150,8
	38,8	140,4
	39,0	130,0
56,0	38,0	196,0
	38,2	184,8
	38,4	173,6
	38,6	162,4
	38,8	151,2
	39,0	140,0
60,0	38,0	210,0
	38,2	198,0
	38,4	186,0
	38,6	174,0
	38,8	162,0
	39,0	150,0
64,0	38,0	224,0
	38,2	211,2
	38,4	198,4
	38,6	185,6
	38,8	172,8
	39,0	160,0

Pour chacun des couples (cote du radier, largeur hydraulique du barrage) envisagés, la section débitante (pour la cote de débordement à l'amont du barrage de 41.5 m IGN69) est calculée et comparée à la section débitante dans l'état actuel pour cette même cote (160.9 m²) :

- En rouge lorsque la section débitante dans l'état projeté est inférieure à celle de l'état actuel ;
- En vert lorsque la section débitante dans l'état projeté est supérieure à celle de l'état actuel.

De ce fait, la capacité hydraulique de l'ouvrage est maintenue lorsque la section débitante dans l'état projeté est supérieure à celle de l'état actuel. En crue, pour une même cote amont, l'ouvrage permet alors de faire transiter un débit plus important dans l'état projeté que dans l'état actuel.

Afin de conforter cette première analyse, la loi d'évolution de la hauteur d'eau amont avec le débit pour chacune des configurations projetées a été comparée avec celle de l'état actuel. Cette seconde approche permet de vérifier l'absence d'impact sur les écoulements de l'Aisne en période de crue pour une certaine plage de débit de crue.

Les figures suivantes illustrent la différence de débit entre l'état projeté et l'état actuel du barrage de Villeneuve-Saint-Germain en fonction du niveau d'eau à l'amont de ce dernier pour différents couples de largeur hydraulique et cote de radier et pour un barrage effacé. Lorsque la différence de débit est positive, l'impact du barrage projeté par rapport au barrage actuel sur les écoulements en crue de l'Aisne est positif ou nul (la débitance du barrage en crue est ainsi préservée ou améliorée dans la configuration projetée). Lorsque cette différence de débit est négative, l'impact est négatif (la débitance est dégradée en crue).

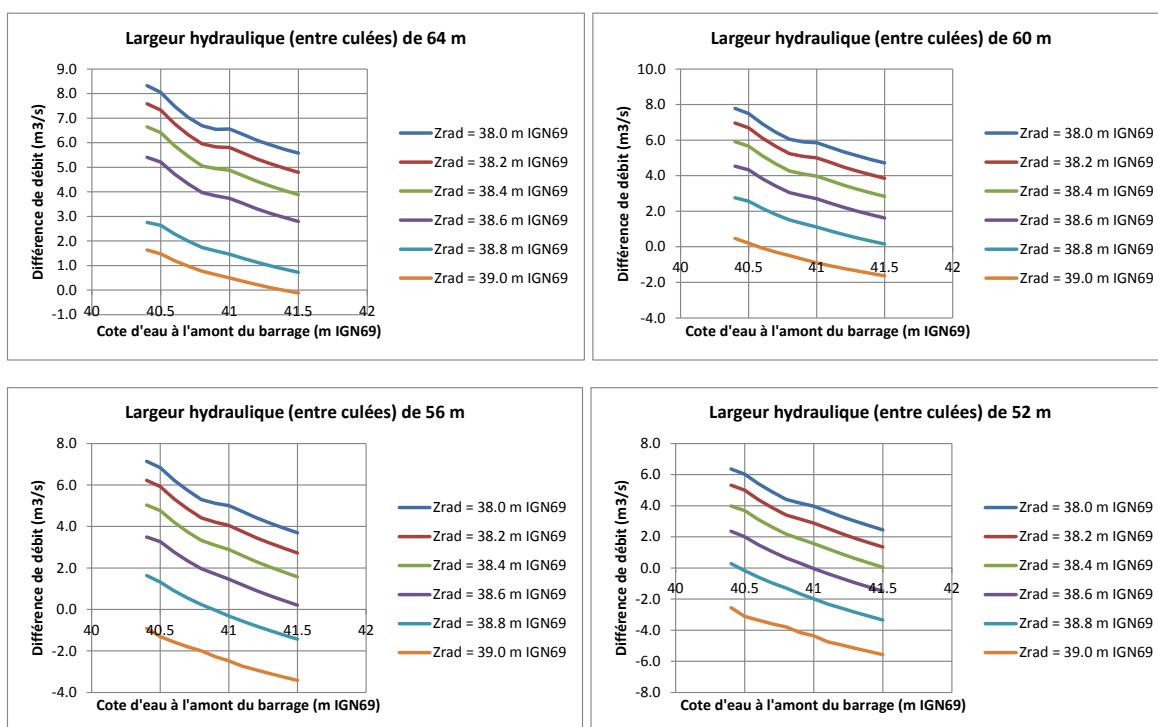


Fig. 43. Différence de de débit entre l'état projeté et l'état actuel du barrage en fonction du niveau d'eau à l'amont et pour différentes configurations de largeur hydraulique et cote de radier

Les résultats de ces calculs permettent d'établir des plages de géométries pour le barrage projeté en fonction de l'impact admis sur les niveaux amont. La figure ci-dessous présente les couples de largeur d'écoulement et cote de radier étudiés. Les plages vertes représentent les géométries (cote de radier et largeur hydraulique) générant un impact nul ou positif sur les niveaux d'eau à l'amont du barrage reconstruit par rapport au barrage actuel (pour un même débit, le niveau amont est inférieur à celui de l'état actuel) et cela pour une gamme de débit comprise entre 150 m³/s (débit proche du débit d'effacement du barrage) et 250 m³/s environ (débit de débordement estimé à l'amont du barrage). Les plages rouges représentent les géométries générant un impact négatif sur les écoulements en crue de l'Aisne (pour un même débit, le niveau amont est supérieur à celui de l'état actuel).

Tabl. 9 - Impacts des géométries envisageables sur les niveaux amont

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					

Les géométries du nouveau barrage envisagées au stade de l'étude préliminaire respecteront le critère d'impact nul sur les niveaux d'eau en crue (préservation de la capacité hydraulique de l'ouvrage en crue).

4.7. LA PASSERELLE

La présentation des principes techniques envisageables est détaillée dans la notice architecturale établie par AEI et jointe en annexe du présent rapport.

La passerelle de service aura pour objet :

- L'accès aux différents systèmes de gestion et de manœuvre du barrage,
- L'accès nécessaire pour assurer l'entretien régulier de l'ouvrage,
- L'accès éventuel de rive en rive, en fonction de la nécessité jugée par le maître d'ouvrage et l'exploitant du site.

La passerelle de service sera réservée à un accès piéton réservé à l'exploitant. En cas de demandes spécifiques de VNF visant à modifier ou compléter les besoins édictés précédemment, celles-ci devront être intégrées dans les études postérieures.

L'ouvrage présentera une largeur minimale de 1,2 m.

Jusqu'à une portée de 15 à 20 m entre appuis, une structure légère type métallique est adaptée, c'est-à-dire que la structure porteuse est constituée de poutres longitudinales contreventées en sous-face. La superstructure (garde-corps, etc.) n'est pas structurante.

Au-delà, il devra être envisagé la mise en place d'une poutre treillis. Ce type de structure a un impact direct sur le visu du barrage par rapport à une passerelle légère de moindre portée.

4.8. LA PASSE A POISSON

Les principes techniques envisageables sont détaillés dans la note de franchissement piscicole jointe en annexe du présent rapport.

4.8.1. Nécessité – besoins

Indépendamment du scénario de réhabilitation étudié, le programme prévoit le rétablissement du continuum hydro-écologique via la construction d'une passe à poissons.

4.8.2. Implantation

Compte-tenu des disponibilités foncières de VNF, il est prévu d'implanter la passe à poissons en rive droite quel que soit le scénario d'implantation retenu pour le barrage et quel que soit le type de passes à poissons envisagé.

Les disponibilités foncières limitent le choix de l'ouvrage de franchissement piscicole aux possibilités présentées ci-après.

4.8.3. Passe à bassins successifs

Dans la gamme des débits nécessaires en entrée de passe, le type « passe à fentes verticales » (PFV) s'impose comme le plus approprié et le plus performant parmi les diverses passes à bassins successifs pour assurer la montaison « toutes espèces »,

La solution proposée est donc une passe à une fente verticale, transitant la totalité du débit.



Fig. 44. Passe à une fente verticale

4.8.4. Rampe à macro-rugosités

Les rampes à macro-rugosités constituent un compromis en terme d'emprise entre les rivières de contournement au sens strict et les ouvrages compacts de type passes à bassins.

Bien qu'encore peu utilisée en France, elles sont très courantes dans d'autres pays, comme les Etats-Unis ou l'Australie. Elles peuvent être installées tout aussi bien :

- Comme « rivière de contournement »,
- Sur une partie seulement de la largeur d'un obstacle,
- Sur toute la largeur d'un obstacle.

Deux types peuvent être distingués, en fonction de la manière dont l'énergie est dissipée :

- Dans des pseudo-bassins formés par des enrochements disposés en rangées périodiques,
- Par des enrochements ou blocs régulièrement répartis sur un lit rugueux.

En fonction des contraintes locales, leur mise en œuvre peut être déclinée sous forme d'un aménagement à très forte naturalité et/ou essentiellement technique.

La comparaison de ces différentes solutions dans le cadre des études de modernisation des barrages de l'Yonne (étude réalisée pour VNF par ARTELIA et P.PARIS, 2011) a montré que la solution de blocs béton régulièrement répartis constituait le dispositif le plus adapté aux ouvrages de navigation, dans des gammes de débits et de dénivellations comparables à celles du barrage de Villeneuve.

Cette technique permet notamment un écartement maximal des blocs, ce qui la rend beaucoup moins sujette au blocage des flottants et embâcles divers que tous les autres dispositifs de montaison.

La solution proposée est donc une rampe à macro-rugosité (RMR) basée sur des blocs bétons régulièrement répartis.



Fig. 45. Rampe à macro-rugosités (RMR), blocs béton régulièrement répartis

4.9. BILAN DES SOLUTIONS RETENUES

Les solutions à développer dans le cadre des études préliminaires sont les suivants :

TABLEAU DES SCENARIOS				
	Barrage		Passe à poissons	Passerelle de service
	Pertuis	Déversoir		
Scénario 1	Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne levante Rénovation du génie civil	Rénovation des clapets Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
Scénario 2A	Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne levante Rénovation du génie civil	Remplacement des clapets Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
Scénario 2B	Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne clapet Rénovation du génie civil	Remplacement des clapets Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
	Barrage			
Scénario 3A	Reconstruction du génie civil Vanne de type clapet		Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
Scénario 3B	Reconstruction du génie civil Vanne de type BGVM		Construction Rive Droite	Passerelle non nécessaire
Scénario 3C	Reconstruction du génie civil Vanne de type BGE		Construction Rive Droite	Passerelle non nécessaire

Tabl. 10 - Tableaux des principes techniques retenus par scénarios

4.10. CHOIX DES TECHNIQUES DE BATARDAGE ET PHASAGE DE CHANTIER

4.10.1. Pour une adaptation de l'existant (relatif aux scénarios 1 et 2a et 2b)

Les contraintes relatives au batardage des pertuis pour réaliser les travaux d'aménagement des pertuis et déversoir existants sont notamment liées à :

- 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),
- Les problématiques de raccordement du batardeau de chantier aux piles, culées et débords sous-fluviaux du génie civil du barrage existant,
- La présence d'une fosse à l'aval immédiat du barrage existant,
- La probable circulation d'eau dans les terrains perméables sous le barrage existant.

Ces contraintes vers la réalisation d'une enceinte batardée par rideaux de palplanches qui permettront :

- D'assurer la stabilité mécanique du batardeau aval malgré la présence d'une fosse d'affouillement,
- D'assurer une certaine étanchéité en fond de fouille.

Compte-tenu de la probabilité de rencontrer un refus prématuré des palplanches dans les sables fins ou au droit des vestiges du barrage, la réalisation de préforages et la mise en œuvre d'un dispositif de butonnage sont à révoir.

4.10.2. Pour une reconstruction du barrage (relatif aux scénarios 3a, 3b et 3c)

Les contraintes relatives à la réalisation du batardeau de chantier pour la reconstruction du barrage sont identiques à celles édictées précédemment. La reconstruction du barrage permet cependant de palier aux problématiques de raccordement du batardeau de chantier aux structures existantes.

Le recours à un bouchon béton paraît pertinent, cerclé d'une enceinte de palplanches ancrée dans la couche de sables fins. Cette sujétion d'exécution devra intégrer les contraintes précitées.

