GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE



RAPPORT

Étude Géotechnique de conception

Phase Avant-Projet (G2 AVP)

Glissement de terrain Bief d'Artaix PK 16+800 Rapport n°2

BRIENNON (42720)

Lieu-dit "Les Guittons"

Référence : 2601014/DIJON				Mission G2 Phase AVP		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages Texte + annexes	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
0	05/06/2026	1ère émission	47 + 8	S. VALFORT	FO. CHAMPEL	N. VALENZISI
A	16/06/2026	Prise en compte obs. ISL + VNF	47 + 8	S. VALFORT	FO. CHAMPEL	N. VALENZISI
B	29/06/2026	Prise en compte demande MOA	49 + 8	S. VALFORT	FO. CHAMPEL	N. VALENZISI
C	09/07/2026	Version définitive	49 + 8	S. VALFORT	FO. CHAMPEL	N. VALENZISI
D	05/10/2026	Validation finale VNF	49 + 8	S. VALFORT	FO. CHAMPEL	N. VALENZISI

Nb : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

AGENCE DIJON
2 Bis rue Champeau
21800 QUETIGNY
Tél : 03.80.48.93.21
Mail : agence.dijon@geotec.fr

Siège social :
9 bld de l'Europe 21800 QUETIGNY
Tél. : 03.80.48.93.20
SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028
Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI
Membre USG - www.geotec.fr

SOMMAIRE

1. CADRE D'INTERVENTION 4
   1.1 INTERVENANTS 4
   1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES 4
   1.3 MISSION 5
   1.4 REMARQUES 5
2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 6
   2.1 LE SITE 6
   2.2 PREMIERE APPROCHE DE LA ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE 9
   2.3 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 9
   2.4 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES 12
3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE 13
   3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS 13
   3.2 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE 16
   3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES 17
   3.4 DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION 18
   3.5 POLLUTION 19
   3.6 HYDROGÉOLOGIE 19
   3.7 RESULTATS DES DIAGRAPHIES ULTRASONIQUES DES PAROIS (BHTV) 21
   3.8 RIDEAU DE PALPLANCHES EN RIVE DROITE ET RESULTATS DES MESURES MAGNETOMETRIQUES 22
   3.9 RESULTATS DES MESURES INCLINOMETRIQUES 24
4. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES 25
   4.1 IDENTIFICATION DES MECANISMES DE RUPTURE 25
5. FAISABILITE D'UN RENFORCEMENT PAR DRAINAGE ET CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE GAUCHE 27
   5.1 HYPOTHESES DE CALCUL 27
   5.2 RESULTATS DES CALCULS 31
   5.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR STABILISER LA BERGE RIVE GAUCHE 34
   5.4 DIMENSIONNEMENT DES INCLUSIONS ET DES TIRANTS D'ANCRAGE 39
   5.5 RECOMMANDATIONS D'ORDRE GENERAL 40
   5.6 EVOLUTIONS PROBALBES – SITUATION ACTUELLE 40
   5.7 SOLUTION PROVISOIRE – PROPOSITION DE LA MOA 40
   5.8 INVESTIGATIONS ET ETUDES COMPLEMENTAIRES 41
6. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET 42

ANNEXES 49

ANNEXE 1 – PLAN DE SITUATION
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION
ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS
ANNEXE 4 – ESSAIS DE LABORATOIRE
ANNEXE 5 – IMAGERIE BHTV
ANNEXE 6 – MESURES MAGNETOMETRIQUES
ANNEXE 7 – MESURES INCLINOMETRIQUES
ANNEXE 8 – CALCUL TALREN

1. CADRE D'INTERVENTION

1.1 INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de **VNF** (VNF/DIMO/SO Dijon/UO2, 1 chemin Jacques de Baerze, CS 36229, 21062 DIJON cedex), **GEOTEC** a réalisé la présente mission d'investigations et d'études géotechniques sur le site suivant : Glissement de terrain Bief d'Artaix PK 16+800 Rapport n°2, Lieu-dit "Les Guittons", commune de BRIENNON (42720).

Les autres intervenants du projet sont : Maitre d'œuvre : ISL ;

1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GÉOTEC :

Document	Émetteur	Référence	Date	Échelle	Cote alti.
Avis technique sur glissement	CEREMA	Version V1.0	21/01/2026	-	-
Relevés de décisions	VNF	Réunion terrain du 29/01/2026	29/01/2026	-	-
Profils en traves n°1 à n°3	VNF	Fichier autocad ProfilV3.dwg	21/04/2026	1/1000 1/500	NGF

Un glissement de terrain est survenu le 08 décembre 2025 sur le canal de Roanne à Digoin au PK 16+800 m du Bief d'Artaix. Le talus amont a glissé, impactant la berge rive gauche et plus globalement le canal avec de possibles répercussions sur la digue aval en rive droite.



Figure 1 : Localisation des désordres (source fond : Géoportail, cliché du 10.05.2025)

Extrait du l'avis technique du CEREMA – Localisation des glissements

En vue de rétablir la continuité hydraulique du canal et la navigation, VNF a engagé plusieurs missions de diagnostics et de conception géotechniques réparties entre :

- GEOTEC pour la partie amont et berge rive gauche du canal ;
- Et ISL pour la partie confortement du canal et stabilité de la digue aval.

1.3 MISSION

1.3.1 Etude existante sur le site

Une mission d'investigations géotechniques a été réalisée par GEOTEC en mars 2026 dans le cadre de cette étude. Elle a fait l'objet d'un rapport provisoire n°1 Réf. 2601014/DIJON en date du 03/04/2026.

Parallèlement, une mission de suivi inclinométrique et de suivi piézométrique est actuellement en cours.

1.3.2 Etude objet de la mission

Conformément à son offre Réf. **2601014/DIJON** du **25 février 2026**, GÉOTEC a reçu une mission globale regroupant les phases d'études géotechniques de diagnostic géotechnique (mission G5) et de conception phases avant-projet et projet (mission G2_AVP et PRO).

Cette étude a pour but, dans le cadre de ce rapport n°2, d'identifier les mécanismes de rupture potentiels et de définir les principes de confortement de la zone d'instabilité affectant le talus et la berge rive gauche du canal.

Elle s'appuie sur les résultats des investigations géotechniques réalisées par GÉOTEC dans le cadre de la présente mission d'étude géotechnique de conception phase avant-projet G2 AVP selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Notre mission comprendra également les phases PRO et DCE/ACT de la mission G2 globale afin d'affiner le projet de conception globale, et la supervision géotechnique d'exécution (mission G4) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions générales » données en fin de rapport.

1.4 REMARQUES

Toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- TA : terrain actuel
- NGF : nivellement général de la France défini selon l'IGN69

*

* *

2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

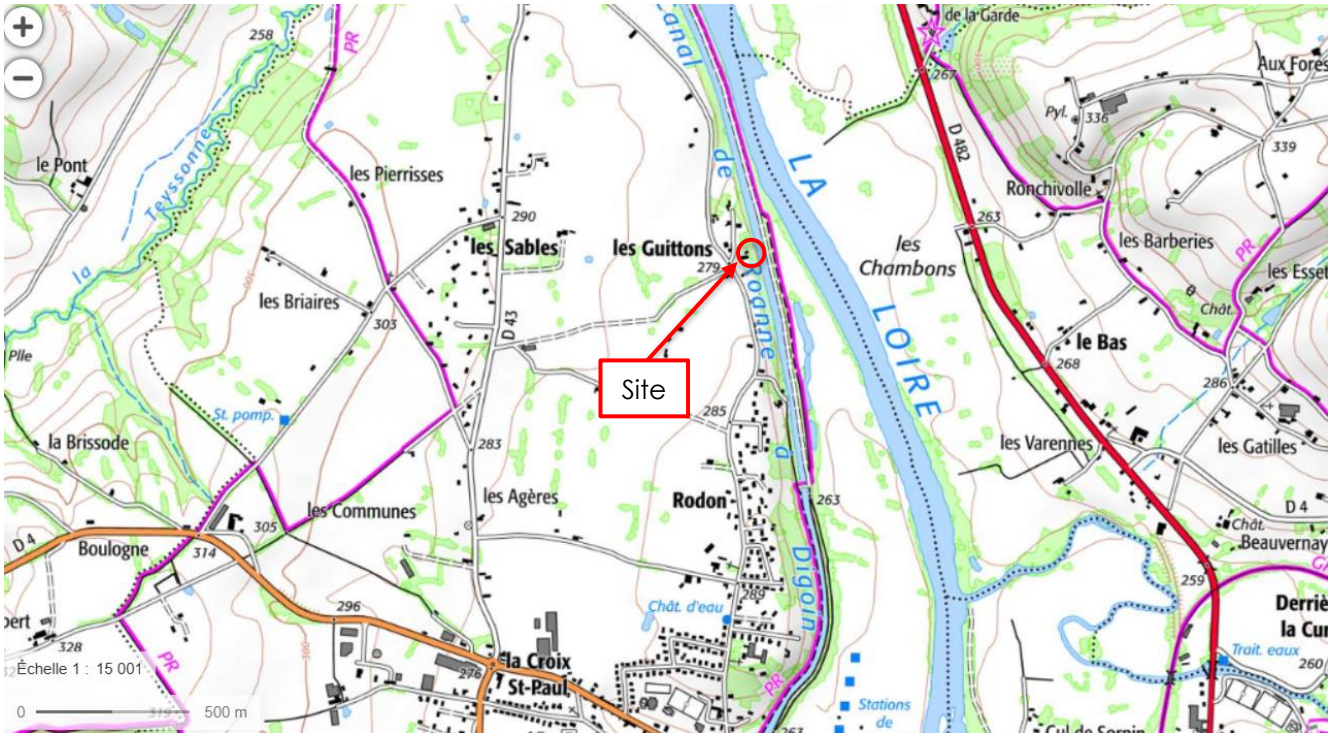
2.1 LE SITE

La zone étudiée se trouve Lieu-dit "Les Guittons", sur la commune de BRIENNON à flanc de coteaux en rive gauche du lit de « La Loire » sur un linéaire d'environ 80 m. Elle est délimitée par :

- Des constructions à l'Ouest (rive gauche du canal) ;
- Le chemin de halage en crête de digue puis « La Loire » en rive droite du canal.



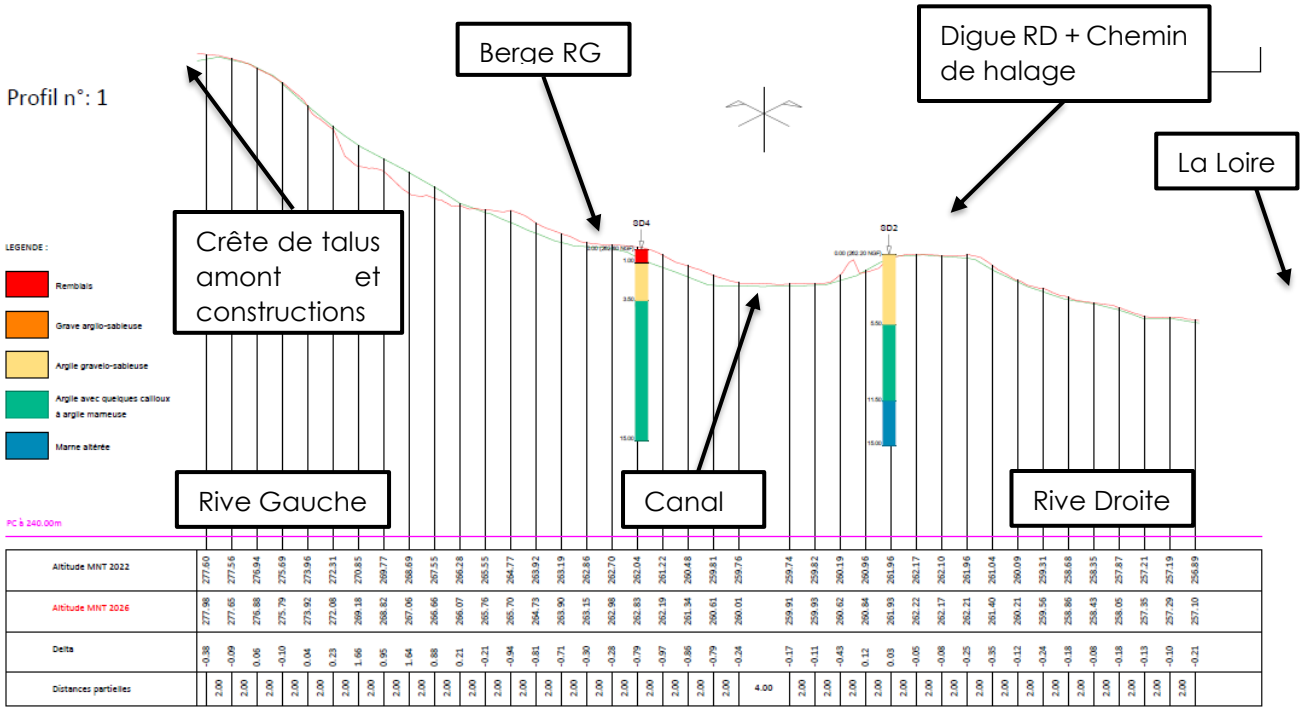
Dans la zone du glissement, le canal s'inscrit à flanc de coteau en limite rive gauche d'une plaine alluvionnaire constituant le lit majeur de la Loire :



Extrait de la carte topographique IGN au 25 000

Le talus amont rive gauche, surplombant le canal, culmine à environ 278 m NGF ; les berges du canal se situent au voisinage de 262.00 m NGF et la berge rive gauche de la Loire en pied de digue à environ 255.00 m NGF.

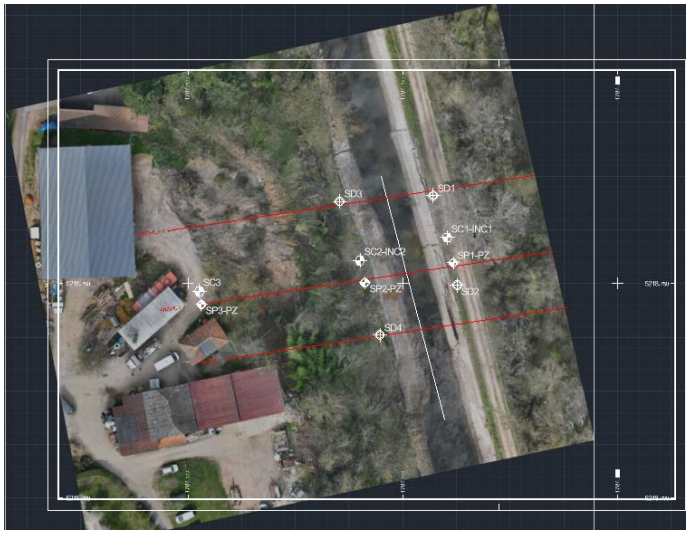
Le profil en travers du site est illustré ci-après sur la base du profil n°1 :



La zone du glissement est illustrée par la photo suivante :



Des aménagements, stockages et constructions sont présents en crête de talus amont. Ils sont illustrés par la vue aérienne issue du relevé drone de mars 2026 :



L'avis du CEREMA de janvier 2026 met en avant :

- un contexte anthropique évolutif en partie supérieure du coteau avec la construction de nouveaux bâtiments et la mise en œuvre de remblais en crête de talus (cf. extrait du rapport CEREMA ci-après) :



Figure 3 : Vues comparative de l'aménagement actuel et aménagement dans les années 60. En rouge, les nouvelles constructions.

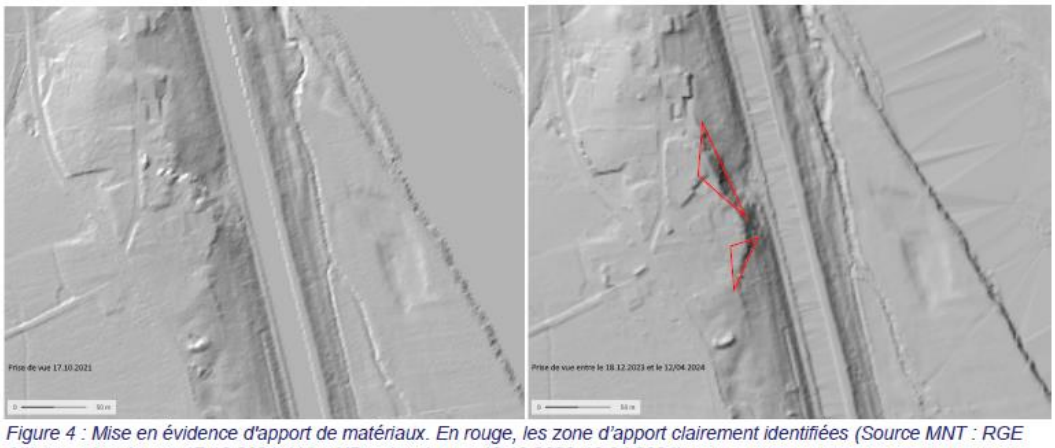


Figure 4 : Mise en évidence d'apport de matériaux. En rouge, les zone d'apport clairement identifiées (Source MNT : RGE Alti 1m, prise de vue 17.10.2021; Lidar HD, prise de vue 18.12.2023-12.04.2024)

- des travaux de confortement sur la zone du canal sans toutefois les détailler.

Pour plus de précisions, on se réfèrera à l'avis du CEREMA.

Nous pressentons également, ci-après, la mise en œuvre d'un merlon dans le talus en vis-à-vis du hangar le plus récent au droit du profil n°3 :



2.2 PREMIERE APPROCHE DE LA ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE

La zone d'influence géotechnique (ZIG) ne se limite pas qu'à la zone intéressée par le projet.

La ZIG intéresse également de l'amont vers l'aval suivant le profil en travers :

- les parcelles mitoyennes amont, leurs aménagements, les constructions et réseaux ;
- la berge rive gauche ;
- le canal de Roanne à Digoin ;
- la digue rive droite, le chemin de halage et les réseaux ;
- les aménagements en pied de digue.

2.3 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance, définie et adaptée par VNF et ISL a consisté en l'exécution de reconnaissances depuis :

- le chemin de halage sur la digue aval en rive droite du canal,
- la berge rive gauche du canal en pied du talus amont,
- et en crête de talus depuis la propriété de Mr MONAT.

2.3.1 Au niveau de la digue aval en rive droite du canal (SD1, SD2, SP1 et SC1)

La campagne de reconnaissance, depuis la digue aval en rive droite du canal, a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage carotté** (SC1) réalisé au carottier échantillonneur Ø114 mm à l'aide d'un atelier de forage de type TB225 de marque GEOTEC jusqu'à une profondeur 15.00 m/TA. Il a permis de prélever des échantillons de sol en vue d'essais de laboratoire.
- **1 sondage pressiométrique** (SP1) réalisé en diamètre Ø63/66 mm à la tarière. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB225.

  Ce sondage a atteint une profondeur de 15.00 m par rapport au TA. Des essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.00 m.
- **2 sondages destructifs** (SD1 et SD2) réalisés en diamètre 90 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB225.

  Ces sondages, qui ont atteint une profondeur de 15.00 m par rapport au TA ont permis d'effectuer des enregistrements de paramètres.

  Les enregistrements ont consisté en :

  - la vitesse d'avancement (m/h),
  - la pression sur l'outil (bars),
  - la pression d'injection (bars),
  - le couple de rotation (bars).
- **1 piézomètre ouvert** en Ø52/60 mm crépinés de 3.00 à 15.00 m a été mis en place dans le sondage SP1 après réalésage en diamètre au taillant trilame Ø90 mm. Il est coiffé d'une tête d'une protection métallique ras de sol ;
- **1 tube inclinométrique** à 15.00 m/TA scellé dans le sondage SC1. Il est également coiffé d'une tête de protection ras de sol ;
- **2 profils de mesures magnétométriques** à 15.00 m/TA réalisées dans les sondages SD1 et SD2 pour déterminer la profondeur du rideau de palplanche. Les mesures ont été réalisées au moyen d'une sonde dont la capacité permet de déterminer la présence d'acier ou non dans un rayon de 2 m maximum autour du forage. Cette prestation a été réalisée par notre filiale ENVISOL.
- **Des essais en laboratoire**, comprenant la réalisation de :

  - 1 identification de sol GTR ;
  - 1 essai de cisaillement triaxial Cu+u.

2.3.2 Au niveau de la berge rive gauche du canal en pied du talus amont (SC2, SP2, SD3 et SD4)

La campagne de reconnaissance depuis la crête de barrage a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage carotté** (SC2) réalisé au carottier échantillonneur Ø114 mm à l'aide d'un atelier de forage de type TB225 de marque GEOTEC jusqu'à une profondeur 20.00 m/TA. Il a permis de prélever des échantillons de sol en vue d'essais de laboratoire.
- **1 sondage pressiométrique** (SP2) réalisé en diamètre Ø63/66 mm à la tarière. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB225.

  Ce sondage a atteint une profondeur de 15.00 m par rapport au TA. Des essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.00 m.
- **2 sondages destructifs** (SD3 et SD4) réalisés en diamètre 90 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB225.

Ces sondages, qui ont atteint une profondeur de 15.00 m par rapport au TA ont permis d'effectuer des enregistrements de paramètres.

Les enregistrements ont consisté en :

- la vitesse d'avancement (m/h),
- la pression sur l'outil (bars),
- la pression d'injection (bars),
- le couple de rotation (bars).

- **1 piézomètre ouvert** en Ø52/60 mm crépinés de 3.00 à 15.00 m a été mis en place dans le sondage SP2 après réalésage en diamètre au taillant trilame Ø90 mm. Il est coiffé d'une tête d'une protection métallique ras de sol ;
- **1 tube inclinométrique** à 17.00 m/TA scellé dans le sondage SC2. Il est également coiffé d'une tête de protection hors-sol ;
- **Des diagraphies optiques** des parois de forage par imagerie de type BHTV dans le sondage SC2 entre 3.60 m/TA et15.75 m/TA. Des éboulements à partir de 15.75 m/TA n'ont pas permis de réaliser l'imagerie au-delà.
- **2 essais de perméabilité LUGEON** ont été réalisés dans le forage SC2 à 7.00 m/TA et 13.00 m/TA ;
- **Des essais en laboratoire**, comprenant la réalisation de :
  - 3 identifications de sol GTR ;
  - 2 essais de cisaillement triaxial Cu+u ;
  - 1 essai de cisaillement rectiligne CD sur échantillon reconstitué.

2.3.3 Au niveau de la crête de talus chez Mr MONAT (SP3 et SC3)

La campagne de reconnaissance depuis la crête de barrage a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage pressiométrique** (SP3) réalisé en diamètre Ø63/66 mm à la tarière puis en rotopercussion au tricône en Ø=60 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type TB350.

  Ce sondage a atteint une profondeur de 25.00 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.00 m.
- **1 sondage carotté** (SC3) réalisé au carottier échantillonneur Ø114 mm à l'aide d'un atelier de forage de type TB350 de marque GEOTEC jusqu'à une profondeur 10.50 m/TA. Il a permis de prélever des échantillons de sol en vue d'essais de laboratoire.
- **1 piézomètre ouvert** en Ø52/60 mm crépinés de 1.00 à 22.00 m a été mis en place dans le sondage SP2 après réalésage en diamètre au taillant trilame Ø90 mm. Il est coiffé d'une tête d'une protection métallique ras de sol ;
- **Des essais en laboratoire**, comprenant la réalisation de :
  - 1 identification de sol GTR.

2.4 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le plan d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée selon les indications de VNF au mieux des conditions d'accès, de la présence de réseaux et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

L'altimétrie des points de sondage a été nivelée à l'aide d'un GPS de chantier de type GEOMAX couplé au réseau Téria, avec une précision décimétrique.

Les profondeurs sont comptées par rapport par rapport au terrain actuel.

Les coordonnées des sondages sont récapitulées dans le tableau suivant :

Sondage	X (RGF93/CC47)	Y (RGF93/CC47)	Z
SP1-PZ	1784161.759	5218754.815	262.20
SC1-INC1	1784160.373	5218760.745	262.20
SD1	1784157.071	5218770.493	262.00
SD2	1784162.695	5218749.603	262.20
SD4	1784144.705	5218737.990	262.60
SP2-PZ	1784141.171	5218750.197	262.70
SC2-INC2	1784140.086	5218755.372	262.60
SD3	1784135.326	5218769.085	262.40
SP3-PZ	1784103.145	5218745.104	278.20
SC3	1784102.654	5218748.186	278.10

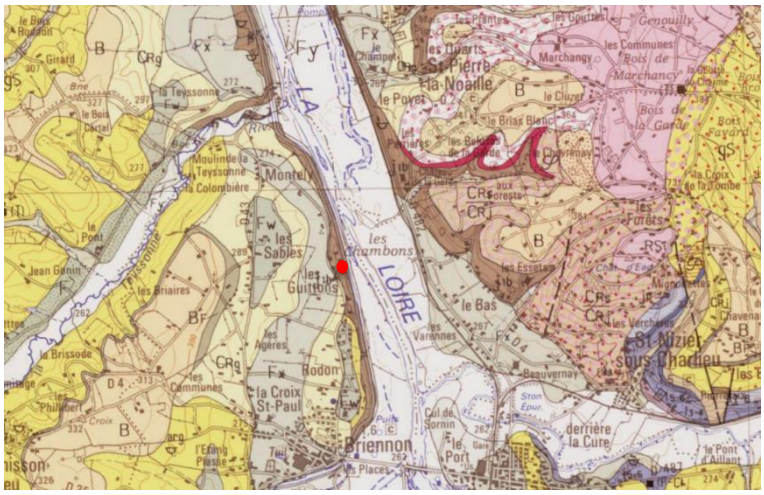
*

* *

3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique du B.R.G.M. de CHARLIEU au 1/50 000ème, et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- des remblais d'aménagement des berges du canal et des constructions amont ;
- des formations alluviales (sables et graviers) actuelles et anciennes ;
- des colluvions argilo-sableuses ;
- les calcaires marneux du Bajocien.



3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

3.1.1 Talus amont en berge rive gauche du canal (SC3 et SP3)

La campagne de reconnaissance a mis en évidence les formations suivantes :

- des **remblais hétérogènes à +/- de cailloux et blocs** interceptés sur les sondages SP3 et SC3 sur une profondeur de 1.20 m/TA. Il s'agit des remblais en périphérie des bâtiments.

  Leurs caractéristiques mécaniques sont moyennes telles que :

  $Pl^* = 0.84$ MPa (1 valeur)

  $E_M = 8.2$ MPa (1 valeur)

- une **grave argileuse marron rouge** rencontrée sous l'horizon précédent au droit de SP3 et SC3 jusqu'à une profondeur variant de 10.50 m/TA (Arrêt de SC3) à 14.30 m/TA (SP3). de 1.10 m/TA. Cet horizon appartient vraisemblablement aux formations alluviales anciennes (sables et graviers). Il est particulièrement chargé en éléments grossiers.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement élevées telles que :

  $1.27 \leq Pl^* \leq 3.32$ MPa

  $12.5 \leq E_M \leq 28.9$ MPa

- une **argile marneuse marron rouge** rencontrée sous l'horizon précédent au droit de SP3 jusqu'à une profondeur de 17.5 m/TA. Cet horizon appartient vraisemblablement au toit altéré du substratum marneux, et marque la transition progressive vers ce dernier.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement élevées telles que :

  $2.89 \leq Pl^* \leq 3.10$ MPa (3 valeurs)

  $18.4 \leq E_M \leq 22.1$ MPa (3 valeurs)

- une **argile marneuse marron rouge** rencontrée sous l'horizon précédent au droit de SP3 jusqu'à une profondeur de 17.5 m/TA. Cet horizon appartient vraisemblablement au toit altéré du substratum marneux, et marque la transition progressive vers ce dernier.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement élevées telles que :

  $2.89 \leq Pl^* \leq 3.10$ MPa (3 valeurs)

  $18.4 \leq E_M \leq 22.1$ MPa (3 valeurs)

- une **marne altérée marron gris rouge** rencontrée sous l'horizon précédent jusqu'à une profondeur l'arrêt de SP3 à 25.00 m/TA. Cet horizon appartient au substratum marneux.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement très élevées telles que :

  $4.11 \leq Pl^* \leq 5.29$ MPa

  $35.3 \leq E_M \leq 86.2$ MPa

3.1.2 Berge rive gauche du canal (SP2, SC2, SD3 et SD4)

La campagne de reconnaissance a mis en évidence les formations suivantes :

- des **remblais remaniés** (argile graveleuse noire) interceptés sur tous les sondages jusqu'à une profondeur variant de 0.20 m/TA (SD3) à 1.00 m/TA (SP2, SC2 et SD4). Il s'agit potentiellement des matériaux du site remaniés en surface de la berge en lien avec l'historique du site.

  Recoupés sur de faibles épaisseurs, leurs caractéristiques mécaniques n'ont pas été évaluées. Ils étaient gorgés d'eau au moment de nos sondages.

- une **argile +/- sableuse noir rouge marron** interceptée sous l'horizon précédent sur tous les sondages jusqu'à une profondeur variant de 3.50 m/TA (SC2 et SD3), 4.00 m/TA (SD4) à 4.50 m/TA (SP2). Cet horizon appartient soit aux formations alluviales, soit aux formations colluvionnées. Les sols sont très humides jusqu'à 3.5 m/TA. On remarque une chute des caractéristiques mécaniques en SP2 à 3.00 m/TA, potentiellement au niveau d'une passée plus sableuse siège d'une circulation d'eau préférentielle.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement faibles telles que :

  $0.36 \leq Pl^* \leq 0.67$ MPa

  $2.7 \leq E_M \leq 6.70$ MPa

- une **argile marron beige à quelques cailloux évoluant progressivement vers une argile marneuse rouge gris noir** rencontrée sous l'horizon précédent jusqu'à l'arrêt des sondages à 15.00 m/TA (SP2, SD3 et SD4) et 20.00 m/TA (SC2). Cet horizon correspond au substratum marneux altéré.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement élevées telles que :

  $1.30 \leq Pl^* \leq 2.50$ MPa

  $10.70 \leq E_M \leq 13.20$ MPa

3.1.3 Digue en rive droite du canal (SP1, SC1, SD1 et SD2)

La campagne de reconnaissance a mis en évidence sous 0.10 m de terre végétale les formations suivantes :

- des **remblais** (Argile sablo-graveleuse beige gris) interceptés sur tous les sondages jusqu'à une profondeur de 1.80 m/TA (SC1), 2.00 m/TA (SD2) et 2.50 m/TA (SP1 et SD1). Cet horizon correspond aux remblais de la digue, et a été +/- remanié en lien avec l'historique du site, et notamment les campagnes antérieures de construction/renforcements.

  Leurs caractéristiques mécaniques sont moyennes telles que :

  $0.97 \leq Pl^* \leq 1.33$ MPa (2 valeurs)

  $11.8 \leq E_M \leq 13.8$ MPa (2 valeurs)

- une **argile gris noir à passées sableuses et graveleuses** rencontrée sous l'horizon précédent au droit de tous les sondages jusqu'à une profondeur de 5.50 m/TA. Cet horizon correspond vraisemblablement aux formations alluviales. Il est +/- remanié en sommet de couche en lien avec les travaux de construction de la digue.

  Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes telles que :

  $0.47 \leq Pl^* \leq 1.11$ MPa

  $4.1 \leq E_M \leq 6.9$ MPa

- une **argile marron beige à quelques cailloux évoluant progressivement vers une argile marneuse gris noir** rencontrée sous l'horizon précédent sur tous les sondages jusqu'à une profondeur de 11.50 m/TA. Cet horizon correspond au substratum marneux altéré.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement élevées telles que :

  $1.63 \leq Pl^* \leq 3.05$ MPa

  $14.30 \leq E_M \leq 25.00$ MPa

- une **marne altérée gris noir** rencontrée sous l'horizon précédent jusqu'à l'arrêt de tous les sondages à 15.00 m/TA. Cet horizon appartient au substratum marneux.

  Ses caractéristiques mécaniques sont globalement très élevées telles que :

  $4.73 \leq Pl^* \leq 4.79$ MPa

  $54.9 \leq E_M \leq 123.00$ MPa

3.2 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

Les essais de laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés dans les sondages SC1, SC2 et SC3 sont rappelés dans le tableau page suivante :

Type	Sondage	SC1	SC2	SC2	SC2	SC3
Identification	**Partie d'ouvrage**	**Digue RD**	**Berge RG**			**Talus amont RG**
	Description	Argile limoneuse marron	Sable et graviers argilo-limoneux marron (*)	Argile limoneuse beige légèrement sableuse	Argile limoneuse marron légèrement sableuse	Graviers et sable argilo-limoneux marron rouge
	Profondeur (m)	7.80-8.20	2.50-3.00	5.00-5.50	7.80-8.20	3.50-4.50
	W_{nat} (%)	30.3	26.7	20.3	21.4	10.2
	D (mm)	3.0	48.0	15.0	4.0	30.0
	Passant à 63mm (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Passant à 50mm (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Passant à 2mm (%)	100.0	67.6	95.9	99.7	44.1
	Passant à 80µm (%)	97.6	17.3	83.3	90.4	22.1
	Passant à 63µm (%)	97.1	16.6	81.9	88.0	21.7
	Passant à 2µm (%)	62.5	7.2	36.8	42.2	11.1
	VBS (g/100g)		1.13			0.32
	W_l (%)	58.6		52.5	50.2	
	W_p (%)	27.3		27.4	26.2	
	I_p (-)	31.3		25.1	24.0	
	I_c (-)	0.9		1.23	1.19	
	Classe GTR (2000)	**A3 h**	**B5**	**A3 s**	**A2 m**	**B5**
	Classe GTR (2024)	**F3 h**	**I1**	**F3 s**	**F3 s**	**I1**
Masse volumique	Humide γ_h (g/cm3)	2.01	1.95	2.09	2.07	
	Sèche γ_d(g/cm3)	1.61	1.58	1.76	1.72	
	Indice des vides e	0.64	0.71	0.51	0.54	
	Degré de satur. (%)	101	89	99	99	
Essai cisail. CD	C' (kPa)		0			
	φ' (°)		39			
Essai Triax Cu+u	C' (kPa)	9		30	20	
	φ' (°)	24		24	26	

(*) : cet échantillon a été prélevé au niveau d'une passée sableuse et ne reflète pas le comportement global de l'horizon d'argile +/- sableuse où il a été prélevé et où la fraction fine de la matrice est majoritaire.

Les sols A2 et A3 (F3) prélevés en profondeur en SC1 et SC2 au sein du toit altéré du substratum et de sa couverture d'altération sont des sols fins argileux probablement à tendance marneuse, moyennement plastiques à plastiques et présentant des états hydriques variés allant de humides à secs au moment de nos sondages.

Le sol B5 (*) (I1) prélevé en SC2 à faible profondeur au niveau de la berge est un sol sableux prélevé au sein d'une passée plus sableuse, potentiellement au niveau d'une circulation d'eau préférentielle. Il ne reflète pas le comportement global de l'horizon d'argile +/- sableuse où il a été prélevé. Il est probable que la matrice fine soit localement majoritaire et rapproche son comportement de celui d'un sol I2, voire F2.

Le sol B5 prélevé en SC3 dans le talus amont en berge rive gauche est un sol sablo-graveleux. Toutefois, les éléments grossiers rencontrés en SC2 sont majoritairement « touche à touche » et tendent à rapprocher son comportement de celui d'un sol graveleux de type G voire de type VC.

3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité, la commune de BRIENNON est inscrite en zone de sismicité 2 (faible).

D'après les données issues de la carte du BRGM relative à l'aléa retrait/gonflement des argiles, le site est classé en zone d'aléa moyen.

D'après les données issues de la carte BRGM relative au phénomène de remontées de nappes, le site est dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe au niveau du canal, et à priori hors zone d'aléa en partie haute du talus amont en berge rive gauche.

D'après la consultation du site « www.georisques.gouv.fr », la commune de BRIENNON a fait l'objet de 12 arrêtés de catastrophes naturelles :

Code National CATNAT	Date début évènement	Date fin évènement	Date publication arrêté	Date publication Jo	Libelle commune	Libelle risque Jo
INTE0300789A	01/12/2003	02/12/2003	19/12/2003	20/12/2003	Briennon	Inondations et/ou Coulées de Boue
INTE1914147A	01/07/2018	31/12/2018	21/05/2019	22/06/2019	Briennon	Sécheresse
INTE2114775A	01/04/2020	30/09/2020	18/05/2021	06/06/2021	Briennon	Sécheresse
IOCE0831273A	02/11/2008	02/11/2008	24/12/2008	31/12/2008	Briennon	Inondations et/ou Coulées de Boue
IOME2308745A	01/04/2022	30/09/2022	03/04/2023	03/05/2023	Briennon	Sécheresse
IOME2415881A	01/01/2023	30/06/2023	18/06/2024	02/07/2024	Briennon	Sécheresse
IOME2415881A	01/10/2023	31/12/2023	18/06/2024	02/07/2024	Briennon	Sécheresse
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982	Briennon	Tempête
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982	Briennon	Inondations et/ou Coulées de Boue
NOR19821215	26/11/1982	28/11/1982	15/12/1982	22/12/1982	Briennon	Poids de la Neige
NOR19830621	01/05/1983	31/05/1983	21/06/1983	24/06/1983	Briennon	Inondations et/ou Coulées de Boue
NOR19830621	01/05/1983	31/05/1983	21/06/1983	24/06/1983	Briennon	Glissement de Terrain

Compte tenu de l'historique du site, la présence de remblais de nature et d'épaisseur variables pourra être constatée entre nos points de sondages, particulièrement :

- en rive gauche en partie haute dans la pente du talus amont (présence d'un merlon anthropique) et en périphérie des constructions ;
- Ainsi qu'au niveau des berges du canal.

Ils pourront également contenir des vestiges de construction et des réseaux enterrés.

Les alluvions et les colluvions, du fait de leur mode de dépôt lenticulaire, peuvent présenter des variations latérales de faciès. Ainsi, il sera possible de rencontrer des lentilles sableuses argileuses au sein des horizons argileux et inversement, des poches argileuses au sein des horizons graveleux. Ces particularités s'accompagnent généralement d'une variation des caractéristiques mécaniques.

Le toit du substratum marneux correspond à une surface d'érosion et d'altération. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des surprofondeurs des couches d'altération ou des remontées du toit du substratum plus importantes que celles observées dans nos sondages.

3.4 DONNEES SISMIQUES – RISQUE DE LIQUEFACTION

Selon les informations transmises par le maître d'ouvrage, le canal de Roanne à Digoin correspondrait à un ouvrage de catégorie d'importance **II.** Le coefficient d'importance γ_i correspondant vaut **1.00**. Ces informations sont à confirmer par le maître d'ouvrage.

En toute rigueur, en zone de sismicité II et pour un ouvrage de catégorie II, les aspects sismiques ne sont pas requis (non soumis au cadre règlementaire EC8).

3.4.1 Accélération de référence au rocher et de calcul

Par analogie, et selon l'article 4 de l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal », l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol rocheux, dénommée a_{gr}, vaut **0.7 m/s²** en zone de sismicité 2.

L'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux (classe A au sens de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 dite EC8–1), a_g, est égale à a_{gr} multipliée par le coefficient d'importance γ_i du bâtiment soit $\mathbf{a_g = \gamma_i . a_{gr}}$.

3.4.2 Classe de sol

Selon l'article 3.1.2 « *Identification des classes de sol* » de l'EC8–1, l'identification des classes de sols nécessite la détermination de la vitesse des ondes de cisaillement sur les 30 mètres supérieurs, ou des mesures de l'indice de pénétration N_{SPT}. En l'absence de telles mesures, en première approche à partir de corrélation avec les essais réalisés et selon notre connaissance du contexte local, on pourra retenir :

Classe du sol = E dans les graves argileuses, les argiles +/- sablo-graveleuse et les argiles recouvrant le substratum marneux ; valeur du paramètre du sol correspondant S = 1,8.

Pour valider ou optimiser la classe de sol, il conviendrait de réaliser des investigations géophysiques (essais Cross Hole par exemple) ou géotechniques spécifiques (essais SPT ou CPT) jusqu'à 30 m de profondeur selon les exigences de l'EC8.

3.4.3 Risque de liquéfaction

Compte-tenu de leur granulométrie et de la cohérence relative de la majorité des matériaux (et en l'absence de sols saturés lâches), les terrains ne sont pas suspects de liquéfaction.

Là encore, en zone II, l'étude de la liquéfaction n'est pas requise.

3.5 POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors de travaux de démolition des ouvrages existants et de terrassement, dès lors que les terres sont excavées, ces dernières peuvent prendre le statut de déchet. Leur valorisation sur site et/ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à la loi AGEC et son décret d'application du 1er avril 2021 relatif à la sortie du statut de déchet ainsi qu'à l'arrêté du 4 juin 2021 fixant les critères du statut de déchet pour les terres excavées et sédiment.

Suite à cette évolution réglementaire, les terres excavées doivent faire l'objet d'une caractérisation selon une procédure normée et d'un enregistrement au sein d'un registre national assurant une traçabilité de l'opération de gestion de terres terrassées.

En cas d'évacuation en centre de stockage celui-ci doit valider l'acception des terres après réception d'une Demande d'Acception Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver.

GEOTEC reste à la disposition des intervenants pour les accompagner dans la gestion de leurs terres dans leur projet d'aménagement depuis les études préliminaires afin d'anticiper des surcoûts éventuels, de proposer des solutions de gestion d'optimisation jusqu'à l'élaboration du plan de terrassement pour la phase opérationnelle.

La présence d'amiante qu'elle soit naturelle ou anthropique ne fait pas l'objet du présent rapport.

Il conviendra au maitre d'ouvrage de solliciter un bureau d'étude pour en faire l'analyse si nécessaire.

3.6 HYDROGÉOLOGIE

3.6.1 Mesures ponctuelles

Lors de notre campagne de reconnaissance (mars 2026), nous avons observé les niveaux d'eau suivant dans les sondages :

Sondage	SP1	SC1	SD1	SD2
Cote de la tête de sondage (m NGF)	262.20	262.20	262.00	262.20
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	2.20	2.20	2.20	2.20
Cote du niveau d'eau en fin de forage (m NGF)	260.00 (*)	260.00 (*)	259.80 (*)	260.00 (*)

(*) Ce niveau correspond très probablement au niveau du canal

Sondage	SP2	SC2	SD3	SD4
Cote de la tête de sondage (m NGF)	262.65	262.60	262.30	262.55
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	0.50	5.00	5.00	4.00
Cote du niveau d'eau en fin de forage (m NGF)	262.15	257.60 (*)	257.30 (*)	258.55 (*)

(*) Ces niveaux n'ont pas eu le temps de s'exprimer. Dans la réalité, le niveau d'eau est voisin de celui de la berge RG du canal à environ 262.50 m NGF au regard des arrivées d'eau visibles au niveau du pied de talus et de la présence de sols saturés au niveau de la berge glissée.

Sondage	SP3	SC3
Cote de la tête de sondage (m NGF)	278.10	278.10
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	8.50	8.00
Cote du niveau d'eau en fin de forage (m NGF)	269.60	270.10

Le contexte hydrogéologique du site est celui de circulations d'eau de versant cheminant au contact des horizons marneux +/- altérés du substratum, relativement étanche et de manière aléatoire à la faveur des horizons les plus perméables, à savoir :

- les formations alluvionnaires gravelo-sableuses composant le talus amont de la berge rive gauche ;
- les masses argilo-sableuses potentiellement colluvionnées (voire des passées sableuses localisées) et donc hétérogènes au niveau du canal.

Ces circulations d'eau sont alimentées, d'une part à grande échelle, par le plateau à l'Ouest surmontant le versant, et d'autre part à plus petite échelle, par le canal +/- « perméable ». Précisons également que lorsqu'il est en eau, le canal avec ses portions bétonnées et les confortements par palplanches au niveau de la digue rive droite peut avoir un « effet barrage », et participer à une montée en charge hydraulique des horizons perméables en berge rive gauche.

3.6.2 Essais d'eau ponctuels

Les essais de perméabilité de type LUGEON réalisés au simple packer au droit du sondage carotté SC2 donnent les résultats suivants :

Sondage	SC2	SC2
Prof.de l'essai (m/TA)	7.00 à 8.00	12.00 à 13.00
Nature des sols	Argile marron beige	Argile marneuse gris noir
Perméabilité k (m/s)	6.10^{-6}	7.10^{-6}

3.6.3 Suivi piézométrique

Les sondages SP1 (digue en rive droite du canal), SP2 (berge rive gauche) et SP3 (talus amont) ont été équipés de piézomètres. Un suivi du niveau d'eau des piézomètres est actuellement mené par GÉOTEC afin de connaître ses fluctuations, à raison de 5 mesures sur 1 an.

Les résultats des 3 premières mesures, ainsi que celles réalisées au niveau des inclinomètres sont présentés dans le tableau suivant :

Ref. Sondage	SC1-INC1		SP1-PZ1		SC2_INC2		SP2-PZ2		SP3-PZ3	
NGF/tête de tube	262,20		262,20		262,6		262,7		278,2	
Fond/Tête de tube	15,00		14,15		17,00		6,70		25,20	
	Niv. Eau/Tête de tube (m)	Niv. Eau/Tête de tube (NGF)	Niv. Eau/Tête de tube (m)	Niv. Eau/Tête de tube (NGF)	Niv. Eau/Tête de tube (m)	Niv. Eau/Tête de tube (NGF)	Niv. Eau/Tête de tube (m)	Niv. Eau/Tête de tube (NGF)	Niv. Eau/Tête de tube (m)	Niv. Eau/Tête de tube (NGF)
31/03/2026	2,18	260,02	1,95	260,25	0,95	261,65	2,94	259,76	7,81	270,39
21/04/2026	2,27	259,93	2,00	260,20	1,27	261,33	1,27	261,43	7,86	270,34
26/05/2026	2,28	259,92	2,10	260,10	1,14	261,46	2,50	260,20	7,96	270,24

D'après les relevés des niveaux d'eau :

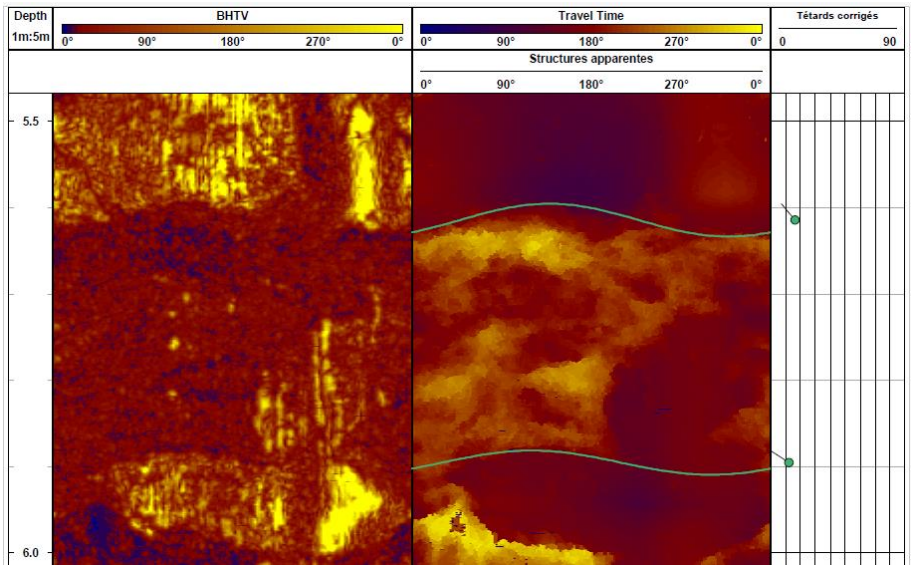
- Le niveau dans le talus amont (SP3) se situe environ à 7.80m/TA ;
- En pied de talus sur la berge RG du canal (SP2 et SC2), le niveau fluctue entre 1.00 m/TA et 3.00 m/TA selon les points et dates de mesures. Notez que le fond de mesure sur SP2 se situe à 6.70m/TA. Le piézomètre est probablement obstrué par des dépôts ;
- En berge RD sur le chemin de halage (SP1 et SC1), le niveau se situe environ à 2m/TA.

3.7 RESULTATS DES DIAGRAPHIES ULTRASONIQUES DES PAROIS (BHTV)

Les résultats des diagraphies ultrasoniques (BHTV) réalisées dans le sondage carotté SC2 sont regroupés en annexe 5.

Les mesures ont été conduites en sortie de tubage depuis 4.50 m/TA et stoppées à15,76 m/TA en raison de l'effondrement du forage. L'eau en forage, particulièrement turbide malgré les opérations de rinçage et décantation, n'a pas permis les mesures OPTV (diagraphie optique par caméra). Des mesures par imagerie ultrasonique (BHTV) ont alors été réalisées.

