

# Confortement des berges de la Durance par la mise en place d'enrochements

Communes de La Brillanne (04700), Villeneuve (04180) et de Saint-Paul-lès-Durance (13115)

## Annexe VIII. Campagne de sondages géotechniques



# HYDROGÉOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,  
chaussée et environnement.



VINCI Autoroutes



## RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

### A51 – Aléa érosion de la Durance

Saint Paul lez Durance, Peipin, Sisteron

Compte rendu factuel des investigations – Mission G0

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	OBSERVATION / MODIFICATION
C.23.50.051	A	11/08/23	GCA	JSK	Première émission
C.23.50.051	B	06/10/23	GCA	JSK	Modifications suite remarques Artelia

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
1.1	MISSIONS.....	3
1.2	RÉFÉRENTIELS.....	4
1.3	DOCUMENTS FOURNIS .....	4
1.4	DESCRIPTION DU PROJET.....	4
<b>2.</b>	<b>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES</b> .....	<b>5</b>
2.1	CONTEXTE SITOLOGIQUE .....	5
2.2	CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	7
<b>3.</b>	<b>PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE</b> .....	<b>9</b>
3.1	PROGRAMME SPÉCIFIQUE .....	9
3.2	IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	12
<b>4.</b>	<b>ETUDE DE STABILITE – PEIPIN 112.92 A 113.42</b> .....	<b>13</b>
4.1	PREAMBULE .....	13
4.2	PROFILS REALISES .....	13
4.3	CONCLUSIONS ET ORIENTATIONS .....	15
	<b>ANNEXE 1</b> PLAN D'IMPLANTION DES SONDAGES .....	<b>18</b>
	<b>ANNEXE 2</b> COUPES DES SONDAGES CAROTTES .....	<b>19</b>
	<b>ANNEXE 3</b> COUPES DES SONDAGES À LA PELLE MÉCANIQUE .....	<b>20</b>
	<b>ANNEXE 4</b> SORTIES FOXTA.....	<b>21</b>
	<b>ANNEXE 5</b> MISSIONS GÉOTECHNIQUES.....	<b>22</b>



# 1. INTRODUCTION

## 1.1 MISSIONS

À la demande et pour le compte de **VINCI AUTOROUTES**, l'agence PACA du Bureau d'Etudes **HYDROGÉOTECHNIQUE SUD-EST** a procédé à l'exécution des investigations dans le cadre d'une étude conduite par Artelia visant à préciser les enjeux vis-à-vis de l'aléa érosion de la Durance sur l'A51 réparti sur 3 communes, **Saint Paul Lez Durance, Peipin, et Sisteron (13 et 04)**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- **Article 6 : investigations géotechniques**

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à la réalisation des sondages suivi d'un compte rendu factuel d'investigation, mission G0 conformément à l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

**Cette mission se termine à la remise du présent rapport.** Elle s'appuie sur des prestations d'investigations géotechniques proposées et réalisées par notre société.

Cette étude a été réalisée par **Geoffrey CADRAN** ingénieur en géotechnique, responsable de l'agence PACA, avec le contrôle interne de **Jean Sébastien KUHN**, Ingénieur Géotechnicien.

**Les objectifs de cette étude sont :**

- Réaliser les forages, essais et mesures selon le programme imposé,
- Dépouiller les forages et essais conformément aux modes opératoires AFNOR correspondants,
- Fournir un compte-rendu factuel des différents résultats (coupes des sondages, procès-verbaux d'essais et résultats des mesures),
- Réaliser plusieurs coupes sous logiciel TALREN sur la zone de Peipin selon les données transmises par la maîtrise d'œuvre.

**Limites de cette étude :**

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques sont exclus. Notre mission n'intègre pas l'étude des dispositifs d'assainissement ni l'étude de la possibilité d'infiltration des eaux pluviales.

Tout changement d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce compte-rendu doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.



Cette étude a été réalisée le 11/08/2023. Nous attirons l'attention sur le fait qu'un certain nombre de paramètres peuvent évoluer dans la durée (environnement notamment). Au-delà d'un délai de 1 an, nous recommandons fortement une actualisation de nos conclusions.

## 1.2 RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire,
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),

## 1.3 DOCUMENTS FOURNIS

Afin de mener à bien notre mission, il nous a été transmis :

- Cahier des charges rédigé par Artelia daté de Décembre 2022.

## 1.4 DESCRIPTION DU PROJET

L'autoroute A51 longe la Durance sur un linéaire important, sur certaine portion la proximité avec cette rivière engendre des érosions de berge importante. Dans cette optique, un questionnement sur la stabilité des berges et plus particulièrement de l'A51 doivent être étudiées. Il est donc demandé par Vinci autoroutes maître d'ouvrage et Artelia Maitrise d'œuvre sur l'opération la réalisation de sondages géotechniques de sorte à pouvoir caractériser l'aléa.

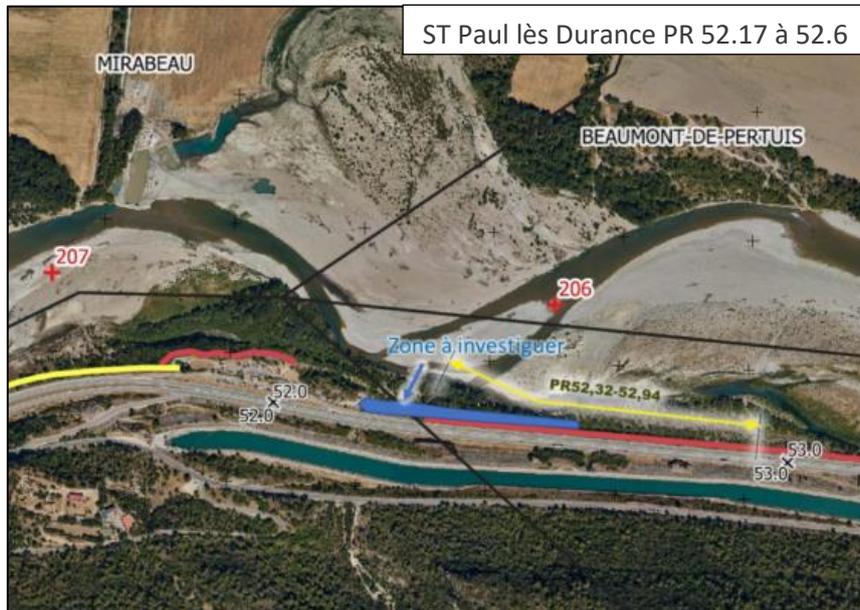
Les différents sites concernés sont :

- Saint Paul lès Durance PR 52.17 à 52.6,
- Saint Paul lès Durance PR 55.65 à 56.12,
- Peipin PR 112.9 à 113.42
- Sisteron PR 118.64 à 119.11.

## 2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES

### 2.1 CONTEXTE SITOLOGIQUE

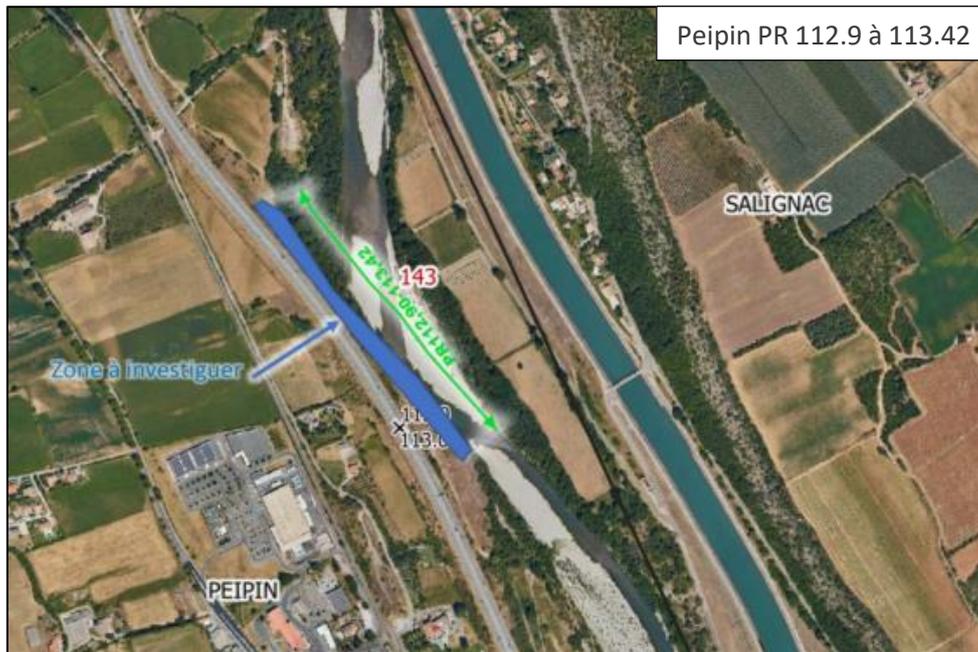
Les investigations géotechniques sont localisées le long de l'A51 entre la commune de Saint Paul lès Durance et Sisteron.



Ce secteur est accessible uniquement depuis l'aire de Jouques situé plus en aval. La zone d'étude est très boisée et l'on constate un affleurement rocheux (calcaire) à proximité. La cote topographique est calée entre 232 et 236m NGF.



La seconde zone située à Saint Paul lez Durance coorespond à une piste existante longeant la Durance, celle-ci est légèrement en contrebas du talus autoroutier. La cote topographique est à 243m NGF environ.



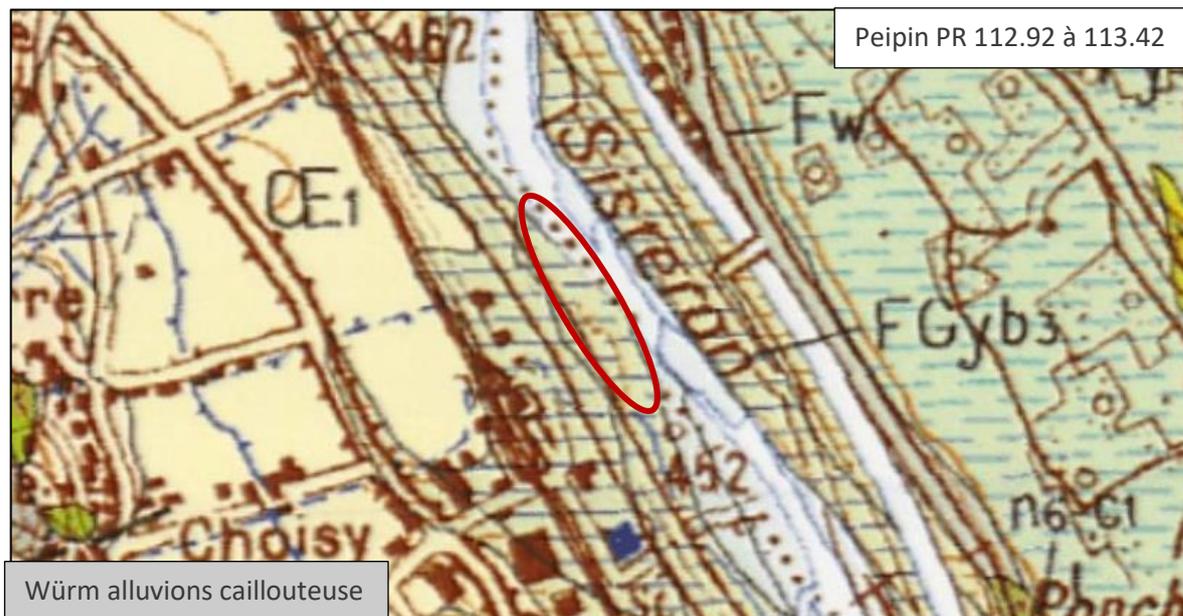
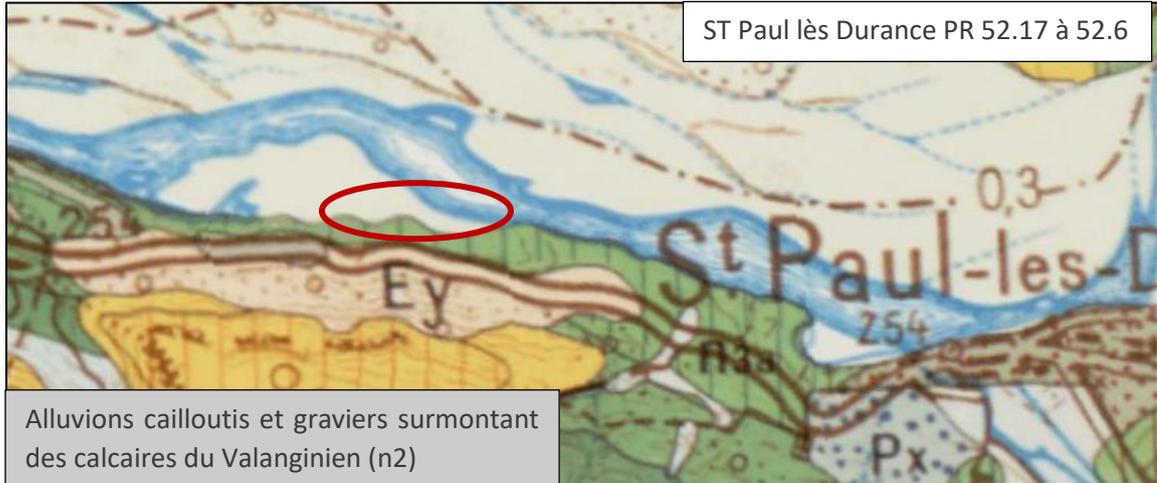
La zone d'étude sur Peipin est localisé en rive droite de la Durance et correspond à une zone partiellement boisée. La majeure partie du site est constitué par un plateau surpolombant la Durance calé à 447m NGF.

