



# RAPPORT

## Étude de diagnostic géotechnique

### Mission G5

## Glissement sur le talus de berge rive gauche

LUDRES (54710)

Canal de jonction

Référence : 2024/02328/NANCY				Mission G5		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + annexes			
O	01/07/2024	Provisoire (attente labo)	100	R. GROSJEAN	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN
A	11/07/2024	Rapport intégrant les essais labo	140	R. GROSJEAN	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN
B	28/10/2024	Indications travaux 2012	143	R. GROSJEAN	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN
C	09/12/2024	P 34	136	R. GROSJEAN	D. PETITJEAN	D. PETITJEAN

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

**AGENCE NANCY**  
 125, rue Victor Lemoine  
 54710 LUDRES  
 Tél : 03.83.51.04.36  
 Mail : [agence.nancy@geotec.fr](mailto:agence.nancy@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 SYNTEC, USG et UPDS - [www.geotec.fr](http://www.geotec.fr)

# SOMMAIRE

<b>1. CADRE D'INTERVENTION</b>	<b>3</b>
1.1 INTERVENANTS	3
1.2 DOCUMENTS EXPLOITES	3
1.3 MISSION	3
<b>2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE</b>	<b>4</b>
2.1 LE SITE	4
2.1.1 Historique du site	4
2.1.2 Travaux et ouvrages réalisés avant le premier glissement	4
2.1.3 Glissement de 2008	4
2.1.4 Travaux de confortement de 2011-2012	5
2.1.5 Glissement début 2024	18
2.2 CONTENU DES RECONNAISSANCES	20
2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES	21
<b>3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE</b>	<b>22</b>
3.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE	22
3.2 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	22
3.3 ESSAIS EN LABORATOIRE	23
3.4 HYDROGÉOLOGIE	24
3.5 POLLUTION	26
<b>4. MESURES INCLINOMETRIQUES - CLINOMETRES</b>	<b>27</b>
4.1 MESURES INCLINOMETRIQUES AUTOMATIQUES – SONDAGES SP1 / SC2 / SC3 - ANALYSE	27
4.2 MESURES CLINOMETRIQUES SUR LES PALPLANCHES	31
<b>5. ANALYSE DE STABILITE – AVIS SUR LES CAUSES DU GLISSEMENT</b>	<b>32</b>
5.1 ANALYSE DE STABILITE	32
5.1.1 Modèle de terrain	32
5.1.2 Conditions hydrauliques	32
5.1.3 Principe des calculs	32
5.1.4 Résultats des calculs	33
5.1.5 Conclusions de l'analyse des conditions de stabilité – Avis sur les causes du nouveau glissement	34
<b>6. AVIS SUR LES MOYENS DE CONFORTEMENT ENVISAGEABLES -PROPOSITIONS</b>	<b>36</b>
<b>7. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET</b>	<b>38</b>
CONDITIONS GENERALES	39
ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	42
TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	43
ANNEXES	45
ANNEXE 1 – PLAN DE SITUATION	46
ANNEXE 2 – PLANS D'IMPLANTATIONS	48
ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS	52
ANNEXE 4 – ESSAIS EN LABORATOIRE	82
ANNEXE 5 – PROFILS EN TRAVERS	103
ANNEXE 6 – CALCULS DE STABILITE	107

## 1. CADRE D'INTERVENTION

### 1.1 INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de :

- METROPOLE DU GRAND NANCY
- VOIES NAVIGABLES DE FRANCE

GÉOTEC a réalisé la présente étude sur le site suivant : Canal de jonction, commune de LUDRES (54710).

### 1.2 DOCUMENTS EXPLOITES

Les principaux documents exploités sont les suivants :

Document	Émetteur	Date
Rapport de diagnostic géotechnique	HYDROGEOTECHNIQUE	23/07/2008
Rapports de diagnostic géotechnique de part et d'autre du glissement		03/09/2010 24/11/2010
Relevé de l'aqueduc		06/09/2011
Dossier EXE – Levé TN du 20/07/2011	GUINTOLI	20/07/2011
Levé TN du 20/07/2011 – 17 profils		
Levé du 20/07/2011 – Vues 3D		
Dossier EXE – Plan terrassements phase 1 1 profil AA		04/10/2011
Plan d'implantation des pieux - Ind C		

Ces documents sont disponibles indépendamment de ce rapport. Seuls certains extraits sont présentés ici.

Les principaux textes de référence utilisés pour la rédaction de ce rapport sont les suivants :

- NF EN 1997-1 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales.
- NF EN 1997-2 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais.

### 1.3 MISSION

Conformément à son offre Réf. 2024/02328/NANCY indice C du 13/03/2024, GÉOTEC a reçu une mission de diagnostic géotechnique G5, selon la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013.

De nouvelles investigations géotechniques ont été réalisées par GÉOTEC dans le cadre de cette mission.

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

## 2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

### 2.1 LE SITE

#### 2.1.1 Historique du site

L'historique est présenté dans le rapport d'HYDROGÉOTECHNIQUE daté du 23 juillet 2008, auquel on voudra bien se reporter.

Le canal date des années 1870. Sur ce secteur, il a nécessité un terrassement en déblai de 10 à 12 m de hauteur pour former une tranchée talutée avec une pente moyenne de 25° environ.

Le glissement se situe dans la zone de plus grande hauteur des talus.

D'après le rapport d'Hydrogéotechnique qui présente des éléments historiques (archives ? observations sur site), les talus ont été à l'origine, revêtus d'un perré en maçonnerie en partie basse, et ils comportaient des tranchées drainantes remplies de blocs, observées suite au glissement de 2008. Des conduits et descentes d'eau évacuaient les eaux vers le canal. Nous ne disposons pas de données de suivi du chantier de 2011, qui consigneraient des observations permettant de confirmer ces éléments historiques.

Des arbres se sont ensuite développés au fil du temps.

#### 2.1.2 Travaux et ouvrages réalisés avant le premier glissement

- Aqueduc n°1 construit en pied de talus rive Nord sous le chemin de contre halage, en 1906. Ovoïde en béton de 1 m de largeur et 1,5 m de hauteur. Il a été conforté dans les années 1976-80.
- 1989-1990 : deux glissements de talus dans le secteur, qui ont endommagé l'aqueduc n°1.
- 1990-1991 : mise en place de l'aqueduc n°4 en tête de talus. Canalisation de 1200 mm de diamètre enterrée d'environ 7 m sur cette zone (génératrice supérieure vers la cote 248,30 m NGF).

La fouille s'étendait en tête entre la limite de propriété et la crête de talus. Talutage en redans puis fouille verticale de 2 m de largeur au niveau de la canalisation. Lit de pose et enrobage en sable et graves.

Remblaiement de la tranchée avec les matériaux extraits.

- Après la pose de l'aqueduc en 1991, creusement d'un fossé parallèle à la crête de talus, à environ 14 m en arrière de celle-ci, avec exutoire en extrémité Ouest de la zone de glissement. Les levés topographiques de 2011

#### 2.1.3 Glissement de 2008

Glissement début mai 2008, entre les PK.2100,49 et 2366,12 de l'aqueduc n°4. Constats le 16/05/2008.

Le glissement a affecté toute la hauteur du talus, sur une longueur d'environ 100 m en crête, et de 150 m au niveau du canal.

Décrochement de 2 à 4 m en tête. Ce décrochement est proche de l'aplomb de l'aqueduc. Avancée de 4 à 5 m dans le canal.

Une inspection de la canalisation le 16/05/2008 n'a pas mis en évidence d'anomalie.



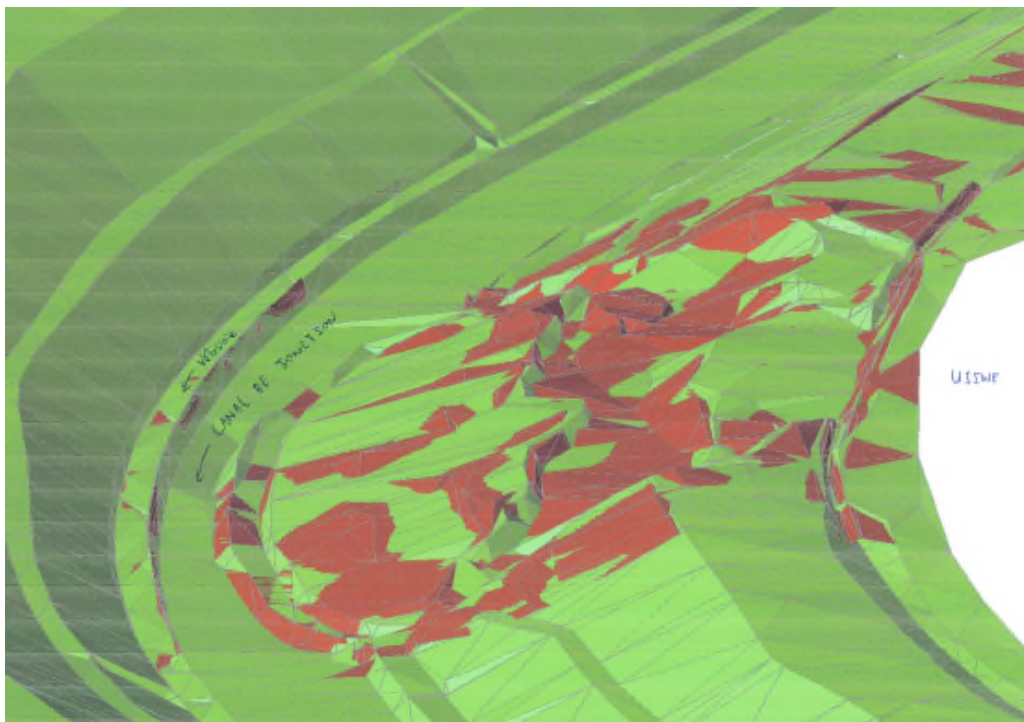


Figure 1 : modélisation 3D du levé topographique du glissement, en 2011.

#### 2.1.4 Travaux de confortement de 2011-2012

Les travaux de confortement se sont déroulés fin 2001 – début 2012. Le déroulement schématisé est le suivant :

- Mi-décembre 2011 : piste d'accès et premier terrassement d'une plate-forme en tête du talus. On observe des mouvements résiduels sur la plate-forme.



Figure 2 : photographie du 14/12/2011.



Figure 3 : photographie du 15/12/2011.

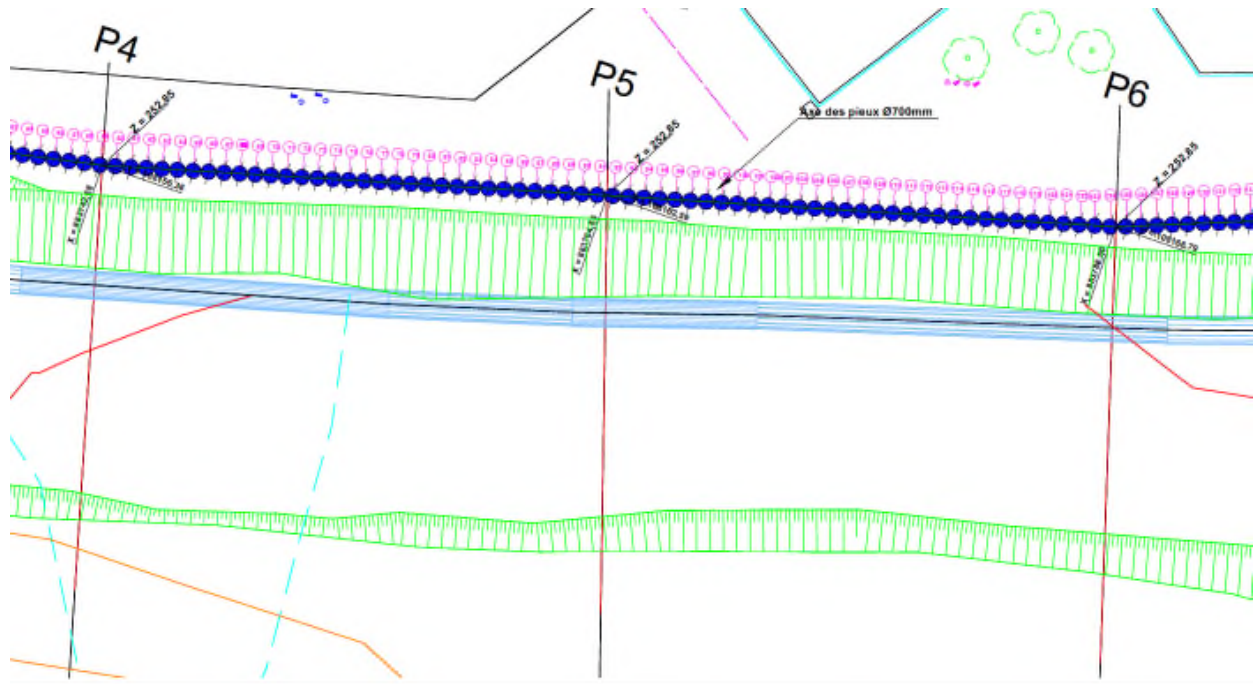
- Repérage de la canalisation. Ouverture des fissures sensiblement à l'aplomb de la canalisation. Initialement cette plate-forme devait être utilisée pour mettre en place des pieux forés béton juste à l'amont de la conduite.



Figure 4 : photographie du 19/12/2011



- Suite aux mouvements constatés, il est décidé de réaliser un rideau de pieux jointifs diamètre 700 mm, à l'amont de la conduite, à environ 4 à 5 m en arrière de celle-ci (notes de calculs du BET Valétudes). Dans le même temps, mise en place d'un nouveau rideau de palplanches métalliques en berge du canal.



#### Terrassement Phase 1

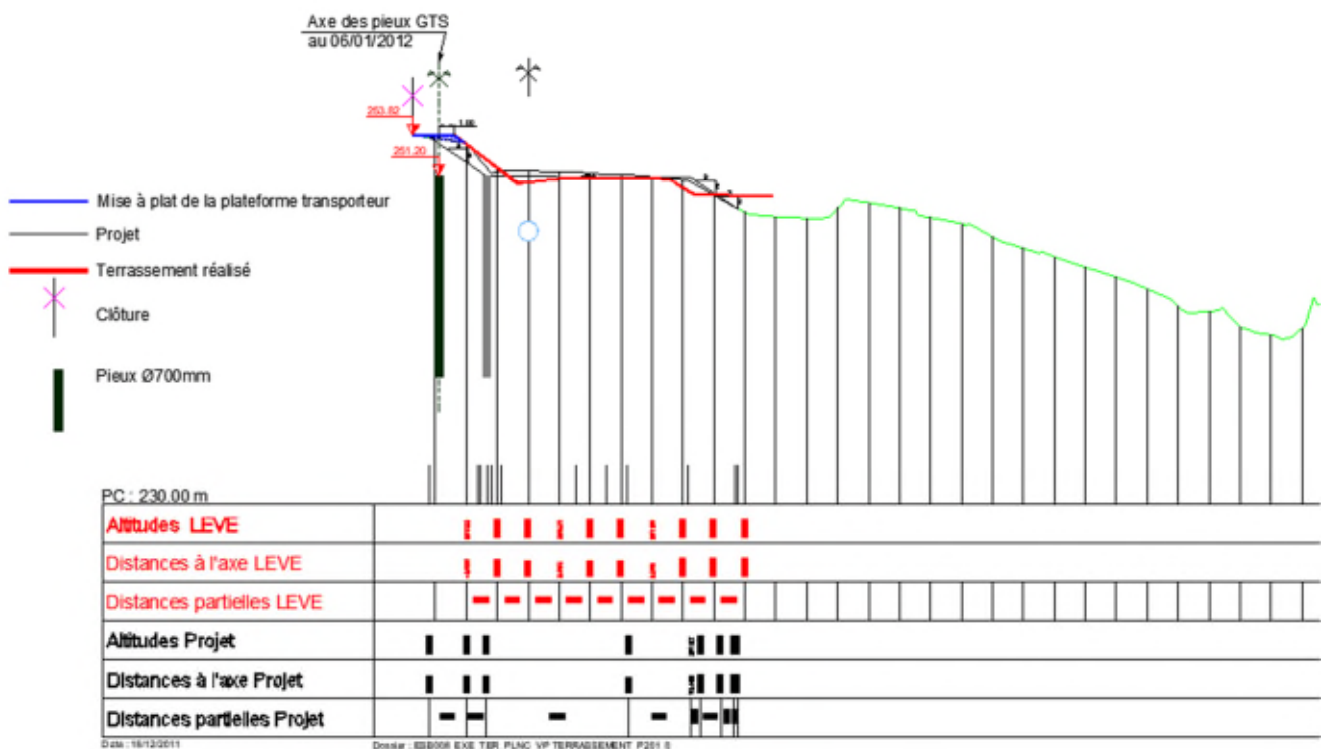


Figure 5 : extraits du plan d'implantation des pieux.



Figure 6 : forage des pieux. Photographie du 25/01/2012.



Figure 7 : photographie du 25/01/2012.



Figure 8 : forage des pieux et cages d'armatures. 25/01/2012.



- Nouveau rideau de palplanches métalliques en berge du canal.

Du fait des bonnes caractéristiques mécaniques et de la nature cohérente du substratum marneux, difficultés de battage des palplanches et réduction d'environ 40 cm de la fiche prévue.

Conception d'un rideau avec refends pour permettre de justifier la stabilité. Refends de 4,2 m de longueur. Le frottement sur le refend est pris en compte sous les terrains glissés.

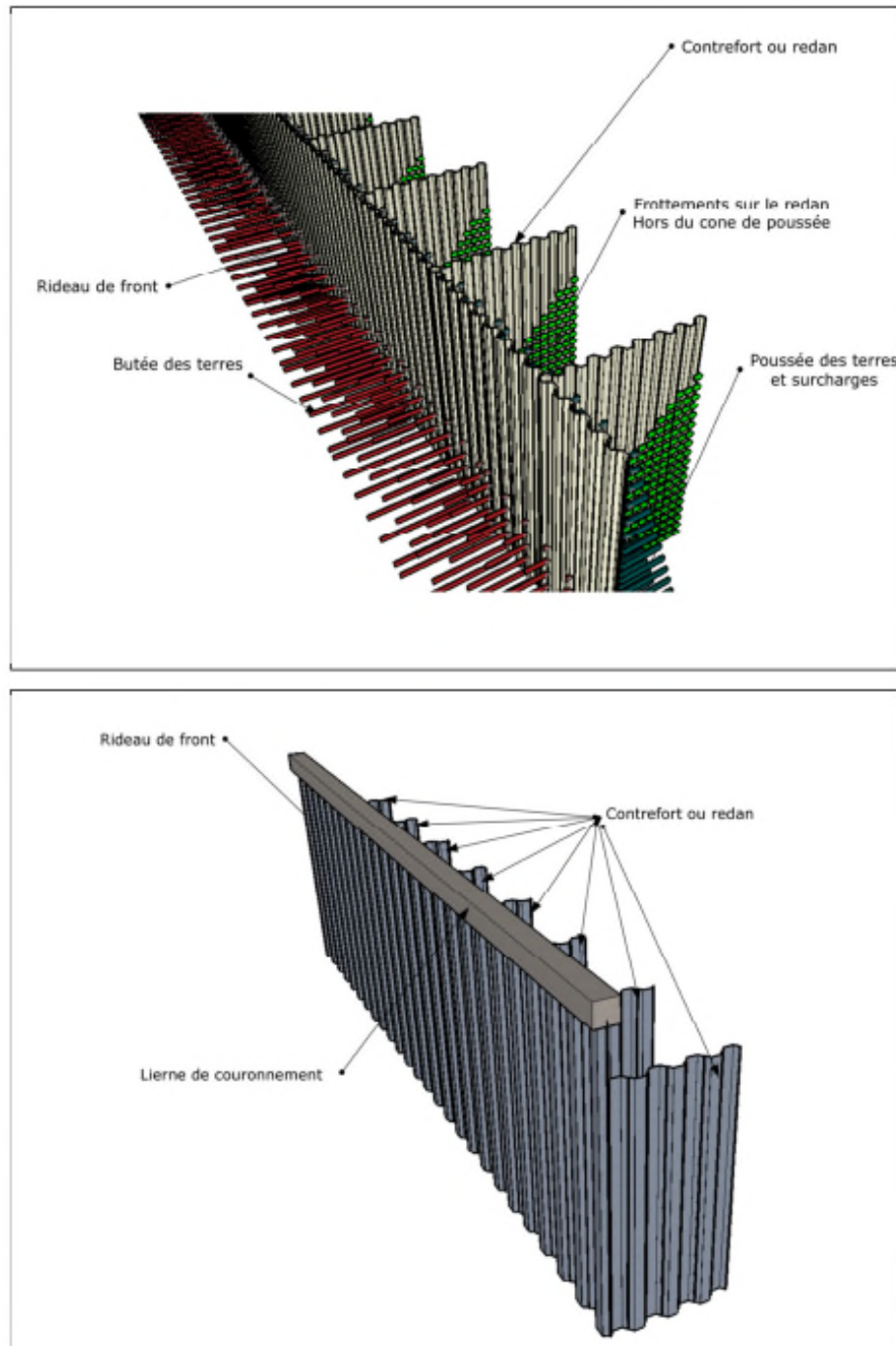


Figure 9 : hypothèses pour la conception du rideau de palplanches. Extraits des notes de calculs, il ne s'agit pas de documents de récolement).

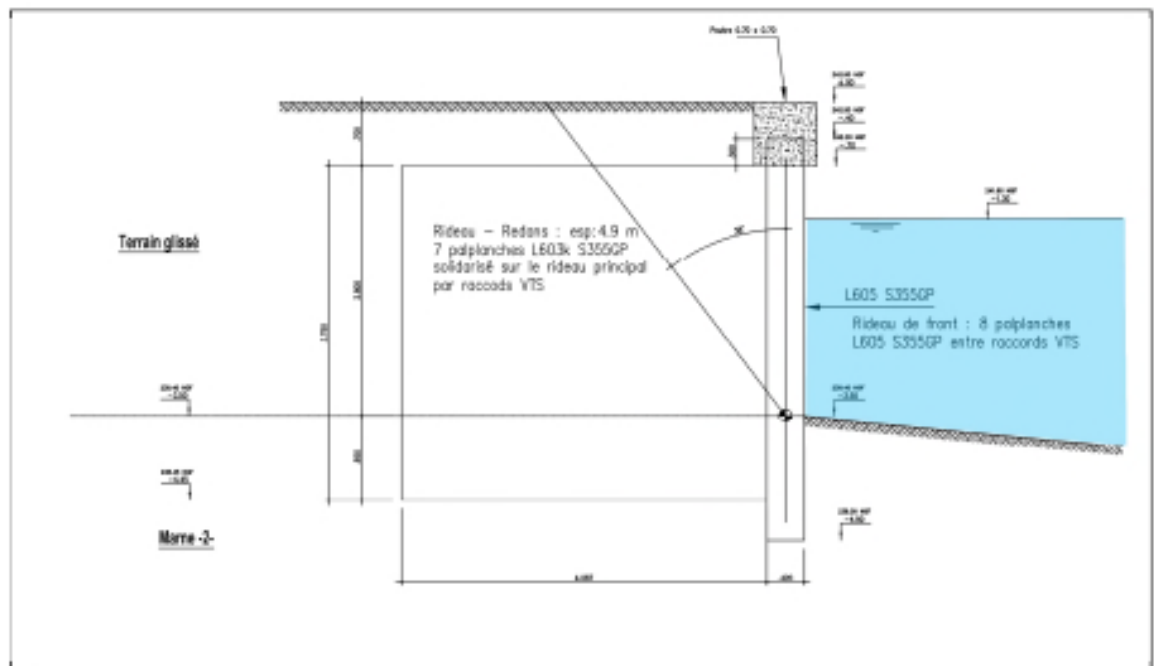


Figure 10 : extrait de la note de calculs des palplanches. Ind A du 06/12/2011. VALETUDES.

- Terrassement des sols glissés, devant le rideau de pieux. Février 2012.

Deux talus successifs avec une pente de l'ordre de 3H/2V.

Repérage précis de la génératrice supérieure de la conduite d'eau, par une série de fouilles.



Figure 11 : terrassement après réalisation des pieux et repérage de l'aqueduc. 29/02/2012.





Figure 12 : terrassement. Vue depuis l'Est. 29/02/2012.



Figure 13 : terrassement et battage des palplanches. 29/02/2012.



Figure 14 : rideau de palplanches avec refends. 29/02/2012.

- Mise en place d'une couche granulaire, pour drainage de la base des remblais. Pose sur un géotextile apparemment non tissé. Apparemment il n'a pas été mis en place de géotextile entre la couche granulaire et les remblais d'argile traitée (géotextile non visualisé par les sondages, en général il se déchire et n'est pas prélevé). Ceci serait à confirmer par des documents de récolement dont nous ne disposons pas, mais la pollution argileuse très importante de cette couche va dans ce sens.

Des fissures apparaissent encore en tête et au pied du talus, à l'aval de la conduite.



Figure 15 : couche granulaire en cours. 16/03/2012.





Figure 16 : fissures résiduelles à la base des matériaux glissés, amorcées ou réactivées pendant les travaux.

- Remblaiement avec les matériaux extraits, traités à la chaux, pour restaurer le talus. Juin – juillet 2012.



Figure 17 : photographie du 13/06/2012.





Figure 18 : photographies du 06/07/2012.



Figure 19 : photographies du 24/07/2012.

Eléments complémentaires transmis par la METROPOLE DU GRAND NANCY, suite à la réunion du 17/09/2024 :

Schéma type des aménagements de 2012.

**Stabilisation du talus suite au glissement de terrain affectant le canal de jonction à Ludres -  
Profil en travers type des aménagements réalisés**

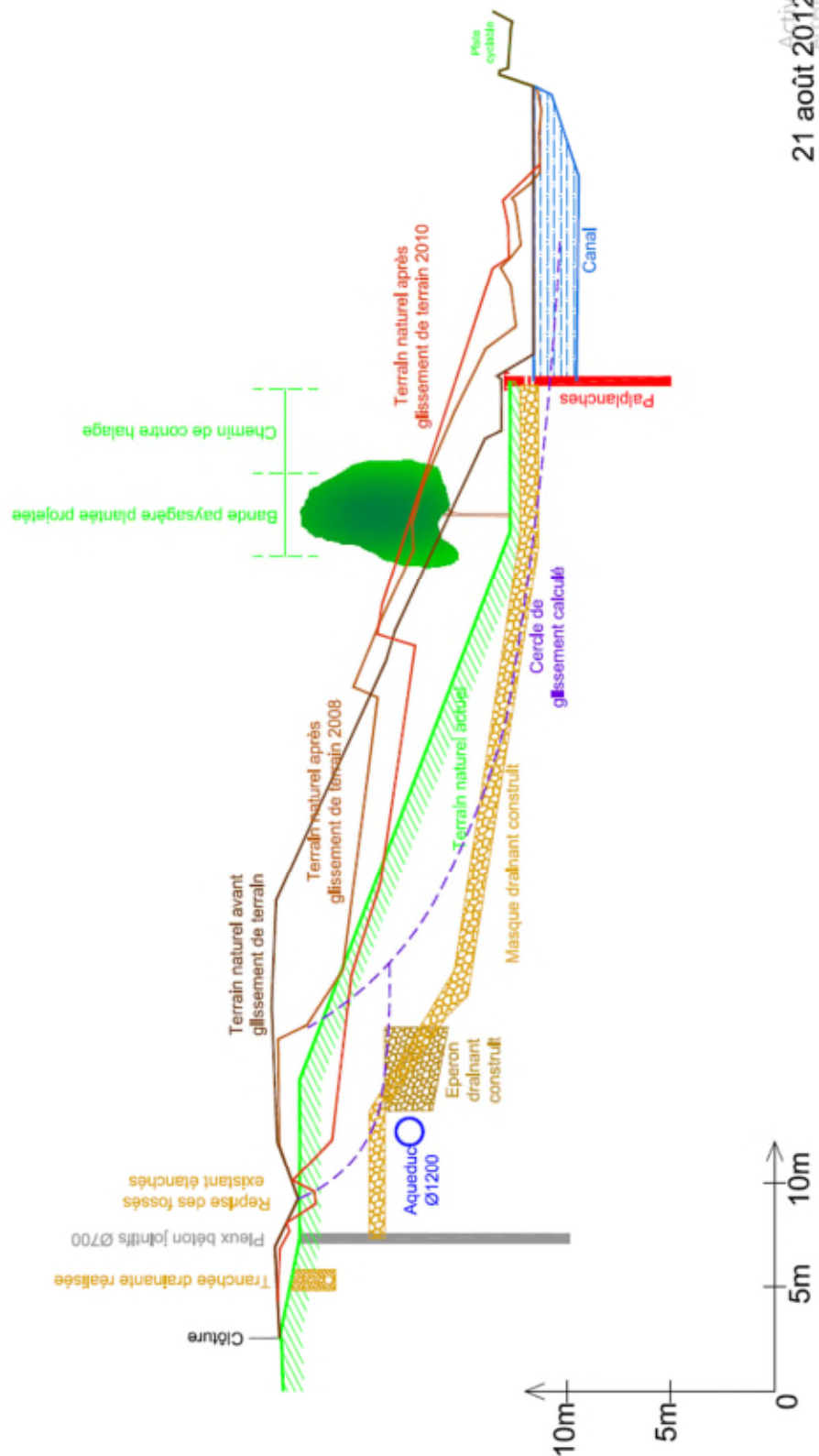


Figure 20 : profil type des dispositions de 2012.

Commentaires (METROPOLE) accompagnant la figure 20 :

*« Le schéma annexé montre les dispositions prises pour limiter les venues d'eau dans le talus.*

*Ainsi de l'amont du glissement vers l'aval.*

*a) Mise en place d'une tranchée drainante.*

*Cette tranchée drainante a été réalisée en haut du talus avec un exutoire dans le canal.*

*Il est à noter que pendant toute la durée des travaux il n'a jamais été observé d'écoulement dans celle-ci.*

*b) Reprise des fossés existants.*

*Le fossé existant en haut de talus a été étanché.*

*c) Construction d'éperons drainants.*

*Des éperons drainants ont été disposés à proximité aval immédiate de l'aqueduc (sans que l'enrobage de la conduite soit modifié) tous les 8 mètres environ.*

*d) Masque drainant.*

*Un masque drainant sur l'ensemble de la zone concernée a été élaboré. Ce masque repose sur un géotextile et va des pieux réalisés en amont de la conduite aux nouvelles palplanches délimitant le canal. »*

*« Les travaux engagés en 2011 ont consisté à raccorder les eaux pluviales du réseau situé sur l'impasse Clément Ader vers le canal via une canalisation dédiée et à drainer les eaux susceptibles de transiter dans la fouille de l'aqueduc via un système de masques drainants. ».*

D'après la figure 20, pour le drainage des eaux pouvant s'accumuler dans la tranchée de l'aqueduc, il s'agit d'éperons localisés devant la conduite (espacés de 8 m environ, largeur non précisée). Suivant cette figure, l'eau collectée ne peut s'évacuer que par la couche drainante à la base du remblai, par débordement si la base des éperons descend sous la couche granulaire.

#### **2.1.5 Glissement début 2024**

La réactivation d'un glissement a été constatée à l'occasion d'un passage inopiné sur le site, le vendredi 05/01/2024. VNF et la Métropole du Grand Nancy ont été immédiatement informés.

On a observé la lèvre supérieure d'un glissement légèrement en aval de la crête de talus, sur un linéaire de talus d'environ 130 m. Des fissures se sont ouvertes dans le talus et en pied, à l'arrière du rideau de palplanches. Ce dernier présente un déversement qui s'est accentué depuis. Le déversement est le plus important dans la partie Ouest du glissement.

Les désordres observés ont semblé être représentatifs d'une réactivation d'un glissement des remblais d'argile mis en œuvre en 2012.





Figure 20 : décrochement à l'aval de la crête de talus. 05/01/2024.



Figure 21 : fissures en pied de talus, signe du mouvement des palplanches. 05/01/2024.





Figure 22 : déversement des palplanches. 05/01/2024.

## 2.2 CONTENU DES RECONNAISSANCES

Suite au constat du nouveau glissement, les sondages suivants ont été réalisés, suivant trois profils transversaux, repérés sur le plan d'implantation en annexe :

- **6 sondages pressiométriques** (SP1 à SP6) réalisés en diamètre 63/66 mm. La sondeuse utilisée est de marque GÉOTEC type 225.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 10 et 16 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1,5 m. Les sondages ont été réalisés avec enregistrement des paramètres de forage.

- **3 sondages carottés** (SC1 à SC3) réalisés en diamètre 116 mm, descendus à 10 m de profondeur.

Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons intacts pour analyses et essais en laboratoire.

- Parallèlement à 5 de ces sondages, **profil au pénétromètre dynamique** (P-SP1, P-SP2, P-SP3, P-SP4, P-SC2) poussés au refus entre 7,4 et 12m/TA.

Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité.

- **En SC1**, pose d'un **piézomètre** avec suivi automatique du niveau d'eau. Pose de piézomètres de petit diamètre dans les forages SP3 à SP6.
- **En SP1, SC2 et SC3**, pose d'un inclinomètre avec capteurs permettant un suivi automatique en continu.
- **Essais en laboratoire** : 28 échantillons intacts sous gaine. Essais en cours : teneurs en eau, identifications, 6 essais de cisaillement au triaxial de type CU+u.

### **2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES**

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe. Ils ont été répartis schématiquement comme suit, du haut vers le bas du talus :

- Profil côté Ouest (profil 3) : SP1+inclino / SP3 / SP5.
- Profil central (profil 2) : SC1 + piézo / SC2 + inclino / SC3 + inclino.
- Profil Est (profil 1) : SP2 / SP4 / SP6.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès (rampes d'accès réalisées à la pelle hydraulique, intervention pendant une période humide). Les sondages en crête de talus ont été implantés environ 2,5 m à l'aval de la canalisation.

Les sondages ont été repérés et nivelés à l'aide d'un GPS de précision. Trois profils ont été réalisés par GEOTEC à l'aide du GPS, pour reporter les informations des reconnaissances et permettre une modélisation.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).

### 3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

#### 3.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique de NANCY au 1/50000<sup>ème</sup>, le contexte géologique est le suivant :

- Couverture sablo-limoneuse a priori peu épaisse
- Substratum marneux du Domérien « marnes à Amalthées ».



Figure 23 : extrait de la carte géologique du BRGM.

Comme indiqué dans le rapport Hydrogéotechnique de 2008, on peut dire que le canal a été terrassé en déblai dans le substratum marneux sur une épaisseur importante, car avant tout aménagement de la zone industrielle, la marne devrait être relativement peu profonde sous les limons de couverture, et sous la frange d'altération.

#### 3.2 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les coupes de sondages détaillées sont présentées en annexe.

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

- **Remblais d'argile traitée à la chaux** mis en œuvre en 2012 (teneur à préciser à partir du dossier de récolement éventuellement disponible, mais paramètre non déterminant pour ce diagnostic).

Épaisseur de l'ordre de 6,6 m à 7 m en crête de talus. De l'ordre de 5,5 à 6 m à mi-talus, et de 3 à 3,7 m en pied de talus.

La couche granulaire à la base des remblais est en général retrouvée avec une pollution argileuse importante (géotextile à la base mais pas sur le dessus). Les sondages carottés ne mettent pas en évidence de couche granulaire propre.

Ses caractéristiques mécaniques sont globalement faibles à médiocres :

$$\begin{aligned} 0,27 &\leq p_l^* \leq 0,82 \text{ MPa} \\ 2,3 &\leq E_M \leq 13,9 \text{ MPa} \\ 0,8 &\leq R_d \leq 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Les profils P-SP2 et P-SP4 comportent un niveau de nette chute de résistance vers 6 à 7 m de profondeur, qui correspond à la base des remblais et à une couche de glissement effectif ou potentiel.

- Puis l'**argile marneuse / marne argileuse grise**, jusqu'à la base des sondages. Ses caractéristiques mécaniques sont bonnes en tête, sur une frange de 1 à 2 m en tête, puis élevées à très élevées :

En tête :  $1,07 \leq p_l^* \leq 2,14$  MPa

$20 \leq E_M \leq 30$  MPa

$8 \leq R_d \leq 15$  MPa

Puis :  $2,61 \leq p_l^* \leq$  plus de 4,8 MPa

$49 \leq E_M \leq 380$  MPa

Compte tenu de la méthode de forage semi-destructive à la tarière en diamètre 63 mm ou destructive, les limites entre chaque faciès présentent une incertitude. Les sondages carottés sont plus précis.

### 3.3 ESSAIS EN LABORATOIRE

Les comptes-rendus des essais de laboratoire, réalisés sur les échantillons prélevés par carottage, sont présentés en annexe.

En synthèse, on obtient :

#### Identification des sols

Les sols argileux et marneux testés sont des sols fins classés A2 à A3 selon la norme NF P 11-300 (F3 selon le nouveau guide des terrassements EN 16907). Il s'agit d'argiles de plasticité moyenne à élevée. Dans ces sols de très faible perméabilité, les variations de teneur en eau sont globalement lentes voire très lentes.

#### Profils hydriques

Des profils de teneur en eau ont été réalisés au droit de chaque sondage carotté (prélèvement mi-avril 2024). Ils mettent en évidence schématiquement en SC1 et SC2, en haut de talus et à mi-talus, hors influence du canal :

- Une teneur en eau plus élevée dans les remblais que dans les argiles naturellement en place.
- Dans les remblais, une teneur en eau qui décroît entre la surface et 3 à 4 m de profondeur.
- A nouveau un pic de teneur en eau en partie supérieure de la couche granulaire, puis une baisse assez marquée au niveau de cette couche en SC1 (haut de talus) mais beaucoup moins marquée en SC2 (mi-talus). Ceci est à mettre en parallèle avec les variations du niveau d'eau au niveau de cette couche, dans les piézomètres (brusques remontées puis redescente progressive). Voir au paragraphe 3.4 ci-après.
- Sous la couche granulaire de 2011, on retrouve progressivement des argiles et argiles marneuses dans un état hydrique plutôt sec.

#### Essais de cisaillement à l'appareil triaxial

Ces essais ont été réalisés pour l'essentiel dans les remblais argileux. Un essai a été réalisé dans l'argile marneuse naturellement en place en SC1.

Les essais nécessitent la réalisation d'éprouvettes cylindriques, et sont donc réalisés dans les horizons qui présentent une cohésion suffisante, et avec peu d'éléments granulaires. Ainsi ils ne peuvent pas être réalisés dans les niveaux les plus faibles ou qui ont pu être remaniés par le glissement. De ce fait, un coefficient de sécurité de 1,25 sera appliqué pour le modèle de calcul (coefficient issu des Eurocodes). Les résultats détaillés sont présentés en annexe. On obtient les valeurs suivantes à long terme :

- Dans les remblais argileux  
Angle de frottement  $\varphi' = 24$  à  $27^\circ$ .  
Cohésion  $c' = 3$  à  $10$  kPa.
- En tête l'argile marneuse en haut de talus  
Angle de frottement  $\varphi' = 24^\circ$ .  
Cohésion  $c' = 20$  kPa.

Poids volumique à teneur en eau naturelle :  $\gamma = 20$  à  $21$  kN/m<sup>3</sup>.

### 3.4 HYDROGÉOLOGIE

Dans les sondages réalisés sans injection d'eau (SP3 et SP4 à mi-talus), aucune arrivée d'eau n'a été observée sur la durée de réalisation (8 et 9 avril 2024).

Le piézomètre posé en SC1 en crête de talus a été équipé d'une sonde de mesure automatique. Entre le 21/05/2024 et le 05/06/2024, le niveau se situe vers 247,35 m NGF, avec un pic à 247,40 m NGF. Le niveau descend ensuite régulièrement jusqu'à 247,25 m NGF le 13/06/2024, puis on observe à nouveau des variations rapides de 15 à 30 cm, probablement à l'occasion de fortes pluies, avec un niveau maximal vers 247,40 m NGF. Les pics de remontée se produisent rapidement, en 1 ou 2 jours.

La sonde est toujours en fonctionnement, le suivi est toujours en cours.

Nous avons observé les niveaux d'eau suivants dans les piézomètres, le 14 juin 2024 :

PZ le 14/06/2024						
	Eau/capot	Capot/sol	Eau/sol	Cote NGF eau	Cote TA	
Profil 2	SC1 auto	7,31	0,85	6,46	247,25	253,71
Profil 3	SP3	6,7	0,7	6	243,23	249,23
Profil 1	SP4	5,8	0,4	5,4	243,92	249,32
Profil 2	SP5	1,7	0,4	1,3	241,65	242,95
Profil 1	SP6	1,95	0,6	1,35	241,65	243,00

Le même jour, le niveau du canal est à la cote 241,60 m NGF. Mesuré à l'aplomb de la tête du rideau déformé, le fond varie entre 239,15 et 239,40 m NGF.