L'imagerie ne montre aucune fracture, seulement des joints de stratification. Un exemple de joint de stratification entre 5.50 m et 6.00 m/TA est illustré ci-après :

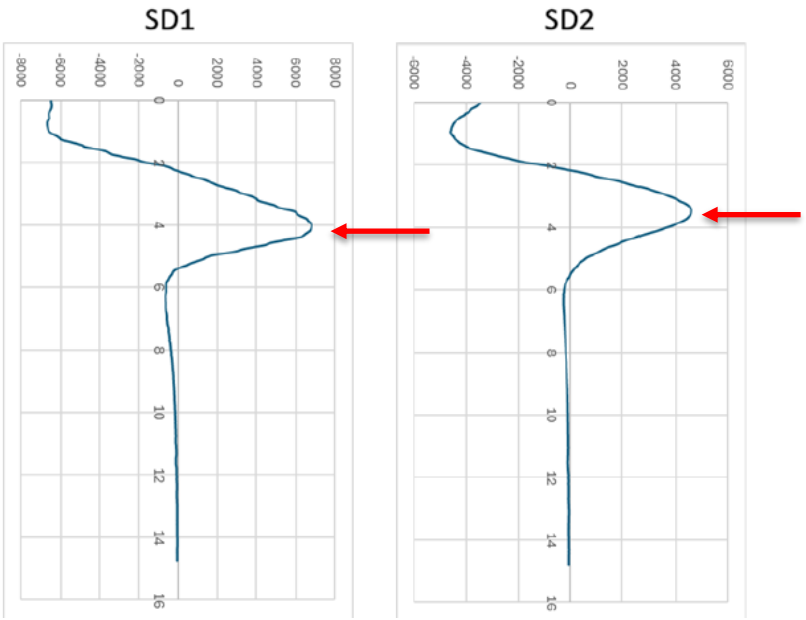


Pour plus de précisions, on se réfèrera au détail des résultats présentés en annexe 5.

3.8 RIDEAU DE PALPLANCHES EN RIVE DROITE ET RESULTATS DES MESURES MAGNETOMETRIQUES

Les résultats des mesures magnétométriques réalisées dans les forages SD1 et SD2 implantés 1.20 m en recul du rideau de palplanches de la digue aval sont regroupés en annexe 6.

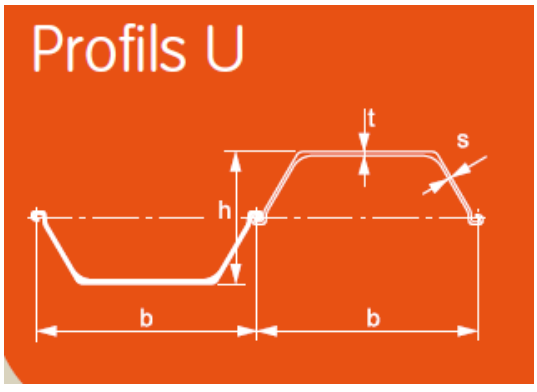
Les graphiques montrent un pic de mesures vers 4.00 m de profondeur (repérage flèche rouge), traduisant probablement le niveau du pied des palplanches.



Pour plus de précisions, on se réfèrera au détail des résultats présentés en annexe 6.

Parallèlement, nos constats sur site montrent un rideau particulièrement dégradé avec pour les zones visibles en tête de rideau comme illustrées sur les photos suivantes :

- un rideau de très faible inertie en profilés de « type U » :
  - distance de serrure à serrure : b ≈ 32 cm
  - profondeur de l'âme : h/2 ≈ 7 cm



- des serrures corrodées et feuilletées sous l'action de la corrosion ;
- des zones de corrosion quasi perforante sur les âmes.







3.9 RESULTATS DES MESURES INCLINOMETRIQUES

Un suivi inclinométrique des déformées des inclinomètres SC1_INC1 (Digue rive droite) et SC2_INC2 (berge rive gauche) est actuellement mené par GÉOTEC à raison de 5 interventions sur 1 an (point zéro + 4 mesures). Les résultats des mesures sont regroupés en annexe 7.

A ce jour deux mesures (21/04/2026 et 26/05/2026) ont été réalisées après le point zéro du 31/03/2026. **Le recul sur les données n'est pas suffisant pour une interprétation fiable des plans de glissement potentiel sur la partie aval**.

L'inclinomètre en pied de talus RG (SC2-INC2) montre une évolution des déformations en partie haute de l'inclinomètre avec une interface à environ 5.00 m de profondeur, soit environ la hauteur des sols alluvionnaires de couverture surmontant les horizons argileux plus compacts du toit altéré des marnes. Toutefois, il conviendra de s'appuyer sur les mesures à venir pour confirmer cette tendance et la profondeur de l'interface.

L'inclinomètre dans la digue en RD (SC1-INC1) ne montre pas de signe de glissement.

Remarque importante : Précisons que des travaux de batardage du canal et de pose de tuyaux pour le rétablissement de la continuité hydraulique ont été réalisés entre les mesures du 21/04/2026 et du 26/05/2026. Ces travaux réalisés à proximité des inclinomètres ont pu perturber les mesures, voire affecter partiellement les dispositifs d'auscultation.

*

* *

4. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

4.1 IDENTIFICATION DES MECANISMES DE RUPTURE

4.1.1 Apport des investigations géotechniques

Les résultats des investigations géotechniques conduites dans le cadre de cette étude permettent d'apporter dans les zones investiguées les éclairages complémentaires suivants :

- Le pied de coteau sur lequel est construit le canal en bordure du lit majeur de la Loire, identifié comme calcaire marneux du Bathonien (J2b) sur la carte géologique de CHARLIEU, est clairement à dominante marneuse dans la zone d'étude. Aucune trace de fracturation n'a été rencontré dans le forage SC2, seuls des joints de stratification ont été mis en évidence par l'imagerie ultrasonique. Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à très élevées. Il représente un horizon résistant au sein duquel les mécanismes de rupture potentiels de grande ampleur (« de type instabilité de versant ») sont peu probables. Il représente également un horizon relativement étanche et imperméable aux écoulements de versant.
- Il est surmonté en partie haute par une forte épaisseur de l'ordre de 13.00 m de matériaux gravelo-sableux compacts (formations alluvionnaires mises en évidence pas les forages SP3 et SC3) et aux caractéristiques mécaniques globalement élevées. Le niveau piézométrique observé à 8.00 m/TA en crête de talus sur SP3 montre qu'il contribue à générer une charge hydraulique sur le versant au niveau du canal, où les sols sont saturés.
- La zone du pied de talus en berge rive gauche du canal est caractérisée par des sols argilo-sableux saturés aux faibles caractéristiques mécaniques interceptés sur 4.50 m d'épaisseur au droit de SP2. Cet horizon présente localement des passées plus sableuses sièges de circulations d'eau préférentielles.

  Remarque importante : l'articulation de cet horizon avec la partie amont du talus demeure, à ce stade encore méconnue, notamment les limites de couches entre le cœur marneux du coteau et la présence potentielle de formations alluvionnaires récentes ou anciennes +/- colluvionnées en lien avec les mécanismes d'érosion de la Loire en bordure du lit majeur.
- En berge rive droite du canal, les remblais de la digue pour partie issus des matériaux du site, reposent sur des sols alluvionnaires argileux à passées +/- sableuses et graveleuses de caractéristiques mécaniques moyennes rencontrés jusqu'à environ 5.50 m/TA. Cet horizon est au contact du substratum marneux altéré de caractéristiques mécaniques élevées à très élevées.

4.1.2 Identification des mécanismes de rupture

Dans notre analyse, nous nous appuierons sur l'avis technique du CEREMA de janvier 2026, notamment sur les constats des désordres et les mécanismes de rupture potentiels pressentis. Pour plus de précisions, on se réfèrera à l'avis du CEREMA.

Les désordres observés permettent de mettre en évidence deux mécanismes de rupture imbriqués :

- un **mécanisme principal de translation de la zone du coteau au niveau de la berge rive du canal** sous l'effet d'une mise en charge hydraulique comme illustré sur le schéma ci-après extrait de l'avis du CEREMA ;
- un **mécanisme secondaire d'érosion superficielle et de régression progressive du talus amont** de la berge rive gauche sous l'effet d'une décompression de la berge rive gauche du canal, potentiellement aggravé par les apports de surcharges dues aux remblais en crête de talus voire dans le talus (merlon identifié).

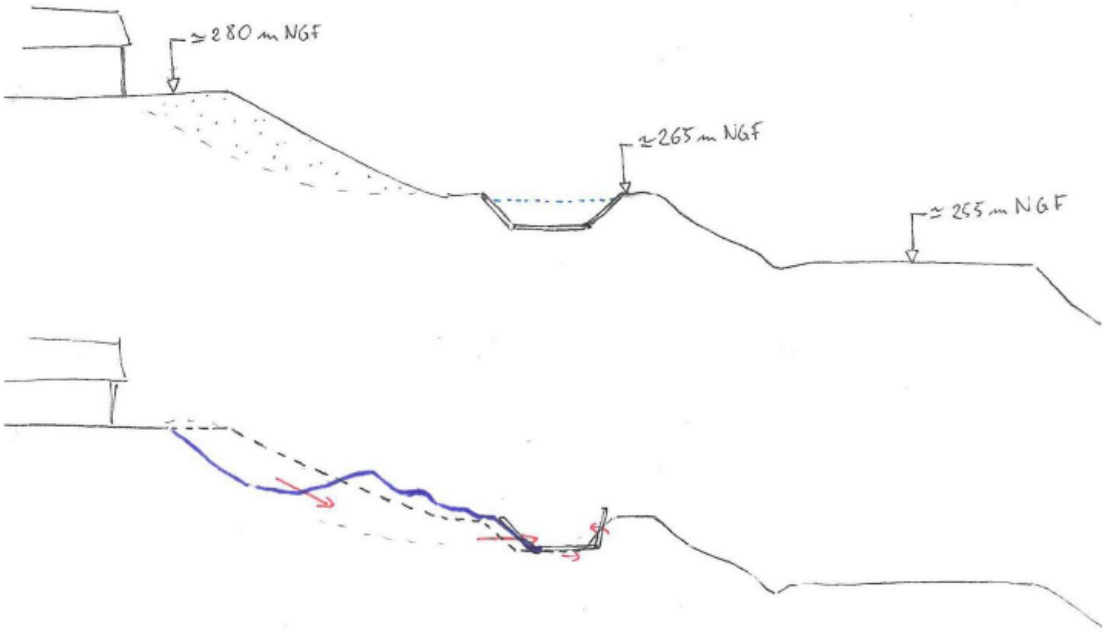


Figure 19 : Schéma de la dynamique supposée du glissement

La cause principale des désordres provoquant le mécanisme principal de translation est la mise en charge hydraulique de la zone du pied de talus sous l'effet des apports en eau depuis le sommet de coteau, alternant des phases de mise en charge puis des phases de diffusion +/- progressive des pressions interstitielles. Cette mise en charge à caractère cyclique contribue inévitablement à saturer les sols et à dégrader leurs caractéristiques mécaniques, à long terme.

Comme facteurs aggravants, nous pouvons identifier :

- En crête de talus :
  - l'apport de surcharges (plateforme supérieure remblayée et divers dépôts +/- superficiels de matériaux hétérogènes sur le versant) ;
  - et les éventuels défauts de gestion des eaux de plateforme et de réseaux privés ;
- En berge rive gauche :
  - l'infiltration des eaux météoriques ;
  - le caractère variable de la perméabilité des sols constitutifs des berges du canal conduisant à des variations de saturation des sols ;
  - les travaux de cuvelage du canal participant à créer un « effet barrage » vis-à-vis de la mise en charge hydraulique du pied de talus ;
  - ainsi que les phases de chômage du canal qui amoindrissent les efforts stabilisateurs s'opposant aux mouvements du pied de talus en berge rive gauche.

5. FAISABILITE D'UN RENFORCEMENT PAR DRAINAGE ET CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE GAUCHE

Cette solution visera à traiter les mécanismes de rupture à la source par la mise en place au niveau de la berge rive gauche du canal :

- D'un système de drainage efficace pour maîtriser les conditions hydrauliques ;
- d'un dispositif de confortement mécanique afin d'apporter une réserve de sécurité pérenne au droit des sols de caractéristiques mécaniques amoindries par les mouvements de terrain, pour pallier à une efficience moindre voire une défaillance du système de drainage (plus particulièrement à long terme) et enfin pour permettre également, à terme, un remodelage du versant.

Précisons que la mise en œuvre du système de drainage et des dispositifs de confortement mécanique sont complémentaires et indissociables pour garantir la stabilité du talus.

Enfin, nous rappelons que le système de drainage devra être entretenu de manière à garantir un fonctionnement efficient et pérenne. A défaut, des réinterventions ultérieures pourront être nécessaires pour renforcer le niveau de sécurité.

5.1 HYPOTHESES DE CALCUL

5.1.1 Type de calcul

Dans le cadre de notre étude, un examen de la stabilité est proposé au moyen du logiciel TALREN 6.

La méthode de calcul utilisée combine deux approches :

- une approche classique dite « à l'équilibre limite » selon la méthode de Bishop (rupture circulaire),
- et une approche cinématique en calcul à la rupture sur les surfaces précédentes afin de mieux apréhender la réserve de sécurité sur le choix des paramètres intrinsèques c' et φ' des sols.

5.1.2 Cadre normatif et jeu de coefficients

Les calculs géotechniques sont menés :

- Pour l'approche classique en mode de rupture circulaire (méthode de Bishop) : l'analyse de la stabilité générale est menée en application de l'approche 3 selon l'EC7 pour un ouvrage courant en situation durable. Le coefficient de modèle vaut 1.10.
- Pour l'approche cinématique à la rupture, les calculs sont menés sans coefficients de sécurité partiels, selon l'approche 3 en méthode traditionnelle. Le coefficient de modèle appliqué vaut 1.10.

L'approche retenue et privilégiée est une approche cinématique en calcul à la rupture plus représentative des réarangements successifs des matériaux +/- colluvionés et glissés de la zone d'étude. Le coefficient de sécurité X_F sur la résistance au cisaillement des matériaux obtenus par les calculs est précisé dans les tableaux afin d'apprécier au mieux la sécurité de l'ouvrage sur les seules caractéristiques des matériaux.

Action / propriété des matériaux	EC7, rupture circulaire (Bishop), ouvrage courant situation durable	Approche cinématique, calcul à la rupture
Coefficient de modèle	1.10	1,10
Poids propre du sol	1.00	1,00
Tan φ'	1.25	1,00
Cohésion effective C'	1.25	1,00
Cohésion non drainé C_U	1.40	1,00
Actions variables type Q	1.30	1,00

Sur les deux approches menées en parallèle, nous cherchons à obtenir **une amélioration de 20 % de la sécurité** avec la mise en œuvre du confortement, et/ou un coefficient de **F = 1.00 (et avec XFmin ≥ 1.20 en calcul à la rupture)**.

5.1.3 Hypothèses géotechniques

Le modèle géotechnique élaboré par nos soins est le suivant, sur la base du profil n°3 :

Nature des sols	*Cote de la base m NGF*	*pl* (MPa)*	*γ_h (kN/m³)*	*c' (kPa)*	*φ' (°)*
Remblai 1 (crête de talus amont)	277.60 (*)	0.84	18.00	0	24
Remblai 2 (Digue)	259.70 (SP1)	1.00	18.00	2	24
Grave argilo-sableuse (talus amont)	263.85 (SP3)	2.38	19.00	2	38
Argile +/- sableuse	Berge RG (SP2) 258.15 Digue RD (SP1) 256.70	0.53 0.90	18.00	4	26
Marne argileuse +/- altérée	≤ 253.15 (SP3) ≤ 247.65(SP2) ≤ 247.20 (SP1)	1.94 (**)	18.00	20	25

(*) en considérant le TN actuel à 278.80 m NGF (profil n°3) et une couche de 1.20 m de remblai sur la base des résultats de SP3 et SC3 ;

(**) approche sécuritaire sur la base des seuls résultats de SP2

Le choix des caractéristiques c' et φ' des sols et roches tendres en place s'appuient sur les résultats des essais de mécanique des sols présentés en § 3-2. Les valeurs sont retenues de manière prudente.

Nous rappelons les limites du modèle géotechnique dans la zone de la berge rive gauche, pouvant influer fortement sur les solutions proposées selon la géométrie de l'interface formations alluvionnaires/substratum marneux évoluerait vers l'intérieur du talus amont (cf. schéma ci-après).

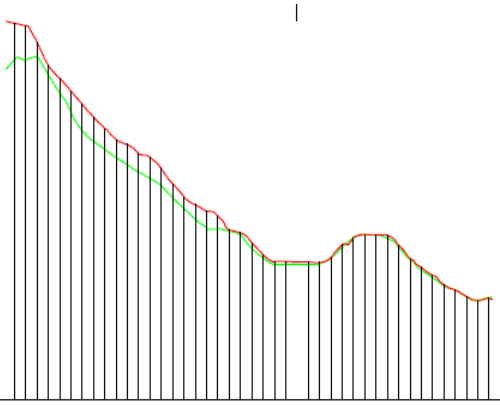
5.1.4 Hypothèses géométriques

Le profil d'étude retenu au droit de la zone de glissement est le profil n°3 transmis par VNF et présenté ci-après :

Profil n°: 3

Echelle des longueurs : 1/1000

Echelle des altitudes : 1/500



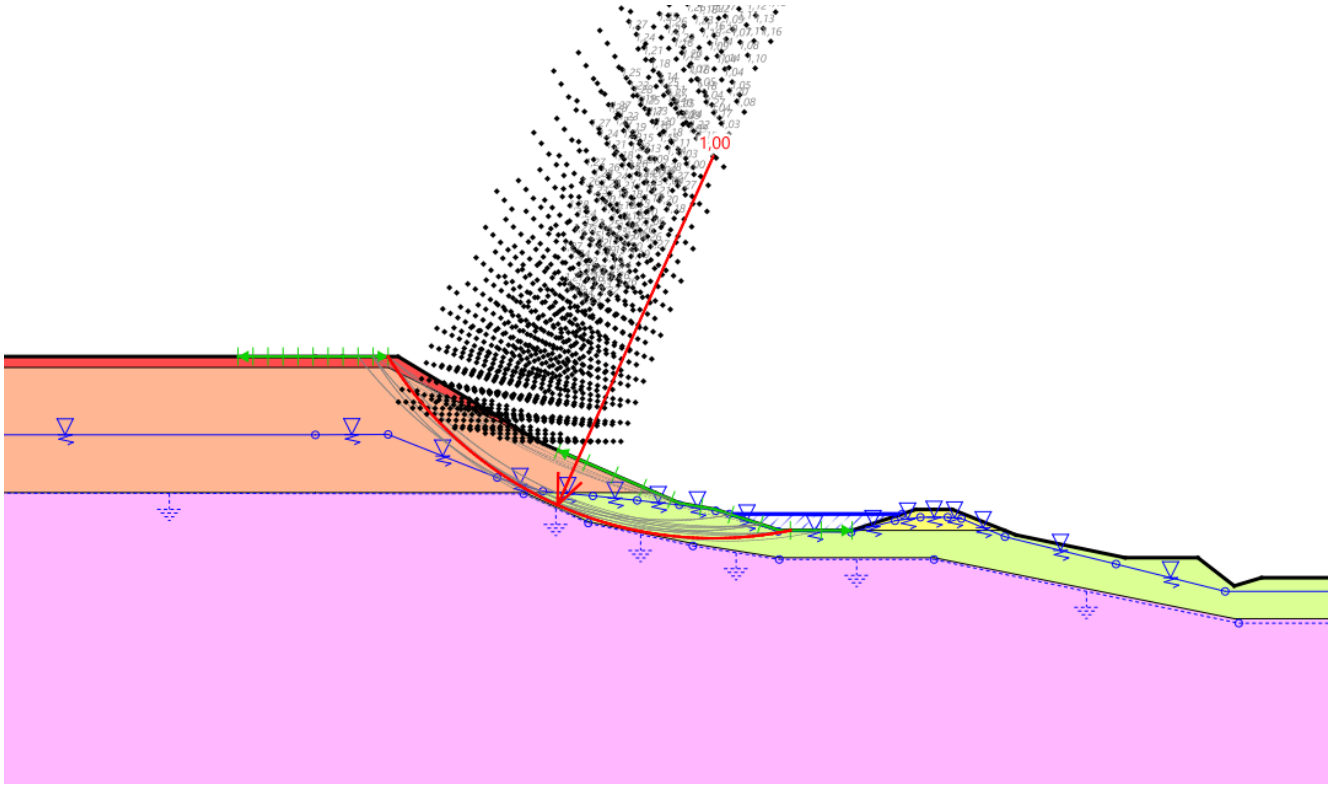
Altitude MNT 2022	275,96 275,95 275,83 274,76 273,34 271,90 270,32 269,46 268,83 268,19 267,61 267,03 266,44 265,95 265,03 264,15 263,31 262,62 262,33 262,37 262,06 261,01 260,25 259,71 259,72
Altitude MNT 2026	278,83 278,65 277,71 275,51 274,48 273,45 272,42 271,38 270,48 269,63 269,22 268,50 268,31 267,31 266,14 265,07 264,44 263,56 263,15 262,45 262,22 261,45 260,50 259,95 259,96
Delta	-2,87 -2,70 -1,94 -0,75 -1,14 -1,65 -2,10 -2,96 -1,64 -1,44 -1,61 -1,47 -1,67 -1,36 -1,11 -0,92 -1,33 -1,33 -1,03 -0,08 -0,16 -0,44 -0,25 -0,35 -0,23
Distances partielles	2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 4,00

5.1.5 Hypothèses hydrogéologiques

Les conditions d'eau du site ont été modélisées par :

- une nappe hydrostatique cheminant dans les horizons gravelo-sableux amont et les formations alluvionnaires +/- colluvionnées interceptées en berges rive gauche et droite du canal. Le niveau amont est calé à - 8.00 m/TA (relevé piézométrique en SP3), celui en berge rive gauche est calé sur le pied de talus (présence de sols gorgés d'eau lors de nos visites). Le niveau en rive droite au niveau de la digue est considéré à - 2.00 m/TA.
- le fond de nappe a été considéré au toit du substratum marneux altéré (très peu perméable).
- Une nappe extérieure calée à 0.50 m/berge pour simuler le canal en eau.

Les conditions d'eau sont illustrées par la figure suivante :



5.1.6 Hypothèses de chargement

Aucune charge d'exploitation n'est considérée en crête de talus. Seuls les remblais existants ont été modélisés par la couche remblai 1.

5.1.7 Hypothèses sismiques

En zone de sismicité 2, pour un ouvrage de catégorie II, nous n'avons pas pris en compte d'action sismique conformément à la règlementation.

5.2 RESULTATS DES CALCULS

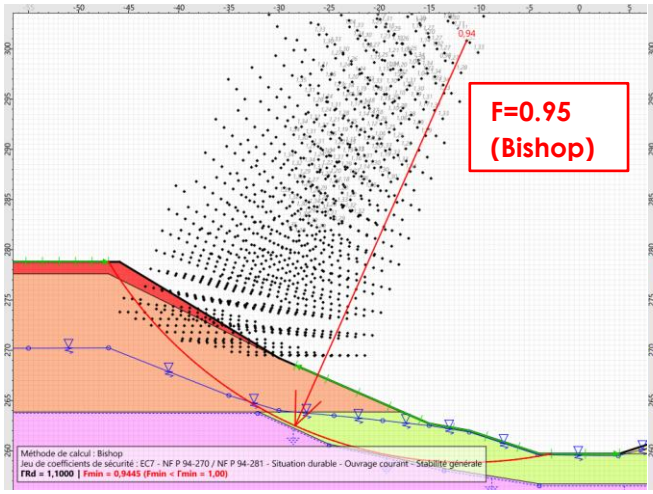
Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

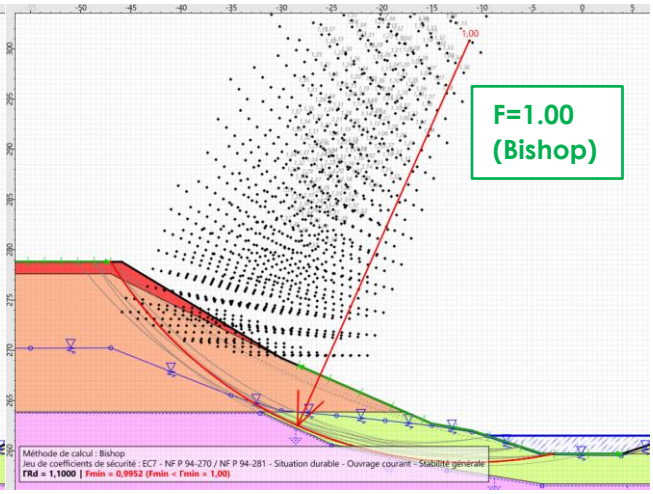
N° phase	N° situation	Description	Coefficient de sécurité	Coefficient F
			Approche classique, rupture circulaire selon Bishop	Calcul à la rupture (spirales logarithmiques)
1	1 et 2	Nappe amont berge RG	**0.95**	**1.05** (XF = 1.20)
2	1 et 2	Nappe amont berge RG + canal en eau	**1.00**	**2.25** (XF = 1.20)
3	1 et 2	Talus amont en charge	**0.72**	**0.31** (XF = 1.20)
4	1 et 2	Talus amont en charge + canal en eau	**0.76**	**0.31** (XF = 1.20)
5	1 et 2	Drainage talus amont et berge	**1.09**	**Ne converge pas, méthode à la rupture hors de son domaine d'application**

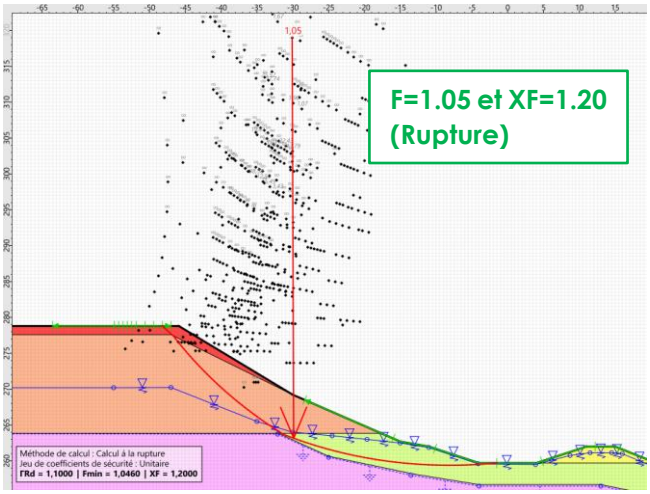
Le modèle de calcul a été calé en comparant l'approche traditionnelle et l'approche à la rupture en recherchant un coefficient global de sécurité F = 1.00 avec un coefficient partiel intermédiaire de sécurité X_F = 1.20 sur les paramètres de résistance au cisaillement des sol dans le cas des calculs à la rupture.

Le calage du modèle est obtenu pour un niveau de nappe calé sur le niveau d'eau de SP3 et les résurgences observées en pied de talus sur la berge RG. Les coefficients de sécurité obtenus varient entre 0.95 et 1.00 en approche traditionnelle. Le calcul à la rupture permet de s'assurer de la cohérence des paramètres de résistance des sols avec F = 1.05 pour XF = 1.20. On remarquera vis-à-vis des mécanismes de rupture amont le léger effet stabilisateur apporté par le canal en eau.

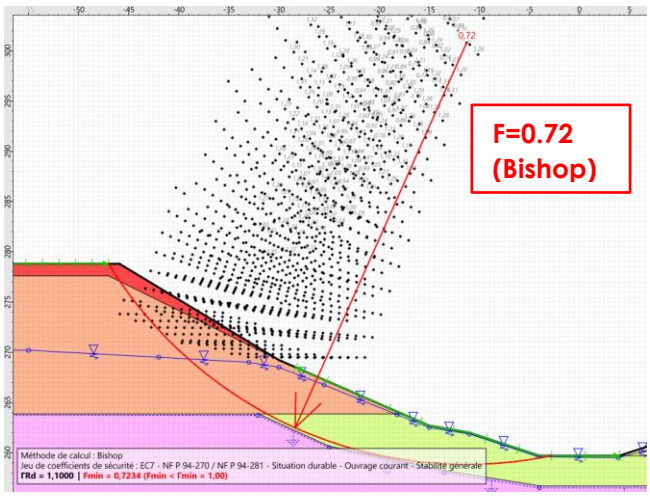
Les phases n°1 et n°2 sont illustrées ci-après :

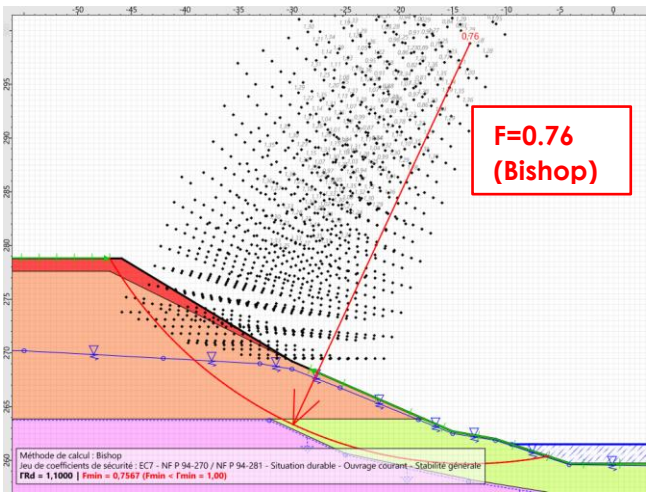


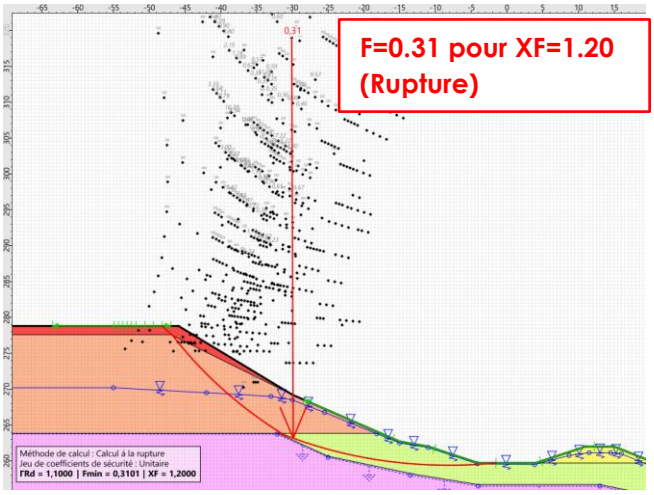


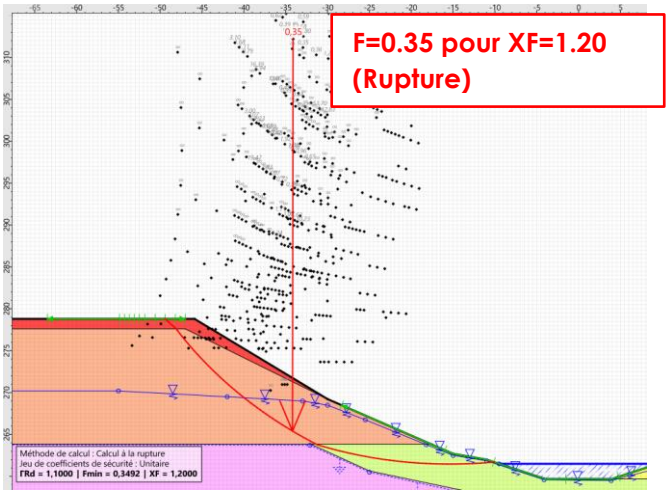


Les situations n°3 et n°4 simulent la mise en charge du talus amont qui provoque les mécanismes de rupture entrainant la berge et le canal. Les coefficients obtenus sont de l'ordre de 0.72 / 0.76 et 0.31 selon les méthodes de calcul. Ces cas de figure sont illustrés ci-après, canal en eau ou non, pour les deux approches (traditionnelle et à la rupture) :

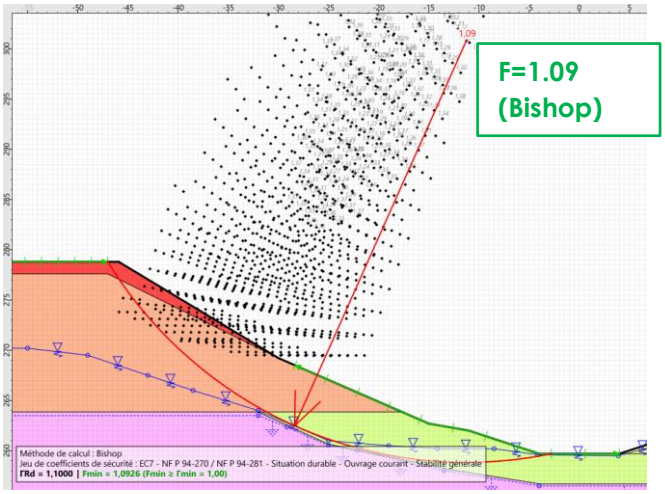








La situation n°5 simule le drainage du talus amont à l'aide de drains subhorizontaux couplés à une tranchée drainante dans la berge RG dans le but de rabattre la nappe. Le gain de stabilité ainsi obtenu est de plus de 20 % (F ≈ 1.09) par rapport à la situation extrême n°4. Ce cas de figure est illustré ci-après :



Cependant, un dispositif de drainage seul ne peut pas apporter les garanties suffisantes sur le maintien d'un niveau de sécurité tel que calculé précédemment car il est illusoire de considérer une efficacité « parfaite » du drainage et nous rappelons que ce type de système reste assujetti dans le temps à une perte d'efficience du fait du vieillissement et du colmatage possible des ouvrages.

Ainsi, **des confortements complémentaires sont ainsi indispensables pour pérenniser le niveau de sécurité et apporter le surcroit de sécurité initial sur le confortement global.** A ce titre, nous rappelons que ces confortements mécaniques apporteront des forces résistantes supplémentaires dans un modèle aujourd'hui dégradé car les caractéristiques des sols au niveau du plan de glissement ont des valeurs résiduelles à la suite du glissement avéré.

Observation importante : nous rappelons qu'une solution de conforrtement avec un écran continu s'avèrerait contre-productif car il génèrera un « effet barrage » en pied de versant contribuant à une remontée piézométrique en pied voire à des sous-pressions néfastes.

5.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR STABILISER LA BERGE RIVE GAUCHE

5.3.1 Principe de confortement de la berge rive gauche par drainage et inclusions ancrées en tête :

Les principales dispositions constructives à mettre en œuvre en rapport avec la solution proposée précédemment sont présentées ci-après, afin de tendre vers une amélioration du coefficient global de sécurité de plus de 20% en rapport avec la modélisation proposée.

La solution proposée consiste à mettre en œuvre un important dispositif de drainage du talus amont et de la berge RG couplé à des confortements lourds sur la berge RG de type inclusions armées et ancrées en tête par des tirants subhorizontaux.

Le système de drainage envisagé d'après les calculs de stabilité en situation n°5 est détaillé au § 5.3.3.

Le prédimensionnement des confortements par inclusions armées et ancrées en tête par des tirants subhorizontaux nécessite d'amender le modèle géotechnique afin de caractériser la géométrie de l'interface formations alluvionnaires/substratum marneux (cf. limites du modèle géotechnique exposées en § 5.1.3).

Toutefois, une ébauche des confortements, au stade de l'avant-projet sommaire, sur la base de notre expérience est présentée dans le §5.3.2 suivant.

Le phasage des travaux devra respecter le principe suivant afin de stabiliser le glissement avant l'ouverture de la tranchée drainante longitudinale en berge RG :

1. Mise en œuvre des drains subhorizontaux en pied de talus amont ;
2. Réalisation des inclusions ancrées en tête ;
3. Réalisation de la tranchée drainante.

5.3.2 Ebauche de confortement par inclusions ancrées en tête

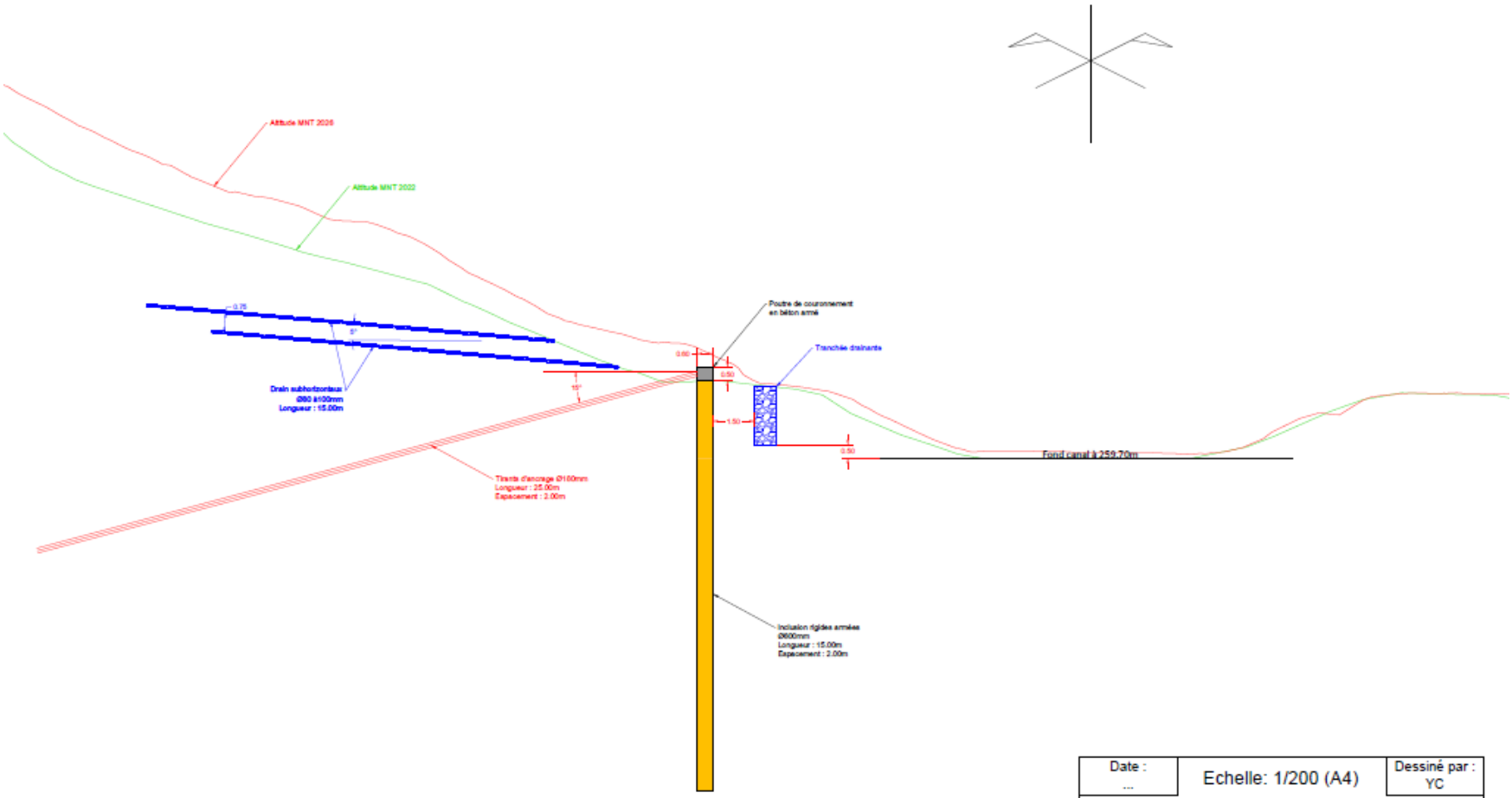
En première approche, dans le seul but d'obtenir une ébauche sur les confortements lourds à mettre en œuvre, on pourra s'orienter sur les ouvrages élémentaires suivants :

1. Inclusions armées
    - Pieux forés tarière creuse en Ø = 600 mm,
    - L= 15.00 m,
    - Espacement horizontal e_H = 2.00 m,
    - Armature à l'aide d'un profilé HEB = 360 mm pleine hauteur ;
2. Poutre de couronnement béton armé en tête pour la reprise des tirants subhorizontaux ;
3. Tirants d'ancrage
    - Forage Ø = 180 mm inclinés à 15° sous l'horizontale,
    - Longueur = 25.00 m,
    - Espacement horizontal e_H = 2.00 m,
    - Armature : barre type GEWY Ø = 75 mm

L'ébauche des confortements est illustrée par le schéma de principe suivant :

Profil n°: 3

Schéma de principe de confortement et drainage



5.3.3 Mise en œuvre du drainage

Un système de drain subhorizontaux couplé à une tranchée drainante longitudinale sera mis en œuvre afin de maitriser les conditions hydrauliques du talus amont et de la berge rive gauche.

5.3.3.1 Drains subhorizontaux en pied de talus amont rive gauche

Afin de rabattre la nappe en pied de talus, il conviendra de mettre en œuvre 2 rangées de drains subhorizontaux de 15 ml inclinés à 15°au-dessus de l'horizontale et implantés en quinconce selon le maillage indicatif suivant :

- espacement horizontal : 2.00 m
- espacement vertical : 0.75 m
- 1ere rangée implantée 0.50 m au-dessus du pied de talus

Un drain supplémentaire sera systématiquement mis en œuvre au droit de toute arrivée d'eau rencontrée à l'ouverture des terrassements.

Le diamètre des drains devra être suffisant de manière à permettre leur entretien. On pourra par exemple s'orienter vers des drains de Ø 80 mm à 100 mm.

Les têtes de drains seront raccordées à la tranchée drainante longitudinale par le bais d'un système de regards et collecteurs permettant le transit des eaux à l'aval hydraulique de la zone instable.

5.3.3.2 Tranchée drainante longitudinale au niveau de la berge rive gauche

Une tranchée drainante longitudinale sera mise en œuvre au niveau de la berge rive gauche de manière à rabattre la nappe environ 0.50 m au-dessus du fond du canal (fond canal = 259.70 m NGF) soit un rabattement de nappe effectif à 260.20 m NGF pour le profil de calcul considéré. Le niveau de rabattement se situe environ 2.50 m sous le niveau actuel de la berge.

Cette tranchée sera équipée d'un drain à cunette de diamètre Ø150 mm minimum. Les drains seront enrobés par un matériau purement drainant de type 20/40 mm, et le tout protégé par un géotextile anticontaminant et drainant de porométrie O95 ≈ 150 µm. Sur la tranchée principale, des regards seront aménagés tous les 50 ml, cela afin de constituer des batardeaux réguliers pour limiter les vitesses d'écoulement au sein de cette tranchée, et afin de permettre un entretien régulier des drains. Pour cela les regards devront être accessibles pour un homme et donc de grande dimension Ø1000 mm minimum.

Les eaux de drainage ainsi collectées seront raccordées vers un exutoire à l'aval de la zone instable.

Le remblaiement de la tranchée drainante sera constitué d'un matériau granulaire de type 0/100 mm, à caractère drainant (D10 > 1 mm) et de granulométrie bien graduée, afin de garantir, d'une part, une perméabilité suffisante, et d'autre part, éviter les phénomènes d'érosion interne. Le matériau type 0/100 mm sera mis en œuvre par couche élémentaire selon les recommandations du GTR et avec un objectif de densification q4 minimum.

Cette tranchée nécessitera un travail par plots de terrassements successifs, le blindage et l'épuisement des fouilles. Elle sera réalisée en dernière phase après la mise en œuvre des drains subhorizontaux et des inclusions ancrées en tête.

Elle sera implantée entre la rangée d'inclusions rigides et le canal. Le bord coté talus amont de la tranchée drainante sera positionné à environ 1.50 m du nu extérieur des inclusions.

5.3.4 Mise en œuvre des renforcements par inclusions

5.3.4.1 Principe de réalisation des inclusions

Les inclusions pourront être réalisées selon la technique des **pieux forés tarière creuse simple ou double rotation, de classe 2 et de catégorie 6 (FTC ou FTCD) selon la norme NF P94-262**.

Afin de sécuriser l'ancrage des inclusions sous la couche d'alluvions, il sera nécessaire d'ancrer la pointe des inclusions dans le substratum marneux altéré rencontré en SP2 à partir 258.15 m NGF. La profondeur d'ancrage devra garantir la plus restrictive des conditions suivantes :

- Ancrage minimal de 5.00 m dans le substratum marneux ;
- Longueur minimale de 3.00 m sous le saut d'effort tranchant nul.

A ce stade, la longueur prévisionnelle des pieux a été définie à 15.00 m de profondeur.

Notons que cet horizon est susceptible d'être représenté soit par une argile marneuse d'altération, soit par une marne altérée un peu plus compacte.

Afin d'éviter les interférences avec la tranchée drainante longitudinale, on veillera à garantir un espacement de 1.50 m entre le nu extérieur de la tranchée et le bord des inclusions. La tranchée drainante sera implantée entre les inclusions et le canal.

Les drains subhorizontaux et les inclusions seront réalisés préalablement à la tranchée drainante pour sécuriser les travaux de réalisation de la tranchée drainante.

5.3.4.2 Forage :

Le forage est exécuté à la tarière creuse simple ou double rotation jusqu'à la cote d'ancrage préalablement calculée. L'outil sera adapté à la nature des terrains traversés, en particulier pour la traversée des passages plus résistants à tendance marno-calcaire où l'utilisation d'outils désagrégeants pour sols compacts pourra s'avérer nécessaire pour assurer leur traversée et l'ancrage recherché (tarière à roche par exemple, …).

Des engins avec un couple de rotation et une force de traction/enfoncement suffisant devront être prévus.

5.3.4.3 Bétonnage :

Le bétonnage des inclusions est réalisé par l'intermédiaire d'un tube plongeur télescopable à l'intérieur de l'âme de la tarière et en remontant depuis la base du forage. Le bétonnage devra être réalisé avec toutes les précautions nécessaires, afin d'assurer une bonne tenue de la paroi des forages.

La contrainte dans le béton sera limitée conformément aux dispositions de la norme NF EN 1992-1-1.

5.3.4.4 Traficabilité

Les machines de fondations profondes sont des engins lourds qui nécessitent des plateformes de travail suffisantes pour garantir leur intervention. En référence au recommandations 2022 du SOFFONS pour les plateformes de travail des engins de fondations spéciales, il est conseillé de garantir une plateforme de travail de portance minimale EV2 ≥ 35 MPa.

5.3.5 Linéaire d'application

Nous nous sommes appuyés sur le rapport du CEREMA de janvier 2026. Les confortements par inclusions ancrées en tête et les dispositifs de drainage associés seront mis en œuvre au droit de la zone de glissement principal et celle du glissement secondaire présentées sur la figure suivante extraite du rapport CEREMA, avec un débord de 10 ml de part et d'autre :



Figure 1 : Localisation des désordres (source fond : Géoportail, cliché du 10.05.2025)

Le linéaire concerné représente donc environ 120 ml.

5.3.6 Ebauche des quantités et des coûts

On pourra se baser sur l'ébauche élaborée de manière prudente issue de la description des ouvrages géotechniques des § 6.3.2 à 5.3.4.

Le pré-chiffrage fourni ci-après porte uniquement sur les travaux de confortement. Ceux liés à la remise en état du canal ne font pas partie, à ce stade, du scope de la présente mission.

Il ne tient pas compte des ajustements techniques qui pourront avoir lieu sur les solutions techniques de confortement, notamment, en fonction :

- des informations complémentaires de terrain apportées par les investigations complémentaires ;
- des évolutions de l'instabilité du site et l'amplitude de la zone à traiter qui peut évoluer au cours du temps.

Il ne tient pas compte, non plus, des coûts liés aux terrassements nécessaires pour les pistes d'accès et plateformes de travail (fonction des moyens des entreprises et de la faisabilité vis-à-vis du canal), des coûts des études de niveau Projet qui reste à mener sur cette opération. Seule l'ébauche des études d'exécution et de la partie Maîtrise d'œuvre travaux ont été estimées au prorata du montant des travaux.

1/ Drains subhorizontaux talus amont		P.U. HT	Montant HT
longueur unitaire (ml)	15		
nombre de rangées	2		
espacement horizontal em (m)	2		
linéaire d'application (ml)	120		
nombre de drains (u) - Fournitures	122	450,00 €	54 900,00 €
linéaire total de drains (ml) - Foration	1830	35,00 €	64 050,00 €
		sous-total	118 950,00 €

2/ Inclusions rigides Ø 600mm armées		P.U. HT	Montant HT
longueur unitaire (ml)	15		
nombre de rangées	1		
espacement horizontal em (m)	2		
linéaire d'application (ml)	120		
Nbre d'inclusions rigides (u) - Béton	61	1 500,00 €	91 500,00 €
linéaire total pieux (ml) - Foration	915	200,00 €	183 000,00 €
		sous-total	274 500,00 €

3/ Tirants d'ancrages Øforage 180mm		P.U. HT	Montant HT
longueur unitaire (ml)	25		
nombre de rangées	1		
espacement horizontal em (m)	2		
linéaire d'application (ml)	120		
Nbre de tirants d'ancrages (u) - Acier	61	1 000,00 €	61 000,00 €
linéaire total de tirants (ml) - Foration	1525	180,00 €	274 500,00 €
		sous-total	335 500,00 €

4/Tranchée drainante (hors dispositifs de collecte spéciaux des drains du talus amont et raccordement à un exutoire)		P.U. HT	Montant HT
largeur (m)	0,8		
profondeur (m)	2,5		
linéaire d'application (ml)	120		
Volume (m3)	240	35,00 €	8 400,00 €
drain à cunette (ml)	120	50,00 €	6 000,00 €
regard de visite Ø1000mm (1u/50ml)	3	700,00 €	2 100,00 €
		sous-total	16 500,00 €

5/Coût supplémentaires		Forfait HT	Montant HT
Installation de chantier - Base vie	1	65 000,00 €	65 000,00 €
Etudes d'Exécution et topographie	1	20 000,00 €	20 000,00 €
Maîtrise d'œuvre	1	50 000,00 €	50 000,00 €
		sous-total	135 000,00 €

		Total HT	**880 450,00 €**
Aléas imprévisibles et autres	15%	Total HT	**1 012 517,50 €**

5.4 DIMENSIONNEMENT DES INCLUSIONS ET DES TIRANTS D'ANCRAGE

Le dimensionnement de conception des confortements lourds dont l'ébauche est présentée en § 5-3-2 devra être réalisé lors des phases ultérieures d'études une fois le principe validé par le maître d'ouvrage et après la réalisation des reconnaissances complémentaires jugées nécessaires afin d'amender le modèle géotechnique notamment dans la zone d'interface alluvions/substratum marneux.