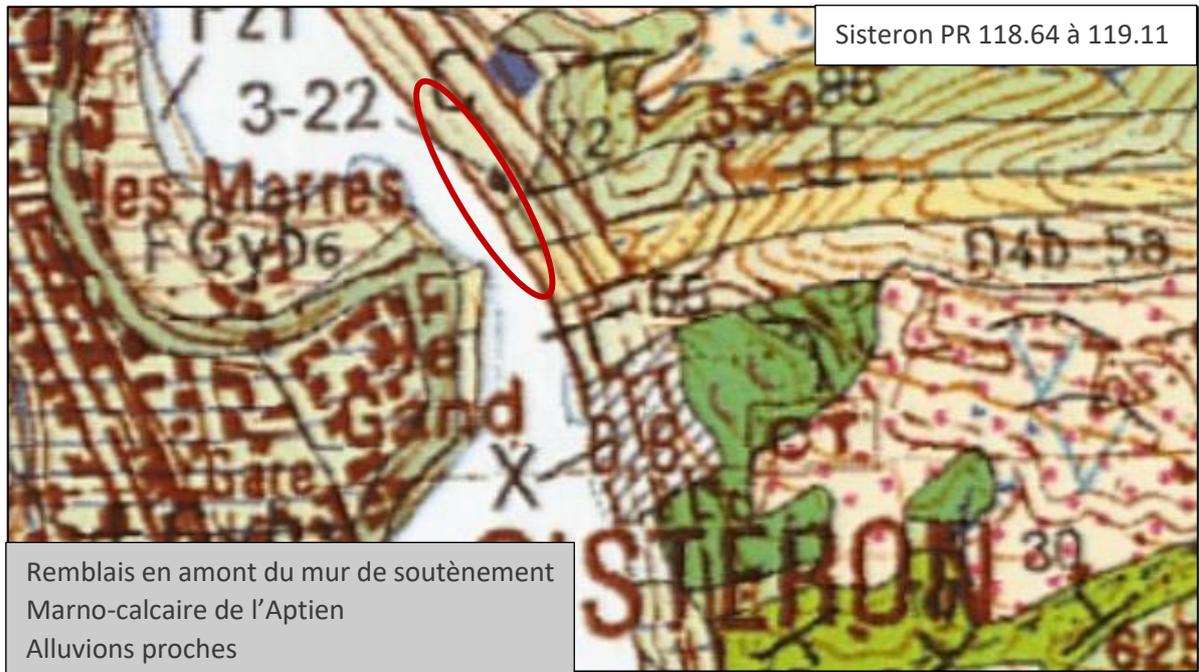


Le dernier site d'étude est localisé sur la commune de Sisteron. Ici, l'A51 est séparée de la Durance par un mur de soutènement dont les caractéristiques ne sont pas connues. La cote NGF du site d'étude est à 464m NGF.

## 2.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique des différents secteurs, la géologie serait composée de :





Extrait de la carte géologique du site

## 3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

### 3.1 PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Sur la base du cahier des charges rédigé par le maître d'œuvre, nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

Du 06/04/23 au 07/04/23 à Saint Paul lez Durance :

- **11 sondages de reconnaissance géologique à la pelle mécanique à une profondeur maximale de 3.5m**, ou aux refus réalisés sous la conduite d'un Ingénieur Géotechnicien avec :
  - Relevé des coupes lithologiques,
  - Observations sur les difficultés de terrassement (éboulement, compacité, refus...),
  - Observations des conditions hydrogéologiques,

Ci-dessous sont consignés les profondeurs :

Sondage	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11
Site	ST Paul lès Durance PR 52.17 à 52.6					ST Paul lès Durance PR 55.65 à 56.12					
Cote NGF (m)	234.6	236.8	235.3	236.9	232.2	243.3	243.2	243.4	243.5	243.3	243.5
Prof. (m)	0.5	0.6	1.2	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	1.4	0.5	0.5
Motif d'arrêt	Refus		Arrêt volontaire			Arrêt volontaire			Refus		
Cote NGF refus	234.1	236.2	234.0	<233.2	<228.7	<239.8	<239.7	<239.9	242.1	242.8	243.0

Du 31/05/23 au 01/06/23 à Sisteron :

- **2 forages en carottage continu incliné** à 15m de profondeur notés SCi1 (10°/verticale) et SCi2 (15°/verticale) à l'aide d'un carottier 116T6 (diam ext : 116mm, diam carotte 94mm) :
  - au carottier vériné dans les formations meubles, avec tubage éventuel à l'avancement,
  - au carottier vibro-percussion dans les graves,
  - en rotation dans les formations cohérentes compacte.

Le fluide de forage étant l'eau claire.

- **Dans ces forages carottés, le prélèvement de 9 échantillons intacts.**

Du 27/06/23 au 29/06/23 à Peipin :

- **2 forages en carottage continu verticaux** entre 10m et 15m de profondeur notés SC1 et SC2 à l'aide d'un carottier 116T6 (diam ext : 116mm, diam carotte 94mm) :
  - au carottier vériné dans les formations meubles, avec tubage éventuel à l'avancement,
  - au carottier vibro-percussion dans les graves,



Le fluide de forage étant l'eau claire.

**Remarque :** Initialement il était prévu la réalisation de 3 sondages carottés à 15m de profondeur mais le créneau d'intervention mis à disposition par Escota a été raccourci ne permettant pas la réalisation de l'ensemble de la campagne.

- **En laboratoire des analyses étaient prévus, cependant compte tenu de la granulométrie et de la nature des échantillons, les essais n'ont pas pu être réalisés.**

## 3.2 LITHOLOGIE MISE EN EVIDENCE

### ST Paul lès Durance PR 52.17 à 52.6 :

L'analyse des résultats des sondages PM1 à PM5 permet de schématiser la coupe lithologique ci-après :

- **Couche C1 : Sable fin marron/gris humide à radicules et quelques galets** reconnue jusque 0.4 à 2.6m de profondeur,
- **Couche C2 : Galets à matrice sableuse marron** reconnue uniquement sur PM1, PM2 et PM3 jusqu'au refus entre 0.5 et 1.2m de profondeur.
- **Couche C3 : Argile grise légèrement sableuse** reconnue uniquement sur PM4 et PM5 jusqu'au moins 3.5 à 3.7m de profondeur.

Le récapitulatif est le suivant :

Base des couches (m) Base des couches NGF (m)	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
C1	0.4 234.2	0.5 236.3	1.1 234.2	2.6 234.3	2.3 229.9
C2	0.5 234.1	0.6 236.2	1.2 234.1	/	/
C3	/	/	/	3.7 233.2	3.5 228.7

**ST Paul lès Durance PR 55.65 à 56.12**

L'analyse des résultats des sondages PM6 à PM11 permet de schématiser la coupe lithologique ci-après :

- **Couche C1 : Limon sableux ou terre végétale** reconnue sur une épaisseur de 10 à 20cm.
- **Couche C2 : Galets et sables marron/gris** reconnu jusque 0.5 à 3.5m de profondeur.
- **Couche C3 : Calcaire gris** ayant engendré le refus sur PM9, PM10 et PM11.

Le récapitulatif est le suivant :

Base des couches (m) Base des couches NGF (m)	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11
C1	0.2 243.1	0.2 243.0	0.2 243.2	0.2 243.3	0.1 243.2	0.1 243.4
C2	3.5 239.8	3.5 239.7	3.5 239.9	1.4 242.1	0.5 242.8	0.5 243.0
C3	/	/	/	/	/	/

/ = Base de C3 non rencontrée

Site de Sisteron :

L'analyse des résultats des sondages SCi1 et SCi2 permet de schématiser la coupe lithologique ci-après :

- **Couche R1 : Enrobé noir hydrocarboné** reconnu sur une épaisseur d'environ 5 à 10cm.
- **Couche C1-1 : Galets, graviers et blocs gris/blanc/beige** reconnu jusque 9.5m de profondeur en SCi1 et 10.4m en SCi2
- **Couche C1-2 : Galets et cailloux à matrice sablo-argileuse grise** reconnue jusqu'au moins 15m de profondeur en SCi1.
- **Couche C2 : Béton à galets gris + ferraille** reconnue uniquement au droit de SC2i jusqu'au moins 12m de profondeur

Site de Peipin :

- **Couche C1 : Limon sableux marron à cailloutis et radicelle** reconnu sur une épaisseur de 30 à 45cm.
- **Couche C2 : Galets, graviers et blocs à passages sableux cimenté** reconnu jusqu'à la base de nos investigations soit entre 10 et 15m de profondeur.

### 3.3 IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est présenté en annexe 1 du rapport.

Les profondeurs indiquées sur les sondages ont été prises par rapport à la tête du sondage le jour de nos interventions c'est-à-dire le 06/04/23 au 07/04/23 pour Saint Paul lez Durance, du 31/05/23 au 01/06/23 pour Sisteron et du 27/06/23 au 29/06/23 pour Peipin.

Les cotes NGF présentes sur certains sondages ont été prises avec un GPS. Le système de coordonnées est LAMBERT CC zone 45.

Les coordonnées XYZ des sondages repérés sont les suivants :

		X	Y	Z
SAINT PAUL LEZ DURANCE	PM1	1916522.9	4058141.3	234.6
	PM2	1916608.0	4058135.0	236.8
	PM3	1916746.2	4058119.3	235.3
	PM4	1916799.1	4058094.9	236.9
	PM5	1916821.5	4058091.3	232.2
	PM6	1919591.2	4058855.2	243.3
	PM7	1919607.7	4058890.7	243.2
	PM8	1919619.0	4058912.6	243.4
	PM9	1919638.0	4058953.2	243.5
	PM10	1919661.2	4059005.9	243.3
	PM11	1919681.7	4059050.8	243.5
PEIPIN	SC1	1937402.2	3220451.8	453.5
	SC2	1937521.9	3220319.5	446.5
SISTERON	SCi1	1935959.5	3225773.1	464.4
	SCi2	1936044.1	3225656.6	464.2

## 4. ETUDE DE STABILITE – PEIPIN 112.92 A 113.42

### 4.1 PREAMBULE

Il nous a été demandé la réalisation de coupes sous logiciel TALREN sur la base de plusieurs scénario possible afin de visualiser si des instabilités peuvent atteindre le remblai autoroutier de l'A50.

Il nous a été transmis par ARTELIA 3 profils topographiques le 11/08/23. Nous avons ainsi réalisé 6 coupes sous le logiciel TALREN V4 avec :

- 3 profils de l'état actuel avec la Durance à 437m NGF,
- 3 profils avec un affouillement de 10m en pied de talus avec la Durance à 437m NGF.

Les matériaux issus des sondages carottés réalisés sont grossiers constitués de blocs et gros galets sur lesquels aucune mécanique des sols n'est possible. Les paramètres de cohésion, d'angle de frottement interne et de poids volumique ont été déduits du profil le plus défavorable en les ajustant de sorte à obtenir une stabilité à court terme ( $F=1.0$ ).

