





AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE POUR LE COMPTE DU GAEC QUEYRADE

PROJET DE RETENUE COLLINAIRE
COMMUNE DE VILLEMUS (04)



AVANT PROJET DETAILLE (APD)

JUIN 2018

N° du Marché			
Indice	0	1	2
Date	20 juin 2018	25 septembre 2018	
Modification	<i>Version initiale soumise à la validation de la Chambre d'Agriculture 04</i>	<i>Prise en compte des remarques de la Chambre d'Agriculture 04</i>	
Rédigé par	<p>Teddy WINIGER Géologue - Géotechnicien Visa :</p> 	<p>Teddy WINIGER Géologue - Géotechnicien Visa :</p> 	
Vérifié par	<p>Christophe DELAUNAY Ingénieur Géologue – Géotechnicien Chef de Projet Visa :</p> 	<p>Christophe DELAUNAY Ingénieur Géologue – Géotechnicien Chef de Projet Visa :</p> 	

RESUME

Afin de diminuer les prélèvements d'eau agricole dans les cours d'eau en période d'étiage, un projet de retenue collinaire (objectif visé de 50 000 m³) a été étudié pour le compte du GAEC QUEYRADE, agriculteur, au lieu-dit la Basse Queyrade, sur la commune de VILLEMUS.

Des investigations topographiques et géotechniques ont été réalisées pour l'élaboration du projet.

Le site initialement pressenti, au Nord de la retenue existante de 3 700 m³, bien que géotechniquement compatible pour élaborer le projet, s'avère à l'issue des sondages, être partiellement occupé par une zone humide.

Plusieurs solutions d'évitement ont été recherchées :

- en agrandissant l'actuelle retenue au Sud et à l'Ouest (25 000 m³)
- en créant une nouvelle réserve sur une parcelle au Nord-Ouest de retenue, de l'autre côté de la route (25 000 m³).

En combinant ces deux alternatives, il était donc possible de stocker le volume souhaité. Cependant, la présence d'un substratum marno-sableux sur la seconde zone oblige à réaliser une retenue bâchée, en élévation avec une digue périphérique. Pour un stockage équivalent à celui de l'extension, son coût est 2,3 fois plus élevé.

Face à ce coût rédhibitoire, le propriétaire a choisi une option intermédiaire consistant à ne réaliser que l'extension de la retenue mais de façon optimisée. A cet effet, la digue actuelle sera déconstruite, reconstruite en décalage d'une dizaine de mètres vers le Nord et légèrement rehaussée.

Ainsi, le terrassement de 23 850 m³ de matériaux et la reconstruction d'une digue en remblais de 3 850 m³ permettra le stockage de 32 000 m³ d'eau pour un coût de l'ordre de 190 000 € HT.

Seul l'empiètement de quelques mètres carré de la nouvelle digue sur la zone humide devra faire l'objet d'une compensation par la création d'une nouvelle zone humide sur une autre parcelle.

SOMMAIRE

1	OBJET DE LA NOTE, DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	4
1.1	OBJET DE LA NOTE.....	4
1.2	DOCUMENTS DE REFERENCE.....	4
2	CONTEXTE DE L'ÉTUDE	5
2.1	CARACTÉRISTIQUES DU PROJET	5
2.2	CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE	7
2.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE	8
2.4	RISQUES IDENTIFIES.....	9
2.5	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET REGLEMENTAIRE	11
3	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	12
3.1	FOUILLES A LA PELLE MECANIQUE	12
3.2	ESSAIS DE LABORATOIRE	15
3.2.1	ESSAIS D'IDENTIFICATION.....	15
3.2.2	LES ESSAIS MECANQUES ET DE PERMEABILITE.....	16
3.3	SYNTHESE DES RECONNAISSANCES.....	17
4	ADAPTATION AU PROJET	18
4.1	PRINCIPES DIRECTEURS DU PROJET	18
4.2	EVOLUTION DU PROJET	18
4.3	CARACTERISTIQUES DU PROJET	21
4.3.1	CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES.....	21
4.3.2	CARACTERISTIQUES DE LA RESERVE.....	22
4.3.3	CARACTERISTIQUES DE LA DIGUE	23
4.4	METHODOLOGIE D'EXECUTION.....	25
4.4.1	TERRASSEMENT ET REEMPLOI DES MATERIAUX	25
4.4.2	FONDATION ET EXECUTION DE LA DIGUE	26
4.4.3	ETANCHEITE DE LA RETENUE	29
4.4.4	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	29
4.4.5	PHASAGE DES TRAVAUX	31
5	CALCULS JUSTIFICATIFS	32
5.1	SITUATIONS DE CALCULS.....	32
5.2	PARAMETRES DE MODELISATION DE LA STABILITE.....	33
5.2.1	PARAMETRES SISMIQUES	33
5.2.2	CARACTERISTIQUES DES SOLS	33
5.2.3	SURCHARGES.....	34
5.3	RESULTATS DES MODELISATIONS DE LA STABILITE	34
5.4	DIMENSIONNEMENT DE LA SURVERSE.....	35
6	ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX	36
	ANNEXES	37

ANNEXES

ANNEXE 1	CLASSIFICATION DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
ANNEXE 2	COMPTE-RENDU DES FOUILLES DE RECONNAISSANCE
ANNEXE 3	PROCÈS-VERBAUX DES ESSAIS DE LABORATOIRE
ANNEXE 4	PLAN TOPOGRAPHIQUE
ANNEXE 5	PLANS ET COUPES DU PROJET
ANNEXE 6	CALCULS DE STABILITÉ TALREN
ANNEXE 7	CALCULS DE LA SURVERSE
ANNEXE 8	COUPES DE PRINCIPE DE LA DIGUE

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Plan de localisation.....	6
Figure 2 : Vue aérienne de la zone – geoportail.fr	6
Figure 3 : Données altimétriques au droit de la réserve – geoportail.fr	7
Figure 4 : Profils altimétriques au droit de la réserve – geoportail.fr	8
Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50000ème du BRGM	9
Figure 6 : Extrait de la carte géologique Vecteur harmonisée au 1/50000ème du BRGM.....	9
Figure 7 : Extrait des cartes aléas – BRGM sur la commune de VILLEMUS (04)	10
Figure 8 : Plan d’implantation des fouilles à la pelle mécanique	12
Figure 9 : Emprise du projet initial (projet 1) et de la zone humide	18
Figure 10 : Emprise du projet 2	19
Figure 11 : Coupes du projet 2	20
Figure 12 : Vues 3D du projet 2 (évitement)	20
Figure 13 : la vidange actuelle côté aval et côté amont	22
Figure 14 : Coupes types de la digue	24
Figure 15 : Schéma de terrassement du fond de la retenue	26
Figure 16 : Tableaux de compactage pour des matériaux de classe GTR A2.....	28
Figure 17 : Compacteur V2 à bille lisse	28
Figure 18 : Phase de la pose des ouvrages traversants	30

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats des essais d’identification.....	16
Tableau 2 : Résultats des essais mécaniques et de perméabilité.....	16
Tableau 3 : Exemple de consignes de compactage issues du GTR	27
Tableau 4 : Coefficients partiels pour l’étude de la stabilité d’ensemble.....	32
Tableau 5 : Paramètres géotechniques des matériaux.....	34

1 OBJET DE LA NOTE, DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

1.1 OBJET DE LA NOTE

La présente note géotechnique de conception – phase Avant-Projet Détaillé, classée G2 AVP suivant la norme NF P 94-500 de Novembre 2013, est relative au projet d'extension d'une retenue à usage agricole au proche Est du lieu-dit « la Basse Queyrade », sur la commune de VILLEMUS, dans le département des Alpes de Haute-Provence (04).

Suite à l'étude de faisabilité réalisée par la SCP en 2016, 15 sites propices à la création de retenues collinaires ont été identifiés. Parmi ces 15 sites, situés dans le large secteur de Manosque, dans les Alpes de Haute Provence, 8 sites ont été retenus et seulement 5 nécessitent un approfondissement des connaissances vis-à-vis des contraintes techniques, financières et réglementaires. La SCP a donc obtenu le marché de réalisation des études géotechniques approfondies pour ces 5 projets.

Le présent rapport APD, relatif au projet d'extension de retenue collinaire du GAEC Queyrade, étudie plusieurs alternatives puis traite plus spécifiquement du projet validé par le propriétaire consistant à augmenter le volume de stockage de l'actuelle retenue pour passer de 3.700 m³ à 32 000 m³.

Cet APD sera amendé en fonction des contraintes environnementales édictées par les résultats d'études du Lot 2 du marché : le bureau d'étude REYNIER Environnement.

Les objectifs de cette étude, basée sur un levé topographique et bathymétrique du site, une analyse géologique, des reconnaissances à la pelle mécanique et des essais de laboratoire, sont :

- De définir le contexte géologique,
- De préciser les caractéristiques des sols et les paramètres géotechniques nécessaires au dimensionnement des ouvrages,
- D'énoncer les techniques d'exécution et les adaptations au site,
- De proposer une ou plusieurs solutions accompagnées d'une estimation financière,
- D'identifier les risques géologiques résiduels.

1.2 DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents de références sont :

- Les cartes topographiques IGN
- Les cartes géologiques du BRGM au 1/50000^{ème} et leurs notices

- Les données disponibles sur les sites brgm.fr et infoterre.fr
- Les plans de situation sur fond IGN et de position sur fond cadastral

Les documents produits, ayant contribué à l'élaboration de l'avant-projet sont :

- Le compte rendu des fouilles de reconnaissances réalisées à la pelle mécanique (Annexe 2)
- Les rapports d'essais du Laboratoire de Géotechnique et des Bétons (Annexe 3)
- Le plan topographique au 1/500^{ème} (Annexe 4)
- Les coupes de profils en long et en travers de la future retenue (Annexe 5).

Les calculs justificatifs ont été réalisés suivant les normes, règlements et recommandations en vigueur, selon l'ordre prioritaire suivant :

- *Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais – CFBR – version approuvée d'octobre 2015*
- *Petits Barrages – Recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi – Comité Français des Grands Barrages – CEMAGREFF - 1997*
- *Eurocodes, notamment l'Eurocode 7 – NF EN 1997-1 - Calculs géotechniques et l'Eurocode 8 - NF EN 1998-5 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes*
- *Fascicule n°62 – Titre V – règles Techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil*
- *Guide technique pour la réalisation des remblais et couches de forme – SETRA – LCPC, 2ème édition (Juillet 2000)*

2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1 CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

Dans le cadre de la diminution des prélèvements d'eau agricole dans les cours d'eau « le Largue » et le « Haut Calavon » et donc l'amélioration des débits d'étiages estivaux de ces cours d'eau, le projet consiste en l'agrandissement d'une retenue de stockage d'eau existante. Les prélèvements d'eau en période excédentaire hivernale permettront de collecter les volumes nécessaires pour assurer la période d'irrigation estivale sans aucun prélèvement dans les cours d'eau.

C'est dans cette optique que le GAEC QUEYRADE souhaite augmenter le volume d'eau stocké en étendant la retenue existante située au Nord de la commune de VILLEMUS, à toute proximité du lieu-dit « La Basse Queyrade ». Il s'agit d'une retenue d'eau artificielle de forme quasi-circulaire, créée par l'agriculteur afin de permettre l'irrigation de ses cultures lors de la saison estivale. Actuellement, le volume stocké est d'environ 3.700 m³. Le but du projet est

d'augmenter le volume d'eau stocké. En effet, les besoins en eau initialement estimés sont d'environ 50 000 m³.

La zone du projet est située à proximité du lieu-dit « La Basse Queyrade », en proche rive gauche du Ravin du Moulin. La topographie régionale est constituée par une plaine à faible pente bordée au Nord et au Sud par des reliefs. De nombreux petits cours d'eau ou ruisseaux de drainage sont présents dans cette plaine et de nombreuses petites réserves d'eau ont été construites sur leur cours ou en dérivation.



Figure 1 : Plan de localisation

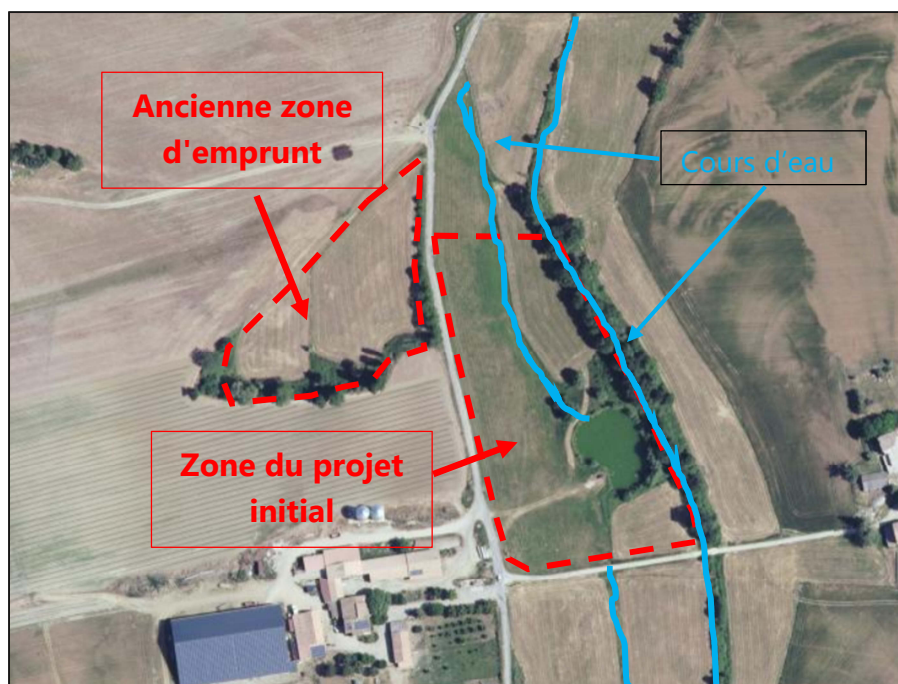


Figure 2 : Vue aérienne de la zone – geoportail.fr

La zone initialement pressentie est largement dédiée à l'activité agricole. L'actuelle retenue est entourée de champs et de prairies. Le Ravin du Moulin et un ruisseau temporaire (drain ?) s'écoulent à toute proximité de la retenue. Elle a d'ailleurs été créée en parallèle du ruisseau du Moulin et est alimentée par un caniveau collectant probablement des drains.

Une seconde parcelle correspondant une ancienne zone d'emprunt de matériaux pour la construction de la voie ferrée a été analysée. Elle est recouverte d'une prairie.

La parcelle concernée par le projet d'extension de retenue est numérotée 153 de la section cadastrale A. Les parcelles de la zone d'emprunt sont les n°154 et 389 - Section A.

Le projet, tel qu'il a été envisagé au stade initial consiste en :

- la déconstruction de la portion Nord de la digue actuelle,
- sa reconstruction selon les règles de l'art en décalage d'une centaine de mètres vers le Nord afin d'augmenter la surface de la retenue
- le creusement vers l'Ouest et le Sud de la retenue existante pour augmenter le volume de stockage.

En l'état actuel, le secteur est accessible depuis la route départementale n°4100.

2.2 CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

Le site de la retenue du GAEC QUEYRADE se situe au Nord de la commune de Villemus, à toute proximité du lieu-dit « La Basse Queyrade ». La zone présente une légère pente de l'Ouest vers l'Est et du Sud vers le Nord. Afin d'illustrer la topographie au droit du site, un profil a été réalisé à l'aide d'un outil cartographique :

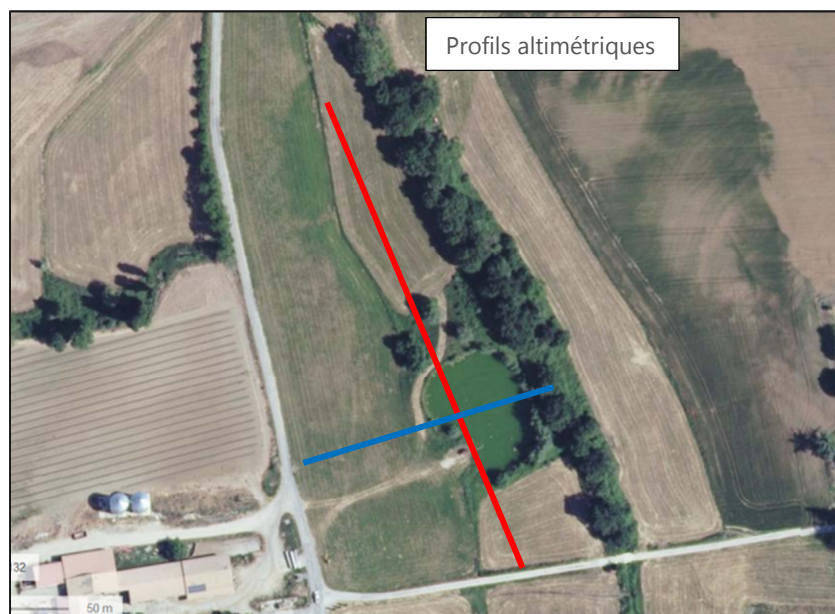


Figure 3 : Données altimétriques au droit de la réserve – geoportail.fr

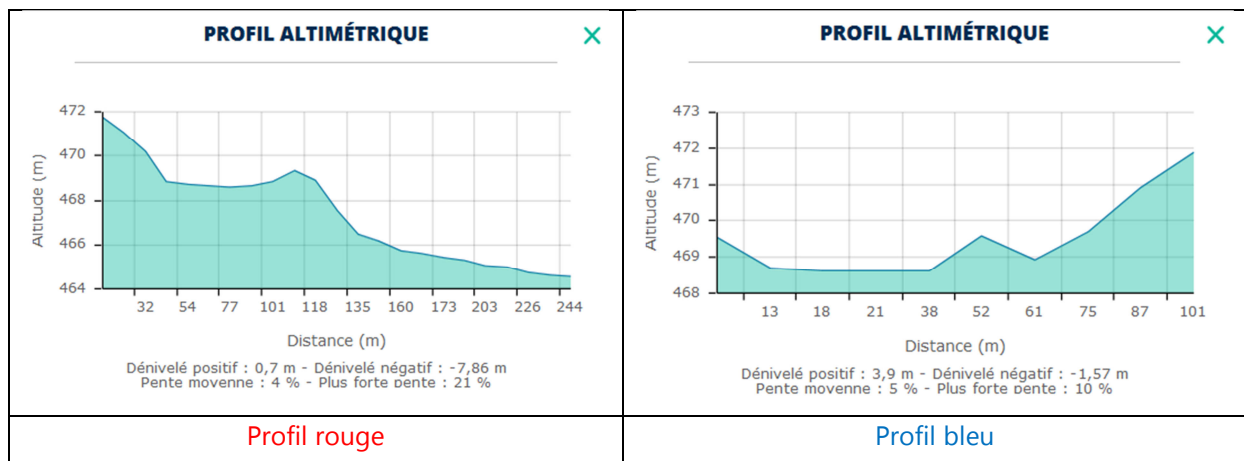


Figure 4 : Profils altimétriques au droit de la réserve – geoportail.fr

Les profils altimétriques de la zone illustrent bien le contexte topographique, à savoir la présence d'une petite dépression qui a été utilisée pour la création de la retenue existante. Le contexte topographique est particulièrement bien adapté à l'agrandissement de la retenue. Il convient toutefois de rester vigilant vis-à-vis de ces informations issues de données cartographiques possédant de grandes imprécisions.

Le levé topographique de détail réalisé par la SCP pour cette étude a permis dresser un plan au 1/500^{ème} qui a été utilisé pour tracer des coupes et modéliser les volumes de stockage et de terrassement.

Concernant l'alimentation en eau de la retenue en période hivernale, elle se fait actuellement par le caniveau de collecte de drains et par une prise sur le ruisseau.

Il n'est pas envisagé, à ce stade, d'autres moyens de collecte d'eau.

2.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE

La carte géologique au 1/50000^{ème} de REILLANNE – Feuille n°968 éditée par le BRGM rapportée ci-après et consultable sur le site infoterre.brgm.fr, indique que le secteur du projet se développe sur une formation de sables plus ou moins marneux ou molassiques d'âge miocène et noté m2 (Helvétien). La puissance de cette formation est de 200 à 350 m.

De plus, les reliefs présents au Nord et au Sud de la plaine dans laquelle s'inscrit le site laissent apparaître des bancs de molasses indurées appartenant aux formations Miocènes notées m1.

D'un point de vue structural, la zone semble être comprise dans un vaste synclinal.

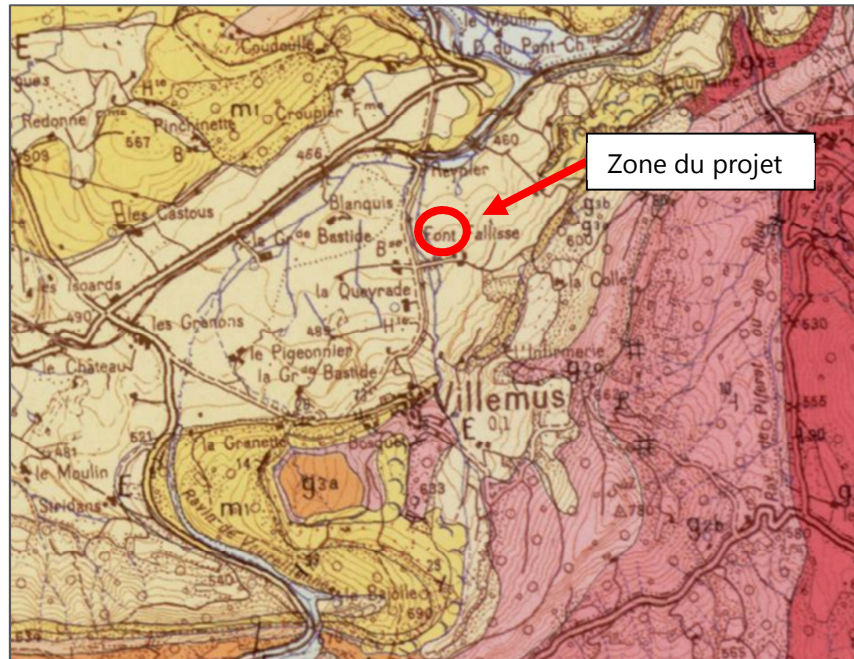


Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50000ème du BRGM

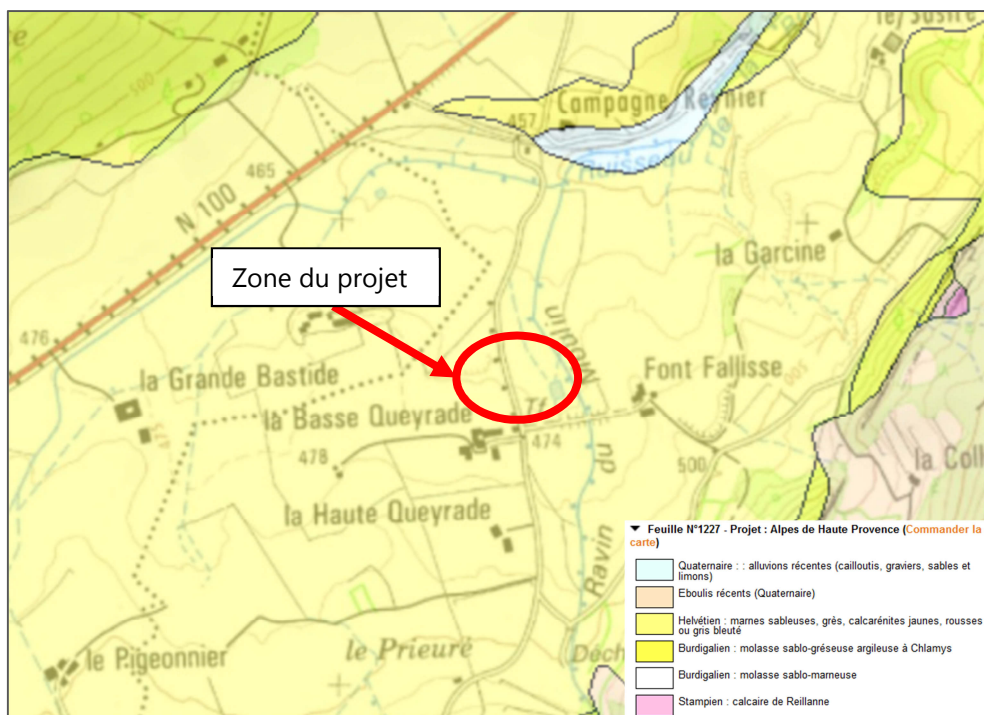


Figure 6 : Extrait de la carte géologique Vecteur harmonisée au 1/50000ème du BRGM

2.4 RISQUES IDENTIFIES

Les risques naturels recensés sur la commune de VILLEMUS (04), détaillés sur www.georisques.gouv.fr, infoterre.brgm.fr, sont :

Désignation du risque	Remarques relatives à la parcelle suivant la classification du BRGM
Inondation	Aléa fort
Retrait-gonflement des argiles	Aléa moyen (niveau 3 sur 4)
Mouvement de terrain	Tassements différentiels ; éboulement, chute de pierres et blocs ; glissement de terrain ; Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines.
Séisme : zone 4	A prendre en compte, en fonction de la réglementation, dans le dimensionnement de l'ouvrage.

D'autres aléas non naturels, n'entrant pas en compte dans le cadre de l'étude géotechnique, sont présents sur la commune. Il s'agit notamment des risques « feu de forêt » et « transport de marchandises dangereuses » qu'il conviendra, si besoin est, de considérer dans l'élaboration du projet.