5.5 RECOMMANDATIONS D'ORDRE GENERAL

La stabilisation de la berge rive gauche du canal nécessitera :

- La recherche d'un exutoire pour les eaux de drainage (drains subhorizontaux + tranchée longitudinale) à l'aval hydraulique ;
- L'aménagement d'accès spécifiques pour les machines de forage, les engins de terrassement et l'approvisionnement/stockage des matériaux et matériels ;
- Le chômage du canal ;
- l'adaptation de la solution de confortement proposée par rapport aux évolutions éventuelles du glissement jusqu'à la date d'engagement des travaux.

5.6 EVOLUTIONS PROBALBES – SITUATION ACTUELLE

Les constats réalisés sur la zone et les principales conclusions issues de la présente étude géotechnique d'avant-projet démontrent que le versant, surplombant le Bief d'Artaix au PK 16+800, lieu-dit « Les Guittons », est affecté par un glissement de terrain de grande ampleur ayant entrainé l'obstruction partielle du canal.

La cinématique de ce glissement est fortement dépendante des conditions météorologiques et plus particulièrement de l'influence de ces dernières sur la piézométrie de la nappe baignant les formations alluvionnaires anciennes +/- colluvionnées constituant la majeure partie du versant.

A ce jour, la stabilité de la zone est précaire et dépend de la butée créée en pied de versant du fait du déplacement des masses de sol.

Ainsi, dès lors que cette butée peut être en partie « rognée » par les écoulements au sein du canal ou encore que la piézométrie de la nappe de versant atteindra à nouveau un niveau haut propice à une augmentation des forces déstabilisatrices par rapport aux forces stabilisatrices précaires, le glissement se réactivera avec une cinématique pouvant être plus ou moins rapide.

Nous rappelons que sur une zone glissée, les caractéristiques géotechniques au niveau du plan de glissement sont des caractéristiques résiduelles et donc plus faibles qu'à l'initial (avant glissement). Par conséquent, sans la mise en œuvre de solutions confortatives de grande ampleur, le canal sera fortement impacté par ce glissement qui par évolution régressive finira par obstruer complètement ce dernier.

5.7 SOLUTION PROVISOIRE – PROPOSITION DE LA MOA

A la demande de la Maîtrise d'Ouvrage (VNF), nous avons réalisé une évaluation géotechnique de la solution provisoire présentée par la MOA et consistant en la réalisation « d'un tunage bois classique au niveau de la berge ».

Cette solution est motivée par le fait que Le maître d'ouvrage précise que ses contraintes financières et juridiques ne seront pas de nature à engager les travaux sur berge et sur digue sur un seul exercice budgétaire et sur la seule période de chômage 2026/2027. Afin d'assurer une protection temporaire de la berge, la MOA souhaite donc engager des premiers travaux de confortement provisoire.

Compte-tenu des éléments connus sur l'instabilité constatée affectant le canal et de l'ampleur du phénomène en termes de masse susceptible d'être remobilisée en cas de réactivation du glissement, il s'avère que la solution proposée par la MOA n'est pas adaptée pour lutter efficacement contre un nouveau mouvement pouvant obstruer même que partiellement le canal.

Toutefois, cette solution peut s'avérer utile pour reconstituer une protection superficielle de la berge vis-à-vis du marnage du plan d'eau et des phénomènes de batillage qui pourraient rogner les matériaux de berge déjà fragilisés.

En revanche, une instrumentation du site permettra un suivi et une anticipation des désordres pouvant survenir tant que les solutions de confortement en masse n'auront pas été mises en œuvre. A fortiori, cette instrumentation peut être un véritable outil de prévention et de gestion de la circulation fluviale sur le Bief d'Artaix, en définissant des seuils d'Alerte et d'Arrêt selon la cinématique relevée.

Ainsi, le suivi des déformations en pied de versant par l'intermédiaire d'une chaine inclinométrique et le suivi de la pluviométrie avec télétransmission des données, deviendront des outils d'aide à la décision afin de mettre en œuvre les moyens de prévention pour couper provisoirement la navigation dès lors que les seuils auront été dépassés.

5.8 INVESTIGATIONS ET ETUDES COMPLEMENTAIRES

Compte-tenu des enjeux et de la nécessité de dimensionner au plus juste les ouvrages de confortement en pied de versant, nous recommandons, au préalable de la phase G2-PRO, les investigations géotechniques complémentaires suivantes :

- **1 sondage carotté** à réaliser, dans le 1/3 inférieur du versant, et descendu jusqu'à une profondeur 15.00 m/TA. Il a permis de prélever des échantillons de sol en vue d'essais de laboratoire.
- **La pose d'un piézomètre,** dans le carottage précédent, permettra le suivi ultérieur de la piézométrie dans cette zone et viendra compléter les données aux extrémités amont et aval.
- **1 sondage pressiométrique** à réaliser, dans le 1/3 inférieur du versant, et descendu jusqu'à une profondeur 15.00 m/TA. Des essais pressiométriques seront à répartir selon un intervalle moyen de 1.00 m.
- **2 pénétromètres dynamiques,** à réaliser, dans le 1/3 inférieur du versant, et descendus jusqu'à une profondeur 10.00 m/TA ou au refus. Ils serviront à une recherche plus précise du plan de glissement dans le 1/3 inférieur, le cas échant.
- **Des essais de mécanique des sols en laboratoire** seront réalisés sur les échantillons prélevés en carottage.

Par ailleurs, conformément à la norme NF-P 94-500, l'enchainement des phases PRO et DCE/ACT de la mission géotechnique de conception G2 s'avèrent incontournables. Elles nécessiteront au préalable une définition claire des ouvrages à étudier et des données d'entrée de niveau Projet.

*

* *

6. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase avant-projet de la mission d'étude géotechnique de conception. Cette phase G2-AVP confiée à GÉOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des résultats des investigations et des données connues du projet, et présente le principe de confortement envisageable pour stabiliser la berge rive gauche du canal.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site *(stratigraphie, caractéristiques mécaniques du sol, hydrogéologie, etc…)* et le projet (implantation, calage altimétrique des ouvrages de confortement,…), notamment :

- L'évolution du glissement à la date de réalisation des travaux ;
- Les contraintes liées à l'exploitation du canal ;
- les interactions entre la solution retenue pour les travaux de confortement de la berge rive gauche, et la réfection du canal ;
- les incertitudes sur le modèle géotechnique, notamment la géométrie de l'interface formations alluvionnaires/substratum marneux en berge rive gauche ;
- les variations de nature et d'épaisseur des remblais en crête de talus et au niveau du canal en lien avec l'historique des travaux/constructions ;
- les risques d'hétérogénéité au sein des formations alluvionnaires +/- colluvionnées, et le cas échéant +/- impactées par les épisodes de glissement ;
- les méthodologies d'exécution des travaux ;
- les conditions hydrogéologiques avant et pendant les travaux conditionnant les terrassements, et les mises hors d'eau..

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2-PRO à G4) devra suivre la présente étude G2-AVP.

La réalisation de la phase PRO de la mission G2 supposera la transmission d'entrants minimums, décrits dans les « Guides ingénierie géotechnique et maîtrise d'œuvre » de Syntec Ingénierie.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

*

* *

CONDITIONS GENERALES

1. **Avertissement, préambule**
Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. **Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)**
Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.
Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.
Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. **Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission**
Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.
La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.
Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.
Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.
Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. **Plans et documents contractuels**
Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. **Limites d'engagement sur les délais**
Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.
Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. **Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures**
Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.
Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.
Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. **Implantation, nivellement des sondages**
Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. **Hydrogéologie**
Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. **Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux**
Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.
L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.
L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. **Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client**
A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. **Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes**
Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. **Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation**
La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. **Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport**
Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.
Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. **Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie**
Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.
Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.
Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.
Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maitre d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.
L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchainement des missions G1 à G4	**Phases de la maîtrise d'œuvre**	**Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission**		**Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques**	**Niveau de management des risques géotechniques attendu**	**Prestations d'investigations géotechniques à réaliser**
Étape 1 : **Etude géotechnique préalable (G1)**		Etude géotechnique préalable (G1) **Phase Etude de Site (ES)**		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) **Phase Principes Généraux de Construction (PGC)**		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : **Etude géotechnique de conception (G2)**	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) **Phase Avant-projet (AVP)**		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (*choix constructifs*)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) **Phase Projet (PRO)**		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (*choix constructifs*)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) **Phase DCE/ACT**		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	**Supervision géotechnique d'exécution (G4)** **Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution** (*en interaction avec la phase supervision du suivi*)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (*réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience*)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude	**Supervision géotechnique d'exécution (G4)** **Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution** (*en interaction avec la phase Supervision de l'étude*)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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.

ETAPE 1 : ETUDE GÉOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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 :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants 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.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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.

- 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).

ETAPE 2 : ETUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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 :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- 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 avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

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. - 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 avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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.

- 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, notices 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GÉOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)
ETUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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 :

Phase Étude

- 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.

Phase Suivi

- 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)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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 :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- 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.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- 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.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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.

- 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'étude 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3)

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

ANNEXES

Annexe 1 – Plan de situation

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

BRIENNON (42720)

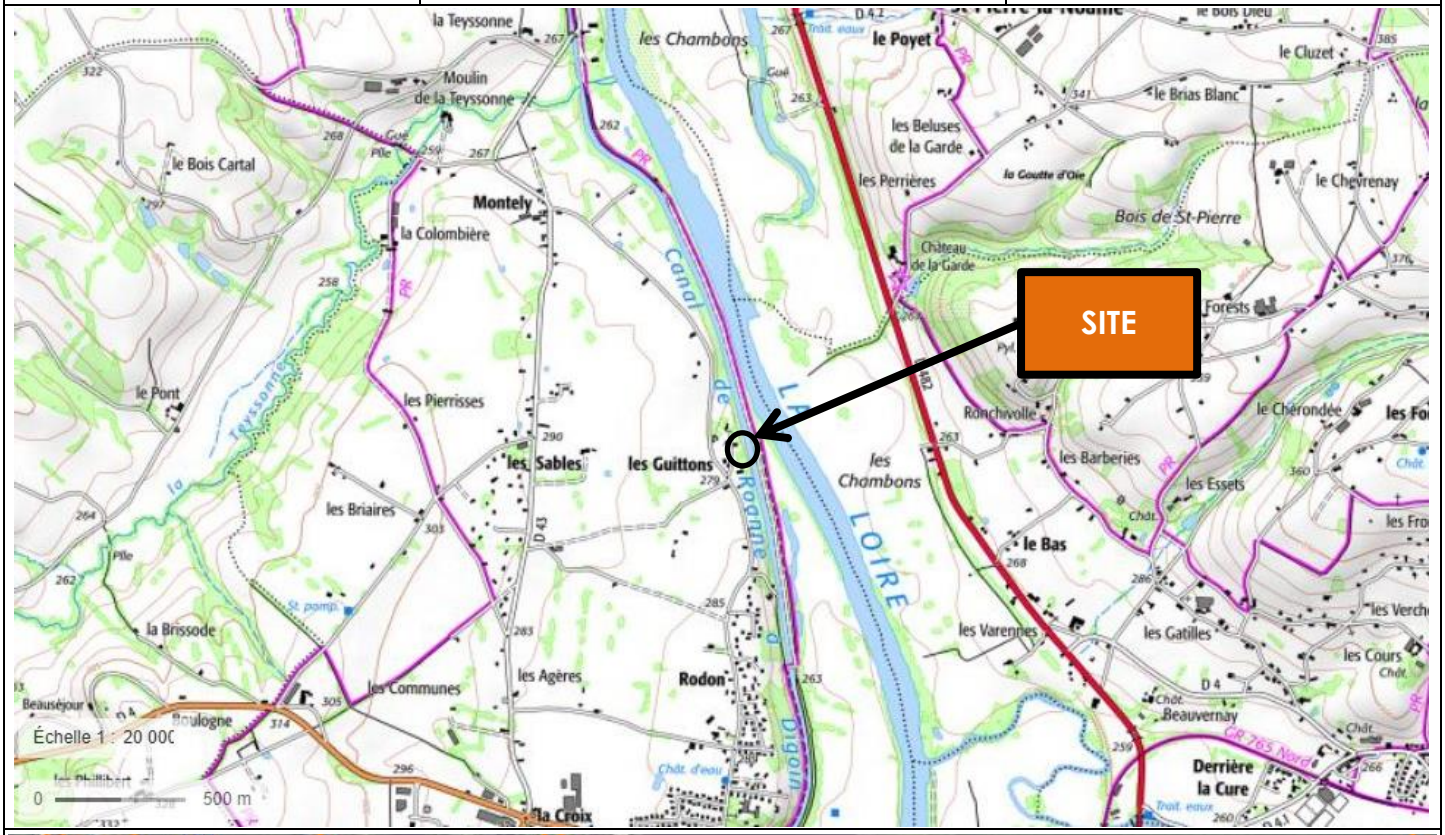
2601014/DIJON

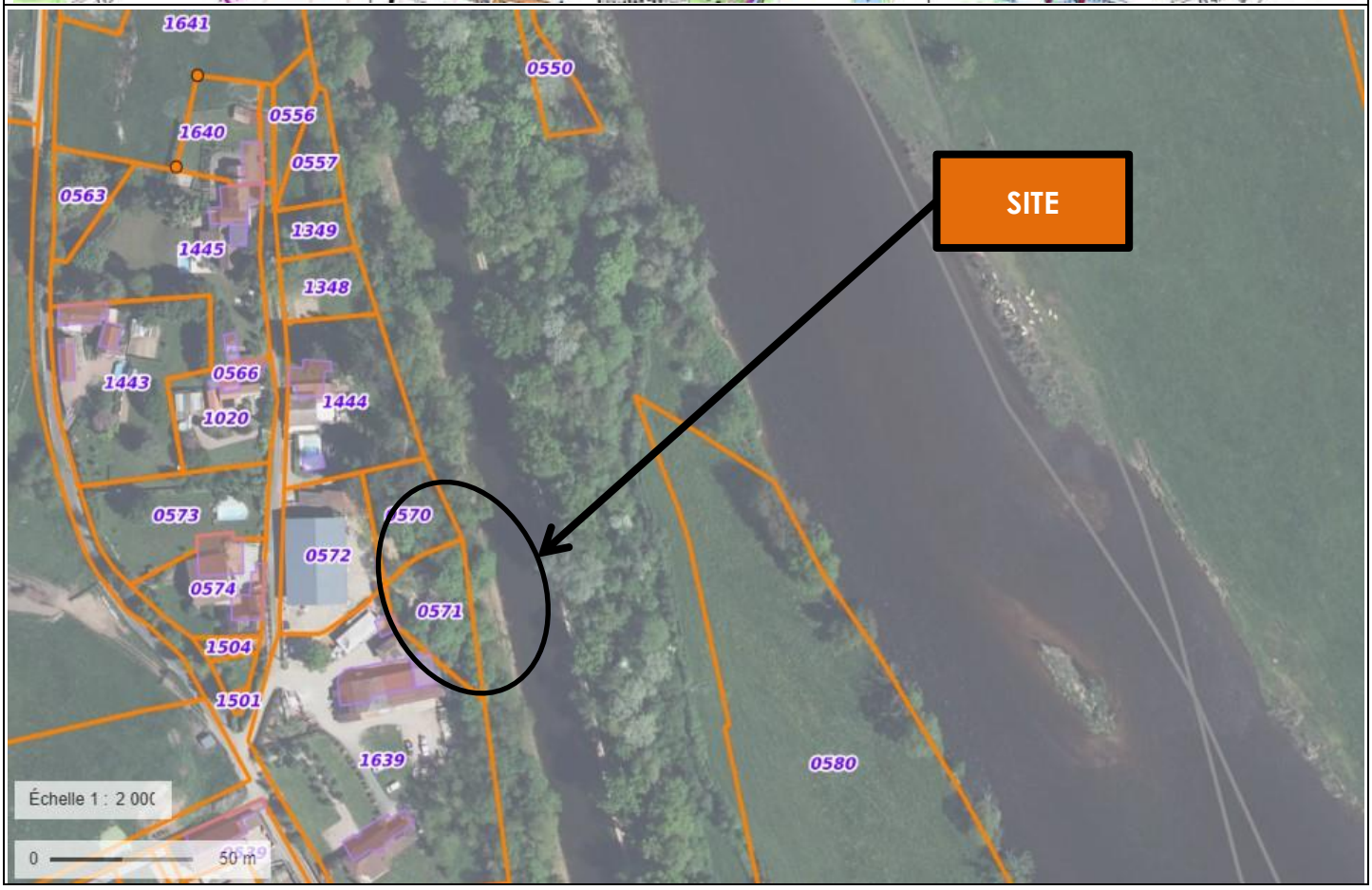
Canal de ROANNE à DIGOIN – Bief d'Arlay

Glissement de terrain PK 16+800

Localisation du site d'étude

NORD





Annexe 2 – Plan d'implantation

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

AFFAIRE 2601014/DIJON

BRIENNON

Glissement bief Artaix PK 16.8

7 Route des Guittons

Plan d'implantation des sondages



Sondage Géologique et pressiométrique avec enregistrement de paramètres

Sondage Géologique avec enregistrement de paramètres

Sondage carotté

PZ Pose d'un piézomètre

INC Pose d'un inclinomètre

Planimétrie rattachée au système RGF93 - CC46

Implantation des sondages au GPS

Date : ...	Echelle: 1/300 (A3)	Dessiné par : YC

0 5 10 15m

Annexe 3 – Sondages et essais

PLAN D'IMPLANTATION



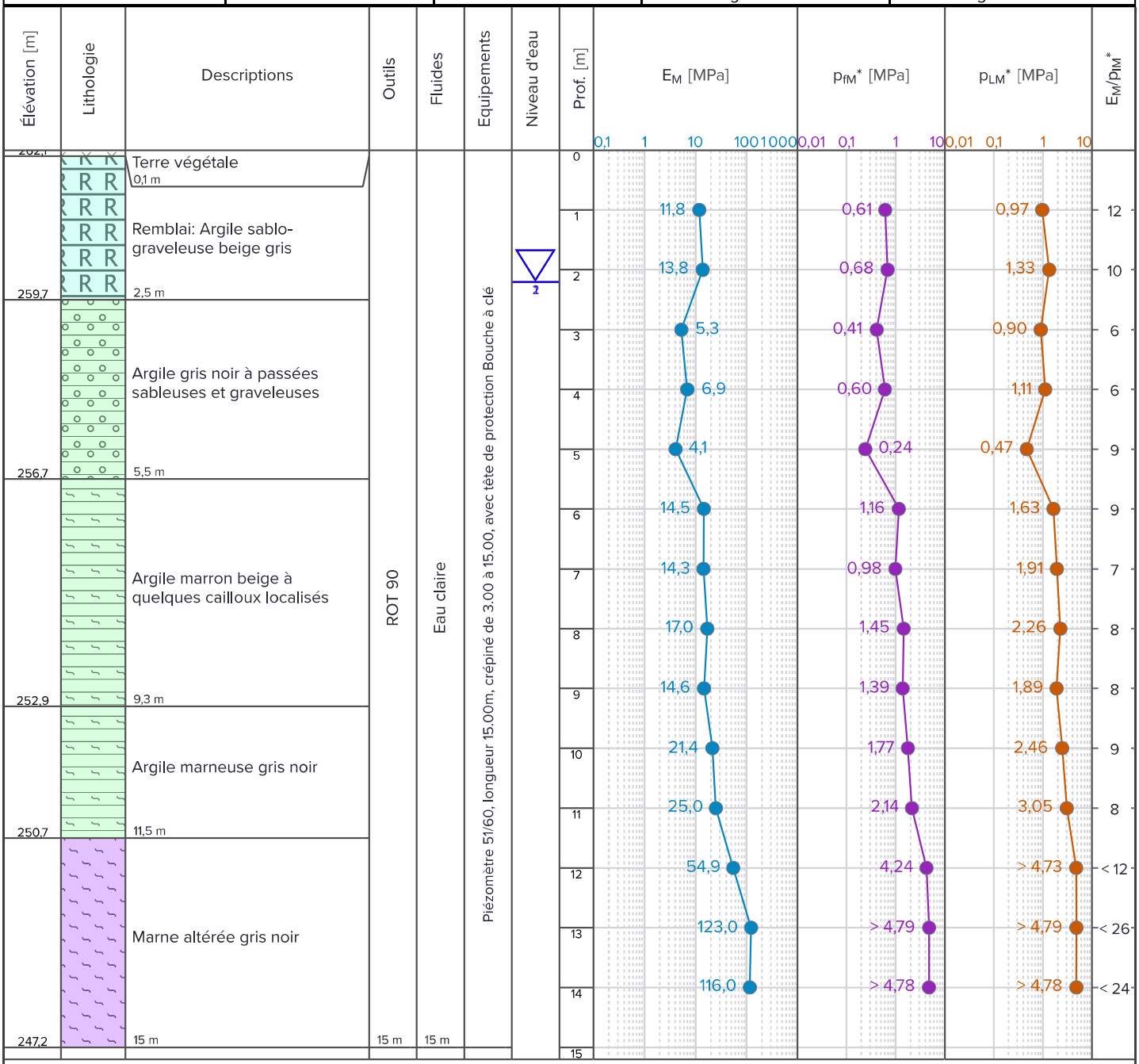
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site **BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS**
Affaire **2601014**

Sondage SP1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784162	5218755	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,2 m	15,2 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Pressiomètre	03/03/2026	03/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



1 05/03/2026 - Eau en cours de sondage - 2,2m
2 05/03/2026 - Eau en fin de sondage - 2,2m

Remarques: Eboulement du forage à 5.00m

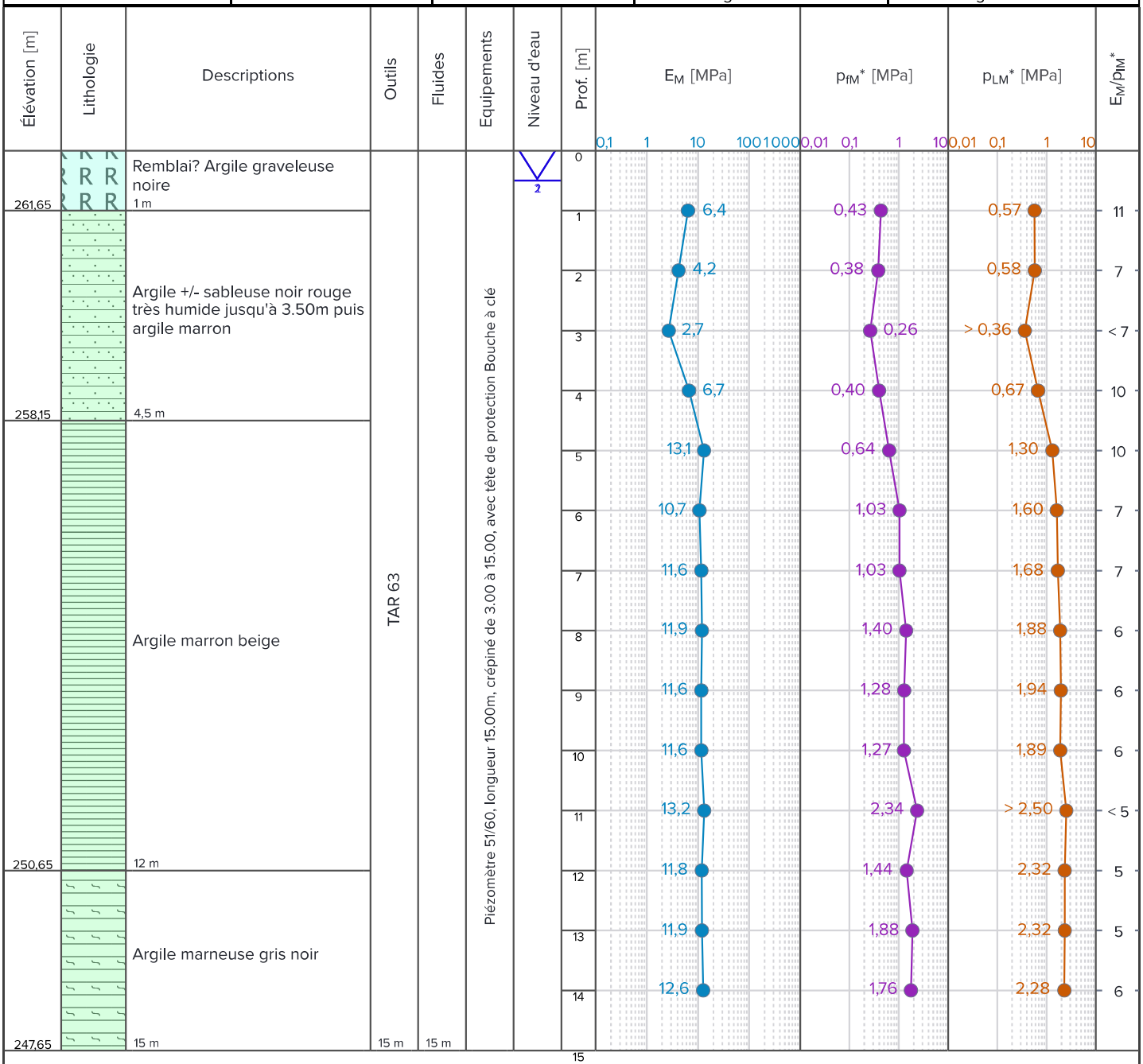
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SP2

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784141	5218750	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,7 m	15,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Pressiomètre	17/03/2026	17/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 26/03/2026 - Eau en cours de sondage - 0,5m
[2] 26/03/2026 - Eau en fin de sondage - 0,5m

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

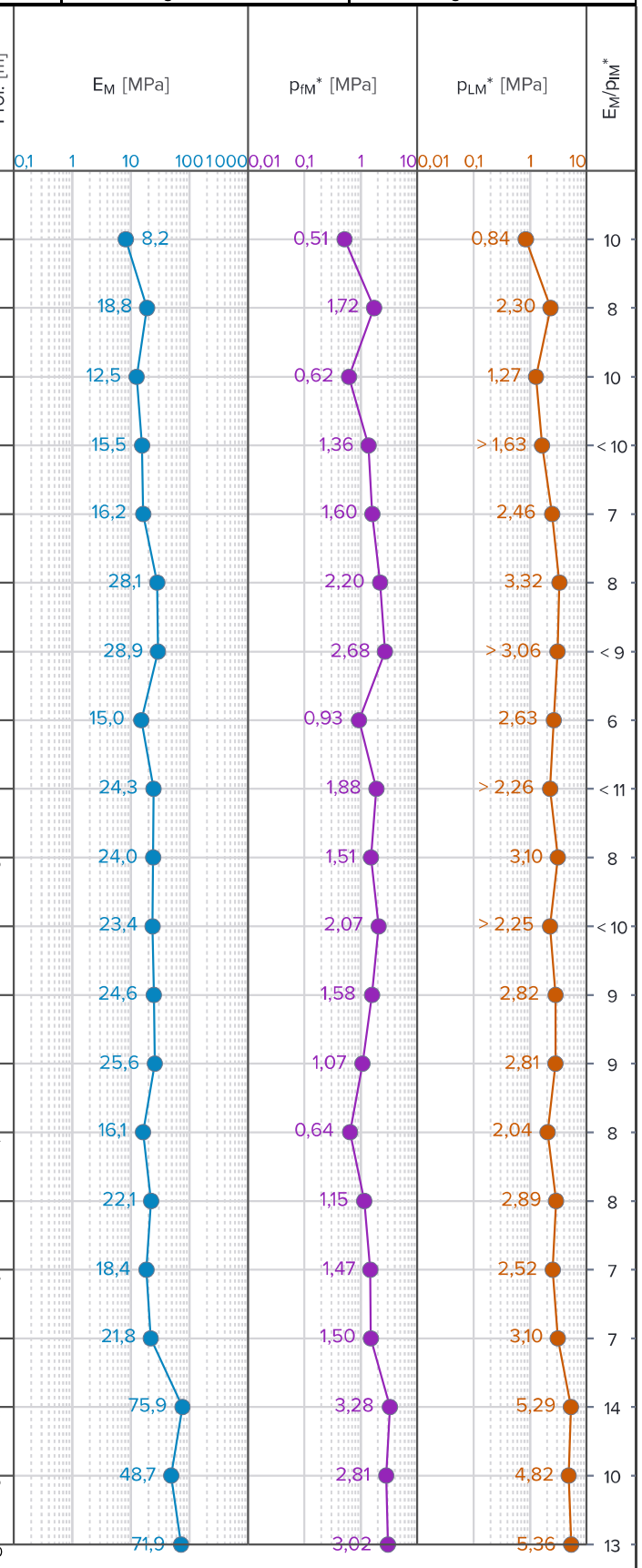
Site **BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS**
Affaire **2601014**

Sondage SP3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784103	5218745	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+278,2 m	25,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Pressiomètre	10/03/2026	10/03/2026	Non renseigné	Non renseigné

Élévation [m]	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Fluides	Equipements	Niveau d'eau
276,95		Remblai hétérogène à +/- de cailloux et blocs — 1,2 m	TAR 63 — 6 m	HQ 77.8/88.9	Autre — 6 m	Piézomètre 51/60, longueur 25.00m, crépiné de 1.00 à 22.00	2 / 1
268,15		Grave argilo-sableuse marron rouge (cailloux gréseux "touche à touche") — 10 m	ROT 60 — 10 m		Boues polymères — 10 m		
263,85		Grave argilo-sableuse marron, (galets de silex?) — 14,3 m	ROT 60 — 14,8 m	15 m	Boues polymères — 14,8 m		
260,65		Argile marneuse marron rouge — 17,5 m	ROT 60		Boues polymères		
		Marne altérée marron gris rouge (quelques passages durs)					



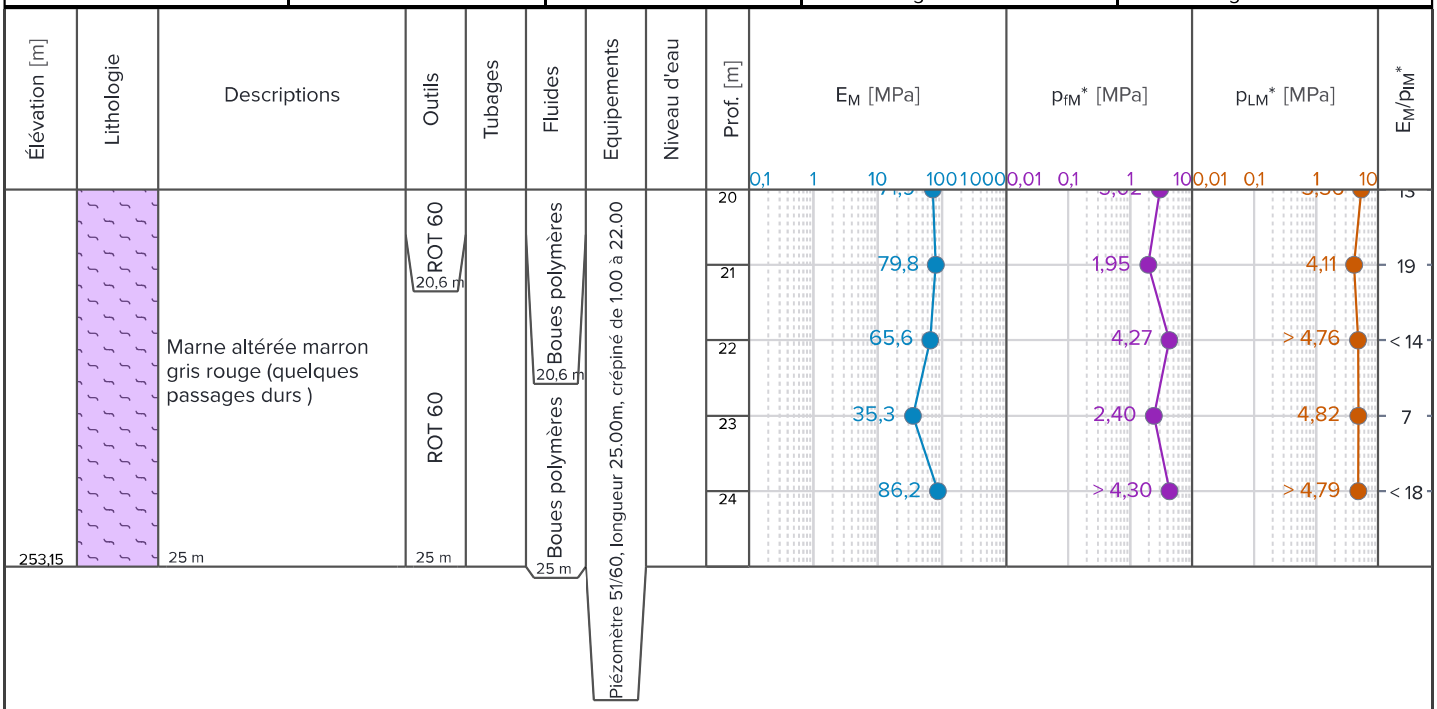
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site **BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS**
Affaire **2601014**

Sondage SP3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784103	5218745	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+278,2 m	25,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Pressiomètre	10/03/2026	10/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 12/03/2026 - Eau en cours de sondage - 8,5m
[2] 12/03/2026 - Eau en fin de sondage - 8,0m

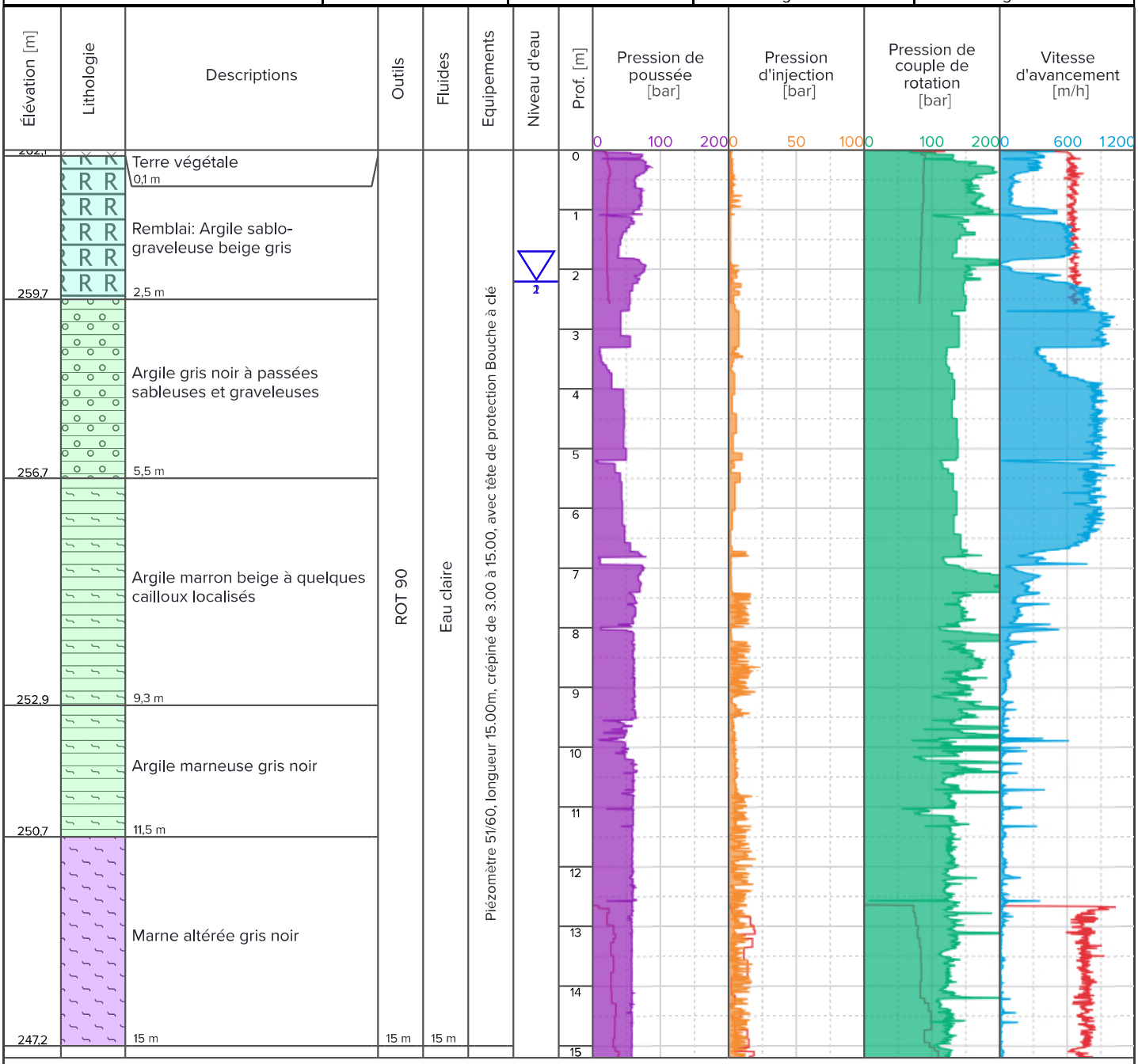
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SP1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784162	5218755	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,2 m	15,2 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	03/03/2026	03/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 05/03/2026 - Eau en cours de sondage - 2,2m
[2] 05/03/2026 - Eau en fin de sondage - 2,2m

Remarques: Eboulement du forage à 5.00m

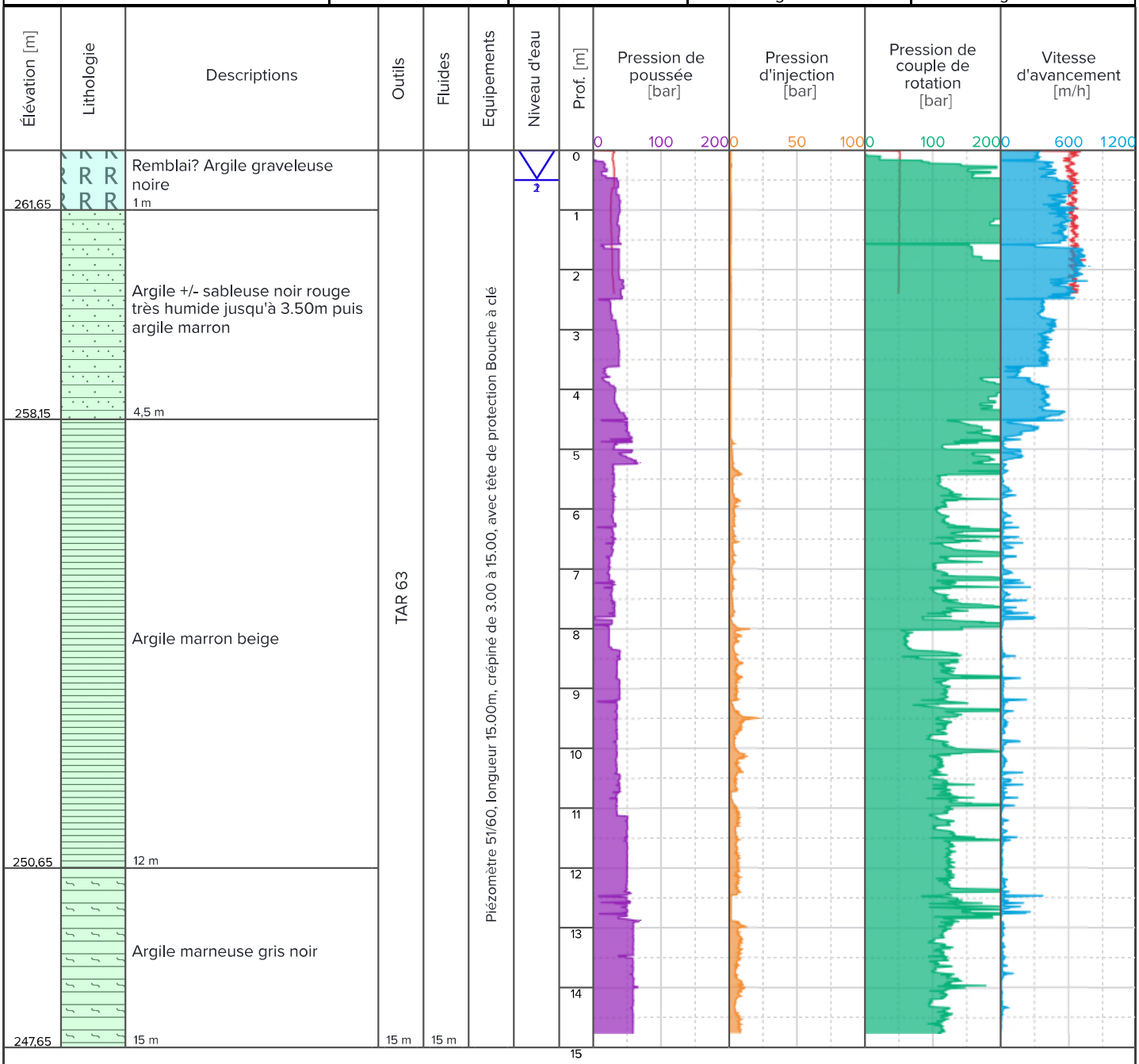
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SP2

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784141	5218750	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,7 m	15,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	17/03/2026	17/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 26/03/2026 - Eau en cours de sondage - 0,5m
[2] 26/03/2026 - Eau en fin de sondage - 0,5m

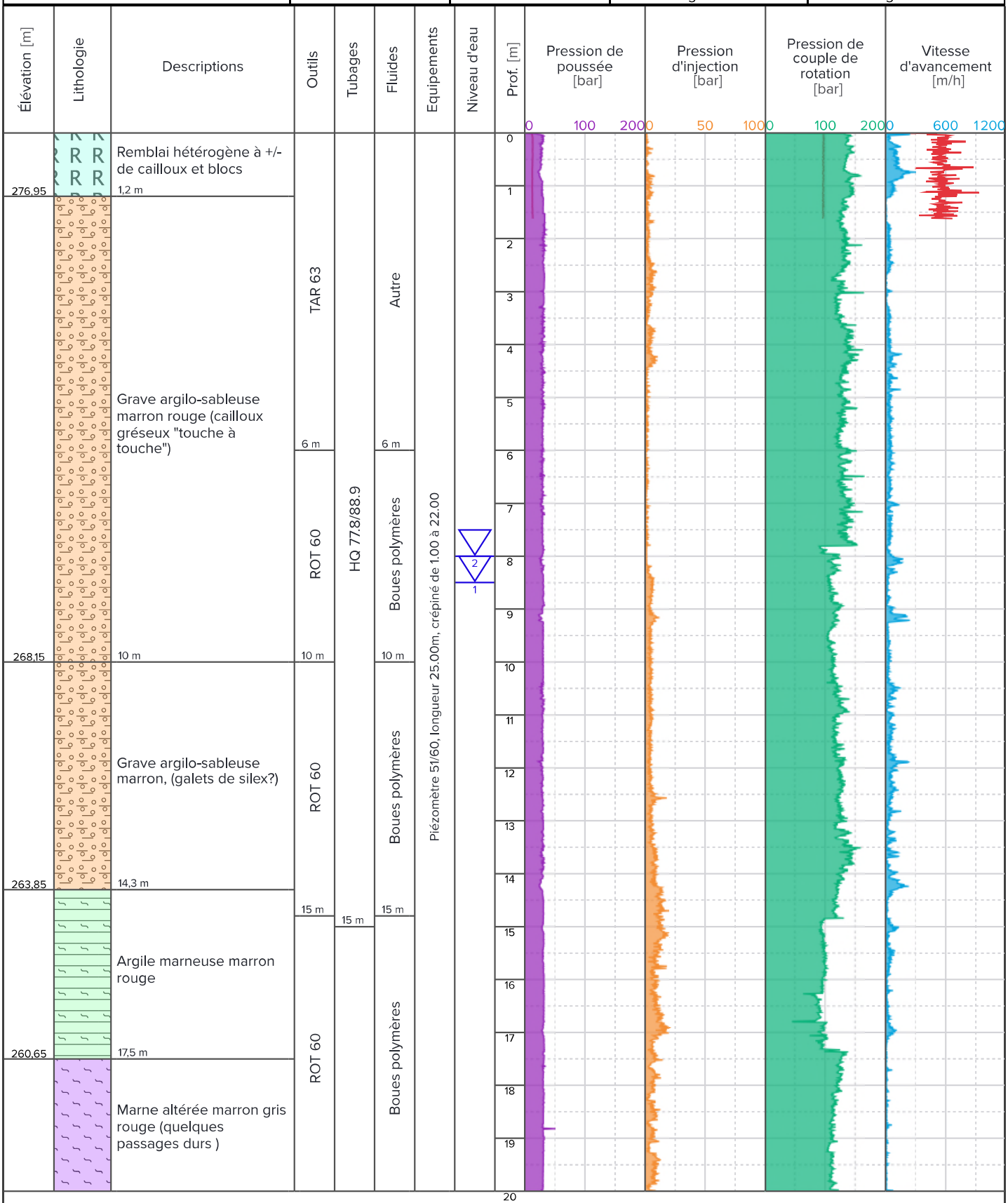
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SP3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784103	5218745	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+278,2 m	25,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	10/03/2026	10/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



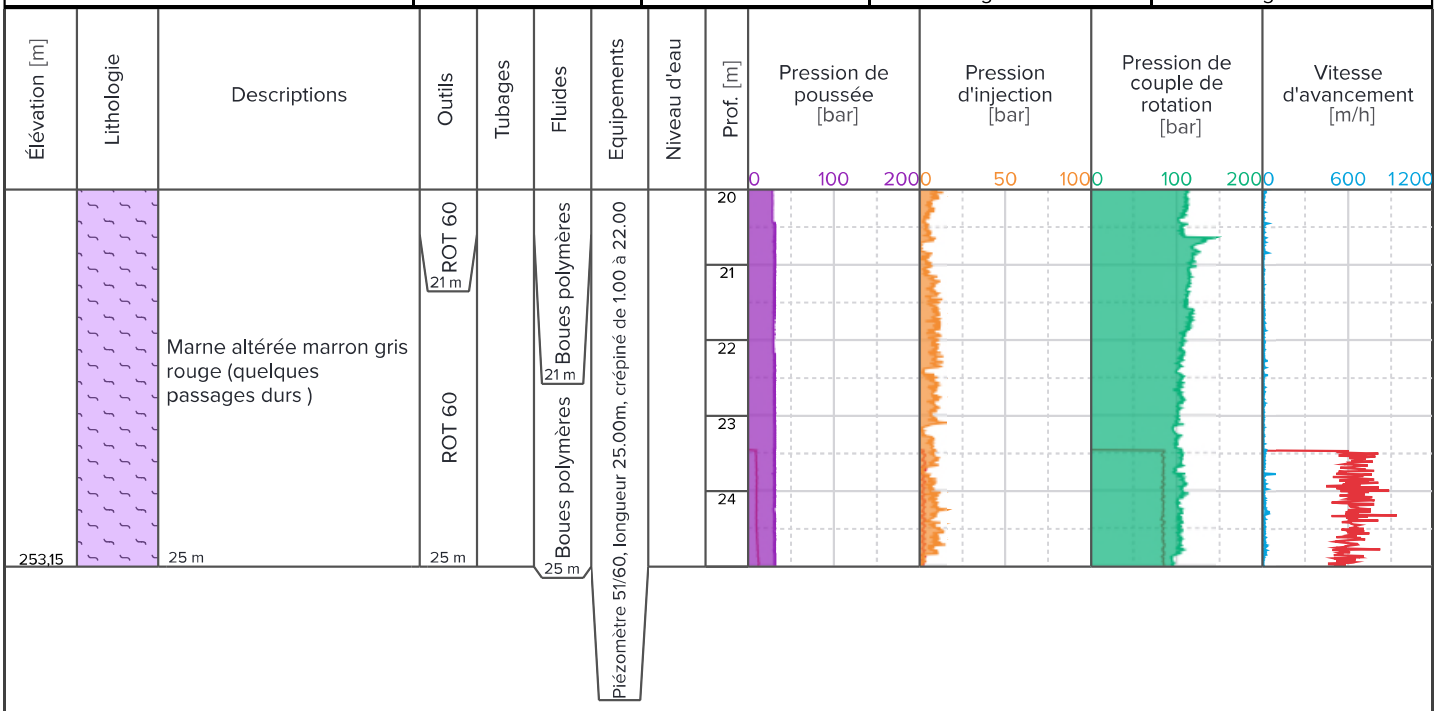
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SP3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784103	5218745	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+278,2 m	25,0 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	10/03/2026	10/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 12/03/2026 - Eau en cours de sondage - 8,5m
[2] 12/03/2026 - Eau en fin de sondage - 8,0m