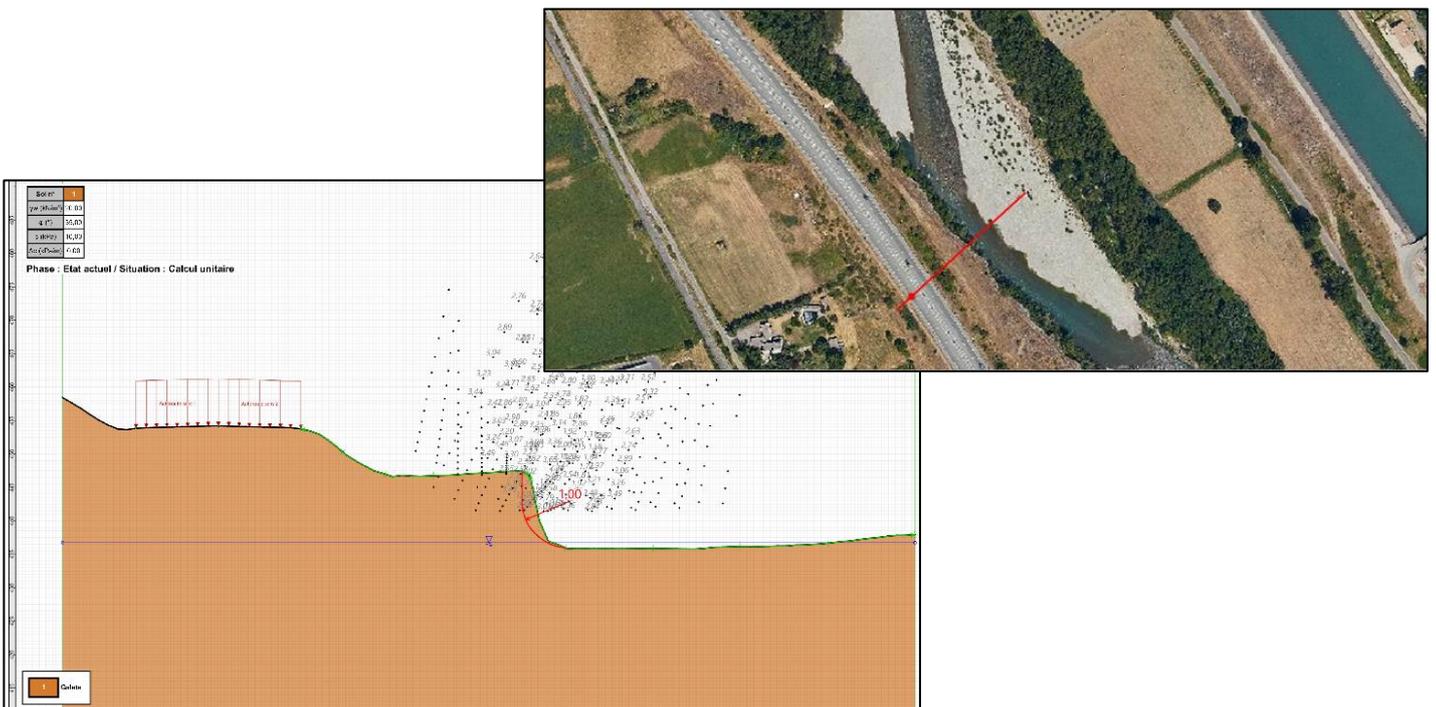
### 4.2 PROFILS REALISES

Les caractéristiques des sols sont les suivants :

	C (kPa)	$\Phi$ (°)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	Profondeur base (m)
<b>Galets, blocs et graviers à passées cimentées</b>	10	35	20	>15

Nous avons pris en compte une surcharge sur la portion d'autoroute de 15kPa représentant la circulation des usagers.

Nous sommes partis sur le profil le plus défavorable afin de caler les paramètres de sol, il s'agit du profil SC3 qui présente une berge subverticale :



Ces paramètres ont été appliqués aux deux autres profils et les coefficients de sécurité en méthode unitaire sont les suivants :

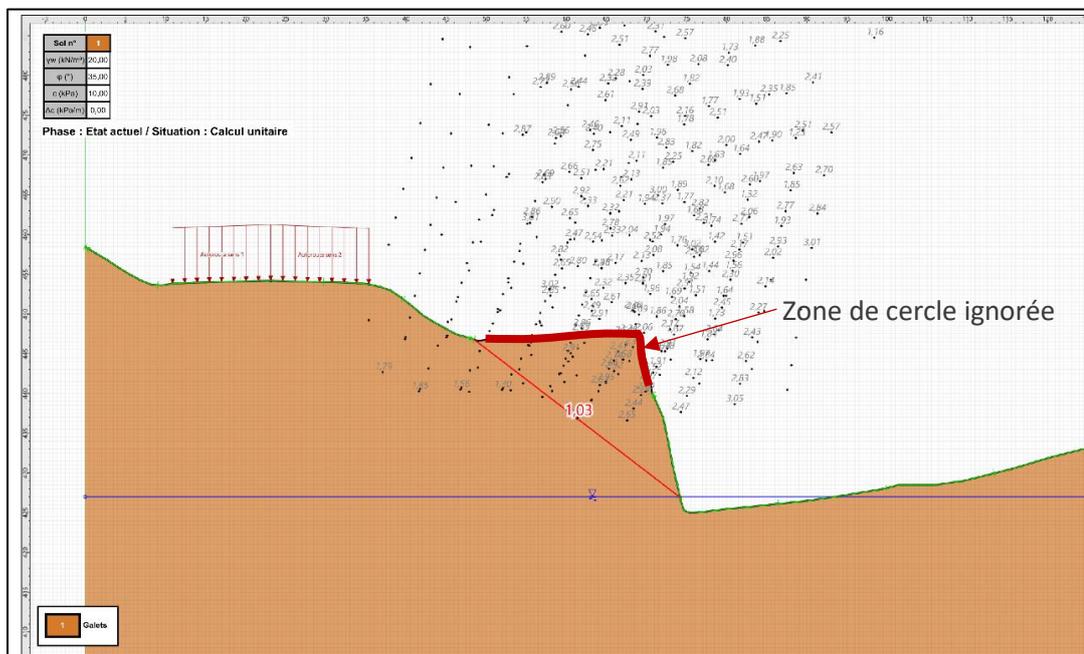
Nom du profil	Coefficient de sécurité
SC1	1.75
SC2	1.29
SC3	1.0

Nous avons ignoré les cercles de rupture de peau au niveau des talus raides de sorte à pouvoir visualiser les potentiels glissements d'ensemble.

**Les coupes sous logiciel TALREN sont présentés en annexe du présent document.**

Il a nous a été demandé par la suite de réaliser sur ces mêmes profils un affouillement de 10m de hauteur, les mêmes paramètres de sols ont été conservés.

Pour SC3 par exemple, cela conduit au profil suivant :



Les coefficients de sécurité obtenus après affouillement sont les suivants :

Nom du profil	Coefficient de sécurité
SC1 affouillé	1.44
SC2 affouillé	1.10
SC3 affouillé	1.03

Nous avons privilégié les cercles de ruptures passant par le remblai autoroutier, ainsi nous avons ignoré des cercles de rupture plus petits pouvant se produire ( $F < 1.0$ ) au niveau du plateau surplombant la Durance.

## 4.3 CONCLUSIONS ET ORIENTATIONS

Ces calculs de stabilité présentés dans ce rapport ont été réalisés en première approche avec des données d'entrées (investigations géotechniques) ne permettant pas de réaliser une coupe géologique complète du secteur.

Les résultats de ces calculs sont donc à considérer avec prudence. Ces calculs devront être repris à l'appui d'investigations complémentaires.

Les résultats obtenus indiquent que les cercles de glissement n'impactent pas le remblai autoroutier pour les paramètres pris en compte. Des cercles de rupture pourront se produire au niveau de la berge mais ceux-ci ont été écartés.

On peut émettre quelques hypothèses notamment sur le fait que le phénomène d'érosion sur le long terme des berges serait plus préjudiciable sur la stabilité du remblai autoroutier en lui-même. Un glissement général (selon les données et paramètres de sol pris en compte) reste peu probable étant donné la verticalité importante des berges qui laisse suggérer un matériau cohésif et compact.

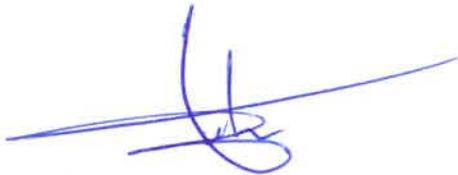
Pour affiner le modèle et déterminer le toit du substratum calcaire du secteur notamment sous la Durance, une campagne de mesures géophysique pourra être menée, couplé à des sondages géotechniques de contrôle (type carottage ou destructif).

Ces données permettraient de caler le niveau d'affouillement maximale de la Durance, d'affiner le modèle et supprimer des potentiels cercles de rupture passant dans le substratum.

Notre mission se termine à la remise du présent compte-rendu qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de **VINCI AUTOROUTES** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés :

Dressé par l'ingénieur :	Vérifié par l'ingénieur soussigné :
<b>Geoffrey CADRAN</b>	<b>Jean Sébastien KUHN</b>
	

# ANNEXES



# ANNEXE 1

## PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



## PLANS D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Saint Paul lez Durance

52.17 à 52.6



Saint Paul lez Durance

55.65 à 56.12



**Légende :**

 Sondage à la pelle  
mécanique

Peipin

112.9 à 113.42



**Légende :**

● Sondage carotté



Sisteron  
118.64 à 119.11

**Légende :**  
● Sondage carotté

# ANNEXE 2

## COUPES DES SONDAGES CAROTTES





**HYDROGEOTECHNIQUE**

VINCI AUTOROUTES / ARTELIA

N° dossier C.23.50.051

Investigations géotechniques

Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Peipin

Date : 29/06/2023

Cote NGF : 453.5

Profondeur : 0,00 - 15,00 m

Machine : H750

X : 1937402.2

Y : 3220451.8

1/70

Sondage carotté : SC1

EXGTE B3.21.2/LB2GEO107FR

Cote NGF	Prof (m)	Lithologie	Eau	Tubage	Equipement forage	Outil	Récupération %	Commentaires			
453	0	Limon sableux marron à radicelles et cailloutis	Forage à l'eau - Niveau d'eau non significatif	Néant	Néant	Carottier rotatif Ø 116 mm	100				
	0,45 m										
452	1									100	
451	2									100	
450	3									100	
449	4									100	
448	5									80	
447	6									80	
446	7	Galets, graviers et blocs (probable matrice lavée) à passes cimentés								80	
445	8									80	
444	9									60	
443	10									70	
442	11									100	
441	12									100	
440	13					0					
	14					0					

**SC1**

Cote NGF	Prof (m)	Lithologie	Eau	Tubage	Équipement forage	Outil	Récupération %	Commentaires
439	14	 Galets, graviers et blocs (probable matrice lavée) à passes cimentés 15,00 m		Néant	Néant	Carottier rotatif Ø 116 mm	0	
	15							

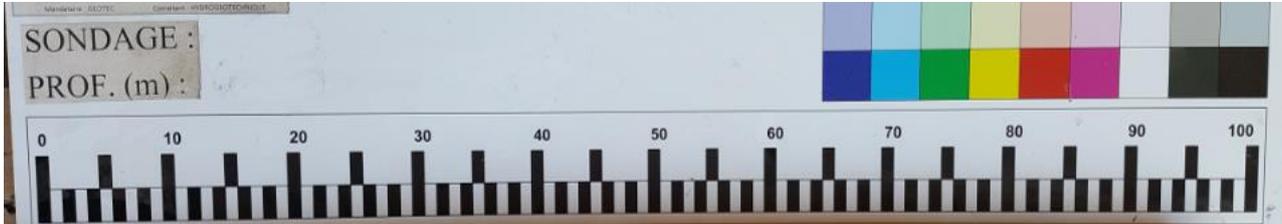


**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
Investigations géotechniques  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Peipin**

**PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE du sondage de reconnaissance géologique**

**SC1 (0 – 15 m)**



SONDAGE :  
PROF. (m) :







**HYDROGÉOTECHNIQUE**

VINCI AUTOROUTES / ARTELIA

N° dossier C.23.50.051

Investigations géotechniques

Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Peipin

Date : 28/06/2023

Cote NGF : 446.5

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

Machine : H750

X : 1937521.9

Y : 3220319.5

1/70

**Sondage carotté : SC2**

EXGTE B3.21.2/LB2GEO107FR

Cote NGF	Prof (m)	Lithologie	Eau	Tubage	Equipement forage	Outil	Récupération %	Commentaires			
446	0	Limon sableux marron à radicules et cailloutis	Forage à l'eau - Niveau d'eau non significatif	Néant	Néant	Carottier rotatif Ø 116 mm	90				
	0,30 m										
445	1									90	
444	2									90	
443	3									80	
442	4									60	
441	5	Galets, graviers et blocs (probable matrice lavée) à passes cimentés								70	
440	6									70	
439	7									80	
438	8									90	
437	9					90					
	10										

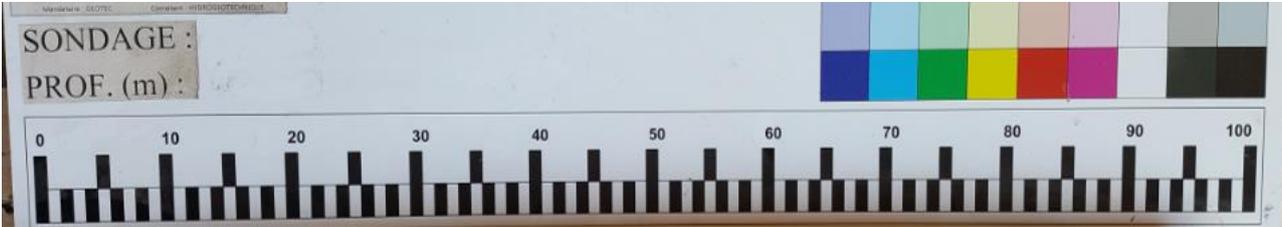


**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
Investigations géotechniques  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Peipin**

**PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE** du sondage de reconnaissance géologique

**SC2 (0 – 10 m)**



SONDAGE :  
PROF. (m) :

0,0m



1,0m

1,0m



2,0m

2,0m



3,0m

3,0m



4,0m

4,0m



5,0m

5,0m



6,0m





**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.0051

Date : 31/05/2023

Cote NGF : 464.4

Profondeur : 0,00 - 15,00 m

Machine : H750

X : 1935959.5

Angle : 10°

Y : 3225773.1

1/80

**Sondage carotté : SC1i**

EXGTE B3.21.2/LB2GEO107FR

Cote NGF	Prof (m)	Lithologie	Eau	Tubage	Equipement forage	Outil	Récupération %	Commentaires					
464	0	Enrobé noir	Forage à l'eau - Niveau d'eau non significatif	Neant	Neant	Carottier rotatif Ø 116 mm	50						
	0,05 m												
463	1	Galets, graviers, cailloux et blocs (matrice lavée) gris/blanc/beige									90		
462	2										50		
461	3										50		
460	4										100		
459	5										50		
458	6										70		
457	7										40		
456	8										30		
455	9										30		
	9,50 m												
454	10						Galets et cailloux à matrice sablo-argileuse grise					20	
453	11											50	
452	12											50	
451	13							50					
450	14					50							
	15,00 m					50							

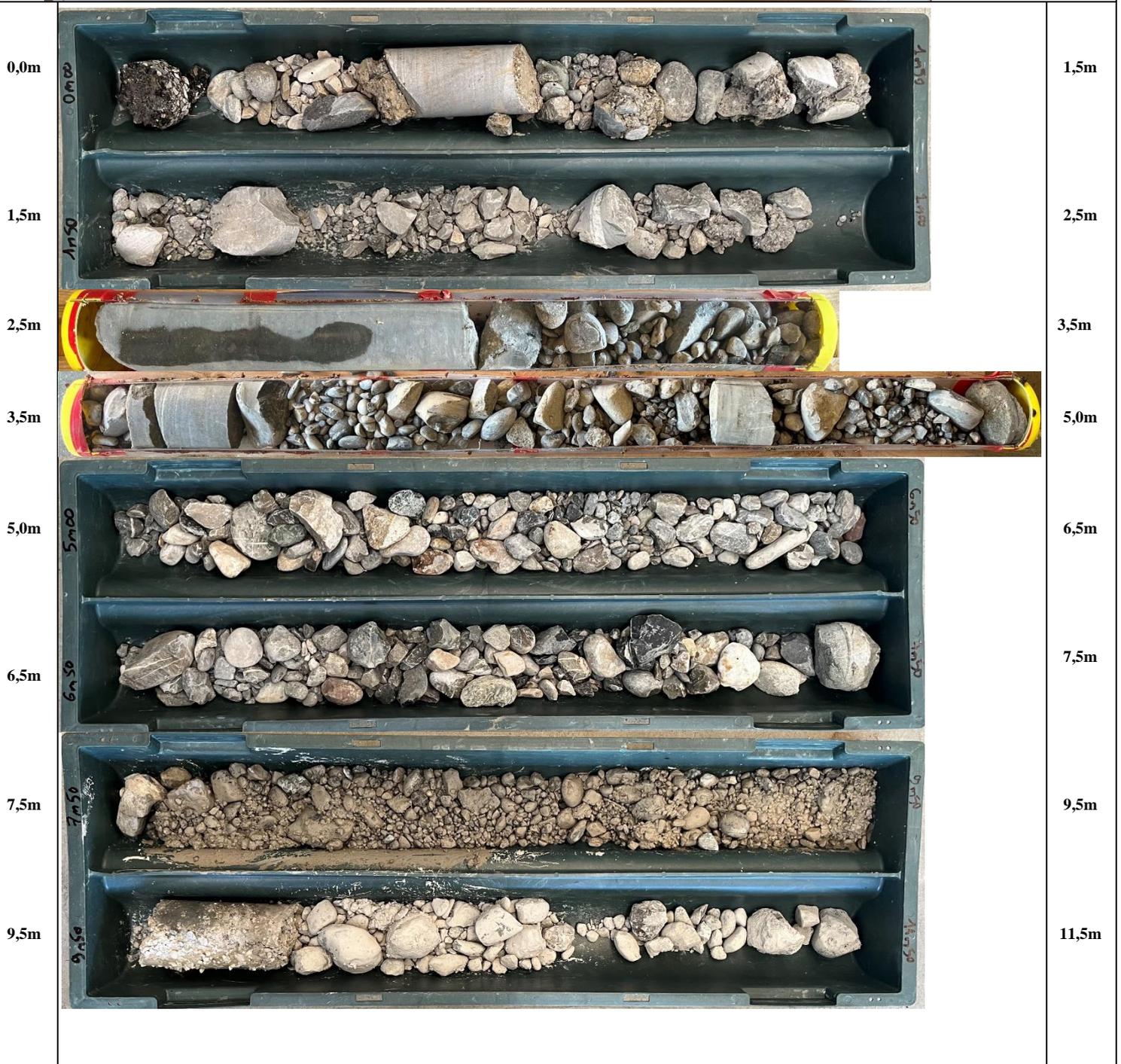
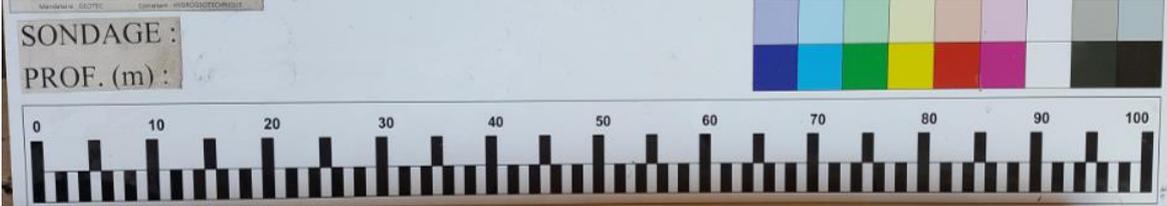


**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
Investigations géotechniques  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

**PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE du sondage de reconnaissance géologique**

**SC1i (0 – 15 m)**



11,5 m		13,5m
13,5 m		15,0m



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

VINCI AUTOROUTES / ARTELIA

N° dossier C.23.50.051

Investigations géotechniques

Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron

Date : 01/06/2023

Cote NGF : 464.2

Profondeur : 0,00 - 12,00 m

Machine : H750

X : 1936044.1

Angle : 15°

Y : 3225656.6

1/70

**Sondage carotté : SC2i**

EXGTE B3.21.2/LB2GEO107FR

Cote NGF	Prof (m)	Lithologie	Eau	Tubage	Equipement forage	Outil	Récupération %	Commentaires			
464	0	Enrobé noir	Forage à l'eau - Niveau d'eau non significatif	Néant	Néant	Carottier rotatif Ø 116 mm	40				
	0,10 m										
	1	Galets, graviers, cailloux et blocs								40	
463	1,35 m	Blocs calcaire blanc								40	
	1,50 m										
462	2	Galets, graviers, cailloux et blocs								50	
	2,95 m										
461	3	Blocs calcaire blanc								50	
	3,30 m										
460	4									80	
	5										
459	6									70	
	6	Galets, graviers, cailloux et blocs				70					
458	7										
	7					50					
457	8										
	8					70					
456	9										
	9					70					
455	10										
	10,10 m	Blocs calcaire blanc				100					
454	10,40 m										
	11	Maçonnerie (gros béton à galets Dmax 5 cm) avec feraille et tube plastique étoilé				100					
453	12										
	12,00 m										

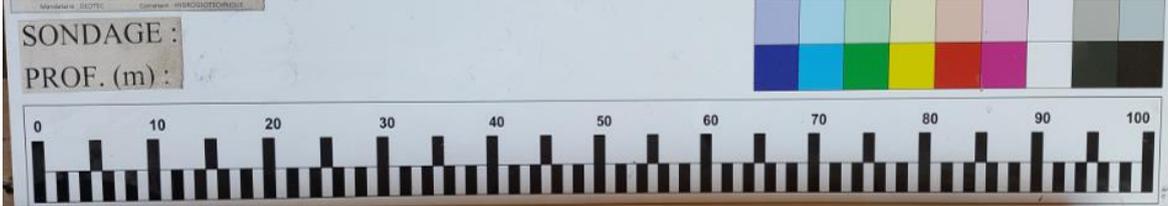


**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
Investigations géotechniques  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

**PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE** du sondage de  
reconnaissance géologique

**SC2i (0 – 12 m)**



# **ANNEXE 3**

## **COUPES DES SONDAGES À LA PELLE**

### **MÉCANIQUE**





**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 234.6

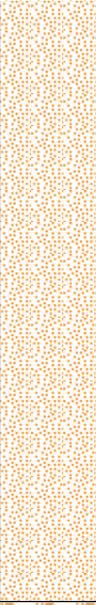
Profondeur : 0,00 - 0,50 m

Machine : Pelle 5t

1/5

**Sondage : PM1**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		 Sable fin marron / gris humide à radicelles et galets 0,40 m - NGF : 234,20 m	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents		GTR	Terrassement facile Tenue des parois moyenne à médiocre
0,5		 Galets à matrice sableuse marron 0,50 m - NGF : 234,10 m					Terrassement difficile à très difficile Tenue des parois bonne Refus à 0.5m

**PM1**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



HYDROGÉOTECHNIQUE

VINCI AUTOROUTES / ARTELIA  
Investigations géotechniques  
Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 236.8

Profondeur : 0,00 - 0,60 m

Machine : Pelle 5t

1/5

Sondage : PM2

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0							
		Sable fin marron / gris humide à radicelles et galets	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents			Terrassement facile Tenue des parois moyenne à médiocre
0,5		0,50 m - NGF : 236,30 m					
		Galets à matrice sableuse marron					Terrassement difficile à très difficile Tenue des parois bonne
		0,60 m - NGF : 236,20 m					Refus à 0.6m

**PM2**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 235.3

Profondeur : 0,00 - 1,20 m

Machine : Pelle 5t

1/10

**Sondage : PM3**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0							
235							
0,5		Sable fin marron / gris à radicelles et galets	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents			Terrassement facile Tenue des parois moyenne
1		1,10 m - NGF : 234,20 m					
		Galets à matrice sableuse marron					Terrassement difficile à très difficile Tenue des parois bonne Refus à 1.2m
		1,20 m - NGF : 234,10 m					

**PM3**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 236.9

Profondeur : 0,00 - 3,70 m

Machine : Pelle 5t

1/20

**Sondage : PM4**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents			
0,10	236,80						
0,5							
1	236	Sable fin marron / gris à radicelles					Terrassement facile Tenue des parois moyenne à médiocre
1,5							
2	235						
2,5							
2,60	234,30						
3	234	Argile grise légèrement sableuse				GTR	Terrassement facile Tenue des parois bonne
3,5							
3,70	233,20						

**PM4**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale					
	232	0,10 m - NGF : 232,10 m					
0,5			Pas de niveau d'eau détecté				
1							
	231	Sable fin marron / gris à racielles					Terrassement facile Tenue des parois moyenne à médiocre
1,5				Godet 40cm à 4 dents			
2							
	230	2,30 m - NGF : 229,90 m					
2,5							
	229	Argile grise légèrement sableuse					Terrassement facile Tenue des parois bonne
3							
	229						Arrêt volontaire à 3.5m
3,5		3,50 m - NGF : 228,70 m					



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.3

Profondeur : 0,00 - 3,50 m

Machine : Pelle 5t

1/20

**Sondage : PM6**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale 0,20 m - NGF : 243,10 m					
243			Pas de niveau d'eau détecté				
0,5		Galets à matrice sableuse marron / grise					Terrassement moyen Tenue des parois moyenne
1							
242		1,30 m - NGF : 242,00 m					
1,5			Godet 40cm à 4 dents				
2							
241		Sable marron à galets et passages limoneux gris					Terrassement moyen Tenue des parois moyenne
2,5							
3							
240							
3,5		3,50 m - NGF : 239,80 m					Arrêt volontaire à 3,5m

**PM6**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.2

Profondeur : 0,00 - 3,50 m

Machine : Pelle 5t

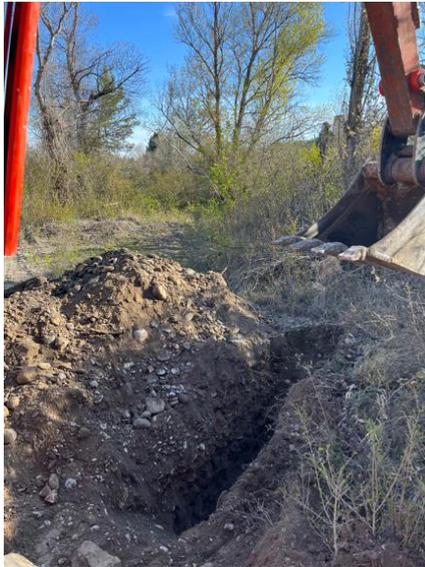
1/20

**Sondage : PM7**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale					
243		0,20 m - NGF : 243,00 m					
0,5		Galets à matrice sableuse marron / grise	Pas de niveau d'eau détecté				Terrassement moyen Tenue des parois moyenne
1							
242		1,30 m - NGF : 241,90 m					
1,5				Godet 40cm à 4 dents			
2							
241		Sable marron à galets				GTR	Terrassement moyen Tenue des parois moyenne
2,5							
3							
240							
3,5		3,50 m - NGF : 239,70 m					Arrêt volontaire à 3.5m

