Direction Territoriale Centre Bourgogne

Canal de Bourgogne
Réhausse du noyau et réfection du parement amont du barrage-réservoir de Grosbois 2

Programme de l'opération



Table des matières

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'OPÉRATION 3
1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL 3
1.2 OBJECTIFS DE L'OPÉRATION 3
2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE 3
2.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE 3
2.1.1 Le barrage 3
2.1.2 Caractéristiques 5
2.1.3 Historique du barrage 6
2.2 DIAGNOSTICS ET ÉTUDES ANTÉRIEURES RÉALISÉS 6
2.2.1 Etude de danger (2014) et revue de sureté (2018) 6
2.2.2 Etude de laminage GEOS (2020) 7
2.2.3 Etude de stabilité ISL (2021) 7
2.2.4 Reconnaissance géotechnique en crête (ISL) 8
2.3 DISPOSITIF D'AUSCULTATION DU BARRAGE ET CONCLUSION DE L'ÉTUDE D'AUSCULTATION 9
2.3.1 Description 9
2.3.2 Conclusions du rapport d'auscultation de niveau 2 de 2022 10
3 SCENARIOS ETUDIÉS AU STADE DU PROGRAMME 11
3.1 PROTECTION ANTIBATILLAGE 11
3.2 COUPURE D'ÉTANCHÉITÉ 12
3.2.1 Scénario 1 : noyau argileux complémentaire 12
3.2.2 Scénario 2 : paroi moulée 12
3.2.3 Scénario 3 : paroi en soil mixing 13
4 COUTS ET DELAIS TRAVAUX 15
5 ENJEUX ET ATTENDUS 15
5.1 ENJEUX 15
5.1.1 Chemins de câbles des appareils d'auscultation (CPI) et autres réseaux 15
5.1.2 Conditions d'exploitation 16
5.1.3 Enjeux environnementaux 17
5.1.4 Réduction de l'empreinte carbone du projet 17
5.2 MISSIONS DE LA MAÎTRISE D'ŒUVRE ..... **ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.**
5.2.1 Mission de base ..... **Erreur ! Signet non défini.**
5.2.2 Besoins complémentaires ..... **Erreur ! Signet non défini.**
6 PLANNING 18
6.1 PLANNING ..... **ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.**

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'OPÉRATION

1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

La Direction Territoriale Centre-Bourgogne (DTCB) de VNF gère et exploite 20 barrages-réservoirs et digues de canaux classés au sens du décret n°2015-526 du 12 mai 2015, qui alimentent les canaux de Bourgogne, de Briare et du Centre.

Le canal de Bourgogne est lui alimenté par un ensemble de 6 retenues, celle de Grosbois-en-Montagne étant la plus importante.

Le barrage de Grosbois-en-Montagne est un aménagement composé de deux barrages classés A par arrêté préfectoral du 29 Août 2017 : Grosbois 1 qui est le barrage principal et Grosbois 2 est le barrage secondaire localisé à l'aval du premier. Ils sont situés dans la haute vallée de la Brenne où ils viennent barrer le cours d'eau.

1.2 OBJECTIFS DE L'OPÉRATION

Le barrage de Grosbois 2 est un barrage en remblai zoné faisant partie de l'aménagement de Grosbois-en-Montagne. En particulier la mise à jour des études de stabilité et de laminage ont mis en évidence une insuffisance d'altitude du niveau supérieur du noyau étanche. Par ailleurs les contrôles et diagnostics récents ont révélé une insuffisance de la protection anti-batillage de la partie supérieure du parement amont.

Il est donc envisagé la réalisation de travaux combinés de reprise de la crête du barrage permettant de lever les insuffisances précédentes par extension du noyau étanche et le remplacement de la protection anti-batillage. Ces travaux doivent être menés avant l'échéance réglementaire de 2030.

Ainsi les objectifs de l'opération sont de rehausser le noyau étanche argileux jusqu'à la crête de l'ouvrage « Grosbois 2 » et de reconstituer la protection anti-batillage de son parement amont.

L'opération inclut un enjeu spécifique concernant le dispositif d'auscultation :

- Étude des pistes d'optimisation du dispositif d'auscultation (cf paragraphe 5.1.1)
- Identification et dévoiement des chemin de câbles du dispositif d'auscultation existant le temps des travaux (cf paragraphe 5.1.2).

2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

2.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2.1.1 Le barrage

Le barrage de Grosbois-en-Montagne est composé d'un aménagement de deux barrages **classés en A** par arrêté préfectoral du 29 août 2017.



Figure 1 : carte de localisation (source : Géoportail)

Le barrage de Grosbois 1 (GI) est un barrage poids en maçonnerie construit entre les années 1831 et 1837 pour alimenter le canal de Bourgogne à l'aide d'une rigole de 14 km de long qui débouche à Pouilly-en-Auxois via une canalisation souterraine de 3.6 kms jusqu'à Soussey-sur-Brionne puis une rigole qui capte les eaux de la Brionne et de ruisseaux secondaires à l'aval.

Le barrage a été renforcé entre 1840 et 1855 par la construction de 9 contreforts aval répartis uniformément contre le parement aval pour pallier le manque de stabilité de l'ouvrage, remarqué dès sa mise en eau.

La capacité de la retenue est de 7.7 millions de m³ à la cote de retenue normale (+20.75 m dans le repère local du barrage G1).

La longueur de l'ouvrage est d'environ 550 m pour une largeur en crête de 6.5 m. La hauteur maximale en crête est de 22.3 m au-dessus du terrain naturel pour une largeur maximale en pied de 16 m environ.

L'évacuateur de crue est constitué de 2 pertuis à seuil libre situés en rive droite et déverse directement dans la retenue de Grosbois 2 à l'aval du barrage Grosbois 1.

Le barrage de Grosbois 2 est un barrage en terre zoné avec noyau étanche en partie haute et recharge aval en enrochement. Il a été construit entre 1900 et 1905, toujours pour pallier le manque de stabilité d'origine de Grosbois 1 en créant une retenue secondaire pour contrebalancer la poussée hydrostatique s'exerçant à l'amont sur Grosbois 1.



Figure 2 : photo aérienne du barrage et de la retenue (source : Géoportail)

Grosbois 2 est un ouvrage de 400 m de long pour une largeur en crête de 6 m et une largeur maximale en pied de 130 m au profil de plus grande hauteur. La hauteur maximale de l'ouvrage est de 17,7 m au-dessus du terrain naturel. Le barrage crée une retenue de 0,9 millions de m³ à la cote de retenue normale 395,23m NGF (+16,35 m dans le repère local du barrage Grosbois 2).

L'évacuateur de crues est constitué d'un déversoir à seuil libre situé en rive gauche et d'une tulipe coiffant la tour de prise d'eau.

La retenue de Grosbois 2 est alimentée principalement par la retenue de Grosbois 1 au moyen des deux tours de prise d'eau (celle de Grosbois 1 solidaire du barrage) interconnectées par une conduite de restitution.

