



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

**Agence de BORDEAUX**  
1, rue Pierre et Marie Curie  
Parc de Chavailles  
**33525 BRUGES CEDEX**  
**Tél : 05.56.11.25.40 – Fax : 05.56.11.25.41**



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

**Siège Social**  
9 Boulevard de l'Europe  
**21800 QUETIGNY LES DIJON**  
**Tél. : 03.80.48.93.20 – Fax : 03.80.48.93.30**

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2 PRO)

**13/ 6013 /BORDX /01**

**24 220 – BEYNAC-et-CAZENAC**

***Le Bourg***

Aménagement de la traversée du Bourg

- 2 décembre 2013 -

# Etude géotechnique de conception (G2 PRO)

## Aménagement de la traversée du Bourg

### 24 220 – BEYNAC-et-CAZENAC

### Le Bourg

N° AFFAIRE		2013/ 6013 /BORDX/01		TP	MISSION : G2 PRO		
INDICE	DATE	Nbre de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	2/12/2013	40	43	E. FOURTEAU	A. LAFOURCADE T. FREMONT	Première émission PROVISOIRE	F. BARNOUD
A	7/01/2014	42	48	E. FOURTEAU	A. LAFOURCADE	Reprise selon modification proposée par SCE	F. BARNOUD
B	31/01/2014	42	48	E. FOURTEAU	A. LAFOURCADE	Reprise selon modification proposée par SCE	F. BARNOUD
C	28/04/2014	42	48	E. FOURTEAU	A. LAFOURCADE	Modification de termes p.10	F. BARNOUD

## SOMMAIRE

<b><i>I - CADRE DE L'INTERVENTION</i></b> .....	<b>5</b>
I.1. INTERVENANTS.....	5
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES.....	5
I.3. MISSIONS .....	8
<b><i>II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE</i></b> .....	<b>9</b>
II.1. LE SITE .....	9
II.2. EXAMEN DE LA STABILITE ACTUELLE DU SITE .....	10
II.3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....	10
II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES.....	11
<b><i>III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE</i></b> .....	<b>12</b>
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS .....	12
III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES .....	14
III.3. HYDROGEOLOGIE .....	14
<b><i>IV - MODELES GEOTECHNIQUES</i></b> .....	<b>15</b>
IV.1. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE .....	15
IV.2. MODELE GEOTECHNIQUE A .....	15
IV.3. MODELE GEOTECHNIQUE B.....	16
IV.4. PRISE EN COMPTE DES SONDAGES NAUTIQUES .....	16
IV.5. SURCHARGES ET HYDROGEOLOGIE RETENUES .....	17
<b><i>V - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES</i></b> .....	<b>18</b>
V.1. ETAT ACTUEL DE STABILITE .....	18
- Vérification de la stabilité (long terme) .....	18
V.2. MURS AVANCES / PILES.....	20
- Description de l'ouvrage .....	20
- Hypothèses .....	21
- Capacité portante et poinçonnement .....	21
- Tassements .....	21
- Vérification de la stabilité (long terme) .....	21
- Terrassement et phasage de réalisation .....	23
- Mise hors d'eau .....	24
V.3. ANCRAGES DES ENCORBELLEMENTS .....	25
- Description de l'ouvrage .....	25
- Hypothèses .....	26
- Vérification de la capacité portante des clous vis-à-vis de la descente de charge .....	30
- Liaison clous / corbeau.....	32
- Vérification de la stabilité (long terme) .....	32
- Sujétions d'exécution .....	33
- Durabilité des clous.....	34

- Murs existants .....	34
- Mise hors d'eau .....	34
V.4. CONCLUSION SUR LA STABILITE DU SITE .....	34
<b>VI - TERRASSEMENTS ET DEMOLITION .....</b>	<b>35</b>
- Extraction .....	35
- Stabilité des talus et des avoisinants .....	35
- Réemploi des matériaux du site en remblai .....	35
- Sujétions d'exécution .....	35
- Remarques .....	36
- Mise hors d'eau en phase provisoire .....	36
<b>VII - SUIVI D'EXECUTION / CONTRÔLES .....</b>	<b>37</b>
VII.1. SUIVI D'EXECUTION .....	37
VII.2. CONTRÔLES .....	37
- Méthode observationnelle .....	37
<b>VIII - ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS .....</b>	<b>39</b>
<i>Conditions d'utilisation du present document.....</i>	<i>40</i>
<i>Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2006.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 2 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique.....</i>	<i>42</i>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>43</b>
ANNEXE 1 Plan de situation .....	45
ANNEXE 2 Plans d'implantation .....	47
ANNEXE 3 Profil n°1 – Coupe en travers .....	50
ANNEXE 4 Profil n°2 – Coupe en travers .....	52
ANNEXE 5 Profil n°3 – Coupe en travers .....	54
ANNEXE 6 Profil n°4 – Vue de face .....	56
ANNEXE 7 Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement long .....	58
ANNEXE 8 Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement court .....	61
ANNEXE 9 Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement moyen.....	64
ANNEXE 10 Sondages et essais.....	67
ANNEXE 11 Calcul de stabilité .....	83
ANNEXE 11.1 Etat initial – modèle A.....	84
ANNEXE 11.2 Etat initial – modèle B .....	89
ANNEXE 11.3 Mur avancé – modèle A .....	94
ANNEXE 11.4 Mur avancé – modèle B.....	99
ANNEXE 11.5 Encorbellement – modèle A .....	104

## I - CADRE DE L'INTERVENTION

### I.1. INTERVENANTS

A la demande de la SEMIPER et pour le compte de la commune de BEYNAC-et-CAZENAC, GEOTEC a réalisé la présente étude sur le linéaire du projet de réaménagement du Bourg sur la commune de BEYNAC-et-CAZENAC (24).

Les autres intervenants connus au moment de l'étude sont :

- Le maître d'œuvre : Lancereau & Meyniel Architectes Urbanistes ;
- Le bureau d'étude technique : SCE.

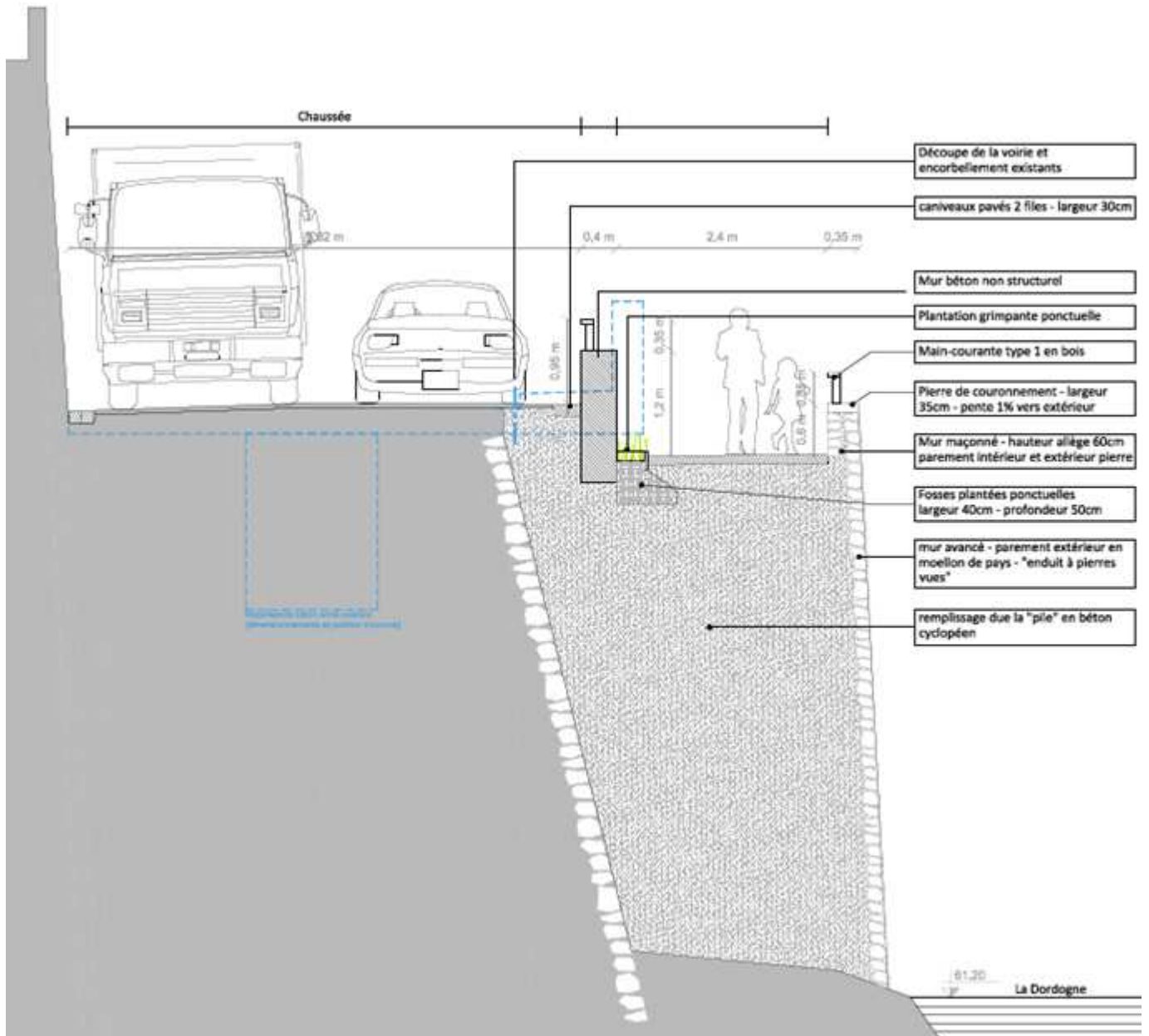
### I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

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

<i>Documents</i>	<i>Emetteur</i>	<i>Référence</i>	<i>Date</i>	<i>Echelle</i>	<i>Cote altimétrique</i>
Plan de situation	IGN	-	-	1/25000	-
Plan d'implantation des sondages	SCE	SCE-OA-PRO-SON-12418E-0001	2/07/2013	1/500	oui
Plan d'aménagement	Lancereau & Meyniel Architectes Urbanistes	B03 - provisoire	18/12/2013	1/200	oui
Coupe en travers		B08 - provisoire		1/50	oui
Plans de détails Est et Ouest		B11 et B12 - provisoire		1/100	oui

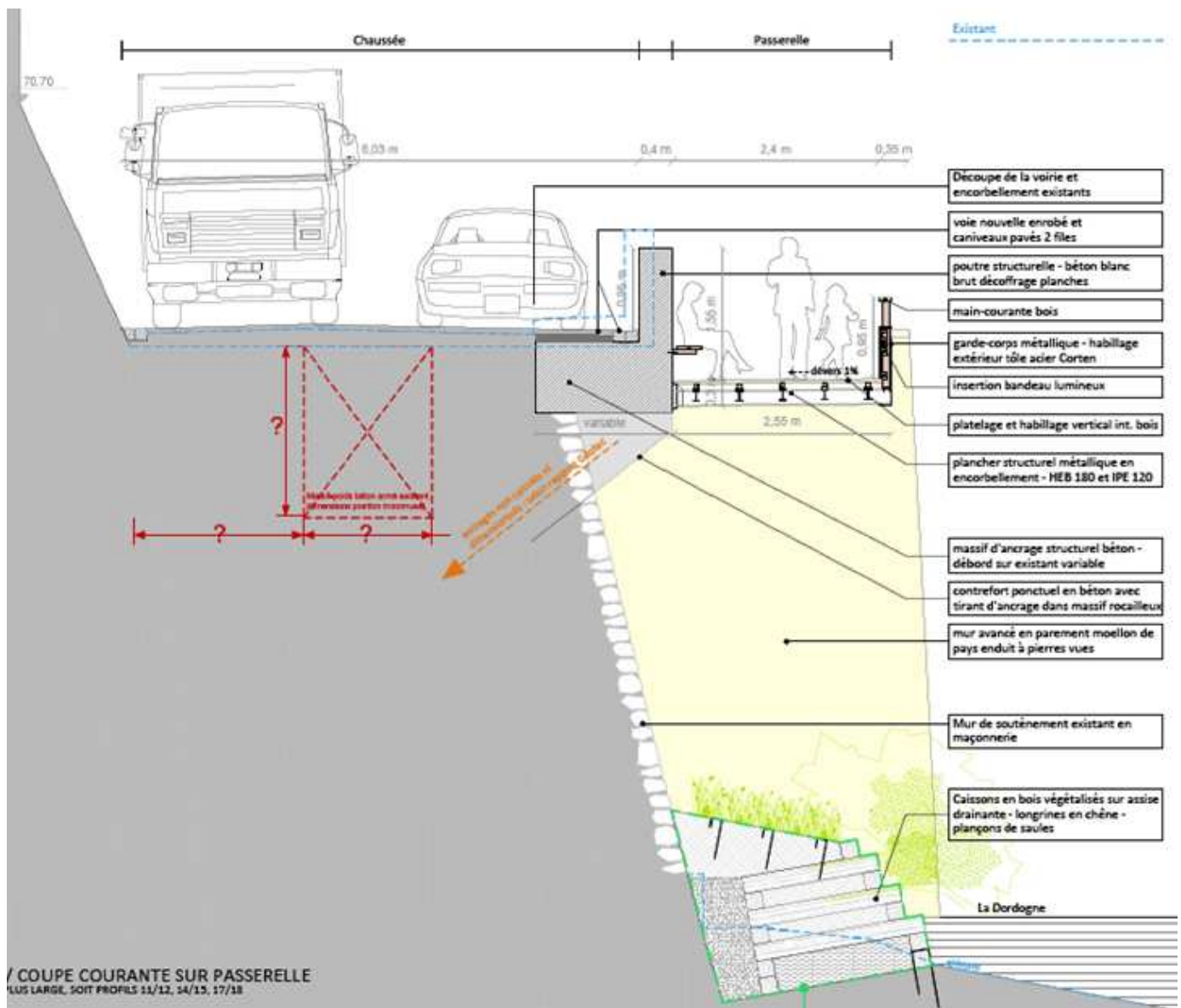
Le projet consiste en l'aménagement de la RD 703 dans le bourg de la commune de Beynac-et-Cazenac (24). Ces aménagements consistent en :

- la création de murs de soutènement (*mur avancé ou pile*) permettant un élargissement d'au moins 2.40 m. Ces murs avancés viennent s'appuyer sur les existants et consistent en un béton cyclopéen contenant de gros éléments et sur lequel est plaqué un revêtement en moellons calcaire (*voir coupe ci-dessous*).



*Coupe de principe d'un mur avancé*

- la création de passerelle en encorbellement reliant chaque mur avancé ou pile. Ces passerelles sont ancrées dans le terrain. Un aménagement paysager au pied du mur existant par longrine bois est prévu (*voir coupe page suivante*).



### Coupe de principe sur passerelle en encorbellement

Au stade actuel, la Maîtrise d'œuvre a retenu la mise en œuvre d'un béton cyclopéen sur une hauteur importante.

Le projet se place sur un linéaire de 275 m. Il devra reprendre une hauteur de terrain de près de 7.50 m (cf. coupes ci-dessus).

Pour l'étude, nous avons pris en hypothèse les surcharges suivantes :

- 9 kN/m<sup>2</sup> pour les voiries et surcharges de chantier ( $\approx 0.9 \text{ t/m}^2$ ) ;
- 2 x 150 kN espacés de 1.20 m localement et sur une courte durée ( $\approx 2 \times 15 \text{ t}$ ).

Le BET SCE nous a également communiqué les charges à reprendre par le système d'ancrage de l'encorbellement. Les tableaux de détail des charges sont fournis en p.26, chapitre V.3.

Pour les murs avancés, nous prendront en compte le poids propre de l'ouvrage et une charge d'exploitation. Ces charges sont les suivantes :

- 180 à 210 kPa pour les murs avancés/piles pour une tranche de 1 ml ( $\approx 18 \text{ à } 21 \text{ t/m}^2$ ) ;

- 5.0 kN/m<sup>2</sup> en charge d'exploitation ( $\approx 0.5 \text{ t/m}^2$ ).

Ces charges devront être calculées avec précision par le BET Structures ou l'entreprise, et transmises à GEOTEC si elles diffèrent de celles prises par hypothèse.

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

- TA : terrain actuel.

### I.3. MISSIONS

Conformément à son offre Réf. **2013/ 6013 /BORDX/01** du **23 septembre 2013**, GEOTEC a reçu pour mission de réaliser l'étude géotechnique de conception G2 PRO + ACT dans le cadre du projet de réaménagement du Bourg de la commune de Beynac-et-Cazenac (24).

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par GEOTEC et détaillée dans notre proposition **2013/ 6013 /BORDX**. Cette étude correspond à la mission G2 PRO d'étude géotechnique de conception selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (*extraits joints*). Ce rapport sera complété par la G2 ACT à suivre.

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique de conception (G2) doit être réalisée dans son ensemble (*phase AVP, phase PRO et phase ACT*). Elle doit obligatoirement être complétée par des missions G3 (*étude et suivi géotechniques d'exécution*) et G4 (*supervision géotechnique d'exécution*) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution de la mission complémentaire G4, la mission G3 étant généralement réalisée par les entreprises de travaux.

A la demande de la SEMIPER et dans le cadre de ce chantier, la mission G3 est à la charge de l'entrepreneur et est donc incluse dans son étude d'exécution.

De même – à la demande de la SEMIPER - la mission G4 est assurée par la Maîtrise d'œuvre.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « *Conditions d'utilisation du présent document* » données en fin de rapport.

\*

\*       \*



## II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

### II.1. LE SITE

Le site étudié se trouve sur la commune de la Beynac-et-Cazenac, le long de la route départementale D703 au niveau du Bourg de la commune. Le site se trouve dans la vallée de la Dordogne au niveau des berges existantes et à proximité des falaises calcaires. Il est délimité par :

- La route départementale D703 au Nord ;
- La Dordogne au Sud.



#### *Photographies du site*

Les bâtiments avoisinants sont de type RdC à R+3 à priori sans sous-sol. Il s'agit principalement de bâtiments anciens en pierre calcaire abritant des habitations et des commerces.

C'est actuellement le soutènement existant avec des zones en encorbellement entre la RD703 et la Dordogne.

Son altitude actuelle est comprise entre les cotes +75.00 m NGF et +57.00 m NGF selon les plans fournis pour l'étude.

## II.2. EXAMEN DE LA STABILITE ACTUELLE DU SITE

Il a été porté à notre connaissance des instabilités ponctuelles de la falaise calcaire sur le site. Des blocs de calcaire d'un volume plus ou moins important se sont décrochés de la falaise d'après nos informations et constatations (*voir photographie d'un bloc de grande taille dans le lit de la Dordogne*).

Des blocs de calcaire d'importance ( $\Phi > 2.00\text{ m}$ ) ont été observés à proximité dans le lit de la Dordogne.

Il est recommandé de réaliser une étude de stabilité générale de la partie supérieure du site (*afin de valider les hypothèses prises en compte dans le présent rapport*) ainsi que l'établissement d'un plan de prévention des risques.

## II.3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance défini par le client a consisté en l'exécution de :

### **Sondages à terre :**

- **5 sondages pressiométriques** (*SP2, SP4, SP6, SP7 et SP8*) réalisés en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB225.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 10.50 m et 10.62 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.50 m. Ils ont également permis la réalisation d'enregistrement de paramètre.

Les enregistrements ont consisté en :

- la vitesse d'avancement (*m/h*),
- la pression sur l'outil (*bars*),
- la pression d'injection (*bars*),
- le couple de rotation (*bars*).
- **2 sondages carottés** (*SC1 et SC2*) réalisés en rotation en diamètre 101 mm au carottier T6. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB225.

Ces sondages ont été réalisés jusqu'à 10.00 m de profondeur. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons intacts pour analyses en laboratoire.

### **Sondages nautiques :**

Il est prévu la réalisation de sondage sur la Dordogne afin de compléter les sondages terrestres réalisés. La campagne de sondages nautiques doit consister en l'exécution de :

- **3 sondages pressiométriques** (*SP1, SP3 et SP5*) réalisés en diamètre 63 mm.

**Ces sondages ont été réalisés à partir du 15 janvier. Il confirme la présence de calcaire très raide directement en fond de Dordogne.**

#### **II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES**

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

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

L'altimétrie des points de sondage a été estimée par interpolation des indications du plan fourni et nos relevés sur site.

### III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de Sarlat-la-Canéda (n°808) et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- des alluvions récentes galets et graviers présents dans de lit de la Dordogne ;
- le substratum calcaire plus ou moins altéré ;
- De possibles zones alluvionnaires intercalées entre les remblais de chaussées et le substratum calcaire.

#### III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

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

- **Des remblais de voirie (*enrobé, dalle béton, pavés, grave béton, concassé calcaire*)** identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 0.50 m / TA et 1.00 m / TA. On peut attribuer cette formation à des remblais anthropiques.

Ses caractéristiques mécaniques sont :

$$\begin{aligned} 0.55 \leq p_l^* &\leq 0.60 \text{ MPa} \\ 4.0 \leq E_M &\leq 5.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- **Un calcaire altéré et très fracturé en blocs** identifié dans les sondages SP2, SP4, SP6, SC1 et SC2 jusqu'à une profondeur variant entre 4.50 m / TA et 6.00m / TA. On peut attribuer cette formation à l'altération du substratum et éboulements de blocs rocheux.

Ses caractéristiques mécaniques sont relativement hétérogènes :

$$\begin{aligned} 1.27 \leq p_l^* &\leq 3.71 \text{ MPa} \\ 17.2 \leq E_M &\leq 49.8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- **Une argile légèrement sableuse et à graviers et blocs calcaires** identifiée dans les sondages SP7 et SP8 jusqu'à une profondeur variant entre 5.70 m / TA et 6.40m / TA. On peut attribuer cette formation à un mélange de dépôts alluvionnaires et d'éboulis de pente de taille plus ou moins importante.

Ses caractéristiques mécaniques sont médiocres :

$$\begin{aligned} 0.12 \leq p_l^* &\leq 0.81 \text{ MPa} \\ 1.2 \leq E_M &\leq 7.6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- **Un calcaire fracturé mais raide** identifié dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 10.00 m / TA et 10.62 m / TA, profondeur d'arrêt des reconnaissances. On peut attribuer cette formation au substratum calcaire.