**PM7**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.4

Profondeur : 0,00 - 3,50 m

Machine : Pelle 5t

1/20

**Sondage : PM8**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale 0,20 m - NGF : 243,20 m	Pas de niveau d'eau détecté				
243		Galets à matrice sableuse marron / grise 0,50 m - NGF : 242,90 m					
0,5							
1							
242							
1,5							
2		Sable fin gris / marron à galets et passages limoneux gris		Godet 40cm à 4 dents			
241							
2,5							
3							
240							
3,5		3,50 m - NGF : 239,90 m					Arrêt volontaire à 3.5m

**PM8**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.5

Profondeur : 0,00 - 1,40 m

Machine : Pelle 5t

1/10

**Sondage : PM9**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale 0,20 m - NGF : 243,30 m	Pas de niveau d'eau détecté				
0,5	243	Sable limoneux marron à radicelles et galets Dmax = 0.2m		Godet 40cm à 4 dents		GTR	Terrassement moyen Tenue des parois moyenne
1		1,40 m - NGF : 242,10 m					Refus à 1.4m sur toit calcaire

**PM9**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.3

Profondeur : 0,00 - 0,50 m

Machine : Pelle 5t

1/5

**Sondage : PM10**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		Terre végétale 0,10 m - NGF : 243,20 m	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents			
243		Sable limoneux marron à radicelles et galets Dmax = 0.2m					
0,5		0,50 m - NGF : 242,80 m					Refus à 0.5m sur toit calcaire

**PM10**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



*Matériaux extraits*



**HYDROGÉOTECHNIQUE**

**VINCI AUTOROUTES / ARTELIA**  
**Investigations géotechniques**  
**Autoroute A51, St-Paul lès Durance, Sisteron**

N° dossier C.23.50.051

Date : 06/04/2023

Cote NGF : 243.5

Profondeur : 0,00 - 0,50 m

Machine : Pelle 5t

1/5

**Sondage : PM11**

EXGTE B3.21.2/GTE

Prof (m)	Cote NGF	Lithologie	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0		 <p>Terre végétale</p> <p>0,10 m - NGF : 243,40 m</p>	Pas de niveau d'eau détecté	Godet 40cm à 4 dents			
0,5		 <p>Sable limoneux marron à racines et galets Dmax = 0.2m</p> <p>0,50 m - NGF : 243,00 m</p>				GTR	<p>Terrassement facile Tenue des parois moyenne</p> <p>Refus à 0.5m sur toit calcaire</p>

**PM11**



*Vue générale de la fouille*



*Vue du fond de fouille*



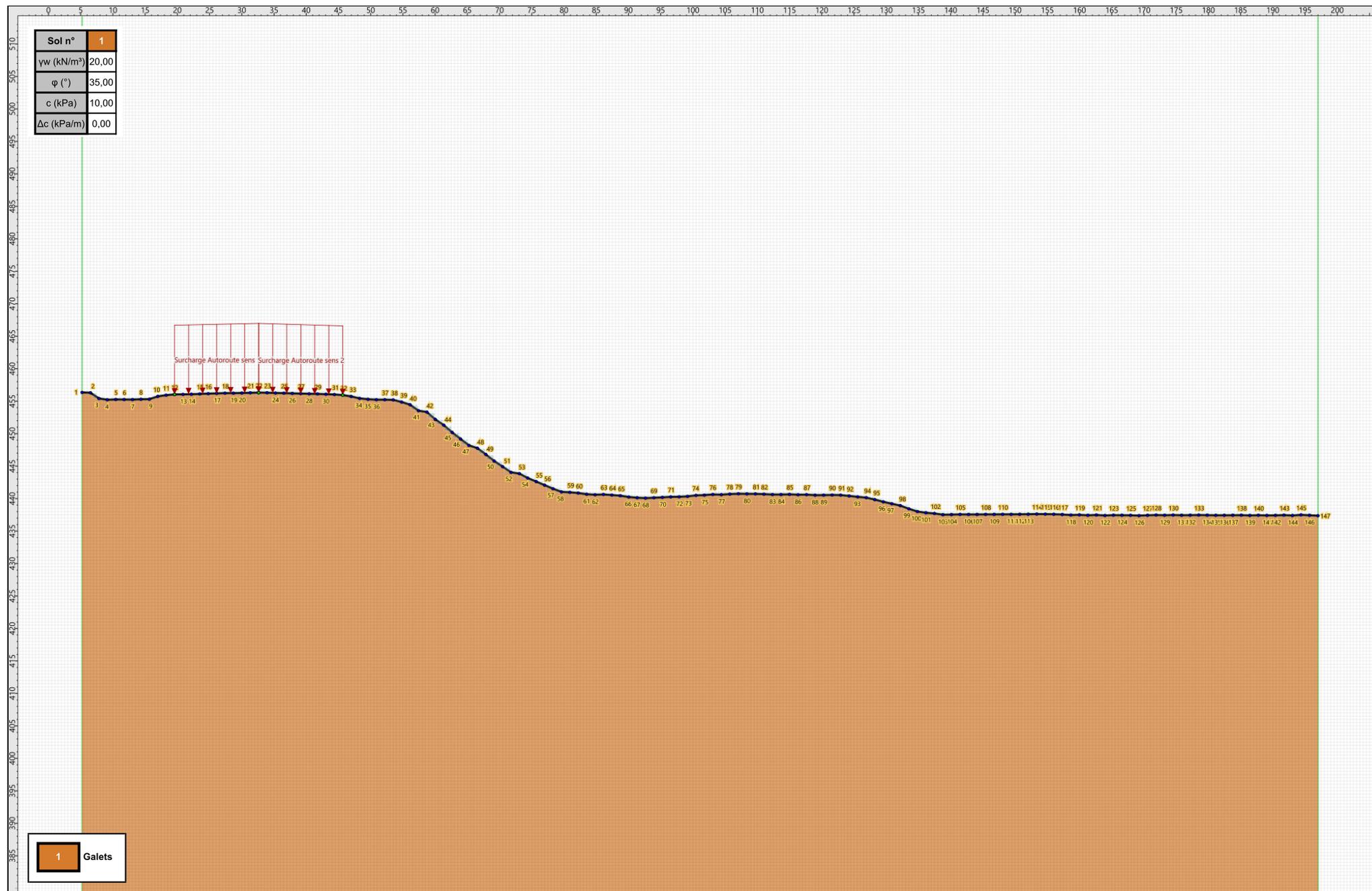
*Matériaux extraits*

# ANNEXE 4

## SORTIES FOXTA



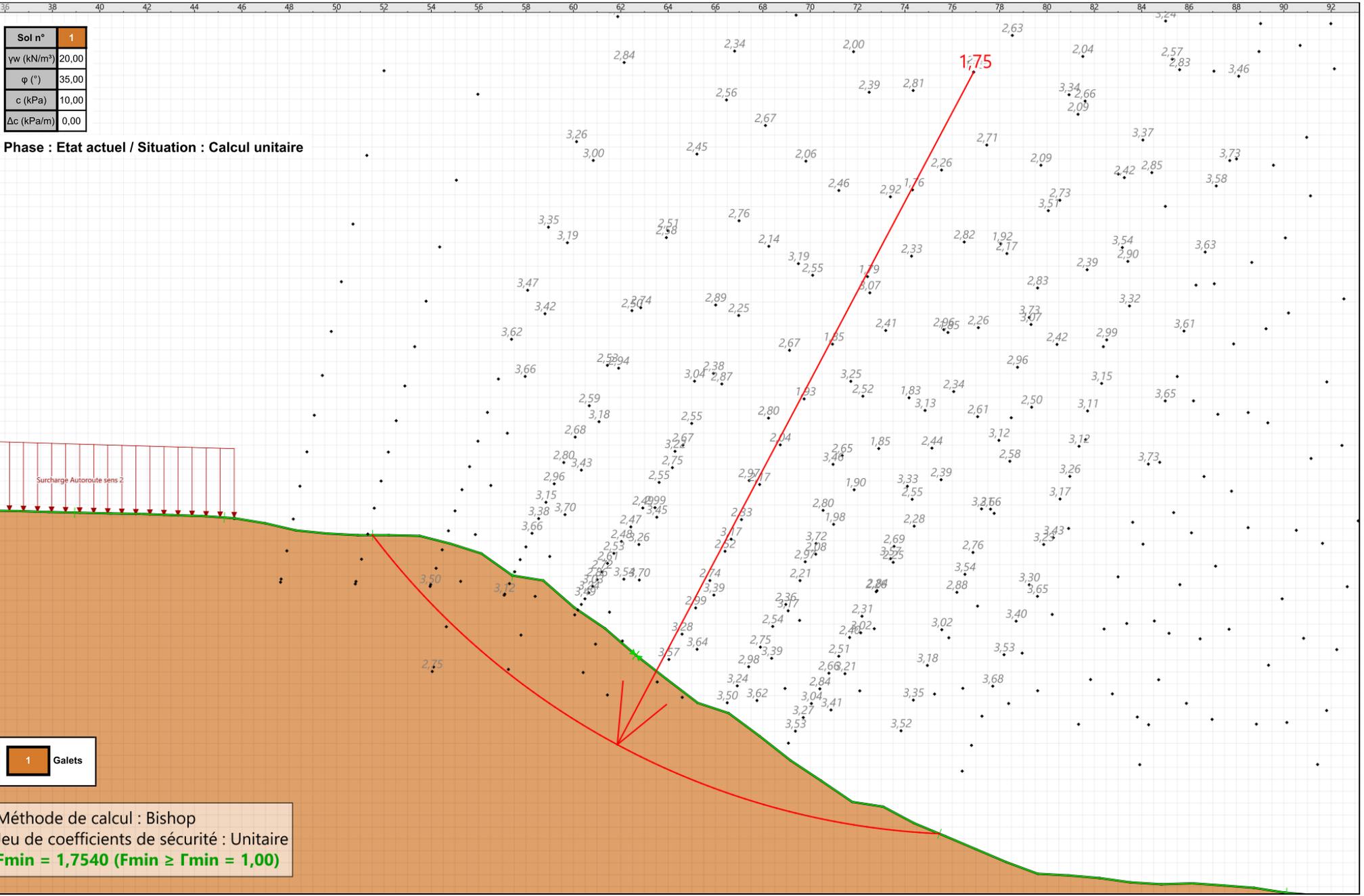
Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00



Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:23:28  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité



Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00

Phase : Etat actuel / Situation : Calcul unitaire

Surcharge Autoroute sens 2

1 Galets

Méthode de calcul : Bishop  
Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
**Fmin = 1,7540 (Fmin > Fmin = 1,00)**

