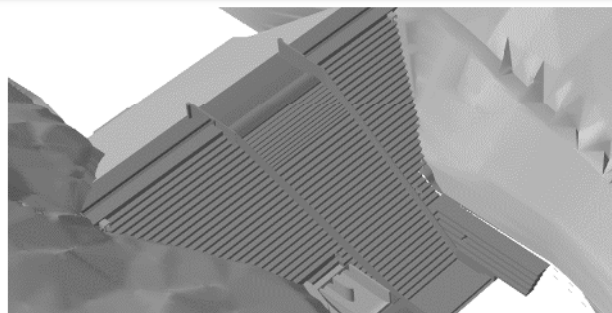




SÉCURISATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE FORMÉ PAR LES BARRAGES DE SAINTE-CÉCILE D'ANDORGE ET DES CAMBOUS

Pièce 9a2₄

DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE



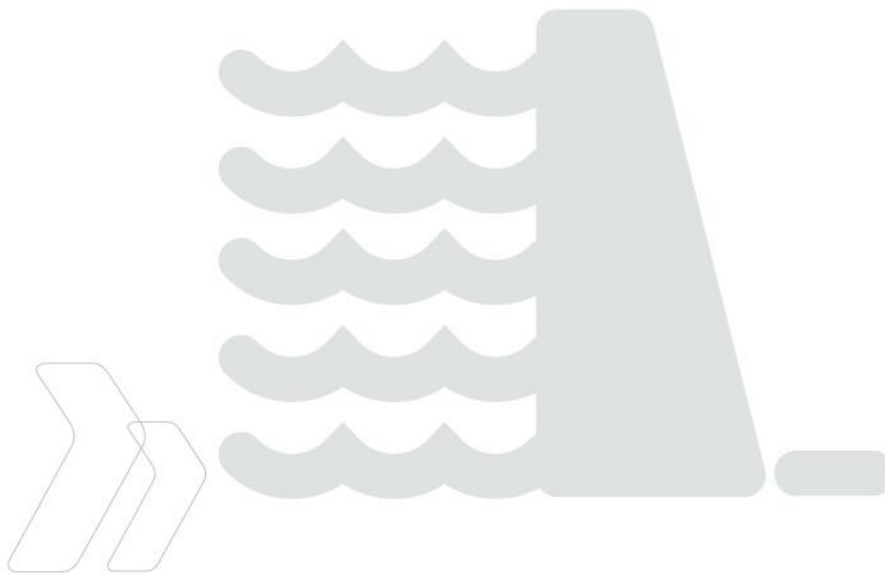
CHANGER LE SENS
DE VOTRE QUOTIDIEN

GARD.FR

Barrage de Sainte-Cécile d'Andorge

Rapport d'études de projet (PRO) – ANNEXES n°13 à 18

ANNEXE 13 AVANT-PROJET DE LA RENOVATION DU MASQUE AMONT



SECURISATION DES BARRAGES DE SAINTE CECILE
D'ANDORGE ET DES CAMBOUS

AVP de la rénovation du masque du barrage de
Sainte Cécile d'Andorge



Rapport n° : 19F-148-RM-12
Révision n° : C
Date : 13/07/2021

Votre contact :
Olivier MUNOZ
munoz@isl.fr

Rapport



ISL Ingénierie SAS – MONTPELLIER
65 rue Clément Ader
34170 – Castelnau-le-Lez
France
Tel : +33.4.67.54.51.88
Fax : +33.4.67.54.52.05

www.isl.fr



MEDiterranée, Infrastructure, Aménagement, et Eau Ingénierie



Ingénierie

Visa

Document actualisé le 13/07/2021.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	11/05/2021	OMU	OMU	ASA	1ère édition
B	13/07/2021	OMU	OMU	ASA	Intégration des commentaires de l'AMO
C	13/07/2021	OMU	OMU	ASA	Intégration des commentaires de l'AMO

ASA : SALMI Akim

OMU : MUNOZ Olivier

Rapport ISL
19F-148-RM-12
Revision C

<http://www.isl.fr/r.php?c=200484>



SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	1
1.1	CONTEXTE DE L'ETUDE	1
1.2	REFERENCE.....	1
2	DESCRIPTION DU MASQUE.....	2
2.1	CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DU MASQUE	2
2.2	MASQUE EN SECTION COURANTE	2
2.3	RACCORDEMENT A LA PLINTHE	5
2.4	RACCORDEMENT AU PARAPET	5
3	SYNTHESE DU DIAGNOSTIC	7
4	VARIANTES PROPOSEES	9
4.1	VARIANTE MASQUE EN BETON BITUMINEUX	9
4.1.1	Description générale	9
4.1.2	Raccordements en pied amont, en rives et en crête.....	11
4.1.3	Contraintes particulières.....	13
4.1.4	Mise en œuvre	14
4.1.5	Intégration dans le phasage des travaux de sécurisation du barrage	16
4.1.6	Entretien	17
4.2	VARIANTE MASQUE EN MEMBRANE PVC.....	18
4.2.1	Description	18
4.2.2	Géocomposite d'étanchéité	18
4.2.3	Système d'ancrage.....	18
4.2.3.1	Description du système de tensionnement	18
4.2.3.2	Effet du système de tensionnement	20
4.2.3.3	Fixations périmétrales étanches	20
4.2.4	Système de drainage	22
4.2.4.1	Description du système de drainage.....	22
4.2.4.2	Compartimentation du réseau de drainage.....	23
4.2.5	Mise en œuvre du DEG.....	23
4.2.5.1	Accès	23
4.2.5.2	Levage	24

4.2.5.3	Préparation du support.....	24
4.2.5.4	Mise en œuvre du géocomposite	25
4.2.6	Résistance aux chocs et entretien	26
4.2.7	Pérennité	27
4.2.8	Intégration dans le phasage des travaux de sécurisation du barrage	28
5	EVALUATION DES COUTS	29
5.1	VARIANTE MASQUE EN BETON BITUMINEUX	29
5.2	VARIANTE MASQUE EN MEMBRANE	32
6	ANALYSE MULTICRITERE	33
6.1	METHODE.....	33
6.2	COMPARAISON BETON BITUMINEUX – MEMBRANE	34
6.2.1	Contraintes techniques.....	34
6.2.2	Contraintes liées à la phase chantier	35
6.2.3	Contraintes budgétaires	36
6.2.4	Synthèse de la comparaison	37
7	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	37

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	PLAN DE PHASAGE (VERSION AVP).....	1
-----------------	---	----------

TABLE DES FIGURES

Figure 1	: Coupe-type des travaux de rénovation du masque en 1995.....	3
Figure 2	: traitement entre les bandes (ancien masque à gauche et masque rénové à droite)	4
Figure 3	: raccordement du masque à la plinthe	5
Figure 4	: réfection de la crête.....	6
Figure 5	: détail du mur anti-vague.....	6
Figure 6	: Coupe de principe de rénovation du masque – variante béton bitumineux.....	9
Figure 7	: Compartimentage possible de la couche de drainage	11
Figure 7	: Coupe de principe du raccordement en pied amont – variante béton bitumineux.....	12

Figure 8 : Vue de la poutre de butée sur Kruth, avant et après mise en œuvre de la couche d'étanchéité supérieure.....	12
Figure 9 : Travaux de rabotage du masque existant de Kruth, avant réfection (2020).....	14
Figure 10 : Exemple d'atelier de mise en œuvre du béton bitumineux sur le parement (Kruth, 2020)	15
Figure 15 : Phase concomitante avec les travaux de réfection du masque	17
Figure 16 : Coupe du système breveté de fixation	19
Figure 17 : Principe de tensionnement de la membrane (Source : CARPI)	19
Figure 18 : Effet du tensionnement (Source : CARPI)	19
Figure 19 : Niveaux d'ancrage supérieur et inférieur du DEG	21
Figure 20 : Détail de la fixation périmétrale (source : CARPI)	22
Figure 21 : Fixation étanche (de gauche à droite : résine d'assise, garniture caoutchouc, fer plats inox, mise en œuvre des ancrages) – source : CARPI.....	22
Figure 22 : Détails de bande de géodrain additionnelle en pied d'ouvrage (barrage de Salt Springs, Etats Unis 2005, à gauche) et de plaque anti-intrusion (barrage de Sabrina, Etats Unis 2006, à droite) – source : CARPI	23
Figure 23 : Compartimentation envisagée.....	23
Figure 24 : Nacelles suspendues mobilisées dans le cadre des travaux sur La Coche en 2018 (source : CARPI).....	24
Figure 25 : Désordres (cloques et fissures) devant faire l'objet d'un traitement avant la pose du DEG	25
Figure 26 : Zone de purge nécessaire à la protection de l'étanchéité amont	27
Figure 27 : Mise en œuvre de la DEG.....	29

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques dimensionnelles du masque.....	2
Tableau 2 : Détail des nouvelles couches à mettre en place.....	10
Tableau 3 : Coût de la variante en béton bitumineux	30
Tableau 4 : Coût de la variante en béton bitumineux	32

1 PREAMBULE

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du marché de la maîtrise d'œuvre de la sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages départementaux de Sainte-Cécile d'Andorge et des Cambous.

Ces éléments ont conduit le maître d'ouvrage à engager un diagnostic complet du masque afin d'évaluer la pertinence d'une nouvelle rénovation à l'occasion des travaux prévus pour augmenter l'évacuation des crues ([7]). Ce diagnostic est synthétisé au §3.

Suite à cette conclusion, le maître d'ouvrage a décidé d'engager un avant-projet de rénovation du masque qui fait l'objet du présent rapport. Il compare les deux options envisagées pour la rénovation (superposition d'un masque en béton bitumineux ou d'un DEG intégrant une membrane en PVC).

1.2 REFERENCE

- [1] Barrage de Sainte Cécile d'Andorge, travaux de réfection du masque d'étanchéité du parement amont, Rapport de Diagnostic (STUCKY-CEBTP, août 1994).
- [2] Réfection du masque d'étanchéité du parement amont du barrage de Sainte Cécile d'Andorge, Projet définitif (STUCKY-CEBTP, 07 novembre 1994).
- [3] Barrage de Sainte Cécile d'Andorge, travaux de réfection du masque d'étanchéité du parement amont, Dossier des ouvrages exécutés (STUCKY / MALET, mars 1996).
- [4] Projet de sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Sainte Cécile d'Andorge et des Cambous, Inspection visuelle du masque amont du barrage (BRLi, janvier 2021-A)
- [5] Barrage de Sainte Cécile d'Andorge : rapport d'auscultation 2019-2020 (BRLi, novembre 2020)
- [6] Bulletin CIGB n°114 : Barrages en remblai avec masque en béton bitumineux, 1999
- [7] Rapport 19F-148-RM9 : Barrage de Sainte Cécile d'Andorge, Diagnostic du masque (ISL, 2021)

2 DESCRIPTION DU MASQUE

2.1 CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DU MASQUE

Les caractéristiques dimensionnelles du masque sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques dimensionnelles du masque

Caractéristiques	
Surface totale	6 800 m ²
Fruit du masque	1,7H/1V
Longueur de raccordement sur le couronnement	152 m
Longueur de raccordement à plinthe et à la galerie périmétrale	210 m

2.2 MASQUE EN SECTION COURANTE

La figure suivante présente les couches constituant le masque originel mis en œuvre en 1967 et le masque rénové en 1995.

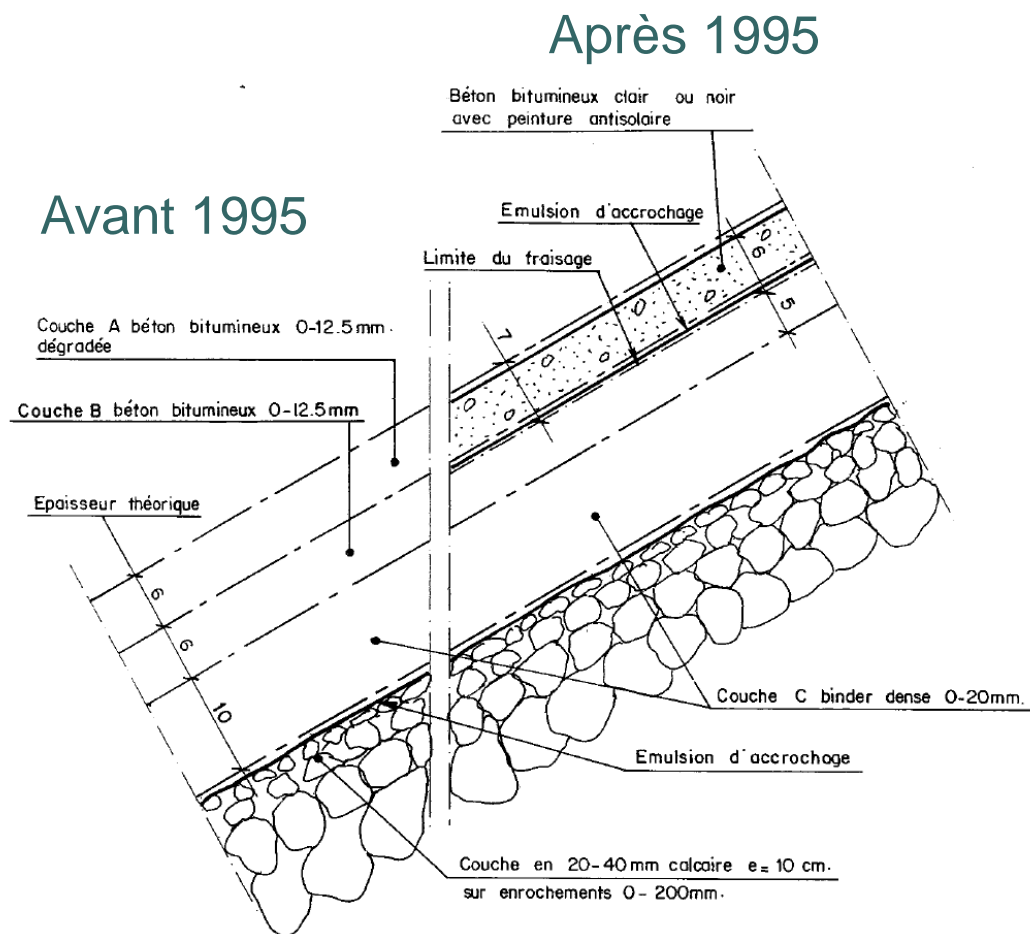


Figure 1 : Coupe-type de l'ancien masque et des travaux de rénovation effectués en 1995

Le masque bitumineux original était constitué de 3 couches, de l'intérieur vers la surface :

- la couche C de béton bitumineux support¹ de 10 cm d'épaisseur (enrobés 0/20 mm au dosage de 7,8 % de bitume),
- les deux couches A et B de béton bitumineux étanche de 6 cm d'épaisseur chacune (enrobés 0/12 mm au dosage de 8 % de bitume),
- un enduit de bitume et filler sur 3 mm d'épaisseur recouvert par 2 couches de peinture blanche en protection thermique entre la cote de retenue normale et la crête.

Ces couches reposaient sur, de l'intérieur vers la surface :

- une couche de 2 m d'épaisseur de petits enrochements drainants (granulométrie 5-200 mm) assurant la transition avec les enrochements du barrage,
- une couche de transition en matériaux concassés 20/40 mm sur une épaisseur 10 cm constituant le support d'accroche du masque, imprégné par un cut-back,

¹ Dans certains documents antérieurs, notamment l'EDD du barrage, la couche C a été qualifiée de couche drainante ce qui n'est pas compatible avec ses caractéristiques. On retiendra dorénavant l'appellation « couche support ».

2.3 RACCORDEMENT A LA PLINTHE

La figure suivante présente le raccordement à la plinthe.

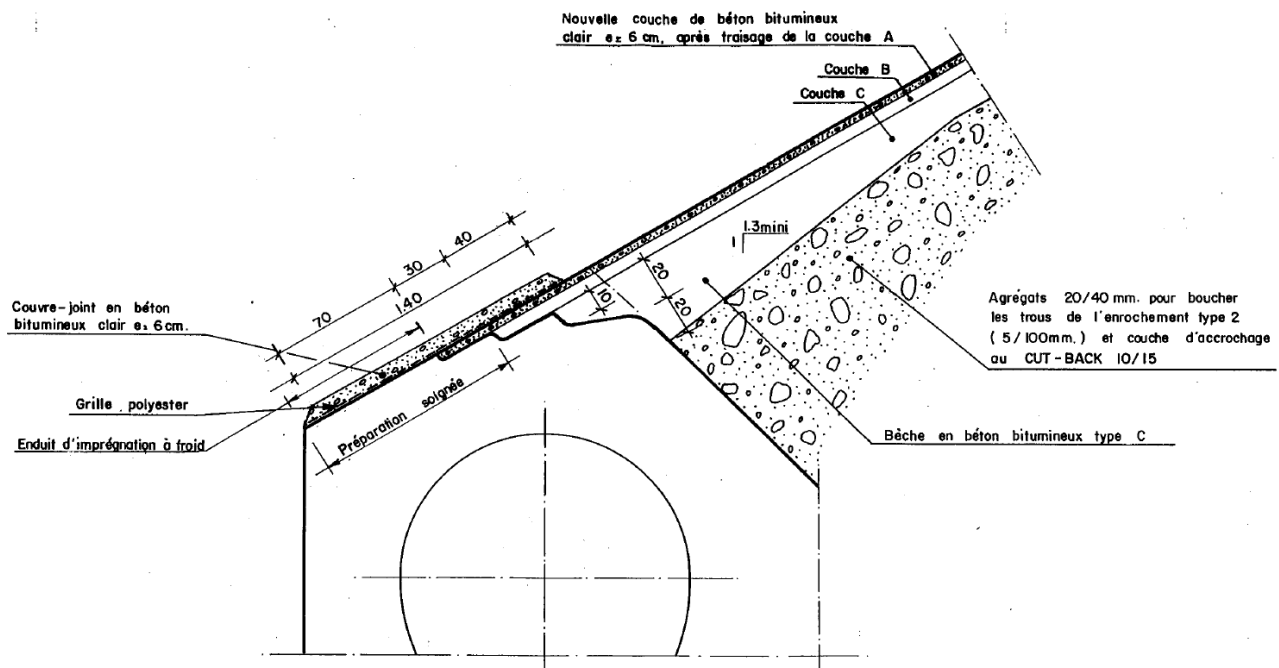


Figure 3 : raccordement du masque à la plinthe

En périphérie du masque, au raccordement de la plinthe, un couvre joint en béton bitumineux supplémentaire a été mis en œuvre sur une épaisseur de 6 cm selon les plans (un peu plus selon les observations). Il est identique à celui employé pour la rénovation du masque mais comprend un renforcement par une grille en polyester. Sur les parties en béton, un enduit d'imprégnation à froid a été mise en œuvre.

2.4 RACCORDEMENT AU PARAPET

Le couronnement, d'une largeur de 6 m, supporte une piste de service bordée de glissières de sécurité à l'aval et d'un muret anti-vague (ou parapet) à l'amont.

Le muret parapet a également été réalisé lors de la réfection du masque en 1995. Il est fondé sur une grave bitume soigneusement compactée (environ 0,3 m d'épaisseur selon la coupe ci-dessous). Le relevé d'étanchéité a été réalisé en insérant la nouvelle couche de béton bitumineux entre le muret en béton et sa fondation en grave bitume.

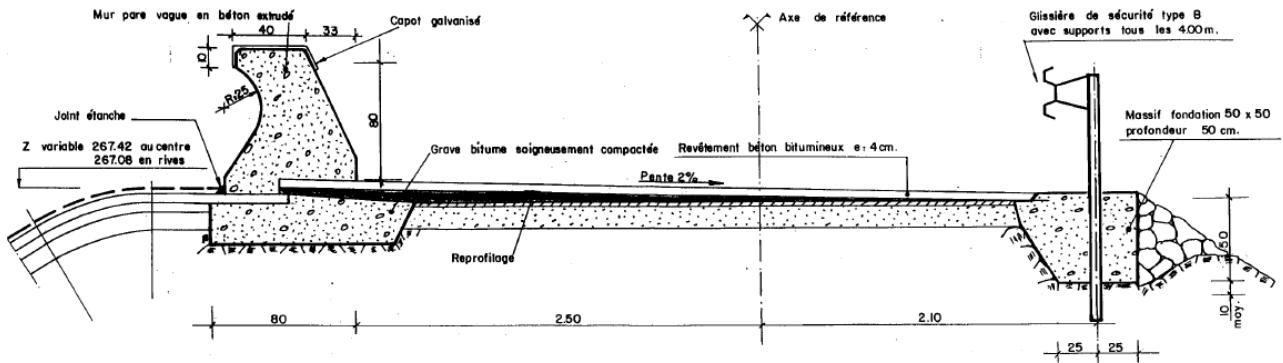


Figure 4 : réfection de la crête

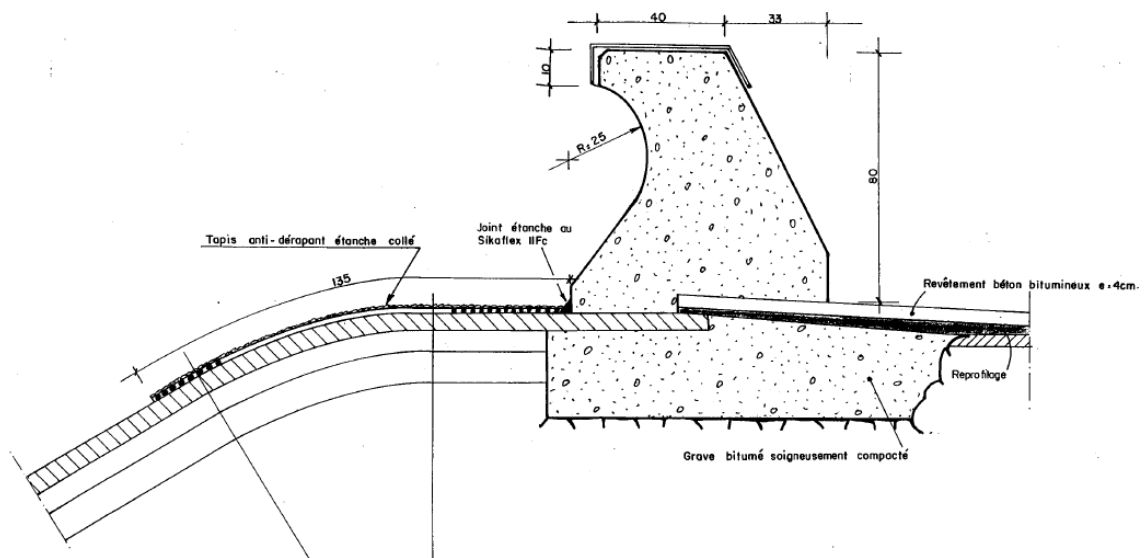


Figure 5 : détail du mur anti-vague

3 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

Les essais réalisés en 2020 montrent que la perméabilité de la couche A est satisfaisante dans les zones non endommagées. Toutefois :

- Pour la couche d'étanchéité A, une partie des désordres relevés lors des inspections visuelles et à l'analyse des carottes (fissures profondes voire traversantes, épaufrures causées par les dents de pelle mécanique, granulats anormalement grands, granulats de qualité mécanique insuffisante) constituent des points faibles de l'étanchéité du masque ; ces défauts sont nombreux et affectent une surface importante de la couche ;
- La barrière d'étanchéité supplémentaire constituée par la couche B, aujourd'hui âgée de plus de 55 ans, est peu fiable :
 - ◆ le rabotage réalisé à l'occasion de la rénovation de la couche A a parfois réduit son épaisseur (2 carottes avec une épaisseur de 1 à 3 cm, 6 avec moins de 4 cm) ;
 - ◆ la compacité de la couche est notablement inférieure à ce qui est recommandé pour une couche étanche (près de la moitié des % de vides > 4 %) ;
 - ◆ le bitume a durci avec le temps, ce qui le rend cassant et pourrait conduire à l'apparition de fissures en cas de déformation suite à une mise en charge importante du masque.
- A l'interface entre les deux couches, les essais démontrent un décollement avéré sur une partie importante du masque bien corrélé avec les déplacements des cibles sur le parement ; ce décollement (perte d'adhérence de la couche / fluage / fissuration) a un potentiel d'auto-entretien voire d'auto-accélération ; ce mécanisme de dégradation sera d'autant plus rapide que les défauts d'étanchéité s'aggraveront.
- Des doutes subsistent sur la perméabilité de la couche A en partie inférieure de masque, (notamment sur les triangles en rive où le réglage et le compactage ont été moins efficace car effectués manuellement), et des joints entre bandes, potentielles zones de faiblesse.

La couche support C (que l'on ne qualifiera pas de drainante, contrairement à ce qu'on retrouve dans la bibliographie du barrage) offre probablement un complément d'étanchéité.

De nombreuses cloques et décollements, observés dès 1972, entre l'ancienne couche A et la couche B et dès 1995 entre la nouvelle couche A et la couche B, sont en partie imputables à la superposition de couches étanches, solution constructive retenue en 1966 car on ne disposait pas d'équipements et de moyens à l'époque permettant de s'en affranchir et lors des travaux de réfection de 1995 (on disposait d'équipements permettant de s'en affranchir mais par contre on avait déjà perdu une grande partie du savoir-faire des entreprises et de leurs personnels par manque de travaux de ce type depuis la fin des années 1970).

En conclusion, on retiendra que :

- l'étanchéité du masque du barrage de Ste-Cécile d'Andorge n'est pas au niveau attendu par comparaison aux standards actuels et du fait de son état ;
- les dégradations par décollement/fluage vont s'accélérer et conduiront probablement à devoir le reprendre dans moins de 20 ans.

Ce constat est aggravé par le fait que cette étanchéité ne peut véritablement être éprouvée (ce qui est essentiel avec ce type de technique) :

- S'agissant d'un barrage écrêteur, sa performance peut difficilement être mesurée par une mise en eau contrôlée (cf. document annexe n°6 du dossier de révision spéciale relatif à la faisabilité d'une mise en eau contrôlée) ;
- Les débits de fuite du masque ne sont pas collectés dans la plinthe mais se perdent de manière diffuse dans le corps du barrage ce qui ne permet pas un véritable suivi.

Enfin, le remplissage significatif le plus récent² du barrage (2008) n'a représenté que 55% de la charge maximale sous les PHE (actuelles et futures). Il est possible qu'un remplissage important conduise à des cisaillements et des écoulements entre les couches A et B susceptibles d'accentuer les désordres.

Ces points sont à nuancer par le fait que l'étanchéité imparfaite d'un barrage en enrochements à masque n'est pas rédhibitoire :

- L'augmentation de la piézométrie induite n'est pas de nature à générer des instabilités (dans l'état actuel comme dans l'état aménagé comme l'a démontré le dossier de révision spéciale en considérant l'arrachement du masque sur toute la partie supérieure – cf. Document C) ;
- En matière d'érosion interne, selon le guide bulletin CIGB 164, ce type de barrage est sensible uniquement au déchaussement régressif (type Tokwé-Mukorsi avec une mise en eau avant réalisation du masque) ; dans l'état aménagé, les écoulements seront filtrés et l'instabilité sera « bloquée » par la recharge en BCR (comme démontré dans le dossier de révision spéciale – Cf. Document C).

² On écarte ici le remplissage maximal atteint en 1977 avec un masque de moins de 10 ans.

Le barrage disposera donc d'une double couche d'étanchéité (la nouvelle couche d'étanchéité et la couche B existante) et d'un système de collecte (compartimenté) des fuites à travers le masque (ce qui n'est actuellement pas le cas, les fuites se perdant de manière diffuse dans le remblai).

La nouvelle couche de drainage A2 a une triple fonction :

- récolter les débits de fuite de la nouvelle couche étanche A1 (la différence de perméabilité attendue avec la couche B sous-jacente permettant d'assurer que les écoulements de fuite empruntent bien la couche drainante et ne percolent pas à travers le remblai) ;
- éviter le développement de sous-pressions entre les couches très peu perméables (A1 et B) lors de la mise en œuvre (dégagements de vapeurs) et lors des vidanges de la retenue, et limiter ainsi le risque de décollement des couches ou de formations de cloques ;
- offrir une surface de pose régulière et plane à la nouvelle couche étanche A1.

La liaison entre la nouvelle couche de drainage A2 et la couche d'étanchéité en place B est assurée par application d'un primaire d'accrochage. La liaison entre les couches bitumineuses est quant à elle, traitée conformément aux règles de l'art (obtention d'une surface de pose plane et propre, application d'un primaire d'accrochage si nécessaire, ...). Les caractéristiques des matériaux sont spécifiées pour garantir une bonne adhérence entre les couches.

Tableau 2 : Détail des nouvelles couches à mettre en place

Couche	Epaisseur (cm)	Fonction	caractéristiques
M : Mastic de protection	0,2	Protection du masque	<ul style="list-style-type: none"> • teneur en liant 20% (bitume normé B70/100) • teneur en filler 80% (nature du filler à définir ultérieurement)
A1 : Couche d'étanchéité	6	Etanchéité	<ul style="list-style-type: none"> • teneur en liant entre 6,0 à 8,0 % en masse (bitume modifié par un polymère) • pourcentage de vides < 3% • Dmax granulats = 11 mm
A2 : Couche de drainage	10	Drainage des fuites Limitation des pressions entre couches en cas de fuites Réglage du support de la nouvelle couche d'étanchéité.	<ul style="list-style-type: none"> • teneur en liant entre 3,5 à 5,5 % en masse (bitume normé B70/100) • pourcentage de vides > 15% • Dmax granulats = 16 mm
P : Primaire d'accrochage	<0,1	Assurer la liaison entre la couche B existante en béton bitumineux et la nouvelle couche de drainage.	<ul style="list-style-type: none"> • A définir ultérieurement

La couche de drainage est divisée en compartiments d'environ 25 m de largeur en partie centrale du masque, par la mise en œuvre de cloisons verticales en béton bitumineux étanche, d'une largeur de 1 m, et sur toute la hauteur du masque (Figure 7). Ces cloisons sont constituées en substituant le matériau A1 au matériau A2.

Chaque compartiment ainsi défini est drainé en partie basse par deux drains forés à travers le béton de la galerie et débouchant sur le toit de la galerie (tubes inox scellés dans les forages, munis à leur extrémité de vannes acier ¼ de tour). Ce compartimentage de la couche de drainage permet de mieux localiser d'éventuelles fuites à travers le masque.

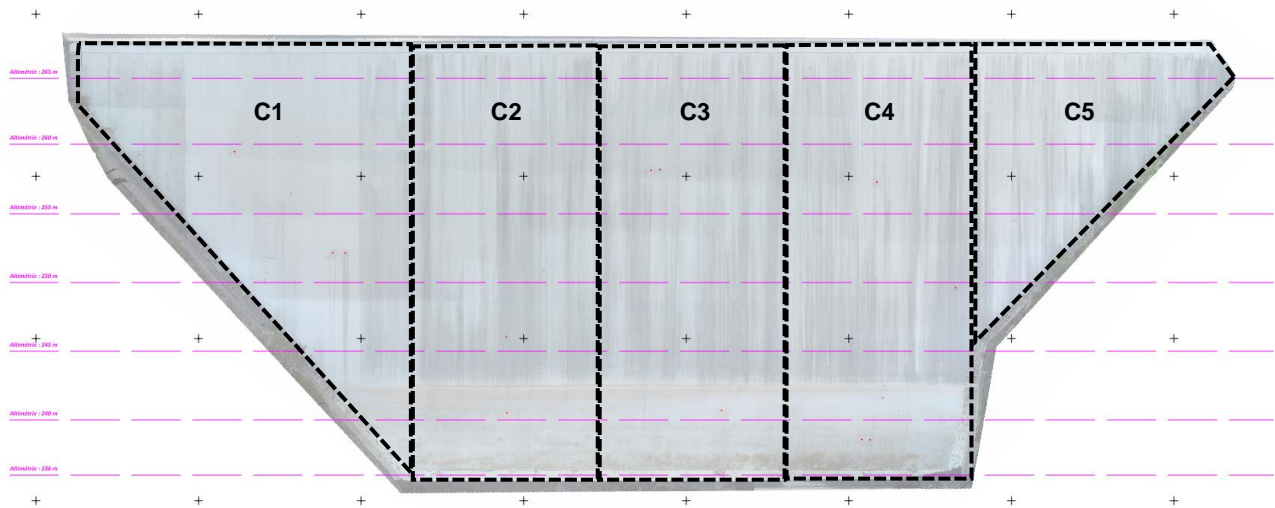


Figure 7 : Compartimentage possible de la couche de drainage

4.1.2 RACCORDEMENTS EN PIED AMONT, EN RIVES ET EN CRETE.

L'épaisseur totale des nouvelles couches de béton bitumineux, sur la couche existante B, est de 16 cm (au lieu des 6 cm actuels de la couche A), nécessitant des précautions particulières au niveau des raccordements en pied amont et en rives. La Figure 8 illustre ce raccordement au niveau de la plinthe.