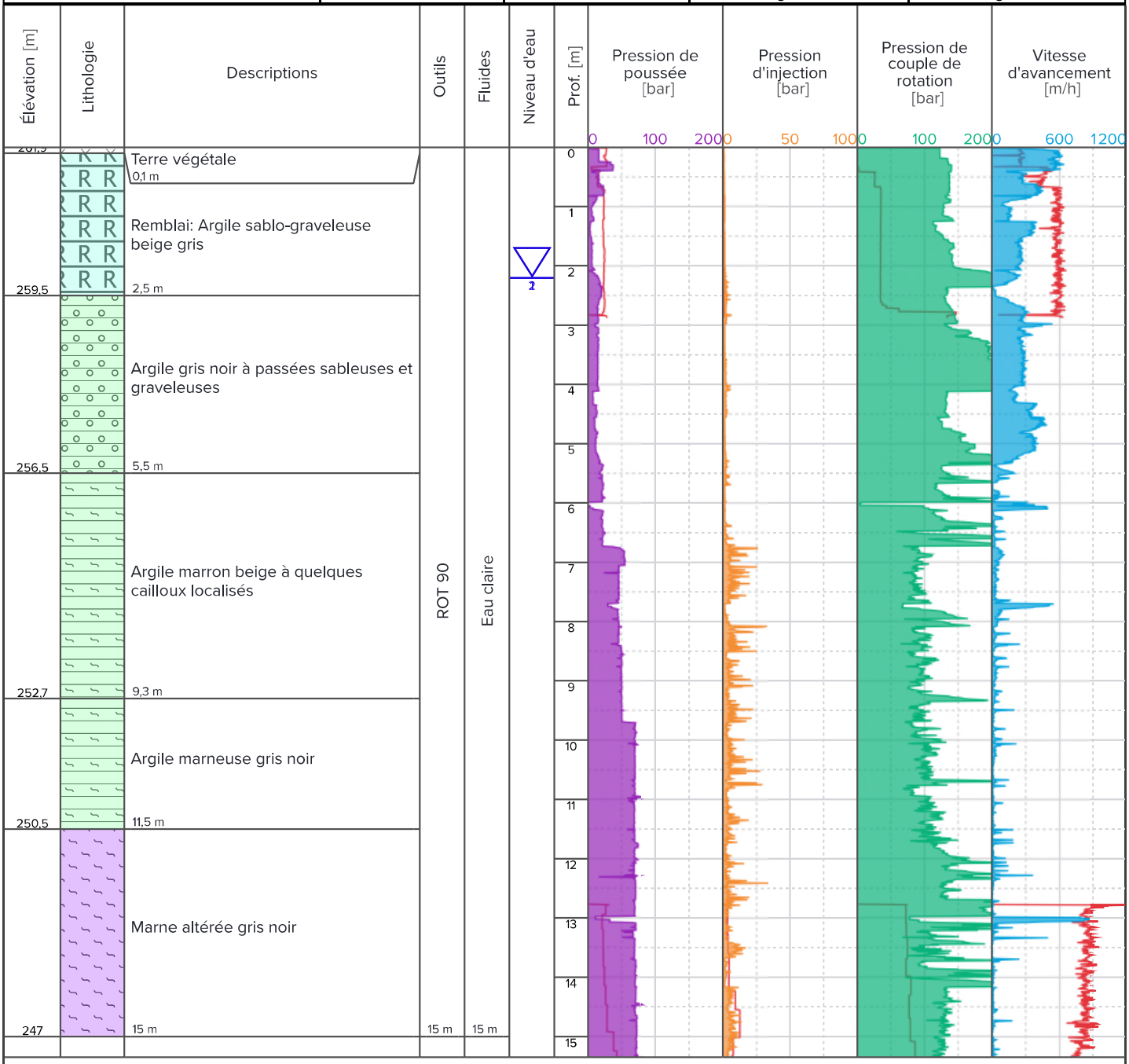
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SD1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784157	5218770	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,0 m	15,35 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	02/03/2026	02/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 05/03/2026 - Eau en cours de sondage - 2,2m
[2] 05/03/2026 - Eau en fin de sondage - 2,2m

Remarques: Eboulement du forage à 5.00m

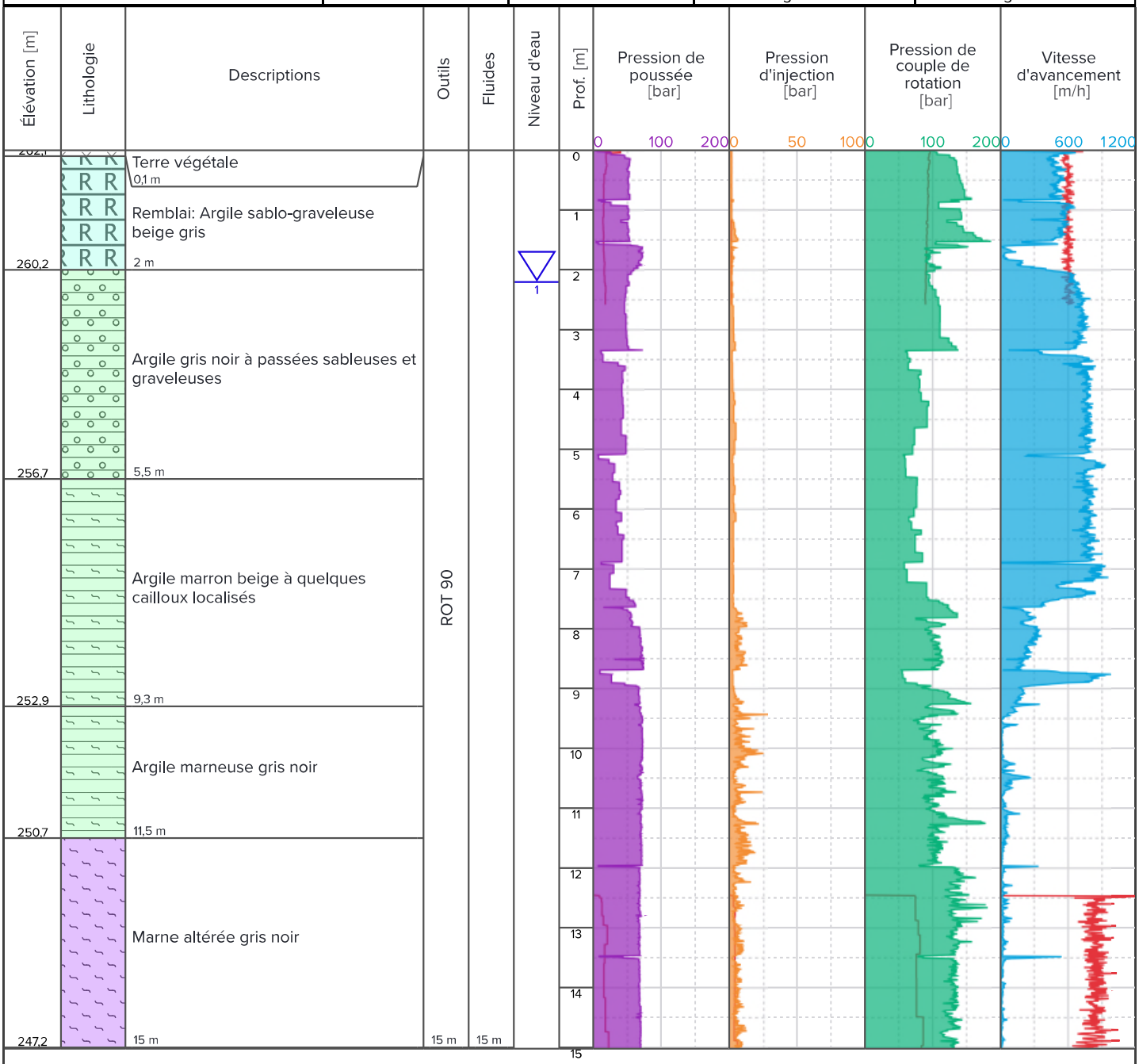
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SD2

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784163	5218750	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,2 m	15,02 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	03/03/2026	03/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 03/03/2026 - Eau en fin de sondage - 2,2m

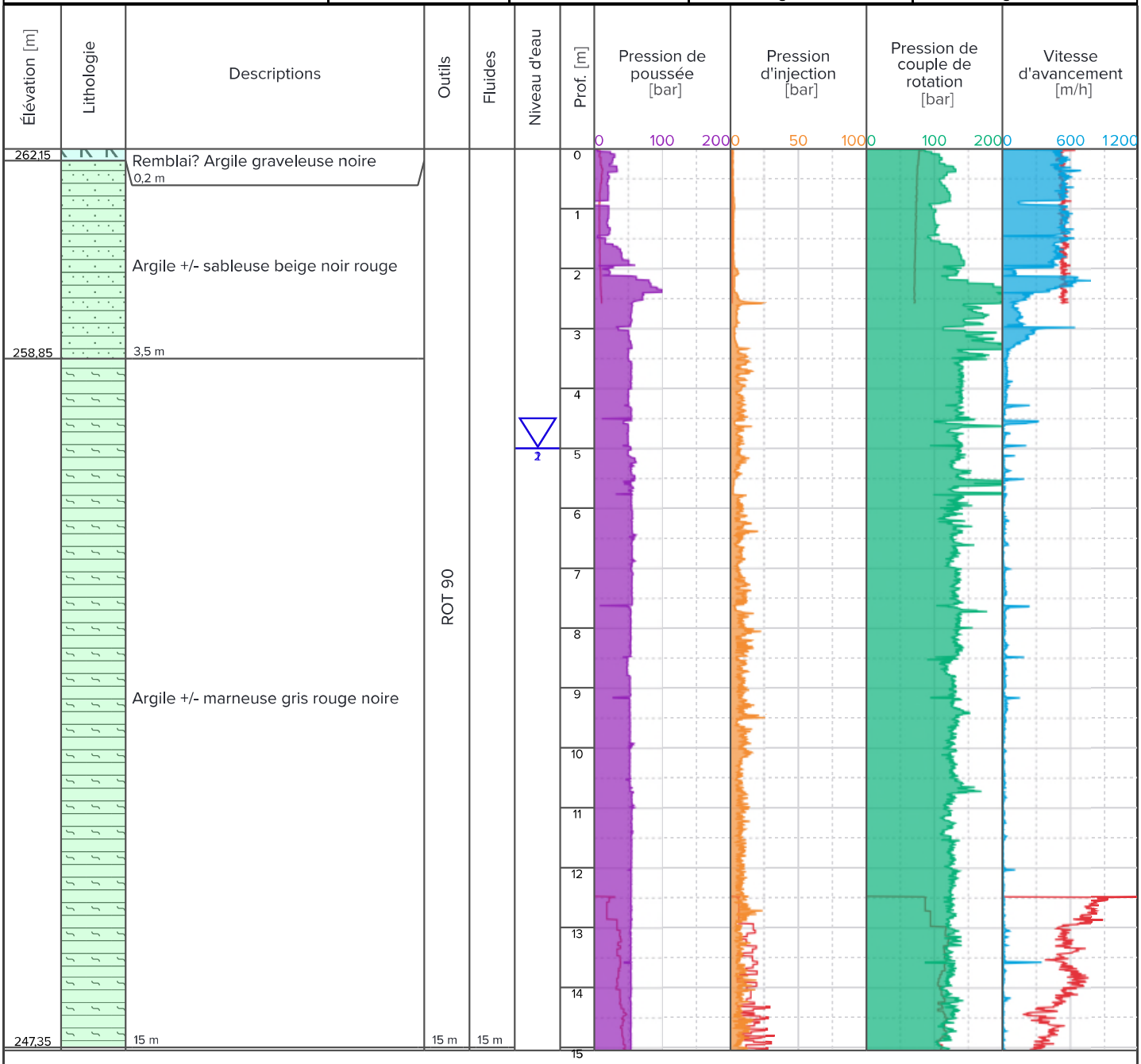
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SD3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784135	5218769	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,4 m	15,05 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	18/03/2026	18/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



[1] 19/03/2026 - Eau en cours de sondage - 5,0m
[2] 19/03/2026 - Eau en fin de sondage - 5,0m

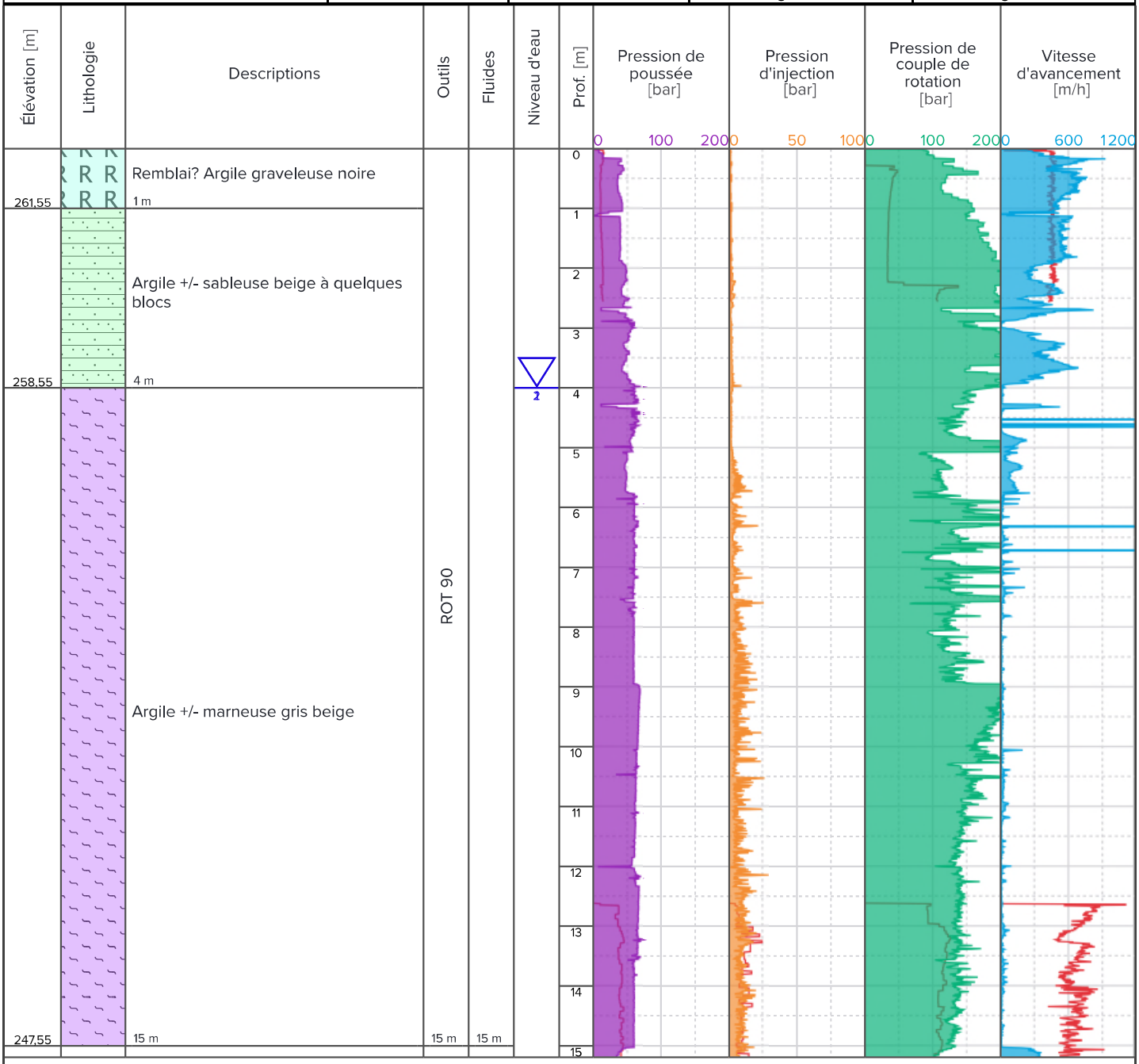
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SD4

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784145	5218738	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,6 m	15,19 m	-	NGF	Décimètre

Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
Paramètres destructifs	16/03/2026	16/03/2026	Non renseigné	Non renseigné



1 18/03/2026 - Eau en cours de sondage - 4,0m
2 18/03/2026 - Eau en fin de sondage - 4,0m

Remarques: Eboulement du forage à 4.50m

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SC1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784160	5218761	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,2 m	15,0 m	-	NGF	Décimètre

Début	Fin	Machine	Opérateur
27/02/2026	27/02/2026	Non renseigné	Non renseigné

Élévation [m]	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Echantillons	Niveau d'eau	Prof. [m]	Taux de récupération
262,05		Terre végétale 0,1 m	ECH 114	PW 127/140	EI N° 1 1,5 m		0	100 %
		Remblai: Argile sablo-graveleuse beige gris					1	1,5 m
260,35		1,8 m			EI N° 2 3 m	1	2	100 %
		Argile gris noir à passées sableuses et graveleuses						3 m
					EI N° 3 4,5 m		3	100 %
							4	4,5 m
256,65		5,5 m			EI N° 4 6 m		5	80 %
		Argile marron beige		6 m				6 m
					EI N° 5 7,5 m		6	80 %
							7	7,5 m
					EI N° 6 9 m		8	100 %
252,85		9,3 m						9 m
		Argile marneuse gris noir			EI N° 7 10,5 m		9	100 %
							10	10,5 m
					EI N° 8 12 m		11	100 %
								12 m
					EI N° 9 13,5 m		12	100 %
							13	13,5 m
					EI N° 10 15 m		14	100 %
247,15		15 m	15 m				15	15 m

[1] 05/03/2026 - Eau en fin de sondage - 2,2m

Sondage SC1

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

0,0 m



1,5 m

1,5 m



3,0 m

3,0 m



4,5 m

Sondage SC1

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

4,5 m



6,0 m

6,0 m



7,5 m

7,5 m



9,0 m

Sondage SC1

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

9,0 m



10,5 m

10,5 m



12,0 m

12,0 m



13,5 m

Sondage SC1

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

13,5 m



15,0 m

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SC2

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784140	5218755	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+262,6 m	20,0 m	-	NGF	Décimètre

Début	Fin	Machine	Opérateur
05/03/2026	05/03/2026	Non renseigné	Non renseigné

Élévation [m]	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Equipements	Echantillons	Niveau d'eau	Prof. [m]	Taux de récupération
261,60	Remblai	Remblai ? argile graveleuse noire 1 m	ECH 114	PW 127/140 4,5 m	Piézomètre 51/60, longueur 15.00m	EI N° 1 1,5 m	2	0 1	66 % 1,5 m
259,10	Argile	Argile +/- sableuse noir rouge très humide 3,5 m				EI N° 2 3 m		2	66 % 3 m
250,60	Argile	Argile marron beige à quelques cailloux 12 m				EI N° 3 4,5 m EI N° 4 6 m EI N° 5 7,5 m EI N° 6 9 m EI N° 7 10,5 m EI N° 8 12 m		3 4 5 6 7 8 9 10 11	66 % 4,5 m 100 % 6 m 100 % 7,5 m 100 % 9 m 100 % 10,5 m 100 %
247,60	Argile	Argile marneuse gris noire 15 m				EI N° 9 13,5 m EI N° 10 15 m		12 13 14	12 m 100 % 13,5 m 100 % 15 m
242,60	Argile	Argile marneuse légèrement sableuse rouge gris noir 20 m	20 m			EI N° 11 16,5 m EI N° 12 18 m EI N° 13 19 m EI N° 14 20 m		15 16 17 18 19	100 % 16,5 m 100 % 18 m 100 % 19 m 100 % 20 m

1 25/03/2026 - Eau en cours de sondage - 5,0m
2 25/03/2026 - Eau en fin de sondage - 5,0m

Sondage SC2

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

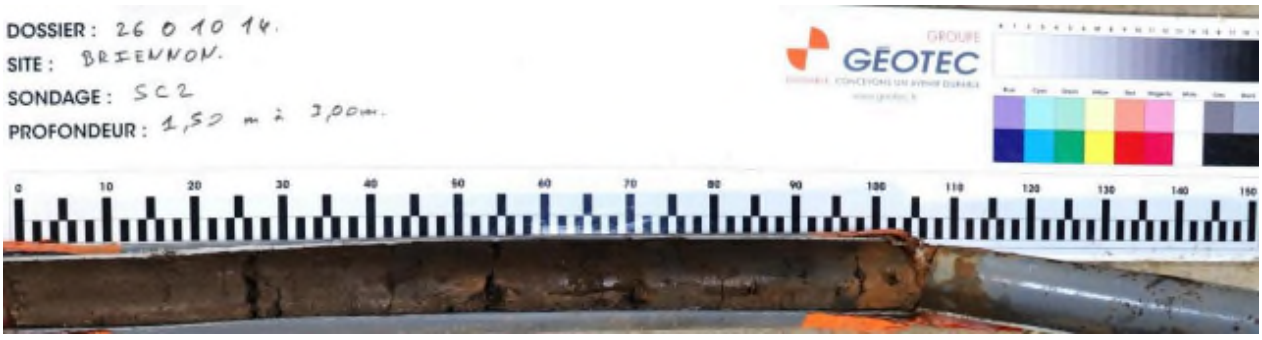
PHOTO - CAROTTÉ

0,2 m



1,5 m

1,5 m



3,0 m

3,0 m



4,5 m

Sondage SC2

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

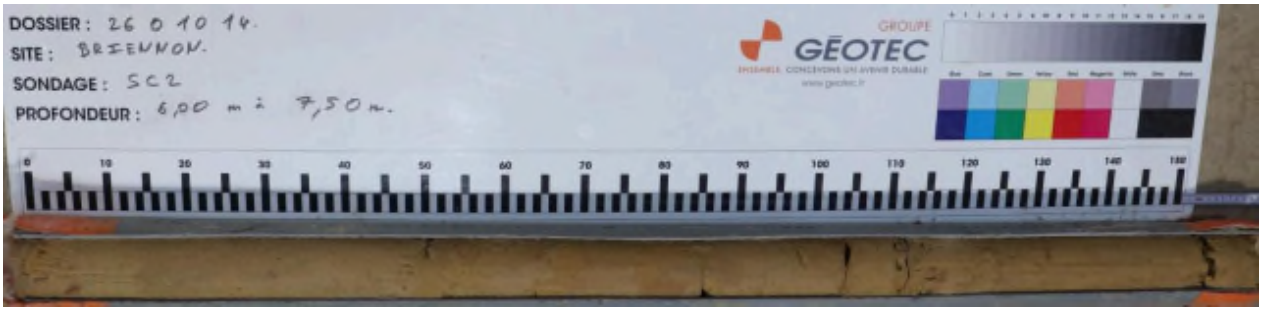
PHOTO - CAROTTÉ

4,5 m



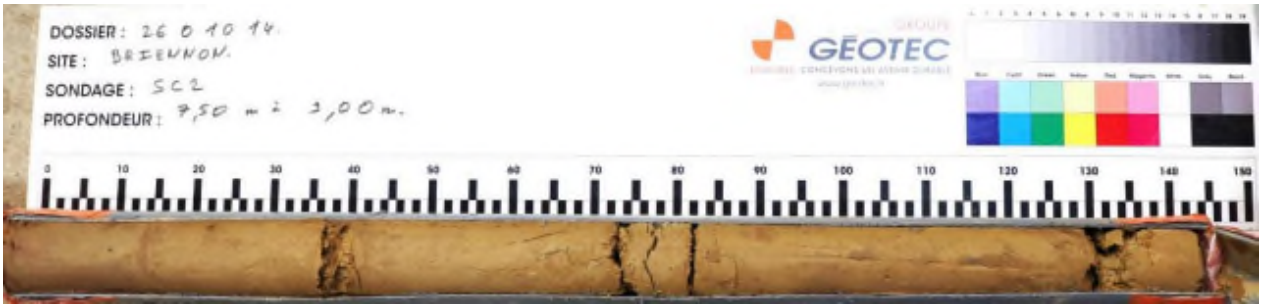
6,0 m

6,0 m



7,5 m

7,5 m



9,0 m

Sondage SC2

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

9,0 m



10,5 m



12,0 m



13,5 m

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

13,5 m



15,0 m

15,0 m



16,5 m

16,5 m



18,0 m

Sondage SC2

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

18,0 m



19,0 m



20,0 m

FIRME : GEOTEC SA

9 Bd de l'EUROPE 21800 QUETIGNY les DIJON

Tel 03.80.48.93.20 Fax 03.80.48.93.30

PROCES-VERBAL

ESSAI D'EAU LUGEON

réalisé conformément à la norme NFP 94-131

SITE : BRIENNON_Bief d'Artay

N° de Dossier 2601014/DIJON

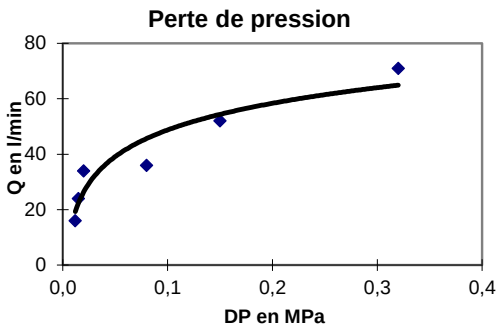
Date 24/03/26

Sondage N° SC2

Profondeur statique de la nappe Hw	0,5	m
Base du forage Hb	8,00	m
Base de l'obturateur Hc	7,00	m
Indicateur de pression Hm	1,00	m

Diamètre du forage B= 90 mm

Longueur de l'obturateur l= 1000,00 mm



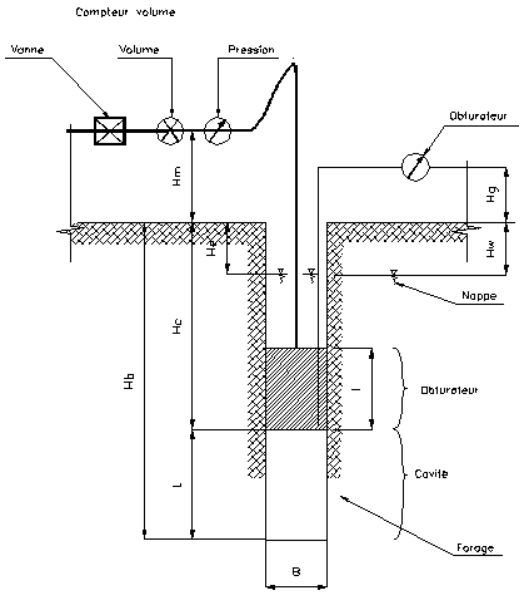
Repérage du sondage

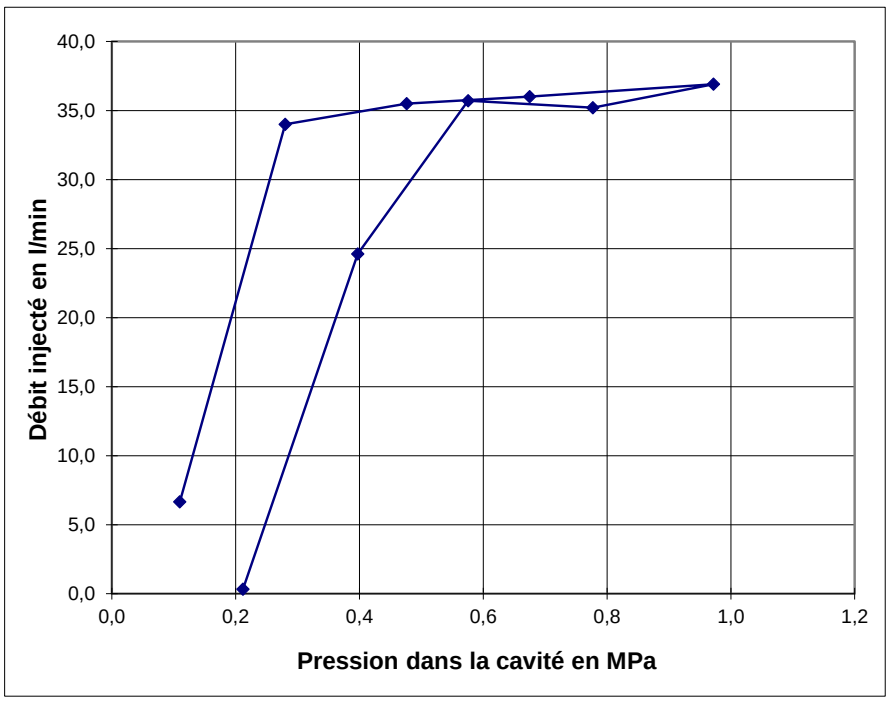
X= m

Y= m

Z= m

Pression Pm MPa	Durée d'injection min.	Hc m	Début	Fin	Débit Q l/min.	Perte de pression MPa	PRESSION corrigée Pj MPa
0,2	10	7,00	0,0	3,2	0,32	0,003	0,212
0,4	10	7,00	4,5	246,0	24,60	0,018	0,397
0,6	10	7,00	40,1	357,0	35,70	0,039	0,576
0,8	10	7,00	36,2	352,0	35,20	0,038	0,777
1	10	7,00	34,5	369,0	36,90	0,043	0,972
0,7	10	7,00	35,7	360,0	36,00	0,040	0,675
0,5	10	7,00	38,2	355,0	35,50	0,039	0,476
0,3	10	7,00	35,4	340,0	34,00	0,035	0,280
0,1	10	7,00	20,1	66,6	6,66	0,005	0,110





Observations:

Hypothèse : 1 UL = $1{,}5.10^{-7}$ m/s

Nature du sol au niveau de la cavité

argile marron beige

Résultats de l'essai LUGEON

L=	1,00	m	Ul=	36,9	
Q_1 =	36,90	l/min	Claquage =		MPa
K=	**6E-06**	**m/s**			

Etabli par

FIRME : GEOTEC SA

9 Bd de l'EUROPE 21800 QUETIGNY les DIJON

Tel 03.80.48.93.20 Fax 03.80.48.93.30

PROCES-VERBAL

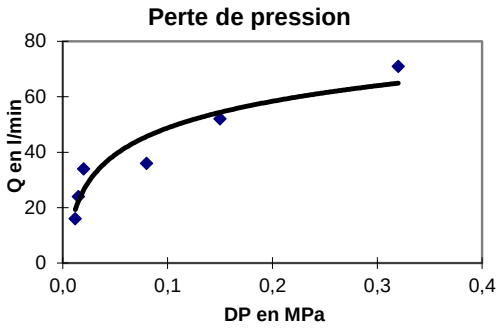
ESSAI D'EAU LUGEON

réalisé conformément à la norme NFP 94-131

SITE : BRIENNON_Bief d'Artay

Profondeur statique de la nappe Hw	0,5	m
Base du forage Hb	13,00	m
Base de l'obturateur Hc	12,00	m
Indicateur de pression Hm	1,00	m

Diamètre du forage			Longueur de l'obturateur		
B=	90	mm	l=	1000,00	mm



N° de Dossier 2601014/DIJON

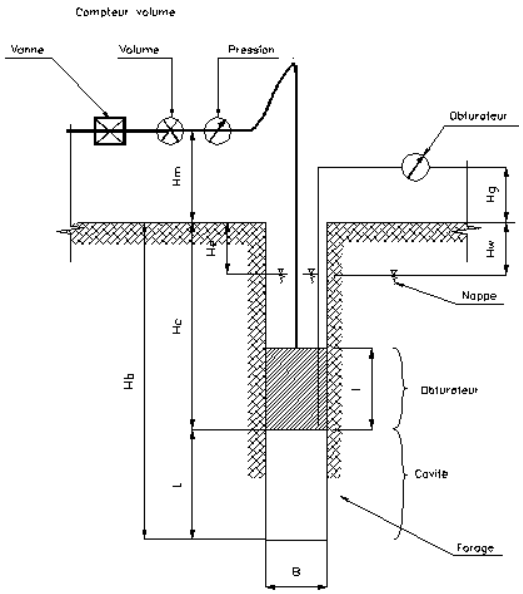
Date 24/03/26

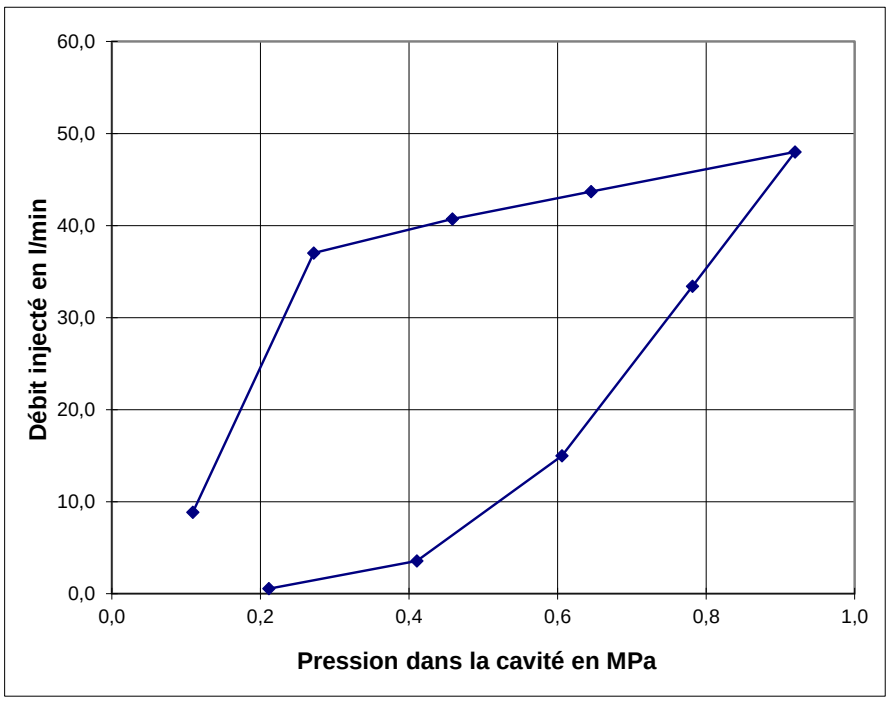
Sondage N° SC2

Repérage du sondage

X= m
Y= m
Z= m

Pression Pm MPa	Durée d'injection min.	Hc m	Début	Fin	Débit Q l/min.	Perte de pression MPa	PRESSION corrigée Pj MPa
0,2	10	12,00	0,0	5,4	0,54	0,003	0,212
0,4	10	12,00	6,5	35,6	3,56	0,004	0,411
0,6	10	12,00	50,2	150,0	15,00	0,009	0,606
0,8	10	12,00	45,2	334,0	33,40	0,033	0,782
1	10	12,00	69,5	480,0	48,00	0,095	0,920
0,7	10	12,00	35,9	437,0	43,70	0,070	0,645
0,5	10	12,00	41,2	407,0	40,70	0,056	0,459
0,3	10	12,00	34,2	370,0	37,00	0,043	0,272
0,1	10	12,00	20,9	88,4	8,84	0,006	0,109





Observations:

Hypothèse : 1 UL = $1{,}5.10^{-7}$ m/s

Nature du sol au niveau de la cavité

argile marneuse gris noir

Résultats de l'essai LUGEON

L=	1,00	m	Ul=	48,0	
Q_1 =	48,00	l/min	Claquage =		MPa
K=	**7E-06**	**m/s**			

Etabli par

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site BRIENNON - GLISSEMENT BIEF ARTAIX PK 16.8 - 7 ROUTE DES GUITTONS
Affaire 2601014

Sondage SC3

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
1784103	5218748	RGF93 / CC46		Plurimétrique
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+278,1 m	10,5 m	-	NGF	Décimètre

Début	Fin	Machine	Opérateur
11/03/2026	11/03/2026	Non renseigné	Non renseigné

Élévation [m]	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Echantillons	Niveau d'eau	Prof. [m]	Taux de récupération
276,90		Remblai hétérogène à +/- de cailloux et blocs 1,2 m	ECH 114 10,5 m	PW 127/140 10,5 m	EI N° 1 1,5 m		0 1	100 % 1,5 m
					EI N° 2 3 m		2	100 % 3 m
					EI N° 3 4,5 m		3 4	100 % 4,5 m
		Grave argilo-sableuse marron-rouge (cailloux gréseux touche à touche)			EI N° 4 6 m		5	100 % 6 m
					EI N° 5 7,5 m		6 7	100 % 7,5 m
					EI N° 6 9 m	1	8	100 % 9 m
268,10		10 m			EI N° 7 10,5 m		9	100 % 10,5 m
267,60		Grave argilo-sableuse marron (galets de silex?) 10,5 m					10	

[1] 12/03/2026 - Eau en fin de sondage - 8,0m

Sondage SC3

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

0,0 m



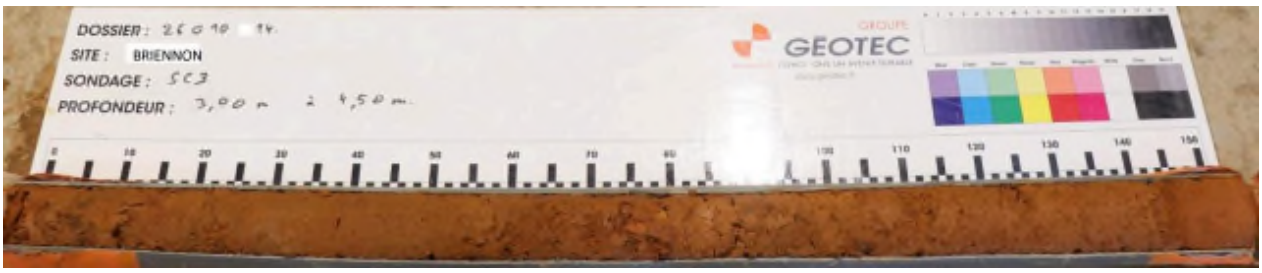
1,5 m

1,5 m



3,0 m

3,0 m



4,5 m

Sondage SC3

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

4,5 m



6,0 m

6,0 m



7,5 m

7,5 m



9,0 m

Sondage SC3

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES

PHOTO - CAROTTÉ

9,0 m



10,5 m

Annexe 4 – Essais de Laboratoire

GÉOTEC LABORATOIRE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

OULAB-04-v4 - Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire

AFFAIRE	2601014	Opérateur	CD	
SITE	BRIENNON	Vérificateur	C. LE BARBEY	
Date	29/04/2026			

NA = Non Applicable

* : Paramètres déterminés sur échantillon reconstitué (et/ou écrêté)

Sondage	Prof Sup (m)	Prof Inf (m)	Description	Teneur en eau naturelle (0/D) Wnat (%)	Granulométrie - Sédimentométrie										Valeur au Bleu de Méthylène VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				CLASSIFICATION (NF P 11-300)	CLASSIFICATION (EN 16907)	Masse volumique sur sols fins				Triaxial CU+u		Cisaillement rectiligne CD	
					Diamètre maximal Dmax (mm)	Passant à 63 mm < 63 mm (%)	Passant à 50 mm < 50 mm (%)	Passant à 2 mm < 2 mm (%)	Passant à 80 µm < 80 µm (%)	Passant à 63 µm < 63 µm (%)	Passant à 2 µm < 2 µm (%)	Coefficient d'uniformité Cu	Fraction 63µm/2mm	Fraction 2mm/63mm		Limite de liquidité WL (%)	Limite de plasticité WP (%)	Indice de plasticité IP	Indice de consistance IC			Masse volumique humide ρh (g/cm3)	Masse volumique sèche ρd (g/cm3)	Indice des vides e	Degré de saturation Sr (%)	Cohésion C' (kPa)	Angle de frottement Φ' (°)	Cohésion C' (kPa)	Angle de frottement Φ' (°)
SC1	7,80	8,20	Argile limoneuse marron	30,3	3,0	100,0	100,0	100,0	97,6	97,1	62,5		2,9	0,0		58,6	27,3	31,3	0,90	A3 h	F3 h	2,01	1,61	0,64	101	9	24		
SC2	2,50	3,00	Sable et graviers argilo-limoneux marron	26,7	48,0	100,0	100,0	67,6	17,3	16,6	7,2	180	51,0	32,4	1,13					B5	I1	1,95	1,58	0,71	89			0	39
SC2	5,00	5,50	Argile limoneuse beige légèrement sableuse à rares graviers	20,3	15,0	100,0	100,0	95,9	83,3	81,9	36,8		14,0	4,1		52,5	27,4	25,1	1,23	A3 s	F3 s	2,09	1,76	0,51	99	30	24		
SC2	7,80	8,20	Argile limoneuse marron légèrement sableuse	21,4	4,0	100,0	100,0	99,7	90,4	88,0	42,2		11,7	0,3		50,2	26,2	24,0	1,19	A2 m	F3 s	2,07	1,72	0,54	99	20	26		
SC3	3,50	4,50	Graviers et sable argilo-limoneux marron rouge	10,2	30,0	100,0	100,0	44,1	22,1	21,7	11,1		22,4	55,9	0,32					B5	I1								

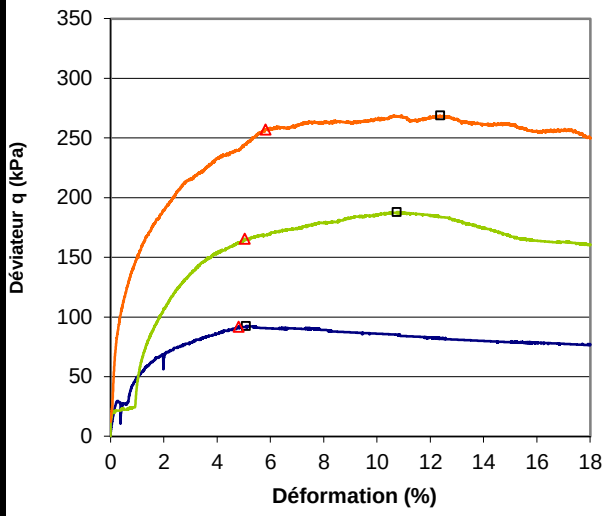
GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

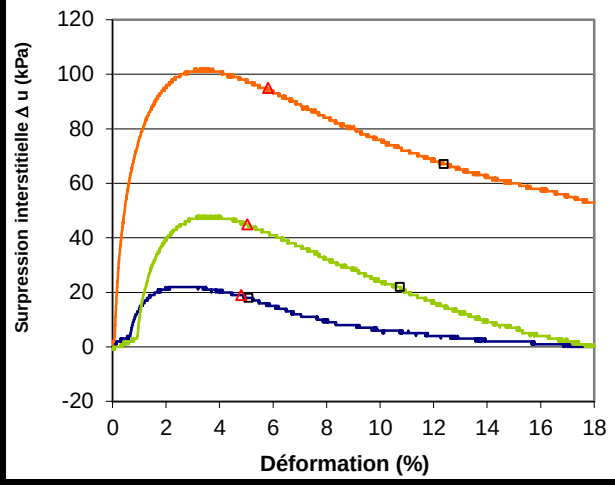
Essai TRIAXIAL

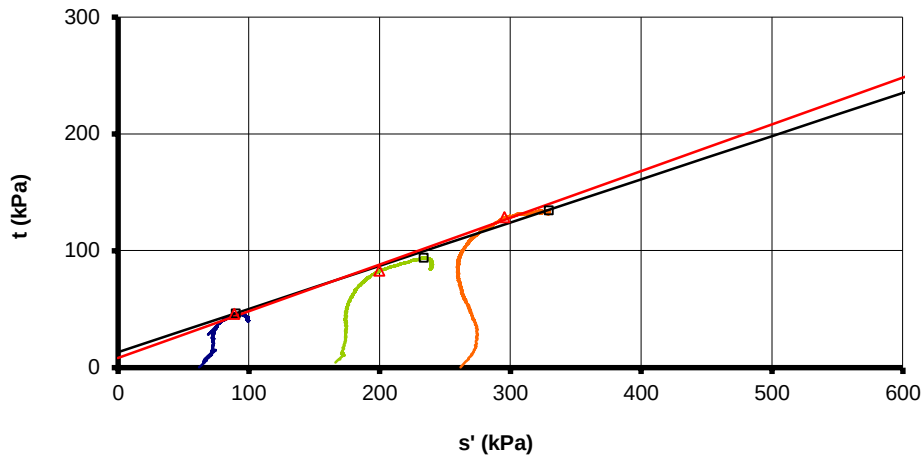
Consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle Cu+u (NF P 94-074)

Nom: BRIENNON — ***Date :*** 01/04/2026
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC1 — ***Profondeur:*** 7.80 à 8.20 m
Opérateur: BP
ρs estimée: 2,65 Mg/m³ — ***Températures extrêmes :*** 20°C / 22°C
Nature du terrain: Argile limoneuse marron

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,70	75,90	75,80	-
Do	mm	38,00	38,00	38,00	-
W	%	25,0	24,2	24,4	-
ρ	Mg/m³	2,00	2,00	2,03	-
ρd	Mg/m³	1,60	1,61	1,63	-
e		0,66	0,65	0,63	-
Sr	%	101	99	103	-
Valeurs après consolidation					
ΔVs consolidation	mm³	4960	5063	5445	-
W	%	28,3	24,8	25,0	-
ρ	Mg/m³	2,19	2,16	2,15	-
ρd	Mg/m³	1,70	1,73	1,72	-
Sr	%	135	124	122	-
Rupture					
$q=(\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**kPa**	92	188	269	-
ε_{1f}	**%**	5,09	10,75	12,38	-
u	**kPa**	18	22	67	-
s'	**kPa**	90	234	329	-
t	**kPa**	46	94	134	-
q (σ'1/σ'3) max	**kPa**	92	165	257	-
ε_{1f}	**%**	4,81	5,04	5,82	-
u	**kPa**	19	45	95	-
s'	**kPa**	89	200	296	-
t	**kPa**	46	83	129	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,016	0,016	0,016	-
B		1	-	0,94	-
σ'c	kPa	62	162	262	-
Ucp	kPa	850	850	850	-
T100	s	6198	7590	6400	-







C'= 14 kPa
ϕ'= 22 degrés

Critère (σ1-σ3)Max

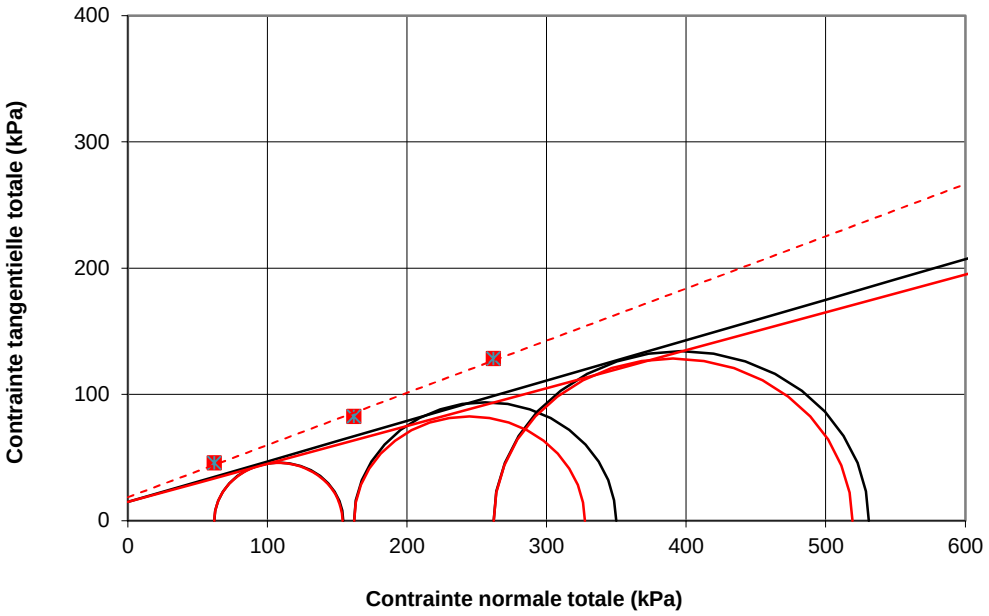
C'= 9 kPa
ϕ'= 24 degrés

Critère (σ_1'/σ_3')Max

GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Essai TRIAXIAL

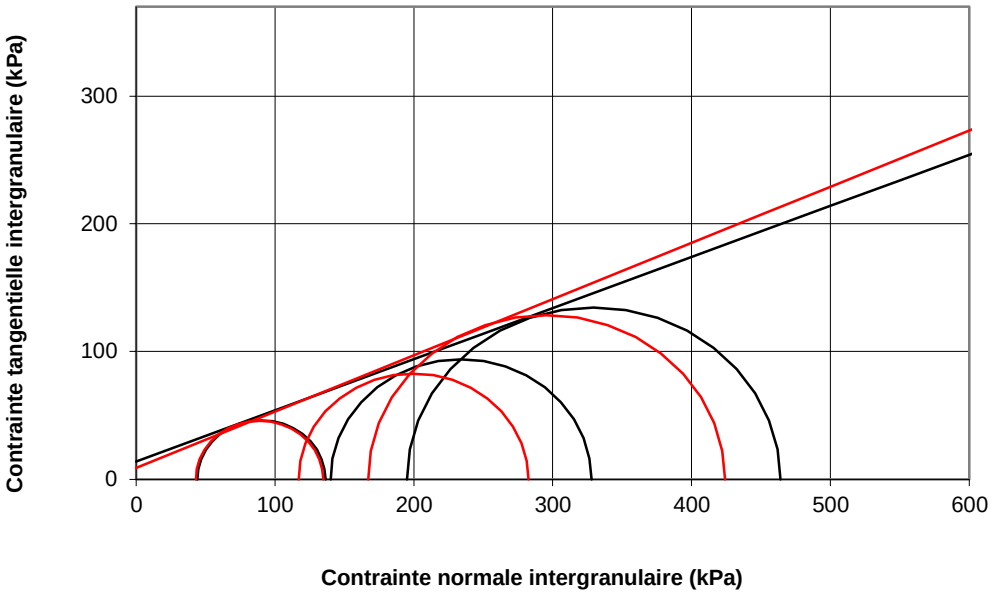
Nom: BRIENNON **Opérateur:** BP
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC1
Profondeur: 7.80 à 8.20 m **Date de réalisation:** 01/04/2026
Nature de sol: Argile limoneuse marron



Ccu= 15 kPa
ϕcu= 18 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

Ccu= 15 kPa
ϕcu= 17 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

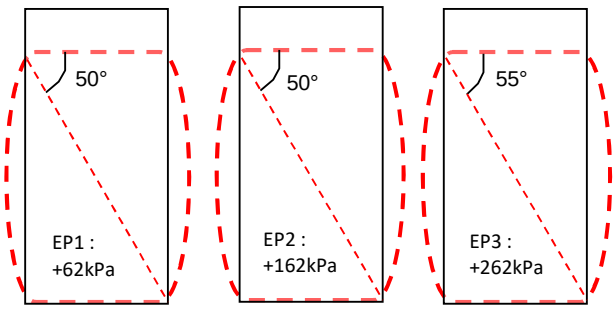
λcu = 0,41
Cu0= 18,76 kPa
Critère (σ_1'/σ_3')Max



C'= 14 kPa
ϕ'= 22 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

C'= 9 kPa
ϕ'= 24 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

Schémas de rupture



Déformations observées lors du cisaillement

Observations :

σ'_{vo} (kPa) : 94
u_0 (kPa) : 58

GÉOTEC LABORATOIRE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT (NF EN ISO 17892-10)

AFFAIRE	2601014
SITE	BRIENNON

Date	16/04/2026	**Type d'Essai**	**CD**
Opérateur	BP	**Contrainte σ'_{v0} (kPa)**	**22**
T°C de séchage	50°C	**u_0 (kPa)**	-
T°C de la salle d'essais	20°C	**Niveau d'eau (m)**	2,20

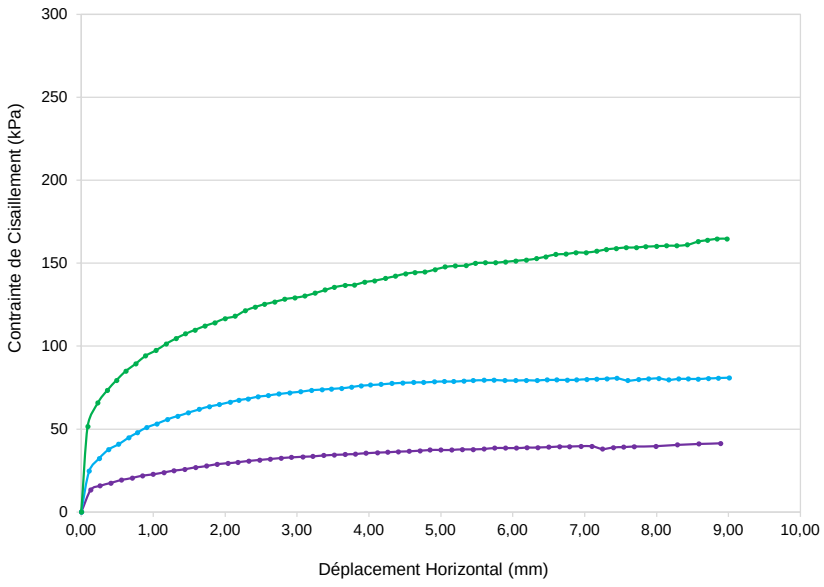
Sondage	SC2	**Vitesse de Cisaillement (mm/min)**	**0,007**
Profondeur	2,50 - 3,00 m	**Etat de l'échantillon**	Reconstitué
Description	Sable et graviers à légère matrice limono-argileuse marron		

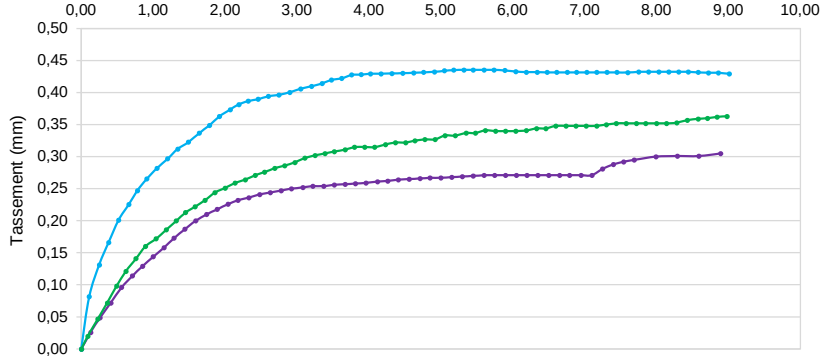
Caractéristiques de la boîte	
Diamètre (mm)	60,0
Hauteur initiale H_0 (mm)	24,0

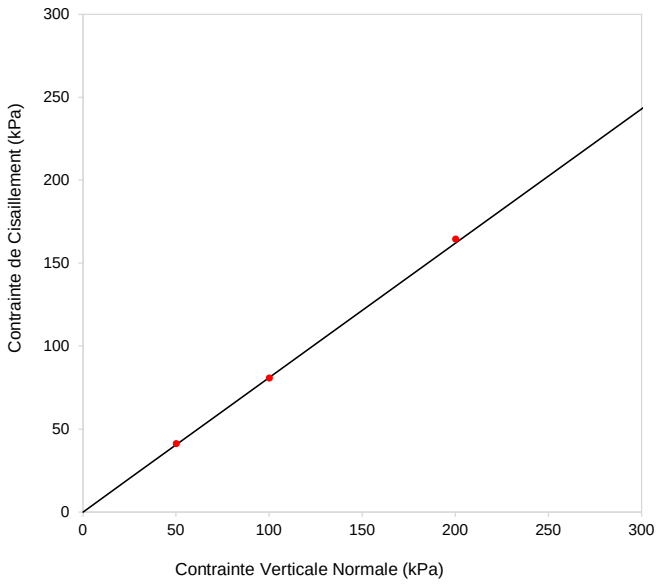
Informations granulométriques		
Dmax (mm)	Ecrêté à (mm)	% de passant d'écrêtage
48,0	5,0	71,9

Masse volumique des grains ρs (g/cm³)	estimée	2,70

Eprouvette n°	**Contrainte Verticale Normale (kPa)**	**t_c (min)**	**Avant Essai**					**Après Essai**
			W% (NF EN ISO 17892-1)	Masse volumique humide ρh (g/cm³)	Masse volumique sèche ρd (g/cm³)	Indice des vides e	Saturation Sr (%)	W% (NF EN ISO 17892-1)
1	50	0,64	23,7	1,95	1,58	0,71	90	20,7
2	100	16,00	23,1	1,95	1,58	0,71	88	18,9
3	200	0,64	23,3	1,96	1,59	0,70	90	17,0







c' (kPa)	**ϕ' (°)**
0	39

Contrainte Verticale Normale (kPa)		**Contrainte de Cisaillement (kPa)**	**Déplacement Horizontal (mm)**
Eprouvette 1	50	*41,39*	*8,89*
Eprouvette 2	100	*80,97*	*9,01*
Eprouvette 3	200	*164,72*	*8,98*

Les valeurs en italique correspondent aux valeurs finales si la contrainte de cisaillement horizontale de Pic n'a pas été atteinte.