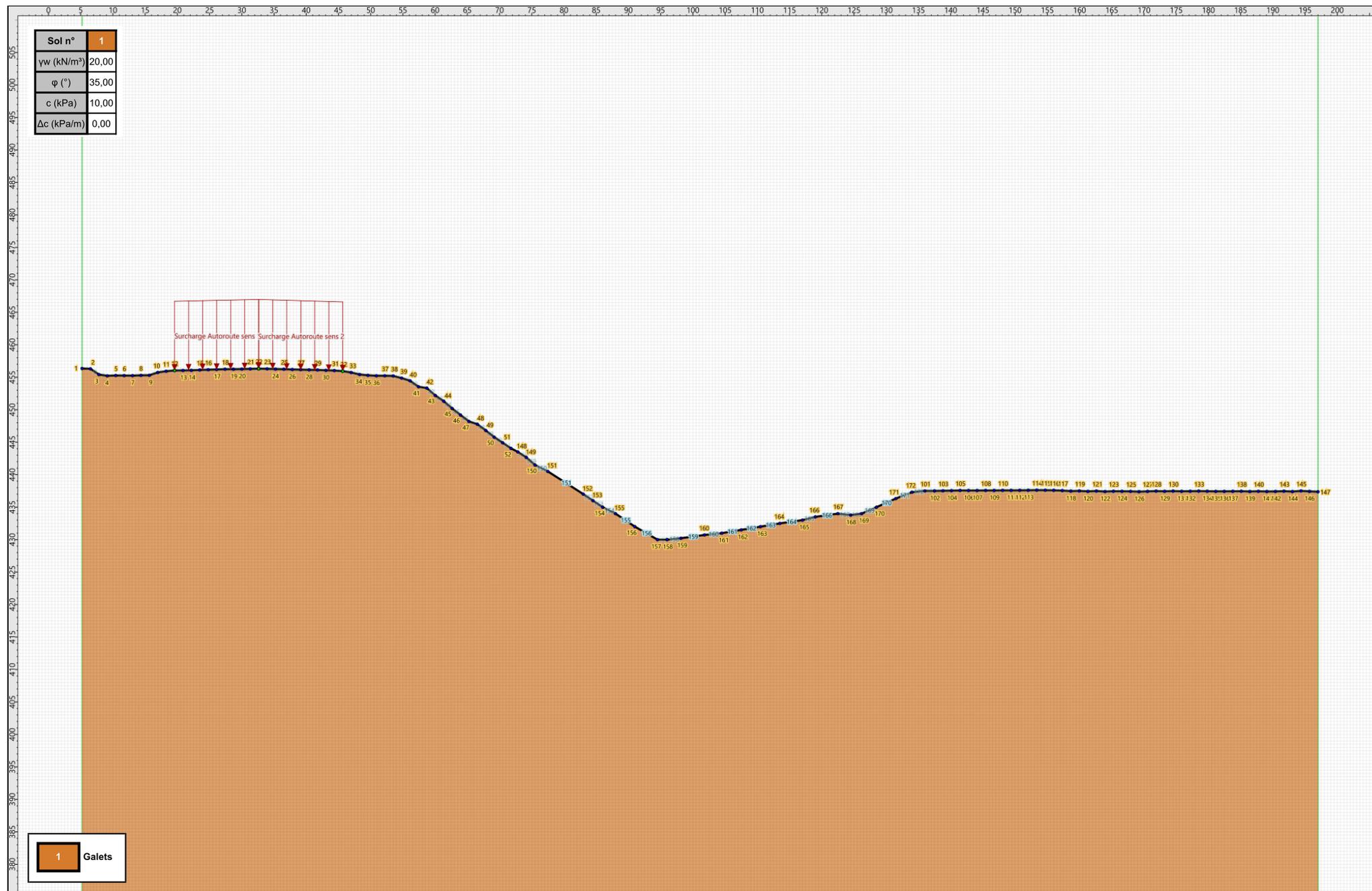


Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:23:28  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00



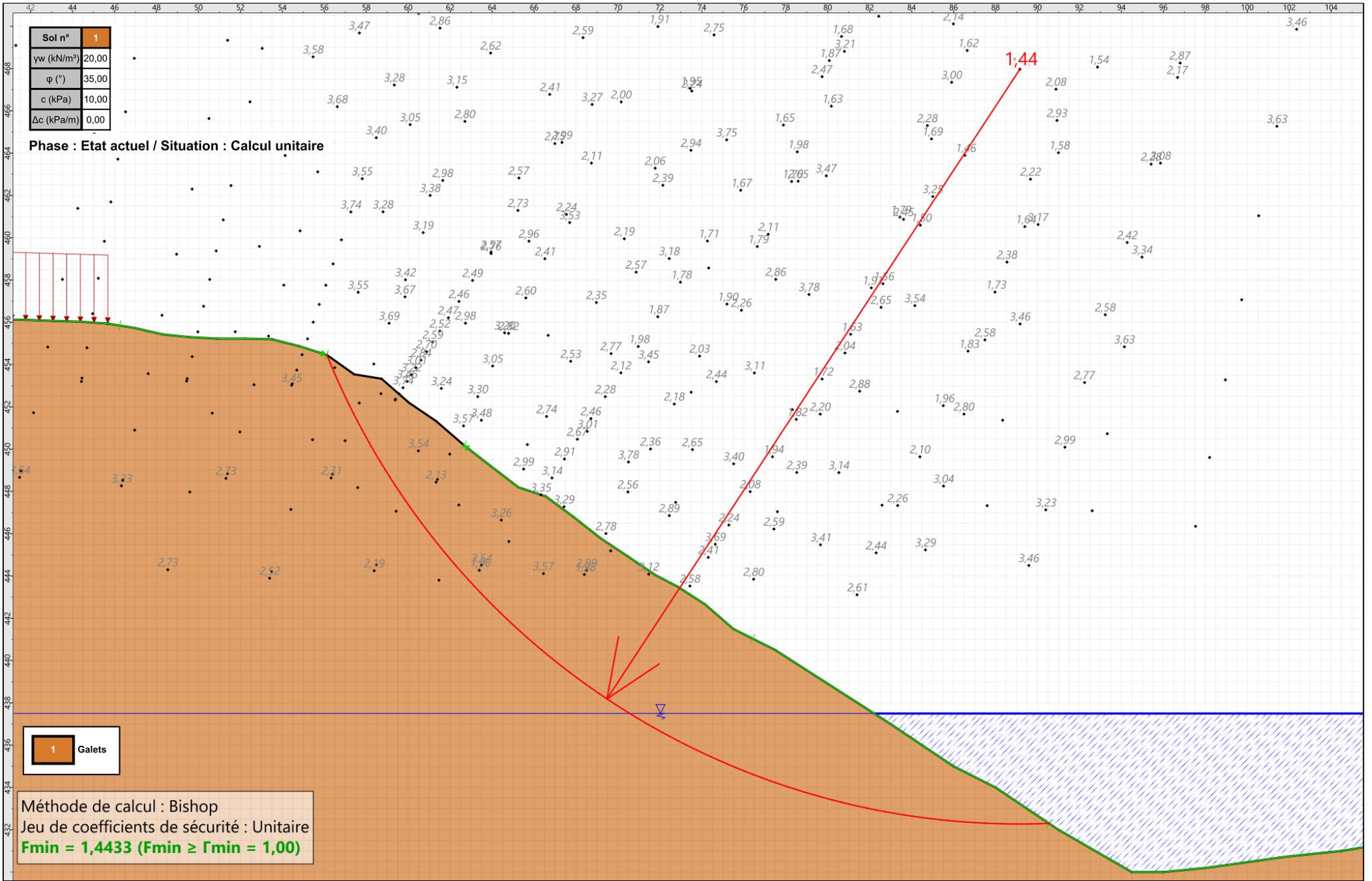
Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:17:49  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m³)	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00

Phase : Etat actuel / Situation : Calcul unitaire



1	Galets
---	--------

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
**Fmin = 1,4433 (Fmin ≥ Fmin = 1,00)**

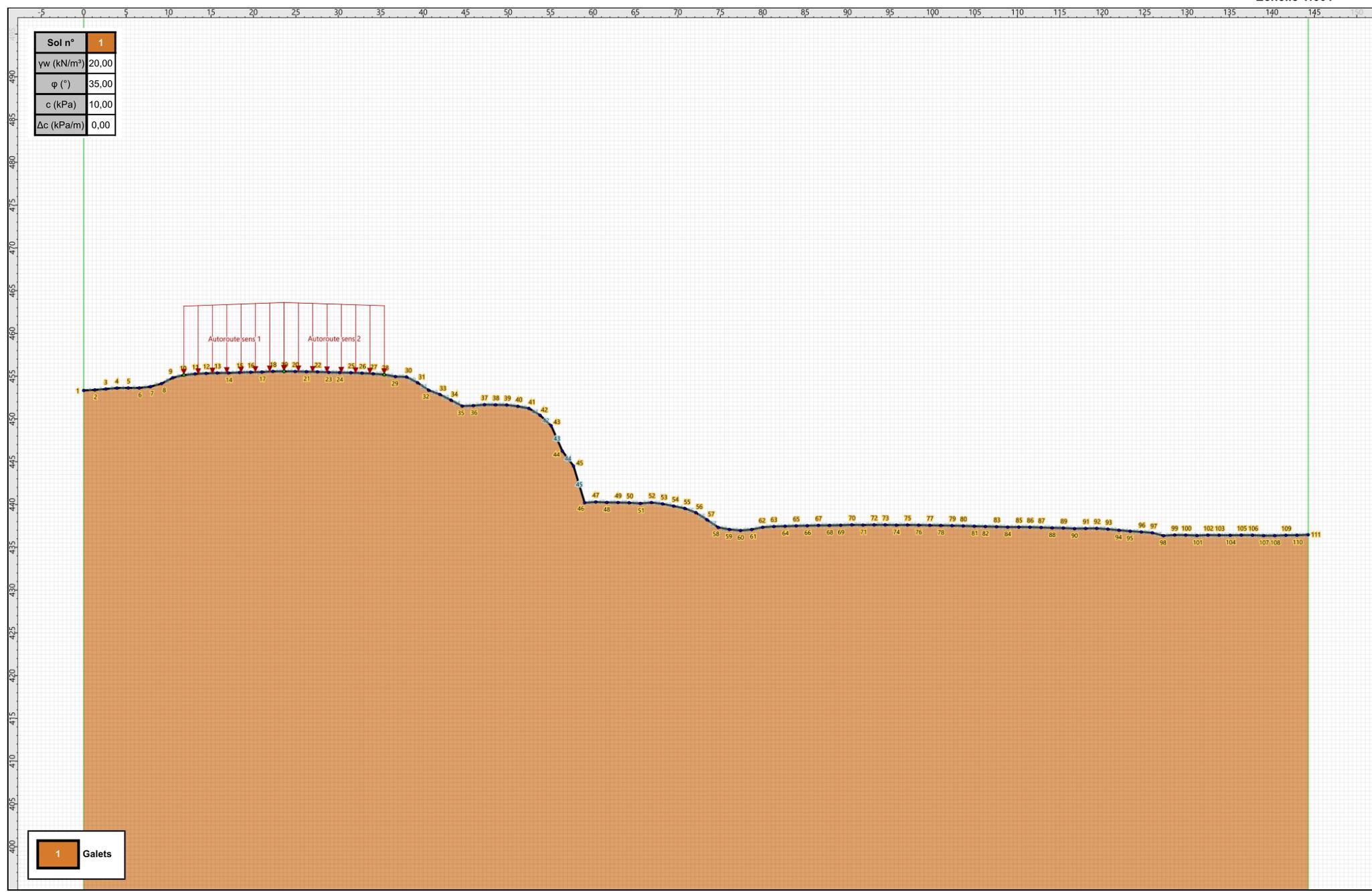


Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:17:49  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00



**Talren v6**  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:23:59  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

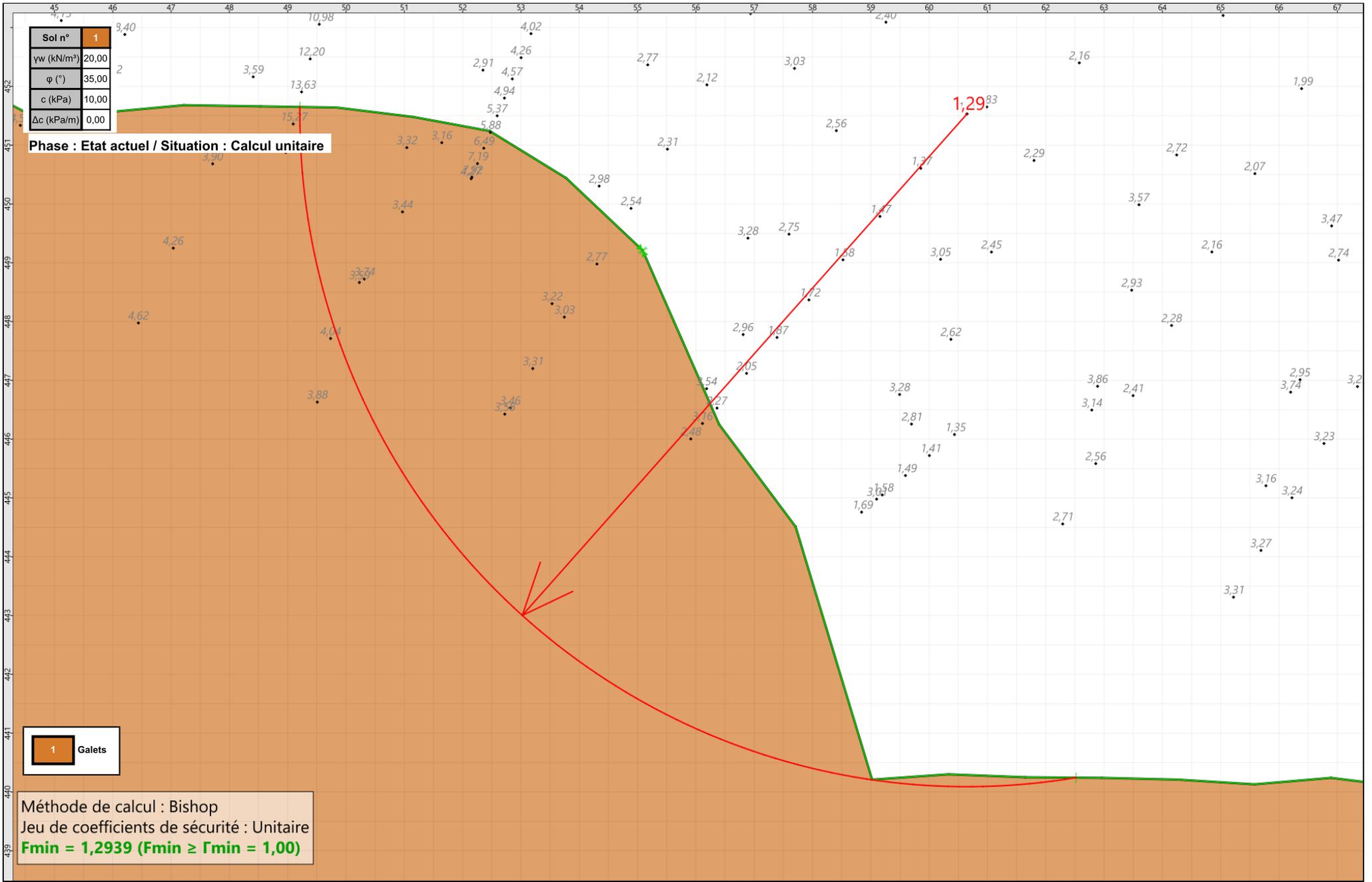
Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00