Une poutre en béton armé est liaisonnée au béton de la galerie. Cette poutre joue un double rôle :

- assurer le cloisonnement étanche des nouvelles couches au niveau de la plinthe et des noues (un joint bitumineux est mis en place entre les couches et la poutre) ;
- opposer une butée aux nouvelles couches en cas de glissement du béton bitumineux.

L'arase supérieure de cette poutre est calée sur l'épaisseur totale des nouvelles couches. L'épaisseur de la poutre est estimée à 15 cm.

Une clé d'étanchéité de 0,5 m de largeur est prévue en partie inférieure de masque, en béton bitumineux étanche, afin d'éloigner la couche drainante du joint masque/poutre et réduire ainsi les infiltrations par cette interface.

Un joint bitumineux assure l'étanchéité du raccordement entre le masque et la poutre en béton armé.

Pour chaque compartiment de la couche de drainage, deux drains espacés de 50 cm (redondance en cas d'obstruction d'un tube) sont forés à travers le béton de la galerie, en partie basse de la couche de drainage, et équipés de tubes inox de diamètre 50 mm. Le système de collecte et de mesure des débits transitant par les drains forés est à préciser en phase projet.

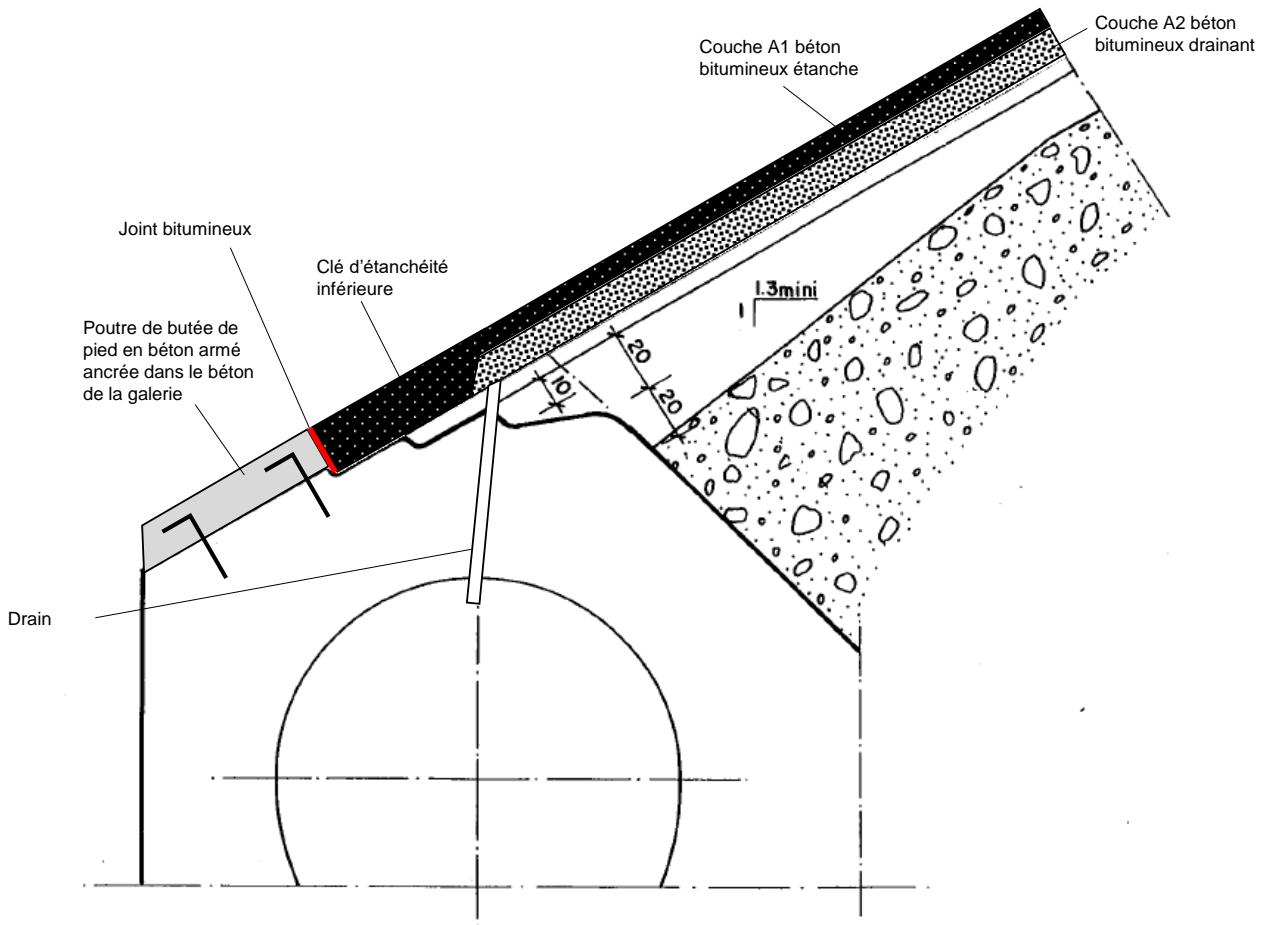


Figure 8 : Coupe de principe du raccordement en pied amont – variante béton bitumineux

La figure ci-dessous illustre la poutre de butée mise en œuvre dans le cadre de la réfection du masque du barrage de Kruth (2020). Sur la photo de gauche, l'espace destiné à accueillir la clé d'étanchéité est bien visible (entre le bas de la couche drainante et la poutre). Des réservations (planches de bois) sont disposées en prévision de la réalisation du joint bitumineux.



Figure 9 : Vue de la poutre de butée sur Kruth, avant et après mise en œuvre de la couche d'étanchéité supérieure

En crête, le risque d'infiltration d'eau dans le masque est réduit par une cloison étanche horizontale d'environ 1 m de largeur, en béton bitumineux étanche, en partie supérieure de la nouvelle couche de drainage.

Le nouveau masque en béton bitumineux devra être réalisé avant la mise en œuvre de la carapace en BCR sur la crête (cf. §4.1.5). En revanche, le raccordement du masque à la recharge en BCR ne pourra être réalisé qu'après achèvement du BCR :

- soit par mise en œuvre d'une clé d'étanchéité supplémentaire en béton bitumineux (cette disposition n'est pas entièrement satisfaisante, car elle conduit à avoir un joint de construction supplémentaire en partie supérieure du masque, potentielle source de défaut d'étanchéité, et fait intervenir un atelier de mise en œuvre de l'asphalte alors que les conditions ne seront pas adaptées (difficulté de travailler à partir d'un treuil à cause des « marches » de BCR en crête).
- soit par la mise en œuvre d'un Dispositif d'Etanchéité par Géomembrane (DEG) en partie supérieure du masque.

Le détail de ce raccordement est à définir en phase PROJET. Une protection particulière devra être prévue au droit de la zone d'écoulement de l'évacuateur (environ 50 m à l'entonnement).

4.1.3 CONTRAINTES PARTICULIERES

Le nouveau dispositif d'étanchéité en béton bitumineux réutilise une partie du masque d'origine : les couches B et C, servant de support aux nouvelles couches et de barrière d'étanchéité supplémentaire, ont été mises en œuvre en 1966.

Cette solution suppose donc :

- le bon état de la couche B d'étanchéité sur l'ensemble du parement, et la bonne adhérence des couches B et C et du support ;
- la bonne adhérence entre la couche B existante et la nouvelle couche de drainage ;

Concernant le premier point, les carottes réalisées dans le cadre du diagnostic du masque de 2020 devaient s'arrêter à la couche support C. Il est donc difficile d'apprécier l'adhérence des couches B et C à partir de ces sondages. Toutefois, compte tenu des longueurs des carottes prélevées, il est probable que la couche C ait été traversée par plusieurs sondages carottés de 2020. L'examen des carottes ne permet pas de distinguer l'interface entre B et C et le collage entre ces couches est donc, a priori, de bonne qualité.

Si cette variante est retenue, une campagne de carottages plus profonds devra donc être entreprise, afin d'évaluer la qualité des interfaces couche B / couche C et couche C / support.

Concernant l'adhérence des anciennes et nouvelles couches, Il devra être démontré que la formulation du primaire d'accrochage permet d'assurer le collage entre la couche B existante, ayant subi un vieillissement prononcé, et la nouvelle couche drainante. Cette adhérence pourra être vérifiée lors d'une planche d'essais, par prélèvements de carottes et éventuellement essais de cisaillement sur carottes pour caractériser la résistance de l'interface.

D'autre part, il faudra s'assurer que la différence de comportement mécanique et rhéologique de la nouvelle couche A2 et la couche B n'est pas susceptible d'induire des décollements des couches, en cas de mise en charge importante du barrage. En effet, le diagnostic a montré que la couche B s'apparentait à un bitume de classe de pénétrabilité B20, d'une flexibilité nettement inférieure à celle des bitumes généralement prescrits pour les masques en béton bitumineux (généralement de classe B40 à B100). Cette couche présente donc des risques de fissuration accrus notamment en période de froid ou en cas de mise en charge importante du masque. Tous les défauts qui apparaîtraient sur la couche B après rabotage de la couche A devront être traités, et en particulier les fissures existantes, par calfatage avec des produits à base de bitume.

4.1.4 MISE EN ŒUVRE

Les travaux de rabotage de la couche A existante et de mise en œuvre des nouvelles couches seront assurés par des engins travaillant sur le parement incliné à l'aide de treuils installés en crête. Ces travaux nécessitent donc le dépôt du parapet existant au préalable.



Figure 10 : Travaux de rabotage du masque existant de Kruth, avant réfection (2020)

Le rabotage de la couche supérieure sera assuré par une raboteuse travaillant de bas en haut, liée à un treuil en crête. Considérant l'épaisseur à retirer (75% de la couche A, à retirer, a une épaisseur comprise entre 6 et 8 cm), une seule passe de raboteuse devrait suffire sur la majorité de la surface.

Il faudra s'assurer que l'intégralité de la couche A et l'interface avec la couche B soit totalement retirée, afin de minimiser les défauts d'adhérence dans le masque rénové. Cette contrainte conduira à réduire légèrement l'épaisseur de la couche B par rabotage (réduction de l'ordre de 1 cm en moyenne). La différence de couleur des couches A (beige) et B (noire) permettra de contrôler visuellement le retrait total de la couche A et de l'interface.

Comme le montre le graphique ci-dessous (issu du rapport de diagnostic du masque), le rabotage réalisé lors des travaux de 1995 avait déjà conduit à réduire l'épaisseur moyenne de la couche B de 6 à 5 cm, et à augmenter les irrégularités d'épaisseur (certaines zones présentant une épaisseur résiduelle inférieures à 3 cm). Il est donc probable que le nouveau rabotage conduise à une épaisseur résiduelle très faible à nulle de la couche B, dans certaines zones ce qui pourrait altérer localement la fonction d'étanchéité de la couche B.

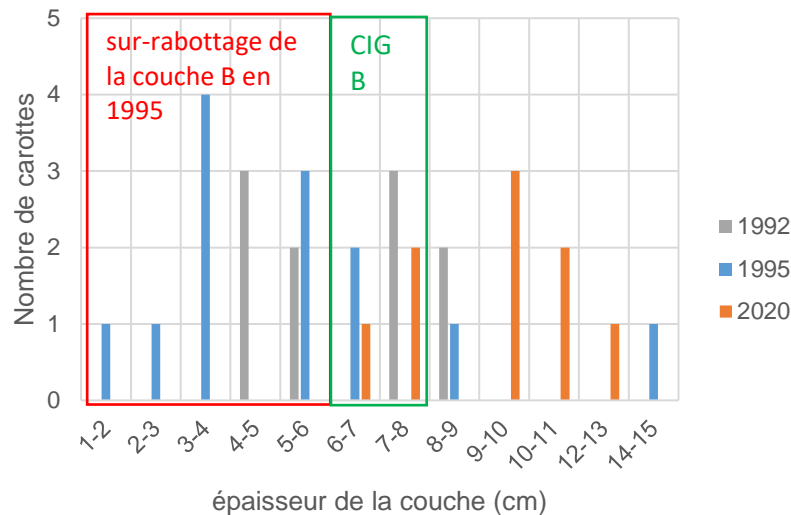


Figure 11 : Mesures d'épaisseur de la couche B

Après rabotage de la couche A, les éventuels désordres et défauts de planéité de la couche B (marches entre passes de raboteuse par exemple) seront repris afin d'obtenir une surface plane et exempte de défauts. Toutes les zones non adhérentes résiduelles seront purgées.

Après application d'un primaire d'accrochage sur la surface de pose, le revêtement bitumineux sera mis en œuvre depuis la crête par des machines adaptées à l'inclinaison du parement. Les engins travailleront sur le parement à l'aide de treuils, du bas vers le haut.

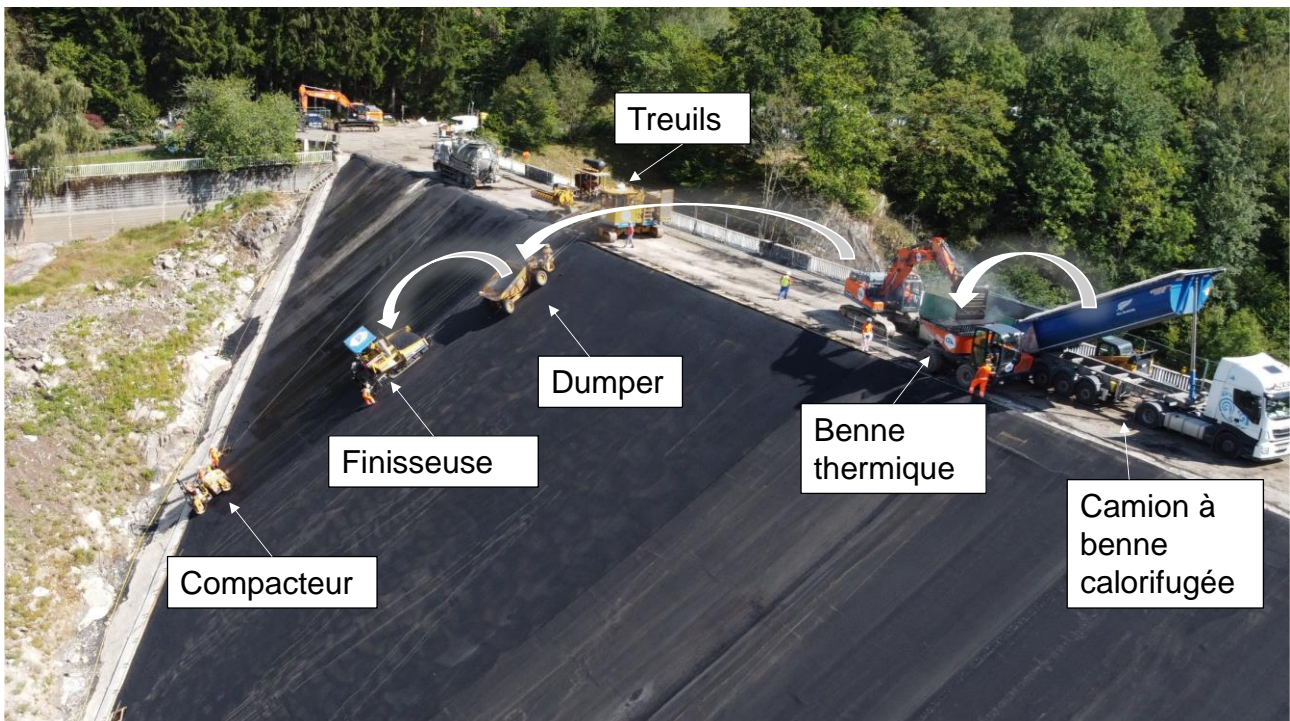


Figure 12 : Exemple d'atelier de mise en œuvre du béton bitumineux sur le parement (Kruth, 2020)

Les raccordements du masque à la galerie et aux côtés seront traités manuellement.

En fonction de la couche à réaliser, un ou deux compacteurs à bille suivent le finisseur. Le nombre d'engins et de passes sera défini par l'entreprise, en fonction de la température extérieure, de la météorologie, de la vitesse d'avancement, et de l'énergie de compactage, de sorte à atteindre la densité spécifiée.

Certaines zones du parement ne seront probablement pas accessibles par la finisseuse (extrémités rive droite et rive gauche, triangles le long des noues, ...) et nécessiteront une adaptation de l'atelier de régilage et compactage. La compacité des couches devra faire l'objet d'un contrôle renforcé sur ces zones, le risque de sous-compacité y étant élevé.

Les joints froids⁴ entre les bandes de béton bitumineux feront systématiquement l'objet d'un traitement destiné à en assurer l'étanchéité (réchauffage et recompactage par exemple). Les joints chauds⁵ seront individuellement contrôlés et traités en cas d'étanchéité insuffisante (par recompactage par exemple).

Le mastic de protection sera mis en place par un chariot de traction équipé d'une lèvre en caoutchouc du bas vers le haut. La température et la vitesse d'application seront définies dans le cahier des charges et adaptées pendant les travaux selon les conditions climatiques.

4.1.5 INTEGRATION DANS LE PHASAGE DES TRAVAUX DE SECURISATION DU BARRAGE

Le plan de phasage tel que prévu dans le cadre de l'AVP de sécurisation du barrage est inséré en annexe.

Les principales contraintes de phasage, liées à la méthode de mise en œuvre du masque en béton bitumineux, sont les suivantes :

- Le parapet existant doit être déposé, celui-ci constituant un obstacle à l'accès au parement par les engins et aux câbles (cf. § 4.1.2) ;
- La crête doit présenter une surface suffisante pour accueillir un chariot à treuil, la circulation de semi-remorque, d'une pelle mécanique pour le chargement du Dumper (Figure 12). Par ailleurs, la finisseuse doit pouvoir monter sur le chariot à treuil pour pouvoir mettre en œuvre la partie supérieure du masque

Les contraintes de réalisation ne permettent pas de réaliser le masque :

- en année 1, car le parapet doit être conservé pour maintenir la cote de danger du barrage ;
- durant la fin de phase 5 et la phase 6 du fait de l'intervention des engins pour la réalisation du BCR et de l'entonnement de l'évacuateur ;
- après la fin des travaux de BCR du fait de la nouvelle géométrie du barrage en crête (marches en BCR et présence de l'évacuateur).

Par ailleurs, il est préférable de ne pas réaliser le masque avant les travaux d'étêtement du remblai du fait du risque d'endommagement par des chutes de pierres lors des terrassements (phase 3 et fin de phase 5).

La meilleure possibilité d'intégration au planning est donc de réaliser ces travaux en phase 5 après l'étêtement du remblai qui pourra être réalisé dès que la cote du BCR aura dépassé la cote du remblai (262,5 NGF).

⁴ Joint froid : joint entre deux bandes réalisés deux jours différents, ou plus généralement, lorsqu'une bande de béton bitumineux est mise en œuvre alors que la bande adjacente a refroidi.

⁵ Joint chaud : joint entre deux bandes réalisées à la suite, avant que la bande précédente n'ait eu le temps de refroidir.

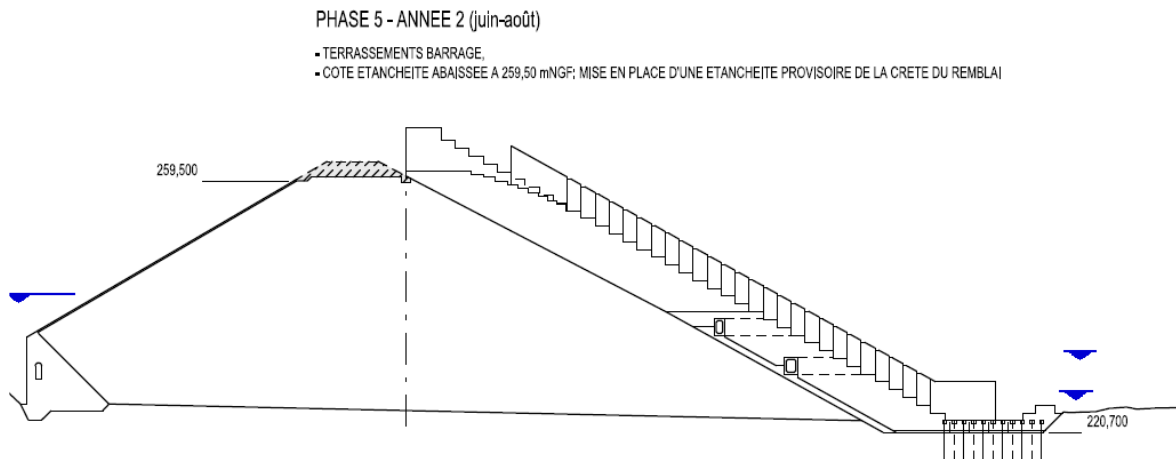


Figure 13 : Phase concomitante avec les travaux de réfection du masque

Les durées totales d'intervention sont les suivantes, dans l'hypothèse de travaux menés à une cadence industrielle, et sans tenir compte des contraintes d'exploitation et des contingences liées aux travaux de construction du nouvel évacuateur de crues :

- Rabotage de la couche A existante : 2 semaines
- Construction du masque : 1 mois
- Remise en état / finitions : 2 semaines.

Soit une durée de travaux de 2 mois (hors période de préparation) en fin de phase 5 (juillet/août) avec la contrainte de devoir absolument rétablir l'étanchéité du barrage (dégradé par le rabotage) avant la saison des crues.

L'intégration de cette variante ajoute donc une pression supplémentaire à un planning général de l'opération déjà tendu et pour lequel le CTPBOH a appelé à la plus grande vigilance.

4.1.6 ENTRETIEN

Le béton bitumineux est un matériau ne demandant pas d'entretien systématique. En cas de désordres ponctuel, des réparations ponctuelles sont possibles.

Le masque est recouvert d'un mastic de protection en enduit bitumineux qui le protège des sollicitations extérieures (UV, gel, ...). Cette couche, sacrificielle, permet d'augmenter la durabilité du masque et a pour vocation à être remplacée/renouvelée régulièrement. Le retour d'expériences montre que pour un barrage à retenue permanente, un renouvellement de cette protection tous les 10 à 15 ans est à envisager en fonction des dégradations subies. Toutefois, dans le cas du barrage de Sainte Cécile, la majorité de la surface du masque est exposée aux sollicitations environnementales (entre la RN et la crête) : la fréquence attendue de renouvellement du mastic est plus importante pour cette surface exposée.

Dans le cadre de cette opération, le rabotage du béton bitumineux sous-jacent n'est pas nécessaire. Le nouveau mastic est appliqué directement sur le béton bitumineux, après application d'un primaire d'accrochage. Cette opération sera particulièrement compliquée du fait de la nouvelle géométrie du barrage en crête (marches en BCR et présence de l'évacuateur).

Aucune recommandation concernant l'emploi de peinture réfléchissante n'est formulée dans le bulletin 114 de la CIGB, la protection aux UV étant apportée par le revêtement de fermeture.

Des interventions d'entretien sur les raccords bitumineux entre la crête et le masque seront à prévoir. Ces interventions consistent en un nettoyage (enlèvement de la végétation, et purge du joint bitumineux existant) et la réalisation d'un nouveau joint bitumineux. Ce travail peut bien être réalisé par l'exploitant, sans vider la retenue et ne nécessite pas l'abaissement du plan d'eau. Un soin particulier doit être accordé à ces opérations d'entretien, afin de ne pas causer des dégâts involontaires sur le masque (coups de godets par exemple).

4.2 VARIANTE MASQUE EN GEOMEMBRANE PVC

4.2.1 DESCRIPTION

L'opération consiste à compléter l'étanchéité du masque existant en surimposant un DEG (dispositif d'étanchéité par géomembrane) composé (de l'amont vers l'aval) :

- d'une géomembrane en PVC de 3,0 mm d'épaisseur, de couleur gris-ciment qui apporte la fonction d'étanchéité,
- d'un géotextile anti-poinçonnement en polypropylène de 500 g/m² qui renforce la résistance à la tension et au poinçonnement,
- d'un géodrain assurant le drainage sous le revêtement étanche,
- d'un réseau de forages évacuant les eaux drainées dans la galerie périmétrale du barrage.

Le géocomposite (géomembrane et le géotextile anti-poinçonnement) est maintenu :

- par des profilés verticaux assurant aussi sa tension rive-à-rive pour la tenue au vent,
- par une fixation étanche sur la plinthe périmétrale existante et sur le BCR du futur évacuateur de crue.

Le géocomposite recouvre l'ensemble du parement amont depuis la plinthe en pied de barrage (environ 235 NGF) jusqu'au BCR (environ 260,30 NGF). La surface totale à couvrir est d'environ 4 780 m².

4.2.2 GEOCOMPOSITE D'ETANCHEITE

Le géocomposite d'étanchéité est une géomembrane PVC de 3,0 mm d'épaisseur, souple et produite par extrusion, de couleur gris ciment, thermo-associée en phase de fabrication à un géotextile aiguillé (non-tissé) en polypropylène de 500 g/m².

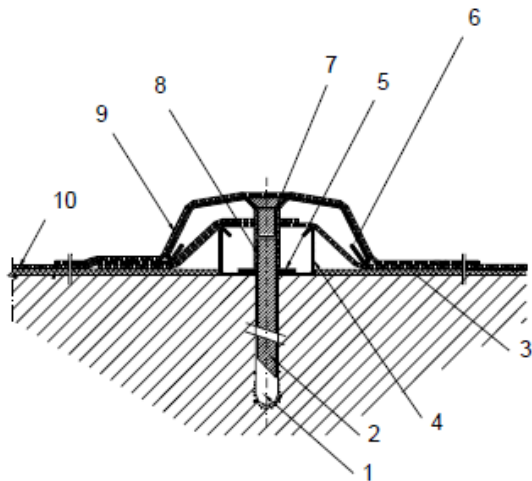
La géomembrane PVC constitue l'élément étanche du système, le géotextile constitue l'élément de protection mécanique anti-poinçonnant et participe également au drainage de l'ensemble.

Ce type de géocomposite est très déformable et élastique (allongement à la rupture de l'ordre de 300 à 400 %), assurant des performances élevées en ce qui concerne l'adaptation à la structure existante et la résistance à l'ouverture d'éventuelles fissures/cavités/joints.

Le choix de l'épaisseur est fait à ce stade par analogie sur des projets similaires réalisés par le fournisseur dans les Pyrénées (barrages en remblai Aubert) et dans les Alpes (bassin supérieur de la STEP de la Coche, bassin de Saint Martin Vésubie).

4.2.3 SYSTEME D'ANCRAGE

4.2.3.1 Description du système de tensionnement



- 1. Ancrage chimique
- 2. Tige filetée en acier
- 3. Géogrille
- 4. Profilé interne en inox
- 5. Rondelle en inox
- 6. Profilé externe
- 7. Vis en inox
- 8. Coupleur
- 9. Bande membrane de couverture
- 10. Membrane composite

Figure 14 : Coupe du système breveté de fixation
(Source : (Cazzuffi, Giroud, Scuero, & Vaschetti, 2011))

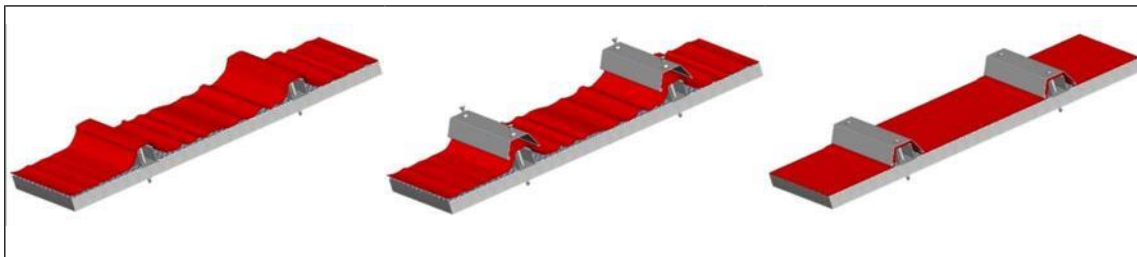


Figure 15 : Principe de tensionnement de la membrane (Source : CARPI)



Figure 16 : Effet du tensionnement (Source : CARPI)

Le géocomposite est maintenu par des lignes longitudinales d'ancrages, réalisées avec des profilés de tensionnement en acier inoxydable. Le profilé inférieur a une épaisseur de 3 mm et le supérieur une épaisseur de 4 mm leur permettant de résister à des pressions telle que la neige / glace ou des hauteurs d'eau supérieures à 100 m. Les profilés de tensionnement sont installés sur le rampant en lignes continues depuis la fixation haute jusqu'à la fixation basse.

La couche de support est caractérisée préalablement à la confirmation de la conception du système afin de vérifier l'adéquation avec le système d'ancrage. Des essais d'arrachement sur différents types d'ancrage sont réalisés pour valider la conception.

Les profilés de tensionnement sont ancrés par des chevilles mécaniques Ø 12mm de longueur environ 100 mm traversant le géocomposite et recouverts par une bande d'étanchéité en membrane, de matériau et épaisseur identique à ceux du géocomposite d'étanchéité, mais dépourvue du géotextile pour permettre les opérations de soudage.

4.2.3.2 Effet du système de tensionnement

Le système de fixation de tensionnement se compose d'un couple de profilés en acier inoxydable. Le profilé inférieur est fixé directement à la structure. La connexion du profilé supérieur au profilé inférieur, obtenue par une vis à tête fraisée, achève le tensionnement et l'ancrage du revêtement étanche au support.

La géométrie des profilés d'ancrage et du système de connexion sont tels qu'ils contraignent le géocomposite à s'insérer dans une configuration par laquelle il est mis en tension transversalement sur la surface du barrage, comme illustré dans les schémas et photo suivants.

Les profilés jouent également le rôle d'évents et maintiennent la membrane à la pression atmosphérique. En cas de montée du plan d'eau, la formation de poches d'air sous la membrane est ainsi évitée.

4.2.3.3 Fixations périmétrales étanches

Au niveau de la périphérie, le géocomposite est maintenu par une fixation mécanique. Dans le cas du barrage de Saint Cécile d'Andorge, l'ensemble de la fixation périmétrale pourra être immergée. La fixation mécanique sera étanche et mise en œuvre sur la plinthe périmétrale (niveau d'ancrage inférieur à 235,5 NGF) et sur le BCR (niveau d'ancrage supérieur à 260,3 NGF).

Le détail de ce raccordement est à définir en phase PROJET. Une protection particulière devra être prévue au droit de la zone d'écoulement de l'évacuateur (sur une largeur d'environ 50 m à l'entonnement).

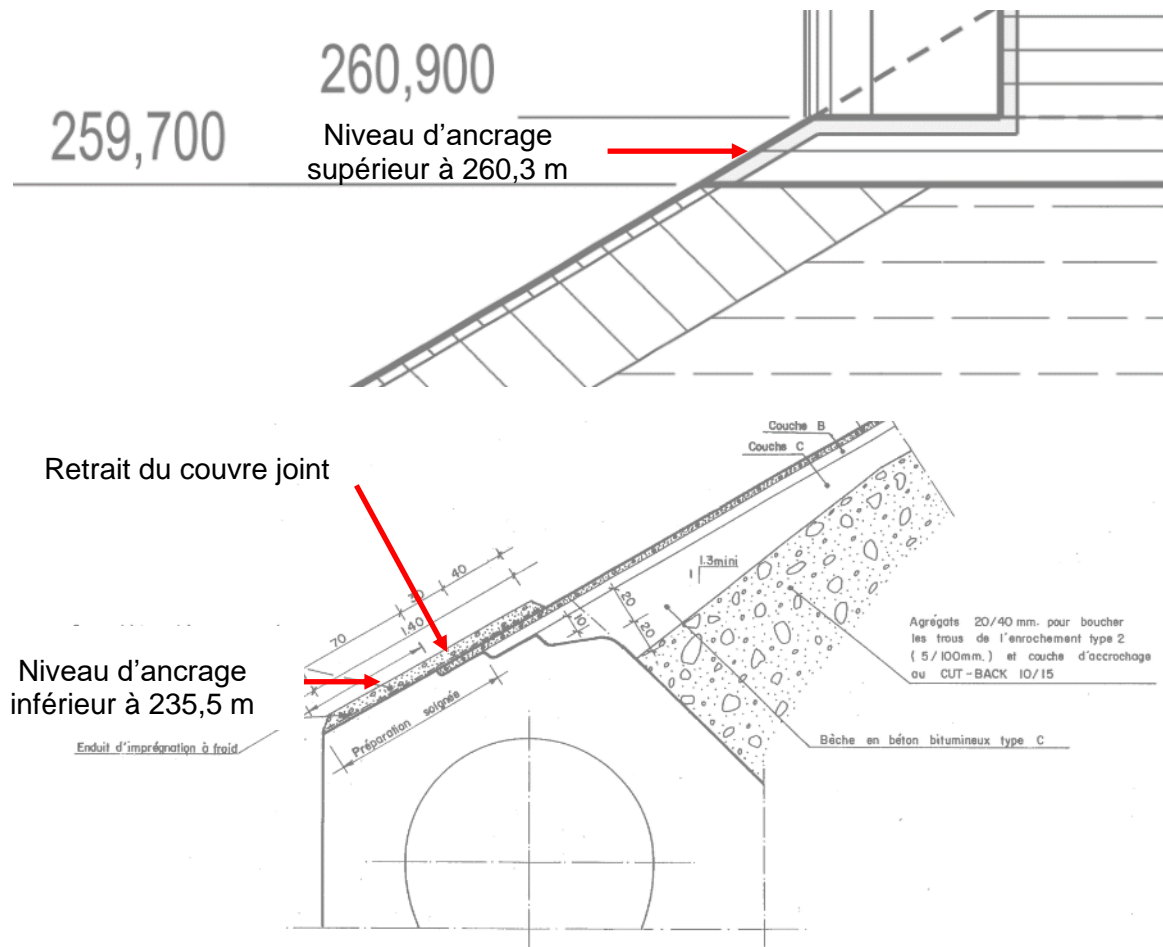


Figure 17 : Niveaux d'ancrage supérieur et inférieur du DEG

Les fixations périphériques étanches sont constituées d'un profilé plat en acier inoxydable de section 60 x 6 mm, serrant le géocomposite contre le béton par l'intermédiaire d'un joint de compression (garniture caoutchouc), de tiges filetées et chevilles chimiques à entre-axes adéquats, avec interposition des accessoires appropriés tels que joints souples, plaquettes de liaison et rondelles de répartition.

Ces fixations sont mises en œuvre sur une surface d'appui en béton ayant des caractéristiques de résistance adéquate. Les éléments constitutifs de cette fixation périmétrale sont mis en œuvre sur une couche de régularisation de résine type EPOXY afin de permettre une assise et une adhérence parfaite au support.

Les performances de l'étanchéité de cette fixation ont été testées sous une charge allant jusqu'à 240 m.

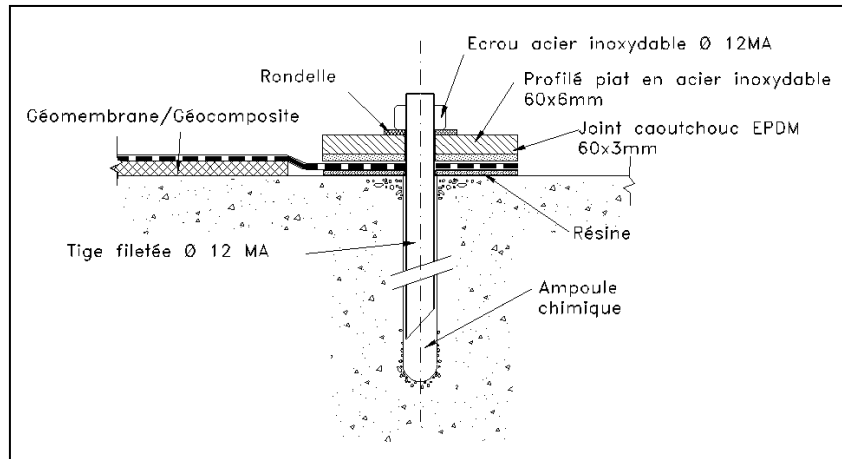


Figure 18 : Détail de la fixation périmétrale (source : CARPI)



Figure 19 : Fixation étanche (de gauche à droite : résine d'assise, garniture caoutchouc, fer plats inox, mise en œuvre des ancrages) – source : CARPI

4.2.4 SYSTEME DE DRAINAGE

4.2.4.1 Description du système de drainage

Le système d'étanchéité est drainé par un géodrain installée sur la totalité du parement amont avec une bande additionnelle longitudinale de géodrain à capacité drainante élevée en partie basse du DEG en sous-couche du géocomposite.

Pour acheminer les eaux collectées par le système, des exutoires de drainage sont réalisés en pied d'ouvrage vers la galerie de drainage du barrage par réalisation d'un carottage et mise en place d'un tube en acier inox scellé dans ce carottage. Les dimensions envisagées sont de 76 mm pour le diamètre intérieur minimal du tube scellé, un minimum de 2 à 3 drains seront installés par compartiment.

Chaque exutoire est équipé en amont d'une plaque anti-intrusion en acier inoxydable afin d'éviter les phénomènes d'intrusion ou d'aspiration des matériaux et de colmatage du drain.

Les fixations intermédiaires seront conçues de façon telle à permettre l'écoulement des eaux drainées vers la partie basse du DEG.



Figure 20 : Détails de bande de géodrain additionnelle en pied d'ouvrage (barrage de Salt Springs, Etats Unis 2005, à gauche) et de plaque anti-intrusion (barrage de Sabrina, Etats Unis 2006, à droite) – source : CARPI

4.2.4.2 Compartimentation du réseau de drainage

Le DEG est compartimenté pour permettre d'une part, en cas par exemple d'endommagement de la couche étanche (vandalisme, accidentelle, chocs ...), de localiser rapidement une dégradation en identifiant le drain fuyard du compartiment et d'autre part de maintenir à sec la structure sur les autres compartiments.

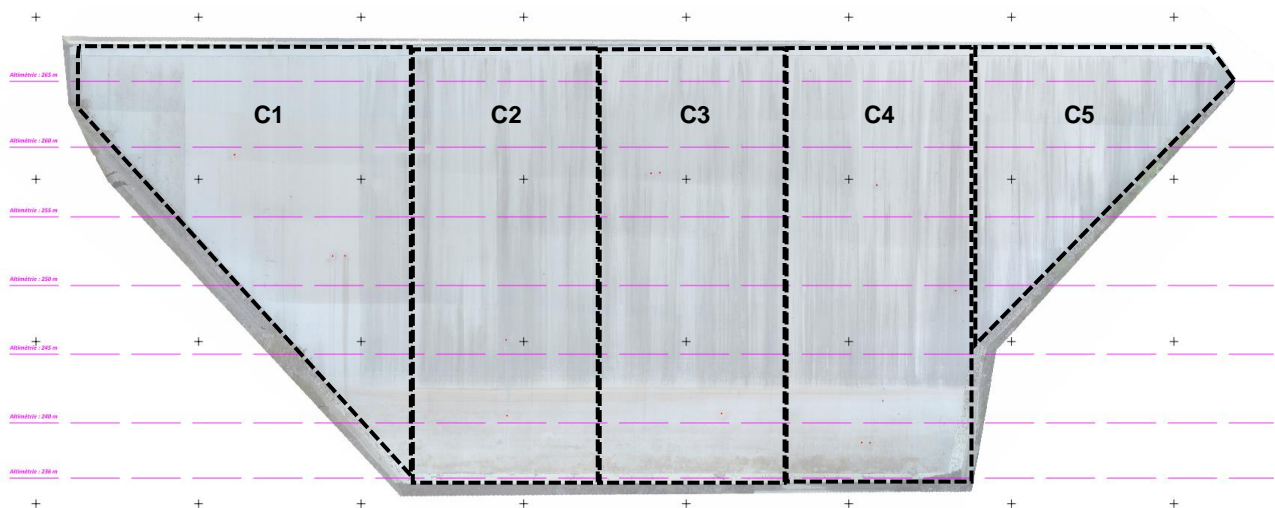


Figure 21 : Compartimentation envisagée

4.2.5 MISE EN ŒUVRE DU DEG

4.2.5.1 Accès

La mise en œuvre est effectuée à partir de deux nacelles mobiles suspendues, spécialement conçues ou modifiées pour les besoins du barrage de Sainte Cécile. Ces nacelles sont amenées sur le couronnement de l'ouvrage, suspendues à des systèmes de potences, puis descendues et maintenues en place à l'aide de câbles métalliques.

Elles ont l'avantage d'être légères, maniables et adaptées à ce genre de travaux, permettant d'optimiser les temps de mise en œuvre du DEG, l'ergonomie des postes de travaux et d'assurer la qualité et le phasage optimal des opérations.

Les photos ci-dessous présente l'installation d'un DEG sur le bassin de La Coche en France qui présente un profil similaire au parement amont du barrage de Sainte Cécile.



Figure 22 : Nacelles suspendues mobilisées dans le cadre des travaux sur La Coche en 2018
(source : CARPI)

4.2.5.2 Levage

Les opérations de levage les plus conséquentes envisageables pour l'installation du DEG sont :

- Levage des rouleaux au droit de leur zone d'installation pour déroulage (max 500 kg/unité environ) ;
- Mise en place et déplacement des structures type PORTAFIX et des nacelles suspendues sur le couronnement (max 400 kg/ unité environ).

Une réflexion sera menée durant la préparation du chantier sur la possibilité d'utiliser les moyens de levage disponibles sur place (grue à tour, grue mobile, manuscopique ...).

4.2.5.3 Préparation du support

Les opérations de préparation du support ont pour objectif de garantir une surface stable et sans irrégularités excessives. Il n'y a pas d'exigences en termes de planéité, la système DEG étant un système souple et il peut se conformer à une géométrie de structure plus ou moins plane.

Dans le cadre du projet de confortement du barrage de Sainte Cécile d'Andorge, en concertation avec l'AMO, il a été décidé que le DEG est directement apposé sur le masque existant sans rabotage de la couche A. En effet, il est supposé que :

- la nouvelle étanchéité permet de réduire l'extension du décollement constaté en certains points entre la couche A et B ;
- la déformabilité de la membrane permet de se prémunir en cas de décollement résiduel ;
- le rabotage de la couche A est de nature à dégrader l'étanchéité du masque existant (et donc le principe d'une double étanchéité).

La couche A est donc laissée en place tout en respectant les contraintes d'adéquation pour la pose du DEG suivantes :

- Retrait du couvre joint en béton bitumineux disposé sur le joint entre la plinthe et de masque ;
- Purge de toutes les parties instables (éléments qui sonnent creux, éléments libres qui pourraient se détacher et se retrouver en pied de système et obturer le système drainant) ;
- Les éventuelles cavités importantes devront être remplies avec un mastic bitumineux ;

- Les irrégularités ponctuelles excessives éliminées par cisellement (> 20 mm) ;
- Enlèvement de tous les éléments saillants (pièces métalliques, ...) dans l'emprise du DEG ;
- Traitement des angles saillants (arrondi ou découpe à 45°).

Un hydro-lavage de l'ensemble de la surface est exécuté à l'issu des travaux de préparation pour nettoyer la surface et éliminer tous les résidus de travaux de génie civil.

La figure ci-dessous présente l'ensemble des désordres (cloques et fissures) qui doivent faire l'objet d'un traitement. Cela concerne principalement les fissures et les cloques. Le traitement a pour seul objectif d'obtenir une surface de pose homogène et plane (sans cavité).

Les fissures d'ouverture pluri-millimétriques seront rebouchées à l'aide d'un produit de rebouchage classique utilisé sur les enrobés routiers. Les cloques seront purgées et comblées à l'aide d'un enrobé à chaud compacté à la table vibrante.

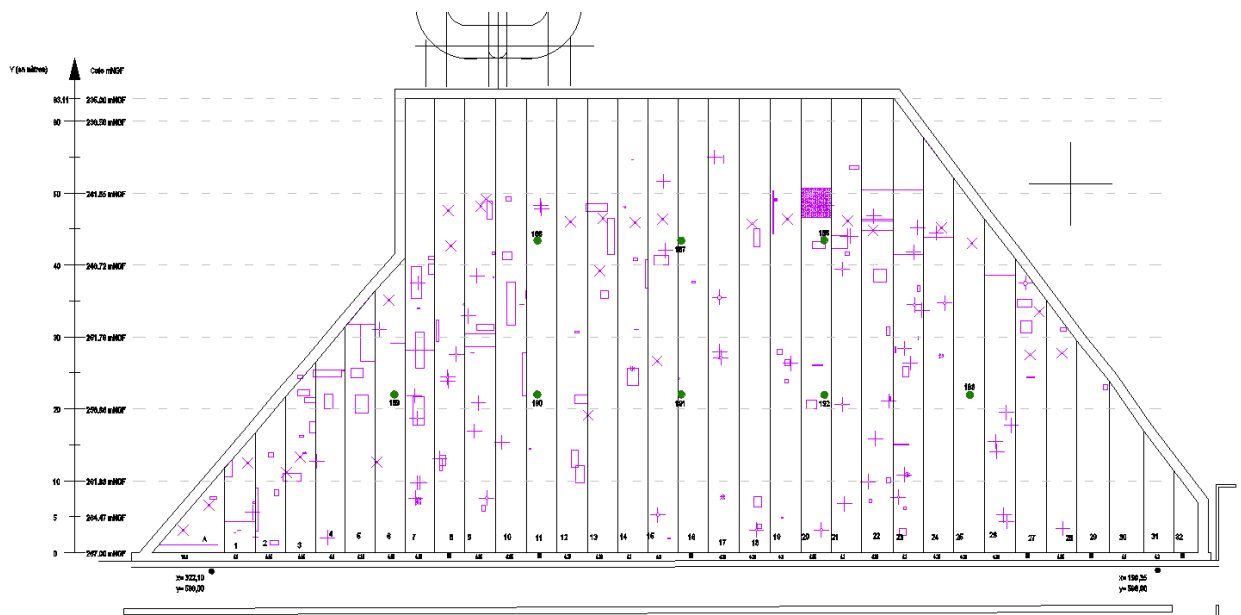


Figure 23 : Désordres (cloques et fissures) devant faire l'objet d'un traitement avant la pose du DEG

4.2.5.4 Mise en œuvre du géocomposite

Le géocomposite est fourni en lés de 2,10 mètres de largeur. La fabrication du DEG est réalisée de telle sorte à éviter d'avoir des soudures horizontales sur le système. Par conséquent, la longueur de chaque lé / rouleau de géocomposite est ajustée au projet en usine, permettant par la même de minimiser la production de déchets sur chantier et d'optimiser les temps de mise en œuvre du système.

Un plan de calepinage précis est établi en phase de conception du projet.

Après installation du système de drainage, les feuilles de géocomposite constituant le revêtement imperméable sont appliquées à partir du couronnement, par déroulage jusqu'à la longrine de pied. Les lés sont déroulés de manière que deux lés adjacents se superposent de 5 cm minimum environ.

Les lés adjacents sont thermo-soudés soit par soudure automatique ou semi-automatique à double ou simple cordon soit par soudure manuelle à simple cordon suivant les règles de l'art et compte tenu de la configuration de l'ouvrage. Le tout forme un complexe homogène et unique sur l'ensemble de la zone équipée.

Les soudures sont systématiquement contrôlées. Le contrôle des soudures, et l'inspection finale, garantissent l'étanchéité de l'ensemble du DEG.

Les rouleaux nécessaires à la mise en œuvre journalière sont transportés depuis l'aire de stockage (site des deux lacs) au droit du poste de travail. Au droit de leur mise en place, l'extrémité supérieure de chaque rouleau est fixée provisoirement au niveau de la limite supérieure (cote 260,30 NGF) sur la structure BCR. Les rouleaux sont ensuite déroulés jusqu'à leur limite en partie basse tout en contrôlant le bon alignement des lés et le bon recouvrement utile à l'exécution des soudures selon les règles de l'art.

Dès que deux rouleaux sont déroulés, un opérateur commence les soudures verticales tandis que d'autres continuent la pose des nouveaux rouleaux. L'avancement des travaux est rapide et ne nécessite finalement que peu de moyens, compte tenu de la surface à étancher et de la configuration de l'ouvrage.

4.2.6 RESISTANCE AUX CHOCS ET ENTRETIEN

Le site du barrage est soumis au risque de chutes de blocs rocheux sur le géocomposite, notamment en rive droite de l'ouvrage ainsi que le risque d'endommagement du DEG par un nettoyage mécanique au pied de l'ouvrage (phénomène déjà observé à l'occasion d'une intervention passée).

Plusieurs solutions restent possibles pour palier à ce risque :

1. La mise en place d'une couche locale de protection de type géotextile (1 000 ou 2 000 g/m²) et membrane additionnelle sacrificielle au-dessus du géocomposite ;
2. La mise en œuvre d'une protection mécanique lourde de type grille ou béton projeté au-dessus du géocomposite ;
3. L'acceptation du risque, des campagnes de réparation ultérieures soit par une équipe de la société ayant posé le dispositif soit directement par des opérateurs de l'Exploitant (préalablement formés à la soudure de membranes PVC).

La solution 1 paraît la plus adaptée en limitant les contraintes ultérieures d'entretien. La protection pourrait s'étendre sur une bande verticale de 5 m de largeur depuis la galerie périmétrale.

Au vu de la faible fréquence de chute de blocs (à ce jour, seul un bloc tombé est encore visible sur le parement), la solution 3 consistant en un suivi visuel et le déclenchement d'une campagne de réparation ponctuelle pourrait également être envisagée.

Au démarrage des travaux, une purge des blocs rocheux instables est prévue avant la pose du DEG.

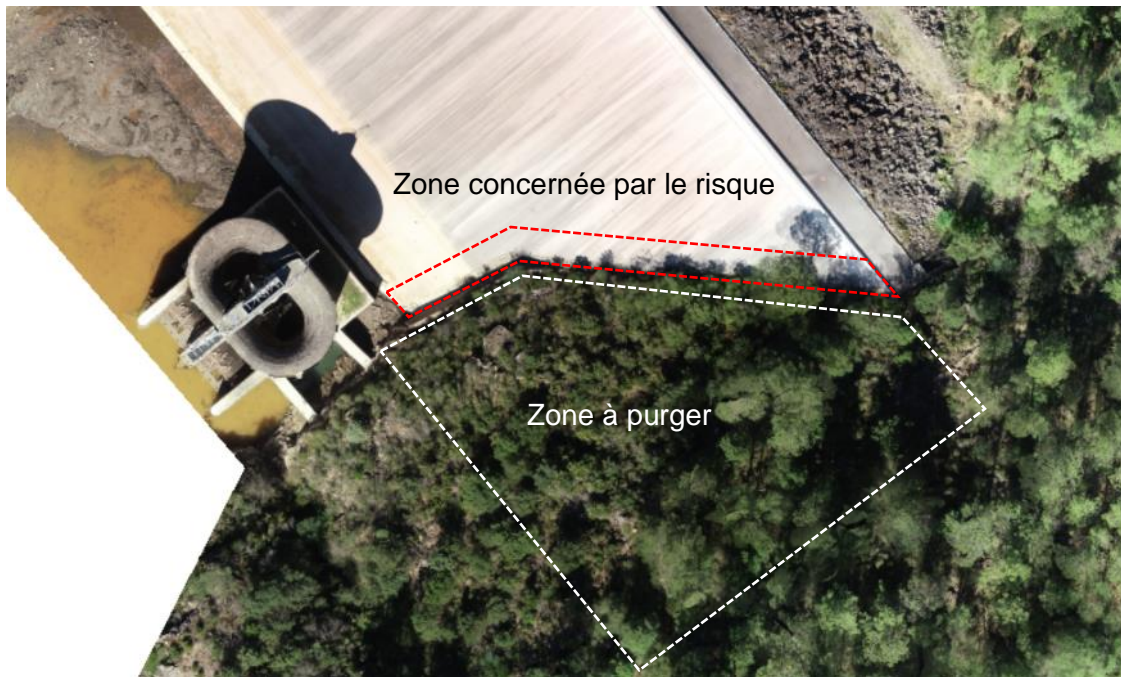


Figure 24 : Zone de purge nécessaire à la protection de l'étanchéité amont

Il est à noter, que dans le cas d'une faible déchirure suite à un choc, le DEG assurera sa fonction de maintien à sec de l'ouvrage en drainant les eaux d'infiltration par les exutoires.

En cas de nécessité de nettoyage de la partie basse du masque, les moyens utilisés devront être adaptés vis-à-vis du risque de déchirement de la membrane.

4.2.7 RESISTANCE AU GEL

Le retour d'expérience montre que la pose de géomembrane sur des barrages situés en montagne est réalisable. Les contraintes liées au gel sur le barrage de Sainte Cécile d'Andorge ne sont pas critiques compte-tenu des températures du site. A notre connaissance, la formation de glace sur la retenue n'a jamais été reportée par l'exploitant.

4.2.8 PERENNITE

Plusieurs études ont été réalisées afin d'estimer la durabilité des membranes exposées sur des barrages.

Des essais⁶ ont été faits sur des membranes mises en œuvre sur des barrages italiens exposés à des contraintes supérieures à celle de Sainte Cécile d'Andorge : barrages de haute altitude, exposés à des rayonnements UV. Ces données ont permis de conclure que la durée de vie des membranes était d'au moins 40 à 50 ans (durée de vie obtenue sur des ouvrages datant de 1970-1980).

Le retour d'expérience sur 7 barrages en Italie⁷ montre qu'au bout de 30 ans, les propriétés du complexe restent satisfaisantes :

- Si la tension dans la membrane diminue légèrement au bout de 30 ans, la résistance à la traction de la membrane tend à augmenter.

⁶ D. Cazzuffi, J.-P. Giroud, A. Scuero et G. Vaschetti, «Emploi des géomembranes dans les barrages : 50 ans de différentes applications dans le monde - Rencontres Géosynthétiques,» 2011.

⁷ Comportement à long terme des géomembranes exposées en réhabilitation du parement amont de barrages en Italie (10^e rencontres Geosynthétique-2426 mers 2015, la rochelle)

- L'étanchéité de la membrane ne diminue pas.

On note cependant une rigidification⁸ de la membrane et une diminution de l'épaisseur par perte de plastifiant avec les années. Celle-ci perd alors de sa capacité à absorber les tassements et peut conduire au retrait et au déchirement de la membrane.

A titre d'exemple, sur le projet spécifique de Panama, la durée de vie du géocomposite est contractuellement de 100 ans. Le vieillissement accéléré imposé mené dans le cadre de tests en laboratoire, dans les conditions météorologiques et d'ensoleillement du Panama, a pour l'instant atteint plus de 115 ans sans dommages notables, et les tests sont toujours en cours.

Dans le cadre du projet de confortement du barrage de Sainte Cécile d'Andorge et avec les progrès dans les matériaux choisis dans la conception de ce DEG, une durée de vie minimale de 40 à 50 ans peut être considérée.

Des zones de prélèvement de géomembrane seront installées dès la construction pour pouvoir faire un suivi de la perte de plastifiants.

4.2.9 INTEGRATION DANS LE PHASAGE DES TRAVAUX DE SECURISATION DU BARRAGE

La durée de pose de la membrane est d'environ 2 mois hors durée de préparation du support qui pourra être effectuée en temps masqué.

La pose du DEG nécessite une plateforme permettant la circulation d'une rive à l'autre du Portafix (disposant supérieur soutenant la nacelle parcourant le masque). La pose sera réalisée dès lors que les phases de mise en œuvre du BCR le permettront (probablement vers la fin de la 2^e année des travaux, dans le courant de l'été).

La marche située à l'altitude 260,9 NGF, une fois dépourvue des coffrages verticaux nécessaires à la construction des couches 260,9 à 263,0 NGF, sera utilisée pour la circulation du Portafix.

Ce phasage permettra l'installation du DEG sans interférer avec le chantier de BCR.

⁸ Retour d'expérience sur les membranes d'étanchéité PVC en parement amont de barrage, colloque CFBR : « Méthodes et techniques innovantes dans la maintenance et la réhabilitation des barrages et des digues », colloque 2018

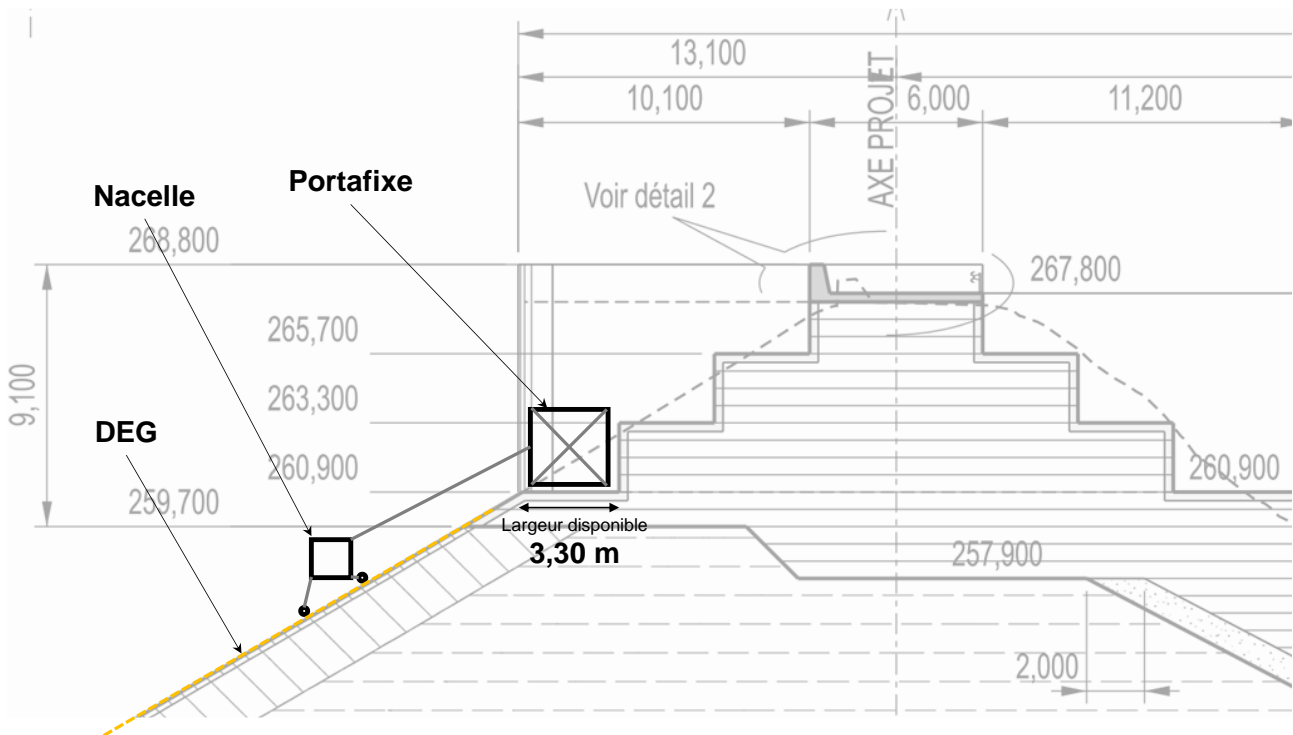


Figure 25 : Mise en œuvre de la DEG

5 EVALUATION DES COÛTS

Les paragraphes ci-dessous présentent une estimation des coûts de construction des deux variantes de masque, basée sur des avants métrés et des prix unitaires issus d'une préconsultation ou bien observés sur des opérations comparables (barrage de Kruth, 2020).

5.1 VARIANTE MASQUE EN BETON BITUMINEUX

Le détail du coût des travaux de la variante béton bitumineux est présenté dans le tableau ci-dessous. Les prix sont majoritairement basés sur les propositions des entreprises ayant répondu au marché de rénovation du masque de Kruth, en 2020. Le coût du béton bitumineux, dépendant des cours du pétrole, est susceptible de fluctuer dans le temps.

Tableau 3 : Coût de la variante en béton bitumineux

Poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	U	Qtés	PU	Produits
1	<u>Travaux préparatoires et généraux</u>				
1-1	Installations générales de chantier, études, contrôle de la qualité	fft	1	368 000 €	368 000,00 €
	Sous-total de la série				368 000,00 €
2	<u>Préparation du parement</u>				
2-1	Nettoyage préalable du parement	m ²	4 600	4 €	18 400,00 €
2-3	Rabotage de la couche A	m ²	4 600	40 €	184 000,00 €
2-4	Chargement de l'enrobé et évacuation	t	767	70 €	53 690,00 €
	Sous-total de la série				256 090,00 €
3	<u>Travaux en pied du masque</u>				
3-1	Culée en béton armé	ml	185	600 €	111 000,00 €
3-2	Forage des drains et mise en place des tubes de drainage	u	20	1 500 €	30 000,00 €
	Sous-total de la série				141 000,00 €
4	<u>Reconstruction du masque bitumineux</u>				
4-1	Primaire d'accrochage	m ²	4 600	3 €	13 800,00 €
4-2	Couche de drainage 10 cm	m ²	4 600	65 €	299 000,00 €
4-3	Clé d'étanchéité en partie sup	m ²	130	100 €	13 000,00 €
4-4	Couche d'étanchéité 6 cm	m ²	4 600	55 €	253 000,00 €
4-5	Mastic de scellement	m ²	4 600	9 €	41 400,00 €
4-6	Joint bitumineux à la jonction avec la poutre de culée et la crête	ml	315	100 €	31 500,00 €
	Sous-total de la série				651 700,00 €
1	Travaux préparatoires et généraux				368 000,00 €
2	Préparation du parement				256 090,00 €
3	Travaux en pied du masque				141 000,00 €
4	Reconstruction du masque bitumineux				651 700,00 €
	Aléas et non métrés (20%)				283 358,00 €
	Total € H.T.				1 700 148,00 €
	TVA 20 %				340 029,60 €
	Total € T.T.C.				2 040 177,60 €

Une simulation de frais d'entretien du masque sur une durée de 50 ans est menée en considérant :

- Une durée de vie du revêtement bitumineux >50 ans sous réserve d'une réfection de la couche de protection superficielle en enduit bitumineux, tous les 10 ans, sur les 2/3 de la surface du masque ;
- Un budget d'entretien annuel de 20 000 € (entretien courant, hors renouvellement du mastic) ;
- Un taux d'actualisation annuel 5%.

Tableau 4 : Estimation des couts d'entretien de la variante béton bitumineux

Tâche d'entretien	Cout unitaire (HT)	Fréquence	Coût actualisé
Renouvellement du mastic	Retrait du mastic : 20 000 € Mise en œuvre de mastic : 2/3*41 400 € Installations de chantier : 30% Total : 62 000 €	Décennale. A T=10 ans, 20 ans, 30 ans, 40 ans	84 600 €
Entretien régulier	20 000 €	Annuelle	363 400 €
Cout actualisé de l'entretien sur la durée de vie			449 700 €

5.2 VARIANTE MASQUE EN GEOMEMBRANE

Le détail du coût des travaux de la variante DEG est présenté dans le tableau ci-dessous. Les coûts de mise en œuvre du DEG sont issus d'une préconsultation réalisée en 2021.

Tableau 5 : Coût de la variante en géomembrane

Poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	U	Qtés	PU	Produits
1	<u>Travaux préparatoires et généraux</u>				
1-1	Installations générales de chantier, études, contrôle de la qualité	fft	1	135 000 €	135 000,00 €
1-2	Purge des blocs en rive droite	m ²	2 500	5 €	12 500,00 €
	Sous-total de la série				147 500,00 €
2	<u>Préparation du parement</u>				
2-1	Préparation du support (hors rabottage) tel que décrit au § 4.3.5.3.	m ²	3 600	30 €	108 000,00 €
2-2	Nettoyage préalable du parement	m ²	4 780	4 €	19 120,00 €
	Sous-total de la série				127 120,00 €
3	<u>Travaux en pied du masque</u>				
3-1	Forage des drains et mise en place des tubes de drainage	u	20	1 500 €	30 000,00 €
	Sous-total de la série				30 000,00 €
4	<u>Mise en œuvre du DEG</u>				
4-1	Fourniture et installation d'un DEG y/c fixation périmétrale.	m ²	4 780	155 €	740 900,00 €
	Sous-total de la série				740 900,00 €
1	Travaux préparatoires et généraux				147 500,00 €
2	Préparation du parement				127 120,00 €
3	Travaux en pied du masque				30 000,00 €
4	Mise en œuvre du DEG				740 900,00 €
	Aléas et non métrés (20%)				209 104,00 €
	Total € H.T.				1 254 624,00 €
	TVA 20 %				250 924,80 €
	Total € T.T.C.				1 505 548,80 €

Une simulation de frais d'entretien du masque sur une durée de 40 à 50 ans est menée en considérant :

- Une durée de vie du DEG >40 à 50 ans ;
- Un budget d'entretien annuel de 10 000 € (entretien courant) ;
- Un taux d'actualisation annuel 5%.