Observations	

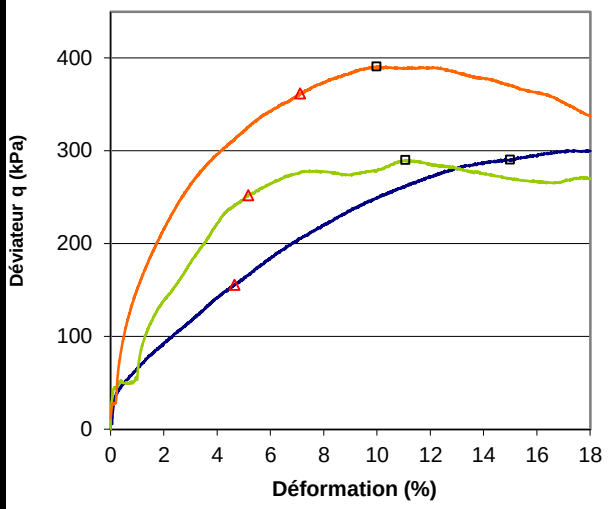
GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

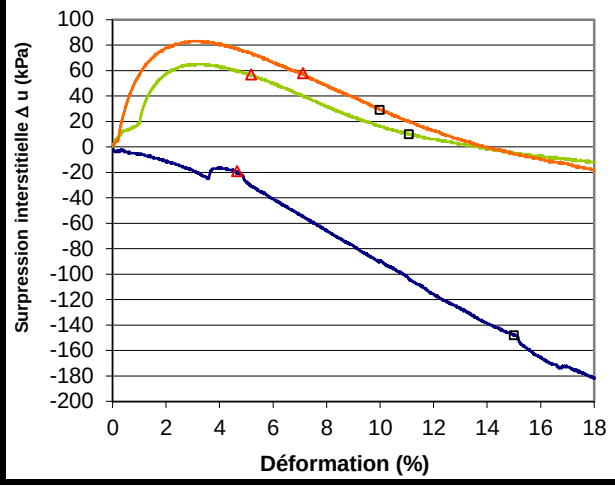
Essai TRIAXIAL

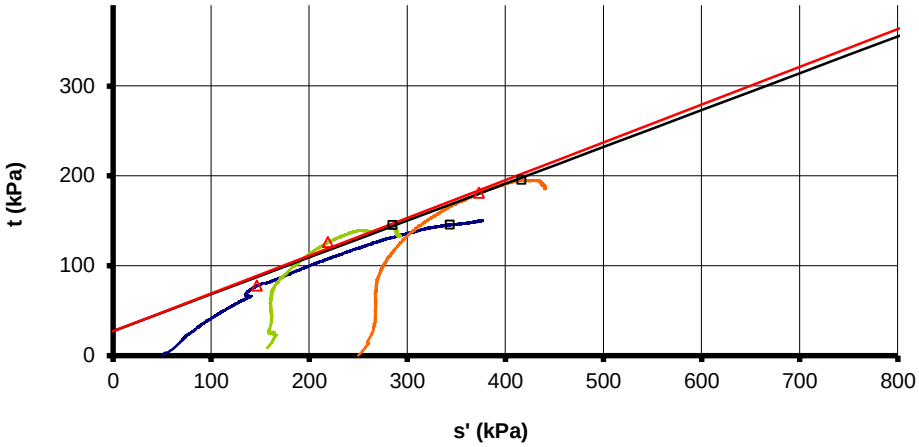
Consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle Cu+u (NF P 94-074)

Nom: BRIENNON ***Date :*** 02/04/2026
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC2 ***Profondeur:*** 5.00 à 5.50 m
Opérateur: BP
ρs estimée: 2,65 Mg/m³ ***Températures extrêmes :*** 20°C / 22°C
Nature du terrain: Argile limoneuse beige légèrement sableuse à rares graviers

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,30	75,50	75,50	-
Do	mm	38,00	38,00	38,00	-
W	%	18,4	19,0	19,9	-
ρ	Mg/m³	2,08	2,09	2,10	-
ρd	Mg/m³	1,76	1,75	1,75	-
e		0,51	0,51	0,51	-
Sr	%	96	99	103	-
Valeurs après consolidation					
ΔVs consolidation	mm³	3276	6345	6400	-
W	%	19,9	21,6	20,0	-
ρ	Mg/m³	2,17	2,30	2,28	-
ρd	Mg/m³	1,81	1,89	1,90	-
Sr	%	114	143	134	-
Rupture					
$q=(\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**kPa**	291	290	391	-
ε_{1f}	**%**	15,00	11,07	9,99	-
u	**kPa**	-148	10	29	-
s'	**kPa**	343	285	416	-
t	**kPa**	145	145	195	-
$q\ (\sigma'1/\sigma'3)_{max}$	**kPa**	156	252	362	-
ε_{1f}	**%**	4,66	5,17	7,12	-
u	**kPa**	-19	57	58	-
s'	**kPa**	147	219	373	-
t	**kPa**	78	126	181	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,018	0,018	0,018	-
B		0,96	0,92	0,96	-
σ'c	kPa	50	150	250	-
Ucp	kPa	850	850	850	-
T100	s	3276	6345	6400	-







C'= 30 kPa
ϕ'= 24 degrés

Critère (σ1-σ3)Max

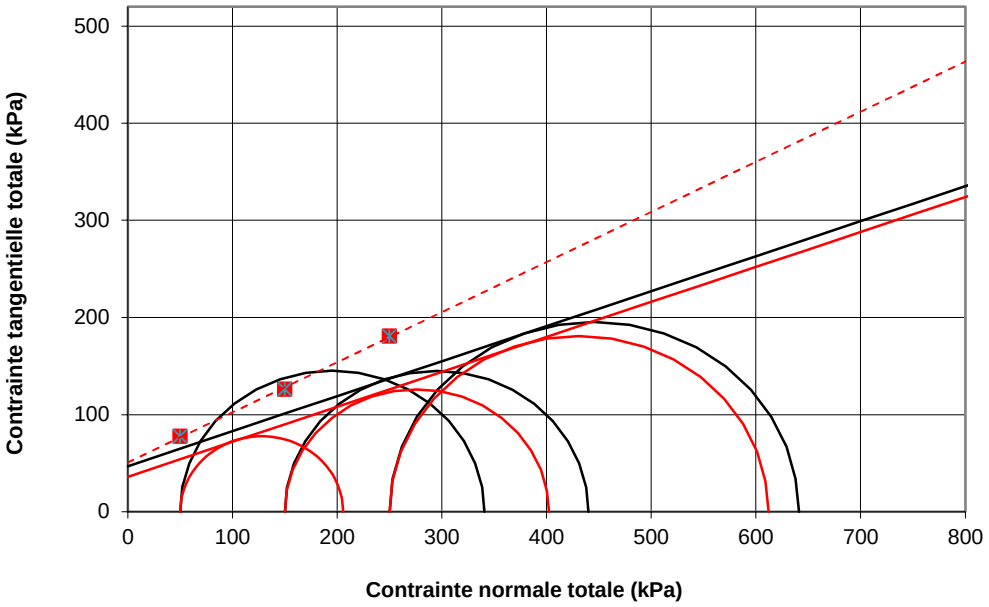
C'= 30 kPa
ϕ'= 25 degrés

Critère (σ_1'/σ_3')Max

GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Essai TRIAXIAL

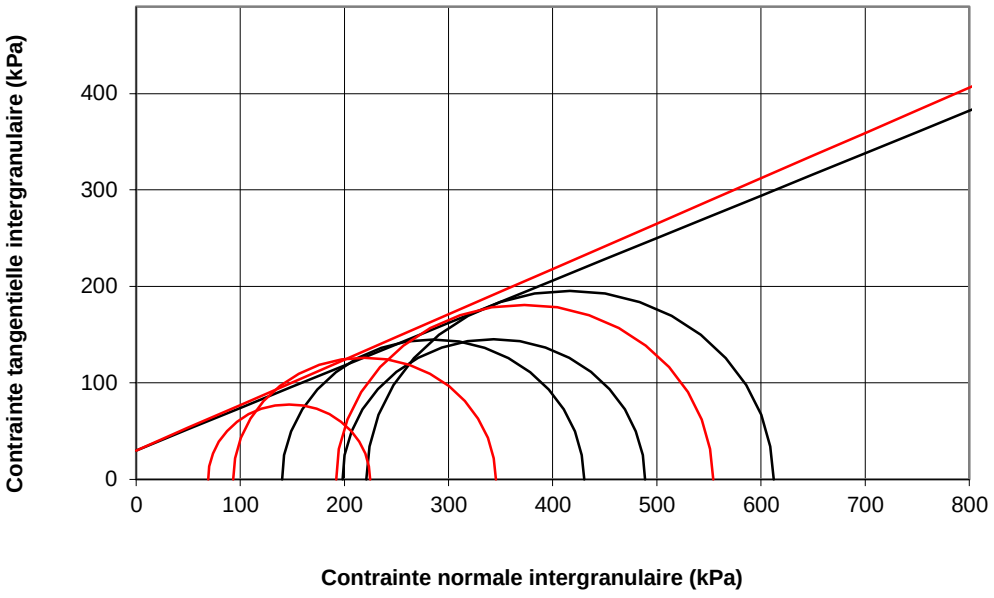
Nom: BRIENNON ***Opérateur:*** BP
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC2
Profondeur: 5.00 à 5.50 m ***Date de réalisation:*** 02/04/2026
Nature de sol: Argile limoneuse beige légèrement sableuse à rares graviers



Ccu= 47 kPa
ϕcu= 20 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

Ccu= 36 kPa
ϕcu= 20 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

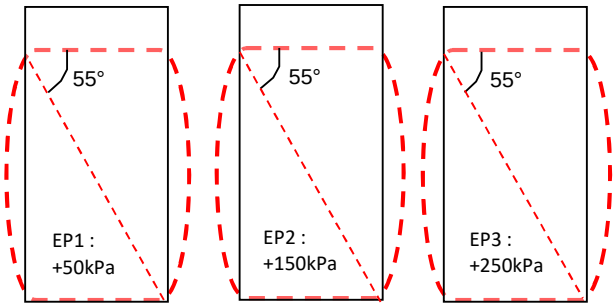
λcu = 0,52
Cu0= 50,96 kPa
Critère (σ_1'/σ_3')Max



C'= 30 kPa
ϕ'= 24 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

C'= 30 kPa
ϕ'= 25 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

Schémas de rupture



Déformations observées lors du cisaillement

Observations :

σ'_{vo} (kPa) : 68
u_0 (kPa) : 30

Eprouvette n°1 non prise en compte dans l'interprétation.

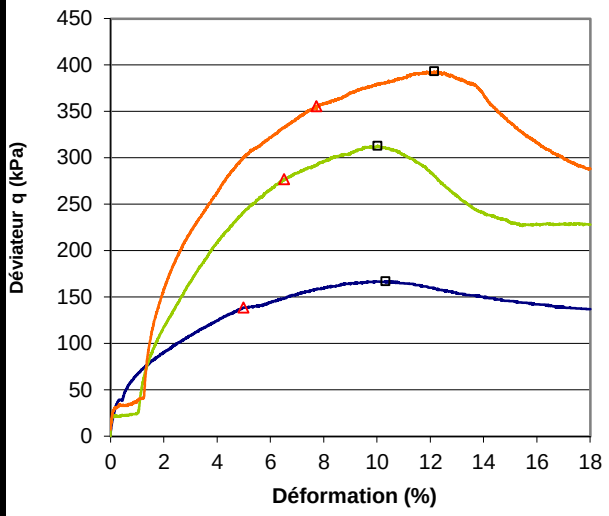
GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

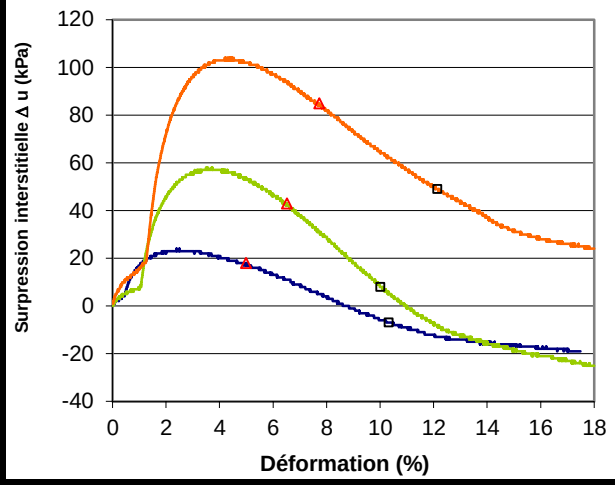
Essai TRIAXIAL

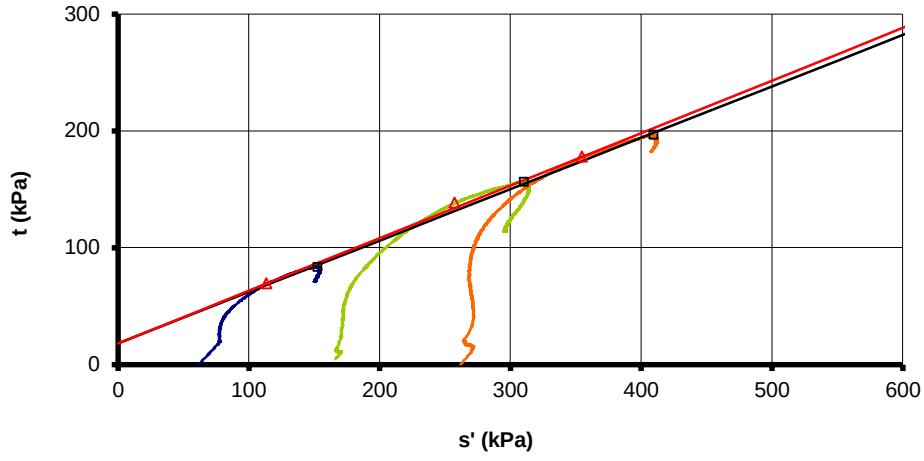
Consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle Cu+u (NF P 94-074)

Nom: BRIENNON ***Date :*** 07/04/2026
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC2 ***Profondeur:*** 7.80 à 8.20 m
Opérateur: BP
ρs estimée: 2,65 Mg/m³ ***Températures extrêmes :*** 20°C / 22°C
Nature du terrain: Argile limoneuse marron légèrement sableuse

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	76,00	76,00	76,10	-
Do	mm	38,00	38,00	38,00	-
W	%	20,1	20,0	20,4	-
ρ	Mg/m³	2,06	2,07	2,07	-
ρd	Mg/m³	1,72	1,73	1,72	-
e		0,54	0,54	0,54	-
Sr	%	98	99	100	-
Valeurs après consolidation					
ΔVs consolidation	mm³	4296	5566	6149	-
W	%	25,5	22,6	23,2	-
ρ	Mg/m³	2,26	2,26	2,28	-
ρd	Mg/m³	1,80	1,84	1,85	-
Sr	%	144	136	141	-
Rupture					
$q=(\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**kPa**	167	313	393	-
ε_{1f}	**%**	10,32	10,02	12,14	-
u	**kPa**	-7	8	49	-
s'	**kPa**	153	310	410	-
t	**kPa**	84	156	197	-
q (σ'1/σ'3) max	**kPa**	139	277	356	-
ε_{1f}	**%**	4,99	6,52	7,72	-
u	**kPa**	18	43	85	-
s'	**kPa**	113	257	355	-
t	**kPa**	69	138	178	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,017	0,017	0,017	-
B		0,98	0,94	0,94	-
σ'c	kPa	62	162	262	-
Ucp	kPa	850	850	850	-
T100	s	6859	5205	5016	-







C'= 20 kPa
ϕ'= 26 degrés

Critère (σ1-σ3)Max

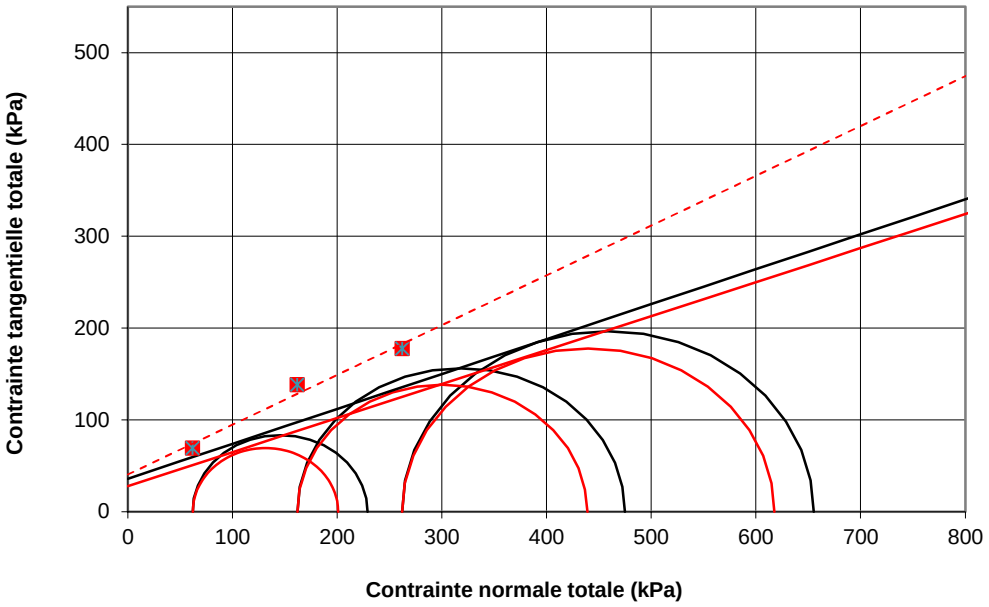
C'= 20 kPa
ϕ'= 27 degrés

Critère (σ_1'/σ_3')Max

GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Essai TRIAXIAL

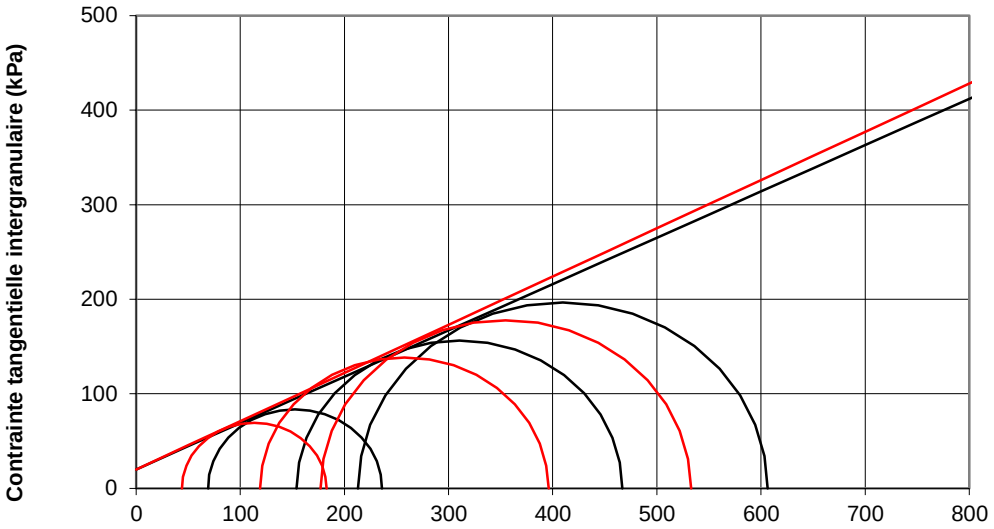
Nom: BRIENNON ***Opérateur:*** BP
N° Affaire: 2601014
Sondage: SC2
Profondeur: 7.80 à 8.20 m ***Date de réalisation:*** 07/04/2026
Nature de sol: Argile limoneuse marron légèrement sableuse



Ccu= 36 kPa
ϕcu= 21 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

Ccu= 28 kPa
ϕcu= 20 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

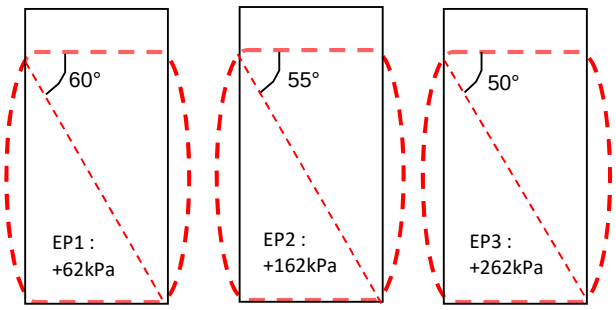
λcu = 0,54
Cu0= 40,77 kPa
Critère (σ_1'/σ_3')Max



C'= 20 kPa
ϕ'= 26 degrés
Critère (σ1-σ3)Max

C'= 20 kPa
ϕ'= 27 degrés
Critère (σ_1'/σ_3')Max

Schémas de rupture



Déformations observées lors du cisaillement

Observations :

σ'_{vo} (kPa) : 94
u_0 (kPa) : 58

Annexe 5 – Imagerie BHTV

GÉOTEC EXPLORATION

LOG	Imagerie de paroi
DATE	19/03/2026
ECHELLE	1/5

CLIENT	VNF
PROJET	Glissement bief Artaix PK 16.8
FORAGE	SC2
SITE	Briennon - 7 route des Guittons
PAYS	France

X	n/c
Y	n/c
Z	n/c

SYSTEME GEODESIQUE
n/c

VERSION DU DOCUMENT
n°1 (23/03/2026)

REF. PROFONDEUR Sol

DATE	19/03/2026	**DIAMETRE DU FORAGE**	116 mm
RUN N°	1/1	**TYPE DE FORATION**	Carotté
PROFONDEUR FOREUR	20.00 m	**INCLINAISON**	Sondage vertical
PROFONDEUR DIAGRAPHIE	15.94 m	**AZIMUT**	Sondage vertical
COTE DEBUT DE LOG	3.91 m	**FLUIDE DE REMPLISSAGE**	Eau
COTE FIN DE LOG	15.76 m	**NIVEAU DU FLUIDE**	0.70 m
ENREGISTRE PAR	Y.GOEURY / T. FERRY	**FIN FORATION**	18/03/2026
SUPERVISE PAR	n/a	**FIN CIRCULATION**	18/03/2026

INTERVENTION N°1 - HISTORIQUE DES MESURES

MES. N°	OUTIL	DEBUT	FIN
1	BHTV 2272	3.91 m	15.76 m
2			
3			
4			
5			

Les profondeurs des mesures sont données par rapport au bas de l'outil.

EQUIPEMENT FORAGE

DIAMETRE	NATURE	DEBUT	FIN
PW	ACIER	0.00 m	4.61 m

REMARQUES

Forage effondré à 15.76 m lors de l'intervention.

Eau très chargée vers 4.50 m malgré 1h30 de rinçage et 24h de décantation.

OPTV descendue mais visibilité nulle, seule imagerie BHTV rendue.

RAPPORT D'ETALONNAGE DE L'OFFSET IMAGE DE LA SONDE D'IMAGERIE ULTRASONIQUE

N° de série de la sonde : BHTV 2272 — Date de l'étalonnage : 26/01/2026

N° de série de l'étalon : IMG_02 — Opérateur : T. FERRY

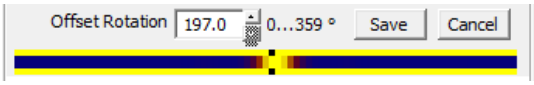
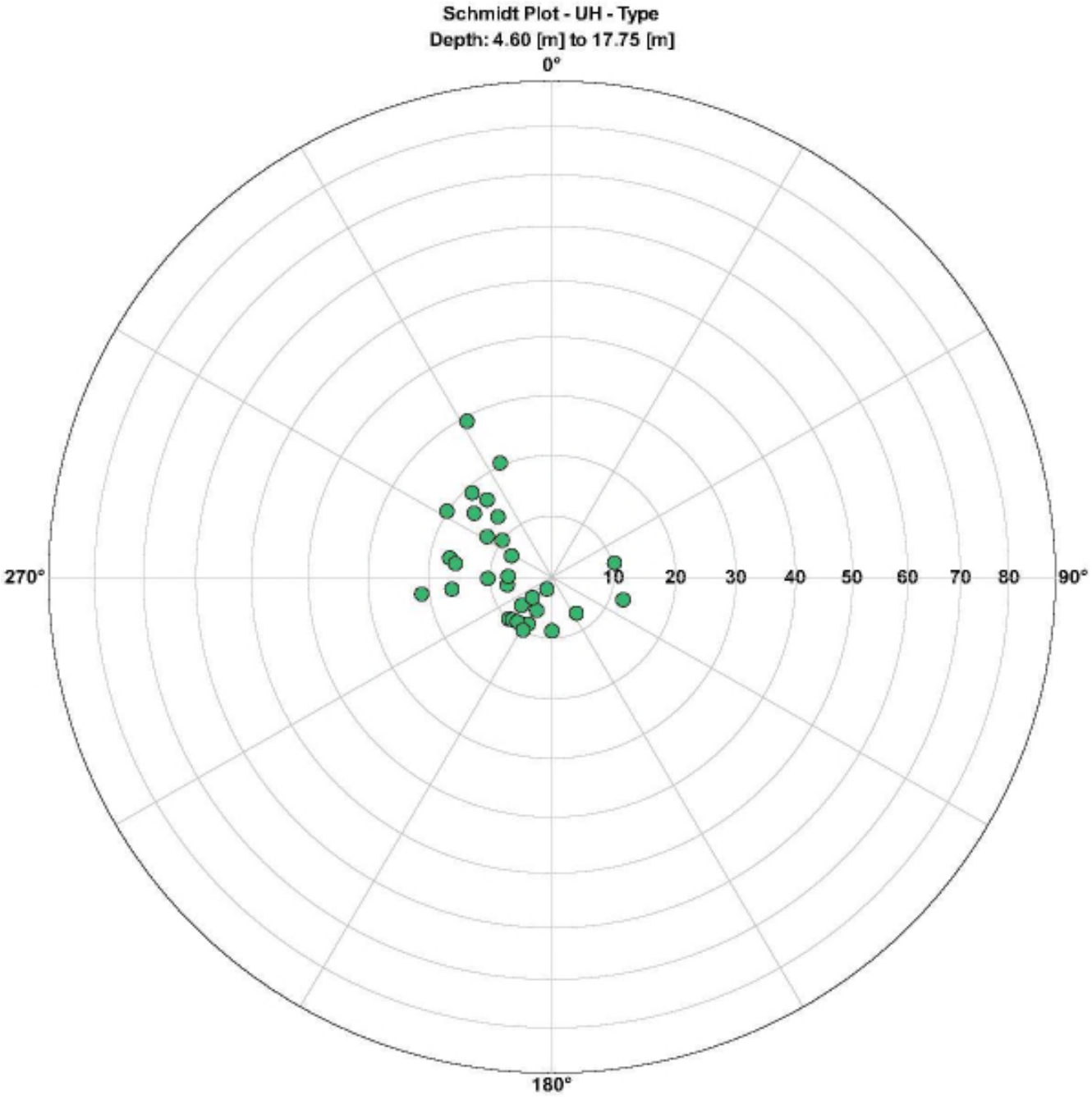


Diagramme polaire

Canevas de Schmidt, Hémisphère Supérieur



LEGENDE STRUCTURALE

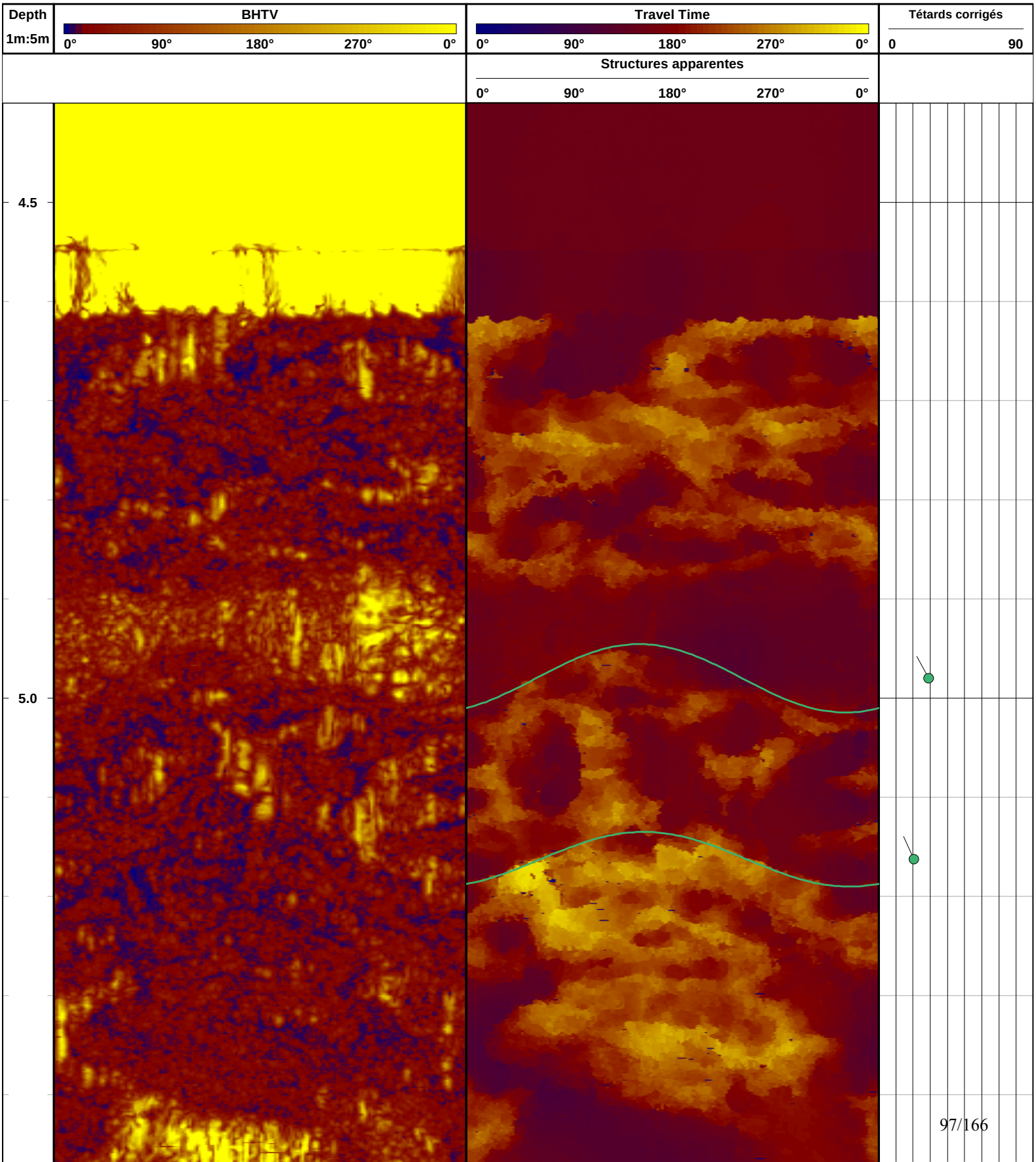
Fracture ouverte — Fracture fermée / diaclase — Contact lithologique — Stratification

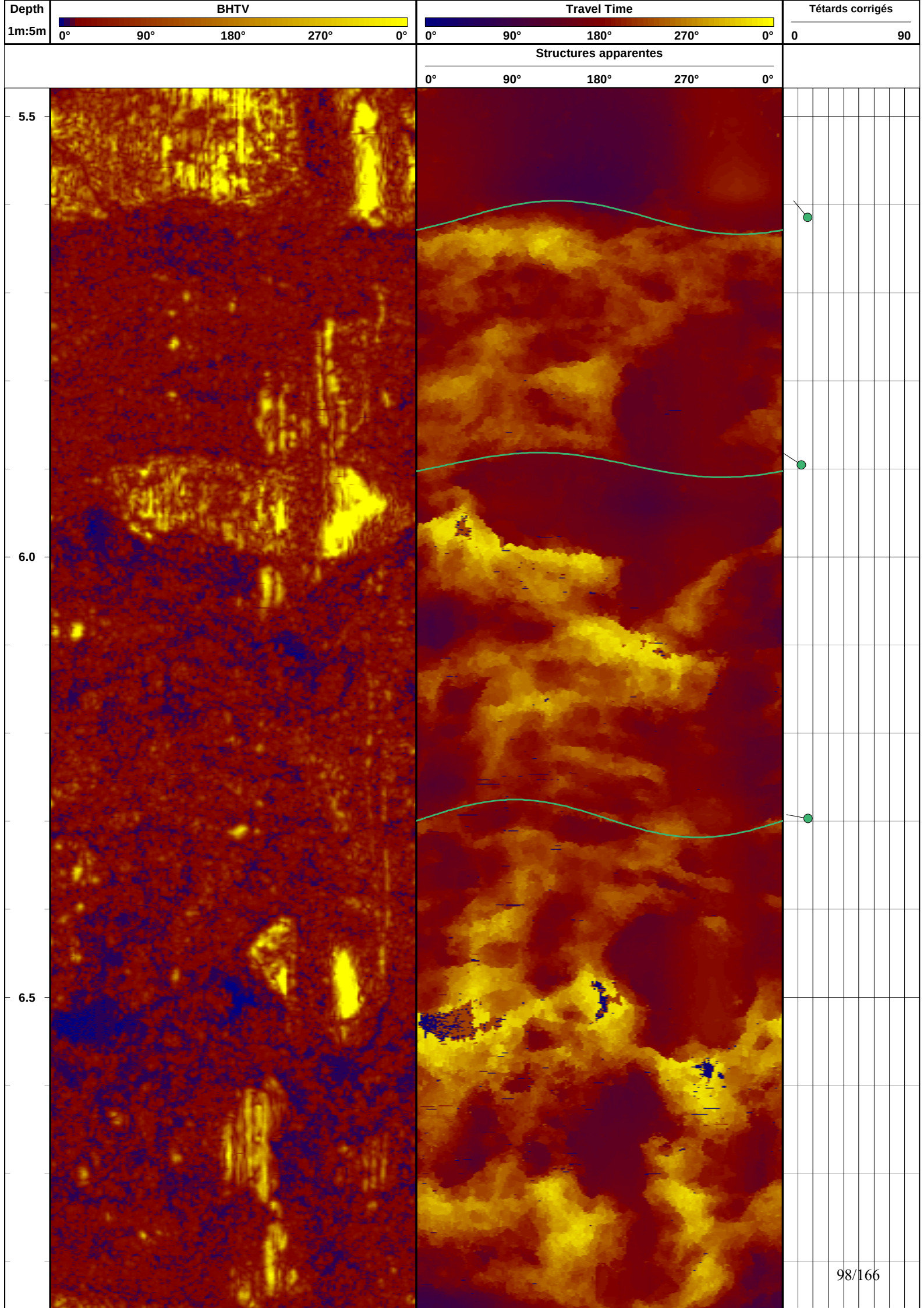
LEGENDE

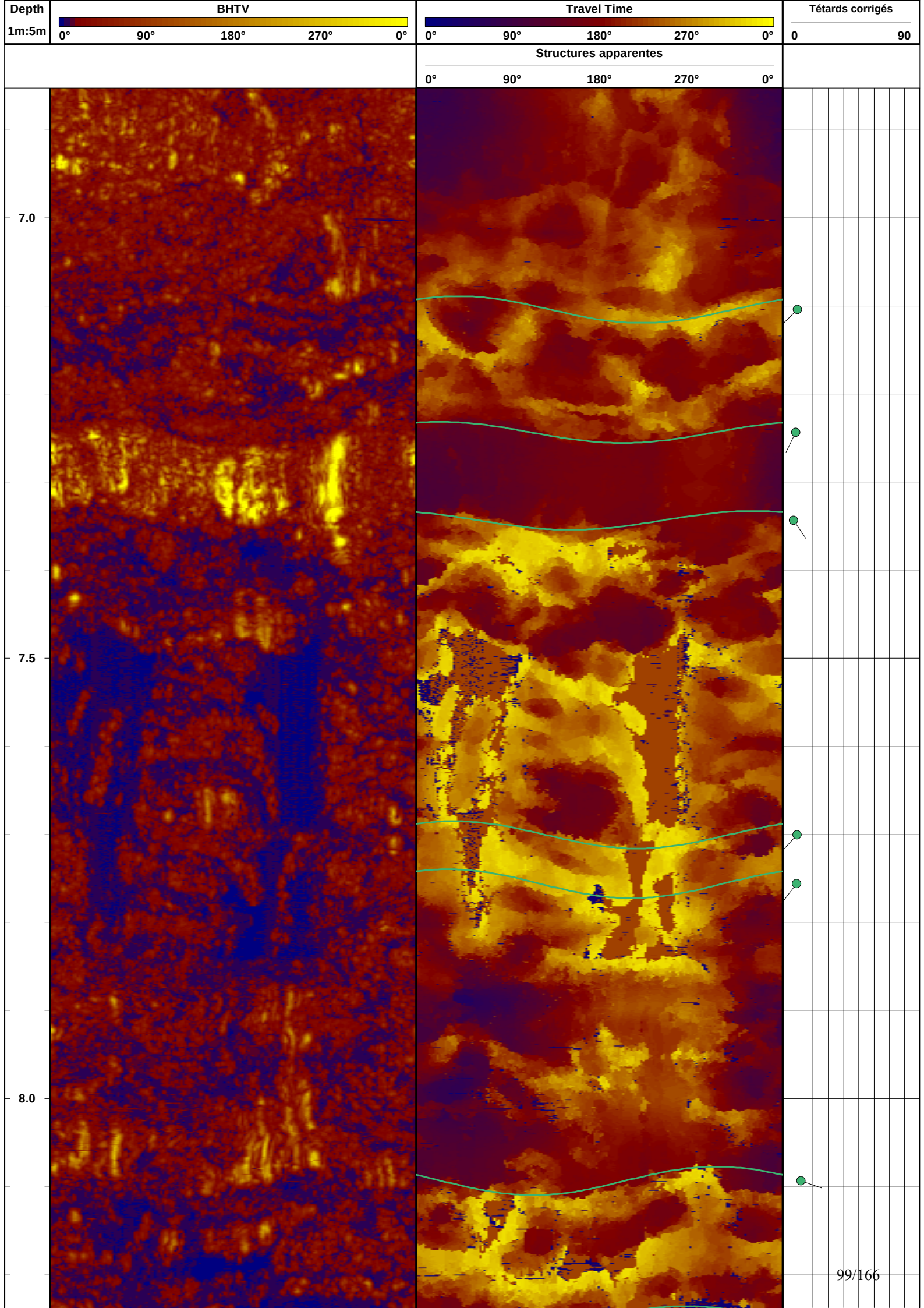
BHTV : Imagerie ultrasonique déroulée de la paroi du forage en fausse couleur (Amplitude de l'onde), orientée nord magnétique
Travel Time : Temps de trajet de l'onde acoustique du BHTV codé en fausse couleur (centaines de nanosecondes), orienté nord magnétique
Structures apparentes : Structures pointées directement sur l'image déroulée de la paroi du forage
Tétards corrigés : Structures pointées, puis corrigées de la trajectométrie du forage
Diagramme polaire : Diagramme de Schmidt hémisphère supérieur élaboré à partir des tétards corrigés

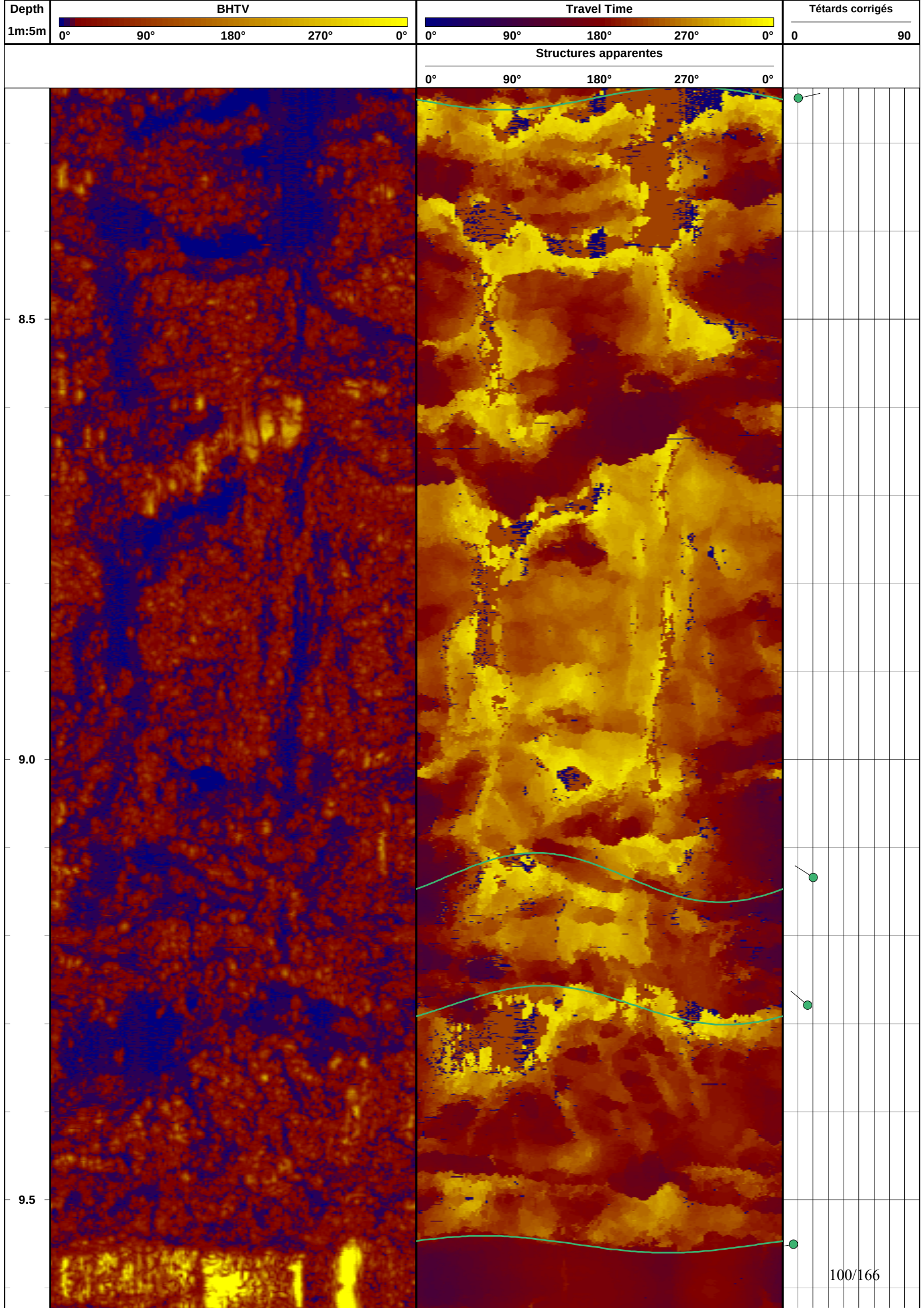
COMMENTAIRES

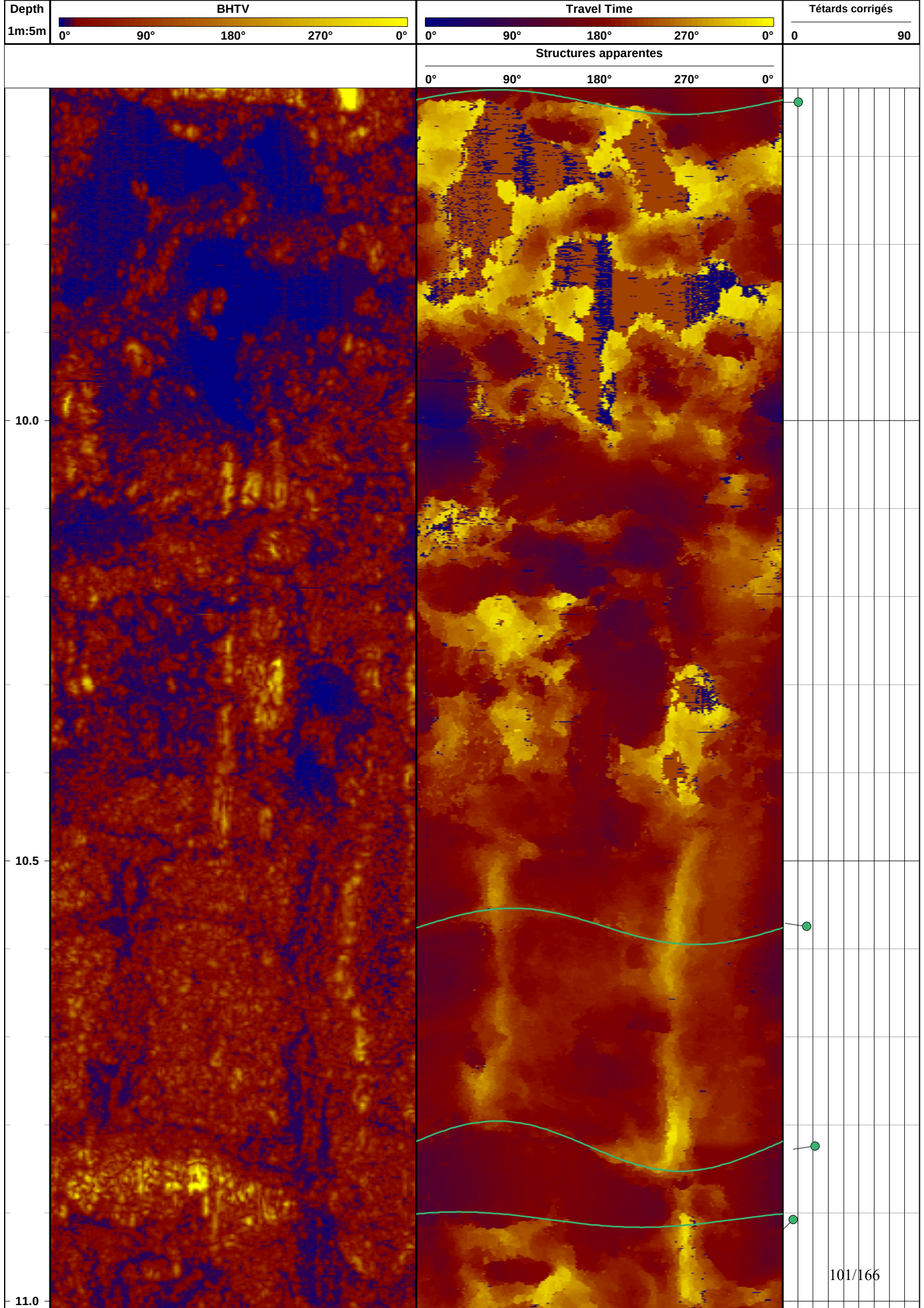
L'analyse structurale est référencée par rapport au nord magnétique.
Les azimuts des discontinuités sont rendus en vecteur pendage (dip direction).
Aucune fracture n'est visible, seulement des joints de stratification.