Ses caractéristiques mécaniques sont conséquentes :

$$\begin{aligned} 4.67 \leq p_l^* &\leq 4.85 \text{ MPa} \\ 96.4 \leq E_M &\leq 250.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

La stratigraphie relevée au droit de chaque sondage est résumée dans le tableau suivant :

	<i>SP2</i>		<i>SCI</i>		<i>SP4</i>		<i>SC2</i>	
	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>
Remblais	0.00	68.25	0.00	68.35	0.00	67.85	0.00	67.25
Argile et blocs	0.80	67.45	0.50	67.85	0.50	67.35	1.00	66.25
Calcaire fracturé altéré et blocs	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcaire raide	4.80	63.45	6.00	62.35	4.50	63.35	6.00	61.25
	$\geq 10.50$	$\leq 57.75$	$\geq 10.00$	$\leq 58.35$	$\geq 10.50$	$\leq 57.35$	$\geq 10.00$	$\leq 57.25$

	<i>SP6</i>		<i>SP7</i>		<i>SP8</i>	
	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>	<i>Prof/TA (m)</i>	<i>Cote NGF (m)</i>
Remblais	0.00	67.35	0.00	67.20	0.00	67.05
Argile et blocs	1.00	66.35	1.00	66.20	1.00	66.05
Calcaire fracturé altéré et blocs	-	-	5.70	61.50	6.40	60.65
Calcaire raide	5.70	61.65	-	-	-	-
	$\geq 10.50$	$\leq 56.85$	$\geq 10.50$	$\geq 56.70$	$\geq 10.62$	$\leq 56.43$

**Nota :** Ce tableau n'implique en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

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

- **Un calcaire fracturé mais raide** identifié dans tous les sondages jusqu'à une profondeur de 13.00 m / TA, profondeur d'arrêt des reconnaissances. On peut attribuer cette formation au substratum calcaire.

Ses caractéristiques mécaniques sont conséquentes :

$$4.87 \leq p_1^* \leq 4.91 \text{ MPa}$$

$$E_M \geq 250.0 \text{ MPa}$$

### III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Le terrain se situe en zone d'aléas très faible selon le décret n° **2010-1255 du 22 octobre 2010** relatif à la prévention des risques sismiques, applicable au 1er mai 2011.

Le substratum calcaire est sujet à la karstification. Il est toujours possible, dans un tel environnement, de rencontrer des cavités vides ou remplies de sédiments divers qui n'auraient pas été mises en évidence par les sondages. **Notons que le secteur est réputé à risque important vis-à-vis de ce type de phénomène.**

La présence de blocs a été reconnue au droit des sondages et dans le lit de la Dordogne. Ces éléments de grande taille pourront causer des problèmes lors de la réalisation des ouvrages, en particulier en cas d'extraction et ou de battage.

La présence de remblai doit être attendue à l'arrière des murs de soutènement en pierre existant.

De même, des variations latérales de faciès importantes peuvent intervenir à l'arrière des murs de soutènement existants du fait des dépôts alluvionnaires et/ou des éboulis de pente par exemple.

**D'après nos informations, le site est inondable. Le niveau de la crue centennale sur site est fixé à la cote 70.75 m NGF.**

### III.3. HYDROGEOLOGIE

Lors de notre campagne de reconnaissance (*fin octobre, début novembre 2013*), nous n'avons pas observé de niveau d'eau dans les sondages en raison de la méthodologie de forage employée.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire en période pluvieuse.

La méthodologie de foration employée avec injection d'eau/de boue ne permet pas de définir le niveau d'eau.

\*

\*      \*

## IV - MODELES GEOTECHNIQUES

La campagne de sondage terrestre à révéler l'existence de deux modèles géotechniques. En effet, pour SP2, SP4 et SP6, les sondages mettent en évidence le massif calcaire sur toute la hauteur, celui-ci étant bien entendu plus ou moins fracturé et altéré mais présente tout de même de bonnes caractéristiques mécaniques. A partir du sondage SP7 et SP8, on se retrouve dans un mélange de dépôt alluvionnaire et de blocs présentant des caractéristiques mécaniques médiocres. Il est donc nécessaire de distinguer les deux zones. Les sondages nautiques quant à eux indiquent des calcaires raides directement en fond de Dordogne.

### IV.1. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE

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

L'objectif de l'étude est de dimensionner les ouvrages géotechniques en vue du projet de réaménagement du Bourg de Beynac-et-Cazenac (24). Les contraintes du site sont les suivantes :

- présence de bâtiments mitoyens de type R+1 à R+3 sur l'ensemble du linéaire à une distance de 6.0 m environ de l'emprise du projet;
- variation du niveau d'eau de la Dordogne ;
- Présence de blocs de plus ou moins grande taille qui pourront être gênant pour la du système d'ancrage de l'encorbellement ;
- La mise en œuvre du béton cyclopéen sur plus de 5.0 m de hauteur qui devra nécessiter un suivi particulier ;
- Le risque karstique connu dans ce substratum calcaire.

### IV.2. MODELE GEOTECHNIQUE A

Le modèle géotechnique A correspond au modèle issu des sondages SP2, SP4, SP6, SC1 et SC2. Il présentera les caractéristiques moyennes suivantes :

Formation	Caractéristiques géotechniques retenues							
	Nature F62 titre V	Base	Pression limite $P_1$	Module pressionométrique $E_m$	Coefficient rhéologique $\alpha$	Masse volumique humide $\gamma_h$	Cohésion $c'$	Angle de frottement $\phi'$
		m NGF	MPa	MPa	-	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°
Remblai	Sable et graviers A	66.35	0.58	5.0	0.33	20.0	0	35
Calcaire altéré et fracturé	Marno-calcaire A	61.65	2.40	27.6	0.33	21.0	12	35
Calcaire raide	Roche B	≤ 56.85	≥ 4.75	≥ 180.0	0.50	22.0	25	45
Béton cyclopéen	-	-	-	-	0.50	24.0	10	45
Mur maçonné existant	-	-	-	-	0.50	24.0	15	45

Les caractéristiques intrinsèques  $c'$ ,  $\phi'$  sont issues des essais réalisés associées à des extrapolations suivant les approches de Menard.

### IV.3. MODELE GEOTECHNIQUE B

Le modèle géotechnique B correspond au modèle issu des sondages SP7 et SP8. Il présentera les caractéristiques moyennes suivantes :

<i>Caractéristiques géotechniques retenues</i>								
<i>Formation</i>	<i>Nature</i> <i>F62 titre V</i>	<i>Base</i>	<i>Pression limite</i> $p_l$	<i>Module</i> <i>pressiométrique</i> $E_m$	<i>Coefficient</i> <i>rhéologique</i> $\alpha$	<i>Masse</i> <i>volumique</i> <i>humide</i> $\gamma_h$	<i>Cohésion</i> $c'$	<i>Angle de</i> <i>frottement</i> $\phi'$
		<i>m NGF</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	-	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	<i>°</i>
Remblai	Sable et graviers A	66.05	0.58	5.0	0.33	20.0	0	35
Argile légèrement sableuse et blocs	Argile A	60.65	0.38	2.7	0.67	17.0	2	28
Calcaire raide	Roche B	$\leq 56.45$	$\geq 4.75$	$\geq 180.0$	0.50	22.0	25	45
Béton cyclopéen	-	-	-	-	0.50	24.0	10	45
Mur maçonné existant	-	-	-	-	0.50	24.0	15	45

Les caractéristiques intrinsèques  $c'$ ,  $\phi'$  sont issues des essais réalisés associées à des extrapolations suivant les approches de Menard.

### IV.4. PRISE EN COMPTE DES SONDAGES NAUTIQUES

Les sondages nautiques ont montré des calcaires très raides directement en fond du lit de la Dordogne.

Les valeurs moyennes pressiométrique sont les suivantes :

$$E_m = 250.0 \text{ MPa}$$

$$p_l^* = 4.88 \text{ MPa}$$

Des blocs peuvent être présents dans le lit de la Dordogne mais n'ont pas été relevés au droit de nos sondages. Notons que la turbidité de la Dordogne avec des débits et hauteurs relativement importantes n'ont permis de voir les fonds avec précision. Par conséquent, nous retiendrons en pied de l'existant et sous les piles/murs avancés un faciès de calcaire raide.



#### IV.5. SURCHARGES ET HYDROGEOLOGIE RETENUES

Afin de tenir compte de la voirie existante et l'élargissement futur, nous avons modélisé une surcharge routière de 10 kPa sur le terrain existant.

Au niveau de l'élargissement en béton cyclopéen, nous avons pris en compte une surcharge triangulaire variant de 10 kPa (*coté voirie*) à 0 kPa (*extrémité de l'ouvrage*) afin de tenir compte de l'exploitation et des circulations potentielles.

Le niveau d'eau de la Dordogne est pris en compte à la cote +61.20 NGF (*cote d'étiage*).

La visite sur site a permis de voir la présence d'ouvrage d'évacuation des eaux à travers le mur existant. De fait, nous considérons qu'une mise en charge hydraulique à l'arrière du mur n'est pas envisageable (*une mise en charge aurait entraînée des désordres sur l'existant*). Par conséquent, nous modéliserons une nappe dans les sols qui aura peu d'influence sur la stabilité globale du projet.

## V - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

### V.1. ETAT ACTUEL DE STABILITE

A l'heure actuelle, les existants sont en exploitation et stable. Les murs maçonnés existants reprennent les charges qui leur sont appliqués de même que l'encorbellement existant.

De fait, il est possible d'affirmer qu'un coefficient de stabilité minimal de 1.0 est atteint sans prise en compte de coefficient de sécurité.

Cependant, ceci ne garanti pas la stabilité à l'Eurocode 7 avec la prise en compte des coefficients partiels de sécurité.

Si tel est le cas, il sera primordial de vérifier dans la suite de l'étude que les solutions retenues augmentent les facteurs de sécurité vis-à-vis de l'Eurocode 7.

#### - Vérification de la stabilité (long terme)

**Méthode :** Le calcul de stabilité est réalisé à l'aide du logiciel TALREN 4 en utilisant la méthode des tranches de Bishop et en supposant que les surfaces de rupture sont circulaires. Conformément aux prescriptions de la section 11 de l'EUROCODE 7 partie 1, le calcul de stabilité rotationnelle sera menée conformément à l'approche 3 qui consiste à appliquer les 3 ensembles de facteurs partiels suivants :

- L'ensemble A1 sur les actions ou leurs effets ;
- L'ensemble M2 sur les paramètres de sol ;
- L'ensemble R3 sur les résistances.

Les valeurs des différents coefficients constituant chacun des ensembles sont définies dans le tableau ci-après :

	<i>Approche 3 (Ensemble A1+M2+R3)</i>	<i>Approche sans coefficient partiel</i>
<b><i>Facteurs partiels pour les actions ou leur effet (ensemble A1)</i></b>		
Action permanente défavorable	1.00	1.00
Action permanente favorable	1.00	1.00
Action variable défavorable	1.30	1.00
<b><i>Facteurs partiels pour les paramètres de sol (ensemble M2)</i></b>		
Masse volumique du sol	1.00	1.00
Angle de frottement interne du sol	1.25	1.00
Cohésion effective	1.25	1.00
Cohésion non drainée	1.30	1.00
<b><i>Facteurs partiels pour les résistances (ensemble R3)</i></b>		
Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	1.20	1.00

Compte tenu de l'application de ces facteurs partiels de sécurité sur les paramètres, le coefficient de sécurité recherché doit être supérieur à 1.0 pour que la stabilité soit assurée.

Les calculs de stabilité sont uniquement menés à long terme.

Afin de prendre en compte la stabilité actuelle du site, nous prendrons en compte la présence du mur existant dans la modélisation (*voir hypothèses à valider sur le mur ci-dessous*).

De même, en parallèle des calculs à l'Eurocode 7, nous mènerons un calcul sans application des coefficients partiels de sécurité afin de vérifier la stabilité existante.

**Rappel des hypothèses :** Les hypothèses de calcul à prendre en compte sont rappelées ci-dessous :

<i>Nature des terrains</i>	<i>Poids volumique <math>\gamma(t/m^3)</math></i>	<i>Caractéristiques intrinsèques estimée du matériau à long terme</i>	
		<i>Cohésion <math>C'</math> (kPa)</i>	<i>Angle de frottement <math>\phi'</math> (°)</i>
Remblai	2.0	0	35
Argile légèrement sableuse et blocs	1.7	0	27
Calcaire altéré et fracturé	2.1	10	35
Calcaire raide	2.2	25	45
Béton cyclopéen	2.4	10	45
Mur maçonné existant (hypothèses à valider)	2.4	10	45

**Résultats des calculs de stabilité :** Les profils TALREN figurent en annexe de ce rapport.

<i>Modèle pris en compte</i>	<i>Coefficient de stabilité long terme à l'EC7</i>	<i>Coefficient de stabilité sans coefficients de sécurité partiels</i>
<b>Modèle A</b>	1.07	1.61
<b>Modèle B</b>	0.97	1.46

**Conclusion :** Le coefficient de sécurité global est autour de 1.5 ce qui correspond globalement au coefficient généralement requis à long terme ( $F \geq 1.5$ ). Le modèle défavorable B est donc déjà quasiment stable. Avec la prise en compte des coefficients de sécurité partiels de l'Eurocode 7, le modèle A est considéré comme stable ( $F > 1.0$ ). Le modèle B – modèle défavorable – est lui considéré comme instable ( $F < 1.0$ ), néanmoins il présente un déficit de stabilité de seulement 3 %. A l'appui des résultats des calculs de stabilité, on peut considérer le site comme stable aussi bien avec le modèle A qu'avec le modèle B.

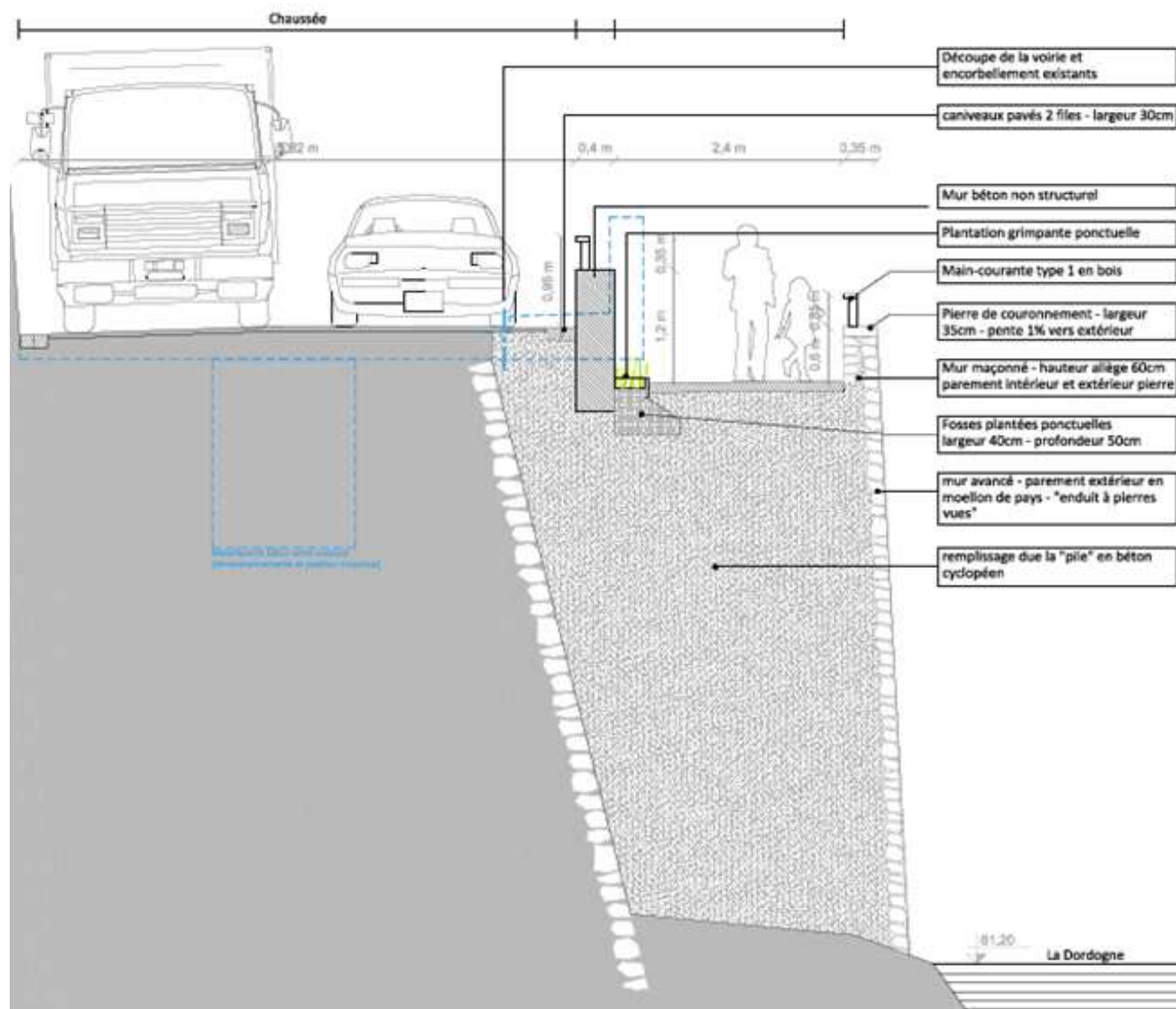
Il n'est pas observé à ce jour de signe d'instabilité de glissement rotationnel.

Cependant, la modélisation et les résultats ne prennent pas en compte une érosion en pied de mur.

## V.2. MURS AVANCES / PILES

### - Description de l'ouvrage

Les murs avancés ou piles correspondent à l'élargissement des aménagements du bourg sur un mur poids maçonné en béton cyclopéen reposant sur les calcaires plus ou moins altérés. Ce mur poids vient en avant du mur existant conservé.



### *Coupe de principe d'un mur avancé/pile*

En tête, la largeur de l'ouvrage projeté en béton cyclopéen est de 4.0 m. En pied, sa largeur est de 2.60 m. La hauteur des murs avancés varie entre 6.0 m et 7.0 m environ.

Les murs avancés se trouvent au niveau des sondages suivants :

- SP1 ;
- SP3 ;

- SP5 ;
- SP7 attribué au modèle B. Cas favorable en raison de la présence de la cale qui joue un rôle de butée de pied;
- SP8 attribué au modèle B. Cas favorable en raison de la présence de la cale qui joue un rôle de butée de pied.

### - Hypothèses

Nous vérifierons la solution vis-à-vis des modèles géotechniques déterminés. Dans cette optique, le modèle A et le modèle C présente des caractéristiques quasiment équivalentes.

Nous prendrons donc en compte les hypothèses suivantes :

- purge totale des dépôts alluvionnaires au droit des murs avancés ;
- les murs sont montés directement sur le toit des calcaires altérés et fracturés ;
- **un système de drainage efficace est mis en œuvre pour éviter la mise en charge des faciès à l'arrière du mur avancé (*en l'absence de drainage, la stabilité ne pourra en aucun cas être assurée*).**

Ces opérations seront réalisées par passes alternées de 2 m de largeur afin de ne pas déstabiliser l'existant.

### - Capacité portante et poinçonnement

Compte tenu des éléments du projet connus, la contrainte moyenne développée par le mur avancé (*considéré comme un mur poids*) sera d'environ :

$$q = 0.22 \text{ MPa (215 kPa)}$$

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de :

$$F \gg 3$$

### - Tassements

Compte tenu du caractère quasi incompressible des sols d'assise rocheux, les tassements théoriques absolus seront faibles. Par ailleurs, il n'y aura pas lieu de craindre de tassements différentiels sensibles.

### - Vérification de la stabilité (long terme)

**Méthode :** Le calcul de stabilité est réalisé à l'aide du logiciel TALREN 4 en utilisant la méthode des tranches de Bishop et en supposant que les surfaces de rupture sont circulaires. Conformément aux prescriptions de la section 11 de l'EUROCODE 7 partie 1, le calcul de stabilité rotationnelle sera menée conformément à l'approche 3 qui consiste à appliquer les 3 ensembles de facteurs partiels suivants :

- L'ensemble A1 sur les actions ou leurs effets ;
- L'ensemble M2 sur les paramètres de sol ;
- L'ensemble R3 sur les résistances.

Les valeurs des différents coefficients constituant chacun des ensembles sont définies dans le tableau ci-après :

	<i>Approche 3 (Ensemble A1+M2+R3)</i>
<b><i>Facteurs partiels pour les actions ou leur effet (ensemble A1)</i></b>	
Action permanente défavorable	1.00
Action permanente favorable	1.00
Action variable défavorable	1.30
<b><i>Facteurs partiels pour les paramètres de sol (ensemble M2)</i></b>	
Masse volumique du sol	1.00
Angle de frottement interne du sol	1.25
Cohésion effective	1.25
Cohésion non drainée	1.30
<b><i>Facteurs partiels pour les résistances (ensemble R3)</i></b>	
Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	1.20

Compte tenu de l'application de ces facteurs partiels de sécurité sur les paramètres, le coefficient de sécurité recherché doit être supérieur à 1.0 pour que la stabilité soit assurée.

Les calculs de stabilité sont uniquement menés à long terme.

Afin de prendre en compte la stabilité actuelle du site, nous prendrons en compte la présence du mur existant dans la modélisation (*voir hypothèses à valider ci-dessous*).

**Rappel des hypothèses :** Les hypothèses de calcul à prendre en compte sont rappelées ci-dessous :

<i>Nature des terrains</i>	<i>Poids volumique <math>\gamma(t/m^3)</math></i>	<i>Caractéristiques intrinsèques estimée du matériau à long terme</i>	
		<i>Cohésion <math>C'</math> (kPa)</i>	<i>Angle de frottement <math>\phi'</math> (°)</i>
Remblai	2.0	0	35
Argile légèrement sableuse et blocs	1.7	0	27
Calcaire altéré et fracturé	2.1	10	35
Calcaire raide	2.2	25	45
Béton cyclopéen	2.4	10	45
Mur maçonné existant (hypothèses à valider)	2.4	10	45

**Résultats des calculs de stabilité :** Les profils TALREN figurent en annexe de ce rapport.

<i>Modèle pris en compte</i>	<i>Coefficient de stabilité long terme à l'EC7</i>
<b>Modèle A</b>	1.21
<b>Modèle B</b>	1.13

**Conclusion :** Avec les coefficients de sécurité partiels de l'Eurocode 7, les modèles A et B sont considérés comme stables. Les solutions envisagées n'apportent pas de déficit de stabilité vis-à-vis de l'état initial et des paramètres de l'Eurocode 7. Le gain vis-à-vis du modèle défavorable de calcul est de 15%.

### - Terrassement et phasage de réalisation

Le phasage retenu pour la réalisation de ces murs avancés sera le suivant :

- Réalisation d'un référent préventif sur l'ensemble des existants et en particulier le mur maçonné existant ;
- Mise en œuvre de la méthode observationnelle (*inclinomètre, cibles de géomètre, etc...*) sur l'ensemble du linéaire. Ces éléments seront étroitement suivis durant toute la durée du chantier
- Décapage des horizons végétalisés superficiels, des alluvions de la Dordogne et des blocs calcaires d'éboulement par passes alternées de 2.00 m de largeur au plus. Localement, la végétation peut être dense, une attention particulière sera portée sur le dessouchage des arbres, notamment vers SP1 Celui-ci ne devra pas déstabiliser l'existant et l'ensemble des végétaux sera impérativement purgé. Le béton cyclopéen sera mis en œuvre immédiatement après le décapage afin d'éviter de déstabiliser les existants ;
- Mise en œuvre du béton cyclopéen sur le substratum calcaire par passes alternées également pour éviter la déstabilisation de l'existant. L'élévation de ces tranches sera d'au plus 2.00 m par tranche.

Compte tenu de l'environnement du site, les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engin de forte puissance. Cependant, il sera nécessaire d'éviter au maximum les vibrations vis-à-vis des existants.

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

Compte tenu de ces caractéristiques, le béton cyclopéen sera mis en œuvre de manière sub-verticale.