Tableau 6 : Estimation des couts d'entretien de la variante DEG

Tâche d'entretien	Cout unitaire (HT)	Fréquence	Coût actualisé
Entretien régulier	10 000 €	Annuelle	181 700 €
Cout actualisé de l'entretien sur la durée de vie			181 700 €

6 ANALYSE MULTICRITERES

6.1 METHODE

Les différents critères pris en compte pour le choix de la solution sont listés ci-dessous :

1) Critères techniques

- Le retour d'expérience sur les techniques employées ;
- La résistance aux sollicitations externes (eau, vent, UV, rongeurs, embâcles, ...) et la durabilité ;
- Le nombre de barrières de sécurité (couches étanches, drainantes) ;
- La possibilité de contrôler les débits de drainage ;
- La compatibilité chimique des solutions avec le masque existant ;
- Compatibilité mécanique avec l'existant ;
- Les contraintes d'entretien et de surveillance ;
- La facilité de liaison entre l'étanchéité du masque et de la partie nouvelle de l'EVC.

2) Critères liés à la phase chantier

- Les reconnaissances complémentaires à réaliser sur le masque existant au préalable ;
- Les contraintes liées aux installations de chantier (accès, zones de stockage, ...) ;
- L'intégration dans le phasage général des travaux de sécurisation du barrage ;
- Le contrôle de la qualité en phase chantier ;
- La sensibilité aux conditions météorologiques en phase chantier ;
- La sensibilité au risque de crue en phase chantier ;
- Les aléas liés à la technique de mise en œuvre.

3) Critères budgétaires et financiers

- Le coût prévisionnel des travaux
- La maîtrise du budget des travaux
- La maîtrise des budgets annuels d'entretien

Pour chaque critère, une notation est attribuée à chacune des variantes, selon la codification suivante :

+ : Avantage d'une des solutions

- : désavantage d'une des solutions

Lorsque l'analyse des critères ne met en évidence aucun avantage significatif pour l'une ou l'autre de la solution, on dispose un « 0 » dans chaque colonne.

6.2 COMPARAISON BETON BITUMINEUX – MEMBRANE

6.2.1 CONTRAINTES TECHNIQUES

Critères	BB	DEG	Commentaires
Résistance aux sollicitations externes / durabilité	0	0	<p>Le revêtement bitumineux offre une meilleure résistance que le DEG vis à vis des actes de vandalismes, des actions des rongeurs, des embâcles ou chutes de pierres.</p> <p>Sous l'action des UV et de l'oxydation, les propriétés du béton bitumineux évoluent dans le temps (vieillessement). Cela se traduit notamment par une augmentation de la raideur du bitume, qui peut devenir cassant.</p> <p>Le suivi des membranes PVC de barrages de haute altitude en Italie, exposées à un rayonnement ultraviolet intense et des conditions climatiques difficiles, a montré une très bonne conservation de l'étanchéité des membranes, et une légère diminution de leur élasticité liée à la diminution du taux de plastifiant⁹.</p> <p>La durée de vie du dispositif d'étanchéité en béton bitumineux est de 40 à 50 ans sous réserve de remplacer la couche superficielle de mastic de protection tous les 15 ans.</p> <p>La durée de vie d'un DEG est estimée supérieure à 50 ans.</p>
Nombre de barrières de sécurité	-	+	La variante DEG permet de maintenir la couche d'étanchéité supplémentaire assurée par la couche A (existante laissée en place).
Possibilité de contrôler des débits de drainage	0	0	Pour chaque solution, la couche drainante est compartimentée et les débits sont collectés dans la galerie de pied.
Compatibilité mécanique avec l'existant	-	+	<p>Le DEG est très déformable et par conséquent moins sensible aux différences de comportement mécaniques avec le masque existant.</p> <p>Des essais d'arrachement devront être prévus en phase travaux pour concevoir les ancrages du DEG (ancrés dans le masque bitumineux).</p>
Contraintes d'entretien et de surveillance	-	+	<p>Les deux variantes présentent des possibilités de réparations localisées.</p> <p>Les défauts de mise en œuvre des couches en béton bitumineux ne sont pas forcément visibles à l'œil nu, contrairement au DEG.</p> <p>Les membranes présentent l'avantage de pouvoir identifier les désordres à l'œil nu.</p>
Liaison entre l'étanchéité du masque et de la partie nouvelle de l'EVC	-	+	Un des grands avantages de la solution avec DEG réside dans la possibilité d'assurer l'étanchéité du remblai et du BCR avec le même dispositif de manière simple et sûre.

⁹ Comportement à long terme de membranes exposées en réhabilitation du parement amont de barrages en Italie, Daniele Cazzuffi, 2015

Critères	BB	DEG	Commentaires
Synthèse	-	+	La variante DEG présente un léger avantage sur le critère technique, reposant principalement sur un entretien plus aisé, une faible sensibilité au vieillissement et une bonne durabilité.

6.2.2 CONTRAINTES LIEES A LA PHASE CHANTIER

Critère	BB	DEG	Commentaire
Reconnaitances complémentaires	-	+	Reconnaitances complémentaires des couches B et C à réaliser pour la variante BB pour vérifier l'adhérence entre ces 2 couches. Pas de reconnaitances complémentaires du masque prévues pour la variante DEG.
Installations de chantier, approvisionnement	-	+	Les rouleaux de membrane produits en usine (éventuellement longtemps à l'avance) puis livrés et stockés sur site avant mise en place. L'enrobé bitumineux est livré sur site au fur et à mesure de sa mise en place, avec possiblement des ruptures de charge. Il faut prévoir des aires de retournement suffisantes pour les engins. On dispose de suffisamment de place dans les deux cas
Intégration dans le phasage général des travaux	-	+	La variante DEG s'intègre facilement dans le planning général (possibilité de mettre en œuvre la membrane après la réalisation du BCR). En revanche, l'intégration de la variante BB est difficile et contraint davantage un planning déjà tendu.
Contrôle qualité en phase chantier	-	+	Contrôle qualité mieux maîtrisé pour la variante DEG (fabrication en usine). Défauts facilement observables.
Sensibilité aux conditions météorologiques en phase chantier	0	0	Forte sensibilité dans les deux cas : Variante BB : travail impossible par temps pluvieux, trop venteux, température trop faible Variante DEG : soudure impossible par temps pluvieux, pose impossible par temps trop venteux mais moins sensible à la température et l'humidité (pose en haute montagne).
Sensibilité au risque de crue en phase chantier	-	+	La variante DEG présente une sécurité plus élevée vis-à-vis du risque de crue en phase chantier, car les couches d'étanchéité existantes ne sont pas impactés par les travaux. La sensibilité de la variante BB au risque de crue dépend de l'étanchéité de la couche B existante, qui pourrait être compromise en cas d'épaisseur résiduelle très faible à nulle, suite au rabotage de la couche A.

Critère	BB	DEG	Commentaire
Aléas liés à la technique de mise en œuvre	-	+	<p>Variante BB : des difficultés de régalage et compactage du béton bitumineux dans les zones non accessibles par la finisseuse (triangles le long des noues par exemple) peuvent conduire à des compacités inférieures à celles exigées pour une couche étanche. Par ailleurs, les joints entre les bandes de béton bitumineux peuvent être source de défauts d'étanchéité si la technique de recompactage n'est pas parfaitement maîtrisée.</p> <p>La pose d'un DEG dans ce contexte ne présente pas de difficulté technique particulière. Les moyens matériels nécessaires sont relativement légers. Les contrôles de la qualité des soudures sont bien maîtrisés. Seul les ancrages des profilés de tension dans le masque existant devront faire l'objet de tests d'arrachement afin de valider leur dimensionnement.</p>
Synthèse	-	+	<p>La variante BB s'intègre difficilement dans le phasage général des travaux de sécurisation du barrage et est très sensible aux conditions météorologiques, conduisant à un risque important d'impacter les délais du chantier.</p> <p>La variante DEG s'intègre plus facilement dans le planning général, est moins sensible aux conditions météorologiques, et présente un niveau de sécurité supérieur en cas de crue en phase chantier.</p>

6.2.3 CONTRAINTES BUDGETAIRES

Critère	BB	DEG	Commentaire
Coût des travaux	-	+	L'avantage est donné à la variante DEG avec un coût inférieur 25 %.
Maîtrise du budget des travaux	0	0	<p>Les coûts de construction sont relativement maîtrisés entre les deux techniques.</p> <p>Toutefois, peu d'entreprises disposent des moyens matériels et de l'expérience nécessaire pour réaliser la variante BB (Walo, Strabag, Siorat, CEA), et le dispositif DEG est un procédé breveté. La concurrence est donc limitée dans les deux cas.</p>
Maîtrise des budgets d'entretien	-	+	<p>L'entretien courant de la solution DEG se limite aux réparations occasionnelles des désordres qui pourraient apparaître.</p> <p>L'entretien de la solution BB est essentiel pour assurer sa pérennité. Les interventions seront plus nombreuses donc représenteront un coût total d'entretien plus élevé, à cause notamment du renouvellement nécessaire du mastic de protection.</p> <p>La solution DEG est donc plus avantageusement en termes d'entretien.</p>
Synthèse	-	+	Considérant le critère budgétaire, l'avantage est donc donné à la variante DEG.

6.2.4 SYNTHÈSE DE LA COMPARAISON

Critère (pondération)	BB	DEG	Commentaire
Critères techniques	-	+	La variante DEG présente un léger avantage sur le critère technique, reposant principalement sur un entretien plus aisé, une faible sensibilité au vieillissement et une très bonne durabilité.
Contraintes liées à la phase chantier	-	+	La variante BB s'intègre difficilement dans le phasage général des travaux de sécurisation du barrage et est très sensible aux conditions météorologiques, conduisant à un risque important d'impacter les délais du chantier. La variante DEG s'intègre plus facilement dans le planning général, est moins sensible aux conditions météorologiques, et présente un niveau de sécurité supérieur en cas de crue en phase chantier.
Contraintes budgétaires	-	+	La variante DEG est également la plus avantageuse avec un coût de réalisation inférieur d'environ 25%.

7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Suite à la conclusion du diagnostic, deux variantes ont été envisagées pour la rénovation du masque du barrage de Sainte Cécile d'Andorge :

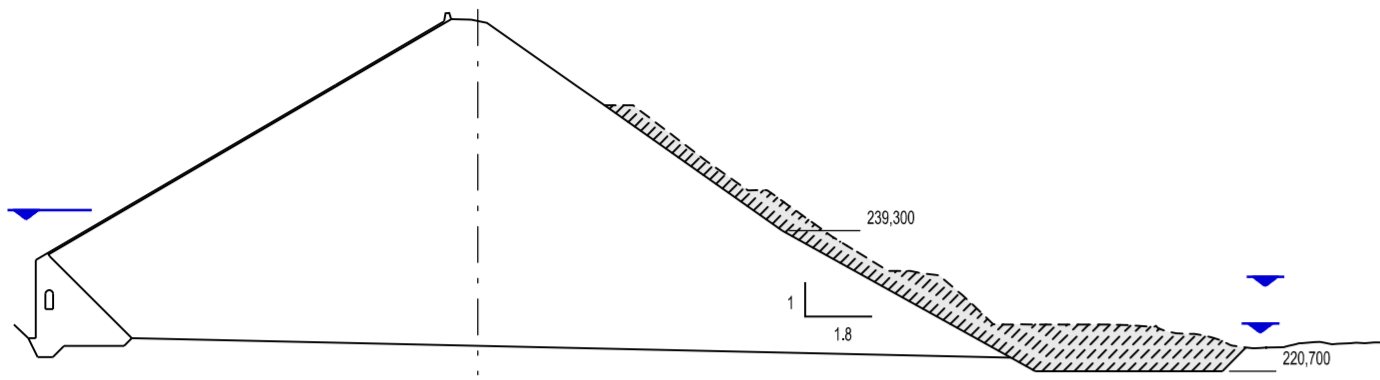
- Masque en béton bitumineux,
- Masque en membrane (DEG).

Une analyse comparative ainsi qu'une analyse multicritères ont été menées afin de permettre au maître d'ouvrage de se positionner sur l'une ou l'autre des variantes.

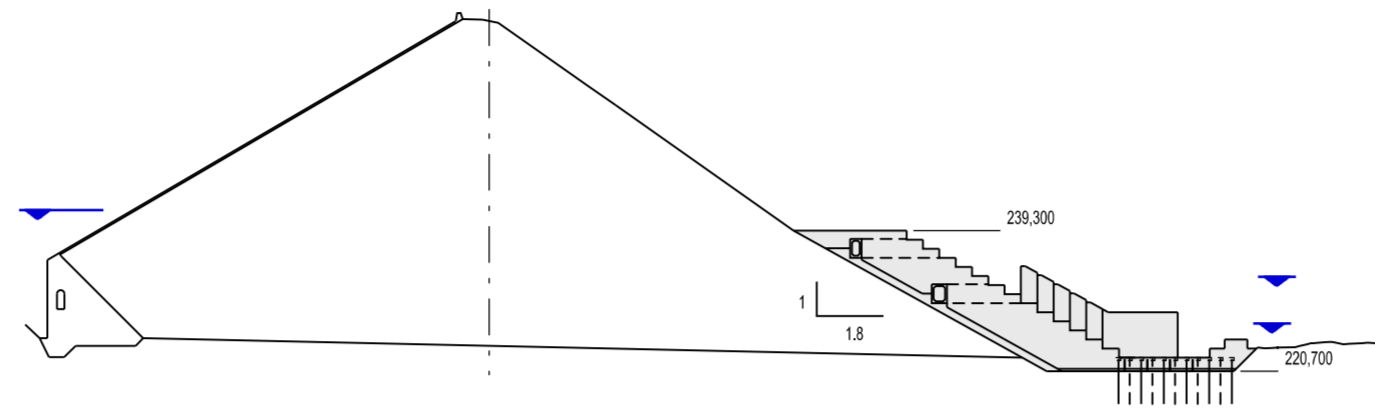
Suite à cette analyse, il est recommandé de rénover le masque par la mise en œuvre d'un DEG. Cette solution sera développée dans le cadre du PROJET de sécurisation du barrage.

ANNEXE 1 PLAN DE PHASAGE (VERSION AVP)

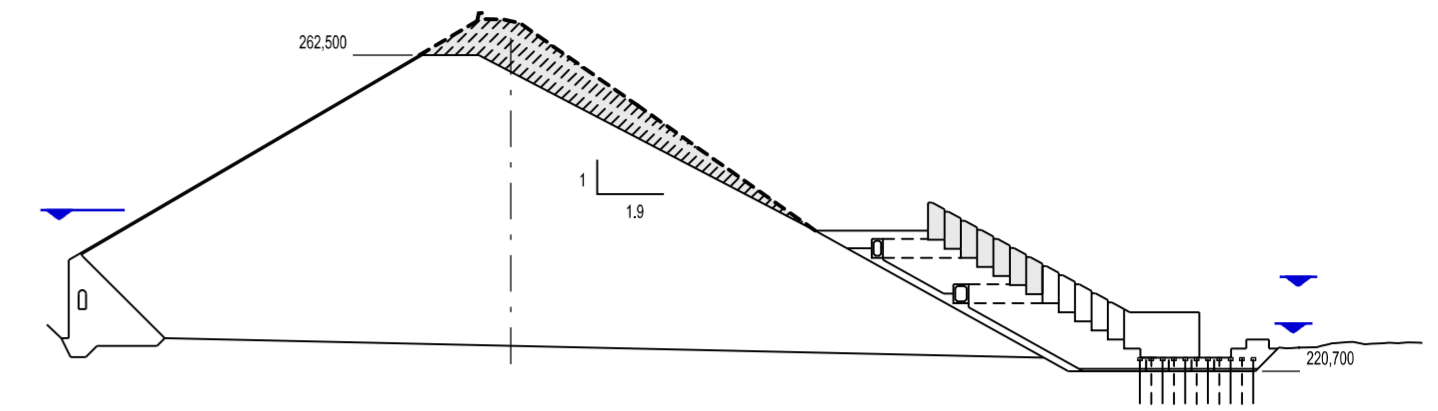
PHASE 1 - ANNEE 1 (janvier-août)
 - TERRASSEMENTS BARRAGE
 - COTE DE CRETE MANTENUE



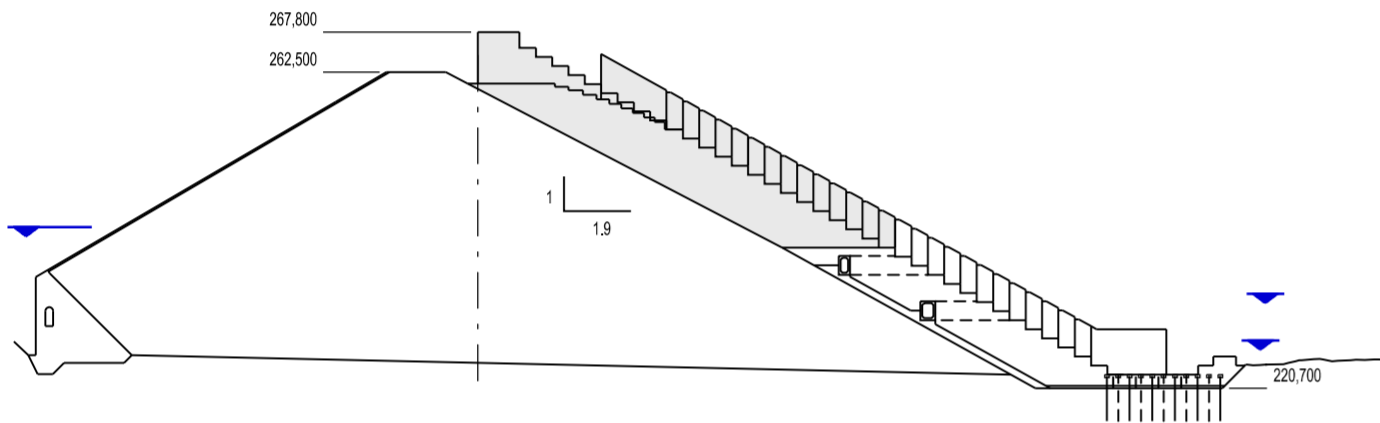
PHASE 2 - ANNEE 1 (janvier-août)
 - REALISATION DU RADIER, DES GALERIES, DU BCR (PARTIE INFERIEURE), DEMARRAGE DES BAJOYERS
 - COTE DE CRETE MANTENUE



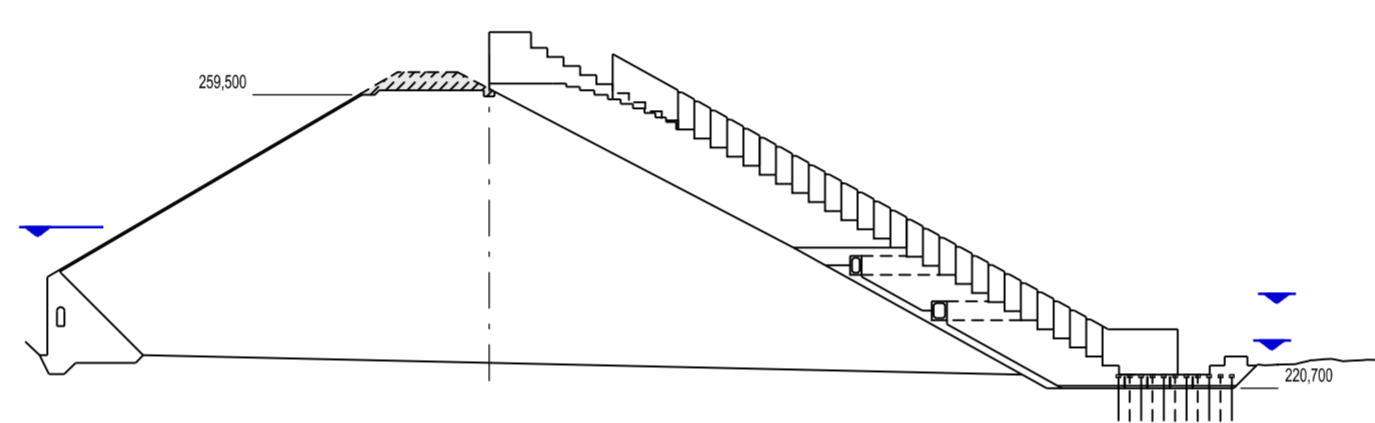
PHASE 3 - ANNEE 2 (janvier-août)
 - TERRASSEMENTS BARRAGE, POURSUITE DES BAJOYERS
 - COTE DE CRETE ABAISSEE A 262,50 mNGF



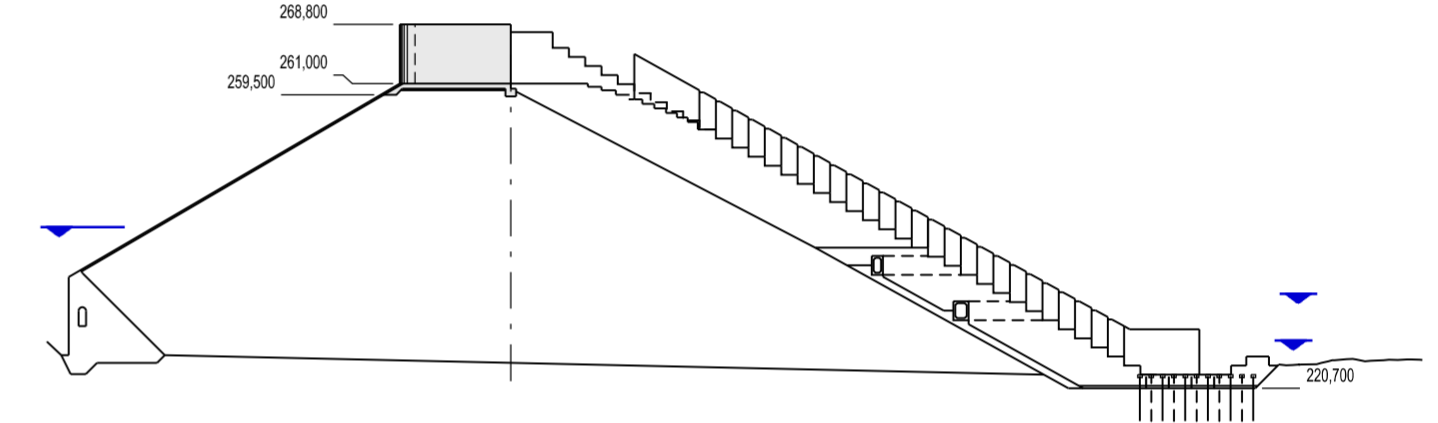
PHASE 4 - ANNEE 2 (janvier-août)
 - REALISATION DU BCR (PARTIE SUPERIEURE), POURSUITE DES BAJOYERS
 - COTE DE CRETE ABAISSEE A 262,50 mNGF



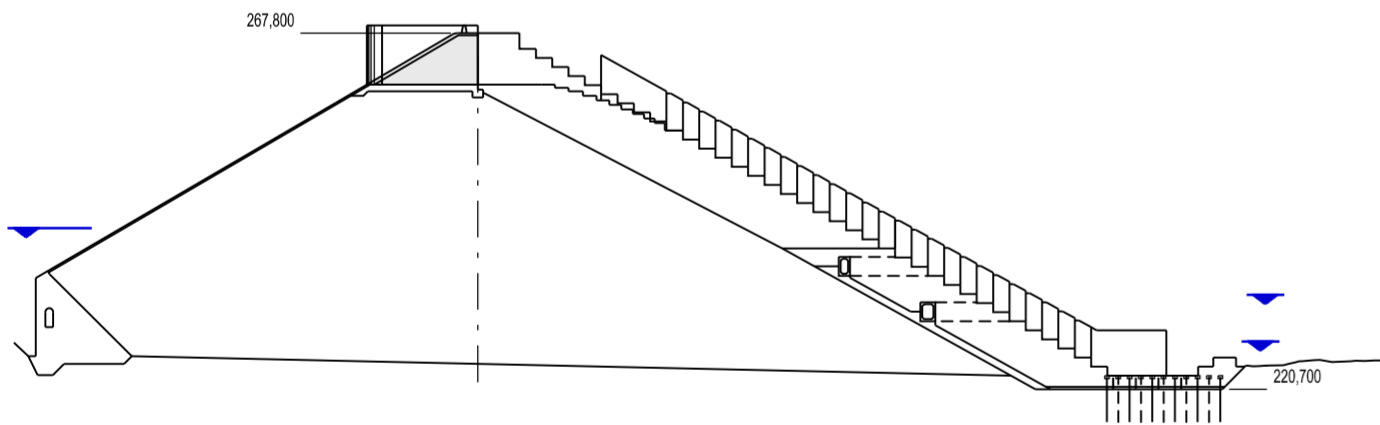
PHASE 5 - ANNEE 2 (juin-août)
 - TERRASSEMENTS BARRAGE
 - COTE ETANCHEITE ABAISSEE A 259,50 mNGF; MISE EN PLACE D'UNE ETANCHEITE PROVISOIRE DE LA CRETE DU REMBLAI



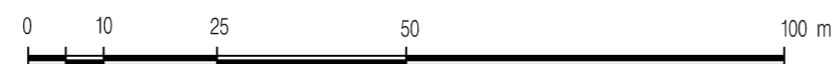
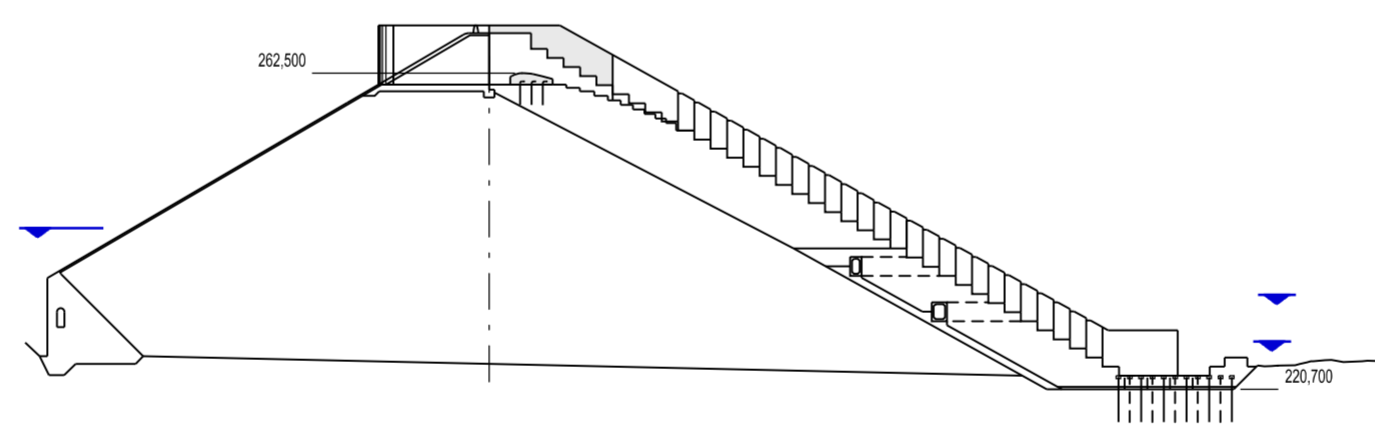
PHASE 6 - ANNEE 2 (juin-août)
 - REALISATION DU PLOT AMONT
 - COTE ETANCHEITE ABAISSEE A 259,50 mNGF; MISE EN PLACE D'UNE ETANCHEITE PROVISOIRE DE LA CRETE DU REMBLAI





PHASE 7 - ANNEE 2 (juin-août)
 - REALISATION DU REMBLAI EN CRETE ET REALISATION DU MASQUE



PHASE 8 - ANNEE 2 (septembre-décembre)
 - REALISATION DU SEUIL PROFILE
 - FINALISATION DES BAJOYERS

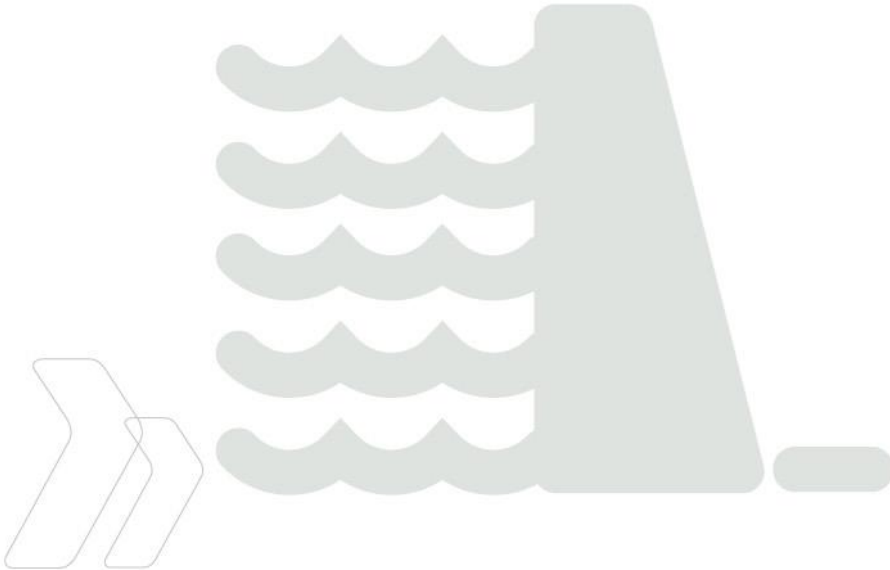


 Conseil Général du Gard	
Mise en sécurité du complexe hydraulique Sainte-Cécile d'Angorge et Cambous	
AVANT PROJET Evacuateur sur BCR - Phasage des travaux	
 Ingénierie 55 avenue Clément Ader 34170 Castelnau-le-Lez tél: 04 67 54 51 88 fax: 04 67 54 52 05	Date : mars 2015 Dessiné : SBU Vérifié par : ASA Echelle : ech graph
	11F-110 10-06_C

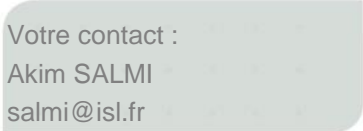
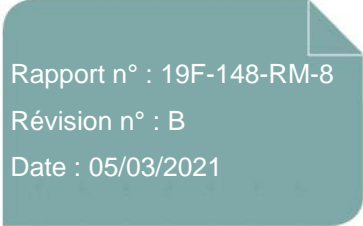
ANNEXE 14 ANALYSE PRELIMINAIRE DE RISQUE DE LA SURVERSE SUR LA RN106



Barrages



SECURISATION DES BARRAGES DE SAINTE CECILE
D'ANDORGE ET DES CAMBOUS
APR - surverse sur la RN106



Rapport



ISL Ingénierie SAS - MONTPELLIER
65 rue Clément Ader
34170 - Castelnau-le-Lez
FRANCE
Tel. : +33.4.67.54.51.88
Fax : +33.4.67.54.52.05

www.isl.fr



MEDiterrannée, Infrastructure, Aménagement, et Eau

Ingénierie

Ingénierie

Visa

Document verrouillé du 02/03/2021.

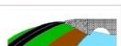
Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	08/02/2021	ASA	ASA	ASA	
B	05/03/2021	ASA	OMU	ASA	Prise en compte des remarques d'EDF et du CD30 (réunion du 2/03/2021 et commentaires du 5/03/2021)

ASA : SALMI Akim

OMU : MUNOZ Olivier

Rapport ISL
19F-148-RM-8
Revision B

<http://www.isl.fr/r.php?c=197635>



SOMMAIRE

1	PREAMBULE	1
1.1	OBJET DU RAPPORT	1
1.2	RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE	1
1.3	DISPOSITIONS TECHNIQUES PROPOSEES	2
1.3.1	RENFORCEMENT AU DROIT DU BARRAGE	2
1.3.2	GLISSIERE GBA ANTI-DEVERSEMENT	4
2	CONDITIONS D'ECOULEMENT	6
2.1	MODELISATION HYDRAULIQUE	6
2.2	RESULTAT DE LA MODELISATION	8
3	ANALYSE PRELIMINAIRE DE RISQUE	10
3.1	ARBRES DE DEFAILLANCE	10
3.2	QUANTIFICATION DES PROBABILITES DES ETAPES	10
3.3	MODES DE DEFAILLANCE POUR LA SURVERSE PAR LA RN106	11
3.3.1	LISTE DES MODES DE DEFAILLANCE	11
3.3.2	INSTABILITE	11
3.3.3	EROSION EXTERNE/AFFOUILLEMENT DE LA DALLE	12
3.3.4	EROSION INTERNE	13
3.3.5	PERTURBATION DU FONCTIONNEMENT D'UN DES COMPOSANTS DU BARRAGE	13
4	CONCLUSION DE L'APR	16

TABLE DES ANNEXES

AUCUNE ENTREE DE TABLE DES MATIERES N'A ETE TROUVEE. TABLE DES FIGURES

Figure 1	: Coupe schématique rive-rive d'après les études 2020 du Projet	2
Figure 2	: Vue depuis l'aval de la RN106 et de l'extrémité RG de l'axe du barrage	3
Figure 3	: Sondage carotté dans l'axe du barrage (de 0 à 2,0 m en haut et de 0 à 0,2 m en bas)	3

Figure 4 : Coupe schématique amont-aval _____	4
Figure 5 : Glissière en béton armée GBA réalisée en 2017 _____	5
Figure 6 : Implantation de la GBA actuelle reportée sur le PROJET _____	6
Figure 7 : localisation du modèle d'écoulement 1D au niveau avant pose de la glissière _____	7
Figure 8 : Hydrogramme monofréquence T _____	8
Figure 9 : Profil des vitesses du modèle 1D _____	9
Figure 10 : Ligne d'eau du modèle 1D _____	9
Figure 11 : Diagramme des sous pressions (Q100 000) _____	12
Figure 12 : Exposition du barrage lors des surverses _____	13
Figure 13 : Photo de la réception intermédiaire des fouilles de rive gauche (4/02/1966) _____	14
Figure 14 : Exutoire des galeries de drainage de la carapace en BCR _____	15
Figure 15 : Vitesses des écoulements internes avec une ouverture complète _____	15
Figure 16 : Adaptation (à droite) ou remplacement (à gauche) de la GBA _____	16

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats de la modélisation.....	8
Tableau 2 : Probabilité conditionnelle et terminologie	11

1 PREAMBULE

1.1 OBJET DU RAPPORT

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du marché de la maîtrise d'œuvre de la sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages départementaux de Sainte-Cécile d'Andorge et des Cambous.

Il vise à apprécier les conséquences d'une surverse de la RN 106 au droit du barrage de Sainte Cécile d'Andorge, pour la crue extrême par une analyse préliminaire de risque. Il est basé sur les éléments disponibles jusqu'à ce jour en particulier les plus récents:

- les résultats intermédiaires déduits de la modélisation tridimensionnelle de l'évacuation de la crue extrême (cf. rapport 19F-148-RM-4-MH3D).
- un sondage carotté réalisé en 2020 au droit de la RN106 dans l'axe du barrage.

Il doit permettre d'arrêter la cote de rehausse de la RN106 et d'engager les études d'avant-projet de renforcement de la RN106 avant la finalisation du Projet du barrage.

1.2 RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE

Dans l'état projeté, les contraintes sont les suivantes :

- La cote de crête du barrage ne peut être notablement différente de celle de la RN106 au contact du barrage sans poser un problème d'accès au barrage ;
- Il apparaît difficilement imaginable de porter la cote de la RN106 (avec cote variable du fait du dévers de la chaussée de 267,6 m à 267,8 NGF au droit de l'accès à la crête barrage) à la cote extrême (268,64 m NGF) car il faudrait alors une rehausse de +1,0 à +1,2 m alors que la pente de la route est déjà particulièrement forte (de l'ordre de 8%) du fait de la rehausse réalisée à l'occasion de la construction du barrage.

Tableau 1 : Synthèse des cotes

	Etat actuel (m NGF)	Etat projet (m NGF)
Cote de crête du barrage	267,2 à 267,5	267,80
Cote du parapet	268,1 à 268,3	268,80
Cote des PHE (T=10 000 ans)		267,04
Cote extrême (Z ^{extrême}) (T=100 000 ans)		268,64
Cote de la RN106 droit de l'accès à la crête du barrage	267,6 à 267,8	267,84 (+0,8 m par rapport au PHE) (-0,8 m par rapport à Z ^{extrême})

1.3 RAPPEL DE LA POSITION DU CTPBOH

Concernant la RN106, dans son avis rendu suite à la séance du 29 mars 2017, le CTPBOH a demandé, en vue de l'établissement du Projet définitif, « *d'inclure dans le périmètre de responsabilité du maître d'oeuvre [...] la continuité de l'étanchéité en rive gauche dans l'emprise de la route nationale.* »

1.4 DISPOSITIONS TECHNIQUES PROPOSEES

1.4.1 RENFORCEMENT AU DROIT DU BARRAGE

Dans la nouvelle configuration, compte tenu de la cote des PHE (267,04 m NGF) et de celle de la chaussée actuelle (267,6 à 267,8 m NGF), il est proposé :

- de rehausser la RN106 en renforçant son assise afin qu'elle puisse supporter des surverses et assurer l'étanchéité en rive (demande formulée dans l'avis du CTPBOH) ; ce renforcement pourra être obtenu au moyen d'une dalle en béton armé ancrée au rocher ; la dalle comprend une bèche amont et une bèche aval ; la dalle sera revêtue d'une couche d'enrobé (environ 7 cm) ;
- de caler la crête du barrage à la cote 267,8 m NGF compatible avec la cote actuelle de la RN106 au contact du barrage ;
- de réaliser un parapet de 1,0 m afin de porter la cote du barrage à 268,8 m NGF.

Le schéma suivant présente une élévation en rive.

A noter, la rehausse est réduite d'environ 0,2 m par rapport à celle prévue dans le dossier soumis au CTPBOH du fait de l'abaissement des cotes de référence induit par l'optimisation de la débitance de l'évacuateur de crue en phase PROJET (optimisation des murs guideau).

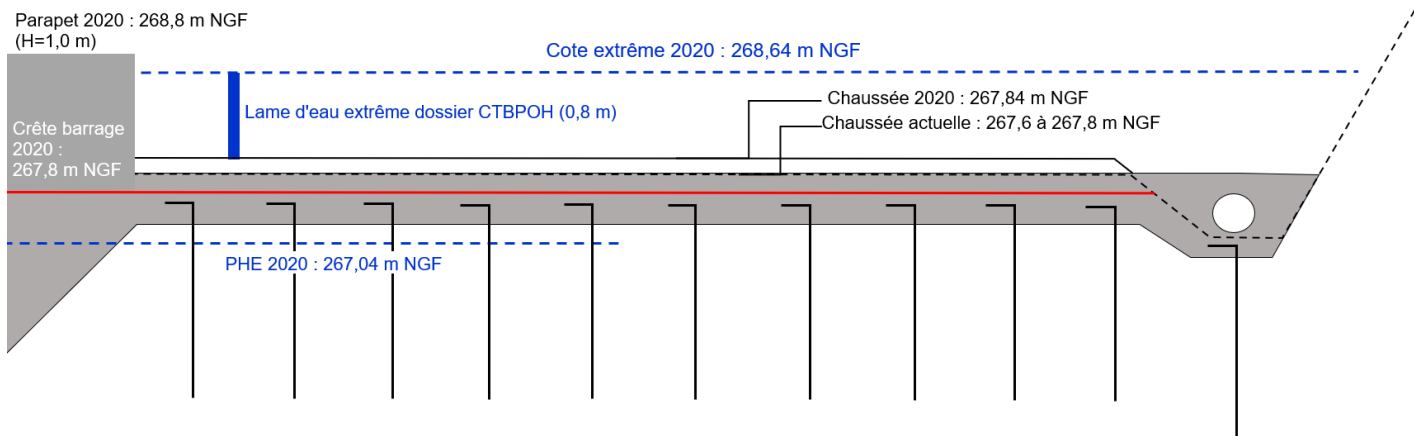


Figure 1 : Coupe schématique rive-rive d'après les études 2020 du Projet

La lame d'eau surversant en crue extrême sera ainsi identique à celle présentée au CTPBOH dans le cadre de la révision spéciale du barrage soit 0,8 m [DOCUMENT_C 11F-110-RM-25_E du DRS].

Le sondage réalisé en 2020 a confirmé qu'au droit du barrage, la chaussée était constituée par une couche de 17 cm d'enrobé directement fondée sur le substratum gneissique. Il s'agissait d'une vérification car les affleurements visibles coté versant (le long de la route mais également en fond de vallée) ne laissaient planer que peu de doute sur la nature rocheuse de la fondation.

Le substratum apparaît sain dans la masse, mais fracturé.



Figure 2 : Vue depuis l'aval de la RN106 et de l'extrémité RG de l'axe du barrage



Figure 3 : Sondage carotté dans l'axe du barrage (de 0 à 2,0 m en haut et de 0 à 0,2 m en bas)

Le schéma suivant présente une élévation amont-aval et la position du radier par rapport au barrage.

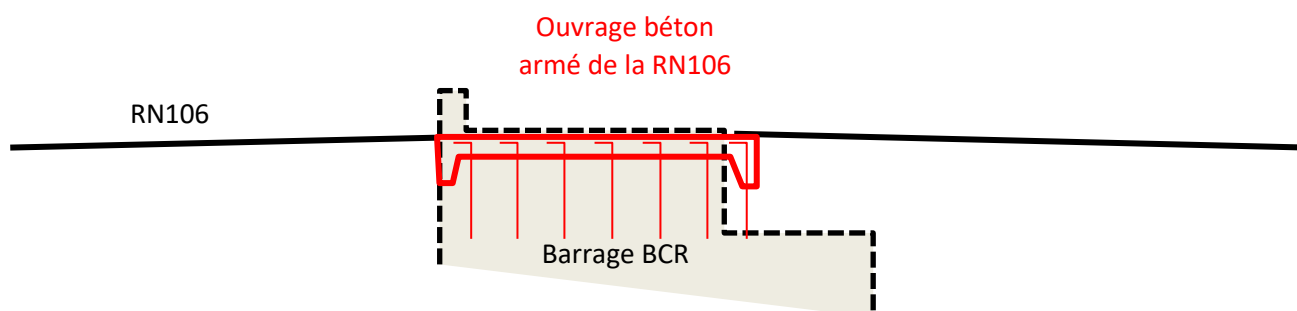


Figure 4 : Coupe schématique amont-aval

Les coupes techniques seront précisées dans le cadre de l'AVP de la rehausse de la RN106 lorsque l'altimétrie aura été validée.

Concernant la sécurité des usagers, on rappelle également que, pour la cote extrême, la RN106 sera déjà largement inondée en amont de la retenue (avec déjà près de 2,2 m d'eau au droit du belvédère situé en amont immédiat du barrage). Dans le cadre de la modification, une signalétique relative à ce risque pourra être proposée au gestionnaire de la voirie (DIRMED).

1.4.2 GLISSIERE GBA ANTI-DEVERSEMENT

Une glissière de type GBA a été réalisée par la DIRMED en 2017, à l'aval du portail d'accès la crête du barrage, sur une longueur de 68 m (Figures 5 et 6). Cette glissière permet de protéger les usagers contre la chute et de prévenir un déversement sur le barrage pour une cote de retenue supérieure à celle de la RN106 (dont la probabilité a été évaluée à 5.10^{-4} dans la situation actuelle).

Les éléments suivants sont issus du Dossier des Ouvrages Exécutés fourni par le Département du Gard¹. Le DOE ne permet pas de savoir si un radier a été réalisé en fondation.

¹ Réduction des risques d'érosion du parement aval du barrage de Sainte-Cécile d'Andorge le long de la route nationale 106 – DOE V1 de décembre 2017.

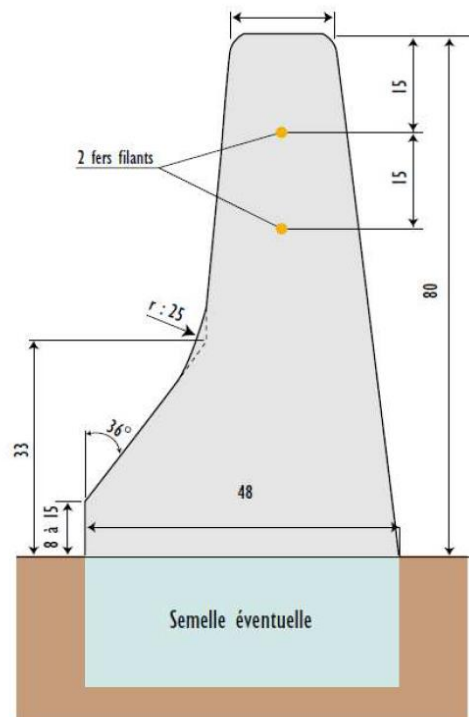


Figure 5 : Glissière en béton armée GBA réalisée en 2017

L'analyse préliminaire de risque est réalisée sans considérer cette GBA. Il est toutefois proposé en conclusion de maintenir le principe pour réduire encore la probabilité de défaillance avec de nouvelles dispositions techniques permettant d'assurer l'absence d'affouillement et d'instabilité au pied de la GBA (ce qui n'est pas le cas actuellement).

La figure suivante présente l'implantation de la GBA en place (longueur de 68 ml) par rapport au PROJET de confortement (au 05/02/2021).

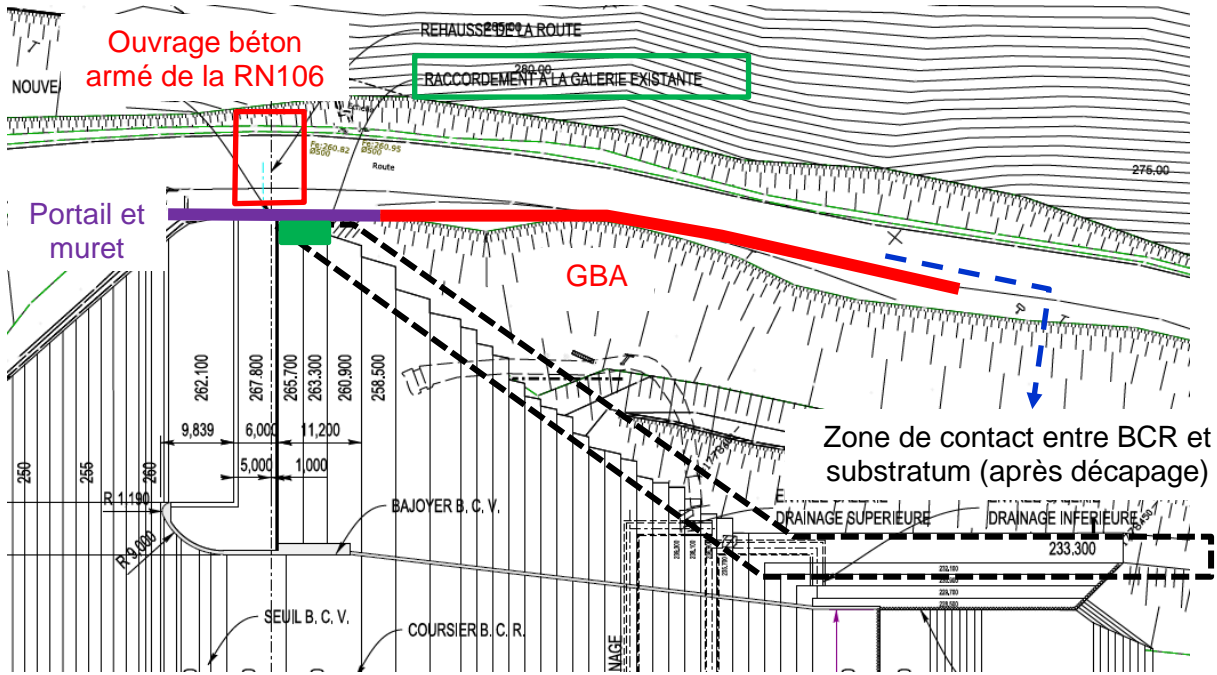


Figure 6 : Implantation de la GBA actuelle reportée sur le PROJET

2 CONDITIONS D'ÉCOULEMENT

2.1 MODELISATION HYDRAULIQUE

Une modélisation hydraulique unidimensionnelle (Hec-Ras) a été mise en œuvre afin d'apprécier les conditions d'écoulement sur la route à l'aval de l'axe du barrage **avec et sans la glissière**.

Concernant le déversement sur le versant, il s'agit d'une approche simplifiée d'un problème tridimensionnelle qui vise à apprécier l'ordre de grandeur du débit spécifique maximal sur le versant.

La figure suivante présente la localisation des profils en travers ainsi que celle des petits déversoirs linéaires intégrés dans le modèle représentant les déversements dans la pente de la rive droite **en l'absence de GBA**.

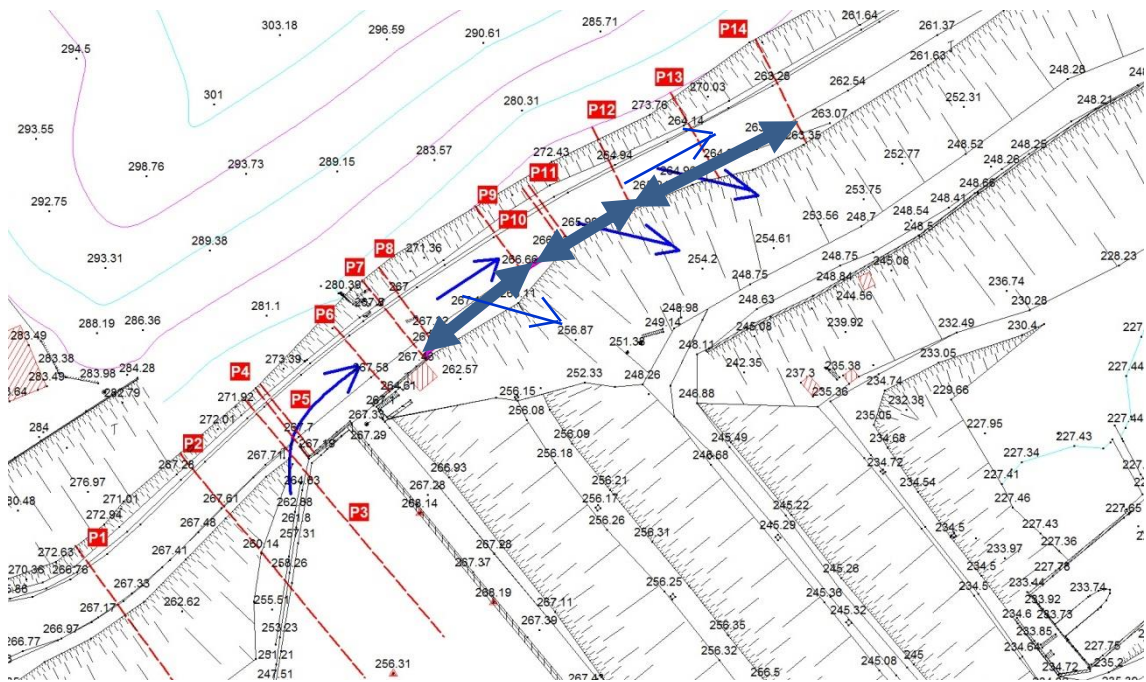


Figure 7 : localisation du modèle d'écoulement 1D au niveau avant pose de la glissière

La condition limite amont est le niveau de la retenue. La condition limite aval est fixée par le régime normal d'écoulement avec une pente de ligne d'eau à l'extrémité aval égale à la pente moyenne de la route en partie aval, soit 6%. Un test de sensibilité a permis de vérifier que cette condition n'était pas sensible au-delà de quelques mètres (<1 cm).

Les déversoirs latéraux sont considérés dénoyés. Un coefficient de débit de 0,27 leur a été affecté (déversement dans le sens perpendiculaire à l'écoulement).

Les coefficients de Strickler retenus sont les suivants :

- route : $n = 0,014$ ($K = 70$)
- versant en rive gauche : $n = 0,04$ ($K=25$).

2.2 RESULTAT DE LA MODELISATION

Le tableau suivant synthétise les principaux résultats avec et sans la GBA pour la cote pressentie pour le niveau extrême (267,84 m NGF correspondant à une probabilité de l'ordre de 10^{-5}).

Tableau 2 : Résultats de la modélisation

	Sans GBA	Avec GBA
Cote de retenue (T=100 000 ans)	268,64 m NGF	Idem
Débit par la RN 106	13 m ³ /s	Idem
Débit spécifique sur le radier	0,9 m ³ /s/ml	idem
Débit spécifique maximal de déversement sur le versant de rive gauche	0,3 m ³ /s/ml	0 m ³ /s/ml
Vitesse maximale sur le radier	3,0 m/s	Idem

Compte tenu de la forme très pointue de l'hydrogramme mono-fréquence, **la durée de surverse est inférieure à une heure.**

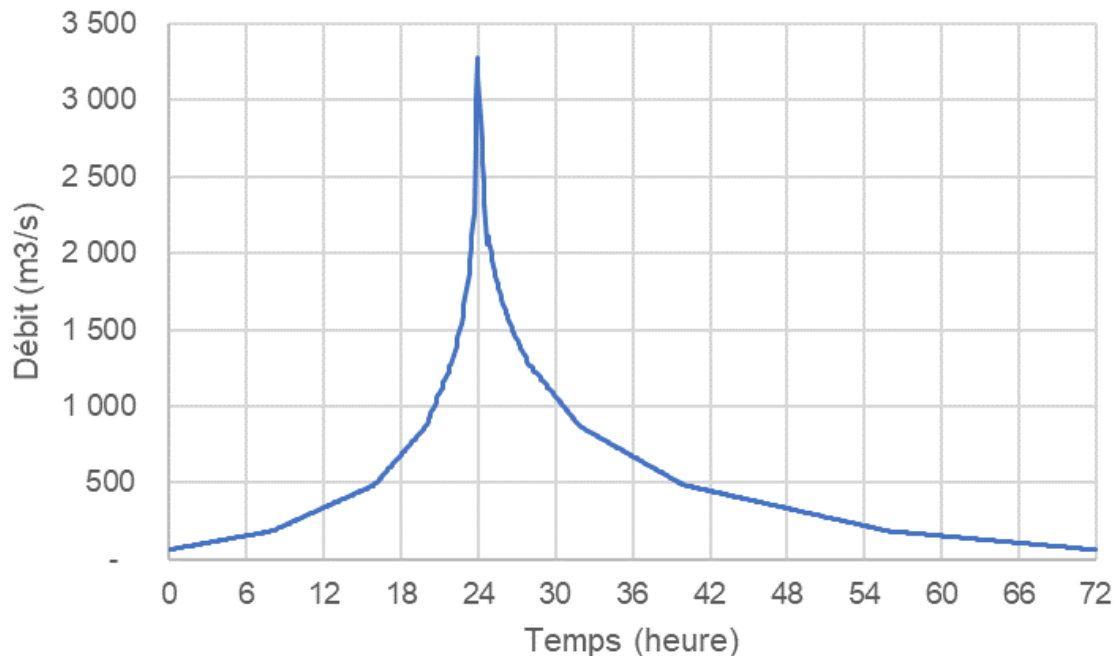


Figure 8 : Hydrogramme monofréquence T

Le graphique suivant présente le profil en long des vitesses avec la GBA depuis la retenue jusqu'à l'extrémité de la GBA. Les vitesses peuvent atteindre 6 à 7 m/s lorsque les écoulements sont canalisés par la GBA.

En l'absence de GBA, environ la moitié du débit déverse sur le versant. Le débit spécifique de ce déversement est maximal sur les premiers mètres sans GBA et atteint 0,3 m³/s/ml (débit spécifique sur le premier déversoir latéral).

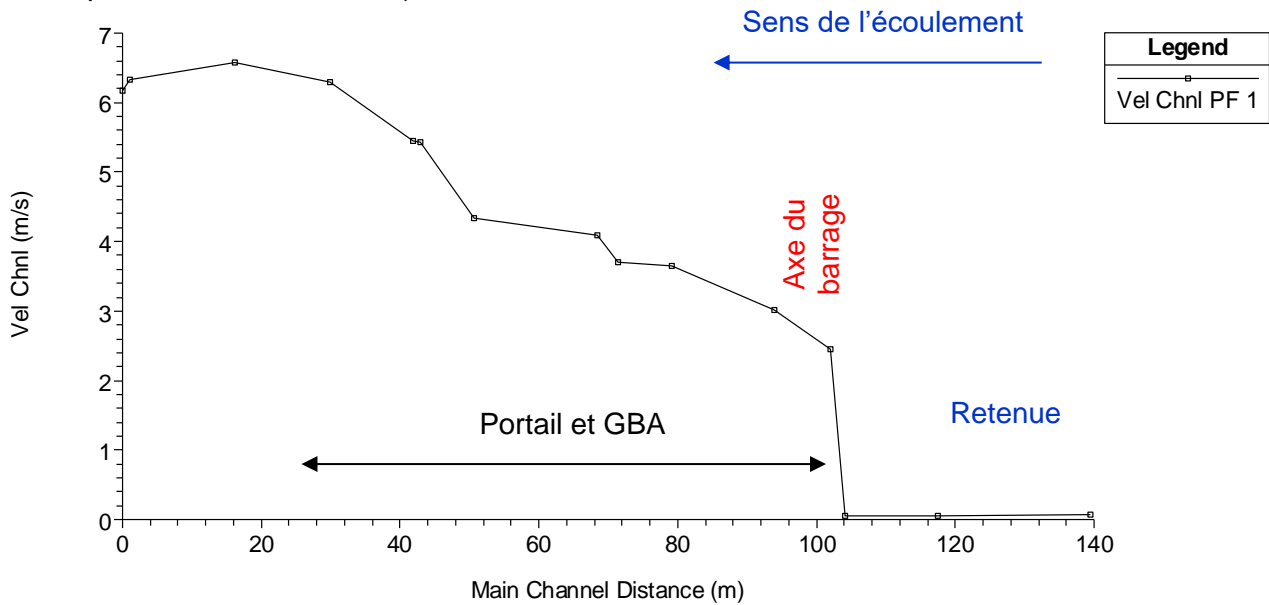


Figure 9 : Profil des vitesses du modèle 1D

Le profil en long suivant présente la ligne d'eau pour la cote extrême avec la ligne de charge et la ligne critique **avec la GBA (longueur de 68 ml)**. L'écoulement est toujours torrentiel (froude < 1) et il n'y a donc pas de dissipation par ressaut.

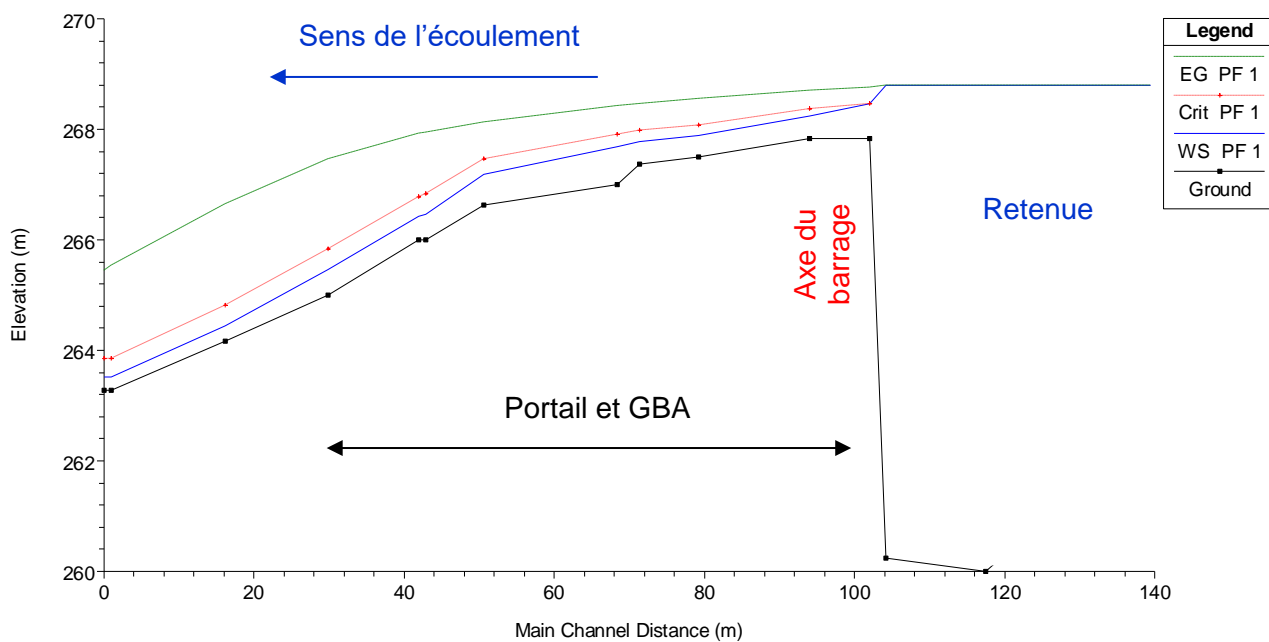


Figure 10 : Ligne d'eau du modèle 1D

3 ANALYSE PRELIMINAIRE DE RISQUE

3.1 ARBRES DE DEFAILLANCE

L'APR vise à déterminer une probabilité de venues d'eau dangereuses par endommagement du barrage pour :

- différents modes de rupture,
- différentes occurrences de crue.

Concernant les crues, dans le cas présent, dans l'axe du barrage, avec le calage prévu pour la RN106 (267,84 m NGF), la route :

- présente une revanche de 0,8 m par rapport au PHE ($p=10^{-4}$)
- surverse avec une charge de 0,8 m pour l'événement extrême ($p=10^{-5}$).

La crue extrême est donc la seule crue à considérer.

3.2 QUANTIFICATION DES PROBABILITES DES ETAPES

Lorsqu'une quantification numérique de la probabilité d'une étape est envisageable, celle-ci est réalisée. En pratique, pour les phénomènes complexes, en particulier ceux impliquant l'érosion (interne ou externe) cela n'est pas toujours le cas et il est nécessaire de faire appel à des approches expertes des probabilités.

Pour la détermination des probabilités conditionnelles par approche experte, il est proposé de retenir l'approche proposée par Vick (2002) et adaptée par l'United States Bureau of Reclamation (USBR).

L'USBR a adopté un système de qualification verbale pour la plupart des estimations de probabilité subjective. Ce système est basé principalement sur des expériences rapportées par Reagan et al (1989). Ces expériences montrent que, dans des limites raisonnables, l'être humain est assez bien calibré pour des probabilités connues, à condition :

- d'utiliser des mots que la plupart des gens adopteraient pour leur propre cas,
- que les probabilités soient plus probables que 1%.

Vick (2002) a résumé ces résultats et a proposé une convention verbale de transformation numérique, indiqué dans le tableau ci-dessous.

Une des principales conclusions des expériences est que la capacité de l'être humain à quantifier des probabilités ne se prolonge pas très loin à chaque extrémité de l'échelle de probabilité, même si des mots comme « presque impossible » ou « presque certain » sont utilisés. Cela est probablement dû au fait que l'expérience de la plupart des individus ne leur permet pas de conceptualiser des probabilités pour des valeurs extrêmes, et on ne dispose donc pas des termes qui décrivent adéquatement ces valeurs extrêmes.

La littérature permet donc difficilement cette association : à titre d'exemple, selon les auteurs, le terme « pratiquement impossible » peut être associé à une probabilité de 1% à 0,01%.

Il est proposé d'utiliser la terminologie suivante.

Tableau 3 : Probabilité conditionnelle et terminologie

Bilan de l'analyse du phénomène	Probabilité suggérée par Vick (2002)	Terminologie
Les conditions physiques connues et/ou les procédés peuvent être décrits et qualifiés avec une entière confiance de la non occurrence du phénomène	0.01	Très improbable
Une certaine confiance dans la probabilité de non occurrence mais la possibilité inverse ne peut être écartée.	0.1	Improbable
Aucune raison de croire qu'un résultat est plus ou moins probable que l'autre	0.5	Neutre
Une certaine confiance dans la probabilité d'occurrence mais la possibilité inverse ne peut être écartée	0.9	Probable
Les conditions physiques connues et/ou les procédés peuvent être décrits et qualifiés avec une entière confiance de l'occurrence du phénomène	0.99	Très probable

3.3 MODES DE DEFAILLANCE POUR LA SURVERSE PAR LA RN106

3.3.1 LISTE DES MODES DE DEFAILLANCE

Les modes de défaillance les plus probables envisageables pour la dalle de la RN106 sont les suivants :

1. Instabilité de la dalle en béton armé (soulèvement, glissement),
2. Erosion régressive par :
 - a. affouillement de la dalle,
 - b. affouillement du versant et du barrage,
3. Erosion interne de la fondation de la dalle,
4. Perturbation d'une des fonctions d'un des composants du barrage (drainage, auscultation...) par le déversement,
5. La rupture partielle du portail sous la charge hydraulique, ce dernier cas étant écarté car il est fait l'hypothèse que le portail existant sera démoli et qu'un nouveau portail sera dimensionné pour reprendre la charge correspondant à la crue extrême.

3.3.2 INSTABILITE

L'analyse préliminaire n'a pas pour objet de définir les marges de sécurité qui seront évaluées dans le cadre du PROJET après arrêt des dispositions techniques.

On peut néanmoins conclure que, vis-à-vis de l'instabilité, la dalle présentera des marges de sécurité quantifiables par le calcul y compris en considérant des hypothèses de sous-pressions défavorables (ne prenant pas en compte le rabattement induit par la bèche amont).

La figure suivante présente le diagramme triangulaire le plus défavorable que l'on puisse retenir à partir des résultats de la modélisation hydraulique.

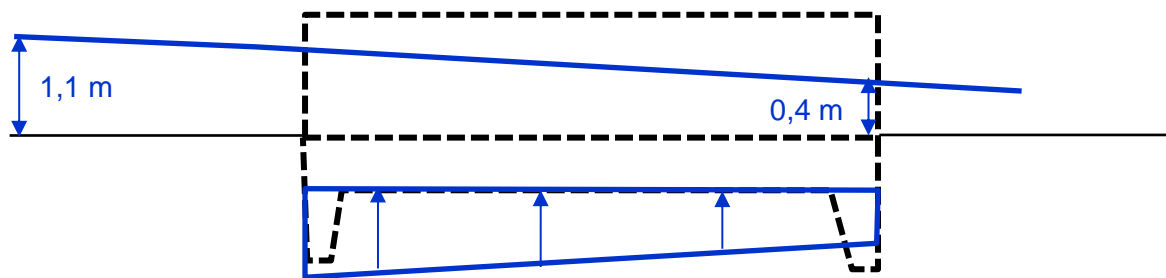


Figure 11 : Diagramme des sous pressions (Q100 000)

En effet, considérant une dalle de 35 cm, il vient, **sans considérer les ancrages** :

- une sous-pression linéaire sous la dalle (8 m de longueur) d'environ 60 kN/ml² avec :
 - charge amont = cote de la retenue (> cote de l'écoulement à l'extrémité amont du radier)
 - charge aval = cote de l'écoulement à l'extrémité aval du radier
- un poids propre de la dalle d'environ 67 kN/ml³
- un poids de l'eau sur la dalle d'environ 32 kN/ml⁴

Il vient un facteur >1,6 entre les efforts moteurs (44 kN/ml) et les efforts résistants (99 kN/ml) sans même considérer les ancrages.

Les ancrages seront dimensionnés de manière à reprendre la pleine charge amont (1,1 m) sur l'intégralité de la sous face du béton.

Une défaillance par instabilité de la dalle apparait donc très improbable (p=0,01).

3.3.3 EROSION EXTERNE/AFFOUILLEMENT DE LA DALLE

Le débit spécifique sur la dalle (0,9 m³/s/ml) est temporaire (<1h) et largement inférieur aux valeurs courantes des débits spécifiques sur les ouvrages hydrauliques en béton armé. A titre d'exemple les dalles situées en sortie de vannes des barrages de navigation peuvent atteindre plusieurs dizaines de m³/s/ml.

Pour un débit de 0,9 m³/s/ml, la dalle n'est donc pas érodable mais on peut imaginer un affouillement de la chaussée à l'aval immédiat de la dalle.

En aval immédiat, la chaussée sera constituée de béton bitumineux mis en œuvre sur un à quelques décimètres de GNT recouvrant le substratum. Le béton bitumineux offre une bonne résistance à l'érosion. Il constitue ainsi encore le liant d'enrochements pour de nombreux seuils en rivières, notamment à fort débit comme l'Adour ou le Gave de Pau (même s'il n'est plus utilisé pour des raisons environnementales). Il peut néanmoins être érodé pour l'événement extrême, en particulier lorsqu'on s'éloigne du barrage à mesure que les vitesses augmentent.

Cependant, la dalle comprend une bèche aval, des ancrages et est directement fondée au rocher qui permettent d'assurer la tenue de la dalle, y compris en cas d'affouillement de l'enrobé et du substratum en aval de la dalle.

Compte tenu du débit et de la durée de la surverse, un affouillement susceptible d'endommager et d'emporter la dalle apparait donc très improbable (p=0,01).

² (1,1 m + 0,4 m) x 10 kN/m² x 8 m / 2 = 44 kN

³ 24 kN/m³ x 8 m x 0,35 m = 67 kN

⁴ #0,4 m x 10 kN/ m² x 8 m = 32 kN

3.3.4 EROSION INTERNE

L'environnement de la dalle comprend :

- Le substratum en fondation et à l'interface rive gauche ;
- Le BCR du barrage à l'interface en rive droite.

Aucun de ces matériaux n'est sensible à l'érosion interne. Un endommagement par érosion interne amenant la rupture de la fondation est donc très improbable.

3.3.5 PERTURBATION DU FONCTIONNEMENT D'UN DES COMPOSANTS DU BARRAGE

Le schéma suivant présente les surverses susceptibles de se produire sans considérer la GBA.

Les eaux cascadant depuis la RN106 vont atteindre le barrage à l'interface entre :

- le substratum découpé sur la rive pour ancrer le BCR jusqu'au rocher sain (comme cela a été le cas pour le remblai du barrage),
- le BCR dont l'épaisseur verticale est toujours supérieure à 4 m.

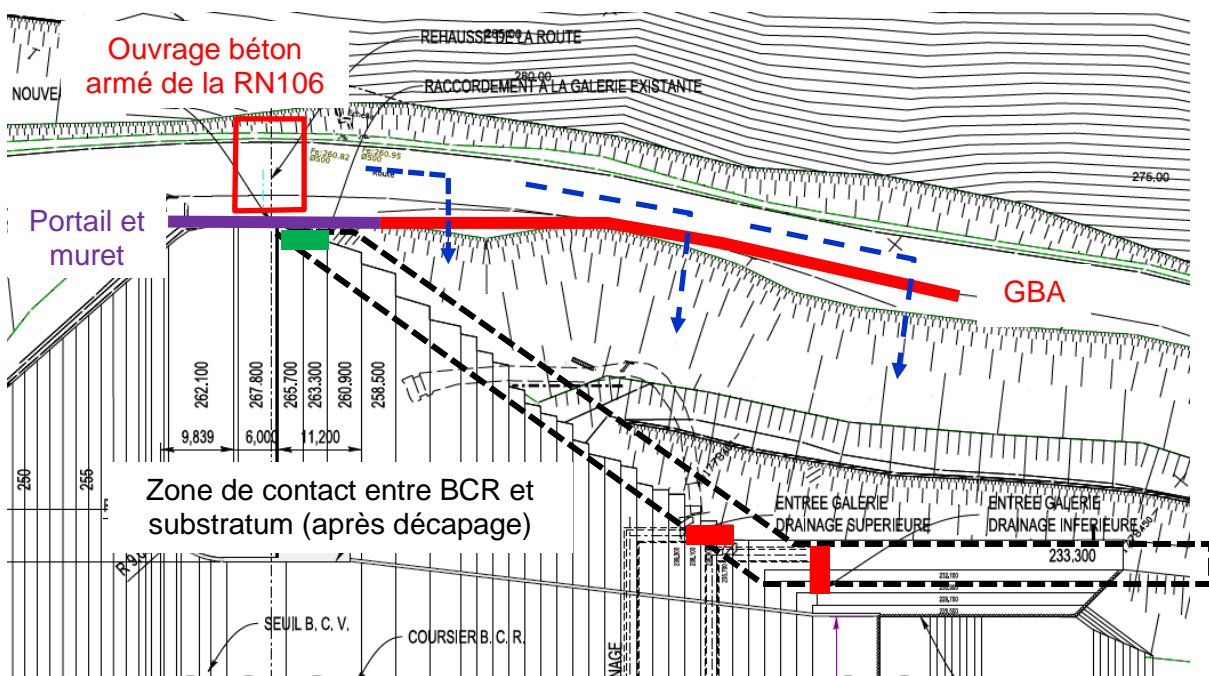


Figure 12 : Exposition du barrage lors des surverses

A titre d'illustration, la photographie suivante présente une photo d'une réception partielle du versant de rive gauche après décapage lors de la construction du barrage.



Figure 13 : Photo de la réception intermédiaire des fouilles de rive gauche (4/02/1966)

Les PV de réception des fouilles du Professeur J. Avias en date du 4 février et du 22 avril 1966 font état :

- d'un gneiss relativement sain, affecté de diaclases et de fractures à faible rejet,
- de l'absence de fracture ouverte notable ou zone de broyage conséquente à remplissage meuble.

Concernant les risques induits par les débordements par la RN106, les débits spécifiques sont temporaires et particulièrement faibles (0,3 m³/s/ml et moins d'une heure). Dans ces conditions, l'endommagement attendu pour le barrage est quasi-nul.

Trois galeries débouchent dans le versant de rive gauche, avec de haut en bas :

- la galerie de drainage de la plinthe (entrée en vert) : elle sera protégée des surverses par le portail et muret déjà présent et qu'il est prévu de reconduire dans le cadre du PROJET (avec un nouveau portail et un nouveau muret qui seront dimensionnés de manière à supporter une charge de 0,8 m) ;
- les galeries de drainage (sorties en rouge) du BCR :
 - la galerie supérieure qui est connectée à la galerie de drainage existante de l'appui rive droite ;
 - la galerie inférieure qui débouche dans la culée en BCR, abrité du flux principal de l'évacuateur par un bajoyer.

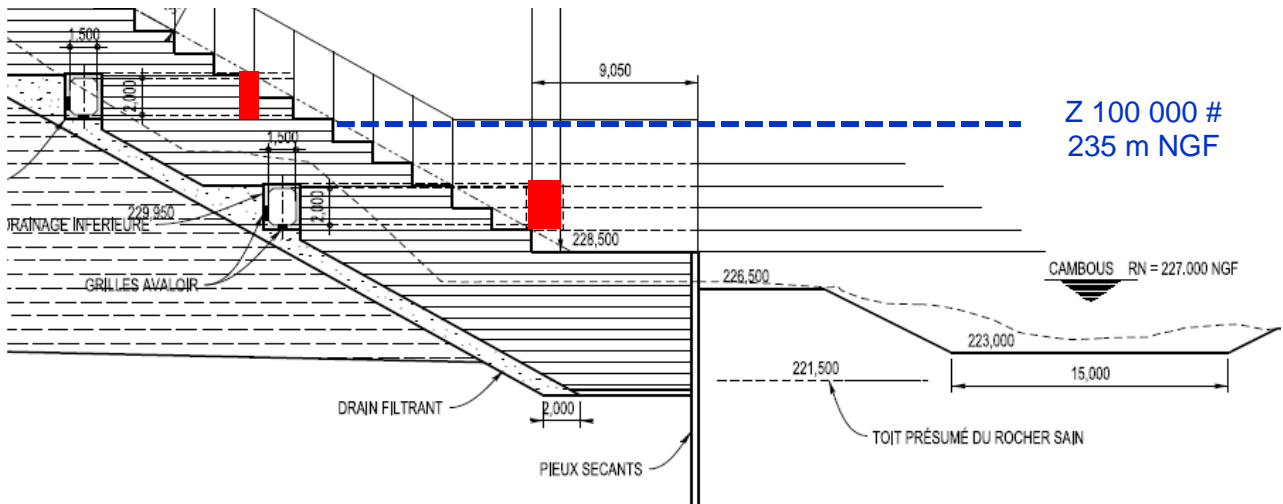


Figure 14 : Exutoire des galeries de drainage de la carapace en BCR

Pour la crue extrême, la galerie inférieure est potentiellement sous le niveau aval (même si le modèle 3D montre que le ressaut permet peut-être de chasser suffisamment le niveau aval pour prévenir les entrées d'eau).

Ce n'est pas le cas pour la galerie supérieure.

Les eaux cascading depuis la RN106 peuvent potentiellement perturber la capacité d'évacuation, a minima, de la galerie supérieure.

Toutefois, les études réalisées dans le cadre de la révision spéciale (DOCUMENT_C 11F-110-RM-25_E) ont montré que même **en supprimant le masque et avec un niveau aval noyant la galerie supérieure**, la piézométrie du barrage était toujours maîtrisée.

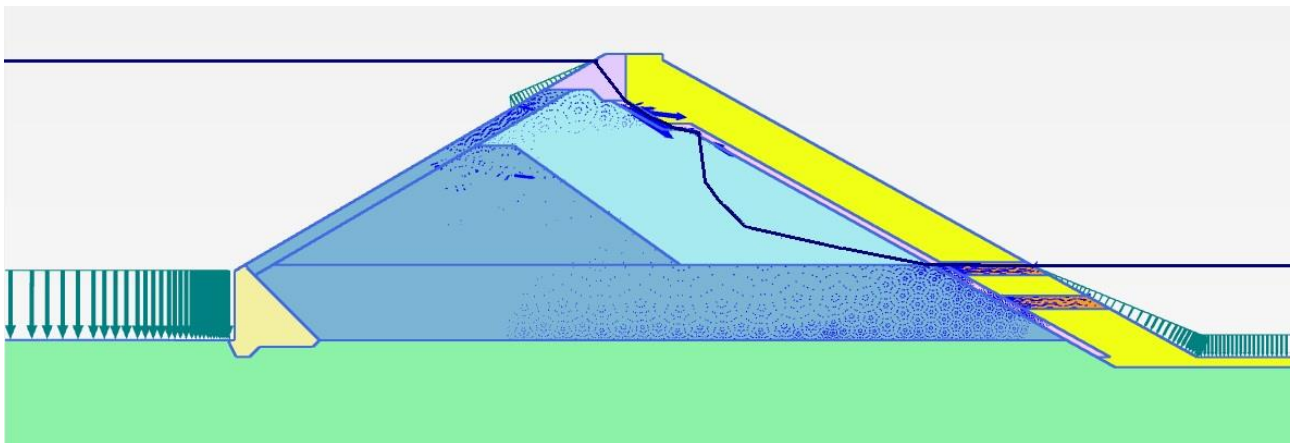


Figure 15 : Vitesses des écoulements internes avec une ouverture complète

Ces éléments conduisent à estimer que, pour les surverses occasionnées par la crue extrême, une rupture du barrage du fait de la perturbation du fonctionnement d'un des composants du barrage apparaît très improbable ($p=0,01$).

4 CONCLUSION DE L'APR

Avec les dispositions prévues au droit de la RN106 (cf. 1.4 et Figure 4) et sans la GBA, il a été estimé que pour les surverses occasionnées par la crue extrême ($p=10^{-5}$), une défaillance en rive gauche susceptible de conduire à une libération d'eau incontrôlée apparaissait très improbable ($p=10^{-2}$). Il vient une probabilité $< 10^{-7}$ ($10^{-5} \times 10^{-2}$) considérée comme acceptable.

Pour réduire encore cette probabilité, le maître d'ouvrage prévoit de reconduire la canalisation des eaux débordés en rive gauche par une GBA. Avec une hauteur de 0,8 m, la GBA pourra canaliser l'écoulement sur la chaussée dont les hauteurs sont inférieures à 0,5 m.

Pour atteindre cet objectif, deux alternatives sont envisageables :

- soit de prévoir une nouvelle GBA avec une longrine de fondation en béton armé fondée et éventuellement ancrée au substratum (cf. schéma suivant) ;
- soit de prévoir une longrine parafouille en béton armé fondée et éventuellement ancrée au substratum, coté route sans modifier la GBA existante.

Ces deux alternatives sont illustrées par les schémas suivants.

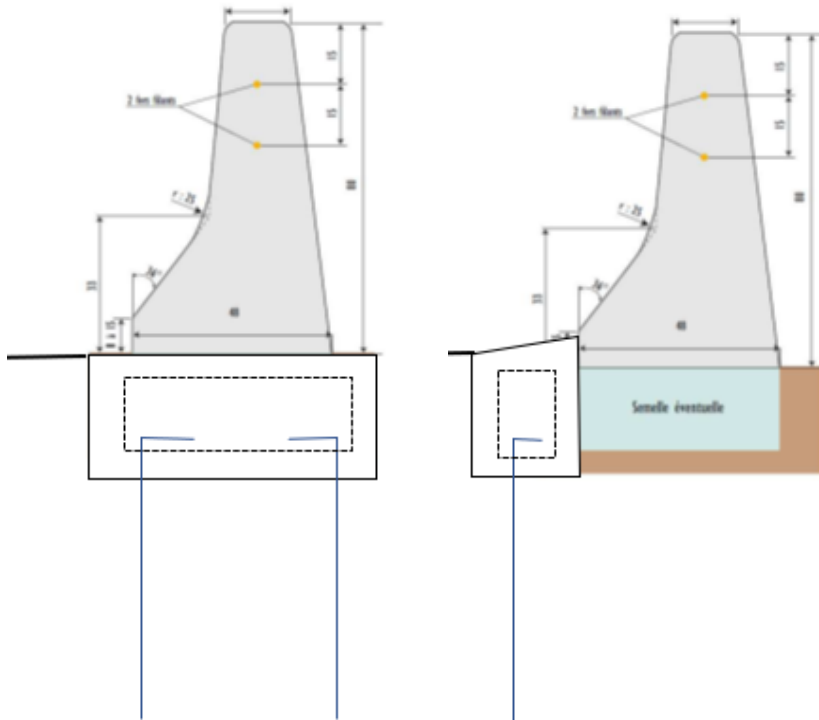


Figure 16 : Adaptation (à droite) ou remplacement (à gauche) de la GBA

L'évolution de la GBA sera intégrée dans la mission de maîtrise d'œuvre.

ANNEXE 15 RAPPORT DE PROJET DE LA REHAUSSE DE LA RN106

CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT			
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION				
FORMAT :	ISO A1				N° AFFAIRE	PHASE	SECTION	NUMÉRO	INDICE
ÉCHELLE					19F148	PRO	SCA	000	A
UNITÉ :	Mètres								

SECURISATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE FORME PAR LES BARRAGES DE STE CECILE ET DES CAMBOUS

DOSSIER PROJET

- 1 – Rapport de Présentation
- 2 – note sur les caractéristiques géométriques et phasage des travaux
- 3 – Plan de l'état initial
- 4 – Vue en plan
- 5 – Profil en long
- 6 – Profil en travers type
- 7 – Cahier des profils en travers
- 8 – Plan de détail
- 9 – Estimation des travaux
- 10 – Dossier géotechnique

CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET 1 - Rapport de présentation

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT	
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION		
FORMAT :	ISO A1	N° AFFAIRE		PHASE	SECTION	NUMÉRO	INDICE
ÉCHELLE		19F148		PRO	SCA	000	A
UNITÉ :	Mètres						

SOMMAIRE

1 – Préambule	2
2 – Etat initial : RN106.....	2
3 – Etat projeté.....	3
4 - Travaux envisagés	4
6 - Estimation des travaux.....	9

1 – Préambule

L'aménagement consiste à surélever la RN106 au droit du barrage de 20 cm environ.



Photo : RN106 au droit du barrage

2 – Etat initial : RN106

La pièce n°3 du dossier précise les caractéristiques actuelles de la RN106

- Axe en plan :
 - Rayon R600 au droit du barrage long d'environ 78m.
 - Avec clothoïdes de part et d'autre pour raccordement sur un rayon de 29m (Sud-Ouest) et un rayon de 400m (Nord-Est).
- Profil en long :
 - Parabole R985 m au droit du barrage d'environ 118 m de long.
 - Pente de part et d'autre d'environ 4% (Sud-Ouest) et 8% régulière sur 300m (Nord-Est).
- Profils en travers type - devers :
 - Largeur de chaussée de 5.70m entre bandes de rive au droit du barrage et mono déversé à 2.4%.
 - Largeur de chaussée d'environ 5.50m à 6.00m entre bandes de rive de part et d'autre du barrage.
 - Surlargeur portée à 7m sur le rayon de 29m (Sud-Ouest) au droit du Belvédère.
- Visibilité : (selon guide CEREMA oct 2018 Conception des routes et autoroutes – révision des règles de visibilité)
 - 81m minimum de visibilité sur obstacle à 70cm de hauteur (V85 66km/h) et 61m minimum sur obstacle à 15cm de hauteur (V85 56km/h), représentant une pierre sur la chaussée pour une hauteur de 1m10 pour l'observateur.

Cette portion d'itinéraire peut être classifiée en route en relief difficile au sens de l'ARP.



RN106 au droit du barrage vers Mende



RN106 au droit du barrage vers Alès

3 – Etat projeté

- Axe en plan :
Reconduction des éléments observés dans l'état initial sans modification de la géométrie en plan.
- Profil en long :
Reprise du profil en long pour relever la chaussée au droit de la crête du barrage à 267.88m NGF, soit une surélévation de 20cm.
Parabole de 880m développée sur 105.60m et raccordements à l'existant (Pentes de part et d'autre de 3.95% Sud-Ouest et 8% Nord-Est restent inchangées).
- Profils en travers type devers :
Largeur de 6.00m avec 5.50m entre bande de rive en section courante et reprise de la cunette bétonnée en pied de paroi rocheuse avec ajout de blocs ancrés dans le béton permettant de casser la vitesse de l'eau et de section et profondeur identique à la cunette existante.
Devers mono déversé à 2.5% sur rayon 260m au droit de la crête du barrage.
Variation de devers de part et d'autre :
 - Coté Sud-Ouest longueur 37m de 6,4% à -2.5%.
 - Coté Nord-Est longueur 45m variant de -2.5% à 2.5% en toit.
- Visibilité (suivant guide CEREMA oct 2018 Conception des routes et autoroutes – révision des règles de visibilité)
La surélévation de 20 cm du point haut, réduit le rayon saillant de raccordement aux pentes existantes de part et d'autre, diminuant légèrement les distances de visibilité qui sont portées au droit du barrage à :
 - 79m au lieu de 81m sur un obstacle de ht 0.70m correspondant V85 de 65km/h.
 - 60m au lieu de 61m sur un obstacle de ht 0.15m (pierres) correspondant V85 de 55km/h.

4 - Travaux envisagés

- Les études géotechniques réalisées et jointes en pièce 10 mettent en évidence une structure plutôt en bon état permettant d'assurer la surélévation au droit du barrage de 20 cm par renforcement en enrobés.

La chaussée sera surélevée sur une épaisseur variable (5 / 6 cm à 20 cm) entre le profil 5 et le profil 15 sur 150 m environ avec suivant les sections :

- Reprofilage en micro grave ou GB et reprise des devers adaptés à la géométrie,
 - Couche de base en GB4 0/14 7 cm mini d'épaisseur,
 - Couche de roulement en BBSG 0/10 6 cm d'épaisseur,
 - Engravure par rabotage aux extrémités.
- Le fossé bétonné coté falaise sera repris de manière à conserver la section et la profondeur initiale, avec renforcement de l'accotement en béton tel qu'actuellement. Des seuils enpierrés seront mis en place pour réduire la vitesse d'écoulement.



Fossé bétonné côté falaise

- La boucle de détection existante sera reprise à l'identique.



Boucle de détection sous chaussée

- La glissière de sécurité métallique côté barrage sera remplacée pour mise en conformité avec une glissière de type N1W2 équipée d'un écran motocycliste. L'accotement au niveau de cette glissière sera reconstitué avec apport d'une GNT compactée sur 15 à 20 cm d'épaisseur.



Glissière de sécurité à l'amont du barrage

- Cet aménagement intègre le remplacement de la GBA existante à l'aval du barrage afin d'assurer la mise en conformité de la hauteur et d'assurer son ancrage par la réalisation d'une fondation avec une semelle en béton liée avec la GBA avec des cadres en U type HA10.



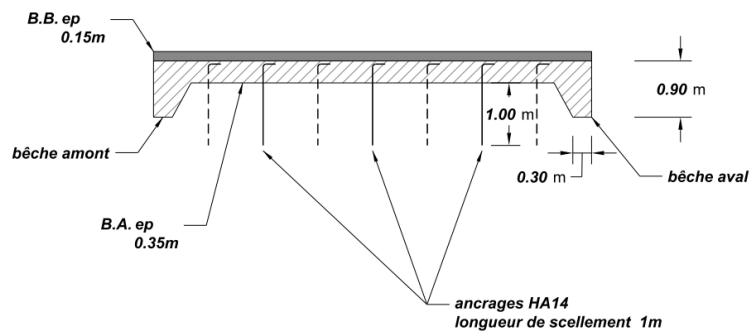
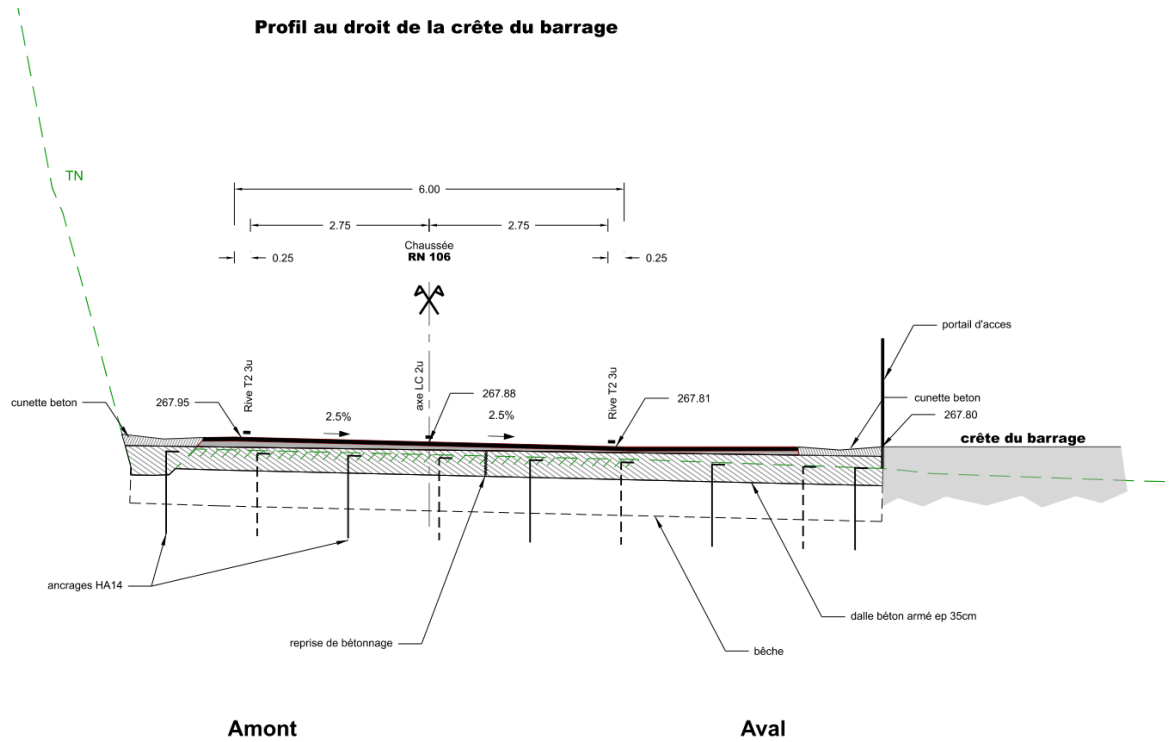
GBA existante côté aval du barrage



GBA existante depuis portail d'accès

- Au droit du barrage, une dalle béton est à réaliser sur la largeur de la voie en continuité du barrage et jusqu'à la paroi rocheuse. Cette dalle de 7m de large sera positionnée 20 cm en dessous de la ligne projet avec une épaisseur de 35 cm et pentée à 2.5% vers le barrage. Elle sera ancrée dans le substratum rocheux avec des barres type HA14 disposées en quinconce sur toute la surface de la dalle conformément à la pièce 8 – plan de détail.
- Le renforcement des extrémités de la dalle est assuré par la constitution d'une bèche de 55cm de profondeur ancrée dans le substratum rocheux. Cet aménagement permet d'empêcher tout ripage de l'ensemble, d'assurer le renforcement à ce point particulier et de pallier la différence de portance entre les deux structures, dalle béton et structure routière.

- La finition de la dalle sera striée afin d'assurer un accrochage des graves bitumes. La liaison sera parachevée par l'utilisation d'une couche d'accrochage en béton bitumineux entre la dalle béton et la grave bitume et entre la grave bitume et la couche de roulement.





Portail d'accès au droit du barrage

Le phasage des travaux d'exécution :

La réalisation de la dalle nécessitera la mise en place d'un alternat de circulation au droit de la crête du barrage pour réaliser les travaux par demi chaussée avec mise en place de dispositif de protection de type K16 lesté ou BT3.

Le temps de séchage sera optimisé avec des adjuvants dans le béton afin de minimiser l'alternat.

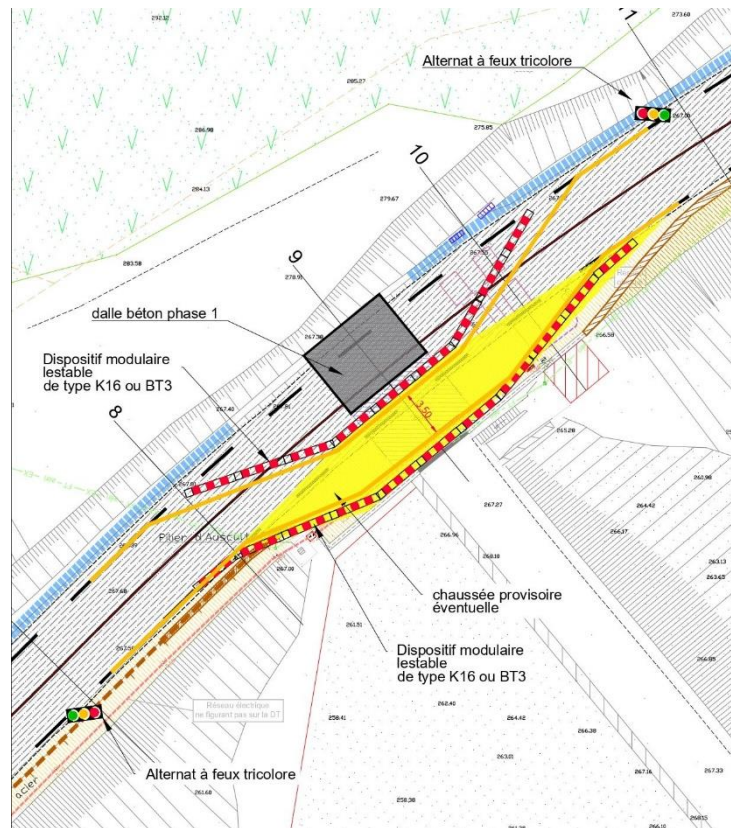
La première phase consistera à réaliser la dalle côté talus avec déviation de la circulation côté barrage en se servant du délaissé existant pour le dévoiement de la circulation.

Après séchage la circulation sera basculée pour la réalisation de la dalle côté barrage.

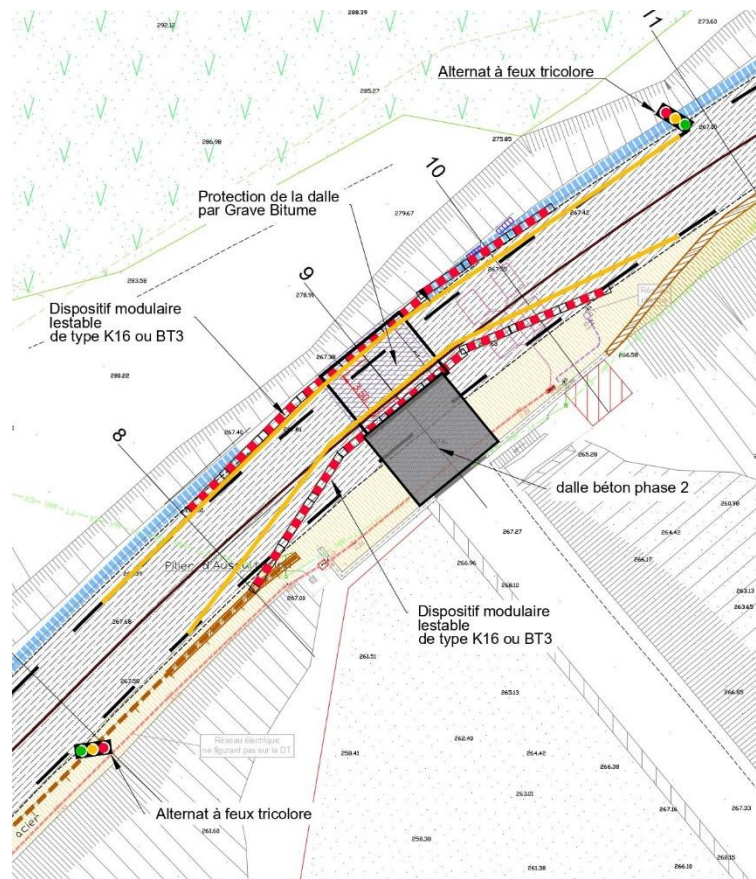
Afin de protéger la dalle de la circulation, la couche de base en grave bitume pourrait être anticipée sur la dalle avec récupération du niveau de la chaussée actuelle de part et d'autre.

Les enrobés pourraient être réalisés sur route fermée, éventuellement de nuit (durée une journée ou une nuit) ou par demi chaussée sous alternat de circulation induisant la réalisation d'un joint central.

PHASE 1



PHASE 2



6 - Estimation des travaux

Le montant des travaux de surélévation de la RN106 au droit du barrage est estimé à 134 067,15 € HT soit 160 880,58 € TTC suivant la décomposition jointe en pièce 9 du présent dossier.

CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET 2 - Note sur les caractéristiques géométriques et phasage des travaux

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT	
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION		
FORMAT :	ISO A1	N° AFFAIRE		PHASE	SECTION	NUMÉRO	INDICE
ÉCHELLE		19F148		PRO	SCA	000	A
UNITÉ :	Mètres						

CLIENT
GARD 30 CONSEIL DEPARTEMENTAL DU GARD
edf EDF CIH

PROJET
 MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous
 Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

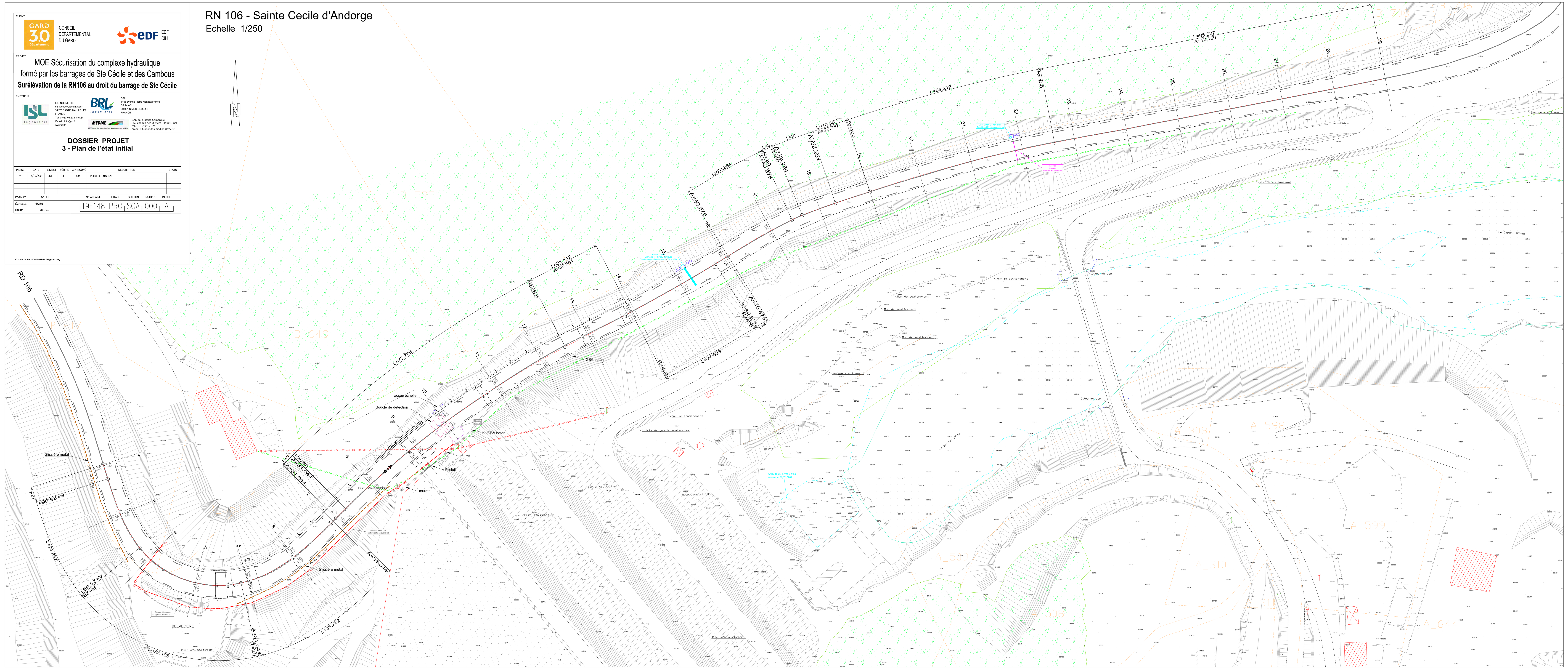
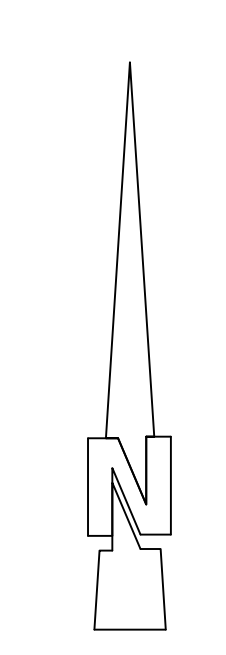
EMETTEUR
ISL Ingénierie
BRL BRL
MERMAE MERMAE

DOSSIER PROJET
 3 - Plan de l'état initial

INDEX	DATE	ETABLI	VERIFIE	APPROUVE	DESCRIPTION	STATUT
—	15/10/2021	AMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION	
FORMAT :	ISO A1	N° AFFAIRE :		PHASE :	SECTION :	NUMERO :
ECHELLE :	1/250	19F148		PRO	SCA	1000 A
UNITE :	Mètres					

N° CADR : 19F148/001/PRO/SCA/1000/A

RN 106 - Sainte Cecile d'Andorge
 Echelle 1/250



CLIENT
GARD 30 CONSEIL DEPARTEMENTAL DU GARD
edf EDF CIH

PROJET
 MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous
 Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR
ISL INGENIERIE
BRL BUREAU DE RECHERCHES LINGUISTIQUES
MERMAE MAINTIEN ET REPARATION DES MATERIELS EN ROUTE

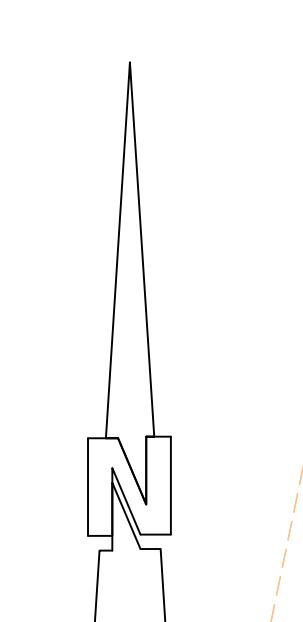
DOSSIER PROJET
 4 - Vue en plan

INDICE	DATE	ETABLI	VERIFIE	APPROUVE	DESCRIPTION	STATUT
1	15/10/2021	AMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION	

FORMAT	IND	N° AFFAIRE	PHASE	SECTION	NUMERO	INDICE
EMBOULE	1/2000	19F148	PRO	SCA	1000	A

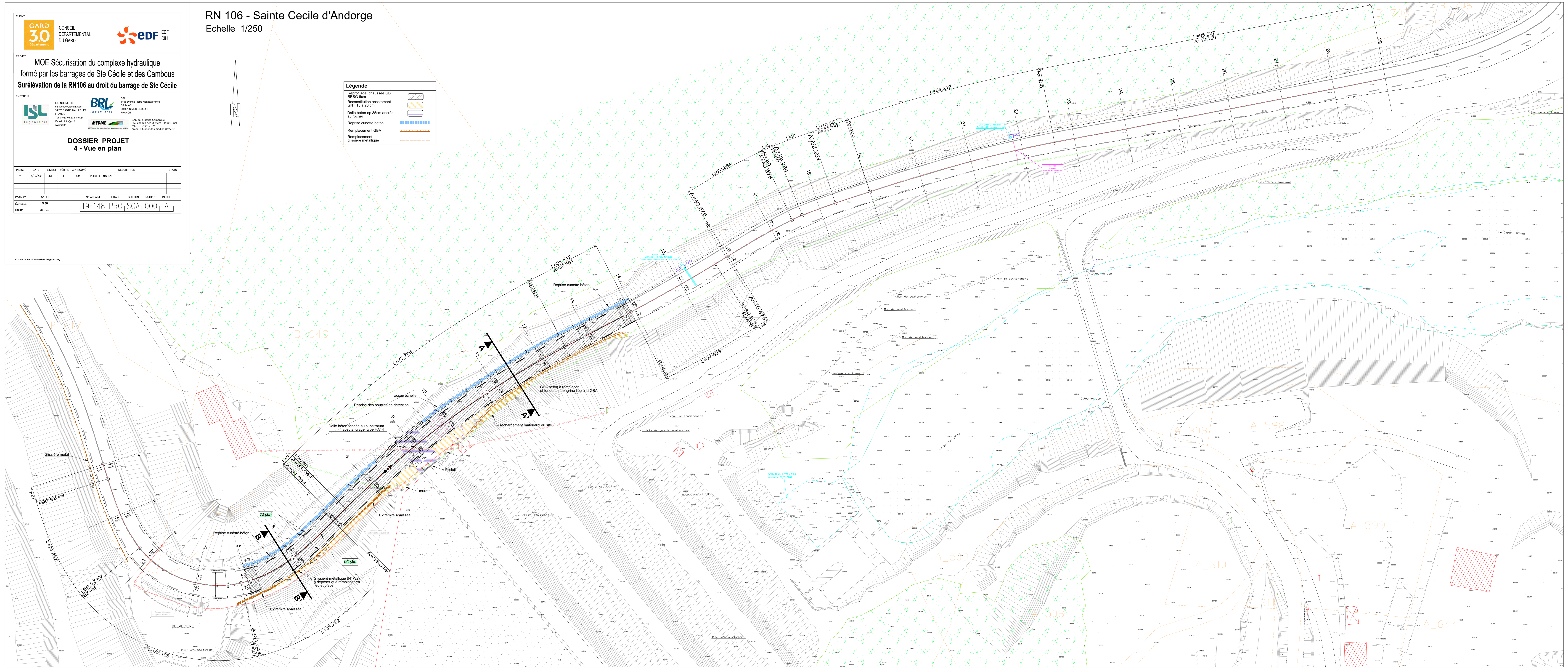
UNITE : Mètres

RN 106 - Sainte Cecile d'Andorge
 Echelle 1/250



Légende

- Reprofilage chaussée GB B85G 6cm
- Reprofilation accotement GNT 15 à 20 cm
- Dalle béton ép 35cm ancrée au trottoir
- Reprise cunette béton
- Remplacement GBA
- Remplacement glissière métallique



CLIENT

GARD 30 Département
CONSEIL DÉPARTEMENTAL DU GARD
EDF EDF CIH

PROJET
MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous
Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

ÉMETTEUR

ISL INGENIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LÉZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

BRL
1105 avenue Pierre Mendès France
BP 54 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE

MEDIME
ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
Tel : 04 67 99 53 24
email : f.lahondes.medime@free.fr

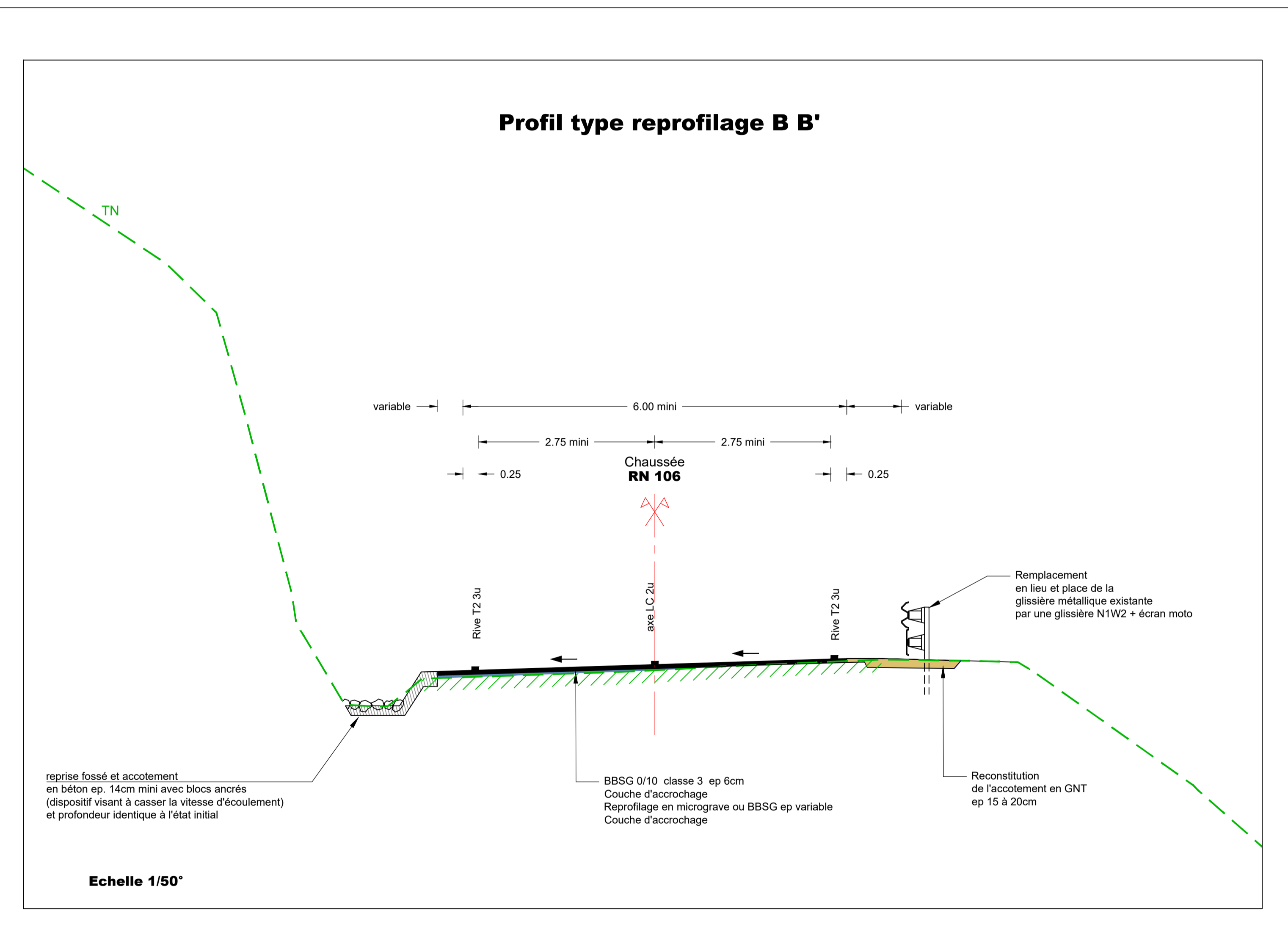
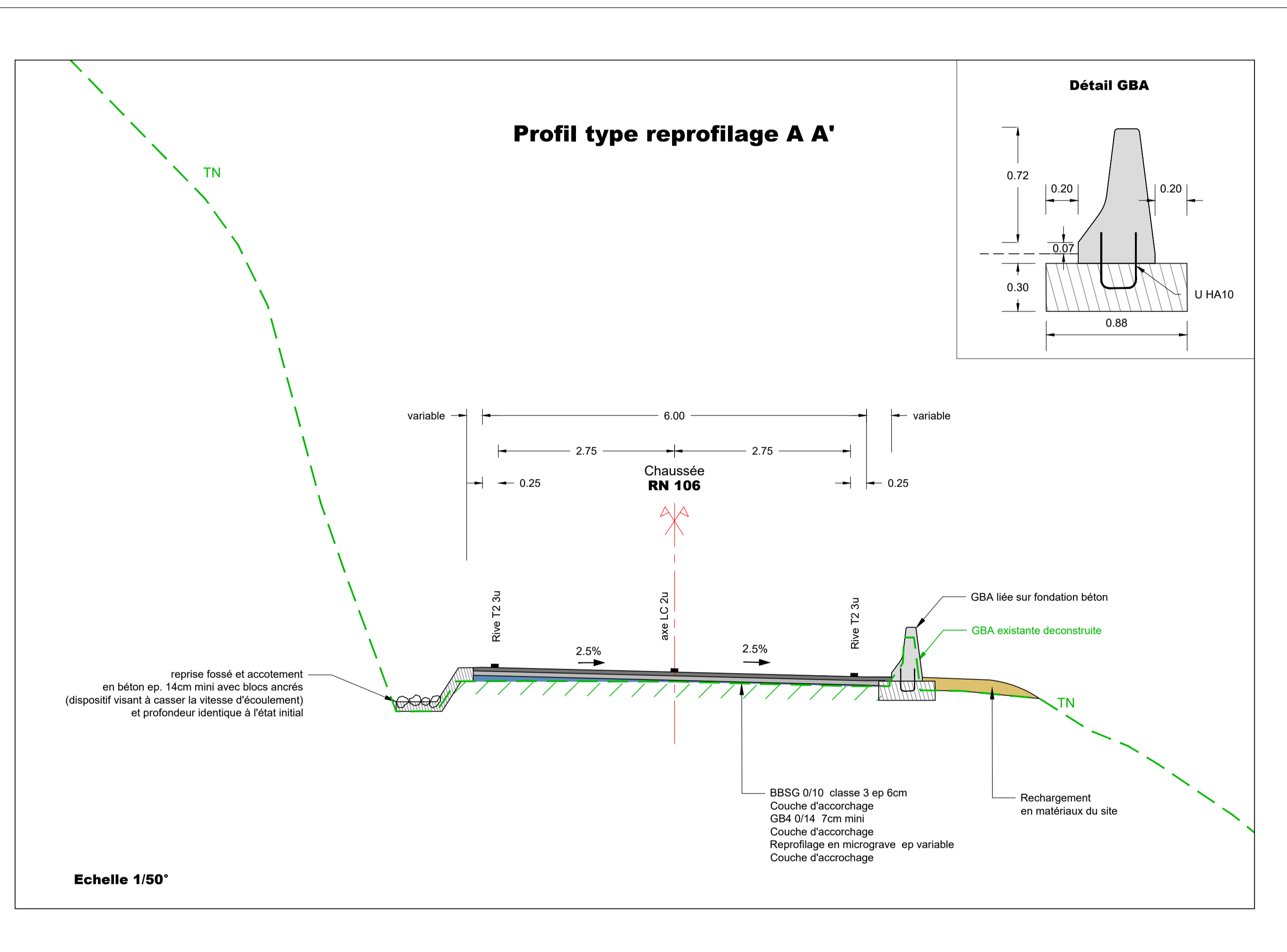
DOSSIER PROJET
6 - Profil en travers type

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION	

FORMAT : ISO A1
ÉCHELLE : 1/50
UNITE : Mètres

N° AFFAIRE PHASE SECTION NUMERO INDICE
19F148 PRO SCA 000 A

N° codif : LPR31016-INT-PLAN-pppe.dwg



CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET 7 - Cahier de profils en travers

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT	
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION		
FORMAT :	ISO A1	N° AFFAIRE		PHASE	SECTION	NUMÉRO	INDICE
ÉCHELLE		19F148		PRO	SCA	000	A
UNITÉ :	Mètres						

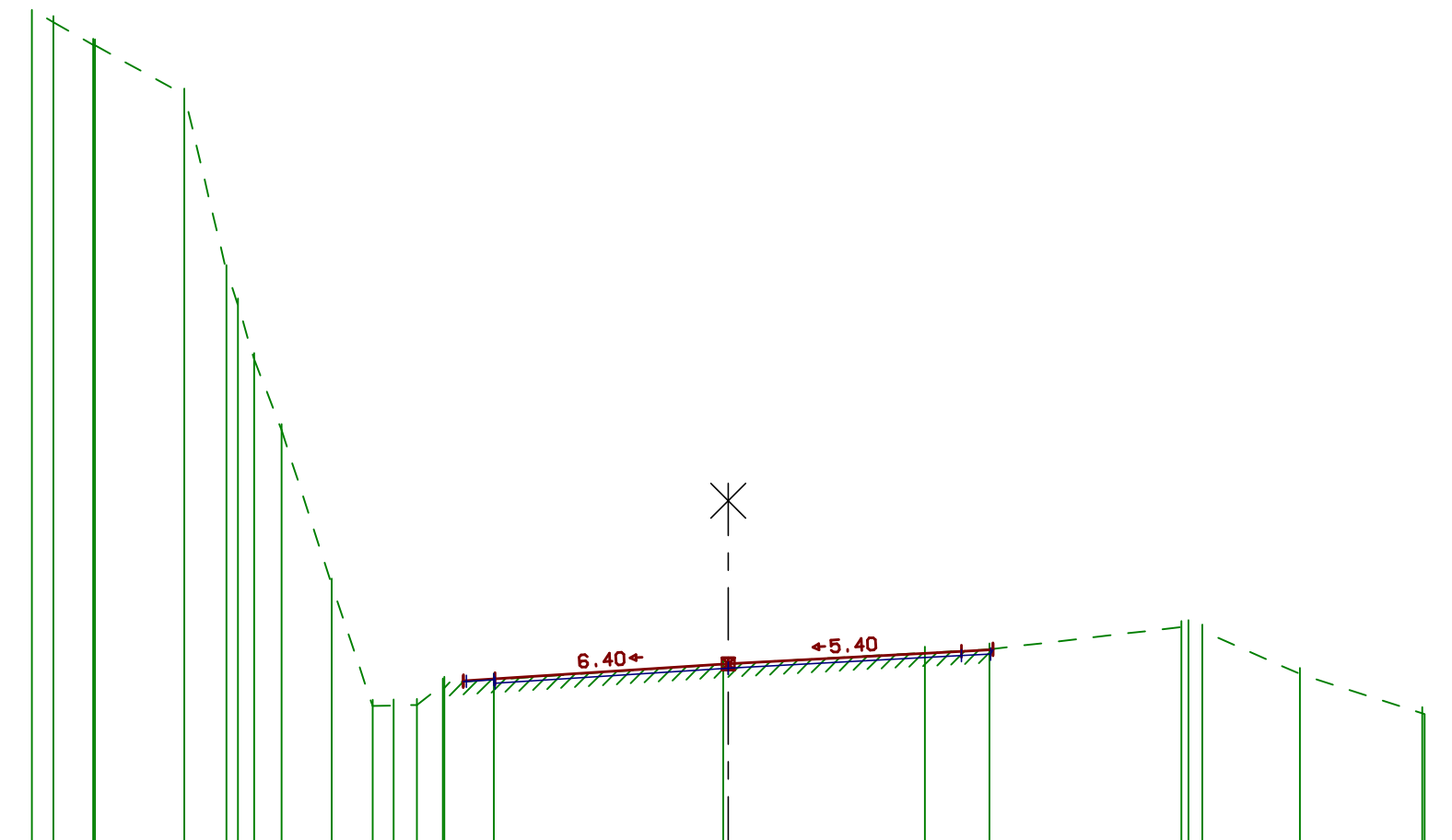
PROFIL 5

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 60.000
ZTN = 266.594
ZPRO = 266.594

ECHS = 1/100
ECHZ = 1/100
PC = 264.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES																										
	COTES	275.99	275.81	275.48	275.48	274.77	272.23	271.75	270.97	269.95	267.73	265.99	266.00	266.00	266.30	266.32	266.37	266.59	266.75	266.80	267.13	267.13	267.07	266.45	265.89	265.87	
PROJET	DISTANCES														-3.81	-3.35		0.00			3.35	3.80	3.80				
	COTES														266.34	266.35	266.38	266.59	266.77	266.80	266.81						
ASSISE	COTES														266.34	266.37	266.32	266.53	266.74	266.81							

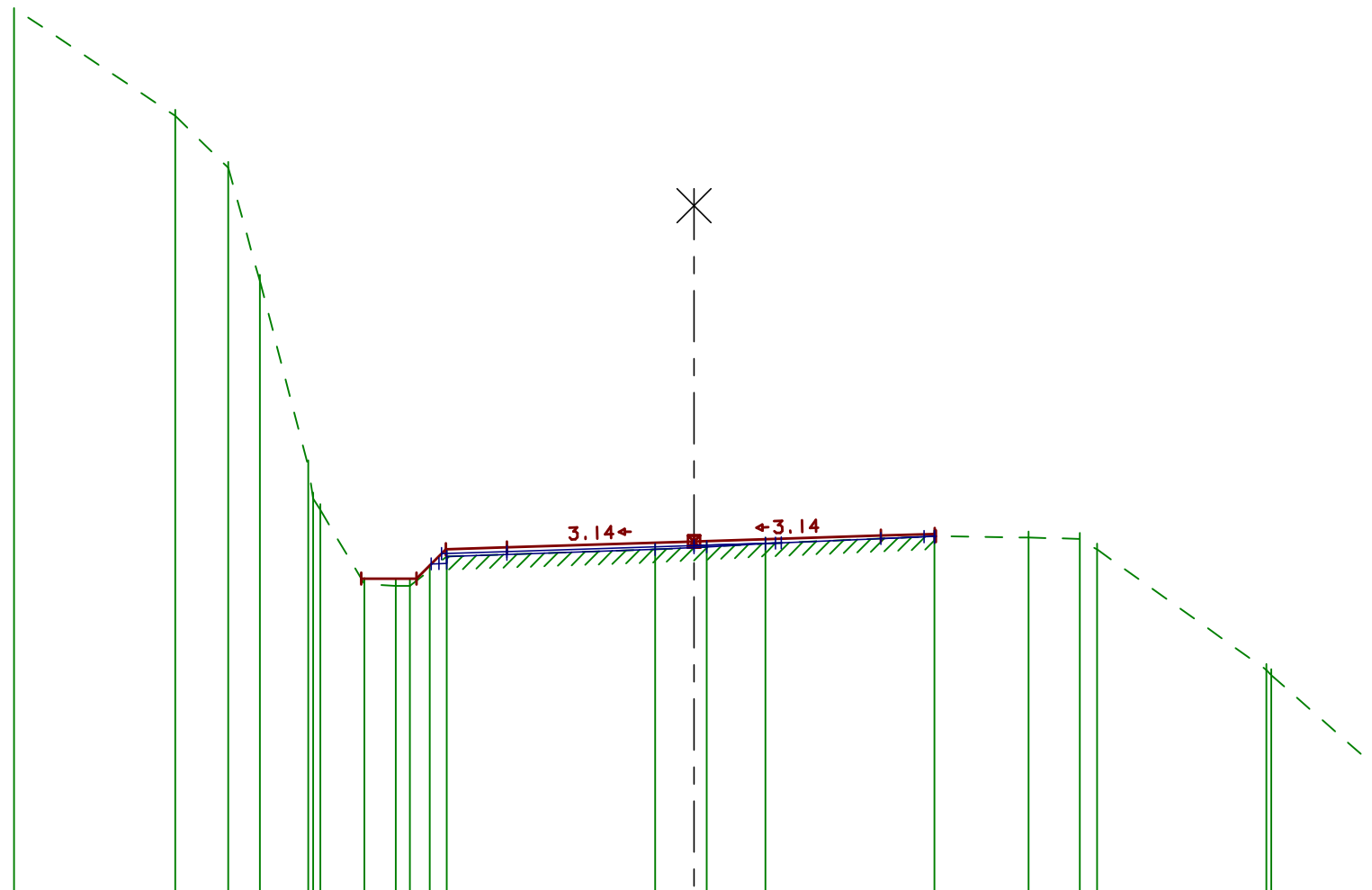
PROFIL 6

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 75.000
ZTN = 267.098
ZPRO = 267.187

ECHS = 1/100
ECHZ = 1/100
PC = 262.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES																						
	COTES	275.03	273.44	272.68	271.02	268.29	267.82	266.56	266.53	266.53	266.76	266.97	267.07	267.11	267.16	267.27	267.25	267.22	267.07	266.30	266.22	263.89	
PROJET	DISTANCES							-4.90	-4.08	-3.65	-2.75		0.00		2.75	3.54	3.56						
	COTES							266.64	266.64	267.07	267.10		267.19		267.27	267.30	267.26						
ASSISE									266.86	266.86	266.87	267.00		267.07	267.10	267.11	267.16						

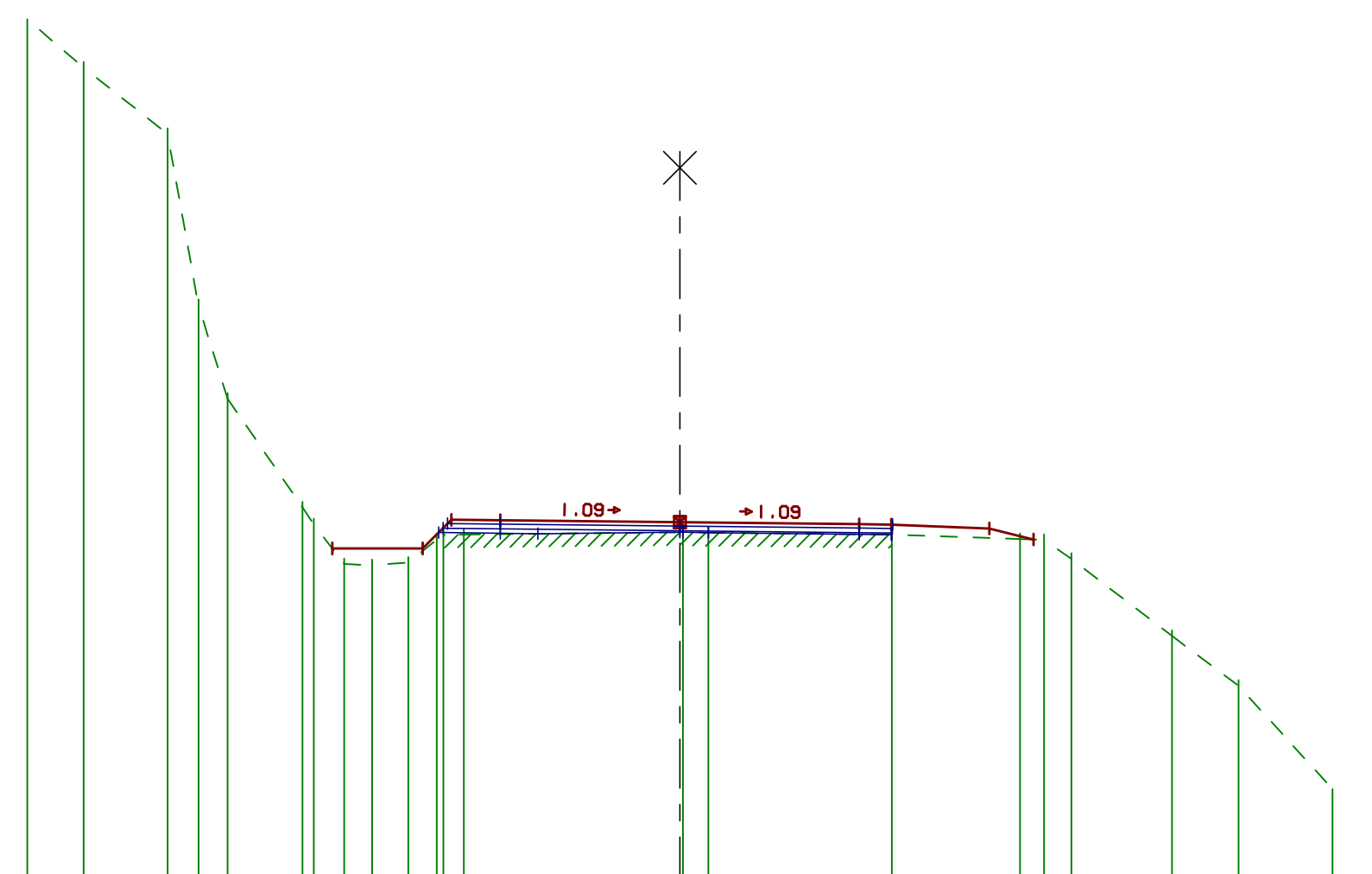
PROFIL 7

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 90.000
ZTN = 267.523
ZPRO = 267.677

ECHS = 1/100
ECHZ = 1/100
PC = 262.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES																						
	COTES	275.38	274.64	273.62	271.00	269.57	267.91	267.64	267.04	267.02	267.06	267.41	267.49	267.49	267.49	267.42	267.40	267.12	265.94	265.17	263.59		
PROJET	DISTANCES	-10.00	-9.13	-7.85	-7.38	-6.93	-5.78	-5.61	-5.14	-4.72	-4.16	-3.72	-3.62	-3.51	0.05	0.43	3.25	5.21	5.58	6.00	7.54	8.56	10.00
	COTES						267.28				267.28	267.72	267.71	267.71	267.68		267.65	267.64	267.58	267.41			
ASSISE											267.52	267.51	267.50	267.52	267.52	267.49	267.49	267.64					

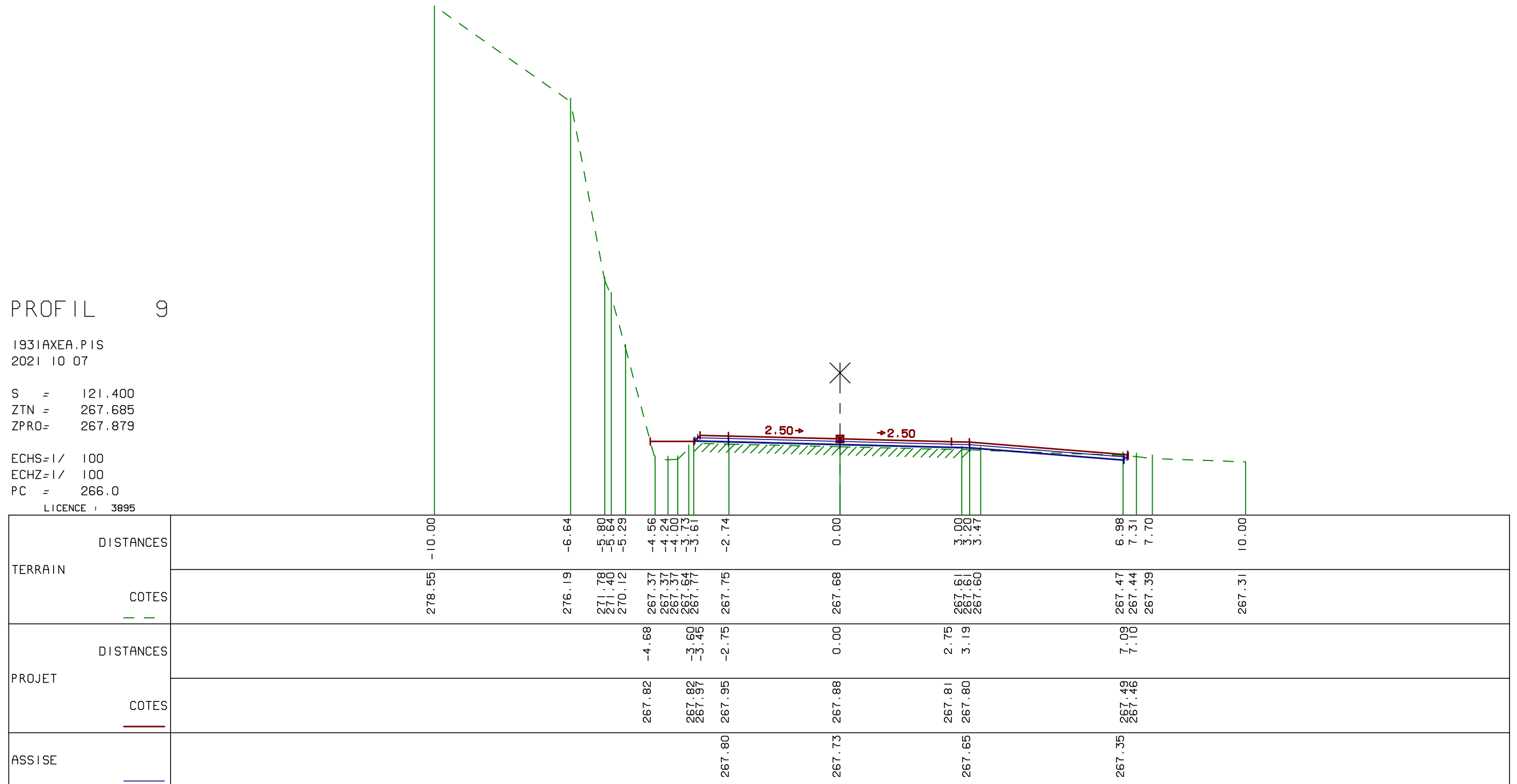
PROFIL 9

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 121.400
ZTN = 267.685
ZPRO = 267.879

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 266.0

LICENCE : 3895



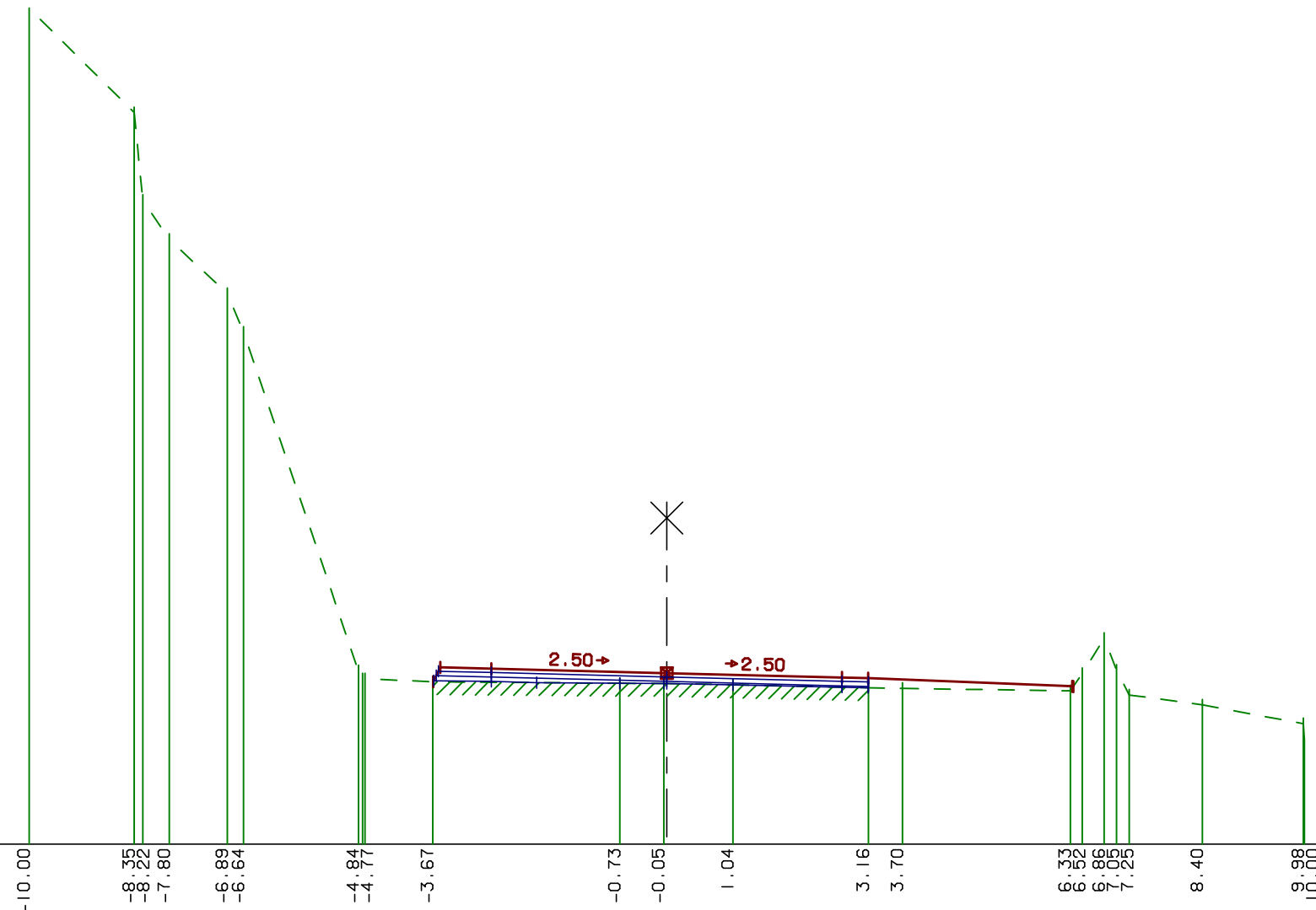
PROFIL 10

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 132.500
ZTN = 267.520
ZPRO = 267.682

ECHS = 1/100
ECHZ = 1/100
PC = 265.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES																		
	COTES	278.11	276.47	275.10	273.63	267.72	267.55	267.52	267.52	267.50	267.45	267.44	267.40	267.68	268.23	267.34	267.18	266.89	
	DISTANCES	-10.00	-8.35	-7.80	-6.89	-4.94	-3.67	-0.73	-0.05	1.04	3.16	3.70	6.33	6.52	6.86	7.25	8.40	9.98	10.00
	COTES		274.48	273.03	273.03	267.59	267.55	267.52	267.52	267.50	267.45	267.44	267.40	267.68	268.23	267.34	267.18	266.89	266.64
PROJET	DISTANCES						-3.66		0.00		2.75	3.16	6.36	6.37					
	COTES						267.55		267.68		267.61	267.60	267.48	267.47					
ASSISE							267.56		267.52		267.46	267.45							

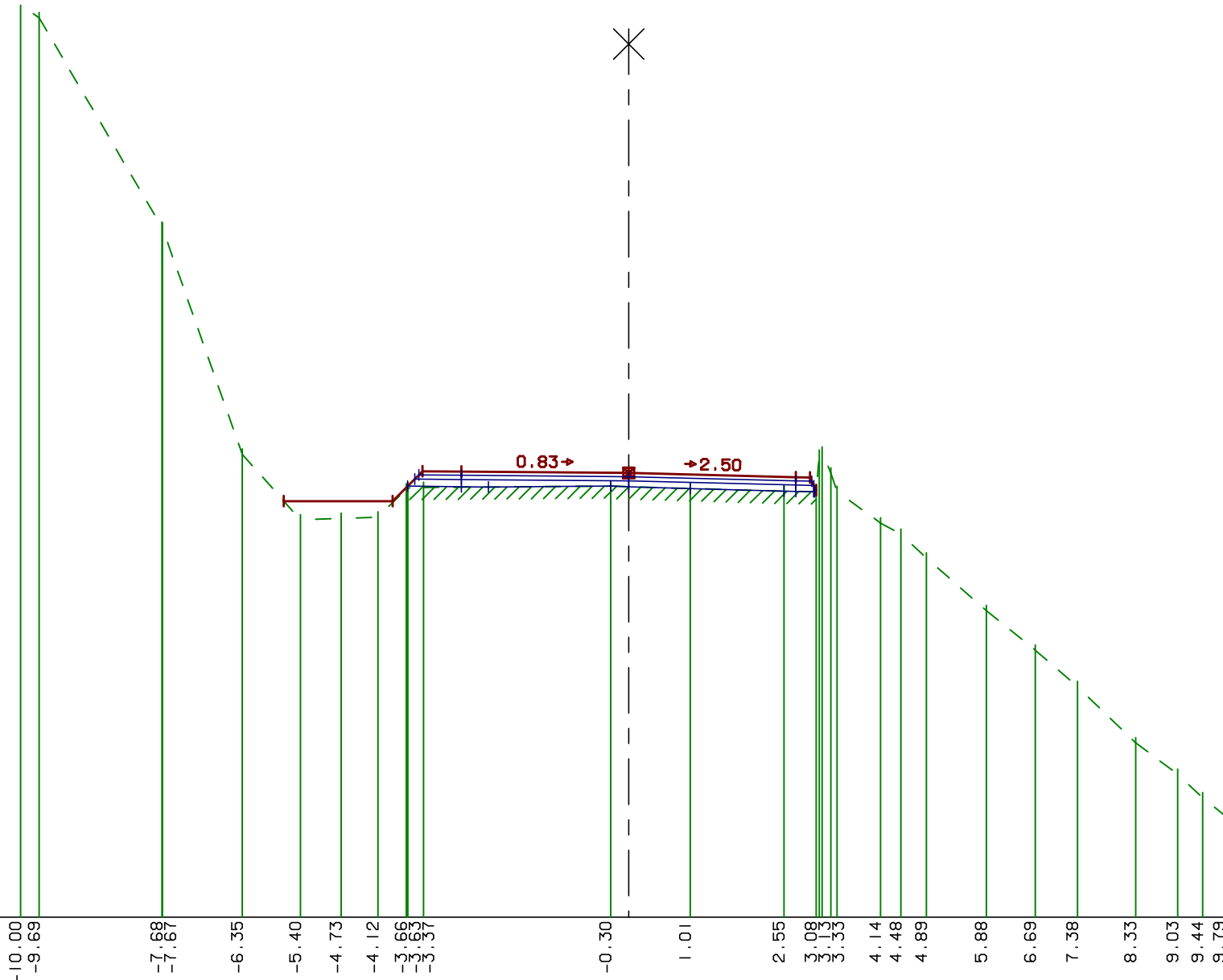
PROFIL 12

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 165.000
ZTN = 266.077
ZPRO = 266.301

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 259.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES	COTES	
		---	---
	-10.00	273.99	273.78
	-9.69		
	-7.68	270.34	270.33
	-7.67		
	-6.35	266.61	
	-5.40	265.53	
	-4.73	265.56	
	-4.12	265.58	
	-3.69	266.04	
	-3.63	266.06	
	-3.37	266.06	
	-0.30	266.09	
	1.01	266.05	
	2.55	266.00	
	3.09	265.99	
	3.33	266.30	
	4.14	265.48	
	4.48	265.29	
	4.89	264.90	
	5.88	264.04	
	6.69	263.39	
	7.38	262.79	
	8.33	261.87	
	9.03	261.35	
	9.44	260.96	
	9.79	260.68	
	10.00	260.52	
PROJET	DISTANCES	COTES	
		---	---
	-5.67	265.84	
	-3.88	265.84	
	-3.39	266.33	
	-2.75	266.32	
	0.00	266.30	
	2.75	266.23	
	3.08	266.22	
		266.02	
ASSISE	DISTANCES	COTES	
		---	---
		266.00	
		266.00	
		265.99	

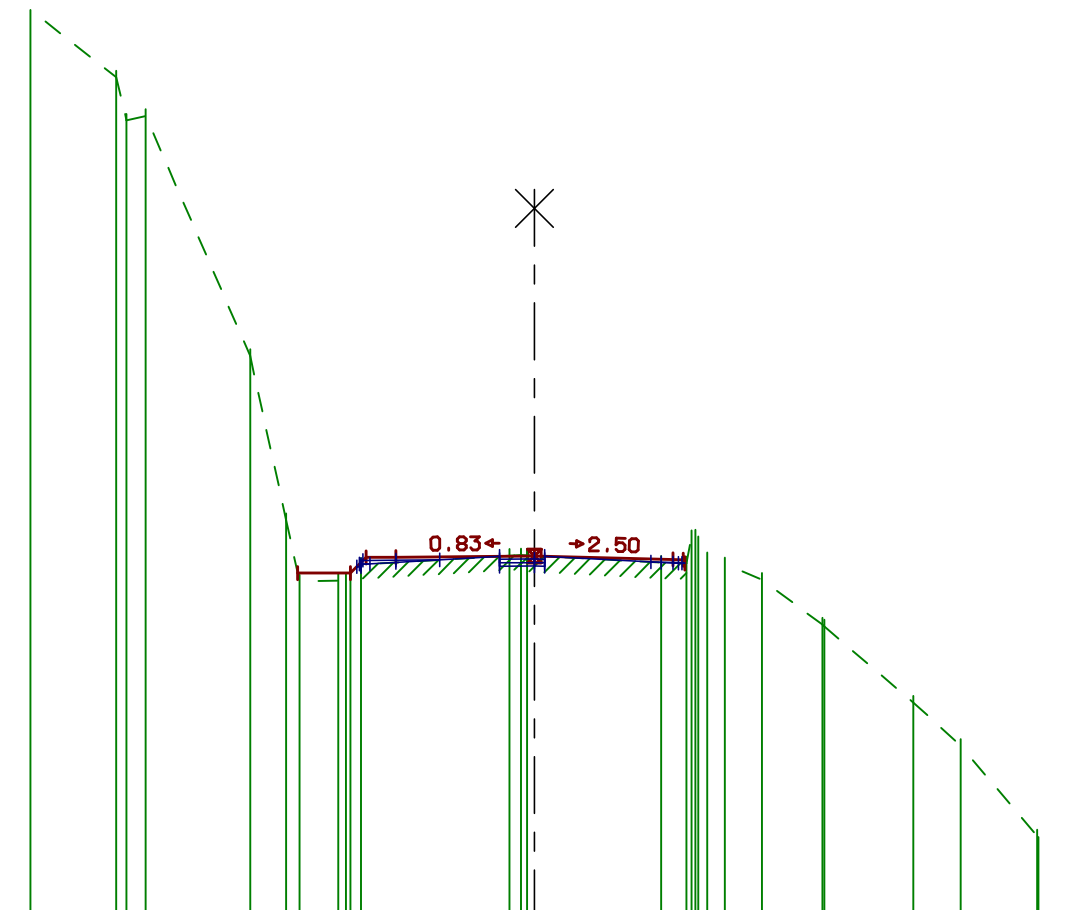
PROFIL 13

1931AXEA.P1S
2021 10 07

S = 180.000
ZTN = 265.265
ZPRO = 265.259

ECHS = 1/150
ECHZ = 1/150
PC = 258.0

LICENCE : 3895



TERRAIN	DISTANCES																	
	COTES	276.10	274.76	273.99	269.23	265.97	264.77	264.77	265.26	265.13	265.11	265.20	264.79	263.90	262.35	261.50	259.70	259.68
PROJET	DISTANCES					-4.70	-3.65	-3.34	0.00	2.75	2.99							
	COTES					264.92	264.92	265.23	265.26	265.19	265.11							
ASSISE							265.05	265.04	265.05	265.12	265.12							

CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET 8 - Cahier de détails

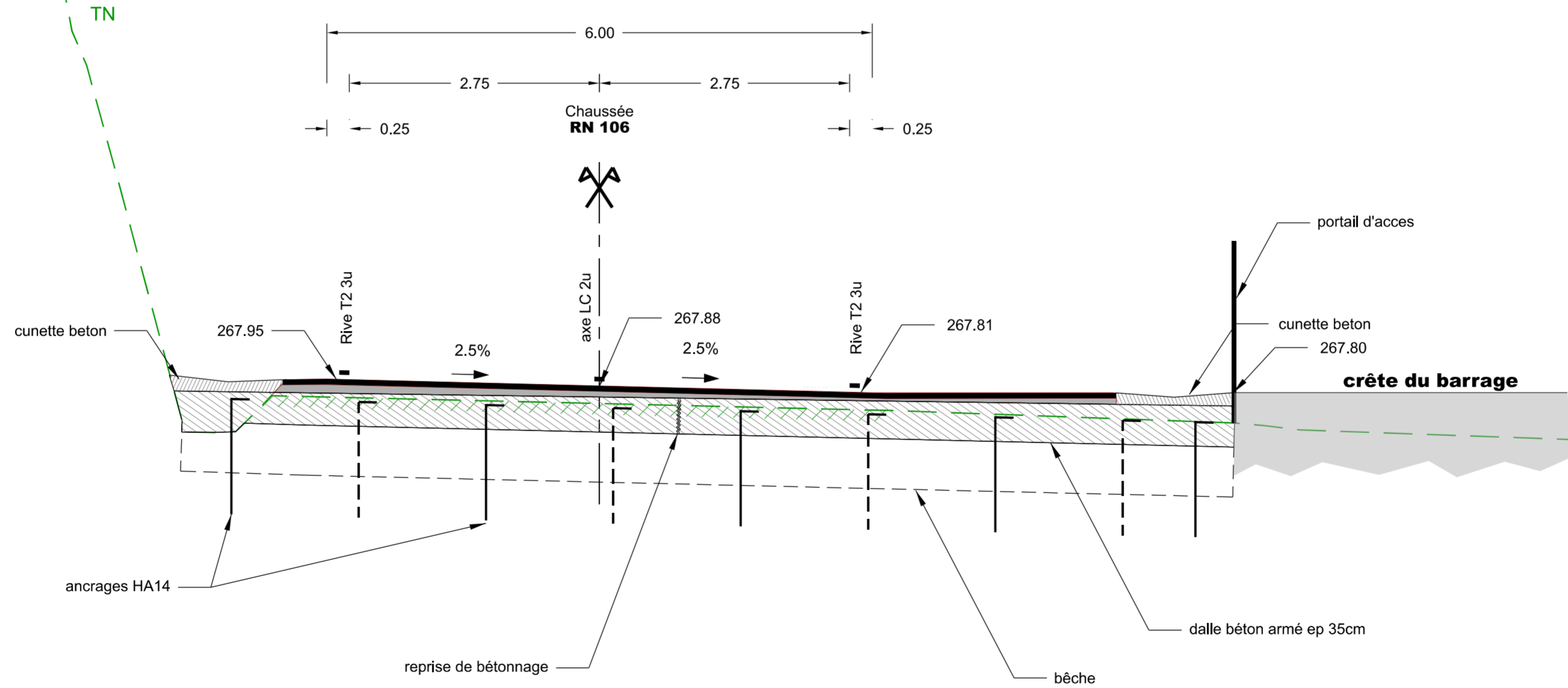
INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION	
FORMAT :	ISO A1				N° AFFAIRE	PHASE SECTION NUMÉRO INDICE
ÉCHELLE					19F148	PRO SCA 000 A
UNITÉ :	Mètres					

C

B

A

Profil au droit de la crête du barrage



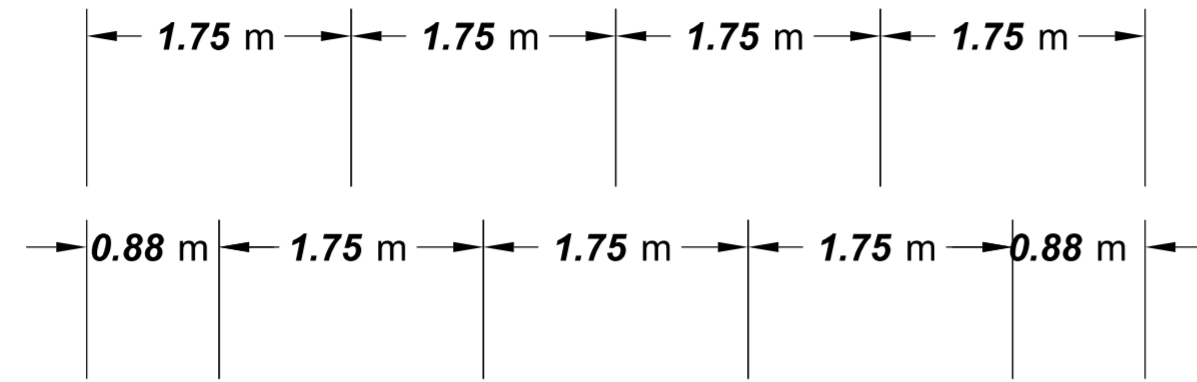
Echelle 1/50°

C

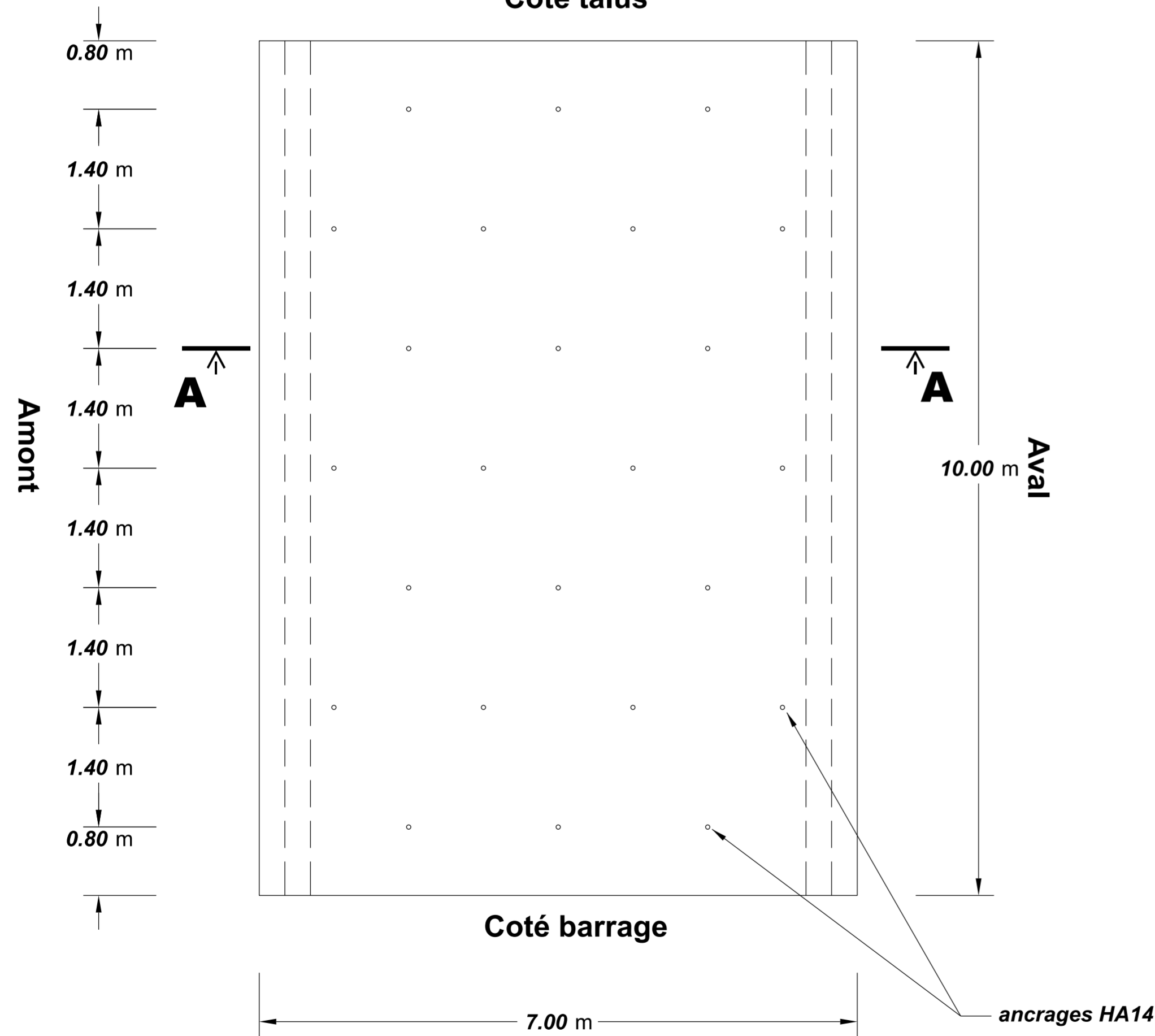
B

A

Vue en plan



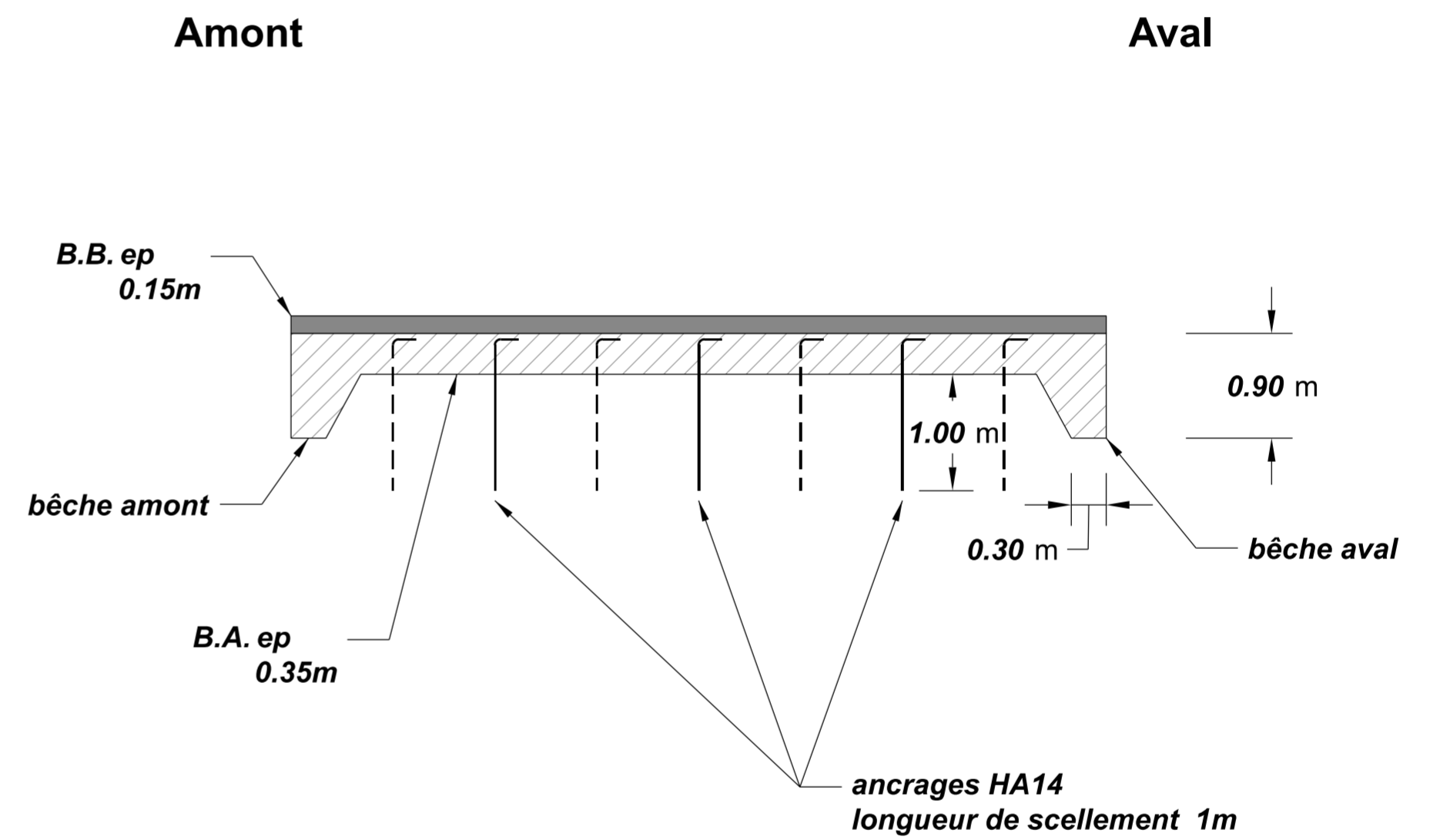
Côté talus



Côté barrage

ancrages HA14

Coupe AA



Amont

Aval

B.B. ep
0.15m

bêche amont

B.A. ep
0.35m

ancrages HA14
longueur de scellement 1m

0.90 m

1.00 m

0.30 m

bêche aval

Echelle : 1/50

CLIENT



CONSEIL
DEPARTEMENTAL
DU GARD



PROJET

MOE Sécurisation du complexe hydraulique formé par les barrages de Ste Cécile et des Cambous Surélévation de la RN106 au droit du barrage de Ste Cécile

EMETTEUR



ISL INGÉNIERIE
65 avenue Clément Ader
34170 CASTELNAU LE LEZ
FRANCE
Tel : (+33)04.67.54.51.88
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr



BRLi
1105 avenue Pierre Mendez France
BP 94 001
30 001 NIMES CEDEX 5
FRANCE



ZAC de la petite Camargue
352 chemin des Oliviers 34400 Lunel
tel. 04 67 99 53 24
email. : f.lahondes.mediae@free.fr

DOSSIER PROJET 9 - Estimation des travaux

INDICE	DATE	ÉTABLI	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	DESCRIPTION	STATUT			
-	15/10/2021	JMF	FL	OM	PREMIERE EMISSION				
FORMAT :	ISO A1	N° AFFAIRE				PHASE	SECTION	NUMÉRO	INDICE
ÉCHELLE		19F148				PRO	SCA	000	A
UNITÉ :	Mètres								