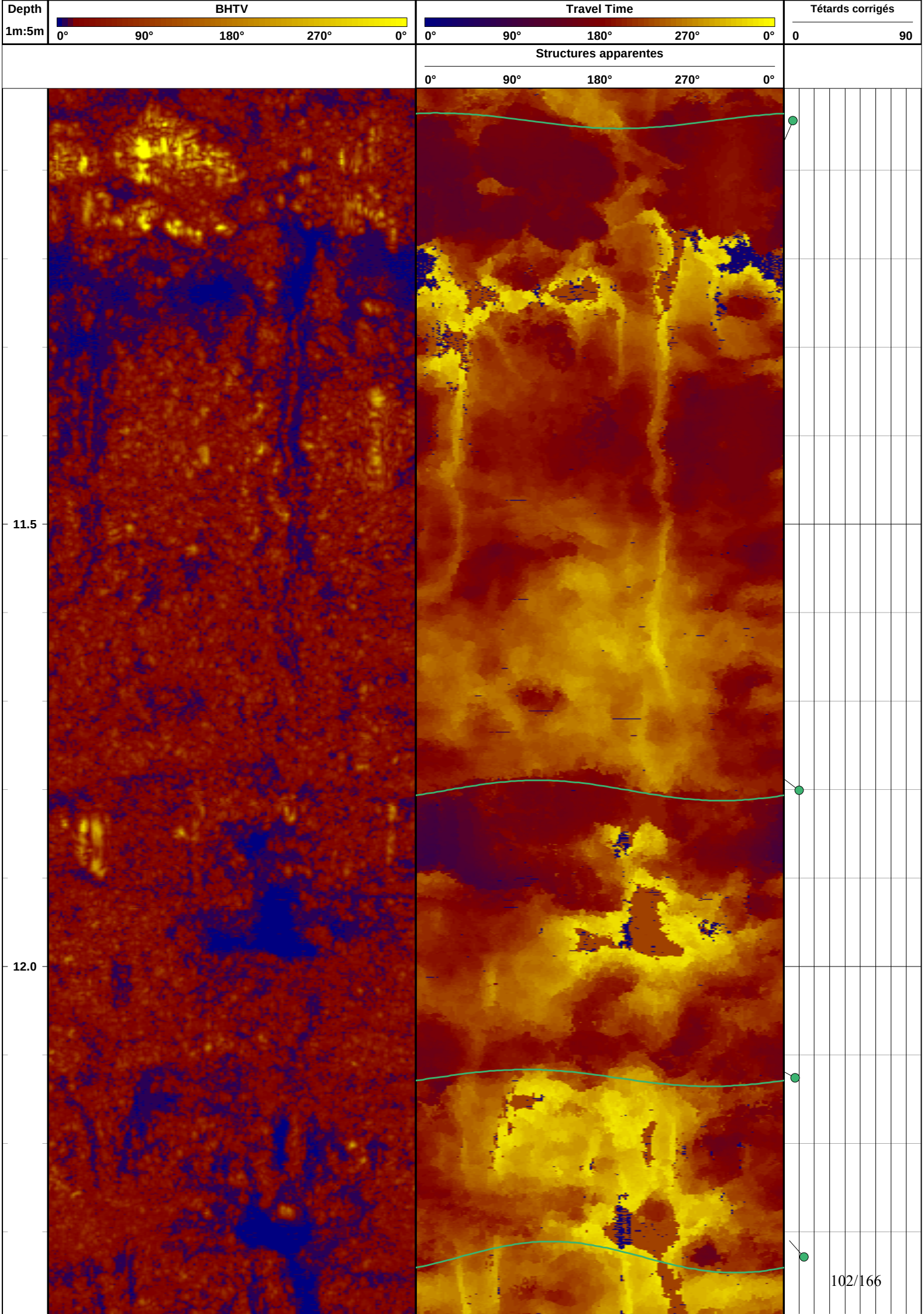


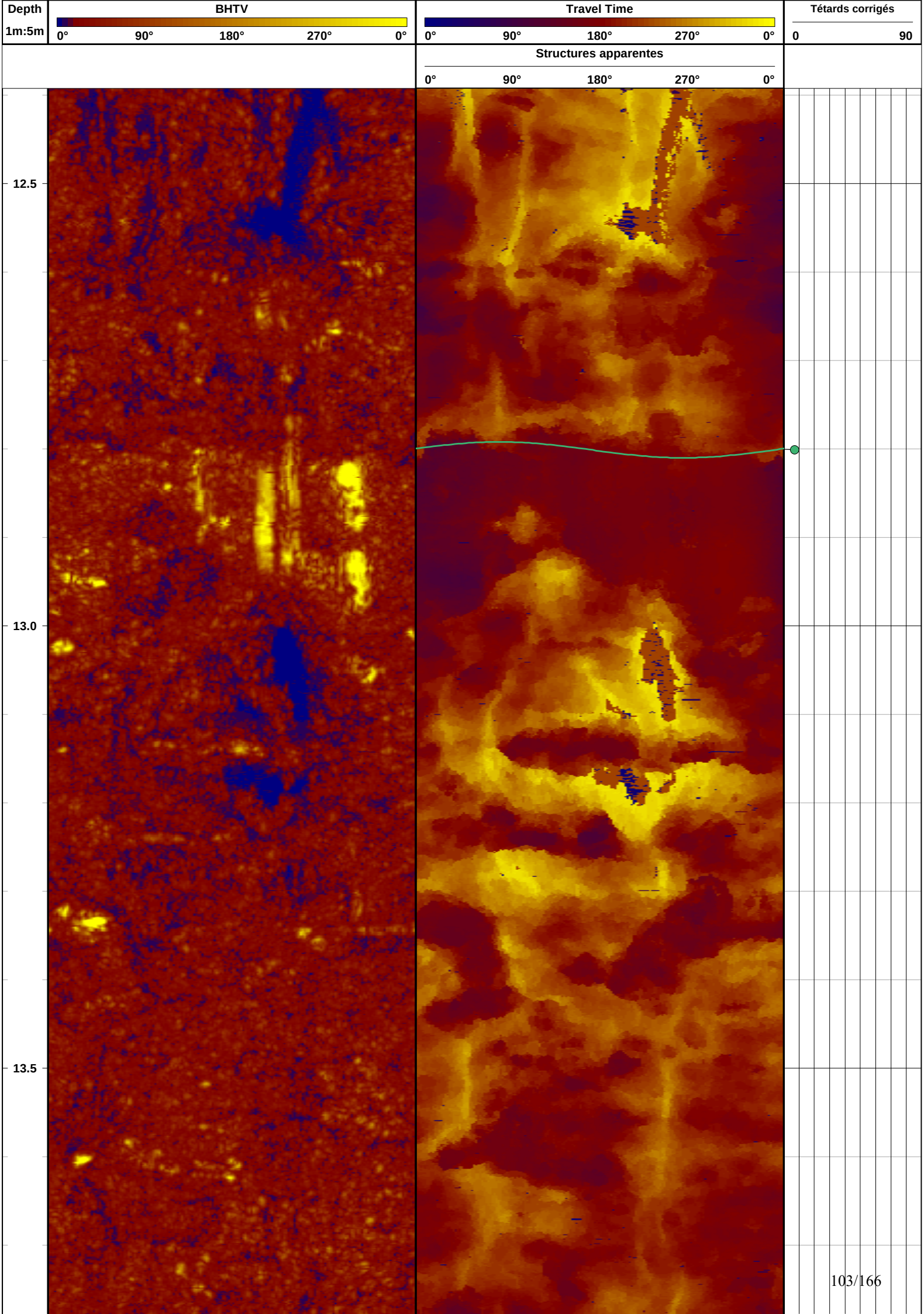

Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
5.5
6.0
6.5

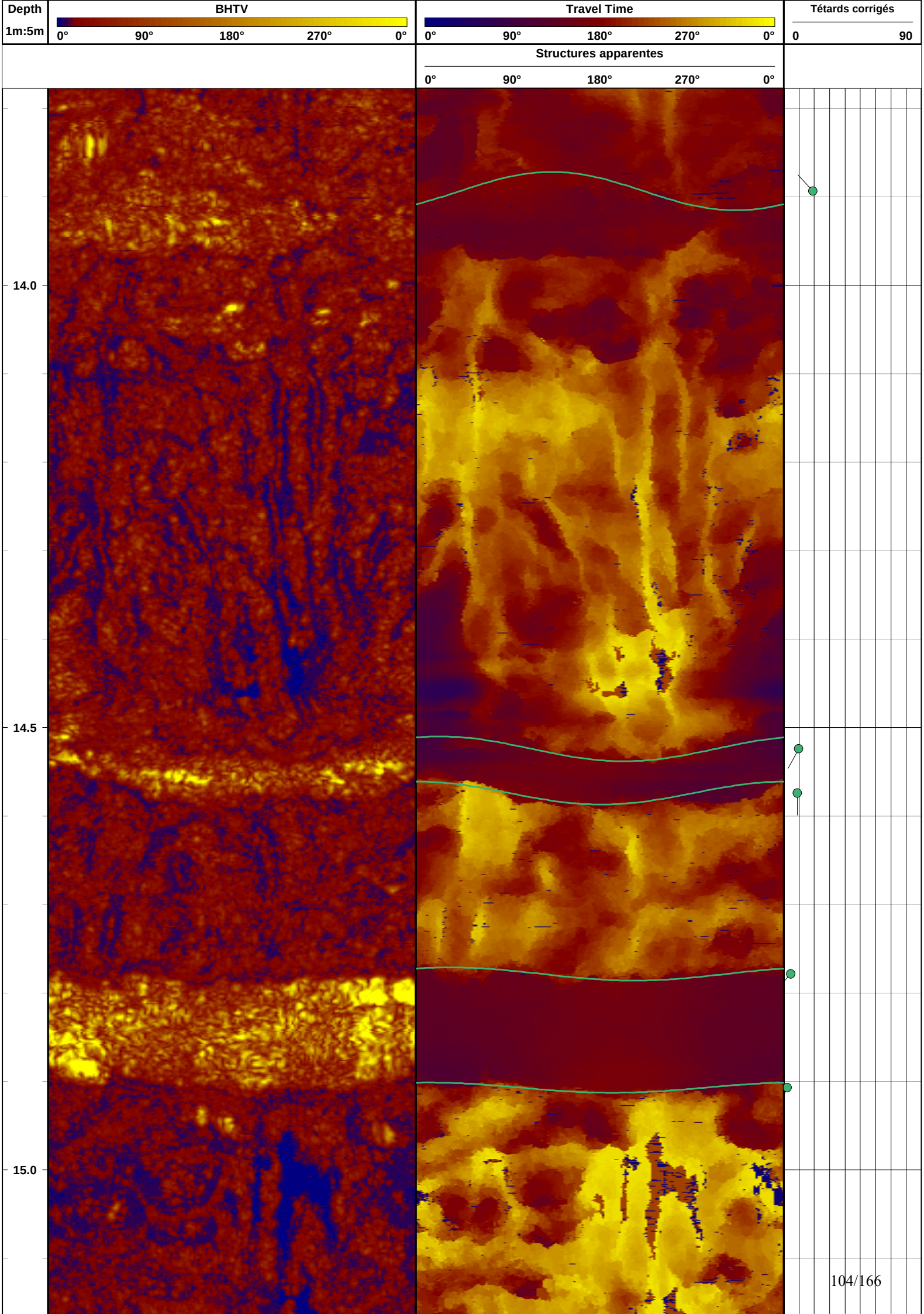

Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
7.0
7.5
8.0

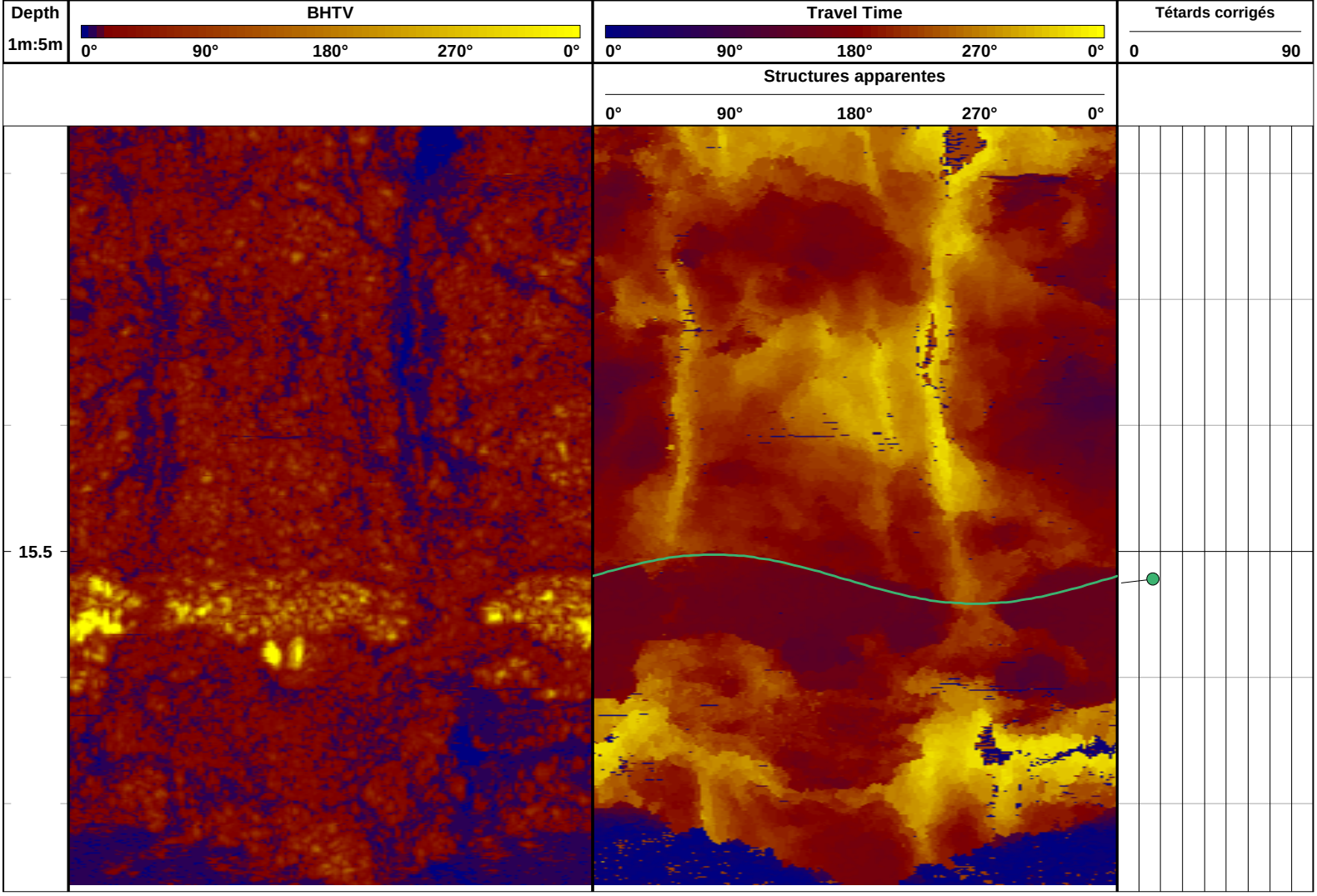

Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
8.5
9.0
9.5


Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
10.0
10.5
11.0


Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
11.5
12.0


Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
12.5
13.0
13.5


Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
14.0
14.5
15.0


Depth
1m:5m
BHTV
0°
90°
180°
270°
0°
Travel Time
0°
90°
180°
270°
0°
Tétards corrigés
0
90
Structures apparentes
0°
90°
180°
270°
0°
15.5

Annexe 6 – Mesures Magnétométriques

envisol.fr

Caractérisation de palplanches

GEOTEC

BRIENNON (42)

sites et sols pollués

Compte-rendu final
Ref : R-CW-2602-244
Date : 09.03.2026

FICHE ADMINISTRATIVE DU DOSSIER

Siège social	Rapport établi par
2 rue Hector Berlioz 38 110 LA TOUR DU PIN Tel : 04 74 83 62 16 SIRET : 512 308 321 00052 / APE :7112 B	le pôle géophysique

Suivi		
Version a	09.03.2026	Création et Envoi de la première version

L'équipe projet :

Ingénieur d'études	Chef de projet	Superviseur
Corinne WEBER Mail : c.weber@envisol.fr Tel: 06.63.15.33.92	Marie NOUVEAU Mail : mc.nouveau@envisol.fr Tel: 07.50.61.74.17	Marie NOUVEAU Mail : mc.nouveau@envisol.fr Tel: 07.50.61.74.17
		

Référentiels ENVISOL en SSP

Référentiels ENVISOL géophysique

Contact client :

Stephane VALFORT
Ingénieur d'Affaire
Géotec DIJON
2 bis rue Champeau 21800 QUETIGNY
Tél : 06.80.61.99.61
E-mail : stephane.valfort@geotec.fr

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

SOMMAIRE

1 CONTEXTE 4

2 PRÉSENTATION DU SITE 4

2.1 LOCALISATION 4

3 MATERIEL ET METHODE 6

3.1 METHODOLOGIE ADOPTEE ET MOYENS MATERIELS 6

3.2 MOYENS HUMAINS ET PLANNING DES OPERATIONS 6

4 RESULTATS ET INTERPRETATION DES DONNEES 7

5 CONCLUSIONS 8

6 ANNEXES 9

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone à vérifier 4

Figure 2 : photo du site avec un sondage et les palplanches visibles sur la droite 5

Figure 3 : photo de la sonde magnétométrique SBL10 en mesure borehole (source SENSYS GmbH). 6

Figure 4 : cartographie des résultats. 7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : personnels compétents sur le projet 6

Tableau 2 : détails des résultats 7

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Fiches méthodologiques 10

Annexe 2. Résultats 11

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

1 CONTEXTE

Dans le cadre d'une étude géotechnique en bord du canal de Roanne à Digoin, le long du chemin de Halage à Briennon (42), la société GEOTEC a mandaté ENVISOL afin de recueillir des informations sur la profondeur de palplanches au niveau d'une zone d'effondrement du canal maintenu par ces dernières.

De ce fait, deux forages équipés en PVC jusqu'à environ 15 m de profondeur, ont été installés à maximum 1,5 m du bord des quais, afin d'estimer, par mesures magnétométriques, la profondeur des palplanches le long du canal, en vue de remédier au glissement de terrain.

2 PRÉSENTATION DU SITE

2.1 Localisation

L'emprise du chantier est située en bord du canal de Roanne à Digoin, le long du chemin de halage à Briennon (42). Le site est en zone rurale et est accessible en véhicule. Au total, 2 sondages sont à investiguer (Figure 1).

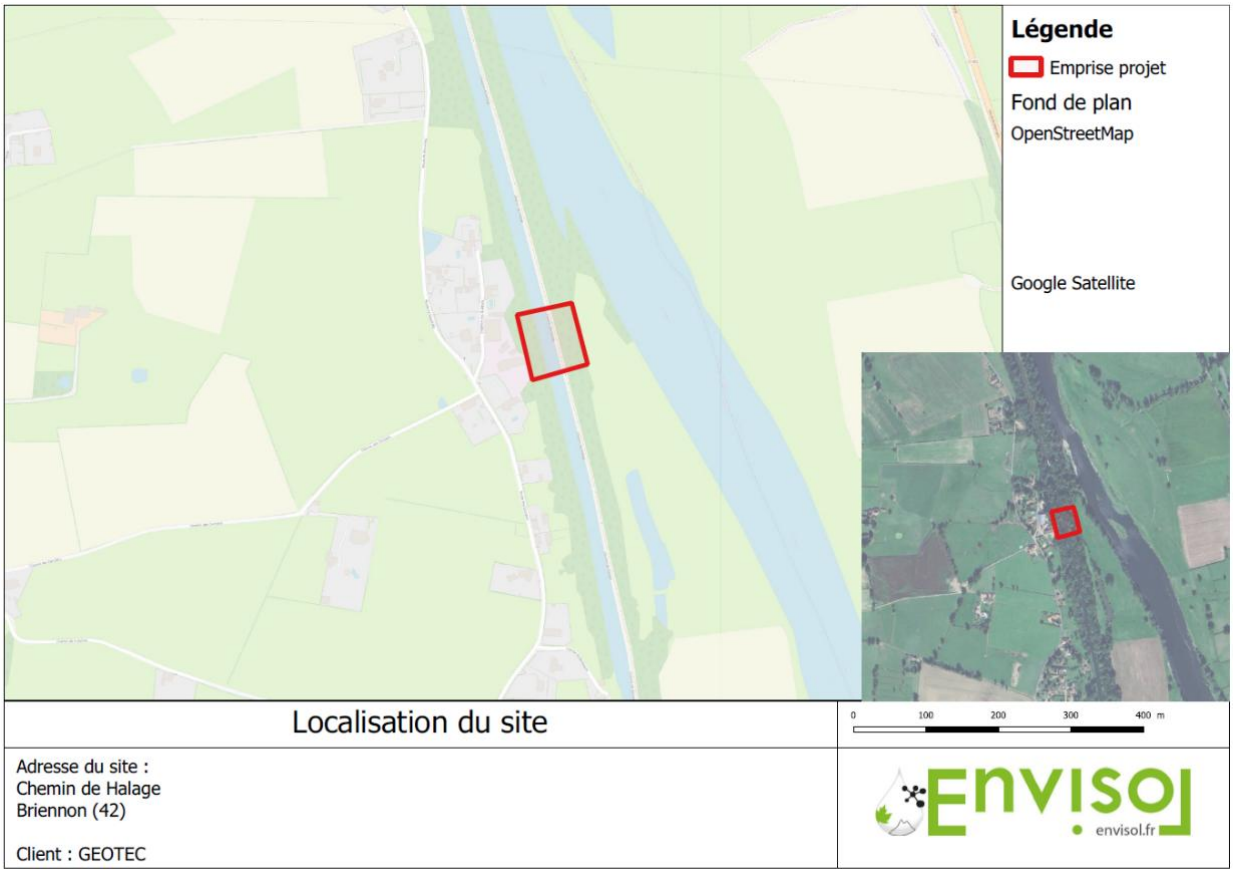


Figure 1 : Localisation de la zone à vérifier

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.



Figure 2 : photo du site avec un sondage et les palplanches visibles sur la droite

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

3 Matériel et méthode

3.1 Méthodologie adoptée et moyens matériels

Les principes de mesures des appareils ainsi que sur leurs limites sont présentés en Annexe 1 de ce rapport.

Les mesures magnétométriques ont été faites à l'aide d'une sonde magnétométrique SBL10 (SENSYS), sensible aux éléments ferromagnétiques dans le sol. La sonde a été insérée jusqu'au fond du tube PVC préalablement installé par GEOTEC jusqu'à 15 m de profondeur, puis la mesure a été réalisée en remontant la sonde en surface.



Figure 3 : photo de la sonde magnétométrique SBL10 en mesure borehole (source SENSYS GmbH).

3.2 Moyens humains et planning des opérations

La réalisation du projet est effectuée selon différentes étapes par le personnel répertorié dans le Tableau 1.

Tableau 1 : personnels compétents sur le projet.

Mesures géophysiques	Rédaction du compte rendu
Corinne WEBER : chargée d'études en géophysique appliquée **Carole TREMOUREUX :** chargée d'études en géophysique appliquée	**Corinne WEBER :** chargée d'études en géophysique appliquée **Carole TREMOUREUX :** chargée d'études en géophysique appliquée

Afin de répondre à la problématique, les mesures sur site ont été réalisées **le jeudi 5 mars 2026**.

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

4 Résultats et interprétation des données

Afin de confirmer les résultats, les mesures ont été réalisées deux fois sur chaque sondage. Les données étant similaires, un seul résultat est présenté dans ce rapport. Les courbes de mesures obtenues permettent d'appréhender la profondeur des palplanches.

Tableau 2 : détails des résultats

Points	Présence palplanches	Profondeur estimée des palplanches (m) par rapport au TA actuel
SD1	Oui	4
SD2	Oui	4



Figure 4 : cartographie des résultats.

Il est important de noter que malgré nos retours d'expérience, la géophysique est un outil d'imagerie d'aide à la décision et ne permet pas d'avoir un résultat fiable à 100 %. Seules les méthodes intrusives permettent d'infirmer ou de confirmer de façon sûr la présence ou l'absence d'objets dans le sol.

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

5 CONCLUSIONS

Contexte :
Dans le cadre d'une étude géotechnique en bord du canal de Roanne à Digoin, le long du chemin de Halage à Briennon (42), la société GEOTEC a mandaté ENVISOL afin de recueillir des informations sur la profondeur de palplanches au niveau de deux forages destructifs.

Moyens mis en œuvre :
Afin de répondre à la problématique de sécurisation, des mesures à la sonde magnétométrique borehole type SBL10 (SENSYS) ont été effectuées en aval de la réalisation de forage équipé en PVC jusqu'à 15 m de profondeur.

Résultats :
Les deux sondages présentent des palplanches jusqu'à environ 4m de profondeur.

Restrictions d'usage du document

Ce compte rendu et ses annexes (*corps de texte, cartes, figures, photographies, pièces et documents divers…*) constituent un ensemble indissociable. L'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de cet ensemble, ainsi que toute interprétation au-delà des indexations et énonciations d'ENVISOL ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci.

Les conclusions énoncées ci-dessus ne sont valables que pour les recherches décrites dans ce rapport et selon les informations fournies par le client. En cas de modifications de plans (emprise, profondeurs de travaux, techniques de travaux...) postérieurs à notre intervention, il conviendra au client de revoir les conclusions de ce rapport avec Envisol (ou autre entreprise spécialisée).

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les mesures effectuées et selon les limites des appareils de détection. Les mesures employées ne peuvent prétendre à une exhaustivité de détection.

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

6 ANNEXES

Annexe 1. Fiches méthodologiques 10

Annexe 2. Résultats..... 11

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

Annexe 1. Fiches méthodologiques

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

Magnétométrie fluxgate en forage

Pour la détection des objets métalliques en profondeur tels que des réseaux ou béton armé, une sonde magnétométrique fluxgate peut être utilisé dans un avant-trou ou à l'avancée d'un sondage environnemental.

Principe

La magnétométrie fluxgate est une méthode géophysique passive et non-destructive permettant la mesure du champ magnétique local en nanoTesla (nT), ce qui en fait une méthode sensible aux éléments ferromagnétiques dans le sol. La mesure se faisant entre deux bobines au sein de la sonde (principe de gradiométrie), les mesures obtenues sont en nT/m (Figure 1).

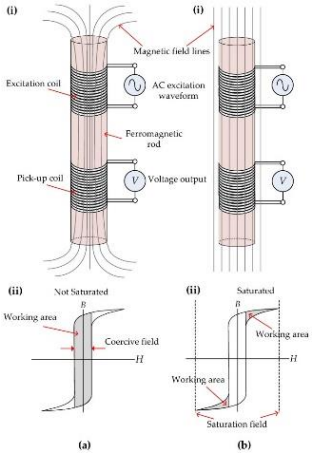


Figure 1 : Fonctionnement de principe d'un magnétomètre fluxgate (FGM).

(a) (i) l'application d'un courant alternatif et l'induction d'une densité de flux magnétique (B) dans la tige et (ii) la courbe B-H correspondante montrant la zone grise dans laquelle opère la FGM pendant cette phase d'excitation ;

(b) (i) La sonde en mode saturation où B a saturé et les lignes de champ magnétique (H) ne convergent pas vers la tige résultant en (ii), la sonde fonctionnant dans la zone saturée de la courbe B-H.

Source : Gooneratne et al. ; Downhole Applications of Magnetic Sensors ; Sensor ; 2017 ; 17, 2384; doi:10.3390/s1710238.

Méthodologie

La sonde peut être passée en surface ou au fond d'un avant-trou par balayage au-dessus du point de forage, puis à l'avancée d'un forage avec des passes de 2 m maximum (limite de détection).

Pour la sécurisation à l'avancée, la sonde est insérée dans un tube PVC préalablement placé dans le trou pour éviter tout risque d'éboulement sur la sonde. Le diamètre de la sonde faisant au minimum 35 mm de diamètre, les diamètres du trou et du PVC doivent être adapté.

Une fois la sonde placée dans le trou, la mesure se fait à la remontée de celle-ci et les données sont lues instantanément.

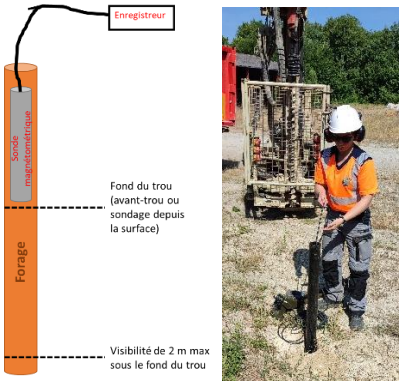


Figure 2 : méthodologie de mesures magnétométriques en forage par passe (à gauche) ; exemple de mise en place sur un forage (à droite).

Limites et précisions

L'utilisation d'une sonde magnétométrique fluxgate pour la sécurisation de sondages environnementaux permet seulement la détection d'objets ferromagnétiques de tailles conséquentes sur les deux premiers mètres de profondeur maximum (peut être revu selon les résultats sur site). En surface, la sonde peut être influencées par des éléments métalliques environnants.

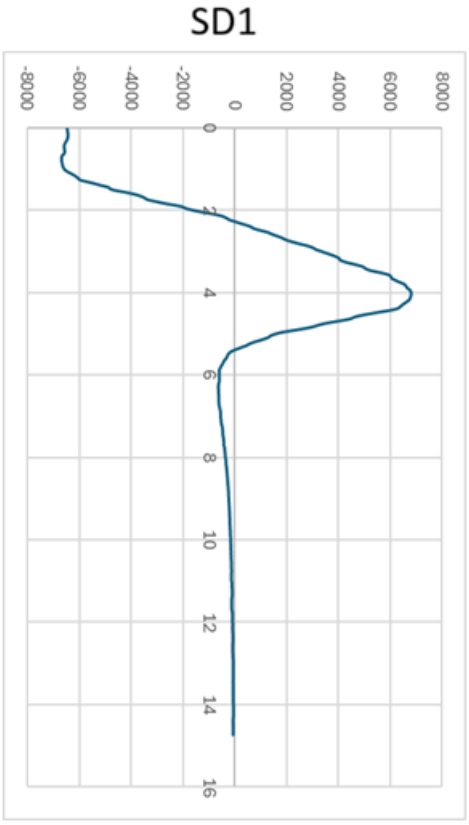
Ce type de matériel est sensible aux objets métalliques dans un rayon de 0,75 m, ce qui permet d'avoir une distance de sécurité minimale vis-à-vis du risque lié aux réseaux.

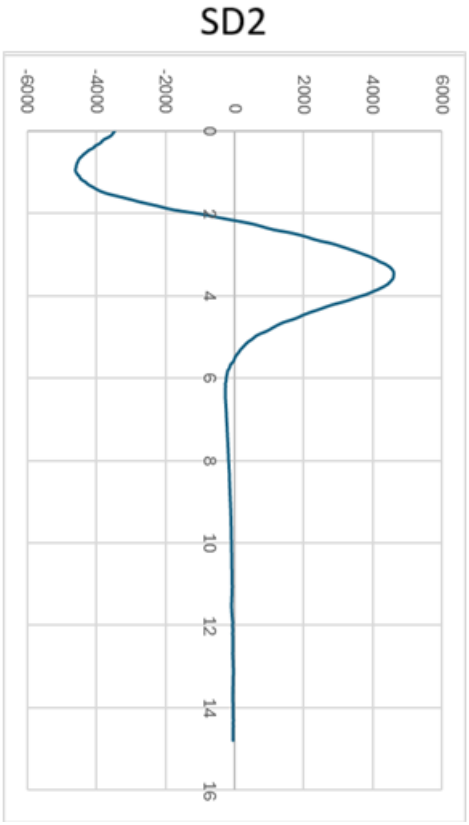
La mesure étant quasi-instantanée, la perte de temps est faible et peut se faire en concordance avec les prélèvements de sols afin d'optimiser le temps de sondage.

La profondeur d'investigation est limitée par la longueur du fil pouvant atteindre 25 m de long selon le constructeur.

Annexe 2. Résultats

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.





Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.

Annexe 7 – Mesures Inclinométriques

KLION Report

Propriétés du Site

Nom: BRIENNON, Bief d'Artay

Client: VNF

Propriétés du tubage

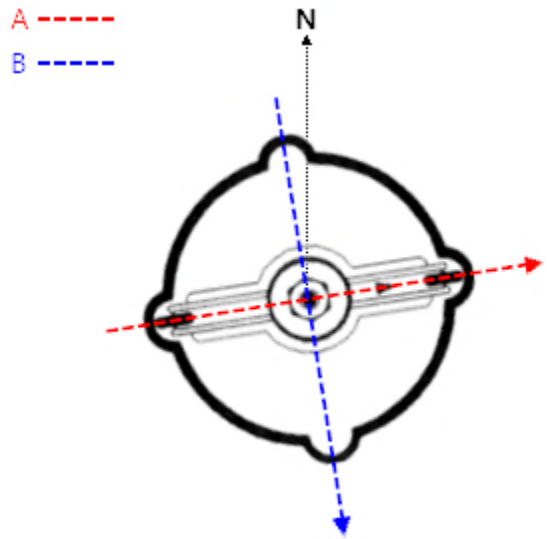
Nom: SC1_INC1

Azimut [°]: 81	Orientation: VERTICAL
Latitude: 46.1636169	Longitude: 4.0897938
Altitude [m.a.n.m.]: 262.20	Emerging Lenght [m]: 0

Localisation



Orientation



Azimut [°]: 81

Inclinometer data elaboration options

Référence fond: Yes	Spiral meter compensation: Yes
Relatif - Variation depuis la lecture de référence	Déplacement cumulatif
Mikkelsen: No	

Inclinometer survey of 31/03/2026 12:22

Date/Heure: 31/03/2026 12:22:27	Séquence de lecture: A1A3B1B3A2A4B2B4
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: -1	Convention Ch B: -1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50

Inclinometer survey of 21/04/2026 07:27

Date/Heure: 21/04/2026 07:27:36	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: -1	Convention Ch B: -1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 12:22	

Inclinometer survey of 26/05/2026 07:45

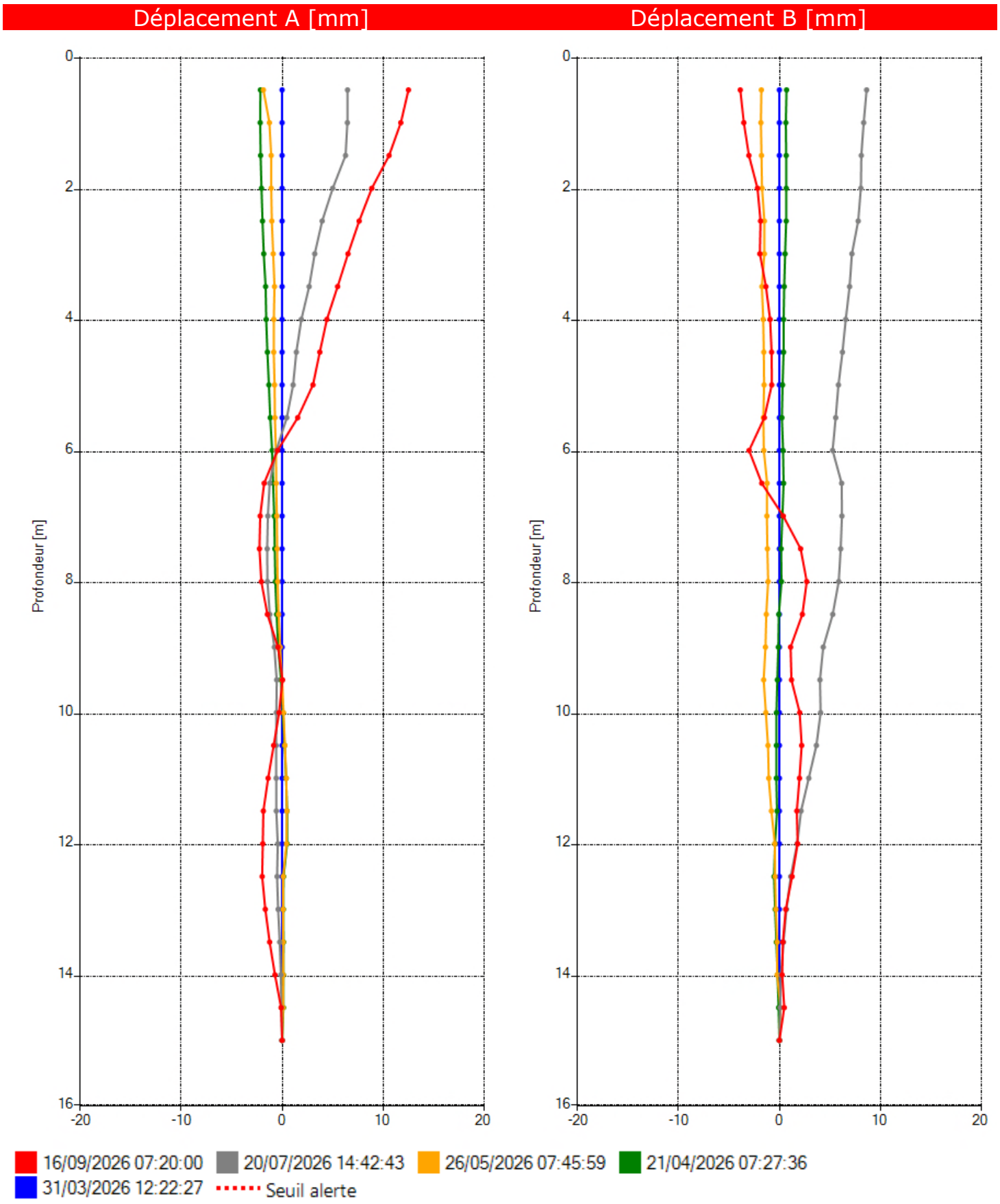
Date/Heure: 26/05/2026 07:45:59	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: -1	Convention Ch B: -1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 12:22	

Inclinometer survey of 20/07/2026 14:42

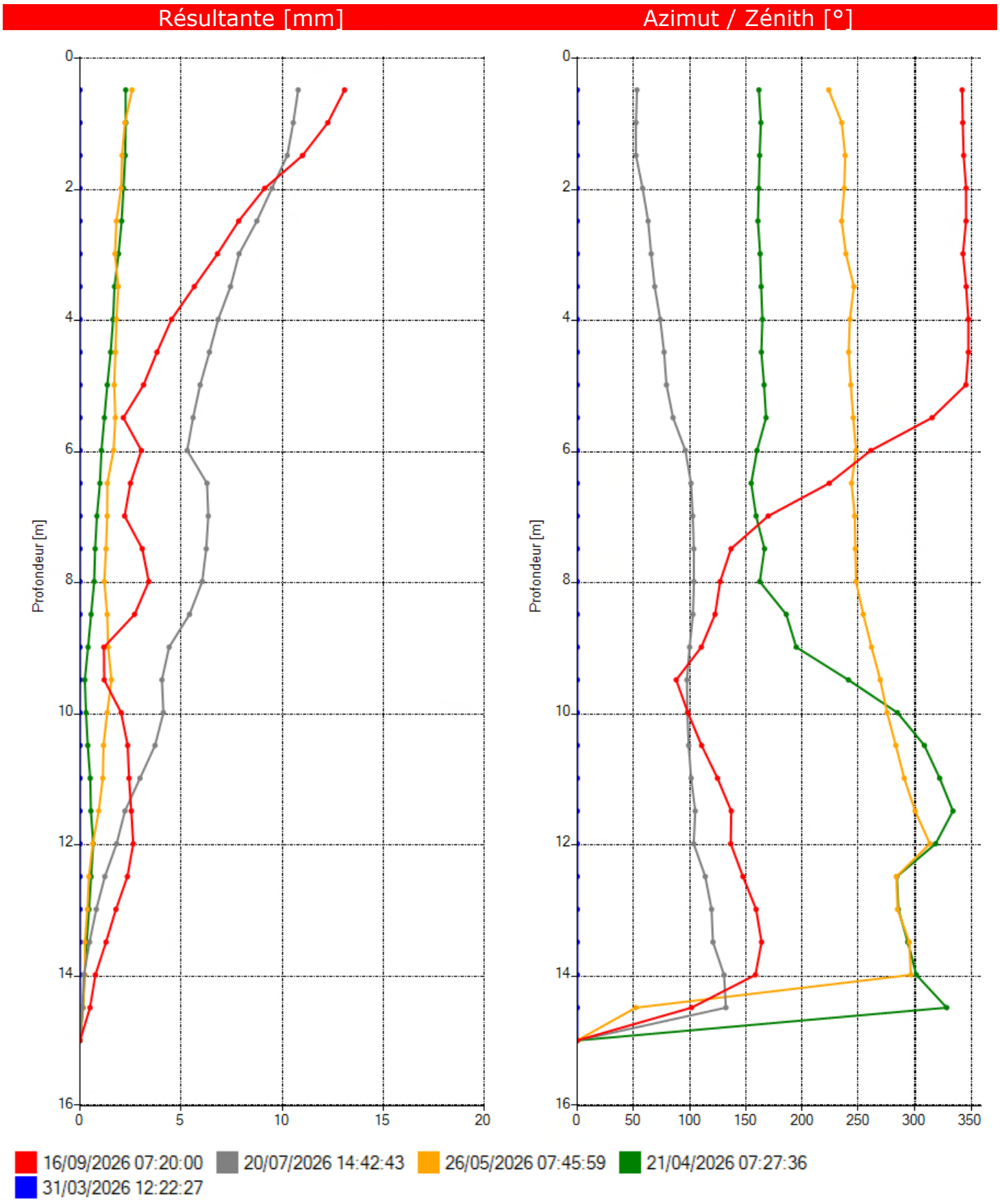
Date/Heure: 20/07/2026 14:42:43	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde:	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: -1	Convention Ch B: -1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 12:22	

Inclinometer survey of 16/09/2026 07:20

Date/Heure: 16/09/2026 07:20:00	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde:	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: -1	Convention Ch B: -1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 12:22	