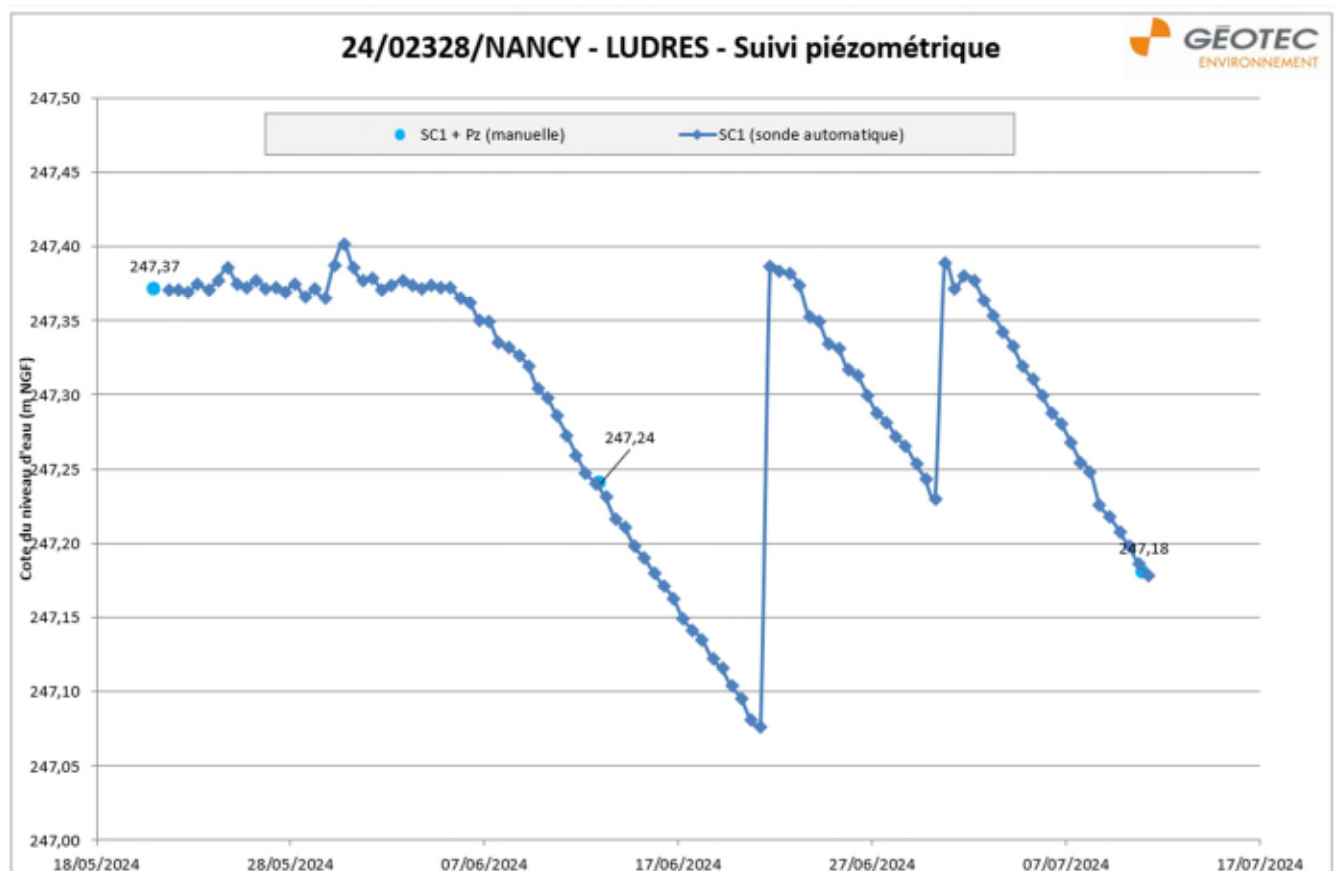


Figure 24 : suivi piézométrique en SC1, entre le 21/05/2024 et le 10/07/2024.



### Relevés du 25/10/2024 pour cette mise à jour

PZ le 25/10/2024							
		Eau/capot	Capot/sol	Eau/sol	Cote NGF eau	Cote TA	
Profil 2	SC1 auto	7,3	0,85	6,45	247,26	253,71	HAUT
Profil 3	SP3	6,7	0,7	6	243,23	249,23	MILIEU
Profil 1	SP4	6,0	0,4	5,6	243,72	249,32	
Profil 2	SP5	1,45	0,4	1,25	241,70	242,95	BAS
Profil 1	SP6	1,95	0,6	1,35	241,65	243,00	

Ces niveaux sont globalement sensiblement les mêmes que ceux du 14/06/2024.

Cependant, le suivi automatique montre que le niveau d'eau en SC1 est descendu progressivement entre le 30 juin et le 25 septembre, jusqu'à la cote 246,35 m NGF (descente d'environ 1 m), puis est remonté très brusquement de 1 m en 2 jours. Le niveau le plus haut correspond sensiblement à la couche granulaire mise en place sous les remblais argileux traités. Après une descente d'environ 25 cm jusqu'au 7 octobre, le niveau d'eau remonte d'autant en 12 heures, puis redescend.

On constate donc de brefs épisodes de remontée rapide du niveau d'eau, ce qui suppose des apports également rapides dans le talus.

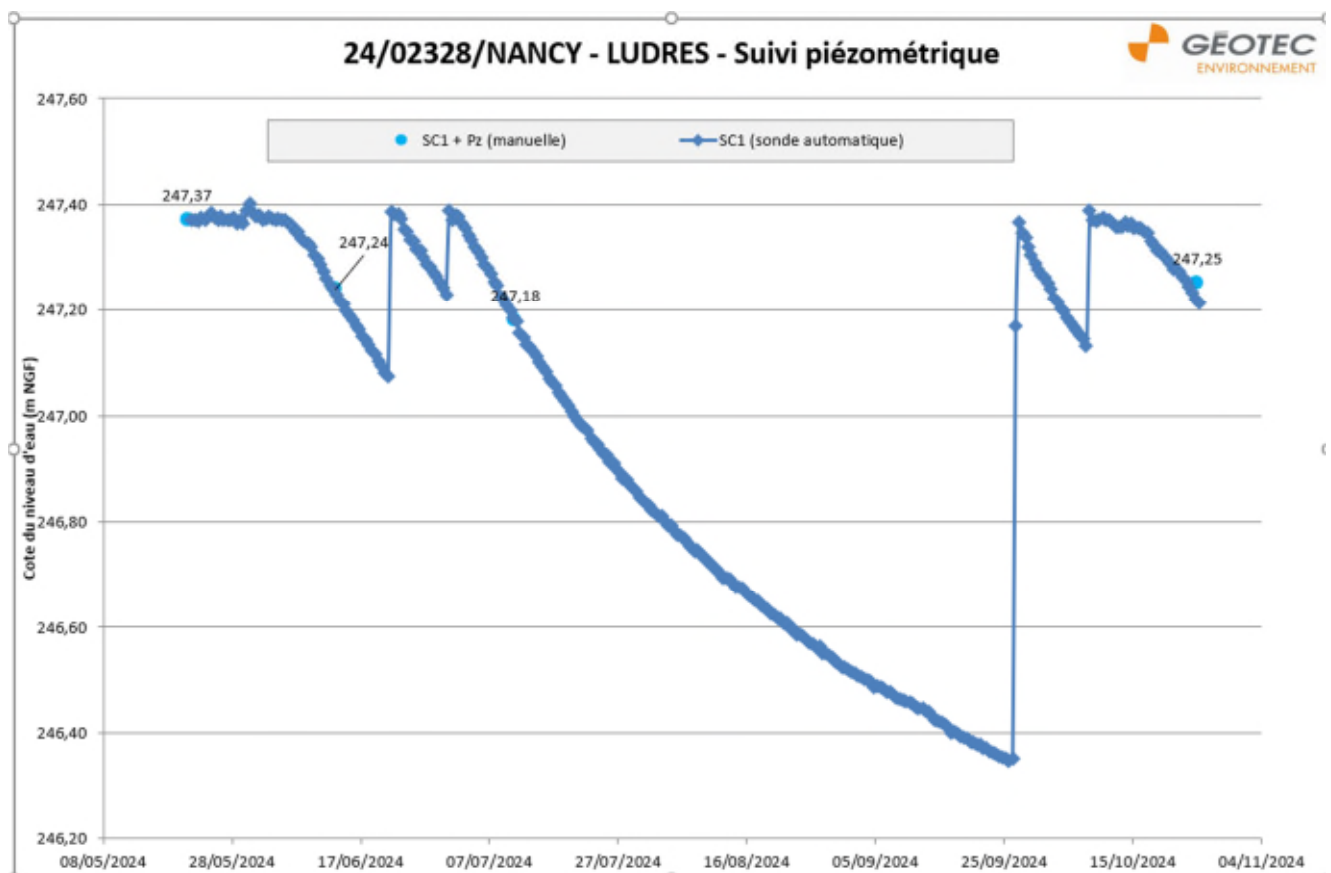


Figure 25 : suivi piézométrique en SC1, entre le 21/05/2024 et le 25/10/2024.

### **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 au moins localement 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.

## 4. MESURES INCLINOMETRIQUES - CLINOMETRES

### 4.1 MESURES INCLINOMETRIQUES AUTOMATIQUES – SONDAGES SP1 / SC2 / SC3 - ANALYSE

Les mesures ont débuté le 24/04/2024. Elles sont toujours en cours.

La surface de glissement mise en évidence est schématisée sur les profils en annexe.

A la date du 25/06/2024, on note les résultats suivants :

Sondage / position dans le talus	Commentaires
SP1 / haut du talus	Déplacement total en tête de 2,2 mm. Point d'inflexion vers 8,8 m de profondeur (vers la cote 245 m NGF). « Saut » de 0,5 mm vers 5,4 m de profondeur. Mais globalement valeurs dans le fuseau d'incertitude. Mouvements considérés comme négligeables, probable légère décompression due au front du glissement.
SC2 / mi-talus	Surface de rupture vers 5,5 m de profondeur, cote 243,80m NGF. Déplacement maximal en surface de 71 mm entre le 24/04 et le 25/06/2024. Vitesse de mouvement jusqu'au 05/05/2024 : 0,5 mm/jour. Vitesse de mouvement la plus rapide entre le 05/05/2024 et 10/06/2024 (40 mm) : 1,1 mm/jour. Entre le 10/06/2024 et le 06/07/2024 : 0,3 à 0,5 mm/jour. Entre le 06/07/2024 et le 11/07/2024 : 0,2 mm/jour. Entre le 11/07/2024 et le 06/10/2024 : 0,1 mm/jour. Entre le 06/10/2024 et le 25/10/2024 : à nouveau 0,2 mm/jour. On note une tendance au ralentissement du mouvement en période estivale après juillet, ou au moins une poursuite avec une vitesse plus faible, puis à nouveau des déplacements plus rapides depuis début octobre.
SC3 / bas du talus	Surface de rupture vers 4,5 m de profondeur, cote 238,10 NGF, soit environ 1 m sous le niveau du fond du canal. Déplacement maximal de 96 mm entre le 24/04 et le 11/07/2024. Déplacement 120 mm au 25/10/2024. Vitesse de mouvement jusqu'au 05/05/2024 : 1,2 mm/jour. Vitesse de mouvement la plus rapide entre le 05/05/2024 et 10/06/2024 (40 mm) : 1,7 mm/jour. Entre le 10/06/2024 et le 06/07/2024 : 0,7 mm/jour. Entre le 06/07/2024 et le 22/07/2024 : 0,4 mm/jour. Entre le 22/07/2024 et le 08/10/2024 : 0,2 mm/jour. Puis entre le 08/10/2024 et le 25/10/2024 : reprise, 0,4 mm/jour. On note une tendance au ralentissement du mouvement, ou au moins une poursuite avec une vitesse plus faible pendant la période estivale. L'amplitude et la vitesse de mouvement restent plus importantes en pied de talus.

Ces cotes de surface de glissement sont reportées sur les profils établis par GÉOTEC. Sur ces profils sont également reportés schématiquement les indications des sondages et des documents d'archives (notamment la position et la géométrie de la couche granulaire, qui apparaît mêlée à de l'argile, présentent une marge d'incertitude). La surface de glissement probable est schématisée sur le profil 3 en annexe.

Le suivi inclinométrique, les sondages et les observations sur site mettent en évidence les caractéristiques du glissement suivantes :

- Crête du glissement environ 4 m à l'aval de la verticale de l'aqueduc. Directement observable par les décrochements en surface. Pas de mouvement significatif au niveau de l'inclinomètre SP1 implanté environ 2 m à l'aval de la canalisation.
- Glissement probablement de type circulaire en tête puis quasi plan, juste sous la base de la couche granulaire. A la cote de pose de l'aqueduc, la surface de glissement passe vraisemblablement vers 5 à 6 m devant la conduite.
- Derrière le rideau de palplanches, poursuite du glissement dans l'argile marneuse, puis remontée dans le canal. En pied, on a la configuration d'un coin de butée des remblais contre les palplanches.
- Au moment des sondages, l'eau apparaît située au niveau de la couche granulaire, en haut et dans le talus, puis stabilisée au niveau du canal, à environ 5 m en arrière des palplanches. Ceci ne préjuge pas de la possibilité qu'une saturation se produise dans les remblais argileux, notamment en cas de périodes pluvieuses répétées, comme depuis l'été 2023. Cette saturation a un effet similaire à une nappe.
- La géométrie du glissement est corroborée entre les profils, entre les données des inclinomètres, et les résultats des sondages et essais (notamment les passages singuliers au niveau des profils au pénétromètres, et de l'enregistrement des paramètres de forage).

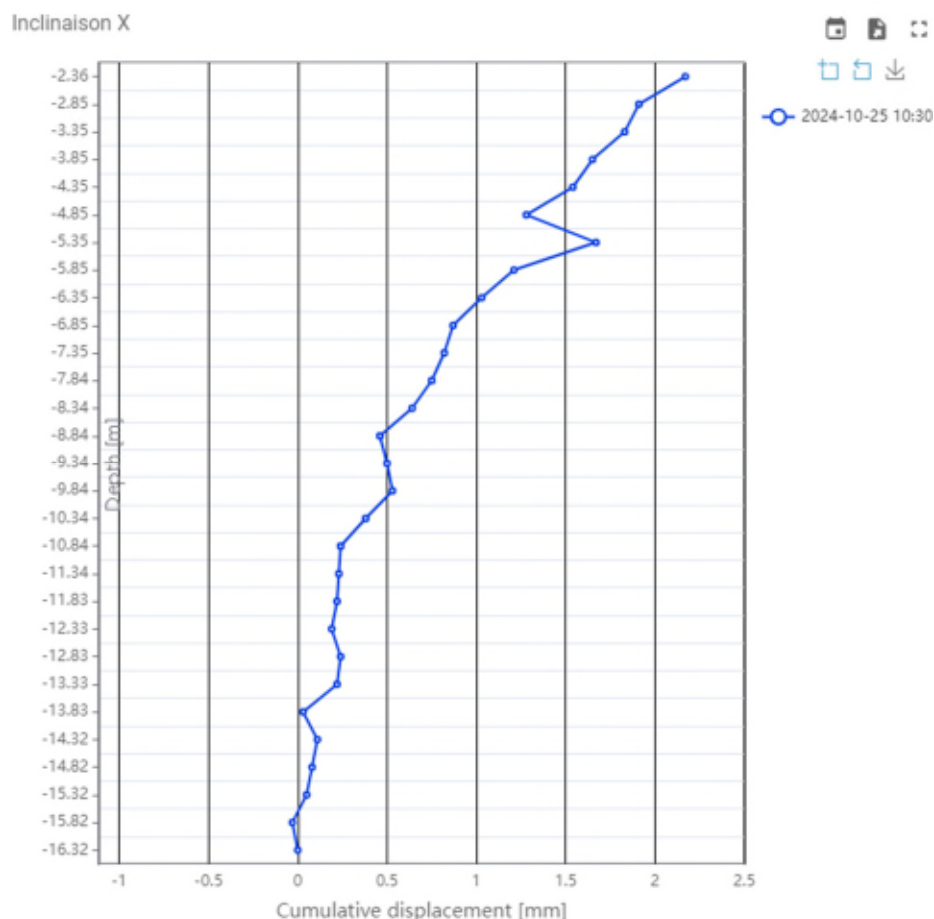
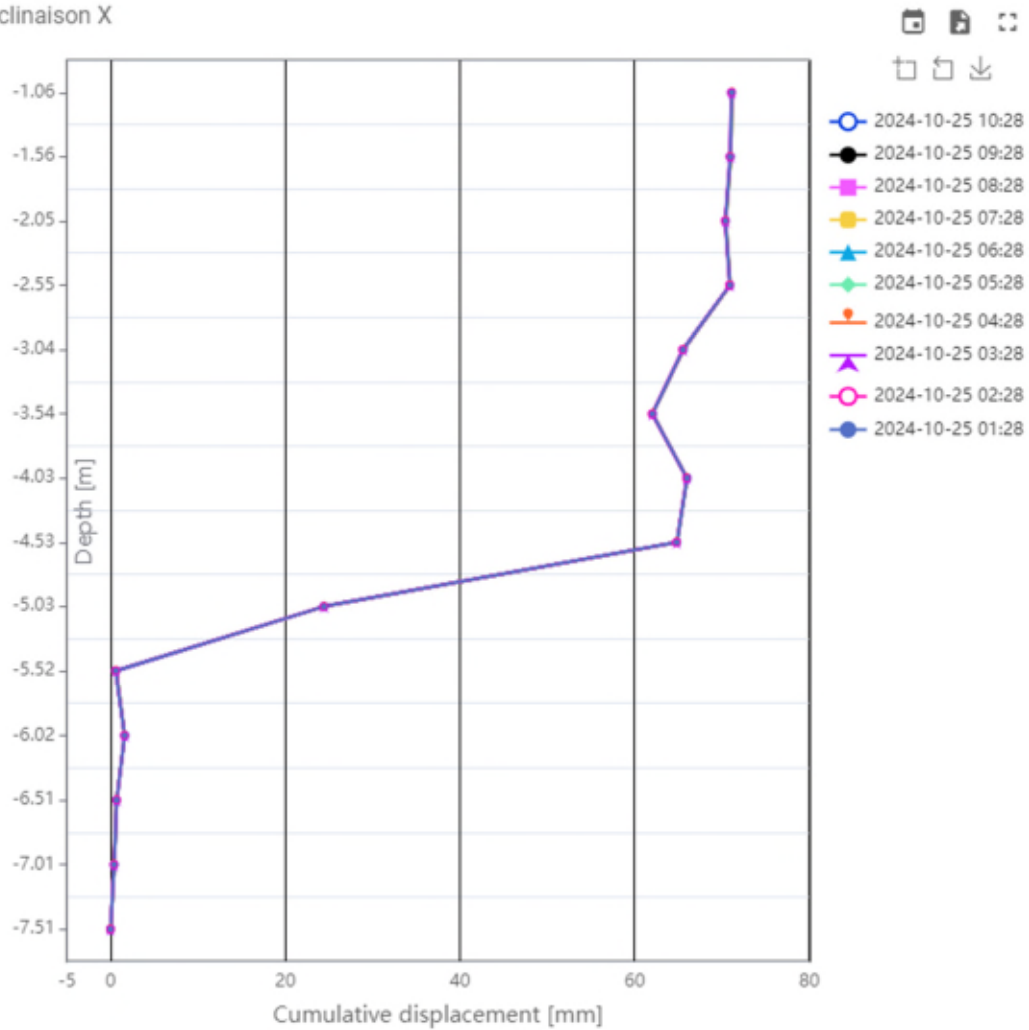


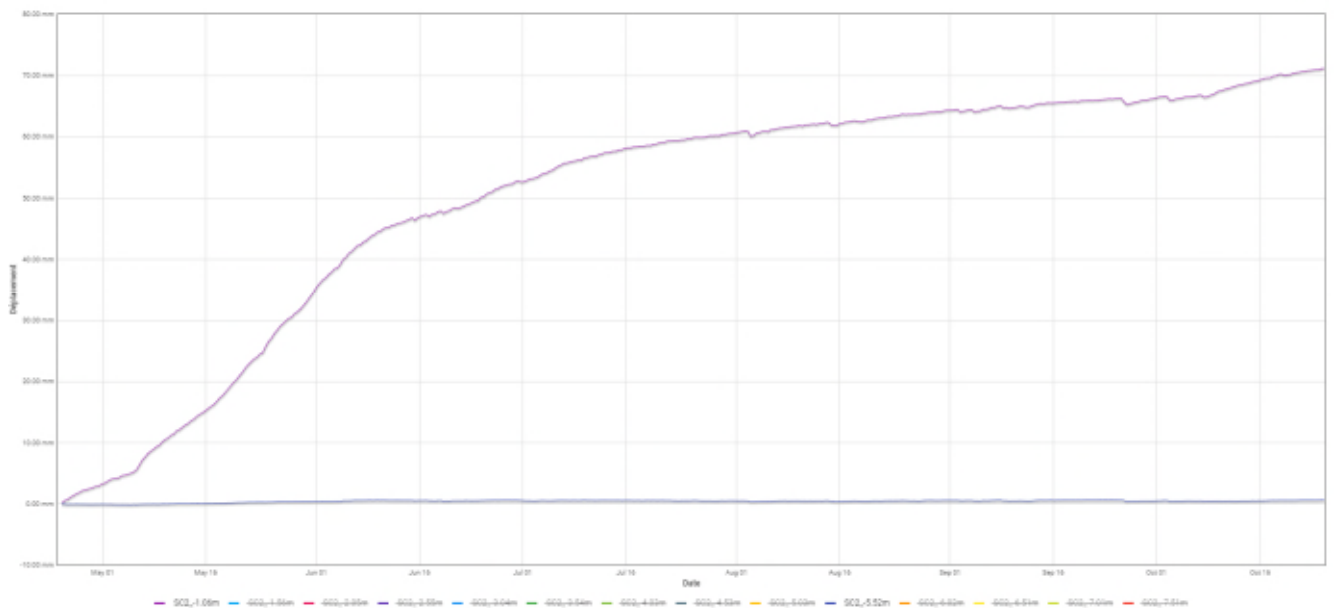
Figure 26 : courbe inclinométrique en tête de talus (SP1).



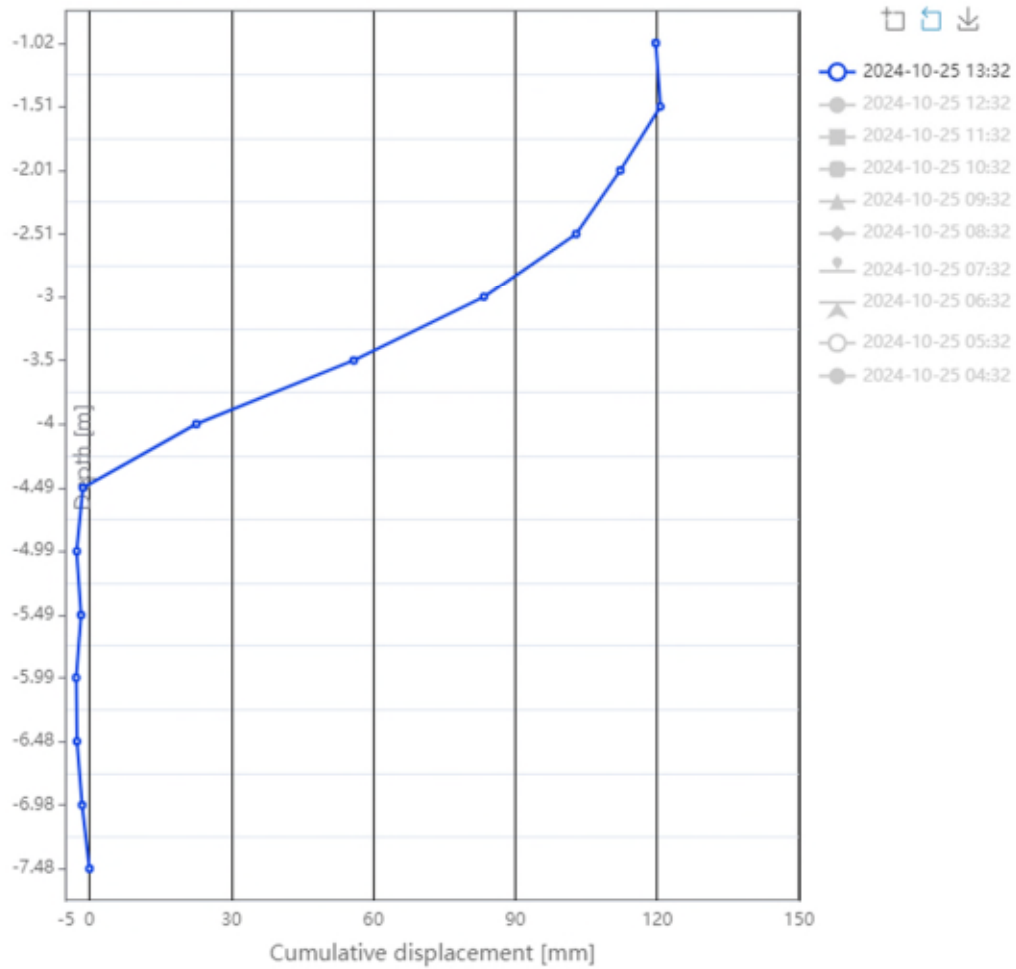
Inclinaison X



Déplacement par élément - X



Inclinaison X



Déplacement par élément - X

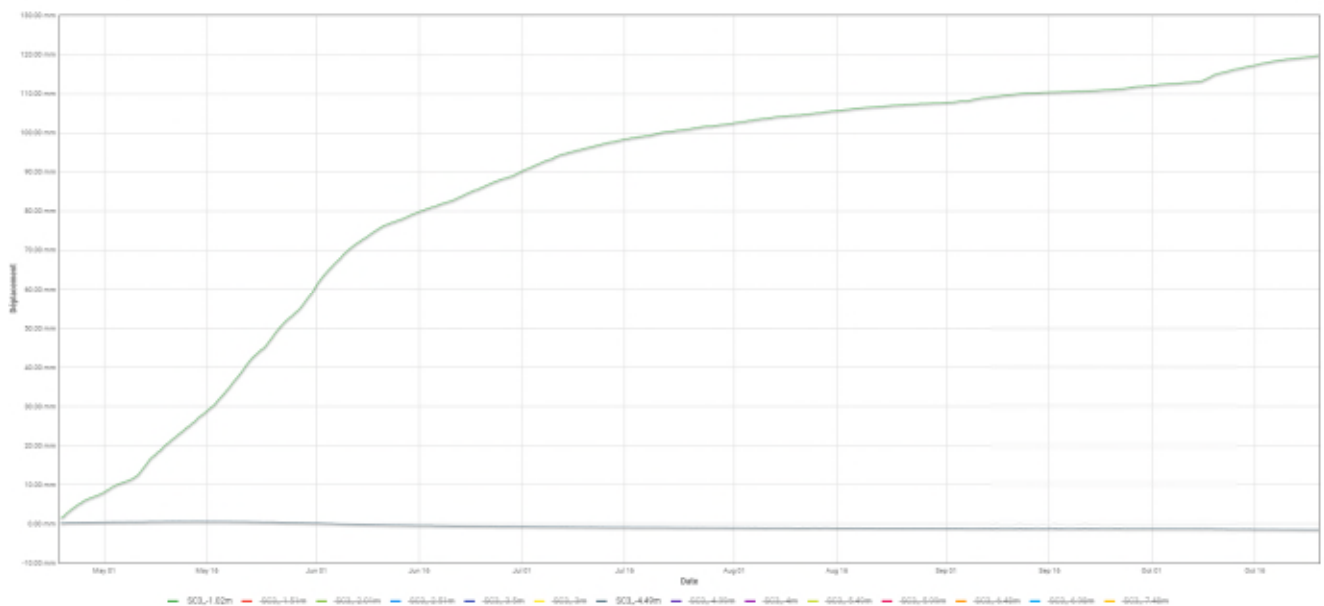


Figure 28 : courbe inclinométrique et évolution du déplacement à 1- m/TA, en pied de talus (SC3).

## 4.2 MESURES CLINOMETRIQUES SUR LES PALPLANCHES

Clino-1 : côté Est.

Clino-2 : côté Ouest.

Entre le 24/04/2024 et le 25/06/2024, augmentation du faux aplomb de 39,2 mm/m en inclino-1, et de 30 mm/m en inclino-2.

Réduction de la vitesse de déversement depuis le 10/06/2024, qui semble correspondre à la réduction de la vitesse de glissement au niveau des inclinomètres. Nouveau ralentissement entre le 10 juillet et le 8 octobre 2024, puis à nouveau augmentation jusqu'à ce jour (25/10/2024).

Il apparait un ralentissement pendant la période estivale, jusqu'en octobre, puis une nouvelle inflexion jusqu'au 20 octobre environ.

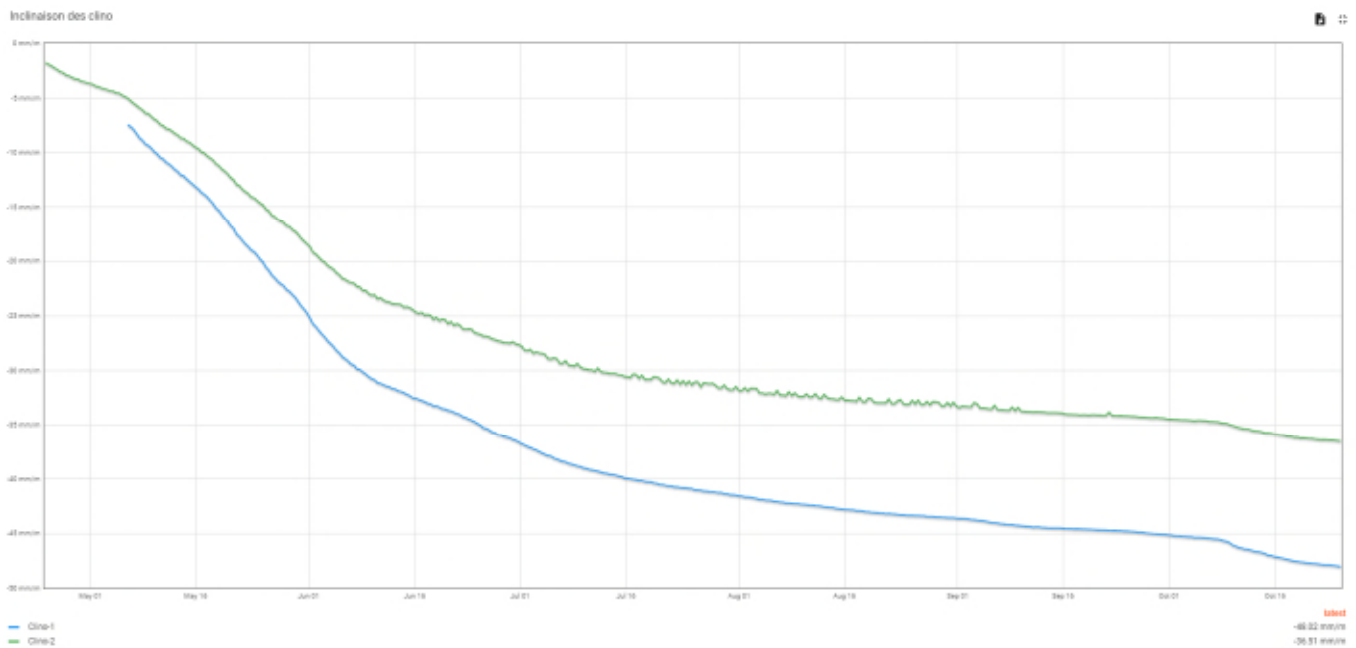


Figure 29 : évolution des clinomètres sur les palplanches.

## 5. ANALYSE DE STABILITE – AVIS SUR LES CAUSES DU GLISSEMENT

### 5.1 ANALYSE DE STABILITE

#### 5.1.1 Modèle de terrain

La géométrie des couches et leurs caractéristiques sont présentées dans la note de calcul du logiciel Talren6 en annexe.

Les paramètres sont issus des résultats des essais en laboratoire, avec les précautions du paragraphe 3.3, et de corrélations avec les essais pressiométriques pour les couches profondes sous le glissement.

Les couches du modèle sont les suivantes :

Couche – Numérotation du modèle Talren6.	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
1 – Remblai argileux traité de 2012. Caractéristiques résultant des essais en laboratoire, avec sécurité de 1,25 comme indiqué au §3.3.	20	2	22
2 – Remblai avec cailloux (couche granulaire polluée par l'argile)	21	1	22
3 – Argile marneuse en amont du glissement	20,5	8	24
4 – Marne argileuse (non interceptée par le glissement)	21	20	24
5 – Marne grise	21	24	24
6 – Argile marneuse altérée, sous la couche granulaire (cas 2)	20,5	4	15
7 – Argile marneuse non altérée par les écoulements d'eau et une saturation importante, sous la couche granulaire (cas 1)	20,5	6,5	20,5

#### 5.1.2 Conditions hydrauliques

Pour analyser les conditions de stabilité, on considère plusieurs cas de nappe (modélisation d'une saturation plus ou moins étendue des sols) :

- Niveau « bas » correspondant aux niveaux d'eau relevés dans les piézomètres le 14/06/2024, et qui correspond sensiblement à un écoulement au niveau de la couche granulaire posée en 2012.
- « Niveaux hauts » correspondant à une saturation des remblais argileux variant entre un maximum environ 1 m sous la surface, et un niveau intermédiaire (au niveau de l'aqueduc avec saturation d'environ la moitié inférieure des remblais), puis rabattement progressif jusqu'au niveau du canal en pied de talus. Cette saturation est modélisée comme une nappe.
- Le niveau du canal est pris à la cote 241,60 m NGF.

#### 5.1.3 Principe des calculs

La stabilité générale du talus est étudiée vis-à-vis d'une rupture de type rotationnelle à l'aide du logiciel TALREN V6.1.6.

La méthode utilisée détermine la surface le long de laquelle l'état de contrainte est le plus proche de l'état de rupture. Ici on utilise la méthode de Bishop.

La ligne (surface) de rupture étudiée est ici en premier lieu une courbe donnée par les mesures inclinométriques, les résultats des essais in situ et les observations sur site avec profils topographiques. Puis l'estimation de glissements potentiels passant derrière la canalisation, on étudie également des surfaces circulaires (en général 20 à 30 centres différents et on effectue un balayage sur le rayon du cercle pour déterminer la surface de rupture la plus défavorable).



On tient compte de la nature et des propriétés des différentes couches de sol.

Le calcul « classique » (approche unitaire) considère un coefficient de sécurité global sur la résistance au cisaillement du sol. Il y a rupture pour  $F = 1$ . On considère que la stabilité est assurée avec une sécurité suffisante si  $F_{\text{global}} \geq 1,35$  ou  $1,50$  suivant le type d'ouvrage ( $1,35$  pour un ouvrage provisoire).

Cette méthode est utilisée lorsqu'on doit se caler sur un état initial réputé en limite de stabilité. Pour améliorer la stabilité d'un ouvrage tout juste stable, on recherche habituellement une augmentation de sécurité de 30 %.

#### 5.1.4 Résultats des calculs

La note de calculs est présentée en annexe.

$F = 1$  : stabilité limite.

$F < 1$  : instabilité.

Nota : la résistance du rideau de palplanches n'est pas prise en compte dans l'analyse des conditions de stabilité, dans la mesure où elle n'empêche pas le glissement de se produire mais évite seulement des déplacements plus importants et l'étalement des matériaux dans le canal. L'effort résistant résiduel du rideau, qui s'oppose à l'étalement vers le canal de la masse en mouvement, ne peut être déterminé dans un comportement avec grands déplacements.

Les calculs sont effectués en faisant varier les conditions hydriques et les paramètres de l'argile marneuse (altération pouvant être lente) au niveau de la surface de glissement mise en évidence par les inclinomètres, de façon à analyser les causes du glissement.

Cas de calculs	Sécurité F	Commentaires
Calculs suivant la surface probable de glissement. Facteurs de déclenchement		
Caractéristiques des sols non altérées		
Eau rabattue par la couche granulaire. Argile marneuse non altérée sous la couche granulaire.	1,30	Stabilité assurée
Saturation de la partie inférieure des remblais argileux, au niveau de la canalisation.	1,14	Stabilité encore assurée, avec une sécurité faible
Saturation des remblais argileux jusqu'à environ 2 m de la surface du talus	0,98	Déclenchement du glissement.
Caractéristiques réduites dans l'argile marneuse sous la couche granulaire		
Eau rabattue par la couche granulaire.	1,02	Limite de stabilité, de faibles altérations des caractéristiques des remblais provoquent un glissement.
Saturation de la partie inférieure des remblais argileux, au niveau de la canalisation.	0,88	Instabilité
Simulation d'une surface de glissement potentiel prolongée sous l'aqueduc.		
Saturation de la partie inférieure des remblais argileux. Argile marneuse altérée sous la couche granulaire.	1,32	Stabilité avec le coefficient « correct » ( $F > 1,3$ ).
Rupture circulaire, surfaces passant à l'amont de la canalisation		
Saturation de la partie inférieure des remblais argileux. Argile marneuse altérée sous la couche granulaire	1,61	Stable car les surfaces de glissement les plus défavorables interceptent la marne.

### 5.1.5 Conclusions de l'analyse des conditions de stabilité – Avis sur les causes du nouveau glissement

Les sondages et essais, les mesures in situ et les calculs d'analyse des conditions de stabilité permettent l'analyse suivante : page 34

- La saturation des remblais et/ou l'altération des argiles sous la couche granulaire, où on rencontre de l'eau, sont des facteurs d'instabilité importants. Un traitement à la chaux réduit la teneur en eau pour faciliter la mise en œuvre, mais n'empêche pas les variations de teneur en eau des sols traités soumis à des arrivées d'eau.
- L'analyse par le calcul des conditions de stabilité, avec calage sur l'état d'instabilité constaté, confirme le caractère déclencheur de ces paramètres déstabilisateurs. Au vu de la géométrie du talus et des dispositions prises en 2012, le glissement ne peut se produire que par des conditions hydrauliques défavorables et par un abaissement des caractéristiques de résistance des argiles au cours du temps.
- La stabilité de l'aqueduc n'apparaît pas menacée à moyen terme en cas de poursuite du glissement (grands déplacements vers le canal). Ceci ne préjuge pas de la nécessité de mettre en œuvre des dispositions pour éviter tout phénomène régressif à long terme.

La reprise du glissement résulte à notre avis des causes suivantes :

- Chute des caractéristiques de résistance au cisaillement des remblais. Il s'agit de remblais d'argile marneuse du site, traitée à la chaux pour assurer de bonnes conditions de mise en œuvre, mais ces matériaux restent sensibles à l'eau et aux agents climatiques s'ils ne sont pas protégés et s'ils sont soumis à des écoulements ou à une saturation progressive, malgré les dispositifs de drainage mis en œuvre au moment des travaux (tranchée, couche granulaire sous les remblais, masque, réseau d'évacuation des eaux pluviales et étanchéification du fossé amont). Une augmentation de teneur en eau s'accompagne d'une chute des caractéristiques mécaniques. Les profils de teneur en eau mettent en évidence une teneur en eau plus importante en surface puis au niveau de la couche granulaire polluée par l'argile.
- Par saturation dans des périodes très humides, augmentation du poids propre (effet déstabilisant), et développement de sous-pressions (effet d'Archimède sur la masse de sol).
- La couche granulaire semble encore assurer un certain drainage, puisque l'eau est rencontrée à ce niveau dans les sondages. Cependant, on note une importante pollution argileuse (matrice argileuse prépondérante au droit de la plupart des sondages). Cette couche est le siège d'écoulements probablement importants puisqu'elle est sensée collecter les eaux percolant dans les différents sols, et peut également présenter des zones d'accumulation du fait de la pollution argileuse. Les mesures de teneur en eau confirment que cet horizon (couche granulaire polluée par des fines) est plus humide que la base du remblai argileux. Les relevés piézométriques montrent des pics de remontée d'eau rapides au niveau de la couche granulaire, puis des rabattements progressifs beaucoup plus lents.

Il est ainsi possible et même probable que l'argile sous-jacente ait été saturée, pouvant ainsi constituer une « couche savon » donc une surface de glissement privilégiée. Les inclinomètres mettent en effet en évidence des mouvements à la base de la couche granulaire.

A noter que dans les argiles très peu perméables, ce phénomène peut être très lent.

- Ces phénomènes liés à l'eau sont d'autant plus marqués que les conditions météorologiques sont défavorables. La fin de l'année 2023 a ainsi été particulièrement pluvieuse.

La présence du rideau de palplanches a permis d'éviter un glissement brusque comme en 2008. L'inertie importante du rideau avec refends a limité sa déformation propre, mais la fiche limitée dans les marnes (difficultés de battage) fait que les conditions de butée et de contre-butée limites ont été atteintes, d'où le déversement important. Un rideau de soutènement de berge n'est pas dimensionné

pour reprendre les efforts liés à une masse de sol en mouvement importante (on dépasse alors de simples contraintes de poussée).



## 6. AVIS SUR LES MOYENS DE CONFORTEMENT ENVISAGEABLES -PROPOSITIONS

Le confortement du nouveau glissement aura les objectifs suivants :

- Assurer la stabilité de la berge du canal et la continuité de la navigation, sans risque pour les usagers.
- Assurer la sécurité de l'aqueduc à long terme. Dans l'état actuel, celui-ci n'apparaît menacé dans l'immédiat, mais en cas de rupture complète avec décrochement important en partie haute, il faut se prémunir de tout phénomène régressif.
- Eviter un nouveau terrassement général et la substitution complète des remblais argileux par des matériaux rocheux.
- Rétablir le profil du talus et maintenir un talus avec des déformations superficielles limitées. Si possible permettre une végétalisation arbustive ou même un boisement.

### Maintien du pied de talus et de la berge

- Le soutènement doit présenter une fiche suffisante et une résistance au cisaillement importante pour assurer un clouage vertical en pied de glissement. Il faut offrir un effort de cisaillement résistant élevée au vu de la masse instable. Il faudra parallèlement assurer un drainage de la masse des remblais argileux au-dessus du niveau du canal, pour éviter leur saturation.

Le soutènement doit également présenter une inertie importante pour reprendre les sollicitations de flexion et limiter les déformations propres.

Il faut ainsi prévoir le forage de pieux en tubes métalliques, par exemple de diamètre 800 à 1200 mm, avec un espacement limité (à déterminer), encastrés dans la marne de bonnes caractéristiques mécaniques. Ces pieux doivent permettre un « clouage » des sols pour stabiliser le glissement, par apport d'un effort de cisaillement résistant important.