En termes de phasage, il s'agirait :

- De purger les remblais dans l'alignement de l'enceinte palplanches à créer et en particulier l'élimination des vestiges,
- La mise en œuvre de l'enceinte palplanches,
- Le déblaiement dans l'enceinte palplanches, en eau compte-tenu de tout ce qui a été évoqué ci-avant,
- Le bétonnage à l'avancement et sur un volume utile à la compensation des sous-pressions hydrostatiques,
- La mise à sec et le maintien à sec du batardeau réalisé.

Hydrogéotechnique 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. L'application de ces hypothèses conduirait donc à une cote de la base des palplanches autour de 33,8 à 34,0 m NGF.

Sur la couche de sables fins traversée jusqu'à ces altitudes, E_m moyen atteint au plus 27 MPa et Pl^* moyen oscille entre 2,5 et 3 MPa. Pour de telles valeurs, la mise en œuvre des palplanches sans pré-forages paraît compliquée. Elle obligerait dans tous les cas à la mise en œuvre de modules de palplanches et des énergies de vibro-fonçage élevés.

Il serait en outre pertinent de procéder afin de statuer sur les potentialités et les niveaux de fonçage de palplanche dans la couche de sables fins :

- A des essais au pénétromètre dynamique lourd pour mieux évaluer l'aptitude au fonçage des palplanches dans ces terrains très compacts,
- A un essai de battage de palplanches.

En cas de refus prématuré, des solutions alternatives de batardage peuvent être proposées :

- Batardage par rideau mixte : tube + palplanches,
- Batardage par palplanche avec création préalable d'une tranchée et réalisation d'un bouchon béton pour assurer le blocage et l'ancrage des palplanches en pied.

À noter 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.

4.10.3. Pour la construction d'une passe à poissons

La passe à poisson doit être implantée en rive droite du barrage. La rive droite amont est constituée :

- D'une berge naturelle sur 25m de longueur à partir de la culée du barrage,
- Puis d'un quai en palplanches remontant sur 70m à l'amont, exploité par TEREOS.



Fig. 46. Vue d'ensemble de la berge amont rive droite du barrage



Fig. 47. Quai en palplanches amont rive droite du barrage

Il n'a pas été remarqué de lierne ou de tête de tirant hors d'eau mais un petit indice (barre métallique) indique qu'il est possible que la structure soit équipée de systèmes de redans ou même d'un contre rideau.

Des investigations à la pelle permettraient de connaître la structure de ce rideau.

Outre les contraintes de batardage définies pour les scénarios de réhabilitation / reconstruction du barrage, la contrainte principale réside dans l'empiètement sur le quai et le rideau existants ainsi qu'à la présence d'un réseau de rejet d'eaux pluviales au droit du quai.

Ces contraintes ne sont néanmoins pas rédhibitoires. Le principe de réalisation de l'ouvrage de franchissement piscicole sera le même que pour le barrage avec l'exécution d'une enceinte de batardage en palplanches étanchée en fond de fouille par un béton de masse.

4.10.4. Période de réalisation

La période de réalisation des travaux est contrainte par l'occurrence des débordements de l'Aisne en configuration batardée.

La cote de débordement des berges à l'amont du barrage de Villeneuve-Saint-Germain est d'environ 41.5 m IGN69. En utilisant le modèle de calcul hydraulique établi pour la présente étude, nous obtenons les résultats suivants pour différentes configuration de batardage :

- Si la passe de 35 m en rive gauche est obstruée, il y a débordement de l'Aisne à l'amont du barrage pour un débit de 241 m³/s ;
- Si le pertuis et la passe de 24.7 m attenante sont obstrués, il y a débordement de l'Aisne à l'amont du barrage pour un débit de 144 m³/s.

Le débit de chantier le plus faible de 144 m³/s est confronté aux courbes de débits classés mensuelles ainsi qu'aux courbes d'évolution du débit mensuel biennal, quinquennal et décennal présentées précédemment. Au regard des figures suivantes, la période pour réaliser les travaux se situe globalement entre mai et novembre, il s'agit de la période de l'année sur laquelle les débits sont statistiquement les plus bas.

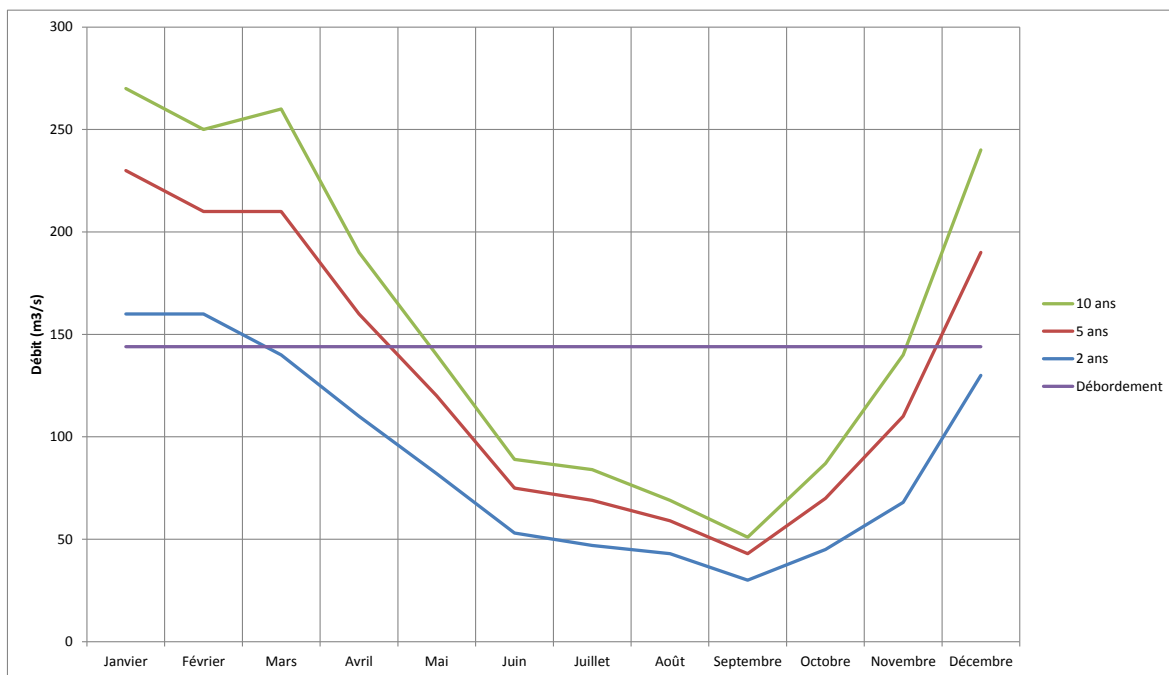


Fig. 48. Débit de chantier (144 m³/s) confronté à l'évolution du débit biennal, quinquennal et décennal au cours de l'année

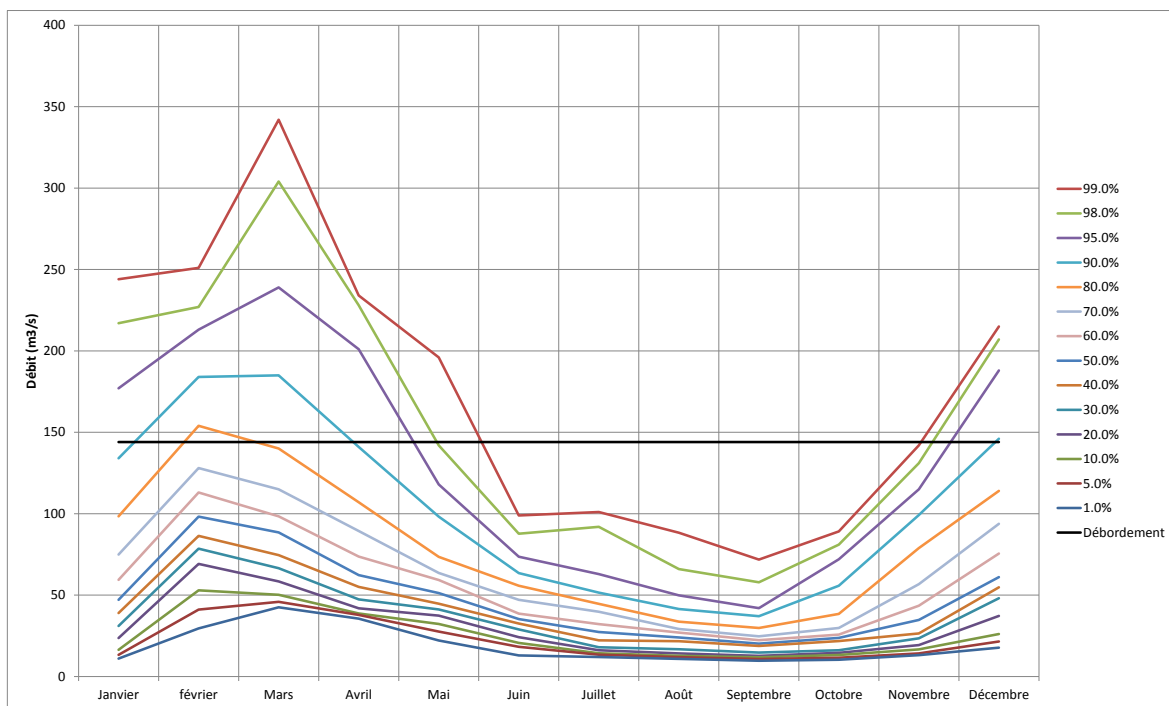
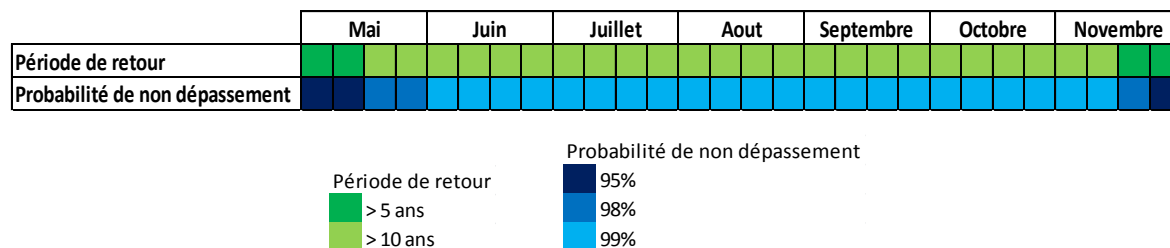


Fig. 49. Débit de chantier (144 m³/s) confronté aux courbes de débits classés mensuels

Pour un débit de crue de chantier de 144 m³/s, les durées de chantier suivantes par saisons sont envisageables en fonction de la probabilité de non dépassement du débit et sa période de retour. Ces durées seront affinées en phase d'avant-projet.



Tabl. 11 - Durée d'une saison de chantier en fonction de la probabilité de non dépassement du débit de chantier et de sa période de retour

Quel que soit le scénario choisi, il est donc envisageable d'organiser le chantier sur 2 saisons de travaux de 6 mois chacune tout en garantissant une probabilité de débordement en berges inférieure à 2% :

- Saison 1 : Obstruction de la grande passe déversoir (35 m en rive gauche) ou du lit mineur à proximité immédiate de celle-ci.
- Saison 2 : Obstruction du pertuis et de la passe déversoir attenante à ce dernier, ou du lit mineur à proximité immédiate de celles-ci.

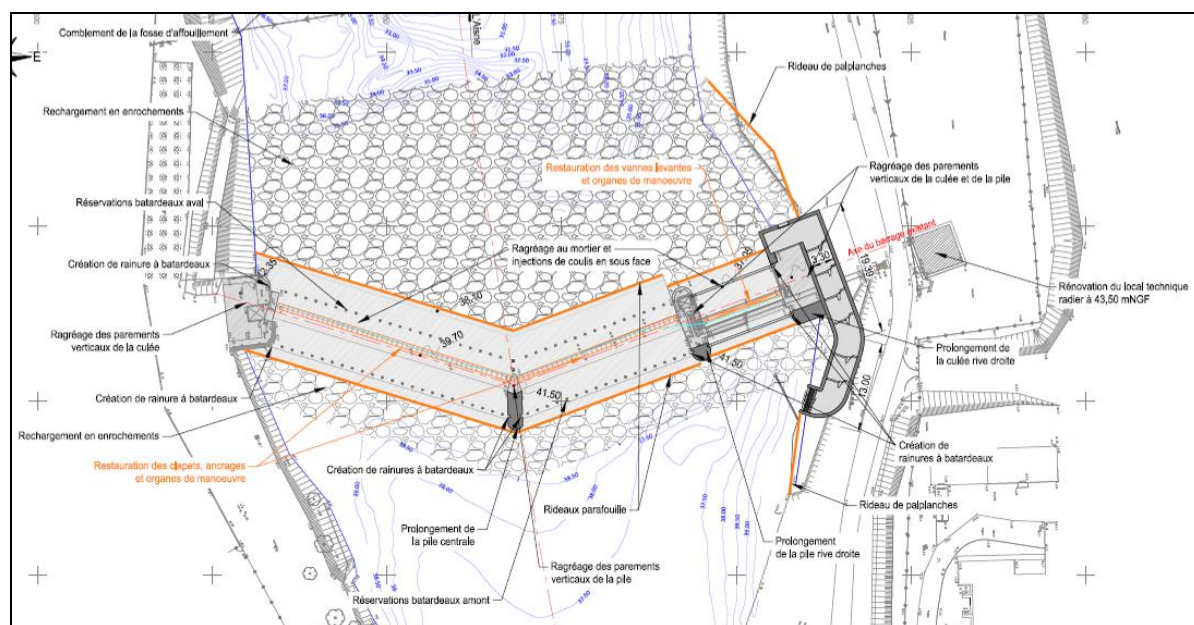
5. DEFINITION DES SCENARIOS DE RESTAURATION DU BARRAGE

5.1. SCENARIO 1

Dans le cas du scénario 1, les travaux consisteront à une réhabilitation importante du génie civil de l'ouvrage et des clapets du déversoir ainsi qu'au changement de la vanne levante du pertuis.