Le béton cyclopéen sera mis en œuvre après décapage des horizons végétalisés et de tout matériau évolutif ou de faible portance (*alluvions de la Dordogne*).

L'assise du béton cyclopéen devra être horizontale (*les blocs calcaires d'éboulement seront purgés*). Cette assise pourra être réalisée à l'aide d'un gros béton. Du fait de la pente du terrain, des plates-formes horizontales seront aménagées ou des redents d'accrochage seront aménagés (*gain de stabilité*).

Le béton cyclopéen est un béton contenant des éléments de granulométrie importante. Les blocs devront être exempts de fissures ou de fêlures provoquées notamment par le mode d'extraction en carrières ou le transport. Ces matériaux devront pouvoir être manipulés par des engins mécaniques sans se casser ou se dégrader.

Dans le cas où serait rencontré des zones instables, il sera nécessaire de réaliser un clouage ou un épinglage du mur existant.

Les travaux de mise en œuvre du béton cyclopéen devront être réalisés au sec.

#### **- Mise hors d'eau**

Les règles de l'art seront respectées et notamment le drainage permanent à l'arrière des murs avancés.

Lors de notre intervention (*fin octobre, début novembre 2013*), nous n'avons pas observé de niveau d'eau dans les sondages en raison de la méthodologie de foration employée.

Compte tenu de la situation du site, le chantier pourra être interrompu en cas de remontée important du niveau de la Dordogne.

**Un drainage efficace de l'interface mur existant / murs avancés est nécessaire. Ce drainage pourra consister à mettre en œuvre :**

- un géotextile anticontaminant de type S1 ;
- un lit de sable 0/8 mm de 20 cm d'épaisseur ;
- un second géotextile anticontaminant de type S1.

**Ces réseaux de drainages nécessiteront la mise en place d'exutoires de type barbacanes tous les 4 m<sup>2</sup> équipée de clapets anti-retour au travers du béton cyclopéen (ou système équivalent).**

**Dans le cas d'arrivées d'eau, des drains horizontaux seront mis en place.**

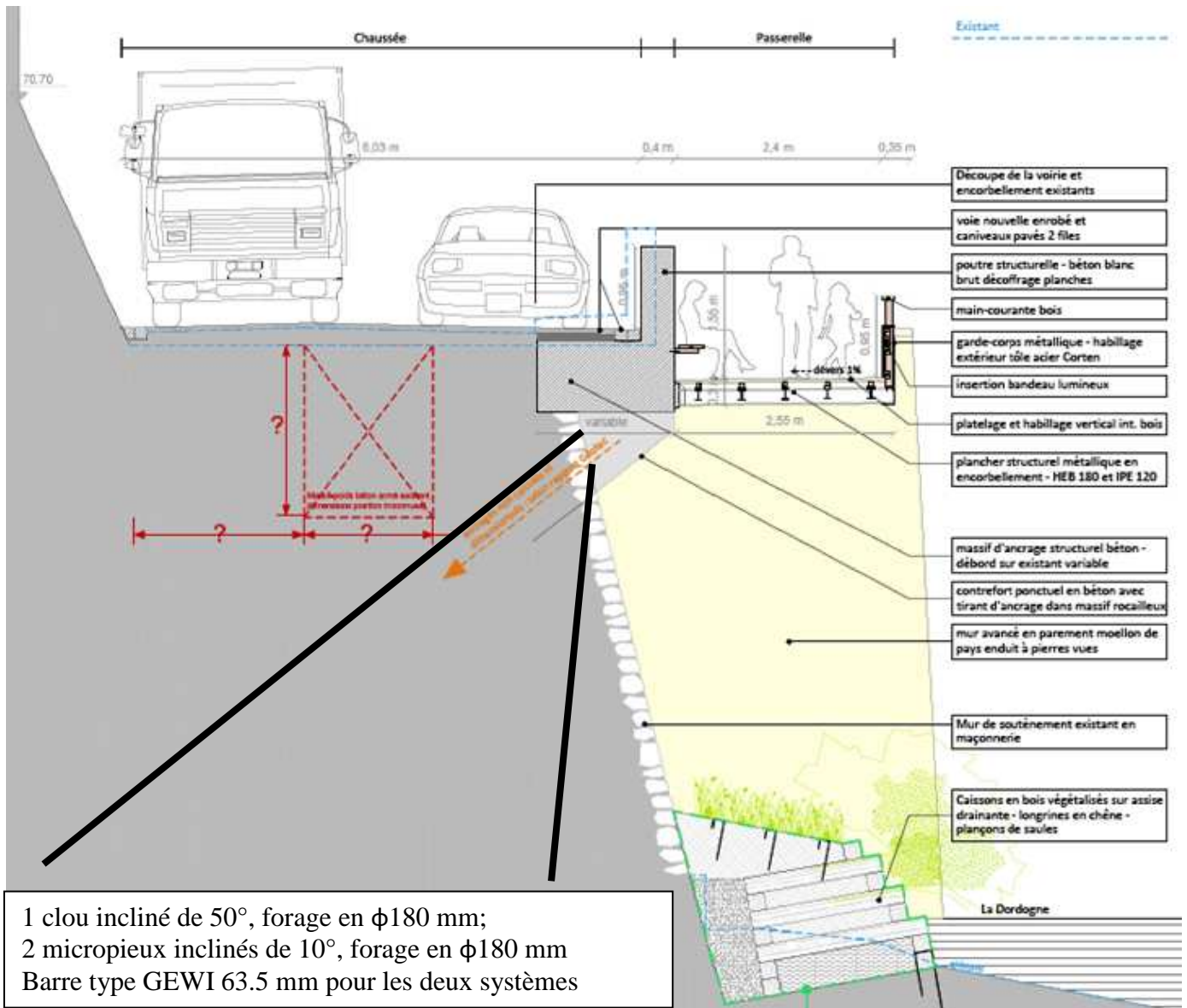
Lors des travaux devra également être mis en place un système de drainage dans les murs existants. Si le système est existant, il devra être maintenu et prolongé dans le projet actuel. Ce drainage pourra consister en la réalisation de drains horizontaux avec mise en place de barbacanes tous les 4 m<sup>2</sup> équipées de clapets anti-retour.



### V.3. ANCRAGES DES ENCORBELLEMENTS

#### - Description de l'ouvrage

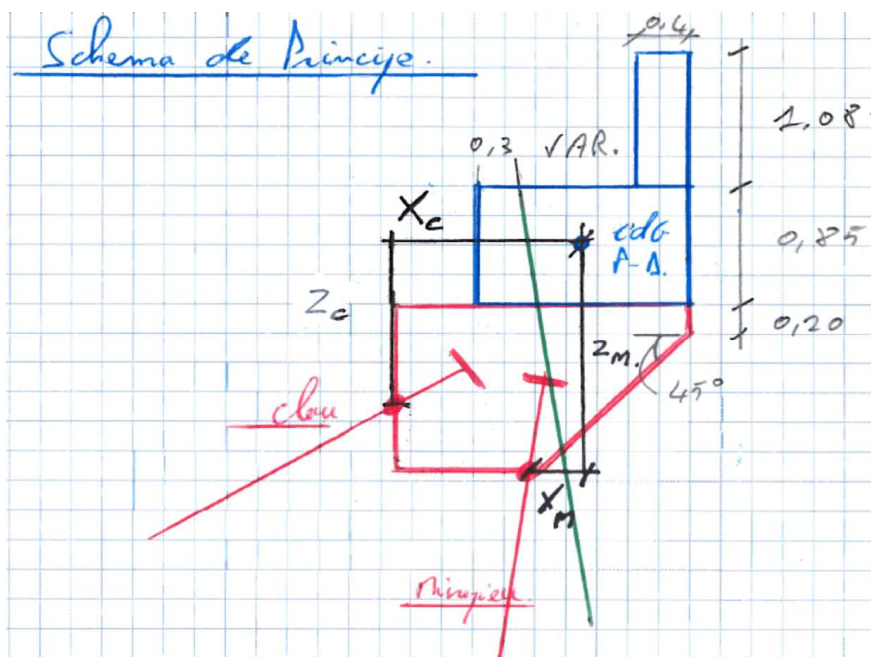
Les passages en encorbellement correspondent à la création de poutres dalles en béton armé sur lesquelles viennent se fixer les passerelles en structure métallique (*HEB et IPE*). L'encorbellement existant est démoli pour la réalisation du nouvel ouvrage. La poutre dalle béton armé repose sur des corbeaux qui transmettront les charges au système de fondation.



*Coupe de principe de l'encorbellement*

## - Hypothèses

La descente de charge a été transmise par le BET SCE le 13/01/2013.



Les charges à reprendre au niveau des corbeaux au niveau de la zone longue (*encorbellement court*) sont les suivantes :

Cas 1 : zone longue (=> encorbellement étroit)			Torseur appliqué :		Fx	Fz	My	Tout en KN et KN.m	
					30	1110	530		
Configuration A : Poutre dalle de 1.34 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.735	-1.01	Selon x		Selon z
<b>Micropieu</b>	-0.41	-1.21	Angle inclinaison	0.552	L poutre	0.76	<b>-949</b>	<b>2132</b>	
<b>Clou</b>	-1.06	-0.81	My transformé	1376.15			<b>979</b>	<b>-1000</b>	
Configuration B : Poutre dalle de 1.34 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas A	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.985	-1.01	Selon x		Selon z
<b>Micropieu</b>	-0.41	-1.21	Angle inclinaison	0.335	L poutre	1.22	<b>-440</b>	<b>1875</b>	
<b>Clou</b>	-1.56	-0.81	My transformé	1653.65			<b>470</b>	<b>-742</b>	
Configuration C : Poutre dalle de 0.85 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.745	-1.085	Selon x		Selon z
<b>Micropieu</b>	-0.36	-1.21	Angle inclinaison	0.314	L poutre	0.81	<b>-525</b>	<b>2231</b>	
<b>Clou</b>	-1.13	-0.96	My transformé	1389.5			<b>556</b>	<b>-1099</b>	
Configuration D : Poutre dalle de 0.85 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas C	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.995	-1.085	Selon x		Selon z
<b>Micropieu</b>	-0.36	-1.21	Angle inclinaison	0.194	L poutre	1.29	<b>-238</b>	<b>1855</b>	
<b>Clou</b>	-1.63	-0.96	My transformé	1667			<b>269</b>	<b>-723</b>	

Z positif vers le bas  
X positif vers la Dordogne

Les charges à reprendre au niveau des corbeaux au niveau de la zone courte (*encorbellement long*) sont les suivantes :

Cas 2 : zone courte (=> encorbellement large)			Torseur appliqué :		Fx	Fz	My	Tout en KN et KN.m	
					35	1400	710		
Configuration A : Poutre dalle de 2.42 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.880	-1.52	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.44	-2.14	Angle inclinaison	0,954	L poutre	1.52	<b>-948</b>	<b>1620</b>	
<b>Clou</b>	-1.32	-0.90	My transformé	1995.2			<b>988</b>	<b>-215</b>	
Configuration B : Poutre dalle de 2.42 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas A	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-1.130	-1.52	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.44	-2.14	Angle inclinaison	0,732	L poutre	1.86	<b>-708</b>	<b>1762</b>	
<b>Clou</b>	-1.82	-0.90	My transformé	2345.2			<b>744</b>	<b>-363</b>	
Configuration C : Poutre dalle de 1.60 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.720	-1.17	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.38	-1.47	Angle inclinaison	0,723	L poutre	0.91	<b>-1291</b>	<b>2197</b>	
<b>Clou</b>	-1.06	-0.87	My transformé	1758.95			<b>1327</b>	<b>-769</b>	
Configuration D : Poutre dalle de 1.60 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas C	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.970	-1.17	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.38	-1.47	Angle inclinaison	0,470	L poutre	1.32	<b>-719</b>	<b>2162</b>	
<b>Clou</b>	-1.56	-0.87	My transformé	2108.95			<b>754</b>	<b>-734</b>	
								Z positif vers le bas	
								X positif vers la Dordogne	

Les charges à reprendre au niveau des corbeaux au niveau de la zone moyenne (*encorbellement moyen*) sont les suivantes :

Cas 3 : zone moyenne (=> encorbellement moyen)			Torseur appliqué :		Fx	Fz	My	Tout en KN et KN.m	
					35	1210	600		
Configuration A : Poutre dalle de 1.69 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.800	-1.275	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.39	-1.56	Angle inclinaison	0.607	L. poutre	1.00	<b>-922</b>	<b>1970</b>	
<b>Clou</b>	-1.21	-0.99	My transformé	1612.625			<b>958</b>	<b>-735</b>	
Configuration B : Poutre dalle de 1.69 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas A	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-1.050	-1.275	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.39	-1.56	Angle inclinaison	0.408	L. poutre	1.44	<b>-521</b>	<b>1864</b>	
<b>Clou</b>	-1.71	-0.99	My transformé	1915.125			<b>556</b>	<b>-630</b>	
Configuration C : Poutre dalle de 1.22 de large et tete de clou très proche de tete de micropieux	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.700	-1.055	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.34	-1.19	Angle inclinaison	0.359	L. poutre	0.77	<b>-673</b>	<b>2460</b>	
<b>Clou</b>	-1.06	-0.92	My transformé	1483.925			<b>709</b>	<b>-1226</b>	
Configuration D : Poutre dalle de 1.22 de large et tete de clou reculée de 50 cm par rapport au cas C	Position des sorties de micropieux/clou du corbeau		Calculs intermédiaires avec poutre équivalente				Efforts dans repère principal		
	X/cdg P-D	Z/cdg P-D	Centre de poutre (X puis Z) :		-0.950	-1.055	Selon x	Selon z	
<b>Micropieu</b>	-0.34	-1.19	Angle inclinaison	0.218	L. poutre	1.25	<b>-297</b>	<b>2041</b>	
<b>Clou</b>	-1.56	-0.92	My transformé	1786.425			<b>333</b>	<b>-807</b>	
							Z positif vers le bas		
							X positif vers la Dordogne		

Pour chaque corbeau, les efforts seront repris par deux micropieux et un clou ancrés dans le substratum calcaire.

### Clous :

Les clous seront forés avec un outil de forage de 0.18 m de diamètre minimum. La barre mise en place à l'intérieur disposera des mêmes caractéristiques qu'une barre de type GEWI 63.5 mm. Les forages et les clous seront inclinés à 50° par rapport à la verticale.

Module d'élasticité longitudinal :  $E_s = 210000$  MPa

Limite d'élasticité :  $f_e = 670$  MPa

Section d'acier : 3167 mm<sup>2</sup>

### Micropieux :

Les micropieux seront forés avec un outil de forage de 0.18 m de diamètre minimum. La barre mise en place à l'intérieur disposera des mêmes caractéristiques qu'une barre de type GEWI 63.5 mm. Les forages et les micropieux seront inclinés à 10° par rapport à la verticale.

Module d'élasticité longitudinal :  $E_s = 210000$  MPa

Limite d'élasticité :  $f_e = 670$  MPa

Section d'acier : 3167 mm<sup>2</sup>

**Coulis :**

Le coulis de scellement des clous sera dosé à 1200 kg de ciment par mètre cube soit C/E=2.

Aucun adjuvant n'est envisagé.

**Sols :**

Les caractéristiques des sols prises en compte correspondent au modèle A. En effet, les sondages réalisés au niveau des zones d'encorbellement ne révèlent pas la présence du modèle B. Les critères de frottement  $q_s$  ont été déterminés d'après les abaques des recommandations CLOUTERRE 1991. Les caractéristiques sont les suivantes :

<i>Caractéristiques géotechniques retenues</i>					
<i>Formation</i>	<i>Nature F62 titre V</i>	<i>Longueur prise en compte dans les faciès pour les clous et les micropieux</i>	<i>Pression limite <math>p_l</math></i>	<i>Module pressiométrique <math>E_m</math></i>	<i><math>q_s</math> retenu</i>
		<i>m</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>kPa</i>
Mur maçonné existant pour les clous ou longueur négligé car trop proche du parement pour les micropieux	-	0.50	0.58	5.0	-
Calcaire altéré et fracturé	Marno-calcaire A	4.50	2.40	27.6	175
Calcaire raide	Roche B	$\geq 5.00$	$\geq 4.75$	$\geq 180.0$	Limité à 350

De même, il est nécessaire de traduire la descente de charge fournie par le BET en effort normal et en effort tranchant le long des ancrages (*clou et micropieux*), c'est-à-dire en inclinant ces efforts de  $10^\circ$  pour les micropieux et de  $50^\circ$  pour les clous (*voir coupe de principe p.24*).

Il n'est pas nécessaire de transférer les moments au niveau des clous car, la rigidité de l'ensemble donne une longueur de transfert très faible. Le moment est donc entièrement repris dans le corbeau.

Par le calcul, les efforts normaux et les efforts tranchants à prendre en compte dans le dimensionnement des clous et des micropieux sont les suivants :

<b>Cas 1 : Zone longue (encorbellement court)</b>								
<i>Combinaison</i>	<i>Configuration A</i>		<i>Configuration B</i>		<i>Configuration C</i>		<i>Configuration D</i>	
<i>ELU Fond</i>	<i>N (kN)</i>	<i>T (kN)</i>	<i>N (kN)</i>	<i>T (kN)</i>	<i>N (kN)</i>	<i>T (kN)</i>	<i>N (kN)</i>	<i>T (kN)</i>
micropieu	1132	282	961	54	1144	65	934	-44
clou	-1395	-107	-871	117	-1199	281	-727	259

Cas 2 : Zone courte (encorbellement long)								
Combinaison	Configuration A		Configuration B		Configuration C		Configuration D	
ELU Fond	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)
micropieu	880	326	929	196	1194	445	1127	166
clou	-800	-619	-756	-337	-721	-261	-1047	-106

Cas 3 : Zone moyenne (encorbellement moyen)								
Combinaison	Configuration A		Configuration B		Configuration C		Configuration D	
ELU Fond	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)	N (kN)	T (kN)
micropieu	1050	283	963	95	1270	118	1031	-31
clou	-1179	-261	-840	-21	-1395	245	-832	264

N : effort de traction / compression ;

T : effort de cisaillement ;

+ : traction ;

- : compression.

**Nota :** Les résultats donnés ci-dessus pour les micropieux prennent en compte le fait que deux (2) micropieux soient nécessaires. Dans le cas où une variante avec un seul micropieu serait retenue, il conviendra de multiplier ces charges par 2.

**Nota 2 :** Le cas 2 configuration C est donné pour deux (2) clous et deux (2) micropieux afin d'éviter un changement unique de barre (ou un doublage de barre) pour cette configuration. Dans le cas d'une variante, il conviendra de multiplier les charges par 2 et de doubler la barre d'acier (soit de prendre une barre avec une limite élastique plus élevée).

### - Vérification de la capacité portante des clous vis-à-vis de la descente de charge

Il est nécessaire de vérifier que les clous et les micropieux sont capables de reprendre les charges qui leur seront transmises par les corbeaux que ce soit en encorbellement long, moyen ou court. Il est rappelé que cette vérification est calculée à l'ELU, cas à priori le plus pénalisant (ici, l'écart ELU/ELS est relativement faible). Nous utiliserons les données ELU fondamental dans nos calculs.

La vérification de la capacité portante du clou est réalisée vis-à-vis du corbeau le plus chargé pour l'encorbellement long puis l'encorbellement court.

La vérification est menée par le calcul suivant :

$$F = \frac{\pi \times \Phi \times (\sum_i q_{si} \times l_i)}{\gamma M f}$$

$$\text{Et } F > N_{\text{ELU fond}}$$

Avec :

- F : capacité portante du clou/du micropieu ;
- $\Phi$  : diamètre de forage, ici 180 mm pour les clous et 180 mm pour les micropieux ;

- $q_{si}$  : frottement latéral unitaire dans la couche traversée ;
- $l_i$  : longueur de clou dans le faciès considéré ;
- $\gamma_{Mf}$  : facteur partiel pour la résistance d'interaction sol/lit de renforcement (I.5).

**Remarque importante :** Il est considéré à minima pour les clous et les micropieux un ancrage de 0.50 m dans le faciès des calcaires raides d'après le modèle géotechnique. Ce qui implique une longueur minimale de l'élément de 5.50 m.

Cas	Configuration	Type d'ancrage	Diamètre de forage	Longueur de l'élément (clou ou micropieu)	F	NELU fond maxi	Vérification $F > N_{ELU\ fond}$
			mm	m	kN	kN	
Cas 1 zone longue	Config. A	Micropieu	180	2 x 11.5	2 x 1155	2 x 1132	OK
		Clou	180	13.5	1418	1395	OK
	Config. B	Micropieu	180	2 x 10.5	2 x 1023	2 x 961	OK
		Clou	180	9.5	891	871	OK
	Config. C	Micropieu	180	2 x 11.5	2 x 1155	2 x 1144	OK
		Clou	180	12.0	1221	1199	OK
	Config. D	Micropieu	180	2 x 10.0	2 x 957	2 x 934	OK
		Clou	180	8.5	759	727	OK
Cas 2 zone courte	Config. A	Micropieu	180	2 x 9.5	2 x 891	2 x 880	OK
		Clou	180	9.0	825	800	OK
	Config. B	Micropieu	180	2 x 10.0	2 x 957	2 x 929	OK
		Clou	180	8.5	759	756	OK
	Config. C	Micropieu	180	2 x 12.0	2 x 1221	2 x 1194	OK
		Clou	180	2 x 8.5	2 x 759	2 x 721	OK
	Config. D	Micropieu	180	2 x 11.5	2 x 1155	2 x 1127	OK
		Clou	180	11.0	1089	1047	OK
Cas 3 zone moyenne	Config. A	Micropieu	180	2 x 11.0	2 x 1089	2 x 1050	OK
		Clou	180	12.0	1221	1179	OK
	Config. B	Micropieu	180	2 x 10.5	2 x 1023	2 x 963	OK
		Clou	180	9.5	891	840	OK
	Config. C	Micropieu	180	2 x 12.5	2 x 1286	2 x 1370	OK
		Clou	180	13.5	1418	1395	OK
	Config. D	Micropieu	180	2 x 11.0	2 x 1089	2 x 1031	OK
		Clou	180	9.5	891	832	OK

**Remarque importante :** Attention, il est impératif de réaliser 1 clou et 2 micropieux pour chaque corbeau conformément aux éléments de calcul fournis ci-dessus.

**Remarque importante 2 :** Dans le cas 2 configuration C, il est impératif de prévoir un doublement du clou. En effet, les barres retenues précédemment ne permettent pas de vérifier la contrainte pour cette configuration.

#### - Liaison clous / corbeau

La liaison clous/corbeau pourra être de type scellement direct.

Une variante par platine intégrée au corbeau pourra être envisagée.

Le cisaillement devra être étudié dans la mission d'exécution du BET Structure.

#### - Vérification de la stabilité (long terme)

**Méthode :** Le calcul de stabilité est réalisé à l'aide du logiciel TALREN 4 en utilisant la méthode des tranches de Bishop et en supposant que les surfaces de rupture sont circulaires. Conformément aux prescriptions de la section 11 de l'EUROCODE 7 partie 1, le calcul de stabilité rotationnelle sera menée conformément à l'approche 3 qui consiste à appliquer les 3 ensembles de facteurs partiels suivants :

- L'ensemble A1 sur les actions ou leurs effets ;
- L'ensemble M2 sur les paramètres de sol ;
- L'ensemble R3 sur les résistances.

Les valeurs des différents coefficients constituant chacun des ensembles sont définies dans le tableau ci-après :

	<i>Approche 3 (Ensemble A1+M2+R3)</i>
<i>Facteurs partiels pour les actions ou leur effet (ensemble A1)</i>	
Action permanente défavorable	1.00
Action permanente favorable	1.00
Action variable défavorable	1.30
<i>Facteurs partiels pour les paramètres de sol (ensemble M2)</i>	
Masse volumique du sol	1.00
Angle de frottement interne du sol	1.25
Cohésion effective	1.25
Cohésion non drainée	1.40
<i>Facteurs partiels pour les résistances (ensemble R3)</i>	
Frottement latéral issu d'essais d'arrachement	1.40
Frottement latéral issu d'abaque	1.25
Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	1.20

Compte tenu de l'application de ces facteurs partiels de sécurité sur les paramètres, le coefficient de sécurité recherché doit être supérieur à 1.0 pour que la stabilité soit assurée.

Les calculs de stabilité sont uniquement menés à long terme.

Les calculs sont réalisés pour la longueur de clous la plus courte calculée pour le modèle. L'allongement du clou n'entraîne pas de diminution de la stabilité.

Afin de prendre en compte la stabilité actuelle du site, nous prendrons en compte la présence du mur existant.



**Résultats des calculs de stabilité :** Les profils TALREN figurent en annexe de ce rapport.

<i>Modèle pris en compte</i>	<i>Coefficient de stabilité long terme à l'EC7</i>
<b>Modèle A</b>	1.29

**Conclusion :** Avec les coefficients de sécurité partiels de l'Eurocode 7, le modèle A est considéré comme stable. Les solutions envisagées n'apportent pas un déficit de stabilité vis-à-vis de l'état initial et des paramètres de l'Eurocode 7. Le gain de stabilité de vis-à-vis de l'état initial est de 20%.

### - Sujétions d'exécution

Les clous auront une inclinaison de 50° et une longueur fonction du modèle retenu (*ajustable sur site au moment du forage*). Les clous seront disposés sous chaque corbeau.

Les micropieux auront une inclinaison de 10° et une longueur fonction du modèle retenu (*ajustable sur site au moment du forage*). Deux micropieux seront disposés sous chaque corbeau.

Afin de diminuer les charges à reprendre par les ancrages (*clous et micropieux*), il pourra être envisagé de diminuer l'espacement entre corbeau.

Les clous et les micropieux seront réalisés selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes.

La technique de forage et de mise en œuvre devront prendre en compte :

- la compacité du sol,
- l'agressivité des terrains,
- la présence de blocs,
- la boullance des terrains,
- la perméabilité des terrains,
- les avoisinants,
- le risque karstique : tubage, chaussette, clou et micropieux de type IRS, etc.

Nous recommandons la réalisation de clous autoforés au coulis/boue, de manière à assurer la stabilité du forage.

Compte tenu de l'altération et de la fracturation des faciès calcaires, des surconsommations de coulis sont à prévoir.

### - Durabilité des clous

Les clous devront être protégés de la corrosion. Dans le cas contraire, le dimensionnement par l'entreprise devra en tenir compte.

La corrosion des armatures des clous est prise en compte dans les justifications, soit en la prévenant par une protection totale, soit en sacrifiant une épaisseur d'acier, conformément à l'article 6.2.1 de la norme XP P94-240.

Une protection locale doit être ajoutée au voisinage du point mur/clou/corbeaux où la corrosion tend à être plus intense qu'en partie courante des clous (*voir figure 12 de la norme XPP94-240*).

### - Murs existants

Afin de ne pas fragiliser les murs existants, il sera nécessaire de réaliser un carottage du mur maçonné existant avant de poursuivre en forage destructif dans les terrains arrière. Ceci ne sera pas toujours nécessaire et fonction de la démolition de l'encorbellement existant.

### - Mise hors d'eau

Les règles de l'art seront respectées et notamment le drainage permanent à l'arrière des murs avancés.

Lors de notre intervention (*fin octobre, début novembre 2013*), nous n'avons pas observé de niveau d'eau dans les sondages en raison de la méthodologie de foration employée.

**Compte tenu de la situation du site, le chantier pourra être interrompu en cas de remontée importante du niveau de la Dordogne.**

Lors des travaux, il devra également être mis en place un système de drainage dans les murs existants. Si le système est existant, il devra être maintenu et prolongé dans le projet actuel. Ce drainage pourra consister en la réalisation de drains horizontaux avec mise en place de barbacanes tous les 4 m<sup>2</sup> équipées de clapets anti-retour (*ou système équivalent*).

## V.4. CONCLUSION SUR LA STABILITE DU SITE

A l'appui résultat des calculs de stabilité, il est montré que le site est globalement stable dans sa situation actuelle.

Les travaux réalisés (*murs avancés et encorbellement*) avec les solutions préconisées dans le présent rapport montrent un gain de stabilité.

Nous rappelons néanmoins que les calculs de stabilité réalisés sont basés sur des hypothèses pour ce qui est des terrains à l'arrière de nos sondages ainsi que pour les hypothèses sur la géométrie, la nature et la consistance des murs existants.

## VI - TERRASSEMENTS ET DEMOLITION

Le niveau fini du projet (*au niveau des voiries*) est prévu vers la cote +68.00 NGF, ce qui nécessite des terrassements en déblai très faible (*seulement la démolition de l'encorbellement existant*) et en remblai de 6.0 à 7.0 m / TA au niveau des murs avancés.

Il est prévu au projet la démolition de l'encorbellement existant. Compte tenu de la spécificité de cette mission et de la multitude de choix envisageables, l'entreprise seule sera responsable de la technique de démolition employée.

### - Extraction

Dans les sols meubles (*remblais, alluvions de la Dordogne*) les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans les formations compactes (*calcaires, blocs de calcaire...*), les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance.

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

### - Stabilité des talus et des avoisinants

Le mode d'exécution des terrassements dépend étroitement du niveau d'assise des avoisinants : ouvrages mitoyens, voiries, réseaux, etc. (*zone d'influence géotechnique*).

Des **talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête**, d'une hauteur maximale de 1.5 m, pourront être terrassés dans les remblais, les calcaires altérés et fracturés (*pente à 1H pour 1V*) ainsi que les argiles sableuses à blocs (*pente à 3H pour 2V*). Si l'environnement du site ne permet pas ce talutage au large, ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, on prévoira un ouvrage de soutènement (*il sera alors nécessaire de prendre en compte l'interaction avec le clouage*).

### - Réemploi des matériaux du site en remblai

En l'absence d'information, les matériaux extraits du site ne seront pas réutilisés en remblais.

### - Sujétions d'exécution

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme (*gravitaire, tranchées, pompage ...*) ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : clouage, géotextile, traitement au liant hydraulique, ... ;
- protection des talus en phase provisoire (*fossés de tête et de pied, polyane ...*) ; dans certains cas, tranchées drainantes, masques drainants, éperons drainants, drains subhorizontaux à prévoir ;
- protection de talus en phase définitive (*engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux, ...*).

**- Remarques**

Dans tous les cas, les présentes conclusions et disposition ne prennent pas en compte la stabilité générale de la partie supérieure du site (*supposée stable*). Elles ne prennent pas non plus en compte l'érosion en pied due à la Dordogne.

**- Mise hors d'eau en phase provisoire**

Lors de notre intervention, nous n'avons pas observé de niveaux d'eau dans les sondages. Cependant, les ouvrages sont situés en bord de Dordogne et donc soumis à l'influence de la rivière.

Afin de travailler au sec, il pourra être nécessaire de réaliser un batardeau en Dordogne en pied des existants. L'ancrage de ce batardeau pourra être rendu difficile compte tenu de la présence immédiate des calcaires en lit de rivière. Un pompage sera mis en œuvre à l'intérieur du batardeau et sera raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

## VII - SUIVI D'EXECUTION / CONTRÔLES

### VII.1. SUIVI D'EXECUTION

Un constat d'huissier devra être réalisé avant le démarrage des travaux.

Le suivi d'exécution des ouvrages s'attachera notamment à vérifier :

- la hauteur de terrassement,
- les largeurs terrassées. Ces largeurs pourront être adaptées sur site lors de ce suivi d'exécution en fonction du comportement des matériaux,
- l'absence de désordre sur les ouvrages avoisinants, avec la réalisation d'un suivi topographique de cibles et d'un suivi inclinométrique sur les ouvrages avoisinants.

### VII.2. CONTRÔLES

S'il n'est pas envisagé d'essai sur clou et micropieu, un coefficient minorateur de 1,5 sera pris en compte dans les calculs de frottement.

L'entreprise en charge des travaux devra réaliser les essais suivants dans le cadre de son contrôle interne :

- Essais de contrôle de coulis : 1 par semaine
- Essais de contrôle de béton projeté : 1 par semaine.
- Des essais d'arrachement sur clous : 1 essai sera réalisé avant réalisation des corbeaux et de la poutre dalle afin de vérifier les hypothèses géotechniques.

De plus, les approvisionnements feront l'objet d'un suivi pour justifier des qualités des matériaux employés.

#### - Méthode observationnelle

Bien que les méthodes de dimensionnement utilisées dans ce rapport soient valables et utilisées par les entreprises pour dimensionner leur ouvrage, il est indispensable de prévoir un contrôle drastique aussi bien de l'effet du l'amélioration du projet que de l'ouvrage existant. En particulier, la méthode observationnelle sera mise en œuvre.

#### Contrôle avant réalisation du chantier :

Nous avons réalisé ce rapport en considérant la stabilité actuelle du site acquise. Cependant, compte tenu de la sensibilité du site avec la présence d'une voirie fortement circulée, d'habitations et de commerce, il est impératif de réaliser un référé préventif avant le démarrage des travaux.

Pour cela, nous proposons de réaliser un suivi et une instrumentation du mur existant de mesurer son l'évolution future. Les moyens mis en œuvre pourront être les suivants :

- Mise en place et suivi d'inclinomètres,

- Relevé périodique par un géomètre de cible (*en X, Y et Z*) disposés sur le mur afin de vérifier l'absence de mouvement de celui-ci.

#### Contrôle en cours de chantier :

La phase chantier pourra être contrôlée par la réalisation d'une mission géotechnique G4 de supervision géotechnique d'exécution. Cette mission permettra d'une part de vérifier les notes de calcul et plans fournis par l'entreprise, et d'effectuer le contrôle et le suivi sur site de l'exécution des travaux. On notera que ces deux phases sont indissociables et liées.

Les contrôles mis en place avant le démarrage du chantier seront poursuivis.

L'entreprise contrôlera de manière régulière les caractéristiques rhéologiques du béton cyclopéen utilisé.

#### Critères et objectifs de la méthode opérationnelle :

L'objectif de la méthode observationnelle est d'effectuer un suivi de l'ouvrage existant permettant de réagir rapidement à toute évolution nouvelle avant, pendant la réalisation des travaux. En cas de mouvements sur les cibles géomètres (*au moins 3 cm en X, Y, Z*), ou d'apparition d'un cisaillement au niveau des inclinomètres à poser, le chantier sera immédiatement arrêté, de même que la circulation sur la voirie. Des mesures de confortement du mur existant seront alors nécessaires (*clouage, reprise par paroi berlinoise, murs de soutènement, etc.*)

### VIII - ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS

Le présent rapport conclut l'étude géotechnique de conception G2 AVP + PRO. Cette mission confiée à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations, et défini puis dimensionne les solutions envisageables pour le projet.

Les principales incertitudes qui subsistent sont les suivantes :

- La nature des sols à l'avant des murs de soutènement en pierre existants ;
- les variations de niveau d'eau et/ou présence d'une nappe à l'arrière des murs de soutènement en pierre existants ;
- les variations de profondeur du substratum calcaire (*approfondissement et/ou remontée*) qui pourront conduire à des adaptations ;
- les variations latérales de faciès et notamment à l'arrière des murs de soutènement en pierre existants (*présence de remblai, nature des matériaux, caractéristiques mécaniques, etc.*) ;
- la géométrie et l'ancrage des existants mitoyens du projet (*murs de soutènement, voiries, réseaux enterrés, bâtiments proches, etc.*);
- le choix du système de drainage à l'arrière des murs avancés en béton cyclopéen ;
- la stabilité générale de la partie haute du site ;
- l'érosion en pied de l'existant et du projet par la Dordogne.

Compte tenu de la présence de mitoyens (*murs en pierre existant, bâtiments, voiries et réseaux sous voiries ...*) il conviendra de mettre en œuvre la méthode observationnelle. En cas de mouvement observé, le chantier sera arrêté et des mesures prises afin de stopper ces mouvements :

- pose d'inclinomètres et mise en place de cibles sur les bâtiments mitoyens et sur le mur existant tous les 5 m ;
- relevés journaliers pendant la phase travaux;
- vérification du comportement par rapport au modèle et recalage de celui-ci si nécessaire ;
- définition des seuils d'alerte ;
- si dépassement des seuils, mise en place de mesures correctives : mise en place de profilé de renforcement, mise en place de butée de pied, ....

Des arrivées d'eau importantes peuvent survenir en cas de pluies ou d'orage mais aussi en cas de remontée du niveau de la Dordogne.

Des variations de perméabilité des terrains sont à prévoir dans les zones non reconnues.

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

## CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, caverne de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 d'étude géotechnique de projet minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

9. 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. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.



## EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2006

### Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

**TABLEAU 1 – SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

\* NOTE : à définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

## TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p><b>ETAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)</b> Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)</b> Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisnants.</li> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.</li> </ul> <p><b>ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</b> Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisnants). Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</li> </ul>
<p><b>ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</b> Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p><b>Phase Projet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisnants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.</li> <li>- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.</li> </ul> <p><b>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.</li> </ul>
<p><b>ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</b> Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p><b>Phase Etude</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.</li> </ul> <p><b>Phase Suivi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.</li> <li>- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b> Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>Phase Supervision de l'étude d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.</li> </ul> <p><b>Phase Supervision du suivi d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisnants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.</li> </ul>
<p><b>DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)</b> 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.</li> </ul> <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>

# ANNEXES

- Annexe 1 : PLAN DE SITUATION
- Annexe 2 : PLAN D'IMPLANTATION
- Annexe 3 : PROFIL n°1 – Coupe en travers
- Annexe 4 : PROFIL n°2 – Coupe en travers
- Annexe 5 : PROFIL n°3 – Coupe en travers
- Annexe 6 : PROFIL n°4 – Vue de face
- Annexe 7 : COUPE de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement long
- Annexe 8 : COUPE de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement court
- Annexe 9 : COUPE de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement moyen
- Annexe 10 : SONDAGES ET ESSAIS
- Annexe 11 : CALCULS DE STABILITE
  - \* 11.1 Etat initial – modèle A

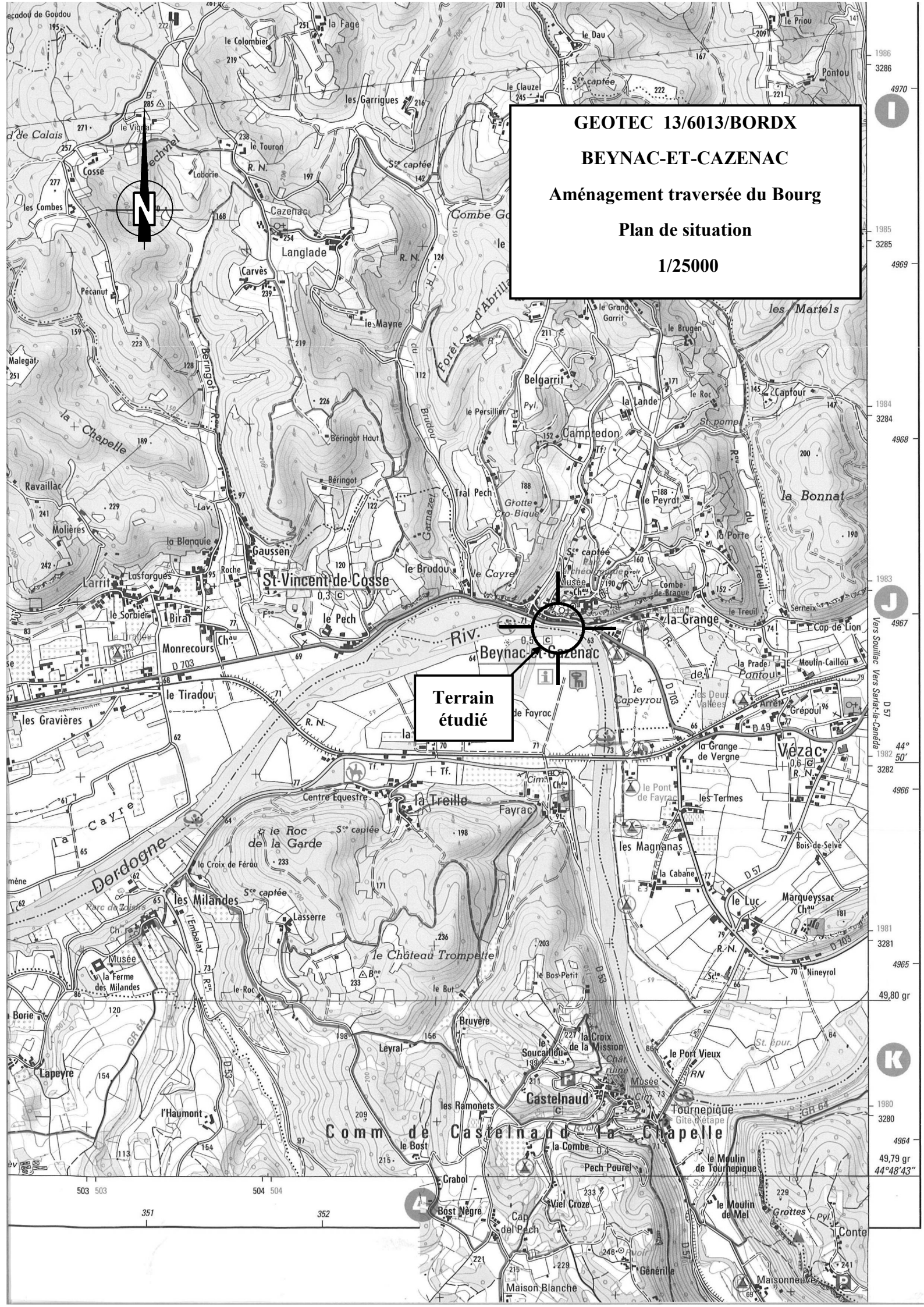
- \* 11.2 Etat initial – modèle B
- \* 11.3 Mur avancé – modèle A
- \* 11.4 Mur avancé – modèle B
- \* 11.5 Encorbellement – modèle A

# **ANNEXE 1**

## **Plan de situation**

**GEOTEC 13/6013/BORDX**  
**BEYNAC-ET-CAZENAC**  
**Aménagement traversée du Bourg**  
**Plan de situation**  
**1/25000**

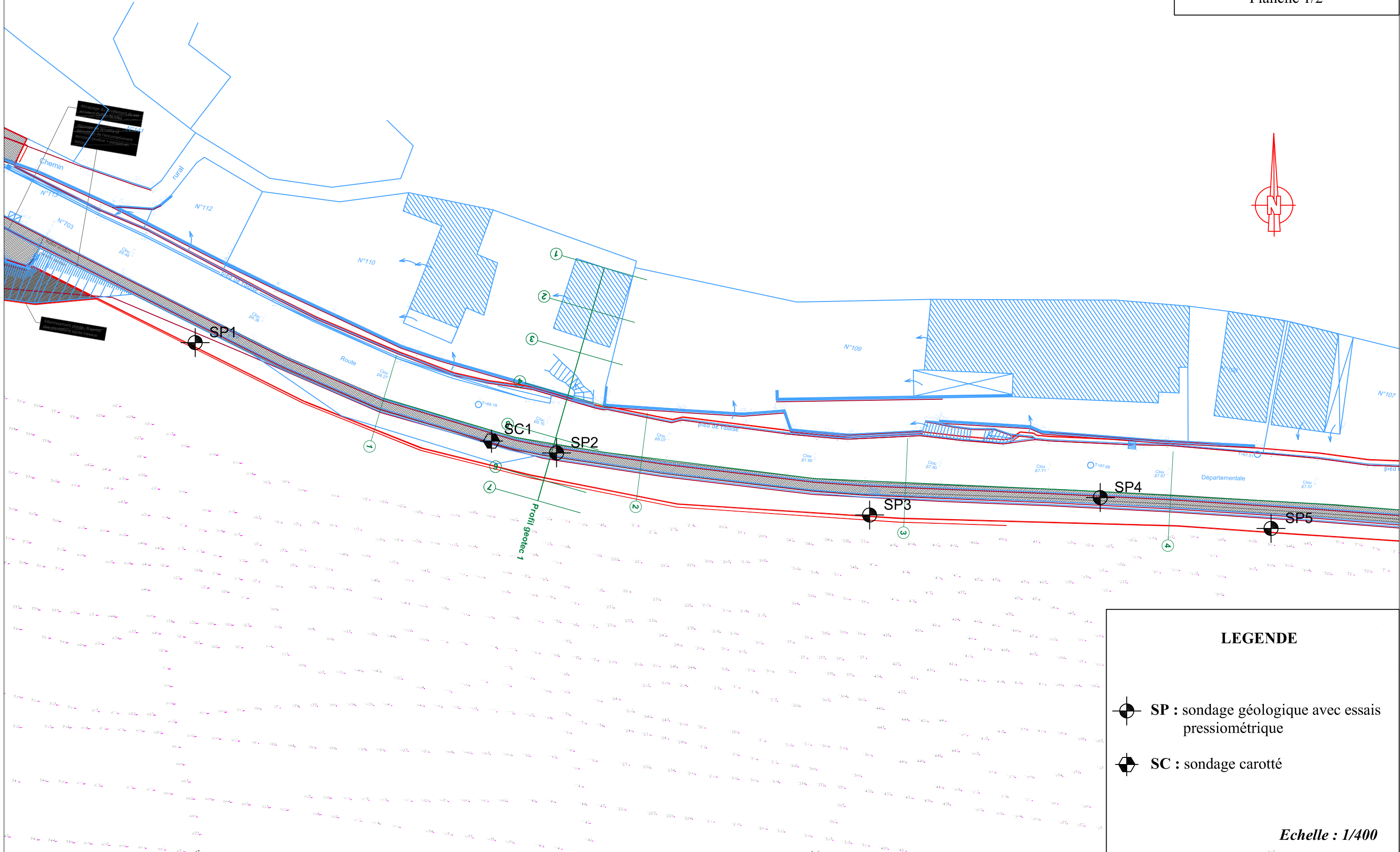
**Terrain étudié**





1986  
3286  
4970  
1985  
3285  
4969  
1984  
3284  
4968  
1983  
4967  
44° 50'  
3282  
4966  
1981  
3281  
4965  
49,80 gr  
1980  
3280  
4964  
49,79 gr  
44°48'43"

# **ANNEXE 2**

## **Plans d'implantation**

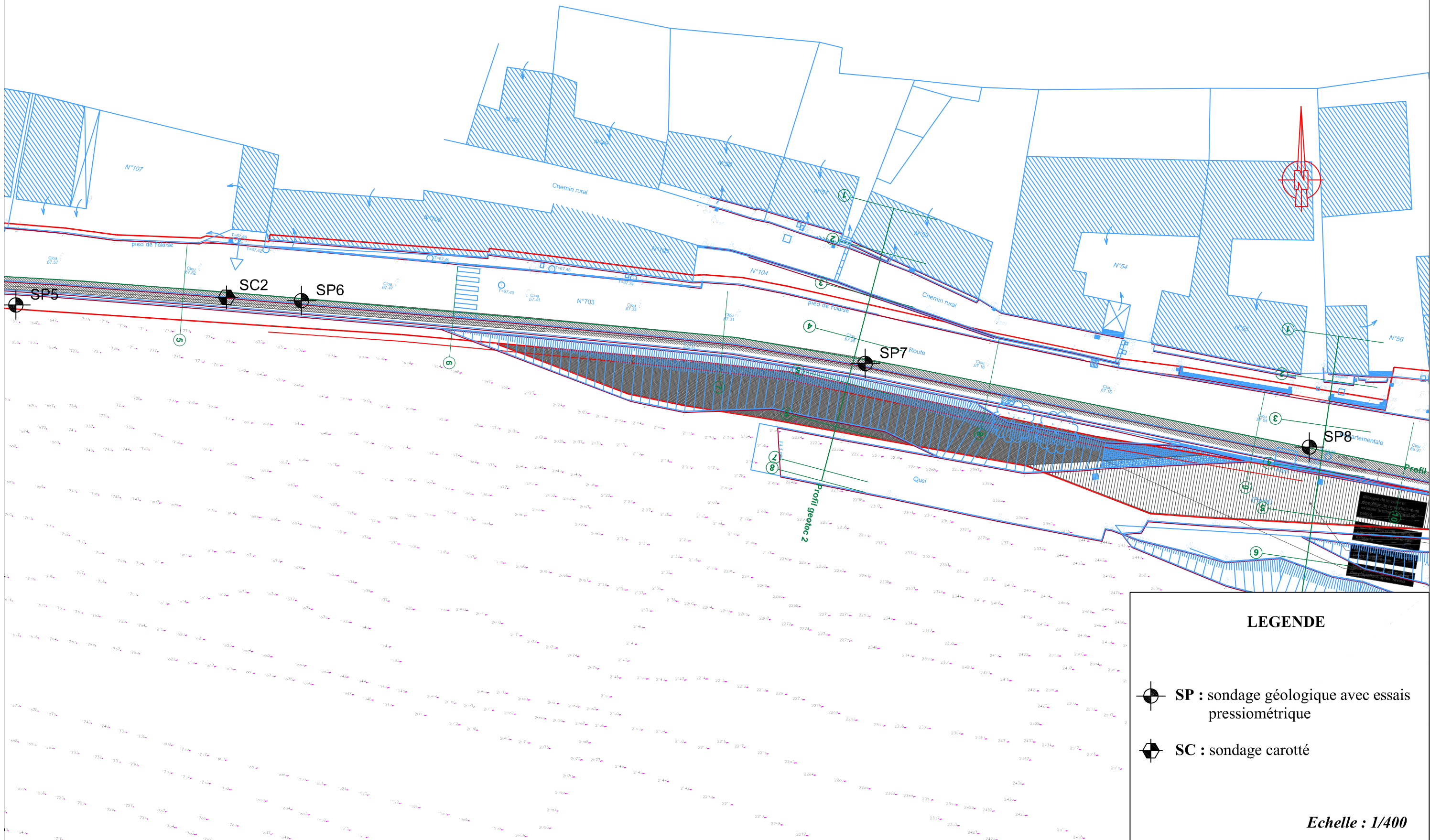


**LEGENDE**



-  **SP** : sondage géologique avec essais pressiométrique
-  **SC** : sondage carotté

*Echelle : 1/400*





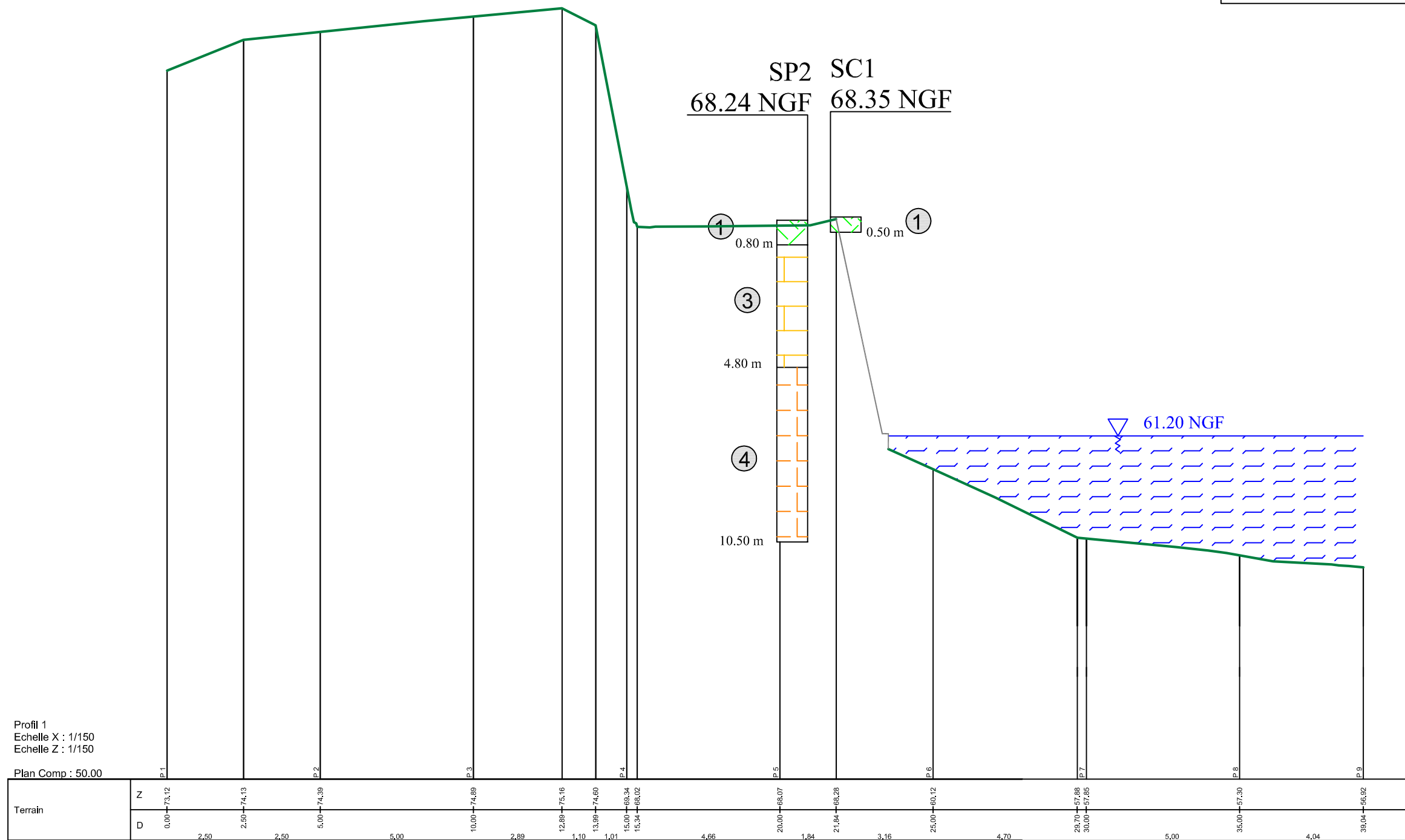
**LEGENDE**

-  **SP** : sondage géologique avec essais pressiométrique
-  **SC** : sondage carotté

*Echelle : 1/400*

# **ANNEXE 3**

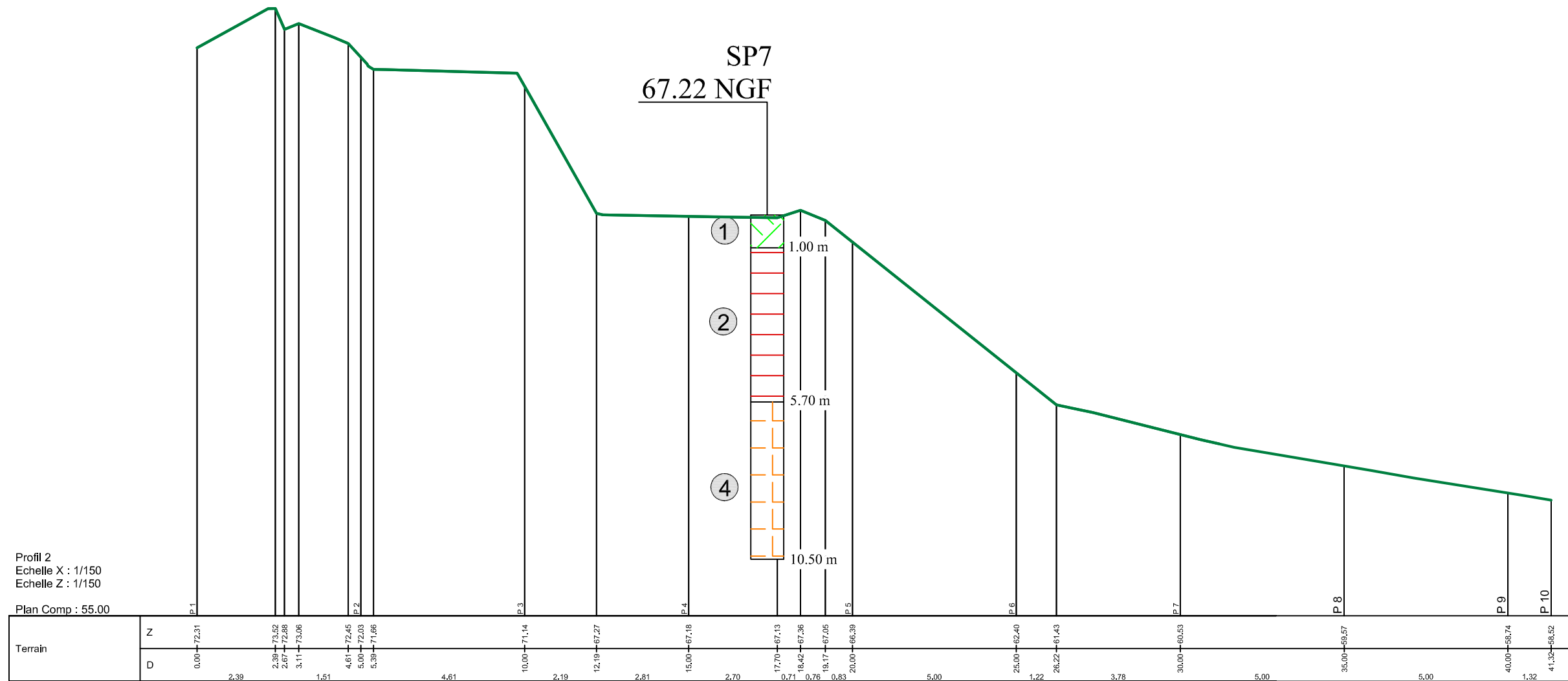
## **Profil n°1 – Coupe en travers**



Caractéristiques des sols	Types de sols	Pression limite P1* (MPa)	En (MPa)	Coefficient rhéologique a
① Remblai	Sable et graviers A	± 0.58	± 5	0.33
② Argile légèrement sableuse	Argile A	± 0.38	± 2.70	0.67
③ Calcaires altérés, blocs	Marno-calcaires A	± 2.40	27.6000	0.33
④ Calcaires fracturés en place	Roches B	≥ 4.75	≥ 180	0.5

# **ANNEXE 4**

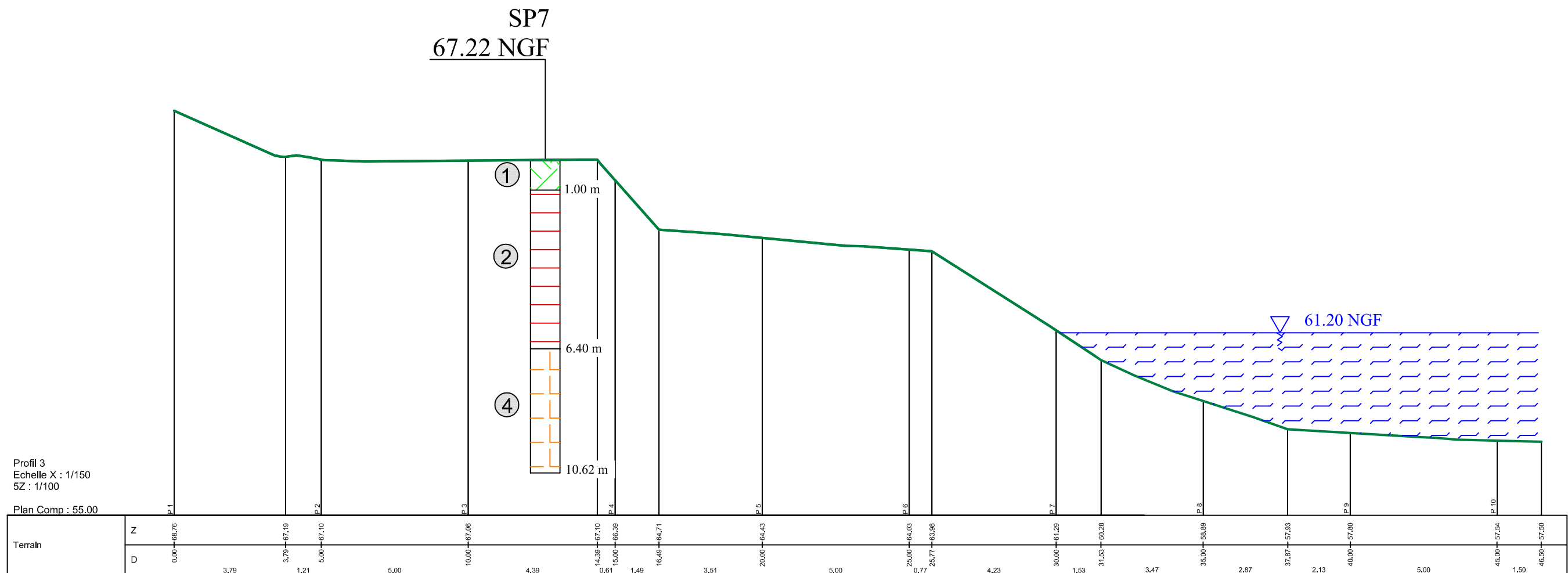
## **Profil n°2 – Coupe en travers**



Caractéristiques des sols	Types de sols	Pression limite Pl* (MPa)	En (MPa)	Coefficient rhéologique a
① Remblai	Sable et graviers A	± 0.58	± 5	0.33
② Argile légèrement sableuse	Argile A	± 0.38	± 2.70	0.67
③ Calcaires altérés, blocs	Marno-calcaires A	± 2.40	27.6000	0.33
④ Calcaires fracturés en place	Roches B	≥ 4.75	≥ 180	0.5

# **ANNEXE 5**

## **Profil n°3 – Coupe en travers**

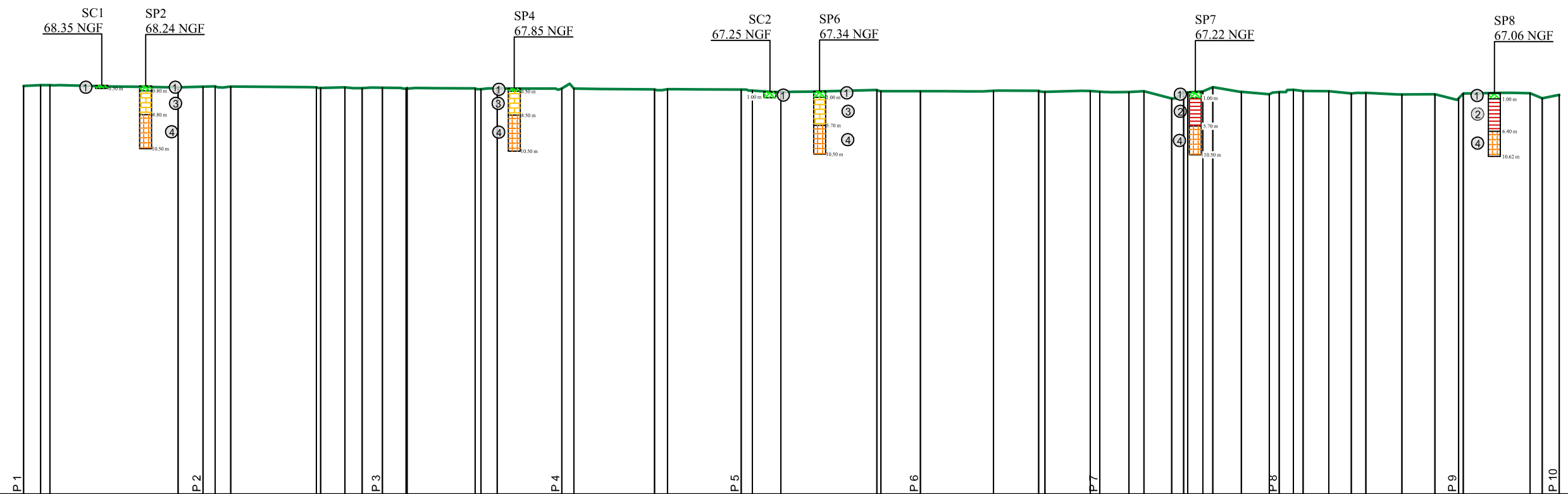


Caractéristiques des sols	Types de sols	Pression limite Pl* (MPa)	En (MPa)	Coefficient rhéologique a
① Remblai	Sable et graviers A	± 0.58	± 5	0.33
② Argile légèrement sableuse	Argile A	± 0.38	± 2.70	0.67
③ Calcaires altérés, blocs	Marno-calcaires A	± 2.40	27.6000	0.33
④ Calcaires fracturés en place	Roches B	≥ 4.75	≥ 180	0.5

# **ANNEXE 6**

## **Profil n°4 – Vue de face**





Profil 4  
Echelle X : 1/800  
Echelle Z : 1/800

Plan Comp : 0.00

Terrain	N		D	
		68.25	68.37	0.00
		68.36	4.40	68.36
	21.43			
	4.17	68.01	25.83	68.11
		68.16	30.00	68.16
		68.13	32.04	68.13
	14.30		34.85	68.13
	4.05	68.01	48.95	68.01
		67.99	48.88	67.99
		67.96	53.73	67.96
	3.96	67.94	56.62	67.94
	11.38	67.81	60.00	67.81
		67.92	63.96	67.92
			64.12	67.92
	10.78	67.83	75.51	67.83
		67.70	76.49	67.70
		67.83	79.22	67.83
	13.49	67.83	90.00	67.83
		67.79	92.03	67.79
	12.32	67.68	105.53	67.68
		67.70	107.68	67.70
	16.06	67.62	120.00	67.62
		67.46	121.89	67.46
		67.24	126.66	67.24
	12.23	67.56	142.71	67.56
		67.39	143.40	67.39
	7.60	67.35	146.60	67.35
		67.42	150.00	67.35
	7.53	67.42	162.23	67.42
		67.44	169.76	67.44
		67.27	170.81	67.27
	4.87	67.41	178.41	67.41
		67.30	180.00	67.30
	4.66	67.22	184.87	67.22
		67.36	187.37	67.36
		66.15	192.03	66.15
		67.32	194.02	67.32
		67.14	194.89	67.14
		67.32	197.25	67.32
		66.02	196.88	66.02
		67.24	203.67	67.24
		66.86	208.35	66.86
		67.21	210.00	67.21
		67.61	212.38	67.61
		67.40	214.00	67.40
		67.36	218.31	67.36
		66.99	222.06	66.99
		67.07	224.50	67.07
		66.83	230.53	66.83
		66.87	236.06	66.87
		66.16	240.00	66.16
		66.99	240.78	66.99
	11.17	67.01	251.95	67.01
		66.16	253.99	66.16
		66.75	256.83	66.75

Caractéristiques des sols	Types de sols	Pression limite Pl* (MPa)	En (MPa)	Coefficient rhéologique a
① Remblai	Sable et graviers A	≈ 0.58	≈ 5	0.33
② Argile légèrement sableuse	Argile A	≈ 0.38	≈ 2.70	0.67
③ Calcaires altérés, blocs	Marno-calcaires A	≈ 2.40	27.6000	0.33
④ Calcaires fracturés en place	Roches B	≥ 4.75	≥ 180	0.5

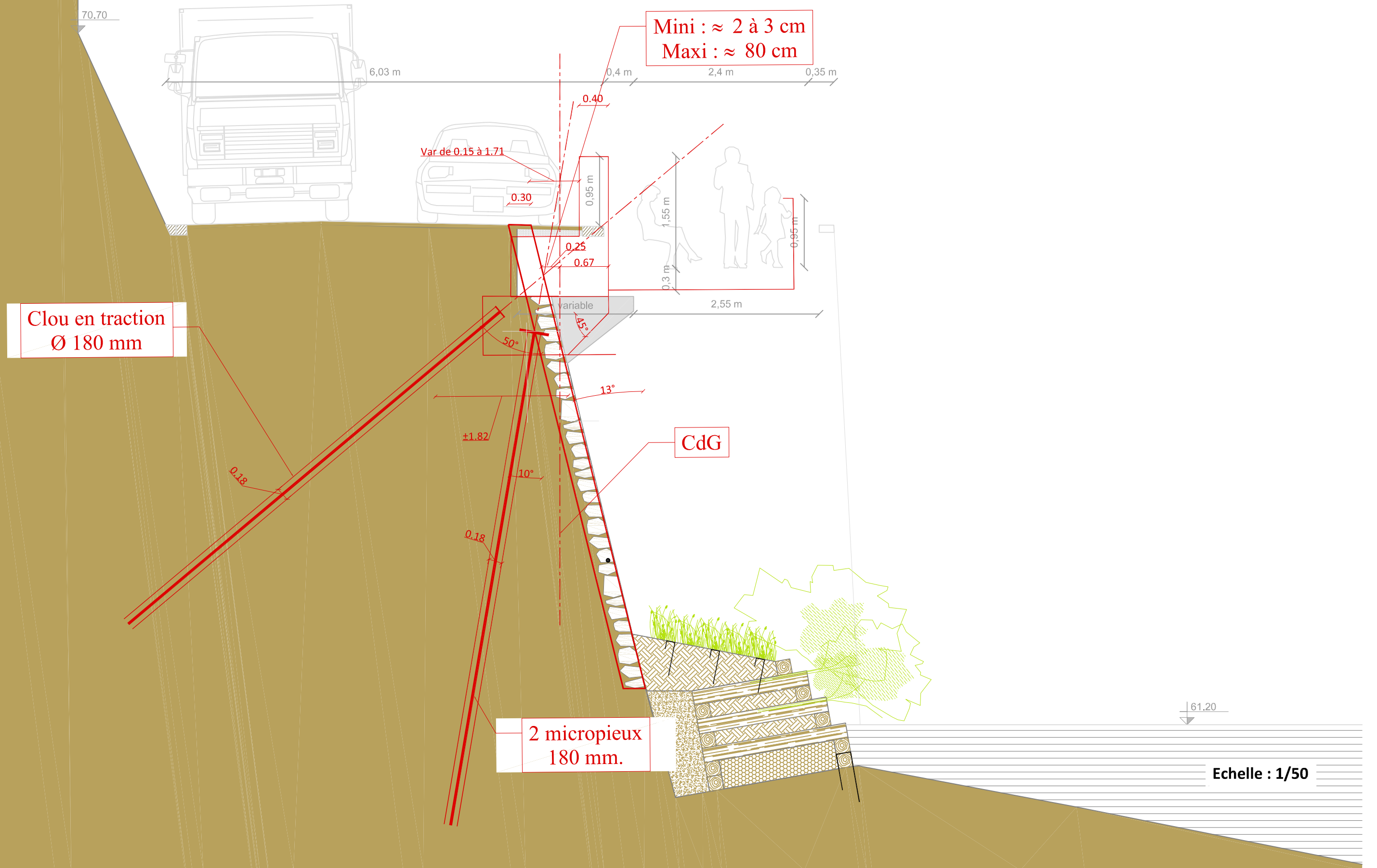
# **ANNEXE 7**

## **Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement long**



# Cas 1' : encorbellement long

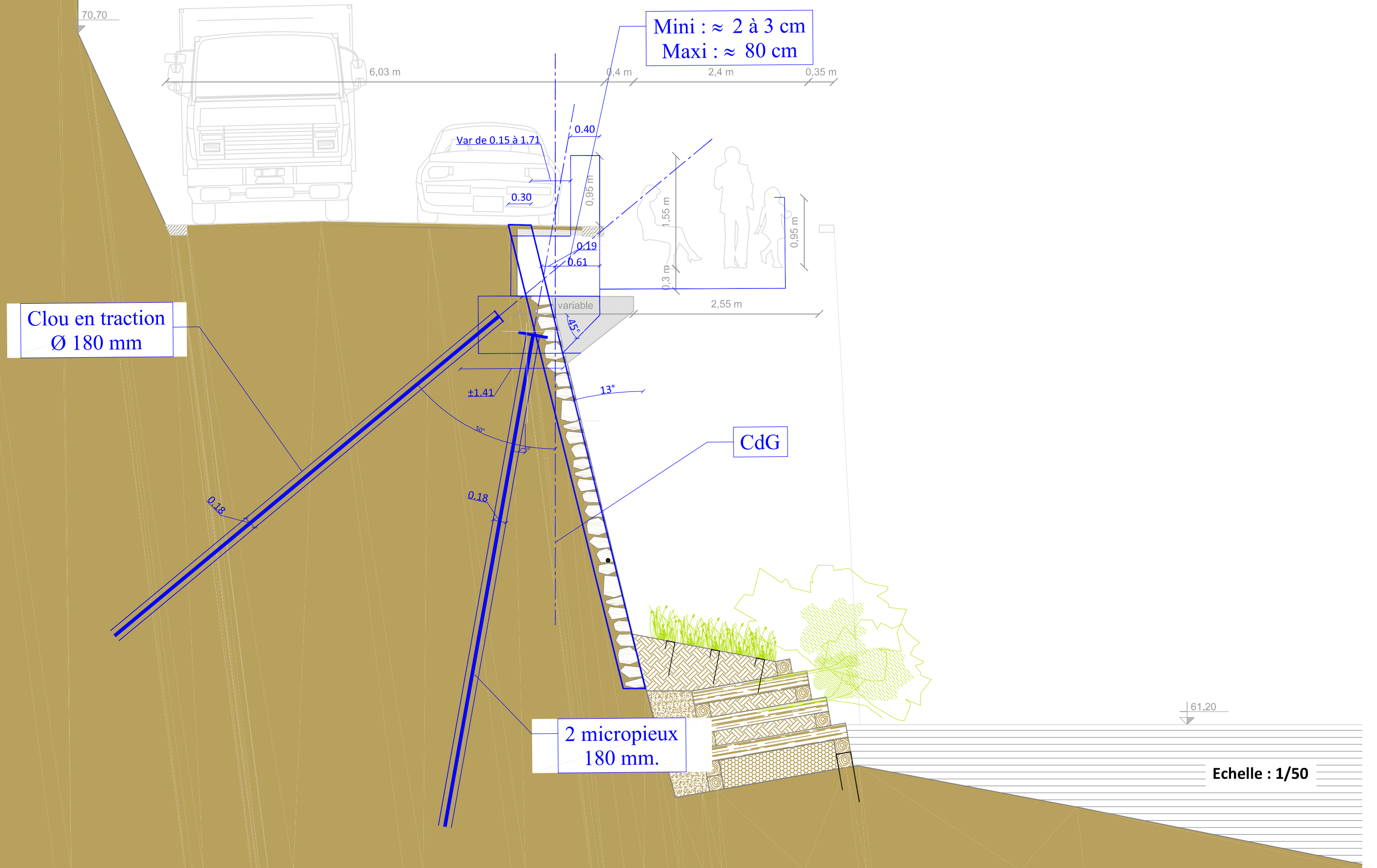
Poutre dalle de 1.34 m



# **ANNEXE 8**

## **Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement moyen**

# Cas 2 : encorbellement moyen Poutre dalle de 1.22 m





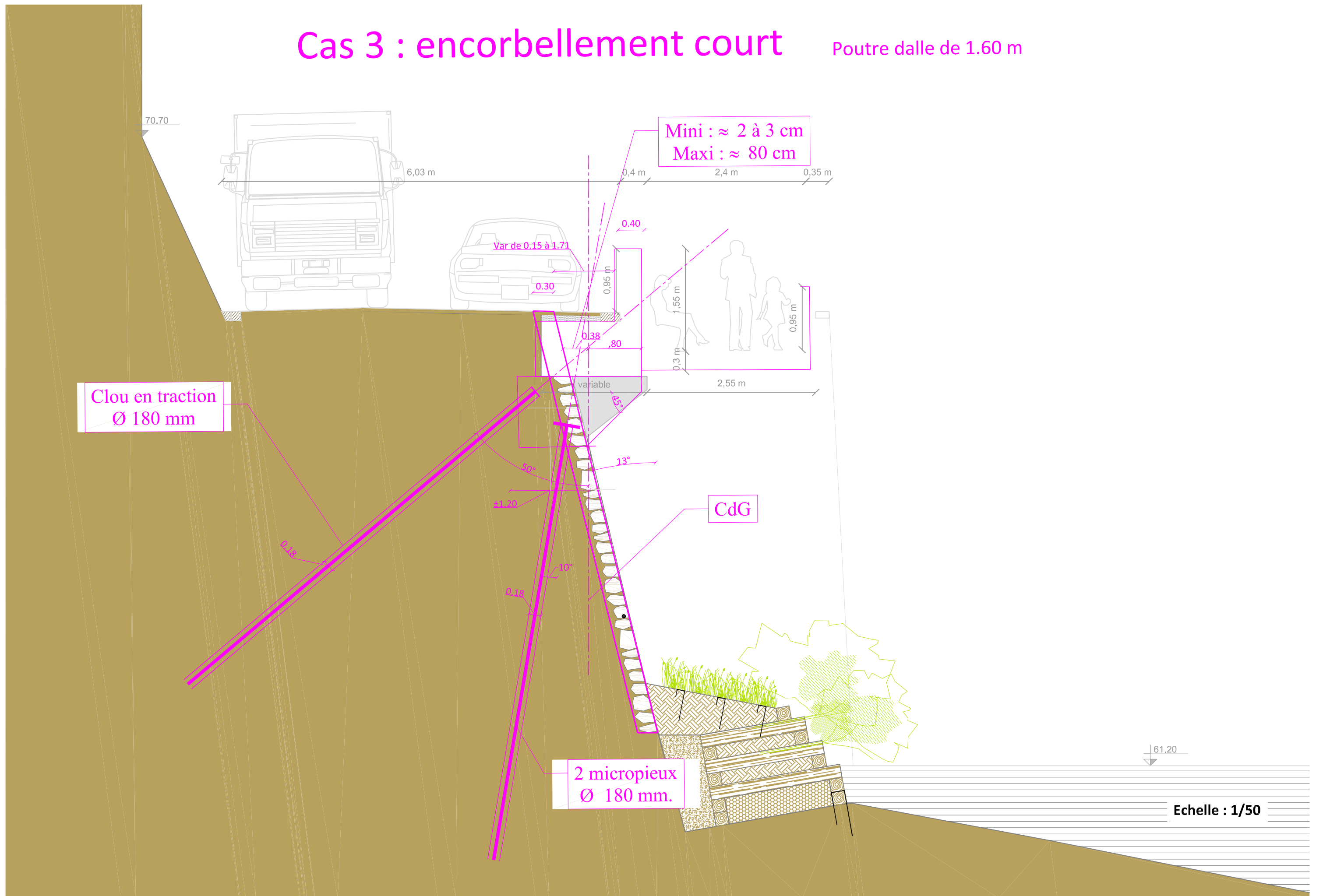
# **ANNEXE 9**

## **Coupe de la géométrie retenue du projet pour l'encorbellement court**



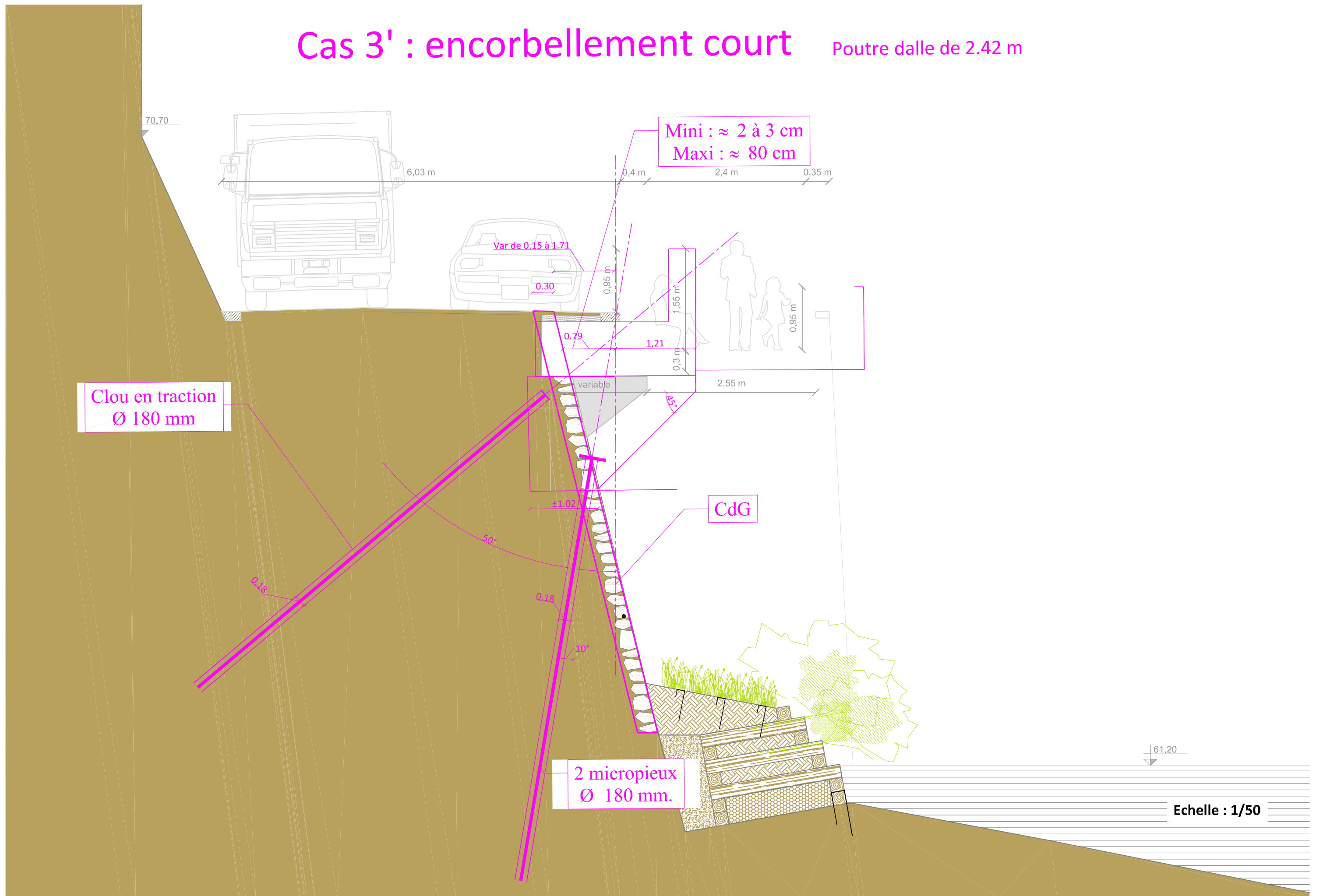
# Cas 3 : encorbellement court

Poutre dalle de 1.60 m



# Cas 3' : encorbellement court

Poutre dalle de 2.42 m



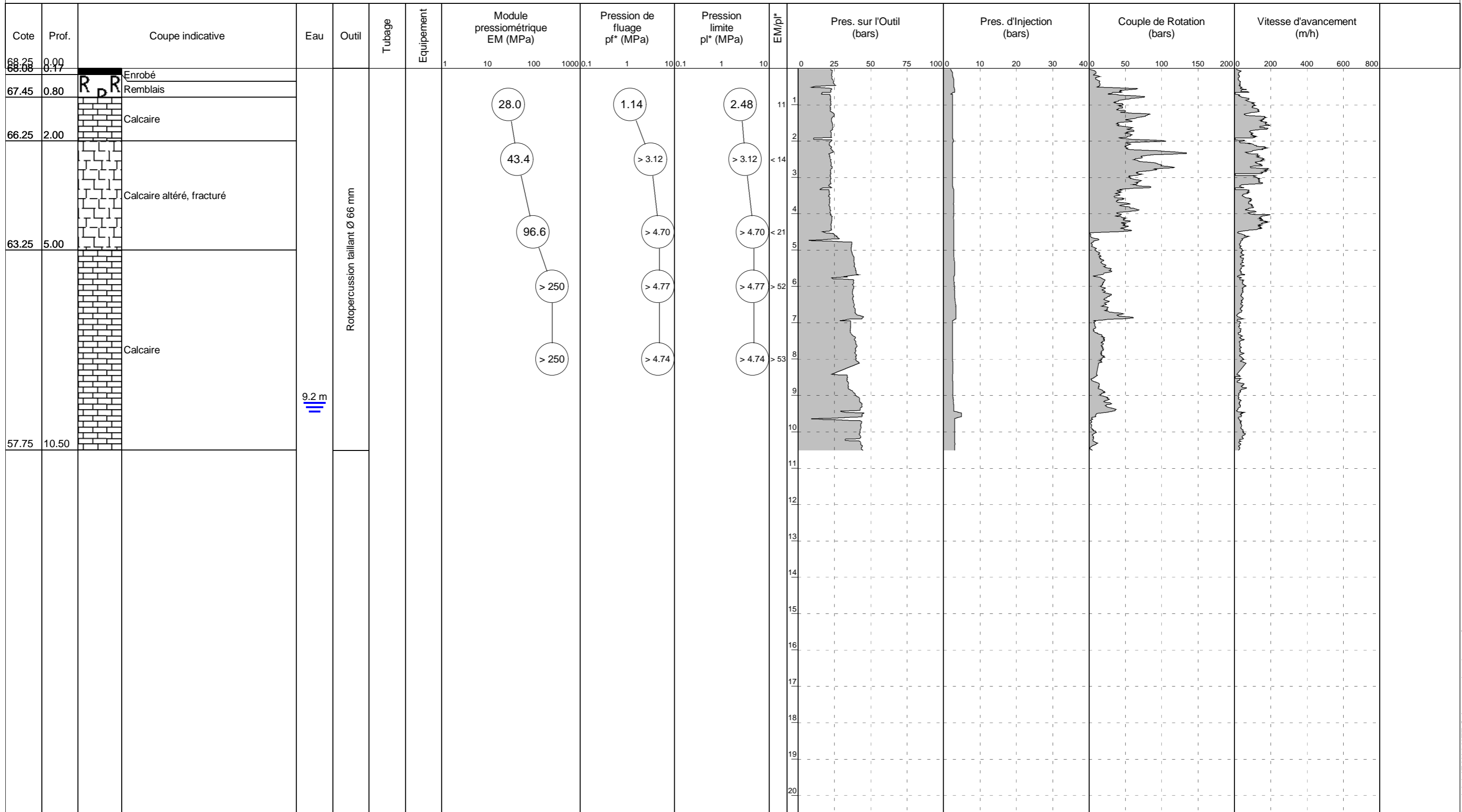
# **ANNEXE 10**

## **Sondages et essais**

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				Ei/pt*			
						0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	100	0.1	1	10	100				
0.00	0.00					0																
		Berge + eau				1																
						2																
						3																
-3.70	3.70					4																
		Calcaire		Rotopercussion taillant Ø 64 mm		5	> 250				>	4.90			>	4.90				> 51		
			6		> 250			>	4.89			>	4.89			>	4.89				> 51	
			7																			
			8		> 250			4.91				>	4.91			>	4.91				> 51	
			9																			
			10		> 250			>	4.88			>	4.88			>	4.88				> 51	
			11																			
			12																			
						13																
						14																
						15																
						16																
						17																
						18																
						19																
						20																

**Observations :**

Arrêt volontaire du sondage à 13.0m de profondeur/TA,  
Niveau du terrain naturel à 3.7m de profondeur par rapport au niveau de la berge.



**Observations :**  
Arrêt volontaire du sondage à 10.5 m de profondeur/TA

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				Ei/pt*			
						0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	100	0.1	1	10	100				
0.00	0.00					0																
		Berge + eau				1																
						2																
-2.60	2.60					3																
		Calcaire		Rotopercussion taillant Ø 64 mm		4																
			5																			
			6																			
			7																			
			8																			
			9																			
			10																			
			11																			
			12																			
			13																			
						14																
						15																
						16																
						17																
						18																
						19																
						20																
						21																

Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

**Observations :**  
 Arrêt volontaire du sondage à 13.0m de profondeur/TA,  
 Niveau du terrain naturel à 2.6m de profondeur par rapport au niveau de la berge.

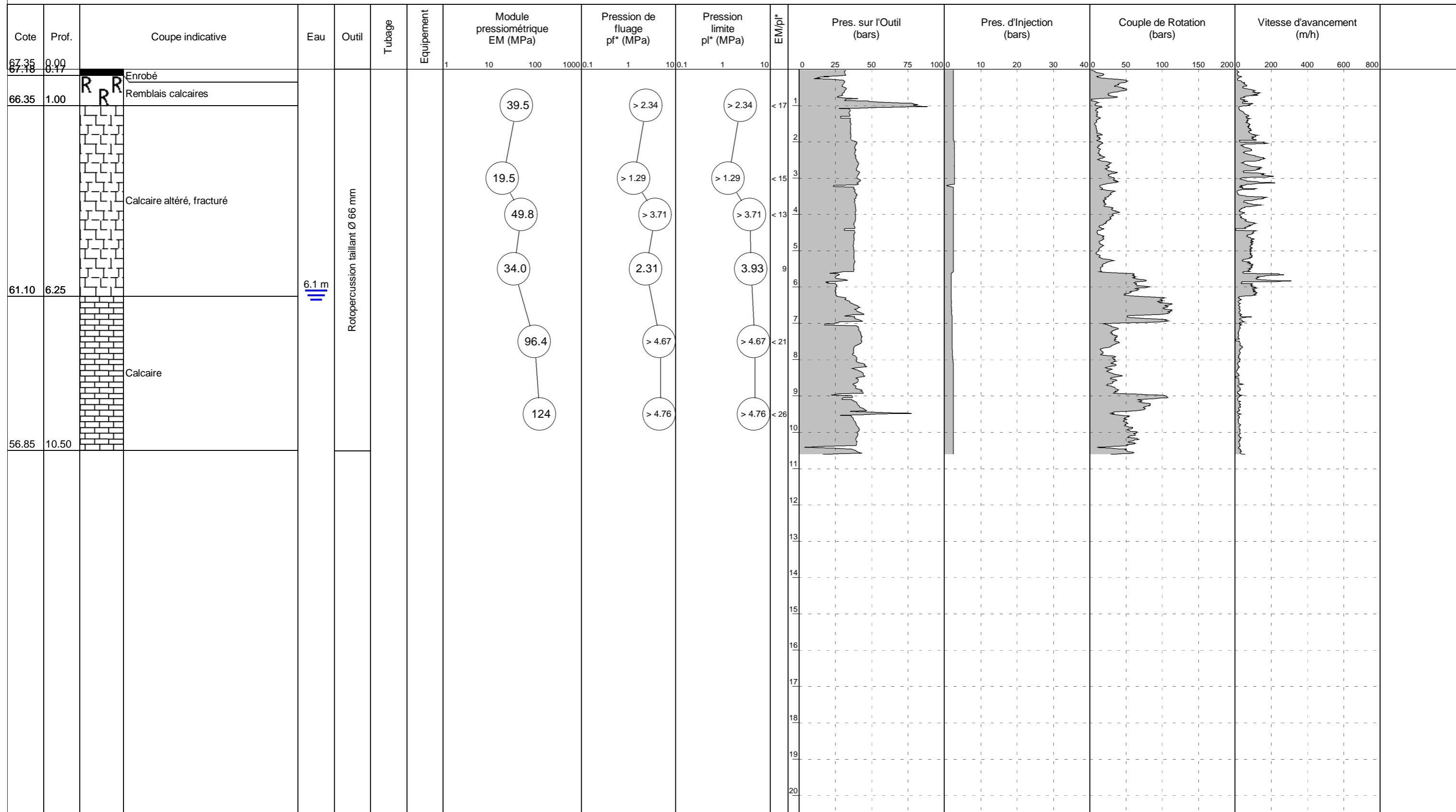


Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*		
						0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	100	0.1	1	10	100			
0.00	0.00																				
		Berge + eau				0															
						1															
-2.20	2.20					2															
		Calcaire				3	> 250				> 4.91				> 4.91					> 51	
			4	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			5	> 250			> 4.90			> 4.90			> 4.90			> 4.90				> 51	
			6	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			7	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			8	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			9	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			10	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			11	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
			12	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51	
		13	> 250			> 4.89			> 4.89			> 4.89			> 4.89				> 51		
						14															
						15															
						16															
						17															
						18															
						19															
						20															

**Observations :**

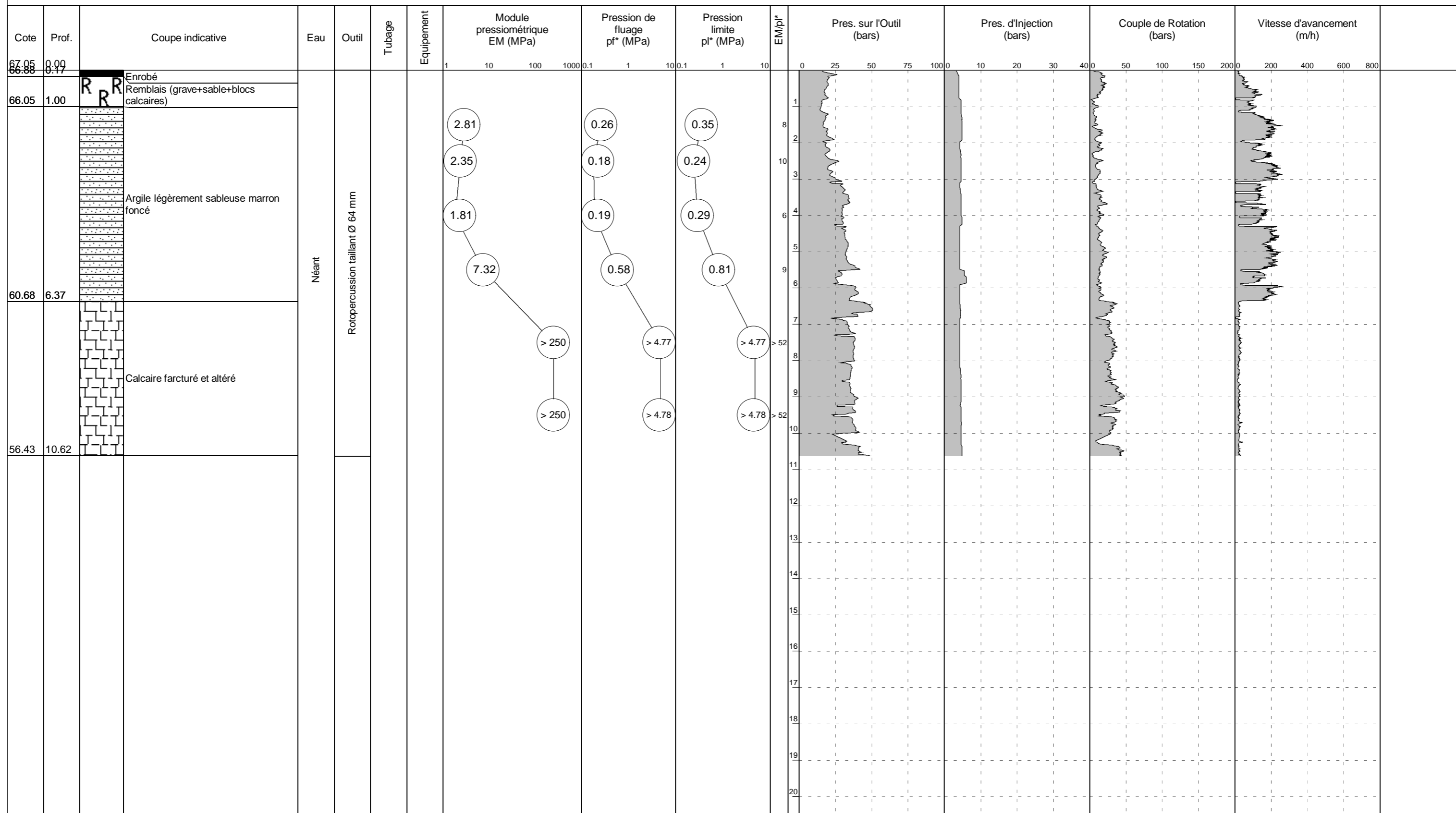
Arrêt volontaire du sondage à 13.0m de profondeur/TA,  
Niveau du terrain naturel à 2.2m de profondeur par rapport au niveau de la berge.





**Observations :**  
Arrêt volontaire du sondage à 10.5 m de profondeur/TA





**Observations :**  
Arrêt volontaire du sondage à 10.62 m de profondeur/TA

Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)	RQD (%)	Perméabilité (m/s)	Date
68.35	0.00							0 50 100	0 50 100		
67.85	0.50	enrobé (7cm), dalle béton		Non mesuré en raison de l'injection de boue de forage	101 T6			100			30/10/2013
		calcaire gris fracturé	CA1					30			
66.35	2.00	calcaire beige fracturé						70	10		
65.35	3.00	calcaire beige	CA2					95	60		
		calcaire beige						100	95		
62.35	6.00	calcaire beige fracturé	CA3	100	28						
		calcaire beige fracturé	CA4	100	71						
				100	14						
				100	35						
58.35	10.00						40				
							60				

**Observations :**

-Arrêt volontaire à 10.0m de profondeur/TA.

**0.0-3.0 m**



**3.0-5.0 m**



**GEOTEC 2013/6013/BORDX  
BORDEAUX-TECHNICENTRE**

**SONDAGE CAROTTE SC1  
PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE n°2/2**

**5.0-7.0 m**



**7.0-10.0 m**



Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)		RQD (%)		Perméabilité (m/s)	Date		
								0	50	100	0			50	100
67.25	0.00														
66.95	0.40	enrobé (7cm), dalle béton		Non mesuré en raison de l'injection de boue de forage	101 T6										
		pavé													
66.25	1.00	grave béton	CA1												
		calcaire gris fracturé													
64.25	3.00		CA2												
		calcaire blanc fracturé													
			CA3												
61.25	6.00														
		calcaire gris fracturé													
			CA4												
		calcaire gris fracturé													
			CA5												
57.25	10.00														

29/10/2013

**Observations :**

-Arrêt volontaire à 10.0m de profondeur/TA.

**0.0-2.0 m**



**2.0-4.0 m**





**GEOTEC 2013/6013/BORDX**  
**BORDEAUX-TECHNICENTRE**

**SONDAGE CAROTTE SC2**  
**PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE n°2/3**

**4.0-6.0 m**



**6.0-7.8m**



**7.8-10.0m**



# **ANNEXE 11**

## **Calcul de stabilité**

# **ANNEXE 11.1**

## **Etat initial – modèle A**

Numéro d'affaire : 13/6016/BORDX

Titre du calcul : Calcul de stabilité

Lieu : BEYNAC-ET-CAZENAC (24)

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

### Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	remblais	20.00	35.00	0.00	0.00	0.0	-	-
2	argile lgt sableuse	17.00	27.00	0.00	0.00	-	-	-
3	calcaire fracturé	22.00	45.00	25.00	0.00	220.0	-	-
4	calcaire alt + fract	21.00	35.00	10.00	0.00	175.0	-	-
5	béton cyclopéen	24.00	45.00	10.00	0.00	20.0	-	-
6	mur existant	24.00	45.00	10.00	0.00	-	-	-

### Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	80.00	2	30.00	70.97	3	30.80	68.40	4	40.00	68.40	5	40.50	61.20	6	46.75	58.00	7	55.60	57.00
8	100.00	55.00	9	36.00	68.40	10	37.50	61.70	11	0.00	72.00	12	0.00	66.00	13	40.00	67.50	14	36.00	67.50
15	37.50	62.00	16	40.50	62.00	17	31.00	67.50	18	31.00	62.00	19	45.00	57.20	20	35.00	68.40	21	36.50	61.70
22	35.00	67.50	23	36.50	62.00	24	33.00	62.00	25	37.50	61.20	26	29.00	71.50	27	30.00	67.50			

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

### Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	voirie_1	30.80	68.40	10.00	35.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00
2	voirie_2	36.00	68.40	10.00	40.00	68.40	0.00	90.00	0.00	0.00
3	voirie_3	35.00	68.40	10.00	36.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00

### Clous

	Nom	TR	Espacement horizontal	X	Y	Longueur	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion
1	Clou 1	180.00	3.00	36.15	67.00	8.50	80.00	0.50
2	Clou 2	180.00	3.00	36.00	67.50	7.00	40.00	0.50

	Nom	Angle de diffusion	Rsc	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis
1	Clou 1	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00
2	Clou 2	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00

	Nom	Moment de plastification	EI	Angle critique	Traction	Cisaillement	qs clous issus de...	Φbarre	σe
1	Clou 1	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-
2	Clou 2	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-



**Données de la phase :** Phase (2)

**Enveloppe du talus**

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	36	3	2
4	3	5	24	6	9
7	12	8	40	9	6
10	7	11	8		

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

**Liste des éléments activés**

Surcharges réparties : voirie\_1  
: voirie\_3

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	70.50	2	31.00	62.00	3	37.50	61.50	4	41.00	61.00

Calcul automatique de la nappe extérieure : Non

**Nappe extérieure**

	X	Y		X	Y
1	41.00	61.00	2	100.00	61.00

**Données de la situation :** Situation (1)

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : Eurocode 7

**Détail des coefficients partiels**

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	min	1.00		sl	1.00		'sl	1.00		phi	1.25
	cu	1.30		Q	1.30		qscl ab	1.00		qscl es	1.40
	qsti es	1.00		qsba	1.00		pl	1.00		aclo	1.25
	aban	1.00		bu	1.00		s3	1.20		c'	1.25
										qsti ab	1.00
										atir	1.00

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Manuelle

Origine du quadrillage manuel : en X= 42.00 en Y= 72.00

Incrément : en X= 1.00 en Y= 1.00

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 45.0° la verticale= 45.0°

Nombre de centres : en X= 10 en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Nombre d'incrément sur le rayon : 5

Abscisse émergence limite : 41.00

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : en X= 34.50 en Y= 67.00



Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Oui

Passage refusé dans béton cyclopéen

et

Passage refusé dans mur existant

## **Résultats**

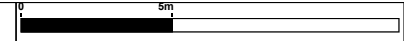
Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 1.07**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 42.00 Y= 79.07 R= 18.21 m



Sol n°	1	2	3	4	5
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	22.00	21.00	24.00	24.00
$\varphi$ (°)	35.00	45.00	35.00	45.00	45.00
c(kPa)	0.00	25.00	10.00	10.00	10.00
$\Delta c$ (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qs clous(kPa)	0.00	220.00	175.00	20.00	0.00

Echelle:250



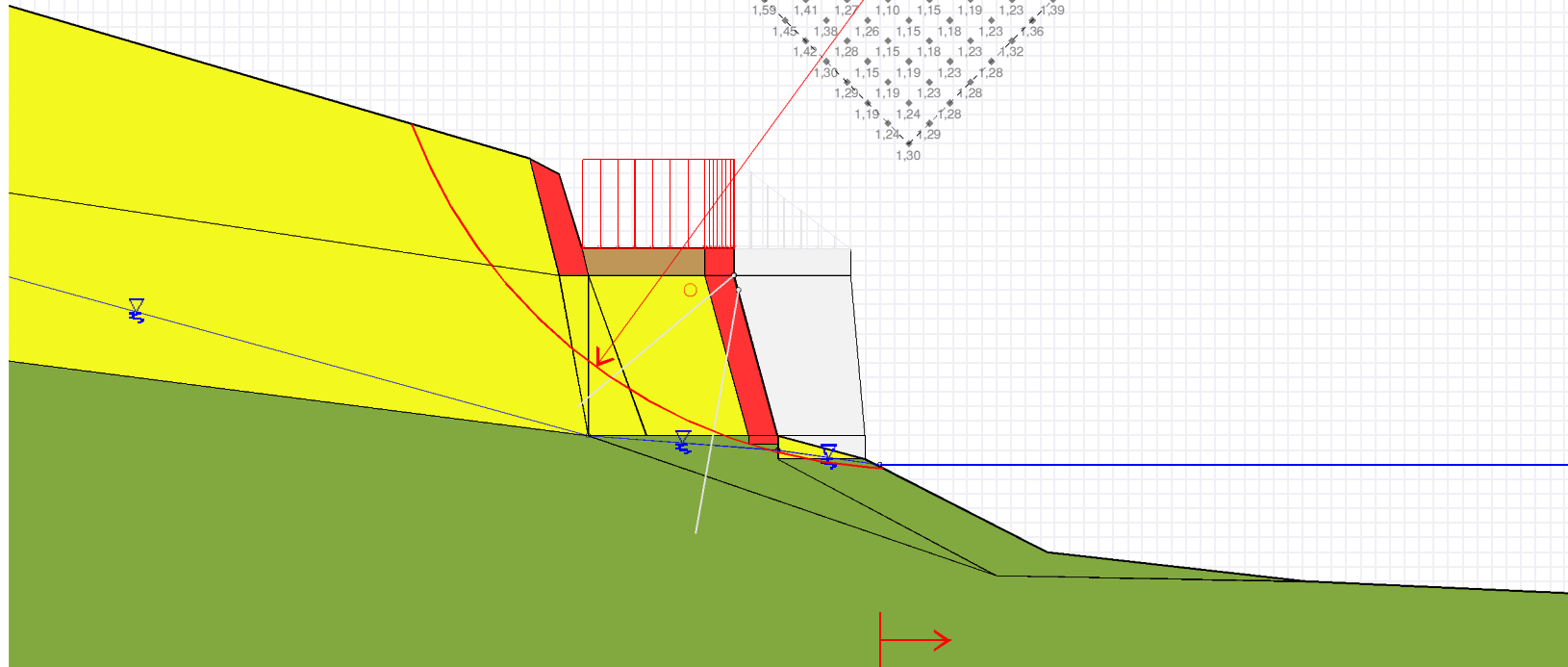
**F<sub>min</sub> = 1.07**

Phase : Phase (2) / Situation : Situation (1)

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN,kPa,kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : Eurocode 7



- 1 remblais
- 3 calcaire fracturé
- 4 calcaire alt + fract
- 5 béton cyclopéen
- 6 mur existant

**TALREN 4 v2.0.4**



13/6016/BORDX / Cacul de stabilité

Profil A - Etat initial - Modèle A

Y:\CommunAffaires\2013\136\136013b\_beynac\_et\_cazenac\TALREN\stabilité\_2.prj

Etude réalisée par :  
**GEOTEC**

Imprimée le : 31/01/14 à 16:05:16



# **ANNEXE 11.2**

## **Etat initial – modèle B**

Numéro d'affaire : 13/6016/BORDX

Titre du calcul : Calcul de stabilité

Lieu : BEYNAC-ET-CAZENAC (24)

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	remblais	20.00	35.00	0.00	0.00	0.0	-	-
2	argile lgt sableuse	17.00	27.00	0.00	0.00	-	-	-
3	calcaire fracturé	22.00	45.00	25.00	0.00	220.0	-	-
4	calcaire alt + fract	21.00	35.00	10.00	0.00	175.0	-	-
5	béton cyclopéen	24.00	45.00	10.00	0.00	20.0	-	-
6	mur existant	24.00	45.00	10.00	0.00	-	-	-

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	80.00	2	30.00	70.97	3	30.80	68.40	4	40.00	68.40	5	40.50	61.20	6	46.75	58.00	7	55.60	57.00
8	100.00	55.00	9	36.00	68.40	10	37.50	61.70	11	0.00	72.00	12	0.00	66.00	13	40.00	67.50	14	36.00	67.50
15	37.50	62.00	16	40.50	62.00	17	31.00	67.50	18	31.00	62.00	19	45.00	57.20	20	35.00	68.40	21	36.50	61.70
22	35.00	67.50	23	36.50	62.00	24	33.00	62.00	25	37.50	61.20	26	29.00	71.50	27	30.00	67.50			

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

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	voirie_1	30.80	68.40	10.00	35.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00
2	voirie_2	36.00	68.40	10.00	40.00	68.40	0.00	90.00	0.00	0.00
3	voirie_3	35.00	68.40	10.00	36.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00

Clous

	Nom	TR	Espacement horizontal	X	Y	Longueur	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion
1	Clou 1	180.00	3.00	36.15	67.00	8.50	80.00	0.50
2	Clou 2	180.00	3.00	36.00	67.50	7.00	40.00	0.50

	Nom	Angle de diffusion	Rsc	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis
1	Clou 1	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00
2	Clou 2	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00

	Nom	Moment de plastification	EI	Angle critique	Traction	Cisaillement	qs clous issus de...	Φbarre	σe
1	Clou 1	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-
2	Clou 2	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-



**Données de la phase :** Phase (1)

**Enveloppe du talus**

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	36	3	2
4	3	5	24	6	9
7	12	8	40	9	6
10	7	11	8		

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

**Liste des éléments activés**

Surcharges réparties : voirie\_1  
: voirie\_3

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	70.50	2	31.00	62.00	3	37.50	61.50	4	41.00	61.00

Calcul automatique de la nappe extérieure : Non

**Nappe extérieure**

	X	Y		X	Y
1	41.00	61.00	2	100.00	61.00

**Données de la situation :** Situation

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : Eurocode 7

**Détail des coefficients partiels**

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	min	1.00		sl	1.00		'sl	1.00		phi	1.25
	cu	1.30		Q	1.30		qscl ab	1.00		qscl es	1.40
	qsti es	1.00		qsba	1.00		pl	1.00		aclo	1.25
	aban	1.00		bu	1.00		s3	1.20		c'	1.25
										qsti ab	1.00
										atir	1.00

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Manuelle

Origine du quadrillage manuel : en X= 44.00 en Y= 70.00

Incrément : en X= 1.00 en Y= 1.00

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 45.0° la verticale= 45.0°

Nombre de centres : en X= 10 en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Nombre d'incrément sur le rayon : 15

Abscisse émergence limite : 41.00

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : en X= 32.50 en Y= 64.50



Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Oui

Passage refusé dans mur existant

et

Passage refusé dans béton cyclopéen

## **Résultats**

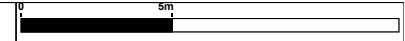
Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 0.97**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 44.71 Y= 77.78 R= 18.03 m



Sol n°	1	2	3	4	5	6
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	17.00	22.00	21.00	24.00	24.00
$\varphi$ (°)	35.00	27.00	45.00	35.00	45.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00	25.00	10.00	10.00	10.00
$\Delta c$ (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qs clous(kPa)	0.00	40.00	220.00	175.00	20.00	0.00

Echelle:250



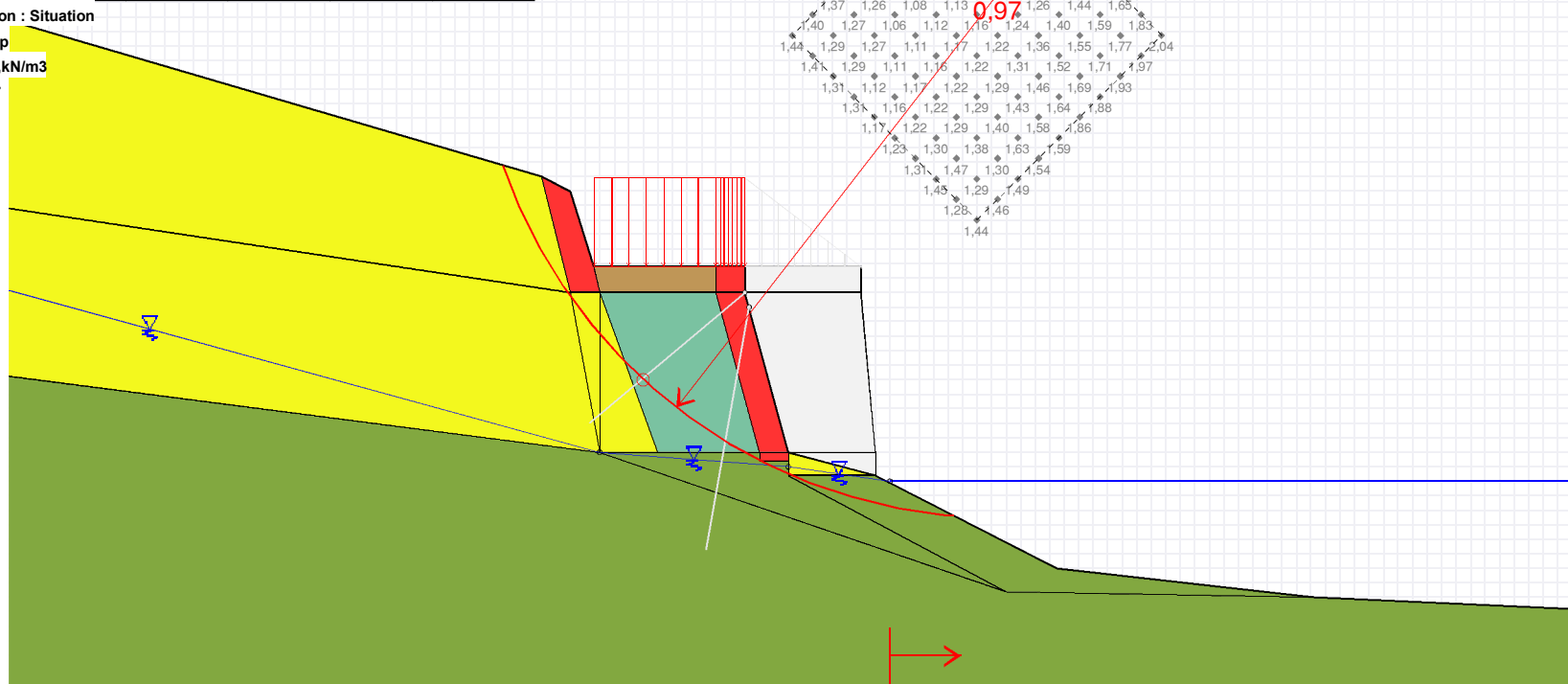
**F<sub>min</sub> = 0.97**

Phase : Phase (1) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN,kPa,kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : Eurocode 7



- 1 remblais
- 2 argile lgt sableuse
- 3 calcaire fracturé
- 4 calcaire alt + fract
- 5 béton cyclopéen
- 6 mur existant

**TALREN 4 v2.0.4**



13/6016/BORDX / Cacul de stabilité

Profil B - Etat initial - Modèle B

Y:\CommunAffaires\2013\136\136013b\_beynac\_et\_cazenac\TALREN\stabilité\_2.prj

Etude réalisée par :  
**GEOTEC**

Imprimée le : 31/01/14 à 15:59:47

# **ANNEXE 11.3**

## **Mur avancé – modèle A**

Numéro d'affaire : 13/6016/BORDX

Titre du calcul : Calcul de stabilité

Lieu : BEYNAC-ET-CAZENAC (24)

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

### Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	remblais	20.00	35.00	0.00	0.00	0.0	-	-
2	argile lgt sableuse	17.00	27.00	0.00	0.00	-	-	-
3	calcaire fracturé	22.00	45.00	25.00	0.00	220.0	-	-
4	calcaire alt + fract	21.00	35.00	10.00	0.00	175.0	-	-
5	béton cyclopéen	24.00	45.00	10.00	0.00	20.0	-	-
6	mur existant	24.00	45.00	10.00	0.00	-	-	-

### Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	80.00	2	30.00	70.97	3	30.80	68.40	4	40.00	68.40	5	40.50	61.20	6	46.75	58.00	7	55.60	57.00
8	100.00	55.00	9	36.00	68.40	10	37.50	61.70	11	0.00	72.00	12	0.00	66.00	13	40.00	67.50	14	36.00	67.50
15	37.50	62.00	16	40.50	62.00	17	31.00	67.50	18	31.00	62.00	19	45.00	57.20	20	35.00	68.40	21	36.50	61.70
22	35.00	67.50	23	36.50	62.00	24	33.00	62.00	25	37.50	61.20	26	29.00	71.50	27	30.00	67.50			

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

### Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	voirie_1	30.80	68.40	10.00	35.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00
2	voirie_2	36.00	68.40	10.00	40.00	68.40	0.00	90.00	0.00	0.00
3	voirie_3	35.00	68.40	10.00	36.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00

### Clous

	Nom	TR	Espacement horizontal	X	Y	Longueur	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion
1	Clou 1	180.00	3.00	36.15	67.00	8.50	80.00	0.50
2	Clou 2	180.00	3.00	36.00	67.50	7.00	40.00	0.50

	Nom	Angle de diffusion	Rsc	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis
1	Clou 1	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00
2	Clou 2	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00

	Nom	Moment de plastification	EI	Angle critique	Traction	Cisaillement	qs clous issus de...	Φbarre	σe
1	Clou 1	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-
2	Clou 2	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-



**Données de la phase :** Phase (4)

**Enveloppe du talus**

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	36	3	2
4	3	5	24	6	4
7	5	8	13	9	17
10	6	11	7	12	8

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

**Liste des éléments activés**

Surcharges réparties : voirie\_1  
: voirie\_2  
: voirie\_3

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	70.50	2	31.00	62.00	3	37.50	61.50	4	41.00	61.00

Calcul automatique de la nappe extérieure : Non

**Nappe extérieure**

	X	Y		X	Y
1	41.00	61.00	2	100.00	61.00

**Données de la situation :** Situation

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop  
Pondérations pour cette situation : Eurocode 7

**Détail des coefficients partiels**

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	min	1.00		sl	1.00		'sl	1.00		phi	1.25
	cu	1.30		Q	1.30		qscl ab	1.00		qscl es	1.40
	qsti es	1.00		qsba	1.00		pl	1.00		aclo	1.25
	aban	1.00		bu	1.00		s3	1.20			
										c'	1.25
										qsti ab	1.00
										atir	1.00

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Manuelle

Origine du quadrillage manuel : en X= 47.00 en Y= 65.00

Incrément : en X= 1.00 en Y= 1.00

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 45.0° la verticale= 45.0°

Nombre de centres : en X= 10 en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Nombre d'incrément sur le rayon : 15

Abscisse émergence limite : 41.00

Type de recherche : Point de passage imposé





Point de passage imposé : en X= 34.00 en Y= 64.50

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Oui

Passage refusé dans béton cyclopéen

et

Passage refusé dans mur existant

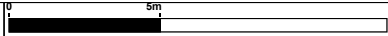
## **Résultats**

Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 1.21**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 46.29 Y= 72.78 R= 14.82 m



Sol n°	1	2	3	4	5
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	22.00	21.00	24.00	24.00
$\phi$ (°)	35.00	45.00	35.00	45.00	45.00
c(kPa)	0.00	25.00	10.00	10.00	10.00
$\Delta c$ (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qs clous(kPa)	0.00	220.00	175.00	20.00	0.00

Echelle:250 

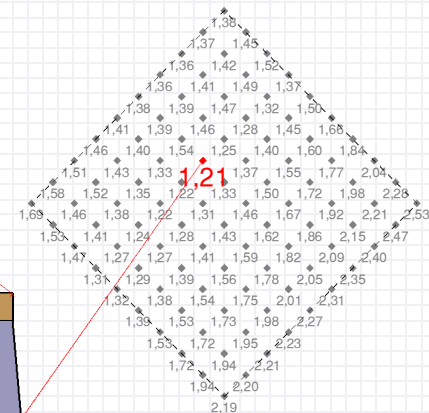
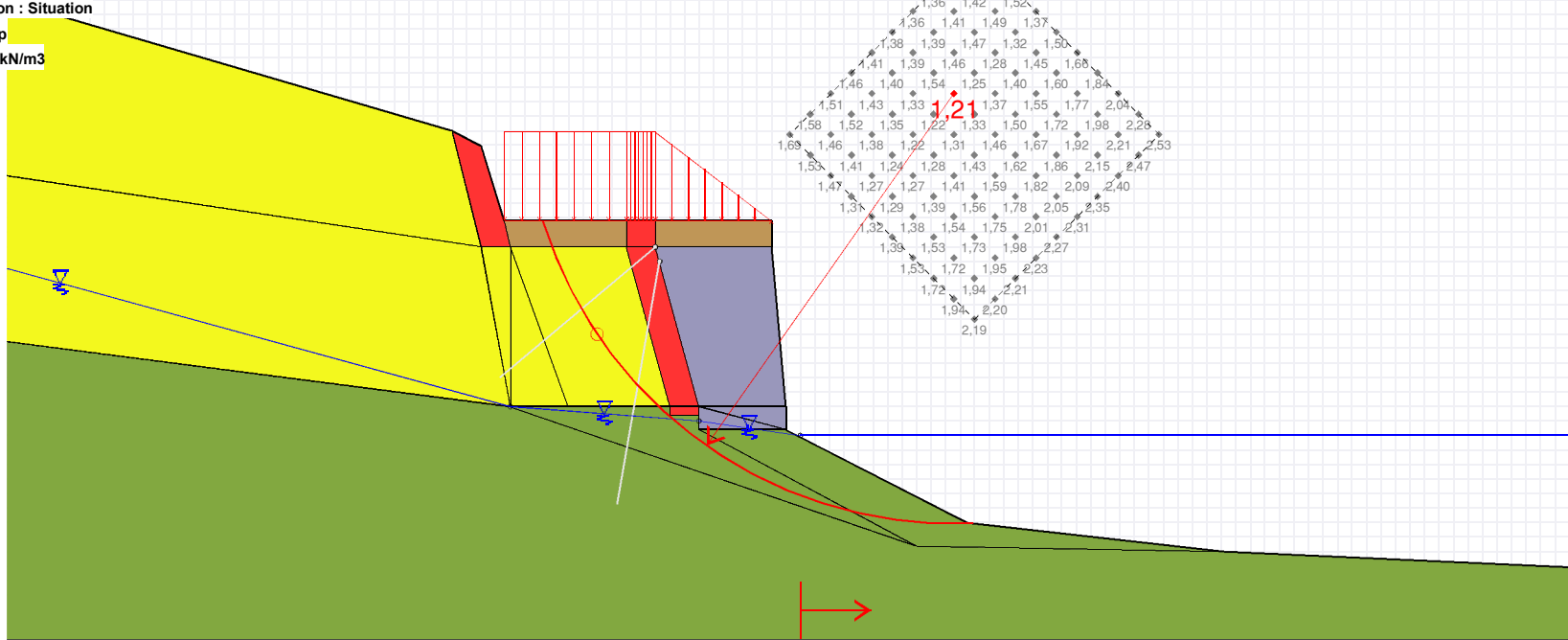
**F<sub>min</sub> = 1.21**

Phase : Phase (4) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN,kPa,kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : Eurocode 7



- 1 remblais
- 3 calcaire fracturé
- 4 calcaire alt + fract
- 5 béton cyclopéen
- 6 mur existant



13/6016/BORDX / Cacul de stabilité  
**Profil C - Mur avancé modèle A**  
 Y:\CommunAffaires\2013\136\136013b\_beynac\_et\_cazenac\TALREN\stabilité\_2.prj

Etude réalisée par :  
**GEOTEC**  
 Imprimée le : 31/01/14 à 16:09:13

# **ANNEXE 11.4**

## **Mur avancé – modèle B**

Numéro d'affaire : 13/6016/BORDX

Titre du calcul : Calcul de stabilité

Lieu : BEYNAC-ET-CAZENAC (24)

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	remblais	20.00	35.00	0.00	0.00	0.0	-	-
2	argile lgt sableuse	17.00	27.00	0.00	0.00	-	-	-
3	calcaire fracturé	22.00	45.00	25.00	0.00	220.0	-	-
4	calcaire alt + fract	21.00	35.00	10.00	0.00	175.0	-	-
5	béton cyclopéen	24.00	45.00	10.00	0.00	20.0	-	-
6	mur existant	24.00	45.00	10.00	0.00	-	-	-

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	80.00	2	30.00	70.97	3	30.80	68.40	4	40.00	68.40	5	40.50	61.20	6	46.75	58.00	7	55.60	57.00
8	100.00	55.00	9	36.00	68.40	10	37.50	61.70	11	0.00	72.00	12	0.00	66.00	13	40.00	67.50	14	36.00	67.50
15	37.50	62.00	16	40.50	62.00	17	31.00	67.50	18	31.00	62.00	19	45.00	57.20	20	35.00	68.40	21	36.50	61.70
22	35.00	67.50	23	36.50	62.00	24	33.00	62.00	25	37.50	61.20	26	29.00	71.50	27	30.00	67.50			

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

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	voirie_1	30.80	68.40	10.00	35.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00
2	voirie_2	36.00	68.40	10.00	40.00	68.40	0.00	90.00	0.00	0.00
3	voirie_3	35.00	68.40	10.00	36.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00

Clous

	Nom	TR	Espacement horizontal	X	Y	Longueur	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion
1	Clou 1	180.00	3.00	36.15	67.00	8.50	80.00	0.50
2	Clou 2	180.00	3.00	36.00	67.50	7.00	40.00	0.50

	Nom	Angle de diffusion	Rsc	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis
1	Clou 1	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00
2	Clou 2	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00

	Nom	Moment de plastification	EI	Angle critique	Traction	Cisaillement	qs clous issus de...	Φbarre	σe
1	Clou 1	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-
2	Clou 2	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-



**Données de la phase :** Phase (3)

**Enveloppe du talus**

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	36	3	2
4	3	5	24	6	4
7	5	8	13	9	17
10	6	11	7	12	8

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

**Liste des éléments activés**

Surcharges réparties : voirie\_1  
: voirie\_3  
: voirie\_2

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	70.50	2	31.00	62.00	3	37.50	61.50	4	41.00	61.00

Calcul automatique de la nappe extérieure : Non

**Nappe extérieure**

	X	Y		X	Y
1	41.00	61.00	2	100.00	61.00

**Données de la situation :** Situation

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop  
Pondérations pour cette situation : Eurocode 7

**Détail des coefficients partiels**

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	min	1.00		sl	1.00		phi	1.25		c'	1.25
	cu	1.30		Q	1.30		qscl ab	1.00		qsti ab	1.00
	qsti es	1.00		qsba	1.00		pl	1.00		aclo	1.25
	aban	1.00		bu	1.00		s3	1.20		atir	1.00

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Manuelle

Origine du quadrillage manuel : en X= 47.00 en Y= 68.50

Incrément : en X= 1.00 en Y= 1.00

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 45.0° la verticale= 45.0°

Nombre de centres : en X= 10 en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Nombre d'incrément sur le rayon : 15

Abscisse émergence limite : 41.00

Type de recherche : Point de passage imposé



Point de passage imposé : en X= 33.50 en Y= 64.50

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Oui

Passage refusé dans béton cyclopéen

et

Passage refusé dans mur existant

## **Résultats**

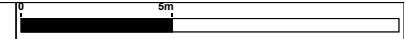
Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 1.13**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 47.00 Y= 75.57 R= 17.46 m



Sol n°	1	2	3	4	5	6
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	17.00	22.00	21.00	24.00	24.00
$\varphi$ (°)	35.00	27.00	45.00	35.00	45.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00	25.00	10.00	10.00	10.00
$\Delta c$ (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qs clous(kPa)	0.00	40.00	220.00	175.00	20.00	0.00

Echelle:250



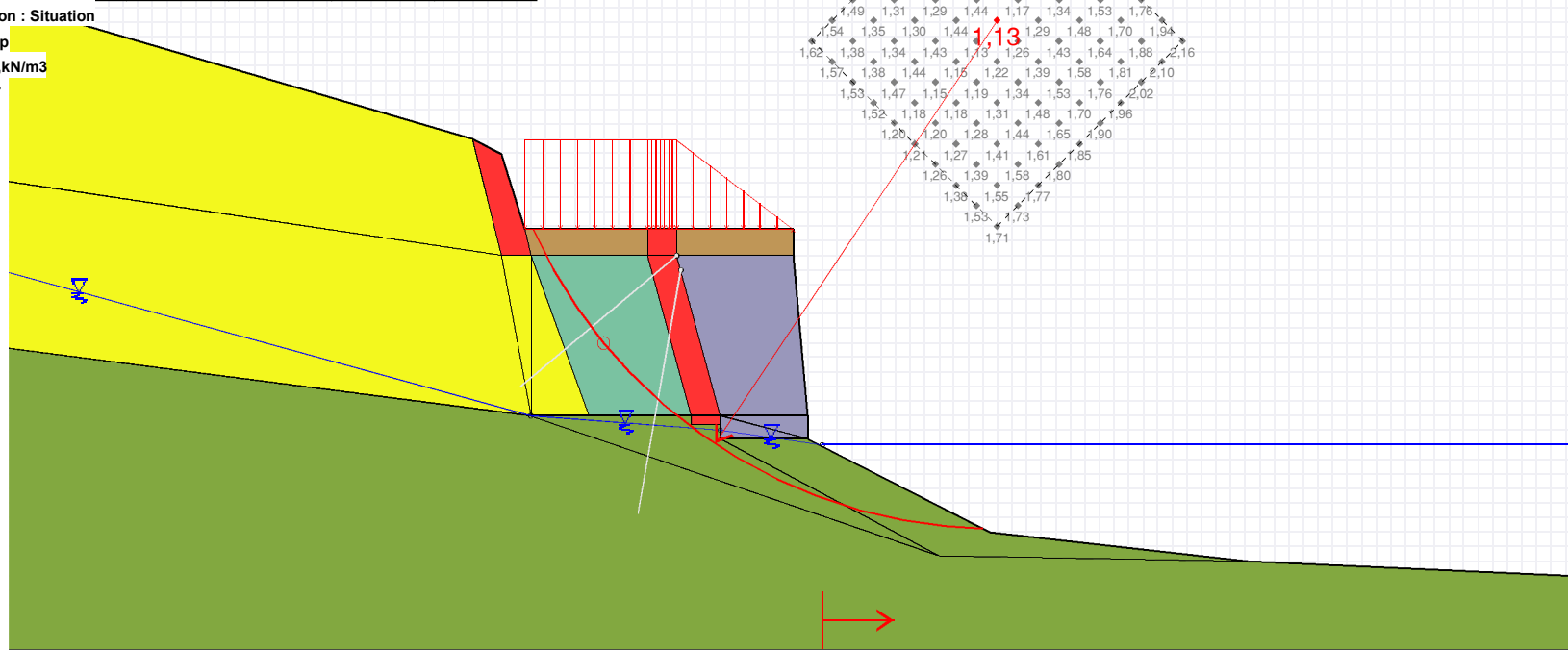
**F<sub>min</sub> = 1.13**

Phase : Phase (3) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN,kPa,kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : Eurocode 7



- 1 remblais
- 2 argile lgt sableuse
- 3 calcaire fracturé
- 4 calcaire alt + fract
- 5 béton cyclopéen
- 6 mur existant

**TALREN 4 v2.0.4**



13/6016/BORDX / Cacul de stabilité

Profil D - Mur avancé - Modèle B

Y:\CommunAffaires\2013\136\136013b\_beynac\_et\_cazenac\TALREN\stabilité\_2.prj

Etude réalisée par :  
**GEOTEC**

Imprimée le : 31/01/14 à 16:08:20

# **ANNEXE 11.5**

## **Encorbellement – modèle A**



Numéro d'affaire : 13/6016/BORDX

Titre du calcul : Calcul de stabilité

Lieu : BEYNAC-ET-CAZENAC (24)

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

**Couches de sols**

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	remblais	20.00	35.00	0.00	0.00	0.0	-	-
2	argile lgt sableuse	17.00	27.00	0.00	0.00	-	-	-
3	calcaire fracturé	22.00	45.00	25.00	0.00	220.0	-	-
4	calcaire alt + fract	21.00	35.00	10.00	0.00	175.0	-	-
5	béton cyclopéen	24.00	45.00	10.00	0.00	20.0	-	-
6	mur existant	24.00	45.00	10.00	0.00	-	-	-

**Points**

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	80.00	2	30.00	70.97	3	30.80	68.40	4	40.00	68.40	5	40.50	61.20	6	46.75	58.00	7	55.60	57.00
8	100.00	55.00	9	36.00	68.40	10	37.50	61.70	11	0.00	72.00	12	0.00	66.00	13	40.00	67.50	14	36.00	67.50
15	37.50	62.00	16	40.50	62.00	17	31.00	67.50	18	31.00	62.00	19	45.00	57.20	20	35.00	68.40	21	36.50	61.70
22	35.00	67.50	23	36.50	62.00	24	33.00	62.00	25	37.50	61.20	26	29.00	71.50	27	30.00	67.50			

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

**Surcharges réparties**

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	voirie_1	30.80	68.40	10.00	35.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00
2	voirie_2	36.00	68.40	10.00	40.00	68.40	0.00	90.00	0.00	0.00
3	voirie_3	35.00	68.40	10.00	36.00	68.40	10.00	90.00	0.00	0.00

**Clous**

	Nom	TR	Espacement horizontal	X	Y	Longueur	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion
1	Clou 1	180.00	3.00	36.15	67.00	8.50	80.00	0.50
2	Clou 2	180.00	3.00	36.00	67.50	7.00	40.00	0.50

	Nom	Angle de diffusion	Rsc	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis
1	Clou 1	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00
2	Clou 2	10.00	-	0.08	Tcal, Cimp	0.00

	Nom	Moment de plastification	EI	Angle critique	Traction	Cisaillement	qs clous issus de...	Φbarre	σe
1	Clou 1	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-
2	Clou 2	-	-	5.00	externe	externe	Abaques	-	-



## Données de la phase : Phase (5)

### Enveloppe du talus

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	36	3	2
4	3	5	24	6	9
7	12	8	40	9	6
10	7	11	8		

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

### Liste des éléments activés

Clous : Clou 2  
: Clou 1

Surcharges réparties : voirie\_1  
: voirie\_3

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

### Toit de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	70.50	2	31.00	62.00	3	37.50	61.50	4	41.00	61.00

Calcul automatique de la nappe extérieure : Non

### Nappe extérieure

	X	Y		X	Y
1	41.00	61.00	2	100.00	61.00

## Données de la situation : Situation

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : Eurocode 7

### Détail des coefficients partiels

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	min	1.00		sl	1.00		phi	1.25		c'	1.25
	cu	1.30		Q	1.30		qscl es	1.40		qsti ab	1.00
	qsti es	1.00		qsba	1.00		aclo	1.25		atir	1.00
	aban	1.00		bu	1.00		s3	1.20			

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Manuelle

Origine du quadrillage manuel : en X= 45.50 en Y= 78.50

Incrément : en X= 1.00 en Y= 1.00

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 45.0° la verticale= 45.0°

Nombre de centres : en X= 10 en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite : 47.00



Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : en X= 31.00 en Y= 62.00

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Non

## **Résultats**

Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 1.29**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 45.50 Y= 85.57 R= 27.67 m

Sol n°	1	2	3	4	5
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	22.00	21.00	24.00	24.00
$\varphi$ (°)	35.00	45.00	35.00	45.00	45.00
c(kPa)	0.00	25.00	10.00	10.00	10.00
$\Delta c$ (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qs clous(kPa)	0.00	220.00	175.00	20.00	0.00

Echelle:400 

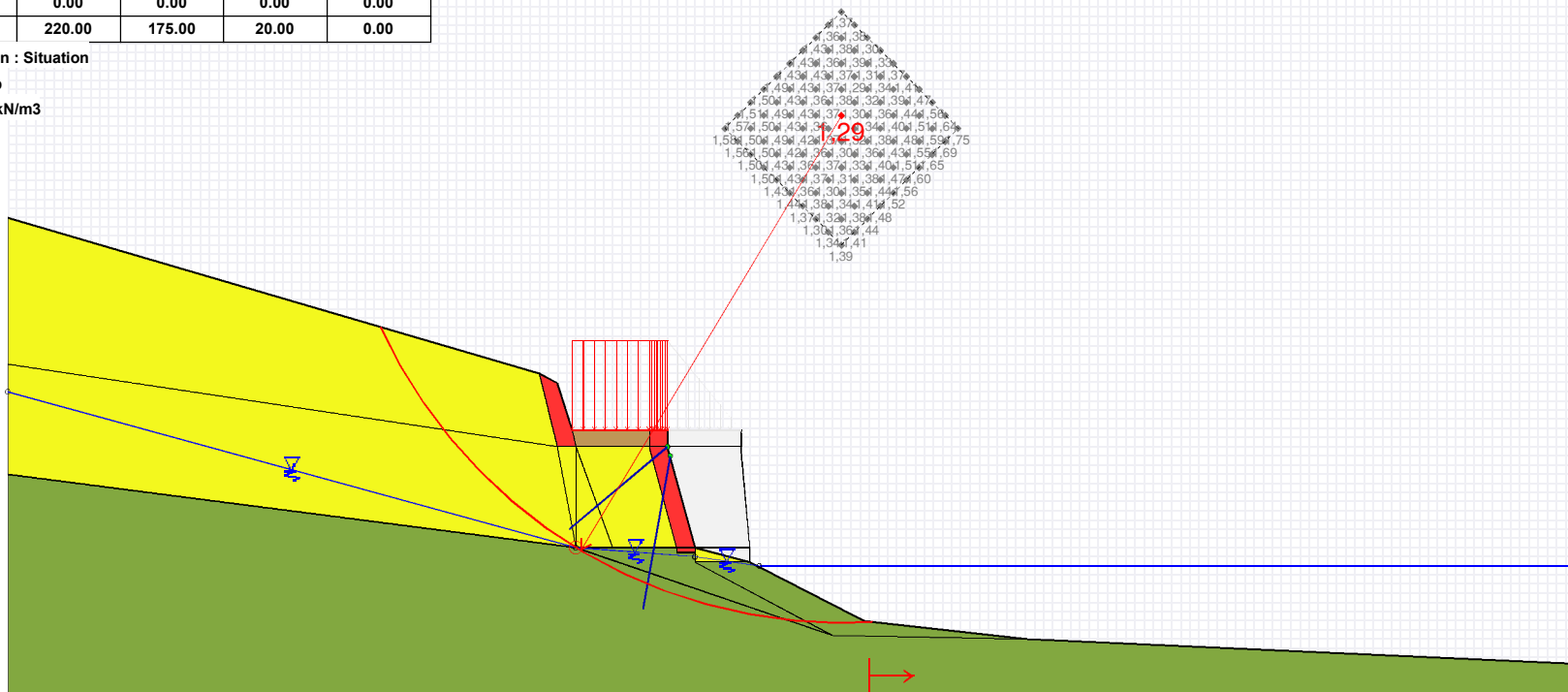
**F<sub>min</sub> = 1.29**

Phase : Phase (5) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN,kPa,kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : Eurocode 7



- 1 remblais
- 3 calcaire fracturé
- 4 calcaire alt + fract
- 5 béton cyclopéen
- 6 mur existant

**TALREN 4 v2.0.4**



13/6016/BORDX / Cacul de stabilité

**Profil E - Encorbellement - Modèle A**

Y:\CommunAffaires\2013\136\136013b\_beynac\_et\_cazenac\TALREN\stabilité\_2.prj

Etude réalisée par :  
**GEOTEC**

Imprimée le : 31/01/14 à 16:10:51