2.1.2 Caractéristiques

Les caractéristiques principales du barrage sont résumées dans le tableau suivant :

	GROSBOIS 2
Propriétaire et Exploitant	Voies Navigables de France (VNF), Direction Territoriale Centre-Bourgogne)
Communes	Grosbois-en-Montagne, Civry-en-Montagne, Aubigny-lès-Sombernon
Service de contrôle	DREAL Bourgogne Franche-Comté
Mise en eau	1905
Type de barrage	Barrage en remblai
Hauteur (par rapport au TN)	17,7m

Volume de la retenue (à RN)	0.9 Mm^3
Superficie de la retenue (à RN)	15 ha
Longueur en crête	400m
Largeur en crête	6m
Largeur maximale au niveau du TN	130m
Cote de la crête	396.87 m NGF (+17.99 m)
Cote de la retenue normale (RN)	395.23 m NGF (+16.35 m)
Cote de Plus Hautes Eaux (PHE)	396.02 m NGF (+16.95 m)
Cote de Plus Hautes Eaux Exceptionnelles (PHEE)	396.24 m NGF (+17.17 m)
Evacuateur de Crues	déversoir en RG + tulipe sur tour de prise d'eau
Largeur de l'évacuateur de crues	11,60 m
Ouvrage de vidange	1 conduite de restitution vannée 1.2*1.3m en sortie puis 1*1.95m ensuite

Tableau 1 : caractéristiques des ouvrages de Grosbois 2

Les cotes NGF exprimées dans ce rapport sont issues de la synthèse réalisée par GEOS (réf. [2]).

2.1.3 Historique du barrage

1900-1905 : Construction du barrage
1920-1923-1924 : réparations diverses
1948-1983 : Confortement par recharges
1984 : Mise en place de 20 cellules de pression interstitielles dans le remblai
1985 : Modification de la tour de prise d'eau et de l'évacuateur de crues
1986 : Rehausse et mise en place d'un système de drainage en pied
2006 : Remise en état des dispositifs d'auscultation
2007 : Restauration des maçonneries du coursier à l'entrée de la pêcherie et terrassement de la pêcherie
2009 : Remise en état du dispositif d'auscultation
2010 : Remplacement des crics de manœuvre des vannes et des gardes corps de la tour de prise d'eau. Installation d'un bac de jaugeage en sortie du collecteur de drainage du pied aval du barrage
2011 : Mise en œuvre d'un dispositif d'alerte de cote
2013 : Renforcement du dispositif d'auscultation par 2 piézomètres ouverts en crête (P5CS et P6CS) et 20 cellules de mesures de pression interstitielle (cellules doublées sur demande du maitre d'ouvrage : 10*2 cellules)

2.2 DIAGNOSTICS ET ÉTUDES ANTÉRIEURES RÉALISÉS

2.2.1 Etude de danger (2014) et revue de sureté (2018)

Suite à la rédaction de l'étude de dangers des barrages de Grosbois 1 et 2 en 2011 (version finale 2014), le Service de Contrôle des Barrages a pris acte du classement en zone orange des évènements pouvant conduire à la rupture du barrage (Zone orange signifiant que l'ouvrage ne peut pas être considéré comme entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité).

En conséquence, des études complémentaires ont été demandées, notamment un bilan de sûreté du barrage à l'occasion de la revue de sûreté en 2018. Dans le cadre de ce bilan une mise à jour des études de stabilité et de laminage a été demandée. L'examen technique complet (ETC) et la revue de sûreté réalisés sur la base de ces études ont été transmis aux services de la DREAL en 2018.

A la suite de l'étude de laminage effectuée en 2018, une nouvelle étude de laminage a été réalisée en 2020 par GEOS sur la base d'un nouveau relevé de cotes de vannes (mené par SATIF en 2020) pour tenir compte des écarts observés entre les cotes utilisées pour l'étude de laminage 2018 et les données du plan topographique établi en 2013.

Une mise à jour de l'étude de stabilité du barrage de Grosbois 2 a été réalisée par ISL (en 2021) en tenant compte de l'étude de laminage réalisée par GEOS en 2020.

2.2.2 Etude de laminage GEOS (2020)

Même si les calculs de cette étude ont abouti à une légère amélioration par rapport à l'étude de 2018 (correction à la baisse des côtes des ouvrages d'évacuation en situation de crue), ils ne permettent pas pour autant d'écarter un dépassement de la côte du noyau étanche en crue exceptionnelle

Le barrage n'est donc pas étanche jusqu'à la crête. En cas de crues exceptionnelles, des circulations d'eau dans les matériaux de crête (graves silteuses à granulométrie étalée) sont possibles, ce qui n'est pas conforme avec les règles de l'art. Habituellement la cote supérieure du noyau est supérieure à la cote des Plus Hautes Eaux (Q10 000), avec une revanche par rapport à cette cote.

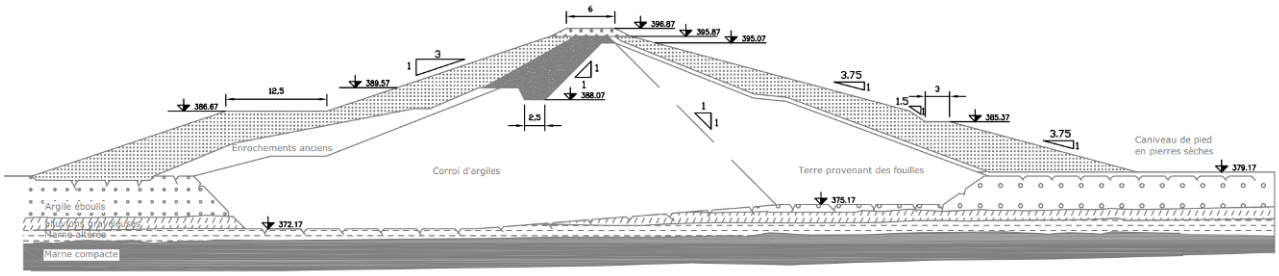


Figure 3 : coupe type du barrage de Grosbois 2

2.2.3 Etude de stabilité ISL (2021)

Cette étude conclue que l'ouvrage est stable vis-à-vis du glissement (selon recommandations du CFBR et e l'arrêté du 06 août 2018), du tassement, et du soulèvement hydraulique du pied aval.

Concernant les différents phénomènes d'érosion auxquels l'ouvrage peut être soumis, l'étude indique que compte tenu que le barrage n'est pas étanche jusqu'à la crête, un risque d'érosion existe à cet endroit.

En effet, sur la base de l'étude de laminage de 2020, la côte PHE à Q_{10000} (17.14 m RL –396.02 NGF) dépasse de 17 cm la côte maximale du noyau, de 37 cm la côte moyenne du noyau, et de 57 cm la côte mini du noyau (la côte d'arase du noyau étanche n'étant pas homogène)

Ainsi, en crue exceptionnelle, voire avant la Q_{3000} (16.97 m RL – 395.85 NGF), des circulations d'eau peuvent se produire dans les matériaux de crête qui sont des graves silteuses à granulométrie étalée, avec des conséquences négatives pour l'ouvrage (mise en charge de la recharge aval par ces écoulements, érosion interne des graves silteuses par suffusion, ou érosion régressive par déchaussement du talus aval).

Afin de rendre le barrage conforme à la conception habituelle des grands barrages en remblai, l'étude recommande de réaliser une coupure étanche jusqu'à la crête.

2.2.4 Reconnaissance géotechnique en crête (ISL)

La cote d'arase du noyau argileux est variable entre 395.85 et 395.4 m NGF. En effet, une campagne de reconnaissances a été réalisé en 2020 (5 sondages carottés de profondeur de 2 m en crête), elle a permis de déduire une stratigraphie en crête du barrage de Grosbois 2 :

	SCC1 (396,75)	SCC2 (396,80)	SCC3 (396,70)	SCC4 (396,85)	SCC5 (396,80)
396,85					
396,75					
396,65	Remblai : graviers à matrice limono-sableuse beige	Remblai : graviers à matrice limono-sableuse beige	Remblai : sable et graviers à matrice limono-sableuse beige	Remblai : sable et graviers à matrice limoneuse beige	Remblai : sable et graviers à matrice limoneuse
396,55					
396,45					
396,35					
396,25					
396,15					
396,05					
395,95					
395,85					
395,75	Remblai : argile brune à passages graveleux			Remblai : argile brune à passages graveleux	
395,65			Remblai : sable grossier beige		
395,55		Remblai : argile brune à passages graveleux			Remblai : argile brune à graviers
395,45					
395,35					
395,25				Remblai : argile brune avec taches rousses	
395,15		Remblai : argile gris bleuté à cailloutis	Remblai : argile brun gris		
395,05	Remblai : argile brune à gris bleuté				
394,95					
394,85					
394,75		Remblai : argile brune avec taches rousses			
394,65					
394,55					
394,45					
394,35					
394,25					

Figure 4 : Stratigraphie en crête du barrage de Grosbois 2

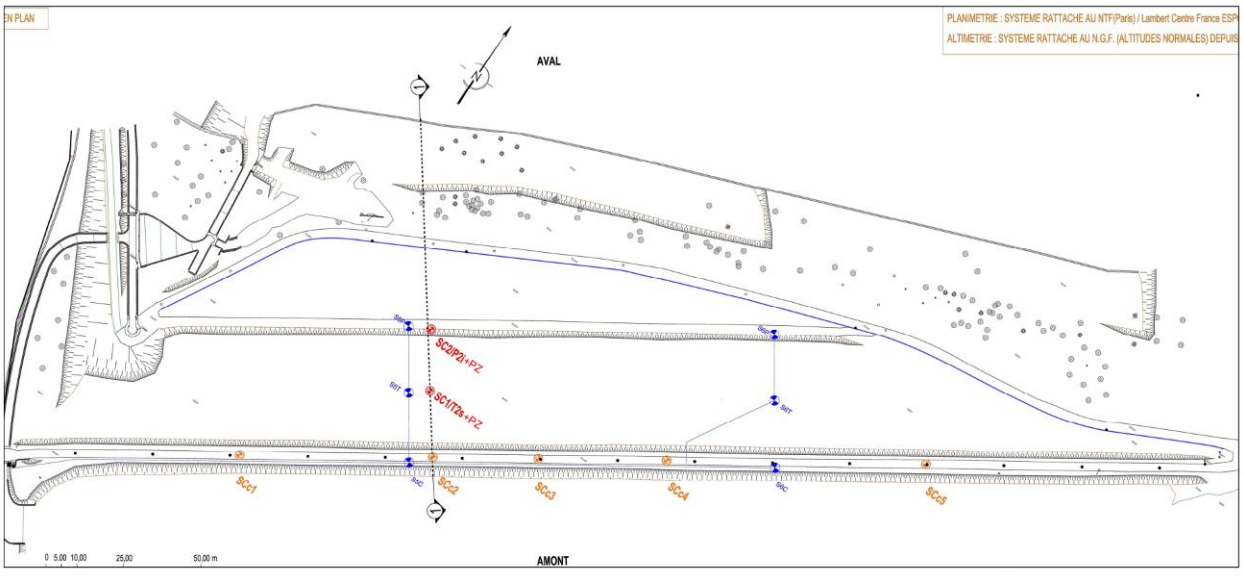


Figure 5 : Implantation des sondages en crête (orange)

Ces reconnaissances géotechniques et les reconnaissances antérieures ont permis d'identifier la classification GTR des matériaux :

- Pour le remblai en crête : B3/D2/B5 ;
- Pour le noyau argileux : A3m/A2h/A2th.

Pour les essais de perméabilité, on note qu'il n'y a pas d'essais, mais les valeurs retenues pour l'étude de stabilité sont :

- pour le remblai en crête : 5×10-5 m/s ;
- pour le noyau argileux : de l'ordre 10-8 m/s.

2.3 DISPOSITIF D'AUSCULTATION DU BARRAGE ET CONCLUSION DE L'ÉTUDE D'AUSCULTATION

2.3.1 Description

Le dispositif d'auscultation de Grosbois 2 est composé de :

- 20 cellules de pression interstitielle réparties selon 4 profils amont/aval. Les mesures remontent à septembre 2008, les appareils auraient été posés en 1984. Les cellules sont nommées C pour «crête»,
  T pour «talus », P pour «pied », s pour «supérieur» et i pour «inférieur», R pour «amont retenue» .
  - Profil n°1en RD : 3 cellules (C1, T1, P1)
  - Profil n°2 en RG : 7 cellules (R2s, R2i, C2, T2s, T2i, P2s, P2i)
  - Profil n°3 en RG: 7 cellules (R3s, R3i, C3, T3s, T3i, P3s, P3i)
  - Profil n°4 en RG: 3 cellules (C4, T4, P4)
- 20 cellules de pression interstitielles installées en 2013 selon 2 profils supplémentaires amont/aval. Sur demande du Maître d'Ouvrage, toutes les cellules ont été doublées. Les cellules sont nommées par exemple C5Ci pour «Cellule profil n°5 Crête Inférieur», T signifie là aussi «talus» et P «pied», s «supérieur» et i «inférieur»
  - Profil n°5 en RG : 5*2 cellules (C5Ci, C5Ts, C5Ti, C5Ps, C5Pi)
  - Profil n°6 en RD : 5*2 cellules (C6Ci, C6Ts, C6Ti, C6Ps, C6Pi)
- 2 piézomètres ouverts installés en crête selon les profils n°5 et n°6. Les premières mesures remontent à juin 2014 :
  - Profil n°5 en RG : piézomètre P5Cs
  - Profil n°6 en RD : piézomètre P6Cs
- 2 piézomètres ouverts installés dans le talus et en pied au niveau du profil 2 pour remplacer les cellules TS et P2I arrivées en fin de vie
- 1 bac de jaugeage au pied aval du barrage, à l'exutoire du collecteur de drainage.
- des repères de nivellement installés sur la crête de l'ouvrage

L'implantation des appareils d'auscultation de Grosbois II est représentée à la figure 6.

Un diagnostic des cellules de pression interstitielles installées sur le barrage de Grosbois 2 a été réalisé le 16 mai 2018 par la société TELEMAC. **Huit (8) cellules sont identifiées comme non fonctionnelles** dans ce diagnostic (T1, P2S, P2I, T2S, C5Ts2, C5Ti3, C5Ti13, C5Ps4, C5Ps14)

Les passages des câbles des cellules n'ont pas été récolés. Leur implantation est supposée perpendiculaire à la crête dans le talus aval puis dans l'axe amont de la crête pour le raccordement jusqu'au local de protection des boîtiers.

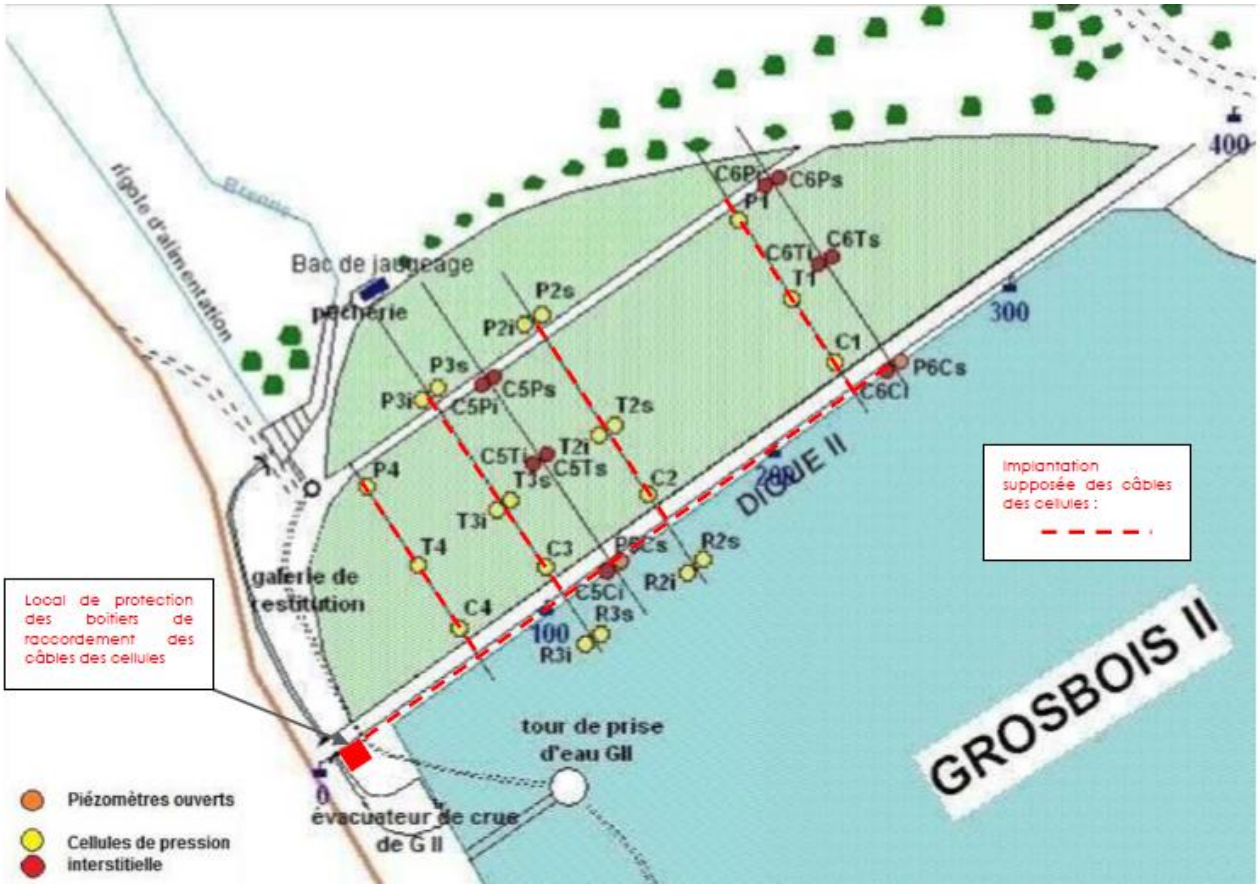


Figure 6 : Implantation supposée des câbles des cellules de pression interstitielle (profils 1 à 4)

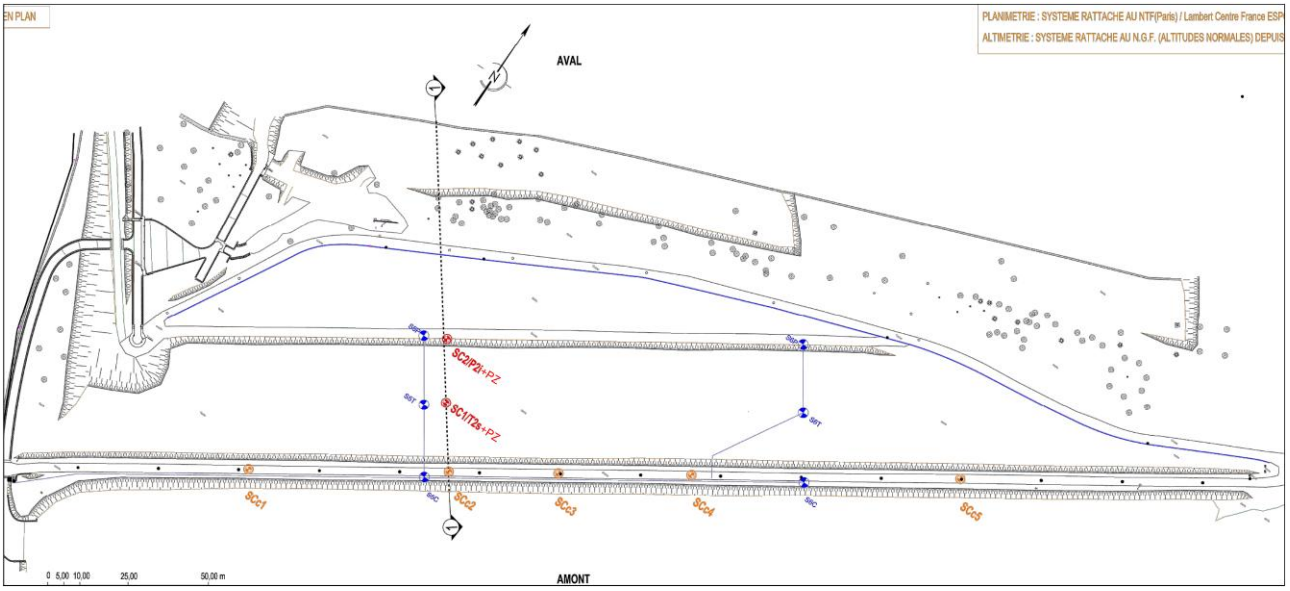


Figure 7 : Implantation supposée des câbles des cellules de pression interstitielle (profils 5 et 6 en bleu)

2.3.2 Conclusions du rapport d'auscultation de niveau 2 de 2022

La synthèse du rapport d'auscultation du barrage pour la période 2021-2022 est la suivante :

Les mesures piézométriques présentent dans l'ensemble de faibles variations sans corrélation majeure avec le niveau de la retenue, traduisant globalement une relative imperméabilité du remblai zoné et une bonne efficacité du noyau étanche. Ces résultats sont corroborés par les bons rabattements mesurés sur les diffé-

rents profils relevés (au niveau de la recharge aval), et notamment les profils 1 à 4. C'est le cas par exemple des cellules (T3s, T3i, P3s, P3i et R3)

Les piézomètres installés en crête (C2 et C3 notamment) qui ne montrent également pas de corrélation avec le niveau de la retenue semblent positionnés dans le noyau étanche.

Au niveau du profil 2, le piézomètre P2i hors service depuis début 2016, a été remplacé par PP2i qui relève un rabattement plus important que P2i, et qui indique un niveau piézométrique plus rassurant notamment par rapport au risque de soulèvement hydraulique du pied du barrage

Sur le profil 3, il est observé un rabattement moins bon en pied (P3i) qu'en talus (T3i), traduit par une sous pression en pied supérieure à celle en amont dans le talus à la même profondeur, mais le rabattement global est cependant satisfaisant.

L'étude d'auscultation indique également que certaines cellules comm**e (T1, T2s, R2s, P2s, P2i, C5TiV3, C5PsV4, C6TsV17)** ne sont plus fonctionnelles, et qu'il serait souhaitable, voire **nécessaire de les remplacer**, notamment pour (P2s, et P2i)
Enfin concernant les mesures des débits de fuites, l'étude indique qu'elles n'apportent que peu d'informations sur le comportement hydraulique du barrage puisqu'on peut penser que les fuites résiduelles ne sont pas captées aux exutoires mesurés collectant essentiellement des eaux de surfaces dont les variations sont strictement corrélées à la pluie.

3 SCENARIOS ETUDIÉS AU STADE DU PROGRAMME

Rappel des objectifs de l'opération :

1. Restaurer la fonction anti-batillage du parement amont de Grosbois 2,
2. Rehausser le noyau étanche du noyau argileux de Grosbois 2 jusqu'à la crête

Pour ces derniers plusieurs solutions techniques ont été étudiées.

3.1 PROTECTION ANTIBATILLAGE

Le premier objectif de l'opération consiste à reprendre la protection anti-batillage du barrage :

Il est envisagé de réaliser une protection en enrochement libre de 0,6 m d'épaisseur couvrant une plage de marnage allant de 2 m sous la RN jusqu'à la crête (soit environ 3,64 m) et ce sur toute la longueur (394 m).

Les travaux consistent à :

- Retirer la protection en place et l'évacuer (la blocométrie de l'enrochement résiduel est incompatible avec sa réutilisation),
- Préparer le support de la nouvelle protection en terrassant un replat à la base et en réalignant le talus : profondeur du déblai par rapport au niveau fini du parement amont de 0,6 m comptée perpendiculairement à la pente, base du replat terrassée à la cote 393,24 NGF (396.87-3.64),
- Couvrir d'un géotextile anti-contaminant,
- Déverser et arranger des blocs non gélifs de diamètre strictement compris entre 300 et 500 mm approvisionnés depuis une carrière proche.

Ces travaux par leur déroulement et leur finalité peuvent être engagés dans le même temps que les travaux de reprise du noyau décrits ci-après.

3.2 COUPURE D'ÉTANCHÉITÉ

Le deuxième objectif de l'opération est de rehausser le noyau étanche depuis l'arase de noyau jusqu'à la crête sur un linéaire total de 394 m.

Trois scénarios sont envisagés, et détaillés ci-après :

3.2.1 Scénario 1 : noyau argileux complémentaire

La première solution proposée consiste à « compléter » le noyau argileux en réalisant une fouille large comblée d'argile compacté recoupant le noyau déjà existant.

Il s'agit de réaliser une fouille de largeur en base 0,8 m présentant une pente de berges de 1 pour 1 et une profondeur variable de 0,9 m à 1,3 m adaptée à la variabilité du toit du noyau en place (cf. 2.2.4).

Cette profondeur est définie en tenant compte d'un ancrage dans le noyau argileux existant sur une profondeur de 0,5 m.

Les travaux consistent à :

Terrasser la fouille en crête jusqu'à l'atteinte partout d'un niveau en base correspondant au toit argileux repéré moins 0,5 m,

Remblayer par couches de matériaux argileux compactées la tranchée jusqu'à la crête

Recharger la crête jusqu'à sa cote finie par un matériau roulant (type GNT).

La coupe type de cette solution est la suivante :

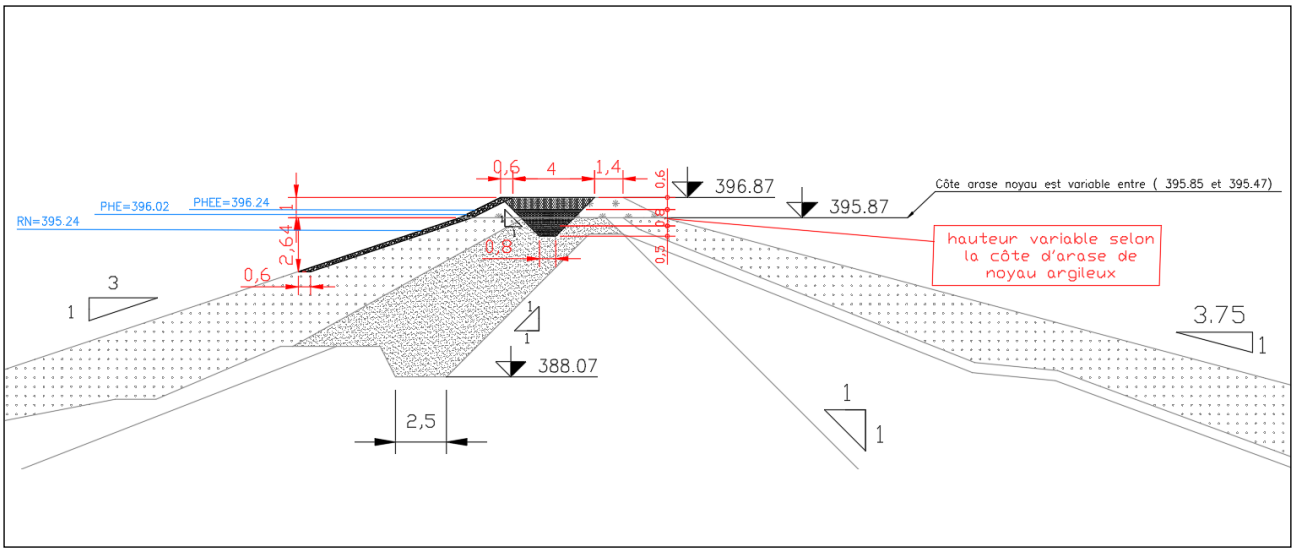


Figure 8 : Coupe type réalisation d'un noyau argileux complémentaire

Cette solution présente l'avantage de conserver une homogénéité des matériaux constitutifs du corps du barrage et donc plus de garantie dans la tenue dans le temps de cette coupure dont la largeur sera maîtrisée et la profondeur adaptée au toit du noyau actuel dont on a montré qu'il était variable en altitude.

3.2.2 Scénario 2 : paroi moulée

La deuxième solution consiste à réaliser une paroi moulée dans une tranchée mince réalisée à la pelle mécanique remplie d'un mélange de bentonite ciment.

Comme dans la solution précédente, la tranchée présentera une profondeur variable de 0,9 m à 1,3 m adaptée à la variabilité du toit du noyau en place (cf. cf. 2.2.4).

Les travaux consistent à :

- Réaliser des essais laboratoires préalables de faisabilité des techniques proposées avec les terrains en place (essais supposés probants),
- Amener et replier le matériel (machine pour la paroi : pelle long bras),
- Implanter et réaliser une plateforme de travail carrossable pour les ateliers et des zones de croisements / retournements,
- Implanter et réaliser une paroi d'étanchéité,
- Évacuer les déblais (supposés non pollués).

Cette solution constituera une coupure étanche davantage hétérogène que la solution du remblai argileux (scénario 1). En effet même si elle garantira une étanchéité parfaite entre les terrains amont et aval, l'évolution du remblai sur le long terme notamment par les phénomènes d'infiltration par la crête, réputée non étanche, pourrait altérer la cohésion de la partie supérieure du corps du barrage.

La coupe type de cette solution est la suivante :

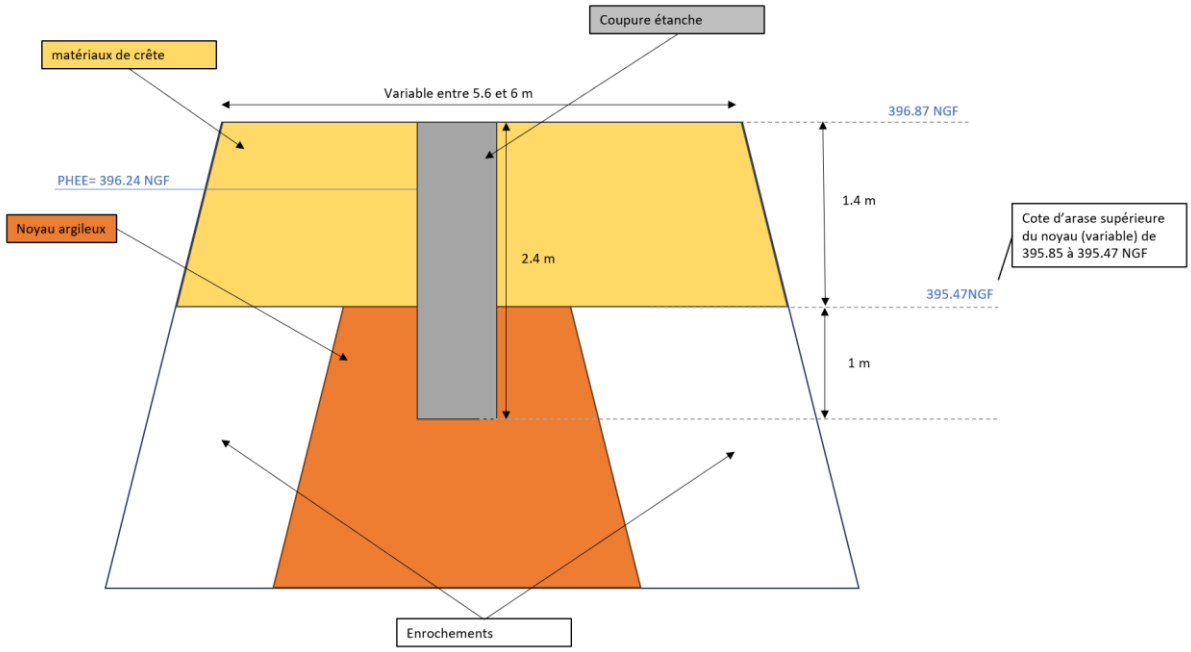


Figure 9 : Coupe type réalisation d'une paroi moulée

3.2.3 Scénario 3 : paroi en soil mixing

La troisième solution consiste à réaliser une paroi en « soil mixing » à l'aide d'une trancheuse.

Il s'agit d'un traitement de sol. Le soil mixing regroupe un ensemble de techniques dont le point commun est de mélanger mécaniquement le sol avec un liant hydraulique comme un coulis de ciment, pour réaliser des colonnes cylindriques verticales, des parois de colonnes jointives ou sécantes, des caissons, ou une substitution importante voire totale du sol en place.

Au vu de la classification GTR des matériaux (remblai en crête B3/D2/B5 ; noyau argileux : A3m/A2h/A2th), **il est envisagé de réaliser cette méthode par voie sèche**. Pour cette **technique il doit être vérifié que les**

terrains sont compatibles chimiquement avec les techniques proposées (après caractérisation des sols et nappes, et essais laboratoire).

Les travaux consistent à :

- réaliser des essais laboratoires préalables de faisabilité des techniques proposées avec les terrains en place (essais supposés probants),
- amener et replier le matériel (machine pour la paroi : trancheuse),
- implanter et réaliser une plateforme de travail carrossable pour les ateliers et des zones de croisements / retournements,
- implanter et réaliser une paroi d'étanchéité,
- évacuer les déblais (supposés non pollués).

Cette solution constituera une coupure étanche davantage hétérogène que la solution du remblai argileux (scénario 1). En effet même si elle garantira une bonne étanchéité (moins grande que celle du scénario 2) entre les terrains amont et aval, l'évolution du remblai sur le long terme notamment par les phénomènes d'infiltration par la crête, réputée non étanche, pourrait altérer la cohésion de la partie supérieure du corps du barrage.

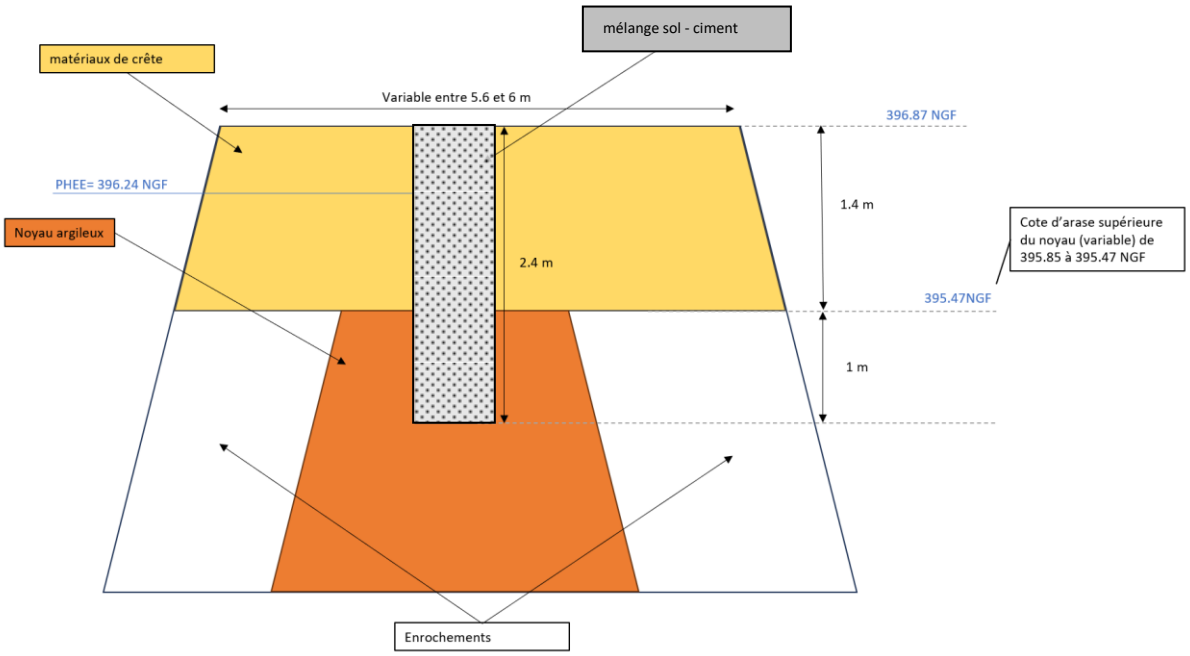


Figure 10 : Coupe type réalisation paroi en soil mixing

4 COUTS ET DELAIS TRAVAUX

L'estimation des travaux comprend les travaux de protection anti-batillage (commune aux 3 scénarios) et les travaux de coupure étanche selon les 3 techniques proposées :

	Scénario 1 : noyau argileux complémentaire	Scénario 2 : paroi moulée	Scénario 3 : paroi en soil mixing
Études et installations de chantier	100 000	95 000	95 000
Terrassement	299 000	207 000	207 000
Protection anti-batillage (parement amont)	74 000	59 000	59 000
Génie civil		354 000	221 000
Divers	5 000	5 000	5 000
Aléas (20 %)	95 600	144 000	117 400
Total (€HT)	573 600	864 000	704 400

Tableau 2 : coût €HT des solutions proposées, en date de valeur octobre 2023

Les délais prévisionnels pour les différents scénarios sont :

1. noyaux argileux : 1 semaines d'amenée, 4 semaines de travaux, 1 semaine de repli
2. Paroi au coulis à la pelle : 1 semaines d'amenée, 2 semaines de travaux, 1 semaine de repli
3. Soil mixing : 1 semaine d'amenée, 1 semaine de travaux, 1 semaine de repli

Protection anti-batillage (commune aux trois scénarios - à rajouter au délai global) : 6 semaines de travaux

5 ENJEUX ET ATTENDUS

5.1 ENJEUX

Le maître d'œuvre devra étudier l'ensemble des enjeux relatifs au projet de confortement du barrage. Il devra notamment s'assurer de la bonne coordination entre l'exploitation de l'ouvrage par VNF et le chantier. La liste suivante identifiée à ce stade du projet n'est pas exhaustive.

5.1.1 Dispositif d'auscultation

Le maître d'œuvre étudiera les pistes d'optimisation du dispositif d'auscultation, de manière à maintenir un suivi suffisant du comportement de l'ouvrage tout en limitant autant que possible les contraintes d'entretien et maintenance (y inclus les contraintes liées au remplacement des appareils défectueux). Si l'installation de nouveaux dispositifs est préconisée, le maître d'œuvre privilégiera, lorsque c'est possible, des tubes ouverts.

5.1.2 Chemins de câbles des appareils d'auscultation (CPI) et autres réseaux

Au préalable des travaux, une campagne de recherche des réseaux des câbles de connexion des cellules de pression interstitielle (CPI) installées dans la partie aval du barrage devra être réalisée avec l'intervention d'une entreprise spécialisée en instrumentation d'ouvrages en remblai. Ces cellules sont raccordées à 2 boitiers commutateurs à partir desquels une interrogation avec un poste de lecture mobile est possible. Ces coffrets sont protégés en rive gauche de la crête dans un local enterré. L'implantation supposée des câbles est donnée sur la Figure 5 et la Figure 6.

Quel que soit le scénario de réalisation de la coupure étanche, le câblage des cellules qui traversent la crête devra être provisoirement dévoyé afin de ne pas gêner l'intervention. Il sera repositionné en tranchée et gainé en fin d'intervention. Selon la solution retenue, le chemin de câble pourra soit être reposé à

l'identique (scénario 1 : noyau argileux) -en tenant compte des évolutions du dispositif d'auscultation-, soit définitivement décalé en aval (scénarios 2 et 3 de paroi moulée et soil mixing).

Les 2 piézomètres en crête devront être protégés mais ne devraient pas interférer avec les travaux de coupure étanche. Selon le scénario retenu ils pourraient néanmoins devoir faire l'objet de terrassement dans leur partie supérieure. Ce point constituera donc un autre point de vigilance lors de la phase chantier.

Quelle que soit la technique employée elle devra tenir compte de l'altitude variable du toit du noyau actuel identifiée dans les reconnaissances géotechniques (cf. 2.2.4).

De manière générale, le maître d'œuvre aura à sa charge la coordination des concessionnaires en vue d'identifier et de protéger les réseaux lors des interventions à proximité de ces derniers.

5.1.3 Conditions d'exploitation

Concernant les conditions d'exploitation de la retenue au cours des travaux, pour la réalisation de la protection anti-batillage, il faut prévoir d'abaisser le niveau de la retenue de Grosbois de 2,5 m à 3 m par rapport à la cote RN. Pour la coupure étanche (tous scénarios), il est conseillé d'abaisser le plan d'eau d'au moins 1 m. Cet abaissement devra être programmé en respect des contraintes d'exploitation particulière des retenues de Grosbois 1 et Grosbois 2. Pour rappel les retenues sont exploitées suivant un fuseau d'exploitation.

Compte tenu de la configuration particulière des barrages de GI et GII, l'exploitant doit en effet veiller en permanence à ce que les cotes respectives de GI et de GII soient toujours à l'intérieur du fuseau d'exploitation, présenté ci-dessous.

Le niveau d'abaissement requis a été positionné sur le schéma du fuseau. Il correspond pour l'abaissement maximal nécessaire (2,5 à 3 m à affiner lors des phases d'étude ultérieures) au couple de cotes G1/G2 suivant 15,5 m / 13,5 m.

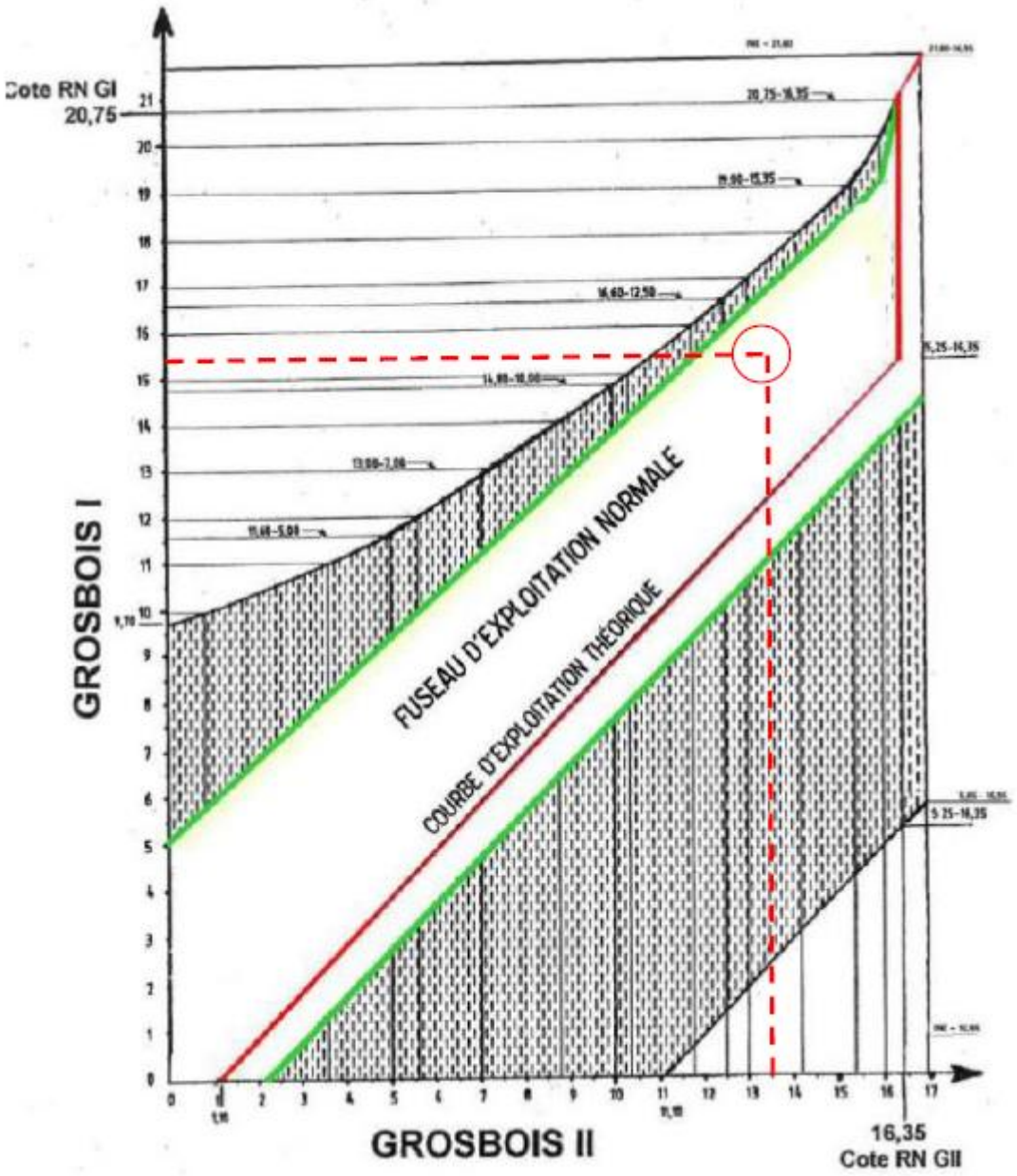


Figure 12 : schématisation du fuseau d'exploitation et de la plage de sécurité

5.1.4 Enjeux environnementaux

Les travaux étant réalisés dans une zone verte (notamment classée Natura 2000), ils devront prendre en compte les enjeux floristiques et faunistiques.

Il devra également être tenu compte de la présence d'une station de pompage d'eau potable, actuellement localisé dans GB2 mais qui sera déplacé au niveau de GB1.

Enfin, le Département souhaite la création d'un espace naturel sensible (ENS) en queue de la retenue de GB1 ; mais qui ne serait pas impactant sur les travaux de la retenue de GB2.

5.1.5 Réduction de l'empreinte carbone du projet

Une réduction de l'empreinte carbone totale du projet sera recherchée à chaque phase d'études de l'opération et ce jusqu'à la phase finale de réalisation des travaux.

Ainsi, le projet sera conduit de manière à développer une véritable sobriété carbone, en visant notamment à :

- Privilégier le réemploi de matériaux
- Éviter les longs transports en privilégiant des gisements locaux, à proximité du chantier.
- Mettre en place des mesures spécifiques telles que l'utilisation de matériels à faible émissions de GES (matériels récents et bien entretenus, ou utilisation de matériel électrique)
- Réduire la production de déchets, et l'empreinte carbone associée.

Le projet fera ainsi l'objet d'une évaluation de son empreinte carbone, et étudiera les possibilités de minimisation de cette empreinte.

5.2 ATTENDUS SPÉCIFIQUES

L'attention du maître d'œuvre est attirée sur le besoin, pour la bonne réalisation de ses missions, de notamment :

Pour la solution noyau argileux :

- Réaliser des essais de caractérisation d'argile dans des carrières proches (limites Atterberg, GTR sédimentologie, caractéristiques mécaniques : cohésion, angle de frottement, plasticité, perméabilité, densité, essais Proctor),

- Intégrer également une procédure adéquate de mise en œuvre de ces matériaux (période de réalisation, suivi de réalisation comme la mise en place et compactage de l'argile …)

Pour la solution Soil mixing :

- Vérifier les branchements en eau possibles, intégrer la consommation en eau, essais de pompage,

- Réaliser les sondages et analyses préalables afin de repérer le toit de la couche étanche, caractériser des éventuels polluants dans les sols, vérifier la compatibilité des techniques proposées avec les terrains en place.

Pour toutes les solutions :

- Retrouver et protéger pendant les travaux les chemins de câble des CPI : Intégrer une procédure dépose-repose qui conserverait l'intégrité des dispositifs en place,
- Prévoir la pose de fourreaux en attente, en prévision de potentiels futurs besoins, qui pourraient par exemple apparaître dans le cadre d'une future automatisation du barrage.

6 Planning

Le calendrier prévisionnel de l'opération est le suivant :

- Consultation et choix du Maître d'œuvre (MOE) : dernier trimestre 2026
- Etudes de Maîtrise d'œuvre (AVP-PRO) : 2026-2028
- Procédures réglementaires : 2027-2028
- Passation des marchés de travaux : 2028-2029
- Réalisation des travaux : été-automne 2029