Le scénario n°1 comprend les aménagements suivants :

Barrage		PAP	Passerelle de service (en option)
Pertuis	Déversoir		
Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne levante, rénovation du génie civil	Rénovation des clapets Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir



5.1.1. Travaux relatifs au fonctionnement du barrage

- La réhabilitation du pertuis :

Les travaux de réhabilitation du pertuis consisteront au démontage de la vanne actuelle ; au remplacement de la vanne actuelle, de la chaîne cinématique et adaptation de la structure porteuse ; remise en état de la structure porteuse (sablage peinture structure) des accès (garde-corps, tôle armée, etc.), et des glissières (mise en peinture et remplacement des pièces de frottement) ; l'automatisation du contrôle commande du pertuis (modification automatisme et raccordements électriques, capteurs).

Les travaux de génie civil consisteront au scellement de nouvelles rainures et de seuil ; scellement nouveaux équipements ; ragréage des parements verticaux ; ragréage du radier (nouvelle chape de béton fibré) ; ...

- La réhabilitation du déversoir :

Les travaux de réhabilitation du déversoir consisteront au démontage et remontage complet des clapets ; rechargement en matière, remise en peinture y compris sablage et chapiteau de protection (clapet, pièces fixes, etc.) ; remplacement des pièces d'articulation et fixes ; travaux sur les vérins et circuits hydrauliques (remplacement des flexibles et de la centrale hydraulique, remplacement des ancrages et réparation des châssis, amélioration des dispositifs de capteur, remplacement joints, etc.) ; l'automatisation du contrôle commande du déversoir (modification automatisme et raccordements électriques, capteurs).

Les travaux de génie civil consisteront :

- A la démolition du béton des massifs de paliers et réalisation d'une nouvelle longrine,
- Au scellement des nouveaux paliers,
- A la réalisation d'un écran parafouille amont,
- A la reconstitution des dents de dissipation d'énergie manquantes,
- Au ragréage du béton de tout le radier,
- Au ragréage des parements mis à sec de la pile entre clapets et de la pile du pertuis,
- Au comblement des affouillements sous l'aval radier pour le clapet rive droite seulement,
- A l'agrandissement et l'aménagement du local commande actuel ou sa reconstruction,
- A la création de rainures ou de dispositifs équivalents pour le batardage à l'amont et à l'aval du barrage et la réalisation des batardeaux adéquats si les batardeaux du service navigation de la Seine ne peuvent pas être utilisés,
- A la mise en place de protections en enrochements en amont et en aval, en berges et en fond de lit.

5.1.2. Travaux relatifs aux batardeaux de maintenance

Au niveau du déversoir, vue la largeur des deux passes, seul un batardeau de type paroi berlinoise est envisageable (poteaux en fer H plantés dans le radier + plaques en béton venant coulisser entre les fers). Ce type de dispositif nécessitera les adaptations suivantes sur le génie civil du déversoir :

- Création d'un nouveau radier en béton armé à l'amont immédiat de l'axe des clapets. Ce radier comportera des réservations permettant la mise en place des fers H du batardeau,
- Allongement vers l'amont de la pile du déversoir afin de créer des rainures dans le génie civil,
- Reprise de la forme du radier aval du barrage afin de pouvoir créer un plat et insérer les réservations pour les fers H,
- Créations de rainures dans la culée rive gauche et la pile du pertuis.

Au niveau du pertuis, la largeur de la passe permet d'envisager toute sorte de batardeau. Un batardeau à poutres, couramment réalisé sur ce type de passe, est proposé à ce stade de l'étude. Les travaux de génie civil consisteront à la réalisation de rainures amont et aval dans la pile et la culée et du radier. Toutefois, un allongement de la pile et de la culée vers l'amont est nécessaire afin de permettre la création des rainures en raison du manque d'espace.

5.1.3. Travaux relatifs à la passerelle de service

Les solutions de passerelles envisageables sont présentées dans la notice architecturale jointe en annexe.

Dans le cas de ce scénario, l'option de mettre en place une passerelle continue doit être soit abandonnée ou revue. En effet, les largeurs des passes du déversoir sont trop importantes (35.10 m et 24.63 m) pour une passerelle de type classique (simples profilés). Une passerelle « poutre caisson » ou treillis est à privilégier.

Dans le cadre de la mise en place d'une passerelle, la pile centrale du déversoir sera à renforcer afin d'assurer une portance et un équilibre sécuritaire de l'appui de la passerelle. L'appui de la passerelle sur la culée rive gauche du déversoir peut se faire par fondation superficielle ou semi-profonde. C'est le cas également pour la rive droite du barrage. Par contre, dans la mesure où la vanne du pertuis et les équipements situés sur la pile du pertuis demeurent, la mise en place d'un appui de passerelle est infaisable sur cette pile. Il conviendra alors de rallonger cette pile et la culée vers l'amont pour disposer les appuis de passerelle.

5.1.4. Aménagements connexes

Les aménagements connexes seront notamment liés au modelage des berges immédiates amont / aval au barrage, avec un impact fort du choix du type de passe à poissons sur l'aménagement nécessaire au droit du quai existant en amont rive droite du barrage (cf. Planche des dessins techniques). Au stade de l'étude préliminaire, il est proposé de mettre en œuvre un ouvrage de franchissement piscicole type PFV ou RMR, motorisée et asservie, qui se situera en arrière de la culée rive droite existante du barrage.

5.2. SCENARIO 2

Le scénario n°2 est décliné sous 2 sous-scénarios liés au choix du type de vanne à installer dans le pertuis. Il comprendra les aménagements suivants :

Scénario	Barrage		Passe à poissons	Passerelle de service (en option)
	Pertuis	Déversoir		
2A	Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne levante Rénovation du génie civil	Remplacement des clapets - Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
2B	Remplacement de la vanne par une nouvelle vanne clapet Rénovation du génie civil	Remplacement des clapets - Rénovation du génie civil	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir

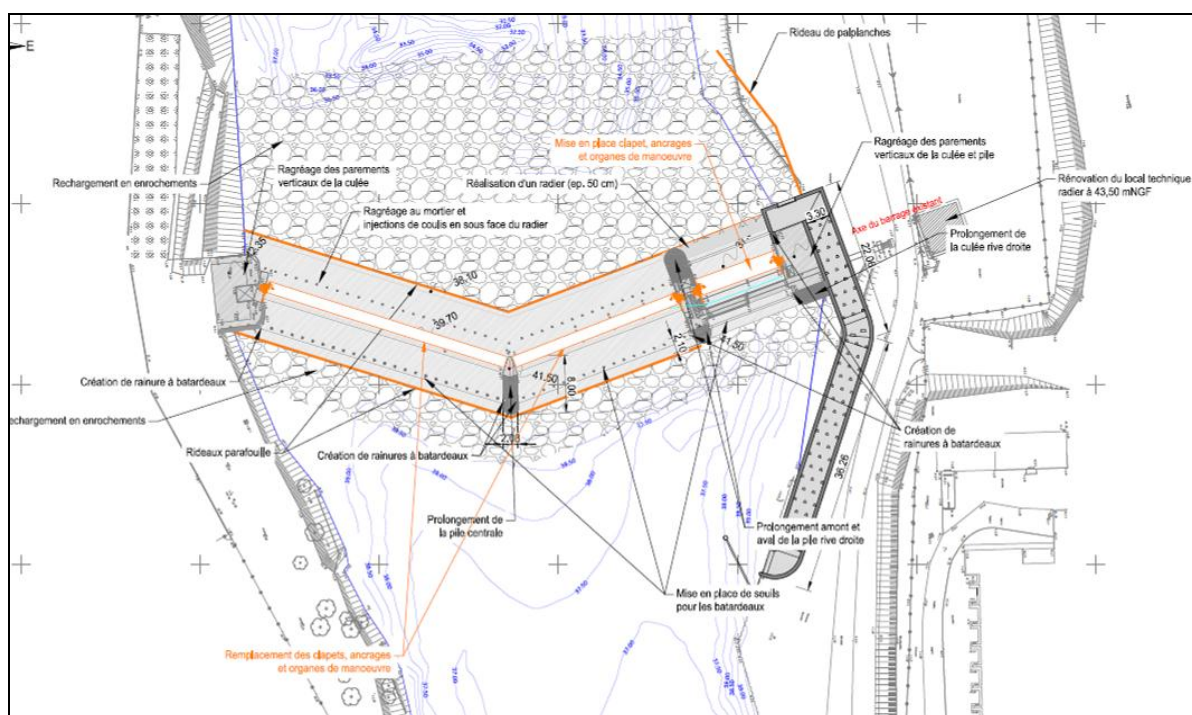


Fig. 51. Plan d'aménagement du scénario 2 (Avec rampe à macro-rugosités)

5.2.1. Scénario 2A

5.2.1.1. BARRAGE – PERTUIS

Dans le cas du scénario 2a, les travaux de génie civil et de vantellerie resteront les mêmes que ceux édictés dans le scénario 1 dans la mesure où la bouchure est remplacée à l'identique (remplacement de la vanne levante).

5.2.1.2. BARRAGE – DEVERSOIR

Concernant le déversoir, il est prévu :

- Le remplacement des deux vannes clapets existantes par deux nouvelles vannes clapets identiques,
- Le remplacement des organes de manœuvre à l'identique,
- L'ensemble des travaux de génie civil prévus au scénario 1.

5.2.2. Scénario 2B

5.2.2.1. BARRAGE – PERTUIS

Dans le cas du scénario 2b, les travaux de génie civil et de vantellerie seront les suivants :

- Réalisation d'un massif de support de vérin sur la pile et la culée rive droite,
- Reprise complète du radier, avec création d'une fosse permettant l'effacement du clapet,
- Allongement vers l'aval du radier (bassin de dissipation),
- Allongement éventuel vers l'aval de la pile et de la culée en fonction de la position de l'axe du clapet,
- Allongement de la pile, du radier et de la culée vers l'amont ET vers l'aval afin de créer des rainures de batardage. Un allongement vers l'aval est indispensable dans le cas de ce scénario afin de permettre l'affalement complet du clapet dans l'enceinte batardée,
- Fourniture et mise en œuvre d'une vanne clapet motorisée et automatisée.

5.2.2.2. BARRAGE – DEVERSOIR

Les travaux seront identiques à ceux du scénario 2a.

5.2.3. Batardeau de maintenance

Les techniques de batardage proposés sont les mêmes que celles du scénario 1 à savoir :

- Batardeau à poteau et poutrelles en amont et en aval du déversoir,
- Batardeau à poutres en amont et en aval du pertuis.

5.2.4. Passerelle de service

Les solutions de passerelles envisageables sont présentées dans la notice architecturale jointe en annexe.

Le maintien des portées actuelles par le choix du scénario 2 oriente vers une passerelle de franchissement de type poutre treillis.

Les travaux de génie civil au niveau des piles et culées sont identiques à ceux du scénario 1.

5.2.5. Aménagements connexes

Les aménagements connexes seront notamment liés au modelage des berges immédiates amont / aval au barrage, avec un impact fort du choix du type de passe à poisson sur l'aménagement nécessaire au droit du quai existant en amont rive droite du barrage.

Au stade de l'étude préliminaire, il est proposé de mettre en œuvre un ouvrage de franchissement piscicole type PFV ou RMR, motorisée et asservie, qui se situera en arrière de la culée droite existante du barrage.