Phase : Etat actuel / Situation : Calcul unitaire

1 Galets

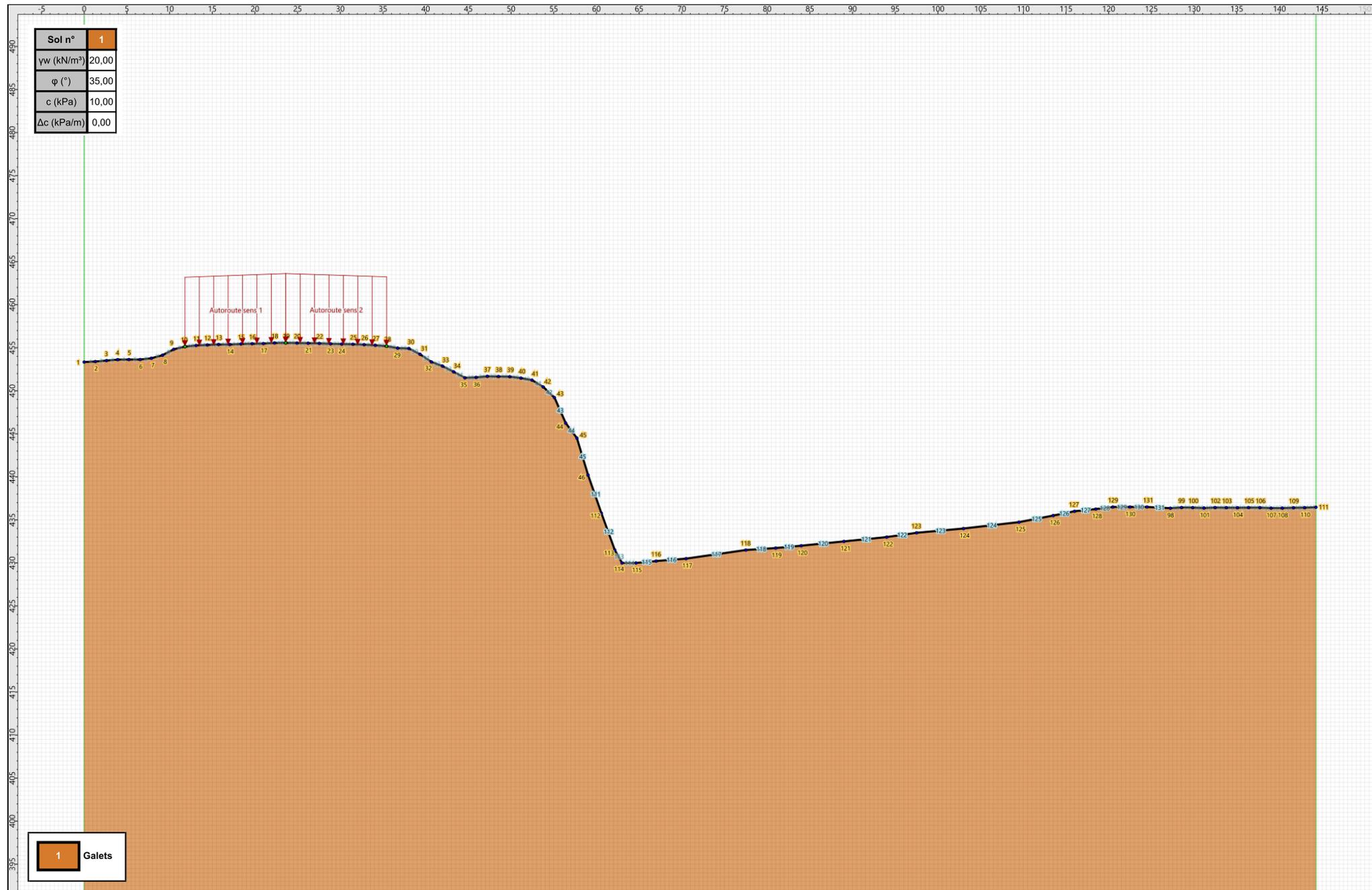
Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
**Fmin = 1,2939 (Fmin ≥ Fmin = 1,00)**



Talren v6  
v6.1.9

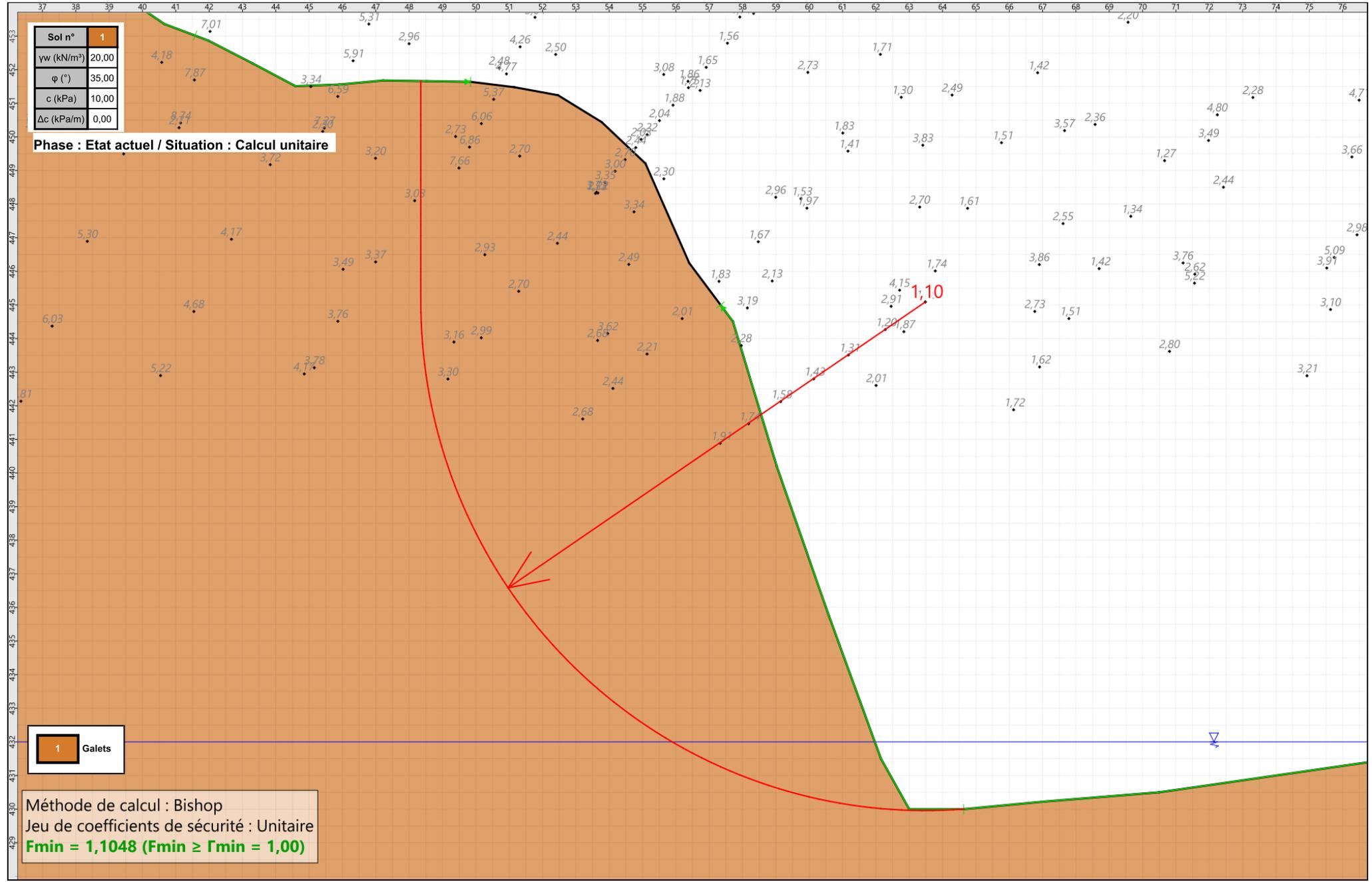
Imprimé le : 11 sept. 2023 16:23:59  
Calcul réalisé par : HYDROGÉOTECHNIQUE

Projet : Stabilité



Sol n°	1
γw (kN/m³)	20,00
φ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
Δc (kPa/m)	0,00

Phase : Etat actuel / Situation : Calcul unitaire



1 Galets

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
**Fmin = 1,1048 (Fmin ≥ Fmin = 1,00)**

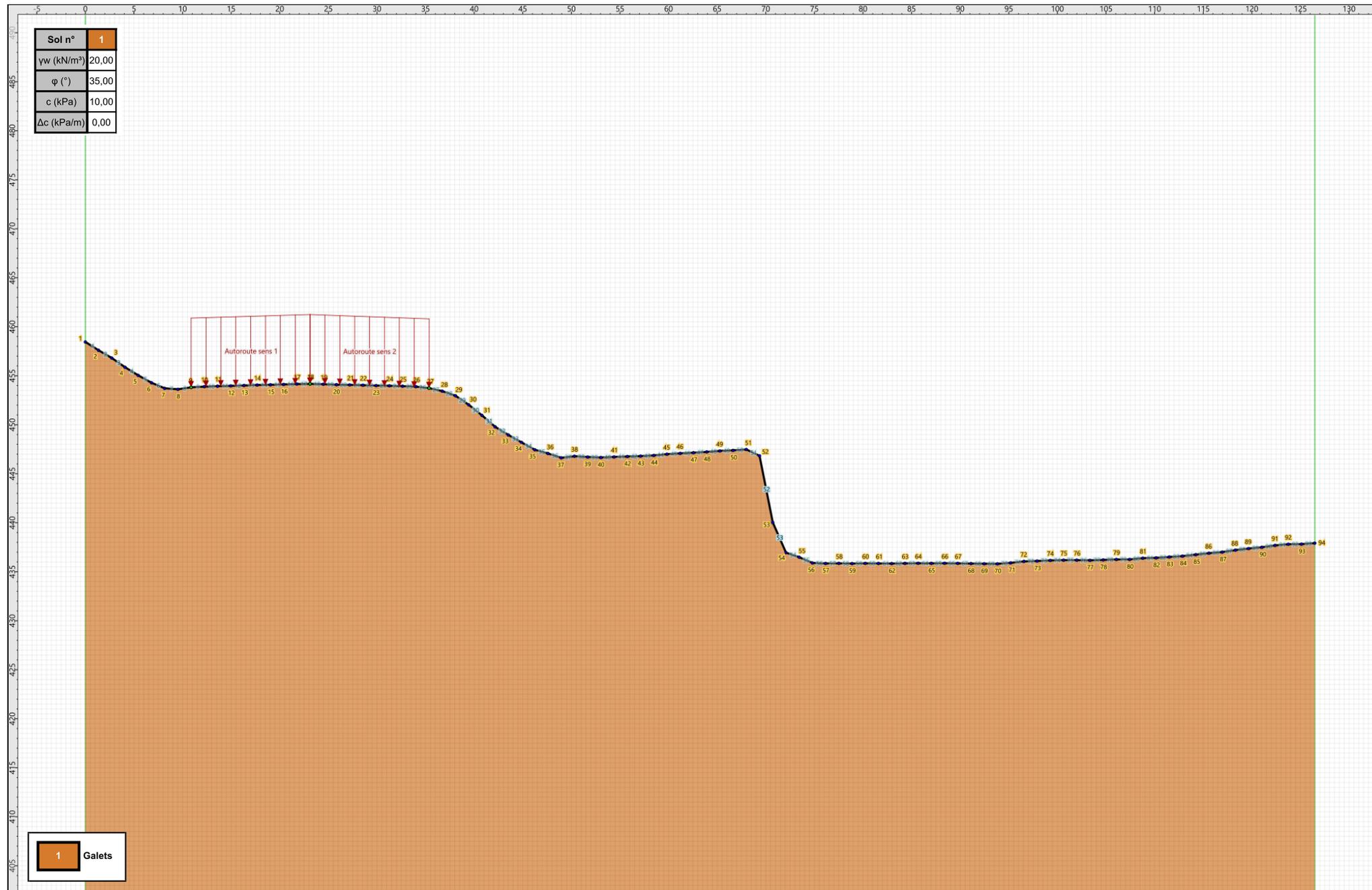


Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:18:53  
 Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

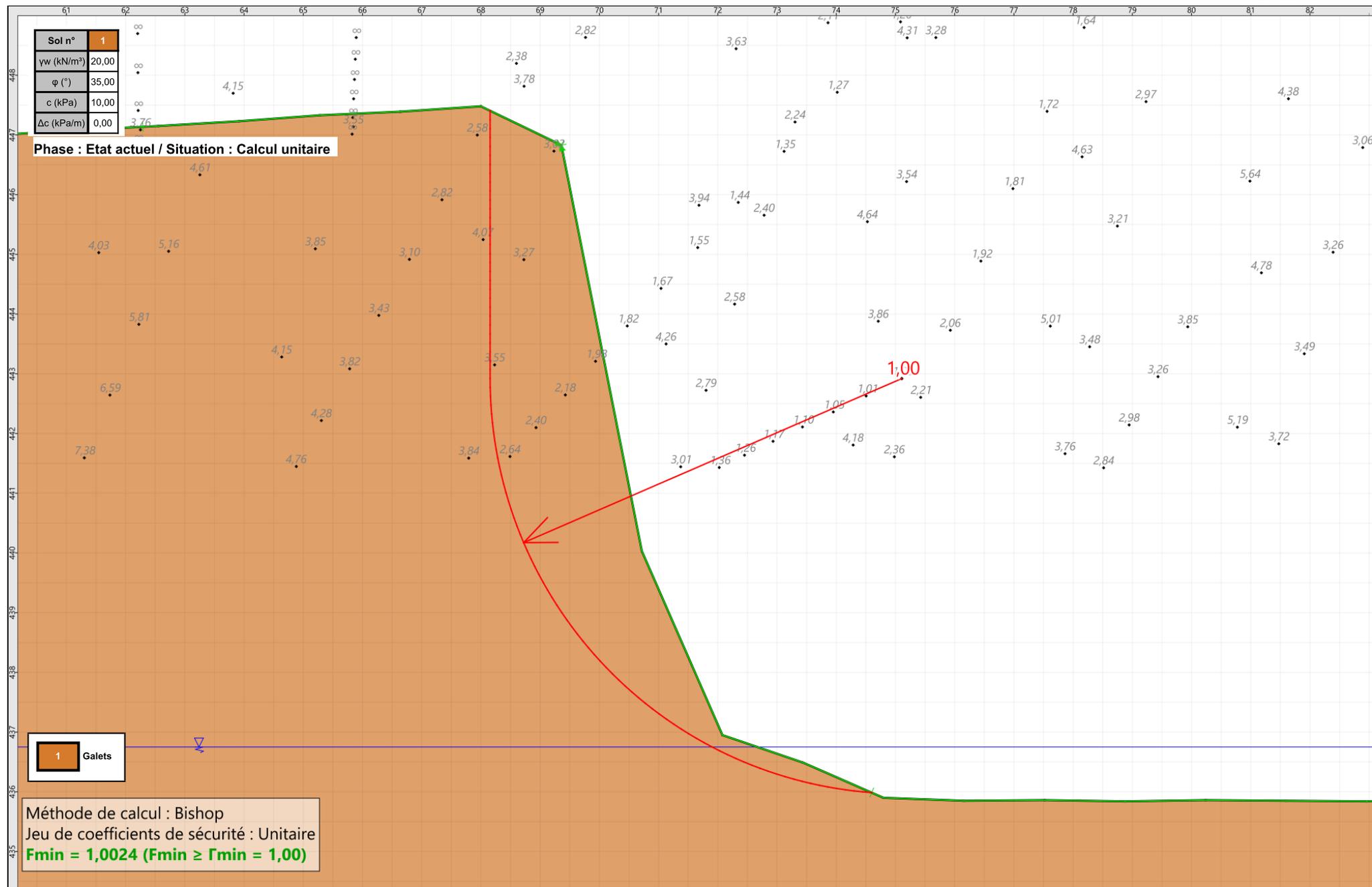
Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00



Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:25:33  
Calcul réalisé par : HYDROGÉOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

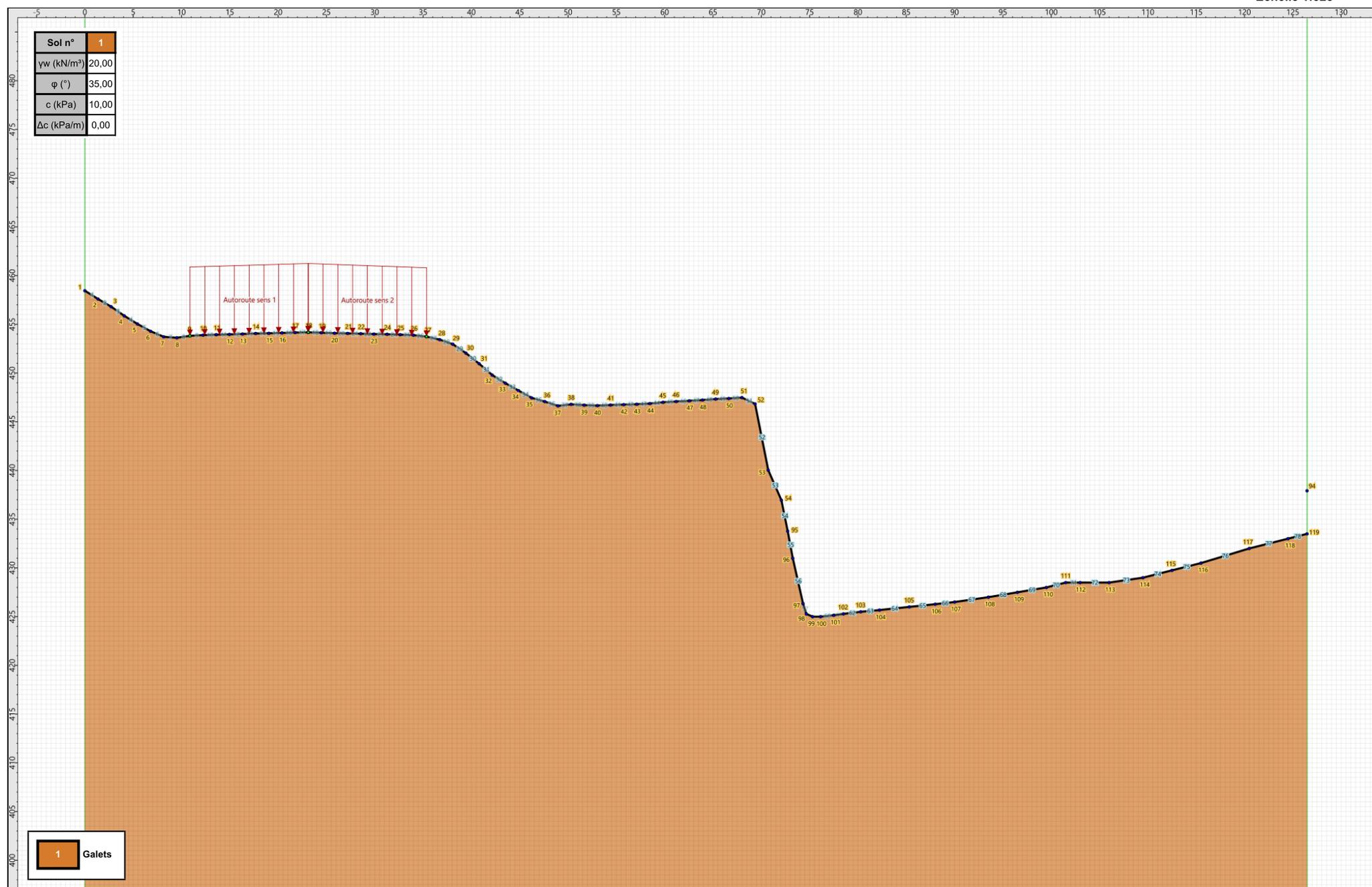


Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:25:33  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\varphi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00



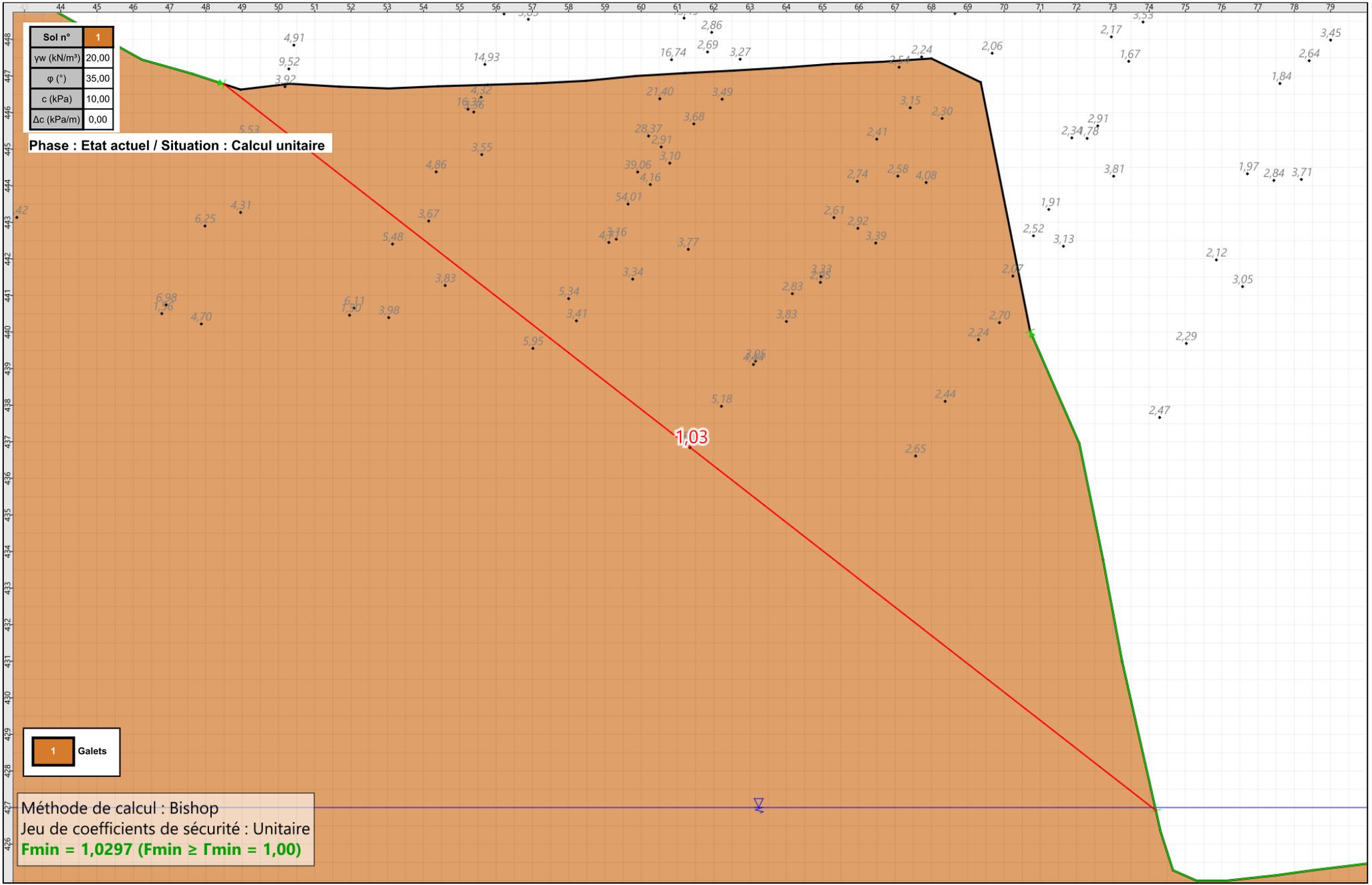
Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:19:58  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

Sol n°	1
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,00
$\phi$ (°)	35,00
c (kPa)	10,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00

Phase : Etat actuel / Situation : Calcul unitaire



Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire  
**Fmin = 1,0297 (Fmin ≥ Fmin = 1,00)**



Talren v6  
v6.1.9

Imprimé le : 11 sept. 2023 16:19:58  
Calcul réalisé par : HYDROGEOTECHNIQUE

Projet : Stabilité

# ANNEXE 5

## MISSIONS GÉOTECHNIQUES



**CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE****(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)**

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.

**ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (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'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

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).

**ÉTAPE 2 : ÉTUDE 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

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 avoisnants), 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 estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.



**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)****→ ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (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.
- Etudier 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).
- Elaborer 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).
- Etablir 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'EXÉCUTION (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 par 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.
- Etudier 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

**SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES**  
(extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisses, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-Projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À 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

## HYDROGÉOTECHNIQUE