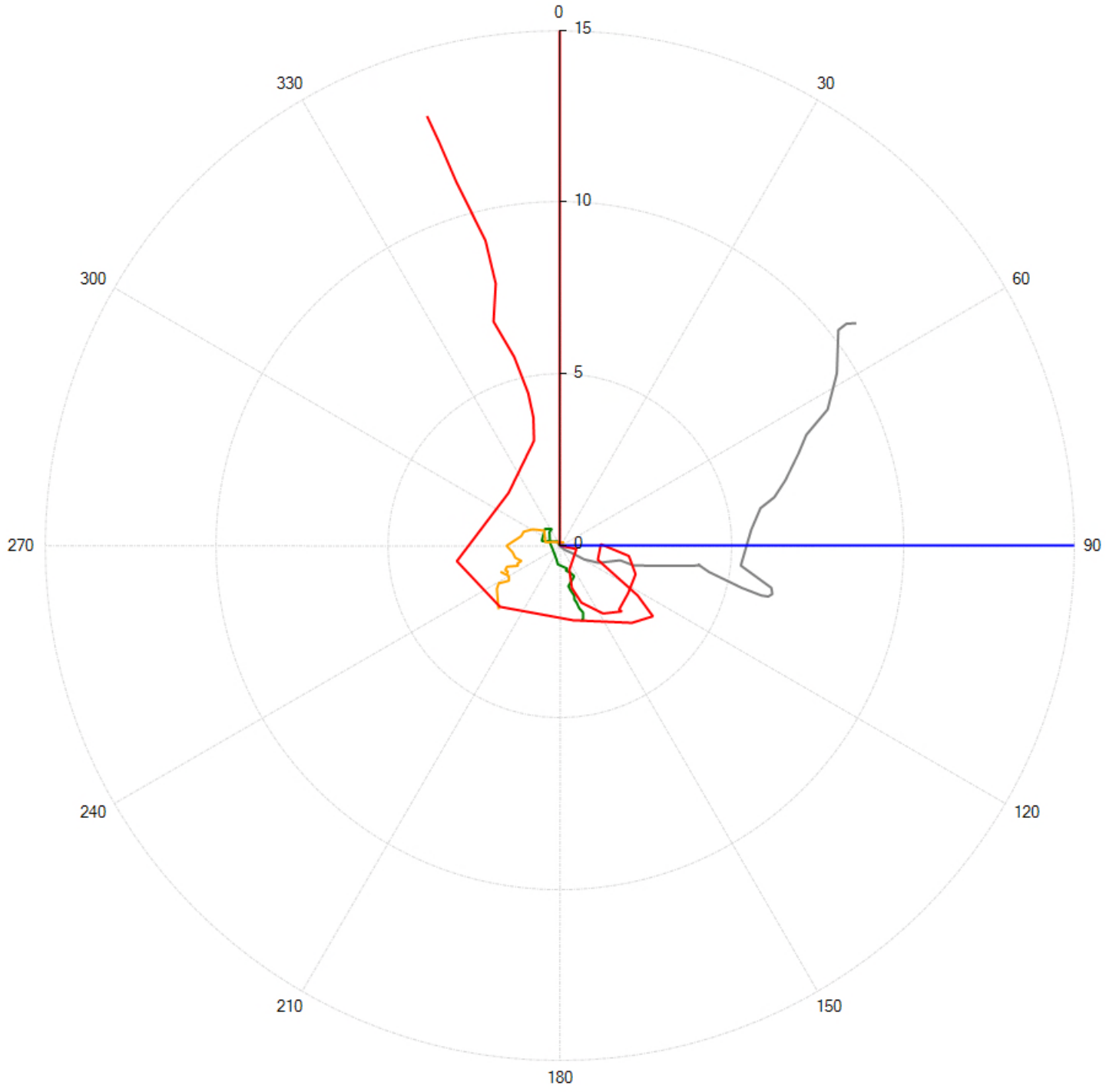


Reference Inclinometer survey 31/03/2026 12:22

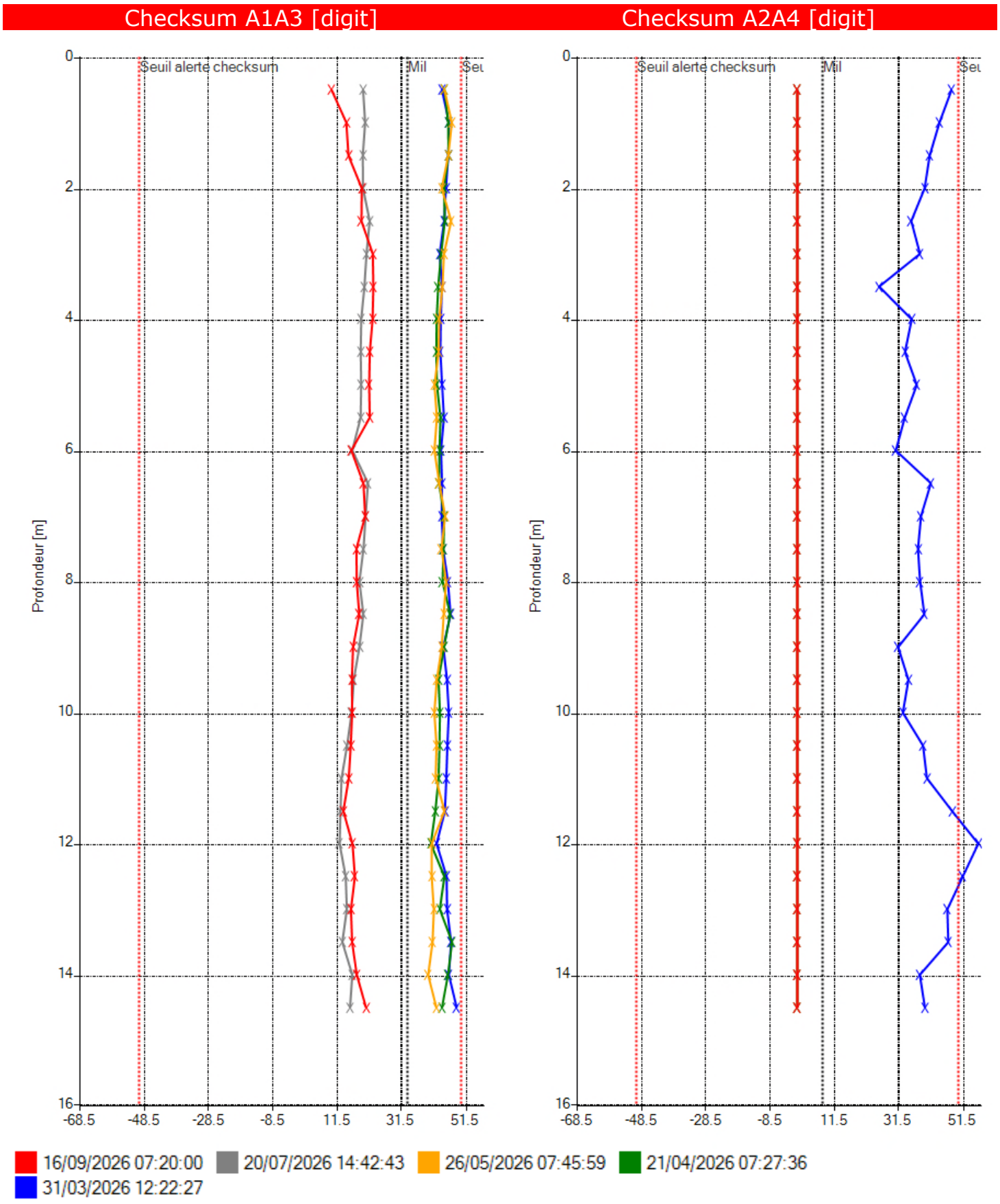


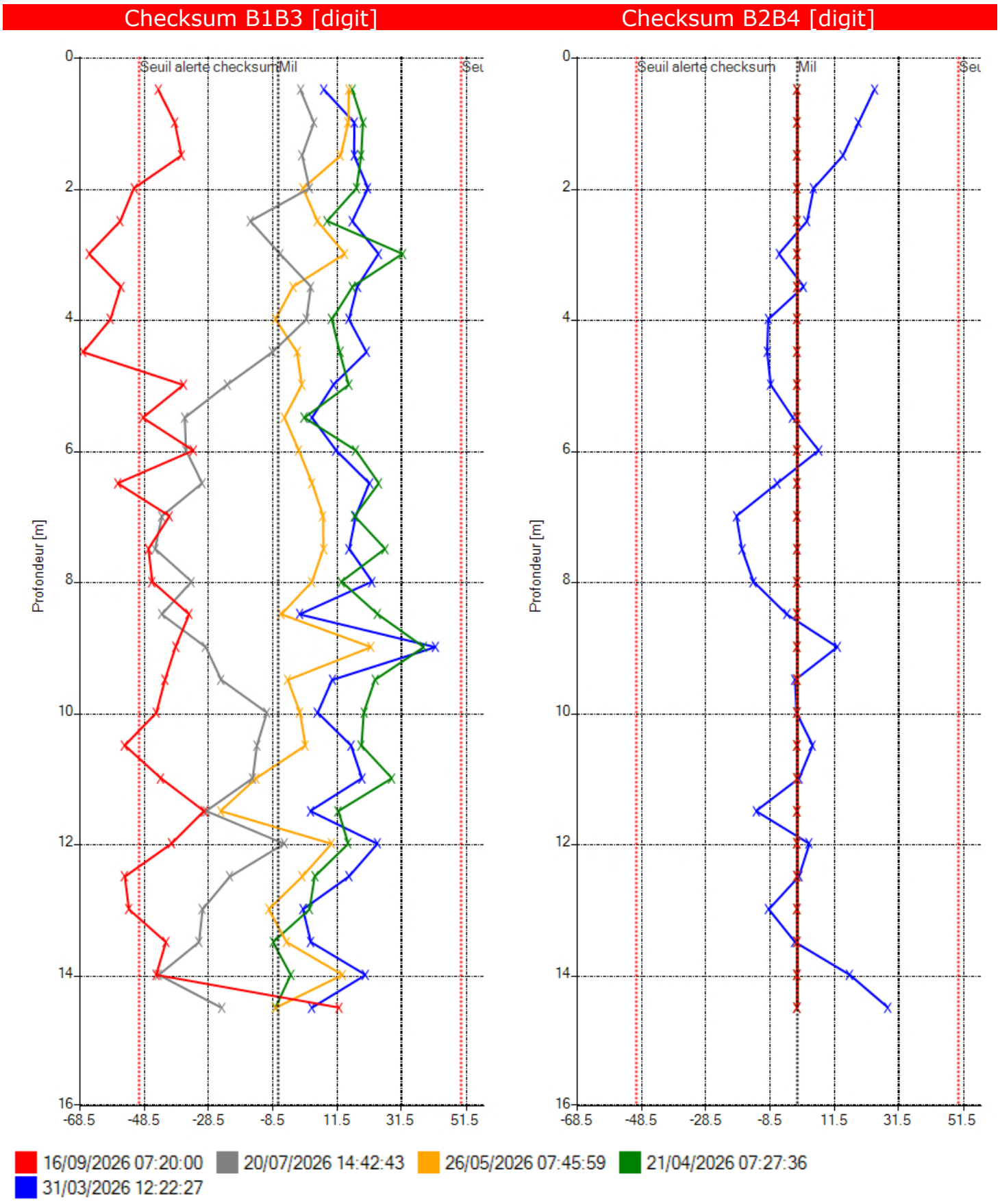
Reference Inclinometer survey 31/03/2026 12:22

Polaire



Reference Inclinometer survey 31/03/2026 12:22


Checksum A1A3 [digit]
Checksum A2A4 [digit]
Seuil alerte checksum
Mil
Profondeur [m]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
-68.5
-48.5
-28.5
-8.5
11.5
31.5
51.5
16/09/2026 07:20:00
20/07/2026 14:42:43
26/05/2026 07:45:59
21/04/2026 07:27:36
31/03/2026 12:22:27


Checksum B1B3 [digit]
Checksum B2B4 [digit]
Seuil alerte checksum
Mil
Profondeur [m]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
-68.5
-48.5
-28.5
-8.5
11.5
31.5
51.5
16/09/2026 07:20:00
20/07/2026 14:42:43
26/05/2026 07:45:59
21/04/2026 07:27:36
31/03/2026 12:22:27

KLION Report

Propriétés du Site

Nom: BRIENNON, Bief d'Artay

Client: VNF

Propriétés du tubage

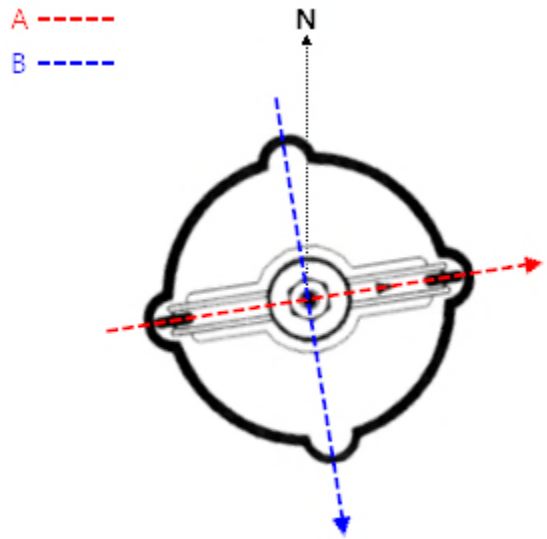
Nom: SC2_INC2

Azimut [°]: 81.00	Orientation: VERTICAL
Latitude: 46.1635711	Longitude: 4.0895302
Altitude [m.a.n.m.]: 262.6	Emerging Lenght [m]: 0

Localisation



Orientation



Azimut [°]: 81.00

Inclinometer data elaboration options

Référence fond: Yes	Spiral meter compensation: Yes
Relatif - Variation depuis la lecture de référence	Déplacement cumulatif
Mikkelsen: No	

Inclinometer survey of 31/03/2026 13:26

Date/Heure: 31/03/2026 13:26:02	Séquence de lecture: A1A3B1B3A2A4B2B4
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: 1	Convention Ch B: 1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50

Inclinometer survey of 21/04/2026 06:49

Date/Heure: 21/04/2026 06:49:07	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: 1	Convention Ch B: 1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 13:26	

Inclinometer survey of 26/05/2026 08:12

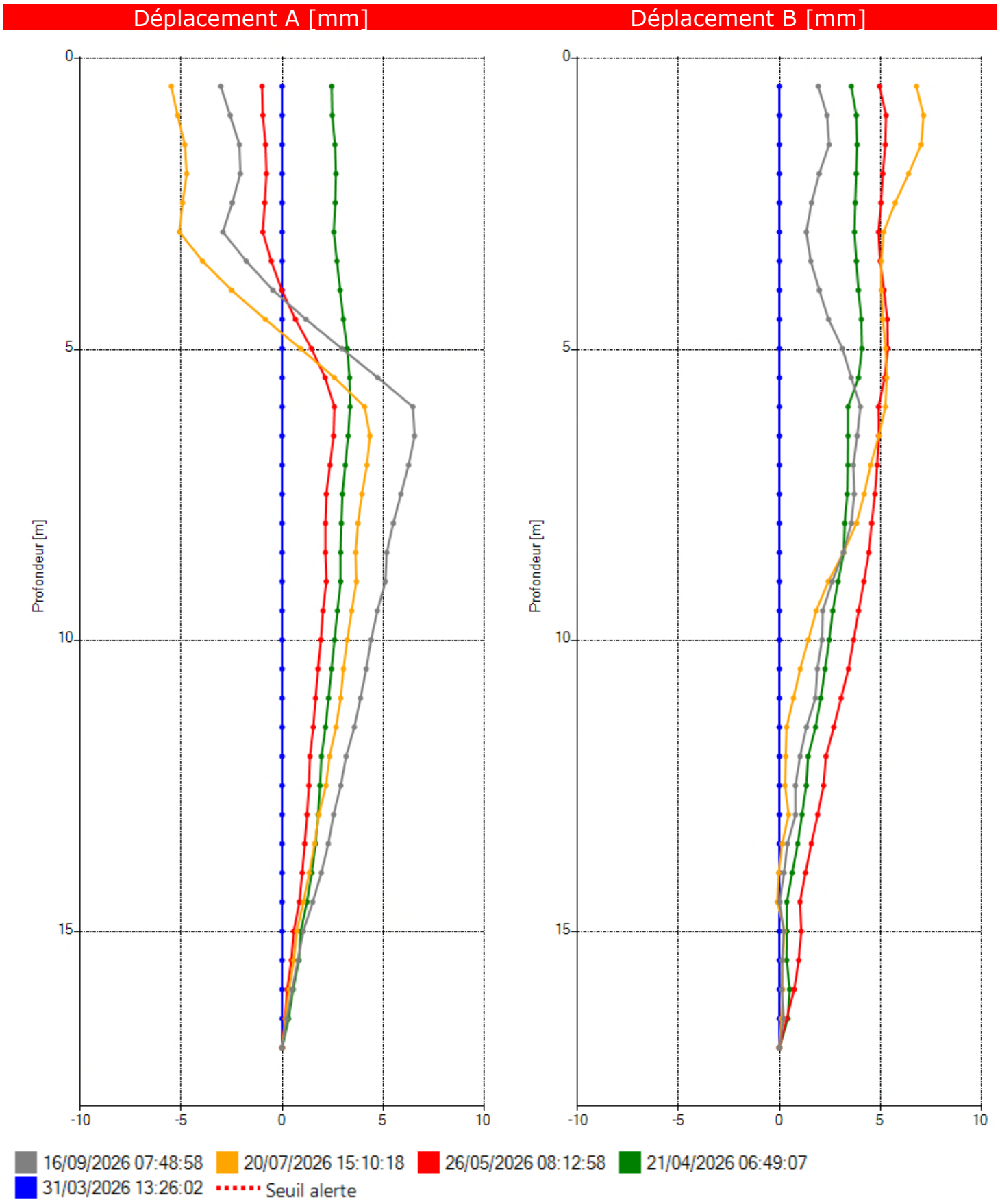
Date/Heure: 26/05/2026 08:12:58	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: 1	Convention Ch B: 1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 13:26	

Inclinometer survey of 20/07/2026 15:10

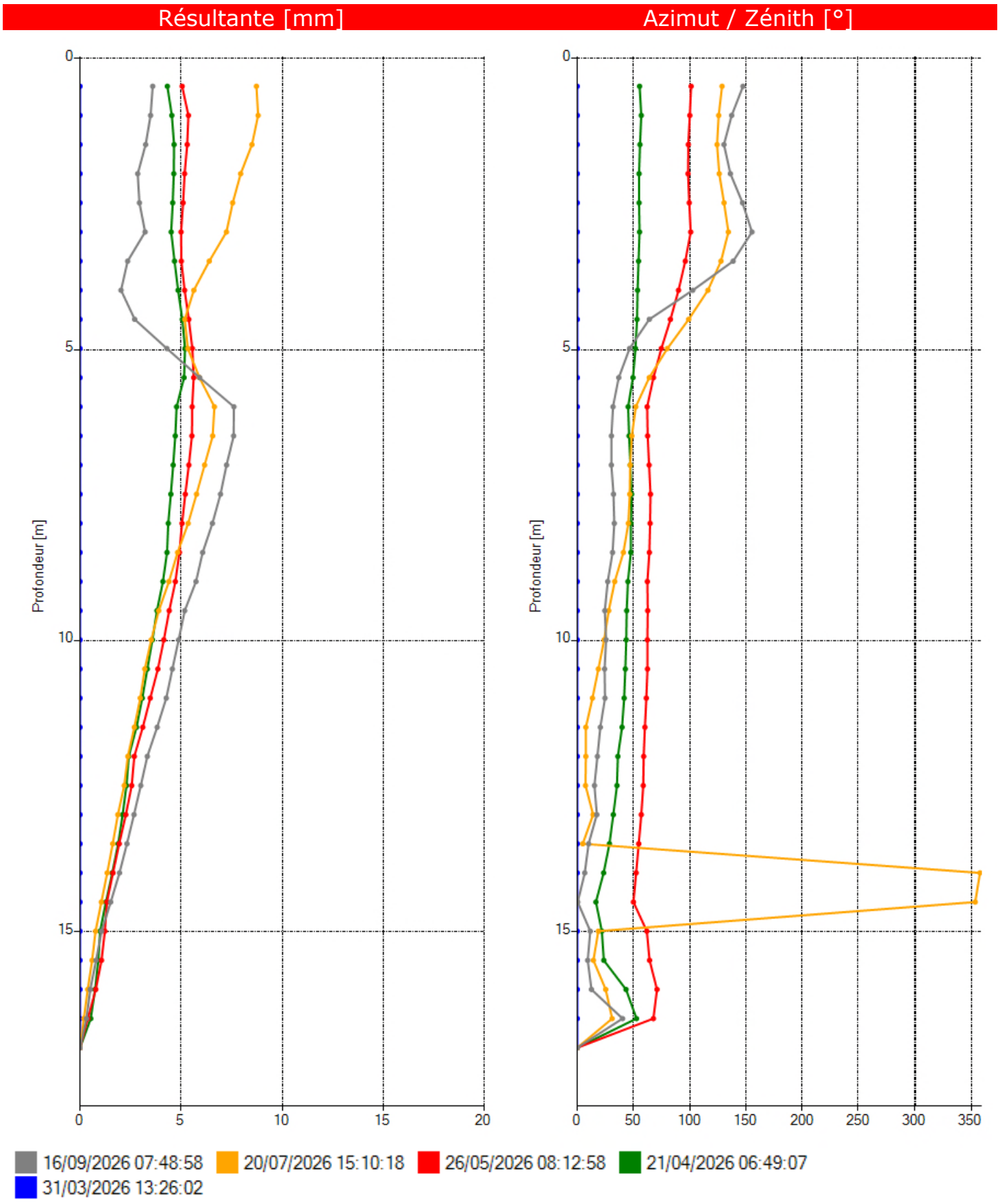
Date/Heure: 20/07/2026 15:10:18	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: 1	Convention Ch B: 1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 13:26	

Inclinometer survey of 16/09/2026 07:48

Date/Heure: 16/09/2026 07:48:58	Séquence de lecture: A1A3B1B3
Sonde: S190519	Sensibilité Sonde [sin α]: 20000
Convention Ch A: 1	Convention Ch B: 1
Profondeur 1è lecture [m]: 0.50	Intervalle de lecture [m]: 0.50
Date de Réf: Inclinometer survey of 31/03/2026 13:26	

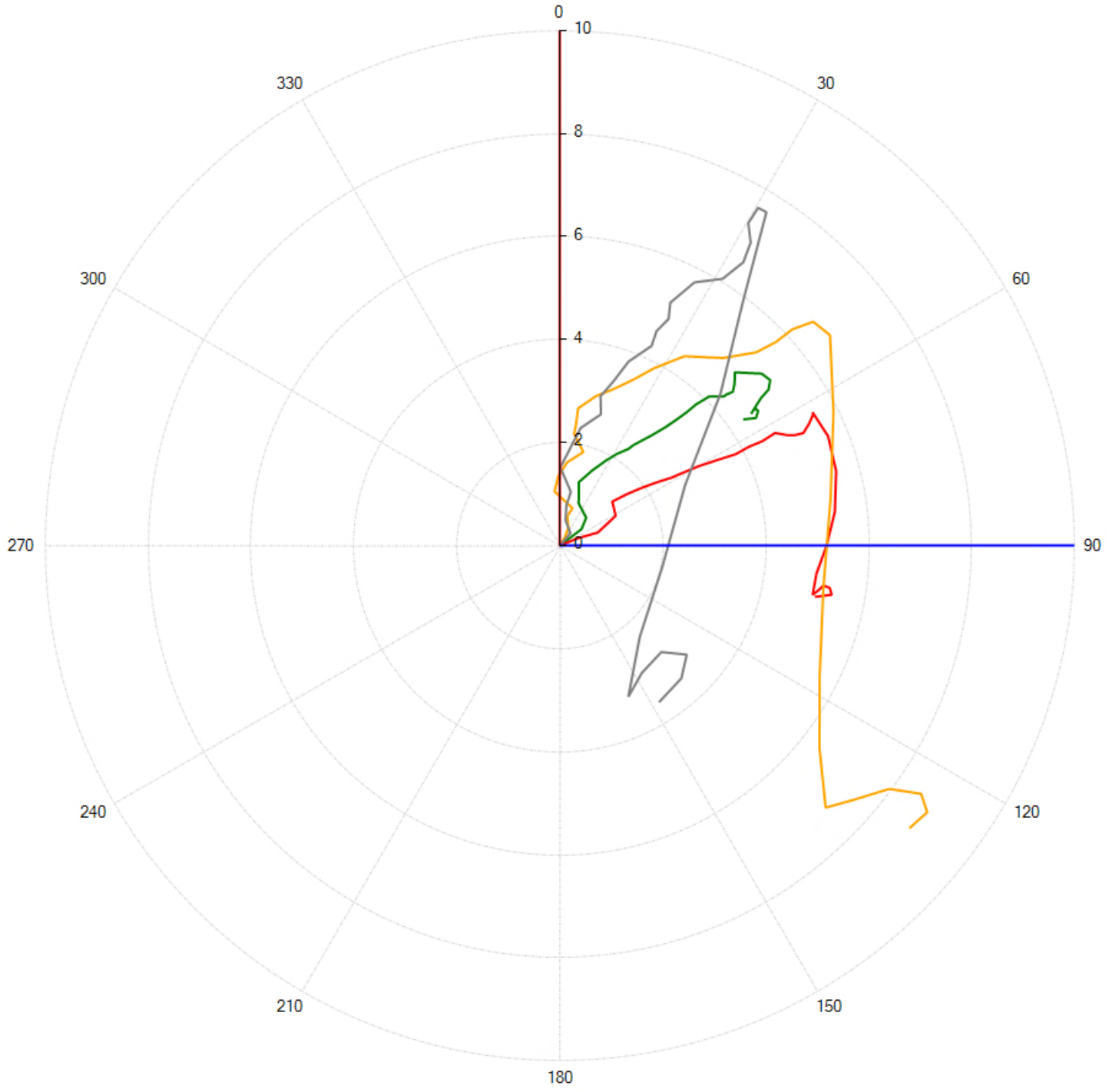


Reference Inclinometer survey 31/03/2026 13:26



Reference Inclinometer survey 31/03/2026 13:26

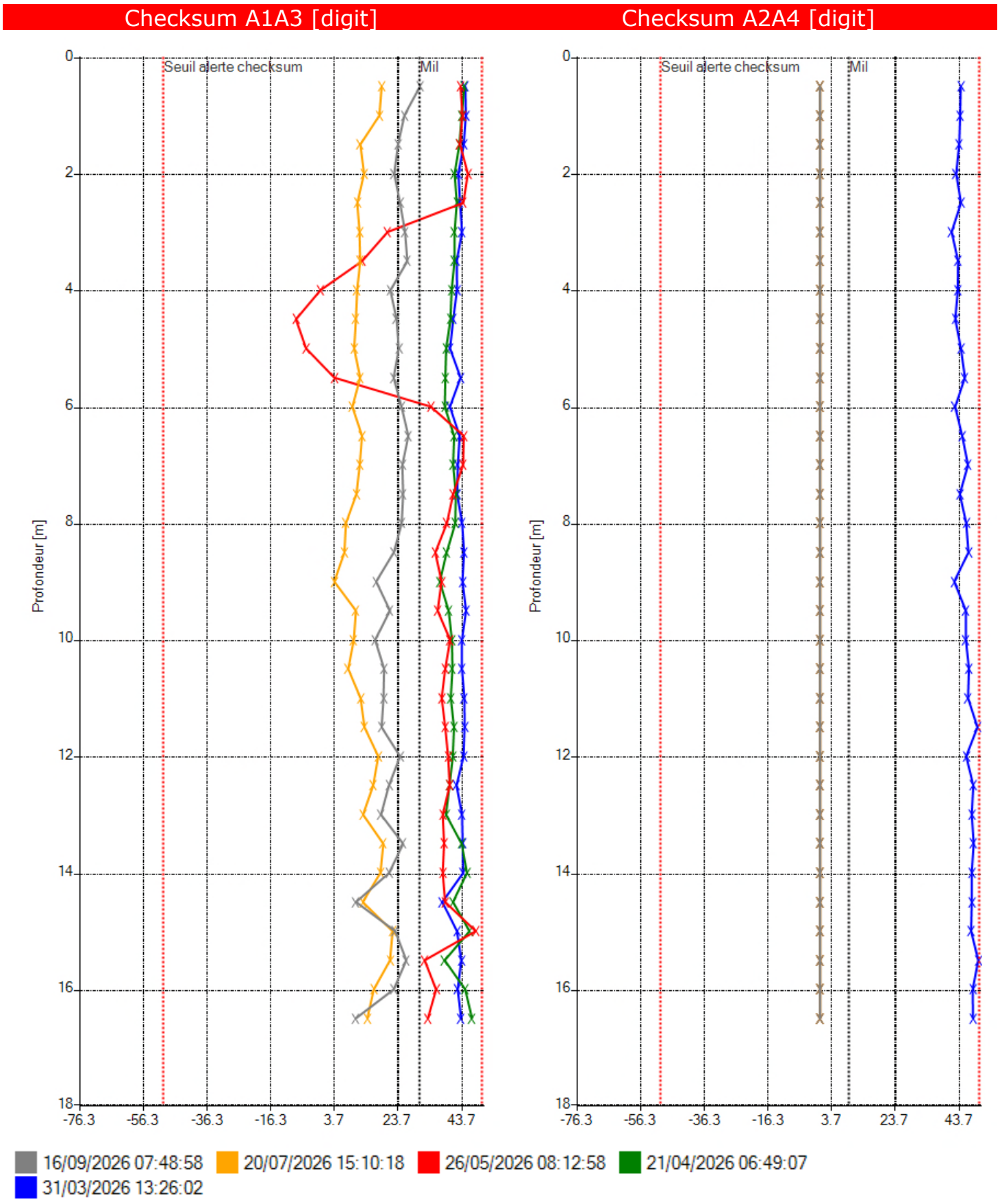
Polaire

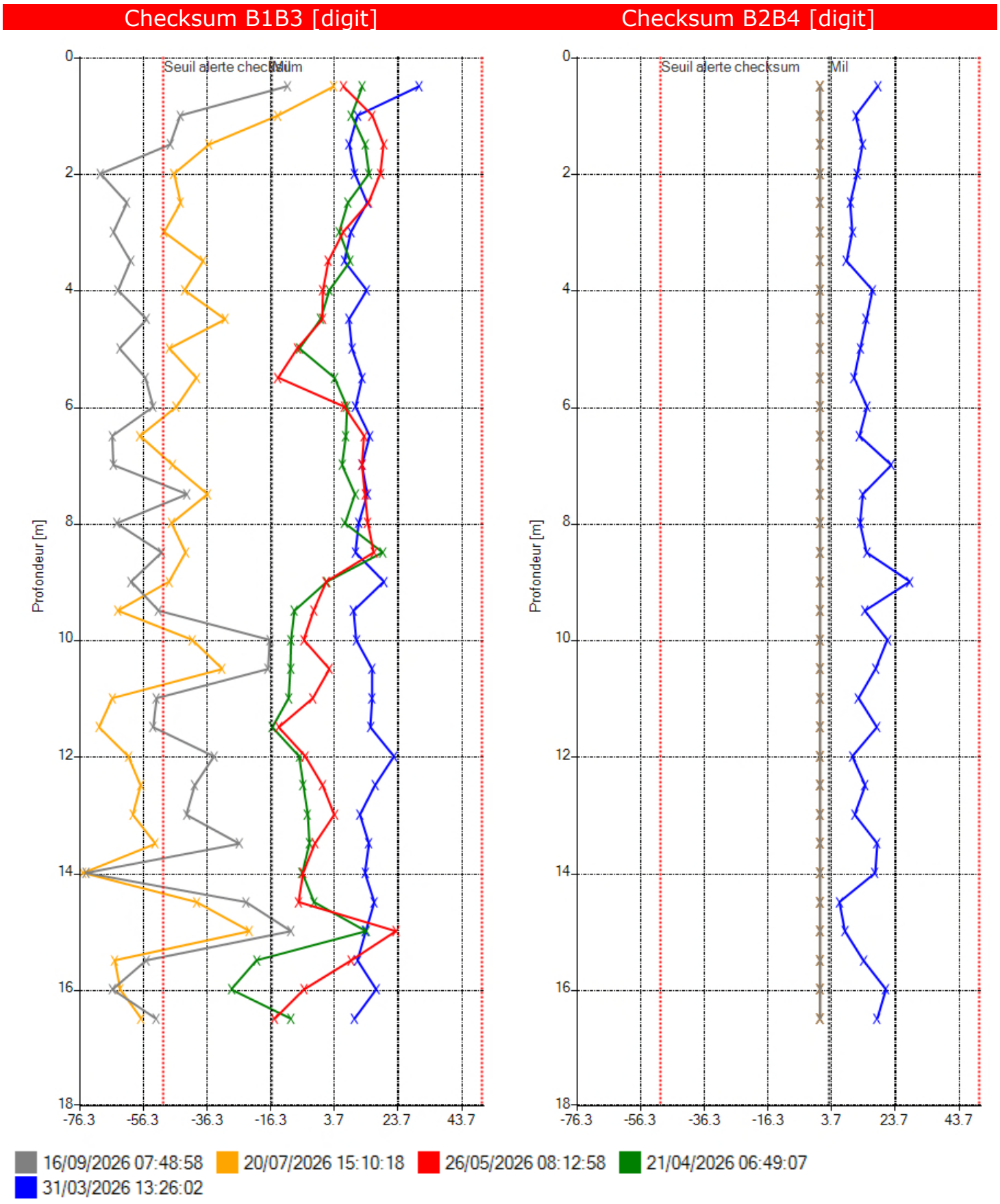


A+ B+

16/09/2026 07:48:58 20/07/2026 15:10:18 26/05/2026 08:12:58 21/04/2026 06:49:07
31/03/2026 13:26:02

Reference Inclinometer survey 31/03/2026 13:26


Checksum A1A3 [digit]
Checksum A2A4 [digit]
Seuil alerte checksum
Mil
Profondeur [m]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
-76.3
-56.3
-36.3
-16.3
3.7
23.7
43.7
16/09/2026 07:48:58
20/07/2026 15:10:18
26/05/2026 08:12:58
21/04/2026 06:49:07
31/03/2026 13:26:02


Checksum B1B3 [digit]
Checksum B2B4 [digit]
Seuil alerte checksum
Mil
Profondeur [m]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
-76.3
-56.3
-36.3
-16.3
3.7
23.7
43.7
16/09/2026 07:48:58
20/07/2026 15:10:18
26/05/2026 08:12:58
21/04/2026 06:49:07
31/03/2026 13:26:02

Annexe 8 – Calcul TALREN

Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité classique

Numéro d'affaire : 2601014

Titre du calcul : Profil n°3_Stabilité Berge Rive Gauche

Lieu : BRIENNON_Bief Artay_PK 16+800

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,000	278,800	2	-52,000	278,800	3	-15,000	262,700	4	-11,000	262,000	5	-4,000	259,700	6	0,000	259,700
7	4,000	259,700	8	11,000	262,000	9	15,000	262,000	10	22,000	259,200	11	34,000	256,700	12	42,000	256,700
13	46,000	253,600	14	49,000	254,500	15	100,000	254,500	16	-110,000	263,850	18	-17,643	263,850	19	-110,000	260,650
20	-25,000	260,650	21	-55,000	278,800	22	-55,000	263,850	23	-55,000	260,650	24	-13,000	259,150	25	13,000	262,000
26	13,000	256,700	27	-13,000	247,650	28	13,000	252,900	29	13,000	250,700	30	-4,000	256,700	31	-13,000	258,150
32	46,000	250,000	33	100,000	250,000	35	20,750	259,700	38	-30,000	269,227	41	-45,900	278,800	42	-110,000	277,600
44	-47,000	277,600	45	-32,000	263,850												

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		Point 1	Point 2
3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	10	10	11	11	11	12
12	12	13	13	13	14	14	14	15	17	18	3	18	1	21	19	2	21	20	16	22
22	8	25	23	9	25	26	20	31	27	31	30	28	30	26	29	26	32	30	32	33
31	7	35	32	35	9	33	35	10	35	38	18	37	42	44	38	44	38	40	2	41
41	41	38	42	18	45	43	22	45	44	45	20									

Couches de sol

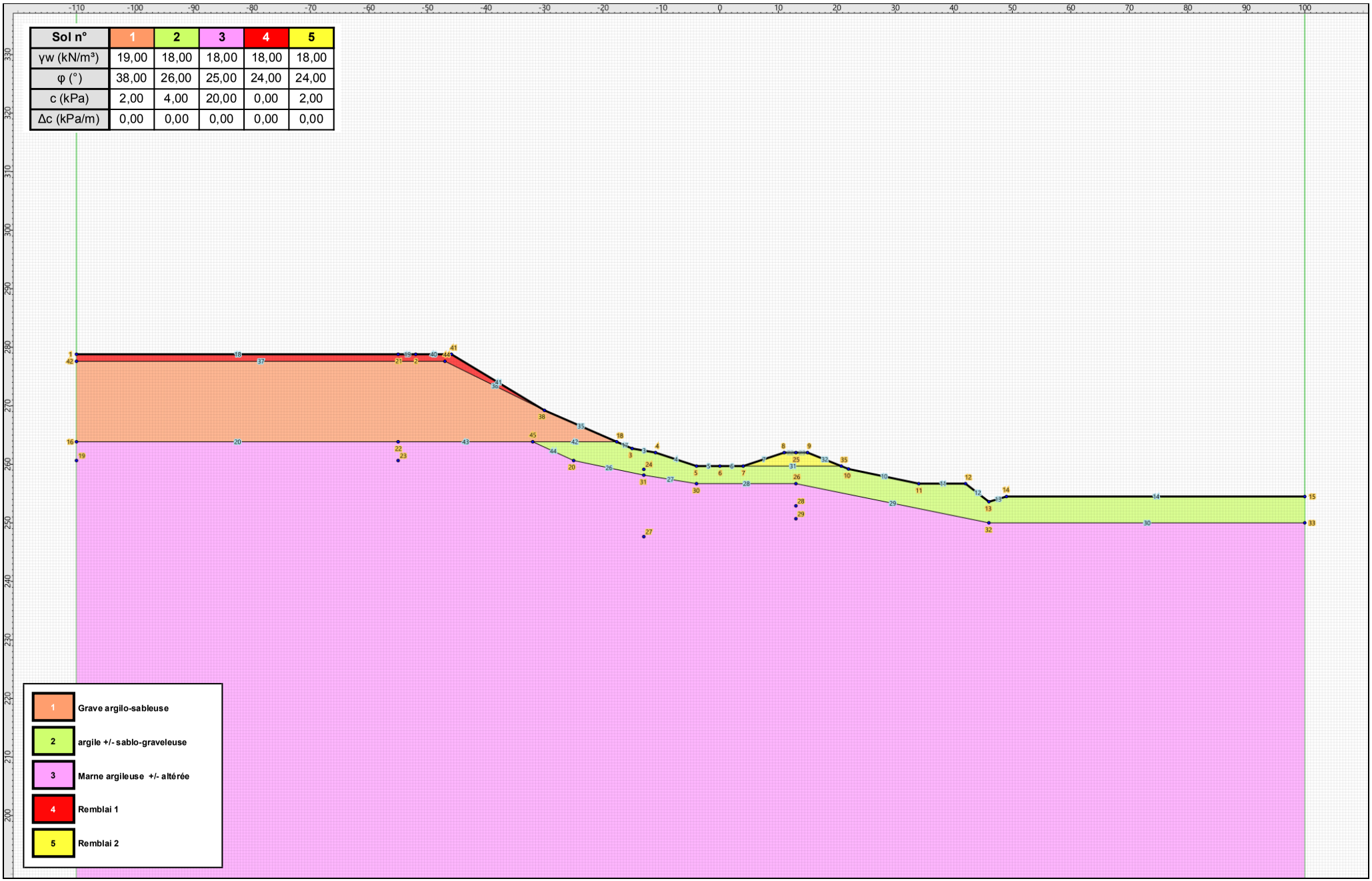
	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs,clou	pmax	ks×B	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Grave argilo-sableuse		19,0	38,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	argile +/- sablo-graveleuse		18,0	26,00	4,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Marne argileuse +/- altérée		18,0	25,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Remblai 1		18,0	24,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Remblai 2		18,0	24,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe	Écoulement dans le sol	kh	kv
1	Grave argilo-sableuse		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
2	argile +/- sablo-graveleuse		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
3	Marne argileuse +/- altérée		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
4	Remblai 1		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
5	Remblai 2		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-

Échelle 1:871

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Données de la phase 1

Nom de la phase : Nappe amont berge RG

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
3	3	4	argile +/- sablo-graveleuse	4	4	5	argile +/- sablo-graveleuse	5	5	6	argile +/- sablo-graveleuse
6	6	7	argile +/- sablo-graveleuse	7	7	8	Remblai 2	10	10	11	argile +/- sablo-graveleuse
11	11	12	argile +/- sablo-graveleuse	12	12	13	argile +/- sablo-graveleuse	13	13	14	argile +/- sablo-graveleuse
14	14	15	argile +/- sablo-graveleuse	17	18	3	argile +/- sablo-graveleuse	18	1	21	Remblai 1
19	2	21	Remblai 1	20	16	22	Marne argileuse +/- altérée	22	8	25	Remblai 2
23	9	25	Remblai 2	26	20	31	Marne argileuse +/- altérée	27	31	30	Marne argileuse +/- altérée
28	30	26	Marne argileuse +/- altérée	29	26	32	Marne argileuse +/- altérée	30	32	33	Marne argileuse +/- altérée
31	7	35	argile +/- sablo-graveleuse	32	35	9	Remblai 2	33	35	10	argile +/- sablo-graveleuse
35	38	18	Grave argilo-sableuse	37	42	44	Grave argilo-sableuse	38	44	38	Grave argilo-sableuse
40	2	41	Remblai 1	41	41	38	Remblai 1	42	18	45	argile +/- sablo-graveleuse
43	22	45	Marne argileuse +/- altérée	44	45	20	Marne argileuse +/- altérée				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 7,8,25,9,35
Polygone entre les points 1,21,2,41,38,44,42
Polygone entre les points 22,16,42,44,38,18,45
Polygone entre les points 3,4,5,6,7,35,10,11,12,13,14,15,33,32,26,30,31,20,45,18
Polygone entre les points 16,22,45,20,31,30,26,32,33,xMax,xMin,19

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	-110,000	270,200	0,00	2	-55,000	270,200	0,00	3	-47,000	270,239	0,00	4	-35,000	265,500	0,00	5	-30,000	264,000	0,00
6	-24,500	263,500	0,00	7	-19,634	263,000	0,00	8	-15,000	262,500	0,00	9	-11,000	261,861	0,00	10	-4,126	259,601	0,00
11	3,883	259,500	0,00	12	8,702	260,757	0,00	13	11,500	261,143	0,00	14	14,500	261,143	0,00	15	16,000	261,000	0,00
16	20,806	259,000	0,00	17	33,000	256,000	0,00	18	45,000	253,000	0,00	19	100,000	253,000	0,00				

Fond de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,00	263,82	2	-32,11	263,72	3	-25,00	260,50	4	-13,50	258,00	5	-4,00	256,50
6	13,00	256,50	7	46,50	249,50	8	100,00	249,50						

Données de la situation 1

Nom de la phase : Nappe amont berge RG

Nom de la situation : Situation 1

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 4,000; Y= 259,700

Nombre de découpages : 10

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

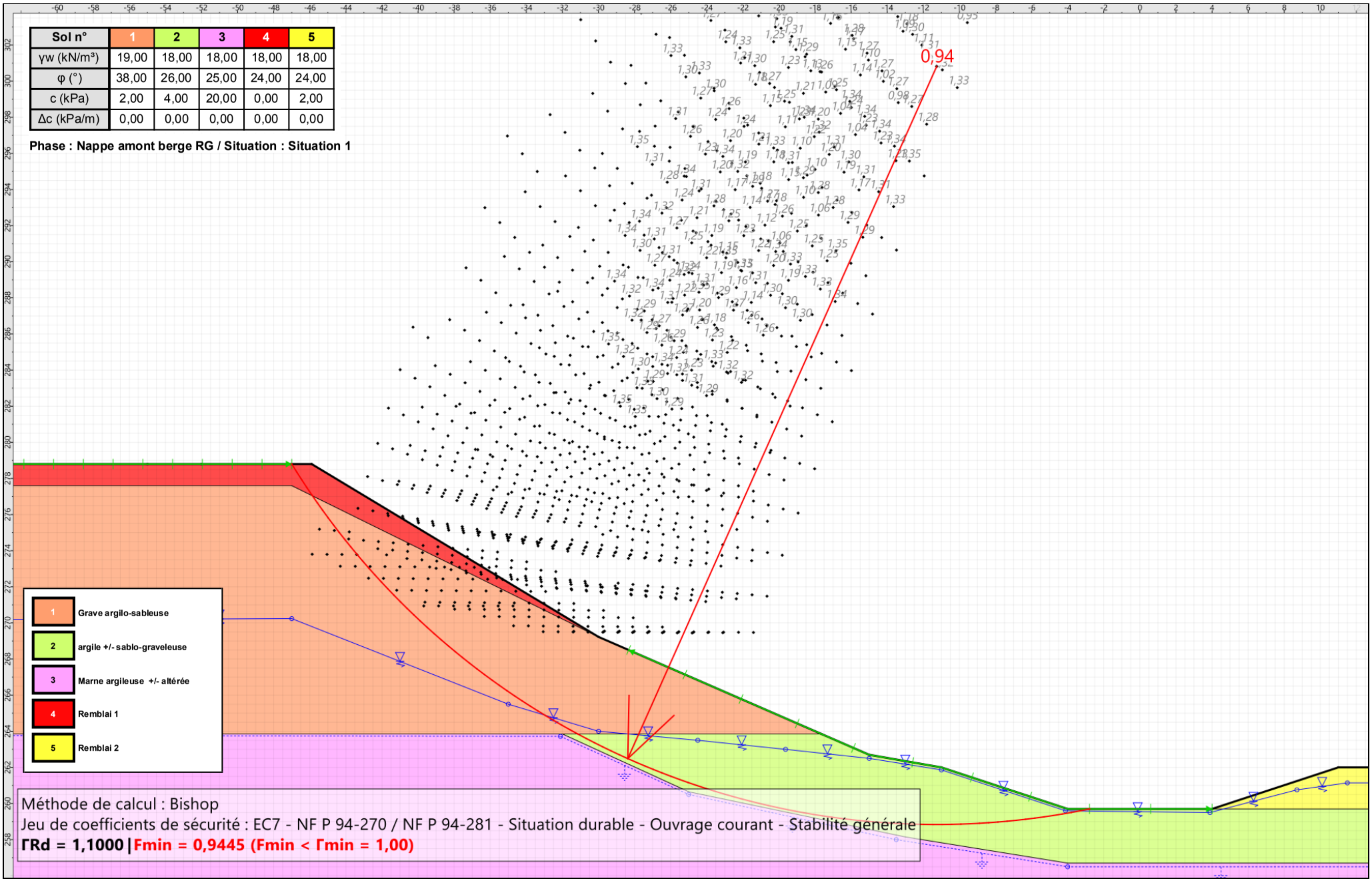
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:282

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Nappe amont berge RG / Situation : Situation 1



Données de la situation 2

Nom de la phase : Nappe amont berge RG

Nom de la situation : Situation 1 Calcul rupture

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Personnalisée

ΓRd : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,2000

Type de surface de rupture : Spirales logarithmiques

Intervalle d'entrée

Point gauche X= -63,500; Y= 278,800

Point droit X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages 10

Intervalle de sortie

Point gauche X= -28,329; Y= 268,500

Point droit X= 53,000; Y= 254,500

Nombre de découpages 10

Spirales : à concavité vers le haut

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Précision sur le rayon : 0,010

Autoriser l'ajustement de la précision : Non

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

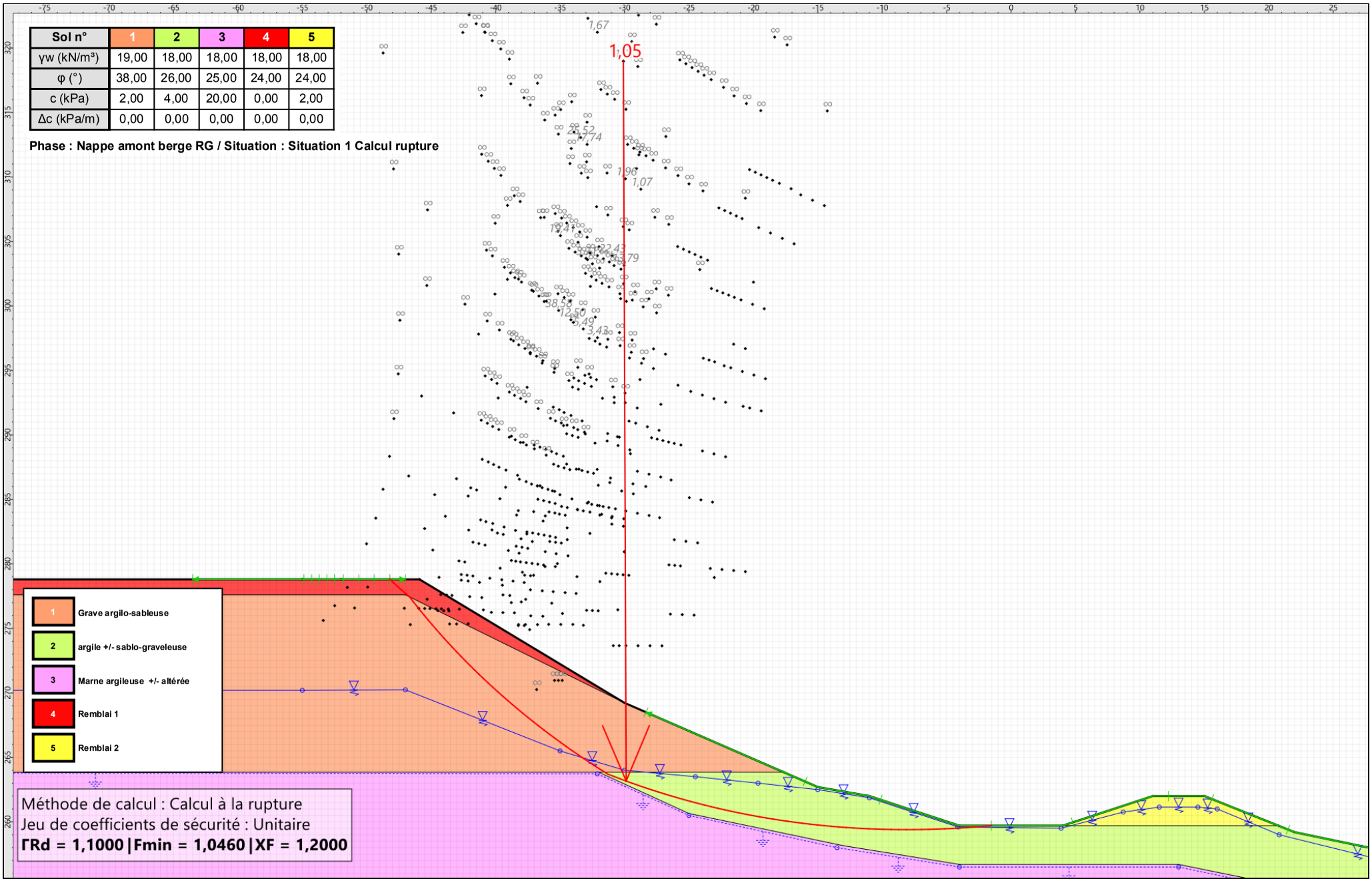
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:395

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Nappe amont berge RG / Situation : Situation 1 Calcul rupture



Données de la phase 2

Nom de la phase : Nappe amont berge RG +canal en eau

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
3	3	4	argile +/- sablo-graveleuse	4	4	5	argile +/- sablo-graveleuse	5	5	6	argile +/- sablo-graveleuse
6	6	7	argile +/- sablo-graveleuse	7	7	8	Remblai 2	10	10	11	argile +/- sablo-graveleuse
11	11	12	argile +/- sablo-graveleuse	12	12	13	argile +/- sablo-graveleuse	13	13	14	argile +/- sablo-graveleuse
14	14	15	argile +/- sablo-graveleuse	17	18	3	argile +/- sablo-graveleuse	18	1	21	Remblai 1
19	2	21	Remblai 1	20	16	22	Marne argileuse +/- altérée	22	8	25	Remblai 2
23	9	25	Remblai 2	26	20	31	Marne argileuse +/- altérée	27	31	30	Marne argileuse +/- altérée
28	30	26	Marne argileuse +/- altérée	29	26	32	Marne argileuse +/- altérée	30	32	33	Marne argileuse +/- altérée
31	7	35	argile +/- sablo-graveleuse	32	35	9	Remblai 2	33	35	10	argile +/- sablo-graveleuse
35	38	18	Grave argilo-sableuse	37	42	44	Grave argilo-sableuse	38	44	38	Grave argilo-sableuse
40	2	41	Remblai 1	41	41	38	Remblai 1	42	18	45	argile +/- sablo-graveleuse
43	22	45	Marne argileuse +/- altérée	44	45	20	Marne argileuse +/- altérée				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 7,8,25,9,35
Polygone entre les points 1,21,2,41,38,44,42
Polygone entre les points 22,16,42,44,38,18,45
Polygone entre les points 3,4,5,6,7,35,10,11,12,13,14,15,33,32,26,30,31,20,45,18
Polygone entre les points 16,22,45,20,31,30,26,32,33,xMax,xMin,19