5.3. SCENARIO 3

Le scénario n°3 est décliné sous 3 sous-scénarios liés au choix du type de vanne à installer dans le pertuis. Il comprendra les aménagements suivants :

Scénario	Barrage	Passe à poissons	Passerelle de service
3A	Reconstruction du génie civil <u>Vanne de type clapet</u>	Construction Rive Droite	Construction d'une passerelle pour franchissement du déversoir
3B	Reconstruction du génie civil <u>Vanne de type BGVM</u>	Construction Rive Droite	Passerelle non nécessaire
3C	Reconstruction du génie civil <u>Vanne de type BGE</u>	Construction Rive Droite	Passerelle non nécessaire

5.3.1. Implantation du nouveau barrage

L'implantation du nouveau barrage en aval du barrage existant est rendue difficile par la présence d'une fosse d'affouillement importante et l'absence de disponibilité foncière de VNF dans la zone plus en aval où le lit mineur retrouve une section hydraulique constante.

L'implantation du nouveau barrage en amont est contrainte par la diminution importante de largeur du lit mineur. Au-delà de 50m en amont du barrage existant, l'abaissement du fond du lit nécessiterait la mise en œuvre de vantelleries de 3,9 m de hauteur utile. Quel que soit la bouchure envisagée, de telles hauteurs n'entrent pas dans l'optimum économique visé pour ce type d'ouvrage.

D'après les relevés subaquatiques réalisés, il est à noter également la présence d'enrochements de blocométrie 80/100 sur une bande de 10 m en amont immédiat du barrage existant.

Compte-tenu des contraintes techniques rédhibitoires identifiées en aval du barrage, il est envisagé la reconstruction du nouveau barrage en amont du barrage existant.

Afin de rester dans des gammes de hauteurs utiles de bouchure limitées, nous optons pour une reconstruction du nouveau barrage à environ 25 m en amont du barrage existant. Cette implantation permet de conserver un seuil relativement haut aux alentours de la cote 38,5 m NGF, tout en se dégageant de la zone de vestiges/enrochements identifiée en amont immédiat du barrage existant pouvant gêner la réalisation du nouvel ouvrage.

5.3.2. Nombre de passes du nouveau barrage

Sur la base de l'analyse hydraulique et hydrologique réalisée, il ressort que la dissymétrie du barrage existant contraint fortement les débitances de l'Aisne en phase de batardage travaux et de maintenance.

Néanmoins, au vu des dimensions générales du barrage, il est possible d'envisager la réalisation des travaux sur deux saisons, évitant ainsi le surcoût lié à une amenée et repli supplémentaire de matériel lors d'une troisième saison.

Le nombre de passes du radier sera donc pair, autorisant ainsi l'obstruction de la moitié de la largeur de l'Aisne en phase travaux et en phase de maintenance.

5.3.3. Système de fondation du nouveau barrage

L'analyse géotechnique du site a montré la présence d'un substratum sableux à faible profondeur, soit 3 à 4 m sous le fond bathymétrique de la zone du barrage existant.

Ce substratum très compact peut présenter par endroit des perméabilités relativement élevées de l'ordre de 10^{-4} m/s. Cette configuration lithologique est propice à l'apparition d'écoulements et d'instabilités hydrauliques dans les sols de fondation car :

- Le caractère compact des sables limite la possibilité d'y ancrer des ouvrages de batardage étanches type rideaux de palplanches,
- Sans écran d'étanchéité, les écoulements sont favorisés dans des sables de perméabilité élevée.

A ce stade de l'étude, et conformément aux recommandations du bureau d'étude géotechnique HYDROGEOTECHNIQUE, le système de fondation sera donc 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 batardée.

5.3.4. Radier du nouveau barrage

Le radier doit permettre :

- La fixation inférieure des systèmes de bouchures et reprise des efforts engendrés,
- La réception des batardeaux amont et aval de maintenance tout en garantissant la circulation piétonne dans l'emprise batardée,
- La réception de la bouchure en position affalée sans créer d'obstacle à l'écoulement hydraulique,
- La dissipation de l'énergie hydraulique en aval de la lame déversante,
- Dans le cas de bouchures gonflables : La réception de l'ensemble des conduites d'alimentation en eau ou en air et de purge des bouchures.

La dimension du radier doit garantir la stabilité de l'ouvrage en toute situation (durable, transitoire, accidentelle) vis-à-vis de la flottaison, du glissement, du renversement, du poinçonnement et de l'érosion interne.

Par ailleurs, la présence d'une fosse d'affouillement importante en aval du barrage existant est symptomatique de la propension à l'érosion des sols dans la zone. La problématique de la dissipation de l'excédent d'énergie créé au droit de la chute du barrage doit donc être prise en compte dès le stade des études préliminaires.

Pour les barrages mobiles en rivière, l'énergie doit être dissipée au droit d'un « bassin » à fond plat, en aval de la chute. Le fond du bassin doit être réalisé en béton armé pour pouvoir supporter les efforts et la capacité d'érosion de la veine fluide.

Le bassin de dissipation doit présenter une longueur suffisante pour contenir le ressaut, et une profondeur permettant de « noyer » le ressaut.

Le dimensionnement précis du ressaut hydraulique et donc du bassin de dissipation, nécessite toutefois l'établissement d'une loi hauteur débit précise et le recours à une modélisation hydraulique fine au droit du barrage.

Compte-tenu de l'absence de modélisation hydraulique à ce stade et de l'éventail des solutions étudiées présentant chacune une loi hauteur débit propre, la dimension du bassin de dissipation est définie sur la base d'une expertise hydraulique qui tient compte non seulement des propriétés géométriques estimées du ressaut mais également des propriétés des sols en place et des protections hydrauliques complémentaires prévues.

Le seuil du radier doit être calé en altimétrie de façon à ce que le ressaut ne soit pas chassé vers l'aval pour l'ensemble des débits, ainsi l'énergie ne sera jamais entièrement dissipée sur le lit et les berges de la rivière, mais au moins en partie et de façon contrôlée sur le bassin en béton armé.

Le bassin doit au moins pouvoir dissiper au mieux l'énergie des ressauts forts rencontrés pour les faibles débits et donc les hautes chutes.

Dans tous les cas de figure un lit d'enrochement protégera le lit de la rivière en aval du barrage.

Au vu de ces considérations et à ce stade de l'étude, la géométrie du radier est fixée comme suit quel que soit le système de bouchure envisagé :

- 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 batardée mise à sec,
- Profondeur minimale du bassin de dissipation : 70 cm,
- Longueur minimale du bassin de dissipation bétonné : 8,5 m (compter à partir de l'ancrage amont de la bouchure).

La longueur et la profondeur de la partie de radier permettant l'affalement de la bouchure en position affalée dépendent du type de bouchure choisi.

Pour une bouchure clapet et BGVM, l'affalement se fait dans la fosse de dissipation qui présente une profondeur et une longueur suffisante.

Pour une bouchure BGE, l'affalement nécessite de réserver une zone plate sur le radier calée à une altitude de 10 cm sous le niveau du seuil du radier amont et d'une longueur égale à environ 2,5 fois la hauteur utile de la bouchure. Cette ajustement participe à rallonger sensiblement la longueur d'un radier pour BGE par rapport à un radier pour vannes clapets et BGVM.

5.3.5. Devenir de l'existant

Les ouvrages de vantelleries, structures métalliques et organes de manœuvre seront démantelés et mis en décharge.

Les piles du barrage existant seront démolies.

Les culées du barrage existant ainsi que le radier du pertuis seront conservées.

Le radier des passes déversoir sera arasé à la côte du nouveau radier soit sur environ 1,1 à 1,3 m d'épaisseur.

5.3.6. Protections hydrauliques

Quel que soit le type de barrage reconstruit, une protection de berges en enrochements sera aménagée en amont et en aval de l'ouvrage pour résister aux sollicitations hydrauliques engendrées par l'écoulement.

La reconstruction du nouveau barrage en amont de l'existant permet d'envisager une optimisation de la protection en enrochements grâce au maintien du radier existant dans le lit de la rivière.

Des enrochements seront mis en œuvre en fond de lit entre le nouveau radier et le radier existant. Le radier existant jouant ainsi le double rôle de protection du lit contre l'érosion et de parafeuillage gênant le déplacement de la fosse d'affouillement existante vers l'amont.

En amont, le fond du lit de la rivière sera protégé d'enrochements sur une quinzaine de mètres de longueur.

Les berges aval rive gauche seront 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 seront revêtues d'une protection en enrochement sur une quinzaine de mètres.

La protection hydraulique des berges amont rive droite sera garantie par le génie civil de l'ouvrage de franchissement piscicole.

La protection hydraulique des berges aval rive droite sera garantie par un rideau de soutènement en palplanches qui permettra également le maintien d'un tirant d'eau suffisant en entrée de la passe à poissons.

5.3.7. Définition du scénario 3a : vannes clapets

Les caractéristiques générales de l'ouvrage seront les suivantes :

- Implantation : 25 m en amont de l'existant,
- Niveau du seuil radier : 38,6 m NGF,
- Nombre de passes : 4,
- Largeur total de l'ouvrage entre culées : 62,7 m,
- Largeur hydraulique des passes : 15 m,
- Largeur des vannes clapets : 16,2 m,
- Hauteur utile des vannes clapets : 2,3 m,
- Largeur de la pile centrale : 0,3 m variable jusqu'à 0,2 m,
- Largeur des piles de rive recevant l'appui des passerelles : 1,2 m variable jusqu'à 0,2 m,
- Type de batardeau retenu : Poteau H et poutrelles,
- Implantation de la passe à poissons : rive droite,
- Passerelle technique : oui.

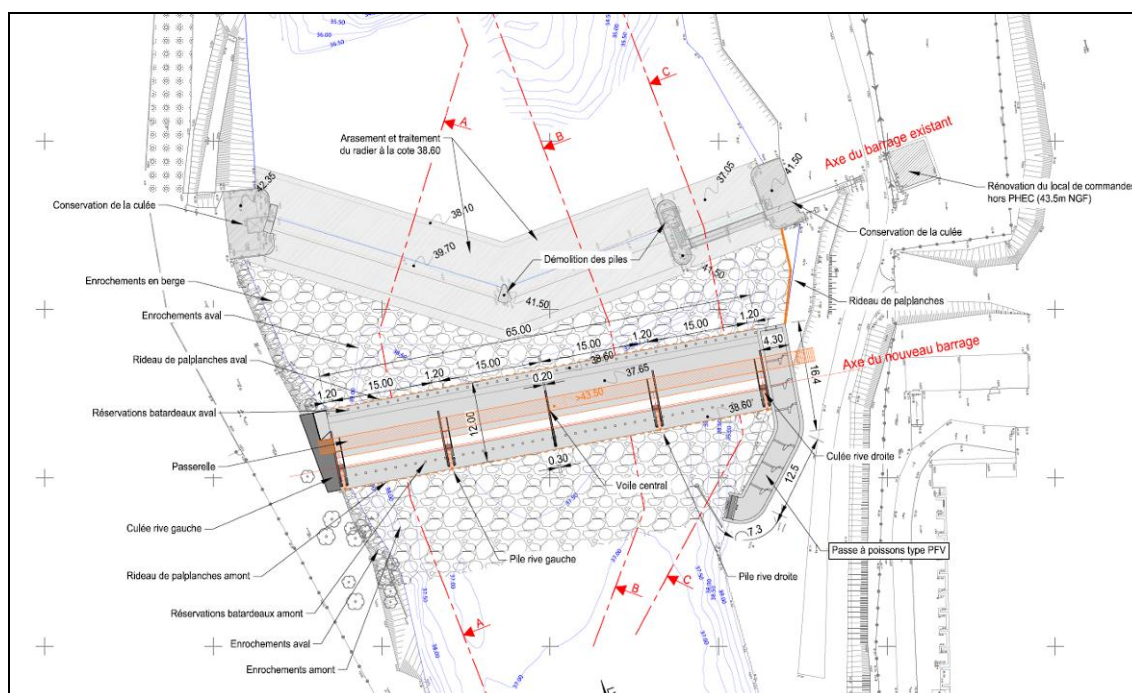


Fig. 52. Construction d'un nouveau barrage à clapets

Pour les hauteurs de chute attendues, la largeur optimale du point de vue technico-économique est estimée de l'ordre de 15 m. Ces largeurs présentent l'avantage de ne nécessiter qu'un seul vérin de manœuvre par clapet. Compte tenu de la géométrie du lit mineur, ces largeurs de clapets nécessiteront la réalisation de 4 passes.

La réalisation d'un barrage à clapets en 2 passes nécessiterait des passes de largeur de l'ordre de 30 m, ce qui est également peu attractif techniquement et économiquement.

Au stade de l'étude préliminaire, il est jugé plus intéressant d'opter pour des clapets « courts », ceux-ci offrant plus de souplesse dans l'exécution, la régulation et la maintenance.

Le local technique existant sera rénové pour l'installation des équipements électriques et hydrauliques d'alimentation. Le seuil du local sera calé au-dessus des PHEC.

La forme du radier du barrage permettra l'ancrage et le logement du clapet, ainsi que des appuis inférieurs des batardeaux de maintenance amont et aval. A l'amont et à l'aval, le radier sera équipé de réservations (puits blindés métalliques scellés dans le béton armé) 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.

A l'aval de l'axe d'articulation des clapets, un bassin de dissipation (= à la longueur de la fosse de logement du clapet + distance supplémentaire permettant de piéger le ressaut hydraulique) sera prévu. Ce bassin permettra de dissiper l'énergie de la nappe déversante pour les faibles et moyens débits. Au-delà, il n'est pas intéressant de chercher à dissiper le ressaut hydraulique par un radier en béton armé compte-tenu de la création d'un « matelas hydraulique » en aval suite au rehaussement de la ligne d'eau et des longueurs de dissipation nécessaires (>10m). L'aval radier sera protégé des risques d'affouillements par la mise en œuvre d'enrochements.

Les piles et culées auront pour fonctions :

- D'assurer l'étanchéité entre deux clapets ou un clapet et la berge,
- De permettre l'appui du vérin (ou des vérins) de manœuvre du clapet,
- De servir d'appui de la passerelle d'exploitation,
- De recevoir le dispositif de batardage de maintenance.

Pour des raisons architecturales mais aussi compte-tenu des contraintes de phasage travaux, notamment lors du batardage de la moitié rive droite du barrage, n'autorisant qu'un débit limité transitant par la grande passe déversoir, nous avons opté pour la mise en place de structures mixte acier-béton, en partie préfabriquées en atelier afin d'autoriser une mise en œuvre rapide sur chantier.

Deux types de piles et culées ont été conçus :

- **Un type de pile ou culée permettant l'appui d'un vérin et de passerelle** qui comprend :
 - Un massif en béton armé en amont, d'épaisseur 1,2 m assurant l'ancrage des structures aciers et recevant les rainures de batardeage amont,
 - Une 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. La structure métallique est centrée sur le génie civil assurant ainsi la protection de la tige du vérin contre les chocs de corps flottants. L'accroche vérin est située au-dessus des PHEC.
 - Une structure composé de 2 tôles parallèle en acier d'épaisseur 5 cm, ancrées dans le génie civil de la pile et recevant l'appui de la passerelle de service permettant l'accès piéton aux organes de manœuvre des clapets. La structure de la passerelle est calée au-dessus des PHEC.
 - Un voile mixte béton-acier en aval d'épaisseur 0,2 m assurant l'étanchéité des clapets et permettant le raccordement du batardeau de maintenance aval.
- **Un type de pile ne recevant aucun appui** qui comprend :
 - Un voile amont en béton armé d'épaisseur 0,3 m recevant les rainures de batardeage amont,
 - Un voile mixte béton-acier en aval d'épaisseur 0,2 m assurant l'étanchéité des clapets et permettant le raccordement du batardeau de maintenance aval.

5.3.8. Définition du scénario 3b : BGVM

Les caractéristiques générales de l'ouvrage seront les suivantes :

- Implantation : 25 m en amont de l'existant,
- Niveau du seuil radier : 38,6 m NGF,
- Nombre de passes : 2,
- Largeur total de l'ouvrage entre culées : 61 m,
- Largeur hydraulique des passes : 30 m,
- Largeur des vannes : 5 x 6 éléments de 6 m obturant 30 m sur chaque passe,
- Hauteur utile des vannes BGVM : 2,3 m,
- Largeur de la pile centrale : 1 m,
- Type de batardeau retenu : Poteau H et poutrelles,
- Implantation de la passe à poissons : rive droite,
- Passerelle technique : non.

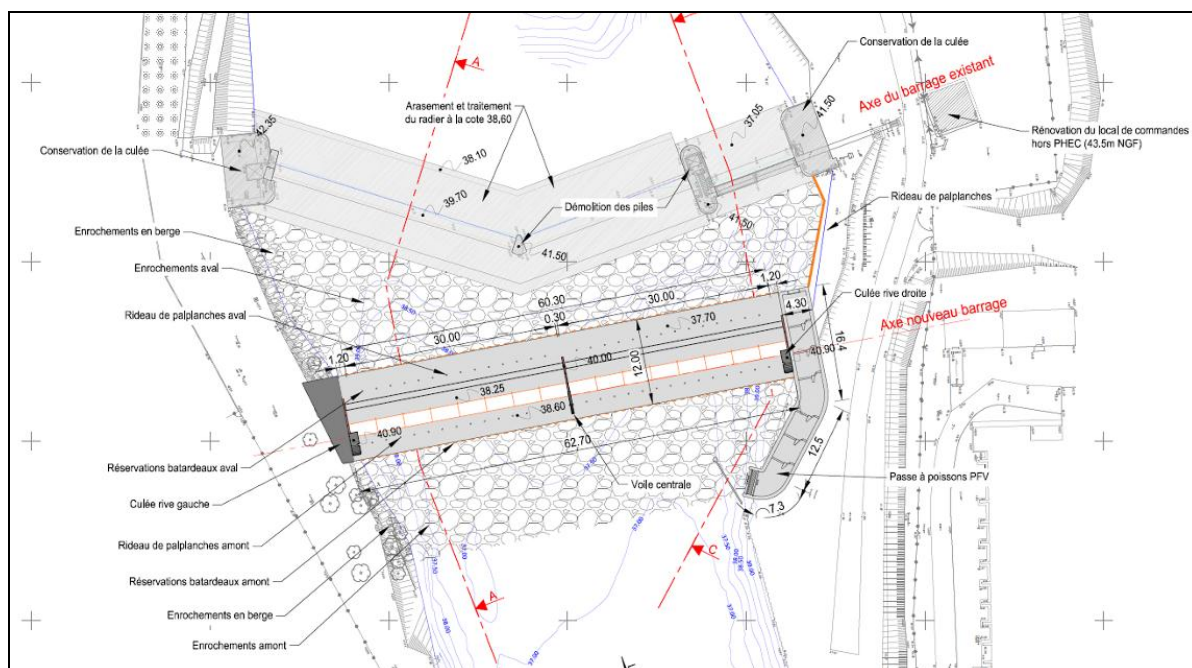


Fig. 53. Construction d'un nouveau barrage à BGVM

La bouchure BGVM est présentée par modules de largeur constante. Pour les hauteurs de chute attendues, la largeur optimale du point de vue technico-économique est estimée à 6 m.

La largeur des passes est donc conçue comme multiple de modules de largeur 6 m.

Pour des raisons de batardage en phase de travaux et en phase chantier, l'ouvrage doit au moins comporter une pile centrale pour le raccordement des batardeaux et le maintien de l'écoulement sur au moins la moitié de la largeur de l'Aisne.

La configuration physique du site oriente vers des passes de largeur 30 m.

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

Pour des raisons architecturales, la pile centrale sera constituée d'une voile amont en béton armé d'épaisseur 30 cm qui recevra les rainures à batardeau et d'un voile aval mixte acier-béton d'épaisseur maximale 20 cm qui assurera l'étanchéité latérale des volets métalliques.

Les culées présenteront une largeur de 1 m et comprendront :

- Une surface courbe sur sa face amont pour recevoir le batardeau individuel des volets, et des rainures en amont et aval recevant les poutrelles du batardeau de la passe,
- Une résine pour les surfaces en contact avec les joints d'étanchéité latéral des volets,
- Une plateforme.

La forme du radier permettra l'ancrage et le logement du volet et de la baudruche, ainsi que des appuis inférieurs des batardeaux de maintenance amont et aval. A l'aval, le radier sera équipé de réservations (puits blindés métalliques scellés dans le béton armé) 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.

Le radier recevra l'ensemble des conduites d'alimentation et de purge d'air.

Le local technique existant sera rénové pour l'installation des équipements électriques et pneumatiques d'alimentation. Le seuil du local sera calé au-dessus des PHEC.

5.3.9. Définition du scénario 3c : BGE

Les caractéristiques générales de l'ouvrage seront les suivantes :

- Implantation : 25 m en amont de l'existant,
- Niveau du seuil radier : 38,4 m NGF,
- Nombre de passes : 2,
- Largeur total de l'ouvrage entre culées : 62 m,
- Largeur hydraulique des passes : 28 m,
- Largeur des BGE : 28 m,
- Hauteur utile des BGE : 2,5 m,
- Largeur de la pile centrale : 3,14 m,
- Type de batardeau retenu : Poteau H et poutrelles,
- Implantation de la passe à poissons : rive droite,
- Passerelle technique : non.

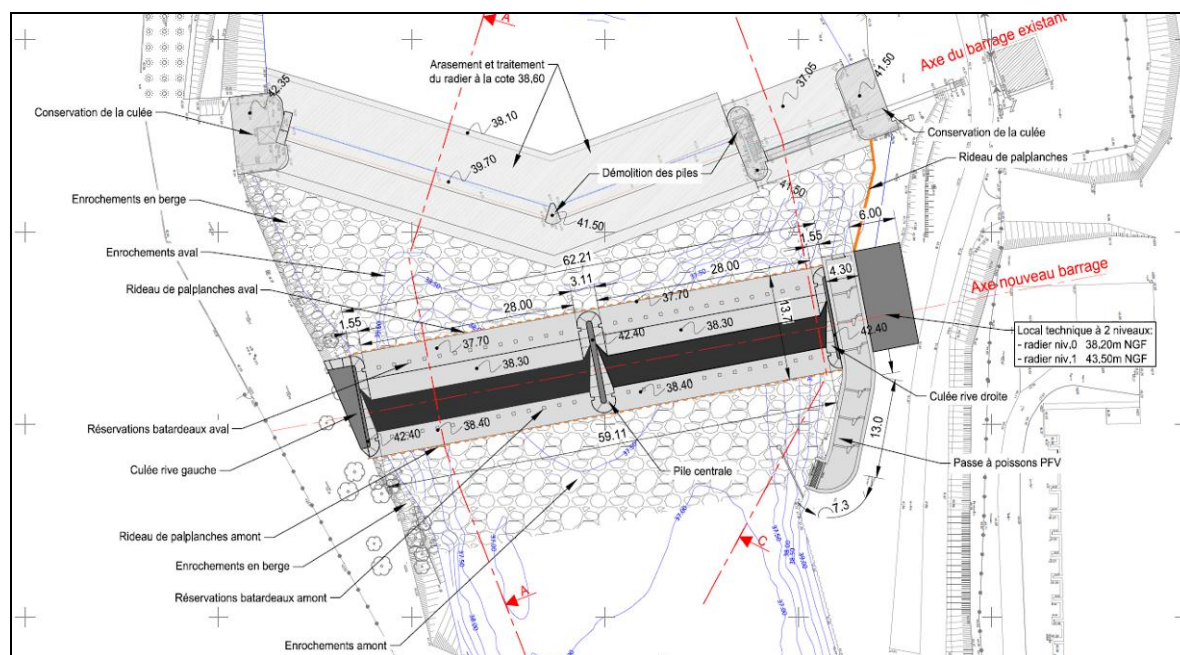


Fig. 54. Construction d'un nouveau barrage à BGE

Contrairement à une bouchure « BGVE », la bouchure type « BGE » n'est pas contrainte en largeur par une logique de standardisation des baudruches.

Pour des raisons de batardage en phase travaux et en phase chantier, l'ouvrage doit cependant au moins comporter une pile centrale pour le raccordement des batardeaux et le maintien de l'écoulement sur au moins la moitié de la largeur de l'Aisne.

Les parements de pile et culée reçoivent les ancrages latéraux des bouchures gonflables tout en assurant leur étanchéité. Elles reçoivent également les rainures de batardage de maintenance en amont et en aval.

Les parements de piles et culées doivent être inclinés selon une pente de 1H/3V. Cette inclinaison du parement permet d'éviter la formation de plis et de fuites au niveau du raccordement de la bouchure sur le génie civil

Outre l'inclinaison des parements de pile et de culées, la principale particularité du barrage BGVM réside dans le fait que les organes de manœuvre du barrage sont centralisés dans le local technique qui doit se situer impérativement dans une des deux culées de l'ouvrage. Aucun organe de manœuvre n'est implanté sur la pile.

Le local technique sera placé au niveau de la culée rive droite plus facilement accessible.

Le local technique présentera un sous-sol abritant les organes de régulation, dont le radier est calé sensiblement plus-bas que le niveau du radier existant et un étage abritant les équipements de contrôle commande dont le radier est calé au-dessus des PHEC.

Compte-tenu des disponibilités foncières limitées en rive droite et de la présence d'un chemin de service, une réduction de la largeur des passes du barrage à 28 m est nécessaire pour permettre l'implantation du local technique sans obstruer le passage en rive droite. Cette réduction de la largeur des passes nécessite un abaissement du radier à la côte 38,4 m NGF, soit 20 cm sous les radiers des bouchures clapets et BGVM.

La forme du radier de la bouchure BGE permettra l'ancrage et le logement de la baudruche. A l'amont et à l'aval, le radier sera équipé de réservations (puits blindés métalliques scellés dans le béton armé) 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.

Le radier recevra l'ensemble des conduites d'eau et de purge d'air des bouchures.

5.3.10. Batardeaux de maintenance

Compte-tenu des hauteurs d'eau à prévoir au-dessus du radier des ouvrages en phase de batardage en amont et en aval (< 2,5 m), il est proposé de mettre en œuvre un système à poteaux H et poutrelles.

Des réservations seront réalisées dans le radier et les parements des piles et culées.

5.3.11. Passerelle de service

5.3.11.1. POUR LA SOLUTION CLAPET

Les portées entre appuis seront de l'ordre de 15 m, cela permet de rester dans le domaine d'une structure métallique légère en cas de maintien d'un accès exclusif piétonnier réservé à l'exploitant.

Les solutions de passerelles envisageables sont présentées dans la notice architecturale jointe en annexe du présent rapport.

5.3.11.2. POUR LA SOLUTION BVGM / BGE

Une passerelle de service n'est pas essentielle à ces solutions travaux. En effet, sa seule fonction sera de permettre le passage de rive en rive, ce qui n'est pas souhaité dans le cadre du programme.

5.3.12. Aménagements connexes

Les aménagements connexes seront notamment liés au modelage des berges immédiates amont / aval au barrage, avec un impact fort du choix du type de passe à poisson sur l'aménagement nécessaire au droit du quai existant en amont rive droite du barrage.

Au stade de l'étude préliminaire, il est proposé de mettre en œuvre un ouvrage type PFV ou RMR, motorisée et asservie, qui se situera en arrière de la culée droite du nouveau barrage.

5.3.13. Description sommaire et phasage des travaux

Les travaux se dérouleront en 2 saisons, de mai à novembre sur 2 années consécutives.

Pour chaque saison, les travaux du barrage respecteront les principes suivants :

- 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 œuvre du bouchon étanche de fond de fouille : béton immergé ancré,
- Pompage et maintien à sec de l'enceinte batardée,
- Mise en œuvre du radier, des piles et des culées de l'ouvrage en béton armé,
- Pose des éléments de vantellerie et organes de manœuvre,
- Recépage des palplanches de batardage sous eau,
- Mise en œuvre de protections en enrochements libres en fond de lit et sur les talus, en amont et en aval.

Le planning enveloppe des travaux est le suivant pour l'ensemble des scénarios de restauration :

	Année 1												Année 2											
	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec
Travaux de saison 1																								
Installations de chantier et travaux préparatoires																								
Réalisation du batardeau de chantier																								
Terrassements et Génie civil du barrage																								
Vantellerie et commande																								
Aménagements des abords																								
Retrait du batardeau et Repliement de chantier																								
Travaux de saison 2																								
Installations de chantier et travaux préparatoires																								
Réalisation du batardeau de chantier																								
Terrassements et Génie civil du barrage																								
Génie civil et terrassement de la passe à poissons																								
Vantellerie et commande																								
Aménagements des abords																								
Retrait du batardeau et Repliement de chantier																								

Fig. 55. Planning enveloppe des travaux pour l'ensemble des scénarios de restauration

6. ANALYSE COMPARATIVE DES SCENARIOS

6.1. ELEMENTS DE COMPARAISON FINANCIERE

6.1.1. Rappel des enveloppes financières de VNF et hypothèses

Les enveloppes financières prévues au programme par le maître d'ouvrage sont les suivantes :

- Cout prévisionnel du scénario 1 : 3 100 000 € HT,
- Cout prévisionnel du scénario 2 : 4 500 000 € HT,
- Cout prévisionnel du scénario 3 : 7 200 000 € HT,
- Cout prévisionnel de la passerelle piétonne de service : 800 000 € HT.

Ces coûts ont été établis à la date du mois d'avril 2012 sur la base du diagnostic de BRLI de 2011.

Ces coûts ne concernent que les travaux.

L'analyse financière d'ARTELIA se basera sur l'estimation d'un coût d'investissement global pour VNF calculé comme suit.

$$\begin{aligned} & \text{Coût global d'investissement} \\ & = \\ & \text{Coût de construction (investissement ponctuel initial)} \\ & + \\ & \text{Coût d'entretien / GER (lissé sur la vie de l'ouvrage)} \end{aligned}$$

6.1.2. Enveloppes financières des coûts de construction

L'estimation du coût de construction du projet est basée sur les éléments suivants :

- Base de données de prix d'ordre d'ARTELIA, établie suite à l'analyse de travaux similaires,
- Récentes consultations lancées par VNF pour des travaux semblables.

Sur la base des récents appels d'offres lancées pour des travaux de construction d'ouvrages fluviaux, l'estimation des frais généraux, d'installations et repliements de chantier est évaluée à 20 % du prix total des travaux.

Les ordres de prix connus et analysés, associées aux quantités principales des grands postes de travaux permettent de définir les estimations partielles hors aléas des parties d'ouvrage présentées dans le tableau ci-après.

Enveloppes financières des postes de travaux hors aléas en € HT	S1	S2a	S2b	S3a	S3b	S3c
<i>Frais généraux - travaux préparatoires</i>	640 000,00 €	700 000,00 €	760 000,00 €	1 110 000,00 €	1 050 000,00 €	1 210 000,00 €
<i>Démolitions et démantèlements</i>	50 000,00 €	50 000,00 €	110 000,00 €	280 000,00 €	280 000,00 €	280 000,00 €
<i>Batardeau de chantier réalisé sur 2 saisons</i>	590 000,00 €	590 000,00 €	590 000,00 €	740 000,00 €	740 000,00 €	740 000,00 €
<i>Terrassements et génie civil du barrage</i>	340 000,00 €	340 000,00 €	460 000,00 €	1 320 000,00 €	1 080 000,00 €	1 320 000,00 €
<i>Vantellerie du barrage</i>	570 000,00 €	830 000,00 €	860 000,00 €	950 000,00 €	950 000,00 €	1 130 000,00 €
<i>Batardeaux de maintenance</i>	340 000,00 €	340 000,00 €	340 000,00 €	250 000,00 €	280 000,00 €	280 000,00 €
<i>Protections hydrauliques en enrochements amont et aval</i>	420 000,00 €	420 000,00 €	420 000,00 €	420 000,00 €	420 000,00 €	420 000,00 €
<i>Contrôle - commande des ouvrages</i>	100 000,00 €	100 000,00 €	130 000,00 €	250 000,00 €	250 000,00 €	250 000,00 €
<i>Rénovation ou reconstruction du local technique et finitions des abords de l'ouvrage</i>	130 000,00 €	130 000,00 €	130 000,00 €	200 000,00 €	200 000,00 €	400 000,00 €
Passerelle de service	600 000,00 €	600 000,00 €	600 000,00 €	500 000,00 €	- €	- €
Passe à poissons PFV						710 000,00 €
Passe à poissons RMR						760 000,00 €

Tabl. 12 - Estimation financière des postes de construction des ouvrages hors aléas

Un aléa financier est intégré sur ces prix au stade des études préliminaires afin de prendre en compte :

- Le coût des imprévus sur la conception des ouvrages à ce stade préliminaire d'étude, notamment du fait d'études hydrauliques à développer et de données géotechniques à préciser au droit du futur ouvrage choisi,
- Le décalage temporel et possibles évolutions du contexte économique entre la présente étude et la consultation des entreprises,
- Le coût des imprévus sur les travaux d'exécution de l'ouvrage, notamment liés aux sujétions relatives à la fondation de l'ouvrage (purgés de la fondation, etc.) et du batardeau de chantier,
- La faible mise en concurrence lors de l'appel d'offre publique et le faible retour d'expérience sur les bouchures type BGVM et BGE peuvent entraîner une disparité non maîtrisée sur le coût de l'ouvrage.

Aussi, nous choisissons de considérer les taux d'aléas suivants pour les différents scénarios :

- 20 % pour les scénarios 1 et 2 compte-tenu du caractère aléatoire d'une reconstruction sur un ouvrage ancien (qualité et géométrie des parties invisibles difficilement appréciable),
- 20 % pour les scénarios 3 de mise en œuvre de bouchures gonflables pour tenir compte du faible retour d'expérience sur ces ouvrages et de la faible mise en concurrence des entreprises lors de l'appel d'offre,
- 15 % pour le scénario 3 à vannes clapets qui présente le moins d'aléas compte-tenu de la reconstruction de l'ouvrage dans un environnement relativement « vierge » et de la bonne maîtrise des coûts pour ce type de vannes.

Sur la base des taux d'aléas considérés, les enveloppes financières globales des coûts de travaux de chaque scénario sont les suivantes :

	Scénarios	Aléa considéré	Enveloppe financière € HT
Scénario 1	<i>S1 + PFV</i>	20%	4 668 000,00 €
	<i>S1 + PFV + Passerelle</i>	20%	5 388 000,00 €
	<i>S1 + RMR</i>	20%	4 728 000,00 €
	<i>S1 + RMR + Passerelle</i>	20%	5 448 000,00 €
Scénario 2	<i>S2a + PFV</i>	20%	5 052 000,00 €
	<i>S2a + PFV + Passerelle</i>	20%	5 772 000,00 €
	<i>S2a + RMR</i>	20%	5 112 000,00 €
	<i>S2a + RMR + Passerelle</i>	20%	5 832 000,00 €
	<i>S2b + PFV</i>	20%	5 412 000,00 €
	<i>S2b + PFV + Passerelle</i>	20%	6 132 000,00 €
	<i>S2b + RMR</i>	20%	5 472 000,00 €
	<i>S2b + RMR + Passerelle</i>	20%	6 192 000,00 €
Scénario 3	<i>S3a + PFV + Passerelle</i>	15%	7 739 500,00 €
	<i>S3a + RMR + Passerelle</i>	15%	7 797 000,00 €
	<i>S3b + PFV</i>	20%	7 152 000,00 €
	<i>S3b + RMR</i>	20%	7 212 000,00 €
	<i>S3c + PFV</i>	20%	8 088 000,00 €
	<i>S3c + RMR</i>	20%	8 148 000,00 €

Tabl. 13 - Enveloppes financières globales pour la construction des ouvrages

Les enveloppes financières prévues pour le scénario 1 dépassent de 50 % les prévisions du programme VNF (elles-mêmes basées sur le diagnostic de BRLi), hors option de réalisation de la passerelle de service.

Ce surcoût s'explique principalement par le fait que BRLi n'a pas considéré la mise en œuvre d'un dispositif de batardage de maintenance dans sa proposition de réhabilitation de l'existant.

Ceci engendre un surcoût d'une part sur la fourniture des éléments de batardage, mais surtout et principalement sur l'adaptation du batardage de chantier et du génie civil du barrage existant pour la mise en œuvre des réservations de batardeaux.

Les enveloppes financières prévues pour le scénario 2 dépassent de 12 à 20% les prévisions du programme VNF, selon la technologie de bouchure choisie pour le pertuis, et hors option de réalisation de la passerelle de service.

De la même manière que pour le scénario 1, ce surcoût s'explique par le fait que le dispositif de batardage de maintenance n'avait pas été intégré sur ce scénario par BRLi dans son diagnostic.

Il est également à noter une probable sous-estimation des quantités d'enrochements à mettre en œuvre en amont et en aval du barrage au stade du diagnostic pour les scénarios 1 et 2. BRLi prévoyait la mise en œuvre d'enrochements de protection de l'aval radier selon une bande de 2 m de large alors que, conformément au programme de mission, la présente étude prévoit de disposer des enrochements sur plusieurs dizaines de mètres en berges et fond de lit en amont et en aval du barrage.

L'évolution des enveloppes financières prévues pour le scénario 3 par rapport au programme VNF est la suivante :

- + 7% pour la solution clapets (Scénario 3a).
- 0% pour la solution BGVM (Scénario 3b).
- + 13% pour la solution BGE (Scénario 3c).

Les surcoûts s'expliquent principalement par le fait que la section hydraulique du barrage a été sensiblement augmentée au stade de l'étude préliminaire par rapport aux considérations du diagnostic de BRLi.

Le diagnostic de BRLi avait projeté un barrage à 3 passes hydrauliques d'une largeur totale de **72 m** avec un seuil de radier calé au niveau 39,50 IGN 69, soit une hauteur de bouchure de 1,5 m.

Les calculs hydrauliques réalisés au stade de l'étude préliminaire par ARTELIA ont montré que le dimensionnement hydraulique considéré par BRLi ne garantissait pas une section d'écoulement du nouveau barrage suffisante pour répondre à l'exigence de non aggravation des phénomènes de crue.

Enfin, il est à noter que le comblement de la fosse d'affouillement n'a pas été chiffré à ce stade de l'étude. La mise en place de rideaux parafoilles amont/aval ainsi que la pose d'un lit d'enrochements dans la zone du barrage doivent permettre de sécuriser l'ouvrage vis-à-vis des affouillements.

A titre d'information, le montant des travaux pour le comblement de la fosse d'affouillement s'élèverait à environ 1 000 000 € HT.

6.1.3. Enveloppes financières des coûts de maintenance

Les opérations de maintenance visent à permettre le respect des durées de vie des ouvrages fixées au programme. Ces opérations sont à réaliser pendant toute la durée de vie de l'ouvrage.

Au-delà des durées de vie attendues, les ouvrages seront à remplacer ou à reconstruire à la fin de leur durée de vie prévisionnelle.

Conformément à la circulaire X 60 -10 de décembre 94, nous distinguons les opérations de maintenance suivantes :

- Les inspections et entretiens courants réalisés au quotidien par le personnel exploitant. Ces opérations correspondent aux niveaux de maintenance 1 et 2,
- La visite technique approfondie réalisée tous les 10 ans sur un ouvrage batardé et mis à sec. Cette visite a lieu tous les 10 ans et doit être réalisée par des ingénieurs qualifiés. Cette opération correspond au niveau de maintenance 3,
- Les opérations de gros entretiens réalisées lors de la mise à sec décennale de l'ouvrage ou en eau lorsque cela est possible. Ces opérations correspondent au niveau de maintenance 4. Il s'agit :
 - Des recharges en enrochements,
 - Ragréage du génie civil mis à sec,
 - Remise en peinture des structures métalliques,
 - Restauration des organes de manœuvres.
- Le renouvellement des ouvrages et équipements. Ces opérations correspondent au niveau de maintenance 5 et sont réalisées à la fin de la durée de vie de l'équipement.

Le tableau suivant présente les hypothèses prises au stade des études préliminaires sur la nature et la périodicité des opérations de maintenance des différentes parties d'ouvrage

	Niveaux de maintenance (circulaire du 12/1994)	Période de l'opération
Opérations de maintenance du barrage		
Visites techniques approfondies	3	<i>10 ans</i>
Génie civil		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>hebdomadaire</i>
Contrôle bathymétriques topographiques	2	<i>10 ans</i>
Ragréages du génie civil mis à sec	4	<i>20 ans</i>
Recharges en enrochements	4	<i>30 ans</i>
Vantellerie métallique		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>hebdomadaire</i>
Remise en peinture des bouchures et restauration des fixations	4	<i>30 ans</i>
Restauration des organes de manœuvre	4	<i>20 ans</i>
Remplacement complet des vannes et organes de manœuvres	5	<i>50 ans</i>
Vantellerie gonflable		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>hebdomadaire</i>
Restauration des organes de manœuvre	4	<i>20 ans</i>
Remplacement complet	5	<i>30 ans</i>
Local technique et contrôle commande		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>hebdomadaire</i>
Ragréages	4	<i>20 ans</i>
Renouvellement du Contrôle - Commande	5	<i>25 ans</i>
Renouvellement du jeu de batardeau de maintenance	5	<i>50 ans</i>
Restauration de la passerelle de franchissement	4	<i>30 ans</i>
Passe à fentes verticales		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>hebdomadaire</i>
Ragréages du génie civil mis à sec	4	<i>20 ans</i>
restauration vantellerie et organes de manœuvre	4	<i>20 ans</i>
Renouvellement de la vantellerie et organes de manœuvres	5	<i>50 ans</i>
Rampe à macro-rugosité		
Inspections et entretiens courants	1 et 2	<i>bi-mensuel</i>
Ragréages du génie civil mis à sec	4	<i>20 ans</i>
Restauration de la vantellerie et organes de manœuvre	4	<i>20 ans</i>
Renouvellement de la vantellerie et organes de manœuvres	5	<i>50 ans</i>

Tabl. 14 - Niveaux et périodicités des opérations de maintenance

Les opérations courantes d'inspections et entretiens auront la même teneur quel que soit le type de scénario retenu.

Le coût des VTA sera sensiblement plus élevé pour les scénarios 1 et 2 compte-tenu des contraintes de batardage supplémentaires engendrées par la dissymétrie des passes.

Les opérations de gros entretiens (niveau 4) seront différentes d'un scénario à l'autre.

Les recharges en enrochement seront plus importantes dans le cas des scénarios 1 et 2. Ces scénarios maintiennent en effet le génie civil existant qui a participé à la création d'une fosse d'affouillement et nécessite son comblement régulier dans le temps. Dans le cas du scénario 3, le seuil d'écoulement est abaissé afin de limiter les phénomènes d'affouillement. De plus, les enrochements aval du barrage seront confinés entre le nouveau et l'ancien radier.

Comme pour les coûts de construction, il est précisé que le comblement de la fosse d'affouillement n'a pas été chiffré dans les opérations de maintenance. La mise en place de rideaux parafoilles permanents en amont et en aval du barrage ainsi que des recharges régulières en enrochements dans la zone de l'ouvrage doivent permettre de le sécuriser vis-à-vis des affouillements.

Il est rappelé que le coût du comblement de la fosse d'affouillement s'élèverait à environ environ 1 000 000 € HT.

Les opérations de ragréages du génie civil seront plus importantes dans le cas des scénarios 1 et 2. La structure du barrage existant présente en effet plus de surface que celle du nouveau barrage reconstruit dans le cadre du scénario 3. De plus, malgré son ragréage, un parement de constitution ancienne est maintenu dans les scénarios 1 et 2 alors qu'un génie civil neuf en béton armé plus durable est réalisé dans le scénario 3.

La remise en peinture des structures métalliques ne concerne que les scénarios 1, 2 et 3a. Cette opération sera plus lourde dans le cas du scénario 1 qui conservera une structure ancienne de clapet et qui nécessitera plus de travaux de réparation qu'une structure neuve.

Compte-tenu de la durée de vie limitée des bouchures gonflables (30 ans), le renouvellement complet des bouchures BGVM ou BGE sera en moyenne plus coûteux que celui des clapets dont la durée de vie est de 50 ans.

Enfin, l'entretien du local technique engendrera plus de frais dans le cas du scénario 3c de bouchures BGE, qui impose la construction d'un local deux fois plus grand que pour les autres scénarios.

Sur la base de ces considérations, le bilan des enveloppes financières allouées aux opérations annuelles de maintenance est présenté dans le tableau suivant pour chaque scénario.

Enveloppes financières des coûts de maintenance annuelle en € HT		
Scénario 1	<i>S1 + PFV</i>	205 000,00 €
	<i>S1 + PFV + Passerelle</i>	215 000,00 €
	<i>S1 + RMR</i>	198 000,00 €
	<i>S1 + RMR + Passerelle</i>	208 000,00 €
Scénario 2	<i>S2 + PFV</i>	198 000,00 €
	<i>S2 + PFV + Passerelle</i>	208 000,00 €
	<i>S2 + RMR</i>	192 000,00 €
	<i>S2 + RMR + Passerelle</i>	202 000,00 €
Scénario 3	<i>S3a + PFV + Passerelle</i>	178 000,00 €
	<i>S3a + RMR + Passerelle</i>	172 000,00 €
	<i>S3b + PFV</i>	178 000,00 €
	<i>S3b + RMR</i>	172 000,00 €
	<i>S3c + PFV</i>	186 000,00 €
	<i>S3c + RMR</i>	179 000,00 €

Tabl. 15 - Enveloppes financières des opérations de maintenance

6.1.4. Bilan financier comparatif des solutions

Du point de vue des coûts de construction, le scénario 1 est celui qui engendrera le moins d'investissements, bien que ces derniers soient nettement supérieurs à ceux prévus par le programme de VNF.

Par rapport au scénario 1, les coûts de construction du scénario 2 augmentent de 8% en cas de conservation de vannes levantes sur le pertuis (scénario 2a) et de 16% en cas de mise en place d'une vanne clapet (scénario 2b).

Dans le cas d'une reconstruction complète du barrage, les coûts d'investissement augmentent en moyenne de 30 à 50% par rapport à une réutilisation du génie civil existant, selon la technologie de bouchure employée.

Parmi les différents scénarios de reconstruction, celui utilisant la technologie de bouchure BGVM est le plus intéressant économiquement.

Par rapport à un barrage muni de BGVM, un barrage équipé de vannes clapets sera 8% plus cher. Ce surcoût est dû à la nécessité de réaliser une passerelle de service pour accéder aux organes de manœuvre du barrage clapet.

Un barrage à BGE sera lui 13% plus coûteux qu'un barrage à BGVM. Cet écart est dû à un génie civil plus important sur le barrage à BGE qui comprend des piles et culées à parements inclinés, un radier plus long pour permettre l'affalement de la baudruche et un local technique plus imposant recevant les puits de manœuvre au droit de la culée de rive.

Dans le cas du barrage de Villeneuve Saint-Germain, les contraintes de disponibilités foncières imposent l'abaissement du niveau du seuil du radier recevant la BGE, afin de réduire la largeur totale de l'ouvrage et permettre l'implantation du local technique dans la culée. Cet abaissement du radier engendre une augmentation de la hauteur utile de la bouchure gonflable et participe à augmenter sensiblement son coût de fourniture.

Du point de vue des coûts de maintenance des ouvrages, les scénarios 1 et 2 de réutilisation de l'existant seront moins intéressants économiquement que les scénarios de reconstruction à neuf. Un surcoût moyen de maintenance d'environ 15% est à prévoir. En effet, les scénarios 1 et 2 conserveront des structures anciennes dont la surveillance et l'entretien devront être accru pour atteindre les durées de vie visées au programme.

Pour les scénarios de reconstruction du barrage, les frais de maintenance d'un barrage clapet et d'un barrage à BGVM sont équivalents. En revanche, le barrage à bouchures BGE sera économiquement le moins intéressant de ce point de vue compte-tenu du coût de la bouchure à remplacer tous les 30 ans. Le surcoût engendré reste toutefois limité (4%).

6.2. COMPARAISONS DES SOLUTIONS DE REHABILITATION 1, 2A ET 2B

Le scénario 1 présente l'avantage d'être le plus économiquement intéressant grâce à une réutilisation maximale des ouvrages et équipements.

Néanmoins, ces travaux au coût de réalisation limité ne permettent pas de garantir une pérennité des équipements aussi importante que pour des systèmes neufs et nécessite donc des frais de maintenance élevés.

Du point de vue de l'exploitation, la conservation d'une technologie à vannes levantes sur le pertuis entraîne une régulation du niveau d'eau amont moins fine qu'une vanne clapets. L'affalement d'une vanne levante en mode dégradé est par ailleurs impossible. Par ailleurs, l'accumulation d'embâcle est plus fréquente en amont de vannes fonctionnant en sous verse.

De ce point de vue, le scénario 2b est donc celui garantissant la meilleure gestion hydraulique de l'ouvrage.

Ce scénario engendrera néanmoins une refonte complète du génie civil du radier du pertuis, avec des travaux de reprise important. Il ne présente donc aucun intérêt économique lié à une réutilisation du génie civil existant.

Le faible écart de prix entre le scénario 1 et le scénario 2a, ainsi que la meilleure maîtrise de la durabilité des équipements neufs mis en place, pose le scénario 2a comme étant la solution de réimplantation sur l'existant la plus intéressante d'un point de vue technico-économique.

6.3. COMPARAISONS DES SOLUTIONS DE RECONSTRUCTION 3A, 3B ET 3C

6.3.1. Configuration générale

La solution clapet métallique est une technologie éprouvée et très largement utilisée sur les ouvrages de régulation VNF. Son principal inconvénient réside dans la nécessité de mettre en place une passerelle de service d'accès aux organes de manœuvre directement implantés sur les piles de l'ouvrage.

La technologie BGVM nécessite un certain nombre de bouchures, au minimum une ou deux afin de lever chaque panneau métallique. Le système de gonflage à l'air, outre le fait qu'il nécessite plusieurs bouchures gonflables, nécessite autant de tuyauterie, joints, valves, ce qui peut rendre la mise en œuvre et la gestion de l'installation relativement compliquées, comparativement à un système BGE, dont le nombre d'éléments de structure est moindre, ce qui rend cette dernière technologie plus rustique.

En contrepartie, l'inconvénient lié à la technologie BGE est dû au nombre de bouchures par passe (une seule). En cas de défaut sur une bouchure BGE, celui-ci peut générer la mise hors service d'une passe complète et avoir des conséquences importantes (perte d'un bief / blocage total d'une passe ...), ce qui n'est pas le cas pour un système BGVM (compartmentation de ce système).

6.3.2. Adaptation du génie civil

La technologie clapet nécessite un nombre de piles plus important que les solutions BGVM et BGE de par la limitation de la longueur des clapets. A ce titre, il est prévu la mise en place de 3 piles pour la reconstruction du barrage (scénario 3a). Le « surplus » de génie civil est cependant limité : une des trois piles a pour seul objectif d'assurer l'étanchéité entre l'extrémité des clapets et le parement.