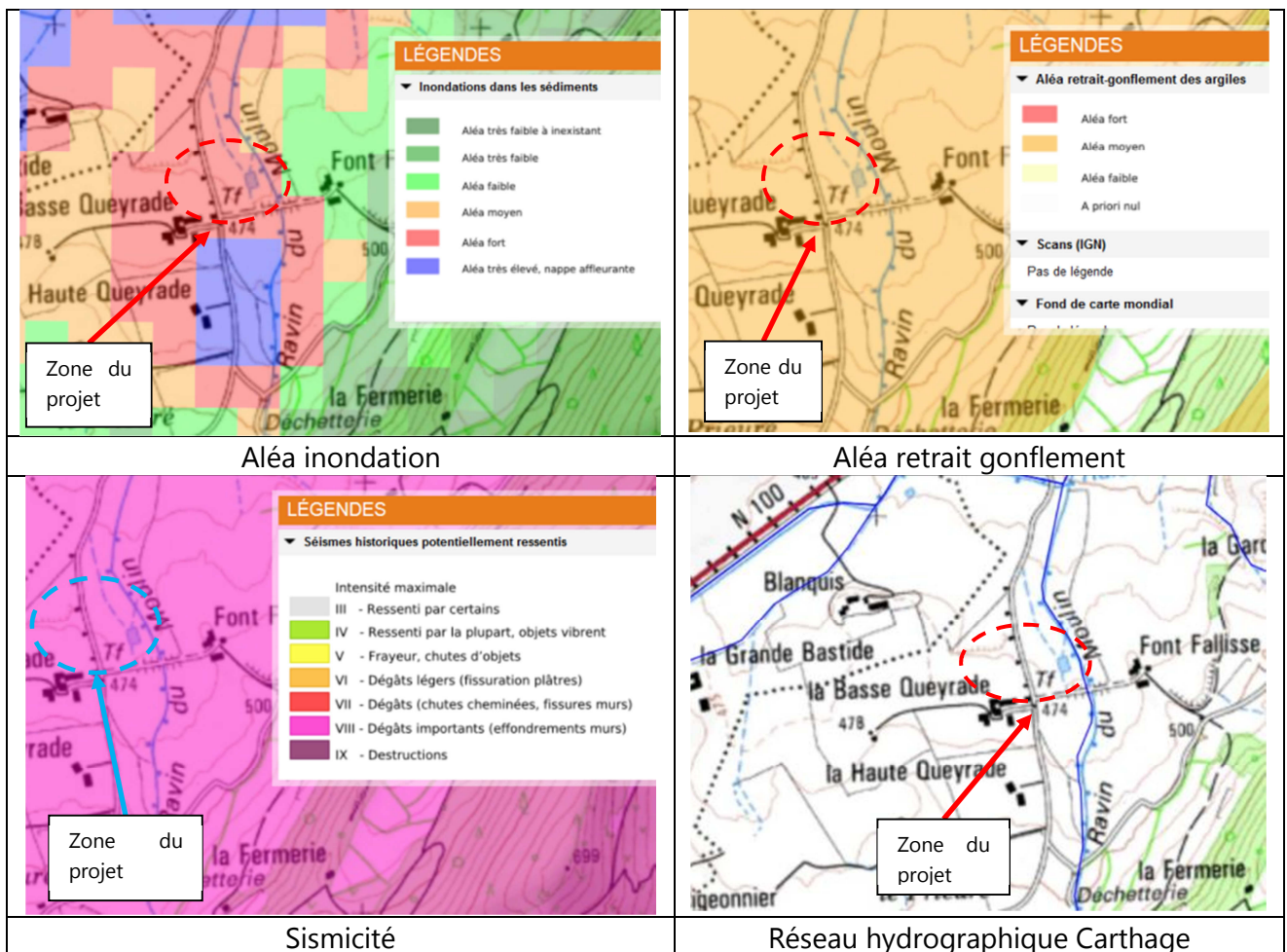


Figure 7 : Extrait des cartes aléas – BRGM sur la commune de VILLEMUS (04)

Il est par ailleurs opportun de consulter le DDRM (Dossier Départemental sur les Risques Majeurs) afin d'appréhender les contraintes liées aux risques naturels ou anthropologiques identifiés, nécessitant la prise en compte pour tout projet de construction.

D'autre part, le site infoterre.brgm.fr, indique que la zone étudiée est incluse dans le périmètre du Parc Naturel du Lubéron.

2.5 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET REGLEMENTAIRE

Le contexte environnemental et réglementaire est détaillé dans le rapport du bureau d'études *REYNIER Environnement* auquel on se réfèrera.

Il est toutefois indiqué sur le site infoterre.brgm.fr que la zone étudiée :

- est totalement incluse dans le périmètre du Parc Naturel du Lubéron,
- est hors site Natura 2000 – Directive Habitats ou Oiseaux,
- est hors ZNIEFF type I ou type II.

3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Les reconnaissances ont consisté en la réalisation :

- D'un levé topographique et bathymétrique fourni en annexe.
- De 13 fouilles de reconnaissances à la pelle mécanique (F1 à F8 dans un premier temps puis F39 à F42 dans un second temps) avec prélèvements d'échantillons.
- D'un programme d'essais de laboratoire sur les échantillons prélevés.



Figure 8 : Plan d'implantation des fouilles à la pelle mécanique

Les fouilles réalisées ont eu un double intérêt :

- Déterminer les formations géologiques en place au droit du projet d'extension et de la solution d'évitement ;
- Déterminer la présence d'une zone humide grâce au relevé des traces d'hydromorphie sur les sols excavés.

3.1 FOUILLES A LA PELLE MECANIQUE

Treize fouilles de reconnaissances à la pelle mécanique ont été effectuées les 14/02/2018 et le 24/04/2018, sur l'emprise des projets. Sept d'entre elles ont été menées autour de l'actuelle retenue. Les six autres ont été réalisées au droit de l'ancienne zone d'emprunt.

Elles ont donné lieu à l'établissement de coupes lithologiques détaillées fournies en annexes et à des prélèvements d'échantillons, transmis au laboratoire de géotechnique et des bétons de la SCP pour analyse.

On notera la présence, pour l'ensemble des fouilles, d'un horizon de terre végétale d'une épaisseur comprise entre 10 et 40 cm non notifié dans les descriptions ci-après.

Enfin, les échantillons prélevés sont identifiés en caractères gras dans les coupes lithologiques suivantes.

Fouille F1 (côté réserve) :

- De 0,00 à 1,70 m : limon à concrétions carbonatées
- De 1,70 à 2,80 m : limon argileux à colluvions avec quelques cailloutis (**F1 à 2,40 m**)
- De 2,80 à 3,20 m : argile bariolée (**F1 à 3,10 m**)
- A 3,20 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F2 (côté réserve) :

- De 0,00 à 1,10 m : limon
- De 1,10 à 2,50 m : argile bariolée présentant un horizon graveleux entre 1,40 et 1,60 m de profondeur
- A 2,50 m : arrêt de la fouille suite à l'instabilité des parois.

Fouille F3 (côté réserve) :

- De 0,00 à 1,60 m : limon argileux (**F3 à 1,30 m**)
- De 1,60 à 2,30 m : limon argileux à passées graveleuses
- De 2,30 à 3,10 m : argile à coquilles d'escargots et petits graviers
- A 3,10 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F4 (côté réserve) :

- De 0,00 à 0,70 m : limon
- De 0,70 à 1,60 m : limon caillouteux (roulé)
- De 1,60 à 2,30 m : limon argileux à graviers et quelques blocs (**F4 à 2,00 m**)
- A 2,30 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F5 (côté réserve) :

- De 0,00 à 0,80 m : limon à concrétions carbonatées
- De 0,80 à 1,50 m : limon bariolé à coquilles d'escargots et graviers
- De 1,50 à 2,00 m : limon à concrétions carbonatées (**F5 à 1,90 m**)
- De 2,00 à 2,70 m : sable grossier puis alternance de sable fin et argileux à concrétions carbonatées
- A 2,70 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F6 (côté réserve) :

- De 0,00 à 0,70 m : limon
- De 0,70 à 1,50 m : limon bariolé
- De 1,50 à 2,30 m : limon bariolé à passées sableuses (**F6 à 2,00 m**)
- De 2,30 à 3,20 m : alternance de limon sableux et argileux à concrétions carbonatées (**F6 à 2,50 m**)
- A 3,20 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F7 (côté réserve) :

- De 0,00 à 1,40 m : grave à matrice sablo-limoneuse (Dmax=250 mm)
- De 1,40 à 1,80 m : transition de limon sablo-argileux
- De 1,80 à 2,30 m : limon vasard
- De 2,30 à 2,70 m : sable limoneux à passées graveleuses
- De 2,70 à 3,00 m : limon argileux avec matière organique et concrétions carbonatées
- A 3,00 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F8 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 1,70 m : limon sableux fin à concrétions carbonatées puis marne sableuse
- A 1,70 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F9 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 1,40 m : limon sableux fin à concrétions carbonatées puis marne sableuse
- A 1,40 m : arrêt volontaire de la fouille.

Fouille F39 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 1,20 m : sable limoneux
- De 1,20 à 2,15 m : marne sableuse en plaquettes
- A 2,15 m : arrêt de la fouille par refus de l'engin

Fouille F40 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 2,20 m : limon
- De 2,20 à 2,50 m : marne sableuse en plaquettes
- A 2,15 m : arrêt de la fouille par refus de l'engin

Fouille F41 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 2,20 m : limon
- De 2,20 à 2,40 m : marne sableuse en plaquettes
- A 2,40 m : arrêt de la fouille par refus de l'engin

Fouille F42 (côté ancienne zone d'emprunt) :

- De 0,00 à 0,50 m : limon sableux
- A 0,50 m : arrêt de la fouille par refus de l'engin sur la marne sableuse.

On notera que la limite de rippabilité^(*) a été atteinte uniquement sur les fouilles F39 à F42, situées au droit de l'ancienne zone d'emprunt. Pour les autres, elles ont été arrêtées soit suite une importante venue d'eau, soit à la limite de portée de la mini pelle ou du tractopelle, soit suite à l'instabilité des parois.

(*) : Limite de rippabilité = niveau à partir duquel la structure du terrain ne peut plus être désorganisée par les dents du godet de la pelle mécanique. Cette limite est variable en fonction de la puissance de l'engin de terrassement

Les fouilles F4, F8, F9, F39 et F42 n'ont pas rencontré d'arrivée d'eau. Sur les autres fouilles, le tableau suivant synthétise les profondeurs d'apparition de ces venues d'eau :

Fouille	Retenue existante						Zone d'emprunt	
	F1	F2	F3	F5	F6	F7	F40	F41
Profondeur de la 1 ^{ère} venue d'eau	2,50	1,40	2,70	2,10	1,50	0,90	0,90	2,40

Il apparaît que pour les 2 sites investigués, des circulations d'eau apparaissent à moyenne profondeur, à la faveur de faciès plus drainants comme les passées sableuses. Dans certaines fouilles des arrivées plus importantes se sont produites vers 2,50 m de profondeur. Rappelons toutefois que les reconnaissances ont eu lieu après des périodes de fortes pluies, sur des sols gorgés d'eau.

La présence de ces circulations d'eau est à prendre en compte dans l'élaboration du projet.

3.2 ESSAIS DE LABORATOIRE

3.2.1 ESSAIS D'IDENTIFICATION

Le tableau ci-après récapitule les résultats des essais d'identification menés sur les échantillons prélevés lors de la campagne de reconnaissance à la pelle mécanique.

Echantillon	Nature	Wnat (%)	<50mm (%)	<2mm (%)	<80µm (%)	V.B.S.	GTR
F1 à 2,40m	Limon argileux avec quelques cailloutis	22.9	100	77.0	56.4	2.64	A₂
F3 à 1,30 m	Limon argileux	23.4	100	99.3	84.4	2.77	A₂
F4 à 2,00 m	Limon argileux	22.9	100	89.7	62.5	2.86	A₂
F5 à 1,90 m	Limon	30.8	96.7	90.8	78.8	1.93	A₁
F6 à 2,00 m	Limon bariolé	25.5	100	97.3	72.8	2.77	A₂

Tableau 1 : Résultats des essais d'identification

Les essais réalisés sur les échantillons indiquent deux classes de sol différentes : A1 et A2. Pour différencier ces deux matériaux, il convient de s'attarder sur la valeur de VBS. Si elle est supérieure à 2,50, le matériau est classé A2 alors que si elle est inférieure, il est classé A1.

Pour le matériau de la fouille F5, unique représentant A1, la VBS de la matrice est proche de cette limite. Même si le sol est classé A1, son comportement sera considéré comme celui d'un matériau A2.

Ainsi, il sera considéré que l'ensemble des matériaux prélevés et analysés au droit du projet du GAEC QUEYRADE correspondent à des matériaux A2.

Compte-tenu de ces éléments, les matériaux issus des déblais de la zone pourront être utilisés pour l'édification de la nouvelle digue à condition de valider la procédure précise de mise en œuvre.

3.2.2 LES ESSAIS MECANIQUES ET DE PERMEABILITE

Dans le tableau ci-après sont reportés les résultats des essais relatifs à la détermination des caractéristiques mécaniques :

Echantillon	Nature	Wnaturelle (%)	Wopn (%)	γdopn (t/m ³)	Ks (m/s)	Gonflement (%)	GTR
F1 à 2,40 m	Limon argileux	22.9	13.9	1.83	/	/	A₂
F3 à 2,80 m	Argile	30.9	/	/	1,78.10 ⁻⁷	/	
F6 à 2,00 m	Limon bariolé	25.5	16.1	1.75	/	/	A₂
F6 à 2,00 m	Limon bariolé	15.9	/	/	9.18.10 ⁻⁷	3.4	A₂

Tableau 2 : Résultats des essais mécaniques et de perméabilité

Les essais mécaniques ont été réalisés sur des matériaux les plus représentatifs de l'ensemble du site.

Pour les matériaux les plus représentés (limons et limons argileux avec quelques passées sableuses ou graveleuses), les essais indiquent des perméabilités (ks) mesurées à l'œdomètre de l'ordre de $5,5 \cdot 10^{-7}$ m/s, ce qui se traduit, en tenant compte du facteur d'échelle 10 propre à ce type d'essais, à des valeurs en remblais voisines de $5 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Une fois compacté à 95% de l'OPN, la perméabilité du matériau sera nettement plus faible et devrait être de l'ordre de $1 \cdot 10^{-7}$ m/s ce qui le rend compatible pour la constitution de la digue étanche.

Les 2 essais Proctor, effectués sur un limon argileux et un limon sont caractéristiques des matériaux A2. Les plages de teneur en eau OPN varient de 14 à 16% pour des densités sèches OPN de 1,75 à 1,83 t/m³.

A l'état naturel, les teneurs en eau oscillent entre 23 et 31% ce qui nécessitera impérativement une étape de séchage du matériau excavé avant d'être remis en œuvre pour la constitution de la nouvelle digue.

3.3 SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES

Les sondages à la pelle mécanique couplés aux essais de laboratoire mettent en évidence une certaine homogénéité des formations géologiques rencontrées en fonction des 2 zones investiguées.

En effet, autour de la retenue actuelle, les formations rencontrées sont constituées de limons plus ou moins argileux avec quelques passées sableuses ou graveleuses.

Sur l'ancienne zone d'emprunt, à l'Ouest de la route, les limons sont plus sableux en surface et le substratum marno-sableux est atteint en fond de fouille (refus de l'engin).

Des arrivées d'eau ont été constatées lors du creusement des fouilles du côté de la réserve actuelle mais aussi au droit de l'ancienne zone d'emprunt. Les profondeurs très variables de ces arrivées semblent indiquer qu'il s'agit de circulations erratiques à la faveur de faciès plus drainants de type limons sableux ou graves. La présence de cette eau sera prise en compte pour l'établissement définitif du projet d'extension.

En accord avec ces résultats, les essais réalisés en laboratoire indiquent que les sols testés du côté de la réserve actuelle appartiennent tous aux sols de type A₂ (ponctuellement A₁) dont la perméabilité est assez faible pour assurer la fonction de rétention de l'eau stockée.

Côté ancienne zone d'emprunt, les sols sont plus sableux (probablement de classe B5 ou B6). Si une digue est édifée avec ce type de matériaux, la mise en place d'une étanchéité par membrane sera nécessaire.

4 ADAPTATION AU PROJET

4.1 PRINCIPES DIRECTEURS DU PROJET

Le projet ou les variantes étudiées, tels que détaillés dans les paragraphes suivants, ont été élaborés sur la base :

- Des besoins de l'exploitation agricole (en terme de volume, de positionnement, d'équipements, ...) exprimés par l'intermédiaire de la chambre d'Agriculture des Alpes de Haute-Provence,
- Des levés topographiques et des reconnaissances géotechniques effectuées par nos soins,
- Des contraintes environnementales et réglementaires déterminées par le bureau d'études REYNIER Environnement,
- Des remarques émises par les membres du comité de pilotage (Chambre d'Agriculture 04, DDT 04, PNR du Luberon, Conseil Départemental 04, Agence de l'eau, ...).

4.2 EVOLUTION DU PROJET

Suite aux premières fouilles réalisées (F1 à F7) autour de la retenue existante, il a été mis en évidence qu'une partie de cette zone initialement pressentie est une zone humide.

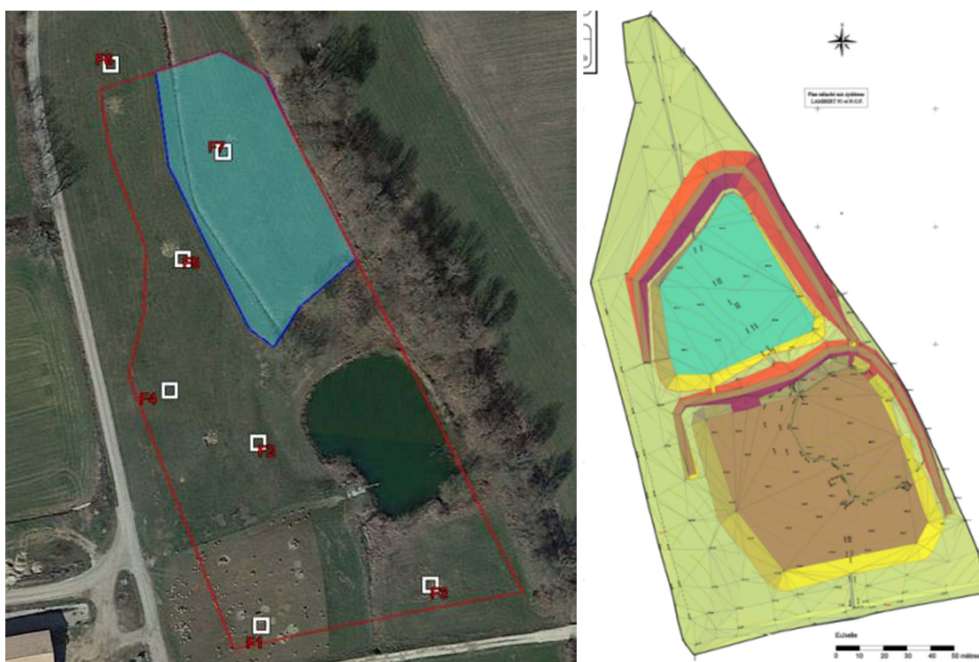


Figure 9 : Emprise du projet initial (projet 1) et de la zone humide

Remarque : l'emprise précise de la zone humide est déterminée dans le rapport de REYNIER Environnement auquel il est nécessaire de se référer pour cet aspect. L'emprise dessinée sur la figure 9 est purement estimative et indicative.

Il avait été initialement évoqué plusieurs pistes pour atteindre cet objectif de 50 000 m³ sur cette unique parcelle :

- Extension de la retenue existante au Sud et à l'Ouest (25 000 m³) + création d'une nouvelle digue et d'une nouvelle retenue au Nord (16 000 m³) afin de disposer de 2 retenues en "cascade" d'une capacité totale de 41 000 m³.
- Déconstruction de la digue existante et création d'une nouvelle digue au Nord pour constituer une seule grande réserve (environ 50 000 m³).

De fait, ce projet de création d'une retenue au nord de la réserve existante s'avère trop impactant pour être poursuivi en l'état.

Une seconde alternative d'évitement (projet 2) a été recherchée sur la parcelle à l'Ouest de la route, au droit de l'ancienne zone d'emprunt de matériaux destinés à la construction de la voie ferrée (fin du XIX^{ème} siècle). Cette parcelle présente l'avantage de former une dépression par rapport aux terrains environnants. Elle est occupée par une prairie. Les sondages (F8-F9 et F40 à F42) mettent en évidence des formations sableuses reposant sur un substratum marno-sableux compact nécessitant certainement la mise en place d'une étanchéité par membrane.

Cette variante d'évitement consistant à un creusement et la création d'une digue sur 3 cotés permet le stockage de 25 000 m³. L'étanchéité de la retenue est assurée par une géomembrane. Les volumes de déblais sont de 10 000 m³. La digue est constituée de 15 800 m³ de remblais et la surface de la géomembrane est de 9 100 m². Ainsi, le coût total de cette variante s'élève à 415 k€ (soit 16,74 € le m³ stocké).



Figure 10 : Emprise du projet 2

En combinant l'extension Sud et Ouest de la retenue existante (25 000 m³) et la création de la retenue bâchée sur l'ancienne zone d'emprunt (25 000 m³), le stockage pourrait atteindre 50 000 m³ pour un montant total de l'ordre de 170 + 415 = 585 k€.

Ces diverses solutions ont été présentées lors du second comité de pilotage.

En raison notamment de son coût trop élevé, des incertitudes sur la possibilité de remplissage gravitaire à partir de la même ressource, de la nécessité de multiplier les points de prises pour l'arrosage, ... , le propriétaire ne souhaite pas y donner suite.

Il opte pour une extension optimisée de la réserve existante avec un objectif de stockage de 30 000 m³. Etant limité par la profondeur de creusement, cette alternative nécessite de déconstruire la digue existante, de la décaler d'une dizaine de mètres vers le Nord et de la rehausser. L'empiètement de quelques mètres carré de la nouvelle digue sur la zone humide devra faire l'objet d'une compensation par la création d'une nouvelle zone humide sur une autre parcelle.

C'est ce projet optimisé (projet 3) qui est détaillé par la suite.

4.3 CARACTERISTIQUES DU PROJET

4.3.1 CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

- Emprise du projet (digue + retenue) : 11 500 m²
- Surface du plan d'eau à la cote de déversement : 8 700 m²
- Cote de la crête du barrage : 470,50 NGF
- Cote de déversement = cote normale des eaux : 470,00 NGF
- Revanche = 0,50 m
- Volume d'eau stocké à la cote de déversement : 32 000 m³
- Hauteur maximale de la digue / TN : 4,80 m
- Rapport $H^2 / V^{0.5} = 4,1$ m
- Classe du barrage : hors classe selon le décret 2015-526 du 12 mai 2015
- Cote du fond : variable de 465,50 à 467,00 NGF
- Volume de déblais : 23 850 m³
- Volume de remblais : 3 850 m³
- Volume de déblais à évacuer : 20 000 m³
- Longueur de la digue à reconstruire : 120 m + 70 m à rehausser de 20 à 70 cm
- Largeur de la crête de digue : 5 m pour la partie reconstruite et 1,80 m pour la partie rehaussée
- Pente du talus amont de la digue : 2H/1V (soit 27°/horizontale)
- Pente du talus aval de la digue : 4H/1V (soit 14°/horizontale)
- Pentés des talus de la retenue \approx 3H/2V (soit 34°/horizontale) \approx identique à l'état actuel

4.3.2 CARACTERISTIQUES DE LA RESERVE

La cuvette de retenue derrière la digue est en partie existante. Elle sera agrandie par creusement du terrain. Les parois seront taillées avec une pente de l'ordre de 3H/2V, globalement identique à celles de la retenue actuelle.

L'alimentation de la réserve se fera gravitairement par prélèvement dans la ressource superficielle. A cet effet, le caniveau de collecte des drains et de captage des sources, alimentant l'actuelle réserve, sera détourné vers le ruisseau du Moulin. Un captage sera créé dans le ruisseau, en aval de ce rejet afin de ne collecter que le volume autorisé. Un dispositif de comptage sera installé au niveau de la canalisation d'alimentation de la réserve.

L'étanchéité de la réserve, y compris celle de la digue, sera obtenue par le compactage des matériaux limono-argileux présents sur le site. Lors de l'excavation, les matériaux les plus argileux seront provisoirement stockés et seront remis en place sur le fond et compactés pour améliorer l'étanchéité naturelle et colmater les éventuelles arrivées d'eau.

La hauteur de revanche, qui dépend de la hauteur des vagues, est fixée de façon sécuritaire au regard de la faible surface de la retenue, à 0,50 m.

La surverse sera reconstituée quasiment à l'identique de celle actuellement en place. Il s'agira d'une buse \varnothing 400 mm intérieur au droit de la crête qui se rejettera dans un caniveau terrassé sur le talus aval de la digue. Eu égard à la faible pente du rampant (4H/1V) on terrassera ce caniveau dans le remblai. Le fond et les bords seront recouverts d'une membrane PVC ou PEHD destinée à limiter la saturation de la digue d'une part et l'érosion d'autre part. La membrane sera correctement ancrée à l'amont, à l'aval et sur les deux côtés. La buse sera positionnée sur la crête de digue afin de réguler le niveau maximum d'eau dans la retenue. Sa génératrice inférieure (cote de déversement) sera calée à la cote 470,00 NGF, soit 0,62 m plus haut que la buse actuelle, ce qui permettra de dégager une revanche de 0,50 m par rapport à la crête de la digue qui elle sera calée à la cote 470,50 NGF (voir dimensionnement de la surverse ci-après).



Figure 13 : la vidange actuelle côté aval et côté amont

La vidange de fond sera calée au point bas pour permettre une évacuation gravitaire de la retenue vers le ruisseau. Pour assurer la vidange, le fond sera terrassé avec une pente variant

de 467,00 à 465,50 NGF (cette cote de 465,50 NGF correspond au niveau du fond de la retenue actuelle). La conduite de vidange, en PEHD \varnothing 200 mm, dont la génératrice inférieure sera calée vers 465,80 NGF, traversera le corps de la digue pour se rejeter en aval, dans le caniveau. Cette canalisation \varnothing 200 mm permettra la vidange de la retenue initialement pleine (moins les 30 cm de tranche d'eau en fond) en moins de 6 jours. Le dispositif le plus adapté pour les barrages en terre consiste à mettre en place une vanne à l'amont pour éviter que la conduite soit en charge dans le corps du remblai. Néanmoins, pour les petits barrages ($H^2 \times V^{0,5} < 100$), il est acceptable d'avoir la conduite en charge à condition qu'elle soit enrobée de béton. On ne place alors qu'une seule vanne à l'aval. En cas d'incident sur la vanne, il est malgré tout possible d'intervenir en faisant installer par plongeur un obturateur gonflable à l'amont ou une toile qui obturera la crépine.

Le prélèvement dans la retenue pour les besoins agricoles se fera par pompage, à l'instar du dispositif actuel. A cet effet, une nouvelle prise mobile devra être mise en place. La création d'une prise permanente en charge sera préférable. Dans ce cas la conduite de prise sera posée dans la même tranchée, en parallèle de la conduite de vidange. Elle aussi sera enrobée de béton et munie d'une vanne à l'aval. Il pourra s'agir d'un tuyau en PVC \varnothing 100 mm dont l'extrémité amont sera équipée d'une crépine. Afin de prélever l'eau à quelques décimètres sous la surface, un dispositif composé d'une rallonge souple et d'un flotteur pourra être mis en place.

Un dégrilleur devant la buse de surverse n'est pas nécessaire eu égard à son diamètre important. Toutefois, un entretien manuel régulier sera impératif.

Une rampe d'accès pourra éventuellement être aménagée pour permettre l'entretien ultérieur de la réserve (curage, nettoyage, ...).

Des rampes de sécurité en pente douce seront aménagées en 2 ou 3 endroits sur les talus afin de permettre la remontée des animaux en cas de chute fortuite dans l'eau.

4.3.3 CARACTERISTIQUES DE LA DIGUE

La digue, de hauteur maximale 4,80 m, sera constituée d'un remblai homogène en matériaux provenant du terrassement de la portion de digue actuelle à déconstruire et du terrassement de l'extension de la retenue. On sélectionnera les déblais visuellement les plus argileux et dont la teneur en eau est proche de Wopn (entre 14 et 16%).

La fondation sera réalisée par un décaissement du terrain en place et sa substitution par un remblai compacté formant la clé d'ancrage. L'épaisseur du décaissement sera au minimum de 0,50 m par rapport au terrain naturel actuel.

Les pentes des talus de la digue seront réglées à 2H/1V côté réserve et à 4H/1V côté aval.

Le talus aval sera enherbé et régulièrement entretenu. On veillera à ce qu'aucun arbre ne s'y développe (ce qui est le cas actuellement). En effets, les racines favorisent l'érosion interne et sont donc néfastes pour la pérennité des ouvrages en terre.

Le talus amont supportera le système d'étanchéité, analogue à celui utilisé pour la retenue.

La crête de digue sera calée à 470,50 NGF, soit 0,50 m au-dessus du niveau de déversement par la surverse. Elle aura une largeur de 5 m pour la partie reconstruite et de 1,80 m pour la partie rehaussée. Elle présentera une pente transversale de 1% minimum vers l'aval pour l'évacuation des eaux de ruissellement.

Les coupes de principe sont illustrées ci-dessous.

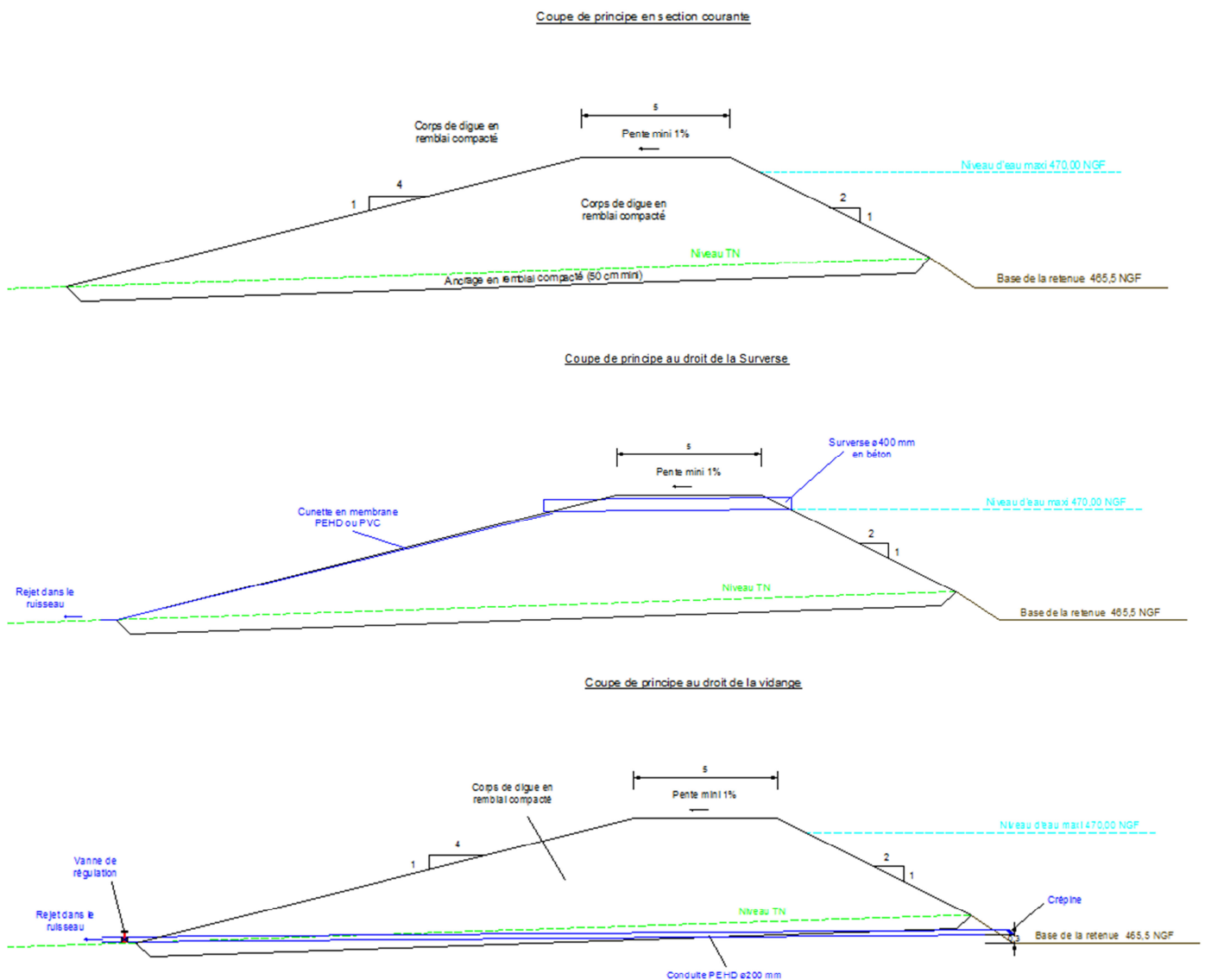


Figure 14 : Coupes types de la digue

4.4 METHODOLOGIE D'EXECUTION

4.4.1 TERRASSEMENT ET REEMPLOI DES MATERIAUX

Le déboisement et le débroussaillage préparatoires auront pour objet d'enlever toute la végétation sur l'emprise du talus aval de la digue et sur la crête de la partie à rehausser. Une attention particulière sera portée à la ripisylve du ruisseau où aucun arbre ne sera coupé.

La retenue sera préalablement asséchée. Les déblais excavés seront :

- De la **terre végétale**, frange superficielle riche en racines, radicelles, débris végétaux, couvrant la quasi-totalité de la zone sur une épaisseur moyenne de 10 cm. Elle sera décapée puis évacuée et déposée sur une parcelle préalablement identifiée afin de l'enrichir.
- Les **limons et argiles** qui seront excavés pour créer la retenue de stockage, ceux constituant la digue actuelle, ainsi que ceux terrassés sous l'emprise de la future digue pour constituer l'ancrage, pourront être réemployés en partie (3850 m³) pour la constitution de la digue selon les prescriptions du guide GTR⁽¹⁾ ("Réalisation des remblais et des couches de forme") du LCPC-SETRA.
- **Les limons sableux et les passées graveleuses** susceptibles d'être rencontrés lors terrassement de la retenue, seront évacués.

(1) : Le GTR (guide de "Réalisation des remblais et des couches de forme" du LCPC-SETRA) et la norme NF P 11-300 qui en découle proposent une classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme. Ils permettent de définir la classe et l'état hydrique du matériau à partir de plusieurs types d'essais (essais d'identification ou de nature, essais d'état, essais de comportement mécanique). Le guide détaille les modalités de mise en œuvre et de compactage de chaque classe de matériau.

Les matériaux extraits destinés au réemploi seront stockés sur une aire dédiée, en tas dont la surface sera serrée au godet de la pelle afin d'éviter leur imbibition excessive en cas de pluie ou leur assèchement si leur teneur en eau est supérieure à 16%.

Les déblais excédentaires (20 000 m³) seront évacués, déchargés et nivelés sur une ou plusieurs zones préalablement définies.

La totalité de ces matériaux pourra être extraite sans difficulté particulière avec une pelle mécanique de puissance adaptée.

L'emploi d'un brise roche hydraulique (BRH) ne devrait pas être nécessaire.

Les pentes des talus périphériques seront taillées à 3H/2V et compactées au godet.

Le fond sera préparé avec le même soin et compacté au rouleau pour améliorer son étanchéité.

Pour optimiser les profondeurs de terrassements et limiter les hauteurs des talus, le fond de la retenue a été conçu avec différents niveaux variant de 467,00 à 465,50 NGF dans le sens de la longueur et le sens de la largeur (voir croquis de principe ci-après).



Figure 15 : Schéma de terrassement du fond de la retenue

4.4.2 FONDATION ET EXECUTION DE LA DIGUE

Préalablement à la mise en place du remblai, afin de limiter le tassement du sol support sous la digue d'une part et limiter les risques de circulation d'eau à l'interface d'autre part, un ancrage doit être réalisé.

Il s'agira d'un décaissement d'environ -0,50 m par rapport au TN actuel sous toute l'emprise du remblai. Ainsi, l'assise homogène sera constituée de limons.

Le fond de fouille sera réceptionné par un géologue/géotechnicien qui jugera de l'opportunité d'approfondir l'ancrage ou de procéder à des purges ponctuelles le cas échéant.

Les matériaux constitutifs du corps de digue (environ 3 850 m³) seront constitués des déblais réutilisables issus du terrassement de la cuvette. Il s'agira de limons argileux de classe GTR A2 dont la teneur en eau sera proche de W_{opn} (entre 14 et 16%).

Les matériaux de l'ancrage (0,50 m) et de la digue seront mis en œuvre par couches dont l'épaisseur, l'énergie de compactage, la vitesse de passage, ... seront fonction du type de compacteur utilisé par l'entreprise. La détermination de ces paramètres de mise en œuvre se fera en référence au guide de "Réalisation des remblais et des couches de forme" du LCPC-SETRA.

Les matériaux A2 se prêtent bien à une mise en œuvre s'ils sont dans un état hydrique moyen "m".

A l'état humide "h", ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible et sont sujets au matelassage. A l'état sec "s", ils sont difficiles à compacter.

Donc, pour que leur compactage soit optimal, les matériaux devront être mis place dans un état hydrique moyen "m" proche de la teneur en eau OPN (mesurée entre 14 et 16,0% sur les matériaux issus des fouilles F1 et F6).

S'ils ne sont pas naturellement dans cet état, ils devront soit être aérés s'ils sont initialement trop humide, soit arrosés puis malaxés s'ils sont initialement trop secs.

A l'état hydrique "m", ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai, sauf par pluie forte ou moyenne.

A titre d'exemple, les consignes de compactage issues du guide GTR sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

	Déblais réutilisables issus de la déconstruction de la digue et du terrassement de l'extension de la retenue
Quantité	700 m ³
Classe GTR majoritaire	A2
Position dans la digue	Ancrage et partie basse
Etat hydrique lors de la mise en œuvre	Moyen (W ≈ 16%)
Classe de compacteur	V2 (eu égard au faible volume à compacter)
Energie de compactage	Moyenne
Epaisseur des couches	0,20 m
Vitesse du compacteur	2 km/h
Nombre de passes	6

Tableau 3 : Exemple de consignes de compactage issues du GTR

TABLEAUX DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₂, C₁, A₂ (*)

Compacteur		Modalités																	
		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PO3	PO4	
Energie de compactage faible	Q/S	0.050	0.080	0.120	0.040	0.060	0.090	0.120	0.145	0.040	0.060	0.120	0.145	0.190	0.065	0.100			
	e	0.25	0.35	0.45	0.20	0.30	0.30	0.35	0.30	0.40	0.20	0.30	0.30	0.30	0.25	0.40			
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	2.5	4.0	2.5	5.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	8.0	
	Code 3	N	5	5	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	3	3	2	4	4
	Q/L	250	400	600	80	120	270	225	480	300	725	365	80	120	360	580	950	520	800
Energie de compactage moyenne	Q/S	0.030	0.050	0.070	0.035	0.050	0.065	0.080		0.035	0.065	0.080	0.105	0.035	0.060				
	e	0.20	0.25	0.35	0.20	0.30	0.30	0.40	0.30	0.45	0.20	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30			
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	2.5	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.5	3.0	8.0	8.0			
	Code 2	N	7	5	5	6	6	5	7	4	6	6	5	4	3	6	5		
	Q/L	150	250	350	70	100	165	130	240	160	70	130	200	315	280	480			
Energie de compactage intense	Q/S	0.030	0.040		0.035	0.045	0.055			0.045	0.055	0.070		0.030					
	e	0.20	0.30		0.25	0.35	0.30	0.40			0.25	0.30	0.30	0.20					
	V	5.0	5.0		2.0	2.0	2.5	2.0			2.0	2.0	2.5	8.0					
	Code 1	N	7	8		8	8	6	8		6	6	5	7					
	Q/L	150	200		70	90	140	110		90	110	175	240						

Q/S (m)
 e (m)
 V (km/h)
 N -
 Q/L (m²/h.m)

(*) Impose que Dmax < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.
 (2) Prévoir une opération annexe pour effacer les empreintes lorsqu'il y a risque de pluie en fin de journée (rabotage des centimètres supérieurs, ou emploi d'un autre type de compacteur si celui-ci apporte l'effet souhaité).

1 compacteur ne convenant pas
 0 compacteur ne convenant pas

Figure 16 : Tableaux de compactage pour des matériaux de classe GTR A2



Figure 17 : Compacteur V2 à bille lisse

On préférera un compacteur à pieds de moutons plutôt qu'à bille lisse, ce premier permettant un meilleur accrochage inter-couche.

On adoptera une mise en œuvre selon la technique du remblai excédentaire, propice à un compactage optimal. Les opérations de retaille des talus ayant lieu dans un second temps.

L'objectif de compactage des matériaux constitutifs de la digue sera au minimum de 95% de la densité à l'Optimum Proctor Normal (soit l'objectif de compactage q4). Ce compactage sera régulièrement vérifié au moyen d'essais au pénétromètre dynamique à énergie variable (type PANDA).

En fonction de la saison, les travaux de terrassement pourront intercepter des circulations d'eau temporaires et erratiques. Il sera nécessaire d'en assurer la collecte vers un point bas puis l'évacuation gravitaire ou le pompage.

En outre, vu l'argilosité des sols, il est conseillé d'effectuer les travaux de terrassement de masse lors d'une période non pluvieuse afin de suivre les préconisations techniques liées à la maîtrise du paramètre « teneur en eau ». En effet, l'obtention de teneurs en eau optimales est la garantie d'une traficabilité correcte et facilite une bonne mise en œuvre.

Une fois l'ouvrage terminé, il sera nécessaire de connaître et suivre la piézométrie dans le corps de digue, afin notamment de détecter d'éventuelles sous-pressions. A cet effet, deux forages d'une profondeur équivalente à la hauteur de la digue seront forés depuis la crête et équipé en piézomètre.

4.4.3 ETANCHEITE DE LA RETENUE

L'étanchéité de la cuvette sera assurée par le matériau limoneux constituant le terrain actuellement en place.

Après curage du fond, les éventuelles poches sableuses ou graveleuses seront purgées. Les matériaux extraits les plus argileux, provisoirement stockés sur le chantier, seront régalez sur une épaisseur d'une vingtaine de centimètres sur le fond et compactés au rouleau vibrant.

De même, les talus seront compactés au godet de la pelle pour améliorer l'étanchéité naturelle.

Si d'éventuels drains sont rencontrés lors du terrassement, ils seront déconnectés de la retenue, collectés et rejetés à l'aval vers le caniveau. Ainsi la réserve ne sera plus alimentée par les eaux de ces éventuels drains.

4.4.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Le **débroussaillage** sur l'emprise nécessaire aux terrassements se fera conformément aux prescriptions préfectorales correspondantes. Le dépôt des produits du débroussaillage doit

être fait en tas, en cordon de forme régulière, sur des aires aussi réduites que possible. Les broussailles doivent être détruites au gyrobroyeur ou évacuées. Les racines des peupliers présents sur l'actuelle digue seront enlevées afin qu'elles ne constituent pas des circuits préférentiels si elles se retrouvent au niveau de l'assise de la digue.

Les **eaux de ruissellement** seront collectées et évacuées de façon à éviter que le fond de cuvette et les talus ne soient dégradés ou détremvés pendant l'exécution des terrassements.

La **conduite de surverse**, la **conduite de vidange** et l'éventuelle **conduite de prise** traverseront la digue et constitueront donc une interface propice aux phénomènes d'érosion interne (érosion de conduit). Pour limiter ce risque, il conviendra de respecter un mode de pose rigoureux et soigné :

- Mise en place des matériaux constitutifs du corps de digue par couches compactées jusqu'au niveau de la génératrice supérieure de conduite + 30 cm.
- Ouverture de la tranchée destinée à recevoir la conduite.
- Pose et calage de la conduite.
- Enrobage de la conduite avec du béton coulé à pleines fouilles puis vibré, jusqu'à 30 cm au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau.
- Après séchage du béton, poursuite du montage de la digue par couches compactées.

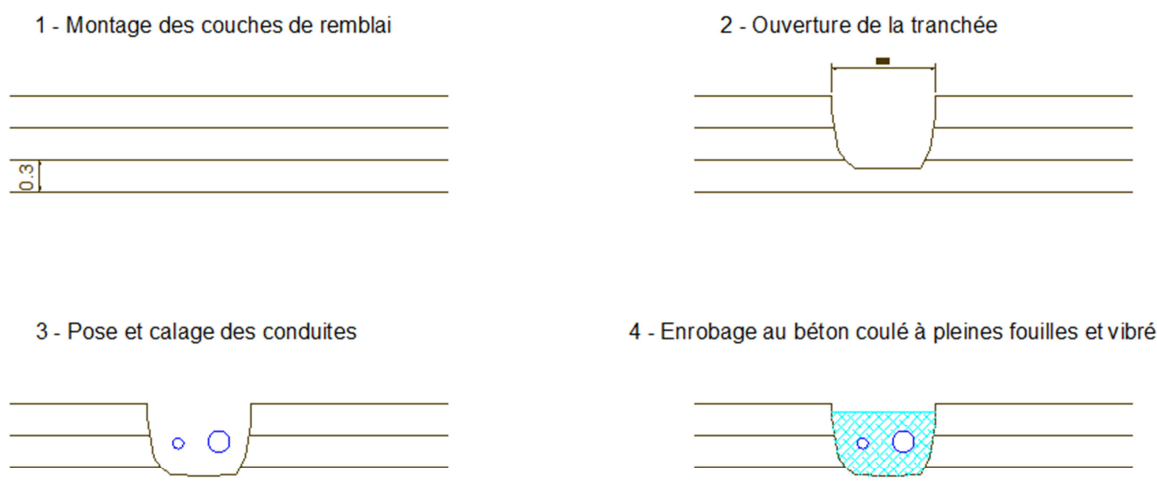


Figure 18 : Phase de la pose des ouvrages traversants

Les **deux vannes** qui équiperont la vidange de fond \varnothing 200 mm et la prise \varnothing 100 mm seront de type vanne à opercule. Les vannes seront dimensionnées pour fonctionner avec une pression statique susceptible de varier de 0 à 4,5 m, des suppressions dynamiques à définir par le fournisseur et une pression aval nulle. Elles seront parfaitement étanches et équipées d'un système de verrouillage de sécurité (cadenas) pour éviter les manipulations intempestives.

4.4.5 PHASAGE DES TRAVAUX

Il conviendra de préalablement définir une « zone logistique » à proximité qui accueillera les installations de chantier et les stocks temporaires.

La zone logistique pourra être positionnée sur l'ancienne zone d'emprunt, de l'autre côté de la route. Il faudra impérativement éviter la zone humide à l'aval.

Les principales étapes des travaux seront les suivantes :

- Matérialisation de la zone humide par des piquets et de la rubalise ou des barrières Héras afin d'éviter toute pénétration
- Vidange de la retenue et ouverture de la digue pour laisser passer l'eau
- Abattage des arbres présents sur le parement aval de la digue
- Déconstruction de la digue
- Terrassement à la pelle mécanique ou au bull de la cuvette et de la fondation de la nouvelle digue
- Stockage d'une partie des matériaux extraits (3850 m³) en tas à proximité de la zone
- Evacuation, déchargement et nivellement de l'excédent de déblais (20 000 m³) sur une zone préalablement définie
- Mise en œuvre et compactage par couches de 30 cm du remblai de la fondation de la digue
- Pose de la conduite de vidange et de prise avec enrobage en béton
- Mise en œuvre par couches de 30 cm du remblai de l'élévation de la digue jusqu'au niveau de la crête
- Compactage du fond de la retenue pour améliorer son étanchéité
- Pose de la buse de surverse en crête et du caniveau sur le parement aval de la digue
- Réalisation de 2 piézomètres dans le corps de digue
- Mise en eau de la réserve
- Création des zones de compensation

La mise en œuvre des matériaux en remblai (fondation ou élévation) nécessite le contrôle continu de la teneur en eau. On rappellera que les variations de cette dernière modifient les préconisations de compactage.

5 CALCULS JUSTIFICATIFS

5.1 SITUATIONS DE CALCULS

Les justifications géotechniques de la digue ont été menées suivant les « Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais » – CFBR – version approuvée en commission exécutive du CFBR le 09/10/2015.

Les coefficients partiels pour l'étude de la stabilité d'ensemble sont ceux préconisés par ces mêmes recommandations du CFBR (voir tableau ci-après).

Coefficient partiel sur :	CFBR - exploitation normale	CFBR – Situation rare ou transitoire	CFBR – Situation exceptionnelle	CFBR – Situation extrême	CFBR – extrême sismique
- Le poids volumique des terres (déstabilisateur ou stabilisateur)	1	1	1	1	1
- L'angle de frottement ($\tan \phi'$)	1.25	1.1	1.1	1	1
- La cohésion effective C'	1.25	1.1	1.1	1	1
- Les surcharges variables	1.3	1.3	1.2	1	1
- La méthode de calcul	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
COEFF MINI ASSURANT LA STABILITE	1	1	1	1	1

Tableau 4 : Coefficients partiels pour l'étude de la stabilité d'ensemble

Les modélisations de la stabilité d'ensemble ont été réalisées avec la méthode de Bishop.

Pour la digue et les talus, les situations vérifiées sont notamment :

- La situation d'exploitation normale avec une retenue pleine (424,50 NGF) et une charge courante sur la crête.
- La situation d'exploitation normale avec une retenue vide et une charge courante sur la crête.
- La situation exceptionnelle avec un remblai entièrement saturé et une charge courante sur la digue.
- La situation extrême d'une vidange rapide avec un remblai entièrement saturé et une charge courante sur la digue.
- Le séisme « pesant » avec retenue pleine puis vide.
- Le séisme « allégeant » avec retenue pleine puis vide

5.2 PARAMETRES DE MODELISATION DE LA STABILITE

5.2.1 PARAMETRES SISMIQUES

Le séisme a été pris en compte suivant l'approche forfaitaire SES (Séisme d'Evaluation de Sécurité) conformément aux recommandations du rapport "risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques" du MEDDTL-DPGPR.

- Zone sismique : 4 (aléa moyen suivant la classification de 2010)
- Classe du barrage : hors classe selon le décret 2015-526 du 12 mai 2015 (mais assimilé à un barrage de classe D selon le décret 2007-1735 du 11 décembre 2007)
- Classe de sol : B suivant la norme NF EN 1998-1 de septembre 2005 (Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur).
- Paramètre de sol : $S = 1,35$ (sol B pour une zone de sismicité 4)
- Accélération horizontale SES sur sol rocheux : $agr_h = 1,6 \text{ m/s}^2$
- Accélération verticale SES sur sol rocheux : $agr_v = 1,4 \text{ m/s}^2$
- Coefficient d'accélération horizontale : $h = agr_h \times S / g = 1,6 \times 1,35 / 9,81 = 0,22$
- Coefficient d'accélération verticale : $v = 2/3 \times agr_v \times S / g = 1,4 \times 1,35 / 9,81 = 0,19$

Considérant la probabilité extrêmement faible de la concomitance de l'aléa séisme avec une crue extrême, ce scénario ne sera pas traité. Toutefois, le responsable de l'ouvrage devra prendre en compte la survenue d'un séisme comme un élément déclencheur d'une visite de surveillance particulière.

5.2.2 CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les modélisations du barrage et des talus font intervenir les caractéristiques intrinsèques des différents faciès que sont :

- la masse volumique apparente (γ)
- la cohésion effective (C')
- l'angle de frottement (φ')

Les caractéristiques retenues (voir tableau ci-dessous), sont soit celles mesurées lors des études géotechniques, soit celles déterminées par "avis expert", en référence à des réalisations similaires.

Ces paramètres, volontairement "prudents", devraient permettre de couvrir la gamme de matériaux potentiellement disponibles pour la conception de la digue. Toutefois, s'il s'avère

que les caractéristiques des matériaux réellement mis en oeuvre sont inférieures à celles retenues, les calculs justificatifs devront être repris.

Faciès	γ (kN/m ³)	C' kPa	ϕ'	K (m/s)
Limons argileux A2 compactés constituant la digue	19	10	25°	1.10 ⁻⁷
Limons argileux et limons sableux de fondation	18	10	30°	5.10 ⁻⁶

Tableau 5 : Paramètres géotechniques des matériaux

5.2.3 SURCHARGES

Le dimensionnement de l'ouvrage est mené en considérant une surcharge courante sur la piste de crête de 10 kPa, correspondant aux engins agricoles d'entretien.

5.3 RESULTATS DES MODELISATIONS DE LA STABILITE

Les modélisations de la stabilité des talus ont été réalisées à l'aide du logiciel TALREN V5.0.5 développé et commercialisé par la société TERRASOL.

Pour chaque profil, le coefficient de sécurité vis-à-vis de la stabilité générale a été calculé par la méthode de Bishop en intégrant les coefficients partiels préconisés par le CFBR.

Le coefficient de sécurité à atteindre pour justifier la stabilité est **de 1,00**.

Pour le profil le plus défavorable (le plus haut) du barrage, les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous et les calculs détaillés sont fournis en annexe.

Situation	Jeux de coefficients	Barrage talus amont	Barrage talus aval
Retenue pleine (470,00 NGF)	CFBR Exploitation normale	2.09	1.62
Retenue vide	CFBR Exploitation normale	1.59	1.91
Remblai entièrement saturé + retenue pleine	CFBR exceptionnel	2.32	1.47
Remblai entièrement saturé + retenue vide (vidange rapide)	CFBR extrême	1.52	1.79

Extrême séisme "pesant" + retenue pleine	CFBR extrême sismique	1.49	1.25
Extrême séisme "allégeant" + retenue pleine		1.49	1.15
Extrême séisme "pesant" + retenue vide		1.43	1.52
Extrême séisme "allégeant" + retenue vide		1.47	1.46

Conclusions :

La stabilité générale des deux talus de la digue (amont à 2H/1V et aval à 4H/1V) est justifiée pour toutes les situations.

5.4 DIMENSIONNEMENT DE LA SURVERSE

Les dimensions de la surverse (buse ou caniveau) ont été pré-dimensionnées avec un outil dédié (DZ Logic) en considérant un bassin versant de 30 000 m².

Les calculs ont été menés sur la base d'une période de retour de 100 ans. Le détail est joint en annexes.

Pour garantir le parfait écoulement des eaux en cas de retenue pleine subissant une pluie de récurrence 100 ans, il est nécessaire de mettre en place une buse circulaire en béton de diamètre nominal 400 mm avec une pente de 5%.

Après avoir traversé la crête du barrage la buse se déversera dans un caniveau terrassé sur le rampant de la digue dont le fond et les bords seront recouverts d'une membrane en PVC ou PEHD jusqu'en pied de digue.

La surverse se rejettera dans l'actuel caniveau afin de continuer à alimenter la zone humide à l'aval.

6 ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX

Le programme des travaux comprend trois postes principaux :

- Les terrassements et la construction de la diguette,
- La fourniture et la pose des ouvrages annexes (réfection de la prise dans le ruisseau, surverse, ...),
- La maîtrise d'œuvre, les études et les forfaits.

Le coût des travaux a été estimé suivant une approche détaillée avec des prix d'ordre usuels de la SCP pour ce type de travaux.

A ce stade du projet il y a peu d'incertitudes sur les volumes de matériaux, le seul aléa réside dans la capacité de la réserve à ne collecter que les eaux de surface mais la déconnection des drains n'a que peu d'impact sur le coût global du projet. Ainsi, les aléas travaux sont estimés à 5% du prix global. De même, les frais d'études techniques, de maîtrise d'œuvre et de contrôle (notamment du compactage de la digue) ont été estimés à 4% du montant des travaux.

Ces taux ne couvrent pas les éventuels frais liés aux aléas environnementaux tels que les mesures de protections spécifiques en cours de travaux, les mesures compensatoires, ...

Cette estimation ne comprend pas les opérations de débroussaillage, d'abatage, de débitage et d'évacuation des arbres qui seront réalisés par le propriétaire.

Au stade APD, le montant total des travaux de création de la retenue du GAEC QUEYRADE est estimé à : **189 860 € Hors Taxes**. Il se décompose ainsi :

- Terrassements / Digue : 153 900 € HT
- Ouvrages annexes : 10 650 € HT
- MOE, études et forfaits : 25 310 € HT

Le prix au mètre cube supplémentaire stocké (38 300 m³) est de **6,71 € HT**.

ANNEXE 1 CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

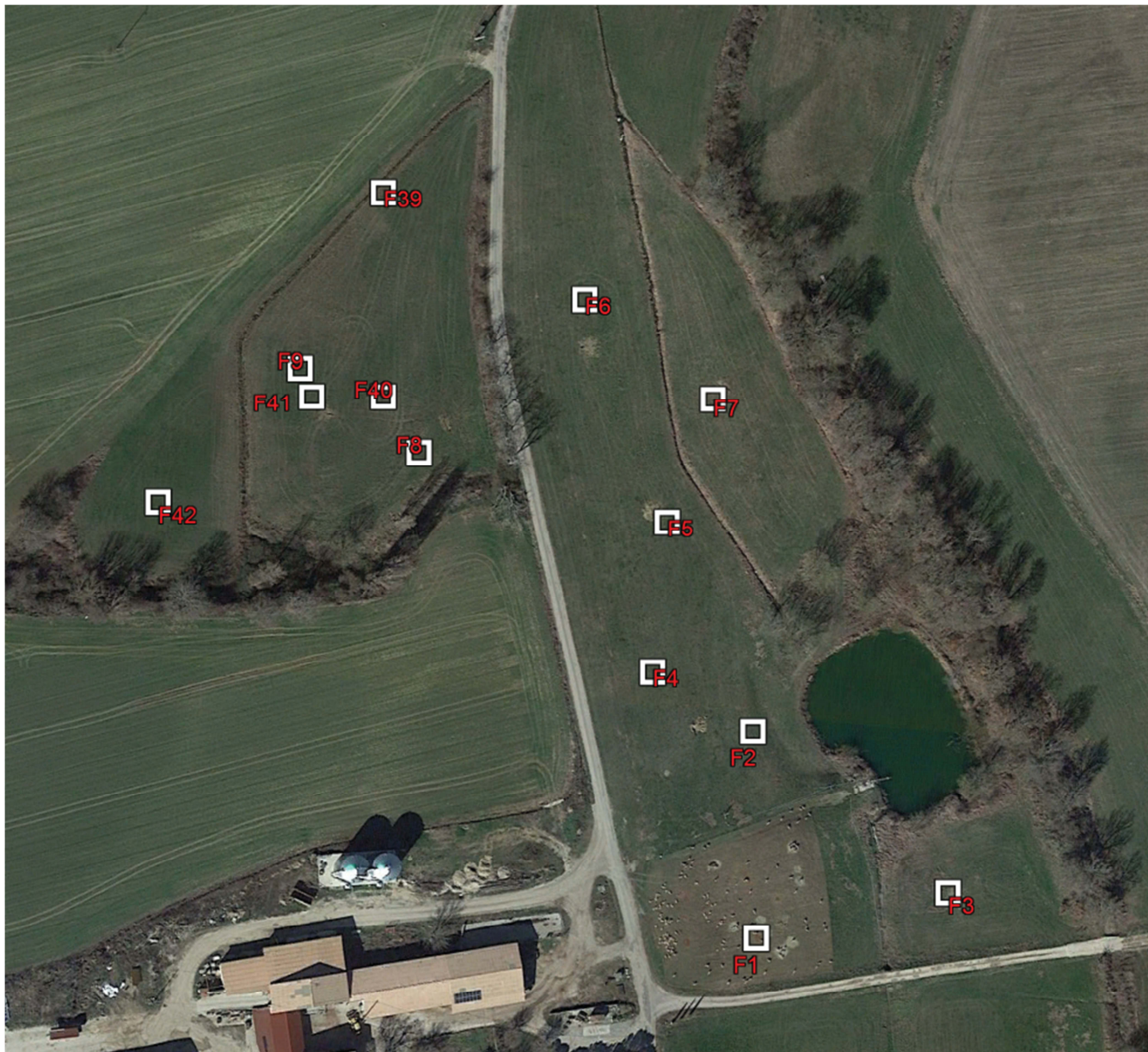
Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours. • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). • Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

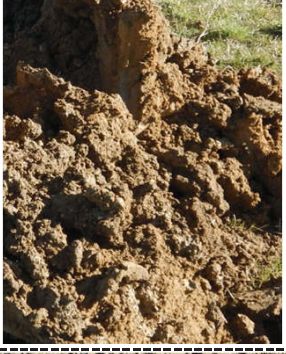

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.• Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).• Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.• Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).• Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).• donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none">• Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.• Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état de l'état général de l'ouvrage existant.• Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2 COMPTE-RENDU DES FOUILLES DE RECONNAISSANCE



G.A.E.C La Queyrade - Reconnaissances géotechniques

Fouille F1		Coordonnées GPS :	
		43° 51.980'N	
		5° 42.116'E	
Profondeur	Observations	Description	Essais de laboratoire
0.0			
0.2		Terre Végétale	
0.4			
0.6			
0.8			
1.0		Limons marron clair à concrétions carbonatées	
1.2			
1.4			
1.6			
1.8			
2.0		Limons argileux marron avec présence de quelques cailloutis	
2.2	Venue d'eau à 2,50m		
2.4			F1 à 2,40m
2.6			1 - Teneur en eau 2 - Classement GTR 3 - Essai Proctor?
2.8			
3.0		Argile marron orangé à rouille	
3.2			F1 à 3,10m
3.4	à 3,20 m	Arrêt volontaire de la fouille	

Légende :

Venue d'eau :



Déchet poubellien :



Effondrement des parois :







Débris de construction :



G.A.E.C La Queytrade - Reconnaissances géotechniques





Fouille F2		Coordonnées GPS :		
		43° 52.013'N		
		5° 42.116'E		
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0				
0.2		Terre Végétale		
0.4				
0.6				
0.8		Limon marron clair		
1.0				
1.2				
1.4	Venue d'eau à 1,40m			
1.6				
1.8		Argile bariolée graveleuse et humide (Horizon plus graveleux de 1,40 à 1,60m)		
2.0				
2.2				
2.4				
2.6	à 2,50m	Arrêt de la fouille par effondrement		
2.8				
3.0				
3.2				
3.4				

Légende :

- Venue d'eau : 
- Effondrement des parois : 
- Déchet poubellien : 
- Débris de construction : 




G.A.E.C La Queyrate - Reconnaissances géotechniques

Fouille F3		Coordonnées GPS :		
		43° 51.987'N		
		5° 42.159'E		
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0				
0.2		Terre Végétale		
0.4				
0.6				
0.8				
1.0		Limon argileux marron beige avec traces rouilles et marron orangé		
1.2			F3 à 1,30m	
1.4				1 - Teneur en eau
1.6				2 - Classement GTR
1.8				
2.0		Limon argileux marron à passées graveleuses		
2.2				
2.4				
2.6	venue d'eau à 2,70m			
2.8		Argile bleuté avec coquilles d'escargots et petits graviers	F3 à 2,80m	1 - Teneur en eau 2 - Perméabilité à l'oedomètre
3.0				
3.2	à 3,10 m	Arrêt volontaire de la fouille		
3.4				

Légende : Venue d'eau : 

Déchet poubellien : 





Effondrement des parois : 

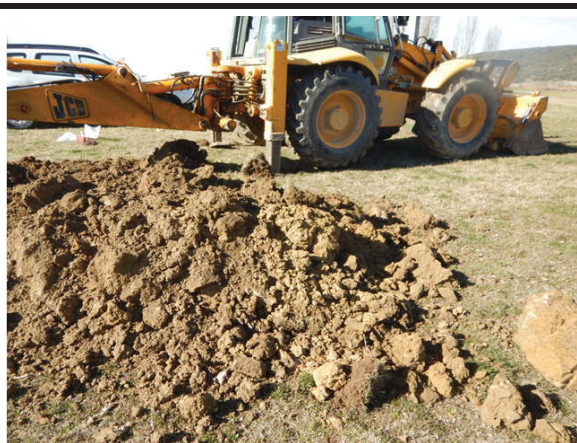
Débris de construction : 






G.A.E.C La Queyrate - Reconnaissances géotechniques




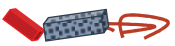
Fouille F4 - dans le prolongement de la digue actuelle		Coordonnées GPS :		
		43° 52.023'N		
		5° 42.093'E		
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0				
0.2		Terre Végétale		
0.4				
0.6		Limon marron		
0.8				
1.0				
1.2		Limon marron caillouteux, roulé		
1.4				
1.6				
1.8		Limon argileux marron à ôcre, avec graviers et quelques blocs (Dmax =100mm)	F4 à 2,00m	1 - Teneur en eau 2 - Classement GTR
2.0				
2.2				
2.4	à 3,10 m	Arrêt volontaire de la fouille		
2.6				
2.8				
3.0				
3.2				
3.4				

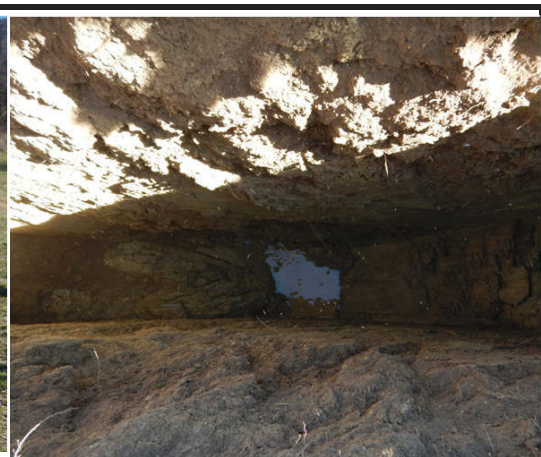
Légende :	Venue d'eau : 	Déchet poubellien : 
	Effondrement des parois : 	Débris de construction : 







G.A.E.C La Queytrade - Reconnaissances géotechniques

Fouille F5		Coordonnées GPS :		
		43° 52.047'N		
		5° 42.097'E		
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0		Terre Végétale		
0.2				
0.4		Limon marron clair à concrétions carbonatées		
0.6				
0.8				
1.0		Limon bariolé avec traces d'hydromorphie et petites coquilles d'escargots et graviers		
1.2				
1.4				
1.6		Limon gris-beige-gris à marron, avec concrétions carbonatées		
1.8				
2.0	Venue d'eau à 2,10m		F5 à 1,90m	1 - Teneur en eau 2 - Classement GTR
2.2		Sable grossier puis alternance de sable fin et de sable argileux gris-ôcre, avec concrétions carbonatées		
2.4				
2.6				
2.8	à 2,70m	Arrêt volontaire de la fouille		
3.0				
3.2				
3.4				



Légende :	Venue d'eau : 	Déchet poubellien : 
	Effondrement des parois : 	Débris de construction : 





G.A.E.C La Queytrade - Reconnaissances géotechniques

Fouille F6		Coordonnées GPS :		
		43° 52.083'N		
		5° 42.078'E		
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0				
0.2		Terre Végétale		
0.4				
0.6		Limon marron clair		
0.8				
1.0		Limon bariolé marron à ôcre, avec traces d'hydromorphie		
1.2				
1.4	Venue d'eau à 1,50 m			
1.6				
1.8		Limon argileux bariolé marron à ôcre, avec traces d'hydromorphie et passées sableuses	F6 à 2,00 m	1 - Teneur en eau 2 - Classement GTR 3 - Essai Proctor 4 - Perméabilité 95% ρ_{dopn}
2.0				
2.2				
2.4				
2.6	Importante venue d'eau à 2,10m			
2.8		Alternance de limon sableux orangé et gris et de limon argileux, avec concrétions carbonatées et traces d'hydromorphie	F6 à 2,50m	
3.0				
3.2	à 3,20 m	Arrêt volontaire de la fouille		
3.4				


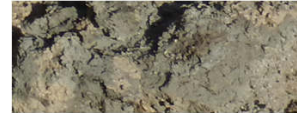
Légende :

Venue d'eau : 
Déchet poubellien : 


Effondrement des parois : 
Débris de construction : 





G.A.E.C La Queyrate - Reconnaissances géotechniques


Fouille F7		Coordonnées GPS :	
		43° 52.067'N	
		5° 42.107'E	
Profondeur	Observations	Description	Essais de laboratoire
0.0		Terre Végétale	
0.2			
0.4			
0.6			
0.8	Venue d'eau à 0,90 m	Grave à matrice sablo-limoneuse grise (Dmax=250mm), avec traces d'hydromorphie	
1.0			
1.2			
1.4			
1.6		Transition de limon sablo-argileux gris à ôcre	
1.8			
2.0		Limons vasard gris et brun	
2.2			
2.4	Venues d'eau vers 2,50m	Sable limoneux gris à ôcre à passées graveleuses	
2.6			
2.8		Limons argileux gris-bleuté avec matières organiques et concrétions carbonatées	
3.0	à 3,00 m	Arrêt volontaire de la fouille	
3.2			
3.4			

Légende :

Venue d'eau : 


Effondrement des parois : 


Déchet poubellier : 

Débris de construction : 





G.A.E.C La Queyrate - Reconnaissances géotechniques


Fouille F8 - Ancienne zone d'emprunt de matériaux			Coordonnées GPS :	43° 52.058'N
				5° 42.041'E
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire
0.0		Terre Végétale		
0.2		Limon sableux fin ôcre à gris, avec concrétions carbonatées, puis marne sableuse : altération du substratum		
0.4				
0.6				
0.8				
1.0				
1.2				
1.4				
1.6				
1.8				
à 1,70 m				


Fouille F9 - Ancienne zone d'emprunt de matériaux			Coordonnées GPS :	43° 52.072'N			
				5° 42.014'E			
Profondeur	Observations	Description	Prélèvement d'échantillon	Essais de laboratoire			
0.0		Terre Végétale					
0.2		Limon sableux fin ôcre à gris, avec concrétions carbonatées, puis marne sableuse : altération du substratum					
0.4							
0.6							
0.8							
1.0							
1.2							
1.4							
1.6							
à 1,40 m					Arrêt volontaire de la fouille		

Légende :

Venue d'eau : 




Effondrement des parois : 

Déchet poubellien : 

Débris de construction : 







G.A.E.C La Queyrade - Reconnaissances géotechniques

Fouille F39 (ancienne zone d'emprunt)		Coordonnées GPS :	
		43° 52.100'N	
		5° 42.033'E	
Profondeur	Observations	Description	Essais de laboratoire
0.0			
0.2		Terre végétale argilo-limoneuse brune	
0.4			
0.6			
0.8		Sable limoneux gris-beige	
1.0			
1.2			
1.4		Marne sableuse brun beige à ocre en plaquettes	
1.6			
1.8			
2.0			
2.2	à 2,15 m		
2.4			
2.6			
2.8			
3.0			
3.2			
3.4			

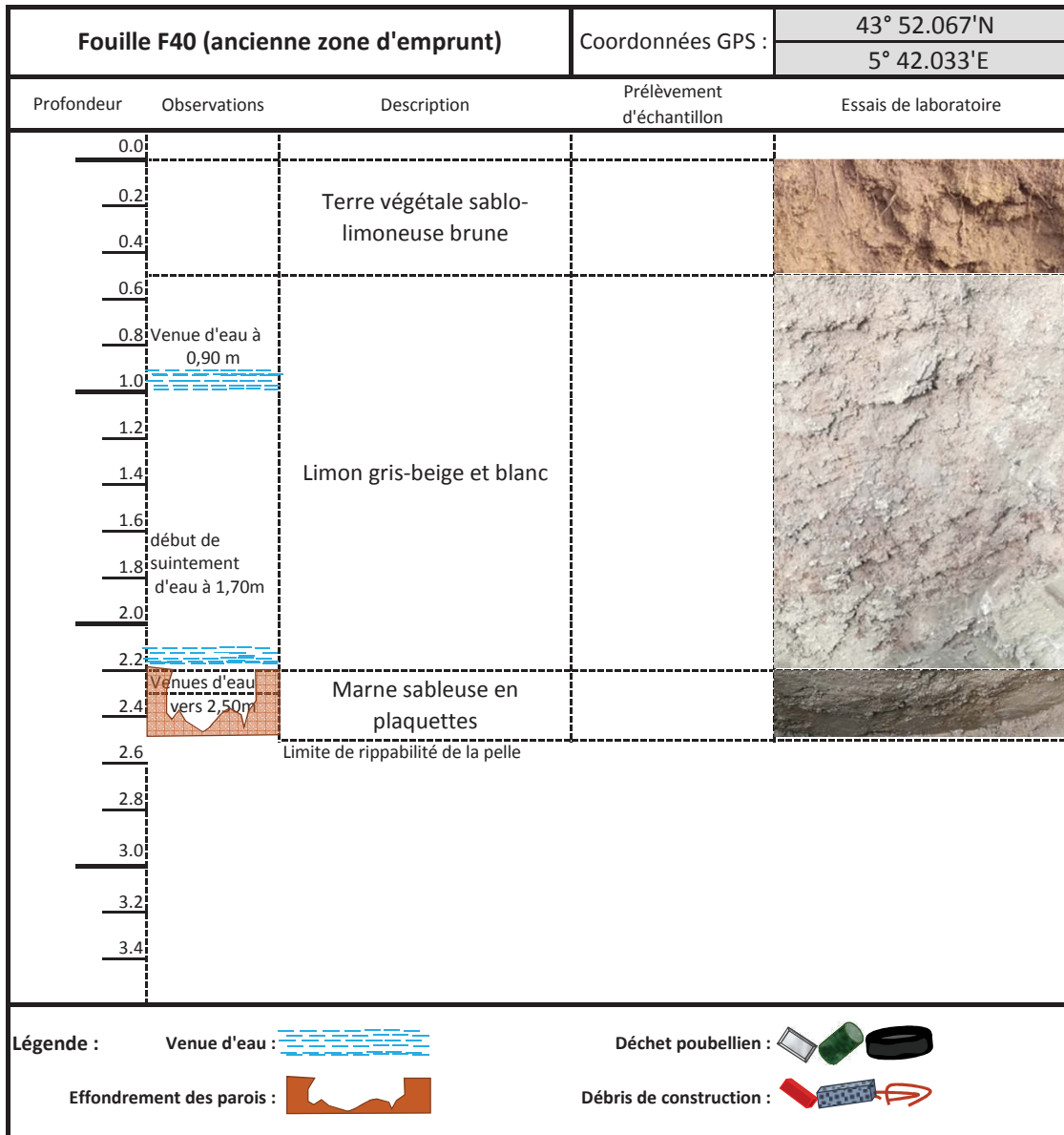
à 2,15 m Limite de rippabilité de la pelle

Légende :




- Venue d'eau : 
- Déchet poubellien : 
- Effondrement des parois : 
- Débris de construction : 




G.A.E.C La Queyrade - Reconnaissances géotechniques





G.A.E.C La Queyrate - Reconnaissances géotechniques


Fouille F41 (ancienne zone d'emprunt)		Coordonnées GPS :	
		43° 52.067'N	
		5° 42.017'E	
Profondeur	Observations	Description	Essais de laboratoire
0.0			
0.2		Terre Végétale	
0.4			
0.6			
0.8			
1.0			
1.2		Limon gris beige et blanc	
1.4			
1.6			
1.8			
2.0			
2.2			
2.4		Marne sableuse en plaquettes	
2.6	Présence d'eau vers 2,40m	Limite de rippabilité de la pelle	
2.8			
3.0			
3.2			
3.4			

Légende :

Venue d'eau : 

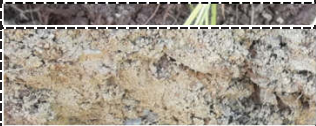


Effondrement des parois : 

Déchet poubellien : 




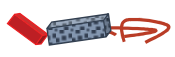
Débris de construction : 



G.A.E.C La Queyrade - Reconnaissances géotechniques

Fouille F42 (ancienne zone d'emprunt)		Coordonnées GPS :	
		43° 52.050'N	
		5° 41.983'E	
Profondeur	Observations	Description	Essais de laboratoire
0.0		Terre Végétale	
0.2		Limens sableux gris-beige	
0.4			
0.6	à 0,50 m	Refus sur la marne sableuse	
0.8			
1.0			
1.2			
1.4			
1.6			
1.8			
2.0			
2.2			
2.4			
2.6			
2.8			
3.0			
3.2			
3.4			

Légende :

- Venue d'eau : 
- Effondrement des parois : 
- Déchet poubellier : 
- Débris de construction : 



ANNEXE 3 PROCES-VERBAUX DES ESSAIS DE LABORATOIRE

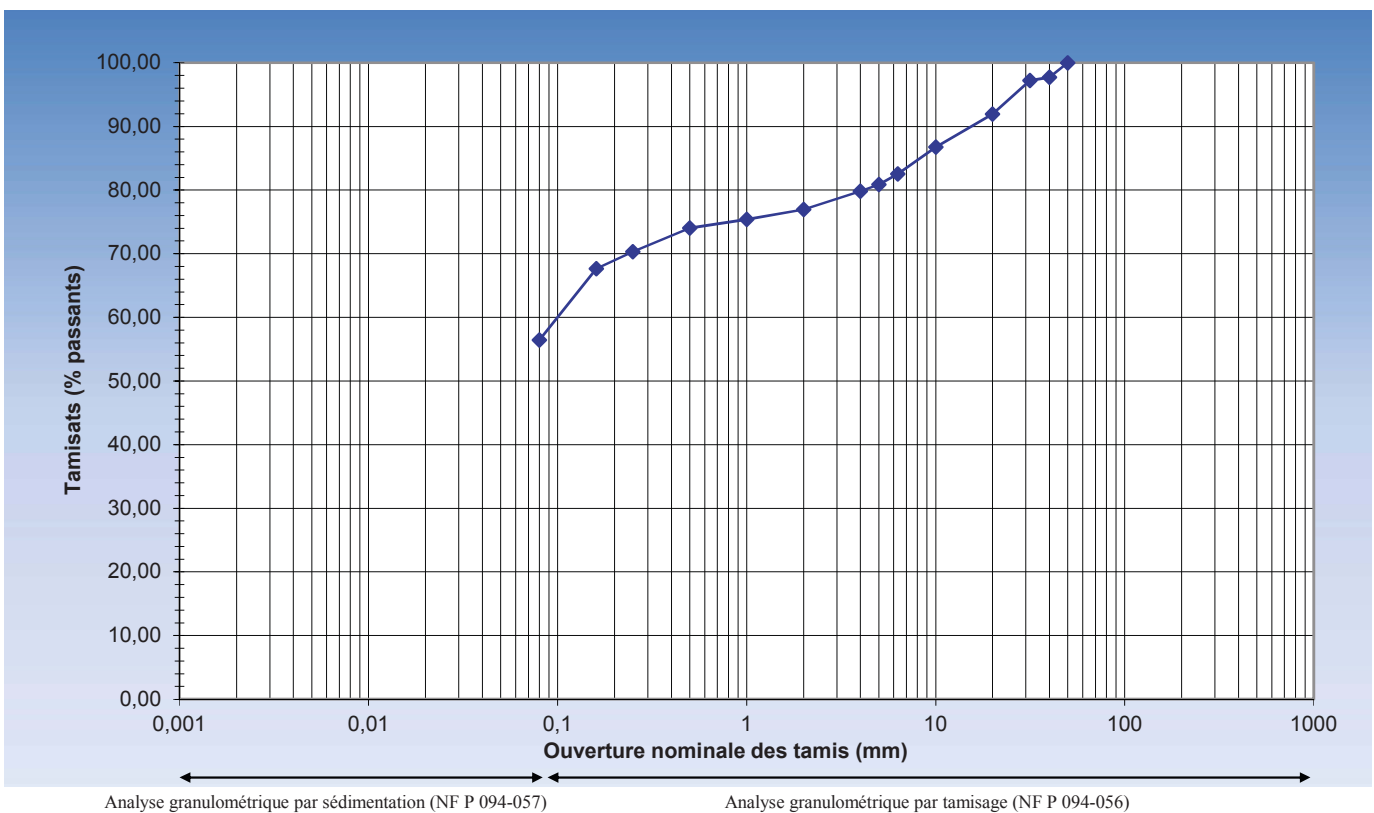
ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Effectuée conformément à la norme NF P 94-056

Le Tholonet, le 20/07/2018

Référence : **2018.032-01**
 Client : **SCP**
 Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F1 à 2,40m**
 Prélèvement effectué par : **Le client** Le : **N.C.**
 Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**
 Nature du matériau : **Limon argileux marron à colluvions avec quelques blocs.**



Tamis (mm)	50	40	31,5	20	10	6,3	5
Passant %	'100,0	'97,7	'97,2	'92,0	'86,7	'82,5	'80,9
Tamis (mm)	4	2	1	0,5	0,25	0,16	0,08
Passant %	'79,8	'77,0	'75,4	'74,0	'70,3	'67,7	'56,4

Teneur en eau naturelle : **W (%) = 22,9**
 Valeur au bleu : **V.B.S. = 2,64**
 Valeur au bleu sur la matrice <2mm: **V.B.S. = 3,43**

Classement G.T.R. : **A₂**

La technicienne,


G. DUPIAT

Le responsable des essais,


J. BAZILLON

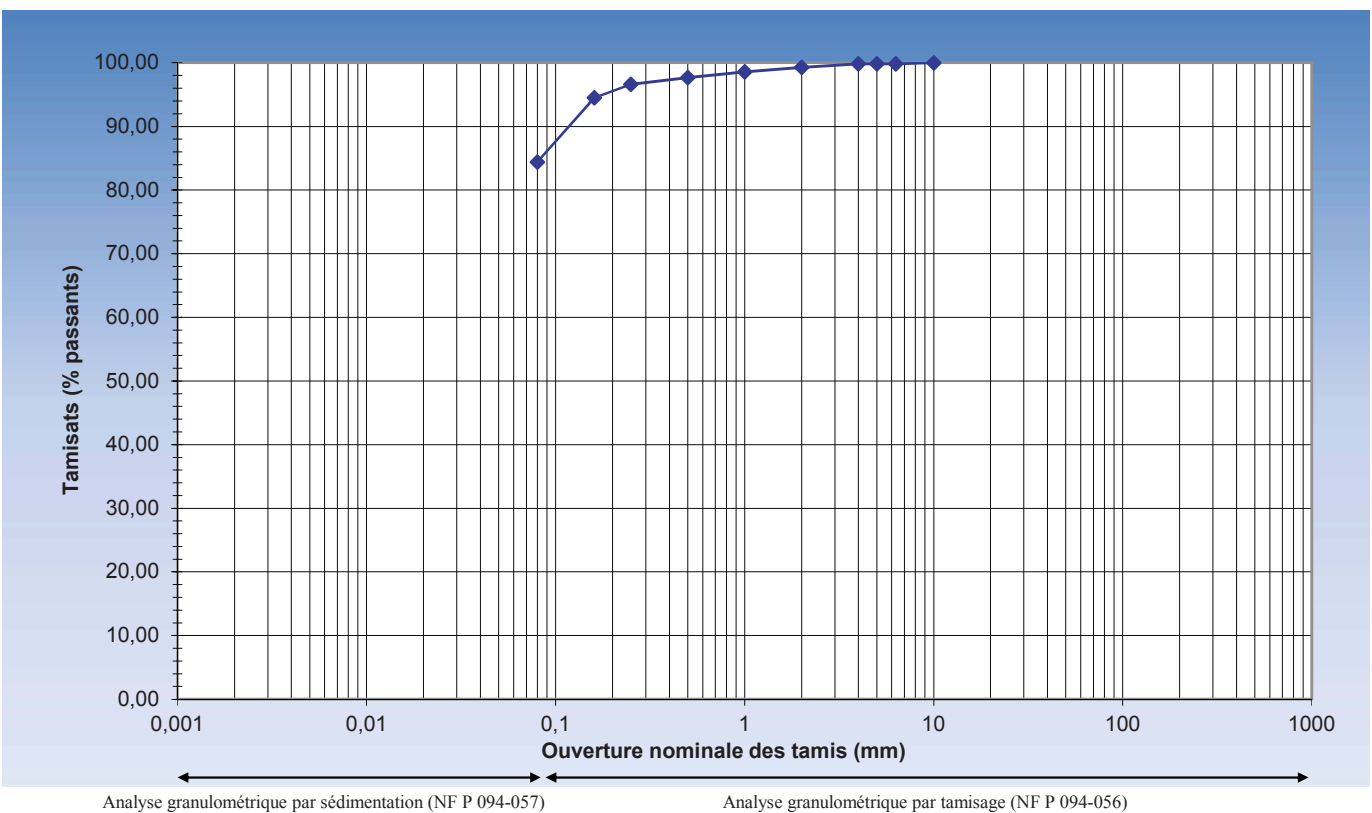
ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Effectuée conformément à la norme NF P 94-056

Le Tholonet, le 20/07/2018

Référence : **2018.032-02-1**
 Client : **SCP**
 Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F3 à 1,30m**
 Prélèvement effectué par : **Le client** Le : **N.C.**
 Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**
 Nature du matériau : **Limon argileux marron rouille à marron orangé.**

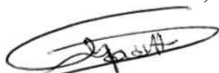


Tamis (mm)	10	6,3	5	4	2	1	0,5
Passant %	'100,0	'99,8	'99,8	'99,8	'99,3	'98,6	'97,7
Tamis (mm)	0,25	0,16	0,08				
Passant %	'96,6	'94,5	'84,4				

Teneur en eau naturelle : **W (%) = 23,4**
 Valeur au bleu : **V.B.S. = 2,77**
 Valeur au bleu sur la matrice <2mm: **V.B.S. = 2,80**

Classement G.T.R. : **A₂**

La technicienne,


G. DUPIAT

Le responsable des essais,


P. DUBOUILH

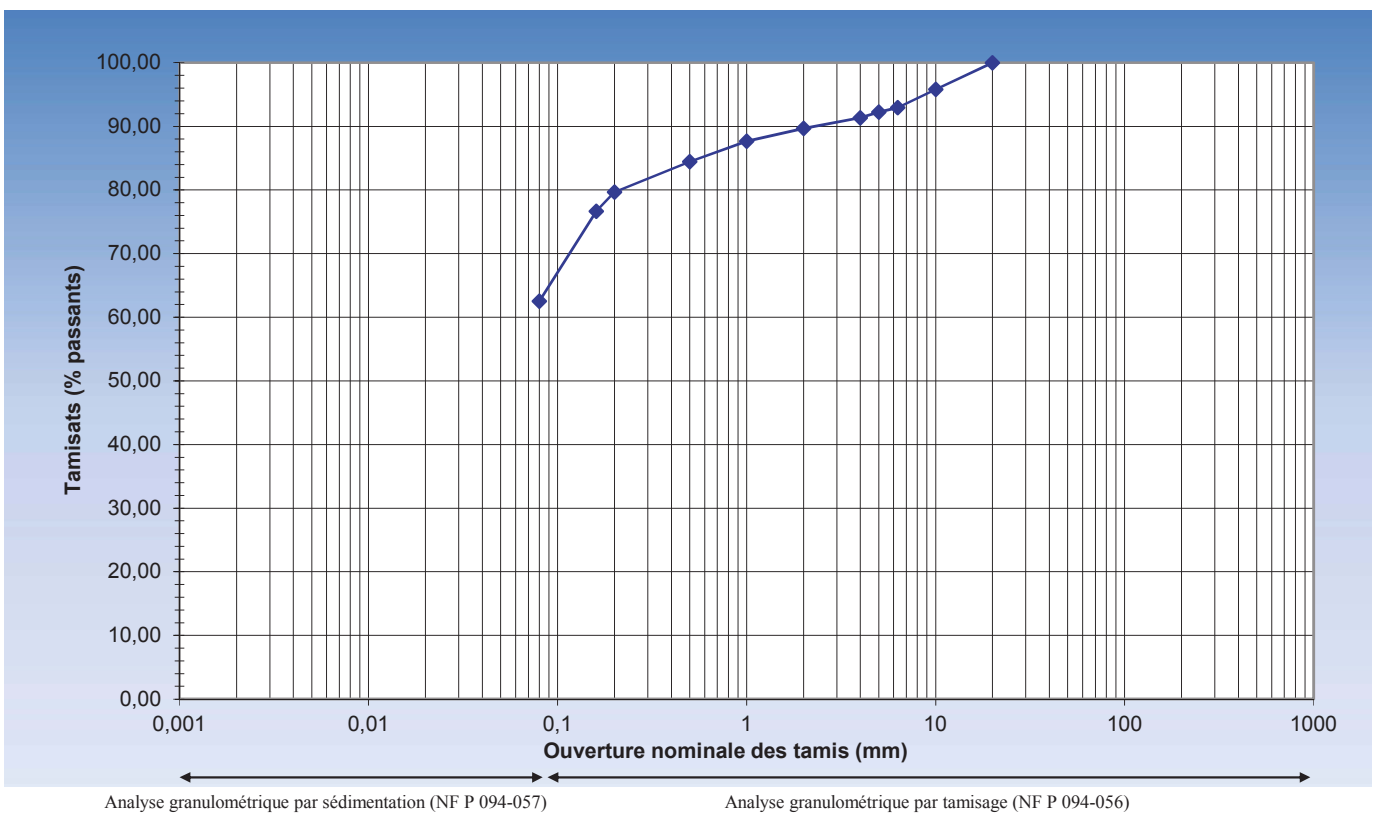
ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Effectuée conformément à la norme NF P 94-056

Le Tholonet, le 07/03/2018

Référence : **2018.032-03**
 Client : **SCP**
 Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F4 à 2,00m**
 Prélèvement effectué par : **Le client** Le : **N.C.**
 Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**
 Nature du matériau : **Limon argileux ôcre-marron avec quelques graviers et blocs (non prélevés)**



Tamis (mm)	20	10	6,3	5	4	2	1
Passant %	'100,0	'95,8	'92,9	'92,2	'91,3	'89,7	'87,7
Tamis (mm)	0,5	0,2	0,16	0,08			
Passant %	'84,5	'79,6	'76,7	'62,5			

Teneur en eau naturelle : **W (%) = 22,9**
 Valeur au bleu : **V.B.S. = 2,86**
 Valeur au bleu sur la matrice <2mm: **V.B.S. = 3,16**

Classement G.T.R. : **A₂**

La technicienne,


G. DUPIAT

Le responsable des essais,


J. BAZILLON

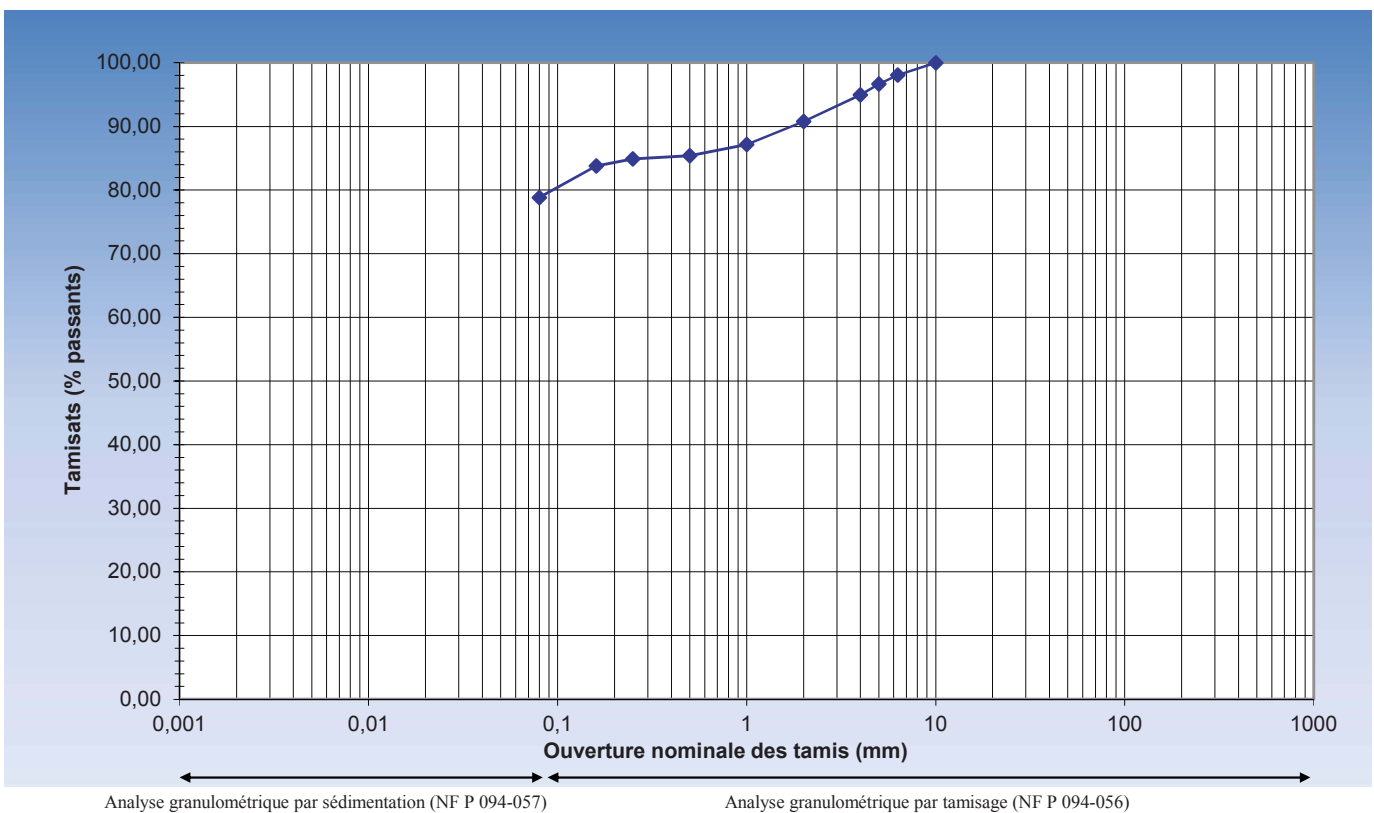
ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Effectuée conformément à la norme NF P 94-056

Le Tholonet, le 20/07/2018

Référence : **2018.032-04-1**
 Client : **SCP**
 Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F5 à 1,90m**
 Prélèvement effectué par : **Le client** Le : **N.C.**
 Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**
 Nature du matériau : **Limon gris-beige avec concrétions carbonatées.**

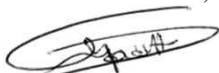


Tamis (mm)	10	6,3	5	4	2	1	0,5
Passant %	'100,0	'98,1	'96,7	'95,0	'90,8	'87,2	'85,4
Tamis (mm)	0,25	0,16	0,08				
Passant %	'84,9	'83,8	'78,8				

Teneur en eau naturelle : **W (%) = 30,8**
 Valeur au bleu : **V.B.S. = 1,93**
 Valeur au bleu sur la matrice <2mm: **V.B.S. = 2,13**

Classement G.T.R. : **A₁**

La technicienne,


G. DUPIAT

Le responsable des essais,


P. DUBOUILH

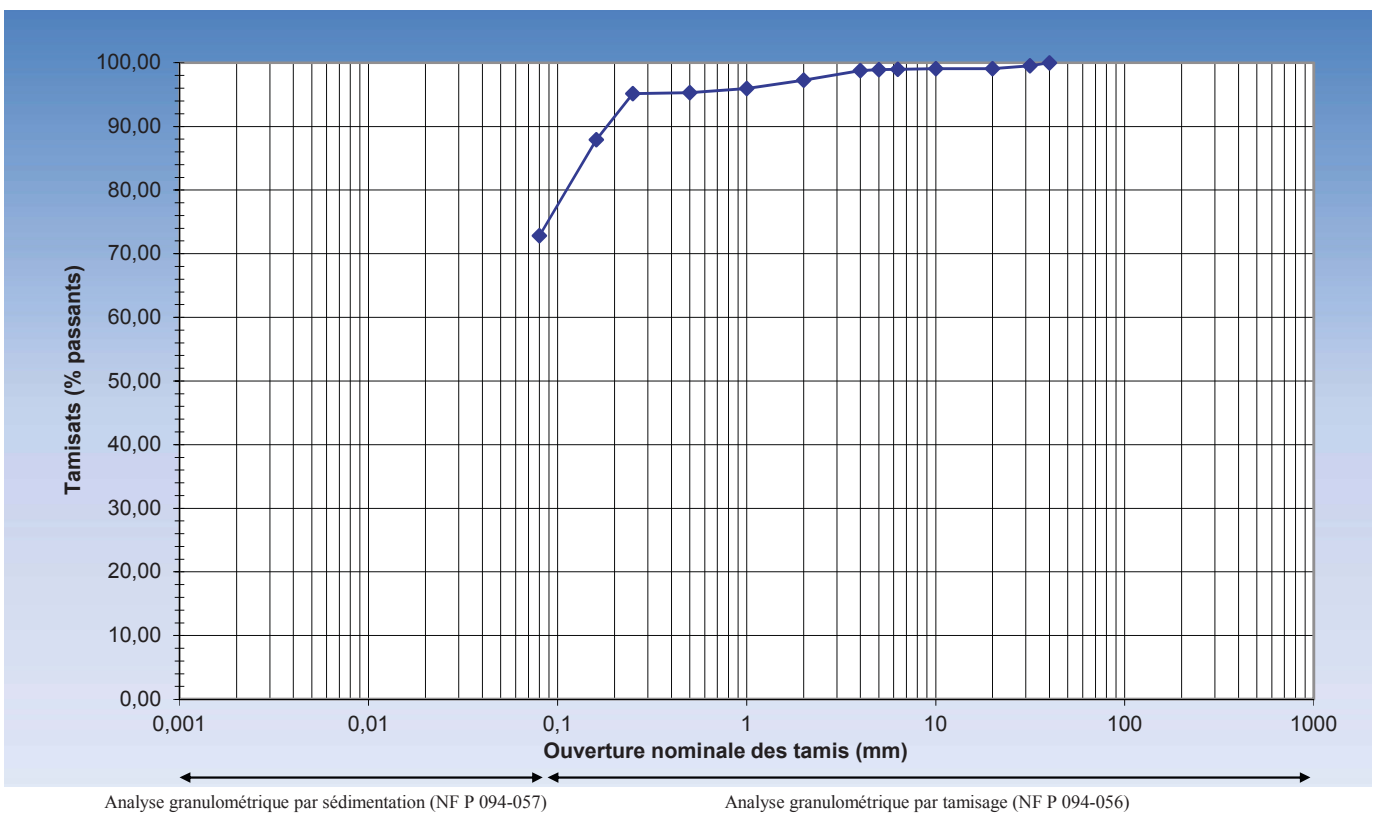
ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Effectuée conformément à la norme NF P 94-056

Le Tholonet, le 20/07/2018

Référence : **2018.032-05-1**
 Client : **SCP**
 Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F6 à 2,00m**
 Prélèvement effectué par : **Le client** Le : **N.C.**
 Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**
 Nature du matériau : **Limon bariolé marron-gris avec passées graveleuses.**

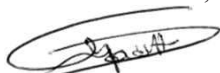


Tamis (mm)	40	31,5	20	10	6,3	5	4
Passant %	'100,0	'99,5	'99,1	'99,1	'99,0	'98,9	'98,8
Tamis (mm)	2	1	0,5	0,25	0,16	0,08	
Passant %	'97,3	'95,9	'95,3	'95,2	'87,9	'72,8	

Teneur en eau naturelle : **W (%) = 25,5**
 Valeur au bleu : **V.B.S. = 2,77**
 Valeur au bleu sur la matrice <2mm: **V.B.S. = 2,87**

Classement G.T.R. : **A₂**

La technicienne,


 G. DUPIAT

Le responsable des essais,


 P. DUBOUILH

ESSAI PROCTOR

Effectué conformément à la norme NF P 94-093

Référence : **2018.032-06-1**

Le Tholonet, le 20/07/2018

Client : **SCP**

Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F6 à 2,00 m**

Prélèvement effectué par : **Le client**

Le : **N.C.**

Essai effectué le : **Semaines 08 - 10**

Nature du matériau : **Limon bariolé marron-gris avec passées graveleuses.**

Résultats d'essai Proctor

$\rho d(\text{opn}) = 1,74 \text{ t/m}^3$

$W(\text{opn}) = 16,2 \%$

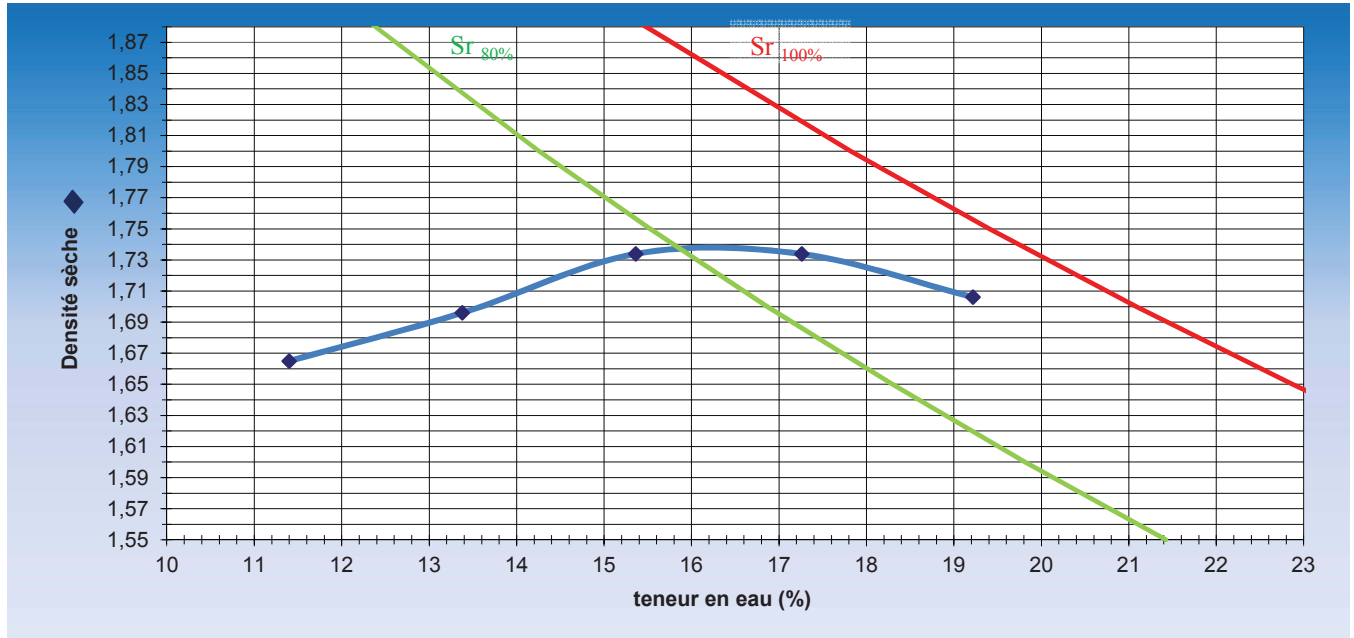
$W(\text{nat.}) = 25,5 \%$

Valeurs tenant compte de la fraction 20/D :

$\rho d(\text{opn})^* = 1,75 \text{ t/m}^3$

$W(\text{opn})^* = 16,1 \%$

	Type d'essai : normal			Moule : C.B.R.	
Teneur en eau (%)	11,4	13,4	15,4	17,3	19,2
Densité sèche (t/m^3)	1,67	1,70	1,73	1,73	1,71



Observation : R.A.S.

La technicienne

G. DUPIAT

Le responsable des essais,

P. DUBOUILH

RESULTATS D'ESSAIS DE PERMEABILITE A L'OEDOMETRE

Le Tholonet, le 20/07/2018

Référence : 2017.032-07-3

Client : SCP

Affaire : GAEC de la Queytrade

Prélèvement effectué par : Le client


Le : N.C.

Echantillon	Profondeur (m)	Nature du matériau	Caractéristiques naturelles de l'éprouvette					Caractéristiques de l'éprouvette soumise à la charge effective σ'_g			Valeur de perméabilité de l'éprouvette
			W nat. (%)	γ_n nat. (t/m ³)	γ_d nat. (t/m ³)	γ_s estimé (t/m ³)	Sr initial (%)	Charge effective σ'_g (kPa)	γ_d (t/m ³)	Gonflement (%)	K (m/s)
F3	2,80m	Argile bleue avec gravillons et coquilles.	30,9	1,917	1,464	2,700	99	7,5	1,461	/	1,78.E-07
F6	2,00m	Limon bariolé marron-gris avec passées graveleuses.	15,9	1,927	1,662	2,700	69	6,2	1,604	3,4	9,18.E-07
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observation :

Le technicien

 J.BAZILLON

Le responsable des essais,

 P. DUBOUILH

ESSAI PROCTOR

Effectué conformément à la norme NF P 94-093

Référence : **2018.032-08**

Le Tholonet, le 20/07/2018

Client : **SCP**

Affaire : **GAEC de la Queyrade**

Sondage : **F1 à 2,40 m**

Prélèvement effectué par : **Le client**

Le : **N.C.**

Essai effectué le : **Semaine 11**

Nature du matériau : **Limon argileux marron à colluvions avec quelques blocs.**

Résultats d'essai Proctor

$\rho d(\text{opn}) = 1,71 \text{ t/m}^3$

$W(\text{opn}) = 17,2 \%$

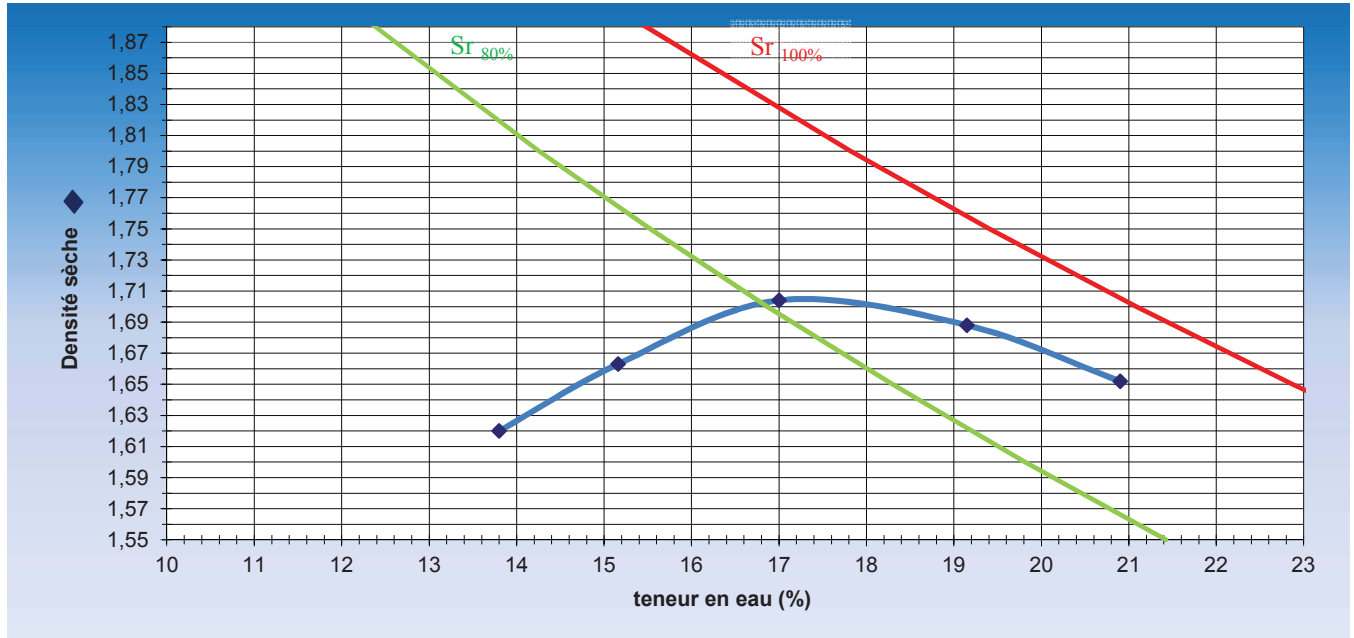
$W(\text{nat.}) = 22,9 \%$

Valeurs tenant compte de la fraction 20/D :

$\rho d(\text{opn})^* = 1,83 \text{ t/m}^3$

$W(\text{opn})^* = 13,9 \%$

	Type d'essai : normal			Moule : C.B.R.	
Teneur en eau (%)	13,8	15,2	17,0	19,2	20,9
Densité sèche (t/m^3)	1,62	1,66	1,70	1,69	1,65



Observation : R.A.S.

La technicienne


G. DUPIAT

Le responsable des essais,


J. BAZILLON

ANNEXE 4 PLAN TOPOGRAPHIQUE



NO.	DATE	DESSINE PAR	CONTROLE PAR

Société du Canal de Provence
et d'aménagement de la région provençale
Le Tholonet - CS 70064 - 13182 Aix-en-Provence CEDEX 5
Tél : 04 42 66 70 00 - www.canal-de-provence.com



DEPARTEMENT DES ALPES DE HAUTE-PROVENCE

COMMUNE DE REILLANNE

GAEC Queytrade

Retenues collinaires

PLAN TOPOGRAPHIQUE

PLANS

- ÉTUDE
- A.P.S.
- A.P.D.
- D.C.E.
- EXÉCUTION
- AP.EXÉCUTION

Date : Février 2018

Echelle: 1/500

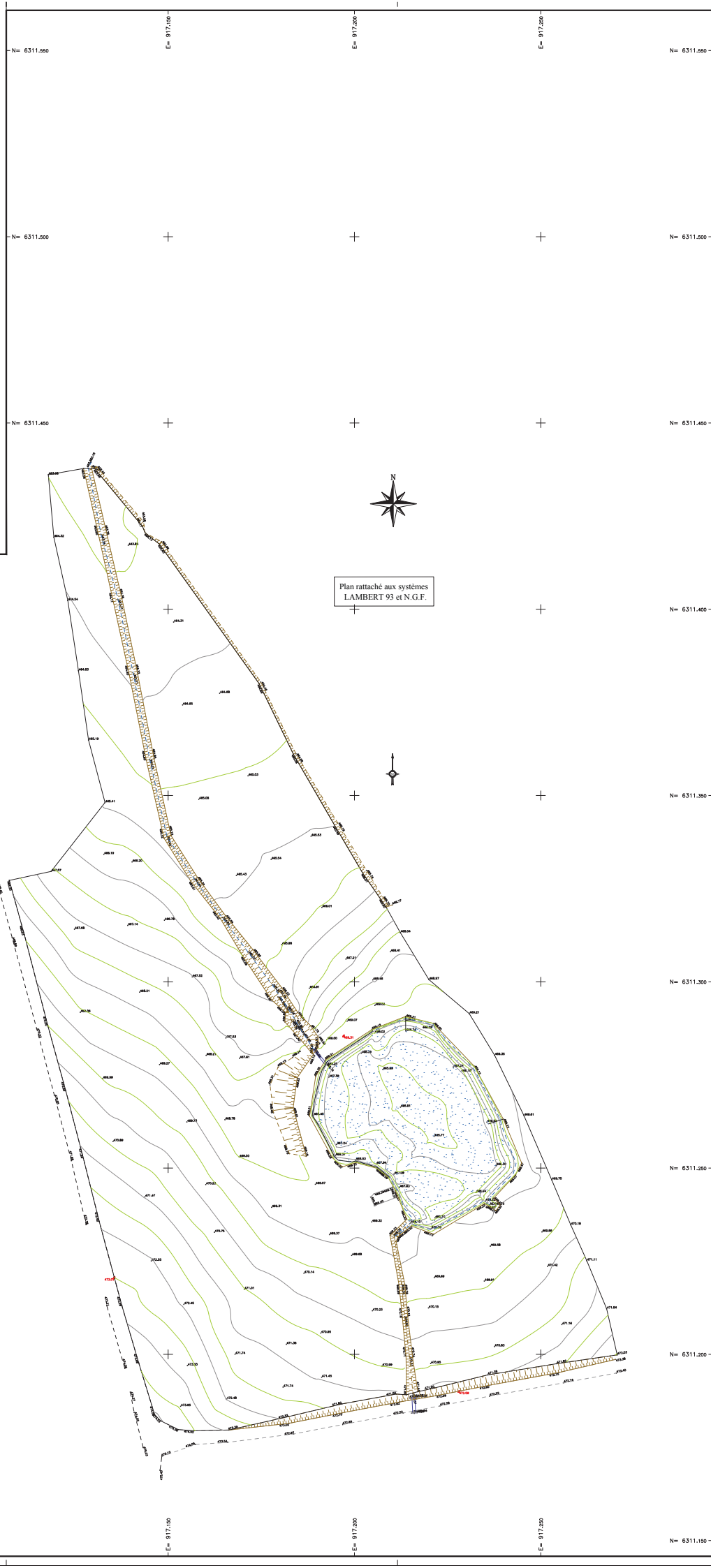
DEPARTEMENT LABORATOIRES ET
GEOEXPERTISES

N° PLAN 121 11 10 14 11 01 1 1 1

Dessiné par : PARISI Edvis

Vérifié par :

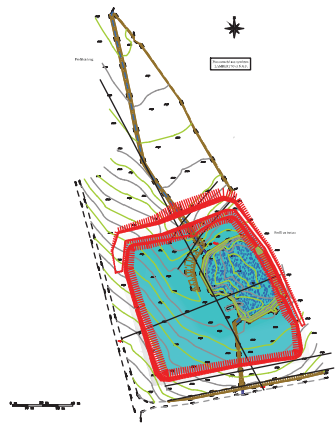
T:TOPO2018-Retenues collinaires



ANNEXE 5 PLANS ET COUPES DU PROJET

Projet retenues collinaires

GAEC QUEYRADE Extension



Plan de situation
 Profil en long
 Profil en travers

Société du Canal de Provence
 et d'aménagement de la région provençale
 Département Laboratoires et GéoExpertises

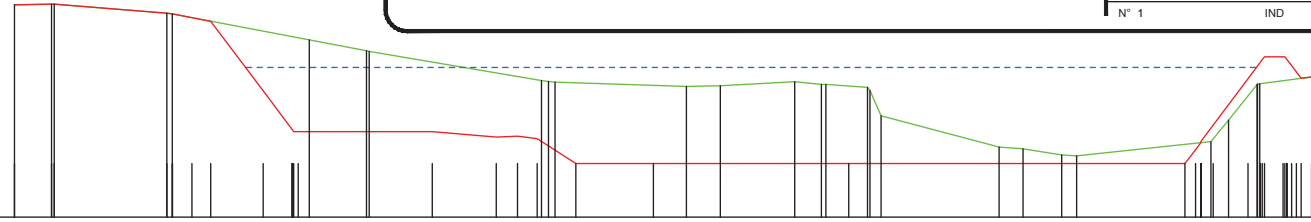
SCP

DESS GARCIN Tony VERIF BRET Laurent
 DATE 13/03/2018 ECH
 N° 1 IND

Retenue collinaire GAEC Queyrade

Profil en travers

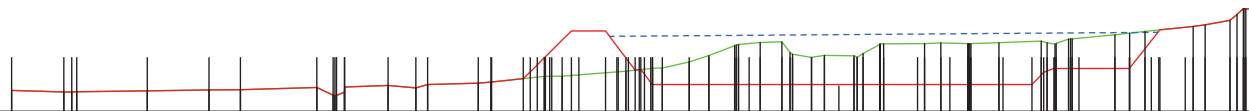
Echelle des altitudes : 1/250
 Echelle des longueurs : 1/1000
 Profil en Travers
 PC : 463,00 m



Altitudes TN		472.93	472.54	471.29	470.78	469.38	468.12	469.33	469.07	468.26	465.91	465.54	469.58
Altitudes Projet		472.93	472.54	468.91	467.00	466.74	465.50	465.50	465.50	465.50	465.50	465.50	469.58
Différence d'altitudes		0.00	-0.00	4.29	3.78	2.85	3.62	3.83	3.57	0.76	0.41	-0.82	-0.00
Distances cumulées		10.662	24.322	38.264	43.607	59.998	73.592	83.706	90.523	102.833	108.709	122.867	132.474
Distance partielles		14.260	13.342	5.343	16.391	13.564	10.143	6.817	12.310	5.875	13.959	9.806	

Retenue collinaire GAEC Queyrade

Echelle des altitudes : 1/500
 Echelle des longueurs : 1/1000
 Profil en Travers
 PC : 463,00 m

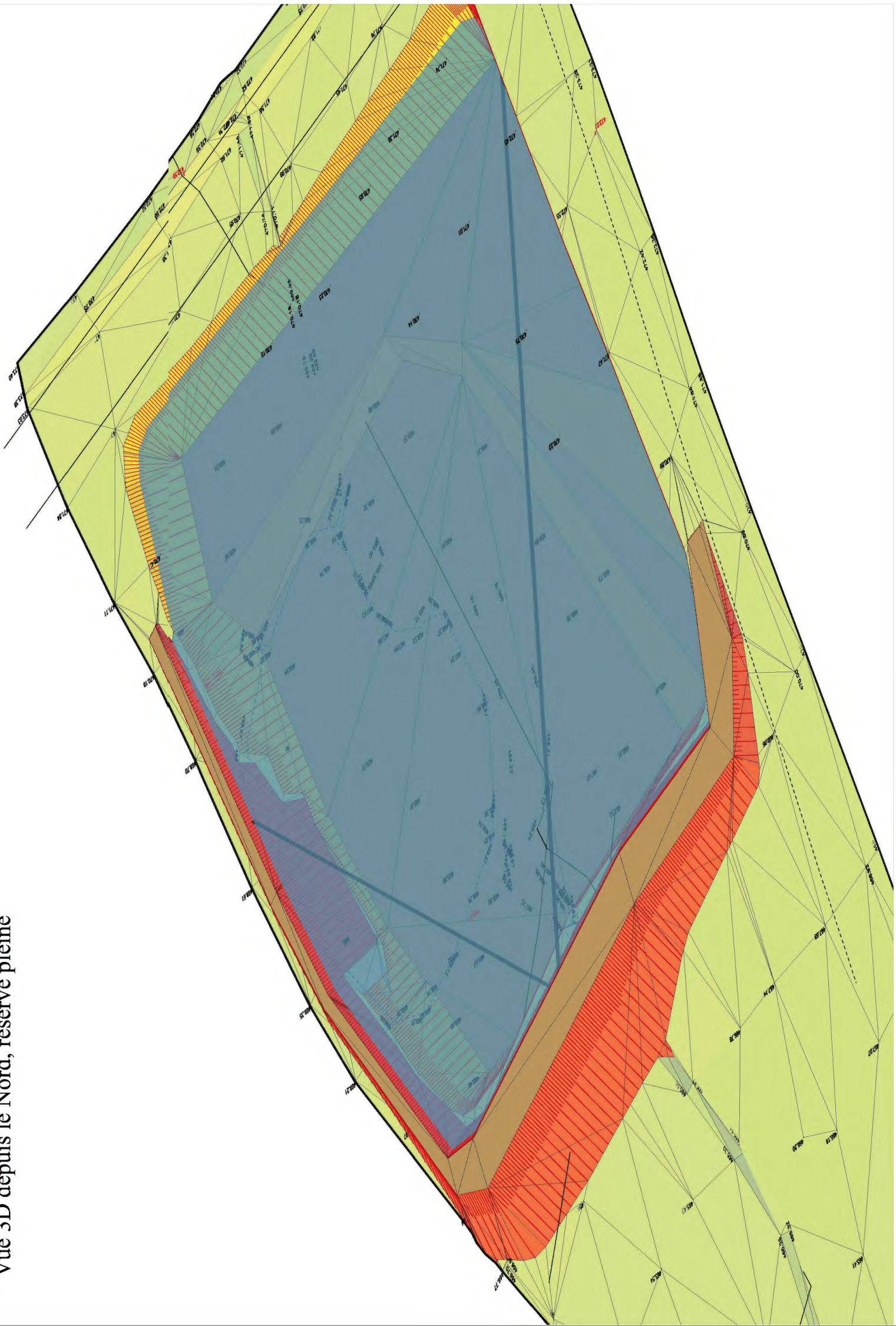


Altitudes TN		464.95	464.80	464.90	464.98	465.21	465.40	465.62	466.26	466.74	467.60	468.42	468.22	468.26	470.15	470.92	472.54			
Altitudes Projet		464.95	464.80	464.90	464.98	465.21	465.40	465.62	467.34	470.90	465.90	465.90	465.90	465.90	467.00	470.85	472.54			
Différence d'altitudes		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-1.74	-1.25	2.10	3.92	2.72	3.76	3.89	3.91	-0.00			
Distances cumulées		0.000	11.256	26.406	36.965	57.140	70.666	87.371	89.748	114.995	126.850	140.160	152.196	162.590	173.995	184.854	195.385	206.600	221.223	233.659
Distance partielles		11.256	14.150	11.559	20.176	13.326	16.905	12.377	15.246	11.855	13.310	12.036	10.384	11.415	10.859	10.531	11.215	14.623	12.436	

Vue 3D depuis le Nord



Vue 3D depuis le Nord, réserve pleine



ANNEXE 6 CALCULS DE STABILITE TALREN

Données du projet

Numéro d'affaire : PRJ3934

Titre du calcul : Digue GAEC PARADIS - Talus AMONT

Lieu : REILLANNE (04)

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Limons de fondation		18,0	30,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Remblais de la digue		19,0	25,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Limons de fondation		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Remblais de la digue		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

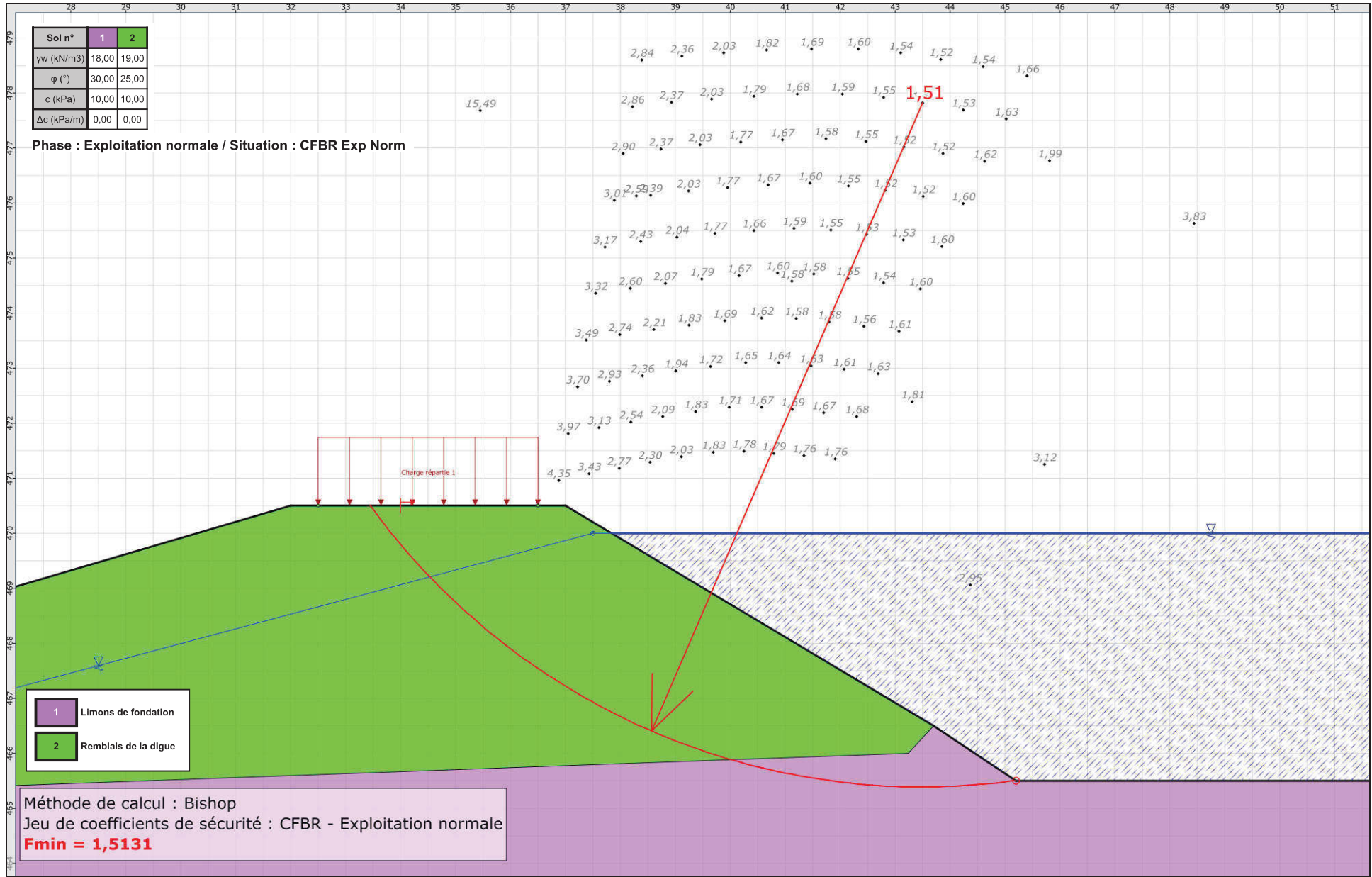
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	465,000	2	15,000	465,500	3	32,000	470,500	4	37,000	470,500	5	43,700	466,500
7	60,000	465,500	8	15,500	465,000	9	43,240	466,000						

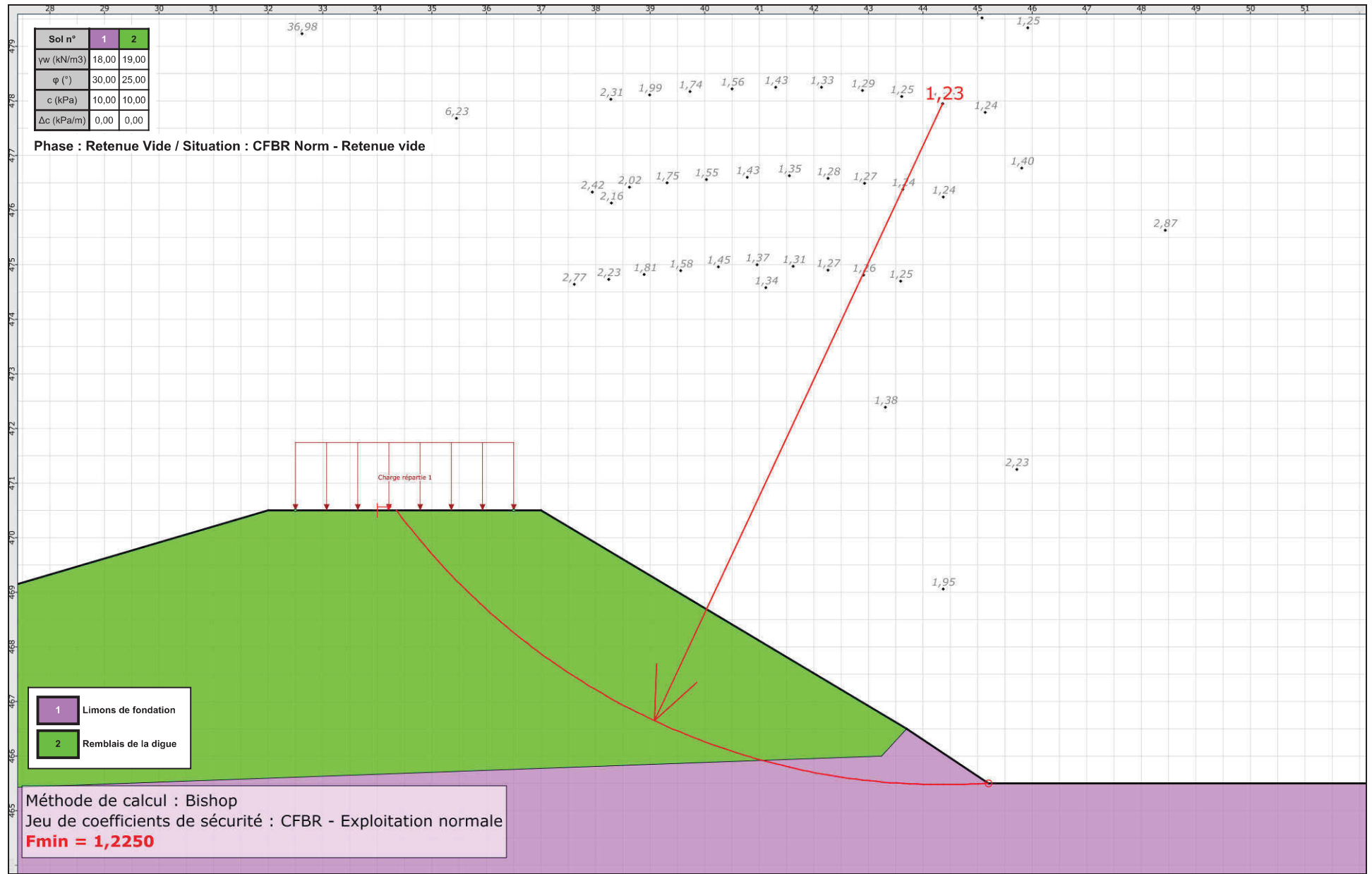
Segments

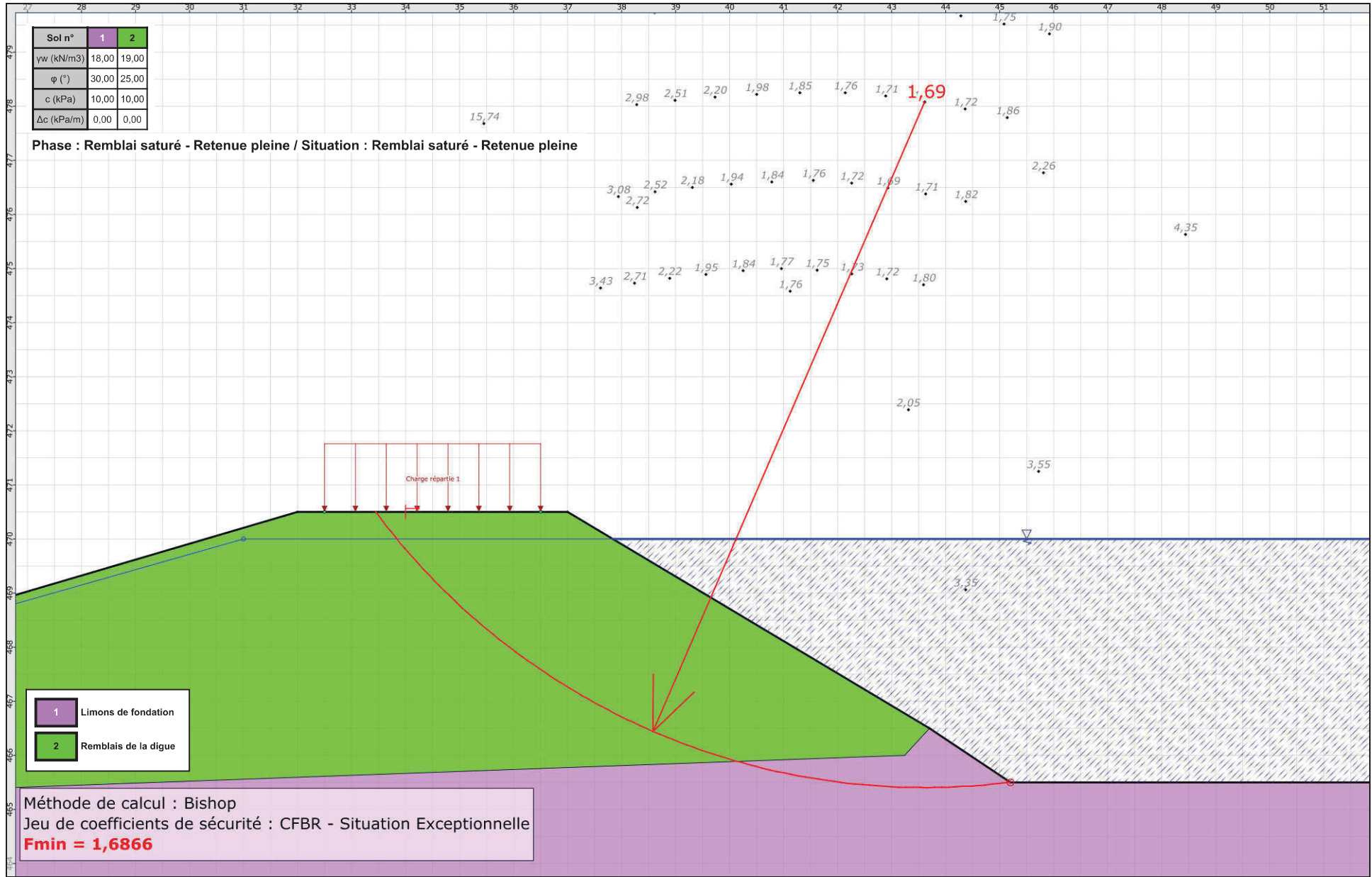
	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2	
1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7
8	8	9	9	9	5													

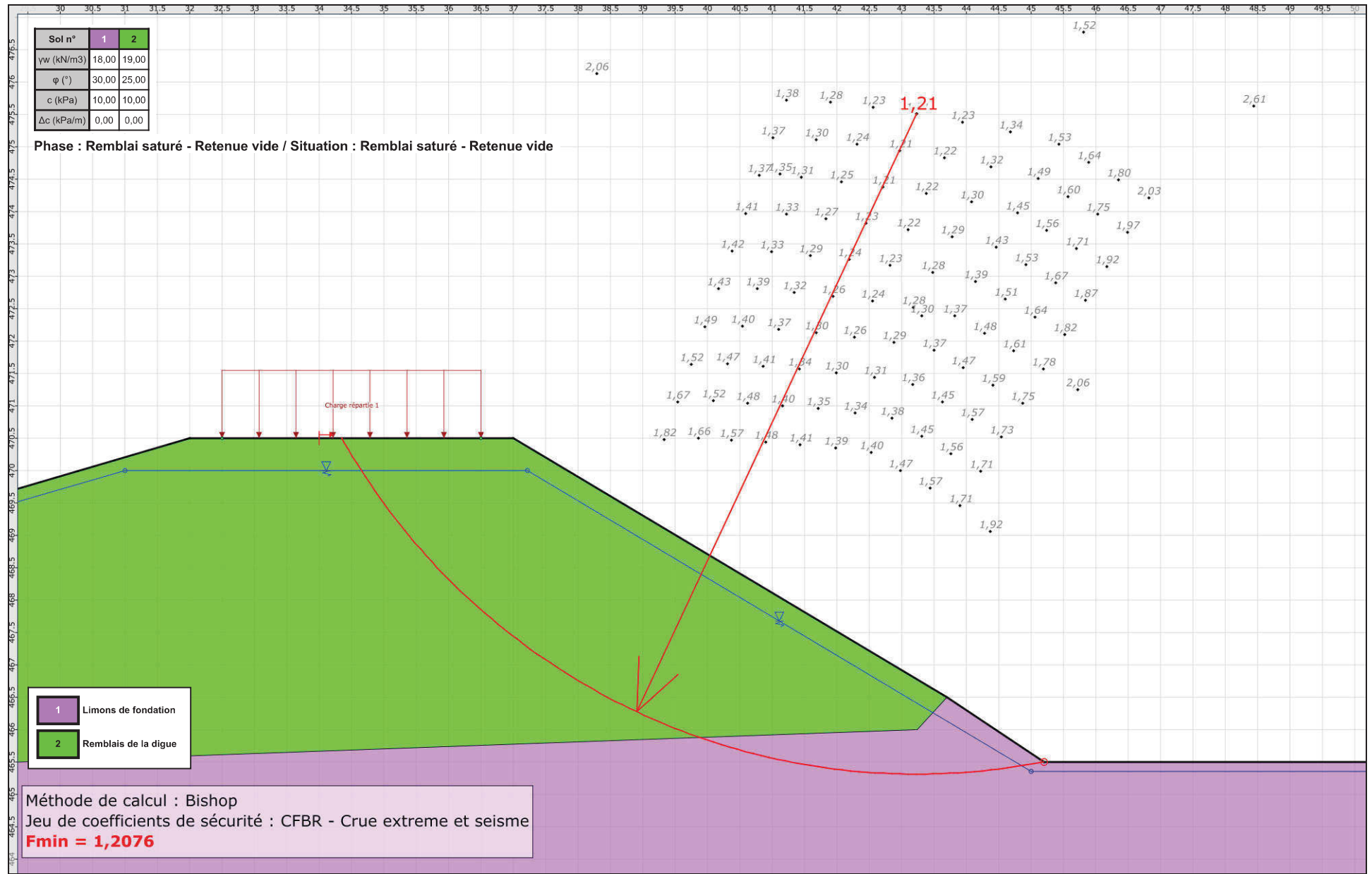
Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	32,500	470,500	10,0	36,500	470,500	10,0	90,00









Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Remblai saturé - Retenue vide / Situation : Remblai saturé - Retenue vide

- 1 Limons de fondation
- 2 Remblais de la digue

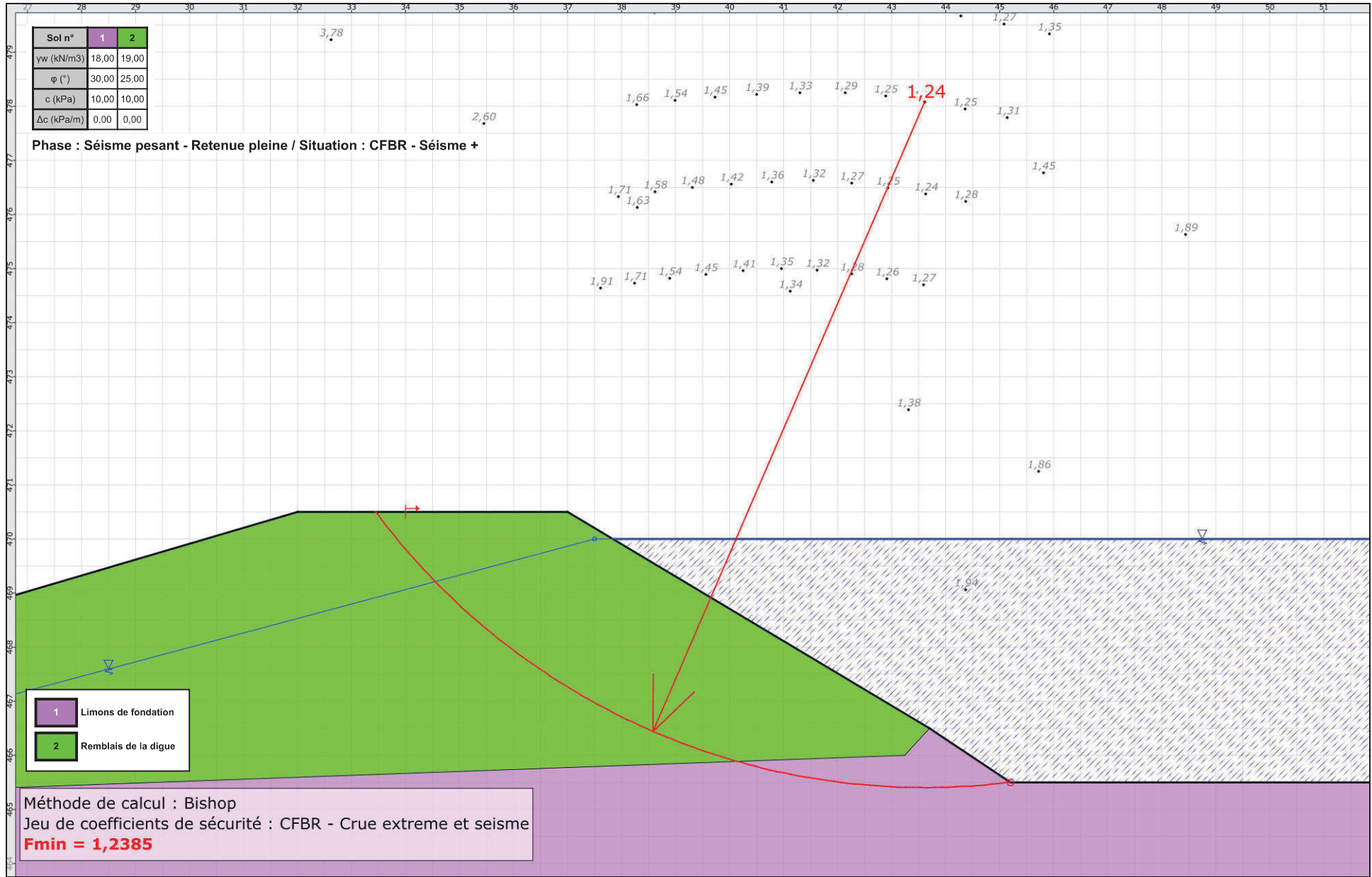
Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Crue extreme et seisme
Fmin = 1,2076

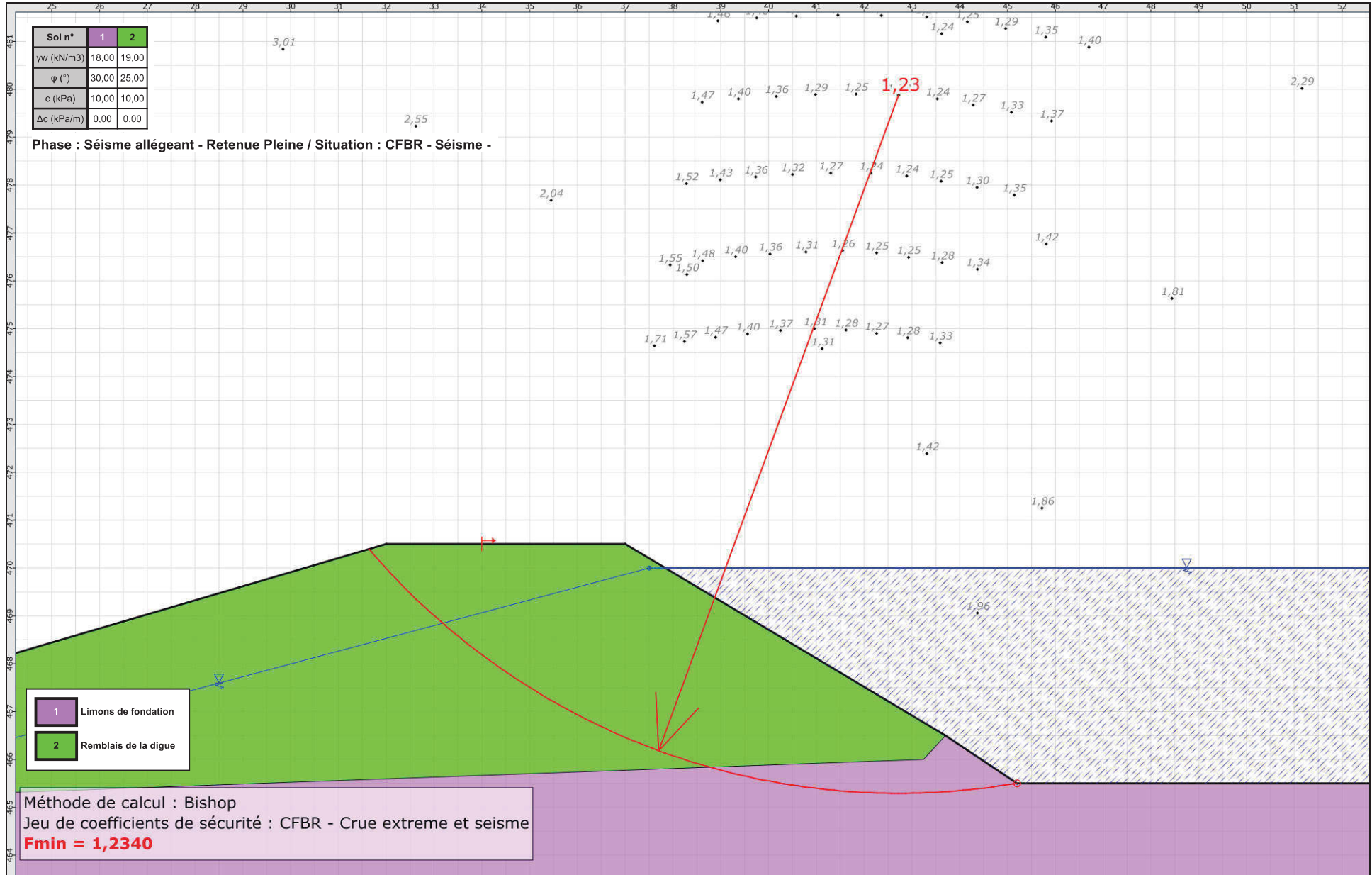


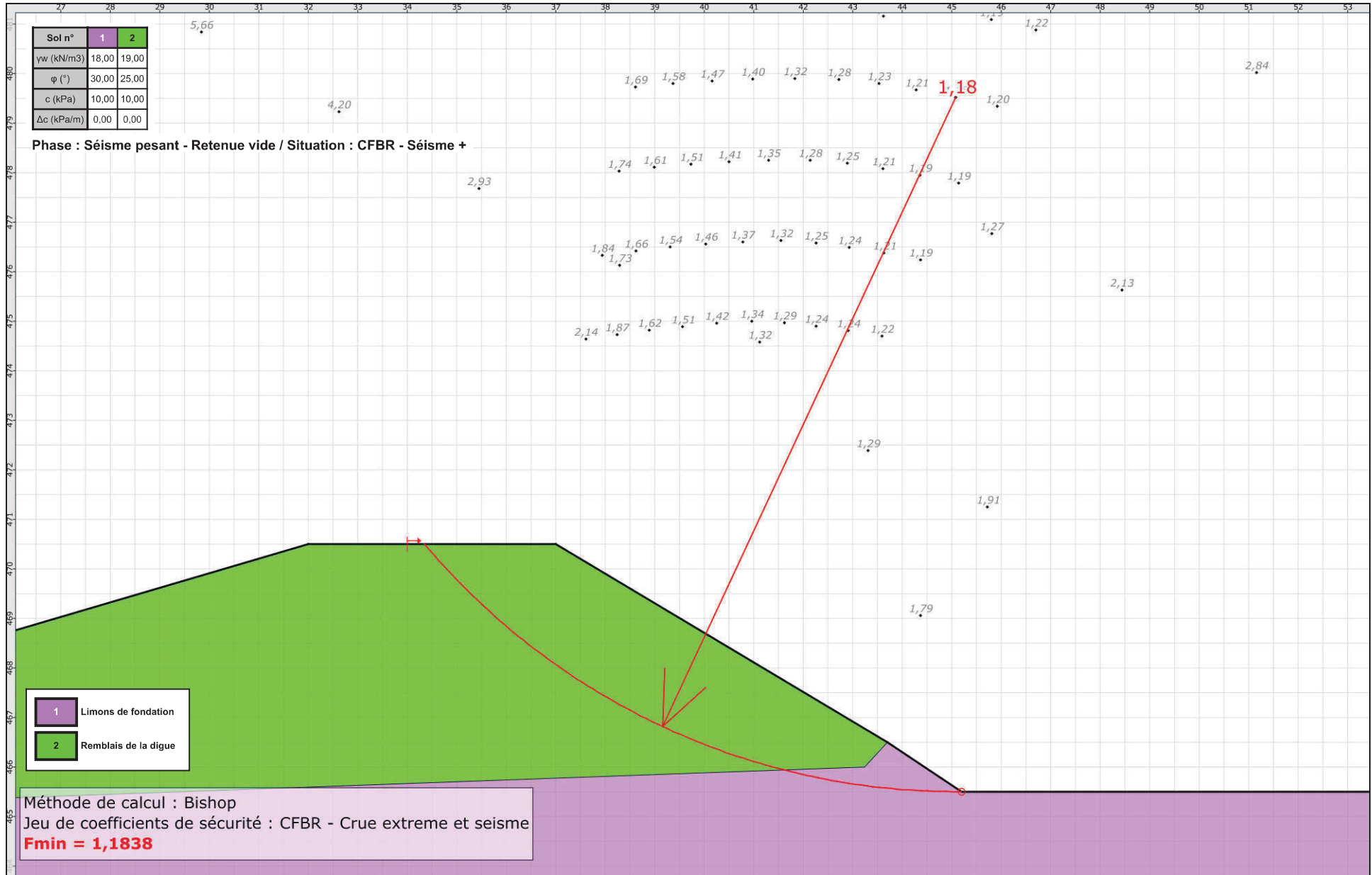
Talren v5
v5.2.5

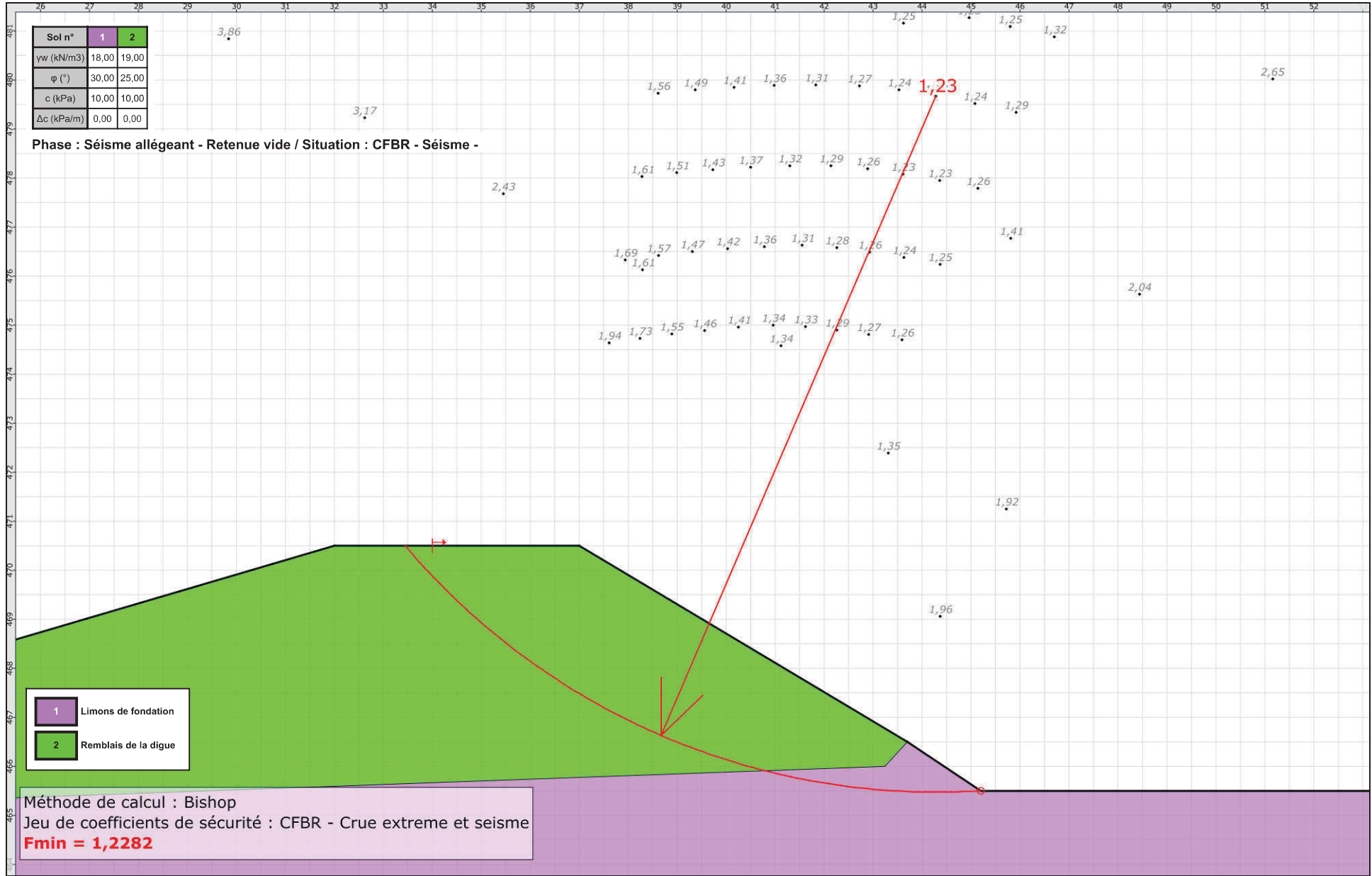
Imprimé le : 13 août 2018 18:29:03
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AMONT









Données du projet

Numéro d'affaire : PRJ3934

Titre du calcul : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Lieu : REILLANNE (04)

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

yw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	ϕ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Limons de fondation		18,0	30,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Remblais de la digue		19,0	25,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma\gamma$	Γc	$\Gamma \tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Limons de fondation		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Remblais de la digue		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-0,000	465,000	2	-15,000	465,500	3	-32,000	470,500	4	-37,000	470,500	5	-43,700	466,500
7	-60,000	465,500	8	-15,500	465,000	9	-43,240	466,000						

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2	
1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7
8	8	9	9	9	5													

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	-36,500	470,500	10,0	-32,500	470,500	10,0	90,00

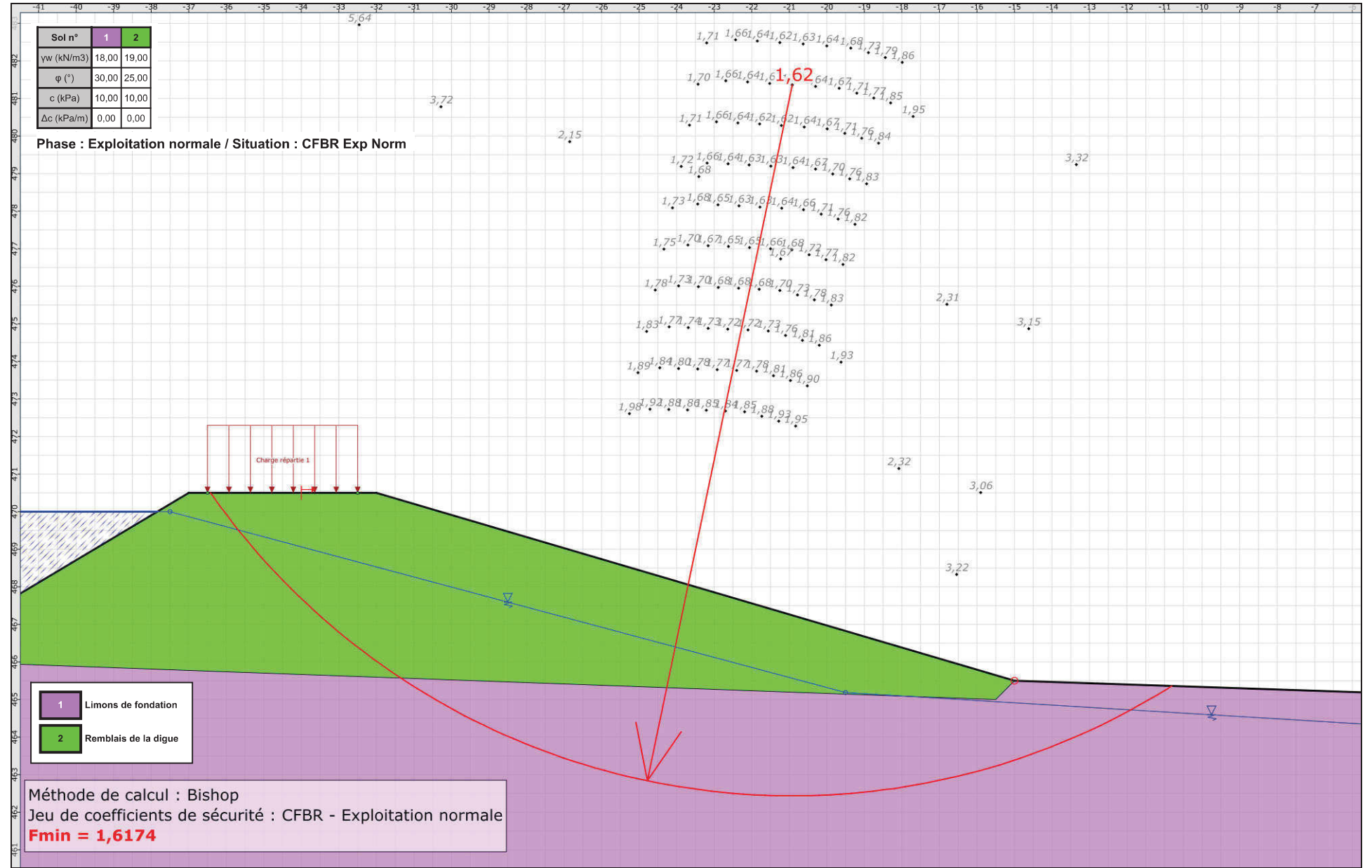


Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:32
Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE
Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Exploitation normale / Situation : CFBR Exp Norm



1	Limons de fondation
2	Remblais de la digue

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Exploitation normale
Fmin = 1,6174



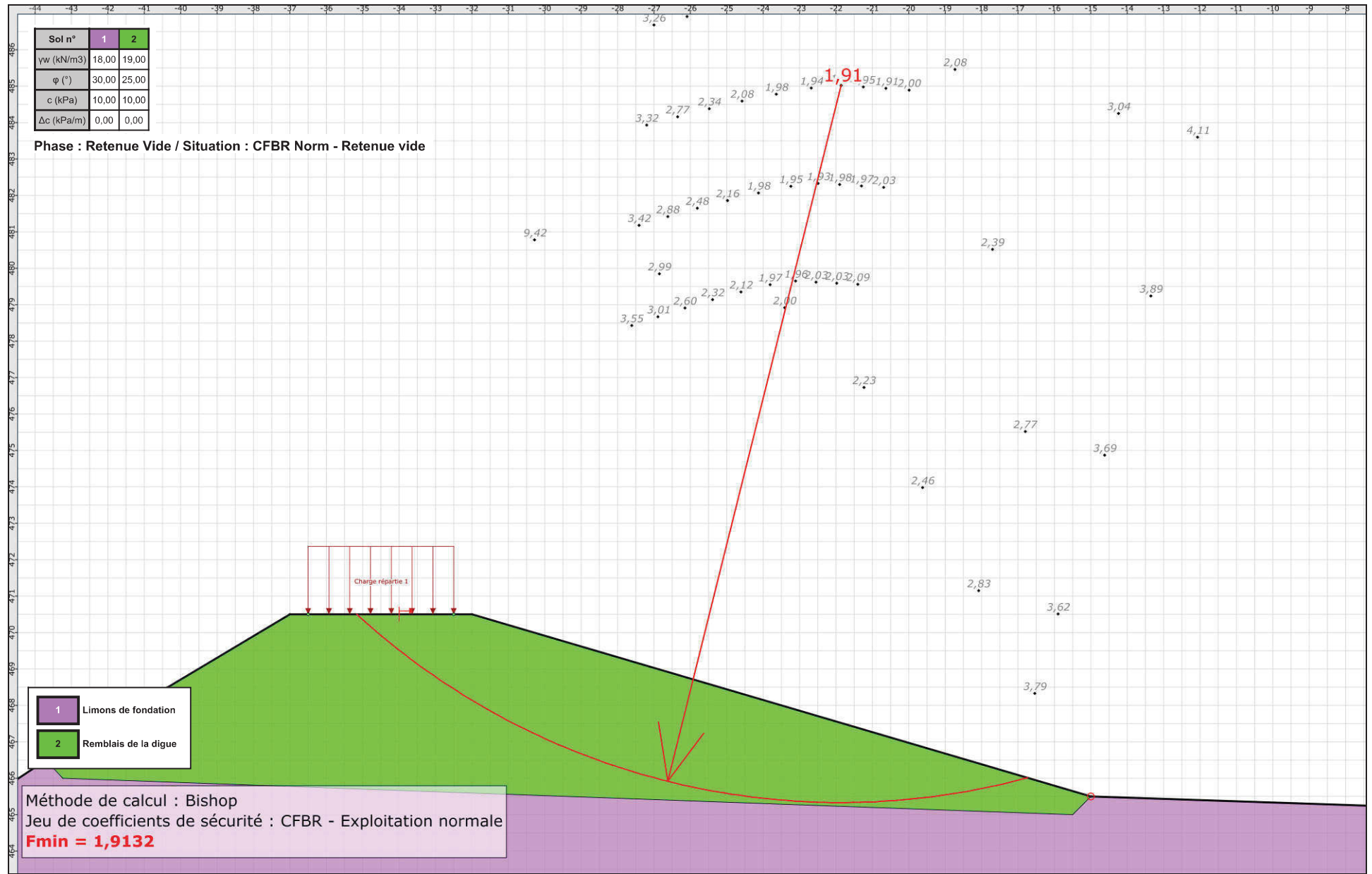
Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:32
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Retenue Vide / Situation : CFBR Norm - Retenue vide



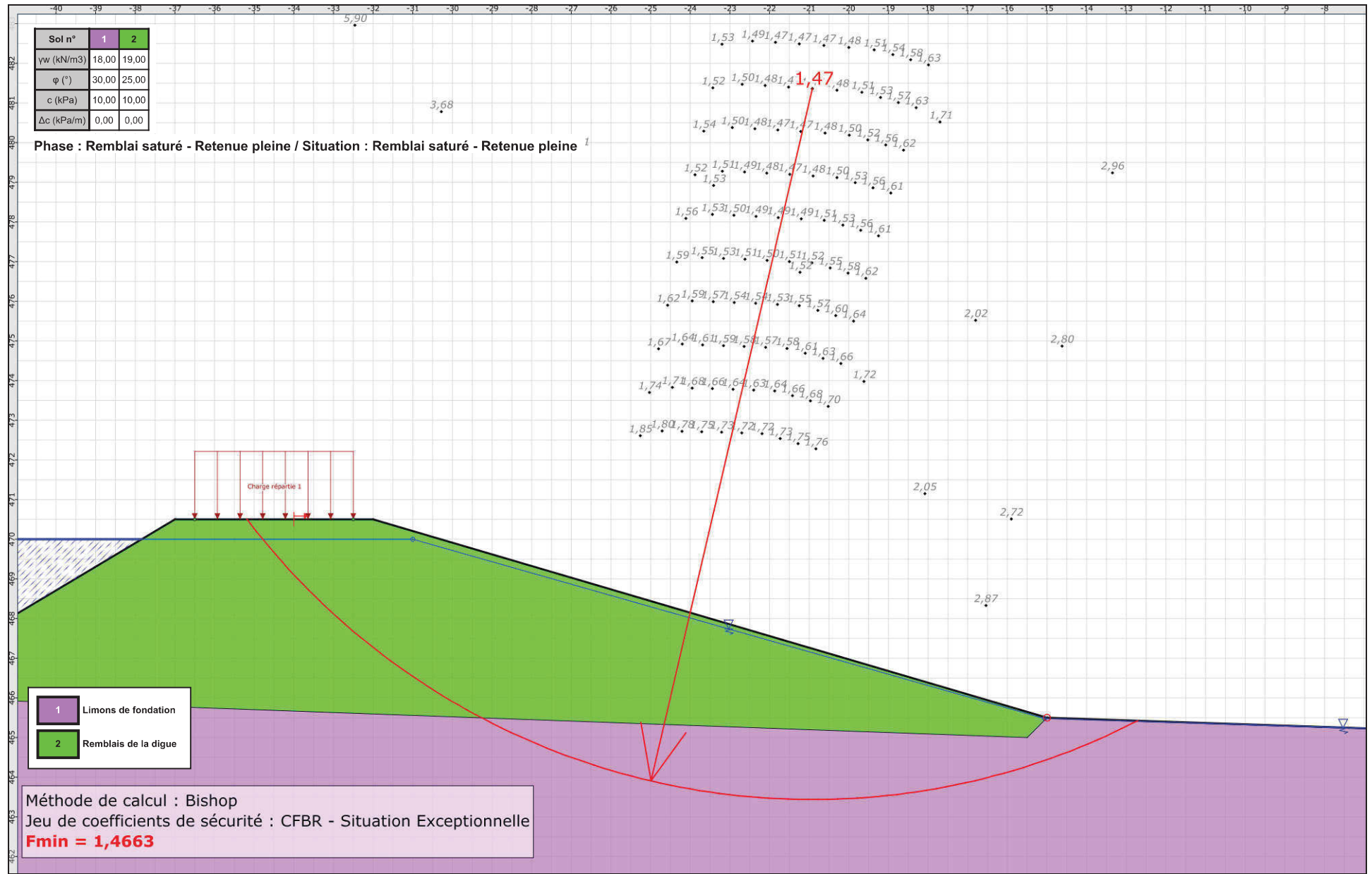
Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Exploitation normale
Fmin = 1,9132



Talren v5
v5.2.5

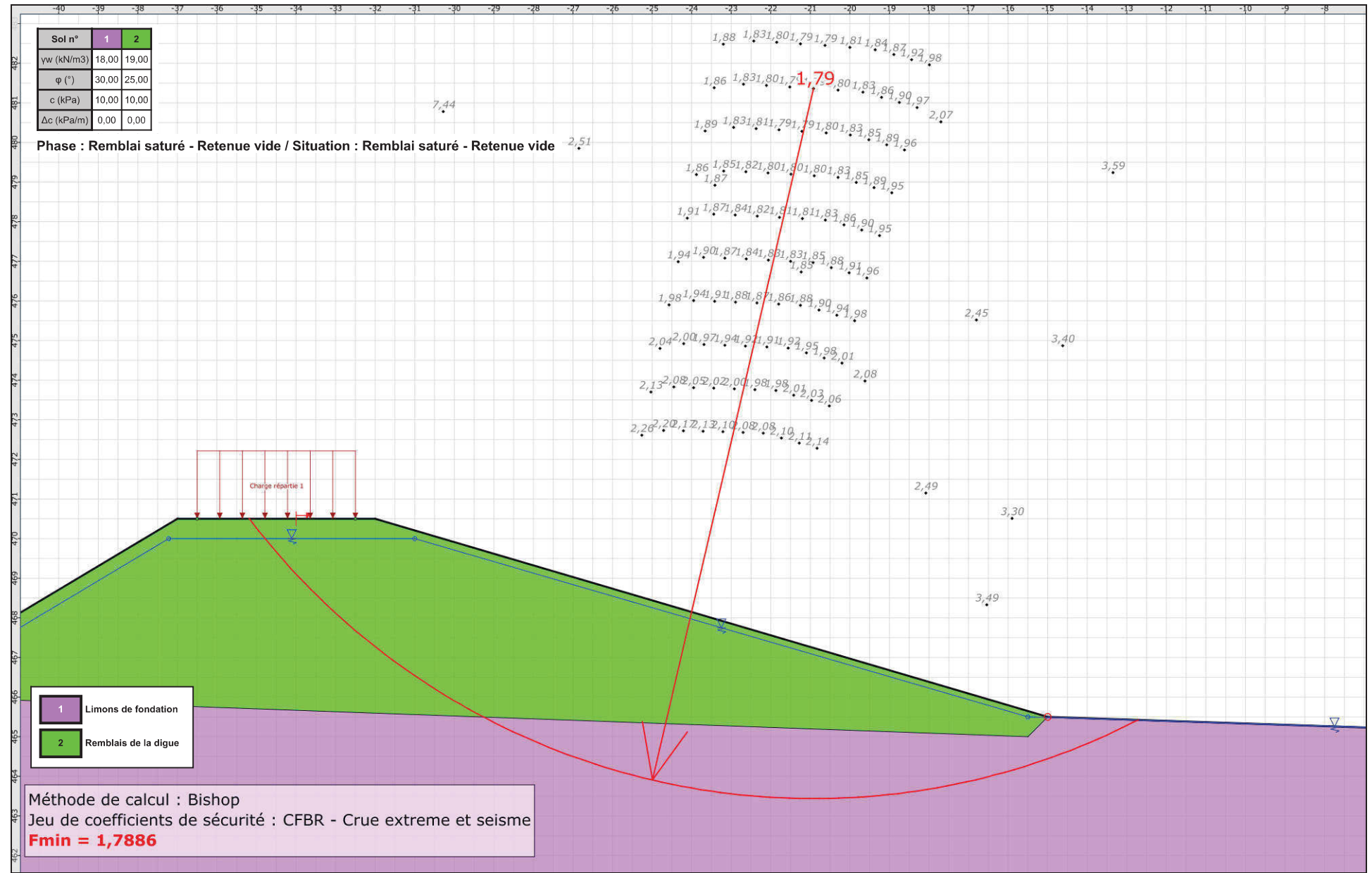
Imprimé le : 13 août 2018 18:41:32
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL



Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Remblai saturé - Retenue vide / Situation : Remblai saturé - Retenue vide 2,51



- 1 Limons de fondation
- 2 Remblais de la digue

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Crue extreme et seisme
Fmin = 1,7886



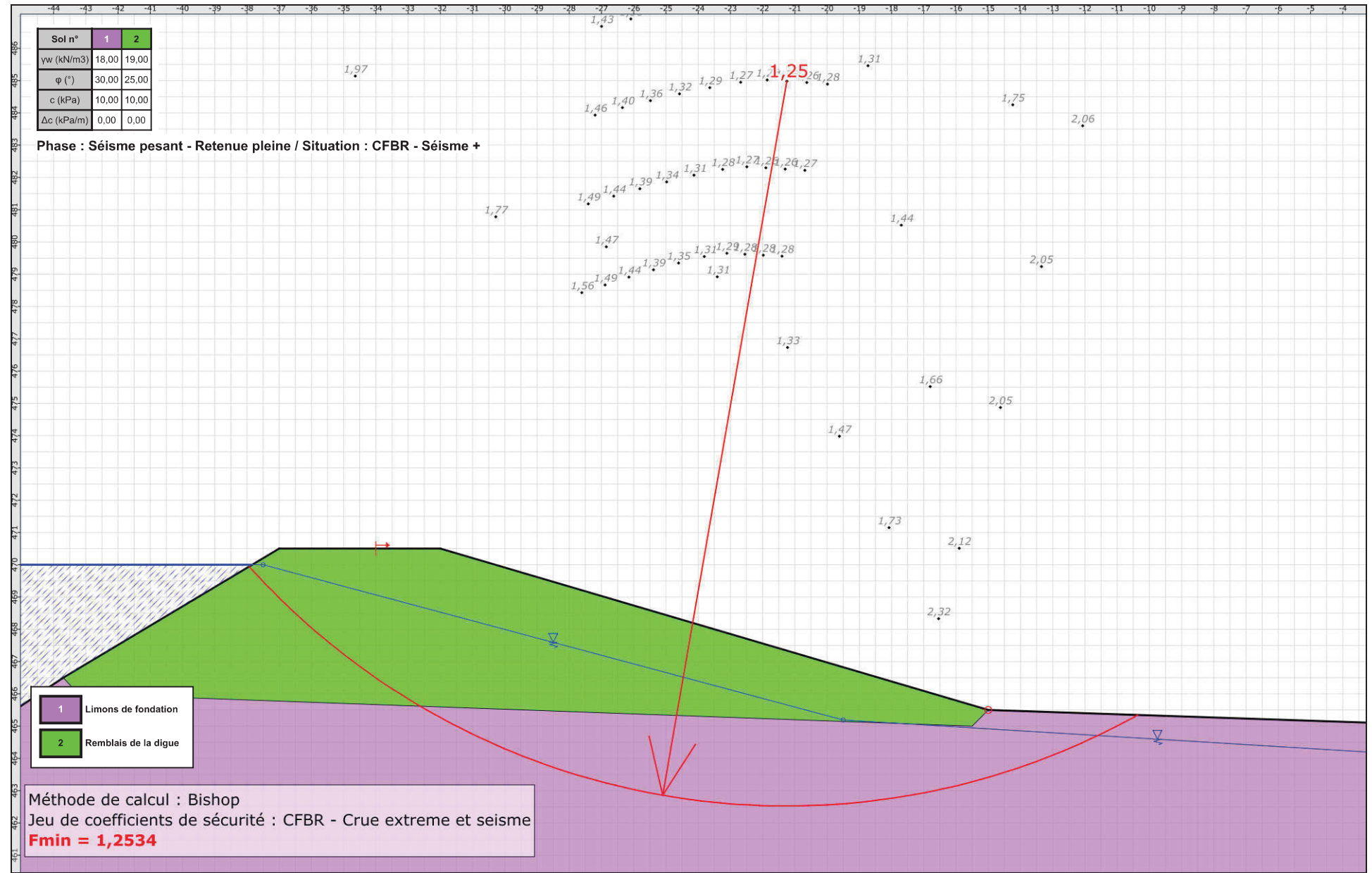
Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:33
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Séisme pesant - Retenue pleine / Situation : CFBR - Séisme +



- 1 Limons de fondation
- 2 Remblais de la digue

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Crue extreme et seisme
Fmin = 1,2534



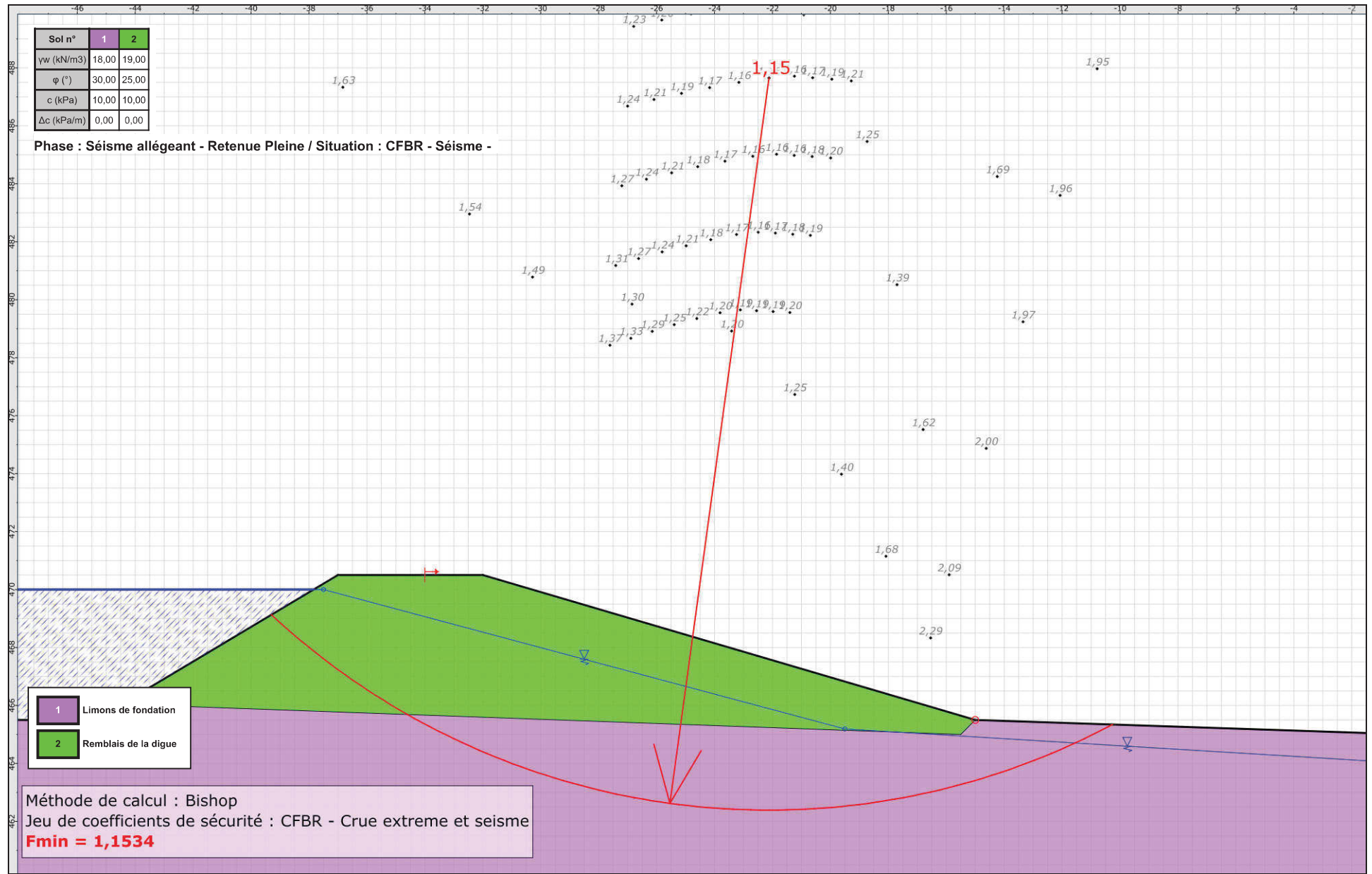
Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:33
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

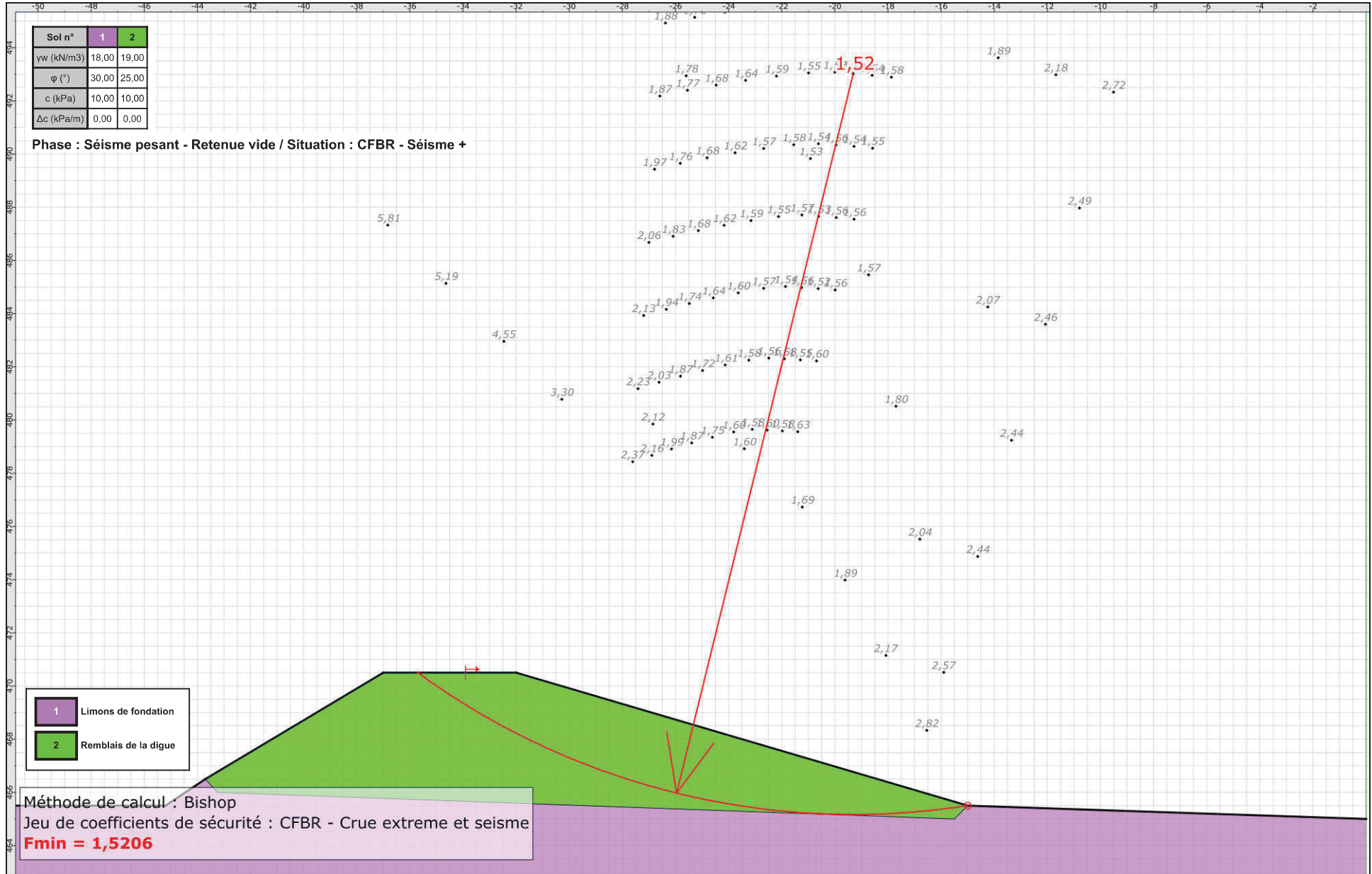
Phase : Séisme allégeant - Retenue Pleine / Situation : CFBR - Séisme -



Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:33
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL



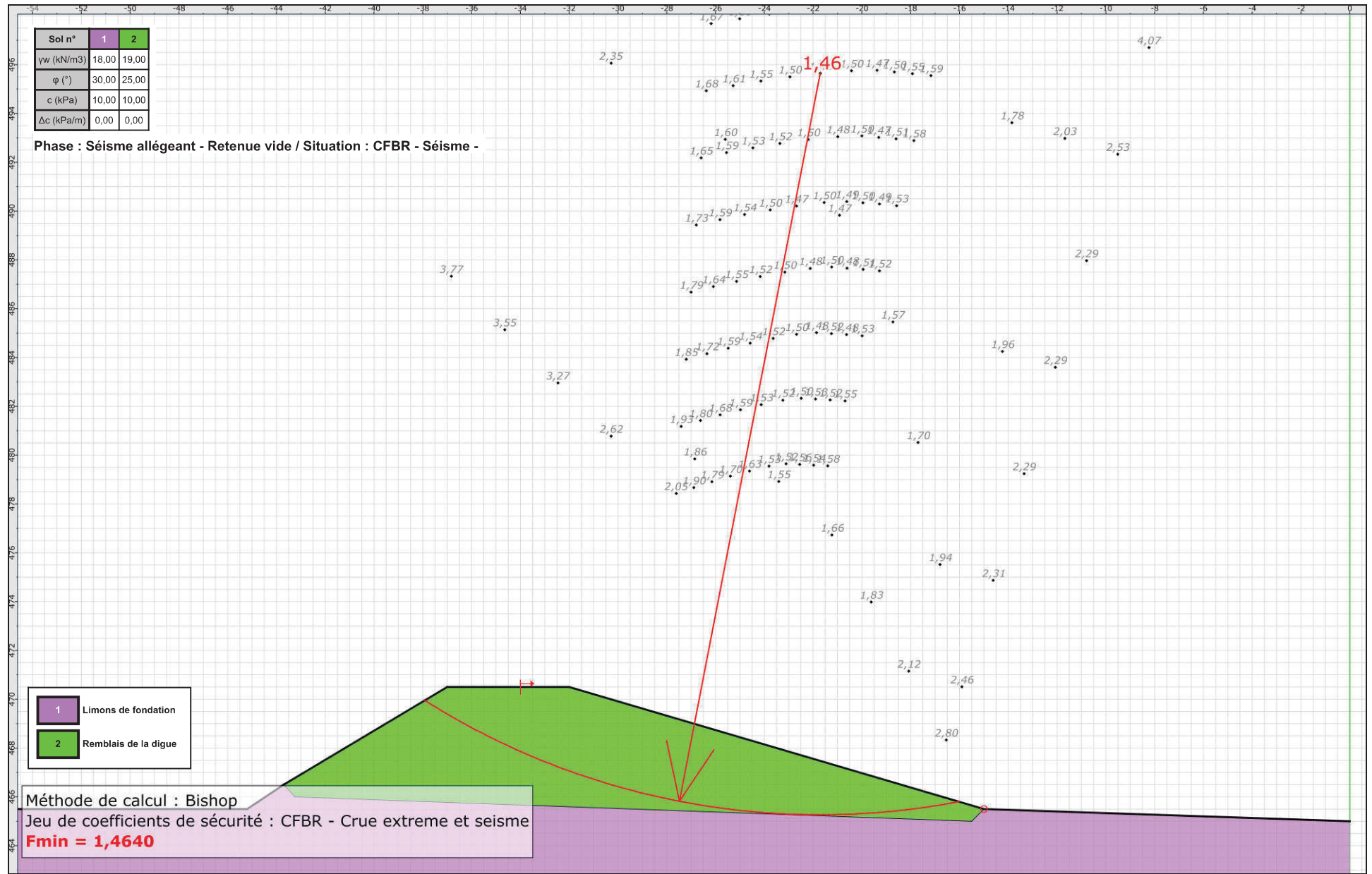
Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:33
Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

Sol n°	1	2
γw (kN/m ³)	18,00	19,00
φ (°)	30,00	25,00
c (kPa)	10,00	10,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Séisme allégeant - Retenue vide / Situation : CFBR - Séisme -



1	Limons de fondation
2	Remblais de la digue

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : CFBR - Crue extreme et seisme
Fmin = 1,4640



Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 13 août 2018 18:41:33
 Calcul réalisé par : SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Projet : Digue GAEC PARADIS - Talus AVAL

ANNEXE 7 CALCULS DE LA SURVERSE

Opération : **Retenues GAEC QUEYRADE**

13-08-2018

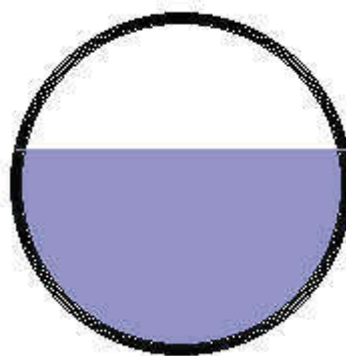
Région Sud III

Période de retour d'insuffisance : **100 ans****BASSIN VERSANT**

Superficie totale	30000 m²
Superficie imperméabilisée	3000 m²
Coefficient d'imperméabilisation	0.10
Pente du bassin	5.00 %
Longueur du bassin	300 m.
Débit brut	0.250 m³/s
Coefficient d'allongement	1.06
Débit corrigé	0.265 m³/s

TUYAU

Type	Béton
Coefficient de Bazin	0.30
Diamètre	400 mm.
Débit à évacuer	0.265 m³/s
Pente du tuyau	5.00 %
Pente motrice	5.00 %
Débit maximum	0.397 m³/s
Vitesse maximum	3.64 m/s
Vitesse à 10%	1.74 m/s
Hauteur d'eau	0.24 m.

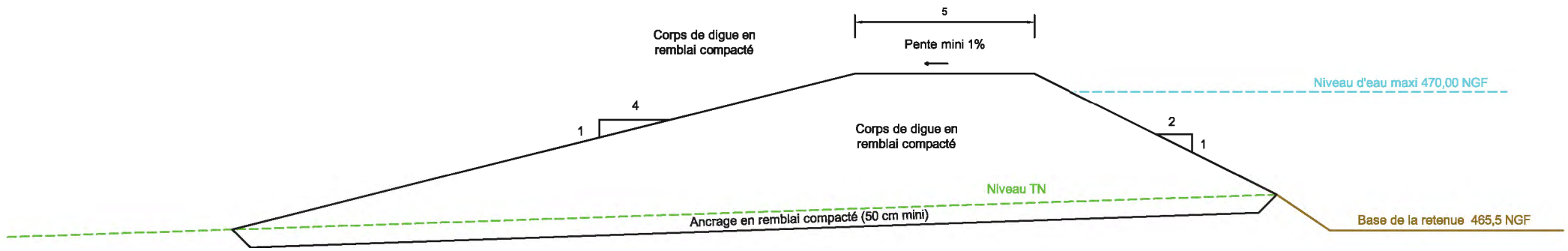


Retour

ANNEXE 8 COUPES DE PRINCIPE DE LA DIGUE



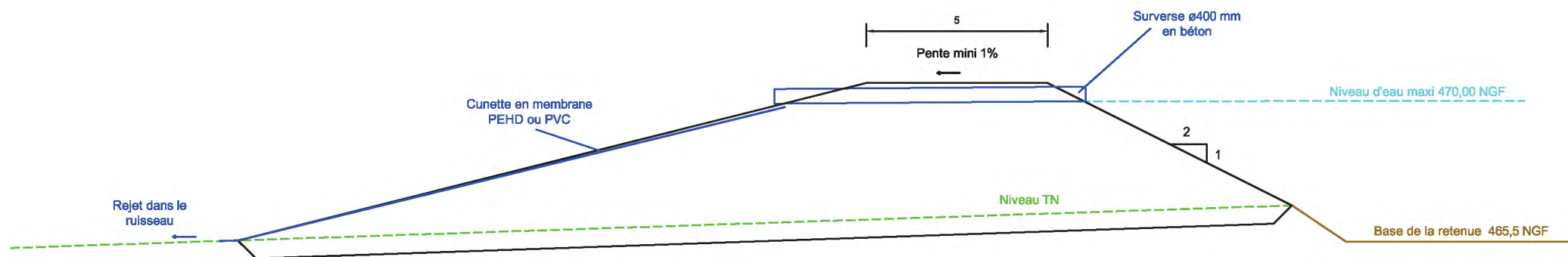
Coupe de principe en section courante



JUIN 2018



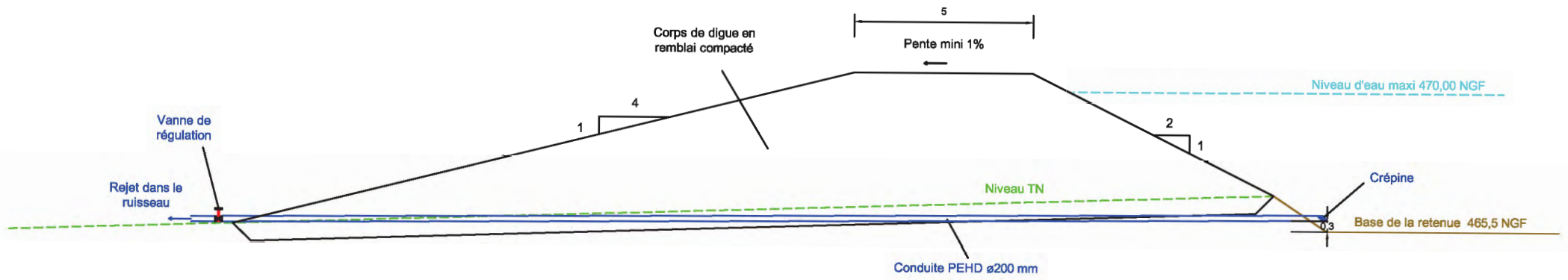
Coupe de principe au droit de la Surverse



JUIN 2018



Coupe de principe au droit de la vidange



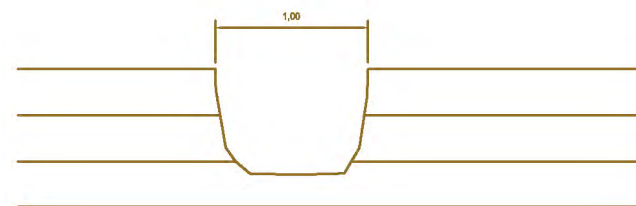
JUIN 2018



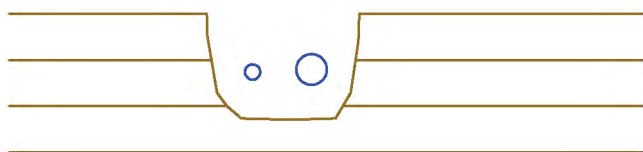
1 - Montage des couches de remblai



2 - Ouverture de la tranchée



3 - Pose et calage des conduites



4 - Enrobage au béton coulé à pleines fouilles et vibré