Pour une hauteur libre de l'ordre de 3,5 m, la longueur des tubes métalliques pourrait être de l'ordre de 8 à 10 m. L'espace entre pieux peut être comblé avec des palplanches métalliques de fort module (rideau mixte).

- Ceci suppose la mise en place d'une machine de pieux de forte puissance. Elle serait amenée par barge, pourrait travailler éventuellement sur une plate-forme en remblai provisoire dans le canal.
- Le dimensionnement serait effectué d'une part comme un clouage vertical de surface de glissement (module spécifique du logiciel Talren 6), et d'autre part comme un soutènement, avec majoration de la poussée (prise en compte de sol arrière de faible résistance au cisaillement, différentiel de niveau d'eau...). On peut éventuellement mettre en œuvre les pieux de clouage dans le pied du talus, mais il faut alors en plus assurer un soutènement de la berge par un autre ouvrage, sachant que se pose le problème de l'encastrement d'éléments mis en œuvre par battage (ou alors créer une berge talutée devant le clouage par pieux ?).

## Reprise du talus – drainage

- Dans la mesure du possible, terrassement du talus puis réduire au maximum la pente. Ceci est conditionné par la nécessité de laisser une zone de circulation à l'amont.

Cependant, une solution reposant uniquement sur un reprofilage ne sera pas suffisante.

- Réalisation d'éperons drainants sur toute la hauteur du talus, à l'aide d'une pelle hydraulique à bras long. A titre indicatif, on prévoirait des éperons de 0,8 m de largeur minimum, espacés de 4 m entre axe. De petits « éperons » ont été réalisés juste devant la conduite avant le remblaiement en argile, mais il n'y a pas eu d'éperons dans la masse des remblais argileux traités à la chaux.

Les éperons seront plus efficaces à long terme s'ils sont entourés d'un géotextile de séparation de forte résistance à la traction et au déchirement (mise en place en fond de tranchée avec lestage en grave, et maintien en tête pendant le remplissage).

- Leur profondeur par rapport à la surface du talus restauré devrait être d'au moins 5 m en pied de talus, et devrait si possible atteindre 7 m en crête.

Au vu de cette profondeur, il faudrait envisager un pré-terrassement en partie haute, par exemple une plate-forme provisoire avec talus amont de 3 à 4 m de hauteur. Le remblaiement serait alors réalisé en matériaux rocheux, éventuellement avec couverture pour végétalisation.

## **7. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET**

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission d'étude de diagnostic géotechnique. Cette mission G5 confiée à GÉOTEC a permis de rechercher la surface de glissement et de mesurer son évolution, de mesurer les caractéristiques des sols glissés et en place, et d'estimer les conditions de stabilité.

Il a permis de donner un avis sur les causes des désordres, et sur les moyens confortatifs à envisager.

Le suivi inclinométrique est toujours en cours, ainsi que le suivi du piézomètre automatique.

Les moyens confortatifs retenus à l'issue de ce diagnostic devront faire l'objet d'un dimensionnement dans le cadre d'une mission géotechnique G2PRO.

Nous restons à la 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 connaître 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'article 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 indemnités 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-cotation 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 maître 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-cotation 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.

Enchaînement 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) <b>Phase Etude de Site (ES)</b>		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) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		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) <b>Phase Avant-projet (AVP)</b>		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 ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		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)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)</b>	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 ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	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)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)</b>	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.

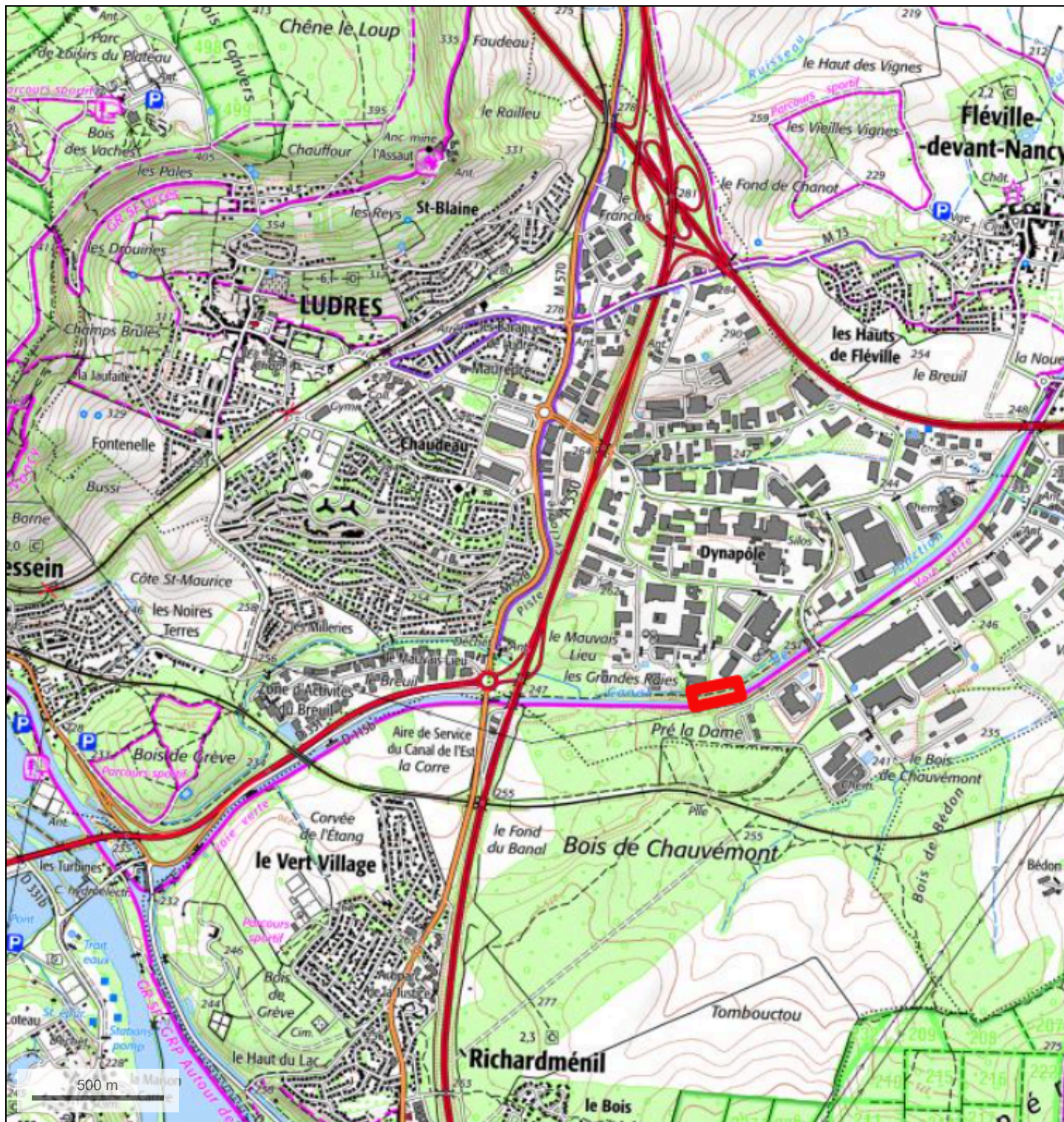
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre 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)

# ANNEXES

## Annexe 1 – Plan de situation



## Situation

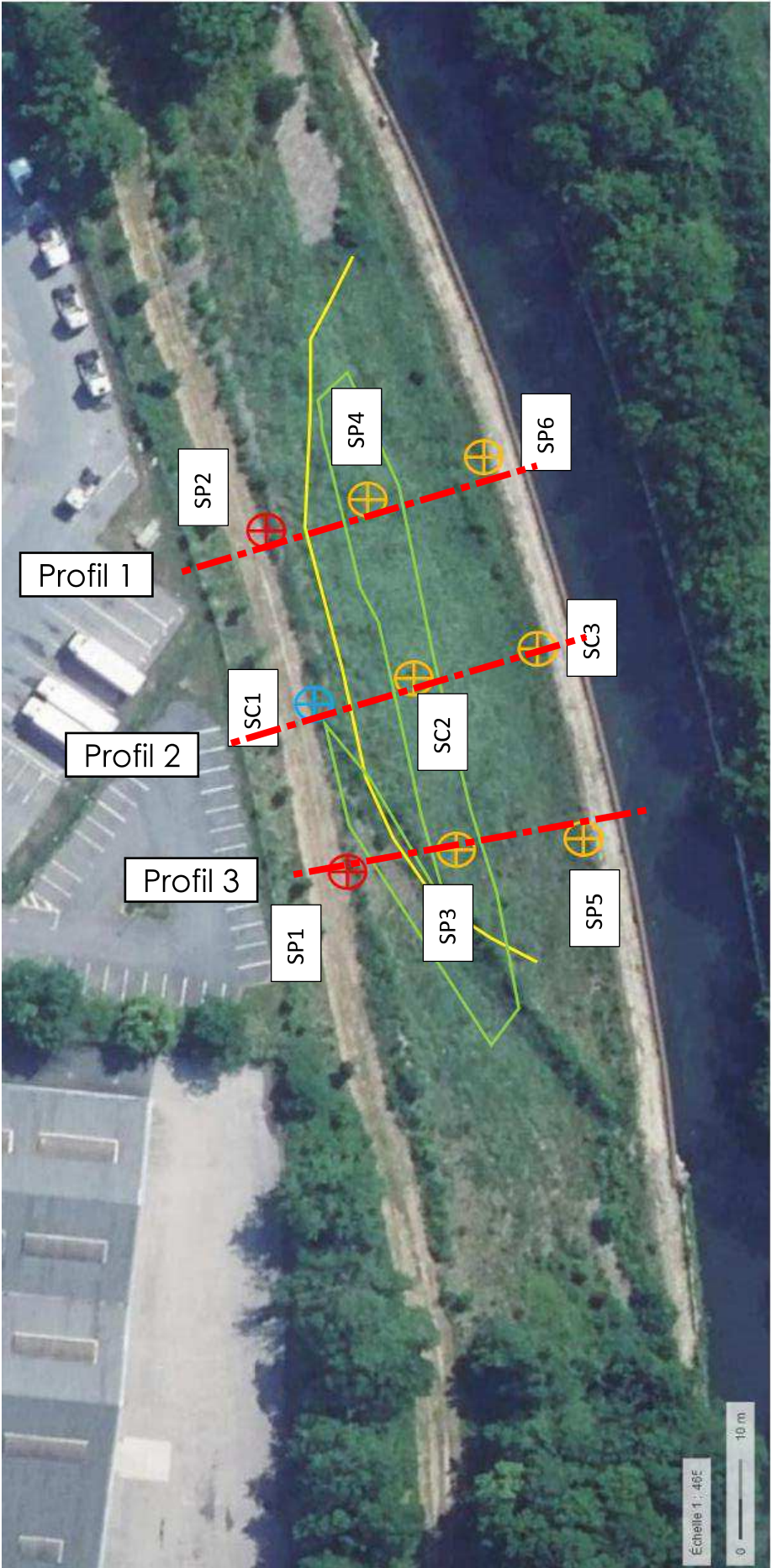


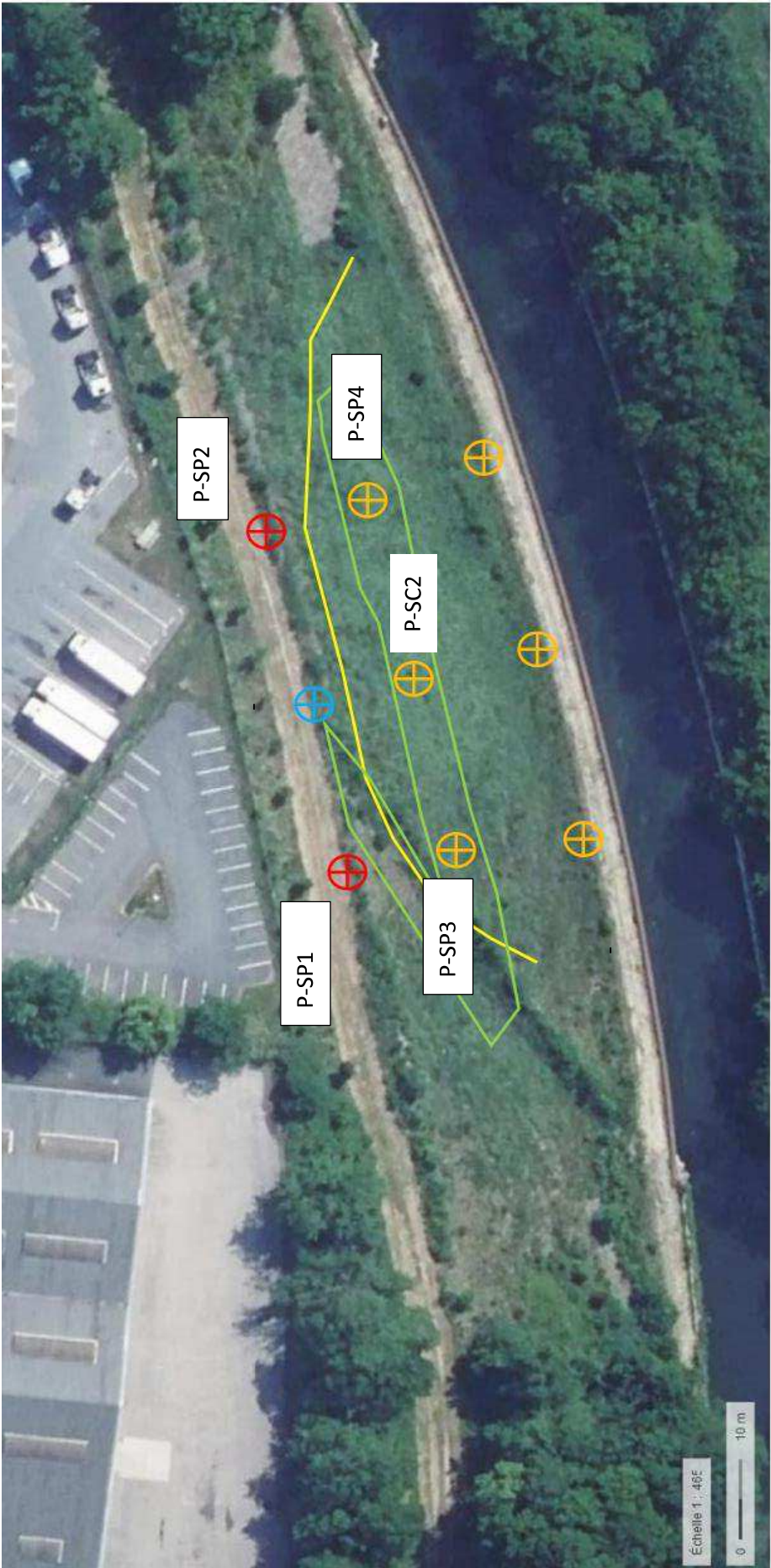
© IGN 2023 - [www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales](http://www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales)

Longitude : 6° 13' 15" E  
Latitude : 48° 36' 48" N

## Annexe 2 – Plans d'implantations





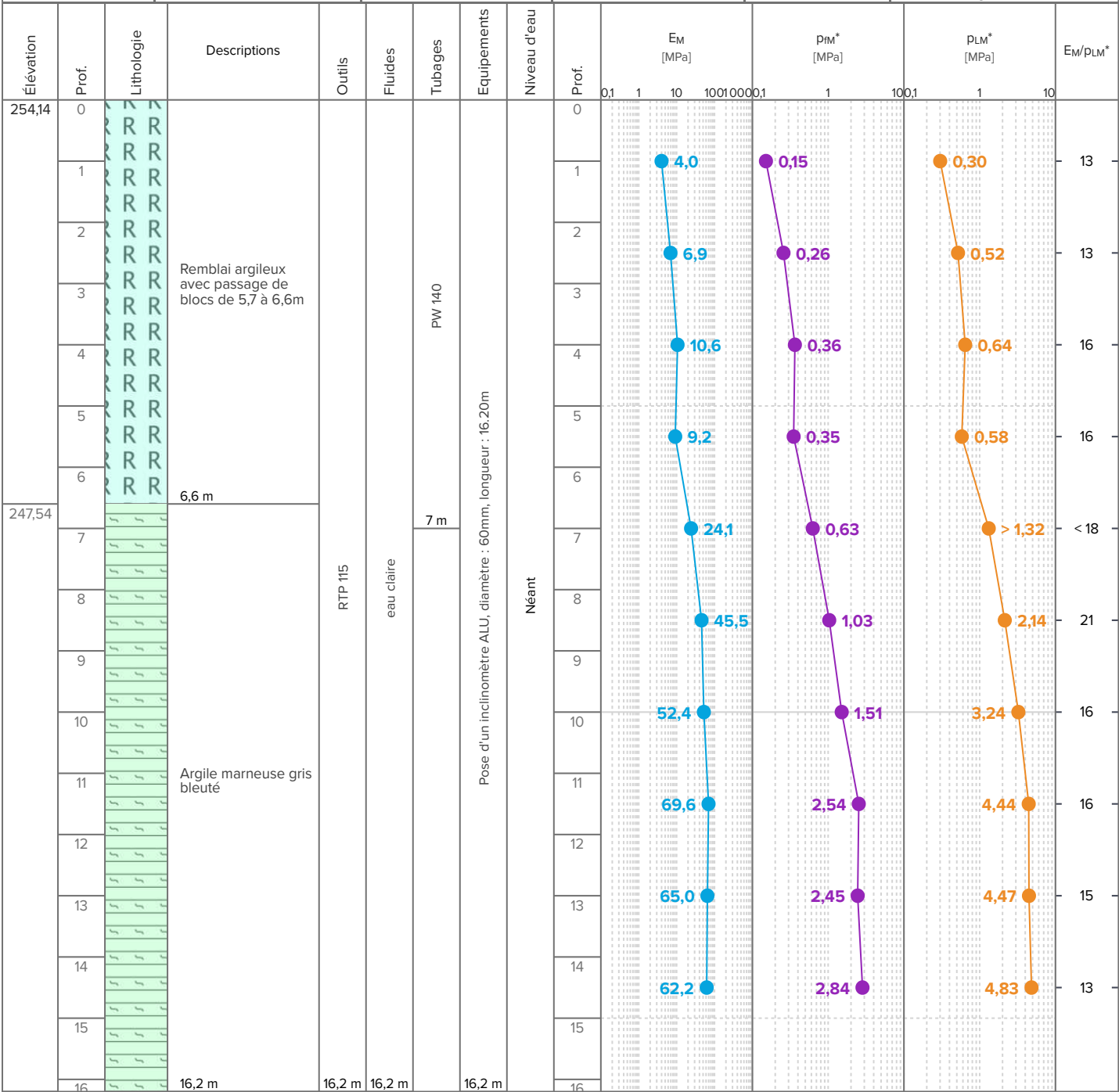




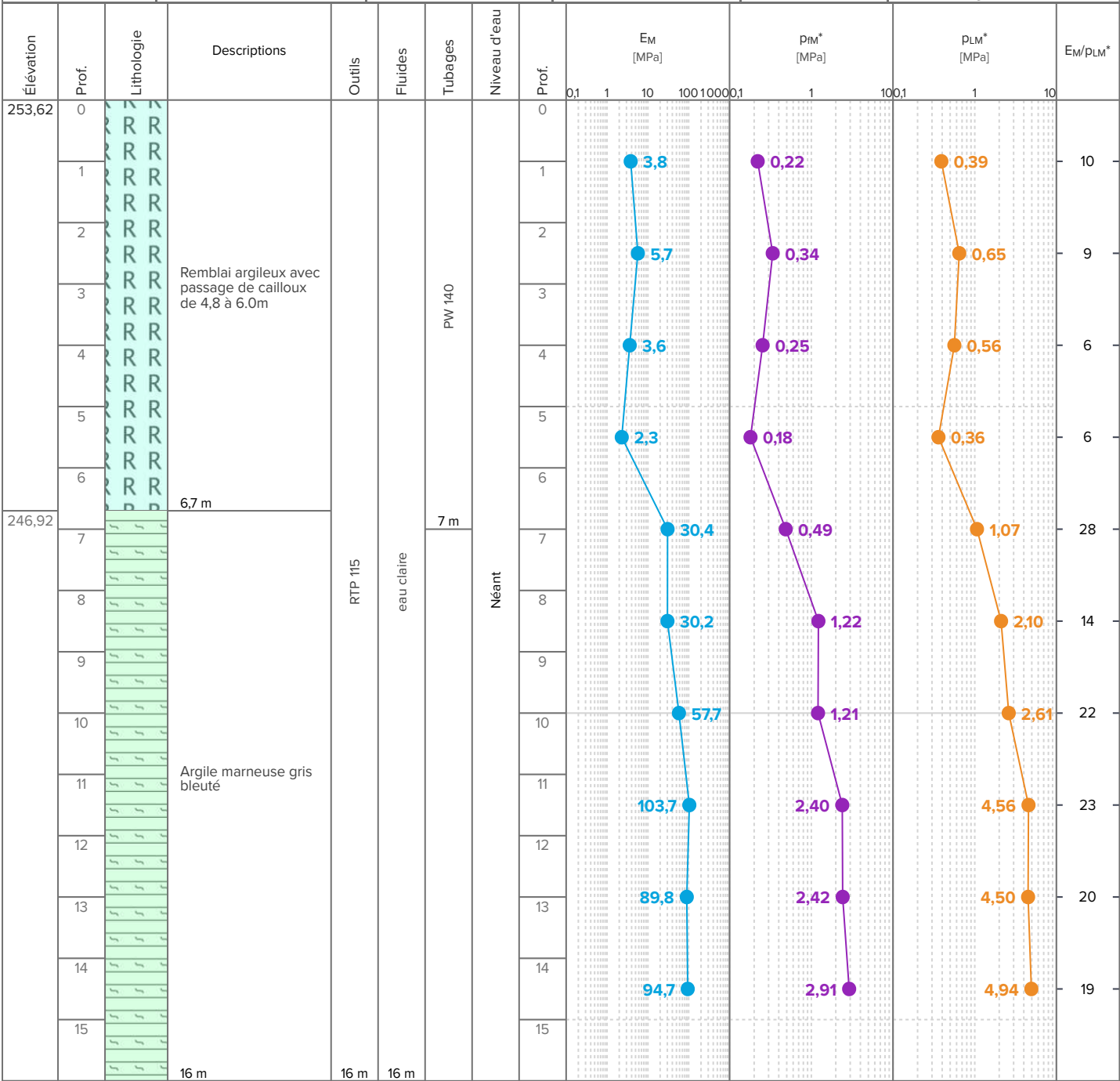


## Annexe 3 – Sondages et essais

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 800,23	6 839 018,68	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+254,14 m	16,2 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début		Machine	Opérateur
SP1	Pressiomètre	25/04/2024		225	Non renseigné



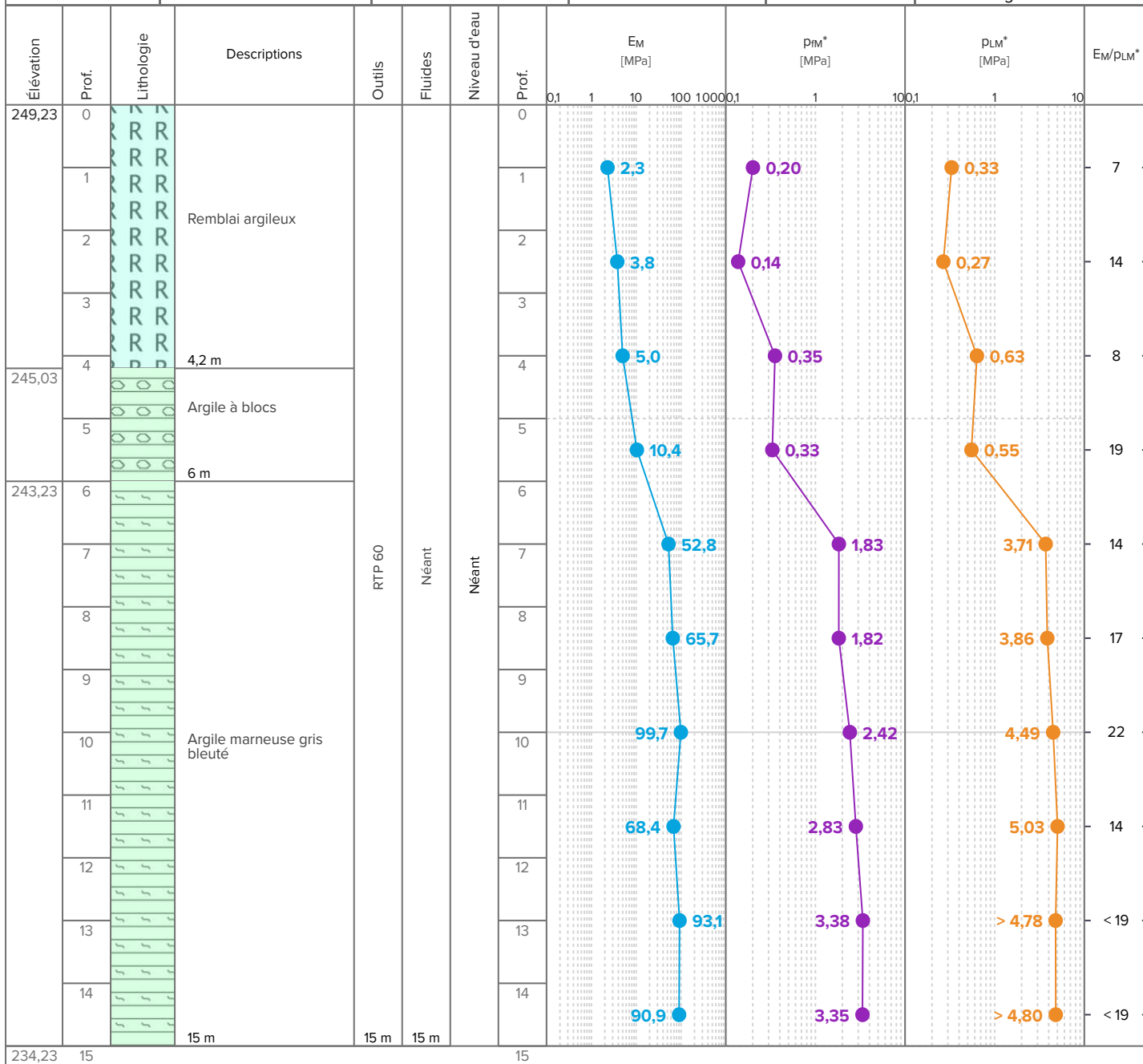
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934851,73	6839 033,46	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+253,62 m	16,06 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP2	Pressiomètre	18/04/2024	18/04/2024	225	Non renseigné




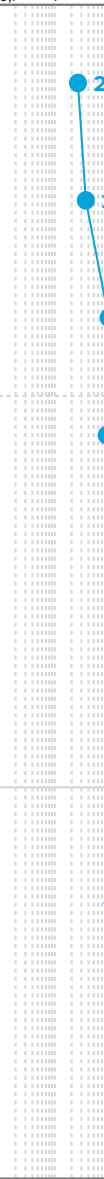
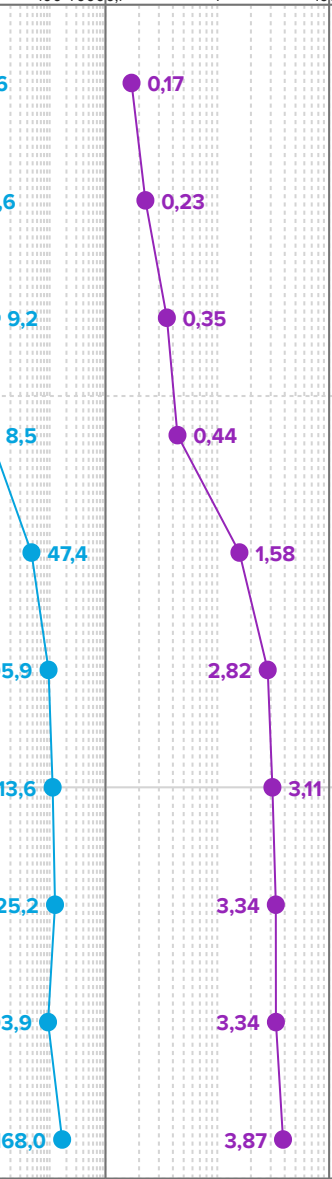
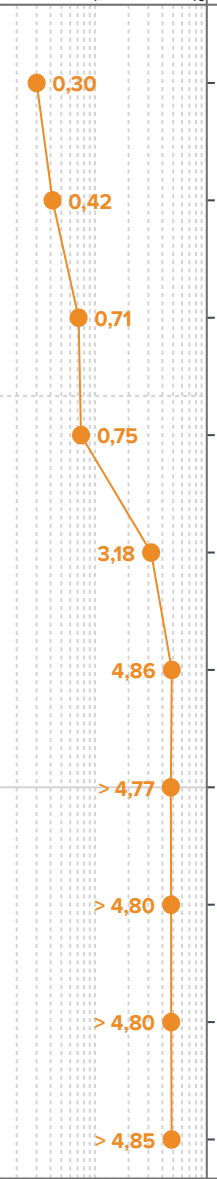








## Sondage SP3

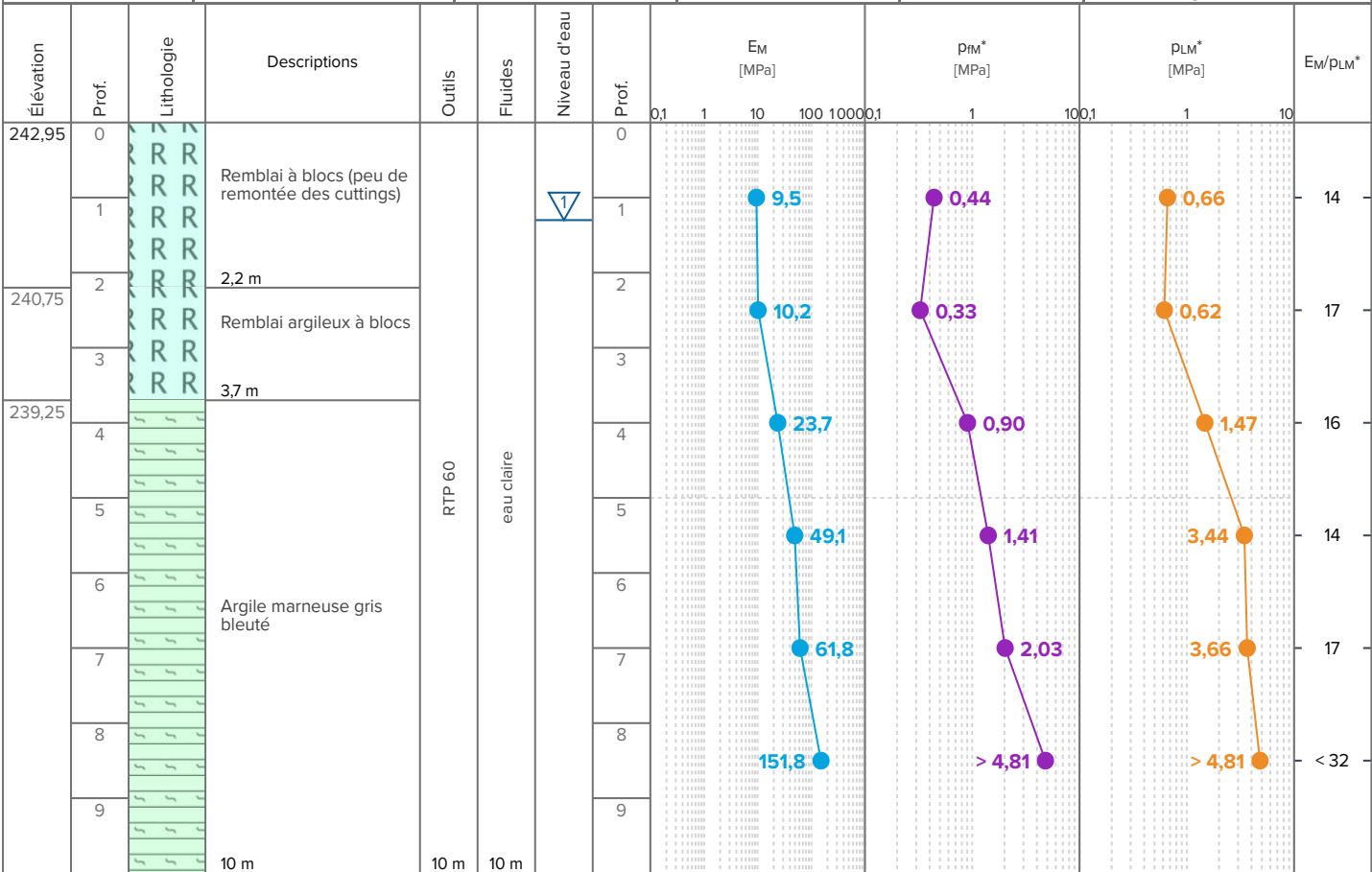
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 801,07	6839 005,99	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,23 m	15,18 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP3	Pressiomètre	09/04/2024	09/04/2024	225	Non renseigné



Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 854,59	6 839 023,26	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,32 m	15,04 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP4	Pressiomètre	08/04/2024	08/04/2024	225	Non renseigné

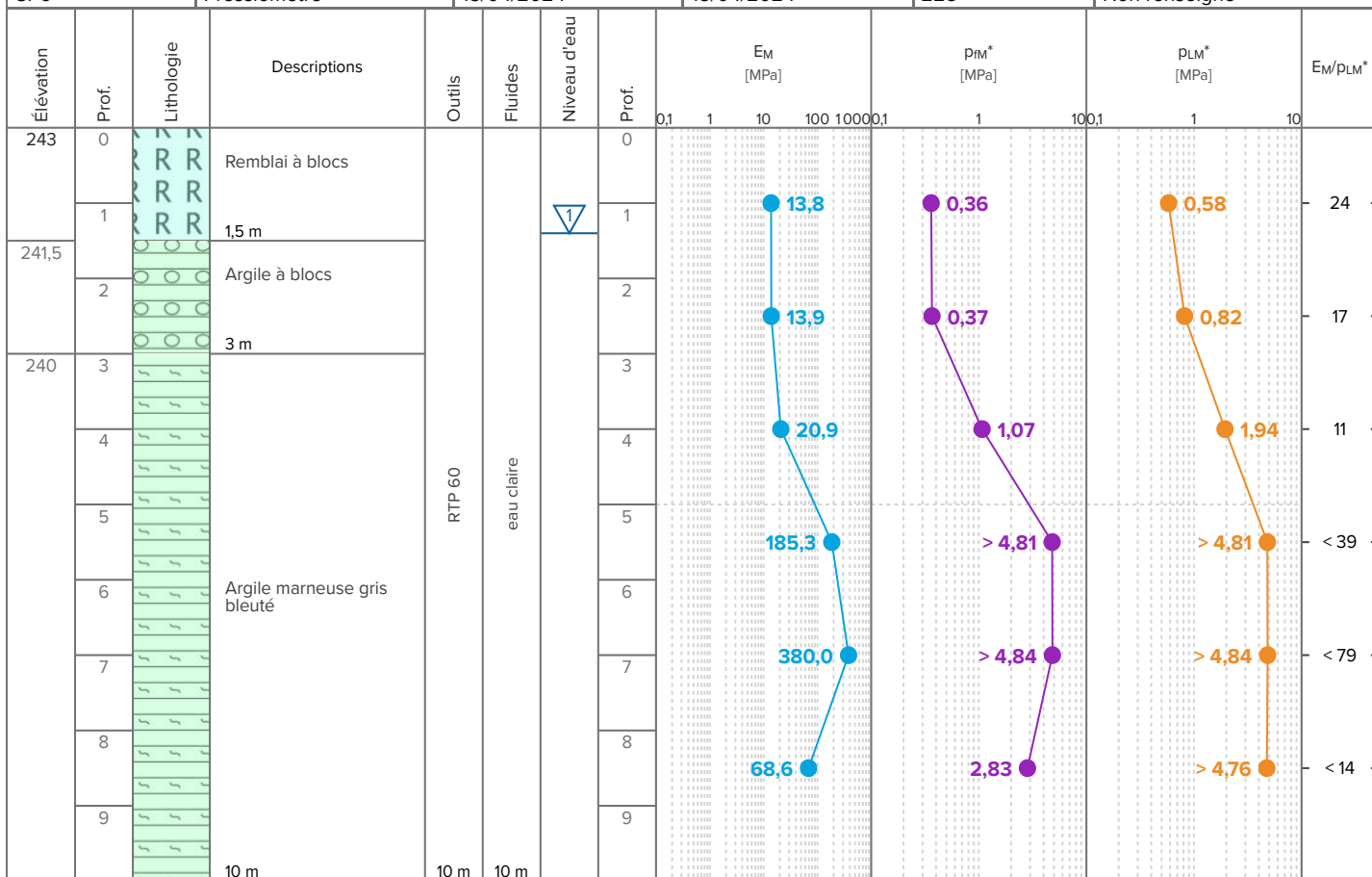
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Niveau d'eau	Prof.	E <sub>M</sub> [MPa]					p <sub>M</sub> * [MPa]			p <sub>LM</sub> * [MPa]			E <sub>M</sub> /p <sub>LM</sub> *	
								0,1	1	10	100	1000	0,1	1	100	0,1	1	10		
249,32	0		Remblai : argile grisâtre	RTP 60	Néant	Néant	0				9									
	1						2,6	0,17	0,30	9										
	2						3,6	0,23	0,42	9										
246,32	3		Remblai : argile				3													
	4						4	9,2	0,35	0,71	13									
244,62	5		Remblai à blocs				5	8,5	0,44	0,75	11									
243,82	6						6													
	7						7	47,4	1,58	3,18	15									
	8						8													
	9						9	95,9	2,82	4,86	20									
	10						10	113,6	3,11	> 4,77	24									
	11		Argile marneuse gris bleuté				11													
	12						12	125,2	3,34	> 4,80	< 26									
	13						13	93,9	3,34	> 4,80	20									
	14						14	168,0	3,87	> 4,85	< 35									
234,32	15		15 m	15 m	15 m		15													

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 802,58	6 838 987,01	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+242,95 m	10,12 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP5	Pressiomètre	11/04/2024	11/04/2024	225	Non renseigné



## Sondage SP6

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 862,39	6 839 006,82	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+243,0 m	10,02 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP6	Pressiomètre	15/04/2024	15/04/2024	225	Non renseigné



Sondage SP1

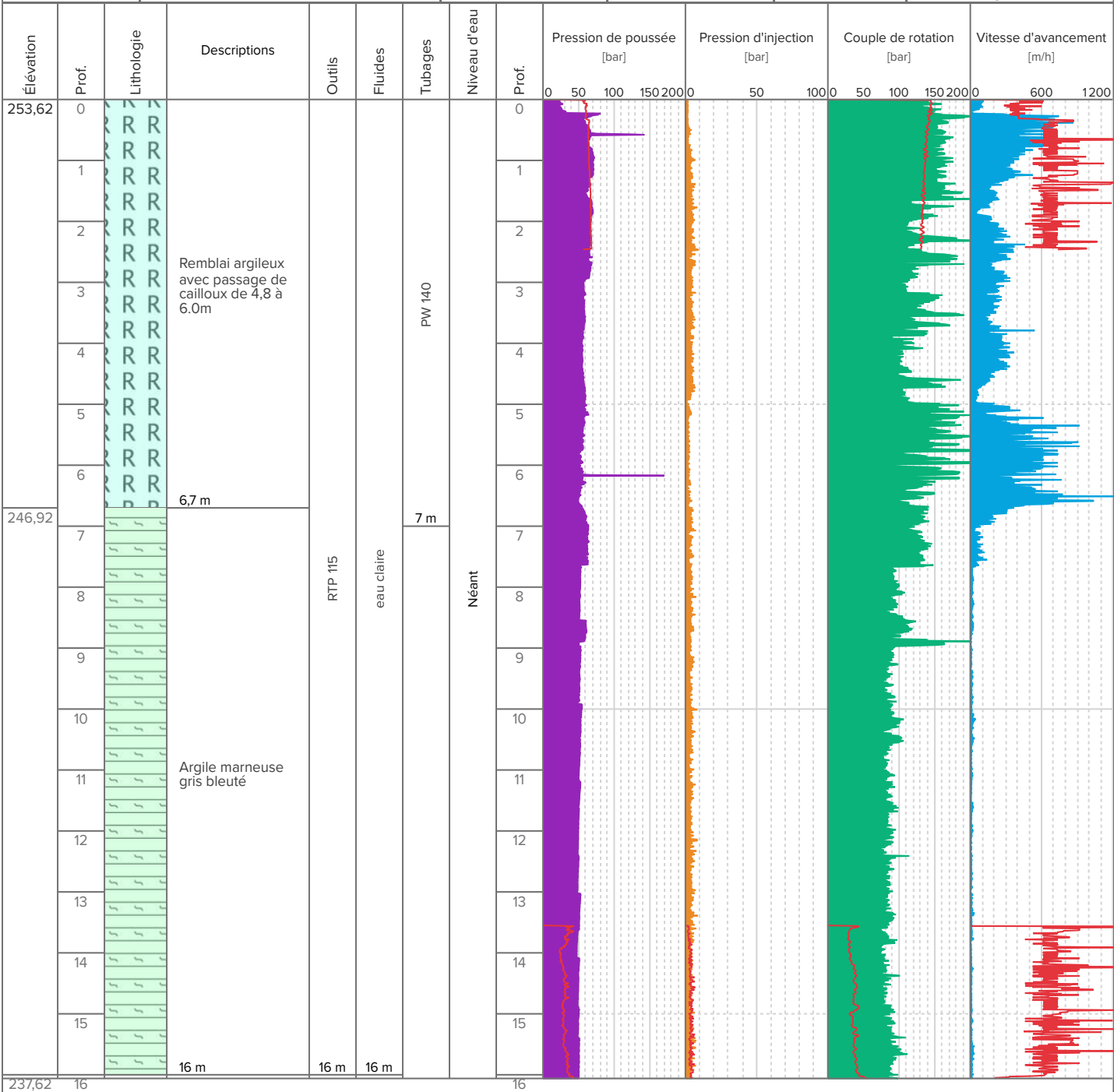
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
934 800,23	6 839 018,68	RGF93 / Lambert-93		Mètre
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
+254,14 m	16,2 m	0,0 °	NGF	Décimètre

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP1.txt	Paramètres destructifs	25/04/2024	25/04/2024	225	Non renseigné

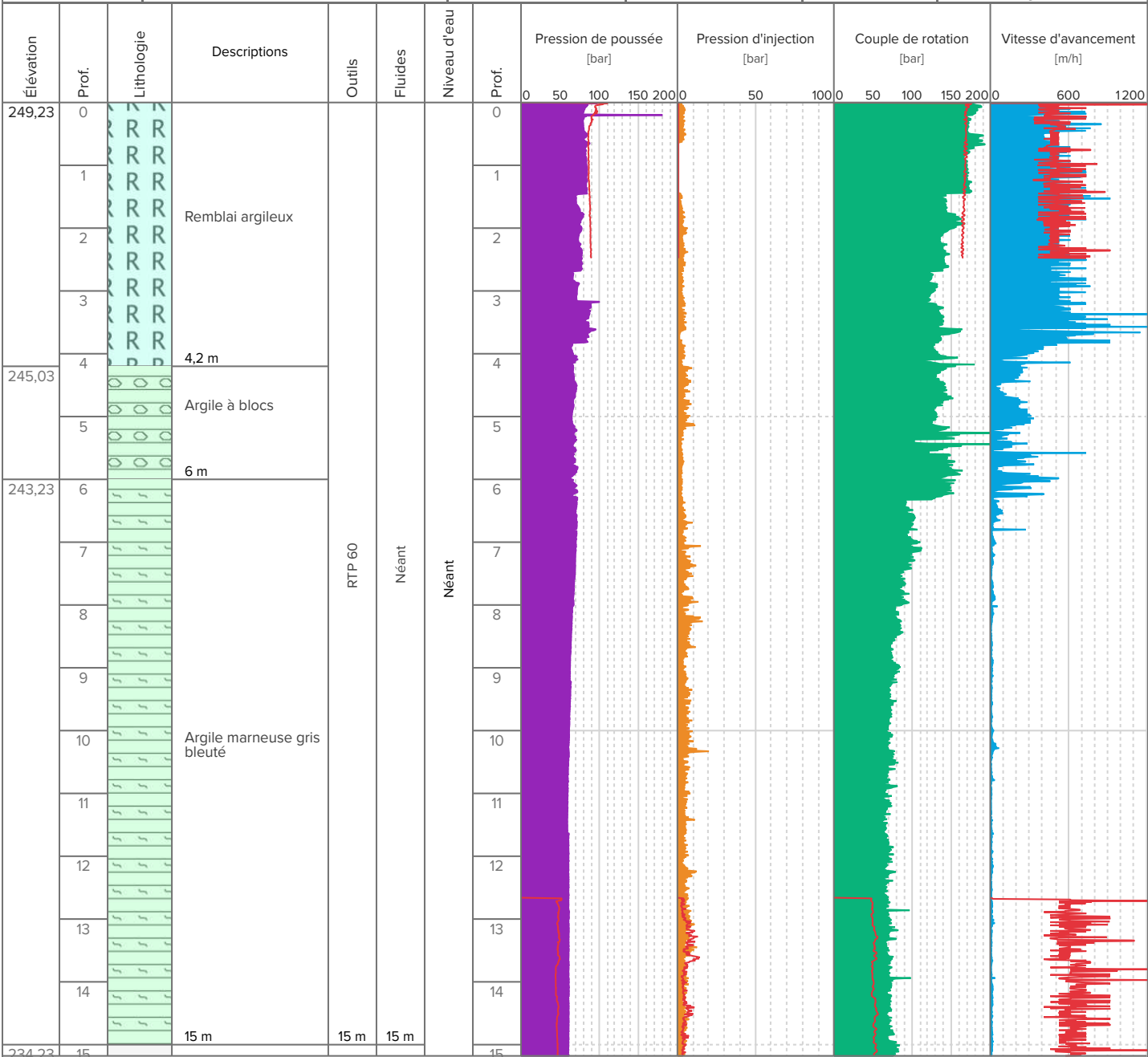
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Equipements	Niveau d'eau	Prof.	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Couple de rotation [bar]	Vitesse d'avancement [m/h]			
254,14	0		Remblai argileux avec passage de blocs de 5,7 à 6,6m	RTP 115	eau claire	PW 140	Pose d'un inclinomètre ALU, diamètre : 60mm, longueur : 16.20m	Néant	0							
	1								1							
	2								2							
	3								3							
	4								4							
	5								5							
	6								6							
247,54		6,6 m														
	7		Argile marneuse gris bleuté							7 m						
	8					8										
	9					9										
	10					10										
	11					11										
	12					12										
	13					13										
	14					14										
	15			15												
	16		16,2 m	16,2 m	16,2 m		16,2 m									



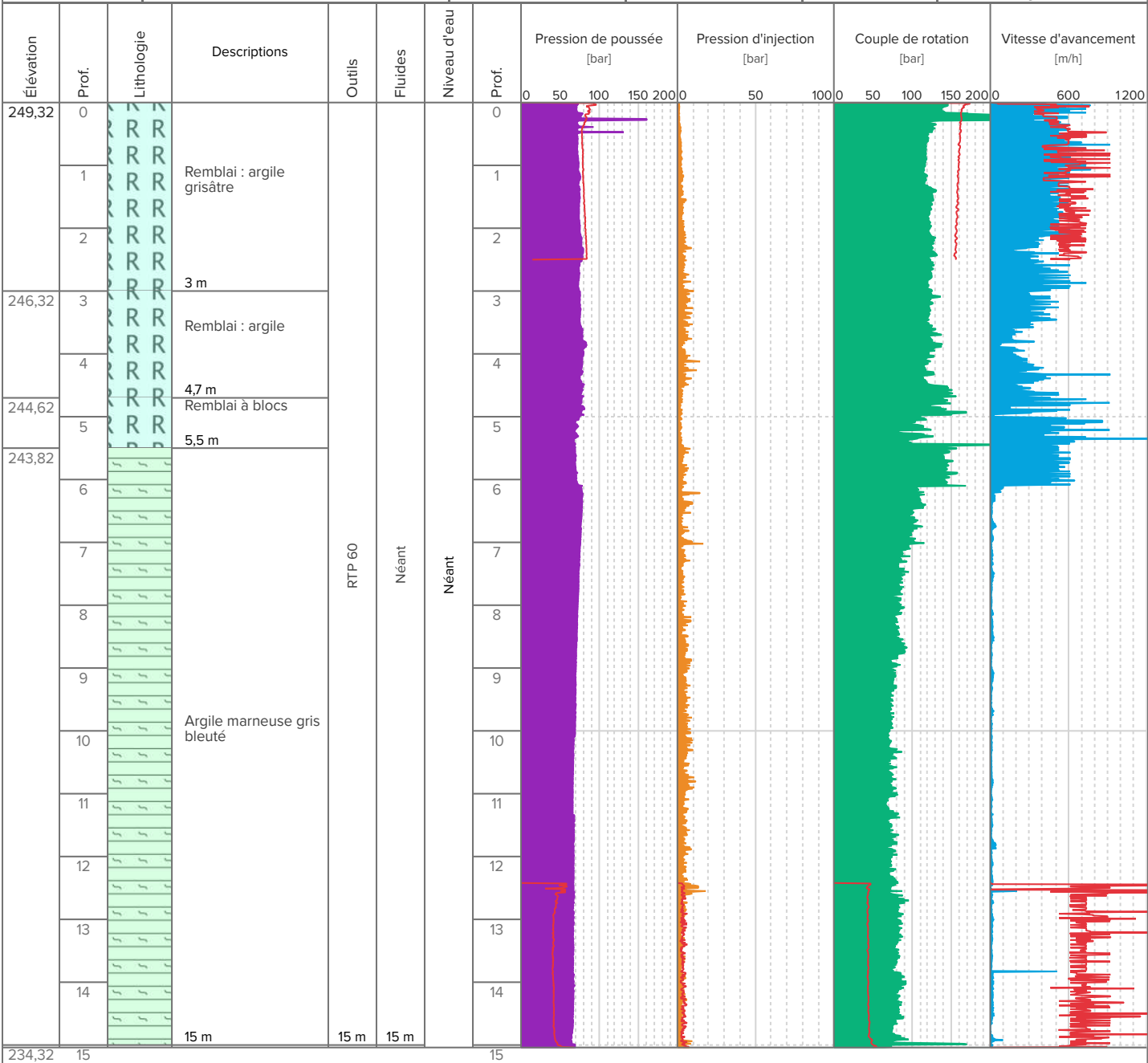
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934851,73	6839033,46	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+253,62 m	16,06 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début		Machine	Opérateur
SP2.txt	Paramètres destructifs	18/04/2024		225	Non renseigné



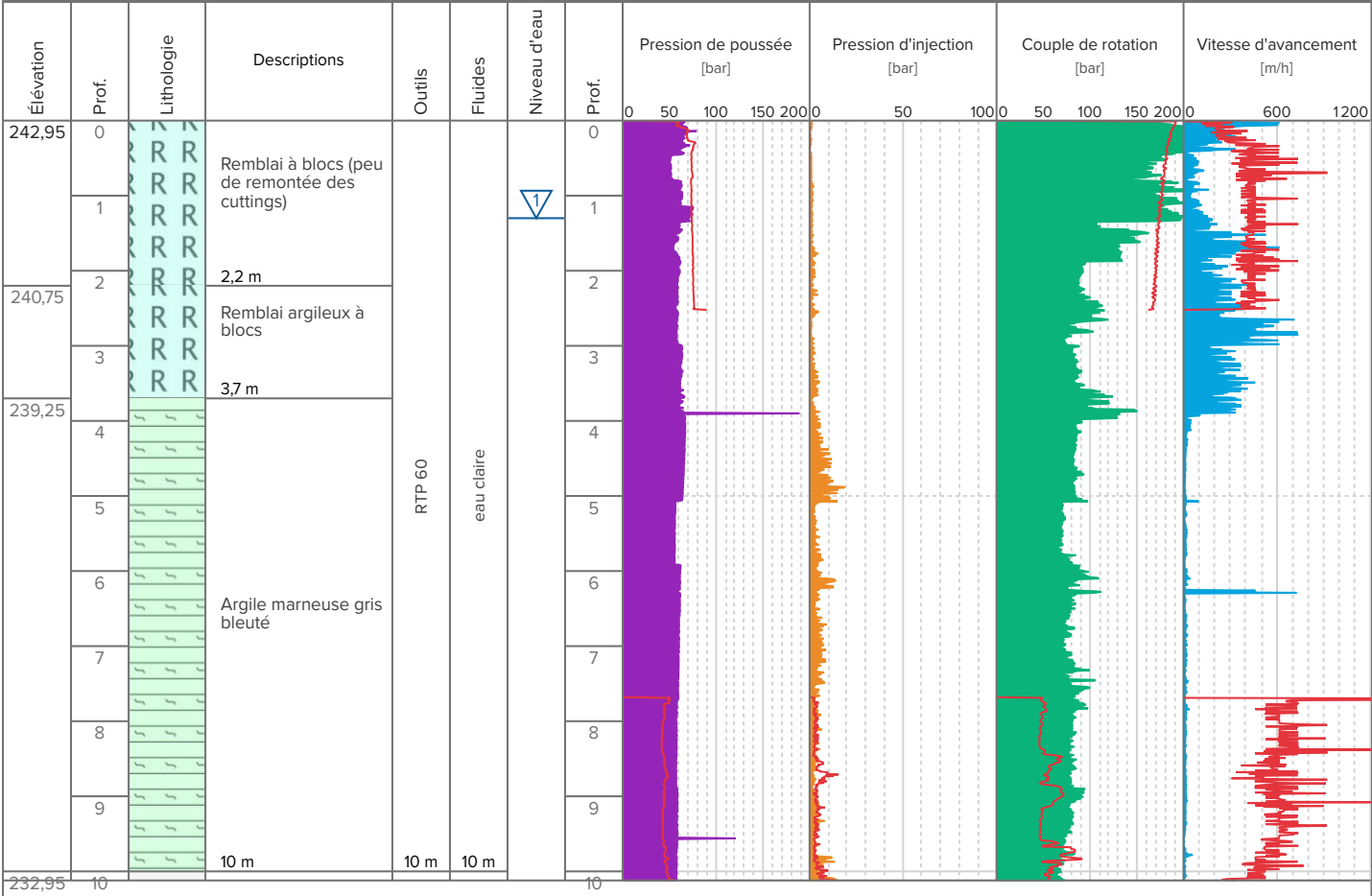
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 801,07	6 839 005,99	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,23 m	15,18 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début		Machine	Opérateur
SP3.txt	Paramètres destructifs	09/04/2024		225	Non renseigné



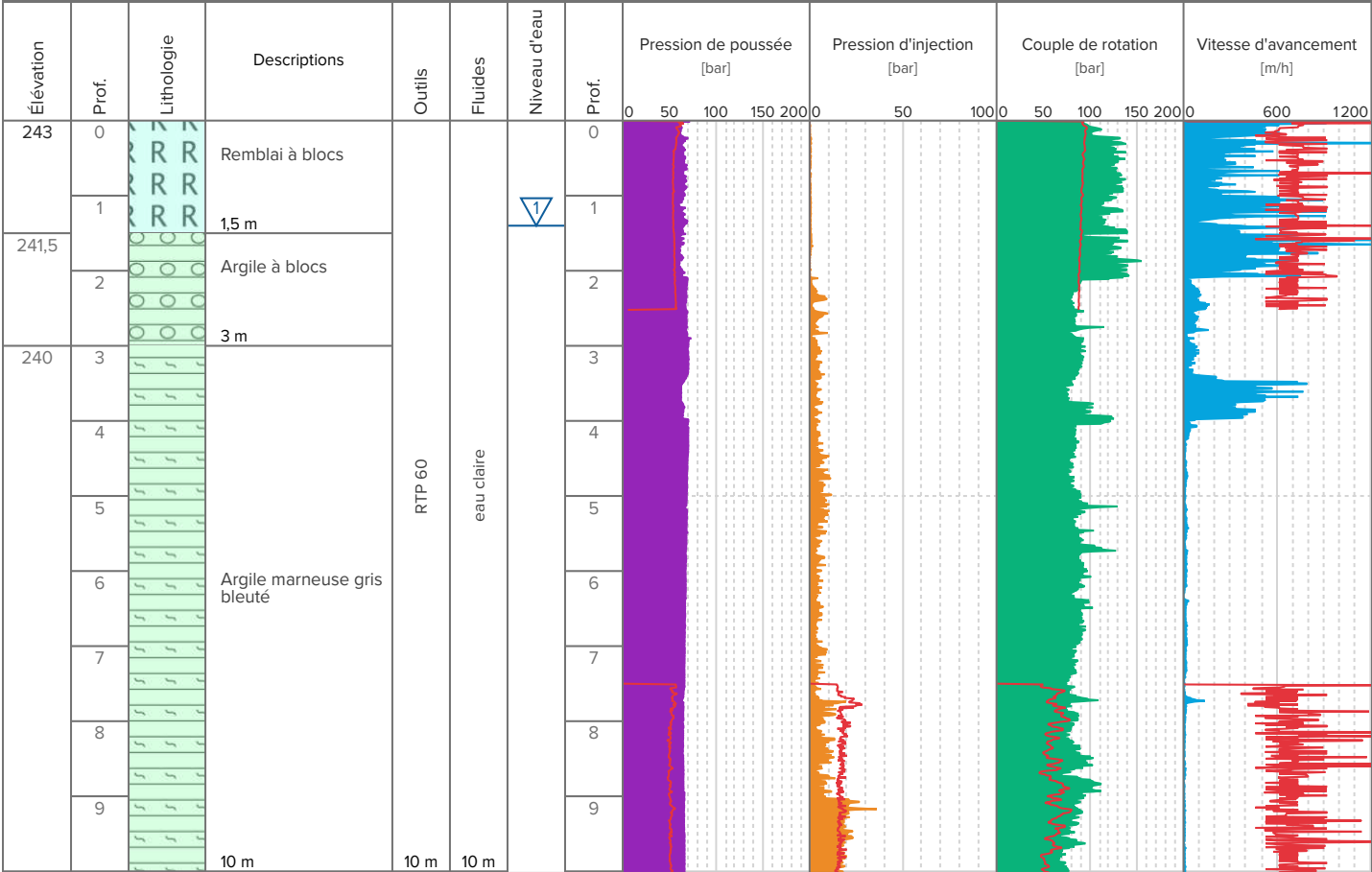
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 854,59	6 839 023,26	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,32 m	15,04 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début		Machine	Opérateur
SP4.txt	Paramètres destructifs	08/04/2024		225	Non renseigné



Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 802,58	6 838 987,01	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+242,95 m	10,12 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP5.txt	Paramètres destructifs	11/04/2024	11/04/2024	225	Non renseigné



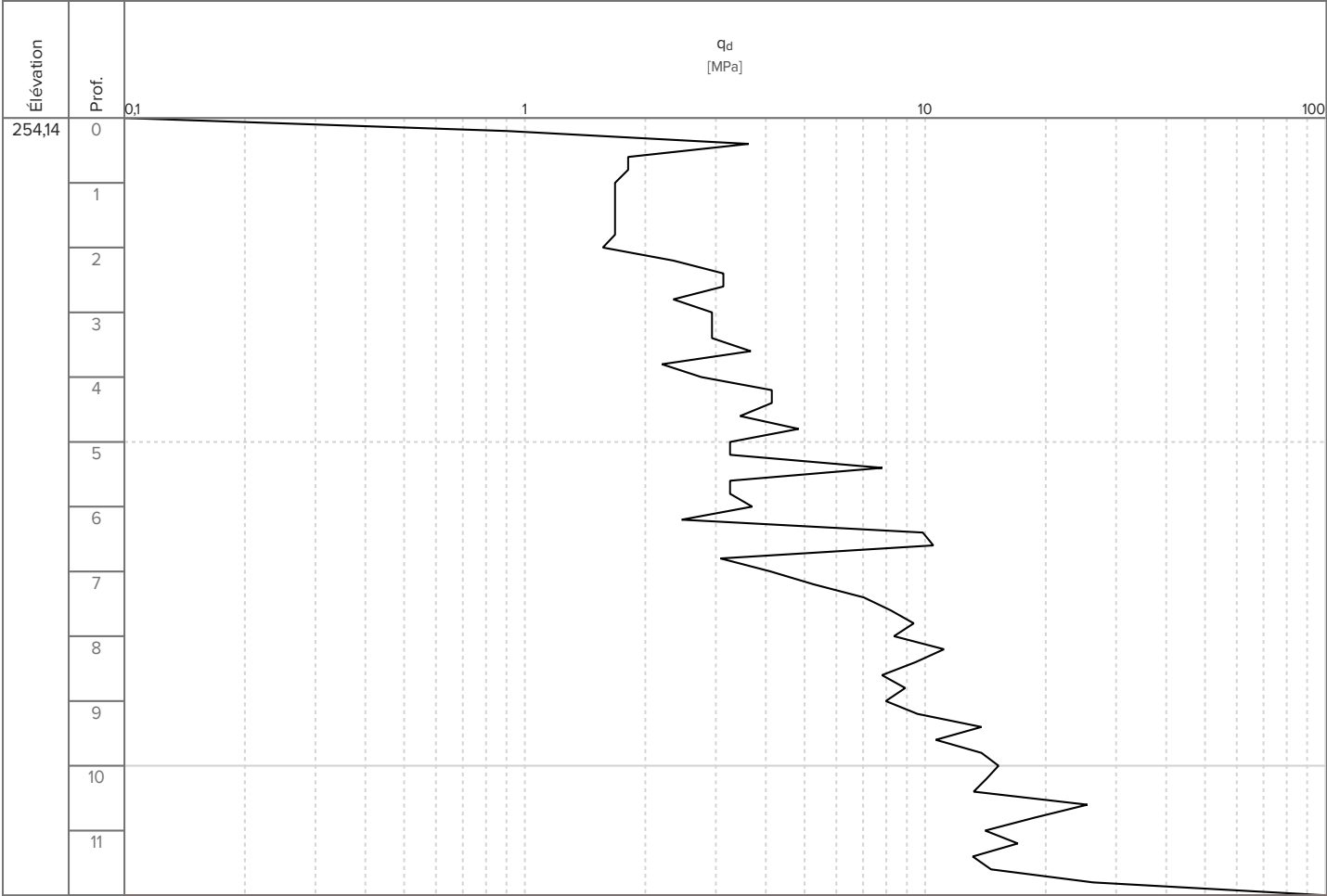
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 862,39	6 839 006,82	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+243,0 m	10,02 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
SP6.txt	Paramètres destructifs	15/04/2024	15/04/2024	225	Non renseigné



<sup>1</sup> 16/04/2024 - Eau en fin de sondage 1,4m



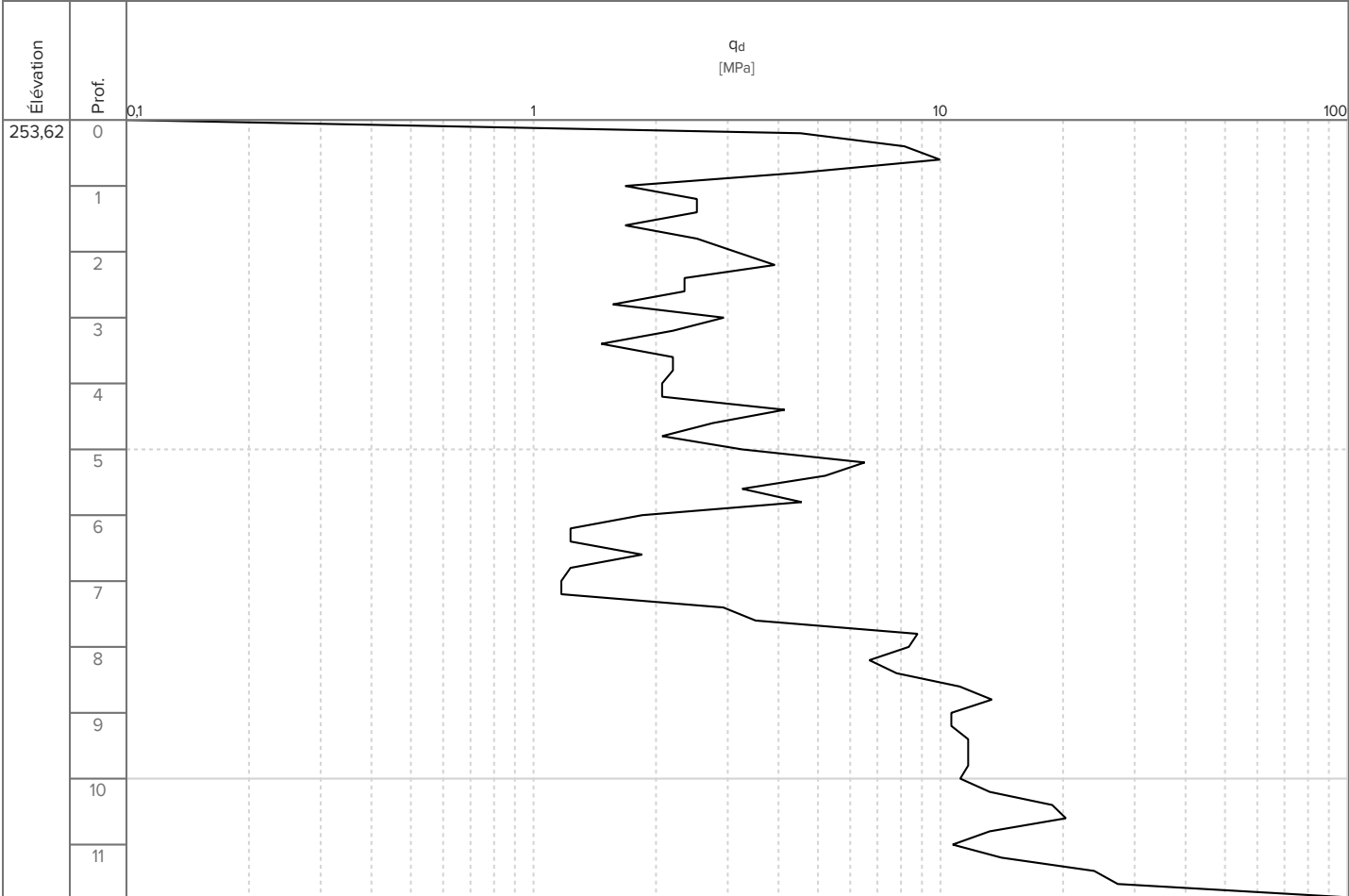
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 800,23	6 839 018,68	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+254,14 m	12,0 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
P-SP1_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	19/04/2024	19/04/2024	Non renseigné	Non renseigné
Type de pénétromètre					Facteur de correction
GTP [GEOTEC]					1,0
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm <sup>2</sup>	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Refus	
Commentaires	Refus à 12.00 m $q_d > 100$ MPa.
soilcloud.tech	

Sondage P-SP2

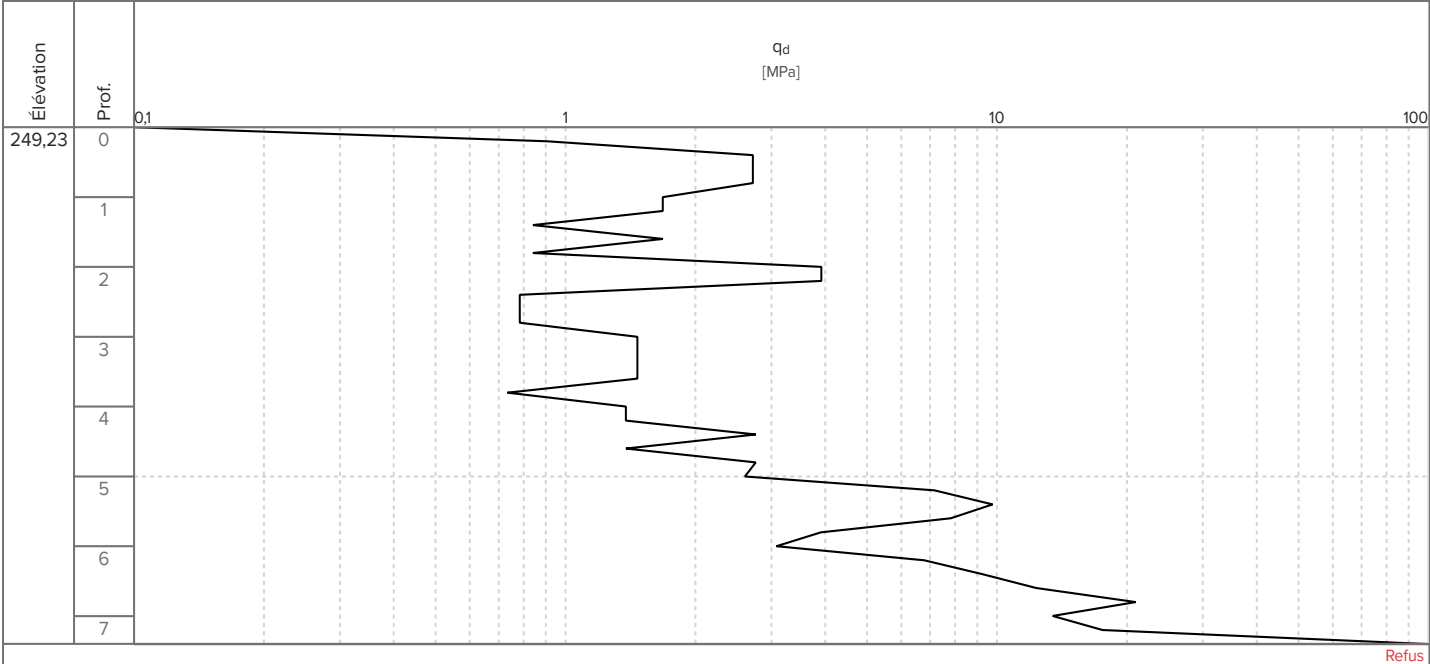
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934851,73	6839033,46	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+253,62 m	11,8 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
P-SP2_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	19/04/2024	19/04/2024	Non renseigné	Non renseigné
Type de pénétromètre				Facteur de correction	
GTP [GEOTEC]				1,0	
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm <sup>2</sup>	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Commentaires	Refus à 11.80 m $q_d > 100$ MPa.
--------------	-------------------------------------

Sondage P-SP3

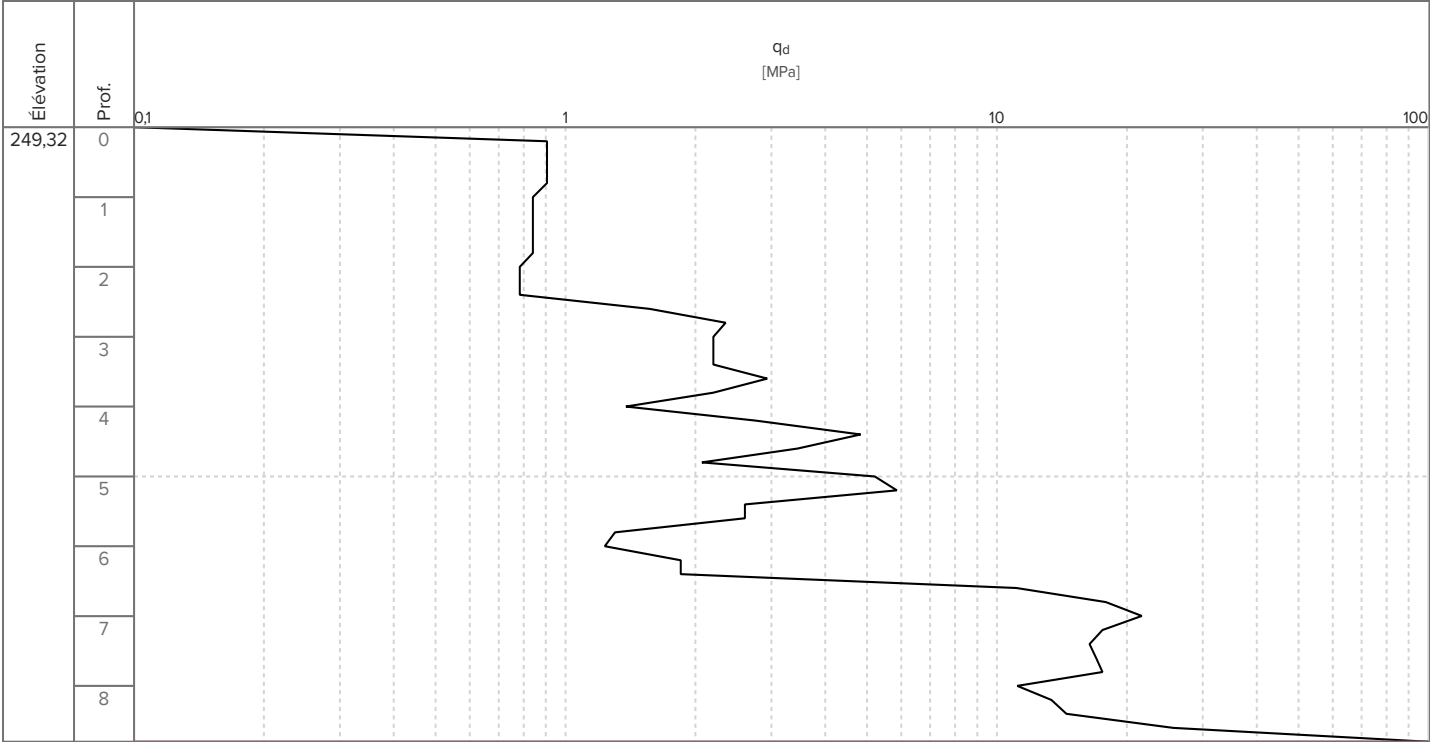
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 801,07	6 839 005,99	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,23 m	7,4 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
P-SP3_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	19/04/2024	19/04/2024	Non renseigné	Non renseigné
Type de pénétromètre				Facteur de correction	
GTP [GEOTEC]				1,0	
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm <sup>2</sup>	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Refus

Commentaires  
Refus à 7.40 m  
qd > 100 MPa.

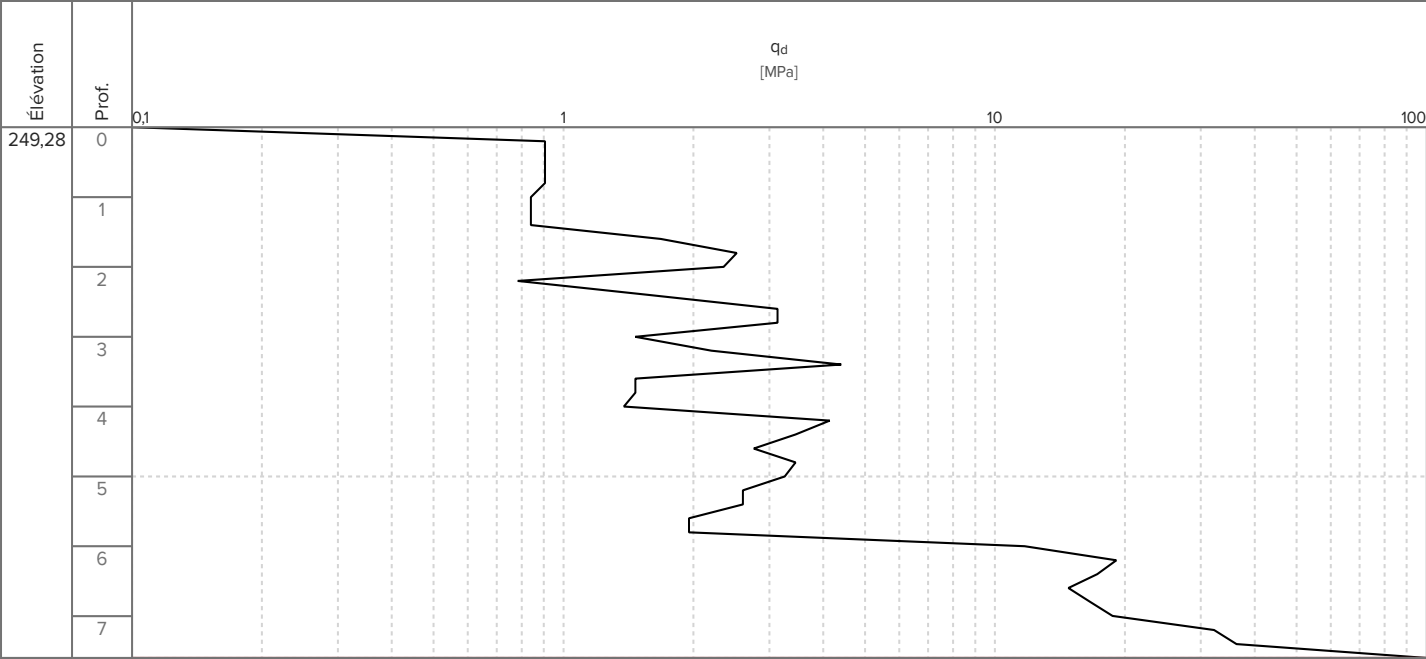
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 854,59	6 839 023,26	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,32 m	8,8 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
P-SP4_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	19/04/2024	19/04/2024	Non renseigné	Non renseigné
Type de pénétromètre				Facteur de correction	
GTP [GEOTEC]				1,0	
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm <sup>2</sup>	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Refus

Commentaires	Refus à 8.80 m q <sub>d</sub> > 100 MPa.
--------------	---














Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	
934 830,38	6 839 016,54	RGF93 / Lambert-93		Mètre	
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	
+249,28 m	7,6 m	0,0 °	NGF	Décimètre	
Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
P-SC2_GTP-EXGTE.txt	Pénétromètre dynamique	19/04/2024	19/04/2024	Non renseigné	Non renseigné
Type de pénétromètre				Facteur de correction	
GTP [GEOTEC]				1,0	
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,43 cm <sup>2</sup>	63,7 kg	10,65 kg	6,31 kg/m	



Commentaires	Refus à 7,60 m q <sub>d</sub> > 100 MPa.
--------------	---



Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
934 828,36	6 839 025,99	RGF93 / Lambert-93		Mètre
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
+253,71 m	10,0 m	0,0 °	NGF	Décimètre
Début	Fin	Machine	Opérateur	
17/04/2024	17/04/2024	225	Non renseigné	

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Equipements	Echantillons	Taux de récupération	Niveau d'eau			
253,71	0		Remblai : argile marneuse avec passages de graves Passage argilo-sablo très humide entre 4 et 4,35 m	ECH 114	PW 140	Piézomètre 51/60mm, longueur : 9,00m, crépiné de 0.60 à 9,60m	EI N°1	100,0 %				
	1						1 m	1 m				
	2						EI N°2	100,0 %				
	3						2,5 m	2,5 m				
	4						EI N°3	87,0 %				
	5						4 m	4 m				
248,21			5,5 m					EI N°4		100,0 %		
	6		Graves calcaires sablo-argileuses / argile et graves					5,5 m		5,5 m		
247,36			6,35 m					EI N°5		100,0 %		
	7		Argile marneuse brune à noire parfois avec cailloutis					7 m		7 m		
	8		8,2 m					EI N°6		100,0 %		
245,51			Argile marneuse gris noir à passages indurés					8,5 m		8,5 m		
	9							9 m		EI N°7	100,0 %	
					10 m					10 m	10 m	

## Sondage carotté SC1



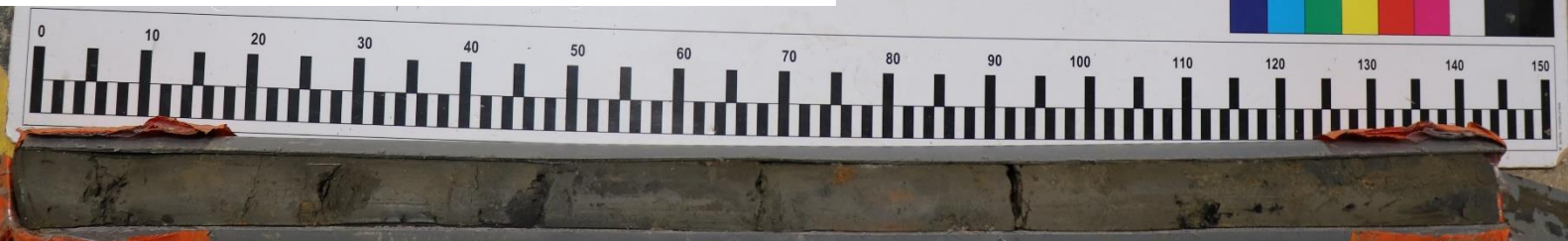
Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 0.00 à 1.00m



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 1.00 à 2.50m



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 2.50 à 4.00m



## Sondage carotté SC1



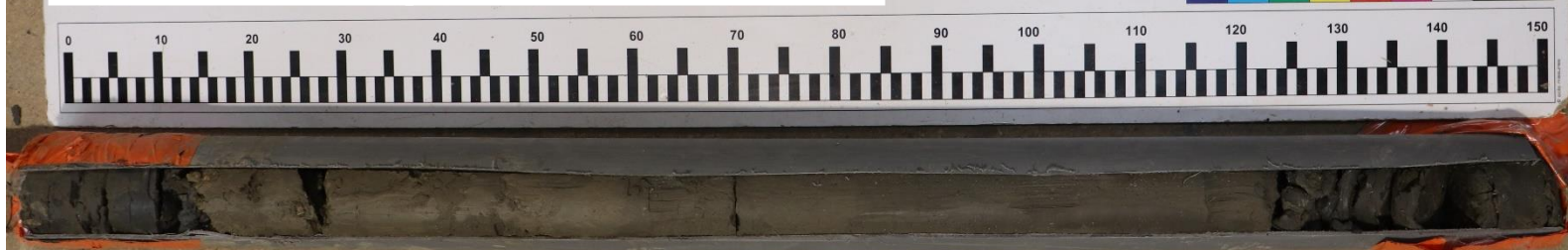
Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 4.00à 5.50m



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 5.50 à 7.00m

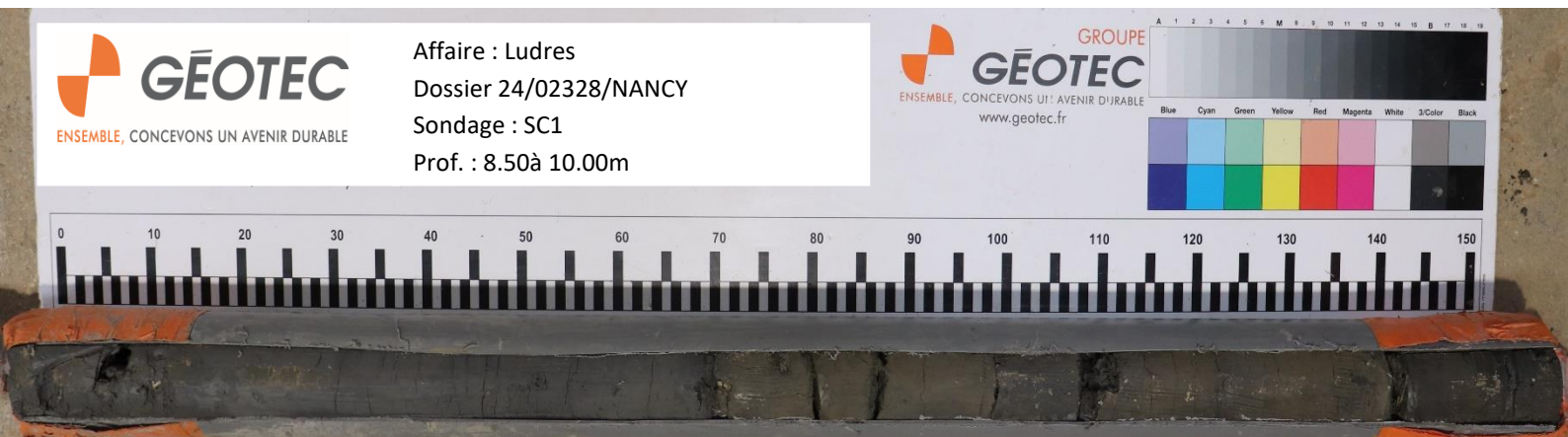


Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC1  
Prof. : 7.00 à 8.50m





## Sondage carotté SC1



Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
934 830,38	6 839 016,54	RGF93 / Lambert-93		Mètre
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
+249,28 m	10,0 m	0,0 °	NGF	Décimètre
Début		Fin	Machine	Opérateur
10/04/2024		10/04/2024	225	Non renseigné

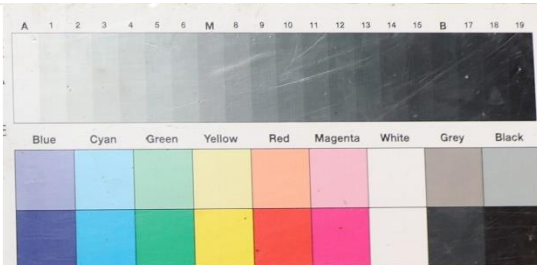
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Echantillons	Taux de récupération	Niveau d'eau
249,28	0		Remblai d'argile avec graves	ECH 114	EI N°1	100,0 %	Néant
	1				1 m	1 m	
					EI N°2	87,0 %	
247,08	2	2,2 m	2,5 m		2,5 m		
	3	Remblai sablo-graveleux et argile graveleuse	EI N°3		67,0 %		
			4 m		4 m		
244,98	4	4,3 m	EI N°4		94,0 %		
	5	Argile marneuse gris brun avec quelques graviers	5,5 m		5,5 m		
243,78	6		Argile marneuse gris noir légèrement indurée		EI N°5	100,0 %	
	7				7 m	7 m	
					EI N°6	100,0 %	
	8				8,5 m	8,5 m	
	9				EI N°7	100,0 %	
		10 m	10 m		10 m		



## Sondage carotté SC2



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC2  
Prof. : 0.00 à 1.00m



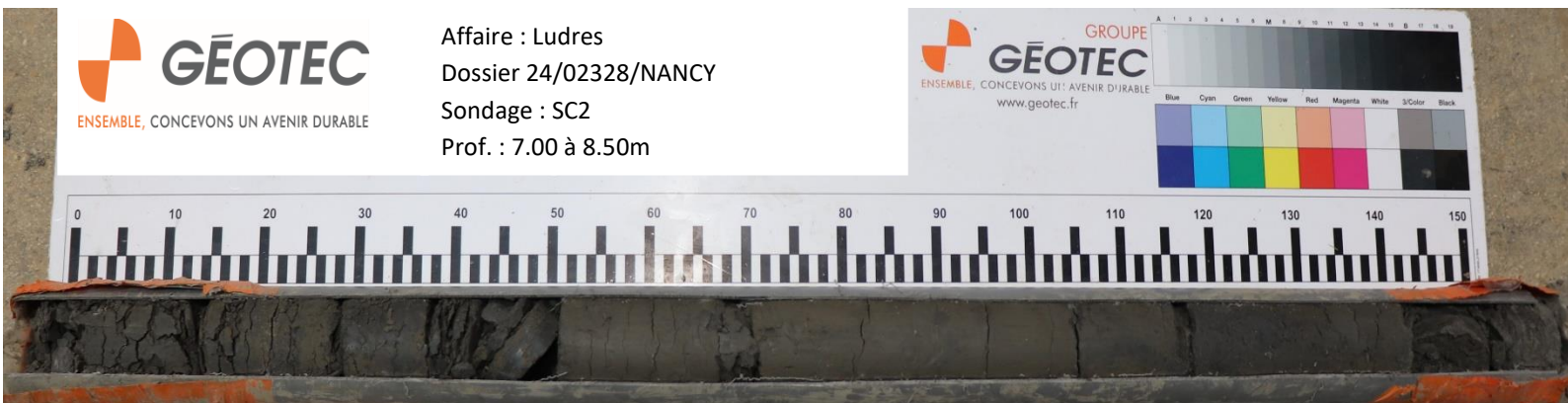
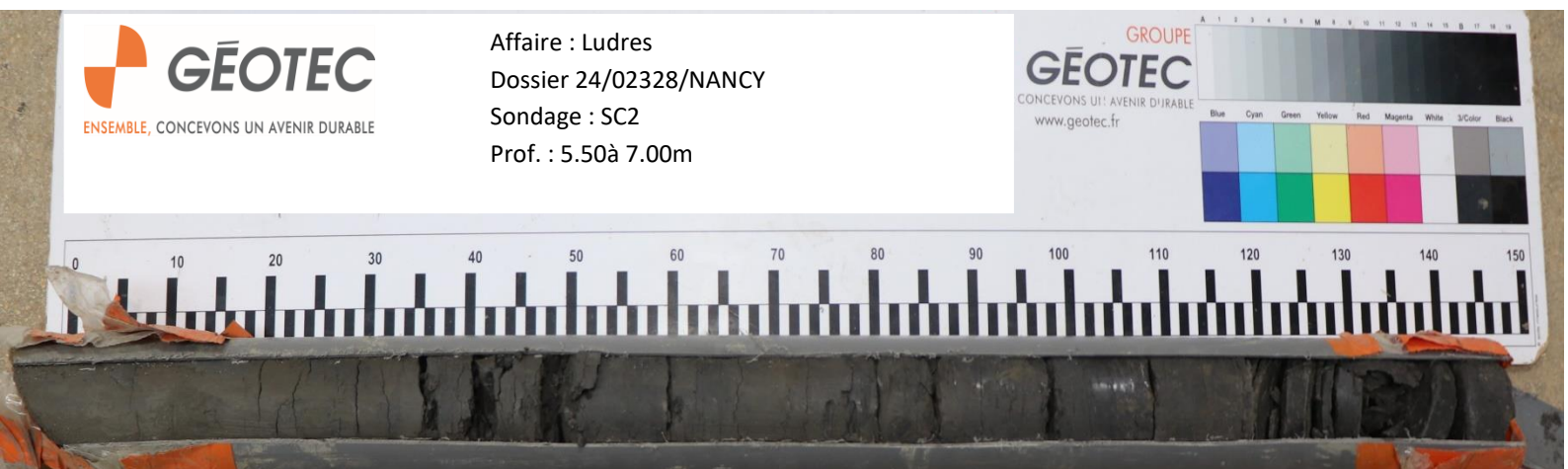
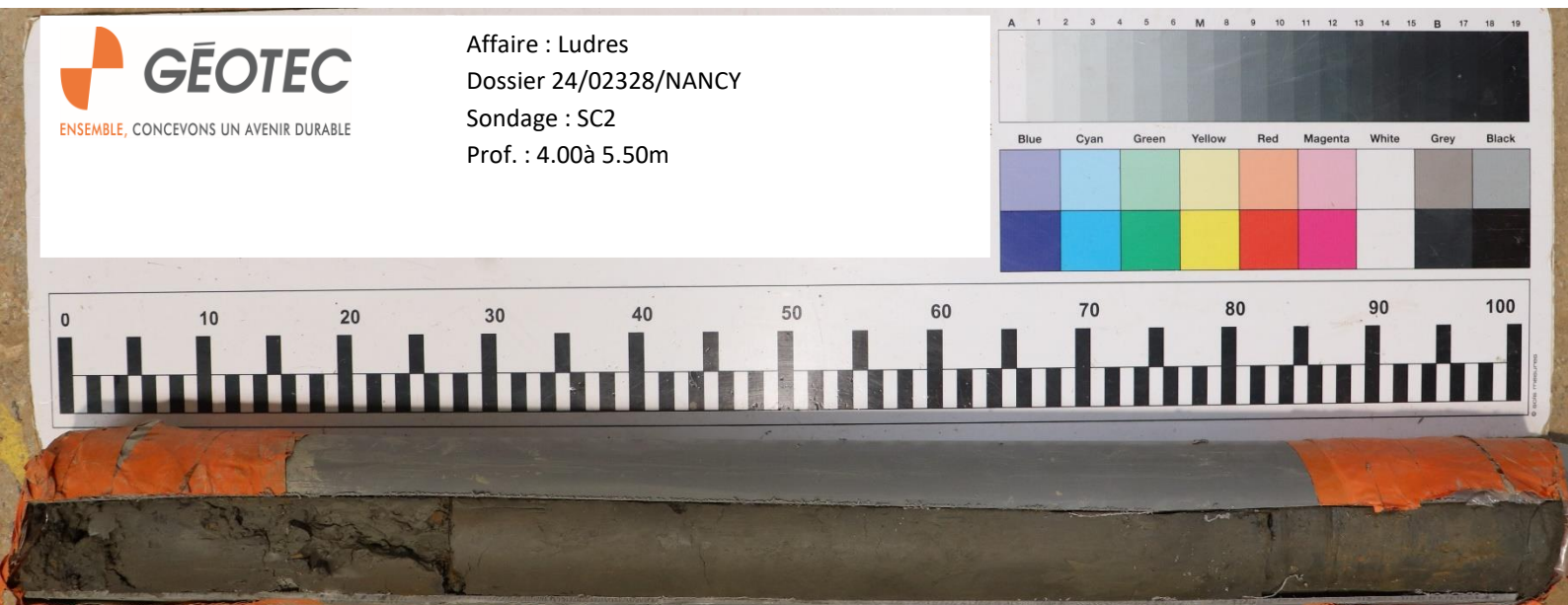
Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC2  
Prof. : 1.00 à 2.50m



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC2  
Prof. : 2.50 à 4.00m

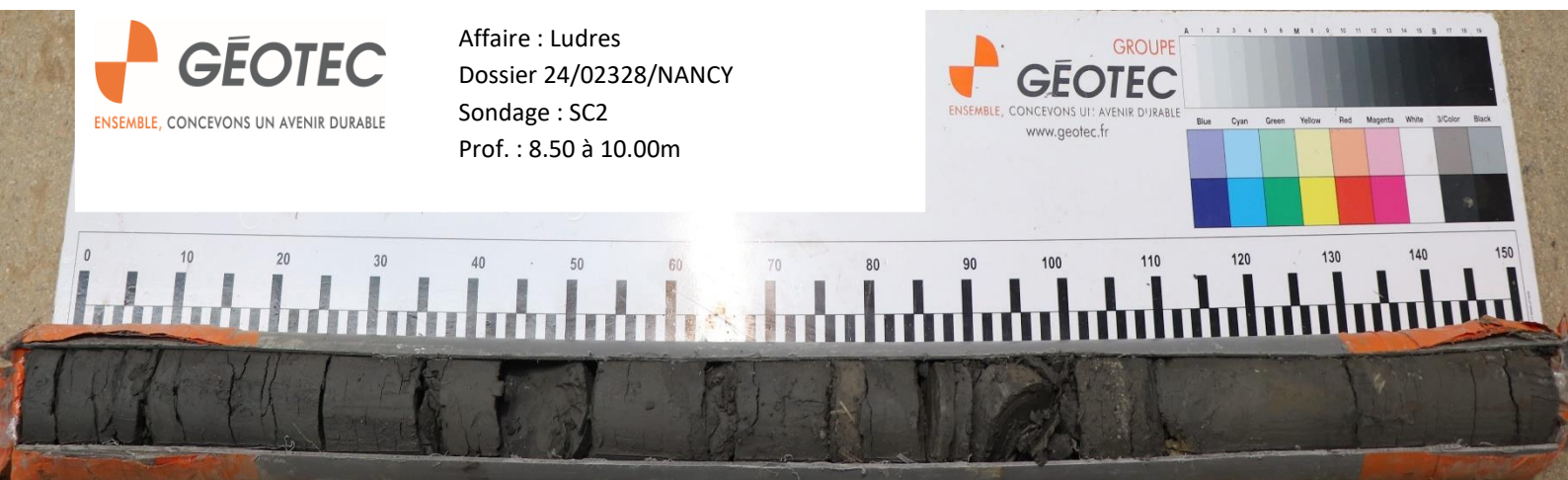


## Sondage carotté SC2





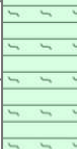
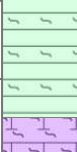




## Sondage carotté SC2



## Sondage SC3

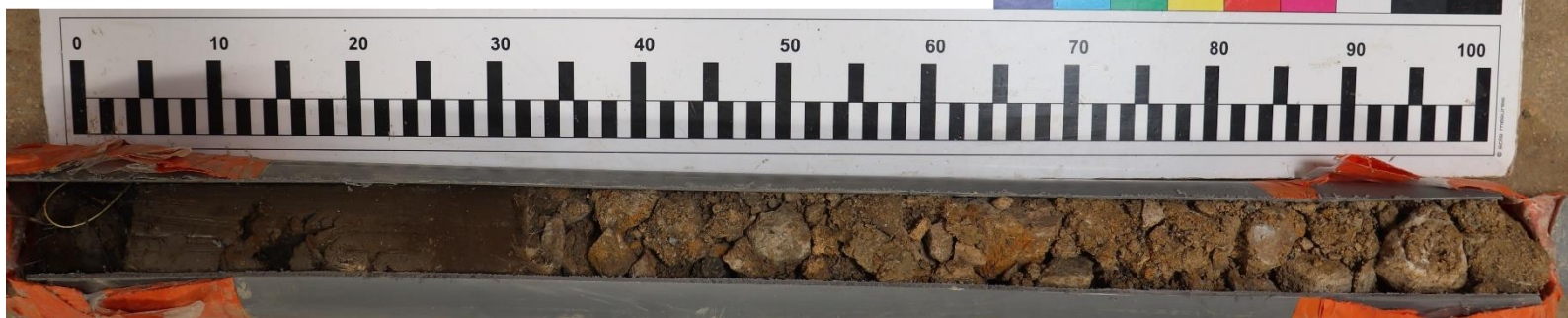
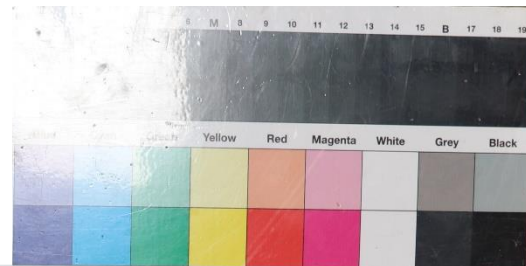
Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
934 836,63	6 838 995,62	RGF93 / Lambert-93		Mètre
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
+242,62 m	10,0 m	0,0 °	NGF	Décimètre
Début		Fin	Machine	Opérateur
16/04/2024		16/04/2024	225	Non renseigné

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Echantillons	Taux de récupération	Niveau d'eau
242,62	0		Remblai d'argile, graves et blocs	ECH 114	PW 140	EI N°1	100,0 %	
	1		1,9 m			1 m	EI N°2	
240,72	2		Argile marneuse gris noir Remblai probable en partie supérieure		2,5 m	2,5 m	2,5 m	
	3		4 m		EI N°3	100,0 %	4 m	4 m
238,62	4		Argile marneuse grise indurée		EI N°4	100,0 %		
	5		5,5 m		5,5 m	5,5 m		
237,12	6		Alternances d'argile marneuse grise à gris-noir avec blocs calcaires, et de passages calcaires		EI N°5	100,0 %		
	7				7 m	7 m		
	8				8,5 m	8,5 m		
	9				10 m	10 m		
233,82	9		Marne argileuse gris noir indurée	EI N°7	100,0 %			
	10		10 m	10 m				
232,62	10			10 m		10 m	10 m	

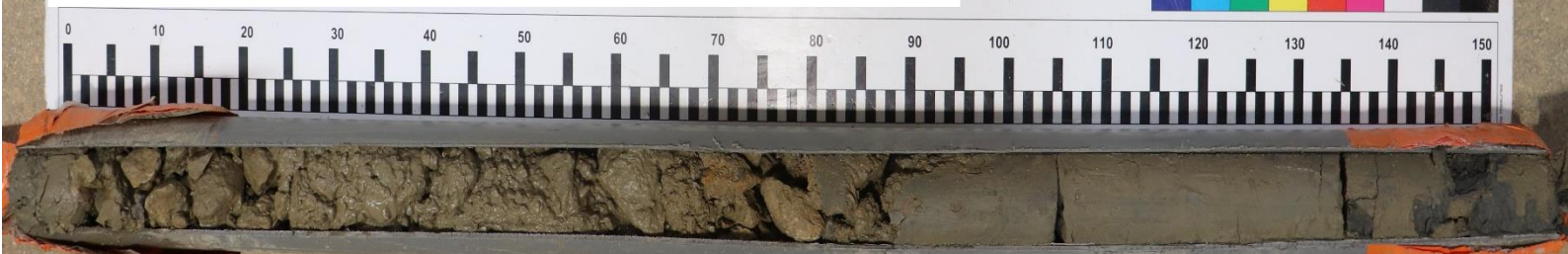
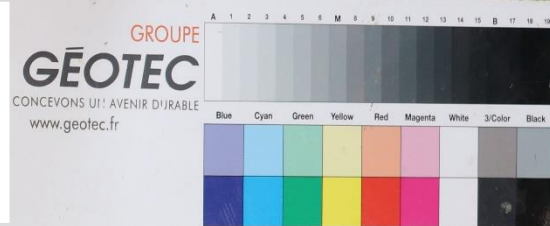
<sup>1</sup> 17/04/2024 - Eau en fin de sondage 1.1m

## Sondage carotté SC3

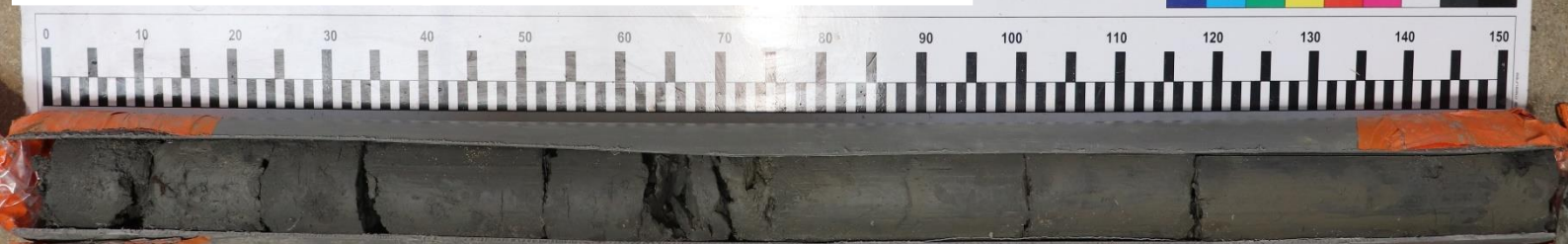
Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC3  
Prof. : 0.00 à 1.00m (0.00-2.50m)



Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC3  
Prof. : 1.00 à 2.50m

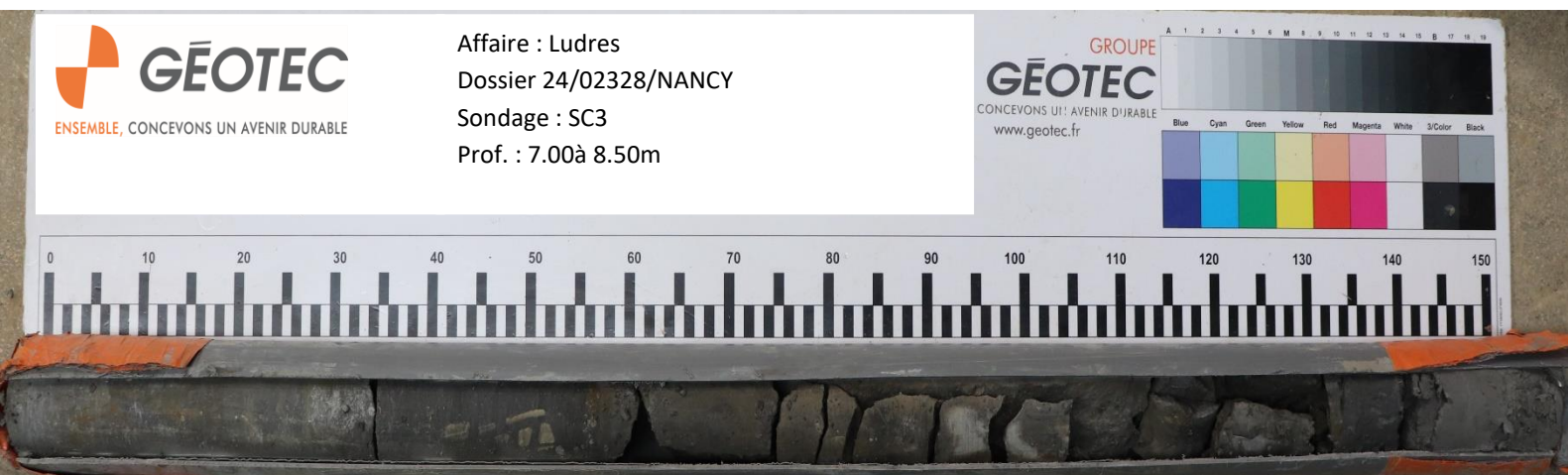
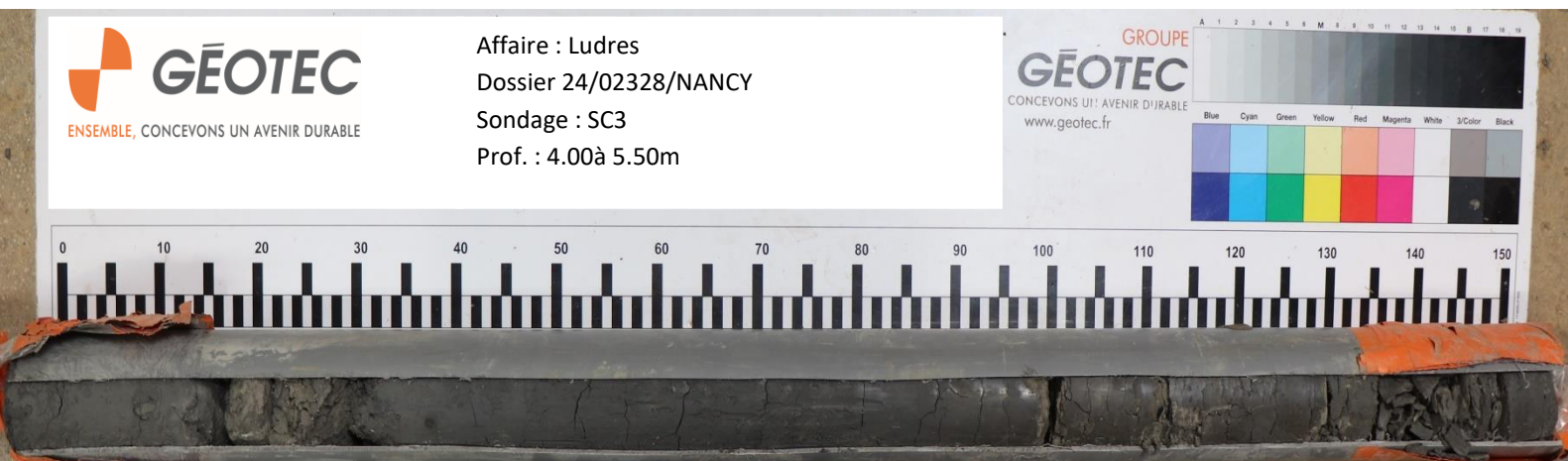


Affaire : Ludres  
Dossier 24/02328/NANCY  
Sondage : SC3  
Prof. : 2.50 à 4.00m

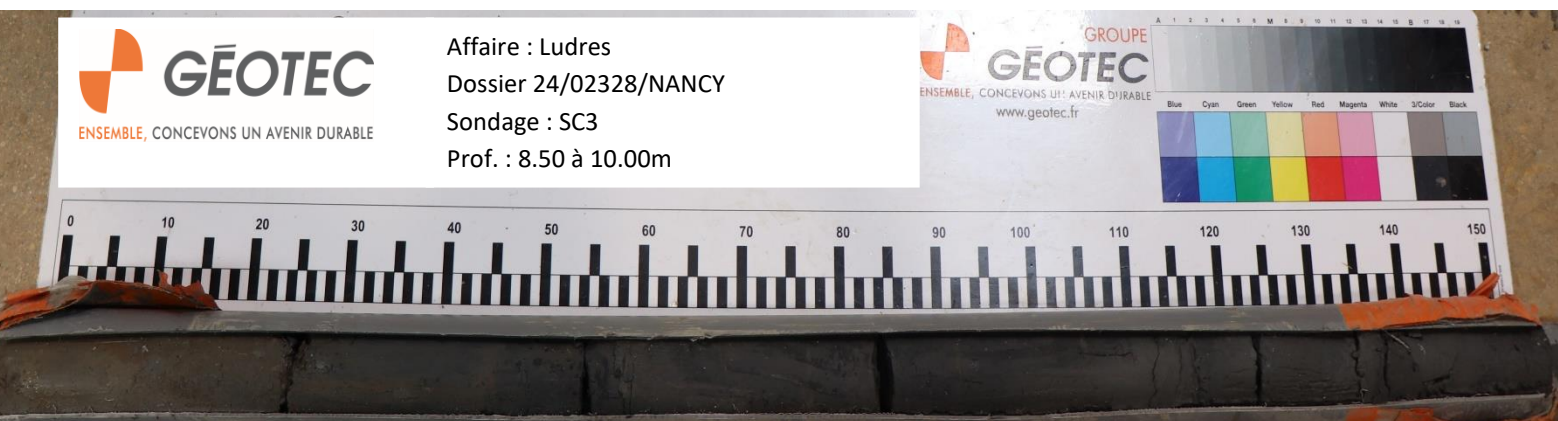




## Sondage carotté SC3



## Sondage carotté SC3



## Annexe 4 – Essais en laboratoire

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

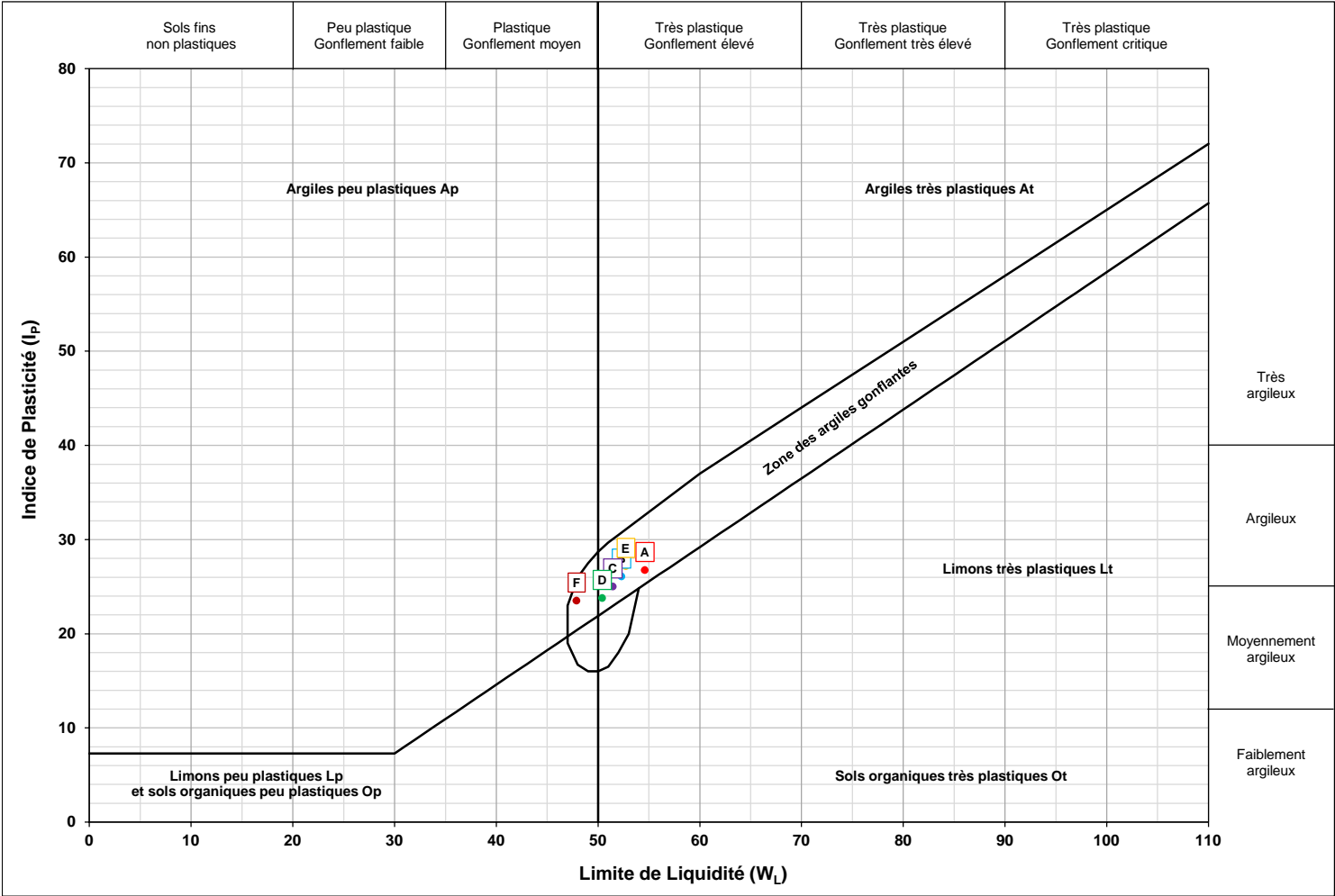
AFFAIRE		2402328		Opérateur	BP/JG/CLB																							
SITE		LUDRES		Vérificateur	DCH																							
Date		08/07/2024																										
Sondage	Prof Sup (m)	Prof Inf (m)	Description	Teneur en eau naturelle (0/D)																								
	Granulométrie - Sédimétrie																											
				Valeur au Bleu de Méthylène VBS (g/100g)																								
				Limite de liquidité WL (%)	Limite de plasticité WP (%)	Indice de plasticité IP	Indice de consistance IC	CLASSIFICATION (NF P 11-300)				CLASSIFICATION (EN 16907)		Masse volumique sur sols fins				Triaxial CU+u										
				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					Masse volumique humide ph (g/cm3)	Masse volumique sèche pd (g/cm3)	Indice des vides e	Degré de saturation Sr (%)	Cohésion C' (kPa)	Angle de frottement Φ' (°)					
SC1	1,15	2,50	Argile mameuse gris/brun à quelques graviers	20,0			100,0	93,8	85,6	85,4			8,4	6,2			54,6	27,9	26,7	1,13			2,00	1,67	0,58	90	10	25
SC1	2,50	4,00	Argile mameuse gris/brun	22,1			100,0	100,0	95,9	91,5	91,3		4,6	4,1			52,3	26,3	26,1	1,09		F3 s	2,04	1,74	0,52	89	8	26
SC1	4,60	5,50	Argile bariolée brun/gris/jaunâtre	22,3			100,0	100,0	95,9	91,5	91,3		4,6	4,1			52,3	26,3	26,1	1,09		F3 m	2,04	1,74	0,52	89	8	26
SC1	6,33	7,00	Argile limoneuse mameuse brune	18,8			100,0	100,0	99,8	98,9	98,8		1,0	0,2			51,5	26,5	25,0	1,30		F3 ts	2,06	1,76	0,50	90	23	24
SC2	1,80	2,20	Argile limoneuse mameuse gris/brun	25,1			100,0	100,0	97,6	92,0	91,8		5,8	2,4			50,4	26,6	23,8	1,01		F3 m	1,99	1,67	0,58	86	3	27
SC2	4,30	5,50	Argile mameuse brun/gris	22,2			100,0	100,0	96,4	93,1	93,0		3,4	3,6			52,7	25,6	27,1	1,08		F3 m	2,08	1,82	0,46	84	8	27
SC3	2,15	2,35	Argile mameuse grise légèrement indurée	14,3																			2,12	1,86	0,43	88	17	29
SC3	2,50	4,00	Argile limoneuse mameuse grise	18,0			100,0	100,0	99,1	96,1	95,9		3,2	0,9			47,9	24,4	23,5	1,26		F3 ts						

NA = Non Applicable

NA = Non Applicable



AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	05/07/2024		
Opérateur	BP		



LEGENDE								
Point	Sondage & Profondeur	WL	Ip		Point	Sondage & Profondeur	WL	Ip
A	SC1 2.50-4.00m	54,6	26,7		E	SC2 4.30-5.50m	52,7	27,2
B	SC1 4.60-5.50m	52,3	26,1		F	SC3 2.50-4.00m	47,9	23,5
C	SC1 6.33-7.00m	51,5	25,0		G			
D	SC2 1.80-2.20m	50,4	23,8		H			



PROFIL HYDRIQUE - Teneur en eau (NF EN ISO 17892-1)

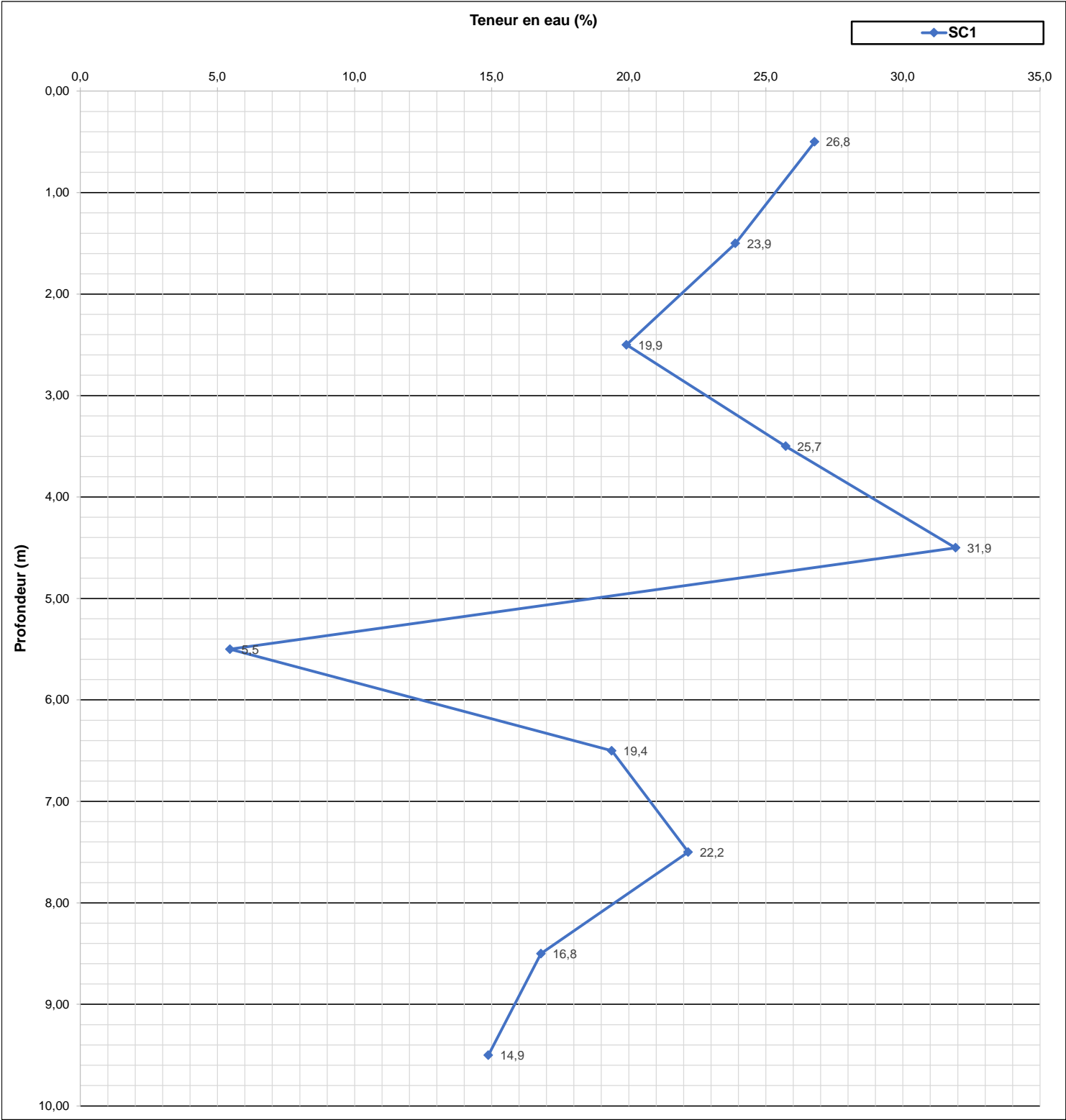
AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	08/07/2024		
Opérateur	BP		
T°C de séchage	105°C		

Sondage	Profondeur	Description (donnée à titre indicatif)	W%
SC1	0,00 - 1,00 m	Argile brune/grise à quelques graviers	26,8
SC1	1,00 - 2,00 m	Argile marneuse beige/grise/jaune	23,9
SC1	2,00 - 3,00 m	Argile marneuse grise	19,9
SC1	3,00 - 4,00 m	Argile marneuse grise/brune	25,7
SC1	4,00 - 5,00 m	Argile marneuse grise/beige	31,9
SC1	5,00 - 6,00 m	Graviers calcaire à légère matrice sablo-argileuse	5,5
SC1	6,00 - 7,00 m	Argile marneuse brune/grise	19,4
SC1	7,00 - 8,00 m	Argile grise/beige	22,2
SC1	8,00 - 9,00 m	Argile grise/beige	16,8
SC1	9,00 - 10,00 m	Argile grise/beige	14,9

Observations	
--------------	--

**COURBE du Profil Hydrique (NF EN ISO 17892-1)**  
**Variation de W% en fonction de la Profondeur**

AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	08/07/2024		
Opérateur	BP		
T°C de séchage	105°C		



Observations	
--------------	--

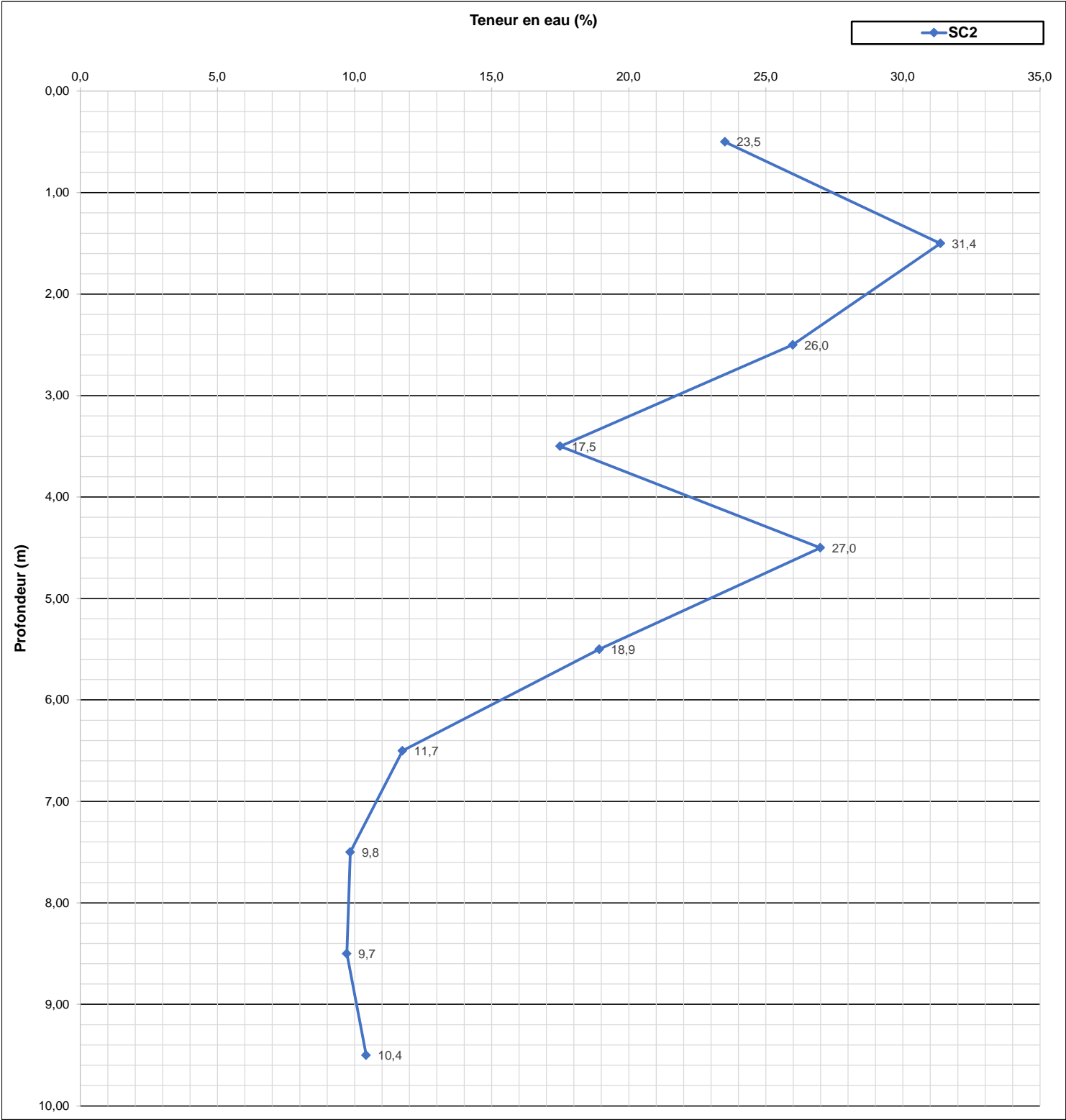
**PROFIL HYDRIQUE - Teneur en eau (NF EN ISO 17892-1)**

<b>AFFAIRE</b>	2402328		
<b>SITE</b>	LUDRES		
<b>Date</b>	08/07/2024		
<b>Opérateur</b>	BP		
<b>T°C de séchage</b>	105°C		

<b>Sondage</b>	<b>Profondeur</b>	<b>Description (donnée à titre indicatif)</b>	<b>W%</b>
SC2	0,00 - 1,00 m	Argile brune/grise	23,5
SC2	1,00 - 2,00 m	Argile marron/jaune	31,4
SC2	2,00 - 3,00 m	Argile marron/jaune à quelques cailloutis	26,0
SC2	3,00 - 4,00 m	Argile brune/grise	17,5
SC2	4,00 - 5,00 m	Argile marneuse grise/beige	27,0
SC2	5,00 - 6,00 m	Argile marneuse grise	18,9
SC2	6,00 - 7,00 m	Argile marneuse noir légèrement indurée	11,7
SC2	7,00 - 8,00 m	Argile marneuse noir/grise légèrement indurée	9,8
SC2	8,00 - 9,00 m	Argile marneuse gris/noir légèrement indurée	9,7
SC2	9,00 - 10,00 m	Argile marneuse grise indurée	10,4

<b>Observations</b>	
---------------------	--

AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	08/07/2024		
Opérateur	BP		
T°C de séchage	105°C		



Observations

PROFIL HYDRIQUE - Teneur en eau (NF EN ISO 17892-1)

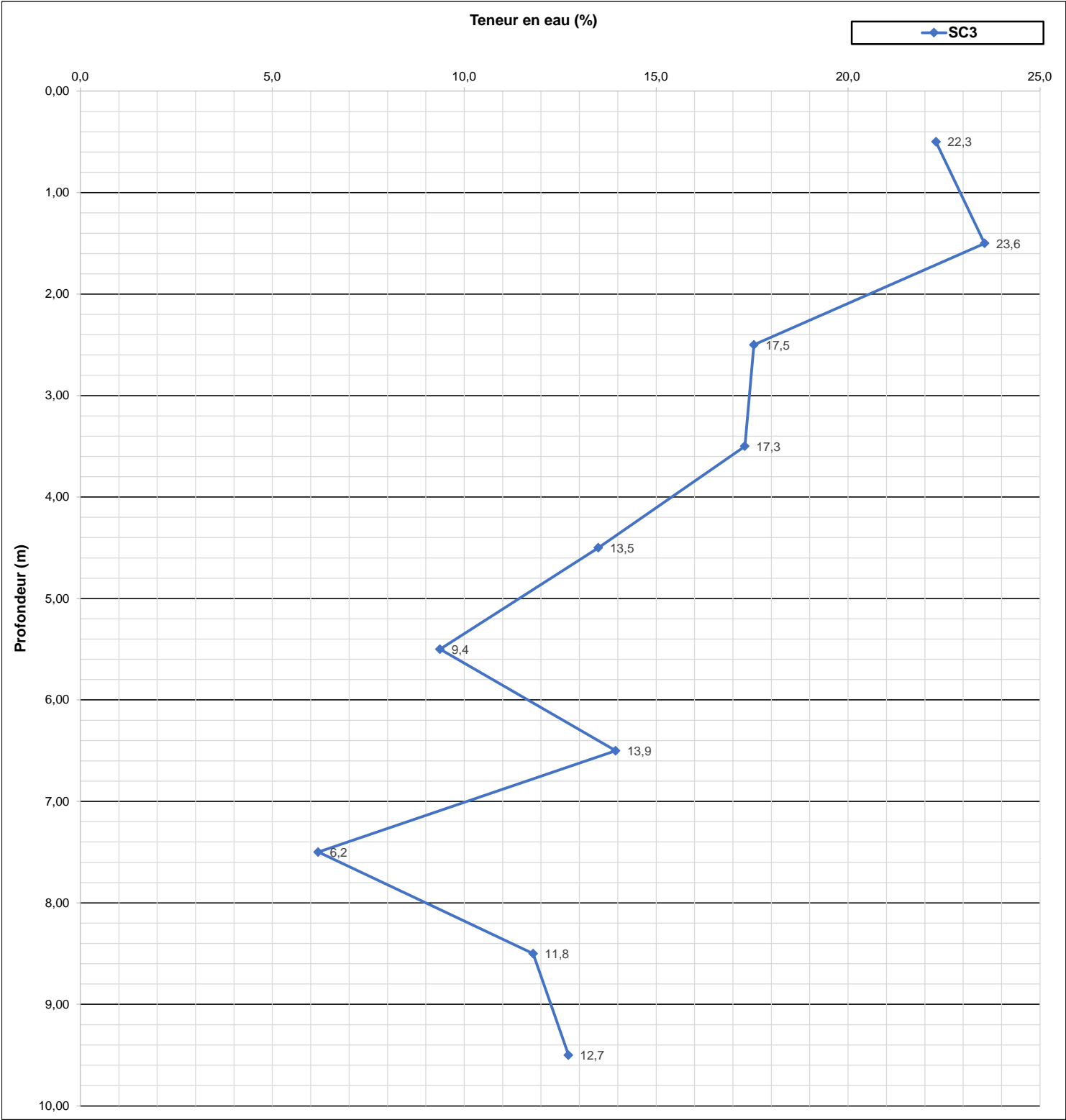
AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	08/07/2024		
Opérateur	BP		
T°C de séchage	105°C		

Sondage	Profondeur	Description (donnée à titre indicatif)	W%
SC3	0,00 - 1,00 m	Argile marneuse brun/gris à rares graviers	22,3
SC3	1,00 - 2,00 m	Argile grise à graviers	23,6
SC3	2,00 - 3,00 m	Argile grise	17,5
SC3	3,00 - 4,00 m	Argile grise	17,3
SC3	4,00 - 5,00 m	Argile marneuse grise légèrement indurée	13,5
SC3	5,00 - 6,00 m	Argile marneuse grise indurée	9,4
SC3	6,00 - 7,00 m	Argile marneuse grise indurée	13,9
SC3	7,00 - 8,00 m	Calcaire gris	6,2
SC3	8,00 - 9,00 m	Argile marneuse grise indurée	11,8
SC3	9,00 - 10,00 m	Argile marneuse grise indurée	12,7

Observations	
--------------	--



AFFAIRE	2402328		
SITE	LUDRES		
Date	08/07/2024		
Opérateur	BP		
T°C de séchage	105°C		



Observations	
--------------	--

# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 26/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC1

**Opérateur:** JG

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

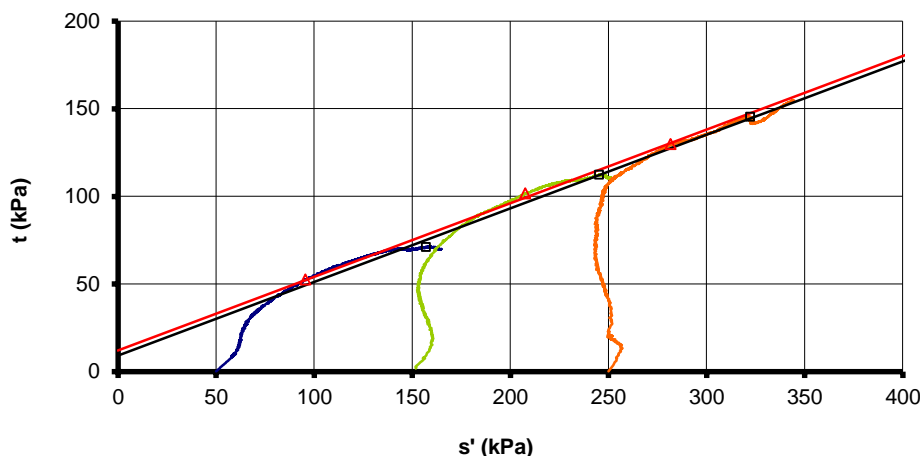
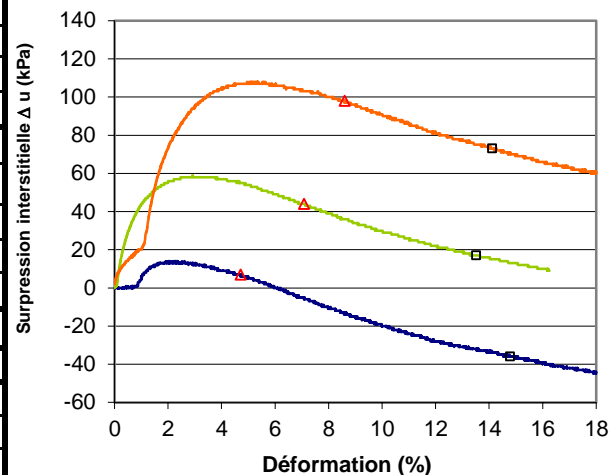
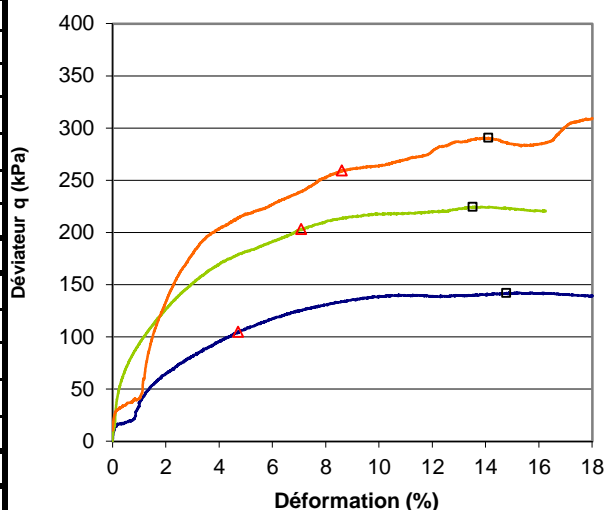
**Profondeur:** 1,15 à 2,50 m

**Sous Profondeur :** 1,45 à 1,55 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile marneuse brun gris à quelques graviers

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,90	75,90	75,90	-
Do	mm	38,00	38,00	38,00	-
W	%	20,3	19,7	19,9	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,00	2,00	2,02	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,66	1,67	1,68	-
e		0,60	0,58	0,57	-
Sr	%	90	89	92	-
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	1217	4136	6382	-
W	%	24,9	23,5	23,0	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,06	2,12	2,20	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,65	1,72	1,79	-
Sr	%	108	114	126	-
Rupture					
$q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$	kPa	142	225	291	-
$\varepsilon_{1f}$	%	14,78	13,52	14,11	-
u	kPa	-36	17	73	-
s'	kPa	157	245	322	-
t	kPa	71	112	145	-
$q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$	kPa	105	203	259	-
$\varepsilon_{1f}$	%	4,71	7,08	8,60	-
u	kPa	7	44	98	-
s'	kPa	96	208	282	-
t	kPa	53	102	130	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,02	0,02	0,02	-
B		0,94	0,96	0,96	-
$\sigma'_c$	kPa	50	150	250	-
Ucp	kPa	650	650	650	-
T100	s	3844	6084	6084	-



$C' = 10$  kPa

$\phi' = 25$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$**

$C' = 13$  kPa

$\phi' = 25$  degrés

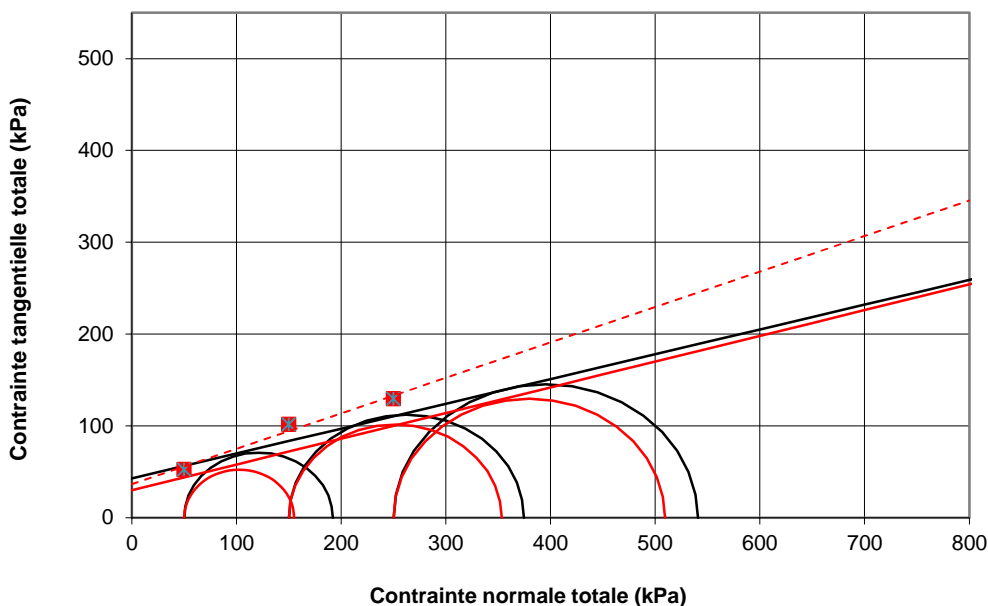
**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$**

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC1  
**Profondeur:** 1,15 à 2,50 m  
**Nature de sol:** Argile marneuse brun gris à quelques graviers

**Opérateur:** JG

**Date de réalisation:** 26/06/2024



**Ccu= 43 kPa**

**φcu= 15 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**Ccu= 30 kPa**

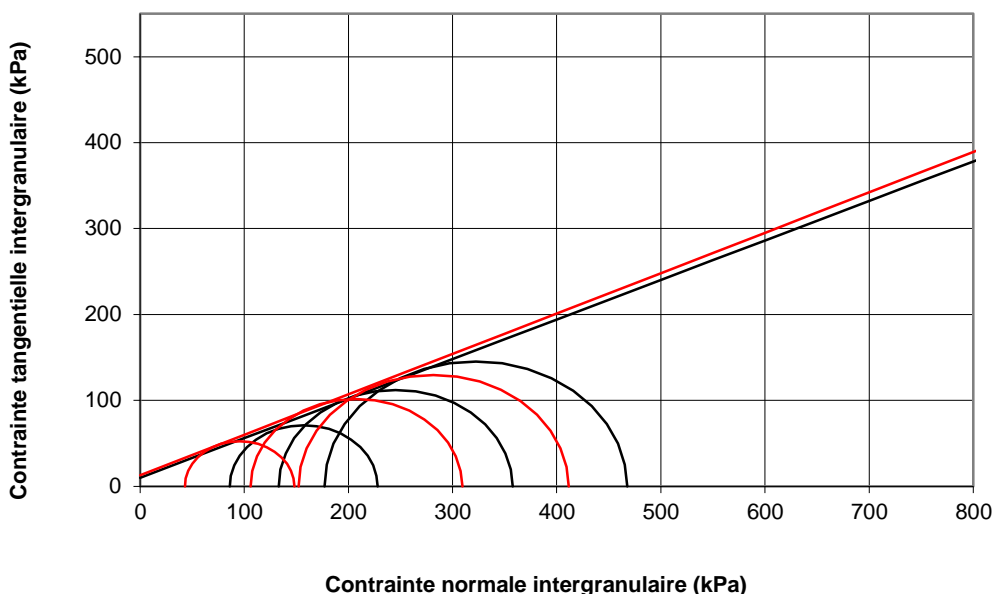
**φcu= 16 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,27**

**Cu0= 43,70 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 10 kPa**

**φ' = 25 degrés**

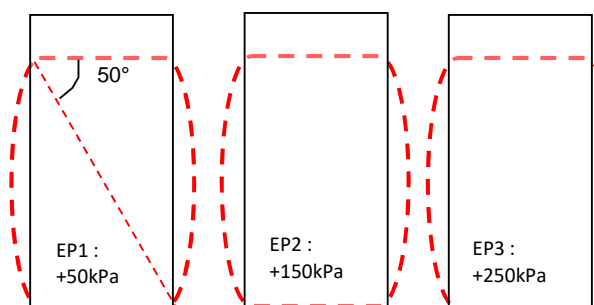
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 13 kPa**

**φ' = 25 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'<sub>vo</sub> (kPa) : 29

u<sub>0</sub> (kPa) : 0

# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 24/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC1

**Opérateur:** JG

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

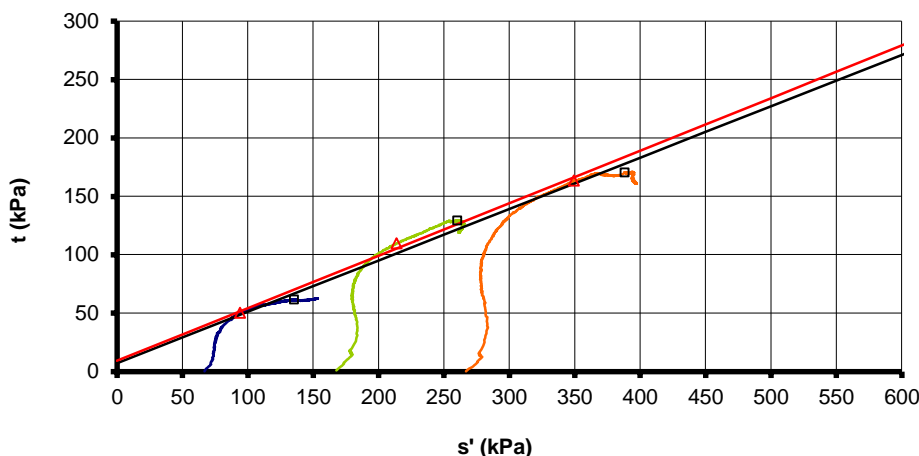
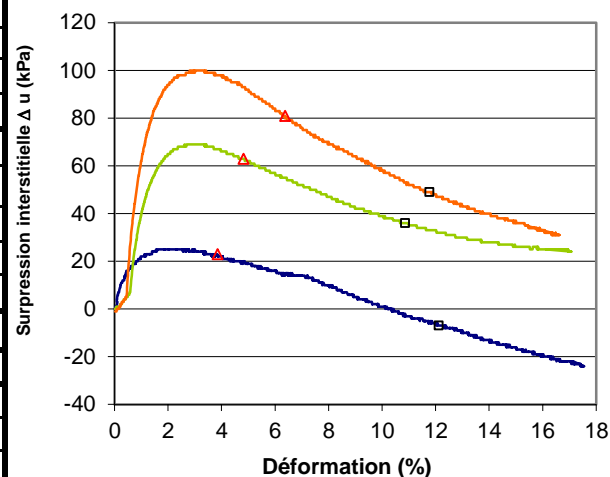
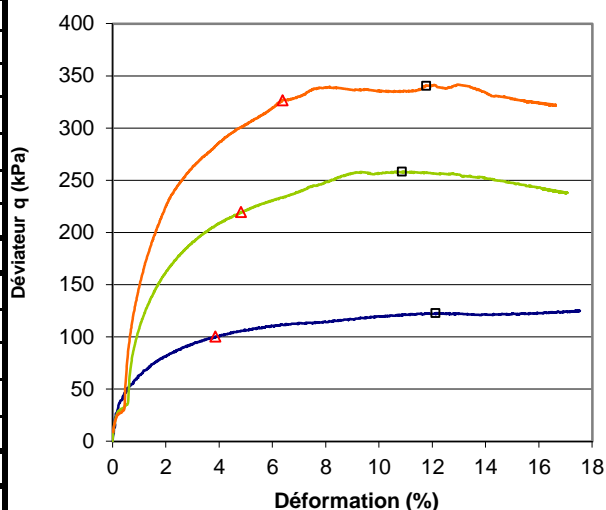
**Profondeur:** 4,60 à 5,50 m

**Sous Profondeur :** 5,10 à 5,30 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile bariolée brun/gris/jaunâtre

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	76,00	76,00	76,00	-
Do	mm	37,93	37,93	38,00	-
W	%	17,9	17,2	17,1	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,03	2,04	2,07	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,72	1,74	1,77	-
e		0,54	0,53	0,50	-
Sr	%	89	87	91	-
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	4570	4131	6028	-
W	%	21,8	21,1	19,2	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,23	2,17	2,25	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,83	1,79	1,89	-
Sr	%	130	116	126	-
Rupture					
$q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$	kPa	123	258	340	-
$\varepsilon_{1f}$	%	12,12	10,86	11,77	-
u	kPa	-7	36	49	-
s'	kPa	135	260	388	-
t	kPa	61	129	170	-
$q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$	kPa	100	219	327	-
$\varepsilon_{1f}$	%	3,86	4,82	6,38	-
u	kPa	23	63	81	-
s'	kPa	94	214	349	-
t	kPa	50	110	163	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,051	0,051	0,051	-
B		0,96	0,94	0,96	-
$\sigma'_c$	kPa	67	167	267	-
Ucp	kPa	650	650	650	-
T100	s	1685	2194	2344	-



$C' = 8$  kPa

$\phi' = 26$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$**

$C' = 10$  kPa

$\phi' = 27$  degrés

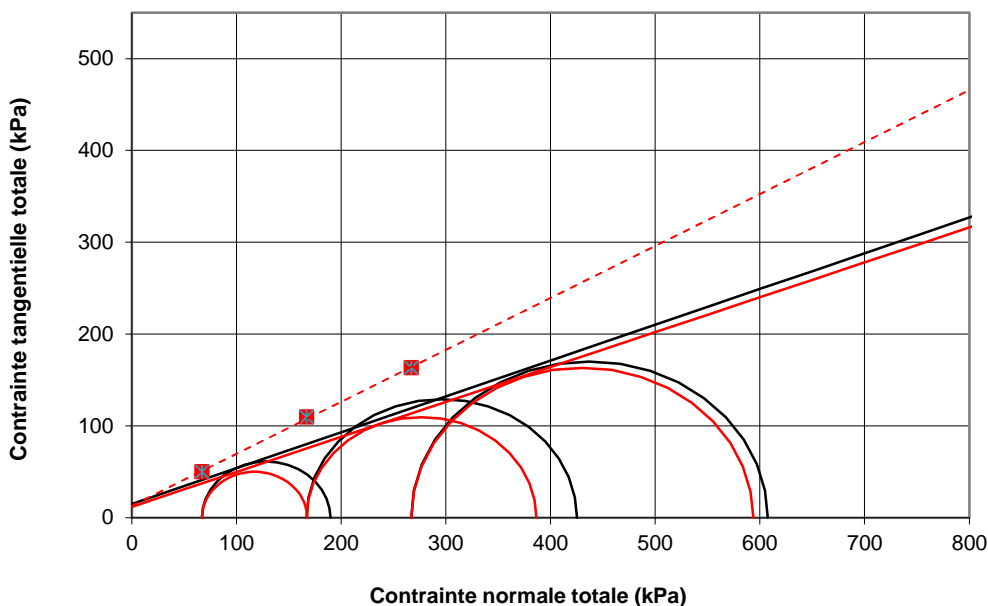
**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$**

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC1  
**Profondeur:** 4,60 à 5,50 m  
**Nature de sol:** Argile bariolée brun/gris/jaunâtre

**Opérateur:** JG

**Date de réalisation:** 24/06/2024



**C<sub>cu</sub> = 15 kPa**

**φ<sub>cu</sub> = 21 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C<sub>cu</sub> = 12 kPa**

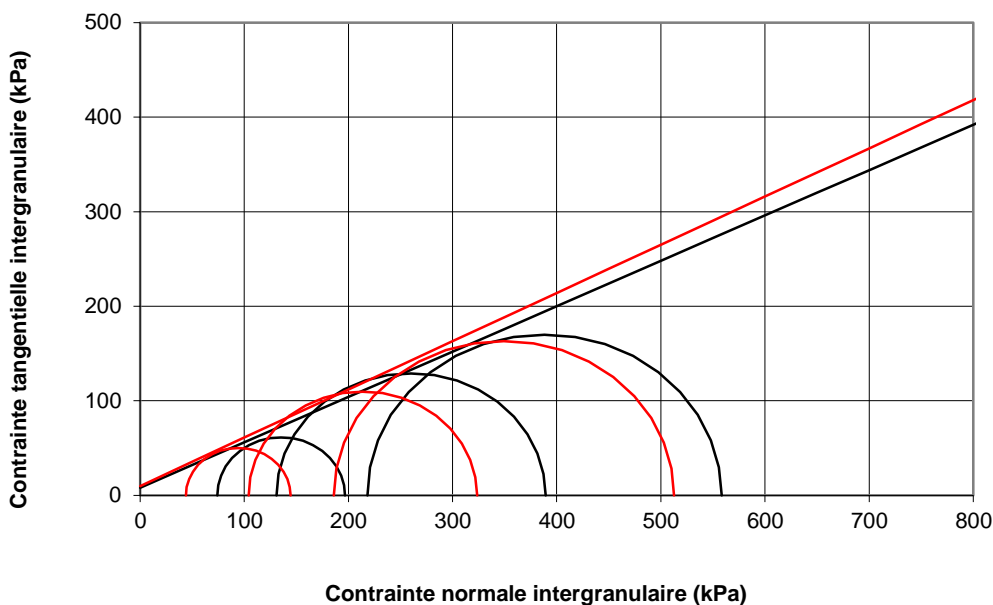
**φ<sub>cu</sub> = 21 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,57**

**C<sub>u0</sub> = 13,30 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 8 kPa**

**φ' = 26 degrés**

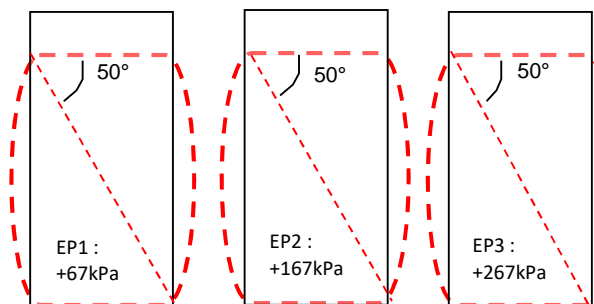
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 10 kPa**

**φ' = 27 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'<sub>vo</sub> (kPa) : 98

u<sub>0</sub> (kPa) : 0



# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 27/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC1

**Opérateur:** CLB

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

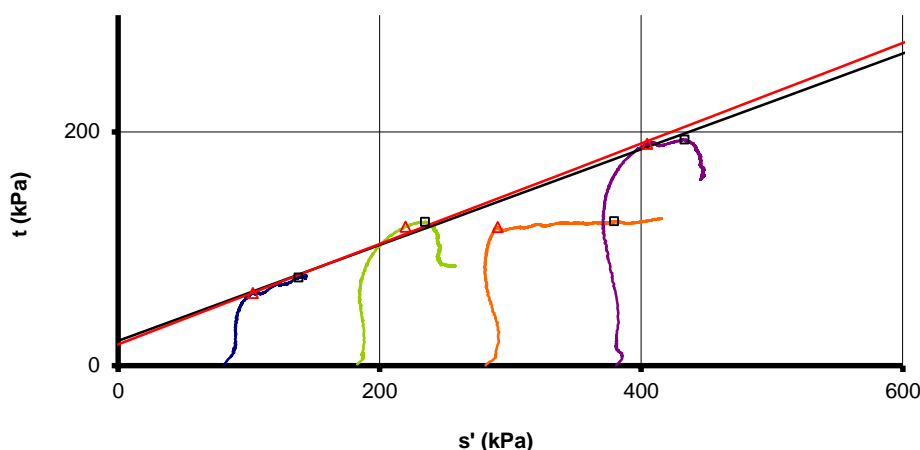
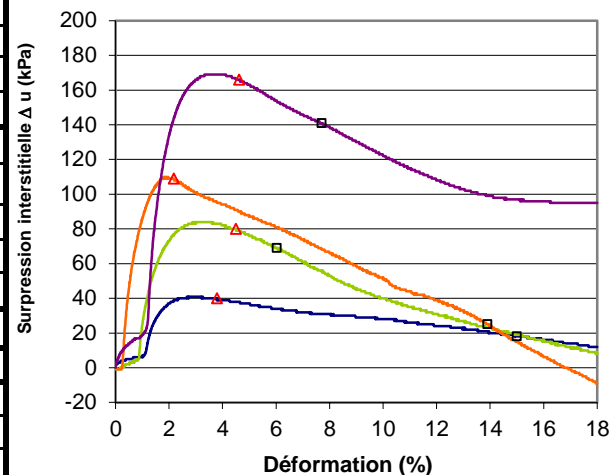
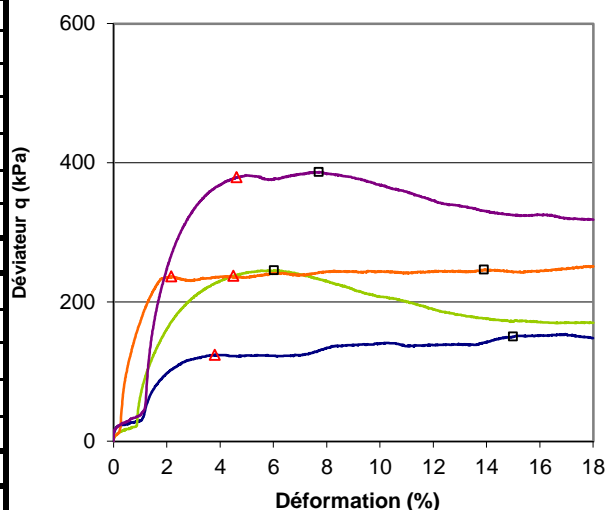
**Profondeur:** 6.45 à 6.65 m

**Sous profondeur :** 6,45 à 6,65 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile limono-marneuse brune

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,30	75,50	75,80	76,40
Do	mm	38,00	38,00	37,97	37,97
W	%	16,9	17,8	17,3	16,5
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,04	2,06	2,07	2,08
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,75	1,75	1,76	1,79
e		0,52	0,52	0,50	0,48
Sr	%	87	91	91	91
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	4056	4926	7332	6531
W	%	21,0	18,9	17,1	19,3
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,22	2,23	2,28	2,30
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,84	1,87	1,94	1,93
Sr	%	126	121	125	137
Rupture					
<b><math>q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}</math></b>	<b>kPa</b>	<b>150</b>	<b>246</b>	<b>247</b>	<b>387</b>
$\varepsilon_{1f}$	%	15,00	6,02	13,90	7,70
u	kPa	18	69	25	141
s'	kPa	138	235	379	433
t	kPa	75	123	123	193
<b><math>q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}</math></b>	<b>kPa</b>	<b>124</b>	<b>238</b>	<b>237</b>	<b>379</b>
$\varepsilon_{1f}$	%	3,79	4,50	2,17	4,62
u	kPa	40	80	109	166
s'	kPa	103	220	290	405
t	kPa	62	119	118	190
Vit.cisaillement	mm/min	0,04	0,04	0,04	0,04
B		0,98	0,95	0,98	0,96
$\sigma'_c$	kPa	81	181	281	381
Ucp	kPa	850	850	850	850
T100	s	1764	2209	2809	-



$C' = 23$  kPa

$\phi' = 24$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$**

$C' = 20$  kPa

$\phi' = 25$  degrés

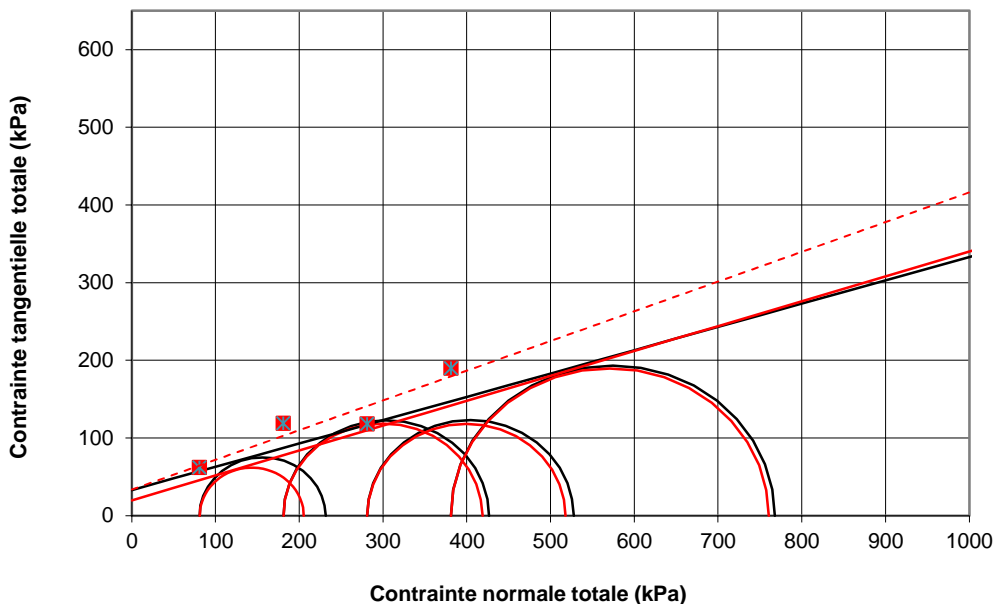
**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$**

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC1  
**Profondeur:** 6.45 à 6.65 m  
**Nature de sol:** Argile limono-marneuse brune

**Opérateur:** CLB

**Date de réalisation:** 27/06/2024



**C<sub>cu</sub> = 33 kPa**

**φ<sub>cu</sub> = 17 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C<sub>cu</sub> = 20 kPa**

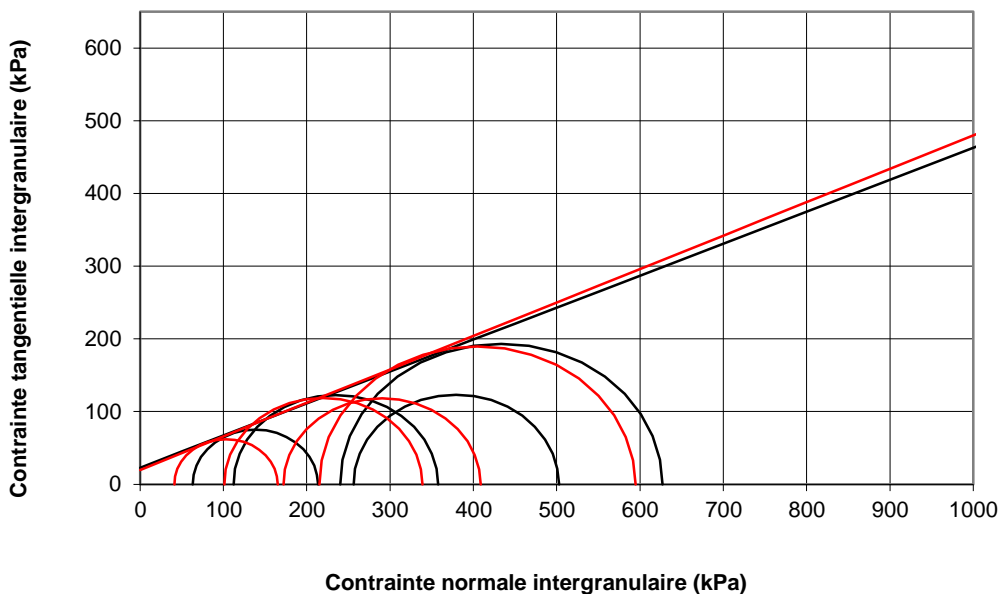
**φ<sub>cu</sub> = 18 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,38**

**C<sub>u0</sub> = 33,95 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 23 kPa**

**φ' = 24 degrés**

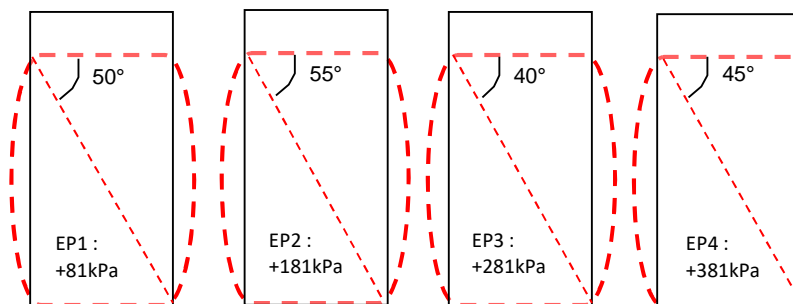
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 20 kPa**

**φ' = 25 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'vo (kPa) : 122

u<sub>0</sub> (kPa) : 2

# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 26/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC2

**Opérateur:** JG

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

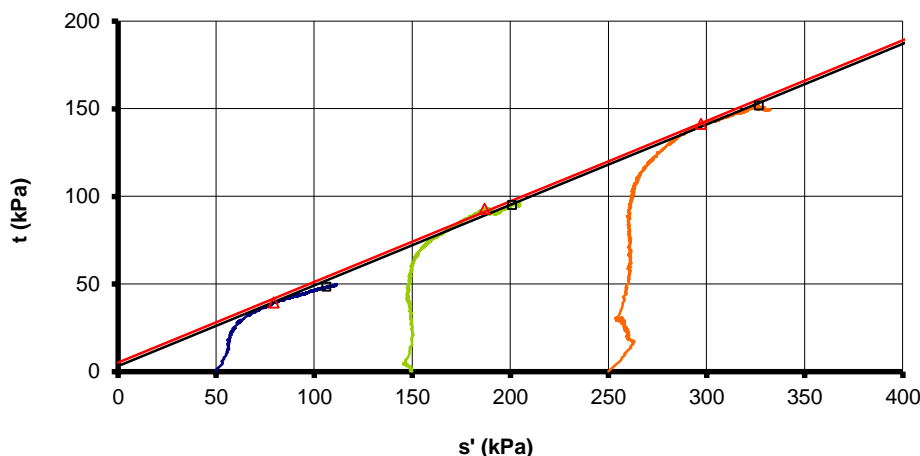
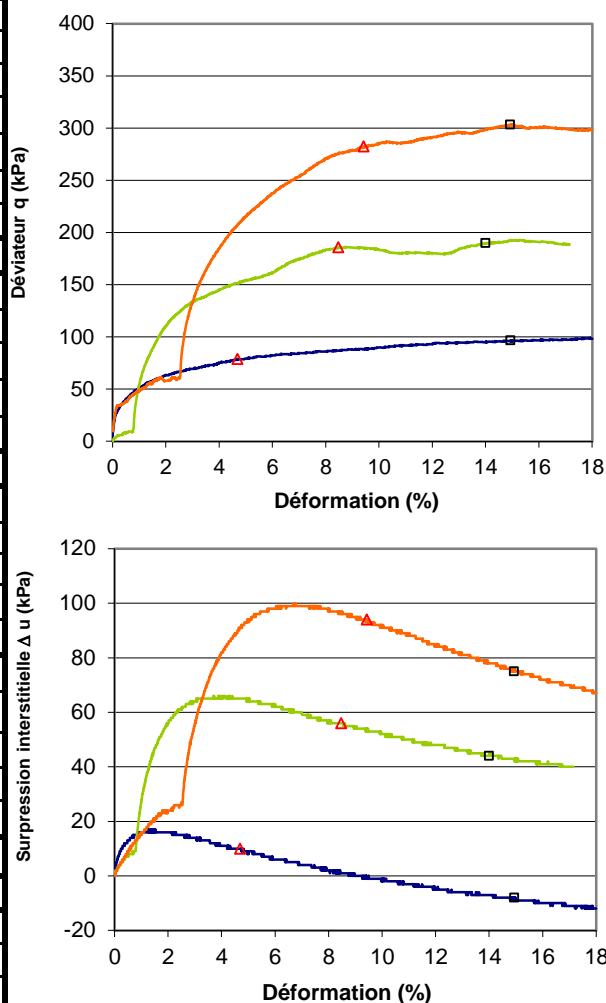
**Profondeur:** 1,80 à 2,20 m

**Sous profondeur :** 2,00 à 2,10 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile marneuse gris brun

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,90	75,90	75,90	-
Do	mm	38,03	38,03	38,03	-
W	%	20,2	19,5	17,6	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	1,99	1,99	1,99	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,65	1,66	1,70	-
e		0,60	0,59	0,56	-
Sr	%	89	87	83	-
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	4123	4771	6957	-
W	%	25,0	22,8	22,1	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,15	2,13	2,16	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,72	1,73	1,77	-
Sr	%	122	114	117	-
Rupture					
$q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$	kPa	97	190	303	-
$\varepsilon_{1f}$	%	14,94	13,99	14,93	-
u	kPa	-8	44	75	-
s'	kPa	106	201	327	-
t	kPa	48	95	152	-
$q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$	kPa	79	186	282	-
$\varepsilon_{1f}$	%	4,69	8,47	9,42	-
u	kPa	10	56	94	-
s'	kPa	79	187	297	-
t	kPa	39	93	141	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,03	0,03	0,03	-
B		0,98	0,96	0,96	-
$\sigma'_c$	kPa	50	150	250	-
Ucp	kPa	650	650	650	-
T100	s	3600	2500	3364	-



$C' = 3$  kPa  
 $\phi' = 27$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{Max}$**

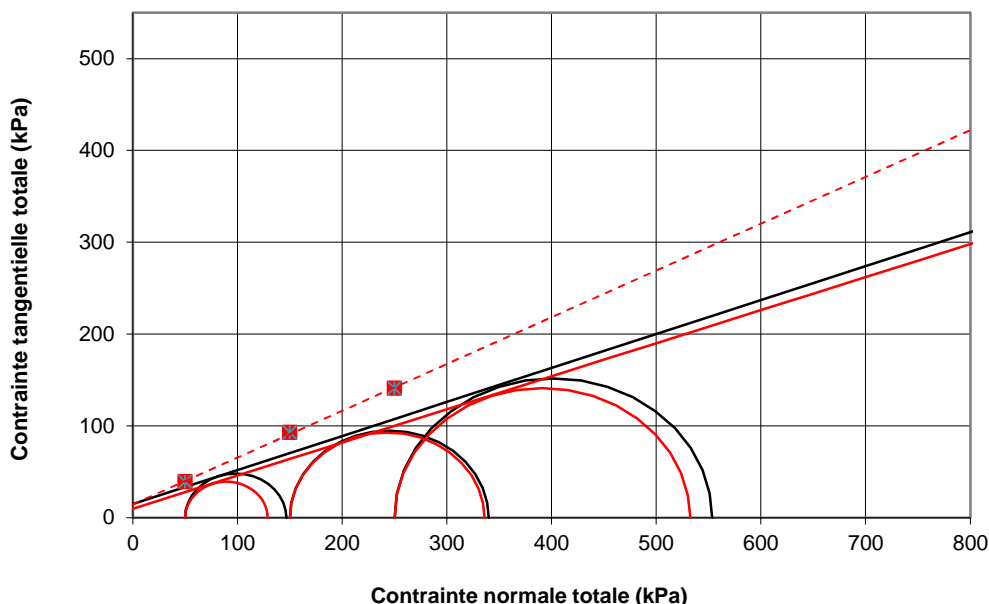
$C' = 6$  kPa  
 $\phi' = 27$  degrés

**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{Max}$**

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC2  
**Profondeur:** 1,80 à 2,20 m  
**Nature de sol:** Argile marneuse gris brun

**Opérateur:** JG  
**Date de réalisation:** 26/06/2024



**Ccu= 15** kPa

**$\phi_{cu}$ = 20** degrés

**Critère ( $\sigma_1 - \sigma_3$ )Max**

**Ccu= 10** kPa

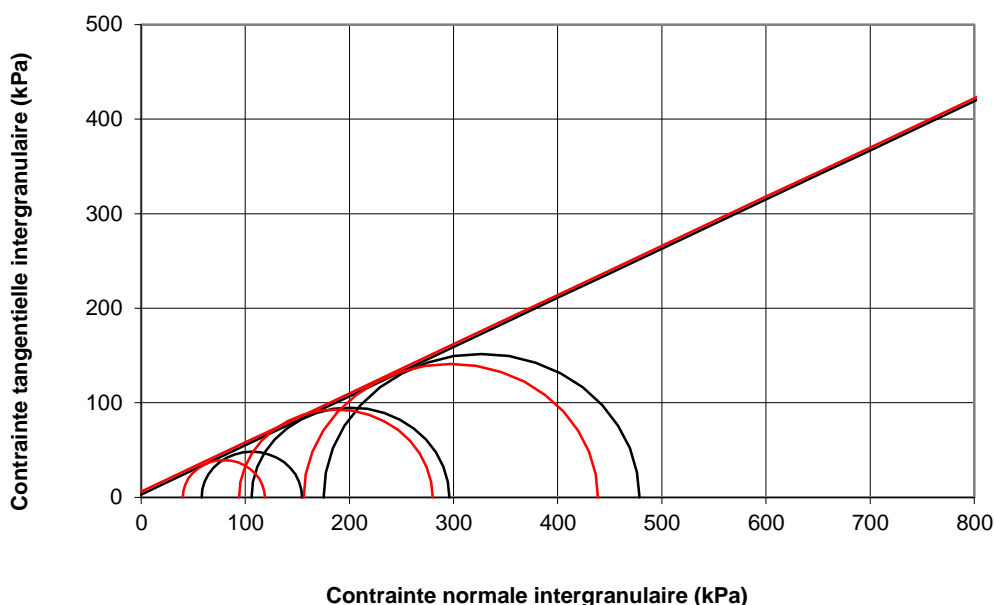
**$\phi_{cu}$ = 20** degrés

**Critère ( $\sigma_1' / \sigma_3'$ )Max**

**$\lambda_{cu}$  = 0,51**

**Cu0= 18,07** kPa

**Critère ( $\sigma_1' / \sigma_3'$ )Max**



**C'= 3** kPa

**$\phi'$ = 27** degrés

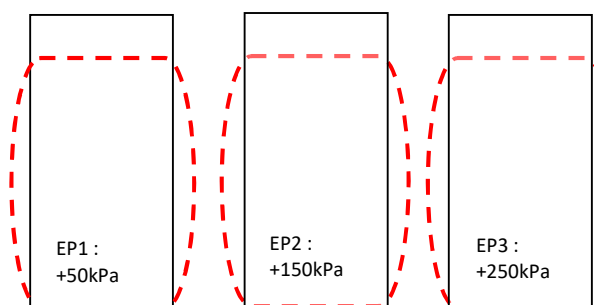
**Critère ( $\sigma_1 - \sigma_3$ )Max**

**C'= 6** kPa

**$\phi'$ = 27** degrés

**Critère ( $\sigma_1' / \sigma_3'$ )Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

$\sigma'_{vo}$  (kPa) : 39

$u_0$  (kPa) : 0

# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 25/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC2

**Opérateur:** JG

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

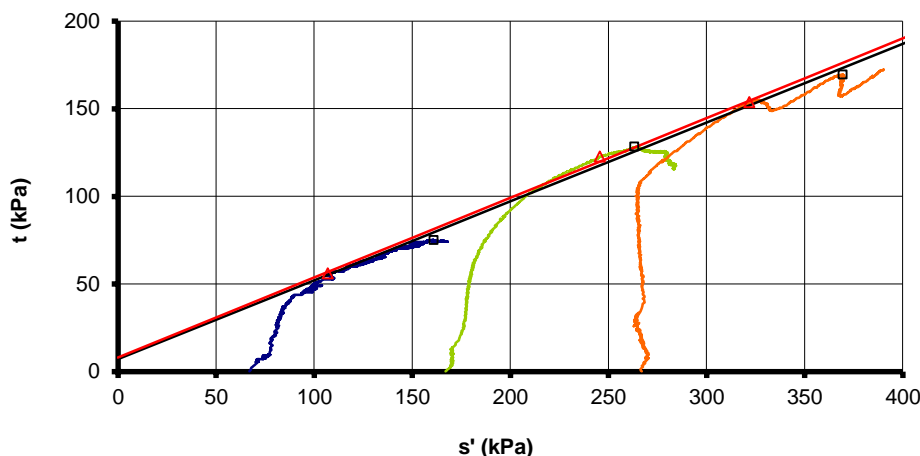
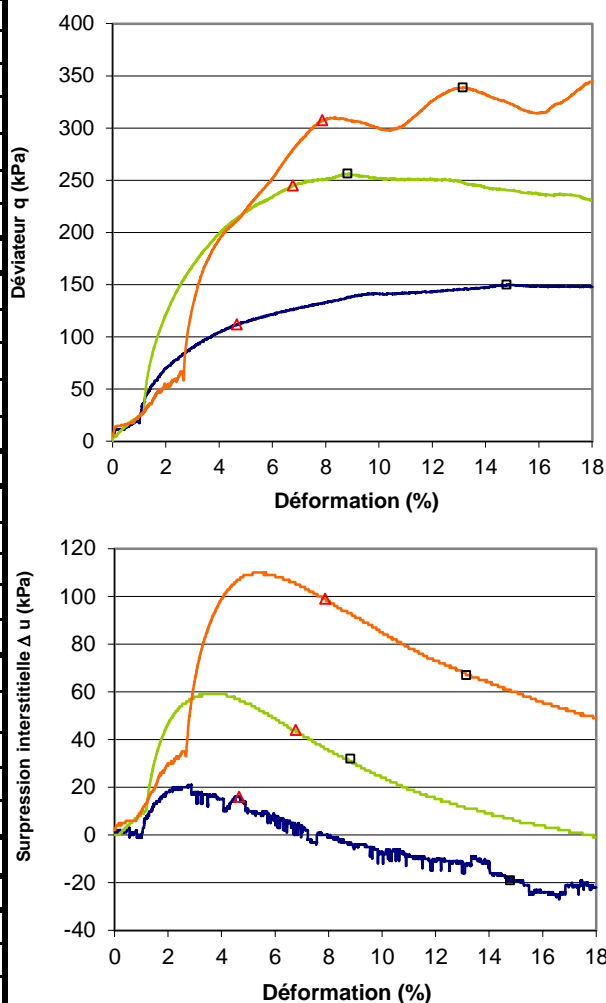
**Profondeur:** 4,30 à 5,50 m

**Sous profondeur:** 5,20 à 5,30 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile marneuse à graviers

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	75,90	75,90	75,90	-
Do	mm	37,97	37,97	38,03	-
W	%	14,3	14,5	14,7	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,06	2,09	2,09	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,81	1,82	1,82	-
e		0,47	0,45	0,45	-
Sr	%	81	85	86	-
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	3781	5004	7197	-
W	%	22,3	21,1	20,1	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,24	2,29	2,33	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,84	1,89	1,94	-
Sr	%	133	139	146	-
Rupture					
$q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$	kPa	150	257	339	-
$\varepsilon_{1f}$	%	14,78	8,81	13,14	-
u	kPa	-19	32	67	-
s'	kPa	161	263	369	-
t	kPa	75	128	169	-
$q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$	kPa	112	245	307	-
$\varepsilon_{1f}$	%	4,66	6,77	7,87	-
u	kPa	16	44	99	-
s'	kPa	107	246	322	-
t	kPa	56	123	154	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,025	0,025	0,025	-
B		1	0,94	0,96	-
$\sigma'_c$	kPa	67	167	267	-
Ucp	kPa	850	850	850	-
T100	s	3508	4686	3600	-



$C' = 8$  kPa  
 $\phi' = 27$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{Max}$**

$C' = 9$  kPa  
 $\phi' = 27$  degrés

**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{Max}$**

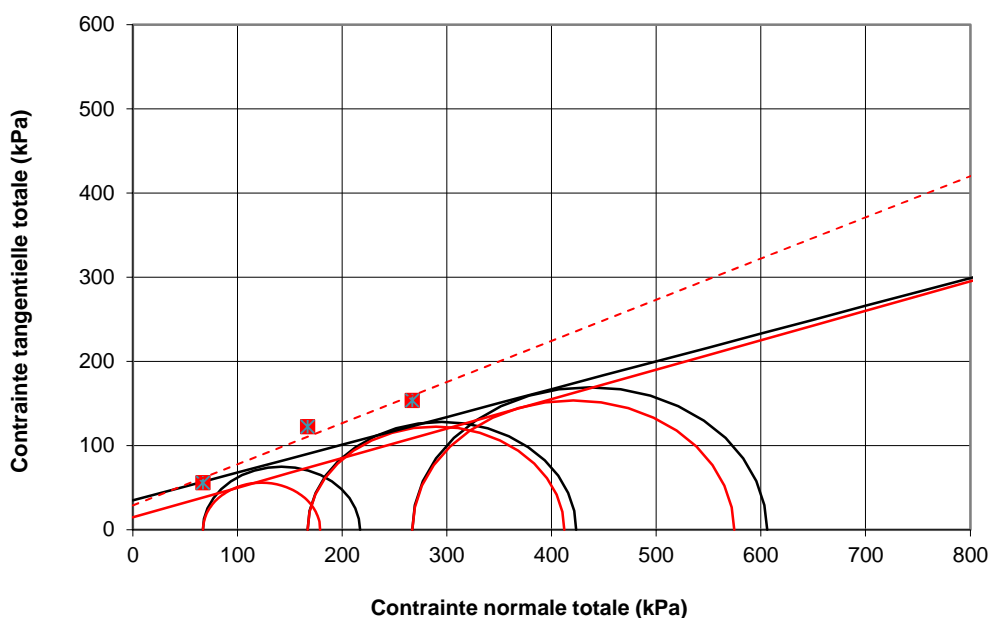


# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC2  
**Profondeur:** 4,30 à 5,50 m  
**Nature de sol:** Argile marneuse à graviers

**Opérateur:** JG

**Date de réalisation:** 25/06/2024



**C<sub>cu</sub> = 35 kPa**  
**φ<sub>cu</sub> = 18 degrés**

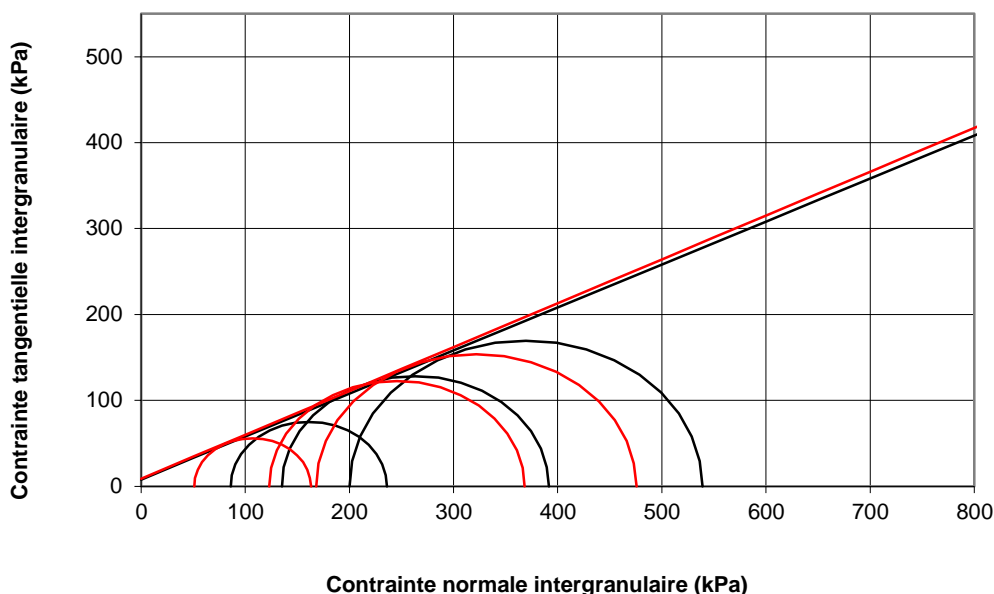
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C<sub>cu</sub> = 15 kPa**  
**φ<sub>cu</sub> = 19 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,49**  
**C<sub>u0</sub> = 28,13 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



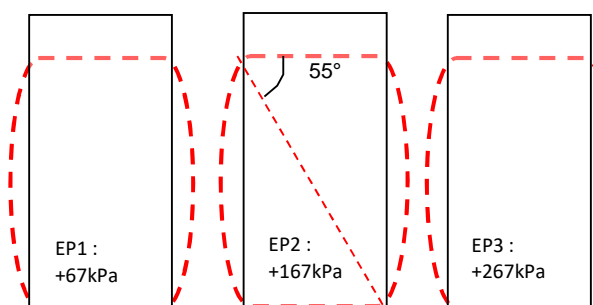
**C' = 8 kPa**  
**φ' = 27 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 9 kPa**  
**φ' = 27 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'<sub>vo</sub> (kPa) : 100  
u<sub>0</sub> (kPa) : 0

# Essai TRIAXIAL

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

**Nom:** LUDRES

**Date :** 27/06/2024

**N° Affaire:** 2402328

**Sondage:** SC3

**Opérateur:** CLB

**$\rho_s$  estimée:** 2,65 Mg/m<sup>3</sup>

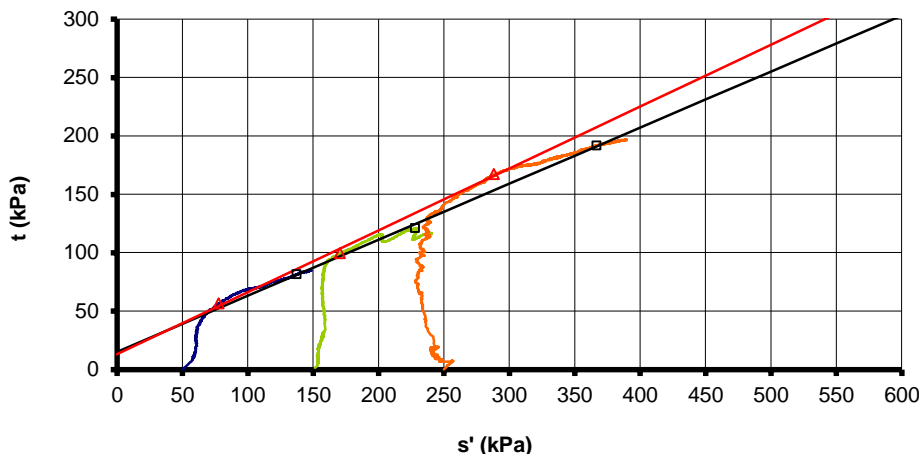
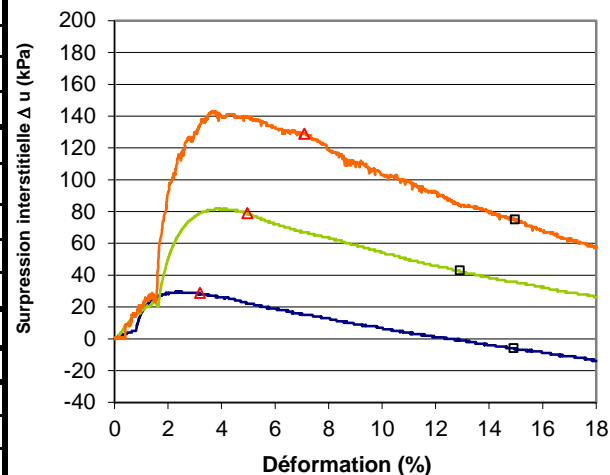
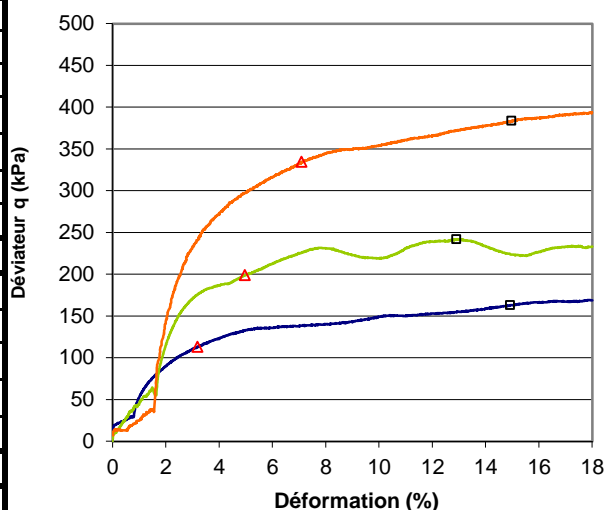
**Profondeur:** 2.15 à 2.35 m

**Sous Profondeur:** 2,15 à 2,25 m

**Températures extrêmes :** 20°C / 22°C

**Nature du terrain:** Argile marneuse grise légèrement indurée

Valeurs initiales		1	2	3	4
Ho	mm	76,00	76,00	76,00	-
Do	mm	37,90	37,90	37,87	-
W	%	14,2	14,5	14,1	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,12	2,12	2,11	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,86	1,86	1,85	-
e		0,43	0,43	0,44	-
Sr	%	88	90	86	-
Valeurs après consolidation					
$\Delta V_s$ consolidation	mm <sup>3</sup>	1796	4910	7136	-
W	%	17,9	16,7	16,1	-
$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	2,24	2,30	2,34	-
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	1,90	1,97	2,02	-
Sr	%	120	129	136	-
Rupture					
$q = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$	kPa	163	242	384	-
$\varepsilon_{1f}$	%	14,92	12,90	14,96	-
u	kPa	-6	43	75	-
s'	kPa	138	228	367	-
t	kPa	82	121	192	-
$q (\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$	kPa	113	199	335	-
$\varepsilon_{1f}$	%	3,19	4,96	7,09	-
u	kPa	29	79	129	-
s'	kPa	78	170	288	-
t	kPa	57	99	167	-
Vit.cisaillement	mm/min	0,03	0,03	0,03	-
B		0,96	0,96	1	-
$\sigma'_c$	kPa	50	150	250	-
Ucp	kPa	850	850	850	-
T100	s	1296	1369	1764	-



$C' = 17$  kPa

$\phi' = 29$  degrés

**Critère  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{Max}$**

$C' = 15$  kPa

$\phi' = 32$  degrés

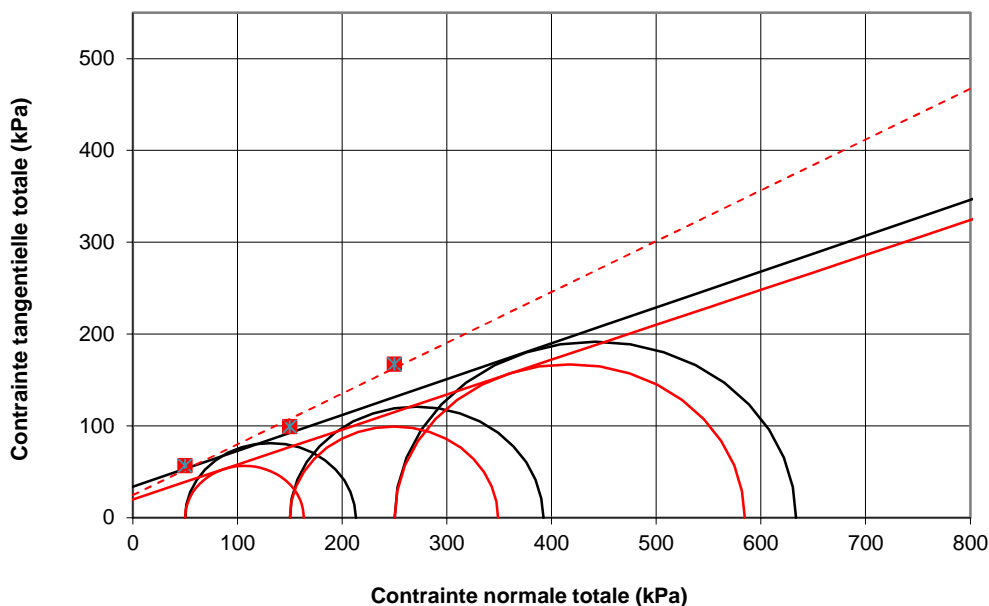
**Critère  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{Max}$**

# Essai TRIAXIAL

**Nom:** LUDRES  
**N° Affaire:** 2402328  
**Sondage:** SC3  
**Profondeur:** 2.15 à 2.35 m  
**Nature de sol:** Argile marneuse grise légèrement indurée

**Opérateur:** CLB

**Date de réalisation:** 27/06/2024



**C<sub>cu</sub> = 34 kPa**

**φ<sub>cu</sub> = 21 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C<sub>cu</sub> = 20 kPa**

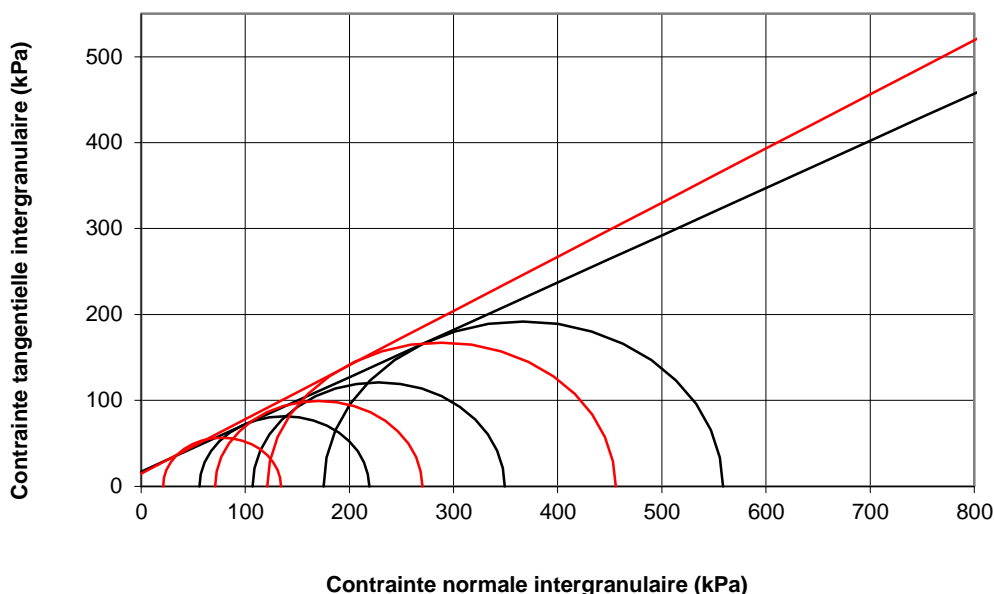
**φ<sub>cu</sub> = 21 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

**λ<sub>cu</sub> = 0,55**

**C<sub>u0</sub> = 24,83 kPa**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**



**C' = 17 kPa**

**φ' = 29 degrés**

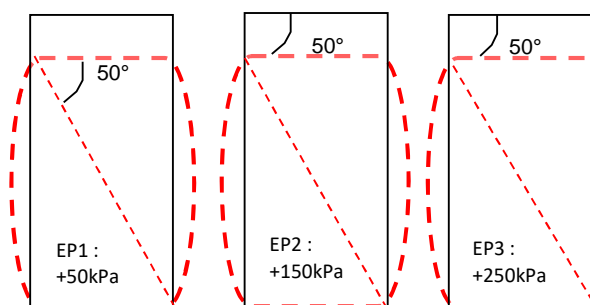
**Critère (σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>)Max**

**C' = 15 kPa**

**φ' = 32 degrés**

**Critère (σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>')Max**

## Schémas de rupture



..... Déformations observées lors du cisaillement

## Observations :

σ'<sub>vo</sub> (kPa) : 31

u<sub>0</sub> (kPa) : 11

## Annexe 5 – Profils en travers

Profil P1 1/100<sup>ème</sup>  
 (P6 du relevé aqueduc)  
 0 1 2 5m

Canal à 241,60 le 14/05/24  
 Fond 239,15

$\frac{V}{Z}$  Niveaux d'eau le 14/06/24

clôture à  $\approx 12,10m$

clôture à  
 environ 8,3m

248,30



SP2

253,60

Remblai argileux

4,8

Cailloux et argile

$\frac{V}{Z}$

6,0 Remblai argileux peu compact

Argile marneuse / marne

SP4+P8

249,30

Remblai argileux

4,7

Argile et cailloux

5,5

$\frac{V}{Z}$

6,0

Argile marneuse / marne

SP6+P8

243,00

Remblai, argile et blocs

$\frac{V}{Z}$

1,5

PC 240,00

3,0 Remblai

3,3 passage peu compact

3,8

Argile marneuse / marne

239,15

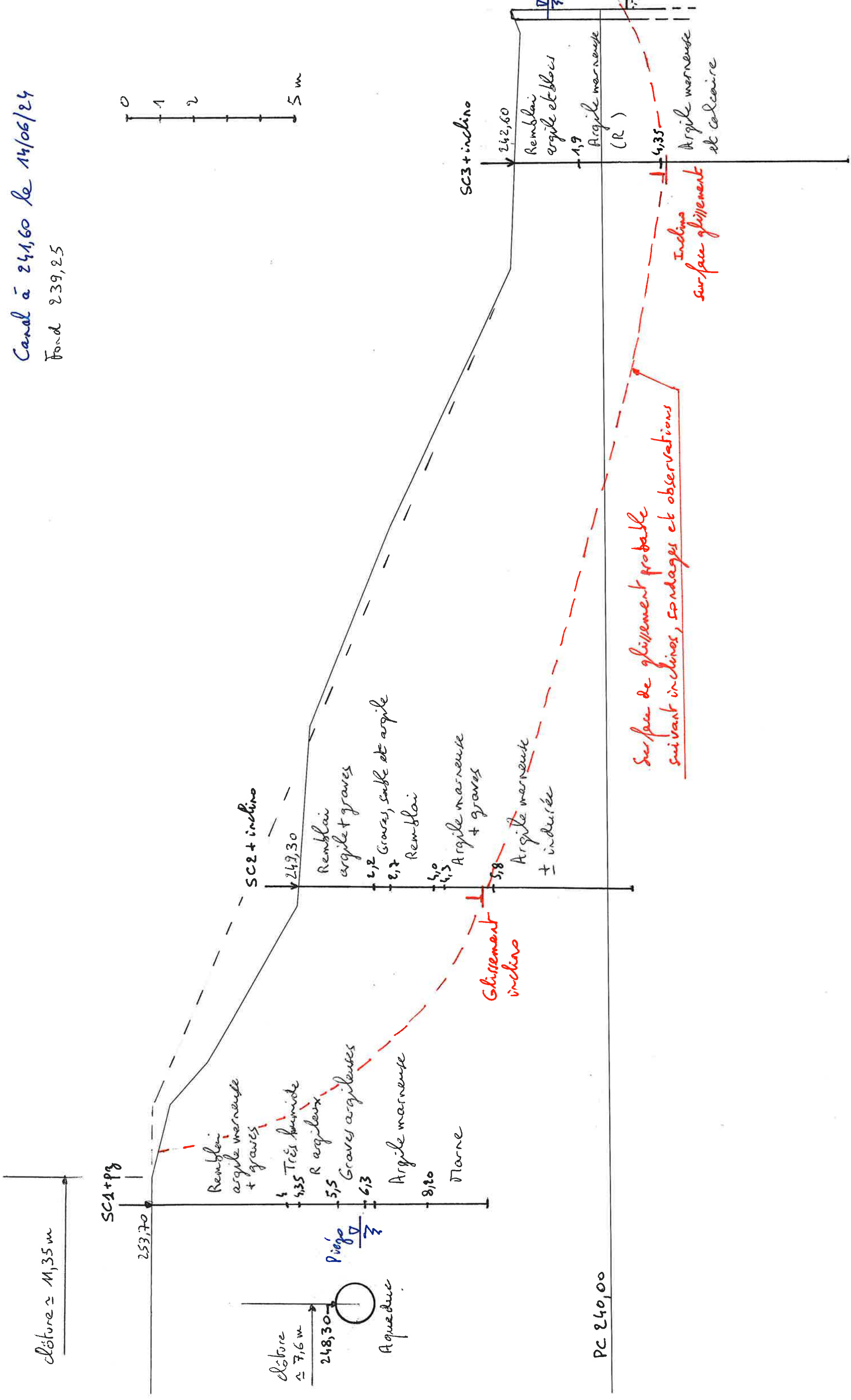


Profil P2 1/100<sup>ème</sup>

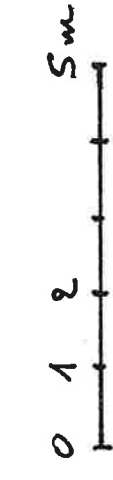
(P5 du relevé aqueduc)

Canal à 241,60 le 14/06/24

Fond 239,25



# Profil P3 1/100ème Entre P3 et P4 du relevé aqueduc



clôture à environ 12,9m

SP1 + incline

254,15

Remblai argileux

5,7

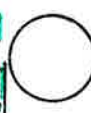
Argile et blocs

Argile marneuse

marne

clôture à 7,75m

248,30



canalisation  
φ 1200 mm

SP3 + p8

265,25

Remblai argileux

4,2

Argile + blocs

6,0

Schématisme de la couche granulaire de 2012

Inclino SC2

7/3

SP5 + p8

242,95

Remblai avec blocs

Remblai argileux à bloc

2,2

3,7

4,0

Inclino SC3

Argile marneuse / marne

Sur face de glissement probable  
suivant inclines, sondages et observations

PC 240,00

## Annexe 6 – Calculs de stabilité

# Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité classique

Numéro d'affaire : 24/02328

Titre du calcul : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

Lieu : LUDRES - canal

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs,clou	pmax	ks×B	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques	
1	Remblai d'argile traitée		20,0	22,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
2	Remblai avec cailloux		21,0	22,00	1,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
3	Argile marneuse hors travaux		20,5	24,00	8,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
4	Marne argileuse		21,0	24,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
5	Marne		21,0	24,00	24,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
6	Argile marneuse altérée base remblai		20,5	15,00	4,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	
7	Argile marneuse fond de fouille		20,5	20,50	6,5	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	Remblai d'argile traitée		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
2	Remblai avec cailloux		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
3	Argile marneuse hors travaux		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
4	Marne argileuse		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
5	Marne		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
6	Argile marneuse altérée base remblai		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
7	Argile marneuse fond de fouille		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	254,400	2	5,000	254,450	3	9,300	254,300	4	12,900	253,950	5	38,400	243,150
7	46,100	239,150	8	55,000	239,000	9	6,800	249,000	10	7,100	248,300	11	7,100	247,000
13	9,000	248,300	14	9,400	248,300	15	16,300	243,400	16	19,000	243,300	17	22,800	242,250
19	55,000	237,700	21	2,000	254,400	22	9,700	249,000	23	16,600	244,100	24	25,500	243,400
26	37,000	240,000	27	25,500	242,600	28	27,800	241,400	29	36,700	239,300	31	46,080	239,840
33	10,600	246,000	34	14,325	244,803	35	0,000	244,100	36	10,600	243,700	37	41,400	235,600
			38	55,000	235,300									

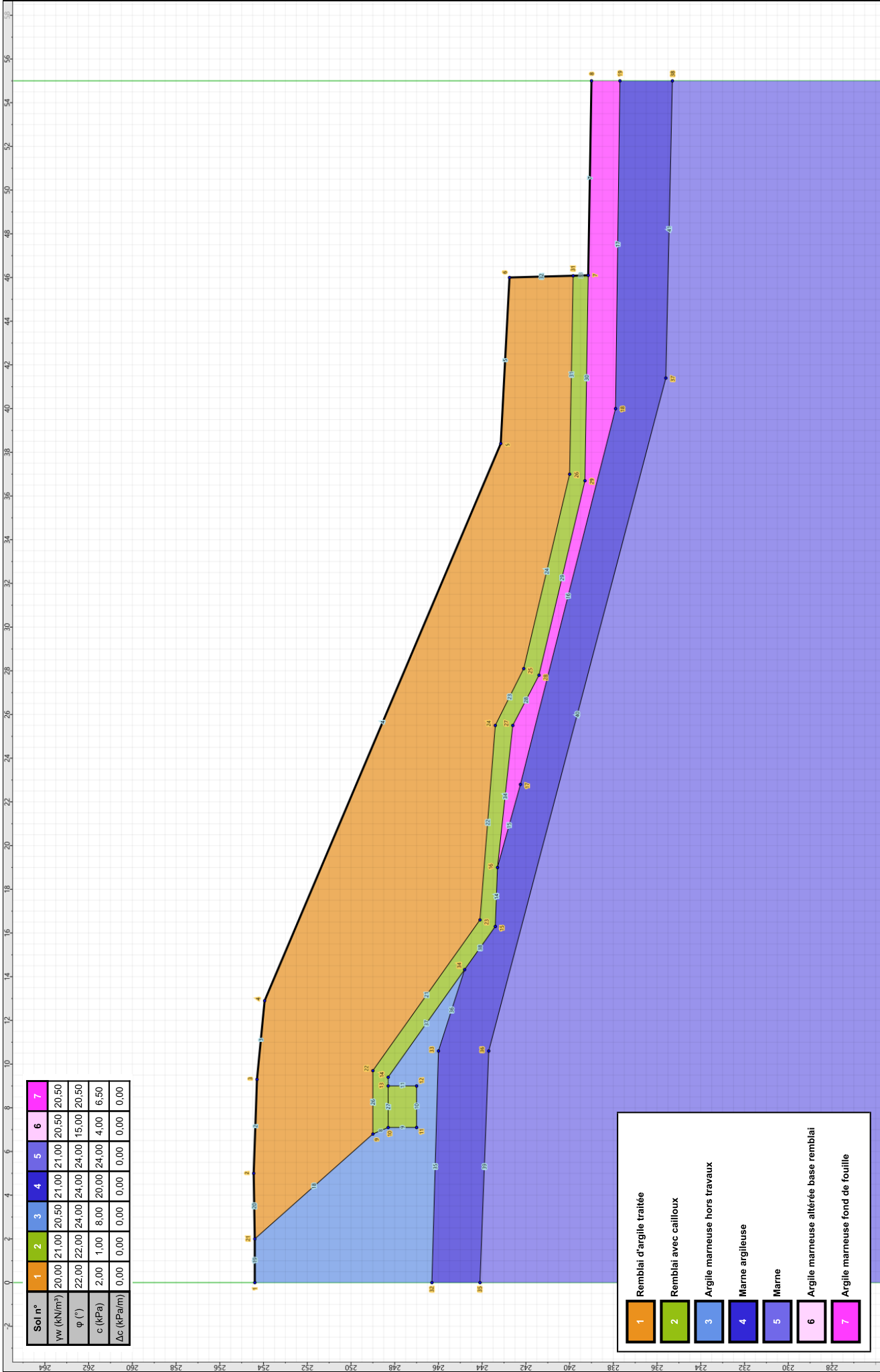
Segments

	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
2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	7	7	8	8	9	10	9	10	11
10	11	12	11	12	13	12	13	14	14	15	16	15	16	17	16	17	18	17	18	19
18	9	21	19	21	1	20	21	2	21	22	23	22	23	24	23	24	25	24	25	26
26	9	22	27	10	13	28	27	28	29	28	29	30	29	7	31	26	31	32	31	6
33	31	7	34	16	27	35	32	33	36	33	34	37	34	14	38	34	15	39	35	36
40	36	37	41	37	38															



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:17  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo





# Données de la phase 1

Nom de la phase : Amorce glissement - Nappe basse

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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile traitée
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse fond de fouille	8	9	10	Argile marneuse hors travaux
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec cailloux
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileuse
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse hors travaux
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec cailloux
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec cailloux
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse fond de fouille	29	28	29	Argile marneuse fond de fouille
30	29	7	Argile marneuse fond de fouille	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile traitée
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse fond de fouille	35	32	33	Marne argileuse
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileuse
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,500	30,00	4	16,500	244,000	8,00
6	38,000	241,600	0,00	7	55,000	241,600	0,00								



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:18  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Amorce glissement - Nappe basse

Nom de la situation : Surface inclino

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

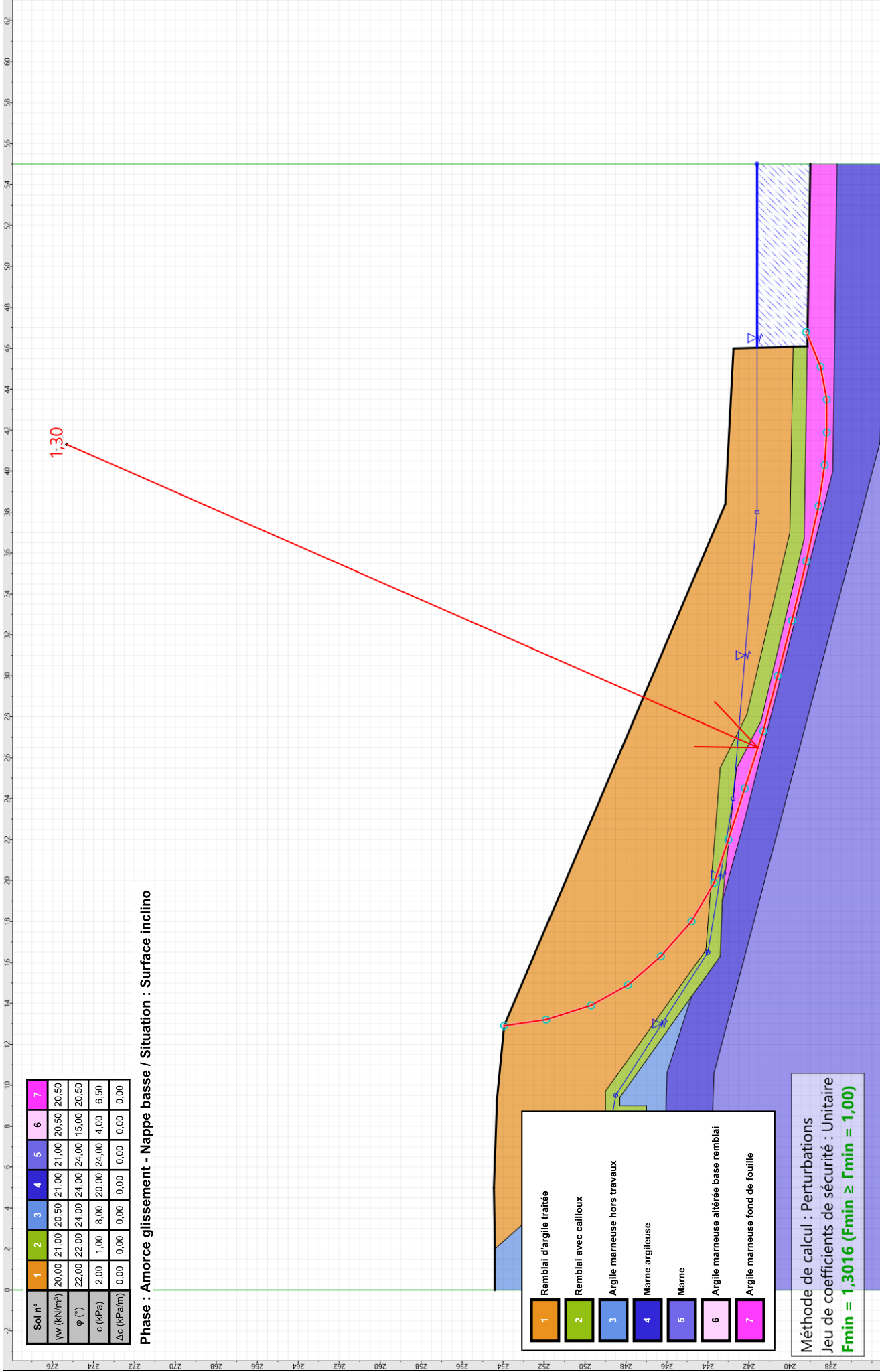
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:18  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



Phase : Amorce glissement - Nappe basse / Situation : Surface inclino

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00	21,00	20,50	21,00	21,00	20,50	20,50
$\phi$ (°)	22,00	22,00	24,00	24,00	24,00	15,00	20,50
c (kPa)	2,00	1,00	8,00	20,00	24,00	4,00	6,50
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

- 1

Remblai d'argile traitée
- 2

Remblai avec cailloux
- 3

Argile marneuse hors travaux
- 4

Marne argileuse
- 5

Marne
- 6

Argile marneuse altérée base remblai
- 7

Argile marneuse fond de fouille

Méthode de calcul : Perturbations

Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire

**Fmin = 1,3016 (Fmin ≥ 1,00)**

# Données de la phase 2

Nom de la phase : Saturation mi-remblai

## 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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile traitée
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse fond de fouille	8	9	10	Argile marneuse hors travaux
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec cailloux
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileuse
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse hors travaux
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec cailloux
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec cailloux
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse fond de fouille	29	28	29	Argile marneuse fond de fouille
30	29	7	Argile marneuse fond de fouille	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile traitée
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse fond de fouille	35	32	33	Marne argileuse
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileuse
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

## Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

## Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,600	8,00	4	17,000	247,500	8,00
6	38,500	241,600	7,00	7	55,000	241,600	0,00					5	24,500	246,000	15,00



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:18  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Saturation mi-remblai  
Nom de la situation : Surface inclino  
Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique  
Méthode de calcul : Perturbations  
Exposant de tgα : 1  
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 : Automatique  
ΓRd : 1.0  
Type de surface de rupture : Polygonale  
Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

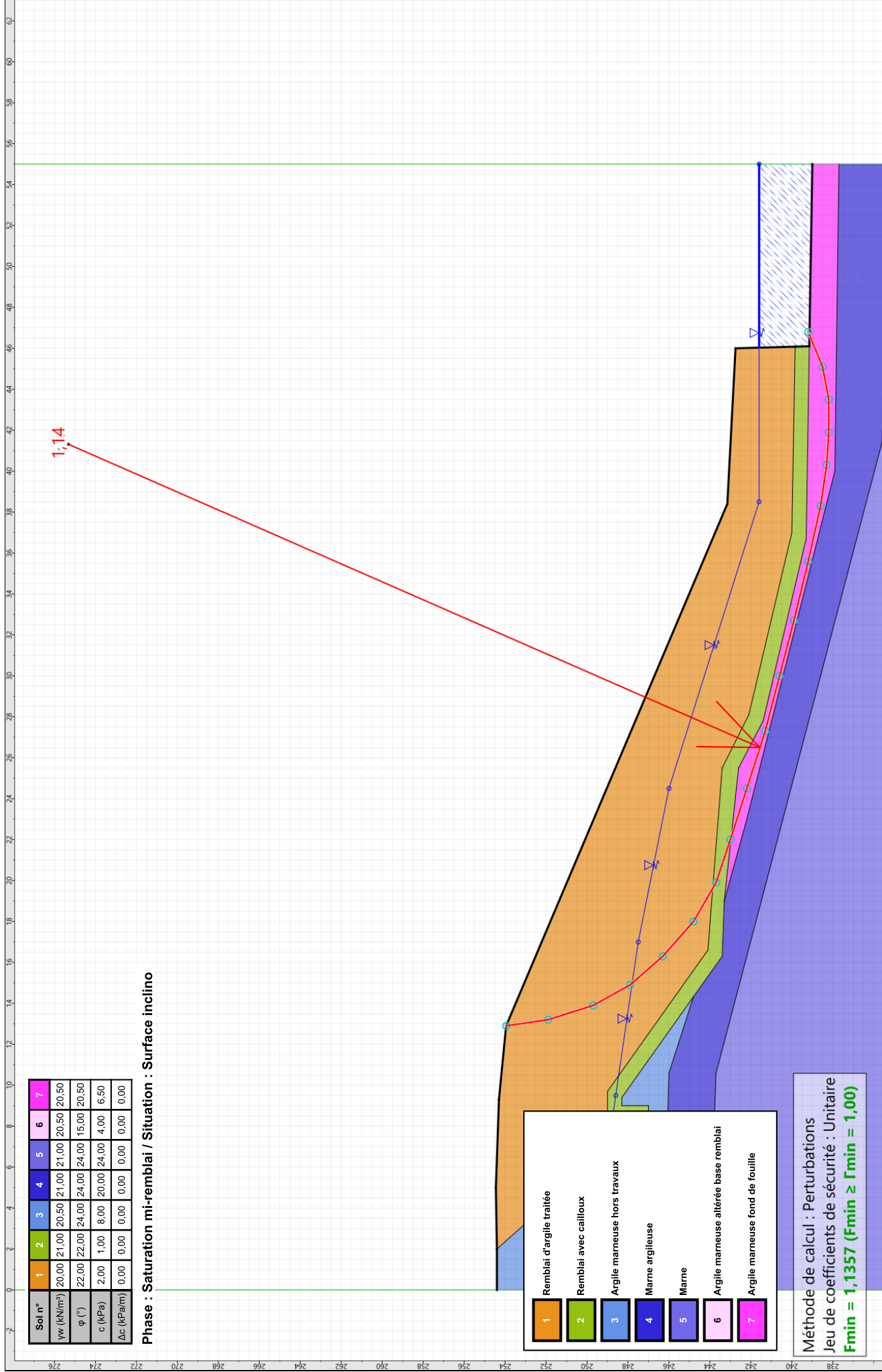
Nombre de tranches : 100  
Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:18  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo





# Données de la phase 3

Nom de la phase : Amorce glissement - Saturation pour F = 1 (glissement)

## 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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile traitée
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse fond de fouille	8	9	10	Argile marneuse hors travaux
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec cailloux
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileuse
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse hors travaux
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec cailloux
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec cailloux
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse fond de fouille	29	28	29	Argile marneuse fond de fouille
30	29	7	Argile marneuse fond de fouille	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile traitée
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse fond de fouille	35	32	33	Marne argileuse
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileuse
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

## Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

## Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	253,200	1,00	2	7,500	253,100	3,00	3	13,000	252,300	8,00	4	17,734	250,300	8,00
6	38,500	241,700	7,00	7	45,264	241,600	0,00	8	55,000	241,600	0,00				



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:19  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Amorce glissement - Saturation pour F = 1 (glissement)

Nom de la situation : Surface inclino

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

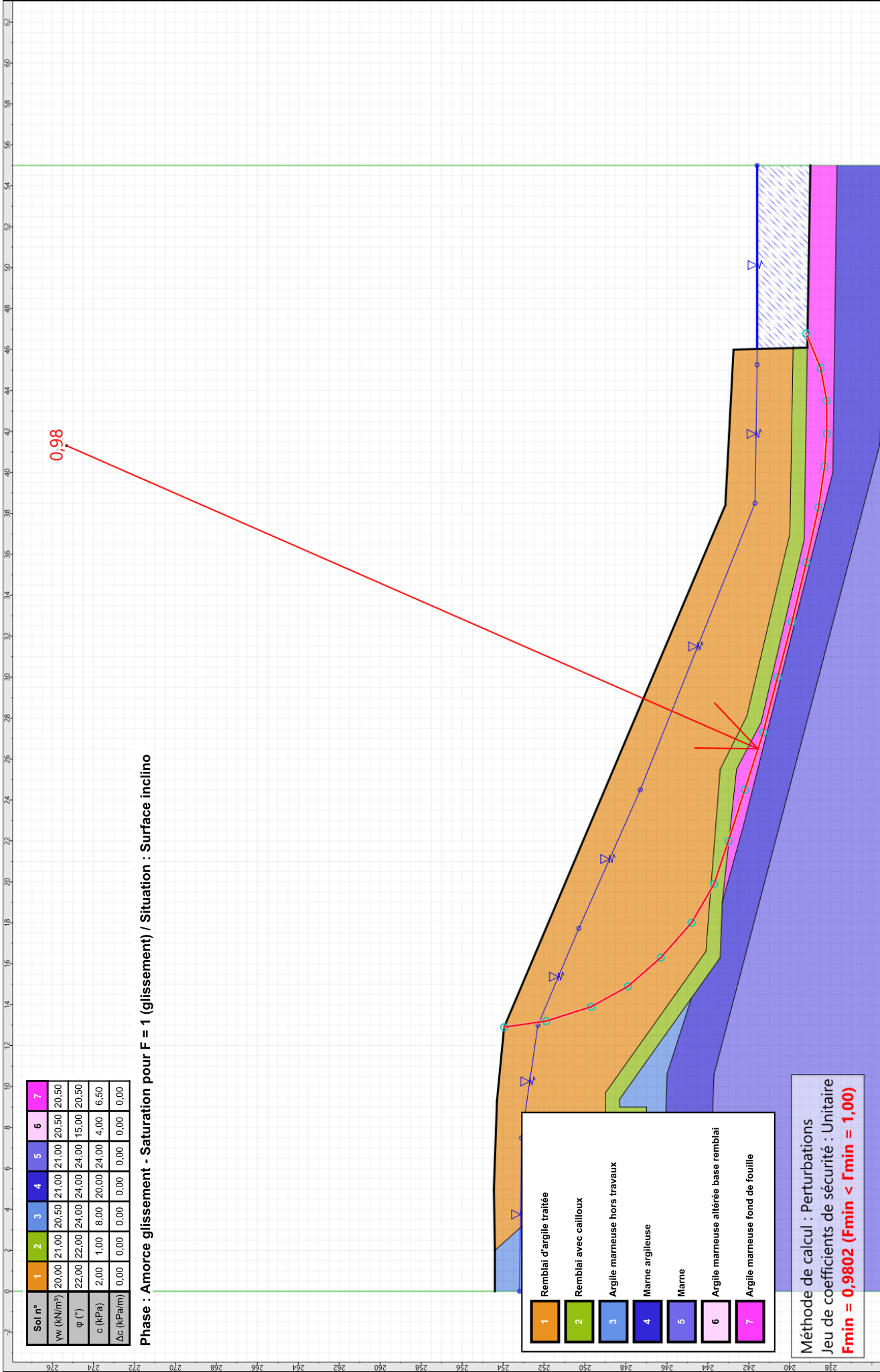
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:19  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



# Données de la phase 4

Nom de la phase : Amorce glissement - Saturation totale caract triax

## 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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile traitée
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse fond de fouille	8	9	10	Argile marneuse hors travaux
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec cailloux
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileuse
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse hors travaux
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec cailloux
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec cailloux
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse fond de fouille	29	28	29	Argile marneuse fond de fouille
30	29	7	Argile marneuse fond de fouille	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile traitée
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse fond de fouille	35	32	33	Marne argileuse
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileuse
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

## Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

## Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	254,291	1,00	2	7,500	254,258	3,00	3	13,000	253,500	8,00	4	17,734	251,500	8,00
6	38,500	242,249	7,00	7	45,264	241,600	0,00	8	55,000	241,600	0,00				



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:20  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



# Données de la situation 1

Nom de la phase : Amorce glissement - Saturation totale caract triax

Nom de la situation : Surface inclino

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

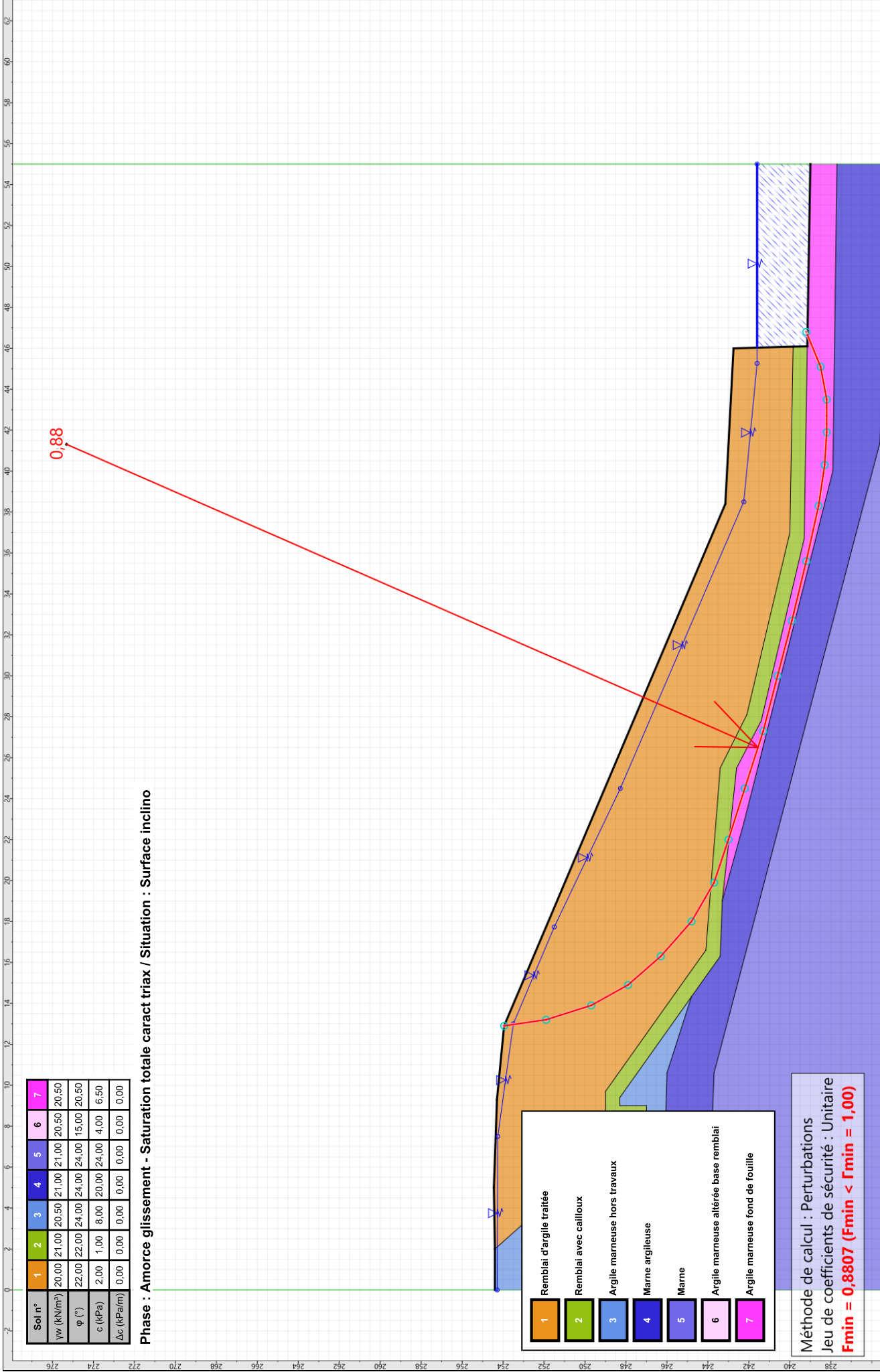
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:20  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



# Données de la phase 5

Nom de la phase : Nappe basse - base altérée

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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse altérée base remblai	8	9	10	Argile marneuse ho
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec ca
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileu
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse ho
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec ca
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec ca
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse altérée base remblai	29	28	29	Argile marneuse altérée
30	29	7	Argile marneuse altérée base remblai	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse altérée base remblai	35	32	33	Marne argileu
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileu
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,500	30,00	4	16,500	244,000	8,00	5	24,000	242,770	6,00
6	38,000	241,600	0,00	7	55,000	241,600	0,00												



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:20  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Nappe basse - base altérée

Nom de la situation : Surface inclino

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de  $\tan\alpha$  : 1

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
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma'_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	$\Gamma_{cu}$	1,000
$\Gamma_Q$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
$\Gamma_{pl}$	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	$\Gamma_{buton}$	1,000	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  : Automatique

$\Gamma_{Rd}$  : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

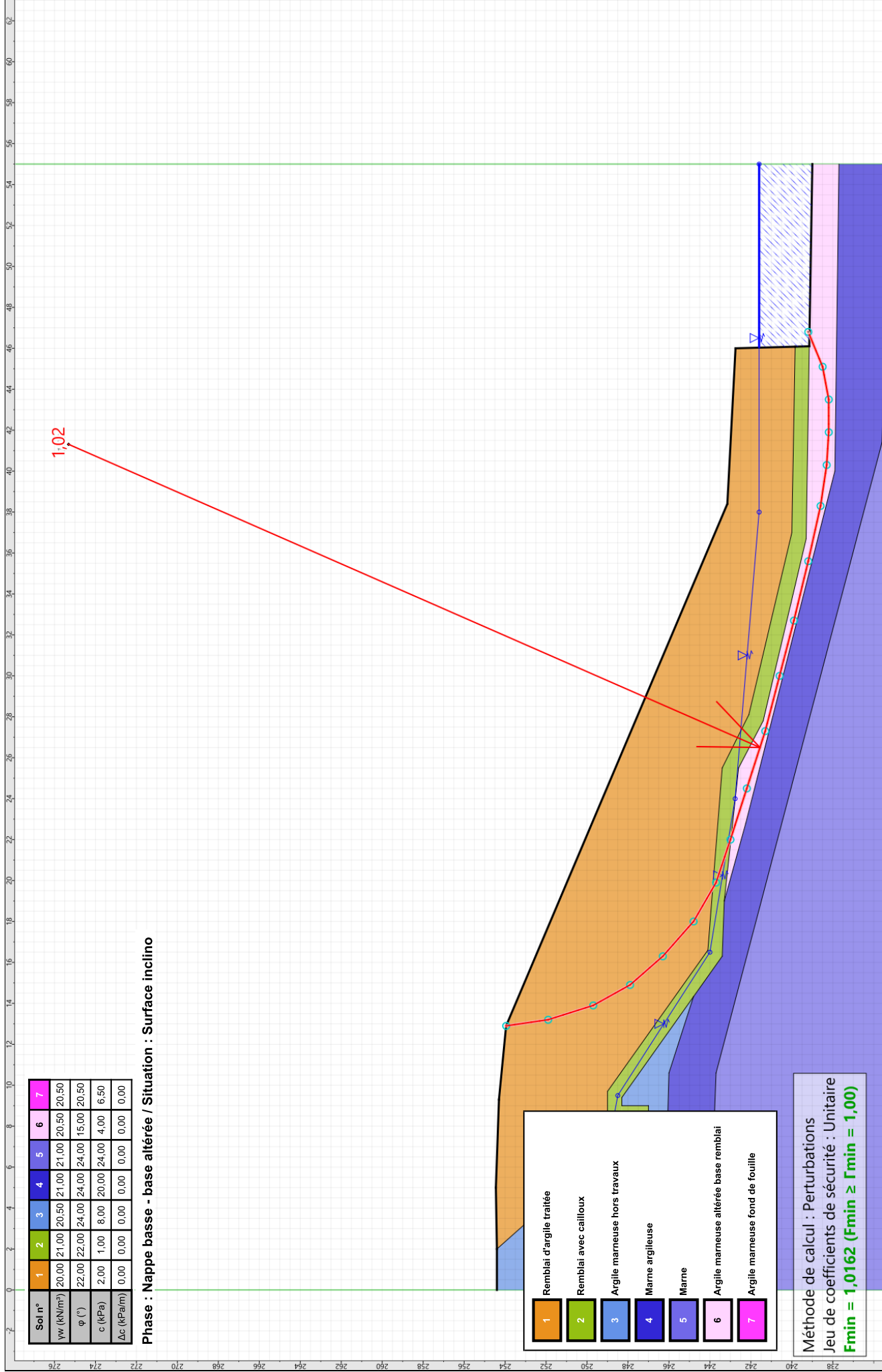
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:20  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo





# Données de la phase 6

Nom de la phase : Saturation mi-remblai - base altérée

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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse altérée base remblai	8	9	10	Argile marneuse ho
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec ca
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileu
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse ho
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec ca
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec ca
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse altérée base remblai	29	28	29	Argile marneuse altérée
30	29	7	Argile marneuse altérée base remblai	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse altérée base remblai	35	32	33	Marne argileu
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileu
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,600	8,00	4	17,000	247,500	8,00
6	38,500	241,600	7,00	7	55,000	241,600	0,00								



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:21  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Saturation mi-remblai - base altérée

Nom de la situation : Surface inclino

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	12,900	253,950	0,0	2	13,200	251,900	0,0	3	13,900	249,700	0,0	4	14,900	247,900	0,0	5	16,300	246,300	0,0
7	19,900	243,700	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

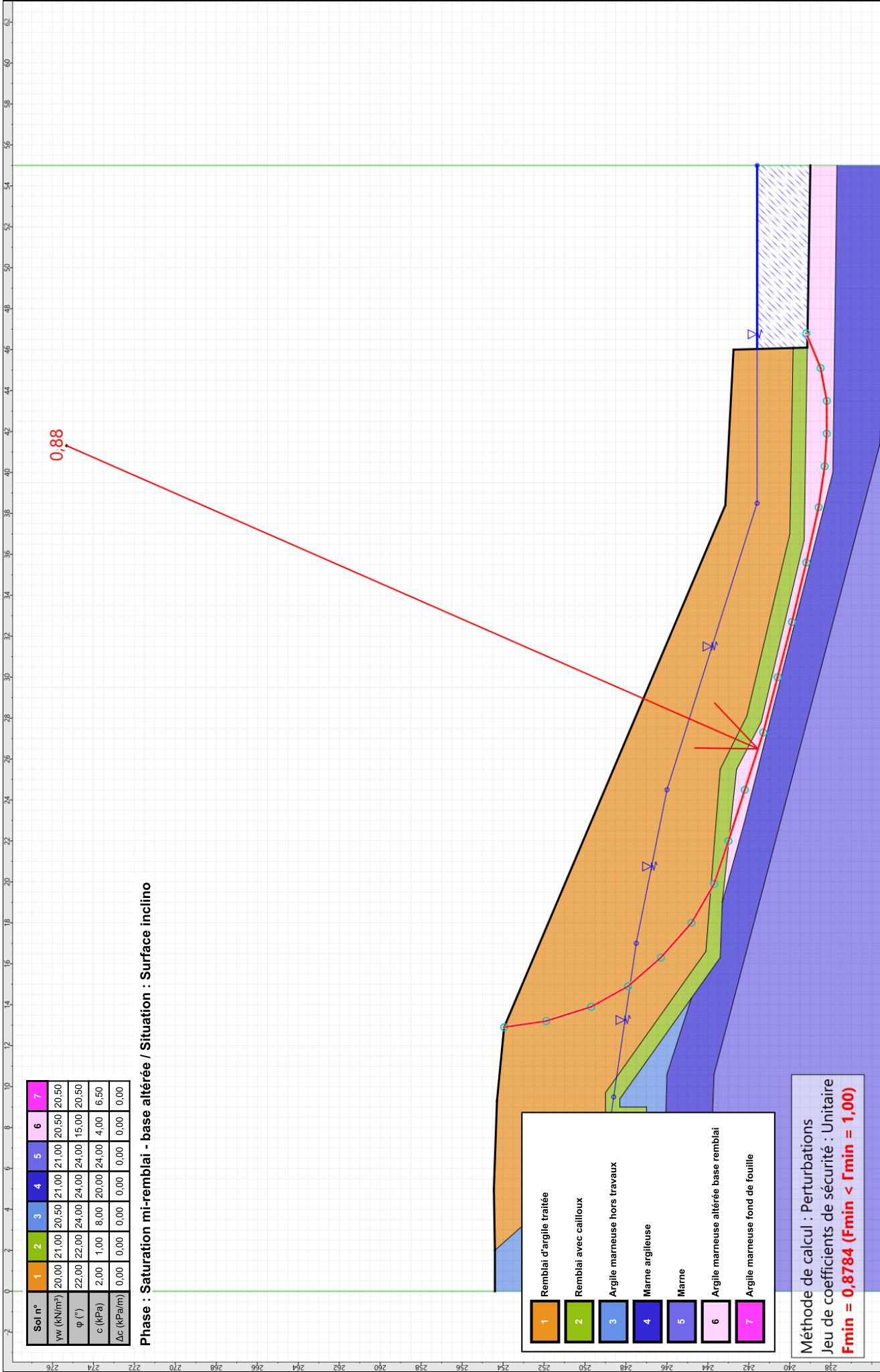
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:21  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



# Données de la situation 2

Nom de la phase : Saturation mi-remblai - base altérée

Nom de la situation : Surface derrière cana

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Polygonale

Surface de rupture polygonale

	X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u		X	Y	u
1	4,123	254,500	0,0	2	4,620	252,000	0,0	3	5,280	249,723	0,0	4	6,000	248,196	0,0	5	6,849	247,000	0,0
7	17,803	244,000	0,0	8	22,000	243,000	0,0	9	24,500	242,200	0,0	10	27,300	241,300	0,0	11	30,000	240,600	0,0
13	35,600	239,200	0,0	14	38,300	238,600	0,0	15	40,300	238,300	0,0	16	41,900	238,200	0,0	17	43,500	238,200	0,0
19	46,800	239,200	0,0																

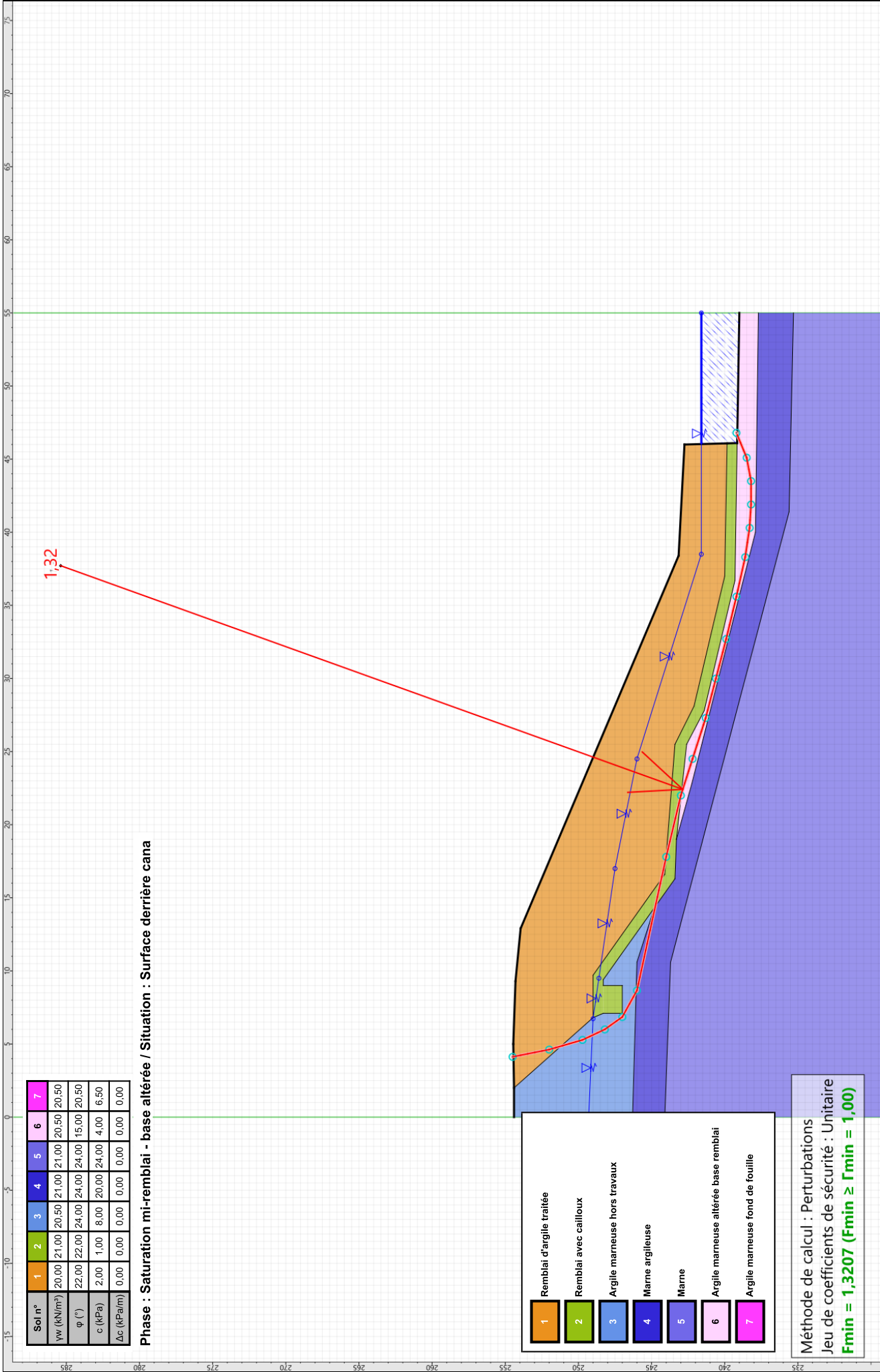
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:22  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo



# Données de la phase 7

Nom de la phase : Nappe basse base altérée aqueduc

## 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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse altérée base remblai	8	9	10	Argile marneuse ho
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec ca
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileu
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse ho
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec ca
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec ca
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse altérée base remblai	29	28	29	Argile marneuse altérée
30	29	7	Argile marneuse altérée base remblai	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse altérée base remblai	35	32	33	Marne argileu
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileu
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

## Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

## Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,500	30,00	4	16,500	244,000	8,00	5	24,000	242,770	6,00
6	38,000	241,600	0,00	7	55,000	241,600	0,00												



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:22  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

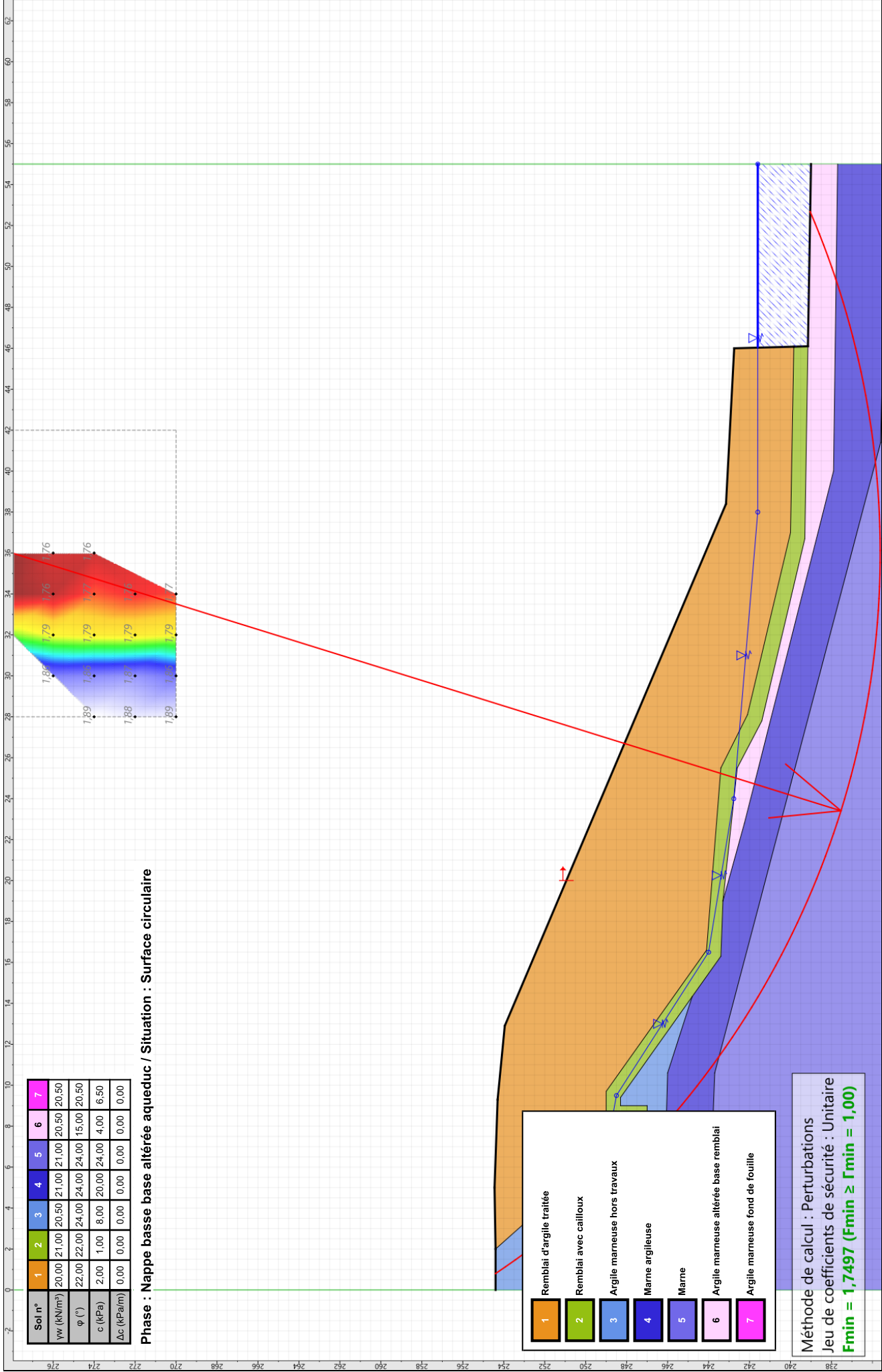


# Données de la situation 1

Nom de la phase : Nappe basse base altérée aqueduc  
Nom de la situation : Surface circulaire  
Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique  
Méthode de calcul : Perturbations  
Exposant de  $\tan\alpha$  : 1  
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
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma'_{s1}$	1,000	$\Gamma_{tan\phi}$	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	$\Gamma_{cu}$	1,000
$\Gamma_Q$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
$\Gamma_{pl}$	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	$\Gamma_{buton}$	1,000	-	-

Détermination de  $\Gamma_{Rd}$  : Automatique  
 $\Gamma_{Rd}$  : 1.0  
Type de surface de rupture : Circulaire manuelle  
Origine du quadrillage manuel : X= 28,000; Y= 270,000  
Incrément en X / Incrément en Y : X= 2,000; Y= 2,000  
Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00  
Nombre de centres en X / en Y : en X= 8; en Y= 8  
Incrément sur le rayon : 0,500  
Nombre d'incréments sur le rayon : 30  
Abscisse émergence limite aval : 20,000  
Type de recherche : Point de passage de base  
Point de passage de base : X= 7,100; Y= 247,000  
Écarter les surfaces de peau : Oui  
Activer le critère de profondeur : Oui  
Profondeur inférieure à (m) : 1,000  
Activer le critère de distance entre extrémités : Oui  
Distance entre les extrémités inférieure à (m) : 5,000  
Activer le critère de volume de sol glissant : Non  
Nombre de tranches : 100  
Prise en compte du séisme : Non



# Données de la phase 8

Nom de la phase : Saturation mi-remblai base altérée aqueduc

## 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
2	2	3	Remblai d'argile traitée	3	3	4	Remblai d'argile traitée	4	4	5	Remblai d'argile
5	5	6	Remblai d'argile traitée	7	7	8	Argile marneuse altérée base remblai	8	9	10	Argile marneuse ho
9	10	11	Remblai avec cailloux	10	11	12	Argile marneuse hors travaux	11	12	13	Remblai avec ca
12	13	14	Argile marneuse hors travaux	14	15	16	Marne argileuse	15	16	17	Marne argileu
16	17	18	Marne argileuse	17	18	19	Marne argileuse	18	9	21	Argile marneuse ho
19	21	1	Argile marneuse hors travaux	20	21	2	Remblai d'argile traitée	21	22	23	Remblai avec ca
22	23	24	Remblai avec cailloux	23	24	25	Remblai avec cailloux	24	25	26	Remblai avec ca
26	9	22	Remblai avec cailloux	28	27	28	Argile marneuse altérée base remblai	29	28	29	Argile marneuse altérée
30	29	7	Argile marneuse altérée base remblai	31	26	31	Remblai avec cailloux	32	31	6	Remblai d'argile
33	31	7	Remblai avec cailloux	34	16	27	Argile marneuse altérée base remblai	35	32	33	Marne argileu
36	33	34	Marne argileuse	37	34	14	Argile marneuse hors travaux	38	34	15	Marne argileu
39	35	36	Marne	40	36	37	Marne	41	37	38	Marne

## Liste des éléments activés

**Polygones :** Polygone entre les points 11,10,13,12  
Polygone entre les points 7,8,19,18,17,16,27,28,29  
Polygone entre les points 9,10,11,12,13,14,34,33,32,1,21  
Polygone entre les points 10,9,22,23,24,25,26,31,7,29,28,27,16,15,34,14,13  
Polygone entre les points 35,36,37,38,xMax,xMin  
Polygone entre les points 15,16,17,18,19,38,37,36,35,32,33,34  
Polygone entre les points 2,3,4,5,6,31,26,25,24,23,22,9,21

**Conditions hydrauliques :** Nappe phréatique

## Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle
1	0,000	249,300	1,00	2	6,733	249,000	3,00	3	9,500	248,600	8,00	4	17,000	247,500	8,00
6	38,500	241,600	7,00	7	55,000	241,600	0,00					5	24,500	246,000	15,00



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:23  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo

# Données de la situation 1

Nom de la phase : Saturation mi-remblai base altérée aqueduc

Nom de la situation : Surface circulaire

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Perturbations

Exposant de tgα : 1

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 : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= 28,000; Y= 270,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 2,000; Y= 2,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 8; en Y= 8

Incrément sur le rayon : 0,500

Nombre d'incréments sur le rayon : 30

Abscisse émergence limite aval : 20,000

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= 7,100; Y= 247,000

Écarter les surfaces de peau : Oui

Activer le critère de profondeur : Oui

Profondeur inférieure à (m) : 1,000

Activer le critère de distance entre extrémités : Oui

Distance entre les extrémités inférieure à (m) : 5,000

Activer le critère de volume de sol glissant : Non

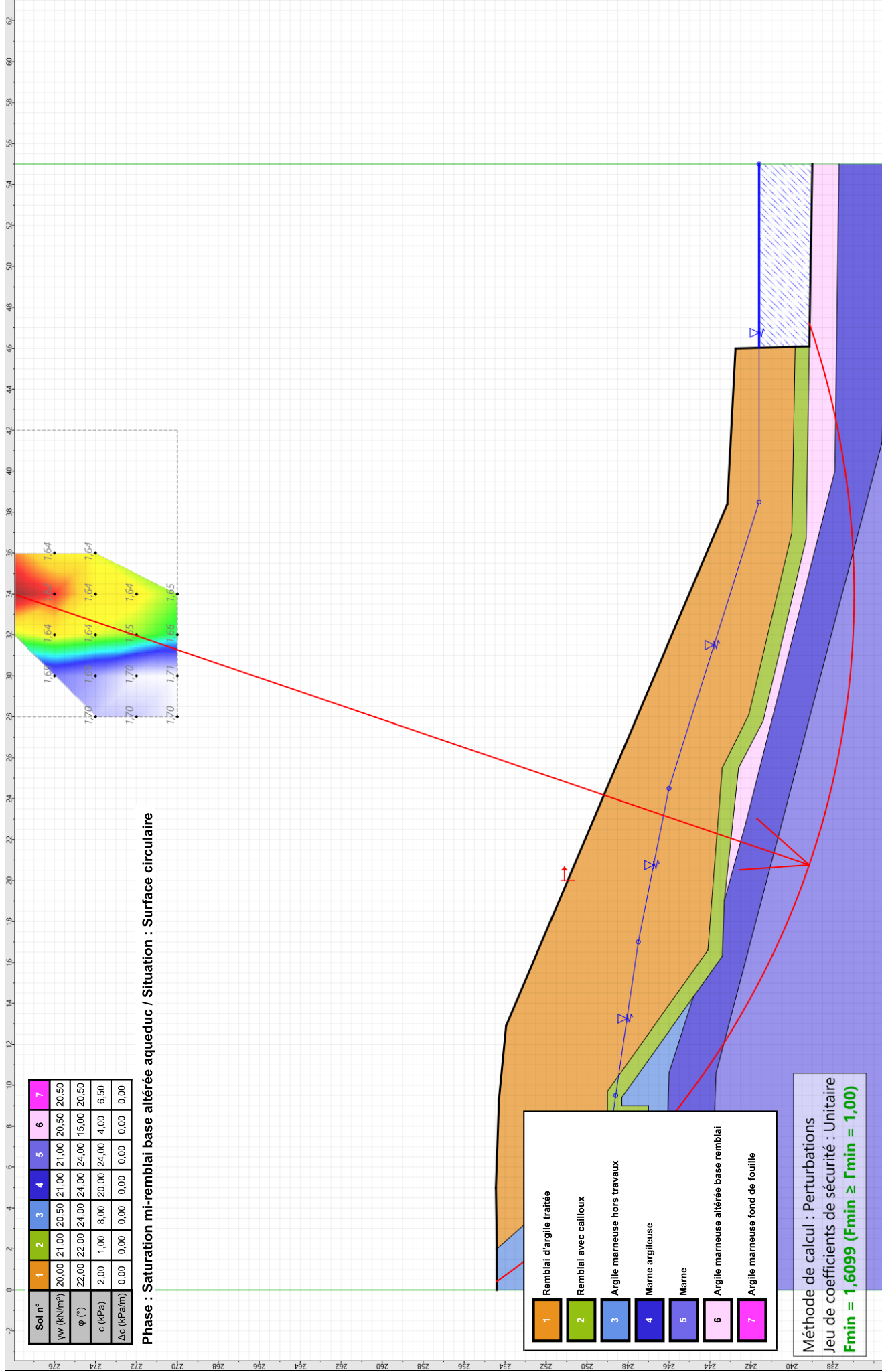
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non



Talren v6  
v6.1.6

Imprimé le : 10 juil. 2024 15:36:23  
Calcul réalisé par : GEOTEC  
Projet : Analyse du glissement de 2024 - suite labo





GROUPE

**GÉOTEC**

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE



www geotec.fr



Groupe  
Géotec



Groupe  
Géotec