Les technologies BGVM nécessitent moins de superstructure que la technologie clapet, car le nombre de passe est inférieur (2 passes uniquement).

En ce qui concerne la technologie BGE, le local de commande et le système de colonne d'eau assurant la gestion de la pression dans les bouchures doivent être accolés au barrage (en arrière de la culée droite du barrage). Cette technologie induit les modifications suivantes comparativement aux solutions clapet et BGVM :

- La réduction de la largeur cumulée de passage hydraulique de 60 m à 56 m,
- L'abaissement du radier de 20 cm (afin de conserver la même section hydraulique globale),
- Le rehaussement des bouchures de 20cm, de fait afin d'assurer le maintien de la RN amont.

6.3.3. Pérennité / durée de vie du génie civil

Les solutions 3 visent à la reconstruction du barrage. La pérennité du génie civil est donc estimée identique pour les 3 solutions.

6.3.4. Pérennité / durée de vie des bouchures

Le retour d'expérience de plus de 40 ans sur ce type de bouchure permet d'affirmer que la pérennité des bouchures clapet métalliques est assurée (solution 3a).

Le retour d'expérience de sur les bouchures BGE et BGVM est limité. Leur pérennité est moindre que celle d'un clapet métallique. Le programme de mission prend d'ailleurs déjà cet aspect en considération car il n'exige qu'une durée de vie de 30 ans pour des bouchures BGVM et BGE contre 50 ans pour un clapet. De fait, le coût d'entretien et renouvellement des bouchures gonflables sera supérieur à celui d'une bouchure clapet.

6.3.5. Gestion de la RN amont

Les technologies clapets et BGVM permettent de répondre à une gestion fine de la RN amont via l'arase de surverse des panneaux métalliques

Dans le cas d'une technologie BGE, la gestion de la RN amont est bien maîtrisée pour les ouvrages fonctionnant en écoulement de seuil dénoyé. Pour les ouvrages fonctionnant en écoulement noyé, le retour d'expérience est limité et il est probable que la présence d'un niveau d'eau aval eau perturbe la précision de la régulation de la bouchure.

6.3.6. Manœuvre des bouchures en situation d'urgence

- Clapet : manœuvre rapide (15 à 20 minutes),
- BGVM : durée de gonflage rapide (lié à la puissance du compresseur), durée de dégonflage très rapide (air expulsé via l'ouverture des valves),
- BGE : durées de gonflage et dégonflage plus importantes que les deux autres systèmes. Les manœuvres sont gérées via le pompage ou la purge partielle de la colonne d'eau. Pour les volumes de bouchures attendus, le temps de remplissage est estimé à 4h. Celui de vidange est estimé à 3h.

6.3.7. Gestion des crues / gestion en mode dégradé

- Clapet et BGVM : ces technologies permettent de répondre rapidement à une crue soudaine de par la réactivité des systèmes de manœuvre. De plus en cas de coupure électrique, les systèmes peuvent s'effacer de façon autonome :
 - Clapet : via le relâchement du volume d'huile contenu dans la chambre des fûts des vérins,
 - BGVM : par simple ouverture des valves et relâchement du volume d'air des bouchures.
- La technologie BGE a un temps de réaction plus important que les deux autres systèmes. De plus, la contrainte forte de ce système est liée à l'impossibilité d'affaler les bouchures en cas de coupure d'alimentation électrique et en présence d'un niveau aval situé au-dessus du niveau du radier. Dans ce cas, un système de pompage de secours doit être activé afin de vidanger la colonne d'eau de la chambre de vidange. **De ce fait, cette solution ne répond pas au critère de VNF visant à assurer un effacement de la bouchure sans apport d'énergie.**

6.3.8. Alimentation des systèmes de manœuvre

- Clapet : via centrale hydraulique et alimentation électrique constante (ou uniquement alimentation électrique pour des vérins électromécaniques),
- BGVM : nécessite une alimentation constante relative au maintien nécessaire de la pression d'air dans les bouchures. Cette pression à maintenir est de l'ordre de 2 à 3 fois plus élevée que pour un système BGE,
- BGE : c'est la colonne d'eau qui assure la pression dans les bouchures. L'apport en énergie est de ce fait moindre que pour les deux technologies précédentes.

6.3.9. Instrumentation des ouvrages

- Clapet / BGVM : Le relevé de position de l'ouverture des bouchures métalliques s'effectue par inclinomètre. La multiplicité des volets métalliques sur le barrage BGVM peut engendrer des différences d'ouverture légèrement différentes d'un volet à l'autre et donc un report d'information d'ouverture erroné. La solidarisation des volets métalliques entre eux permet de pallier ce problème.
- BGE : Le relevé du degré d'ouverture des bouchures se fait par la mise en place de sondes à l'intérieur des bouchures. Leur accès limité aux périodes de grande maintenance (batardage et mise à sec de la bouchure nécessaires).

6.4. AVIS SUR LE CHOIX DE REUTILISATION OU DE RECONSTRUCTION DU GENIE CIVIL

Pour les scénarios 1 et 2, la garantie d'une durabilité centennale pour un génie civil existant depuis déjà 1840 est problématique. Les sondages géotechniques n'ont pu être réalisés correctement au sein du génie civil existant compte-tenu des contraintes de navigation à l'amont du barrage. Seul un massif maçonné légèrement fracturé de 60 cm d'épaisseur a été relevé en amont du pertuis.

Le diagnostic a mis en évidence un génie civil structurellement sain mais présentant de nombreuses dégradations liées au vieillissement courant de l'ouvrage. La multiplication de ces dégradations dénote la vulnérabilité de la structure ancienne exposée à l'agressivité du milieu fluvial.

La présence de vices cachés potentiellement évolutifs au sein même de la maçonnerie ou sous la fondation du barrage ne doit pas non plus être écartée.

Il est de plus probable que les pieux bois datant de 1840 soient à ce jour fortement dégradés et ne puissent plus assurer leur fonction originelle de reprise des efforts verticaux.

Du point de vue de la fiabilité, la durabilité et la maintenabilité des ouvrages, la garantie d'une durée de vie résiduelle de 100 ans sur un génie civil déjà âgé de 174 ans, est assorti d'un risque d'augmentation significative des coûts de maintenance ultérieure.

D'autre part, les arguments qui ont conduit à l'opération de réutilisation du génie civil existant en 1962 et 1968 ne sont aujourd'hui plus valables.

A l'époque, la réutilisation du génie civil a été principalement facilitée par le phasage dissocié des travaux de modernisation entre le pertuis (1962) et le déversoir (1968). Le maintien d'une partie du barrage en service pendant chacune des opérations de restauration a ainsi imposé la conservation intégrale du génie civil du barrage.

D'après le guide CETMEF pour « *la réutilisation du génie civil lors de la reconstruction des barrages* », il est probable que la conservation du barrage existant aurait été remise en question dans le cadre d'un projet global de modernisation.

D'autres paramètres ayant également joué un rôle dans le choix de conservation du génie civil existant à l'époque ne sont pas transposables à la présente étude :

- Le bon état des structures existantes avait permis leur conservation.

Ce constat n'est plus vrai aujourd'hui. Le génie civil originel a encore vieilli. De façon plus inquiétante, le génie civil réalisé en 1968 présente les signes d'une dégradation plus avancée malgré son jeune âge relatif.

- L'exécution des travaux sur le déversoir avait été facilitée grâce à l'utilisation du barrage à fermettes comme batardeau amont. Le guide CETMEF souligne d'ailleurs le risque pris à l'époque par le biais de cette disposition.

Aujourd'hui, cette disposition n'est plus envisageable pour des raisons de sécurité. Il n'est pas recommandé de réaliser des travaux sur un barrage en service.

- Le profil et la constitution du déversoir avait permis de limiter les démolitions nécessaires au logement des clapets.

Aujourd'hui, bien que le profil ne soit que peu modifié, la mise en place de nouveaux clapets nécessiterait un nouveau décalage vers l'aval des bouchures. La présence d'une fosse d'affouillement persistante en aval proche malgré les différents travaux de comblement nous pousse aujourd'hui à éviter tout déplacement du barrage vers l'aval où les sols semblent avoir été affectés durablement par l'agression répétée du ressaut hydraulique.

L'apparition de la fosse d'affouillement serait antérieure à la rénovation du système de vantellerie intervenue sur le barrage en 1962 (pertuis) et 1968 (déversoir) : des travaux de comblement de la fosse ont été entrepris lors de la mise en place des nouvelles bouchures clapets sur le déversoir en 1968 (d'après le guide CETMEF pour la réutilisation du génie lors de la reconstruction des barrages).

La création de cette fosse serait donc principalement due à la configuration du génie civil du barrage et notamment :

- La configuration en chevron du barrage existant, entraînant une convergence et une accélération des écoulements dans la partie centrale du lit mineur.
- Le caractère perché du radier des passes déversoir, créant une perte de charge en crue au droit de l'ouvrage et accentuant la puissance du ressaut hydraulique en aval.

Plusieurs campagnes de comblement de la fosse d'affouillement par enrochements ont été menées en 1968 et 1990. D'après les relevés bathymétriques à notre disposition, la fosse d'affouillement s'est à nouveau formée en aval du barrage. Les travaux de comblement par enrochements ont donc été relativement inefficaces.

Les coûts de maintenance engendrés par les recharges en enrochements répétées dans le temps en aval du barrage existants sont loin d'être négligeables.

La seule solution pérenne qui permettra de stabiliser la fosse d'affouillement est une modification en profondeur du génie civil permettant la suppression du chevron et l'abaissement du radier des passes déversoirs.

La configuration du génie civil du déversoir du barrage existant trouvait autrefois son intérêt dans le fait qu'elle permettait :

- D'élargir la section de régulation par aiguilles grâce au chevron,
- Faciliter la manutention des aiguilles de hauteur réduite grâce à un seuil haut.

Compte tenu des nouvelles technologies de bouchures envisageables, cette configuration du génie civil ne présente plus d'intérêt technique.

La reconstruction partielle d'un ouvrage neuf au droit d'un ouvrage existant est également assortie d'un degré d'incertitude en phase d'exécution. Bien que les dimensions générales de l'ouvrage soient connues, la présence de vestiges liés aux différentes opérations de construction et rénovation du barrage ne doit pas être écartée dans l'environnement proche de l'ouvrage. Cela peut potentiellement compliquer la réalisation des travaux, notamment lors de la mise en œuvre des palplanches de batardage.

Par ailleurs, la phase de mise à sec sollicitera mécaniquement le génie civil existant comme jamais depuis 1968. La méconnaissance de l'état interne des structures anciennes ne permet donc pas de garantir leur stabilité sans des opérations de confortement préalables (injections par exemple).

L'expérience des récents travaux réalisés pour le compte de VNF (reconstruction des barrages de Villeneuve-sur-yonne et Saint-Bond, construction de la passe à poissons du barrage de Poses-Amfreville) tendent à confirmer les difficultés d'adaptation d'un ouvrage neuf sur un ouvrage existant.

6.5. CONCLUSION

Le tableau en page suivante reprend l'ensemble des besoins, exigences et contraintes fixées au programme de mission par VNF. La réponse de chaque scénario aux critères de projets y est évaluée qualitativement en précisant si le scénario :

- Améliore la demande du programme,
- Répond strictement au programme,
- Répond partiellement au programme.

Les solutions ne répondant pas au programme ont été étudiées et écartées dans le rapport d'études préliminaires provisoires établi par ARTELIA en décembre 2012.

Il ressort de l'étude que le scénario répondant le mieux aux demandes du programme est le scénario 3a-reconstruction du barrage avec vannes clapets.

Ce scénario présente le moins de risque de dérive financière. Il permet la reconstruction d'un ouvrage totalement sain, avec une technologie de bouchure éprouvée et bien maîtrisée. Il permet également le franchissement de l'Aisne d'une rive à l'autre grâce à la mise en œuvre d'une passerelle technique dans une zone où l'accès terrestre d'une rive à l'autre est actuellement fortement contraint.

	Scénario 1	Scénario 2A	Scénario2B	Scénario 3A	Scénario3B	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'affouillement	-	-	-	=	=	=
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						
<i>Réutiliser le Génie Civil existant (si possible)</i>	=	=	=	-	-	-
<i>Adapter et utiliser une passerelle existante pour la passerelle de service</i>	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	=	=	=	=	=	=

Tabl. 16 - Comparaison des scénarios vis-à-vis des demandes du programme

Annexe 1 : Cahier de plans techniques

Annexe 2 : notice architecturale

Annexe 3 : établissement de l'état des lieux environnemental

Annexe 4 : Etude de franchissement piscicole

Annexe 5 : Cadre géologique, hydrogéologique et géotechnique du site