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	-110,000	270,200	0,00	2	-55,000	270,200	0,00	3	-47,000	270,239	0,00	4	-35,000	265,500	0,00	5	-30,000	264,000	0,00
6	-24,500	263,500	0,00	7	-19,634	263,000	0,00	8	-15,000	262,500	0,00	9	-11,000	261,861	0,00	10	-4,126	259,601	0,00
11	3,883	259,500	0,00	12	8,702	260,757	0,00	13	11,500	261,143	0,00	14	14,500	261,143	0,00	15	16,000	261,000	0,00
16	20,806	259,000	0,00	17	33,000	256,000	0,00	18	45,000	253,000	0,00	19	100,000	253,000	0,00				

Fond de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,00	263,82	2	-32,11	263,72	3	-25,00	260,50	4	-13,50	258,00	5	-4,00	256,50
6	13,00	256,50	7	46,50	249,50	8	100,00	249,50						

Nappe extérieure

	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	-9,500	261,500	2	9,500	261,500						

Données de la situation 1

Nom de la phase : Nappe amont berge RG +canal en eau

Nom de la situation : Situation 1

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 4,000; Y= 259,700

Nombre de découpages : 10

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

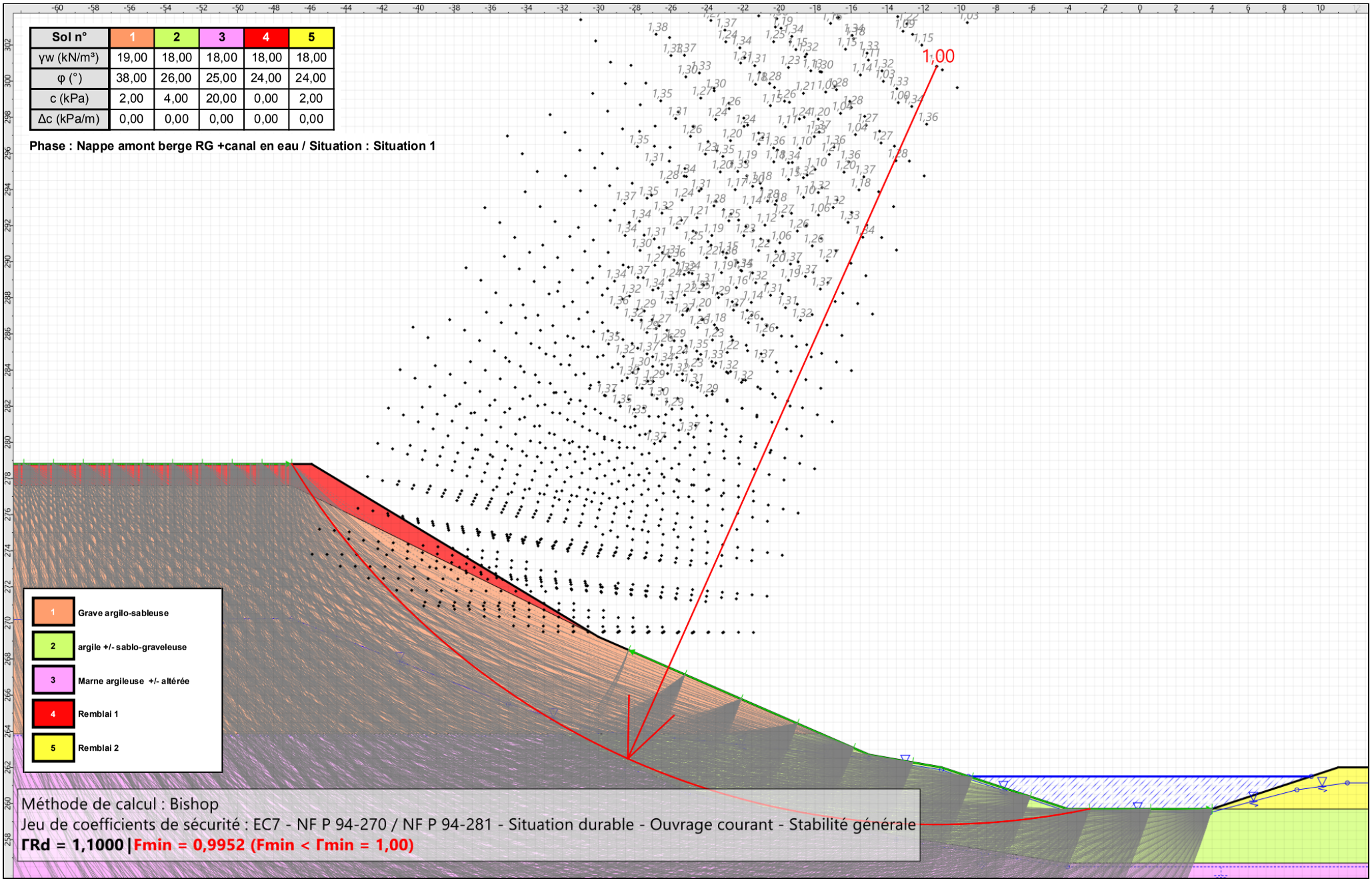
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:282

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Nappe amont berge RG +canal en eau / Situation : Situation 1



Données de la situation 2

Nom de la phase : Nappe amont berge RG +canal en eau

Nom de la situation : Situation 1 Calcul rupture

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Personnalisée

ΓRd : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,2000

Type de surface de rupture : Spirales logarithmiques

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 53,000; Y= 254,500

Nombre de découpages : 10

Spirales : à concavité vers le haut

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Précision sur le rayon : 0,010

Autoriser l'ajustement de la précision : Non

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

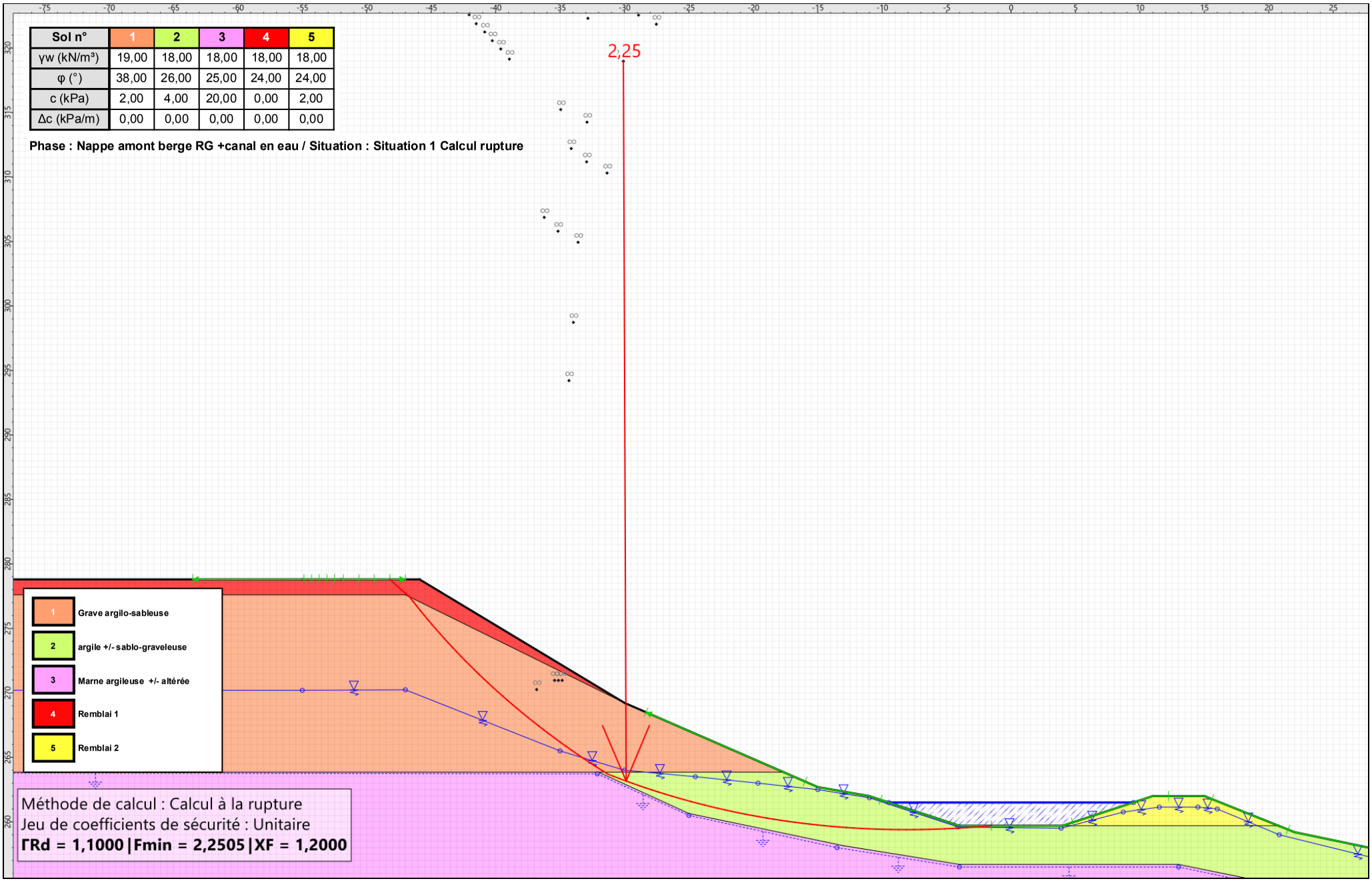
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse
et
Passage refusé dans Marne argileuse +/- altérée

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:395

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Nappe amont berge RG +canal en eau / Situation : Situation 1 Calcul rupture



Données de la phase 3

Nom de la phase : Talus amont en charge

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
3	3	4	argile +/- sablo-graveleuse	4	4	5	argile +/- sablo-graveleuse	5	5	6	argile +/- sablo-graveleuse
6	6	7	argile +/- sablo-graveleuse	7	7	8	Remblai 2	10	10	11	argile +/- sablo-graveleuse
11	11	12	argile +/- sablo-graveleuse	12	12	13	argile +/- sablo-graveleuse	13	13	14	argile +/- sablo-graveleuse
14	14	15	argile +/- sablo-graveleuse	17	18	3	argile +/- sablo-graveleuse	18	1	21	Remblai 1
19	2	21	Remblai 1	20	16	22	Marne argileuse +/- altérée	22	8	25	Remblai 2
23	9	25	Remblai 2	26	20	31	Marne argileuse +/- altérée	27	31	30	Marne argileuse +/- altérée
28	30	26	Marne argileuse +/- altérée	29	26	32	Marne argileuse +/- altérée	30	32	33	Marne argileuse +/- altérée
31	7	35	argile +/- sablo-graveleuse	32	35	9	Remblai 2	33	35	10	argile +/- sablo-graveleuse
35	38	18	Grave argilo-sableuse	37	42	44	Grave argilo-sableuse	38	44	38	Grave argilo-sableuse
40	2	41	Remblai 1	41	41	38	Remblai 1	42	18	45	argile +/- sablo-graveleuse
43	22	45	Marne argileuse +/- altérée	44	45	20	Marne argileuse +/- altérée				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 7,8,25,9,35
Polygone entre les points 1,21,2,41,38,44,42
Polygone entre les points 22,16,42,44,38,18,45
Polygone entre les points 3,4,5,6,7,35,10,11,12,13,14,15,33,32,26,30,31,20,45,18
Polygone entre les points 16,22,45,20,31,30,26,32,33,xMax,xMin,19

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	-110,000	270,200	0,00	2	-55,000	270,200	0,00	3	-42,000	269,500	0,00	4	-33,000	269,000	0,00	5	-30,000	268,500	0,00
6	-25,500	266,752	0,00	7	-18,204	263,789	0,00	8	-15,000	262,500	0,00	9	-11,000	261,861	0,00	10	-4,126	259,601	0,00
11	3,883	259,500	0,00	12	8,702	260,757	0,00	13	11,500	261,143	0,00	14	14,500	261,143	0,00	15	16,000	261,000	0,00
16	20,806	259,000	0,00	17	33,000	256,000	0,00	18	45,000	253,000	0,00	19	100,000	253,000	0,00				

Fond de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,00	263,82	2	-32,11	263,72	3	-25,00	260,50	4	-13,50	258,00	5	-4,00	256,50
6	13,00	256,50	7	46,50	249,50	8	100,00	249,50						

Données de la situation 1

Nom de la phase : Talus amont en charge

Nom de la situation : Situation 1

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 4,000; Y= 259,700

Nombre de découpages : 10

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

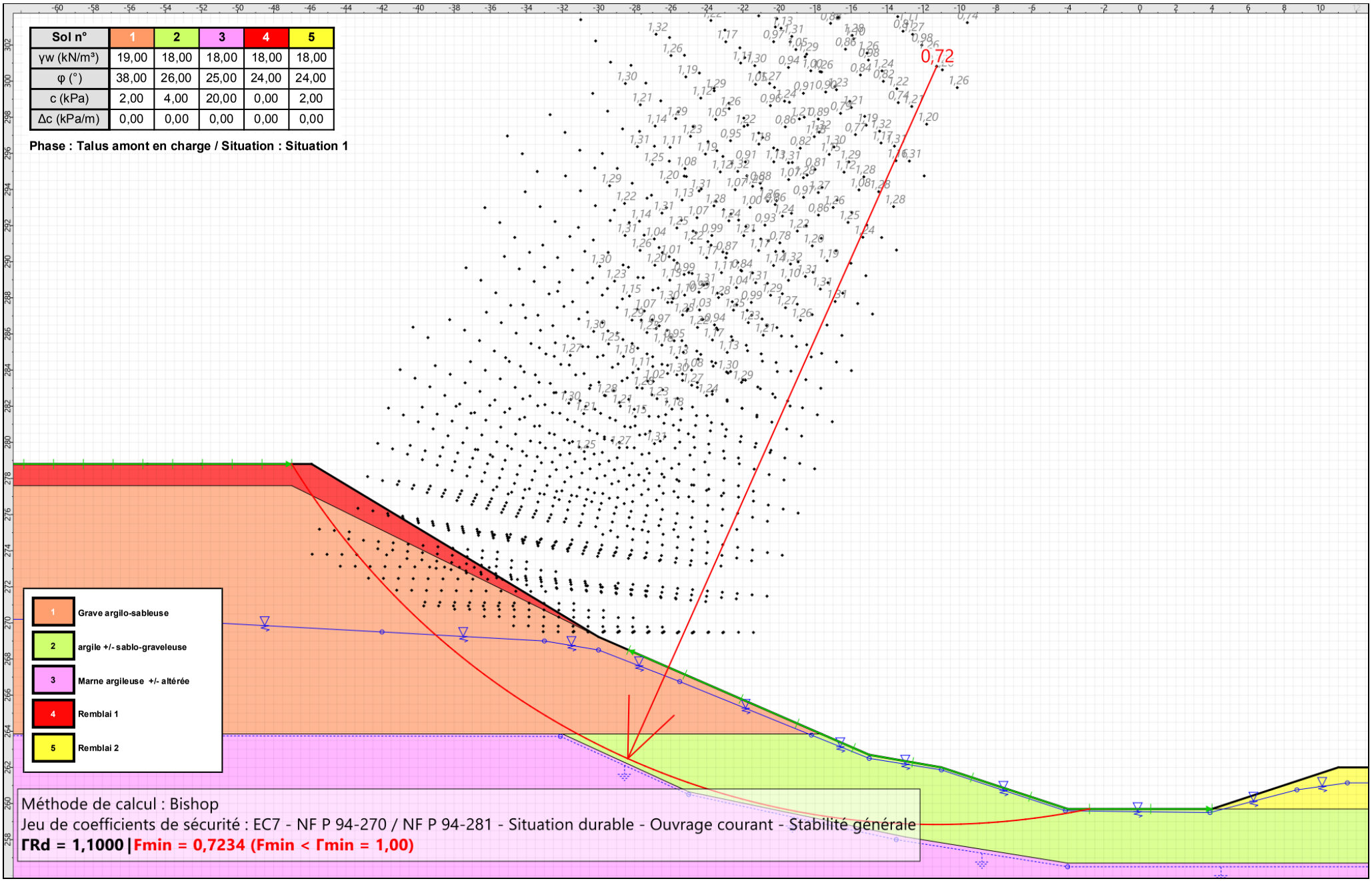
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:282

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Talus amont en charge / Situation : Situation 1



Données de la situation 2

Nom de la phase : Talus amont en charge

Nom de la situation : Situation 1 Calcul rupture

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Personnalisée

ΓRd : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,2000

Type de surface de rupture : Spirales logarithmiques

Intervalle d'entrée

- **Point gauche :** X= -63,500; Y= 278,800
- **Point droit :** X= -47,000; Y= 278,800
- **Nombre de découpages :** 10

Intervalle de sortie

- **Point gauche :** X= -28,329; Y= 268,500
- **Point droit :** X= 53,000; Y= 254,500
- **Nombre de découpages :** 10

Spirales : à concavité vers le haut

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Précision sur le rayon : 0,010

Autoriser l'ajustement de la précision : Non

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

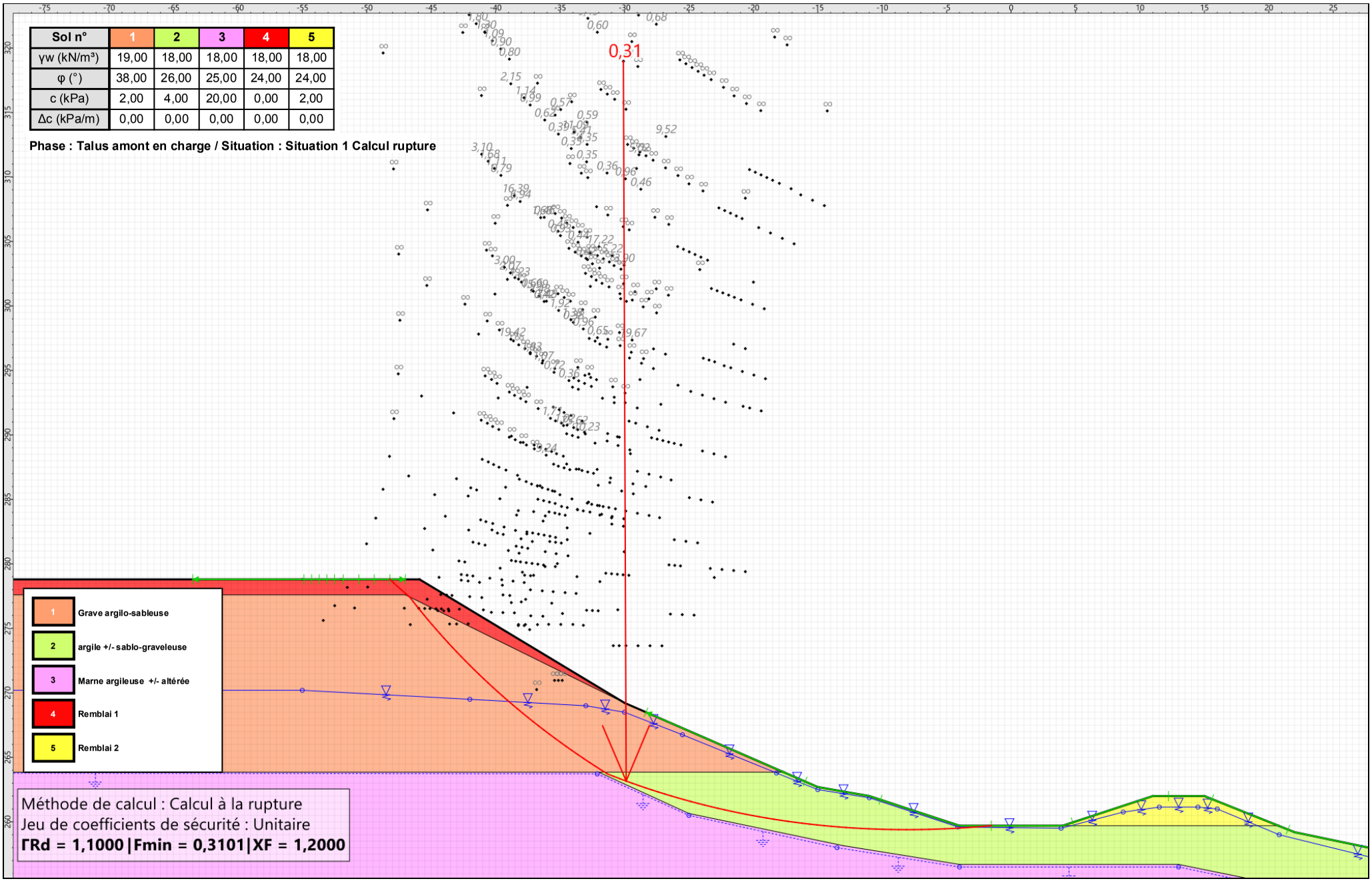
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:395

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Talus amont en charge / Situation : Situation 1 Calcul rupture



Données de la phase 4

Nom de la phase : Talus amont en charge + canal en eau

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
3	3	4	argile +/- sablo-graveleuse	4	4	5	argile +/- sablo-graveleuse	5	5	6	argile +/- sablo-graveleuse
6	6	7	argile +/- sablo-graveleuse	7	7	8	Remblai 2	10	10	11	argile +/- sablo-graveleuse
11	11	12	argile +/- sablo-graveleuse	12	12	13	argile +/- sablo-graveleuse	13	13	14	argile +/- sablo-graveleuse
14	14	15	argile +/- sablo-graveleuse	17	18	3	argile +/- sablo-graveleuse	18	1	21	Remblai 1
19	2	21	Remblai 1	20	16	22	Marne argileuse +/- altérée	22	8	25	Remblai 2
23	9	25	Remblai 2	26	20	31	Marne argileuse +/- altérée	27	31	30	Marne argileuse +/- altérée
28	30	26	Marne argileuse +/- altérée	29	26	32	Marne argileuse +/- altérée	30	32	33	Marne argileuse +/- altérée
31	7	35	argile +/- sablo-graveleuse	32	35	9	Remblai 2	33	35	10	argile +/- sablo-graveleuse
35	38	18	Grave argilo-sableuse	37	42	44	Grave argilo-sableuse	38	44	38	Grave argilo-sableuse
40	2	41	Remblai 1	41	41	38	Remblai 1	42	18	45	argile +/- sablo-graveleuse
43	22	45	Marne argileuse +/- altérée	44	45	20	Marne argileuse +/- altérée				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 7,8,25,9,35
Polygone entre les points 1,21,2,41,38,44,42
Polygone entre les points 22,16,42,44,38,18,45
Polygone entre les points 3,4,5,6,7,35,10,11,12,13,14,15,33,32,26,30,31,20,45,18
Polygone entre les points 16,22,45,20,31,30,26,32,33,xMax,xMin,19

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	-110,000	270,200	0,00	2	-55,000	270,200	0,00	3	-42,000	269,500	0,00	4	-33,000	269,000	0,00	5	-30,000	268,500	0,00
6	-25,500	266,752	0,00	7	-18,204	263,789	0,00	8	-15,000	262,500	0,00	9	-11,000	261,861	0,00	10	-4,126	259,601	0,00
11	3,883	259,500	0,00	12	8,702	260,757	0,00	13	11,500	261,143	0,00	14	14,500	261,143	0,00	15	16,000	261,000	0,00
16	20,806	259,000	0,00	17	33,000	256,000	0,00	18	45,000	253,000	0,00	19	100,000	253,000	0,00				

Fond de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,00	263,82	2	-32,11	263,72	3	-25,00	260,50	4	-13,50	258,00	5	-4,00	256,50
6	13,00	256,50	7	46,50	249,50	8	100,00	249,50						

Nappe extérieure

	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	-9,500	261,500	2	9,500	261,500						

Données de la situation 1

Nom de la phase : Talus amont en charge + canal en eau

Nom de la situation : Situation 1

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 4,000; Y= 259,700

Nombre de découpages : 10

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

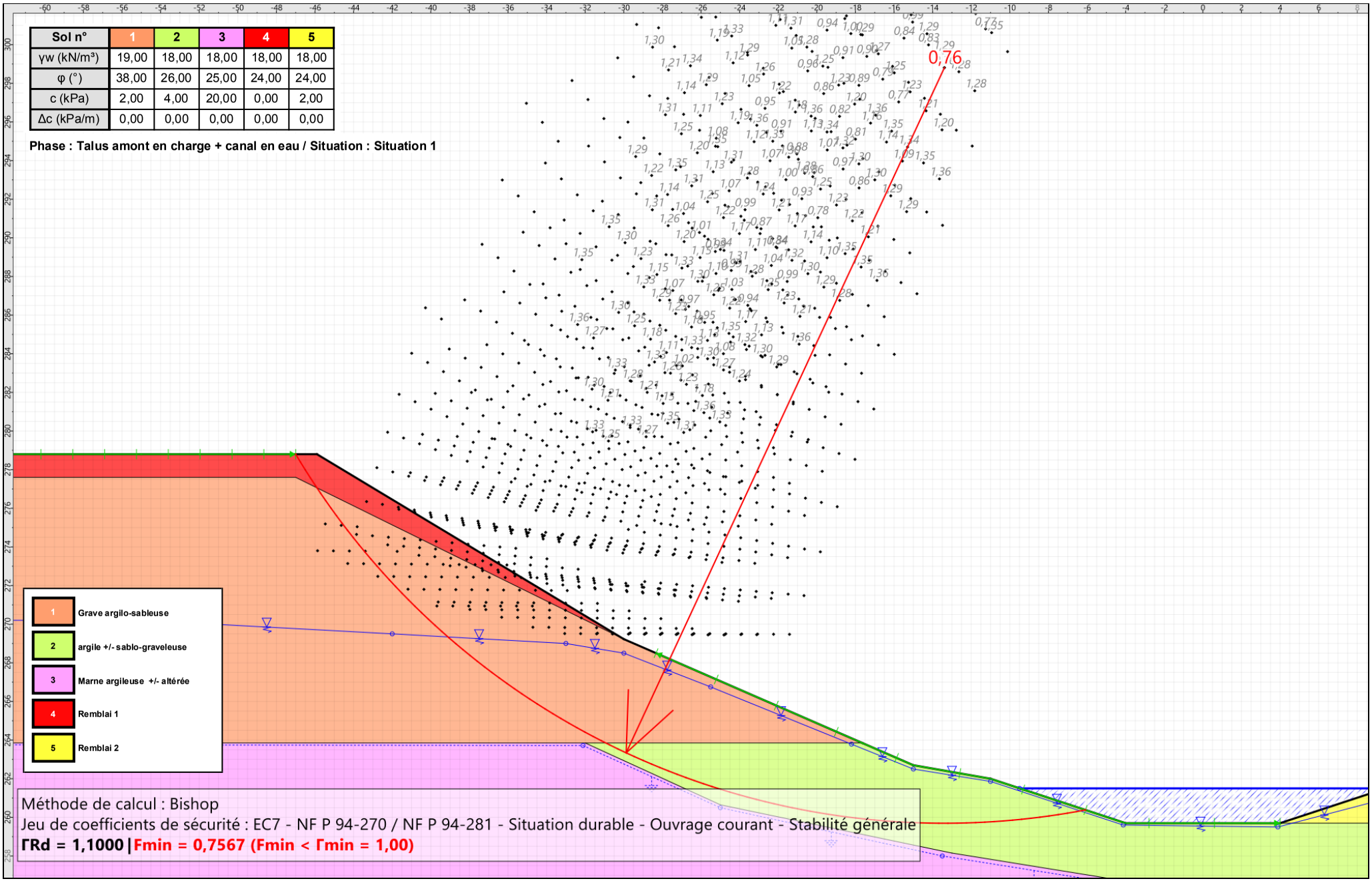
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:264

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Talus amont en charge + canal en eau / Situation : Situation 1



Données de la situation 2

Nom de la phase : Talus amont en charge + canal en eau

Nom de la situation : Situation 1 Calcul rupture

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Personnalisée

ΓRd : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,2000

Type de surface de rupture : Spirales logarithmiques

Intervalle d'entrée

- **Point gauche :** X= -63,500; Y= 278,800
- **Point droit :** X= -47,000; Y= 278,800
- **Nombre de découpages :** 10

Intervalle de sortie

- **Point gauche :** X= -28,329; Y= 268,500
- **Point droit :** X= 53,000; Y= 254,500
- **Nombre de découpages :** 10

Spirales : à concavité vers le haut

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Précision sur le rayon : 0,010

Autoriser l'ajustement de la précision : Non

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

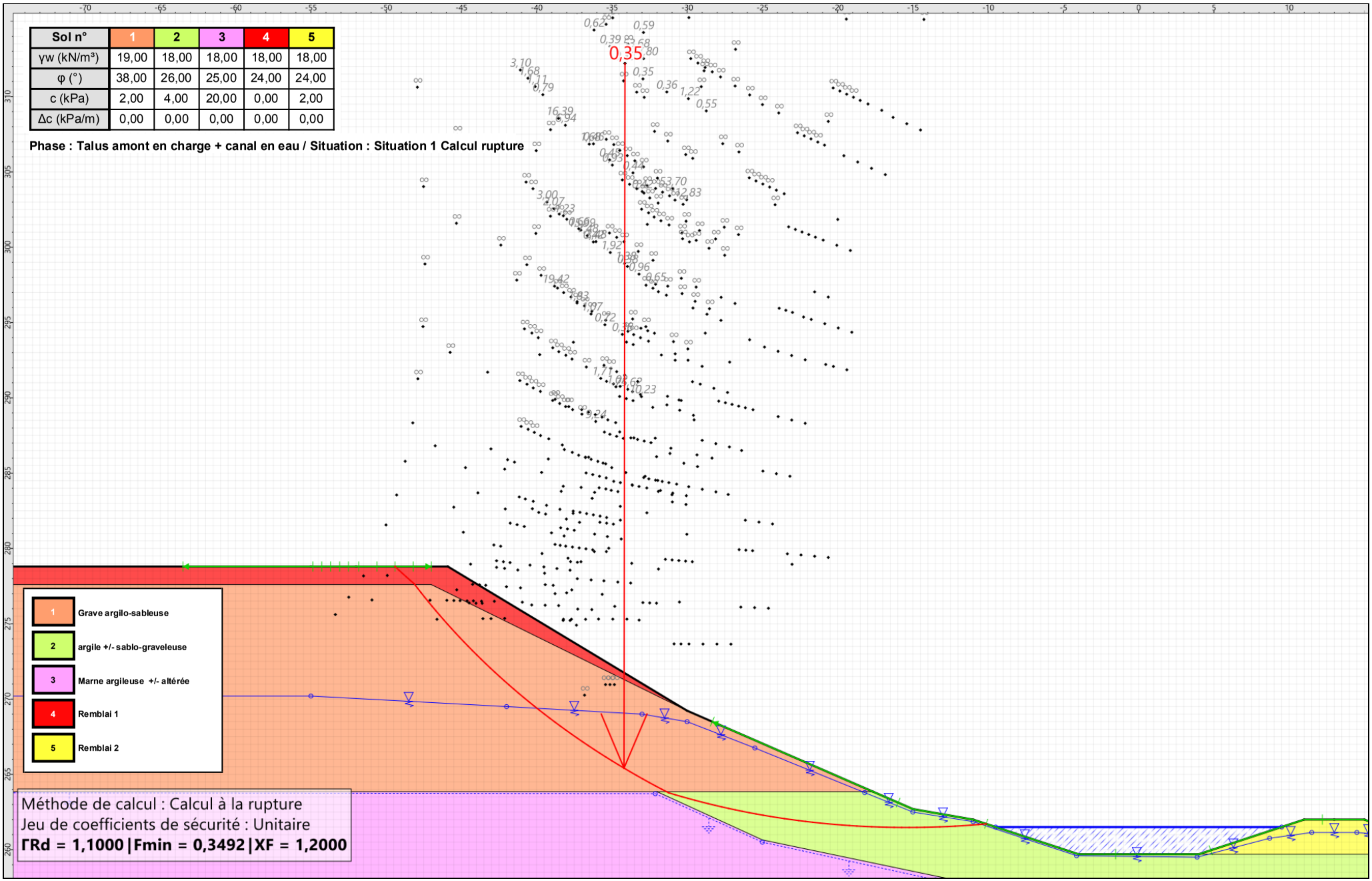
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:339

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Talus amont en charge + canal en eau / Situation : Situation 1 Calcul rupture



Données de la phase 5

Nom de la phase : Drainage talus amont et berge

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
3	3	4	argile +/- sablo-graveleuse	4	4	5	argile +/- sablo-graveleuse	5	5	6	argile +/- sablo-graveleuse
6	6	7	argile +/- sablo-graveleuse	7	7	8	Remblai 2	10	10	11	argile +/- sablo-graveleuse
11	11	12	argile +/- sablo-graveleuse	12	12	13	argile +/- sablo-graveleuse	13	13	14	argile +/- sablo-graveleuse
14	14	15	argile +/- sablo-graveleuse	17	18	3	argile +/- sablo-graveleuse	18	1	21	Remblai 1
19	2	21	Remblai 1	20	16	22	Marne argileuse +/- altérée	22	8	25	Remblai 2
23	9	25	Remblai 2	26	20	31	Marne argileuse +/- altérée	27	31	30	Marne argileuse +/- altérée
28	30	26	Marne argileuse +/- altérée	29	26	32	Marne argileuse +/- altérée	30	32	33	Marne argileuse +/- altérée
31	7	35	argile +/- sablo-graveleuse	32	35	9	Remblai 2	33	35	10	argile +/- sablo-graveleuse
35	38	18	Grave argilo-sableuse	37	42	44	Grave argilo-sableuse	38	44	38	Grave argilo-sableuse
40	2	41	Remblai 1	41	41	38	Remblai 1	42	18	45	argile +/- sablo-graveleuse
43	22	45	Marne argileuse +/- altérée	44	45	20	Marne argileuse +/- altérée				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 7,8,25,9,35
Polygone entre les points 1,21,2,41,38,44,42
Polygone entre les points 22,16,42,44,38,18,45
Polygone entre les points 3,4,5,6,7,35,10,11,12,13,14,15,33,32,26,30,31,20,45,18
Polygone entre les points 16,22,45,20,31,30,26,32,33,xMax,xMin,19

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	-110,000	270,200	0,00	2	-55,000	270,200	0,00	3	-49,000	269,500	0,00	4	-43,000	267,500	0,00	5	-38,500	266,000	0,00
6	-32,000	264,000	0,00	7	-25,000	261,000	0,00	8	-19,000	260,500	0,00	9	-14,144	260,200	0,00	10	-8,500	260,200	0,00
11	-4,126	259,601	0,00	12	3,883	259,500	0,00	13	8,702	260,757	0,00	14	11,500	261,143	0,00	15	14,500	261,143	0,00
16	16,000	261,000	0,00	17	20,806	259,000	0,00	18	33,000	256,000	0,00	19	45,000	253,000	0,00	20	100,000	253,000	0,00

Fond de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-110,00	263,50	2	-32,00	263,50	3	-29,15	262,36	4	-25,00	260,50	5	-22,14	260,00
6	-13,50	258,00	7	-4,00	256,50	8	13,00	256,50	9	46,50	249,50	10	100,00	249,50

Données de la situation 1

Nom de la phase : Drainage talus amont et berge

Nom de la situation : Situation 1

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 4,000; Y= 259,700

Nombre de découpages : 10

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Nombre de tranches : 100

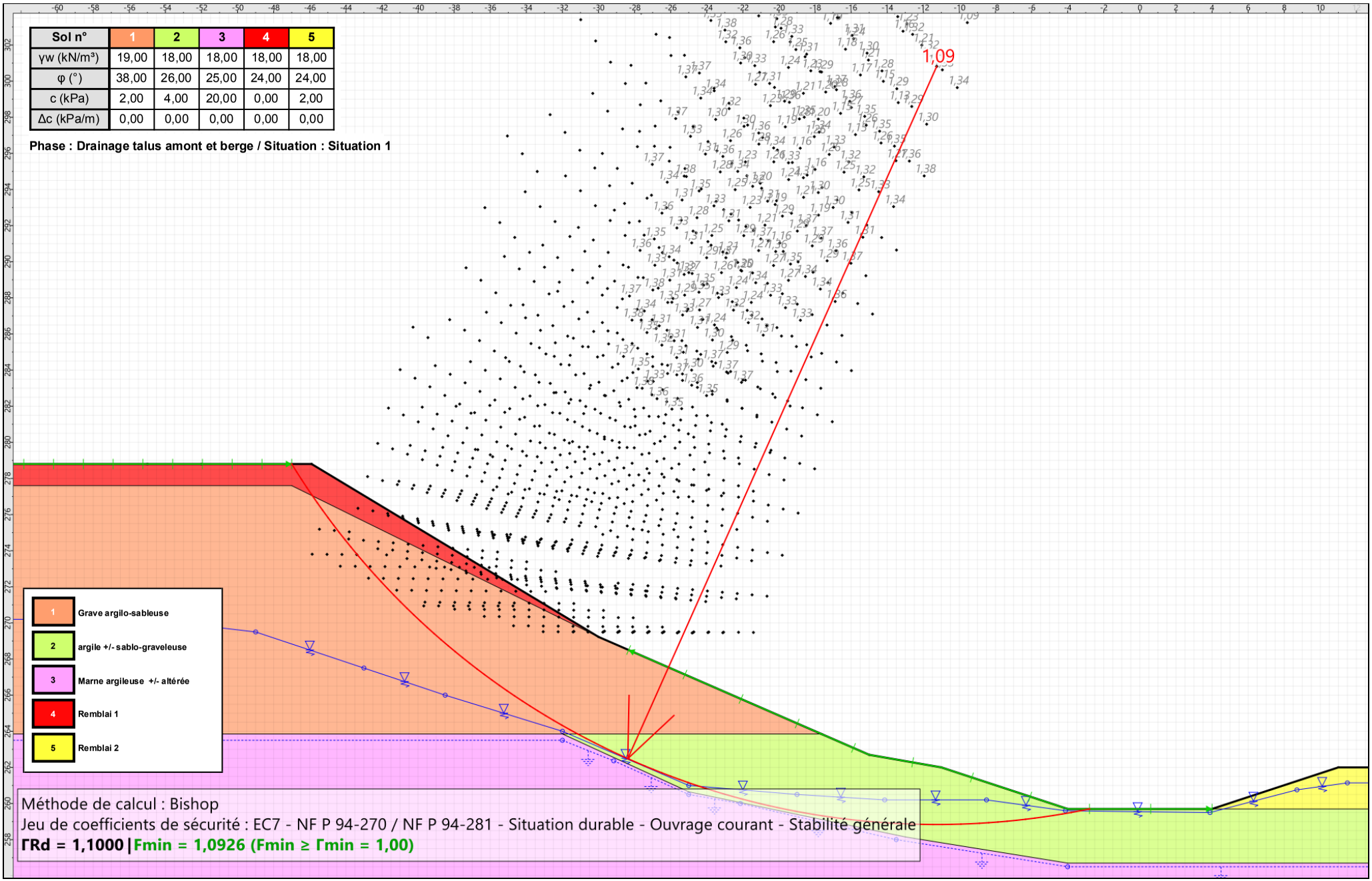
Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:282

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Drainage talus amont et berge / Situation : Situation 1



Données de la situation 2

Nom de la phase : Drainage talus amont et berge

Nom de la situation : Situation calcul rupture

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Personnalisée

ΓRd : 1.1

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,2000

Type de surface de rupture : Spirales logarithmiques

Intervalle d'entrée

Point gauche : X= -63,500; Y= 278,800

Point droit : X= -47,000; Y= 278,800

Nombre de découpages : 10

Intervalle de sortie

Point gauche : X= -28,329; Y= 268,500

Point droit : X= 53,000; Y= 254,500

Nombre de découpages : 10

Spirales : à concavité vers le haut

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Précision sur le rayon : 0,010

Autoriser l'ajustement de la précision : Non

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 2,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Non

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans argile +/- sablo-graveleuse
et
Passage refusé dans Marne argileuse +/- altérée

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:216

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m³)	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
φ (°)	38,00	26,00	25,00	24,00	24,00
c (kPa)	2,00	4,00	20,00	0,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Drainage talus amont et berge / Situation : Situation calcul rupture

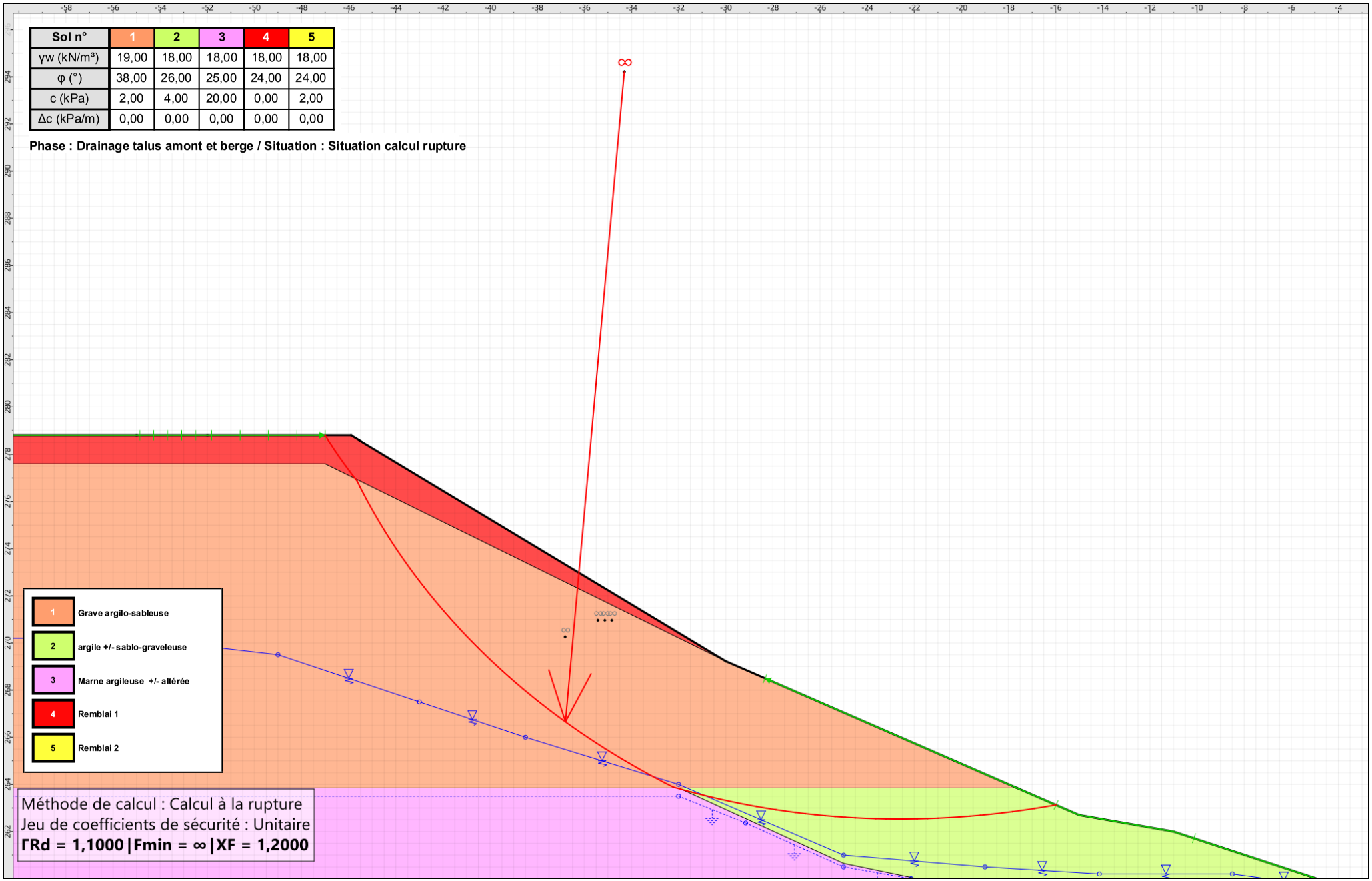
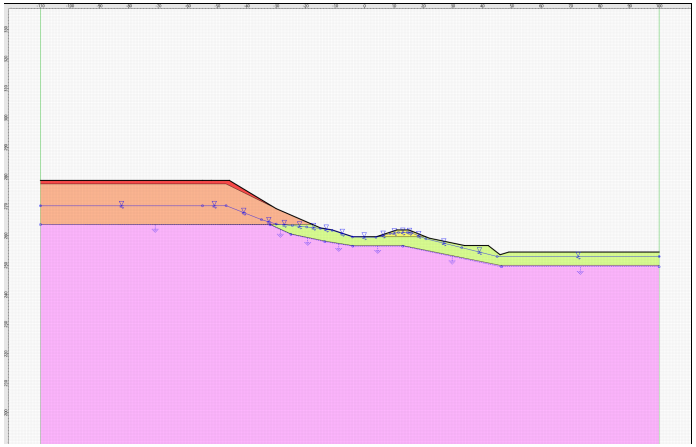
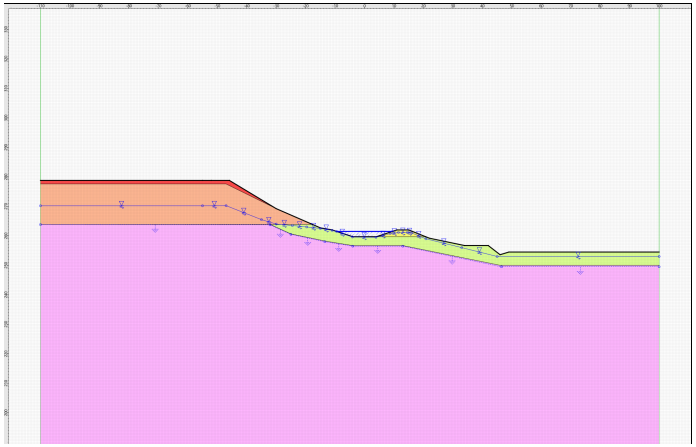


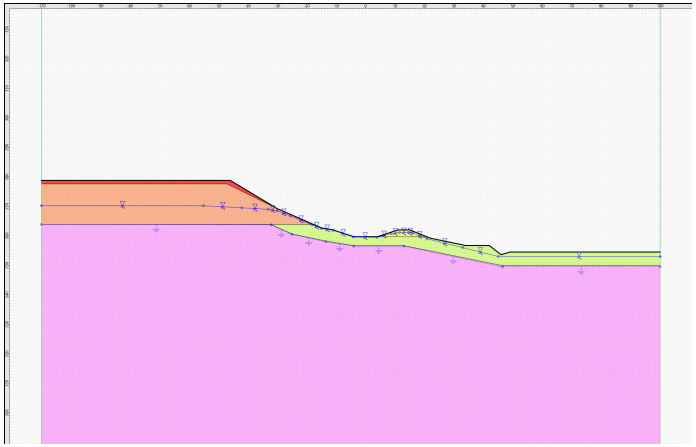
Schéma de phasage



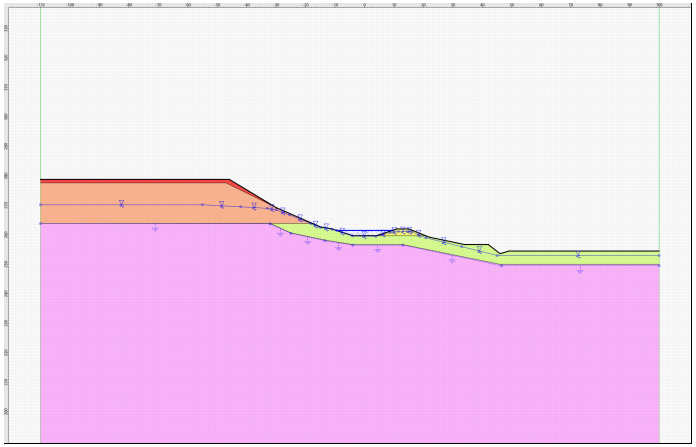
Phase 1: Nappe amont berge RG



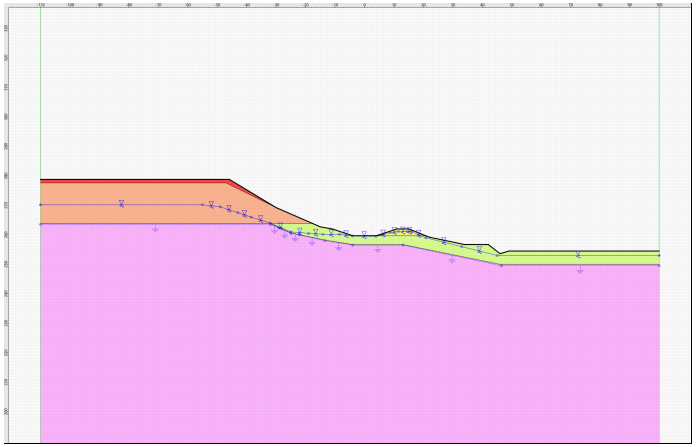
Phase 2: Nappe amont berge RG +canal en eau



Phase 3: Talus amont en charge



Phase 4: Talus amont en charge + canal en eau



Phase 5: Drainage talus amont et berge

GROUPE GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE